بسم الله الرحمن الرحیم

سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه‌ی فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

- دکتر مسعود احمدی
- مهندس امید جلالی
- مهندس شهریار جلایی
- دکتر ارژنگ جوادی
- مهندس خدیجه حسینی
- دکتر اکبر شعبانی‌کیا
- دکتر مهرداد عدل
- دکتر برات قبادیان
- مهندس جواد تصیری
- دکتر فاطمه هشدار

مدیر پروژه: مهندس مهدی رضایی

گروه پژوهشی انرژی‌های نو

راهبر: معاونت فناوری

ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر

سفارش‌دهنده: وزارت نیرو

ویرایش اول

۱۳۹۴

پیشگفتـــــار

به عنوان اولین بخش از روش‌شناسی، "مبانی سند"، مقدمات لازم برای شروع تدوین اسناد ملی را ارائه می‌کند. این بخش بـه تشریح ویژگی‌های ذاتی فناوری راهبردی مورد بررسی، نظام اجتماعی- فنی توسعه فناوری و چارچوب‌های ذهنی سیاستگذاران مرتبط با توسعه فناوری می‌پردازد. این مؤلفه به سیاستگذاران کمک می‌کند تا از وضعیت موجـود شـناخت حاصـل کـرده و بـا قاطعیت بالاتری در مورد سایر بخش‌های سند (ارکان جهت‌ساز و خرد) تصمیم‌گیری نمایند. مبانی سـند متشـکل از دو مؤلفـه اصلی ذیل می‌باشد:

- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند : به منظور داشتن تصویری از اجزای اقتصادی، اجتماعی و سیاسی دخیل در توسعه فناوری اعم از نهادها و سازمان‌های مختلف، قواعد و قوانین موجود در جامعـه، و فنـاوری‌هـا و زیرفنـاوری‌هـای مرتبط، داشتن نگاهی سیستمی به مسأله و تعیین حدود و مرزهای آن ضروری است. همچنین لازم است تا با توجه بـه تأثیرگذاری فناوری و نوآوری فناورانه در ابعاد مختلف جامعه، تصمیم‌گیری راهبردی در سطوح مختلفی به انجـام رسـد. این سطوح را می‌توان از بعد جغرافیایی به سه سطح منطقه‌ای، ملی و فراملی تقسیم نمود.
- تبیین مشخصه‌های فناوری : این مؤلفه با بررسی جایگاه فناوری از ابعاد ماهیـت، پـارادایم فناورانـه (منشـأ تغییـرات) و چرخه عمر، تصویری از خصوصیات فناوری راهبردی مورد مطالعه به سیاستگذاران و تحلیلگران ارائه می‌نماید. آگاهی از این مشخصه‌های فناوری بر نوع تصمیم‌گیری در مراحل تدوین سند اثرگذار خواهد بود.

این گزارش توسط تیم زیست‌توده- گروه انرژی‌های تجدیدپذیر، پژوهشکده انرژی و محیط زیست، پژوهشـگاه نیـرو خـانم‌هـا مهندس ساقی صالحی، مریم عابدی و فاطمه محمدی، تحت مدیریت آقای مهندس مهدی رضایی تهیه شده است. داوری این گزارش توسط آقای دکتر مهرداد عدل- استادیار پژوهشگاه مواد و انرژی- انجام شده و آقای مهنـدس جـواد نصـیری- مـدیر محترم دفتر زیست‌توده سانا- به عنوان ناظر پروژه، بر حسن تهیه این گزارش نظارت داشته‌اند.

فهرست

مقدمه ۱

۱- فصل اول : ضرورت توسعه و دلایل توجیه‌پذیری ۲

۱-۱- مقدمه ۳

۱-۲- ضرورت توسعه فناوری‌های برق زیستی ۴

۱-۲-۱- ضرورت‌های قانونی ۵

۱-۲-۲- مزایای ذاتی انرژی زیست‌توده ۷

۱-۲-۲-۲- ضریب ظرفیت نیروگاهی بالا ۹

۱-۲-۲-۳- پتانسیل بالای تولید برق و انرژی در مقایسه با سایر انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۰

۱-۲-۲-۴- افزایش امنیت انرژی ۱۴

اشتغال و توسعه اقتصادی ۱۹

زیست توده، یک منبع انرژی تجدیدپذیر ۲۱

قابلیت ذخیره سازی ۲۵

۱-۳- دلایل توجیه‌پذیری ۲۵

مطالعات تطبیقی ۲۵

محاسبه هزینه تمام شده برق از زیست توده ۲۷

انواع هزینه های نیروگاه های زیست توده ۲۸

فرایند تبدیل انرژی ۳۰

شاخص LCOE ۳۳

هزینه تعمیر و نگهداری ۳۴

هزینه تعمیر و نگهداری ثابت ۳۴

هزینه تعمیر و نگهداری متغیر ۳۴

هزینه سوخت ۳۴

شکل‌های بعد مقایسات میزان سرمایه اولیه و نیز میزان برق تولید شده از نیروگاههای جدول بالا را نشان میدهد. ۳۹

مراجع فصل اول ۴۵

۲- فصل دوم : مبانی سند ۴۶

۲-۱- مبانی سند ۴۷

مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده این بخش (مبانی سند) در ادامه معرفی خواهند شد ۴۷

۲-۱-۱- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعه سند ۴۸

۲-۱-۱-۱- سطح تحلیل ۴۹

۲-۱-۱-۲- افق برنامه‌ریزی ۵۱

۲-۱-۱-۳- مرزبندی توصیفی (فنی) ۵۸

۲-۱-۱-۴- مرزبندی ساختاری ۵۹

۲-۱-۲- تبیین مشخصه‌های فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده ۷۲

۲-۱-۲-۱- معرفی فناوری‌های مرتبط در حوزه انرژی زیست‌توده ۷۴

مبانی فرآیند گازیسازی ۸۴

۲-۱-۲-۲- طبقه‌بندی فناوری‌ها ۹۳

در شکل (۱-۱۵)، منحنی چرخه عمر محصول- بازار فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده ارائه شده است [۲۷]. ۱۰۱

2-2- نتیجه‌گیری ۱۱۲

۲-۳- مراجع فصل دوم ۱۱۷

فهرست شکل‌ها

شکل (۱-۱) ظرفیت تجمعی نصب‌شده از زیست‌توده در دنیا (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳) ۹

شکل (۱-۲) ضریب ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر (٪) ۱۰

شکل (۱-۳) برآورد سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از مصرف انرژی نهایی دنیا در سال ۲۰۱۳ ..... ۱۱

شکل (۱-۴) برآورد سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق دنیا در سال ۲۰۱۴ ..... ۱۲

شکل (۱-۵) میزان انتشار CO_2 ایران در سال ۲۰۰۸. سهم بخشهای مختلف انرژی ایران در انتشار CO_2 در سال ۲۰۰۸... ۱۵

شکل (۱-۶) مقایسه متوسط میزان انتشار CO_2 کشورهای مختلف طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ ..... ۱۶

شکل (۱-۷) میزان انتشار گازهای گلخانهای سوختهای فسیلی و سوختهای زیست توده ۱۷

شکل (۱-۸) مقایسات میان میزان آلاینده های تولید شده از منابع مختلف تولید انرژی ۱۸

شکل (۱-۹) مقدار و سهم ظرفیت نامی انواع نیروگاه های بهره برداری شده در پایان سال ۱۳۹۲(مگاوات) ۱۹

شکل (۱-۱۰) میزان اشتغال زایی تولید انرژی از منابع تجدید پذیر ۲۰

شکل (۱-۱۱(میزان اشتغال تکنولوژی های گوناگون تجدیدپذیر (نفر به ازای هر گیگاوات ساعت) ۲۱

شکل (۱-۱۲(چرخه بسته کربن انرژی زیست توده ۲۲

شکل (۱-۱۳(چرخه بسته کربن انرژی زیست توده ۲۳

شکل (۱-۱۴(تنوع منابع زیست توده ۲۴

شکل (۱-۱۵(وضعیت پیشرفت تکنولوژی های زیست توده ۳۱

شکل (۱-۱۶) نمایش چارچوب کلی محاسبه LCOE برای تولید برق از زیست توده ۳۲

شکل (۱-۱۷(برق تولید شده از تکنولوژی‌های تجدیدپذیر (با توجه به ضریب ظرفیت) ۴۰

شکل (۱-۱۸(مقایسات حداقل و حداکثر هزینه های سرمایه گذاری اولیه ۴۰

شکل (۱-۱۹(هزینه تمام شده برق تولیدی توسط تکنولوژی های مختلف در نرخ تنزیل ۵ درصد ۴۱

شکل (۱-۲۰(هزینه تمام شده برق تولیدی توسط تکنولوژی های مختلف در نرخ تنزیل ۱۰ درصد ۴۲

شکل (۱-۲۱(حداکثر هزینه تمام شده برق تولیدی به تفصیل در نرخ ۵٪ ۴۲

شکل (۱-۲۲(حداقل هزینه تمام شده برق تولیدی به تفصیل در نرخ ۵٪ ۴۳

شکل (۱-۲۳(حداکثر هزینه تمام شده برق تولیدی به تفصیل در نرخ ۱۰٪..... ۴۳

شکل (۱-۲۴(حداقل هزینه تمام شده برق تولیدی به تفصیل در نرخ ۱۰٪..... ۴۴

شکل (۲-۱) درصد تحقق اهداف دوره‌های متمایز برنامه توسعه ایران در زمینه احداث عملی نیروگاه‌های تجدیدپذیر..... ۵۶

شکل (۲-۲) مرزبندی ساختاری حوزه انرژی زیست‌توده..... ۶۴

شکل (۲-۳) مجموعه بازیگران کلیدی شناسایی‌شده در حوزه زیست‌توده..... ۶۴

شکل (۲-۴) سهم بیوانرژی در تولید برق تجدیدپذیر در جهان در پایان سال ۲۰۱۴..... ۷۶

شکل (۲-۵) فرآیندها و فناوری‌های تبدیل زیست‌توده به محصولات انرژی..... ۷۹

شکل (۲-۶) نمای کلی فرآوردههای تبدیل ترموشیمیایی زیست‌توده..... ۸۰

شکل (۲-۷) نمودار نمادین پیشرفت فرآیند احتراق یک ذره زیست‌توده..... ۸۲

شکل (۲-۸) شماتیک فرآیند کربنیزه کردن..... ۸۳

شکل (۲-۹) نمودار نمادین پیشرفت فرآیند گازیسازی یک ذره زیست‌توده..... ۸۴

شکل (۲-۱۰(شکل کلی واکنش ترانس‌استریفیکاسیون..... ۸۸

شکل (۲-۱۱(واکنش ترانس‌استریفیکاسیون روغن برای تولید بیودیزل..... ۸۹

شکل (۲-۱۲(فرآیند تولید الکیل‌استر (بیودیزل) از روغنهای گیاهی..... ۸۹

شکل (۲-۱۳(اصول عملکرد یک پیل سوختی میکروبی..... ۹۳

شکل (۲-۱۴) ارتباط چرخه عمر فناوری با چرخه عمر زیرفناوری..... ۹۹

شکل (۲-۱۵) چرخه عمر محصول- بازار فناوری‌های زیست‌توده..... ۱۰۲

شکل (۲-۱۶) ارتباط چرخه عمر فناوری با چرخه عمر زیرفناوری..... ۱۰۳

شکل (۲-۱۷) وضعیت معیارهای سنجش جایگاه فناوری در چرخه عمر فناوری..... ۱۰۳

شکل (۲-۱۸) مرور فناوری‌های تبدیل زیست‌توده و وضعیت کنونی توسعه آنها [۲۵]..... ۱۰۶

شکل (۲-۱۹) نمودار پیشرفت وضعیت فناوری‌های تولید سوخت از زیست‌توده [۲۶]..... ۱۰۷

فهرست جداول

جدول ۱-۱ مزایای اشتغال و اقتصادی انرژی زیستی ۲۰

جدول ۱-۲ ظرفیت بهرهبرداری شده برای انرژیهای تجدیدپذیر ۲۶

جدول ۱-۳ ظرفیت هدفگذاری شده برای انرژیهای تجدیدپذیر ۲۶

جدول ۱-۴ پیشبینی پتانسیل اقتصادی تولید برق از منابع زیست توده در ایران ۲۷

جدول ۱-۵ انواع تکنولوژیهای تولید برق از زیست توده و سرمایه اولیه آن ۲۹

جدول ۱-۶ هزینه های ثابت و متغیر تعمیرات و نگهداری برای تکنولوژی های تولید برق از زیست توده ۳۰

جدول ۱-۷ مقادیر مورد نیاز برای محاسبه هزینه تمام شده برق تولیدی از تکنولوژی های گوناگون ۳۸

جدول ۲-۱ فهرست اسناد بالادستی در حوزه انرژی ۵۳

جدول ۲-۲ واحدهای تحلیل توسعه فناوری ۵۸

جدول ۲-۳ نهادهای حاکمیتی و سیاست‌گذاری حوزه زیست‌توده در کشور ایران ۶۵

جدول ۲-۴ نهادهای تنظیم‌گری حوزه زیست‌توده در کشور ایران ۶۶

جدول ۲-۵ نهادهای تسهیل‌گری و ارائه‌دهندگان خدمات در حوزه زیست‌توده کشور ایران ۶۸

جدول ۲-۶ مراکز آموزشی و پژوهشی در حوزه زیست‌توده کشور ایران ۶۸

جدول ۲-۷ طبقهبندی فناوری از نظر ماهیت ۹۶

جدول ۲-۸ مقایسه مراحل مختلف چرخه عمر محصول- بازار ۱۰۱

جدول ۲-۹ اثرگذاری مشخصه‌های فناوری بر روش‌شناسی پیشنهادی ۱۰۴

جدول ۲-۱۰ وضعیت توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده ۱۰۸

جدول ۲-۱۱ منشأ تغییرات فناوری ۱۱۰

جدول ۲-۱۲ جمع‌بندی فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده از جنبه‌های مختلف ۱۱۳

مقدمه

این گزارش بنا بر درخواست دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت نیرو مبنی بر نگارش "سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در کشور" تهیه شده است. در این گزارش، مبانی تدوین این سند به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در فصل اول گزارش، به ضرورت توسعه و دلایل توجیه‌پذیری توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در بخش تولید برق (برق زیستی) پرداخته می‌شود. این فصل شامل بخش‌های زیر می‌باشد:

- ضرورت‌های قانونی توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در تولید برق زیستی
- مزایای ذاتی انرژی زیست‌توده و فناوری‌های مرتبط
- مزایای اجتماعی انرژی زیست‌توده و فناوری‌های مرتبط
- مزایای زیست‌محیطی انرژی زیست‌توده و فناوری‌های مرتبط
- مزایای اقتصادی انرژی زیست‌توده و فناوری‌های مرتبط

در فصل دوم نیز مبانی تدوین سند مورد بررسی قرار می‌گیرد. این فصل شامل بخش‌های زیر می‌باشد:

- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند
- تبیین مشخصه‌های فناوری‌های مرتبط با تولید برق از منابع زیست‌توده

۱- فصل اول : ضرورت توسعه و دلایل توجیه‌پذیری

۱-۱- مقدمه

در سال ۲۰۱۴ انرژی‌های تجدیدپذیر علیرغم افزایش مصرف انرژی در دنیا و کاهش دراماتیک قیمت نفت در نیمه دوم سال، به رشد خود ادامه داد. طی سالیان اخیر، مصرف انرژی نهایی در دنیا سالیانه حدود ۱/۵٪ رشد داشته است که دلیل اصلی آن افزایش تقاضا در کشورهای در حال توسعه است.

با وجود افزایش مصرف انرژی، برای اولین بار طی چهار دهه اخیر، انتشار جهانی کربن مربوط به مصرف انرژی علیرغم رشد اقتصادی دنیا، در سال ۲۰۱۴ ثابت باقی ماند. در حالی که در گذشته کاهش انتشارات مربوط به رکود اقتصادی دنیا بود، پایداری انتشار کربن در سال ۲۰۱۴ نتیجه نفوذ و گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود بازدهی انرژی[1] است [1][][].

تا پایان سال ۲۰۱۳، حدود ۱۹/۱٪ از مصرف انرژی نهایی دنیا به وسیله انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین شده است که سهم منابع مختلف به شرح زیر می‌باشد [1][][]:

- زیست‌توده سنتی[2] : ۹٪
- تجدیدپذیرهای مدرن : ۱۰/۱٪
- گرمایش زیست‌توده، زمین گرمایی و خورشیدی : ۴/۱٪ ،
- برق آبی : ۳/۹٪ ،
- برق بادی، خورشیدی، زیست‌توده و زمین گرمایی : ۱/۳٪ و
- سوخت‌های زیستی : ۰/۸٪

استفاده از زیست‌توده به عنوان یک منبع انرژی نه تنها به دلیل اقتصادی، بلکه به دلیل توسعه اقتصادی و زیست‌محیطی جذاب بوده و از طرفی آن را عامل تسریع در رسیدن به توسعه پایدار می‌دانند. سیستم‌هایی که زیست‌توده را به انرژی قابل مصرف تبدیل می‌کنند، می‌توانند در ظرفیت‌های کوچک به صورت ماژول به کار روند. صنایع کشاورزی، جنگلداری و فضولات دامی از

[1] Energy Efficiency

[2] زیست‌توده سنتی عمدتاً در مناطق روستایی و دورافتاده کشورهای درحال توسعه برای پخت و پز و گرمایش مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ذخایر اصلی زیست‌توده هستند که فرصت‌های اساسی را برای توسعه اقتصادی مناطق روستایی و دورافتاده فراهم می‌کنند. انرژی زیست‌توده شامل انرژی تولیدی از کلیه ضایعات و زایدات حاصل از موجودات زنده می‌باشد و بعد از انرژی خورشیدی بالاترین پتانسیل انرژی را دارا می‌باشد و در حال حاضر با توجه به مزایای ویژه‌ای نظیر مزایای اقتصادی، زیست محیطی، پراکندگی و دسترسی آسان، بالاترین سهم را در میان تجدیدپذیرها به خود اختصاص داده است. بکارگیری زیست‌توده برای تولید انرژی از بسیاری جهات حایز اهمیت است.

منابع انرژی زیست‌توده می‌تواند به شکل اصلی انرژی مانند برق و یا حامل‌های انرژی چون سوخت‌های گازی و مایع، نیازهای بخش‌های مختلف در جامعه بشری را تأمین کند که این موضوع وجه تمایز مباحث انرژی زیست‌توده نسبت به سایر انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. همچنین دامنهٔ مصرف‌کنندگان زیست‌توده بسیار گسترده است. به عنوان مثال از خانوارهای کوچک به خصوص در نواحی روستایی و رستوران‌ها شروع شده و تا واحدهای کوچک، متوسط و بزرگ صنعتی و تجاری ادامه پیدا می‌کند. با این مقدمه، در ادامه فصل اول، موارد ذیل در ارتباط با ضرورت توسعه و دلایل توجیه‌پذیری فناوری‌های زیست‌توده مورد بررسی قرار می‌گیرند:

- ضرورت توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در تولید برق زیستی
  - ضرورت‌های قانونی
  - مزایای ذاتی
  - مزایای اجتماعی
  - مزایای زیست‌محیطی
- دلایل توجیه‌پذیری توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در تولید برق زیستی
  - مزایای اقتصادی انرژی زیست‌توده و فناوری‌های مرتبط

۱-۲- ضرورت توسعه فناوری‌های برق زیستی

منظور از ضرورت توسعه، بیان هدف غایی سیاستگذاران از توسعه فناوری می‌باشد. این هدف غایی در سطوح بالای تصمیم‌گیری تعیین شده و به عنوان یک فرض اساسی و غیر قابل تغییر، محور برنامه‌ریزی و توسعه فناوری قرار می‌گیرد. فناوری‌های راهبردی می‌توانند با اهداف یا مبانی توسعه متفاوتی گسترش پیدا نمایند. ضرورت توسعه یک فناوری بر نوع نگرش سند تاثیرگذار است. از آنجا که این مبنا مشخص‌کننده مسیر پیش رو در انجام مطالعات می‌باشد لازم است تا به عنوان یک گام ابتدایی در مبانی سند تعیین گردد. وجود این مولفه در سند ملی موجب همراستا شدن سایر ارکان سند با هدف غایی سیاستگذار می‌گردد.

۱-۲-۱- ضرورت‌های قانونی

در این بخش از گزارش به بیان ضرورت‌های قانونی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به ویژه انرژی زیست‌توده در کشور پرداخته می‌شود. از منظر قانونی، کلیه اسناد بالادستی در حوزه انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه اسناد مرتبط با بخش زیست‌توده، ضرورت‌های قانونی برای توسعه تجدیدپذیرها به ویژه انرژی زیست‌توده را تعیین می‌نمایند.

با توجه به این که در فصل دوم همین گزارش و در بخش افق برنامه‌ریزی، به موضوع اسناد بالادستی به تفصیل پرداخته خواهد شد لذا در این بخش، صرفاً به اسامی تعدادی از اسناد بالادستی- که به عنوان ضرورت‌های قانونی توسعه تجدیدپذیرها در کشور شناخته می‌شوند- در قالب جدول (۱-۱) اشاره می‌شود.

جدول (۱-۱) ضرورت‌های قانونی توسعه تجدیدپذیرها در کشور

سند	بند مربوطه	موضوع
مجموعه برنامه پنج‌ساله چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران	سند چشم‌انداز در افق ۱۴۰۴ و سیاست‌های کلی برنامه چهارم	▪ آمایش سرزمینی مبتنی بر اصول حفاظت محیط زیست و احیاء منابع طبیعی ▪ افزایش بازدهی نیروگاه‌ها، متنوع‌سازی منابع تولید برق و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و نوین ▪ گسترش تولید برق از نیروگاه‌های تولید پراکنده، کوچک مقیاس و پُربازده برق و تولید همزمان برق و حرارت ▪ حفظ، احیاء و بهره‌برداری بهینه از سرمایه‌ها، منابع طبیعی تجدیدشونده و حفظ محیط زیست در طرح‌های توسعه ▪ کسب فناوری به ویژه فناوری‌های نو شامل: ریزفناوری و فناوری‌های زیستی, اطلاعات و ارتباطات، زیست‌محیطی، هوافضا و هسته‌ای
نقشه جامع علمی کشور	فصل سوم اولویت الف- اولویت‌های علم و فن‌آوری	اولویت‌ها در حوزه علوم پایه و کاربردی : ▪ انرژی‌های نو و تجدیدپذیر ▪ بازیافت و تبدیل انرژی
چشم انداز وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴	وزارت نیرو	▪ ارتقاء سطح کارآمدی صنعت برق کشور با تأکید بر ارتقای توانمندی در تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر ▪ ارتقاء سطح دانش، پژوهش و فن‌آوری در صنعت آب و برق با تأکید بر شناسایی فن‌آوری‌های نوین و انتقال و بومی‌سازی فن‌آوری‌های دارای مزیت نسبی
	بخش برق و انرژی	▪ شناسایی، انتقال و بومی‌سازی فن‌آوری‌های نوین و سازگار با محیط زیست ▪ تخصیص درصد معین و فزاینده‌ای از اعتبارات تحقیقاتی به بومی‌سازی فن‌آوری‌های مرتبط با انرژی‌های نو و تجدیدپذیر ▪ تعریف و اجرای پروژه‌های نمونه در زمینه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر و تجاری‌سازی آن‌ها ▪ بسترسازی، حمایت و جلب مشارکت بخش غیردولتی برای توسعه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر ▪ جلب مشارکت مردم برای حمایت از تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر ▪ تنظیم قوانین مناسب در بازار برق به منظور توسعه استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر ▪ اعطای مجوز صادراتی به تولیدکنندگان برق از منابع انرژی نو و تجدیدپذیر ▪ تنوع‌بخشی به منابع اولیه انرژی و فن‌آوری‌های تولید برق برای تقویت قدرت بازدارندگی و کاهش آسیب‌پذیری خدمات
	بخش آموزش، پژوهش و فن‌آوری	▪ ایفای نقش مؤثر در نقشه راه فن‌آوری‌های جدید و انتقال و بومی‌سازی آن‌ها
	بخش پشتیبانی صنعت آب و برق	▪ استفاده از ظرفیت‌های قانونی به منظور مشارکت با بخش خصوصی در فن‌آوری‌های نوین و سرمایه‌گذاری‌های پر خطر مورد نیاز صنعت آب و برق ▪ حمایت از انتقال و بومی‌سازی فن‌آوری‌های نو مورد نیاز و به‌کارگیری فن‌آوری‌های دارای مزیت نسبی بالا
سند ملی زیست‌فناوری	بند ۱۴ اهداف کوتاه مدت	▪ زمینه‌سازی برای توسعه زیست فن‌آوری در بخش صنعت، معدن و انرژی

سند	بند مربوطه	موضوع
	(تا پایان سال ۱۳۸۵)	
	بند ۷ و ۹ اهداف میان مدت (تا پایان برنامه چهارم توسعه)	▪ دستیابی و به کارگیری فن‌آوری زیستی برای تولید فرآورده‌های غذایی، بهداشتی، صنعتی، معدنی و انرژی مرتبط با زیست‌فن‌آوری به میزان ۱۰ درصد تولید کل فرآورده‌ها ▪ رشد سه برابر در استفاده از زیست فن‌آوری برای حفظ، ارتقاء و پاکسازی محیط زیست در راستای توسعه پایدار کشور
	بند ۷ و ۸ اهداف بلندمدت (تا پایان برنامه پنجم توسعه)	▪ دستیابی و به کارگیری دانش زیست‌فن‌آوری برای تولید فرآورده‌های صنعتی، غذایی، معدنی و انرژی مرتبط با زیست فن‌آوری به میزان ۲۰ درصد تولید کل این فراورده‌ها ▪ به کارگیری نتایج محقق در حوزه «حفظ، ارتقاء و پاکسازی محیط زیست» در برنامه میان مدت

۱-۲-۲- مزایای ذاتی انرژی زیست‌توده

در حال حاضر طیفی از فناوری‌های تبدیل زیست‌توده به برق وجود دارد. بسیاری از این فناوری‌ها- از جمله احتراق مستقیم در بویلرهای سوخت‌رسان[1]، همسوزی با درصد پایین، هضم بیهوازی، زباله‌سوزی، گاز دفنگاه و سیکل ترکیبی برق و حرارت- به بلوغ رسیده و به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه هستند. به کمک این فناوری‌ها می‌توان برق ارزان و قابل اطمینان تولید نمود به شرط آن که مواد اولیه ارزان در اختیار باشد. این فناوری‌ها کمترین میزان کاهش هزینه را در آینده خواهند داشت.

تعدادی از فناوری‌های زیست‌توده- از جمله گازیسازی و آتشکافت (پیرولیز) اتمسفریک زیست‌توده- که بلوغ کمتری داشته‌اند، هنوز در فاز ابتدایی توسعه تجاری[2] قرار دارند. فناوری‌هایی نظیر سیکل ترکیبی گازیسازی یکپارچه[3]، پالایش زیستی[4] و هیدروژن زیستی[5] در فازهای نمایش عملکرد یا تحقیق و توسعه قرار دارند. در مورد این فناوری‌ها احتمال کاهش هزینه‌ها در آینده به مراتب بیشتر است، اما در حال حاضر نقش کمتری در نظام تولید برق ایفا می‌کنند.

به دلیل آن که فناوری‌های مختلف زیست‌توده در مراحل مختلف توسعه قرار دارند، پتانسیل کاهش قیمت آنها بسیار نامتجانس است. پتانسیل کاهش قیمت برای فناوری‌های اثبات‌شده به نسبت پایین است. با این وجود، در درازمدت پتانسیل کاهش هزینه در مورد فناوری‌های کمتر بالغشده مناسب به نظر می‌رسد.

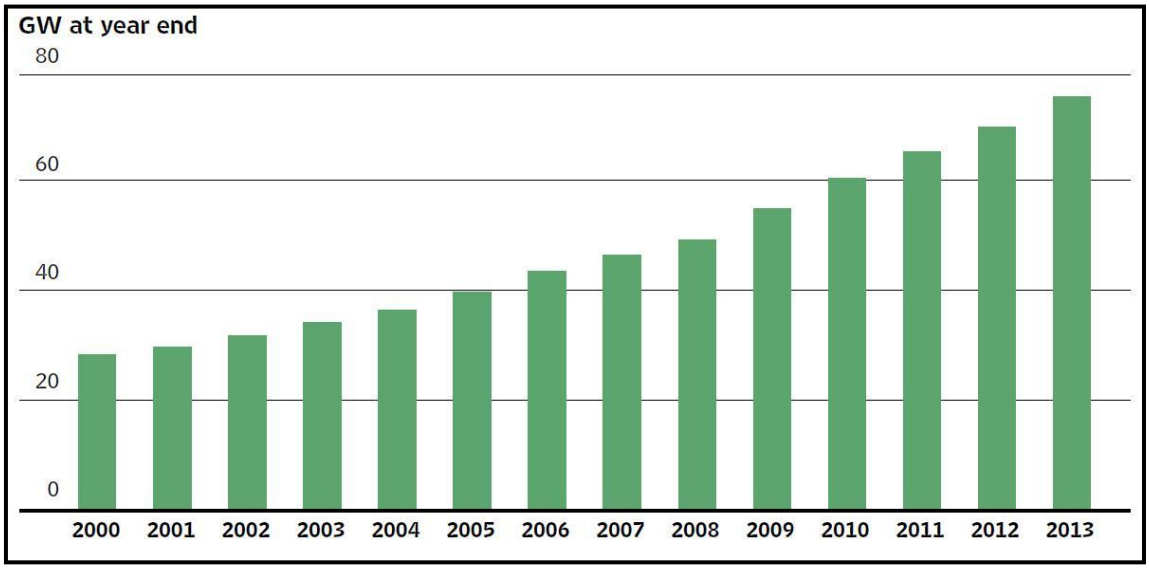
[1] Stoker Boiler
[2] Initial Commercial Deployment Phase
[3] Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC)
[4] Bio-refinery
[5] Bio-hydrogen

فرایند تولید برق از زیست‌توده بستگی به سه مؤلفه اصلی دارد:

- منابع زیست‌توده : ماده خام (یا منبع) زیست‌توده از یک منطقه به منطقه دیگر متفاوت است و منابع مختلف، خواص متفاوتی دارند که بر کاربرد آنها برای تولید برق تأثیر می‌گذارد.
- تبدیل زیست‌توده : تبدیل به فرایندی اطلاق می‌شود که طی آن منابع زیست‌توده به انرژی قابل استفاده برای تولید برق یا حرارت تبدیل می‌شوند (مانند گازیسازی، پیرولیز، هضم بیهوازی و احتراق).
- فناوری‌های تولید برق : طیف گسترده‌ای از فناوری‌های تجاری‌شده تولید برق وجود دارد که از انرژی مفید تولیدشده توسط منابع زیست‌توده به عنوان سوخت ورودی برای تولید برق استفاده می‌کنند.

هر چند که در مطالعات فنی- اقتصادی، عمدتاً تمرکز بر هزینه‌های تبدیل و فناوری‌های تولید برق قرار دارد، اما یکی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده در موفقیت پروژه‌های زیست‌توده، در دسترس بودن مطمئن و پایدار منابع زیست‌توده می‌باشد.

ظرفیت تجمعی نصب‌شده دنیا تا پایان سال ۲۰۱۳ حدود ۸۶ گیگاوات می‌باشد (**Error! Reference source not found.**شکل (۱-۱)شکل (۱-۱)) و پیش‌بینی می‌شود تا پایان سال ۲۰۲۵ به ۱۳۰ گیگاوات بالغ گردد. حدود یک‌سوم ظرفیت نصب‌شده در اروپا قرار دارد، ۲۹٪ در منطقه آسیا پاسیفیک و حدود ۲۰٪ در منطقه آمریکای شمالی قرار دارد [2]].



شکل (۱-۱) ظرفیت تجمعی نصب‌شده از زیست‌توده در دنیا (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳)

۱-۲-۲-۲- ضریب ظرفیت نیروگاهی بالا

یکی از مزایای مهم فناوری‌های تولید برق از منابع زیست‌توده، ضریب ظرفیت[1] بالای نیروگاه‌های مبتنی بر این فناوری‌ها می‌باشد. بنا به تعریف، ضریب ظرفیت یک نیروگاه برق عبارتست از نسبت توان تولیدشده واقعی آن نیروگاه در یک بازه زمانی مشخص به توانی که در صورت مهیا بودن شرایط، به صورت پیوسته توسط آن نیروگاه در همان بازه زمانی با توان نامی تولید می‌شود. رابطه (۱-۱) فرمول محاسبه ضریب ظرفیت یک نیروگاه را نشان می‌دهد.

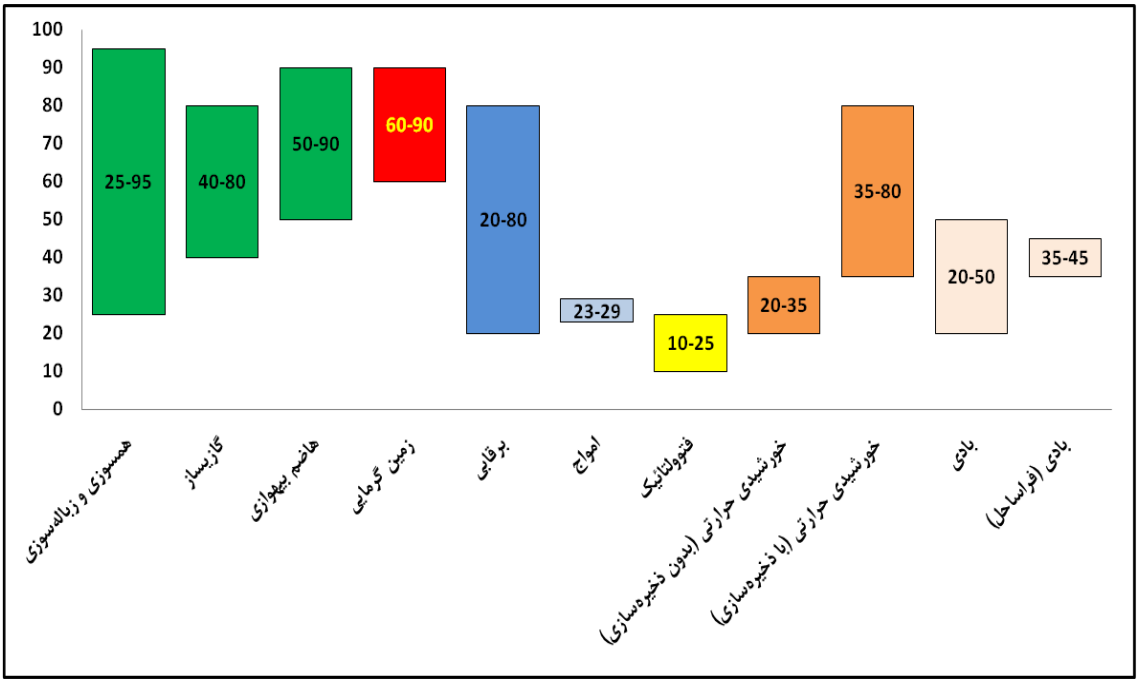
$$CF = \frac{\int_{t=0}^{t=year} Pdt}{P_n \int_{t=0}^{t=year} dt} \qquad (۱-۱)$$

در رابطه (۱-۱) :

- P : توان تولید عملی نیروگاه و تابعی از زمان است و
- P_n : توان نامی نیروگاه و مستقل از زمان است.

در شکل (۱-۲(ضریب ظرفیت انواع نیروگاه‌های تجدیدپذیر ارائه شده است 1][[1]]. مطابق شکل (۱-۲)، ضریب ظرفیت فناوری‌های زیست‌توده شامل همسوزی و زباله‌سوزی، گازیساز و هاضم بیهوازی در مقایسه با سایر منابع تجدیدپذیر بالاتر بوده و از این حیث تنها انرژی زمین گرمایی قابل قیاس می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد چنانچه منبع مورد استفاده در فناوری‌های زیست‌توده به طور مطمئن و پایدار در اختیار نیروگاه قرار گیرد می‌توان از این نیروگاه‌ها برای تأمین بار پایه[2] شبکه بهره‌برداری نمود.

[1] Capacity Factor (CF)
[2] Base Load



شکل (۱-۲) ضریب ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر (٪)

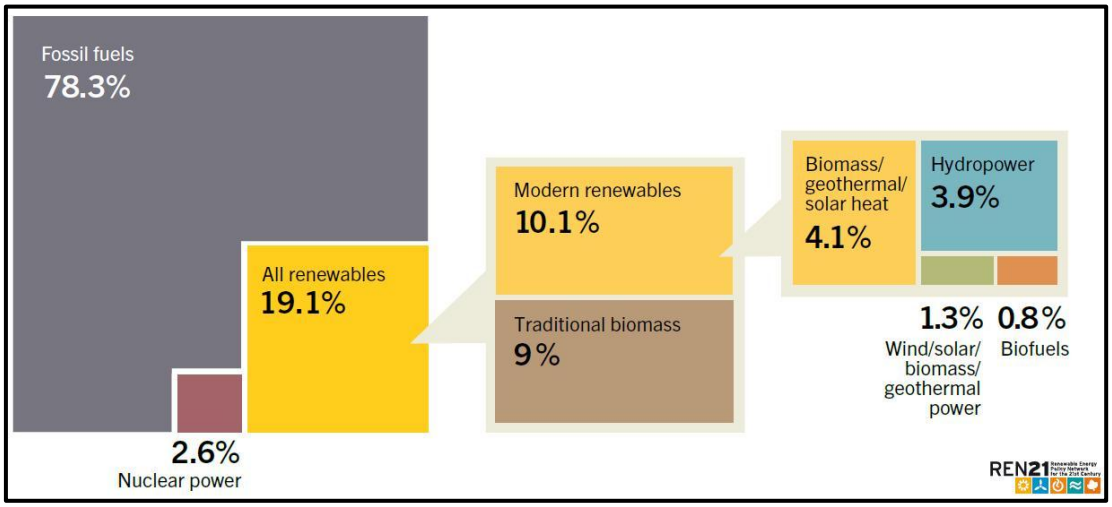
برای درک اهمیت ضریب ظرفیت می‌توان به این مطلب اشاره داشت که با توجه به ضریب ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر، یک نیروگاه ۱ مگاواتی فتوولتائیک با ضریب ظرفیت ۱۶٪ معادل یک نیروگاه ۰/۲ مگاواتی (۲۰۰ کیلوواتی) زیست‌توده با ضریب ظرفیت ۸۰٪ می‌باشد.

۱-۲-۲-۳- پتانسیل بالای تولید برق و انرژی در مقایسه با سایر انرژی‌های تجدیدپذیر

❑ سهم زیست‌توده در تأمین انرژی نهایی

مطابق شکل (۱-۳)، تا پایان سال ۲۰۱۳ سهم انرژی زیست‌توده در تأمین انرژی نهایی دنیا بیش از ۱۰٪ بوده است [1]]]. از این سهم، ۹٪ مربوط به زیست‌توده سنتی و مابقی مربوط به زیست‌توده مدرن برای تولید برق و حرارت می‌باشد. همان طور که پیشتر در مقدمه ذکر گردید منظور از زیست‌توده سنتی، بکارگیری فناوری‌های بسیار کم‌بازده احتراق مستقیم برای سوزاندن

زیست‌توده با هدف تولید حرارت و پخت و پز می‌باشد و عمدتاً از این روش در مناطق روستایی و دورافتاده کشورهای در حال توسعه استفاده می‌شود.



شکل (۱-۳) برآورد سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از مصرف انرژی نهایی دنیا در سال ۲۰۱۳

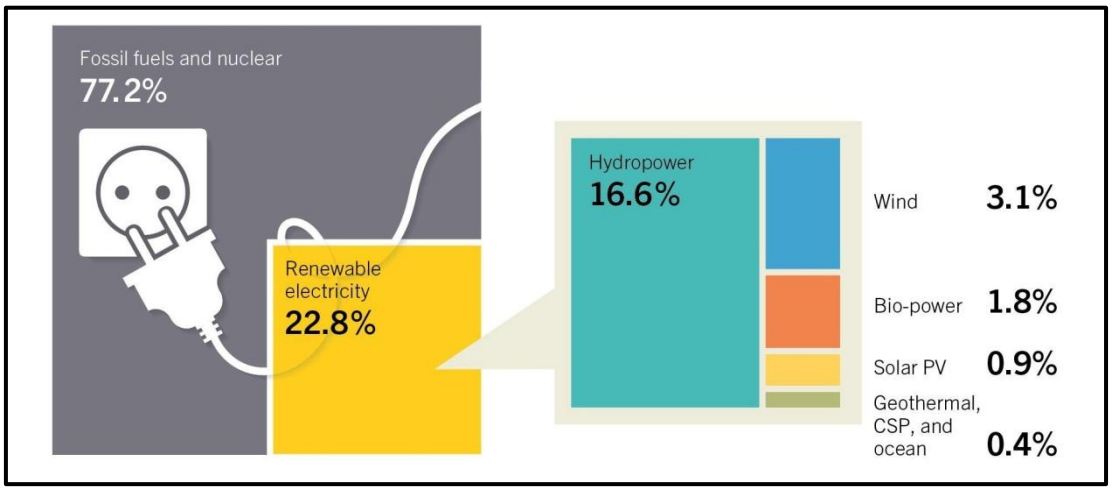
❑ سهم زیست‌توده در تأمین انرژی اولیه

در سال ۲۰۱۴، تقاضای انرژی اولیه کل از زیست‌توده در حدود ۱۶٫۲۵۰ تراوات ساعت [TWh] معادل ۵۸/۵ اگزاژول [EJ] بوده است. سهم انرژی زیستی در مصرف کل انرژی اولیه دنیا از سال ۲۰۰۰ در سطح ۱۰٪ باقی مانده است [1]].

در سالیان اخیر، سهم زیست‌توده سنتی از مجموع انرژی زیستی در محدوده ۵۴٪ تا ۶۰٪ قرار داشته است. این حجم عظیم از زیست‌توده سنتی- شامل سوخت چوبی، زغال چوب، زائدات کشاورزی و فضولات حیوانی- در شومینه‌ها، کوره‌ها و اجاق‌های خوراک‌پزی و گرمایشی سوزانده می‌شوند [1]]. بعد از زیست‌توده سنتی، گرمایش مدرن جایگاه بعدی را از نظر بیشترین کاربرد زیست‌توده با هدف تولید انرژی داراست.

❑ سهم زیست‌توده در تولید برق

همچنین مطابق شکل (۱-۴)، سهم منابع تجدیدپذیر در تولید برق تا پایان سال ۲۰۱۴ حدود ۲۲/۸٪ برآورد شده است که از این مقدار، سهم زیست‌توده حدود ۱/۸٪ می‌باشد [1]]]. بنابراین از حیث تولید برق، زیست‌توده بدون احتساب برق آبی، پس از انرژی باد در جایگاه دوم قرار دارد.



شکل (۱-۴) برآورد سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق دنیا در سال ۲۰۱۴

❑ سهم زیست‌توده در بخش گرمایش و سرمایش

در سال ۲۰۱۴، حدود نیمی از مصرف انرژی نهایی دنیا به بخش گرمایش اختصاص داشته است. انرژی‌های تجدیدپذیر بیش از ۲۵٪ مصرف نهایی انرژی در بخش گرمایش را تأمین نموده‌اند که از این مقدار، دو سوم آن سهم زیست‌توده سنتی و مابقی سهم تجدیدپذیرهای مدرن می‌باشد [1]]].

در سال ۲۰۱۴، بیش از ۹۰٪ منابع تجدیدپذیر مدرن برای گرمایش به انرژی زیستی (بیوانرژی) اختصاص داشته و مابقی سهم حرارتی خورشیدی و زمین گرمایی می‌باشد [1]]].

❑ سهم زیست‌توده در بخش حمل و نقل

در حال حاضر تمرکز اصلی سیاستگذاری، بازار و صنایع در بخش حمل و نقل، متوجه سوخت‌های زیستی می‌باشد. در خلال سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲، تقاضای جهانی بنزین سالیانه ۱/۲٪ افزایش یافته است. با این وجود سهم تجدیدپذیرها در بخش حمل و نقل همچنان ناچیز است [1]].

در سال ۲۰۱۳ انرژی تجدیدپذیر تنها در حدود ۳/۵٪ از تقاضای انرژی جهان در بخش حمل و نقل جاده‌ای را تأمین نموده است که این مقدار در سال ۲۰۰۷ حدود ۲٪ بوده است. در همین مدت (۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳)، از نظر اشتغال‌زایی، تأمین سوخت در بخش حمل و نقل جایگاه دوم را در میان تجدیدپذیرها به خود اختصاص داده است [1]].

سهم سوخت‌های زیستی مایع- عمدتاً بیواتانول و بیودیزل- در بخش حمل و نقل در تعدادی از کشورهای اروپایی، آمریکا و برزیل به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر است. در این کشورها سهم سوخت‌های زیستی در بخش حمل و نقل جاده‌ای در سال ۲۰۱۴، از ۲۰٪ فراتر رفت [1]]. امروزه سوخت‌های زیستی مایع عمدتاً در خودروهای سواری و خودروهای جاده‌ای[1] استفاده می‌شوند. در حال حاضر، آمریکا پیشتاز تولید بیودیزل و بیواتانول در دنیا می‌باشد.

علاوه بر سوخت‌های زیستی مایع، سوخت‌های زیستی گازی از جمله بیومتان (بیوگاز تصفیه‌شده) نیز در خودروها مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر چند که سهم به نسبت ناچیز این نوع سوخت در حال افزایش است. از منابع تجدیدپذیر به صورت برق نیز برای تأمین سوخت قطارها، وسایل حمل و نقل ریلی سبک، تراموا و خودروهای برقی دو و چهار چرخ استفاده می‌شود. بازارهای جدید و کاربردهای جدیدی نیز برای سوخت‌های زیستی در حال شکل‌گیری است. در ادامه، تعدادی از این کاربردها اشاره شده است [1]]:

- استفاده از سوخت‌های زیستی در بخش صنعت حمل و نقل هوایی : در حال حاضر کشورهای نروژ و سوئد از سوخت‌های زیستی در پروازهای تجاری خود استفاده می‌کنند. کشورهای برزیل، چین، اندونزی، آفریقای جنوبی، امارات متحده عربی، انگلستان و آمریکا نیز به دنبال استفاده از سوخت‌های زیستی در خطوط هوایی خود هستند.
- استفاده از سوخت‌های زیستی در کاربردهای نظامی : کشورهای استرالیا، شیلی، ایتالیا و آمریکا به دنبال توسعه سوخت‌های زیستی برای کاربردهای نظامی هستند. ارتش آمریکا اعلان داشته که در دسامبر ۲۰۱۴، اولین پرواز مافوق صوت خود را با استفاده از ایزوبوتانول تجدیدپذیر با موفقیت انجام داده است.

[1] Heavy-duty Road Vehicle Applications

- استفاده از بیومتان در بخش حمل و نقل شهری : استفاده از بیومتان به عنوان سوخت خودروها، اتوبوس‌ها و سایر خودروها در تعدادی از کشورهای اروپایی از جمله آلمان، فنلاند و سوئد به طور محدود در حال اجرا است. سایر کشورها از جمله برزیل، تعدادی از کشورهای آسیایی و آمریکای شمالی نیز برنامه‌هایی برای استفاده از بیومتان در بخش حمل و نقل خود دارند.
- برق‌دار کردن خودروها در سال ۲۰۱۴ افزایش یافته است. تعداد خودروهای برقی جاده‌ای در سال ۲۰۱۴ نسبت به سال ۲۰۱۳، تقریباً دو برابر شده است.

۱-۲-۲-۴- افزایش امنیت انرژی

ضرورت‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر

دسترسی کشورهای درحال توسعه به انواع منابع جدید انرژی، برای توسعه اقتصادی آنها اهمیت اساسی دارد و پژوهش‌های جدید نشان داده که بین سطح توسعه یک کشور و میزان مصرف انرژی آن، رابطه مستقیمی برقرار است. با توجه به ذخایر محدود انرژی فسیلی و افزایش سطح مصرف انرژی در جهان فعلی، دیگر نمی‌توان به منابع موجود انرژی متکی بود.

درکشور ما نیز، با توجه به نیاز روز افزون به منابع انرژی و کم شدن منابع انرژی فسیلی، ضرورت سالم نگه‌داشتن محیط زیست، کاهش آلودگی هوا، محدودیت های برق رسانی و تأمین سوخت برای نقاط و روستاهای دورافتاده و... استفاده از انرژی های نو مانند: انرژی باد، انرژی خورشید، هیدروژن، انرژی های داخل زمین و پسماندها و گیاهان می‌تواند جایگاه ویژه ای داشته باشد.

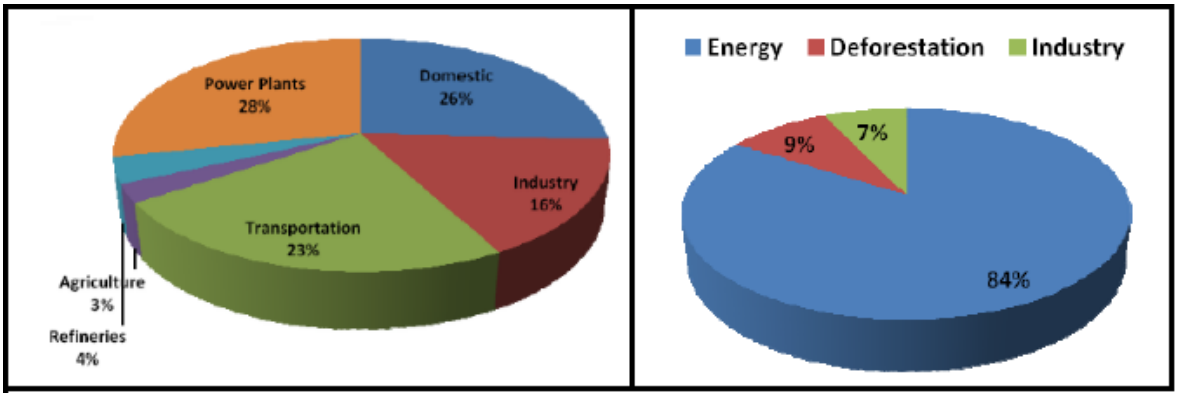
امروزه، بحران‌های سیاسی، اقتصادی و مسائلی نظیر محدودیت دوام ذخایر فسیلی، نگرانی‌های زیست محیطی، ازدحام جمعیت، رشد اقتصادی و ضریب مصرف، همگی مباحث جهان مشمولی هستند که با گستردگی تمام، فکر اندیشمندان را در یافتن راهکاهای مناسب در حل مناسب معضلات انرژی در جهان، به خصوص بحران های زیست محیطی، به خود مشغول داشته است. بدیهی است امروزی، پشتوانه اقتصادی و سیاسی کشورها، بستگی به میزان بهره وری آنها از منابع فسیلی دارد و تهی گشتن منابع فسیلی، نه تنها تهدیدی است برای اقتصاد کشورهای صادرکننده، بلکه نگرانی عمده ای را برای نظام اقتصادی ملل وارد کننده به وجود آورده است. صاحبان منابع فسیلی بایستی واقع نگرانه بدانند که برداشت امروز ایشان از ذخایر فسیلی، مستلزم بهره وری کمتر فردا و نهایتاً، تهی شدن منابع شان در مدت زمانی کمتر خواهد بود. خوشبختانه، بیشتر ممالک جهان به

اهمیت و نقش منابع مختلف انرژی، به ویژه انرژی های تجدیدپذیر در تأمین نیازهای حال وآینده پی برده وبه طور گسترده، در توسعه بهره برداری از این منابع لایزال، تحقیقات وسیع و سرمایه‌گذاری های اصولی می کنند.

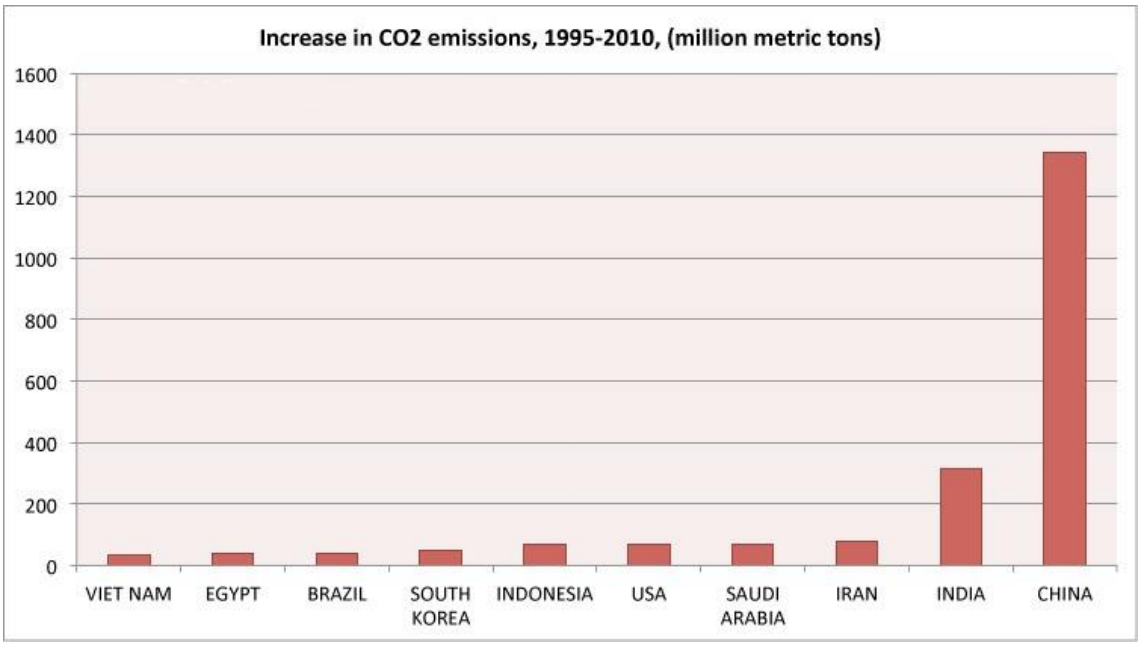
در ادامه برخی از دلایلی که توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را بیش از پیش ضروری می‌سازد آمده است:

کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای

مطابق آمار سال ۲۰۱۲، ایران با انتشار $Mt_{CO2}/year$ ۴۱۰، بیست و چهارمین کشور منتشرکننده CO_2 در جهان مـی‌باشـد و بزرگترین منبع انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشور ما در حوزه انرژی و بخش نیروگاه‌ها (۲۸٪) می‌باشد. سالانه ۱۰۰ میلیون تن CO_2 در ایران از بخش نیروگاه منتشر می‌شود.



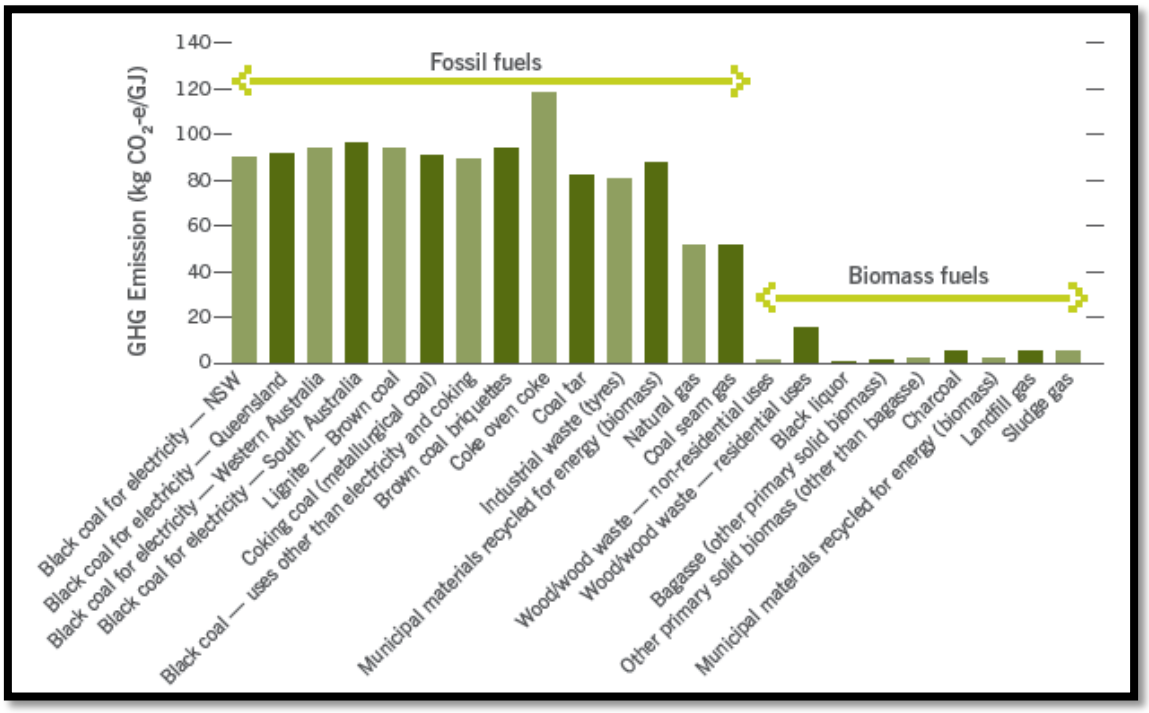
شکل (۱–۵) میزان انتشار CO_2 ایران در سال ۲۰۰۸. سهم بخش‌های مختلف انرژی ایران در انتشار CO_2 در سال ۲۰۰۸



شکل (۱-۶) مقایسه متوسط میزان انتشار CO_2 کشورهای مختلف طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰

با توجه به محدودیت میزان انتشار کربن، کشورها باید به سمت استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر تشویق شوند تا با جایگزینی آنها با منابع فسیلی بتوانند میزان بالای انتشار نیروگاه‌ها را کاهش دهند. منابع سوخت قابل پیش‌بینی‌تر مانند انرژی زیست توده، در تکمیل این فناوری‌ها و جایگزینی مقدار قابل توجهی از ظرفیت قابل پیش‌بینی و قابل کنترل فعلی حائز اهمیت هستند. بنابراین، منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی زیست توده هم به منظور کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و هم جهت نیل به هدف تأمین ۱۰٪ از انرژی کشور از منابع تجدیدپذیر که توسط دولت برای سال ۱۴۰۴ تعیین شده است، مورد نیاز هستند.

با سوختن سوخت‌های فسیلی، کربنی که طی بیش از میلیون‌ها سال ذخیره شده بود فوراً آزاد می‌شود و باعث افزایش سریع دی‌اکسیدکربن (CO_2) در اتمسفر می‌شود. اگرچه سوختن زیست توده نیز CO_2 آزاد می‌کند، اما در یک چرخه کربن بسته کار می‌کند. در نتیجه بسته به نوع ماده اولیه و ماهیت فناوری‌های مورد استفاده و فعالیت‌های عملیاتی درگیر، خالص انتشار آلاینده‌های آن کم است یا هیچ آلاینده‌ای ایجاد نمی‌کند. میزان انتشاربرای انواع مختلف سوخت در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل (۱-۷) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای سوخت‌های فسیلی و سوخت‌های زیست توده

استفاده از ضایعات زیست توده می‌توانند جایگزین منابع انرژی با انتشار بالاتر شود. علاوه بر این، اگر بتوان از این ضـایعات در نزدیکی محل تولید و مصرف انرژی استفاده کرد، تولید گازهای گلخانه‌ای مرتبط با حمل و نقل ضایعات و انرژی تولیدی می-تواند به حداقل برسد.

Options	Direct emissions	Infrastructure & supply chain emissions	Biogenic CO_2 emissions and albedo effect	Methane emissions	Lifecycle emissions (incl. albedo effect)
	Min / Median / Max	Typical values			Min / Median / Max
Currently Commercially Available Technologies					
Coal – PC	670 / 760 / 870	9.6	0	47	740 / 820 / 910
Gas – Combined Cycle	350 / 370 / 490	1.6	0	91	410 / 490 / 650
Biomass – cofiring	n.a. [i]	-	-	-	620 / 740 / 890 [ii]
Biomass – dedicated	n.a. [i]	210	27	0	130 / 230 / 420 [iv]
Geothermal	0	45	0	0	6.0 / 38 / 79
Hydropower	0	19	0	88	1.0 / 24 / 2200
Nuclear	0	18	0	0	3.7 / 12 / 110
Concentrated Solar Power	0	29	0	0	8.8 / 27 / 63
Solar PV – rooftop	0	42	0	0	26 / 41 / 60
Solar PV – utility	0	66	0	0	18 / 48 / 180
Wind onshore	0	15	0	0	7.0 / 11 / 56
Wind offshore	0	17	0	0	8.0 / 12 / 35
Pre-commercial Technologies					
CCS – Coal – Oxyfuel	14 / 76 / 110	17	0	67	100 / 160 / 200
CCS – Coal – PC	95 / 120 / 140	28	0	68	190 / 220 / 250
CCS – Coal – IGCC	100 / 120 / 150	9.9	0	62	170 / 200 / 230
CCS – Gas – Combined Cycle	30 / 57 / 98	8.9	0	110	94 / 170 / 340
Ocean	0	17	0	0	5.6 / 17 / 28

شکل (۱-۸) مقایسات میان میزان آلاینده های تولید شده از منابع مختلف تولید انرژی

افزایش امنیت انرژی

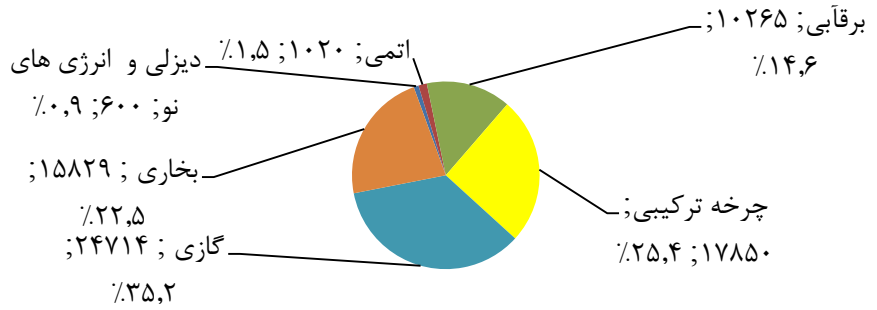
منابع زیست توده ذاتاً فراوان، تجدیدپذیر و بومی هستند و بنابراین به عنوان منبع انرژی ارزشمند که می‌تواند امنیت انرژی را فراهم کند به حساب می‌آیند.

با توجه به ماهیت توزیع منابع زیست توده، واحدهای تولید انرژی زیستی، برخلاف نیروگاه‌های فسیلی که معمولاً ظرفیت تولید بالایی دارند و دور از محل تقاضا واقع شده‌اند، ترجیحاً نسبتاً کوچک و در نزدیکی محل استفاده می‌باشند. این ویژگی واحدهای تولید انرژی زیستی به قابلیت اطمینان و امنیت عرضه انرژی کمک می‌کند، زیرا خرابی یک واحد تولید انرژی کوچک مجزا در مقایسه با یک واحد تولید بزرگ و متمرکز، تأثیر کمتری در تأمین انرژی الکتریکی دارد.

در مناطق روستایی و منطقه‌ای، استفاده از انرژی زیستی، احتمال اختلال در توزیع برق که ممکن است در اثر حوادث یا شرایط بد آب‌وهوایی مانند طوفان و رعد و برق ایجاد شود را کاهش می‌دهد.

در اصل، تولید انرژی زیستی موجب، افزایش تنوع عرضه انرژی، ارتقای امنیت تأمین انرژی و تقویت مناطق دور از شبکه توزیع برق، می‌شود و نیز کاهش تلفات عرضه انرژی را هم در پی دارد.

سرعت تغییر در جهان امروزه به حدی رسیده است که محیط زیست ما نمی تواندآن را هضم و جذب کند. این تغییرات که مهمترین آن ها افزایش سطح مصرف انرژی در جهان و گرمایش جهانی ناشی از افزایش آلاینده ها وگازهای گلخانه ای می باشد، توجه پژوهشگران را به ایجاد تنوع در سبد انرژی معطوف کرده است. شکل زیر سبد انرژی ایران در پایان سال ۱۳۹۲ را نشان می‌دهد. با توجه به سهم اندک انرژی‌های نو در این شکل، ضرورت توجه به این منبع جهت افزایش امنیت انرژی آشکار می‌گردد.



شکل (۱-۹) مقدار و سهم ظرفیت نامی انواع نیروگاه های بهره برداری شده در پایان سال ۱۳۹۲(مگاوات)

مزایای زیست توده

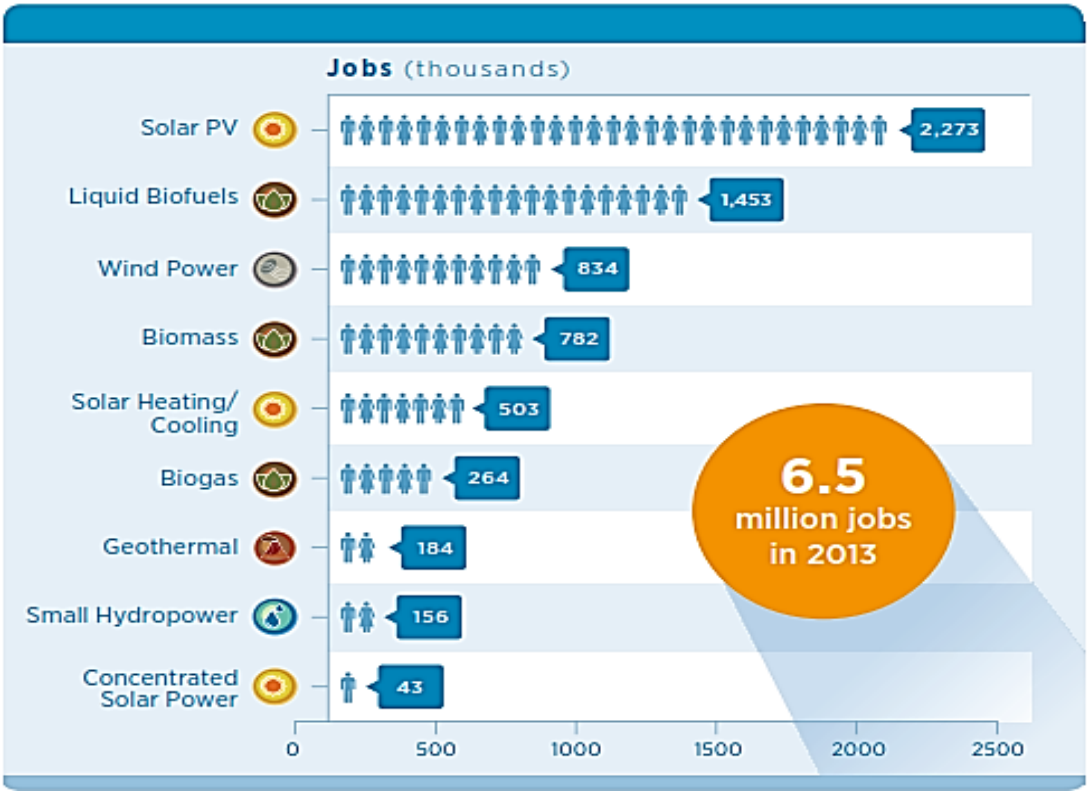
صنعت بیوانرژی کاملاً متفاوت از سایر انرژی‌های تجدیدپذیر، از قبیل انرژی باد و خورشید، می‌باشد. زیرا برای تولید انرژی قابل استفاده از زیست توده، غالباً ترکیبی از فرآیندهای پیچیده انجام می‌شود. به دلیل این ترکیب منحصر به فرد فعالیت‌ها، بیوانرژی می‌تواند مزایای زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی متعددی را فراهم کند که در ادامه شرح داده می‌شود.

اشتغال و توسعه اقتصادی

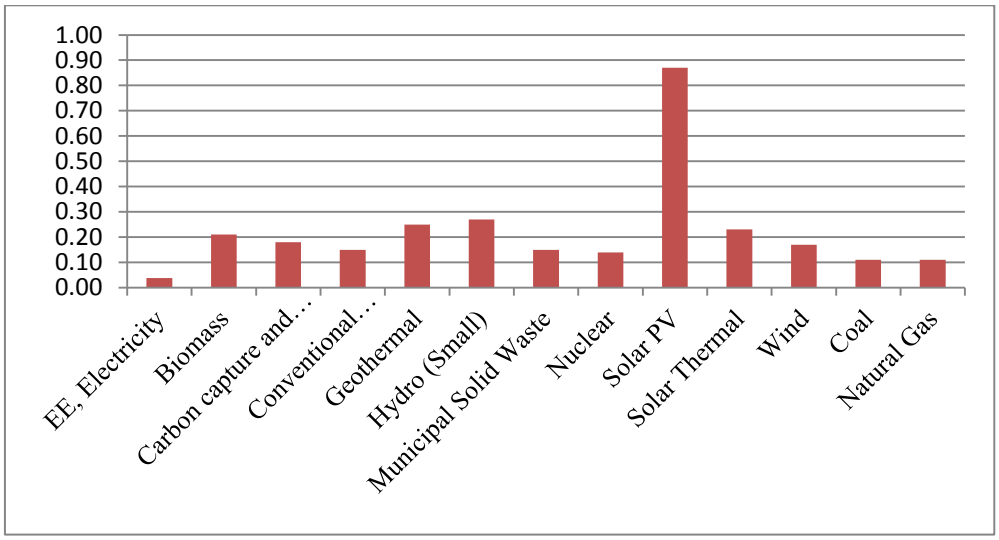
تنوع، کاربردپذیری و قابلیت مقیاس‌پذیری فناوری‌های انرژی زیستی این امکان را فراهم می‌آورد که بتوانند بسیار غیرمتمرکز باشند، به میزان قابل توجهی اشتغال روستایی و منطقه‌ای و منافع اقتصادی فراهم کنند، همانطور که در جدول زیر به طورخلاصه آورده شده است.

جدول (۱-۱) مزایای اشتغال و اقتصادی انرژی زیستی

مراحل	مزایا
ساخت و تأمین تجهیزات به صورت محلی	ساخت واحدهای انرژی زیستی به میزان قابل توجهی به تخصصی مختلف از جمله طراحان، نقشه‌برداران، مهندسان، تاجران، شرکت‌های بیمه و سرمایه‌گذار نیاز دارد و منافع پایداری برای جوامع محلی و منطقه‌ای که این واحدها در آن ساخته شده است فراهم می‌کند. بسیاری از اجزای یک واحد انرژی زیستی می‌تواند به صورت محلی از تولیدکنندگان تأمین شود و از رشد تولید محلی، اشتغال و نوآوری بیشتر حمایت کند.
در حال پیشرفت	برخلاف سایر منابع تجدیدپذیر، انرژی زیستی فرصت‌های شغلی مداوم قابل‌توجهی، اعم از تخصصی و غیرتخصصی، فراهم می‌کند که عبارتند از: ۱) تولید، منبع‌یابی و حمل و نقل مواد اولیه زیست توده،۲) بهره-برداری واحد تولید انرژی و ۳) نگهداری واحد در حال کار.



شکل (۱-۱۰) میزان اشتغال زایی تولید انرژی از منابع تجدید پذیر



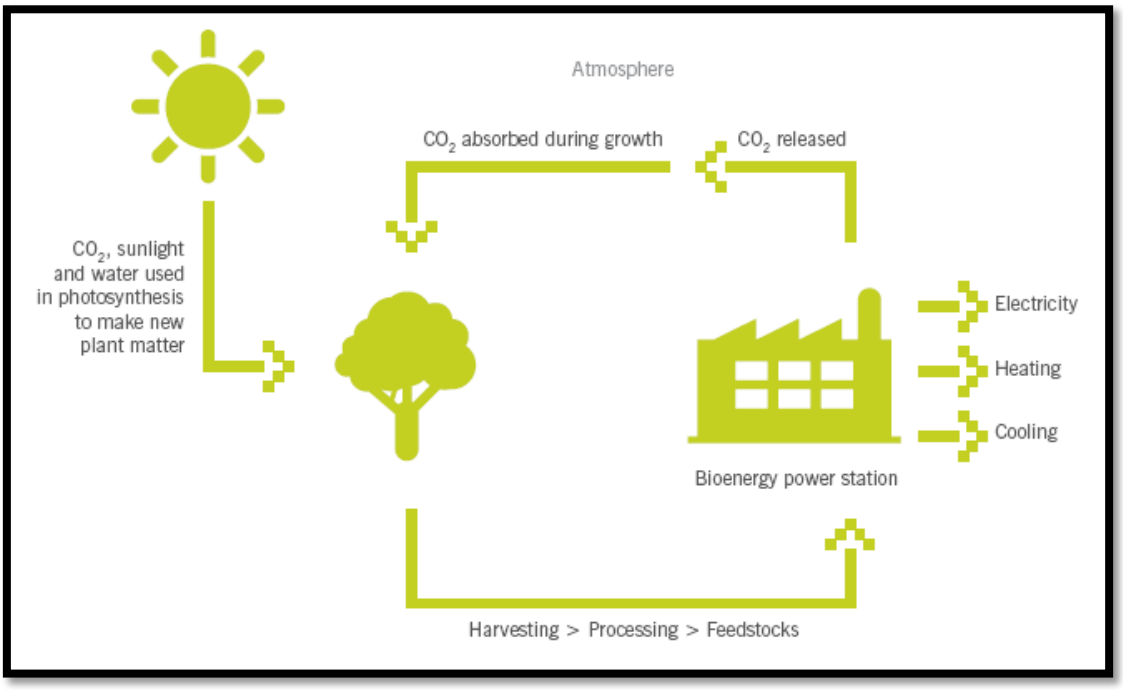
شکل (۱-۱۱) میزان اشتغال تکنولوژی های گوناگون تجدیدپذیر (نفر به ازای هر گیگاوات ساعت)

تأمین برق مداوم و قابل کنترل

تولید برق از بسیاری از منابع تجدیدپذیر با توجه به ماهیت آن منابع انرژی مانند باد و خورشید متغیر است. درحالیکه، این مورد برای انرژی زیستی وجود ندارد. اغلب نیروگاه‌های انرژی زیستی می‌توانند به طور مداوم یا در زمان‌های اوج بار، با فاکتور ظرفیت مشابه نیروگاه‌های زغال‌سوز بزرگ (در حدود ۹۰٪) راه‌اندازی شوند. واحدهای تولید انرژی زیستی که به گیاهان فصلی به عنوان منبع سوختی وابسته هستند، می‌توانند در مواقع لزوم با ذخیره سوخت یا با استفاده از زیست توده غیر فصلی کار کنند. از این رو، انرژی زیستی جایگزین خوبی برای سوخت فسیلی در تأمین انرژی می‌باشد. این خصوصیت باعث مناسب بودن این منبع برای تامین برق و انرژی روستاها در مناطق دور افتاده و نیز تولید پراکنده می‌شود.

زیست توده، یک منبع انرژی تجدیدپذیر

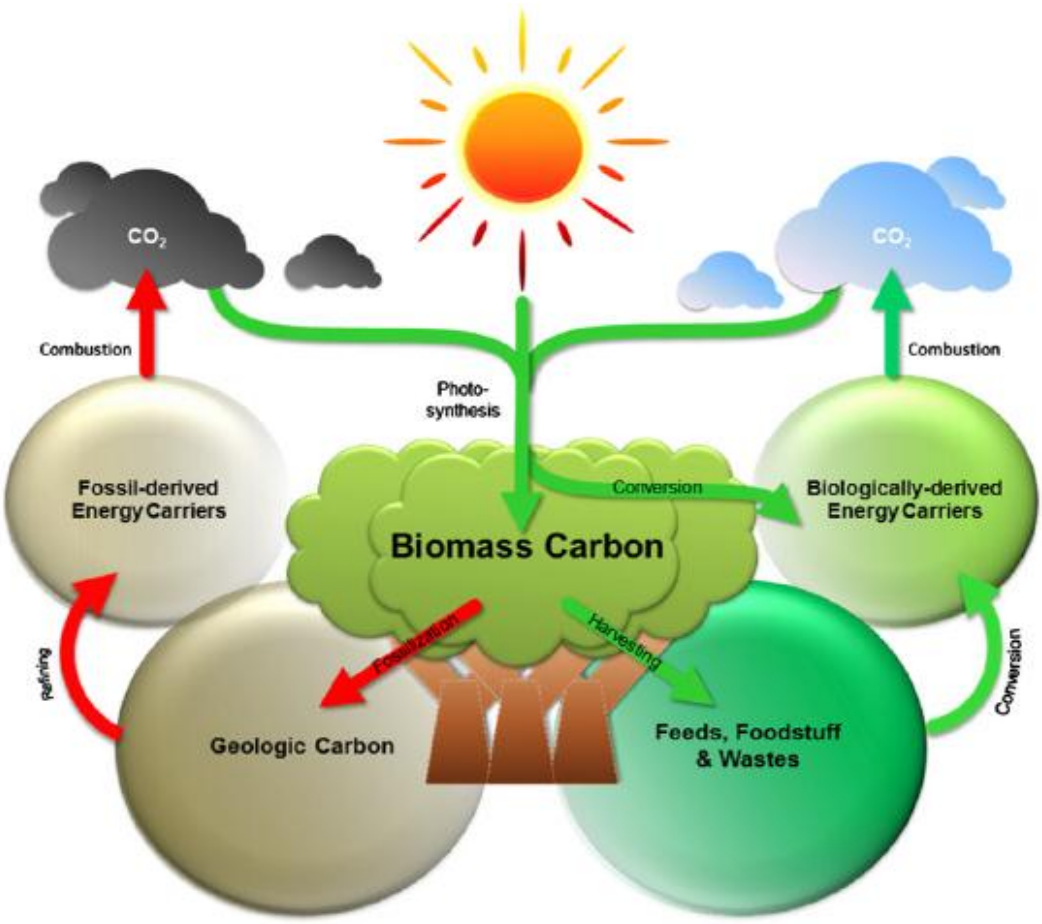
در تبدیل زیست توده به شکل‌های دیگر انرژی، CO_2 آزاد می‌شود، اما این مقدار CO_2 تولید شده در طی مرحله رشد گیاه از طریق فتوسنتز جذب می‌شود. از آنجا که این چرخه کربن بسته است (شکل ۳) و در یک چرخه دائمی عمل می‌کند، انرژی زیست توده یک منبع انرژی تجدید پذیر است.



شکل (۱-۱۲) چرخه بسته کربن انرژی زیست توده

تبدیل انواع مختلف زیست توده به انرژی زیستی در چرخه کربن (کربن اتمسفری[1]) به همراه زیست توده بازیابی شده در چرخه طبیعت (کربن مازاد[2]) به صورت شماتیک در شکل زیر نشان داده شده است.

[1] Atmospheric CO_2
[2] Geologic CO_2/ Build-up CO_2



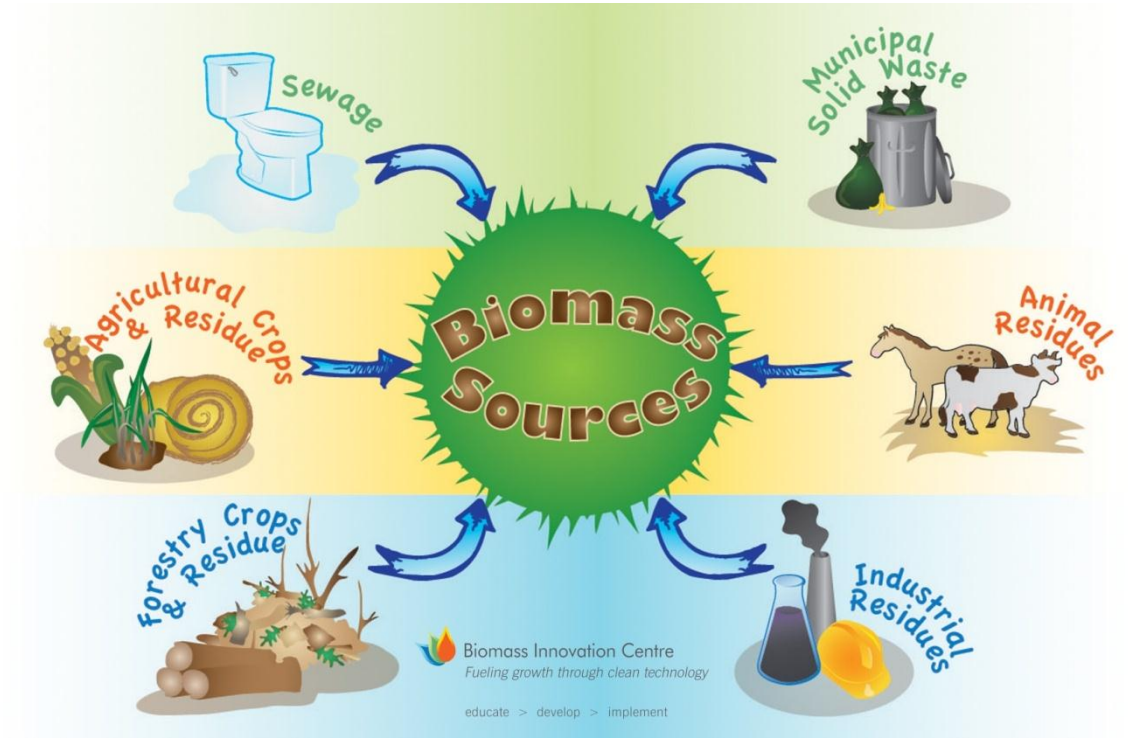
شکل (۱-۱۳) چرخه بسته کربن انرژی زیست توده

بخشی از تشعشع خورشید که به اتمسفر زمین می‌رسد به واسطه فرآیند فتوسنتز در گیاهان جذب و به صورت انرژی زیست توده ذخیره می‌شود که ماکزیمم راندمان تبدیل انرژی خورشیدی در این فرآیند بین ۵ تا ۶ درصد می‌باشد. در ادامه کربن زیست توده می‌تواند به واسطه یک مسیر دوستدار محیط زیست (مسیر سبز رنگ شکل ۱) به انواع انرژی زیستی تبدیل شود و یا با پیمودن مسیر قرمز رنگ فرآیندی کند، ناپایدار و ذاتاً زیان‌آور به محیط زیست را موجب می‌شود. زیست توده (شامل گیاهان، ضایعات کشاورزی و جنگلی، پسماندهای شهری و صنعتی، فضولات دامی، فاضلاب) در مسیر سبز رنگ کربن موجود در زیست توده به CO_2 اکسید شده و می‌تواند در جهت تولید منابع جدید زیست توده در چرخه کربنی بازیافت شود، از این رو به صورت تئوری فرآیند حاضر هیچ‌گونه گاز گلخانه‌ای منتشر نمی‌کند و در نتیجه منبعی تجدیدپذیر محسوب می‌شود. درحالیکه اگر منابع زیست توده در چرخه تجزیه طبیعی رها شوند در مدت زمان طولانی تا حدودی بازیابی شده و در نتیجه این فرآیند ناپایدار و غیرتجدیدپذیر، گازهای فراری مانند متان منتشر می‌کنند که ۲۱ بار آلاینده‌تر از CO_2 هستند. اگر این ضایعات برای تولید

انرژی استفاده شود، انتشار گاز متان را حذف می‌کند یا کاهش می‌دهد. در مورد گاز دفنگاه زباله، این فناوری می‌تواند به ازای هر مگاوات ساعت برق تولیدی از انتشار ۴ تن معادل CO_2 جلوگیری می‌کند. لذا رها نمودن منابع زیست توده به ویژه ضایعات، بدون بازیافت در چرخه کربنی مشکلات زیست محیطی را چندین برابر می‌کند.

تنوع منابع و فناوری‌ها و محصولات

زیست توده بر خلاف سایر انرژی‌های تجدیدپذیر، که تنها یک منبع برای تولید دارند (خورشید، گرمای زمین، باد و ...) از منابع فراوانی ایجاد می‌شود. صنایع کشاورزی، جنگلداری و فضولات دامی، ضایعات و زایدات حاصل از موجودات زنده، فاضلابها، زباله‌ها، انواع روغن ها، جلبک‌ها و بسیاری از منابع دیگر که امروزه از آ ن‌ها جهت استحصال منبع گرمایی، انرژی الکتریکی و سوخت وسایل نقلیه استفاده می‌شود، همگی در دسته بندی منابع زیست توده قرار می‌گیرند.



شکل (۱-۱۴) تنوع منابع زیست توده

در کنار این تنوع منابع، تنوع تکنولوژی های استحصال انرژی از زیست توده، یکی از برتری های آن نسبت به سایر انرژی های نو می‌باشد. همچنین این تکنولوژی‌ها از نظر سرمایه گذاری اولیه بسیار به صرفه تر از سایر تکنولوژی‌های تجدیدپذیر است و از همین رو در مقیاس‌های کوچک بسیار پرکاربرد خواهد بود. تکنولوژی‌های یادشده در جدول ۴ آمده است.

قابلیت ذخیره‌سازی

بیوانرژی، برخلاف دیگر منابع تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی، باد، موج و آب می‌تواند ذخیره شود و در هنگام نیاز مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۳- دلایل توجیه‌پذیری

در این بخش به بیان دلایل توجیه‌پذیری تولید برق به کمک منابع زیست‌توده پرداخته می‌شود. منظور از دلایل توجیه‌پذیری، بررسی هزینه‌هایی است که در کنار مزایای مختلف نام برده شده در قسمت قبل، جهت تولید انرژی الکتریکی از زیست‌توده بر سیستم تحمیل می‌گردد.

مطالعات تطبیقی

دسته‌بندی ایران به عنوان یک کشور خشک توجیهی بر عدم استفاده از منابع زیست توده نمی‌باشد. چرا که مطالعات تطبیقی صورت گرفته در کشورهای خاورمیانه با شرایط مشابه حاکی از استفاده فعلی انرژی زیستی یا در نظر گرفتن انرژی منابع مذکور در چشم‌انداز آن‌ها می‌باشد. گزارش ظرفیت نیروگاه‌های بهره‌برداری شده انرژی‌های تجدیدپذیر در جدول ۱ و موارد سیاست-گذاری شده برخی کشورها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول (۱-۲) ظرفیت بهره‌برداری شده برای انرژی‌های تجدیدپذیر

کشور	ظرفیت انرژی خورشیدی CSP (MW)	ظرفیت انرژی خورشیدی PV (MW)	ظرفیت انرژی بادی (MW)	ظرفیت انرژی زیست توده (MW)
اردن	N/A	۱/۶	۱/۵	۳/۵
قطر	N/A	۱/۲	N/A	۴۰
امارات متحده عربی	۱۰۰	۳۳	N/A	۱۰۱

جدول (۱-۳) ظرفیت هدف‌گذاری شده برای انرژی‌های تجدیدپذیر

کشور	ظرفیت انرژی خورشیدی CSP (MW)	ظرفیت انرژی خورشیدی PV (MW)	ظرفیت انرژی بادی (MW)	ظرفیت انرژی زیست توده (MW)
لبنان (۲۰۱۵)	N/A	N/A	۶۰-۱۰۰	۱۵-۲۵
عربستان (۲۰۳۲)	۲۵۰۰۰	۱۶۰۰۰	۹۰۰۰	۳۰۰۰
سودان (۲۰۳۱)	۵۰	۶۶۷	۶۸۰	۱۲۲
سوریه (۲۰۲۵)	۵۰	۱۱۰۰	۱۵۰۰	۲۶۰
تونس (۲۰۳۰)	۵۰۰	۱۵۰۰	۱۷۰۰	۳۰۰
یمن (۲۰۲۵)	۱۰۰	۴	۴۰۰	۶

عربستان سعودی به عنوان کشور مشابه در مطالعات تطبیقی مورد توجه قرار گرفت. در این کشور استفاده انواع ضایعات زیست توده به عنوان یکی از منابع تجدیدپذیر، به دلیل افزایش سریع نرخ رشد جمعیت، روند رو به رشد صنعتی شدن (افزایش ضایعات صنعتی)، رشد شهرنشینی و افزایش سطح آلایندگی و ضایعات (برای مثال تولید ۱۵ میلیون تن ضایعات جامد در سال) از طریق استقرار سیستم پایدار مدیریت پسماند (شامل 4Rs) توجیه‌پذیر است. یکی از راهکارهای مدیریت پسماند تبدیل آن به انرژی می‌باشد که ارزش افزوده این ضایعات را به دنبال دارد.

بر اساس مطالعه مشابه انجام شده برای ایران توسط موسسه DLR آلمان، کل پتانسیل اقتصادی زیست توده شامل زائدات کشاورزی و جنگلی و زباله‌های شهری در سال ۲۰۵۰ به میزان ۷/۲۳ TWh/y پیش‌بینی شده است. نتایج این مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول (۱-۴) پیش‌بینی پتانسیل اقتصادی تولید برق از منابع زیست توده در ایران

جمع کل	زائدات کشاورزی	زائدات جنگلی	زباله‌های شهری					
۲۰۵۰			۲۰۰۰	۲۰۱۰	۲۰۲۰	۲۰۳۰	۲۰۴۰	۲۰۵۰
۲۳/۷	۰/۴۶	۷/۳	۷/۴۴	۹/۳۳	۱۱/۴۶	۱۳/۰۳	۱۴/۶۹	۱۵/۹۴

محاسبه هزینه تمام شده برق از زیست توده

توجیه پذیری اقتصادی تکنولوژی های جدید به کمک مقایسه هزینه تمام شده صورت می‌گیرد. فقدان داده های دقیق و قابل اعتماد پیرامون هزینه‌ها و عملکرد تکنولوژی‌های تولید برق از منابع تجدیدپذیر، یکی از موانع بزرگ در دستیابی به این تکنولوژی‌ها است. در این قسمت، با در نظر گرفتن هزینه‌های ثابت و متغیر تولید انرژی الکتریکی بوسیله سوختهای زیستی، توجیه پذیری تولید برق از زیست توده را با روش هزینه تراز شده انرژی[1] بررسی می‌کنیم. امروزه بسیاری از تکنولوژی های نیروگاه‌های تولید برق از منابع زیست توده در جهان به دوران بلوغ خود رسیده اند از آن جمله می توان به تکنولوژی های احتراق مستقیم[2]، هضم بیهوازی[3]، زباله سوز ها[4] و لندفیل ها[5] به صورت مستقل و یا CHP[6] اشاره نمود. باقی تکنولوژی های موجود مانند سیستم های گازی ساز[7]، پالایشگاه های سوختهای زیستی و غیره در مرحله تحقیق و توسعه و یا صنعتی شدن قرار گرفته‌اند. کاهش هزینه های مربوط به نیروگاههای زیست توده به عوامل زیادی وابسته است. برآورد هزینه های ساخت یک نیروگاه زیست توده فرایندی پیچیده است. زیرا هزینه های مربوطه با توجه به نوع منبع زیست توده مورد استفاده در نیروگاه، هزینه خرید و حمل ونقل آن و همچنین تکنولوژی به کار رفته در نیروگاه و طراحی آن جهت تبدیل مواد اولیه به سوخت و بعلاوه مشخصات مکان ساخت نیروگاه متغیر است. در مجموع قیمت جهانی برق تولیدی از این منبع از ۲۶۰۰ تا ۱۰۰۰۰ دلار برای هر کیلووات ساعت می‌باشد. به‌طورکلی هزینه‌های نیروگاه‌های زیست‌توده شامل هزینه‌های ذیل می‌باشد:

- هزینه های مربوط به تامین تجهیزات
- هزینه های مربوط به سرمایه گذاری (تامین منابع مالی)

[1] LCOE
[2] direct combustion in stoker boilers
[3] anaerobic digestion
[4] municipal solid waste incineration
[5] landfill gas
[6] combined heat and power
[7] atmospheric biomass gasification

- هزینه های نصب
- هزینه های ثابت و متغیر مربوط به عملیات اجرائی
- هزینه های ثابت ومتغیر تعمیر و نگهداری
- هزینه تامین سوخت
- هزینه تراز انرژی

از میان هزینه های فوق سه شاخص اصلی که برای تجزیه و تحلیل هزینه تمام شده در مناطق مختلف و با فناوری‌های متفاوت استفاده می گردند عبارتند از:

- هزینه تجهیزات (درب کارخانه[1] و تحویل در سایت[2])
- کل هزینه نصب پروژه که شامل هزینه‌های ثابت مالی نیز می‌باشد (بانک‌ها و موسسات مالی اغلب حق‌الزحمه و کارمزدی را مطالبه می‌کنند، که معمولا یک درصد از کل وجوه دریافتی است. این هزینه‌ها اغلب به طور جداگانه تحت عنوان هزینه های توسعه پروژه گزارش می‌شوند)
- هزینه تراز شده برق تولیدی (LCOE)

رشد سریع در زمینه ظرفیت‌های نصب شده سیستم‌های تجدیدپذیر و کاهش هزینه‌های مرتبط با آنها بدین معناست که حتی داده‌های قدیمی یک یا دو سال قبل حاکی از برآورد زیاد (بالای) هزینه‌های برق تولیدی از فناوری‌های تجدیدپذیر می‌باشد. همچنین حاکی از مقدار قابل توجهی دانش غیر دقیق و گمراه کننده در زمینه هزینه‌ها و عملکرد تولید برق از تجدیدپذیرها نیز بوده است.

فقدان اطلاعات دقیق و قابل استناد در زمینه هزینه‌ها و عملکرد تولید برق از فناوری‌های تجدیدپذیر یک مانع جدی و قابل توجه به جذب و درک این فناوری‌های می‌باشد. تهیه و ارائه این اطلاعات به دولت‌ها، سیاست‌گذاران، سرمایه‌گذاران برای اخذ تصمیمات آگاهانه در مورد نقشی که انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق می توانند داشته باشند، کمک می‌نماید.

انواع هزینه های نیروگاه های زیست توده

برای تجزیه و تحلیل قیمت برق حاصل از منابع زیست توده از منظر سرمایه گذار می توان به موارد ذیل توجه نمود.

[1] FOB
[2] CIF

انواع هزینه سرمایه گذاری و هزینه های تراز شده نیروگاههای زیست توده در تکنولوژی های مختلف به طور خلاصه و طبق آمار اعلام شده در سال ۲۰۱۰ مطابق جدول ذیل می باشد.

جدول (۱-۵) انواع تکنولوژیهای تولید برق از زیست توده و سرمایه اولیه آن

نوع تکنولوژی	هزینه های سرمایه گذاری (دلار به ازای هر کیلووات)
دیگ بخار سوخت رسان[1]	۴۲۶۰-۱۸۸۰
دیگ بخار سیال جوشان و چرخشی[2]	۴۵۰۰-۲۱۷۰
گازی سازی بستر ثابت و جوشان[3]	۵۷۰۰-۲۱۴۰
سوخت رسان CHP[4]	۶۸۲۰-۳۵۵۰
گازی سازی CHP[5]	۶۵۴۵-۵۵۷۰
گاز لندفیل[6]	-۱۹۱۷ ۲۴۳۶
هاضم[7]	-۲۵۷۴ ۶۱۰۴
احتراق توام[8]	۸۵۰-۱۴۰

کل هزینه نگهداری و تعمیر این نیروگاه‌ها بین ۹ تا ۲۰ درصد از هزینه تراز شده (LCOE) آن‌ها محاسبه گردیده است لیکن می‌تواند در برخی تکنولوژی‌ها مانند تکنولوژی co-firing پایین‌تر نیز باشد. همچنین این ارقام می‌تواند به دلیل هزینه‌های بیشتر در بخش حمل‌ونقل و فرایند آماده‌سازی و تبدیل سوخت در برخی از تکنولوژی‌ها، افزایش یابد. بخش ثابت هزینه‌های تعمیر و نگهداری در حدود ۲ تا ۷ درصد هزینه‌های نصب در هر سال گزارش شده است و هزینه تعمیر و نگهداری متغیر آنها در حدود 0.005 سنت دلار آمریکا به ازای هر کیلووات ساعت است. که این رقم به صورت متوسط می باشد و ممکن است با توجه به شرایط سایت کمتر یا بیشتر باشد. در میان تمام تکنولوژی‌ها سیستم‌های لندفیل دارای بیشترین هزینه تعمیر و

[1] stoker boiler
[2] bubbling and circulating fluidised boilers
[3] fixed and fluidised bed gasifiers
[4] stoker CHP
[5] gasifiers CHP
[6] landfill gas
[7] digesters
[8] co-firing

نگهداری ثابت می‌باشد این هزینه بر اساس پروژه‌های اجراء شده چیزی در حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد کل سرمایه اولیه گزارش گردیده است، در حالی که به این بخش در سایر نیروگاه‌ها در حدود یک تا شش درصد از هزینه سرمایه گذاری اولیه (CAPEX) به ازای هر کیلووات در سال می باشد.

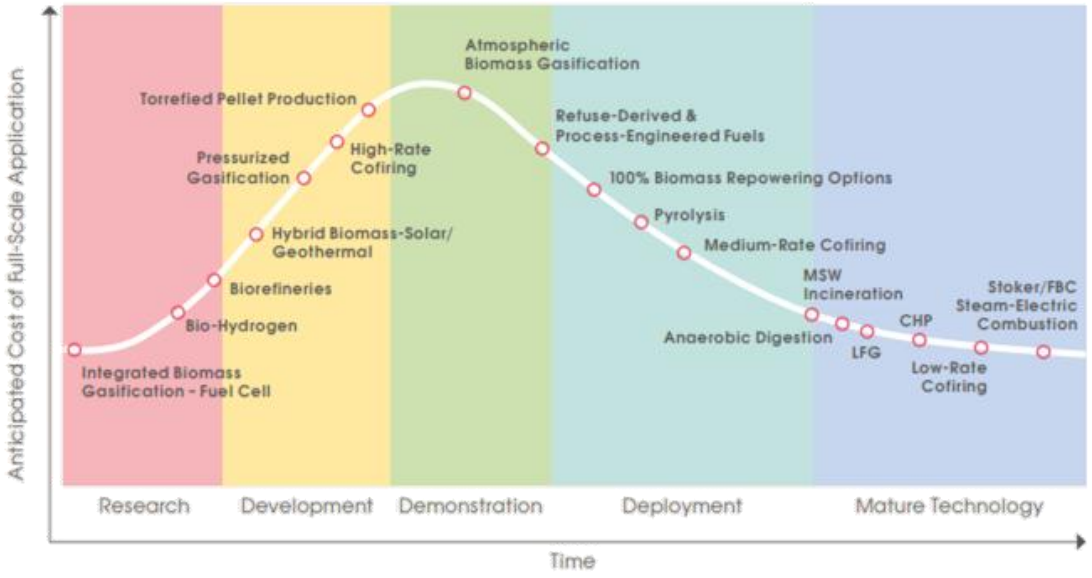
جدول (۱-۶) هزینه های ثابت و متغیر تعمیرات و نگهداری برای تکنولوژی های تولید برق از زیست توده

تکنولوژی	هزینه های تعمیرات و نگه داری ثابت (درصدی از هزینه های نصب)	هزینه های تعمیرات نگهداری متغیر (دلار بر مگاوات ساعت)
stoker/BFB/CFC boiler	3.2-4.2 3-6	3.8-4.7
Gasifier	3 6	3.7
AD systems	2.1-3.2 2.3-7	4.2
LFG	11-20	n.a

فرایند تبدیل انرژی

که این فرایندها نیز بسیار متنوع بوده و برای تولید برق، حرارت و یا برق و حرارت همزمان استفاده می‌گردند. انتخاب نوع فرایند در نیروگاه‌های زیست توده در تعیین میزان هزینه سرمایه‌گذاری اولیه نیروگاه تاثیر بسزایی دارد.

فناوری‌های تولید برق یا انرژی: این فناوری‌ها نیز بسیار گسترده و متنوع می‌باشند. این هزینه‌ها نیز در هر منطقه و کشور می‌تواند متفاوت باشد. هزینه‌های مربوط به ساخت جاده و سایر زیر ساخت‌های مورد نیاز نیز معمولا در این گروه قرار می‌گیرد. همچنین با توجه به دوره‌ای که هر تکنولوژی در آن قرار دارد هزینه برق تولیدی می‌تواند متغیر باشد. تکنولوژی‌های مختلف زیست توده در مراحل مختلف توسعه و معرفی به بازار قرار دارند و طیف وسیعی از توسعه آزمایشگاهی و نمونه‌سازی تا توسعه کاملاً تجاری را در بر می‌گیرند. در نمودار زیر وضعیت فعلی و آتی برخی از تکنولوژی‌ها نمایش داده شده‌است.



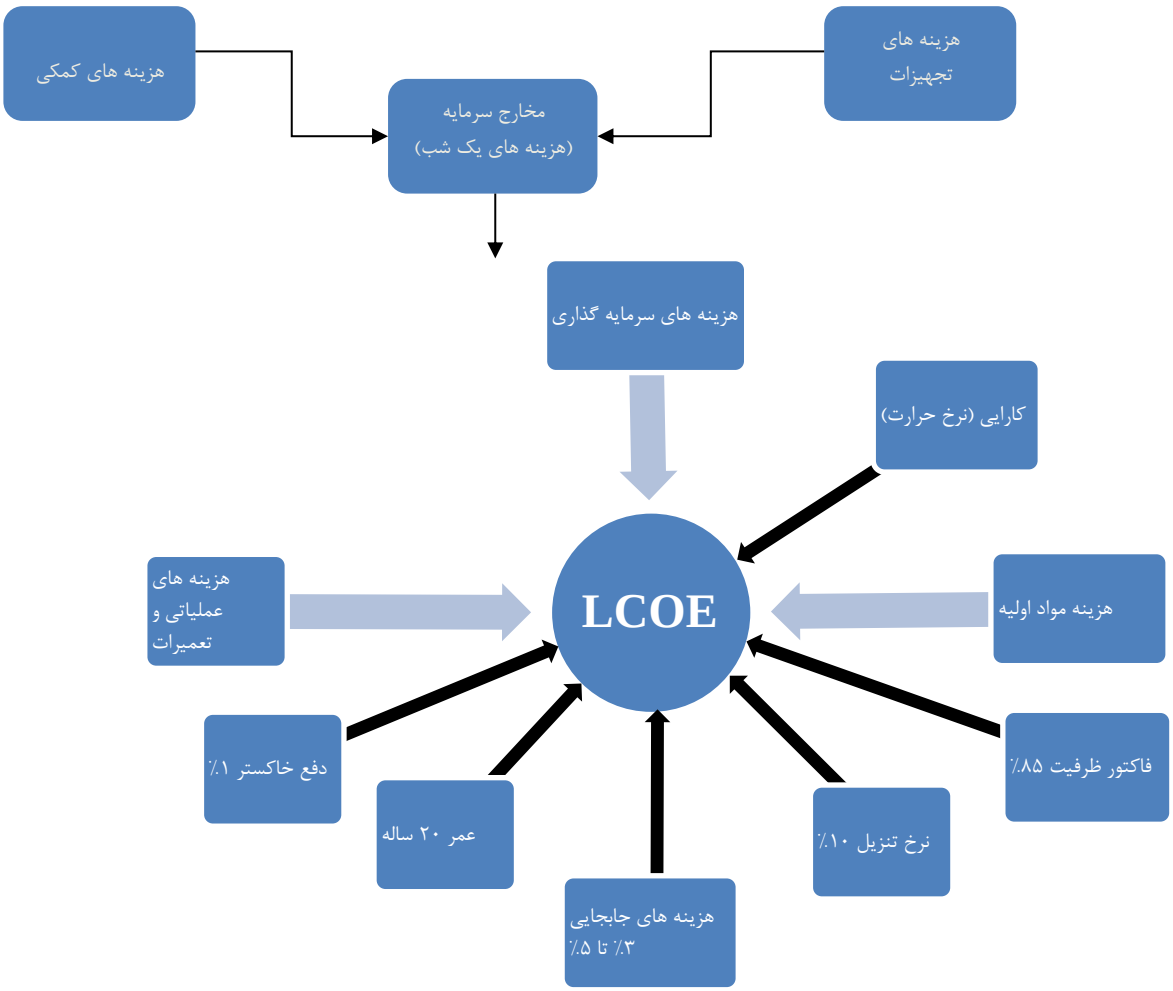
شکل (۱-۱۵) وضعیت پیشرفت تکنولوژی های زیست توده

هزینه بویلر های تولید برق از زیست توده بر اساس نوع تکنولوژی آنها

در محاسبه هزینه تمام شده یک نیروگاه زیست توده و محاسبه قیمت تمام شده یک کیلووات برق زیست‌توده عوامل متعددی از جمله نوع تکنولوژی مورد استفاده تاثیر گذار است. بخشی از هزینه های مربوط به سرمایه‌گذاری (CAPEX) مربوط به هزینه تامین تجهیزات، آماده سازی ماشین آلات، جاده های دسترسی و هزینه های مربوط به ایجاد زیر ساختهای لازم می باشد.

از طرف دیگر با توجه به قوانین مصوب در خصوص مکانیزم توسعه پاک در بسیاری از کشورها جهت کاهش آلودگی گازهای گلخانه‌ای و جبران‌بخشی از هزینه های احداث نیروگاه‌های پاک با کمک مکانیزم‌های مذکور، هزینه احداث نیروگاه‌های زیست‌توده می تواند کمی کاهش پیدا کند.

به عنوان مثال با بررسی حدود ۴۲ پروژه تولید برق از فضولات دامی و ۸۲ پروژه تولید برق از فاضلاب در کشورهای در حال توسعه با ظرفیت های بین ۱ تا ۳ مگاوات، هزینه سرمایه‌گذاری اولیه با استفاده از مکانیزم توسعه پاک در حدود ۵۰۰ دلار به ازای هر کیلووات گزارش شده است در حالی که در شرایطی که از این نوع مکانیزم‌ها استفاده نشده هزینه گزارش شده تا ۵۰۰۰ دلار به ازای هر کیلووات بوده است. لازم به ذکر است که اعتبار CDM مربوط به نیروگاه‌های زیستی بین ۵ تا ۱۱ برابر سایر تجدیدپذیرها می‌باشد.



شکل (۱-۱۶) نمایش چارچوب کلی محاسبه LCOE برای تولید برق از زیست توده

محاسبات مربوط به LCOE

جهت توجیه هزینه ای انرژی الکتریکی تولید شده از زیست توده، قیمت هر واحد تولید شده از آن را با قیمت هر واحد برق تولید شده از سایر انرژی های تجدیدپذیر مقایسه می نماییم. در این مقایسه تکنولوژی برتر، تکنولوژی‌ای است که هزینه ی تمام شده واحد انرژی الکتریکی آن کمتر باشد.

در این پروژه، جهت مقایسه هزینه های واحد، شش تکنولوژی: بادی ساحلی، حرارتی خورشیدی ، فتوولتاییک، زمین گرمایی چرخه مضاعف، زمین گرمایی بخاری و برق آبی که همگی جزء تکنولوژهای تجدیدپذیر هستند و با نیروگاههای بخاری، گازی و سیکل ترکیبی که در دسته نیروگاههای فسیلی هستند، با فناوری های مختلف تولید زیست توده شامل: stoker،

BFB/CFB، Gasifieir، stoker CHP، Gasifier CHP، LFG و digester، نیاز به هزینه های نام برده، یعنی هزینه های سرمایه گذاری و هزینه‌های تعمیرات و نگهداری است.

شاخص LCOE[1]

برای انتخاب سیستم مناسب از میان گزینه‌های مختلف تکنولوژی های موجود، لازم است تا این تکنولوژی‌ها از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی مورد بررسی و مقایسه قرار گیرند. در میان جنبه‌های مختلفی که بایستی مورد بررسی قرار گیرند، بعد اقتصادی این مقایسه از اهمیت بالایی در اذهان کاربران و تصمیم‌گیران جامعه برخوردار است. در مطالعه پیش‌رو، شاخص LCOE برای مقایسه این گزینه‌ها از منظر هزینه‌ی تمام شده انرژی تولید شده در نظر گرفته شده است.

LCOE، یک شاخص اقتصادی است که با استفاده از هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه تعمیر و نگهداری سالانه و هزینه سوخت مصرفی و همچنین با استفاده از درآمد ناشی از اسقاط سیستم مورد بررسی در انتهای عمر مفید، هزینه تمام شده و یا به عبارت بهتر هزینه سربه‌سر انرژی تولید شده توسط سیستم را ارائه می‌دهد. معادله مورد استفاده برای محاسبه این شاخص در ادامه ارائه شده است. این شاخص به صورت گسترده به عنوان روشی برای مقایسه سیستم‌های مختلف از نظر اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش با توجه به هزینه‌های صرف شده در طول عمر پروژه، به محاسبه هزینه هر واحد انرژی تولید شده می‌پردازد به عبارت دیگر این روش یک ابزار تحلیلی است که می‌تواند برای مقایسه تکنولوژی‌های گوناگون در ابعاد و هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌گذاری و طول عمر مختلف و با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی مورد استفاده قرار گیرد. این روش با محاسبه هزینه تمام شده هر کیلووات‌ساعت انرژی تولید شده برای سیستم‌های مختلف و مقایسه این هزینه‌ها با یکدیگر باصرفه‌ترین سیستم را از جنبه اقتصادی از میان گزینه‌های کاندید معرفی می‌کند.

ابتدا به طور خلاصه به توضیح مفاهیم مورد نیاز می‌پردازیم:

برای محاسبه هزینه واحد انرژی نیاز به اطلاعات هزینه‌ای تکنولوژی‌های مختلف طی سال‌های فعالیت آن می‌باشد. به طور کلی هزینه‌های طول عمر سیستم‌ها را می توان به چند دسته تقسیم کرد:

- هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه
- هزینه عملیات و نگهداری
- هزینه‌های متغیر

[1] Levelized Cost Of Energy

- هزینه‌های ثابت
- هزینه سوخت
- هزینه اجتماعی

هر کدام از این هزینه با توجه به نوع تکنولوژی و مقدار هزینه، ممکن است با یکدیگر ادغام شده و تحت یک عنوان اشاره شوند.

هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه

هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌هایی هستند که در زمان ساخت رخ داده و شامل هزینه‌های ضروری تجهیزات، مهندسی و نیروی کار است.

هزینه تعمیر و نگهداری

این هزینه به دو بخش تقسیم می‌گردد:

- هزینه تعمیر و نگهداری ثابت
- هزینه تعمیر و نگهداری متغیر

هزینه تعمیر و نگهداری ثابت

این هزینه با توجه به مقیاس و نوع تکنولوژی به کار رفته، تعیین می‌شود؛ بخش اول هزینه نگهداری ثابت ماشین‌آلات و تجهیزات می‌باشد. به عنوان مثال هزینه قرارداد سرویس بلندمدت تجهیزات و بخش دوم شامل هزینه نیروی کار می‌باشد و مجموع این دو بخش هزینه تعمیر و نگهداری ثابت را تشکیل می‌دهد و با واحد "ریال بر کیلووات در سال" یا "دلار بر کیلووات در سال" در محاسبات وارد می‌شود.

هزینه تعمیر و نگهداری متغیر

این نوع هزینه ناشی از هزینه مواد مصرف‌شدنی در فرآیند تولید است. این نوع هزینه‌ها به میزان تولید انرژی وابسته هستند و با افزایش تولید افزایش می‌یابند و برعکس.

هزینه سوخت

هزینه سوخت مصرفی یک عامل مهم در محاسبه هزینه انرژی تولیدی می‌باشد. این هزینه در واقع همانند هزینه تعمیر و نگهداری متغیر می‌باشد ولی به دلیل اهمیت و تاثیر فراوان آن بر هزینه انرژی تولیدی به صورت جدا از هزینه تعمیر و نگهداری متغیر محاسبه می‌گردد.

هزینه آلاینده‌ها (هزینه های اجتماعی)

در بررسی‌های اقتصادی هر طرحی (برخلاف بررسی‌های مالی) اصولا باید هزینه‌های خارجی و یا به اصطلاح هزینه‌های اجتماعی مربوط به آن طرح مورد توجه قرار گیرد. در زمینه تولید انرژی نیز تصمیم‌گیری بر روی انتخاب روش‌های مختلف تولید، بدون لحاظ نمودن این هزینه‌ها یک انتخاب غیراقتصادی و نادرست است. مهمترین بخش از هزینه‌های خارجی مربوط به آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌باشد.

نرخ تنزیل سالیانه

این پارامتر بیانگر نرخی است که به وسیله آن جریان نقدی زمان‌های دیگر (عمدتاً آینده) به جریان‌های نقدی زمان حال تبدیل می‌شود و در برگیرنده عواملی مانند کاهش ارزش پول (تورم)، مطلوبیت زمانی مصرف و مخاطرات برگشت سرمایه می‌باشد. نرخ تنزیل برای هم ارز کردن قیمت‌ها در زمان‌های مختلف و بدست آوردن قیمت‌های معادل در یک زمان مشترک به کار می‌رود.

به طور کلی داریم:

$$1+i_n = (1+i_r).(1+r)$$

که در آن i_n نرخ تنزیل ظاهری و i نرخ تنزیل واقعی و r نرخ تورم است. وقتی نرخ تنزیل ظاهری در تجزیه و تحلیل ارزش حال به کار می‌رود، مسیر زمانی قیمت‌ها همه در کاهش ارزش حال سال مبنا موثرند. به عنوان مثال، اگر نرخ تنزیل حقیقی ۶ درصد و نرخ تورم ۸ درصد باشد، نرخ تنزیل ظاهری حدودا معادل ۱۴/۵ درصد خواهد بود لذا ارزش حال ۱ دلار در سال ۲۰۰۰ برابر ۰/۸۷ دلار در سال ۱۹۹۹ خواهد بود. کشورهای در حال توسعه اغلب نرخ‌های تنزیل بزرگتر از نرخ تنزیل کشورهای صنعتی دارند. نرخ تنزیل را می‌توان با شامل کردن یا شامل نکردن آثار تورم تعریف کرد.

اثر تورم

هزینه‌ها دارای مولفه‌های قابل تعدیل و غیرقابل تعدیل می‌باشند. مولفه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و بهره دوره ساخت، عمدتاً غیرقابل تعدیل بود و متاثر از تورم نمی‌باشند. سایر مولفه‌ها شامل جایگزینی واحدهای حرارتی طی دوره مطالعه (پس از پایان عمر مفید)، تعمیرات و نگهداری ثابت و متغیر و سوخت مصرفی تعدیل‌پذیر بوده و با توجه به تورم عمدتاً روند افزایشی دارند. هرچند موارد نادری از کاهش قیمت‌ها نیز در برخی اقلام هزینه‌ای مشاهده شده است. به هر صورت چنانچه محاسبات بدون در نظر گرفتن اثر تورم انجام شود، کلیه مولفه‌ها بدون اثر تورم و بر پایه قیمت‌های ثابت سال مبنا در نظر گرفته می‌شوند. این روش به روش هزینه‌های ثابت (Constant Monetary amount) موسوم است. در صورتیکه نرخ‌های تورم برای مولفه‌های تعدیل‌پذیر در نظر گرفته شوند، عموماً این مولفه‌ها روند افزایشی خواهند داشت. این روش به روش هزینه‌های جاری (Current monetary amount) موسوم است. نظر به اینکه در مقایسه اقتصادی عموماً از ارزش حال هزینه‌ها در یک مرجع زمانی معین (در این گزارش شروع بهره‌برداری از طرح) استفاده می‌شود و پارامترهای اقتصادی با توجه به ارزش حال هزینه‌ها محاسبه می‌شوند. به کار بردن نرخ‌های تورم عملا تاثیری در نتیجه محاسبات ندارد.

روش هزینه‌های جاری که در آن اقلام تعدیل‌پذیر شامل نرخ‌های تورم می‌شوند عموما در تجزیه و تحلیل مالی و برآوردهای بودجه کاربرد دارند. در محاسبات به روش هزینه‌های جاری باید از نرخ‌های تنزیل ظاهری که متاثر از نرخ تورم می‌باشند، استفاده نمود ولی در روش هزینه‌های ثابت از نرخ تنزیل واقعی سالیانه استفاده می‌شود.

معادله هزینه واحد انرژی(LCOE)

طبق تعریف آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۰۵ شاخص فوق بیانگر " میانگین هزینه‌ای که توسط مصرف‌کننده پرداخت می‌شود تا دقیقا سرمایه، هزینه عملیات و نگهداری و هزینه سوخت مصرفی با نرخ بازگشتی برابر نرخ تنزیل بازپرداخت شود"، است. به طور کلی محاسبه LCOE بر پایه تبدیل مجموع هزینه‌ها و مجموع درآمدهای ناشی از تولید انرژی به معادل ارزش فعلی می‌باشد و در واقع برابر است با تقسیم ارزش حال مجموع هزینه‌های تنزیل شده بر میزان تولید اصلاح شده بوسیله فاکتور ارزش فعلی؛ به عبارت دیگر LCOE برابر قیمتی برای فروش انرژی تولیدی است که دو جریان نقدی تنزیل شده فوق را برابر کند.

برای دستیابی به این شاخص در مراجع مختلف از جمله گزارش مشترک آژانس بین‌المللی انرژی و گزارش‌های آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر از روش‌های مشابهی استفاده شده است. روش محاسبه‌ی معادله این شاخص در گزارش فوق در معادلات زیر ارائه شده است:

با فرض :

هزینه تعمیر و نگهداری در سال t	$O\&M_t$	انرژی تولید شده در سال t	$Energy_t$
هزینه سوخت مصرفی در سال t	$Fuel_t$	قیمت انرژی	P_{Energy}
هزینه اجتماعی در سال t	$Carbon_t$	هزینه سرمایه‌گذاری اولیه	$Investment_t$
نرخ تنزیل واقعی	i_r	نرخ تنزیل ظاهری	i_n

$$\sum_t \left(\frac{Energy_t \times P_{Energy}}{(1+i_r)^t} \right) = \sum_t \left(\frac{Investment_t + O\&M_t + Fuel_t + Carbon_t}{(1+i_r)^t} \right)$$

که در آن P_{Energy} همان هزینه تمام شده هر کیلووات‌ساعت انرژی تولیدی می‌باشد. در نتیجه :

$$LCOE = P_{Energy} = \frac{\sum_t \left(\frac{Investment_t + O\&M_t + Fuel_t + Carbon_t}{(1+i_r)^t} \right)}{\sum_t \left(\frac{Energy_t}{(1+i_r)^t} \right)}$$

نرخ تنزیل به کار رفته در محاسبات فوق نرخ تنزیل واقعی یعنی نرخ تنزیل، بدون در نظر گرفتن اثر تورم می‌باشد. با فرض اینکه هزینه‌های تعمیر و نگهداری، سوخت، آلودگی برپایه قیمت‌های ثابت باشند و هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه در ابتدای دوره زمانی و هزینه‌های از کاراندازی در انتهای دوره اتفاق بیافتند و همچنین میزان انرژی تولید شده در سالهای مختلف یکسان باشد، معادله زیر بدست می‌آید:

$$LCOE = P_{Energy} = \frac{Investment_0 + \sum_t \left(\frac{O\&M_1 + Fuel_1 + Carbon_1}{(1+i_r)^t} \right)}{Energy_1 \sum_t \left(\frac{1}{(1+i_r)^t} \right)}$$

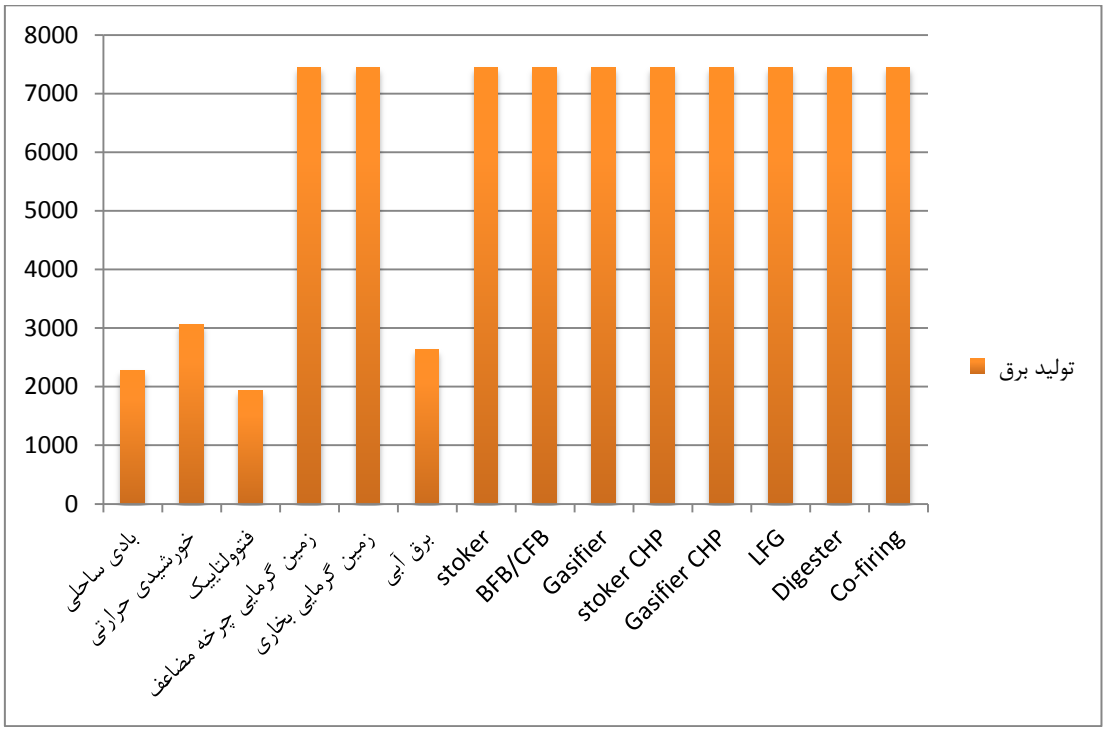
قابل ذکر است که همه LCOE های با هم برابر نیستند و LCOE های بدست آمده از مراجع مختلف باید با احتیاط با یکدیگر مقایسه شوند؛ ممکن است فاکتورهای گوناگونی مانند مشوق‌ها، هزینه نگهداری و عملیات، بیمه و مالیات و غیره و همچنین فرضیات متفاوتی مانند دوره مطالعه و نرخ تنزیل در محاسبات مورد استفاده قرار گیرد و باید از فاکتورها و فرضیات یکسان در همه موارد استفاده شود. حتی تغییر کوچک در این فاکتورها و فرضیات می‌تواند تاثیر قابل توجهی در نتایج داشته باشد.

جدول (۱-۷) مقادیر مورد نیاز برای محاسبه هزینه تمام شده برق تولیدی از تکنولوژی های گوناگون

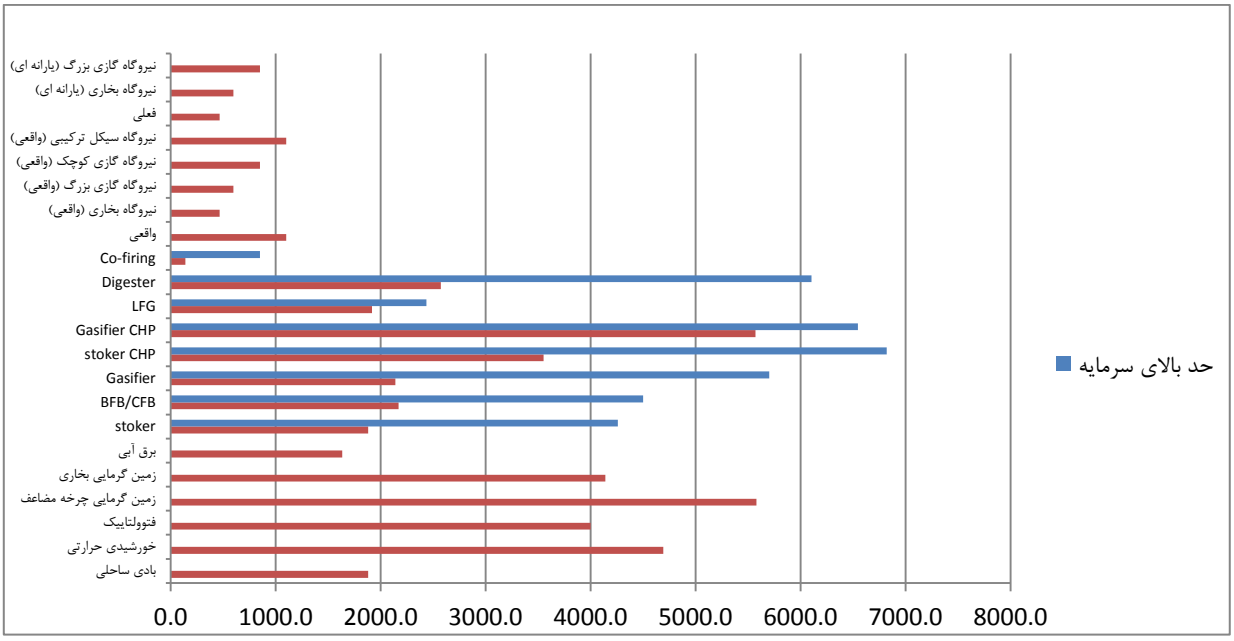
تکنولوژی	نرخ تنزیل ۱	نرخ تنزیل ۲	طول عمر تکنولوژی	ضریب ظرفیت	حد بالای سرمایه	هزینه های سرمایه گذاری (دلار بر کیلووات ساعت)	هزینه های تعمیرات و نگهداری		هزینه های سوخت (cent/kWh)	هزینه های اجتماعی (cent/kWh)
							هزینه‌های متغیر (cent/kWh)	**هزینه‌های ثابت (cent/kW)**		
بادی ساحلی	10%	5%	22	26%	0	1881.0	0.000	1200.00	0	0
خورشیدی حرارتی	10%	5%	30	35%	0	4692.0	0.000	5350.0	0	0
فتوولتاییک	10%	5%	15	22%	0	4000.0	0.000	532.0	0	0
زمین گرمایی چرخه مضاعف	10%	5%	40	85%	0	5578.0	0.964	8427.0	0	0
زمین گرمایی بخاری	10%	5%	40	85%	0	4141.0	0.964	8427.0	0	0
برق آبی	10%	5%	50	30%	0	1632.0	0.000	1600.0	0	0
stoker	10%	5%	20	85%	4260	1880	0.5	113.59	0	0.3267
BFB/CFB	10%	5%	20	85%	4500	2170	0.5	133.4	0	0.3267
Gasifier	10%	5%	20	85%	5700	2140	0.5	176.4	0	0.3267
stoker CHP	10%	5%	20	85%	6820	3550	0.5	181.475	0	0.3267
Gasifier CHP	10%	5%	20	85%	6545	5570	0.5	302.875	0	0.3267
LFG	10%	5%	20	85%	2436	1917	0.5	326.475	0	0.3267
Digester	10%	5%	20	85%	6104	2574	0.5	86.78	0	0.3267
Co-firing	10%	5%	20	85%	850	140	0.5	24.75	0	0.3267
واقعی										
نیروگاه بخاری (واقعی)	10%	5%	30	68%	0	1100.29	2.391	455.183	16.4740	2.890

تکنولوژی	نرخ تنزیل ۱	نرخ تنزیل ۲	طول عمر تکنولوژی	ضریب ظرفیت	حد بالای سرمایه	هزینه های سرمایه گذاری (دلار بر کیلووات ساعت)	هزینه های تعمیرات و نگهداری		هزینه های سوخت (cent/kWh)	هزینه های اجتماعی (cent/kWh)
							هزینه‌های متغیر (cent/kWh)	هزینه‌های ثابت (cent/kW)		
نیروگاه گازی بزرگ (واقعی)	10%	5%	20	83%	0	464.94	6.188	124.374	20.0124	1.623
نیروگاه گازی کوچک (واقعی)	10%	5%	20	95%	0	595.72	5.893	252.276	20.0124	1.623
نیروگاه سیکل ترکیبی (واقعی)	10%	5%	30	80%	0	850.30	3.108	201.789	11.4455	1.020
یـــــارانـــــه ای										
نیروگاه بخاری (یارانه ای)	10%	5%	30	68%	0	1100.29	2.391	455.183	1.4415	2.890
نیروگاه گازی بزرگ (یارانه ای)	10%	5%	20	83%	0	464.94	6.188	124.374	1.9872	1.623
نیروگاه گازی کوچک (یارانه ای)	10%	5%	20	95%	0	595.72	5.893	252.276	1.9872	1.623
نیروگاه سیکل ترکیبی (یارانه ای)	10%	5%	30	80%	0	850.30	3.108	201.789	1.1111	1.020

شکل‌های بعد مقایسات میزان سرمایه اولیه و نیز میزان برق تولید شده از نیروگاههای جدول بالا را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۱۷) برق تولید شده از تکنولوژی‌های تجدیدپذیر (با توجه به ضریب ظرفیت)

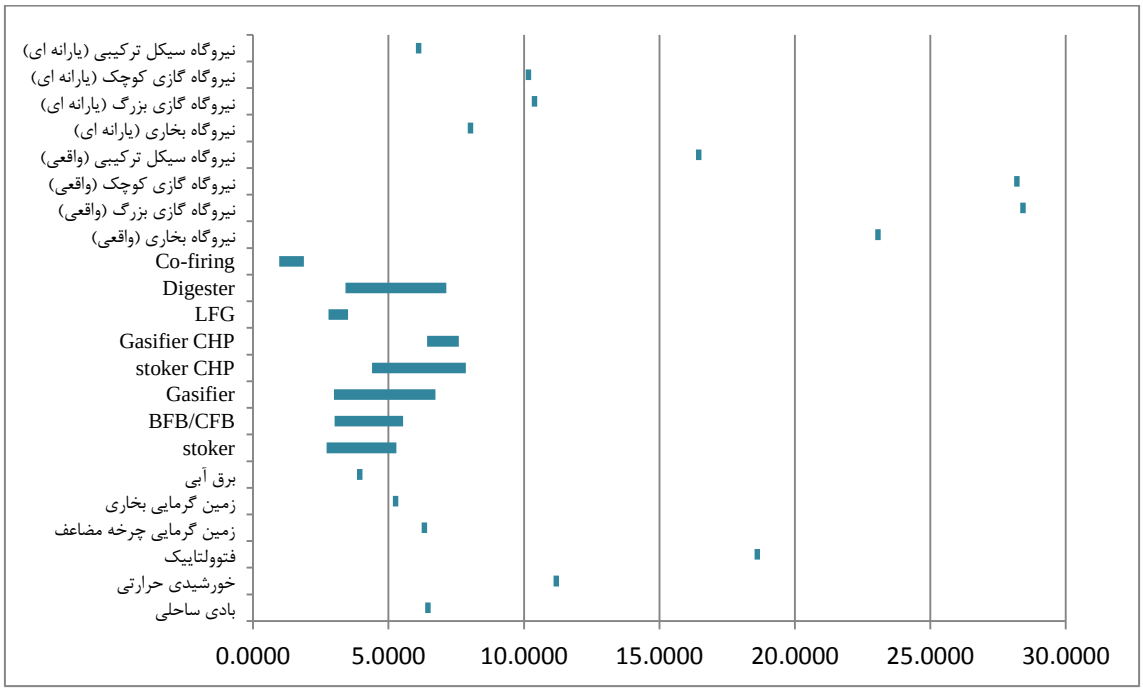


شکل (۱-۱۸) مقایسات حداقل و حداکثر هزینه های سرمایه گذاری اولیه

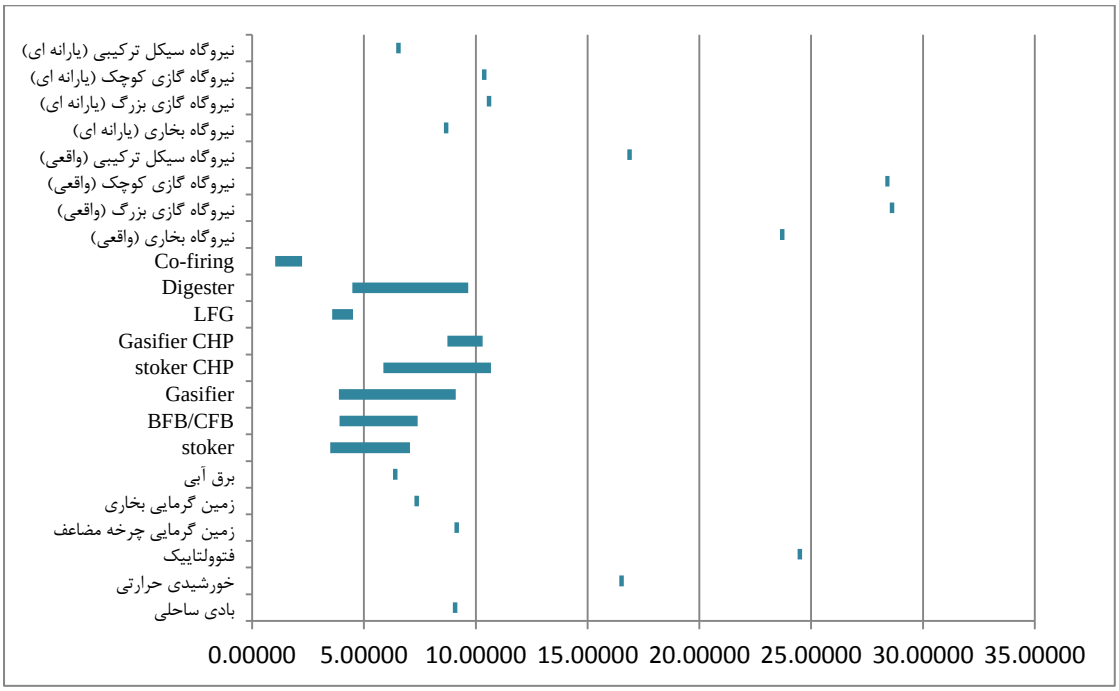
نتایج

از آنجایی که مقدار هزینه های سرمایه گذاری برای تکنولوژی های گوناگون زیست توده، به صورت بازه‌ای بیان شده و دارای حد بالا و پایین می‌باشد، در جدول مقادیر LCOE به ازای ماکزیمم و مینیمم هزینه‌های سرمایه‌گذاری و برای دو نرخ تنزیل ۵ و ۱۰ درصد اعلام شده است:

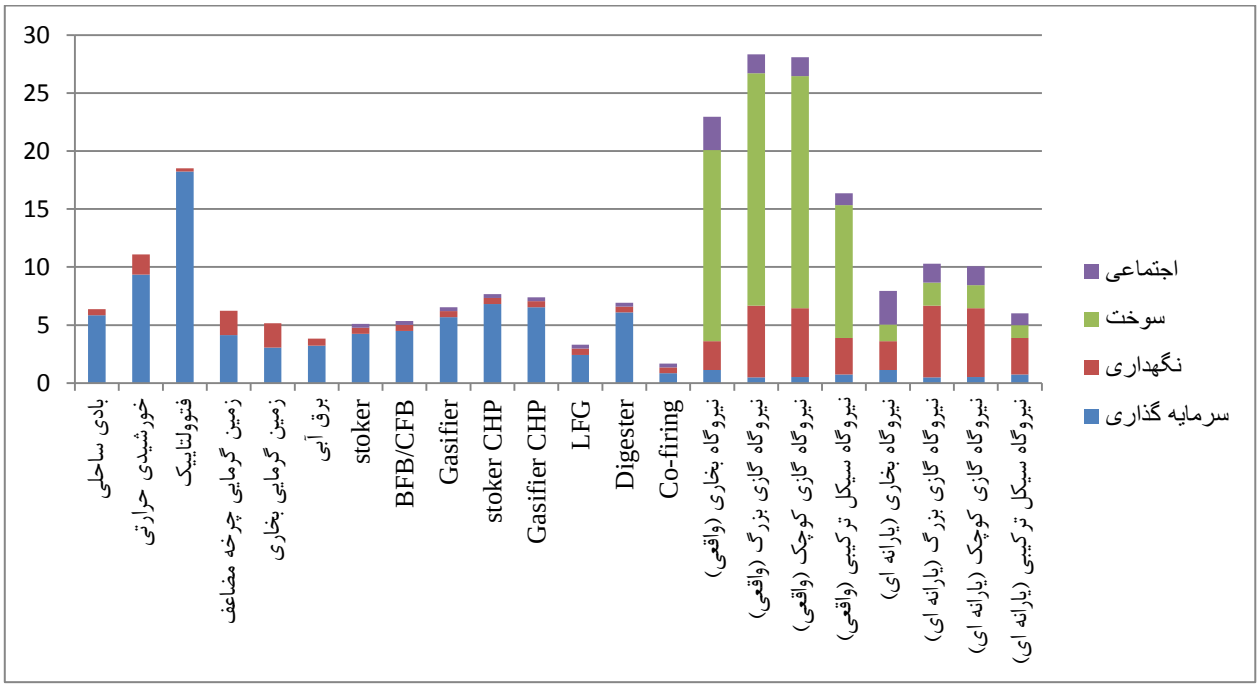
جهت مقایسه مقادیر بدست آمده برای LCOE، نمودارهای زیر رسم شده است، نمودار اول، مقدار LCOE برای نرخ تنزیل ۵٪ و نمودار دوم برای نرخ ۱۰٪ می‌باشد:



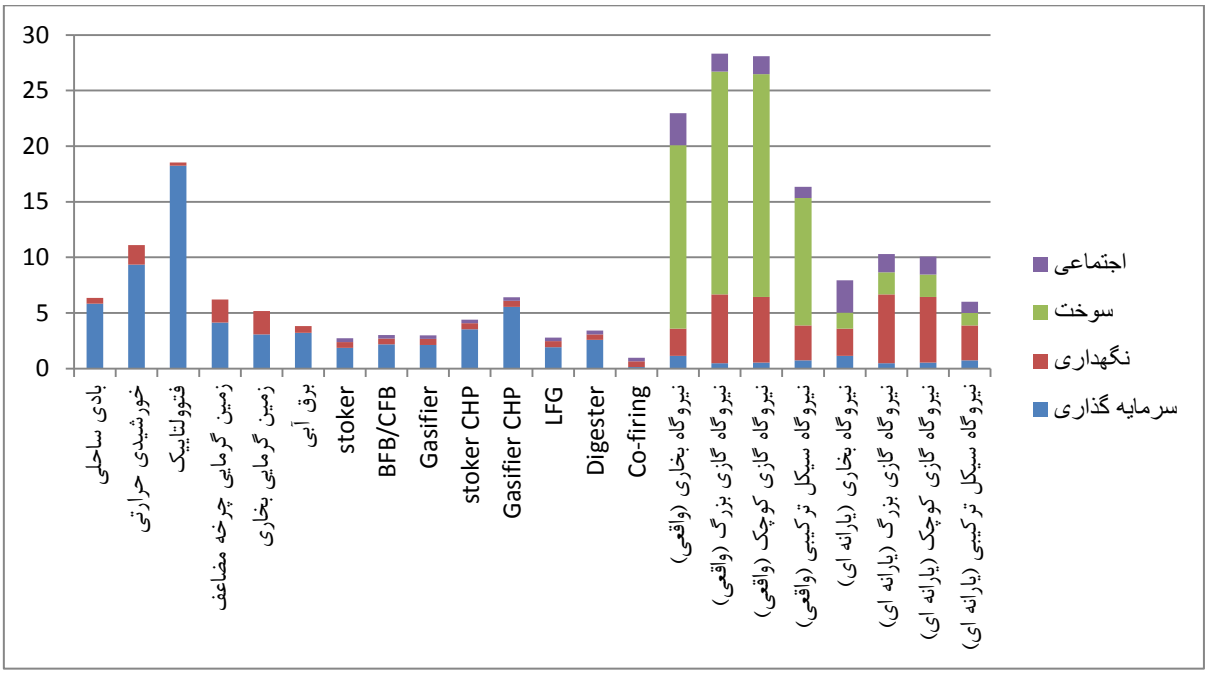
شکل (۱-۱۹) هزینه تمام شده برق تولیدی توسط تکنولوژی های مختلف در نرخ تنزیل ۵ درصد



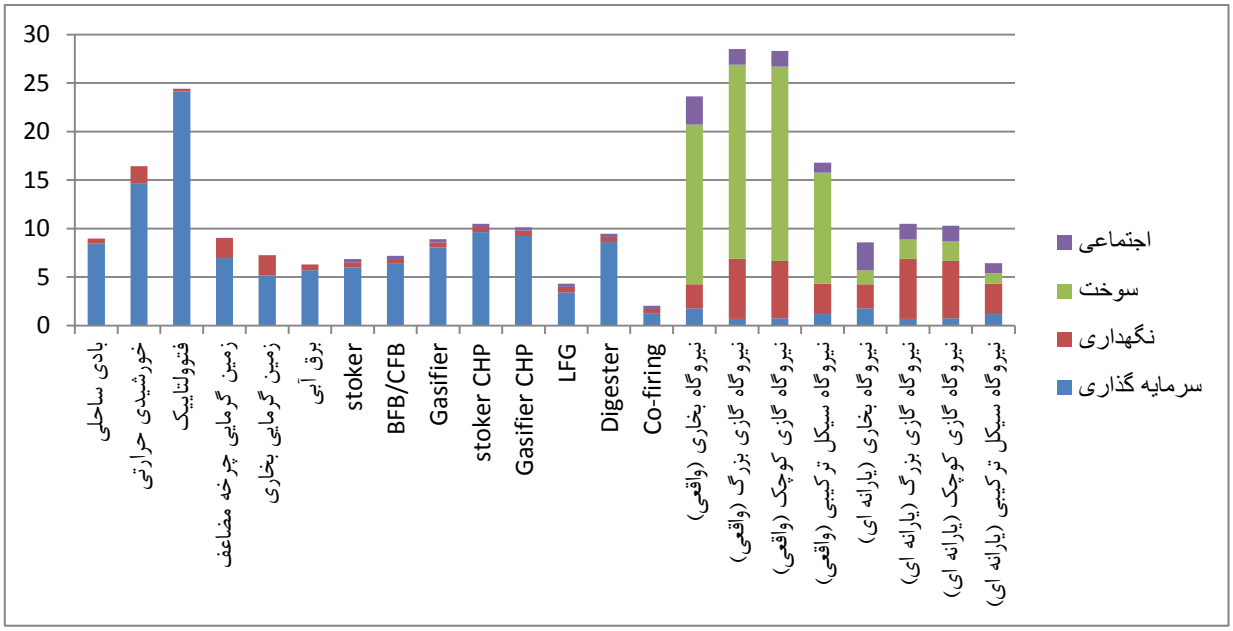
شکل (۱-۲۰) هزینه تمام شده برق تولیدی توسط تکنولوژی های مختلف در نرخ تنزیل ۱۰ درصد



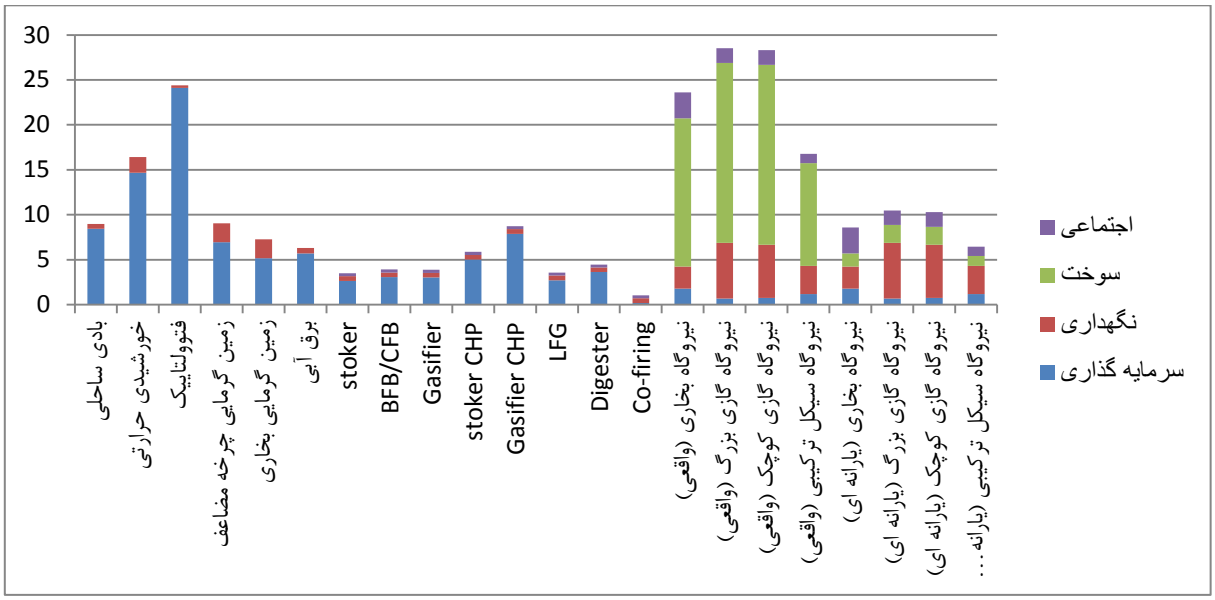
شکل (۱-۲۱) حداکثر هزینه تمام شده برق تولیدی به تفصیل در نرخ ۵٪



شکل (۱-۲۲) حداقل هزینه تمام شده برق تولیدی به تفصیل در نرخ ۵٪



شکل (۱-۲۳) حداکثر هزینه تمام شده برق تولیدی به تفصیل در نرخ ۱۰٪



شکل (۱-۲۴) حداقل هزینه تمام شده برق تولیدی به تفصیل در نرخ ۱۰٪

تفسیر نمودارها

از آنجایی که مقادیر LCOE برای مقایسه نیروگاههای مختلف از نظر اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌توان از میان تکنولوژی ارائه شده در بالا، تکنولوژی ای که دارای صرفه اقتصادی است را برگزید. همانطور که مشاهده می‌شود، تکنولوژی co-firing مقدار LCOE کمتری را چه در نرخ تنزیل ۵٪ و چه در ۱۰٪ دارد، دلیل این امر آن است که هزینه سرمایه گذاری اولیه این تکنولوژی نسبت به سایرین بسیار پایین تر است. تکنولوژی لندفیل نیز به دلیل گفته شده یعنی پایین بودن مقدار سرمایه اولیه در رتبه دوم کمترین مقدار LCOE قرار دارد پس از آن نیز اگر به صورت تقریبی میانگین حد بالا و پایین برای سرمایه گذاری در تکنولوژی های زیست توده را در نظر بگیریم، می‌توان در هر دو نرخ به ترتیب stoker، BFB/CFB، Digester را نام برد، در این بین تکنولوژی هایی مانند برق آبی (به دلیل سرمایه اولیه پایین) و زمین گرمایی ها (به دلیل تولید بالای برق) قرار دارند. در کل می‌توان گفت تکنولوژی های مربوط به تولید برق از زیست توده از سایر روش-های تجدید پذیر به صرفه تر بوده و در این بین هر چه سرمایه اولیه کمتری برای راه اندازی تکنولوژی نیاز باشد، صرفه اقتصادی آن بیشتر خواهد شد.

مراجع فصل اول

[1] REN21, "Renewables 2015 : Global Status Report"

[2] IRENA, "Renewable Power Generation Costs in 2014", January 2015

۲- فصل دوم : مبانی سند

۲-۱- مبانی سند

به عنوان اولین بخش از روش شناسی، مبانی سند مقدمات لازم برای شروع تدوین اسناد ملی را ارائه می کند. این بخش به تشریح ویژگی‌های ذاتی فناوری راهبردی مورد بررسی، نظام اجتماعی- فنی توسعه فناوری و چارچوب‌های ذهنی سیاستگذاران مرتبط با توسعه فناوری می پردازد. این مؤلفه به سیاستگذاران کمک می کند تا از وضعیت موجود شناخت حاصل کرده و با قاطعیت بالاتری در مورد سایر بخش‌های سند (ارکان جهت‌ساز و خرد) تصمیم‌گیری نمایند. به طور کلی می‌توان موارد زیر را به عنوان دستاوردهای سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه انرژی زیست‌توده ایران بیان نمود:

۱- ایجاد جهت‌گیری راهبردی جهت توسعه زیربخش‌های مختلف بخش انرژی زیست‌توده

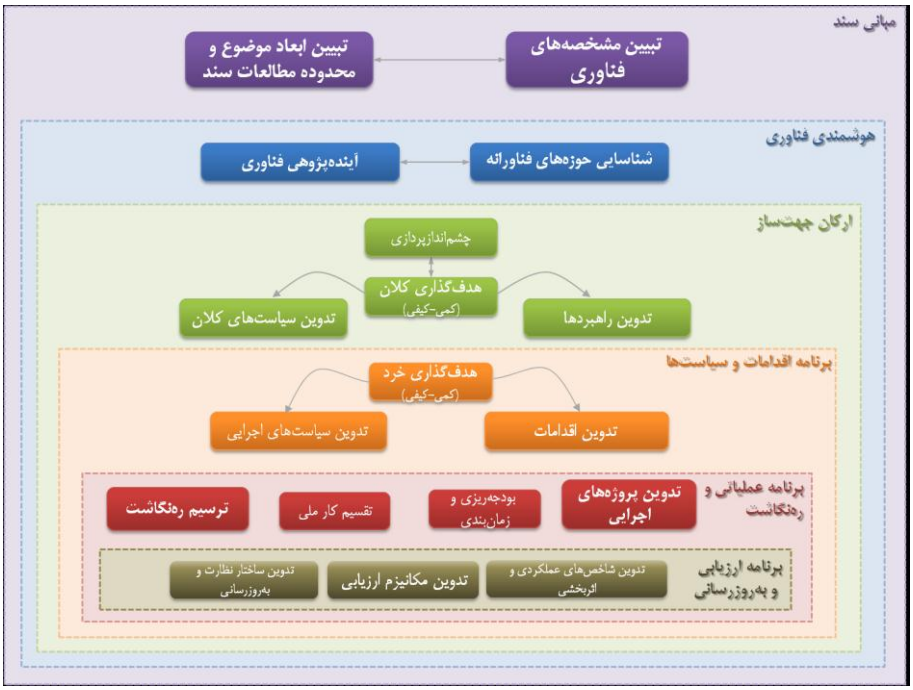
۲- ایجاد بستری مناسب برای حفظ انسجام و یکپارچگی فعالیت‌های بخش انرژی زیست‌توده در حوزه‌های مختلف و همچنین ایجاد زیرساخت‌های لازم برای کنترل راهبردی

۳- ایجاد راهکارهای همه جانبه از ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی، فناوری و مالی جهت برطرف نمودن موانع و مشکلات پیش روی سرمایه‌گذاران و صنعت‌کاران این بخش

۴- ایجاد زیرساختی برای تنظیم فعالیت‌های سالانه در راستای حرکت‌های بلندمدت و ایجاد وفاق و هماهنگی میان دولت، صنعت، دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها و بخش خصوصی

۵- تقویت ارتباط میان چشم‌انداز یا برنامه‌های استراتژیک، برنامه‌های عملیاتی و بودجه‌ریزی

مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده این بخش (مبانی سند) در ادامه معرفی خواهند شد.



۲-۱-۱- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعه سند

سیستم، یک مفهوم نظری قابل پیاده‌سازی در زمینه‌های کاربردی مختلف است. بر این اساس، تعریف سیستم در هر زمینه کاربردی، از جمله در فرآیند تدوین اسناد ملی توسعه فناوری ضروری است. بر این اساس لازم است تا در قالب تعریف توسعه فناوری، به تعیین سطح تحلیل، افق زمانی برنامه‌ریزی و مرزبندی نظام اجتماعی– فنی مورد مطالعه پرداخته شود. سطح تحلیل مشخص می کند اندازه مجاز حوزه اثر و سطح تأثیرگذاری بر محیط (منطقه‌ای، ملی و فراملی) چقدر است. افق برنامه‌ریزی تعیین‌کننده بازه زمانی مورد انتظار برای رسیدن به چشم‌انداز و تحقق اهداف توسعه فناوری است. مرزبندی نظام اجتماعی– فنی هم باعث می‌شود تا سیستم از محیط اطراف خود جدا شده و تحلیل از قابلیت کنترل بالاتری در ارائه نتایج برخوردار باشد. این سه گام در روش‌شناسی پیشنهادی در قالب شناخت ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند به انجام می‌رسد. اهمیت تعیین سطح تحلیل، افق برنامه‌ریزی و مرزبندی سیستم از این جهت است که مانند تمام مؤلفه‌های مبانی سند، نتیجه آن بر خروجی مؤلفه های بعدی اثرگذار بوده و دشواری آن نیز به این دلیل است که روش مشخص و مدونی برای آن وجود ندارد. بنابراین، در این قسمت سعی می شود تا با مشخص کردن ابعاد و زوایای مختلف از توسعه فناوری، به شناخت ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند کمک شود.

علاوه بر مشخص نمودن سطح تحلیل و افق برنامه ریزی، در این مطالعه همچنین از دو بعد توصیفی و محتوایی به مرزبندی سیستم تحت مطالعه پرداخته می‌شود. مرزبندی توصیفی، عمق و گستردگی سیستم تحت مطالعه را معین می‌کند. در طرف مقابل، مرزبندی محتوایی اجزای درون سیستم مانند کنش‌گران، نهادها، فناوری‌ها و شبکه‌ها را مورد شناسایی قرار داده تا از این طریق حوزه عملکرد سیستم معین گردد.

لازم به ذکر است که پرداختن به تمامی ابعادی که در این بخش توصیف شده‌اند الزامی نبوده و با توجه به مقتضیات طرح، ابعاد و محدوده‌های مورد نیاز طرح مشخص خواهد گردید.

۲-۱-۱-۱- سطح تحلیل

با توجه به تأثیرگذاری فناوری و نوآوری فناورانه در ابعاد مختلف جامعه، تصمیم‌گیری راهبردی را می‌توان در سطوح مختلفی به انجام رساند. این سطوح را می‌توان در قالب جغرافیایی به سه سطح منطقه‌ای، ملی و فراملی تقسیم نمود:

- سطح منطقه‌ای به تصمیم‌گیری در مورد زیربخش‌های ملی با پتانسیل از لحاظ ایجاد کسب و کارهای دانش‌بنیان می‌پردازد (مانند خوشه‌های صنعتی و قطب‌های فناورانه).
- سطح ملی بیانگر تصمیمات دولت‌ها در توسعه اقتصادی مرتبط بخش‌ها و فناوری‌های موجود در یک کشور است.
- سطح فراملی نیز بیانگر همکاری‌های بین‌المللی در برنامه‌ریزی برای توسعه محصولات و فناوری‌ها است.

از بعدی دیگر (فرای جغرافیا)، اسناد راهبردی می‌توانند در سطوح بخشی و فناورانه نیز تدوین گردند:

- سطح بخشی به تعیین سیاست و تدوین راهبرد در حوزه یک صنعت خاص (مشتمل بر فناوری‌های آن) می‌پردازد (مانند صنعت خودرو).
- سطح فناورانه نیز یک فناوری خاص (مانند سلول خورشیدی) را هدف مطالعه قرار می‌دهد که امکان استفاده از آن فناوری در چندین بخش یا صنعت مختلف نیز وجود دارد.

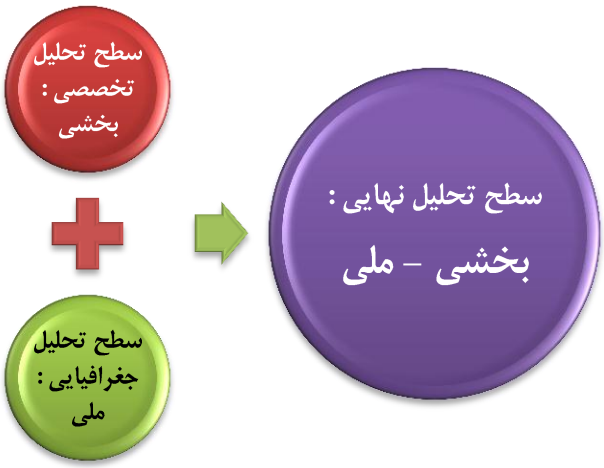
پیش از شروع هر گام دیگر در تدوین اسناد ملی، لازم است تا وضعیت سطح تحلیل در هر دو بعد (جغرافیا و تخصص) تعیین گردد. مشخص شدن این سطح در تعیین اندازه مرزهای سیستم تحت مطالعه و انتخاب نوع ابزارهای سیاستگذاری و تدوین راهبرد مؤثر خواهد بود.

❑ نتیجه سطح تحلیل سند توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده

بر اساس تعاریف مطرح شده در بالا، سطح تحلیل در "سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زیست‌توده در ایران"، از نظر جغرافیایی، ملی و از نظر تخصصی، بخشی است.

سند حاضر از منظر سطح تحلیل جغرافیایی، ملی است چرا که قصد دارد زمینه توسعه اقتصادی کشور را از طریق توسعه بخش زیست توده و فناوری های مرتبط با آن، فراهم نماید. از سوی دیگر، تعدد ذینفعان حوزه انرژی زیست‌توده سبب گردیده تا به امروز فعالیت هدفمندی در راستای توسعه بخش زیست توده و فناوری های مرتبط با آن در کشور صورت نپذیرد. بنابراین، وجود عزمی ملی برای سامان‌بخشیدن به حوزه زیست‌توده و فناوری‌های آن در داخل کشور بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. حال اگر کاربرد نهایی فناوری‌های زیست‌توده که مشتمل بر تولید برق، حرارت و سوخت می‌باشد مد نظر قرار گیرد ملاحظه می‌شود که بحث تأمین برق و سوخت زیستی از منابع زیست‌توده به عنوان حامل های اصلی انرژی، یک مسأله ملی است و لزوم تحلیل سند در بعد ملی را طلب می‌نماید.

از بعد تخصصی نیز سطح سند حاضر، بخشی است. چرا که این سند قصد دارد با اتخاذ سیاست ها و تدوین راهبردهای مناسب در حوزه صنعت برق زیستی به ایفای نقش پرداخته و بخشی از سهم سبد برق کشور را با توسعه فناوری های اولویت‌دار انرژی زیست‌توده، از طریق کاربردهای متصل به شبکه و مستقل از شبکه تأمین نماید.



۲-۱-۱-۲- افق برنامه‌ریزی

ماهیت اسناد راهبردی با در نظر گرفتن افق‌های برنامه‌ریزی فراتر از زمان حال برای اقدامات و فعالیت‌ها معنی پیدا می‌کند. دلیل برنامه‌ریزی آینده و افق‌های برنامه‌ریزی بلندمدت در اسناد، در نظر گرفتن روندهای آتی، اتفاقات ممکن و تغییرات محتملی است که بر نحوه توسعه فناوری و فرآیند تصمیم‌گیری اثرگذار است. درنظرگیری این افق‌های بلندمدت امکان انجام رفتار فعالانه در توسعه فناوری را مهیا می‌نماید.

در عمل، معمولاً تفاوت زیادی میان افق های برنامه ریزی تعیین شده در موردهای مختلف وجود دارد. این اختلاف ها معمولاً به دلیل تفاوت موضوعات مورد بحث و فاکتورهای اثرگذار بر توسعه سیستم مورد مطالعه است. افق برنامه ریزی به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- کوتاه مدت : ۱ تا ۵ سال
- میان مدت : ۵ تا ۱۵ سال
- بلندمدت : ۱۵ تا ۲۵ سال

عمدتاً افق برنامه‌ریزی در اسناد ملی توسعه فناوری‌های راهبردی می‌تواند بلندمدت یا میان‌مدت باشد که معمولاً در فاصله‌های ۵ ساله مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

❑ نتیجه افق برنامه‌ریزی در سند توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده

به منظور تعیین افق برنامه‌ریزی در "سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در ایران"، ضرورت دارد اسناد بالادستی تدوین‌شده در کشور در حوزه انرژی علی‌الخصوص انرژی زیست‌توده مورد مطالعه قرار گیرند. در همین ارتباط، یک گزارش پشتیبان مبسوط تحت عنوان "بررسی اسناد، قوانین و برنامه‌های بالادستی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر (با تکیه بر انرژی زیست‌توده)" تهیه گردیده است. در ادامه خلاصه این گزارش در حوزه اسناد بالادستی ارائه شده است.

مبتنی بر اسناد موجود، به طور کلی تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژی‌های نو و ایجاد نیروگاه‌های مربوطه در کشور مورد تأکید قرار گرفته است. مجموعه قوانین، دستورکارها و آیین‌نامه‌هایی که فهرست آن‌ها در پیش رو تقدیم می‌شود، هر یک به نوعی با موضوع انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور ایران ارتباط می‌یابند. چگونگی این رابطه‌ها ممکن است مستقیم بوده و یا

آن‌که پیوندی با زمینه‌های اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی یا اداری مرتبط با گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر داشته باشند. تمرکز کاوش بر اسناد مصوب دهه ۱۳۸۰ به این‌سو بوده است تا بتوان روزآمدترین اسنادی که به هرگونه با بحث انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه انرژی زیست توده ارتباط دارند را یافت. به منظور کاوش در این اسناد، آرشیو اسناد پژوهشگاه نیرو، وزارتخانه‌های نیرو، نفت و جهاد کشاورزی، و سازمان حفاظت محیط زیست جستجو شده‌اند.

در یک نگاه کلی می‌توان این اسناد را به دو دسته بخش کرد: یک دسته اسنادی که بحث تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر را بطور مستقیم مورد خطاب قرار می‌دهند و دسته دوم اسنادی که بحث انرژی‌های تجدیدپذیر در عنوان آن‌ها جای ندارد اگرچه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر به نوعی با آن‌ها در ارتباط است.

این در حالی است که اهداف تصریح شده در اسناد فرادست بخش انرژی کشور در حوزه برق تجدیدپذیر، عمدتاً محدود به دو افق برنامه پنجم توسعه (۱۳۹۴) و سند چشم‌انداز کشور (۱۴۰۴) است. مطابق با قانون برنامه پنجم توسعه کشور، استفاده از ظرفیت نصب شده برای نیروگاه‌های تجدیدپذیر تا پایان برنامه برابر با ۵۰۰۰ مگاوات هدف‌گذاری شده است و در افق چشم‌انداز سهم منابع تجدیدپذیر از تولید برق کشور تا سال ۱۴۰۴ به ۱۰ درصد خواهد رسید. به علاوه، سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی، مصوب مجمع تشخیص مصلحت نظام و مورد تأیید و ابلاغ مقام معظم رهبری، نیز حداقل در دو مورد به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به صورت شفاف و مستقیم اشاره دارد.

مبتنی بر داده‌های به‌روز، ۷۹٪ از مجموع برق تولیدی در کشور به نیروگاه‌های تحت مدیریت وزارت نیرو و مابقی به سایر مؤسسات اختصاص دارد [۱]. لذا با توجه به آن که وزارت نیرو از متولیان اصلی در حوزه برق تجدیدپذیر به شمار می رود، بر طبق قوانین موجود در حوزه برق تجدیدپذیر این وزارتخانه موظف است تا در راستای حمایت از گسترش بهره برداری از منابع تجدیدپذیر از جمله زیست توده (مشتمل بر زائدات و ضایعات کشاورزی و جنگل؛ زباله جامد شهری؛ لجن فاضلاب شهری، صنعتی و دامی؛ بیوگاز و بیوماس) از طریق سازمان انرژی‌های نو نسبت به عقد قرارداد بلندمدت خرید تضمینی از تولیدکنندگان غیردولتی برق تجدیدپذیر، مبادرت ورزد. همچنین وزارت نیرو مجاز است تا در طول برنامه پنجم نسبت به افزایش توان تولیدی برق تا ۲۵۰۰۰ مگاوات از طریق سرمایه‌گذاری بخش‌های عمومی، تعاونی و خصوصی اعم از داخلی و خارجی، منابع شرکت‌های تابعه و یا با استفاده از روش‌های متداول (از جمله BOO[1] و BOT[2]) اقدام نماید [۲]. به عنوان مثال، مطابق با ماده ۱۳۳ قانون برنامه پنجم توسعه و ماده ۶۲ اصلاح الگوی مصرف انرژی، توسعه نیروگاه توسط بخش خصوصی و در مقیاس‌های

[1] Build-Own-Operate
[2] Build-Operate-Transfer

کوچک مورد توجه بوده و قراردادهای خرید تضمینی و تعرفه های بالاتر خرید برق تجدیدپذیر در مقایسه با نیروگاه های فسیلی به منظور تشویق سرمایه‌گذاران بخش خصوصی در نظر گرفته شده است [۳]. همچنین می‌توان به قوانینی که دسترسی به منابع مالی را برای سرمایه‌گذاران بخش برق تسهیل می‌کنند، اشاره نمود. در این بخش علاوه بر قوانین کلی استخراج شده، مطابق با بند ب ماده ۸ قانون هدفمندسازی یارانه ها دولت مکلف است تا ۳۰٪ از خالص وجوه حاصل از اجرای این قانون را به صورت وجوه اداره شده، یارانه نرخ سود و کمک بلاعوض جهت تحقق اهداف پیش‌بینی شده، از جمله اصلاح ساختار فناوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهره‌وری انرژی آب و توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر، هزینه نماید و نهایتاً تعرفه خرید تضمینی برق تجدیدپذیر در بخش قوانین و مقررات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در پاره‌ای از نقشه‌های راه و مستندات ملی از اسناد بالادستی با عنوان نهادها یاد می‌شود که مشتمل بر مجموعه قوانین و مقررات، قواعد، نرم‌ها و استانداردهایی است که یا به شکل بازدارنده و یا به صورت محرک به رفتارهای اجتماعی، اقتصادی و صنعتی شکل می‌دهند، عمدتاً تعاملات میان ذینفعان را تعریف کرده و چارچوبی برای انجام فعالیت‌ها ایجاد می‌کند.

در ایران با توجه به نوظهور بودن فناوری‌های زیست‌توده، تاکنون نهادهای رسمی زیادی در این زمینه شکل‌گیری پیدا نکرده است. در کنار این قوانین رسمی، مجموعه‌ای از قوانین غیررسمی نیز وجود دارد که از آن جمله می‌توان به وجود توهم انرژی در ذهن مدیران و گرایش به سمت سوخت‌های فسیلی اشاره کرد و شناخت دقیق آن‌ها مستلزم تحلیل عملکرد نظام نوآوری سوخت زیست‌توده است.

جدول (۲-۱) فهرست اسناد بالادستی در حوزه انرژی

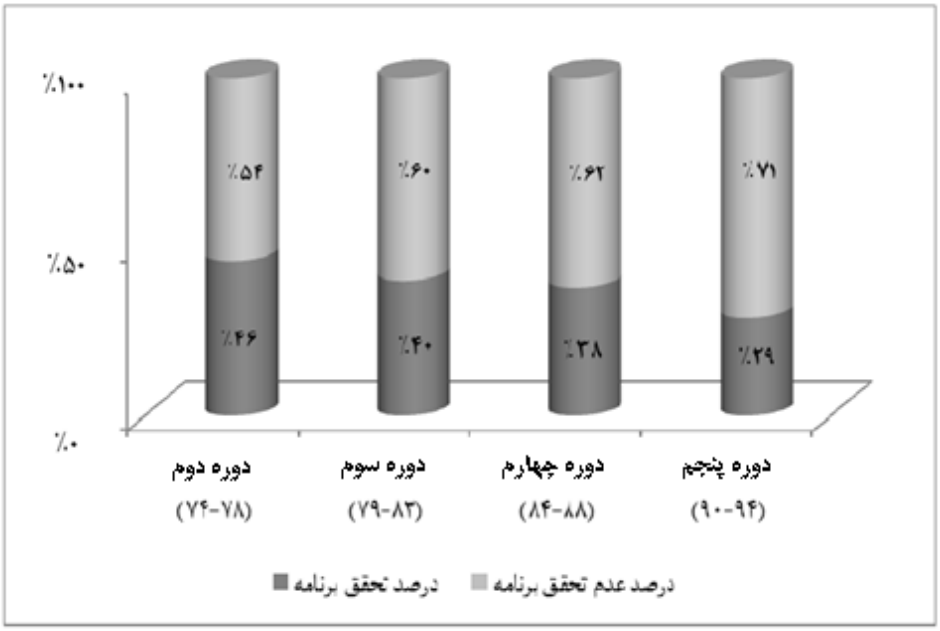
عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	تاریخ
مجموعه برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران	نفت و گاز- ماده ۱۲۵	۱۳۸۹
	برق- ماده ۱۳۳	
	انرژی‌های پاک- ماده ۱۳۹	
	کشاورزی- ماده ۱۴۸	
	صنعت و معدن- ماده ۱۵۰	
	حمل و نقل- ماده ۱۶۲ و ۱۶۳	
	محیط زیست- ماده ۱۹۲ و ۱۹۳	

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	تاریخ
مجموعه برنامه پنج ساله چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران	سند چشم‌انداز در افق ۱۴۰۴ و سیاست‌های کلی برنامه چهارم	۱۳۸۷
	ماده ۲۵ و آیین نامه اجرایی شرایط و تضمین برق موضوع بند "ب" ماده (۲۵) قانون برنامه چهارم توسعه	۱۳۸۴
	آیین‌نامه اجرایی ماده ۶۶	۱۳۸۶
اسناد ملی توسعه‌بخشی ماده ۱۵۵ قانون برنامه چهارم توسعه	سند ملی توسعه بخش "برق و انرژی های نو"- موضوع بند (الف) ماده ۱۵۵	
	سند ملی توسعه بخش "نفت و گاز"- موضوع بند (ه) ماده ۱۵۵	
	سند ملی توسعه ویژه فرابخشی "مدیریت انرژی"- موضوع بند (ج) ماده ۱۵۵	
قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت	ماده ۲۵	۱۳۸۰
	ماده ۶۲ و دستورالعمل اجرایی آن	
برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴	وزارت نیرو	۱۳۹۰
	بخش برق و انرژی	
	بخش آموزش، پژوهش و فن‌آوری	
	بخش پشتیبانی صنعت آب و برق	
سند نقشه راه تحقیقات صنعت برق	بندهای ۳، ۲۳ و ۲۴	
نقشه جامع علمی کشور	فصل سوم اولویت الف- اولویت‌های علم و فن‌آوری	۱۳۹۰
قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی	فصل اول: کلیات و تعاریف- ماده ۱ و ۲	۱۳۸۹
	فصل دوم: سیاست‌ها و خط مشی‌های اساسی- ماده ۴	
	فصل سوم: ساختار و تشکیلات- ماده ۵، ۶، ۸ و ۹	
	فصل هشتم: حمل و نقل- ماده ۴۰	
	فصل دهم: انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای- ماده ۶۱ و ۶۲	
اصل ۱۳۸ قانون اساسی	ماده ۱۷	۱۳۸۷
	ماده ۲۰	
سند راهبرد انرژی کشور		در دست تدوین
سند راهبرد انرژی‌های نو کشور		در دست تدوین
سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی ایران (ساتبا)	اساسنامه	۱۳۹۲
	بیانیه مأموریت	
	بیانیه چشم‌انداز	
	بیانیه ارزش‌ها	
	اهداف سطح سازمان (اصلی)	
	اهداف سطح بخشی- بخش انرژی‌های نو	
قانون عضویت دولت جمهوری اسلامی ایران در		۱۳۹۱

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	تاریخ
آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر		
لایحه الحاق دولت جمهوری اسلامی ایران به پروتکل کیوتو		۱۳۸۳
لایحه دریافت عوارض برق تجدیدپذیر		۱۳۹۱
ابلاغیه پایه نرخ خرید برق از نیروگاه‌های انرژی نو و پاک		۱۳۹۲
تصویب‌نامه در خصوص نرخ خرید برق تولیدی بخش‌های غیردولتی از منابع انرژی‌های نو		۱۳۸۷ و ۱۳۹۳
قانون هدفمند کردن یارانه‌ها	ماده ۸	
ابلاغیه اتصال به شبکه نیروگاه‌های تجدیدپذیر		۱۳۹۱
طرح نیروگاه‌های انرژی‌های نو		۱۳۹۱
مصوبه شورای عالی اداری در خصوص انجام مطالعات و تحقیقات درباره انرژی‌های نو (تجدیدپذیر) و بهره‌برداری مؤثر از آن در کشور		۱۳۸۳
قانون بودجه در رابطه با تولید و مصرف انرژی با تأکید بر بهینه‌سازی مصرف انرژی	بند الف تبصره ۱۲	۱۳۸۳ و ۱۳۸۴
قانون بودجه سال ۱۳۹۲	ماده ۱۹	۱۳۹۲
	ماده ۲۶	
	ماده ۶۹	
سند ملی ورود سوخت های زیستی به سبد سوختی کشور		۱۳۹۱
برنامه جامع بیواتانول کشور		۱۳۸۸
سند ملی زیست فن‌آوری		۱۳۸۴
قانون مدیریت پسماند		۱۳۸۳
آیین‌نامه اجرایی قانون مدیریت پسماند	ماده ۴	
	ماده ۵	
	ماده ۶	
	ماده ۷	
	ماده ۱۱	
	ماده ۱۶	
	ماده ۱۷	
	ماده ۲۲	
	ماده ۲۳	
	ماده ۲۵	
	ماده ۳۰	
	ماده ۳۲	
	ماده ۳۷	

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	تاریخ
	ماده ۳۸	
برنامه پنج‌ساله توسعه مرحله‌ای مدیریت پسماند		
قانون شهرداری‌ها	ماده ۵۵	
پروژه طراحی و استقرار پایگاه تحلیلی قوانین و مقررات علم، فن‌آوری و نوآوری کشور		۱۳۹۲

با وجود تدوین اسناد بالادستی متعدد در حوزه انرژی تجدیدپذیر که در جدول (۱-۱) بدان پرداخته شد، وضعیت کنونی کشور حاکی از آن است که سهم انرژی های تجدیدپذیر از سبد انرژی کشور بسیار ناچیز بوده و با توجه به آمار موجود، تنها ۳۸٪ از برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۸- ۱۳۸۴) در بخش ساخت، تولید و احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر محقق شده است. میزان تحقق اهداف دوره‌های دوم تا پنجم برنامه توسعه کشور در نمودار (۱-۱) نشان داده شده است [۴].



شکل (۲-۱) درصد تحقق اهداف دوره‌های متمایز برنامه توسعه ایران در زمینه احداث عملی نیروگاه‌های تجدیدپذیر

مبتنی بر گزارش‌های سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)، چالش‌های موجود در مسیر توسعه بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر انرژی در پنج حوزه کلی به ترتیب ذیل قابل بررسی است:

۱- عرضه گسترده و یارانه‌های سوخت‌های فسیلی

۲- ضعف در مکانیزم‌های تأمین منابع مالی موجود و نیاز به تغییر رویکرد در این بخش

۳- عدم وجود و یا تثبیت نبودن برنامه‌های جامع و مدون ملی در حوزه‌های مختلف تجدیدپذیرها

۴- نقص در زیرساخت های لازم در بخش تجدیدپذیرها به ویژه موارد حقوقی و قانونی، فناوری و عملیاتی، دانشی و منابع انسانی

۵- مشکلات ساختاری در مدیریت مطلوب نظام توسعه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور

کلیه چالش‌های نامبرده، به نحوی از توسعه پروژه‌های تجدیدپذیر ممانعت می‌کنند؛ اگرچه راه‌حل‌های پیشنهادی در بسیاری از این موارد نیازمند صرف سرمایه‌های کلان بوده و یا گاه بسیار زمان‌بر است. بنابراین، ساده‌ترین و در عین حال اساسی‌ترین مانع در دستیابی به اهداف تعیین شده به ویژه برنامه‌های توسعه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر را می‌توان منوط به نبود برنامه‌ریزی تفصیلی برای هر یک از منابع مذکور به صورت مجزا (چالش شماره ۳) دانست. به عبارت دیگر، بر اساس شرایط کنونی کشور به ویژه محدودیت منابع پروژه ای موجود، شامل سرمایه مالی (چالش شماره ۲) و نیز دانش و نیروی متخصص (چالش شماره ۴)، ضرورت مطالعه و اولویت‌بندی فناوری های متعدد موجود برای هر یک از منابع با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از معیارهای اثرگذار احساس می‌شود. شایان ذکر است که بررسی و اولویت‌بندی مجموعه منابع تجدیدپذیر در قیاس با یکدیگر نیازمند مطالعات سلسله مراتبی است. به عبارت دیگر، با توجه به آن که زیرمجموعه های کلی تجدیدپذیر (از جمله انرژی خورشیدی، بادی، زیست‌توده و غیره) خود متشکل از انواع انرژی نهایی (برق، حرارت، تولید همزمان برق و حرارت) و گستره‌ای از فناوری های تبدیل می‌باشند، لذا هر یک به تنهایی مطالعاتی منحصر به فرد و جداگانه، همانند سندهای توسعه و نقشه راه های پیشنهادی توسط وزارت نیرو، را طلب می نماید. در این میان، با توجه به پیچیدگی فناوری زیست‌توده از حیث تعدد منابع اولیه/خوراک، فرآیندهای تبدیل و انواع انرژی تولیدی (شامل حرارت، برق و انواع سوخت‌های زیستی) و لذا تعدد زنجیره‌های محصول قابل تصور برای آن از یک سو، و اثرات مختلف آن بر اقتصاد انرژی، محیط زیست، حمل و نقل و صنایع بزرگ و اساسی کشور از سوی دیگر، توسعه این فناوری نگاهی ملی را ایجاب می‌کند.

با تکیه بر مطالب یاد شده و به منظور سیاست‌گذاری متمرکز، جهت‌دهی و نیز هماهنگی فعالیت‌های توسعه فناوری و تخصیص بهینه منابع، گروه انرژی های نو پژوهشکده انرژی و محیط زیست در پژوهشگاه نیرو مبادرت به تدوین نقشه راه و سند راهبرد ملی توسعه فناوری زیست‌توده کشور به عنوان سند بالادستی در این حوزه نموده است. نقشه های راهی که در ابعاد ملی ترسیم می‌شوند، عموماً با هدف آینده‌نگری و به منظور برنامه‌ریزی در یک دوره زمانی بلندمدت (حداقل ۱۰ سال) تدوین می‌گردند. در

توضیح بیشتر، این افق زمانی در اغلب موارد وابسته به افق زمانی چشم انداز است چرا که نقشه راه مسیری را جهت رسیدن به چشم‌انداز مشخص می‌نماید [۵]. از این حیث و در راستای تحقق چشم‌انداز بیست ساله کشور (سند ملی چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴)، افق زمانی ۱۰ ساله برای سند حاضر متصور می‌باشد و اهداف کلی آن عبارت است از:

- بررسی اهمیت فناوری زیست‌توده در ایران و تعیین نحوه برخورد کشور با آن
- تعیین اولویت‌های تحقیقاتی، پژوهشی و اجرایی در حوزه فناوری‌های زیست‌توده
- جلوگیری از فعالیت‌های موازی و ارائه ارکان جهت‌ساز در این خصوص
- تعیین راهکارهای اجرایی توسعه زیست‌توده و تدوین مکانیزم ارزیابی در جهت نظارت بر روند پیشرفت آن در کشور

افق برنامه‌ریزی سند

میان‌مدت، ۱۰ سال (۱۴۰۴)

۲-۱-۱-۳- مرزبندی توصیفی (فنی)

با تعریف نظام‌های توسعه فناوری به عنوان شبکه‌ای از عوامل متعامل در یک حوزه فناورانه و اثرگذار در فرآیند تولید، انتشار و بهره‌برداری نوآوری، سطوح مختلف تحلیلی را برای این سیستم می‌توان درنظر گرفت. بر این اساس، توسعه فناوری را می‌توان در سه واحد تحلیل فناوری به معنای یک حوزه دانشی، محصول، و مجموعه ای از محصولات مرتبط به هم و با هدف برآوردن کارکردی خاص مورد بررسی قرار داد. انتخاب سطح تحلیل بر شناسایی اجزای درون سیستم و تحلیل های آتی اثرگذار خواهد بود.

جدول (۲-۲) واحدهای تحلیل توسعه فناوری

سطح تحلیل	موضوع
حوزه علم و دانشی	تأکید بر یک فناوری و زیرفناوری‌های آن با در نظر گرفتن قابلیت استفاده در کاربردها و محصولات مختلف
محصول فناورانه	محوریت قرار گرفتن یک محصول و بررسی فناوری‌ها و کاربردهای مرتبط با آن
بخش فناورانه	هدف تحلیل بررسی یک بازار خاص و مجموعه بهم‌پیوسته‌ای از محصولات مورد نیاز یک حوزه

از نگاه مرزبندی توصیفی (فنی)، فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در ایران از لحاظ بلوغ فنی در مراحل ابتدایی چرخه عمر خود قرار دارند. به غیر از فناوری دفنگاه که تا کنون مقیاس نیروگاهی آن در کشور توسط متخصصین داخلی اجرا شده است، نمونه‌های دیگری از سایر فناوری‌ها مانند هاضم بیهوازی زباله شهری و فاضلاب شهری، همچنین زباله‌سوز/گازیساز زباله شهری نیز در کشور از طریق انتقال دانش فنی از خارج کشور اجرا شده است که عمدتاً هدف آنها توسعه کاربرد این فناوری‌ها و نه توسعه فناوری‌های مذکور بوده است. در مقیاس کوچک نیز پایلوت‌هایی برای هاضم بیهوازی، زباله‌سوز و گازیساز توسط مؤسسات تحقیقاتی طراحی و ساخته شده است. چیزی که واضح است این است که هنوز یک محصول کاملاً تجاری‌شده در حوزه‌های مختلف فناوری‌های زیست‌توده وارد بازار ایران نشده است. در نتیجه به دلیل عدم شکل‌گیری محصول بالغ از فناوری‌های مختلف زیست‌توده، بازاری که به طور متمرکز بر این فناوری‌ها تمایل پیدا کرده باشد نیز شکل نیافته است.

از سوی دیگر، در سند حاضر تأکید بر فناوری و زیرفناوری های آن است. بنابراین در شرایط فعلی، واحد تحلیل مناسب برای توسعه و سیاست‌گذاری در حوزه فناوری‌های زیست‌توده در ایران، حوزه علم و دانشی می‌باشد.

سطح تحلیل در مرزبندی توصیفی (فنی)

حوزه علم و دانشی

۲-۱-۱-۴- مرزبندی ساختاری

❑ **مقدمه**

امروزه انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان یکی از منابع اصلی تولید انرژی در جهان معرفی می‌شوند. این انرژی‌ها علاوه بر مزیت دسترسی نامحدود به منابع انرژی، میزان آلاینده‌های جوی بسیار کمتری نسبت به استفاده از سوخت‌های فسیلی تولید می‌کنند و از این رو همه ساله شاهد وضع قوانین حمایتی در جهت توسعه استفاده از این منابع انرژی در سراسر نقاط جهان هستیم.

در فرآیند توسعه صنعتی، یکی از پرسش‌های اساسی تعیین مجموعه تصمیمات سیاست‌گذاری و نهادسازی و نیز اقدامات اجرایی اثرگذار در سطح کلان ملی و نیز سطح صنعت است. نکته مهم در پاسخ به این سؤال آن است که این مجموعه اقدامات به خودی خود شکل نمی‌گیرند، بلکه نیازمند نقش مؤثر بازیگران کلیدی هر صنعت می‌باشند. فلذا تبیین جایگاه و حوزه فعالیت هر یک از این بازیگران در فرآیند توسعه صنعتی به صورت یکی از مباحث مهم ادبیات جدید توسعه فناوری مطرح می‌شود.

از میان منابع تجدیدپذیر انرژی با پتانسیل در کشور ایران، بررسی ذینفعان حوزه زیست‌توده از حیث تعدد مالکیت منابع اولیه آن و نیز پیچیدگی زنجیره ارزش این منبع از حیث گستره مسیرهای تبدیل محتمل برای آن در مقایسه با سایر منابع، از اهمیت بسزایی برخوردار است. شایان ذکر است که آنالیز ذینفعان زیست‌توده از دو منظر کلان و خرد (زنجیره ارزش) قابل بررسی است که در این گزارش به سطح کلان اکتفا شده است و آنالیز زنجیره ارزش زیست‌توده کشور در گزارشی مجزا ارائه می‌گردد. در توضیح بیشتر، در گزارش حاضر سعی شده است تا بازیگران اصلی در حوزه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و به خصوص فناوری‌های تبدیل زیست‌توده به انواع انرژی زیستی (شامل برق، حرارت و سوخت) در کشور، شناسایی و معرفی گردند. در این راستا، کلیه نهادها و سازمان‌های مرتبط به عنوان بازیگران عرصه توسعه و بهره‌برداری از انرژی زیست‌توده در قالب ۵ گروه اصلی شناسایی و مورد بررسی قرار گرفته است که به ترتیب زیر فهرست می‌شوند:

- نهادهای حاکمیتی و سیاست‌گذاری (Policy-making Bodies)
- تنظیم‌گران (Regulators)
- تسهیل‌گران و ارائه‌دهندگان خدمات (Facilitators)
- مراکز آموزشی و پژوهشی
- بنگاه (زنجیره صنعت)

گروه اول از بازیگران شامل نهادهای حاکمیتی و دولتی است که نقش سیاست‌گذاری و مسئولیت وضع اسناد بالادستی را در این حوزه برعهده دارند. در گروه دوم، تنظیم‌گران موظفند تا از طریق برنامه‌ریزی و وضع مقررات در حوزه تخصصی مرتبط،

زمینه افزایش کارایی در زنجیره را فراهم آورند و تحقق اهداف معین در اسناد بالادستی را تضمین نمایند. نهادهای تسهیل‌گر، سازمان‌های محلی یا بین‌المللی هستند که به صورت معمول توسط دولت‌ها با هدف توسعه و بهبود بازار خدمات، سرمایه‌گذاری و تشکیل می‌شوند، و نهادهای ارائه‌کننده خدمات همان طوری که از نام آن‌ها بر می‌آید پشتوانه علمی، مالی، مشاوره و ... در حوزه فعالیت‌های مرتبط با تولید انرژی از منابع زیست‌توده را فراهم می‌نمایند. گروه چهارم مشتمل بر مراکز پژوهشی و دانشگاهی است که طی سالیان اخیر شاهد رشد کمی و کیفی این مراکز در کشور و فعالیت‌های مطالعاتی آن‌ها در حوزه شناسایی و توسعه بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر بوده‌ایم. و در نهایت زنجیره صنعت به عنوان یک نهاد عملیاتی با بیشترین تمرکز بر شرایط عملیاتی و فناوری‌های تبدیل، در این ساختار مورد بررسی قرار خواهد گرفت که همان طور که پیشتر اشاره شد بررسی این جزء از ساختار، با توجه به گستردگی مبحث مربوطه و ارتباط مستقیم آن با زنجیره ارزش، از حوصله این گزارش خارج است و در گزارشی مجزا با عنوان "زنجیره ارزش" بدان پرداخته می‌شود.

لازم به ذکر است که یک گزارش پشتیبان مبسوط تحت عنوان "تعیین مرزبندی ساختاری در حوزه انرژی‌های زیستی (بازیگران اصلی، نهادها و شبکه‌های اثرگذار و تعیین ارتبط میان ذینفعان)" توسط تیم پروژه تهیه شده است که مطالب ارائه شده در بخش مرزبندی ساختاری این گزارش، خلاصه آن گزارش می‌باشد.

❑ آنالیز ذینفعان

بر طبق تعریف انجمن مدیریت پروژه، ذینفعان[1] شامل اشخاص و سازمان‌هایی است که فعالانه در یک پروژه دخیل هستند؛ منافعشان از اجرا، تکمیل یا لغو پروژه مربوطه به صورت مثبت یا منفی تأثیر می‌پذیرد؛ و یا بر پروژه و دستاوردهای آن اثرگذارند (PMBOK,2006). ابزار شناخت ذینفعان، درک نیازها و قدرت اثرگذاری آنان، آنالیز ذینفعان[2] نام دارد و به منظور گزینش بازیگران کلیدی نیازمند اجرای سه مرحله اساسی به ترتیب ذیل است:

۱- شناسایی مجموعه ذینفعان[3]: بسیاری از پروژه‌های سرمایه‌گذاری در ایران شامل گستره وسیعی از ذینفعان داخلی و خارجی است که با توجه به گستردگی قابل ملاحظه منابع اولیه زیست‌توده، تعدد فناوری‌های تبدیل و نیز سه حوزه کاربرد نهایی (مشتمل بر برق، حرارت و سوخت‌های زیستی، و بیومواد)، به شناسایی ذینفعان داخلی اکتفا می‌شود. شایان

[1] Stakeholders
[2] Stakeholder Analysis
[3] Stakeholder Identification

ذکر است که در شناسایی ذینفعان، کلیه ابعاد اجتماعی، فناوری، زیست‌محیطی، اقتصادی، سیاسی و حقوقی در نظر گرفته شده و عمدتاً از روش طوفان فکری[1] بهره گرفته می‌شود (Stanford, 2007).

۲- اولویت‌بندی ذینفعان[2] : هدف از این مرحله، دسته‌بندی ذینفعان بر اساس مجموعه‌ای از معیارهای تصمیم‌گیری شامل قدرت (Power)، مشروعیت قانونی (Legitimacy)، اثرگذاری (Influence)، منافع (Interest)، ضرورت (Urgency) و غیره می‌باشد که مبتنی بر نوع و شمار معیارهای انتخابی، دربرگیرنده روش‌های متفاوت است (Stanford, 2007). متداول‌ترین روش مورد استفاده در این گام، اولویت‌بندی ذینفعان با توجه به ماتریس قدرت و اثرگذاری یا منافع آن‌ها است.

۳- شناسایی بازیگران کلیدی[3] : در گام نهایی، ذینفعانی با بیشترین قدرت و حداکثر اثرگذاری/منافع به عنوان بازیگران کلیدی در فرآیند تصمیم‌گیری شناخته می‌شوند.

مطالعه ادبیات نظری حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، وظایف و فعالیت‌های درونی نظام مدیریت توسعه در این حوزه را نیز مورد توجه قرار می‌دهد. نقش‌های توسعه‌ای بازیگران کلیدی در چند سطح «نقش سیاست‌گذاری»، «نقش تنظیم‌گری»، «نقش تسهیل‌گری و ارائه خدمت» و «نقش آموزش و پژوهش» قابل بررسی است. مرزبندی ساختاری و مجموعه بازیگران کلیدی شناسایی‌شده در حوزه زیست‌توده به ترتیب در شکل‌های (۱-۲) و (۱-۳) ترسیم شده‌اند. در ادامه هر یک از نقش‌های مذکور به صورت جداگانه معرفی می‌گردد و سپس بازیگران شناسایی شده در هر بخش با تکیه بر انواع انرژی زیستی، به صورت اجمالی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

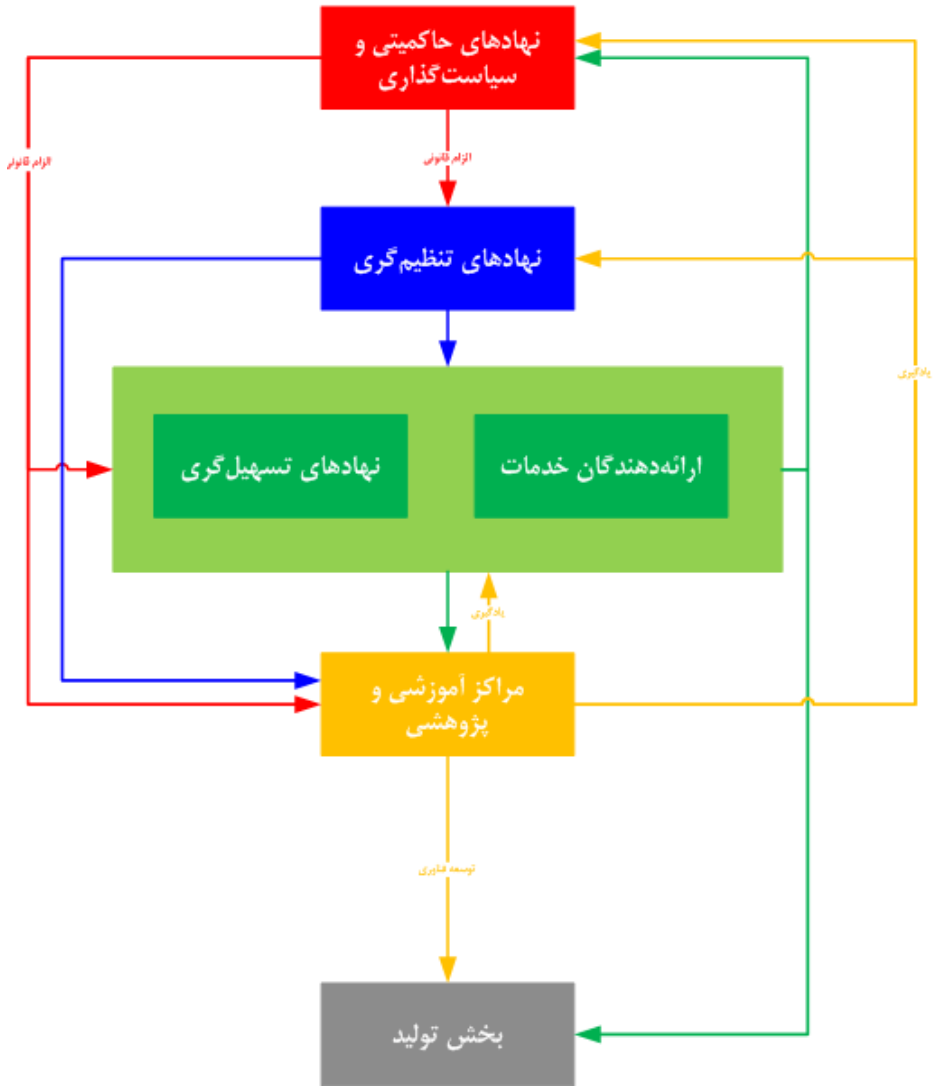
در راستای شناسایی ذینفعان که در اسناد مختلف گاه از آن با عنوان کنش‌گران یاد می‌شود، روش‌های مختلفی کاربردی است که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- استفاده از جداول داده- ستاده
- آمارهای عضویت در اتحادیه‌ها و صنایع
- استفاده از پتنت‌های ثبت شده و شناخت بنگاه‌های مرتبط با آن
- استفاده از قاعده گلوله برفی (تعاملات میان کنش‌گران)

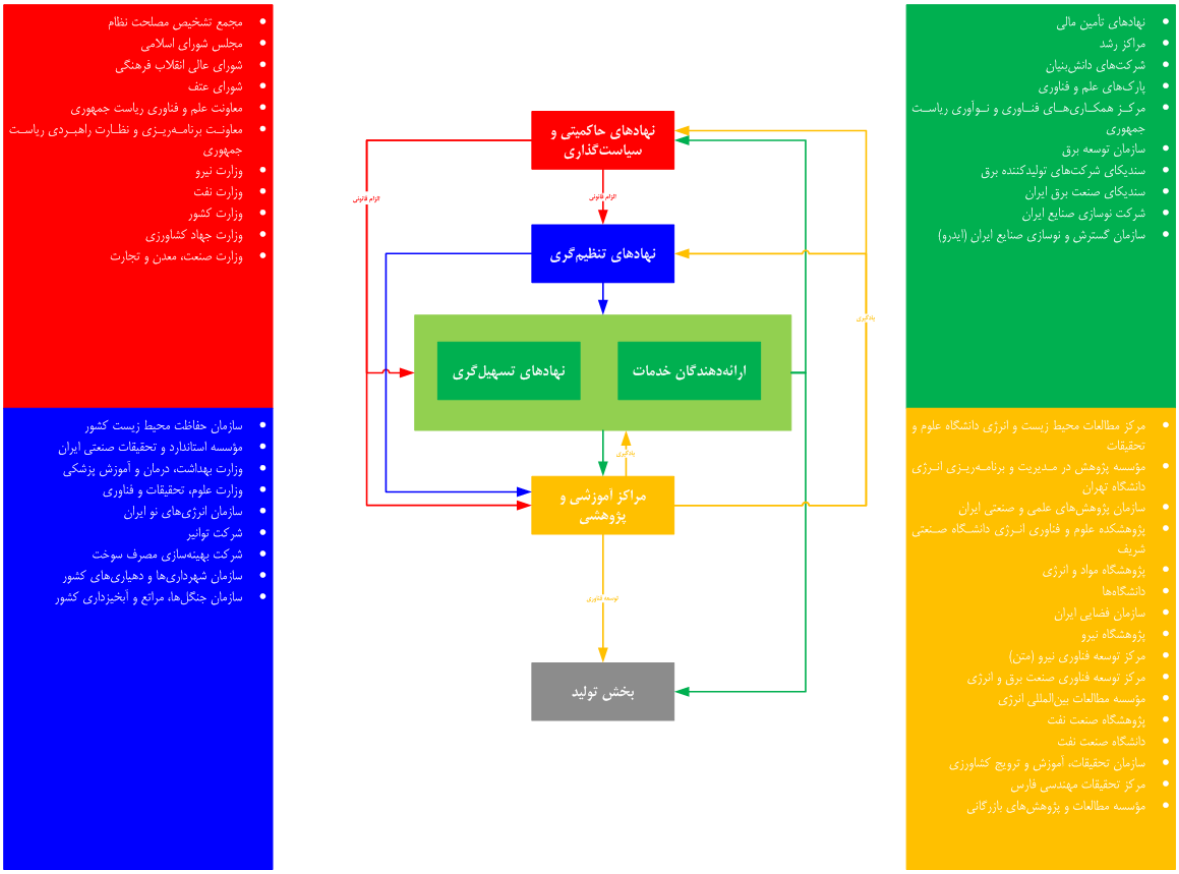
[1] Brainstorming
[2] Stakeholder Mapping (Categorization)
[3] Key Decision Makers (DMs)

- مصاحبه با خبرگان حوزه زیست‌توده (اعم از صنعت یا دانشگاه)

مطالعات انجام شده حاکی از آن است که بخش عمده‌ای از ذینفعان در حوزه زیست‌توده در دو بخش تحقیق و توسعه و سیاست‌گذاری متمرکز هستند. این موضوع نشان‌دهنده قرار داشتن صنعت زیست‌توده در مراحل ابتدایی توسعه است. در این مرحله، وجود نهادهای تحقیق و توسعه به منظور توسعه دانش و نیز وجود نهادهای سیاست‌گذار در راستای برنامه‌ریزی و مدیریت فرآیندهای توسعه، ضروری است. همچنین ذینفعانی که به دو بخش اشاره شده مشغول نباشند، بیشتر در حلقه ارائه خدمات انرژی از فناوری(های) وارداتی زیست‌توده از خارج کشور متمرکز می‌گردند.



شکل (۲-۲) مرزبندی ساختاری حوزه انرژی زیست‌توده



شکل (۲-۳) مجموعه بازیگران کلیدی شناسایی‌شده در حوزه زیست‌توده

❑ نهادهای حاکمیتی و سیاست‌گذاری

حاکمیت یا دولت یکی از ارکان اصلی در چرخه فعالیت‌ها در سطح کلان محسوب می‌شود. پررنگ‌ترین نقش دولت، کنترل بر فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی اعم از فعالیت‌های پولی و مالی، و تعیین جهت‌گیری‌ها و سیاست‌های مناسب در توسعه بخش‌های مولد کشور نظیر بخش‌های انرژی، کشاورزی، صنعت و دیگر موارد است.

در حوزه برنامه‌ریزی سیستم‌های انرژی و تأمین نیازهای انرژی در بخش خانگی، صنعت و سایر بخش‌های متقاضی، دولت‌ها با نگاه همه‌جانبه به موضوع و در نظر گرفتن شاخص‌های امنیتی، زیست‌محیطی، اجتماعی، و توسعه فناوری درصدد دستیابی به بهینه‌ترین فناوری‌های تأمین انرژی مورد نیاز بخش‌های فعال داخلی و خارجی کشور از طریق تدوین نقشه راه توسعه این انرژی‌ها در چشم‌اندازهای آینده هستند. لازم به ذکر است که نهادهای حاکمیتی از طریق وضع و تدوین قوانین و آیین‌نامه‌های مصوب، بر جنبه‌های گوناگون تبدیل زیست‌توده به انواع انرژی‌های زیستی اعمال قدرت می‌نمایند.

به طور خلاصه، یک سیاست‌گذار نهادی است که برنامه‌های پیگیری شده توسط دولت، کسب و کارها و غیره را تعیین می‌کند. سیاست‌گذاری به صورت فرآیندی تعریف می‌شود که به واسطه آن دولت به منظور ارائه پیامد (تغییرات مطلوب در دنیای واقعی)، چشم‌انداز سیاسی خود را به برنامه و عمل تبدیل می‌کند. لذا، سیاست‌گذاری کارکرد اصلی هر دولت به شمار می‌رود و می‌تواند در اشکال مختلف از جمله سیاست‌های غیرمداخله‌ای، تنظیم، تشویق تغییرات داوطلبانه (مانند کمک‌های مالی) و ارائه خدمات عمومی ظاهر شود [۶ و ۷].

نظر به مطالعات انجام شده توسط تیم فنی زیست‌توده– گروه انرژی‌های نو، با محوریت شناسایی متولیان اسناد بالادستی موجود در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر (به ویژه زیست‌توده)، نهادهای درگیر در امر تصمیم‌گیری در کشور به صورت جدول (۱-۳) معرفی می‌گردد.

جدول (۲-۳) نهادهای حاکمیتی و سیاست‌گذاری حوزه زیست‌توده در کشور ایران

مجمع تشخیص مصلحت نظام	وزارت نیرو
مجلس شورای اسلامی	وزارت نفت
شورای عالی انقلاب فرهنگی	وزارت کشور
شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)	وزارت جهاد کشاورزی
معاونت علم و فناوری ریاست جمهوری	وزارت صنعت، معدن و تجارت
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری	

❑ نهادهای تنظیم‌گری

نقش نظام‌های تنظیم‌گر در افزایش رشد اقتصادی و توسعه کشورها در سال‌های گذشته مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. تنظیم‌گری می‌تواند اشکال مختلفی داشته باشد و اساساً شکل سیاست‌های تنظیم‌گری در کشورهای در حال توسعه، در سال‌های اخیر تغییرات فراوانی داشته است. در دهه‌های ۶۰ تا ۸۰ جدی‌ترین توجیه برای دخالت مستقیم دولت در فعالیت‌های بازار در کشورهای در حال توسعه، بحث ناکامی بازار بود و دولت تلاش می‌کرد با صنعتی‌تر کردن فضای بازار از طریق سیاست‌های وضع شده و سرمایه‌گذاری مستقیم در صنعت و کشاورزی، و نیز افزایش مالکیت دولتی بنگاه‌ها، نقش خود را در بازار بالا ببرد. اما پس از موفقیت برنامه های آزادسازی اقتصاد در برخی از کشورهای توسعه یافته و اثبات ناکامی اقتصادهای دولتی در کشورهای در حال توسعه، نقش تنظیم‌گری دولتی مورد تعریف مجدد قرار گرفت و به تعریفی خاص و ویژه رسید که با اشکال قبلی آن کاملاً متفاوت بود. در سیستم جدید تنظیم‌گری دولتی، مسئله تولید به بخش خصوصی سپرده می‌شود که در آن بازارهای رقابتی با استفاده از مقررات و تنظیمات ارائه شده از سوی دولت، می‌توانند کارایی خود را نشان دهند. شایان ذکر است که بررسی و اثبات افزایش عملکرد سیستم‌های تنظیم‌گری دولتی در حالت نوین آن به ویژه در کشورهای در حال توسعه همچنان ادامه دارد [۶ و ۷].

به طور کلی نقش تنظیم‌گری در نظام مدیریت توسعه حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر دارای مجموعه‌ای از زیر نقش‌ها به ترتیب ذیل است [۸]:

- رصد و بازرسی
- وضع و تعرفه
- تعیین استانداردها
- حل دعاوی
- صدور مجوزها
- اطلاع‌رسانی و آگاه‌سازی

نهادهای درگیر در امر تنظیم‌گیری در حوزه زیست‌توده کشور در جدول (۱-۴) ارائه شده است.

جدول (۲-۴) نهادهای تنظیم‌گری حوزه زیست‌توده در کشور ایران

وزارت نفت ▪ شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت ایران
وزارت نیرو ▪ شرکت توانیر ▪ سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
وزارت کشور ▪ سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور
وزارت جهاد کشاورزی ▪ سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور
سازمان حفاظت محیط زیست کشور
مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

❑ نهادهای تسهیل‌گری

نهادهای تسهیل‌گر، سازمان‌های محلی یا بین‌المللی هستند که معمولاً توسط دولت سرمایه‌گذاری و تشکیل می‌شوند و هدف آن‌ها توسعه و بهبود بازار خدمات می‌باشد. یک تسهیل‌کننده، تأمین‌کنندگان خدمات را از طریق ایجاد محصولات خدماتی جدید، ارتقای تجارب مفید و ایجاد ظرفیت حمایت می‌کند. عمل تسهیل، کارکردی است که به طور معمول توسط سازمان‌های توسعه‌گرا انجام شده و می‌تواند شامل سازمان‌های غیردولتی، انجمن‌های صنعتی، کارفرمایان و عاملین صنعتی شود [۶ و ۷].

به طور مشخص نقش تسهیل‌گری در حوزه مدیریت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به پنج زیرنقش زیر قابل تفکیک می‌باشد و نهادهای درگیر در امر تسهیل‌گیری در حوزه زیست‌توده کشور و نیز ارائه‌دهندگان خدمات در این زمینه در جدول (۱-۵) ارائه شده است.

- تسهیل‌گری در بعد فناوری
- تسهیل‌گری منابع دانش
- تسهیل‌گری منابع مالی
- تسهیل توسعه ارتباطات
- تسهیل ظرفیت‌سازی و ترویج

جدول (۲-۵) نهادهای تسهیل‌گری و ارائه‌دهندگان خدمات در حوزه زیست‌توده کشور ایران

نهادهای تسهیل‌گری	
سازمان توسعه برق	مراکز رشد
مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری	شرکت‌های دانش‌بنیان
سندیکای شرکت‌های تولیدکننده برق	پارک‌های علم و فناوری
سندیکای صنعت برق ایران	تسهیل‌گران مالی
ارائه‌دهندگان خدمات	
وازرت صنعت، معدن و تجارت ▪ سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران (ایدرو) ▪ شرکت نوسازی صنایع ایران	

❑ مراکز آموزشی و پژوهشی

مراکز آموزشی و پژوهشی یکی از مهم‌ترین بازیگران در حوزه مطالعات راهبردی در جهت توسعه به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر محسوب می‌شوند که از تنوع خوبی در موضوعات مورد مطالعه در حوزه‌های فناوری، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی برخوردارند. در ادامه به معرفی مهم‌ترین سازمان‌های ذیربط کشور در این حوزه پرداخته می‌شود.

جدول (۲-۶) مراکز آموزشی و پژوهشی در حوزه زیست‌توده کشور ایران

پژوهشگاه‌های وابسته به وزارت نفت ▪ مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی ▪ پژوهشگاه صنعت نفت ▪ دانشگاه صنعت نفت
پژوهشگاه‌های وابسته به وزارت نیرو ▪ پژوهشگاه نیرو ▪ مرکز توسعه فناوری نیرو (متن) ▪ مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی
مراکز آموزشی و پژوهشی وابسته به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ▪ پژوهشگاه مواد و انرژی ▪ پژوهشکده علوم و فناوری انرژی دانشگاه صنعتی شریف ▪ مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی دانشگاه تهران ▪ مرکز مطالعات محیط زیست و انرژی واحد علوم و تحقیقات ▪ سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

▪ دانشگاه‌ها (صنعتی شریف، تهران، علم و صنعت ایران، تربیت مدرس، علوم و تحقیقات، شهید باهنر کرمان و غیره)
وزارت جهاد کشاورزی ▪ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ▪ مرکز تحقیقات مهندسی فارس
پژوهشگاه‌های وابسته به وزارت صنعت، معدن و تجارت ▪ مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی
سازمان فضایی ایران

❑ نتیجه‌گیری

از جمله چالش‌های عمده در توسعه بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر انرژی در ایران از جمله زیست‌توده، به طور خاص می‌توان به مشکلات ساختاری در مدیریت مطلوب نظام توسعه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور اشاره کرد. مطابق با مطالعات جهانی نقش‌های سیستماتیک در نظام توسعه ملی در چند نقش «سیاست‌گذاری»، «تنظیم‌گری»، «تسهیل‌گری» و «ارائه خدمت و صنعت» تعریف می‌گردد که متأسفانه این نقش‌ها در کشور در حوزه تجدیدپذیرها به صورت روشن و مناسب تعریف نشده است و یا به صورت بخشی توسط سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) اجرایی می‌گردد. به علاوه، چارچوب و مرزبندی ساختاری میان این ذینفعان به صورت خاص شفاف نمی‌باشد. آثار متناسب با این چالش به صورت زیر خواهد بود:

- خلأ ساختاری جدی به ویژه در نقش‌های «سیاست‌گذاری» و «تنظیم‌گری» در بخش تجدیدپذیر کشور حس می‌شود. برخی کارکردهای نقش های مذکور بدون متولی بوده و بعضاً برخی از کارکردها فاقد ساختارهای متناسب با خود می‌باشند.
- هم‌اکنون اکثر کارکردهای نقش «تسهیل‌گری» توسط سازمان انرژی‌های نو ایران، سانا، انجام می‌شود؛ اگرچه، نمی‌بایست الزاماً و صرفاً توسط سازمان نامبرده انجام پذیرد. بلکه نیاز به واگذاری برخی از آن‌ها به بخش خصوصی و برخی دیگر به سایر بازیگران فعال در دولت و انجام امور با مشارکت سانا (همانند آنچه در ساختار اصلاحی در این گزارش ارائه شد) می‌باشد.
- با این‌که اکثر کارکردهای نقش «ارائه خدمت و صنعت» می‌بایست بر عهده بخش غیردولتی باشد، اما سانا و سایر نهادهای دولتی نیز به آن ورود کرده‌اند.

در این راستا، تسریع در تصویب لایحه تشکیل سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی، ساتبا، و فراهم نمودن امکانات لازم و همچنین اصلاح اساسنامه سازمان انرژی‌های نو ایران، سانا، به صورت یک سازمان توسعه‌ای، به عنوان راه حل پیشنهادی توسط این سازمان ارائه شده است.

از سوی دیگر، مهم‌ترین دغدغه و چالش در صنعت زیست‌توده، اعم از سوخت و یا برق زیستی، نبود زیرساخت‌های اولیه مشتمل بر زیرساخت‌های دانشی و بانک‌های اطلاعاتی مورد نیاز، و بعضاً عدم هماهنگی و نبود تعاملات مؤثر میان خانواده بزرگ ذینفعان این حوزه می‌باشد. از این حیث، پیشنهاد اولیه ایجاد/استقرار نهادی با اهداف اصلی درج شده در ذیل مطرح است که در این گزارش از آن با عنوان "سندیکای صنعت زیست‌توده ایران" یاد می‌شود:

- توسعه شبکه‌های ارتباطی، ترویج تعاملات و گسترش تفاهم میان مجموعه گسترده ذینفعان زیست‌توده (اعم از کنش‌گران و زنجیره ارزش) در راستای شناسایی حوزه فعالیت هر بخش، افزایش هماهنگی میان اعضا و جلوگیری از موازی‌کاری‌ها
- افزایش تعاملات خارجی با کشورهای پیشرو منطقه و جهان در حوزه زیست‌توده
- تلاش در ایجاد وفاق و حفظ منافع مشترک به منظور حضور توانمند و متحد در بازارهای منطقه
- پیگیری رشد و توسعه منظم و همه‌جانبه صنعت زیست‌توده ایران
- جمع‌آوری اطلاعات مربوط به سطح فناوری و چالش‌ها در بخش‌های تخصصی زیست‌توده
- برقراری ارتباط با مراکز معتبر بین‌المللی جهت به روز رسانی آخرین دستاوردهای فناوری در صنعت زیست‌توده
- ایجاد فرصت‌های توسعه فناوری و ظرفیت‌های جدید اقتصادی و تجاری در حوزه صنعت زیست‌توده کشور
- حمایت از ساخت داخلی و فناوری ملی با تأکید ویژه بر هم‌افزایی ظرفیت‌های موجود و اشتغال‌زایی
- ایجاد هماهنگی و توسعه همکاری میان نهادهای بالادستی و زنجیره صنعت زیست‌توده در کشور
- ایجاد ظرفیت‌های آموزشی برای رشد و به روز نگهداشتن توانایی‌ها، تخصص‌ها و ظرفیت‌های علمی و فنی در داخل کشور
- تهیه و تدوین بانک اطلاعاتی در حوزه زیست‌توده (مشتمل بر مجموعه قوانین و مقررات تصویب شده؛ فهرست اعضا، سازمان‌ها، نهادها و شرکت‌های مرتبط با حوزه انرژی زیستی؛ بانک اطلاعاتی تشکل‌های کشور شامل اتحادیه‌ها،

انجمن‌ها و سندیکاها؛ فهرست کشورهای فعال در حوزه زیست‌تـوده و کشـورهای هـدف در راسـتای صـادرات انـرژی زیستی)

- انجام مطالعات ملی در حوزه زیست‌توده (مطالعات امکانسجی؛ پتانسیل‌سنجی؛ پـایش، بـازنگری و بـه‌روزرسـانی اسـناد بالادستی تخصصی شامل سند راهبردی و نقشه راه در دست تدوین)
- و غیره

شایان ذکر است پیشنهاد مذکور به عنوان یک ایده اولیه مطرح گردیده است که افزایش سطح اطمینـان از آن و رفـع نـواقص احتمالی موجود در توضیحات اولیه، منوط به مطالعه و بررسی تفصیلی به همراه گردآوری نظرات خبرگان ذیـربط در گـام‌هـای متعاقب پروژه می‌باشد. به علاوه، گستردگی صنعت زیست‌توده و متولی/متولیان تأسیس نهادی با مشخصات عنوان شده، خـود مبین حوزه فعالیت آن سازمان بر حسب کاربرد نهایی زیست‌توده خواهد بود. به عبارت دیگر، دامنه فعالیت این مرکز مـی‌توانـد کل صنعت زیست‌توده را پوشش دهد و یا به صورت بخشی به یکی از کاربردهای نهایی (به ویژه برق زیستی با توجه به حـوزه این سند) محدود گردد.

۲-۱-۲- تبیین مشخصه‌های فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده

واژه فناوری ریشه یونانی دارد و از ترکیب دو کلمه حاصل شده است: Techno به معنای فن و هنری که قبلاً وجود نداشته و به دست بشر ایجاد شده است؛ Logia به معنای شناخت، تعقل و تدبیراندیشی است. بدین ترتیب فناوری از بعد لغوی به معنی مصنوع بشری است که با هدف خاصی ساخته شده است. در کنار مفهوم فناوری، دو مفهوم علم و تکنیک هم قرار می‌گیرند که دارای مفاهیمی بسیار نزدیک به همند، ولی بر اساس سطح عمومیت، هدف و شرایط پذیرش با هم تفاوت دارند.

- **علم :** دانشی عمومی است که هدف آن پیشرفت دادن سطح درک درباره طبیعت و رخدادهای موجود در آن است و پذیرش آن بر اساس توانایی در عدم وجود تضاد در میان اجزای تعریف شده در آن است.
- **فناوری :** دانشی عمومی است که به دنبال شناسایی راه‌حل‌های عمومی برای مشکلاتی خاص است و پذیرش آن بر اساس توانایی به کاربردن عملیاتی آن است.
- **تکنیک :** دانشی خاص است که به منظور حل مشکلی خاص به وجود آمده است و پذیرش آن بر اساس میزان تناسب آن با مورد استفاده است.

در ادبیات مدیریت فناوری، تعاریف و تعابیر مختلفی از فناوری ارائه شده است که منعکس کننده نقطه‌نظرات متفاوت محققین و صاحبنظران این رشته است. اکثر محققین بر این نکته اتفاق نظر دارند که فناوری عبارت است از کاربرد علم در جهت مرتفع کردن نیازهای زندگی انسان. برخی علاوه بر علم، تجارب و مهارت‌های انسان را نیز به مؤلفه‌های فناوری اضافه کرده‌اند. بدین ترتیب فناوری عبارت است از دانش و مهارت های لازم برای تولید کالا و یا ارائه خدمات که حاصل قدرت فکری و شناخت انسان و ترکیب قانون‌های موجود در طبیعت می باشد (Sharif، ۱۹۹۸). دسته ای از تعاریف به جزء سومی اشاره کرده و فناوری را مجموعه‌ای از ابزار ، مهارت‌ها و دانش اطلاعات معرفی نموده اند (Zeleny، ۱۹۸۶). در نهایت، عده‌ای از محققین معتقدند که جزء چهارمی را نیز باید برای تعریف فناوری در نظر گرفت که از آن تحت عنوان سازمان افزار یاد می‌شود (APCTT، ۱۹۸۹). این مولفه از فناوری به هنر استفاده از ابزار، مهارت‌ها و دانش اطلاعات موجود برای تحقق اهداف سازمان مربوط می‌شود.

به طور کلی تعاریف ارائه شده برای فناوری را می‌توان به سه دسته طبقه‌بندی نمود (Dussauge and Ramanantsoa، ۱۹۸۷):

- تعاریف کلی که در واقع به تعریف فناوری نمی پردازند بلکه سعی در معرفی آن به عنوان یک فاکتور کلیدی موفقیت سازمان دارند (مثال: فناوری، عامل ایجاد ارزش افزوده)
- تعاریف عام که سعی در بیان مشخصات کلی فناوری دارند، بدون توجه به حوزه ای که فناوری در آن به کار گرفته می‌شود (مثال: فناوری، ترکیب سیستماتیک از ابزار، روش‌ها، دانش، اطلاعات و مهارت‌های نیروی انسانی)
- تعاریف خاص که فناوری را به عنوان کاربرد یک زمینه علمی یا ترکیب چند زمینه علمی در حوزه‌ای خاص از کاربرد معرفی می‌کنند (مثال: پیل سوختی، کاربرد زمینه علمی الکتروشیمی در خودرو).

تعریفی که از فناوری در این مطالعه مورد استفاده قرار می گیرد، عبارت است از:

فناوری کاربرد علم، تجربه و مهارت‌های انسانی در جهت مرتفع‌کردن نیازهای اجتماعی است. فناوری در مجموعه‌ای از ابزار، مهارت‌ها، و دانش و اطلاعات جلوه می‌کند که به اجزاء فناوری معروف هستند. نه تنها عدم حضور یکی از این اجزاء، بلکه عدم هماهنگی میان آنها در کارآیی و اثربخشی فناوری مؤثر است. این تعریف می تواند گستره وسیعی از فناوری ها را تحت پوشش قرار دهد. وجود برداشت‌های مختلف از فناوری بر عدم قطعیت در تدوین گام‌های ضروری در سند ملی توسعه فناوری می‌افزاید. برای مهار این عدم قطعیت ضروری است تا به ارائه یک طبقه‌بندی از ابعاد فناوری پرداخته شود. هر فناوری را می‌توان برحسب ویژگی‌های متمایزکننده، در گروه و دسته‌ای از فناوری‌ها جای داد. به منظور داشتن نتایج به دور از انحراف از واقعیت، اسناد راهبردی باید بر اساس ویژگی های خاص هر گروه فناوری تنظیم گردد. به عبارت دیگر لازم است ابزارهای سیاستگذاری و نیز روش‌شناسی‌های تدوین راهبرد متناسب با هر گروه فناوری مورد استفاده قرار گیرند. برای محقق شدن این هدف، ضروری است تا جایگاه فناوری مورد نظر را با ارائه یک طبقه‌بندی از مفهوم فناوری معین نمود. پس از طبقه‌بندی فناوری از ابعاد مختلف، فناوری‌های دارای مشخصات مشابه در یک گروه قرار می‌گیرند. این کار تصمیم‌گیری در مورد فناوری‌های هم‌گروه را در مراحل بعدی تدوین اسناد ملی فناوری تسهیل خواهد نمود. در این قسمت، از میان طبقه‌بندی‌های مختلفی که در ادبیات برای فناوری ارائه شده است، تنها به مواردی اشاره می‌شود که قابلیت کاربرد در روش‌شناسی پیشنهادی را دارا بوده و بر مؤلفه‌های آن اثرگذار باشد.

این مولفه با بررسی جایگاه فناوری از ابعاد ماهیت، پارادایم فناورانه و چرخه عمر، تصویری از خصوصیات فناوری راهبردی مورد مطالعه به سیاستگذار و تحلیلگر ارائه می‌نماید. آگاهی از این مشخصه‌ها بر نوع تصمیم‌گیری در مراحل بعدی تدوین سند اثرگذار خواهد بود (به عنوان مثال اگر فناوری در مراحل ابتدایی چرخه عمر خود باشد، مناسب است تا رویکرد توسعه‌ای مبتنی بر تحقیق و توسعه داخلی و پیشرو بودن برگزیده شود، در حالی که رویکرد مناسب توسعه در شرایطی که فناوری در مراحل بلوغ فناورانه قرار دارد، پیروی هوشمندانه و اتکا بر روش‌های همکاری فناورانه است).

در ادامه ابتدا فناوری‌های مرتبط در حوزه انرژی زیست‌توده به صورت اجمالی معرفی می‌شوند. سپس، بر مبنای اهداف مورد نظر در "تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در ایران"، دسته‌بندی اولیه فناوری‌های معرفی شده ارائه می‌شود. در نهایت، جایگاه فناوری‌ها با استفاده از طبقه‌بندی ابعاد مختلف مشخص می‌گردد.

۲-۱-۲-۱- معرفی فناوری‌های مرتبط در حوزه انرژی زیست‌توده

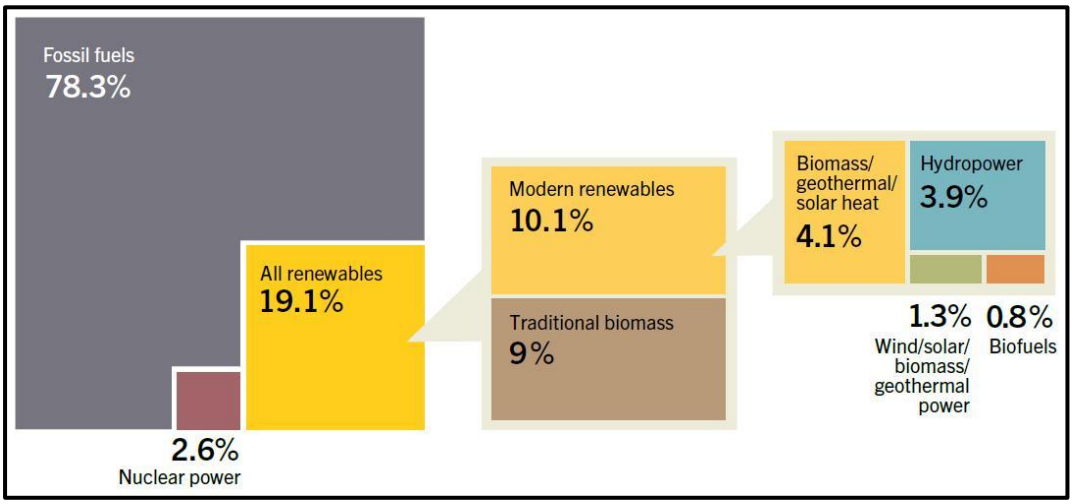
فناپذیری سوخت‌های فسیلی، تنوع‌بخشی به منابع انرژی، توسعه پایدار، ایجاد امنیت انرژی، مشکلات زیست محیطی ناشی از مصارف انرژی فسیلی از یک طرف و تجدیدپذیر بودن منابع انرژی مانند انرژی خورشید، باد، زیست‌توده و غیره از طرف دیگر، باعث توجه جدی جهانیان به توسعه و گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و افزایش سهم این منابع در سبد انرژی جهانی شده است و تقاضای بین‌المللی برای مصرف سوخت‌های پاک و به ویژه زیست‌توده برای مصارفی چون حمل و نقل، برق و حرارت افزایش یافته است. امروزه فعالیت‌ها و بودجه دولت‌ها و شرکت‌ها در امر تحقیق، توسعه و عرضه سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر افزایش چشمگیر داشته است. استفاده از زیست‌توده به عنوان یک منبع انرژی نه تنها به دلایل اقتصادی بلکه به دلیل توسعه زیست محیطی و اجتماعی نیز جذاب است و از طرفی عاملی جهت تسریع در رسیدن به توسعه پایدار می‌باشد. سیستم‌هایی که زیست‌توده را به انرژی قابل مصرف تبدیل می‌کنند، می‌توانند در ظرفیت‌های کوچک، متوسط و بزرگ به کار روند. در این گزارش سیستم زیست‌توده (شامل منابع، فناوری‌های تولید انرژی و ...) به طور کلی معرفی شده است تا بتوان مسیری برای کاربرد موثر این منبع انرژی را تدوین نمود.

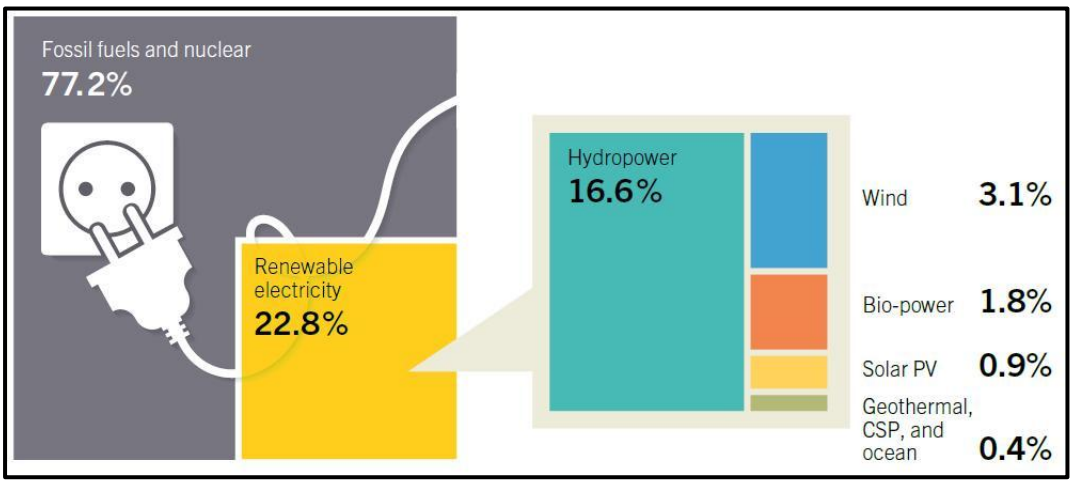
زیست‌توده یکی از منابع عمده در میان انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. تعاریف متعدد و گوناگونی از آن ارائه شده است. تعریف اتحادیه اروپا از زیست‌توده که در راهنمای EC/77/2001 به تاریخ ۲۷ سپتامبر ۲۰۰۱ میلادی عنوان شده، بدین

شرح است: "زیست‌توده عبارت است از اجزاء قابل تجزیه زیستی از محصولات، پسماندها و زائدات کشاورزی (شامل مواد گیاهی و دامی)، جنگل‌ها و صنایع وابسته و همچنین زائدات صنعتی و شهری قابل تجزیه".

بنا بر تازه‌ترین تعریف ارائه‌شده از زیست‌توده در استاندارد ISO/CD 13065-2014، زیست‌توده به مواد خامی اطلاق می‌شود که خاستگاه زیستی داشته باشند به استثنای آنها که در زمین ساختارها (لایه‌های زمین) دفن شده و یا به مواد سنگواره‌ای دگردیسی یافته باشند.

زیست‌توده قابلیت تولید برق، حرارت، سوخت‌های مایع (اتانول و بیودیزل)، سوخت‌های گازی (متان) و انواع کاربردهای مفید شیمیایی را دارا است و می‌تواند انرژی را به اشکال جامد، مایع و گاز تحویل نماید. به طوری که پس از ذغال سنگ، نفت و گاز طبیعی، چهارمین منبع بزرگ انرژی در دنیا می‌باشد. همانطور که در شکل (۱-۴) مشاهده می‌گردد، منابع زیست‌توده سالانه حدود ۱۰٪ از مصرف انرژی نهایی جهان و ۱/۸٪ از تولید برق تجدیدپذیر دنیا را تأمین می‌نماید [۹ و ۱۰]. در پایان سال ۲۰۱۰ حدود ۶۲,۰۰۰ مگاوات نیروگاه تولید برق (با انواع فناوری‌ها) و ۲۲۵,۰۰۰ مگاوات حرارتی نیروگاه مدرن تولید حرارت با منبع زیست‌توده احداث شده است که حدود ۱۰,۰۰۰ مگاوات آن فقط در ایالات متحده بوده است (حدود ۵۸ درصد از بازار تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر در امریکا). همچنین بیش از ۵۰ میلیارد لیتر سوخت تجدیدپذیر از منابع زیست‌توده تولید و مصرف می‌گردد [۱۱].





شکل (۲-۴) سهم بیوانرژی در تولید برق تجدیدپذیر در جهان در پایان سال ۲۰۱۴

❑ منابع زیست‌توده

زیست‌توده‌ای که می‌تواند به منظور تولید انرژی به کار رود طیف گسترده‌ای از مواد را شامل می‌شود. همه این اشکال می‌توانند با هدف تولید انرژی استفاده شوند، اما همه انواع فناوری‌های تبدیل انرژی برای همه شکل‌های زیست‌توده مناسب نیستند.

منابع زیست‌توده به هشت دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

- چوب خام (مواد چوبی)
- گیاهان انرژی‌زا (منظور گیاهانی است که به منظور تولید انرژی کشت می‌شوند)

- زائدات کشاورزی
- ضایعات مواد غذایی
- ضایعات صنعتی و فرآورده‌های جانبی
- فضولات دامی
- فاضلاب‌های شهری و صنایع مواد غذایی
- پسماند جامد شهری

❑ معرفی فناوری‌های زیست‌توده

منابع زیست‌توده را می‌توان به روش‌های گوناگون به انرژی تبدیل نمود. در حال حاضر فناوری‌های موجود در زمینه تبدیل زیست‌توده به انرژی را می‌توان به سه گروه طبقه‌بندی نمود که هر گروه برای نوع خاصی از زیست‌توده مناسب است و محصولات انرژی مختص خود را دارد:

۱- تبدیل ترموشیمیایی : شامل استفاده از حرارت و فرایندهای شیمیایی برای تولید محصولات انرژی از زیست‌توده می‌باشد.

تبدیل ترموشیمیایی شامل فناوری‌های ذیل می‌گردد:

- ✓ احتراق مستقیم
- ✓ آتشکافت (پیرولیز)
- ✓ گازی‌ساز
- ✓ کربنیزاسیون

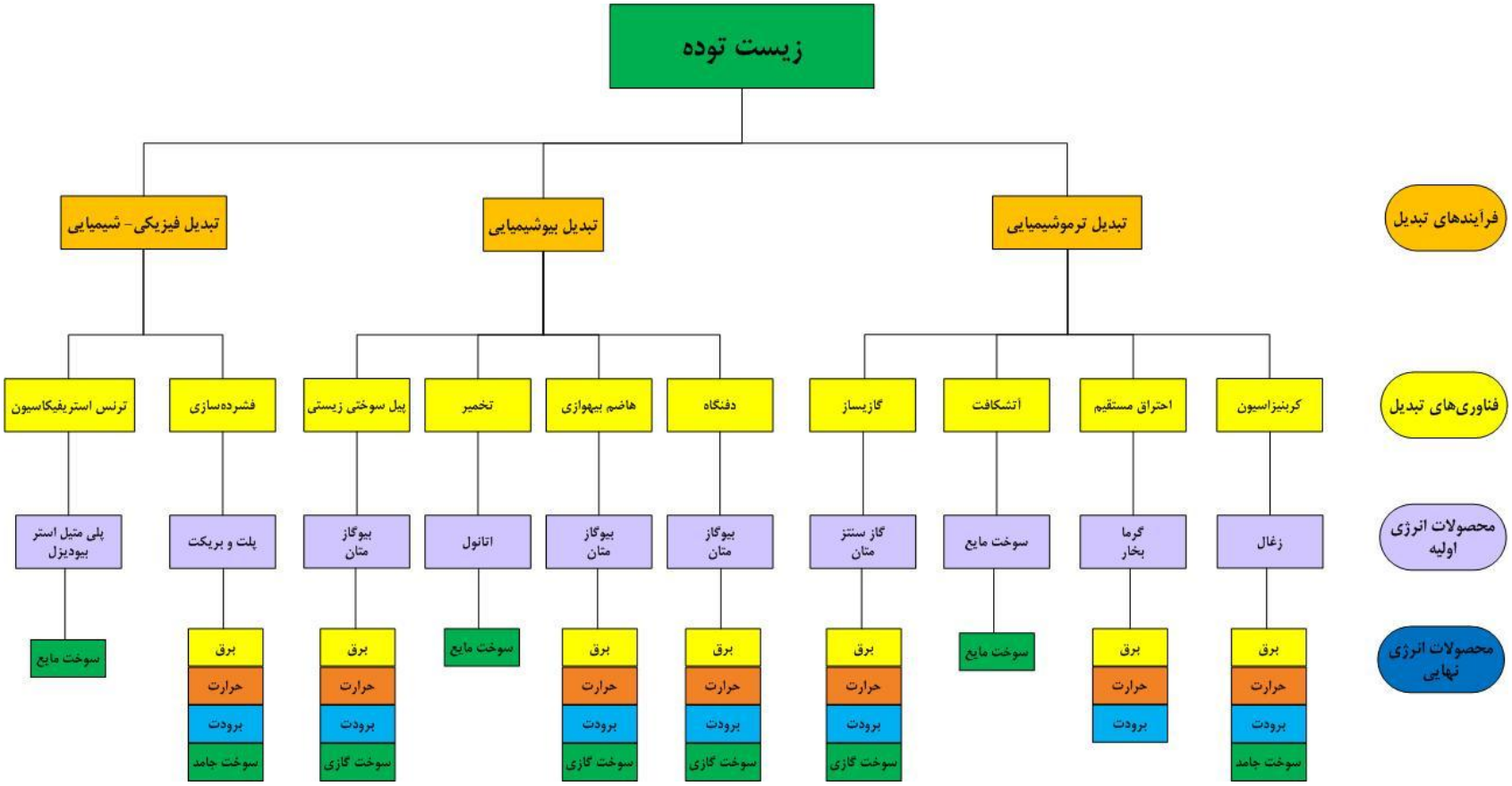
۲- تبدیل فیزیکی‌شیمیایی : شامل اعمال روش‌های مکانیکی روی زیست‌توده و استفاده از عوامل شیمیایی برای تبدیل زیست‌توده به سوخت‌های مایع و جامد می‌باشد. تبدیل فیزیکی- شیمیایی شامل موارد ذیل می‌شود:

- ✓ فشرده‌سازی
- ✓ ترنس استریفیکاسیون

۳- تبدیل بیوشیمیایی : شامل استفاده از آنزیم‌ها، باکتری‌ها یا سایر میکروارگانیسم‌ها برای تبدیل زیست‌توده به دیگر شکل‌های انرژی است و مشتمل بر فناوری‌های ذیل می‌باشد:

- ✓ هاضم بیهوازی
- ✓ دفنگاه
- ✓ تخمیر
- ✓ پیل سوختی زیستی

شکل (۱-۵) دسته‌بندی فناوری‌های تبدیل زیست‌توده را نمایش می‌دهد.

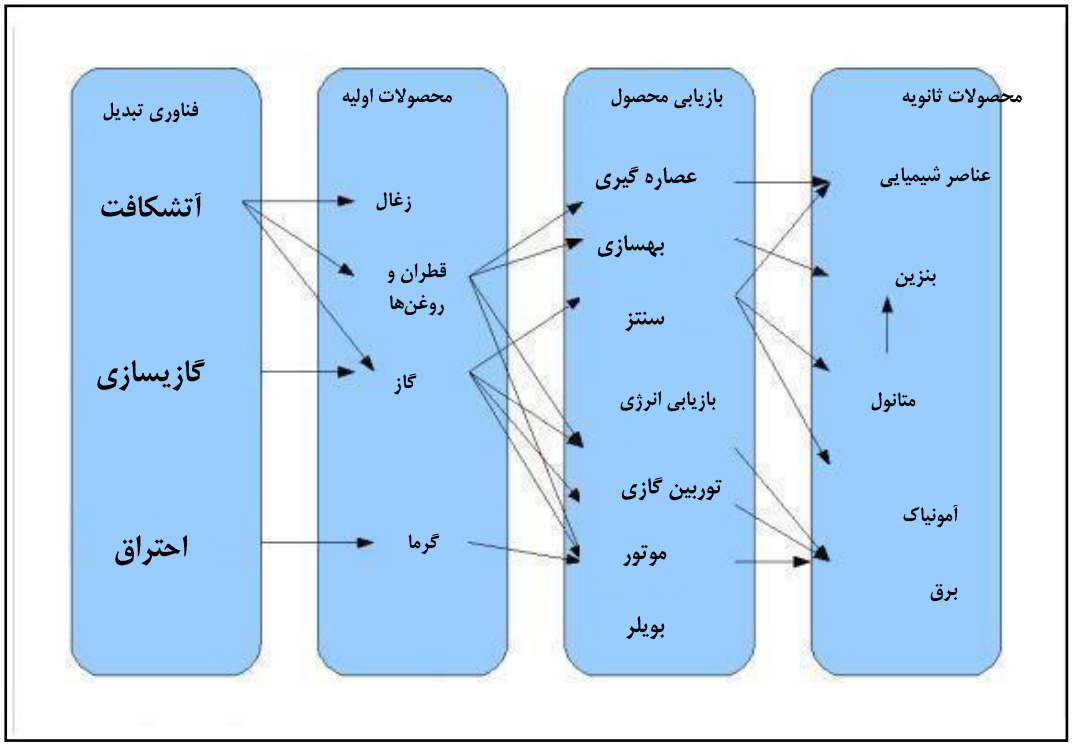


شکل (۲-۵) فرآیندها و فناوری‌های تبدیل زیست‌توده به محصولات انرژی

❑ فناوری‌های تبدیل ترموشیمیایی

این فناوری‌ها با گرما دادن به مواد زیستی در حضور یا عدم حضور عوامل کمکی، انرژی تولید می‌کنند. در این فرایندها گرما حاکم بر مکانیسم تبدیل زیست‌توده به شکل‌های شیمیایی دیگر می‌باشد. انرژی تولید شده می‌تواند به صورت انرژی گرمایی یا انرژی ثانویه باشد که از فرآورده‌های انرژی‌زا مانند سوخت‌های جامد، مایع و گاز به دست می‌آید و می‌توانند به انرژی جنبشی یا الکتریسیته تبدیل شوند. محصول دیگر این فناوری ترکیبات شیمیایی ویژه است که برای کاربری‌های متنوع همچون داروسازی، رنگ‌سازی، نساجی و غیره استفاده می‌شود. عوامل کمکی در این فناوری‌ها می‌تواند بخار، هوا، اکسیژن، هیدروژن و مواد جامد باشند. فناوری‌های تبدیل گرمایی به چند دسته تقسیم می‌شوند. تفاوت هر یک از این فناوری‌ها در شرایط عملیاتی (دما، فشار و نوع مواد ورودی به راکتور) و فرآورده‌های خروجی از آنها می‌باشد. نمای کلی فرآورده‌های تبدیل گرمایی در شکل (۱-۶) نشان داده شده است.

فرآیندها و محصولات تبدیل ترموشیمیایی



شکل (۲-۶) نمای کلی فرآورده‌های تبدیل ترموشیمیایی زیست‌توده

فناوری‌های تبدیل ترموشیمیایی به شرح ذیل می‌باشند:

- ❑ **احتراق مستقیم :** شامل کاربری خانگی و صنعتی
  - بویلر و بخاری زیست‌توده‌سوز
  - زباله‌سوز
  - همسوزی
- ❑ **کربنیزه‌کردن**
- ❑ **گازی‌ساز**
  - گازیسازی ساده در دمای معمولی
  - گازیسازی پلاسما در دمای بالا
- ❑ **آتشکافت (پیرولیز)**
  - آتشکافت آهسته
  - آتشکافت سریع
  - آتشکافت آنی (بسیار سریع)

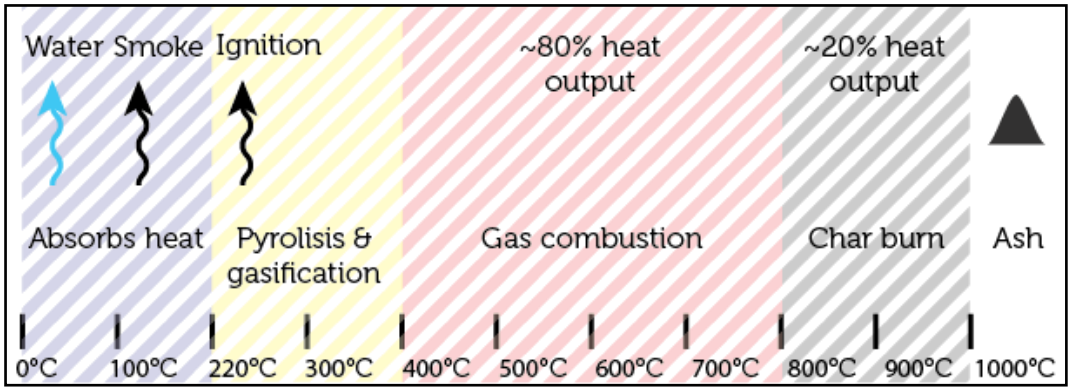
❑ احتراق مستقیم

در این فناوری، منابع زیست‌توده جامد نظیر زائدات جنگلی- کشاورزی، زائدات صنایع غذائی و زباله‌های شهری مستقیماً در بویلرهای خاصی در حضور اکسیژن کافی سوزانده شده و انرژی پیوندی موجود در ترکیبات آلی به صورت انرژی گرمایی آزاد می‌شود و فرآورده‌های نهایی فرآیند که شامل دی‌اکسیدکربن، آب، اکسیدهای نیتروژن و گوگرد به همراه برخی ناخالصی‌های دیگر همچون دوده، ترکیبات هالوژن‌دار و برخی ترکیبات آلی سوخته نشده یا جدید هستند، تشکیل می‌گردد. از این فناوری برای تولید برق، حرارت و یا تولید همزمان برق و حرارت استفاده می‌شود. در فرآیند احتراق برای هر ذره از زیست‌توده در مجموع پنج گام رخ می‌دهد (شکل ۱-۷)، که به ترتیب عبارتند از:

- خشک شدن[1]

[1] Drying

- آتشکافت
- گازیسازی[1]
- اکسیداسیون گازها[2] و
- اکسیداسیون زغال[3]



شکل (۲-۷) نمودار نمادین پیشرفت فرآیند احتراق یک ذره زیست‌توده

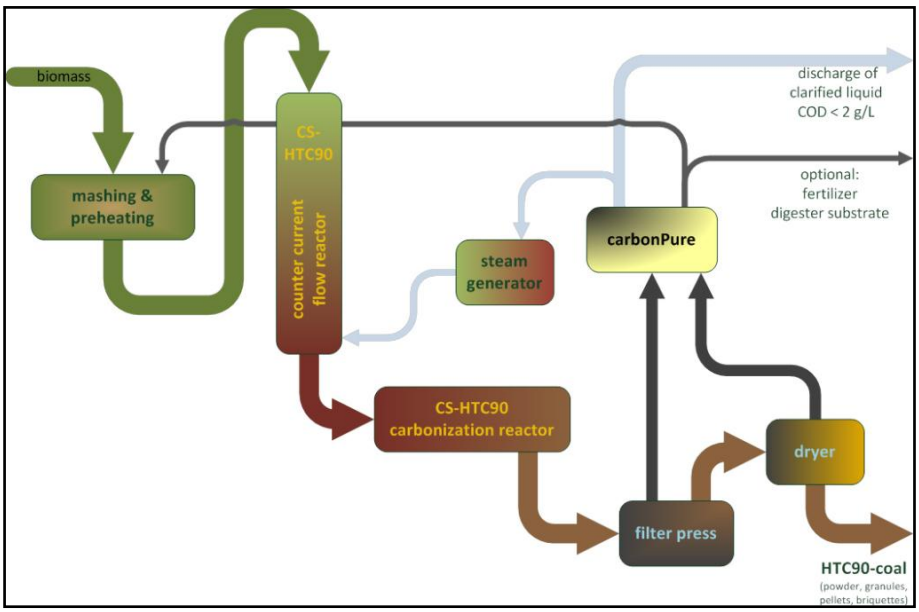
فناوری احتراق زیست‌توده رایج‌ترین روش تبدیل انرژی است و تجاری شده است. اما هنوز هم نگرانی‌های قابل توجهی جهت توسعه این فناوری وجود دارد. مشکل حمل و نقل زیست‌توده به علت تراکم پایین مانعی برای ساخت نیروگاه‌های بزرگ می‌باشد. چالش‌های دیگر در زمینه احتراق شامل میزان انرژی پایین، اندازه ذرات، چگالی، رطوبت، ترکیب سوخت، خاکستر شدن فلز قلیایی، انتشار آلاینده‌ها و رسوب کردن می‌باشد. یکی دیگر از نگرانی‌ها در این زمینه طراحی کوره و بهره‌برداری آن است زیرا برای هر سوخت، کوره باید به صورت اختصاصی طراحی شود. فناوری‌های احتراق در ظرفیت‌های ۲ kW تا ۵۰۰ MW وجود دارد [۱۲ و ۱۳]. کاربرد فناوری احتراق مستقیم در شامل موارد ذیل می‌شود:

- زباله‌سوز
- همسوزی[4] (که شامل استفاده از زیست‌توده در نیروگاه‌های زغال سنگی می‌باشد)
- بخاری و بویلرهای زیست‌توده سوز

[1] Gasification
[2] Gas Oxidation
[3] Char Oxidation
[4] Co-firing

❑ کربنیزه کردن

این روش جزو قدیمی‌ترین فناوری‌ها می‌باشد و محصول نهائی آن ذغال چوب، برق و حرارت می‌باشد. اخیراً نمونه‌های موفقی از آن در کانادا جهت تولید برق یا ذغال (قابل استفاده در صنایعی نظیر سیمان) راه‌اندازی شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. در شکل (۱-۸) فرآیندهای یک واحد کربنیزه کردن نشان داده شده است.



شکل (۲-۸) شماتیک فرآیند کربنیزه کردن

❑ گازی‌سازی

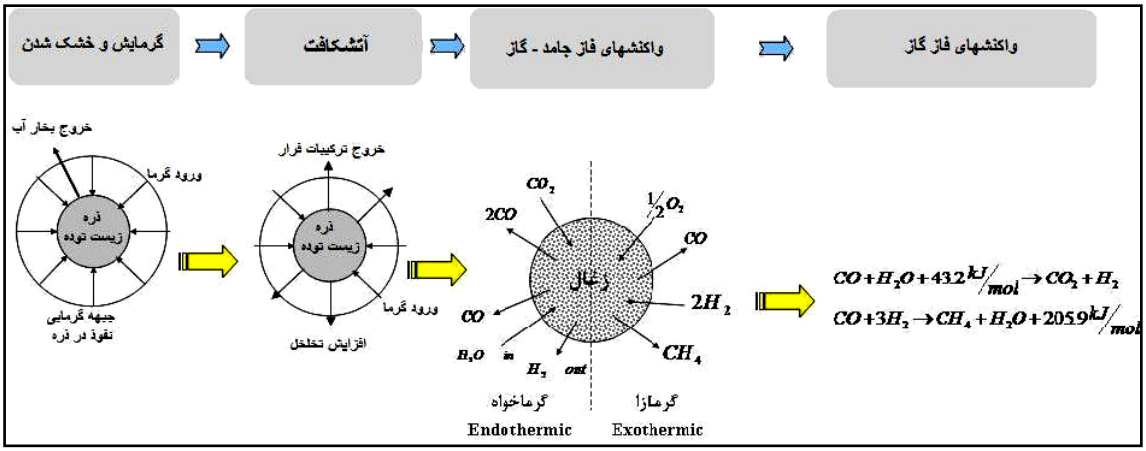
تبدیل ترموشیمیایی زیست‌توده به گاز، گازی‌سازی نامیده می‌شود. اساس این فرآیند تجزیه به کمک گرما می‌باشد و عمل گرمادهی تا تخریب و تجزیه حداکثر مواد خام ادامه می‌یابد. در فرآیند گازی‌سازی، زیست‌توده تحت شرایط کمبود اکسیژن گرما داده می‌شود و هم‌زمان سیالی به محیط واکنش (راکتور) وارد می‌شود که به آن عامل گازی‌ساز می‌گویند. عامل گازی‌ساز باعث سوختن بیشتر یا شناورسازی مواد اولیه ورودی می‌باشد. این عامل می‌تواند اکسیژن، هوا، بخار، هیدورژن یا متان باشد.

کلیه موادی که ساختمان کربنی یا لیگنوسلولزی یا آلی داشته و درصد رطوبت آن‌ها پایین باشد (کمتر از ۲۰٪) برای فرآیند گازی‌سازی مناسب هستند. مواد خام مناسب را می‌توان به چهار دسته کلی تقسیم نمود:

- زائدات چوبی و جنگلی و گیاهان انرژی‌زا
- زائدات کشاورزی
- زباله شهری
- لجن فاضلاب و صنایع غذایی

مبانی فرآیند گازی‌سازی

فرآیند گازی‌سازی برای کامل شدن به گرمایش و خشک شدن، آتشکافت، واکنش‌های فاز جامد-گاز و واکنش‌های فاز گاز نیاز دارد. نمودار پیشرفت گام‌های فرآیند گازی‌سازی در شکل (۱-۶) دیده می‌شود.



شکل (۲-۹) نمودار نمادین پیشرفت فرآیند گازی‌سازی یک ذره زیست‌توده

گام‌های گرمایش و خشک شدن و آتشکافت همانند احتراق مستقیم زیست‌توده هستند. پس از خشک شدن، دمای ذرات زیست‌توده به حدی می‌رسد که واکنش‌های آتشکافت آغاز می‌شوند. خشک شدن و آتشکافت هر دو فرآیندهای گرماخواه[1] هستند و به انرژی نیاز دارند. این انرژی از راه سوختن بخشی از زیست‌توده یا به کمک منبع تأمین حرارت خارجی فراهم می‌گردد. اگر گرمای مورد نیاز به کمک یک منبع بیرونی فراهم شود، نیازی به اکسیژن نیست، اما اگر در نظر است که گرمای موردنیاز از واکنش‌های درونی خود فرآیند فراهم گردد، مقدار اندکی هوا باید به محفظه (راکتور) گازی‌ساز[2] دمیده شود که مقدار این هوا نباید بیشتر از ۲۵٪ هوای مورد نیاز استوکیومتری باشد که به صورت فرضی برای سوختن کامل زیست‌توده لازم است.

[1] Endothermic
[2] Gasifier Reactor

این هوای محدود برای اکسایش بخش محدودی از زیست‌توده در گازی‌ساز لازم است تا گرمای آزادشده از واکنش اکسایش به کمک واکنش‌های گرماخواه آتشکافت و واکنش‌های فاز گاز- جامد و فاز گاز بیاید. در خلال فرآیند آتشکافت، مواد فرار موجود در زیست‌توده به تولید ترکیبات گازی و فرار (از جمله قطران) پرداخته و ارتباط مستقیم با بازده آتشکافت دارند. از سوی دیگر، کربن ثابت و خاکستر موجود در زیست‌توده نیز رابطه مستقیم با بهره ذغال در فرآیند دارند. گاز پدید آمده در اثر فرآیند آتشکافت حاوی هیدروژن، منوکسیدکربن، متان، انواع هیدروکربن‌ها (در مقادیر بسیار اندک) و گونه‌های مختلف روغن و قطران است. گازی که در خلال فرآیند آتشکافت پدید می‌آید می‌تواند با ذغال باقیمانده واکنش داده و بدین ترتیب در واکنش‌های فاز جامد- گاز شرکت نماید و یا این که ترکیبات موجود در گاز می‌توانند با خودشان واکنش نشان دهند و بدین ترتیب مجموعه واکنش‌های فاز گاز را پدید آورند.

واکنش‌های فاز جامد- گاز، کربن جامد در باقیمانده زیست‌توده درون گازی‌ساز را دگرگون کرده و به ترکیبات گازی شکل مانند منواکسیدکربن، هیدروژن، دی‌اکسیدکربن و متان مبدل می‌سازند که چکیده واکنش‌های جامد- گاز در زیر آورده شده است [۱۴ و ۱۵].

(۳-۱) واکنش کربن با اکسیژن (سوختن ناقص)

$$C + \frac{1}{2}O_2 \leftrightarrow CO - 111\frac{kJ}{mol}$$

(۳-۲) واکنش بودوارد

$$C + CO_2 + 164.9\frac{kJ}{mol} \rightleftarrows 2\,CO$$

(۳-۳) واکنش کربن با بخار آب

$$C + H_2O + 122.6\frac{kJ}{mol} \rightleftarrows CO + H_2$$

(۳-۴) واکنش شیفت آب و گاز

$$CO + H_2O + 42.3\frac{kJ}{mol} \rightleftarrows CO_2 + H_2$$

(۳-۵) واکنش هیدروژناسیون

$$C + 2H_2 + 118.5\frac{kJ}{mol} \rightleftarrows CH_4$$

(۳-۶) واکنش متان‌سازی $$CO + 3H_2 \rightleftarrows CH_4 + H_2O + 205.9\frac{kJ}{mol}$$

میزان و نسبت واکنش‌های یادشده، میزان تبدیل و دگرگونی کربن را در راکتور گازی‌ساز تعیین می‌کند. دمای درون گازی‌ساز به اندازه کافی بالا هست تا این واکنش‌ها با نرخ بالایی رخ دهند. آنگاه که گازهای پدیدآمده در مرحله آتشکافت با یکدیگر واکنش می‌دهند و هم‌زمان واکنش‌های فاز جامد- گاز روی می‌دهند، ترکیب نهایی فرآورده‌های موجود در گاز سنتز مشخص خواهد شد. واکنش‌های فاز گاز، شامل معادلات شیمیایی (۳-۴) و (۳-۶) می‌باشند. گاز سنتز که در فناوری گازی‌سازی تولید می‌شود حاوی چند ترکیب می‌باشد که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

- مونوکسیدکربن (CO)
- دی‌اکسیدکربن (CO_2)
- هیدروژن (H_2) و
- متان (CH_4)
- نیتروژن (N_2)

با آن که ارزش حرارتی گاز سنتز کمتر از گاز طبیعی است، اما قابلیت احتراق دارد. ترکیب نهایی گاز سنتز به عوامل ذیل بستگی دارد:

- مقدار اکسیژن ورودی به فرآیند
- مقدار بخار آب ورودی به فرآیند
- زمان ماند و
- دمای درون راکتور گازی‌ساز

❑ فناوری آتشکافت (پیرولیز)

آتشکافت فرآیندی است که در آن منابع زیست‌توده به وسیله گرما در غیاب اکسیژن تجزیه می‌شوند و محصولات نهائی پیرولیز به فرم جامد (ذغال)، مایع (روغن‌های اکسیژنه و قطران) و گاز (متان، مونواکسید کربن و دی اکسید کربن) بوجود می‌آید. به

این فرآیند، تقطیر تخریبی نیز می‌گویند. هر چند که آتشکافت پیش‌درآمد فرآیندهای دیگر از جمله احتراق و گازی‌سازی است اما در فناوری آتشکافت سریع برای تولید انرژی، تلاش بر آن است که حداکثر مقدار ممکن ترکیبات مایع از زیست‌توده استخراج شود حال آنکه در فناوری گازی‌سازی، تمایل به سوی استخراج حداکثر گاز از زیست‌توده است.

❑ فناوری‌های تبدیل فیزیکی- شیمیایی

طیف گسترده‌ای از فرایندهای شیمیایی را می‌توان برای تبدیل زیست‌توده به سوخت به کار برد. سوخت تولیدی قابلیت مصرف، حمل و ذخیره‌سازی آسان را دارا است.

❑ فشرده‌سازی

با فشرده‌سازی ضایعات چوبی و علفی، می‌توان سوخت جامد قابل احتراق تولید نمود که معمول‌ترین آنها پلت و بریکت هستند. پلت‌ها با فشرده‌سازی مواد چوبی که پس از عبور از آسیاب چکشی به صورت خمیر یکنواختی درمی‌آید تولید می‌شود [۱۶]. این توده خمیری به یک پرس وارد می‌شود که در آن با عبور از یک قالب سوراخ‌دار به اندازه‌های مورد نیاز (معمولاً قطر ۶ میلی‌متر، گاهی ۸ میلی‌متر یا بزرگتر) فشرده می‌شود. فشار بالای پرس باعث می‌شود درجه حرارت چوب تا حد زیادی افزایش یابد. این افزایش دما سبب می‌شود لیگنین به آرامی به یک چسب طبیعی تبدیل شده و پلت را به محض سرد شدن نگه دارد. پلت‌ها را می‌توان از مواد علفی و غیرچوبی نیز تهیه نمود که به آن پلت علفی گفته می‌شود. از آن جایی که مواد غیرچوبی لیگنین ندارند به منظور ایجاد دوام می‌توان به آن غلات خشک شده اضافه کرد. پلت‌ها در انواع و درجه‌های مختلف برای سوخت نیروگاه‌ها، منازل و کاربردهای بینابین دیگر تولید می‌شوند. پلت‌ها متراکم هستند و میزان رطوبت پایینی (زیر ۱۰٪) دارند، به همین دلیل راندمان احتراق بسیار بالایی دارند [۱۷].

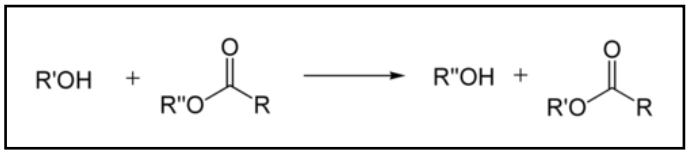
بریکت‌ها از فشرده‌سازی زیست‌توده که اغلب ترکیبات علفی هستند تولید می‌شوند و معمولاً برای تولید برق و حرارت و تأمین سوخت مورد نیاز برای پخت و پز استفاده می‌شوند. مواد تشکیل دهنده بریکت‌ها در هر محل بسته به زیست‌توده‌ای که در دسترس است تفاوت می‌کند [۱۸]. یکی از پارامترهای اثرگذار در فرآیند تولید بریکت‌ها روشی است که برای خشک کردن زیست‌توده به کار می‌رود. فشرده کردن فاکتور دیگری است که در تولید تأثیرگذار می‌باشد. برخی از مواد مانند غلاف ذرت اگر در فشار پایین فشرده شوند راندمان احتراق بهتری دارند. مواد دیگر از قبیل کاه و کلش گندم و یونجه برای تولید حرارت نیاز به فشار بالا دارند [۱۹ و ۲۰].

❑ ترانس‌استریفیکاسیون

استرها گروهی از ترکیبات آلی هستند که در ساختمان آن‌ها دو بنیان هیدروکربنی به وسیله عامل کربوکسیل به هم پیوسته‌اند. دسته‌ای از فرآیندهای شیمیایی که در آن‌ها یکی از بنیان‌های یک استر با یکی از بنیان‌های یک الکل جایگزین می‌شود، به نام ترانس‌استریفیکاسیون خوانده می‌شوند. از این دسته فرآیندها در پالایش و بهسازی روغن‌های خام به دست آمده از زیست‌توده و تولید بیودیزل استفاده می‌شود. این واکنش‌ها اغلب به کمک کاتالیزور انجام می‌پذیرند. سه روش عمده برای تولید الکیل‌استرها از چربی‌ها و روغن‌ها عبارتند از:

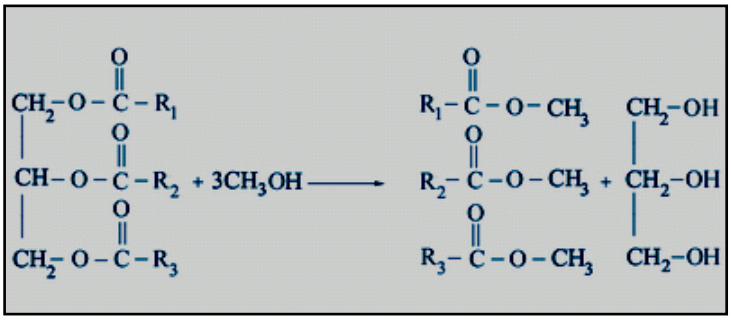
- واکنش کاتالیزوری قلیایی روغن با الکل
- واکنش کاتالیزوری اسیدی مستقیم روغن با متانول
- تبدیل روغن به اسیدهای چرب و آنگاه به الکیل‌استرها به کمک کاتالیزور اسیدی

بخش اعظم الکیل‌استرهایی که امروزه تولید می‌شوند از واکنش‌های کاتالیزور قلیایی بهره می‌برند، زیرا اقتصادی‌ترین روش است. شکل کلی این واکنش‌ها به صورت زیر است:



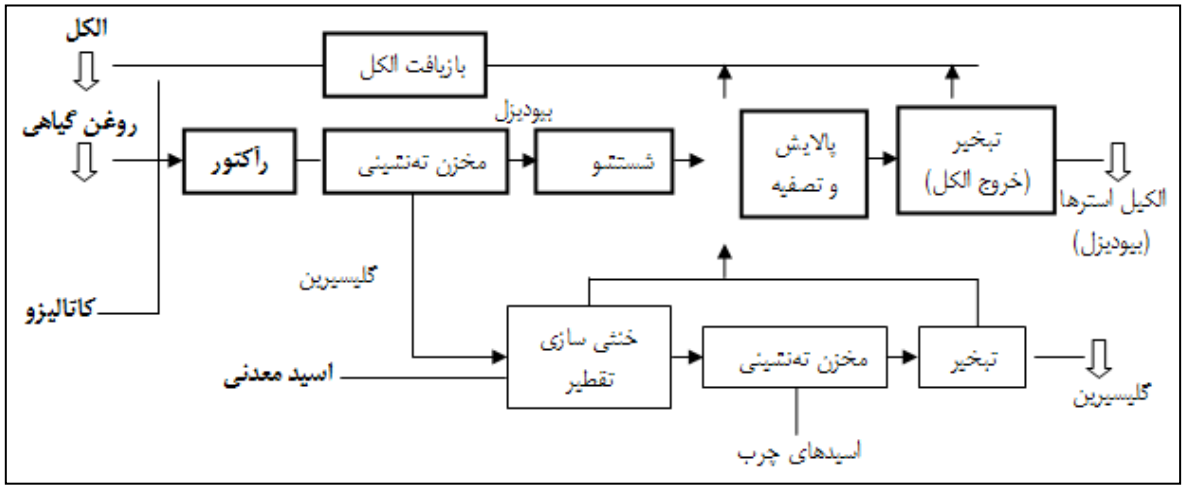
شکل (۲-۱۰) شکل کلی واکنش ترانس‌استریفیکاسیون

مثال روشن‌تری از این فرآیند، واکنش استریفیکاسیون تری‌گلیسرید به کمک متانول است که مطابق شکل (۱-۱۱) از آن گلیسیرین و بیودیزل به دست می‌آید:



شکل (۲-۱۱) واکنش ترانس‌استریفیکاسیون روغن برای تولید بیودیزل

کاتالیست متداول برای واکنش بالا، محلول قلیا با استفاده از هیدروکسید سدیم یا هیدروکسید پتاسیم است. به صورت مرسوم با مخلوط کردن ۱۰۰ کیلوگرم روغن خام با ۱۲ کیلوگرم الکل متیلیک در حضور ۱ کیلوگرم محلول کاتالیست قلیایی، ۹۵ کیلوگرم بیودیزل و ۱۱ کیلوگرم گلیسیرین به دست می‌آید. حالت کلی فرآیند مذکور در شکل (۱-۱۲) نشان داده شده است.



شکل (۲-۱۲) فرآیند تولید الکیل‌استر (بیودیزل) از روغن‌های گیاهی

❑ فناوری‌های تبدیل بیوشیمیایی

چون زیست‌توده یک ماده طبیعی است، فرایندهای بیوشیمیایی زیادی با بهره‌وری بالا در طبیعت برای شکستن مولکول‌های تشکیل‌دهنده زیست‌توده وجود دارد. بسیاری از این فرایندهای تبدیل بیوشیمیایی را می‌توان تحت کنترل درآورد. در این فرایندها از آنزیم و دیگر میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه زیست‌توده استفاده می‌شود. در اغلب موارد از میکروارگانیسم‌ها برای انجام فرایند تبدیل استفاده می‌شود. در این فناوری‌ها، تولیدکننده انرژی، فرآورده‌هایی هستند که به وسیله عمل سوخت و ساز موجودات زنده پدید آمده و به خاطر داشتن ارزش گرمایی بالا به عنوان سوخت به کار می‌روند. گاز متان و اتانول از مهم‌ترین این فرآورده‌ها می‌باشند. گاز متان به وسیله فرآیند هضم بیهوازی و اتانول به وسیله فرآیند تخمیر الکلی تولید می‌شود. مهم‌ترین فناوری‌های تبدیل بیوشیمیایی عبارتند از:

- هضم بیهوازی[1]
- تخمیر[2]
- پیل سوختی زیستی[3]

❑ هضم بیهوازی

فرآیند هضم بیهوازی تجزیه منابع زیست‌توده توسط باکتری‌ها در عدم حضور هوا بوده (میکروارگانیسم بیهوازی) و محصول این فرآیند گازی است قابل اشتعال که بیوگاز نام دارد. به بیوگاز، گاز مرداب نیز گفته می‌شود. این گاز حاوی دو جزء عمده متان (و اندکی سایر هیدروکربورها) و دی‌اکسیدکربن به همراه مقادیر جزئی ناخالصی نظیر سولفید هیدروژن (H_2S)، بخارآب، نیتروژن (N_2) و ... می‌باشد. محصولات دیگر این فرایند، باقیمانده جامد است که می‌تواند به عنوان کود استفاده شود. این مخلوط گازی دارای ارزش حرارتی متوسط (۱۵–۲۵ MJ/m^3) بوده (۴۰ تا ۷۰ درصد ارزش حرارتی گاز طبیعی) و در صورت تبدیل به برق با استفاده از موتورهای بیوگازسوز موجود می‌توان ۲/۲–۱/۵ کیلووات ساعت برق از هر متر مکعب آن به دست آورد (از هر متر مکعب گاز طبیعی ۳ کیلووات ساعت برق حاصل می‌شود). در واحدهای کوچک هاضم از گاز تولیدی برای گرمایش و پخت و پز استفاده می‌گردد. در واحدهای بزرگتر آن از گاز تولیدی برای سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت (CHP) استفاده می‌شود. دو فناوری تولید انرژی از زیست‌توده که در آنها فرایند هضم بیهوازی روی می‌دهد عبارتند از:

- هاضم بیهوازی
- دفنگاه

عمل هضم بیهوازی در محدوده دمایی نسبتاً وسیع ۶۰–۱۰ درجه سانتی‌گراد صورت می‌گیرد. مناسب‌ترین درجه حرارت برای تولید بیوگاز از نظر فنی و اقتصادی حدود ۳۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. به کمک فرآیند هضم بیهوازی می‌توان گاز مورد نیاز برای کاربردهای مختلف را تأمین نمود. قابلیت این روش در بازیافت زائدات بیولوژیکی به اثبات رسیده است. از این فرآیند در تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری و صنعتی، مراکز دفن زباله و مراکز تبدیل زائدات بیولوژکی و پسماندهای کشاورزی به کودهای آلی استفاده می‌شود. کاربرد فرآیند هضم بیهوازی برای تجزیه آلاینده‌های آلی سنگین (ترکیبات آلی کلرینه) و نیز تجزیه مواد مقاوم در برابر هضم هوازی رو به افزایش است.

---

[1] Anaerobic Digestion (AD)
[2] Fermentation
[3] Bio Fuel Cell

❑ تخمیر

تخمیر فرایندی است که در آن مواد با منشأ قندی توسط میکروارگانسیم‌ها مانند مخمر و باکتری به الکل، اسیدها، گازها و محلول‌های ارزشمند دیگر تبدیل می‌شود. فرآورده‌های مفید و متداول حاصل از تخمیر در حوزه سوخت‌های زیستی، اتانول و بوتانول هستند که هر دو می‌توانند به عنوان سوخت مایع حمل و نقل استفاده شوند. نمونه‌های معمول محصولات تخمیر نیز اتانول، اسیدلاکتیک، دی اکسید کربن و گاز هیدروژن هستند. برای استحصال بیواتانول خالص که قابلیت استفاده به عنوان سوخت وسایل نقلیه را داشته باشد، پس از فرایند تخمیر عمل تقطیر و آبگیری انجام می‌شود. در فرایند تخمیر می‌توان مواد اولیه گسترده‌ای شامل زائدات و ضایعات کشاورزی، جنگلی، معادن و صنایع را مورد استفاده قرار داد. تخمیر در غیاب اکسیژن اتفاق می‌افتد اما ضروری نیست که حتما در محیط بیهوازی انجام گیرد. برای مثال، در حضور اکسیژن فراوان، سلول‌های مخمر تا زمانی که قند برای مصرف وجود داشته باشند غالباً تخمیر با تنفس هوازی را ترجیح می‌دهند [۲۱].

واکنش شیمیایی زیر تخمیر الکلی گلوکز را نشان می‌دهد [۲۲] که در آن یک مولکول گلوکز به دو مولکول اتانول و دو مولکول دی اکسید کربن تبدیل می‌شود.

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 \qquad (۸-۳)$$

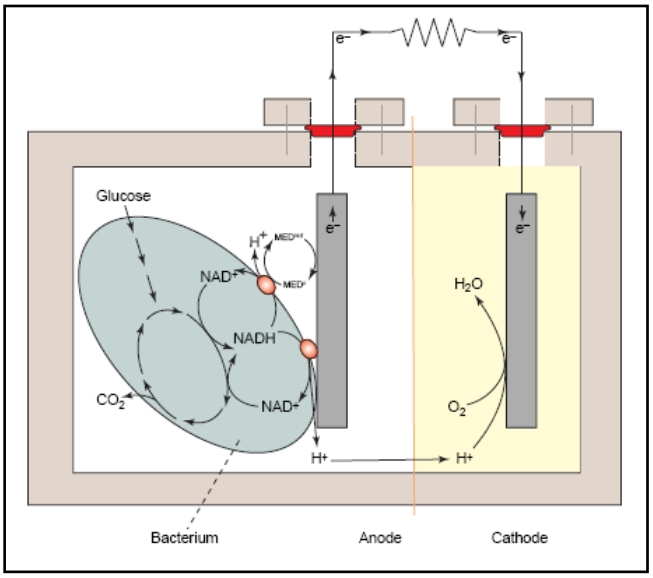
به طور معمول برای تولید بیواتانول توسط تخمیر از ترکیبات قندی و نشاسته‌ای مانند گیاهان قندی و غلات استفاده می‌شود که نسل اول سوخت است. در بیواتانول نسل دوم از زیست‌توده سلولزی استفاده می‌شود که با هیدرولیز اسیدی یا آنزیمی به قندهای قابل تخمیر تبدیل و سپس تخمیر می‌شود. در نسل سوم هم بیواتانول از جلبک تولید می‌شود.

❑ پیل سوختی زیستی

پیل‌های سوختی دستگاه‌هایی هستند که انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نمایند. پیل‌های سوختی زیستی زیرمجموعه‌ای از پیل‌های سوختی هستند که از کاتالیزورهای زیستی استفاده می‌نمایند و انواع آن نیز بر اساس نوع کاتالیزور زیستی مورد استفاده تعیین شده و به دو دسته میکروبی و آنزیمی تقسیم می‌گردد. پیل‌های سوختی میکروبی از میکروارگانیسم-ها به منظور کاتالیز نمودن فرایند اکسیداسیون سوخت استفاده نموده، در حالی که پیل‌های سوختی آنزیمی از آنزیم‌ها استفاده

می‌نماید. طول عمر بالای پیل‌های سوختی میکروبی (حداکثر ۵ سال) و قابلیت اکسید نمودن قندهای ساده به دی‌اکسیدکربن از فواید پیل‌های سوختی میکروبی بوده و چگالی پایین برق تولیدی (معمولاً برق تولیدی در واحد سطح الکترود به اندازه چند وات بر سانتی‌متر مربع می‌باشد) به دلیل سرعت پایین انتقال از غشاء از معایب این نوع پیل سوختی است. پیل‌های سوختی آنزیمی در مقایسه با پیل‌های سوختی میکروبی چگالی توان بالاتری داشته ولی طول عمر محدود به دلیل طبیعت شکننده آنزیم‌ها دارند (معمولاً ۷ تا ۱۰ روز). آنزیم‌ها یک مزیت دیگر را نیز ایجاد می‌نمایند و آن عدم نیاز به غشاء جدا کننده می‌باشد [۲۳]. امروزه پیل‌های سوختی زیستی بسیار مورد توجه هستند، زیرا پتانسیل تأمین بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز را دارا بوده و یک منبع انرژی پاک و تجدیدپذیر هستند. پیل سوختی زیستی انرژی موجود در مواد قابل تبدیل زیستی را به طور مستقیم به الکتریسیته تبدیل می‌کند.

در پیل سوختی میکروبی در گام نخست مواد آلی توسط باکتری‌ها تحت شرایط بیهوازی اکسید و الکترون‌ها از آن برداشت می‌شوند (اکسیداسیون) و در مرحله دوم این الکترون‌ها به یک پذیرنده طبیعی الکترون مانند اکسیژن یا نیترات انتقال می‌یابند (احیاء). این فرایند با انتقال باکتری‌ها از پذیرنده طبیعی الکترون به پذیرنده غیرقابل حل (مانند آند پیل سوختی میکروبی) انجام می‌شود (شکل ۱-۱۳). این انتقال می‌تواند به طور مستقیم از طریق اجزاء مرتبط با غشاء و یا از طریق شاتل الکترون محلول صورت پذیرد. سپس الکترون‌ها از طریق یک مقاومت به سمت کاتد جریان می‌یابند که در آنجا با پروتون و اکسیژن ترکیب شده (احیاء) و آب را تشکیل می‌دهند. با حرکت الکترون از آند به کاتد جریان و ولتاژی به وجود می‌آید که الکتریسیته تولید می‌کند. در مقایسه با هضم بیهوازی، پیل سوختی میکروبی جریان الکتریکی ایجاد می‌کند و گاز خروجی عمدتاً شامل دی اکسید کربن می‌باشد [۲۴].



شکل (۲-۱۳) اصول عملکرد یک پیل سوختی میکروبی

تقریباً هر ماده آلی زیست تخریب‌پذیری مانند پساب صنعتی، انسانی و حیوانی دارای مواد قندی، نشاسته‌ای و سلولزی می‌تواند در این سیستم مورد استفاده قرار بگیرد. در سیستم‌های پیل سوختی فتوبیولوژیک که از باکتری‌های فتوسنتزی، اسیدهای آمینه و پروتئین استفاده می‌کنند نور نیز یک منبع بالقوه مهم می‌باشد. توان قابل تولید در یک پیل سوختی میکروبی به هر دو فرایند زیستی و الکتروشیمیایی بستگی دارد.

۲-۱-۲-۲- طبقه‌بندی فناوری‌ها

❑ طبقه‌بندی فناوری‌ها از منظر ماهیت

از حیث ماهیت کاربردی، فناوری‌ها را می‌توان به پنج بعد مختلف تقسیم‌بندی نمود:

- **سابقه فناوری :** بر اساس سابقه حضور، فناوری‌ها به دو دسته فناوری‌های جدید و فناوری‌های موجود تقسیم می‌شوند. فناوری‌های جدید عبارتند از فناوری‌هایی که برای اولین بار در مرز بنگاهی، ملی یا بخشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال، نرم‌افزار جدیدی که در طراحی محصول به کار گرفته می‌شود و جایگزین روش دستی می‌شود. فناوری جدید لزوماً نوظهور نیست. بلکه می‌تواند سال‌ها پیش خلق شده و توسط دیگران مورد استفاده قرار

گرفته باشد. منظور از سابقه حضور، شکل‌گیری بازار فناوری است. فناوری‌هایی که بازار آنها شکل گرفته باشد را باید جزء فناوری‌های موجود قلمداد کرد.

- **پیچیدگی فناوری :** فناوری‌ها از منظر پیچیدگی دو دسته‌اند: فناوری‌های ساده و فناوری‌های پیشرفته. ویژگی فناوری‌های پیشرفته شامل:
  - ✓ **پیچیدگی زیاد :** معمولاً از ترکیب چند زمینه علمی پدید آمده‌اند و به همین دلیل پیچیدگی بالایی دارند
  - ✓ **علم محوری :** بر خلاف فناوری‌های ساده، سهم دانش علمی در این فناوری‌ها از سهم دانش فنی و تجربه بیشتر است.
  - ✓ **چرخه عمر کوتاه :** معمولاً فناوری‌های پیشرفته دارای طول عمر کوتاهتری نسبت به فناوری‌های ساده هستند. زیرا این فناوری‌ها در کسب موقعیت برتر رقابتی یا بهبود عملکرد سازمان‌ها نقش حیاتی ایفا می‌کنند و به همین دلیل تلاش وسیعی در جهت بهبود آنها از طریق ترکیب نتایج گذشته و یا گسترش مرزهای دانش صورت می‌پذیرد. این امر باعث پدید آمدن ایده‌های جدید، تبدیل ایده‌ها به نوآوری فناورانه و خلق فناوری جدید خواهد شد. بدین ترتیب با تحولات سریع فناوری، با سرعتی بیشتر از قبل، منسوخ شدن فناوری‌ها و جایگزینی آنها با فناوری‌های پیشرفته نوظهور مشاهده خواهد شد.
  - ✓ **سهم بالای فناوری در قیمت تمام شده کالا یا خدمات :** فناوری عامل تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها است. در یک برداشت ساده، قیمت تمام شده یک کالا از مجموع ارزش ورودی‌های مصرف شده و هزینه‌های صرف شده برای تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها تشکیل می‌شود. در مورد محصولات تولیدشده با فناوری‌های پیشرفته، نسبت ورودی‌ها به هزینه‌های تبدیل ناچیز است. به دلیل این که سهم و ارزش مواد به کار رفته بسیار کاهش یافته و قیمت محصول، ناشی از فناوری به کار رفته در آن می‌باشد.
  - ✓ **هزینه بالای تحقیق و توسعه :** فناوری‌های پیشرفته به دلیل بین‌رشته‌ای بودن، پیچیدگی سرمایه‌گذاری بیشتری را در مرحله ایده و نوآوری طلب می‌کنند. از طرفی، کوتاه بودن دوره عمر این فناوری‌ها فرصت کمی را برای بازگشت سرمایه فراهم می‌کند. به همین دلیل هزینه‌های تحقیق و توسعه به ازای هر واحد محصول تولید شده توسط این فناوری‌ها بیشتر از هزینه‌های مشابه در محصولاتی تولیدی توسط فناوری‌های ساده است.

- **تناسب فناوری :** فناوری مناسب به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که بیشترین سازگاری را با نیازهای شناسایی‌شده از یک سو و منابع موجود از سوی دیگر داشته باشند. بنابراین فناوری مناسب لزوماً فناوری پیشرفته یا نوظهور نیست. به عنوان مثال، استفاده کارا و موثر از یک فناوری پیشرفته وقتی امکانپذیر است که زیرساخت‌های لازم و مهارت‌های انسانی مورد نیاز از قبل وجود داشته باشد. یکی از معضلات کشورهای در حال توسعه این است که همواره می‌خواهند اختلاف سطح فناوری خود را با کشورهای پیشرفته از بین ببرند و این کار را از طریق انتقال فناوری‌های پیچیده و پیشرفته انجام می‌دهند. در بسیاری از موارد، شرایط لازم برای انجام انتقال در کشور گیرنده وجود ندارد. این در حالی است که فناوری‌های با درجه پیچیدگی کمتر ولی جدید می‌تواند به طور موثری آنها را در رسیدن به اهدافشان کمک نماید.

- **حوزه استفاده از فناوری (کاربرد) :** از لحاظ حوزه کاربرد، فناوری‌ها به دو دسته فناوری‌های محصول و فناوری‌های فرآیند تقسیم می‌شوند. فناوری‌های محصول عبارتند از فناوری‌هایی که در ترکیب کالا یا خدمت به کار گرفته می‌شود و فناوری‌های فرآیند فناوری‌هایی هستند که در فرآیند تولید یک محصول یا خدمت به کار برده می‌شوند.
- **موقعیت راهبردی فناوری :** بر حسب موقعیت راهبردی، فناوری‌ها را می‌توان به دو گروه فناوری‌های کلیدی یا راهبردی در مقابل فناوری‌های متعارف یا معمولی تقسیم کرد.

فناوری کلیدی یا راهبردی به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که در تحقق اهداف راهبردی نقش کلیدی ایفا نمایند. به عنوان مثال، چنانچه هدف راهبردی یک بنگاه افزایش نوآوری در محصولات یا خدمات باشد، فناوری هایی که در طراحی، مهندسی، ساخت و آزمایش نمونه استفاده می‌شوند می‌توانند نقش کلیدی ایفا نمایند. بدیهی است چنانچه هدف راهبردی سازمان تغییر کند، فناوری‌های کلیدی نیز متناسب با آن تغییر خواهند کرد. بنابراین فهرست فناوری‌های کلیدی ثابت نیست و ممکن است با گذشت زمان دچار تغییر شود.

فناوری‌های متعارف یا معمولی عبارتند از فناوری‌هایی که تسلط بر آنها ارزش زیادی ندارد. به عبارت دیگر، امکان بهره‌گیری از توان موجود در خارج از مرزهای بنگاهی، بخشی یا ملی برای انجام عملیات مرتبط با فناوری‌های مذکور وجود دارد و مناسب است تا این عملیات را به خارج واگذار نمود.

گونه‌هایی دیگر نیز از دسته‌بندی فناوری بر حسب موقعیت راهبردی نیز وجود دارد. در بعضی از منابع دیگر، فناوری‌ها از بعد راهبردی به سه دسته فناوری‌های حیاتی، فناوری‌های پایه و فناوری‌های خارجی تقسیم شده‌اند:

- ✓ دسته اول شامل فناوری‌هایی است که به عنوان اهرم رقابتی سازمان شناسایی شده‌اند. به عبارت دیگر، تسلط به این فناوری‌ها برای کسب موقعیت برتر رقابتی لازم و ضروری است.
- ✓ دسته دوم شامل فناوری‌هایی هستند که برای فعالیت در یک حوزه خاص ضروری است.
- ✓ دسته سوم فناوری‌ها، مترادفند با فناوری‌های متعارف یا معمولی که قبلاً تشریح شد.

فورد (۱۹۸۸) نیز فناوری‌های راهبردی را در قالب دو نوع فناوری‌های راهبردی (یا کلیدی) بالفعل و فناوری‌های راهبردی بالقوه تقسیم می‌کند. به عقیده وی فناوری‌ها به سه دسته به شرح ذیل تقسیم می‌شوند:

- ✓ فناوری‌های پایه : فناوری‌های ضروری که اثر رقابتی کمی دارند و توسط رقبا به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- ✓ فناوری‌های کلیدی : فناوری‌هایی که اثر راهبردی بالایی دارند و به خوبی در محصولات و فرآیندها تجسم یافته‌اند.
- ✓ فناوری‌های پیشگام : فناوری‌هایی که به صورت بالقوه، اثر راهبردی بالایی دارند و در حال تجربه به وسیله برخی از رقبا هستند.

با توجه به مطالب و تعاریف ذکرشده در مورد جایگاه فناوری از منظر ماهیت کاربردی آن، در جدول (۱-۷) فناوری‌های معرفی‌شده در حوزه انرژی زیست‌توده از منظر ماهیت هر فناوری مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که جدول (۱-۷) بر اساس بازار و روند جهانی تکمیل شده و تنها ستون تناسب با نیازها و امکانات بر مبنای وضعیت داخلی کشور تکمیل شده است.

جدول (۲-۷) طبقه‌بندی فناوری از نظر ماهیت

طبقه‌بندی فناوری از منظر ماهیت	سابقه		پیچیدگی		کاربرد		تناسب با نیازها و امکانات	
	جدید	موجود	ساده	پیچیده/ پیشرفته	فناوری محصول	فناوری فرآیند	مناسب	نامناسب

طبقه‌بندی فناوری از منظر ماهیت	سابقه		پیچیدگی		کاربرد		تناسب با نیازها و امکانات	
	جدید	موجود	ساده	پیچیده/ پیشرفته	فناوری محصول	فناوری فرآیند	مناسب	نامناسب
احتراق مستقیم (بویلر و بخاری زیست‌توده سوز)		*	*			*	*	
احتراق مستقیم (زباله‌سوز)	*			*		*	*	
احتراق مستقیم (همسوزی)	*		*			*		*
کربنیزه کردن	*		*			*		*
گازی‌سازی		*		*		*	*	
آتشکافت (پیرولیز)	*			*		*		*
فشرده‌سازی (پلت و بریکت)		*	*			*	*	
ترانس استریفیکاسیون		*	*			*	*	
هاضم بیهوازی		*	*			*	*	
دفنگاه زباله		*	*			*	*	
تخمیر		*	*			*	*	
پیل سوختی میکروبی	*			*		*		*

❑ طبقه‌بندی فناوری‌ها از منظر چرخه عمر

فناوری‌ها دارای ویژگی‌های عملکردی و نوع تعاملات با بازار متغیر در طول زمان هستند. این تغییر در طول زمان را باید در قالب طبقه‌بندی فناوری در طول چرخه عمر به نمایش گذاشت.

- تغییر ویژگی‌های عملکردی فناوری و رسیدن به بلوغ فنی در طول زمان بیان‌کننده چرخه عمر فناوری است.
- تغییر حجم ارائه فناوری در بازار بر حسب زمان نیز چرخه عمر محصول- بازار را نشان می‌دهد.

در ادامه ویژگی‌های فناوری از منظر این دو نوع چرخه عمر بیان می‌گردد.

❑ چرخه عمر محصول- بازار

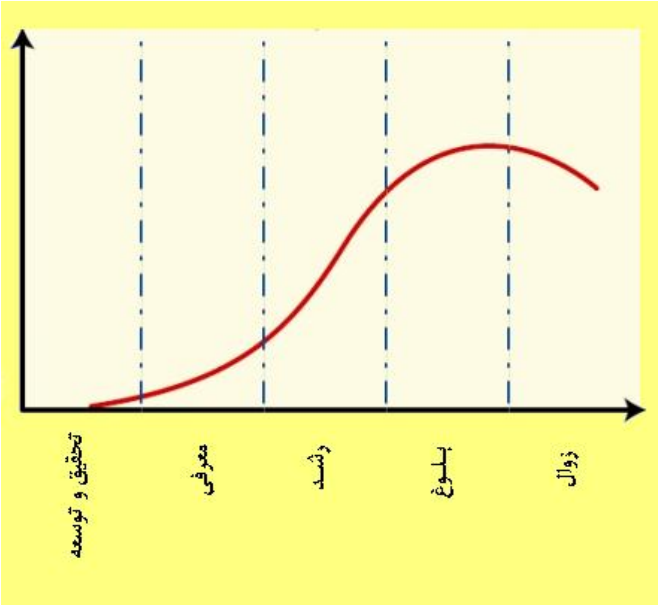
ورود یک فناوری جدید نیازمند تغییر در سایر اجزای اقتصادی و اجتماعی می‌باشد. به همین دلیل معمولاً ظهور یک فناوری جدید با ممانعت سیستم موجود روبرو شده و در شرایطی ممکن است با شکست مواجه شود. این موضوع جذابیت جایگزینی فناوری را پایین می‌آورد. اما از آنجا که توسعه فناوری عاملی محوری در ایجاد مزیت رقابتی است، اتکای تنها بر فناوری‌های

گذشته نیز از توان رقابت‌پذیری می‌کاهد. بنابراین برای کاهش ریسک شکست ناشی از مقاومت و نیز دستیابی به مزیت رقابتی، لازم است تا بهینه‌ترین شرایط برای ورود یک فناوری برآورده شود. چرخه عمر محصول- بازار به عنوان ابزار مفهومی برای تحلیل رفتار فروش کالا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

چرخه عمر محصول- بازار، منحنی فروش را برای بازه زمانی ورود تا خروج محصولات از بازار به نمایش می گذارد. این چرخه عمر می‌تواند هم در محیط داخل کشور و هم در محیط بین‌المللی به نمایش مرحله بازار- محصول بپردازد. بسیاری ازمحققین از چرخه عمر محصول- بازار به عنوان ابزاری برای شناسایی راهبردها و سیاست‌های ورود به بازار یا تولید یک کالا بهره گرفته‌اند. معمولاً مراحل چرخه عمر محصول- بازار بین ۴ تا ۶ مرحله تقسیم‌بندی می‌شود که مهمترین این مراحل (مورد توافق غالب نویسندگان)، عبارتند از:

- ✓ معرفی (جنینی)
- ✓ رشد
- ✓ بلوغ و
- ✓ زوال

یک محصول در ابتدا با یک نام تجاری خاص به بازار عرضه می‌شود. این مرحله، مرحله معرفی نام دارد. پس از شناخت اولیه در بازار، فروش محصول رشد سریعی را تجربه می‌کند. این مرحله تحت عنوان مرحله رشد شناخته می‌شود. پس از آن شدت رشد فروش کاسته شده تا فروش به اوج خود می‌رسد. این مرحله بلوغ نام دارد. با رسیدن به مرحله بلوغ، از میزان فروش محصول در بازار کاسته شده و محصول در مرحله زوال از چرخه عمر خود قرار می‌گیرد. شکل (۱-۱۴) وضعیت چرخه عمر محصول- بازار را نشان می‌دهد. طول هر یک از این مراحل از کالایی به کالای دیگر متفاوت است. بعضی از کالاها به طور مستقیم از مرحله معرفی به مرحله بلوغ خود می‌رسند و رشد قابل توجهی را در هر یک از مراحل چرخه عمر از خود نشان نمی-دهند. بعضی دیگر از کالاها ممکن است سریع مورد اقبال عموم قرار گرفته و فروش محصول رشد چشم‌گیری داشته باشد.



شکل (۲-۱۴) ارتباط چرخه عمر فناوری با چرخه عمر زیرفناوری

تغییراتی را که در طی چرخه عمر روی می‌دهد با استفاده از پارامترهای زیر قابل بررسی هستند:

- ✓ ساختار بازار (که نشان‌دهنده تعداد تولیدکنندگان محصول است)
- ✓ قیمت فروش محصول در بازار
- ✓ تغییرات حجم بازار
- ✓ راهبرد بازاریابی بنگاه‌ها
- ✓ سود فروش بنگاه‌ها
- ✓ نوع تحول فناورانه

در مورد پارامترهای ذکر شده می‌توان با بررسی چند شاخص وضعیت آنها را مورد ارزیابی قرار داد. به عنوان مثال، برای بررسی پارامتر حجم بازار می‌توان از شاخص میزان توان نصب‌شده برای هر فناوری استفاده کرد. علاوه بر آن برای این که بتوان بر اساس جدول (۱-۸) مراحل مختلف چرخه عمر محصول- بازار را تعیین نمود لازم است روند تغییرات ظرفیت نصب شده هر فناوری طی سالیان مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد.

برای بررسی پارامتر ساختار بازار می‌توان تعداد تولیدکنندگان اصلی در هر حوزه فناوری و زمان ورود آنها با به بازار را طی سالیان مختلف مورد ارزیابی قرار داد. همچنین می‌توان سهم هر سازنده از بازار محصول فناوری را بررسی نمود.

برای بررسی پارامتر قیمت فروش نیز می‌توان نحوه تغییرات قیمت محصول هر فناوری نسبت به زمان طی سالیان مختلف را بررسی نمود. یک روش دیگر آنست که روند تغییرات قیمت محصول نهایی هر فناوری (به عنوان مثال هزینه برق تولیدی) نسبت به توان نصب شده از آن فناوری (یعنی، $/kW) را طی سالیان مختلف مورد بررسی قرار داد.

نکته دیگری که باید به آن توجه داشت آن است که برای تعیین مرحله چرخه عمر محصول- بازار لازم نیست همه پارامترهای ذکر شده برای یک فناوری مورد بررسی قرار گیرد. در اغلب موارد با بررسی تعدادی از پارامترهای ذکرشده می‌توان جایگاه هر فناوری در چرخه عمر محصول- بازار را تعیین نمود.

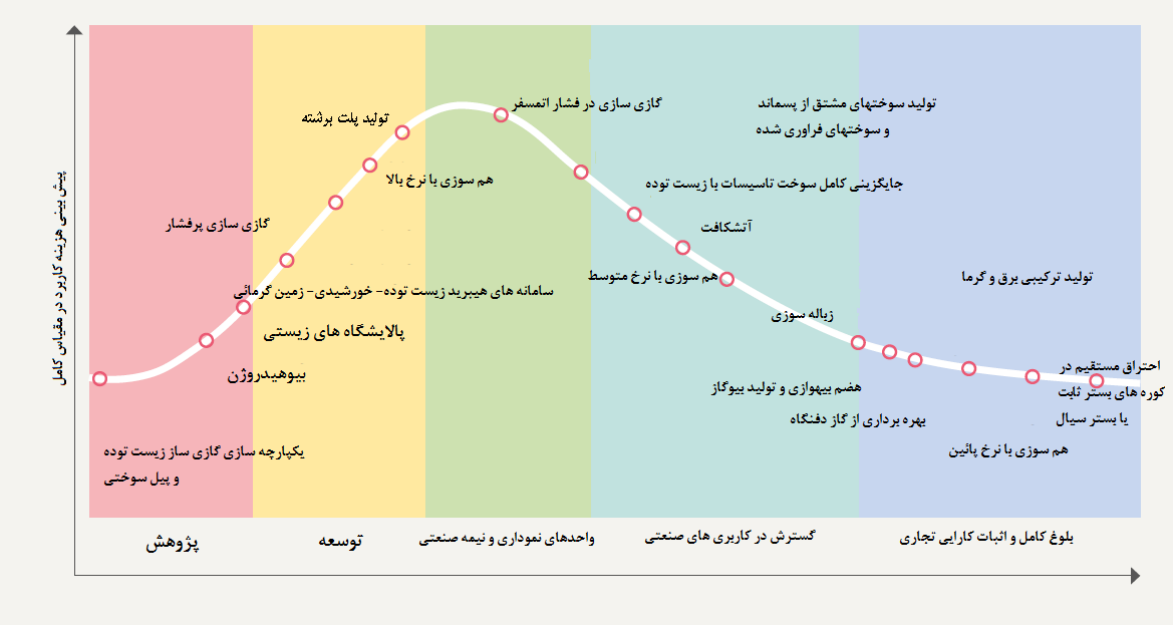
جدول (۱-۸) به نمایش تغییرات این معیارها در طول چهار مرحله اصلی چرخه عمر محصول- بازار پرداخته است. ویژگی این معیارها در مراحل مختلف چرخه عمر می‌تواند به عنوان چارچوبی برای شناسایی مرحله بازار هدف مرتبط با فناوری راهبردی استفاده شود. بر اساس این مراحل چرخه عمر محصول- بازار، نتایج زیر را می‌توان حاصل نمود:

- **نوع اکتساب فناوری :** در مراحل معرفی و رشد به دلیل انحصار چندجانبه در ساختار بازار، امکان همکاری فناوری یا خرید فناوری چندان میسر نمی‌باشد. بنابراین در فناوری‌هایی که بازار جهانی آنها نیز در مراحل معرفی یا رشد قرار دارد، اتخاذ سیاست‌ها و برنامه‌های مبتنی بر توسعه درونزا در اولویت بیشتری قرار می‌گیرد. اما در فناوری‌هایی که دارای بازاری بالغ می‌باشند، به دلیل تعدد در رقبا و پدیدآمدن بازار مناسب خرید و نیز شکست قیمت‌ها، توسعه بنیادین فناوری معقولانه نبوده و مناسب است تا از سیاست‌های مبتنی بر انتقال فناوری و یا توسعه فناوری با تکیه برتوانمندی نیروهای خارجی بهره گرفته شود.
- **نقش دولت :** به دلیل پایین بودن سود بنگاه در مراحل ابتدایی این چرخه، تمایل واحد خصوصی به مشارکت در فعالیت‌های توسعه‌ای این محصولات پایین می‌باشد. بنابراین نقش دولت در هدفگذاری و تعریف اقدامات تحقیقاتی- توسعه‌ای پررنگ‌تر خواهد بود. در طرف مقابل، در فناوری‌های دوره‌های بلوغ با توجه به حاشیه سود بالاتر و تمایل بنگاه‌ها به مشارکت در تولید و توسعه، نقش سیاستگذاری دولت و تلاش در جهت تسهیل و تنظیم‌گری فعالیت‌های انجام شده توسط کنش‌گران خصوصی و عمومی برجسته‌تر می‌باشد.

جدول (۲-۸) مقایسه مراحل مختلف چرخه عمر محصول- بازار

	معرفی	رشد	بلوغ	زوال
ساختار بازار	انحصار چند جانبه	در حال رشد	تثبیت تعداد رقبا	تعداد رقبا در این مرحله در حال کاهش است
راهبرد بنگاه‌ها	تثبیت بازار و تلاش برای ترغیب مصرف‌کنندگان به خرید محصول	نفوذ در بازار، تلاش در جهت تثبیت علامت تجاری بنگاه در بازار	تلاش در جهت حفظ سهم بازار خود	آمادگی جهت خروج از بازار
سود بنگاه‌ها	قابل چشم‌پوشی	در حال افزایش	به بالاترین مقدار خود می‌رسد	رشد، صفر یا منفی است
قیمت فروش	در این مرحله قیمت فروش به دلیل هزینه‌های اجرا و سربار تولید بالاست	در این مرحله قیمت فروش محصول ثابت است و در انتهای این دوره، شروع به کاهش می‌کند	قیمت به دلیل وجود تعداد زیاد رقیب و کاهش تقاضای محصول در حال کاهش است	قیمت به پایین‌ترین مقدار ممکن می‌رسد
فروش محصول	فروش محصول به دلیل عدم اقبال عمومی پایین است	فروش محصول از رشد قابل ملاحظه‌ای برخوردار است	از رشد فروش کاسته شده است	رشد فروش در حال کم‌شدن است و رشد منفی اتفاق می‌افتد
نوع تحول فناورانه	تحول در محصول نهایی	تحول در محصول نهایی	تحول در فرایند ساخت محصولی واحد	تحول در فرایند ساخت محصولی واحد

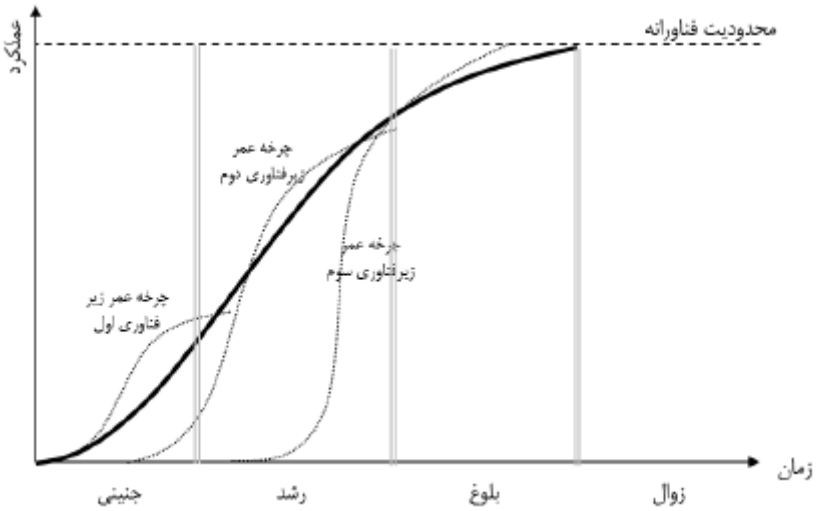
در شکل (۱-۱۵)، منحنی چرخه عمر محصول- بازار فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده ارائه شده است [۲۷].



شکل (۲-۱۵) چرخه عمر محصول- بازار فناوری‌های زیست‌توده

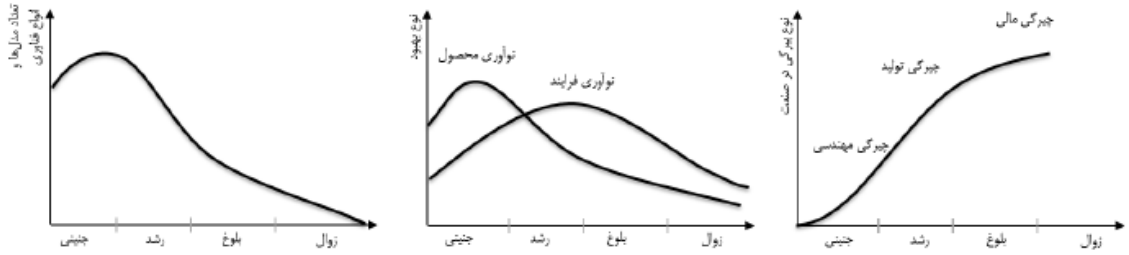
❑ چرخه عمر فناوری

چرخه عمر فناوری، مفهومی است که نحوه بهبود عملکرد یک فناوری را در طول زمان نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، محل قرارگیری یک فناوری در چرخه عمر، متأثر از منحنی‌های چرخه عمر فناوری‌های وابسته به آن می‌باشد. از آنجا که فناوری‌های پیچیده غالباً از فناوری‌های دیگری در سطوح پایینتر تشکیل شده‌اند، چرخه عمر آنها نیز مرکب از چرخه عمر اجزای تشکیل‌دهنده آن است [شکل (۱-۱۶)]. این منحنی دارای چهار مرحله جنینی، رشد، بلوغ و زوال است. معمولاً انتقال فناوری به کشورهای در حال توسعه در مرحله بلوغ آن صورت می‌گیرد. زمانی که یک فناوری به محدودیت طبیعی خودش برسد، جایی برای بهبود نداشته و به سمت زوال و جایگزینی با فناوری‌های دیگر حرکت می‌کند. بنابراین لازم است تا فناوری‌هایی برای توسعه انتخاب شوند که در مرحله زوال خود قرار نداشته باشند. برنامه ریزی برای توسعه قطعات موجود در مرحله زوال منجر به هدررفت سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته و از دست‌دادن رقابت‌پذیری می‌گردد.



شکل (۲-۱۶) ارتباط چرخه عمر فناوری با چرخه عمر زیرفناوری

با استفاده از سه معیار تنوع مدل های موجود فناوری، نوع بهبودهای صورت گرفته، و نوع چیرگی موجود در صنعت، می توان به صورت کیفی جایگاه هر فناوری را در چرخه عمر فناوری معین نمود. شکل (۱-۱۷) نشان‌دهنده ویژگی هر یک از این معیارها در مراحل چرخه عمر فناوری است.



شکل (۲-۱۷) وضعیت معیارهای سنجش جایگاه فناوری در چرخه عمر فناوری

تأثیر مشخصه‌های فناوری بر روش‌شناسی پیشنهادی

مؤلفه مشخصه‌های فناوری علاوه بر آگاهی‌بخشی تحلیلگر و سیاستگذار از ویژگی‌های فناوری مورد بررسی، دارای کارکرد مهم دیگری نیز می‌باشد و آن تأثیرگذاری بر نوع روش‌ها و ابزارهای لازم در طراحی مؤلفه‌های سند است. به عنوان مثال، این کـه

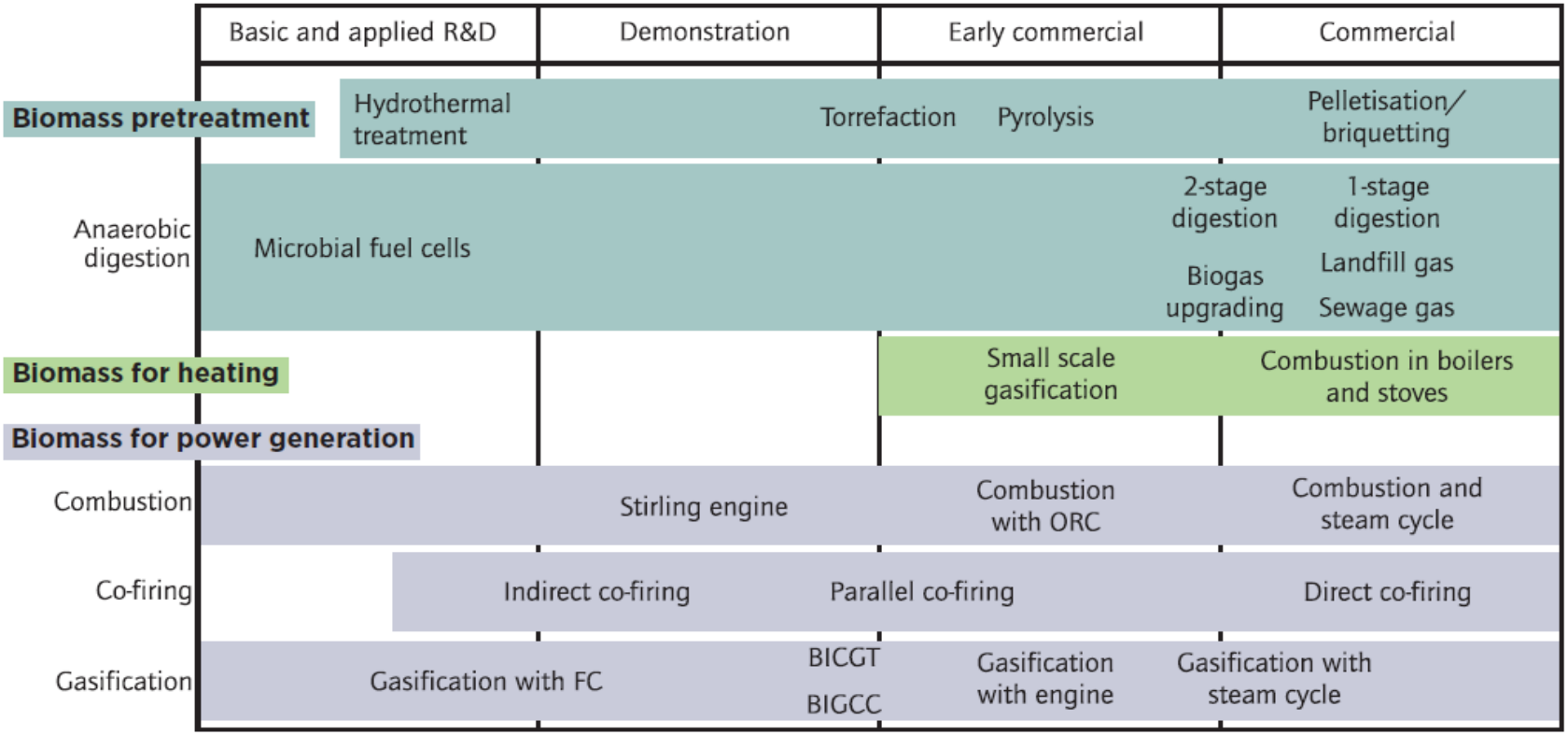
یک فناوری در مراحل ابتدایی چرخه عمر خود قرار داشته باشد یا در مراحل انتهایی آن، موضوعی است که نوع روش یا شاخص‌های مورد استفاده در روش آینده‌پژوهی (مؤلفه موجود در لایه دوم از روش‌شناسی) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تدوین روش‌شناسی متناسب با گونه‌های مختلف از فناوری یکی از مشخصه‌های اصلی مطالعه حاضر خواهد بود که منجر به جامعیت کار می‌گردد. در ادامه در قالب جدول (۱-۹)، خلاصه مهمترین مشخصه‌هایی از فناوری که بر روش‌شناسی پیشنهادی اثرگذار هستند ارائه شده و نقاط اثر آنها تشریح گردیده است.

جدول (۲-۹) اثرگذاری مشخصه‌های فناوری بر روش‌شناسی پیشنهادی

مشخصه فناوری	نقطه اثر بر روش‌شناسی	نحوه اثر بر روش‌شناسی
فناوری محصول / فرایند	شناسایی حوزه‌های فناورانه (از لایه هوشمندی فناوری)	ارائه یک ماتریس تصمیم‌گیری برای انتخاب روش شناسایی فناوری متناسب با محصول و فرایند بودن آن و نیز هدف شناسایی یا شناسایی- ارزیابی تحلیل‌گر
چرخه عمر فناوری	ضرورت توسعه و دلایل توجیه‌پذیری (از لایه مبانی سند)	انجام تحلیل هزینه- فایده در فناوری‌های بالغ که دارای اثرات بالفعل در جامعه هستند و انجام تحلیل هزینه- فرصت برای فناوری‌های نوظهور که دارای مزایای بالقوه در زمان حاضر هستند.
	آینده‌پژوهی (از لایه هوشمندی فناوری)	تأثیرگذاری بر نوع روش انتخابی برای آینده‌پژوهی. به عنوان مثال، برای فناوری‌های نوظهور که عدم قطعیت بالایی دارند روش‌هایی مانند سناریوپردازی یا پیش‌بینی معرفی می‌شود و در فناوری‌های بالغ که عدم قعیت کم است روش‌هایی مانند مطالعات تطبیقی، پس‌نگری و تحلیل‌های تاریخی.
	رویکرد توسعه (از لایه ارکان جهت‌ساز)	ارائه یک ماتریس تصمیم‌گیری برای تعیین رویکرد توسعه بر حسب این که در یک بعد، فناوری در مراحل معرفی و اوایل رشد قرار دارد یا اواخر رشد و بلوغ، و در بعد دیگر، فناوری ماهیتی عمومی دارد یا مشخص.
	اولویت‌بندی (از لایه ارکان جهت‌ساز)	معرفی دو دسته شاخص برای اندازه‌گیری جذابیت و قابلیت بر حسب نوظهور یا بالغ بودن فناوری در ماتریس تصمیم‌گیری اولویت‌بندی.
	سبک اکتساب (از لایه ارکان جهت‌ساز)	تأثیر غیرمستقیم- معرفی روش‌های مختلف اکتساب فناوری بر حسب نوع رویکرد توسعه اتخاذشده که خود در مرحله قبل متأثر از نوظهور یا بالغ بودن فناوری تعیین شده بود.
چرخه عمر محصول- بازار	هدفگذاری خرد، تدوین اقدامها و سیاست‌های اجرایی (از لایه برنامه اقدامات و سیاست‌ها)	اثرگذاری از طریق فاز توسعه فناوری مورد بررسی، به این صورت که اگر فاز توسعه در مراحل ابتدایی باشد (پیش‌توسعه و برخاست)، هدفگذاری خرد با تمرکز بیشتر بر رویکرد بالا به پایین انجام می‌شود، در صورتی که در فازهای توسعه انتهایی (جهش و پایداری) هدفگذاری با رویکرد پایین به بالا بیشتر مورد تأکید است. اقدامها و سیاست‌ها نیز به شکل غیرمستقیم متأثر از اهداف خرد می‌شوند.

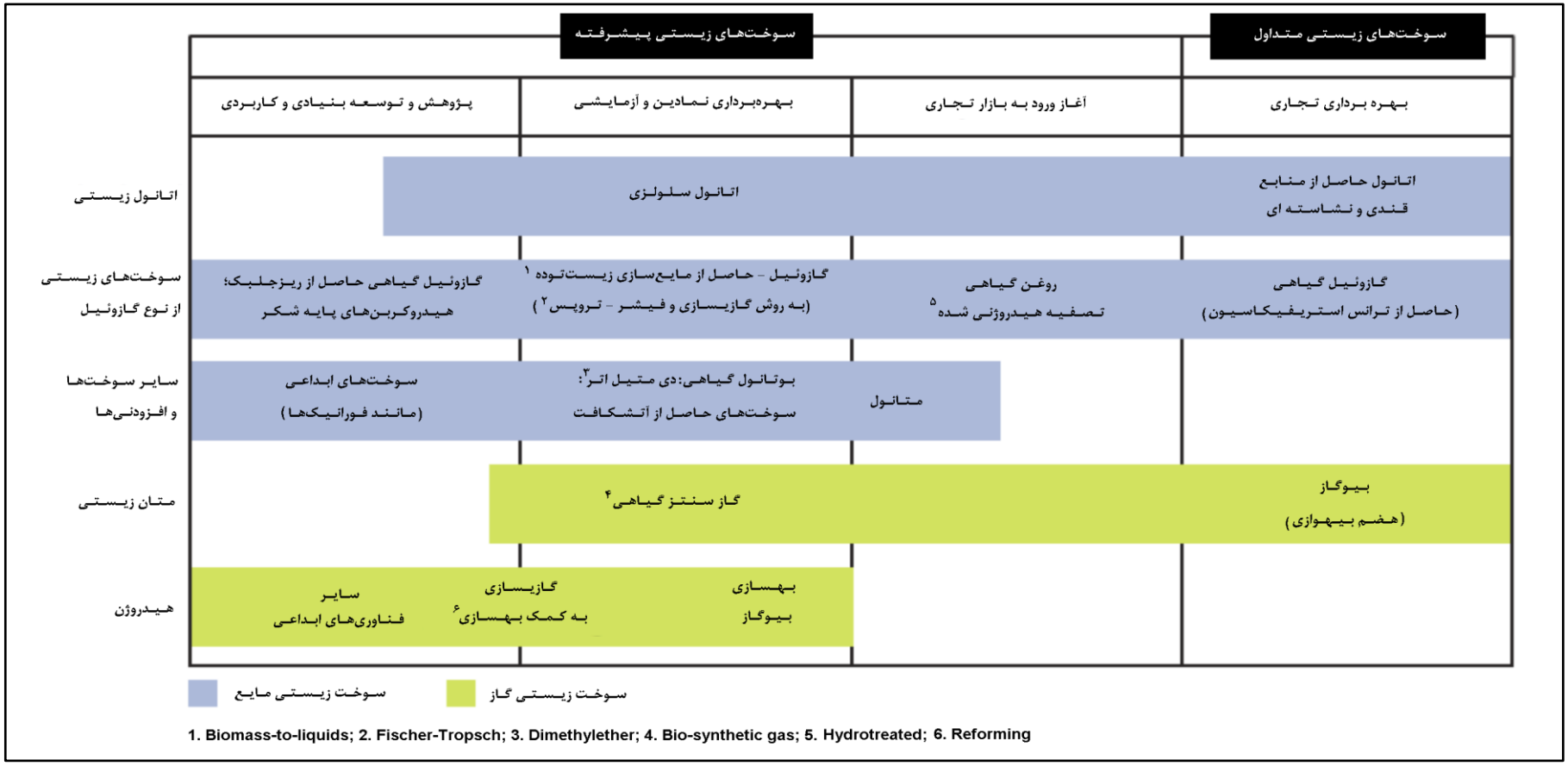
❑ چرخه عمر فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده

برخی از فناوری‌های تبدیل زیست‌توده به انرژی با تکیه بر تجارب موفق چندین ساله، وارد عرصه تجاری شده و در مقیاس‌های گوناگون در گستره جهان قابل عرضه هستند. احتراق مستقیم زیست‌توده یکی از مثال‌های این حالت است که از مقیاس بسیار کوچک در اجاق‌های خانگی تا مقیاس بزرگ نیروگاهی در بویلرهای چند ۱۰ مگاواتی به بهره‌برداری تجاری رسیده است. برخی دیگر از فناوری‌ها در واحدهای نمادین یا آزمایشی به بهره‌برداری موفقیت‌آمیز رسیده‌اند، اما هنوز تا تجاری شدن و توانایی تولید انبوه فاصله دارند. گروهی دیگر از فناوری‌ها نیز هنوز در مرحله پژوهش و آزمایش به سر می‌برند. نتایج تازه‌ترین بررسی‌های فنی دانشمندان و کارشناسان بر روی فناوری‌های تولید انرژی از زیست‌توده در شکل‌های (۱–۱۸) [۲۵] و (۱–۱۹) [۲۶] خلاصه شده است.



Note: ORC = Organic Rankine Cycle; FC = fuel cell; BICGT = biomass internal combustion gas turbine; BIGCC = biomass internal gasification combined cycle

شکل (۲–۱۸) مرور فناوری‌های تبدیل زیست‌توده و وضعیت کنونی توسعه آنها [۲۵]



شکل (۲-۱۹) نمودار پیشرفت وضعیت فناوری‌های تولید سوخت از زیست‌توده [۲۶]

در جدول (۱-۱۰)، وضعیت جایگاه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در چرخه عمر، بر اساس نتایج ارائه شده در شکل‌های (۱-۱۸) و (۱-۱۹) تعیین شده است. همانگونه که در جدول (۱-۱۰) ملاحظه می‌شود در تعدادی از ردیف‌ها در مقابل هر فناوری بیش از یک مورد علامتگذاری شده است که دلیل آن وجود چند مدل از آن فناوری است که هر یک در یک مرحله از چرخه عمر فناوری قرار دارد.

جدول (۲-۱۰) وضعیت توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده

فناوری	معرفی	رشد	بلوغ	زوال
احتراق مستقیم (بویلر و بخاری زیست‌توده سوز)			✓	
احتراق مستقیم (شامل زباله‌سوز)		✓ (موتور استرلینگ) (احتراق با سیکل آلی رانکین[1])	✓ (احتراق و سیکل بخار)	
احتراق مستقیم (همسوزی)	✓ (همسوزی غیرمستقیم)	✓ (همسوزی موازی)	✓ (همسوزی مستقیم)	
کربنیزه کردن			✓	
گازی‌سازی	✓ (گازیسازی با پیل سوختی)	✓ (سیکل ترکیبی گازیسازی داخلی زیست‌توده[2]) (توربین گاز احتراق داخلی زیست‌توده[3]) (گازیسازی با موتور)	✓ (گازیسازی با سیکل بخار)	
آتشکافت (پیرولیز)		✓		
فشرده‌سازی (پلت و بریکت)			✓	
ترانس استریفیکاسیون			✓	
هاضم بیهوازی		✓ (هضم دو مرحله‌ای)	✓ (هضم تک مرحله‌ای)	
دفنگاه زباله			✓	
تخمیر			✓	
پیل سوختی میکروبی	✓			

❑ طبقه‌بندی فناوری از منظر منشأ تغییرات

[1] Organic Rankine Cycle (ORC)
[2] Biomass Internal Gasification Combined Cycle (BIGCC)
[3] Biomass Internal Combustion Gas Turbine (BICGT)

منشاء تغییرات فناوری بیان‌کننده تفاوت الگوهای نوآوری در میان حوزه‌های مختلف است. توجه به تفاوت الگوهای نوآوری موضوع مهمی است که مدنظر قرار دادن آن می‌تواند در انتخاب مدل مناسب توسعه فناوری مؤثر باشد. بر این اساس، چهار منشاء تغییر فناوری تعریف می‌گردد که از آن تحت عنوان پارادایم فناورانه یاد می‌کنند. این چهار پارادایم عبارتند از:

- ✓ پارادایم تأمین‌کننده محور
- ✓ پارادایم مقیاس محور
- ✓ پارادایم دانش محور
- ✓ پارادایم تأمین تخصصی محور

پارادایم تأمین‌کننده محور که در آن عامل تحولات فناورانه، تأمین‌کنندگان و سازندگان مواد و قطعات ورودی بنگاه‌ها می‌باشند و تحقیقات داخلی بسیار ضعیف است. پارادایم مقیاس محور که در آن انباشت فناورانه از طریق طراحی، ساخت و بکارگیری سیستم‌های تولید در مقیاس کلان بدست می‌آید. پارادایم دانش محور که انباشت فناورانه عمدتاً از طریق R&D بنگاه‌ها حاصل می‌شود و تا حد زیادی به دانش، مهارت‌ها و روش‌هایی وابسته است که در تحقیقات دانشگاهی بدست می‌آید. در نهایت پارادایم تأمین تخصصی محور که در آن بنگاه‌ها اغلب کوچک بوده و برای سیستم‌های پیچیده تولید، پردازش اطلاعات و توسعه محصول، ورودی‌هایی در غالب ماشین‌آلات، قطعات، ابزارآلات و نرم‌افزار فراهم می‌کنند.

- **پارادایم تأمین‌کننده محور :** در این مسیر توانمندی در تحقیقات داخلی بسیار ضعیف بوده و منشأ نوآوری در خارج از بنگاه قرار دارد. در پارادایم تأمین‌کننده محور، عامل تحولات فناورانه، تأمین‌کنندگان، سازندگان مواد و قطعات ورودی بنگاه‌ها می‌باشند. تحول فناورانه نیز در قالب کاستن از هزینه‌ها به ظهور می‌رسد تا ایجاد یک محصول جدید. این مسیر فناورانه بیشتر به صنایع قدیمی مانند کشاورزی و نساجی مربوط می‌شود. در اینگونه صنایع، تمرکز عمدتاً بر بهبود و اصلاح در روش‌های تولید و ورودی‌ها می‌باشد و نوآوری در محصول دیده نمی‌شود.
- **پارادایم مقیاس محور :** در این پارادایم، انباشت فناورانه از طریق طراحی، ساخت و به کارگیری سیستم‌های تولید در مقیاس کلان به دست می‌آید. اتومبیل‌سازی و صنایع فرآوری فلزات، صنایع مرتبط با این مسیر می‌باشند. در اینگونه صنایع، اختراع به تنهایی نمی‌تواند به ایجاد انباشت فناورانه کمک نماید. بلکه پیاده‌کردن اختراع در فرآیندهای تولید و توان تولید با ظرفیت انبوه می‌تواند به کسب مزیت‌های اقتصادی ناشی از انباشت فناوری منجر شود. در این شرایط، منشاء ایجاد نوآوری،

تحقیق و توسعه انجام‌شده در توسعه نوآوری‌های محصول و فرآیند است. هدف از این انباشت فناورانه ایجاد مزیت رقابتی از طریق کاستن از هزینه‌ها است.

- **پارادایم تأمین تخصصی محور :** در این مسیر فناورانه، بنگاه‌ها اغلب کوچک بوده و برای سیستم‌های پیچیده تولید، پردازش اطلاعات و توسعه محصول، ورودی‌هایی در قالب ماشین‌آلات، قطعات، ابزارآلات و نرم‌افزار فراهم می‌کنند. انباشت فناورانه در این مسیر از طریق نوآوری برای محصولاتی که مورد استفاده در سایر بنگاه‌ها هستند حاصل می‌گردد. بنگاه‌های تأمین‌کننده تخصصی از منافع تجربه عملیاتی کاربران پیشرو در قالب اطلاعات، مهارت‌ها و شناسایی اصلاحات و بهبودهای ممکن بهره می‌برند. تمرکز اصلی در این پارادایم به جای قیمت بر سر قابلیت اطمینان و بهبود عملکردی محصولات است. شرکت‌های تولیدکننده ماشین‌آلات نمونه‌ای از بنگاه‌های فعال در این پارادایم فناورانه هستند.
- **پارادایم دانش محور :** در این پارادایم، محور انباشت فناورانه عمدتاً از طریق آزمایشگاه‌های R&D بنگاه‌ها به دست می‌آید و تا حد زیادی به دانش، مهارت‌ها و روش‌هایی که در تحقیقات دانشگاهی به دست می‌آید وابسته است. صنایع شیمیایی و الکترونیک از نمونه‌های بارز این مسیر می‌باشند. اکتشافات بنیادی (الکترومغناطیس، امواج رادیویی، اثرترانزیستوری، شیمی ترکیبی و بیولوژی مولکولی) موجب باز شدن بازارهای محصولات جدید در بازه وسیعی از کاربردهای بالقوه می‌شود. جهت‌گیری اصلی انباشت فناورانه در بنگاه‌ها، جستجو برای بازارهای محصولات جدید و مرتبط با تکنولوژی می‌باشد. در نتیجه، مأموریت اصلی راهبرد فناوری، پایش و بهره‌برداری از پیشرفت‌های به وجود آمده در تحقیقات برای توسعه محصولات مرتبط با تکنولوژی و کسب دارایی‌های تکمیلی برای بهره‌برداری از آنها و شکل‌دهی مجدد بخش‌های عملیاتی و واحدهای کسب و کار در راستای تحولات فناورانه و فرصت‌های بازار می‌باشد. انباشت فناورانه در این مسیر از طریق نوآوری در محصول و فرآیند و در جهت کاستن از هزینه و افزایش عملکرد صورت می‌پذیرد.

جدول (۲-۱۱) منشأ تغییرات فناوری

پارادایم	منشأ نوآوری	عامل تحولات فناورانه	محور انباشت فناورانه	نمونه صنعت مرتبط
تأمین‌کننده محور	▪ خارج از بنگاه	▪ تأمین‌کنندگان ▪ سازندگان مواد و قطعات ورودی بنگاه‌ها	▪ کاهش هزینه‌ها، به جای ایجاد محصول جدید ▪ بهبود و اصلاح روش‌های تولید، به جای نوآوری در محصول	▪ صنایع قدیمی مانند نساجی و کشاورزی
مقیاس محور	▪ تحقیق و توسعه انجام‌شده در توسعه نوآوری‌های	▪	▪ طراحی، ساخت و بکارگیری سیستم‌های تولید در مقیاس کلان	▪ خودروسازی و صنایع فرآوری فلزات

پارادایم	منشأ نوآوری	عامل تحولات فناورانه	محور انباشت فناورانه	نمونه صنعت مرتبط
	محصول و فرایند		▪ پیاده‌سازی اختراع در فرایندهای تولید و توان تولید با ظرفیت انبوه ▪ ایجاد مزیت رقابتی از طریق کاهش هزینه‌ها	
دانش محور	▪ دانش، مهارت‌ها و روش‌های منتج از تحقیقات دانشگاهی	▪ آزمایشگاه‌های R&D بنگاه‌ها	▪ پایش و بهره‌برداری از پیشرفت‌های حاصله در تحقیقات برای توسعه محصولات مرتبط با فناوری و کسب دارایی های تکمیلی برای بهره برداری از آنها ▪ شکل‌دهی مجدد بخش‌های عملیاتی و واحدهای کسب و کار در راستای تحولات فناورانه و فرصت‌های بازار ▪ جستجو برای بازارهای محصولات جدید و مرتبط با فناوری ▪ نوآوری در محصول و فرایند در راستای کاهش هزینه‌ها و افزایش عملکرد	▪ صنایع شیمیایی و الکترونیک
تأمین تخصصی محور	▪ تأمین ماشین‌آلات، قطعات، ابزارآلات و نرم‌افزار برای سیستم‌های پیچیده تولید، پردازش اطلاعات و توسعه محصول	▪ بنگاه‌های کوچک	▪ نوآوری در محصولات مورد استفاده بنگاه ▪ استفاده از تجربیات عملیاتی کاربران پیشرو در قالب اطلاعات، مهارت‌ها و شناسایی اصلاحات و بهبودهای ممکن ▪ افزایش قابلیت اطمینان و بهبود عملکردی محصولات تا قیمت آنها	▪ شرکت‌های تولیدکننده ماشین‌آلات

بررسی روند توسعه فناوری‌های زیست‌توده نشان می‌دهد که:

- علیرغم توسعه برخی از فناوری‌ها، هنوز انجام مطالعات تحقیق و توسعه برای توسعه انواع فناوری‌ها، بهبود عملکرد فناوری‌ها و مطالعات کاربرد منابع مختلف زیست‌توده در فناوری‌ها جزو عوامل اصلی برای توسعه یک فناوری محسوب می‌شود.
- کاهش هزینه‌ها و بهبود و افزایش عملکرد فناوری‌های تبدیل زیست‌توده از طریق نوآوری در محصولات قابل عرضه به بازار و فرآیندهای تبدیل مشهود می‌باشد.
- پایش و بهره‌گیری از پیشرفت‌های حاصل شده در بخش تحقیقات، برای توسعه تجهیزات مرتبط با فناوری‌های زیست‌توده ملاحظه می‌شود.
- پیدا کردن بازار و توسعه آن برای تجهیزات و سیستم‌های جدید و مرتبط با فناوری‌های زیست‌توده از طریق بنگاه‌های مختلف دنبال می‌شود.

بر اساس موارد ذکر شده در بالا می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که تقریباً منشأ تغییرات تمامی فناوری‌های مرتبط با زیست‌توده، منشأ دانش‌محور می‌باشد.

۲-۲- نتیجه‌گیری

در جدول (۱-۱۲) جمع‌بندی طبقه‌بندی فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده از منظر پارامترهای مختلف ارائه شده است. این پارامترها عبارتند از:

- ماهیت فناوری
- چرخه عمر فناوری
- منشأ تغییرات فناوری
- کاربرد (مرزبندی فنی)

بر اساس مطالب ذکر شده در بخش سطح تحلیل، سند حاضر یک سند ملی است که باید در حوزه وزارت نیرو تدوین شود. لذا، فناوری‌های تولید برق از منابع زیست‌توده (فناوری‌های برق زیستی) در اولویت بررسی قرار خواهند داشت. بر اساس جدول (۱-۱۲)، فناوری‌هایی که با هدف تولید برق از منابع زیست‌توده استفاده می‌شوند عبارتند از:

- احتراق مستقیم (زباله‌سوز و باهمسوزی)
- گازیساز
- هاضم بیهوازی
- دفنگاه
- پیل سوختی زیستی

جدول (۲-۱۲) جمع‌بندی فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده از جنبه‌های مختلف

فناوری	طبقه‌بندی از منظر ماهیت								طبقه‌بندی از منظر چرخه عمر			منشأ تغییرات	کاربرد		
	سابقه		پیچیدگی		کاربرد		تناسب با نیازها و امکانات		معرفی	رشد	بلوغ	دانش‌محور	برق	حرارت	سوخت
	جدید	موجود	ساده	پیشرفته	فناوری محصول	فناوری فرآیند	مناسب	نامناسب							
احتراق مستقیم (بویلر و بخاری)		✓	✓			✓	✓				✓	✓		☑	
احتراق مستقیم (زباله‌سوز)		✓		✓		✓	✓			✓ (موتور استرلینگ) (ORC)	✓ (احتراق و سیکل بخار)	✓	☑	✓	
احتراق مستقیم (همسوزی)		✓	✓			✓		✓		✓ (همسوزی موازی)	✓ (همسوزی مستقیم)	✓	☑	✓	

فناوری	طبقه‌بندی از منظر ماهیت									طبقه‌بندی از منظر چرخه عمر			منشأ تغییرات	کاربرد		
	سابقه		پیچیدگی		کاربرد		تناسب با نیازها و امکانات			معرفی	رشد	بلوغ	دانش‌محور	برق	حرارت	سوخت
	جدید	موجود	ساده	پیشرفته	فناوری محصول	فناوری فرآیند	مناسب	نامناسب								
کربنیزه کردن		✓	✓			✓		✓				✓	✓	✓	✓	☑
گازی‌سازی		✓		✓		✓	✓				✓ (BIGCC) (BICGT) (گازیسازی با موتور)	✓ (گازیسازی با سیکل بخار)	✓	☑	✓	✓
آتشکافت (پیرولیز)		✓		✓		✓		✓			✓		✓	✓	✓	☑
فشرده‌سازی (پلت و بریکت)		✓	✓			✓	✓					✓	✓			☑
ترنس استریفیکاسیون		✓	✓			✓	✓					✓	✓	✓	✓	☑

فناوری	طبقه‌بندی از منظر ماهیت								طبقه‌بندی از منظر چرخه عمر			منشأ تغییرات	کاربرد		
	سابقه		پیچیدگی		کاربرد		تناسب با نیازها و امکانات		معرفی	رشد	بلوغ	دانش‌محور	برق	حرارت	سوخت
	جدید	موجود	ساده	پیشرفته	فناوری فرآیند	فناوری محصول	مناسب	نامناسب							
هاضم بیهوازی		✓	✓		✓		✓			✓ (هضم دو مرحله‌ای)	✓ (هضم تک مرحله‌ای)	✓	☑	✓	✓
دفنگاه زباله		✓	✓		✓		✓				✓	✓	☑	✓	✓
تخمیر		✓	✓		✓		✓				✓	✓	✓	✓	☑
پیل سوختی زیستی	✓			✓	✓			✓	✓			✓	☑		

از میان فناوری‌های یادشده، با در نظر گرفتن شرایط کشور و تناسب فناوری‌ها با آن، فناوری باهمسوزی از شاخه احتراق مستقیم به دلیل عدم وجود نیروگاه زغال سنگ‌سوز در کشور، از اولویت مطالعات در ادامه پروژه خارج می‌شود. همچنین، فناوری پیل سوختی زیستی به دلیل این که جزء شاخه پیل‌های سوختی قرار می‌گیرد و برای پیل سوختی در حال حاضر در کشور سند راهبردی و نقشه راه وجود دارد از اولویت بررسی خارج می‌شود. بنابراین، در ادامه پروژه جاری، چهار فناوری ذیل در اولویت بررسی قرار خواهند گرفت:

- احتراق مستقیم (زباله‌سوز)
- گازیساز
- هاضم بیهوازی
- دفنگاه

۲-۳- مراجع فصل دوم

[۱] ترازنامه انرژی، ۱۳۹۱

[۲] درآمدی بر تدوین نقشه راه نیروگاه خورشیدی در ایران- فرقانی، علی و آخوندی، علیرضا- ۱۳۹۲

[۳] قانون مصوب شورای عالی اداری، ۱۳۸۳

[4] Fadai, D., Z.S. Esfandabadi, and A. Abbasi, *Analyzing the causes of non-development of renewable energy-related industries in Iran.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011. **15**(6): PP. 2690-2695

[۵] حسینی نسب، سید محمدرضا، و همکاران: مرور و مقایسه پاره‌ای از کاربردهای نقشه راه فن‌آوری، فصل‌نامه توسعه تکنولوژی صنعتی، ۱۳۸۹، شماره ۱۶

[6] Midttun, A. (2005). "*Policy making and the role of government realigning business, government and civil society, corporate governance*", PP. 159-174

[7] Rodrik, D. (2004). "*Industrial policy for the twenty-first century*", KSG Faculty Working Paper No. RWP04-047.

[۸] بهمن‌آبادی، حمیدرضا؛ روازدژ، فردانه؛ مطالعه نظام توسعه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران، هشتمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت استراتژیک. مهرماه ۱۳۹۰.

[9] Key Findings 2015, REN21

[10] Renewables 2015 : Global Status Report, REN21

[11] SUNA. (2014) c. bioenergy, by Provider. Accessed June 21, 2014: http://www.suna.org.ir/fa/aboutorganization/ationoffice/zisttoodehoffice/zisttoudehenergy.

[12] F Preto, 2010, Review of Biomass Conversion Technologies, Canmet ENERGY, Natural Resources Canada. BIOENERGY: Solutions for Community Sustainability, Prince George, 4.03.2010

[13] Higman C, van der Burgt M. Gasification. Oxord: Elsevier Science, 2003.

[14] H Jameel et al., "Thermochemical Conversion of Biomass to Power and Fuels" in "Biomass to Renewable Energy Processes" edited by Jay Cheng – CRC Press – 2009.

[15] Quaak, P. Knoef, H. & H.Stassen – Energy from Biomass : A review of combustion and gasification technologies- World Bank technical paper No.422 –1998.

[16] Fuller, Ron. "Pelleting Process". University of Illinois. Retrieved 8 December 2011.

[17] Biomass Sustainability and Carbon Policy Study: Report to the Commonwealth of Massachusetts Department of Energy Resources". In Walker, T. Natural Capital Initiative Report NCI-2010-03. Brunswick, Maine.: Manomet Center for Conservation Sciences. Retrieved 2014-03-14.

[18] Steelhammer, Rick. "A penchant for pellets". The Charleston Gazette. Retrieved 11 February 2012.

[19] Chohfi, Cortez, Luengo, Rocha, and Juan Miguel. "Technology to Produce High Energy Biomass Briquettes." Techtp.com. Web. 30 Nov. 2010

[20] Mani, Sokhansanj, and L.G. Tabil. "Evaluation of compaction equations applied to four biomass species." University of Saskatchewan College of Engineering. Web. 30 Nov. 2010.

[21] Dickinson, J. R. (1999). "Carbon metabolism". In J. R. Dickinson and M. Schweizer. The metabolism and molecular physiology of Saccharomyces cerevisiae. Philadelphia, PA: Taylor & Francis. ISBN 978-0-7484-0731-6.

[22] Life, the science of biology. Purves, William Kirkwood. Sadava, David. Orians, Gordon H. 7th Edition. Macmillan Publishers. 2004. ISBN 978-0-7167-9856-9. pp. 139–140.

[23] Enzyme-based biofuel cells, Shelley D Minteer, Bor Yann Liaw and Michael J Cooney, 2006.

[24] K, Rabaey and W, Verstraete. Microbial fuel cells: novel biotechnology for energy generation. Trends in Biotechnology Vol. 23 No. 6 June 2005.

[25] IEA-ETSAP and IRENA© Technology Brief E05, "Biomass for Haet and Power, Technology Brief", January 2015

[26] Ausillio Bauen, Goran Berndes et al., “ioenergy – A Sustainable and Reliable Energy Source, A review of status and prospects”, IEA Bioenergy 2009:06

[27] Electric Power Research Institute (EPRI)

فهرست

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- ترسیم درخت فناوری ۲

۱-۲-۱- سطح‌بندی ۳

۱-۲-۲- نامگذاری سطوح ۴

۱-۲-۳- نحوه ترسیم درخت فناوری ۴

۱-۳- شناسایی فناوری گازیساز و زیرفناوری و تجهیزات فرایندی آن ۱۰

۱-۳-۱- پیش‌پردازش ۱۲

۱-۳-۱-۱- کاهش اندازه ۱۲

۱-۳-۱-۲- خشک کردن ۱۳

۱-۳-۲- فرآیند گازی‌سازی ۱۳

۱-۳-۲-۱- فناوری‌های گازی‌سازی بستر ثابت ۱۳

فناوری گازی‌سازی بستر ثابت فراکشند ۱۴

فناوری گازی‌سازی بستر ثابت فروکشند ۱۸

فناوری گازی‌سازی بستر ثابت جریان متقاطع ۲۰

۱-۳-۲-۲- راکتورهای گازی‌سازی زیست‌توده به روش بستر سیال ۲۱

گازی‌سازی در راکتور بستر سیال جوشان ۲۲

گازی‌سازی در راکتور بستر سیال چرخشی ۲۳

گازی ساز بستر سیال دوقلو/دوبستره ۲۶

۱-۳-۲-۳- فرآیندهای گازی‌سازی جریان پیوسته آرام ۲۷

۱-۳-۲-۴- انواع دیگر گازیساز ۲۹

گازیسازی هیدروترمال ۳۰

گازیساز پلاسما ۳۱

۱-۳-۳- فرآورش ۳۲

۱-۳-۳-۱- حذف ذرات ۳۲

۱-۳-۳-۲- حذف مواد قلیایی ۳۳

۱-۳-۳-۳- حذف ترکیبات نیتروژنی ۳۳

۱-۳-۳-۴- حذف ترکیبات سولفور ۳۳

۱-۳-۳-۵- حذف قطران ۳۳

۱-۳-۴- تبدیل ۳۴

۱-۴- شناسایی فناوری هاضم بیهوازی و زیرفناوری و تجهیزات فرایندی آن ۳۵

۱-۴-۱- پیش‌پردازش ۳۷

۱-۴-۱-۱- تجهیزات تفکیک ۳۷

۱-۴-۱-۲- انواع سرند گردان یا لرزان ۳۷

۱-۴-۱-۳- انواع خردکن ۳۷

۱-۴-۱-۴- همزن (هموژنایزر) ۳۷

۱-۴-۱-۵- پیش‌تیمار شدت بخشی ۳۸

۱-۴-۱-۶- پیش‌تیمار حرارتی ۳۸

۱-۴-۱-۷- تجهیزات کنترل PH ۳۸
۱-۴-۱-۸- تجهیزات رقیق‌سازی ۳۸
۱-۴-۲- فرآیند هضم ۳۹
۱-۴-۲-۱- راکتور تغذیه ناپیوسته ۳۹
۱-۴-۲-۲- راکتور با اختلاط پیوسته (CSTR) ۴۰
۱-۴-۲-۳- راکتور مخزن اختلاط پیوسته با بازگشت مواد جامد (CSTR / SR) ۴۱
۱-۴-۲-۴- راکتور جریان قالبی ۴۲
۱-۴-۲-۵- راکتور با بستر لجن بی‌هوازی و جریان بالارو (UASB) ۴۳
۱-۴-۲-۶- راکتور قشر چسبیده ۴۳
۱-۴-۲-۷- هاضم دومرحله‌ای ۴۵
۱-۴-۳- فرآورش بیوگاز ۴۶
۱-۴-۳-۱- تجهیزات ذخیره‌سازی و فشرده‌سازی ۴۷
۱-۴-۳-۲- رطوبت‌گیری ۴۷
۱-۴-۳-۳- گوگرد زدایی ۴۷
۱-۴-۳-۴- حذف سیلوکسان ۴۸
۱-۴-۴- تبدیل ۴۸
۱-۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۴۸
۲- فصل دوم : آینده‌پژوهی فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده ۴۹
۲-۱- مقدمه ۵۰

۲-۲- روندیابی فناوری گازیساز ۵۱

۲-۲-۱- تاریخچه فناوری گازیساز ۵۱

۲-۲-۲- دید کلی از فناوری گازیسازی زیست‌توده ۵۳

۲-۲-۳- منابع زیست‌توده برای فناوری گازیسازی ۵۵

۲-۲-۴- انواع گازیساز زیست‌توده ۵۶

۲-۲-۴-۱- مقایسه مشخصات انواع گازی‌ساز ۵۷

۲-۲-۴-۲- مزایا و معایب انواع گازیساز ۵۸

۲-۲-۴-۳- مقایسه خوراک اولیه مورد نیاز راکتورهای گازیسازی ۵۹

۲-۲-۴-۴- مقایسه راکتورهای گازیسازی از لحاظ میزان ظرفیت ۶۰

۲-۲-۵- وضعیت فناوری گازیسازی ۶۳

۲-۲-۶- قابلیت اطمینان فناوری منابع ۶۷

۲-۲-۷- استانداردسازی سوخت‌های بازیابی شده و سوخت‌های زیست‌توده ۶۹

۲-۲-۸- حذف قطران ۷۱

۲-۲-۹- کاربردها ۷۱

۲-۲-۱۰- احتراق در بویلر یا کاربرد حرارتی ۷۲

۲-۲-۱۱- پروژه‌های IGCC ۷۵

۲-۲-۱۱-۱- نیروگاه Varnamo ۷۶

۲-۲-۱۱- نیروگاه ARBRE ۷۷
۲-۲-۱۲- باهم‌سوزی با زغال ۷۸
۲-۲-۱۲-۱- نیروگاه Lahti ۷۹
۲-۲-۱۲-۲- نیروگاه BioCoComb در Zeltweg ۸۰
۲-۲-۱۲-۳- پروژه AMER ۸۱
۲-۲-۱۳- باهم‌سوزی با گاز طبیعی ۸۲
۲-۲-۱۴- احتراق غیرمستقیم توربین‌های گاز ۸۲
۲-۲-۱۵- کاربرد در موتورها ۸۳
۲-۲-۱۶- متانول، هیدروژن و فیشر-تروپش ۸۴
۲-۲-۱۷- هزینه ایجاد زیرساخت تولید و هزینه تمام‌شده حامل انرژی ۸۴
۲-۲-۱۸- راندمان فناوری ۸۸
۲-۲-۱۹- بازار فناوری ۸۹
۲-۲-۲۰- بازار جهانی پویا ۹۰
۲-۲-۲۰-۱- تغییرات صنعت ۹۰
۲-۲-۲۰-۲- توزیع بر اساس منطقه ۹۱
۲-۲-۲۰-۳- توزیع بر اساس مواد اولیه ۹۲
۲-۲-۲۰-۴- توزیع بر اساس محصول ۹۳
۲-۲-۲۰-۵- توزیع بر اساس فناوری (شرکت) ۹۴

۲-۲-۲۱- تولید جهانی گاز سنتز بر اساس آمار سال ۲۰۱۰ ..... ۹۵

۲-۲-۲۱-۱- ظرفیت گاز سنتز بر اساس ماده اولیه ۹۵

۲-۲-۲۱-۲- ظرفیت گاز سنتز بر اساس محصولات ۹۶

۲-۲-۲۱-۳- ظرفیت گاز سنتز بر اساس فناوری ۹۷

۲-۲-۲۱-۴- ظرفیت گاز سنتز بر اساس منطقه ۹۸

آسیا/استرالیا ۹۹

آفریقا/خاورمیانه ۱۰۰

اروپا ۱۰۰

آمریکای شمالی ۱۰۰

آمریکا مرکزی/جنوبی ۱۰۱

۲-۲-۲۲- نوع تغییرات فناوری و جایگاه فناوری در چرخه عمر ۱۰۱

۲-۲-۲۲-۱- بررسی پژوهش‌های پیشین ۱۰۱

۲-۲-۲۲-۲- نوآوری‌های فناوری ۱۰۶

۲-۲-۲۲-۳- جایگاه فناوری در چرخه عمر ۱۰۸

۲-۲-۲۳- چشم‌انداز استقرار فناوری گازیسازی ۱۰۹

۲-۳- کلیات و روندیابی فناوری هاضم بیهوازی ۱۱۲

۲-۳-۱- تاریخچه ۱۱۲

۲-۳-۲- فرآیند هضم بیهوازی ۱۱۴

۲-۳-۳- وضعیت موجود ضایعات جامدات شهری ۱۱۶

۲-۳-۳-۱- ایالات متحده آمریکا ۱۱۶

۲-۳-۳-۲- اروپا ۱۱۸

۲-۳-۴- دسته‌بندی سیستم‌های هاضم ۱۲۰

۲-۳-۴-۱- سیستم‌های تر ۱۲۰

۲-۳-۴-۲- سیستم‌های خشک ۱۲۱

۲-۳-۵- راندمان فناوری و روند تغییرات ۱۲۲

۲-۳-۶- بازار فناوری ۱۲۶

۲-۳-۶-۱- وضعیت کلی ظرفیت نصب شده فناوری هاضم ۱۲۷

۲-۳-۶-۲- اروپا ۱۲۸

۲-۳-۶-۳- کانادا ۱۳۳

۲-۳-۶-۴- استرالیا ۱۳۴

۲-۳-۶-۵- ژاپن ۱۳۴

۲-۳-۶-۶- دیگر کشورها ۱۳۴

۲-۳-۷- روند توسعه فناوری هاضم ۱۳۵

۲-۳-۷-۱- فرآیند میان دوست و گرمادوست ۱۳۸

۲-۳-۷-۲- هضم مخلوط و اختصاصی ۱۳۸

۲-۳-۷-۳- هاضم تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای ۱۳۸

۲-۳-۷-۴- میزان رطوبت (هضم خشک و تر) ۱۳۹

۲-۳-۷-۵- خوراک اولیه هاضم ۱۳۹

۲-۳-۸- بررسی اقتصادی فرآیند هضم بیهوازی ۱۳۹

۲-۳-۹- چرخه عمر فناوری ۱۴۰

۲-۳-۱۰- هزینه تمام شده برق تولیدی از فناوری هضم بیهوازی ۱۴۳

۲-۳-۱۰-۱- هزینه‌های سرمایه‌گذاری ۱۴۴

۲-۳-۱۰-۲- هزینه تعمیر و نگهداری ۱۴۷

۲-۳-۱۰-۳-LCOE فناوری هاضم ۱۴۸

۲-۳-۱۱- نوآوری فناوری ۱۴۹

۲-۳-۱۲- بررسی پژوهش‌های پیشین ۱۵۰

۲-۳-۱۲-۱- سیستم تک و دو مرحله‌ای ۱۵۱

۲-۳-۱۲-۲- واکنش مزوفیلیک- ترموفیلیک ۱۵۲

۲-۳-۱۲-۳- خوراک اولیه هاضم ۱۵۳

۲-۳-۱۳- محصولات هاضم ۱۵۳

۲-۳-۱۴- نوع کاربرد بیوگاز تولیدی هاضم ۱۵۴

۲-۳-۱۵- چشم‌انداز استقرار فناوری هاضم بی‌هوازی ۱۵۵

مراجع ۱۵۸

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ درخت فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده ۷

شکل ۱-۲ سلسله مراتب مدیریت پسماند ۸

شکل ۱-۳ هرم مدیریت پسماند ۸

شکل ۱-۴ درخت فناوری‌های منتخب ۹

شکل ۱-۵ درخت فناوری گازیساز ۱۱

شکل ۱-۶ ساختار درونی راکتور گازیساز جریان متقابل (فراکشند) ۱۵

شکل ۱-۷ نمونه‌ای از یک راکتور گازیساز کوچک بستر ثابت فراکشند با محفظه احتراق ۱۷

شکل ۱-۸ نمونه‌ای از راکتور بزرگ گازیساز بستر ثابت فراکشند ۱۷

شکل ۱-۹ ساختار درونی راکتور گازیساز جریان هم‌جهت (فروکشند) ۱۹

شکل ۱-۱۰ نمایی از راکتور گازیساز بستر ثابت فروکشند ۲۰

شکل ۱-۱۱ ساختار ساده شده راکتور گازیساز جریان متقاطع ۲۱

شکل ۱-۱۲ چیدمان فرآیند و نمایه راکتور گازیساز بستر سیال جوشان ۲۳

شکل ۱-۱۳ ساختار نمادین راکتور بستر سیال چرخشی ۲۴

شکل ۱-۱۴ نمای سه بعدی از راکتور بستر سیال چرخشی ۲۵

شکل ۱-۱۵ طرحواره‌ای از بستر سیال دو بستره/دو قلو ۲۷

شکل ۱-۱۶ ساختار فرآیند گازی‌سازی جریان هم‌زمان در یک راکتور بزرگ مقیاس ۲۹

شکل ۱-۱۷ نمودار فاز آب ۳۰

شکل ۱-۱۸ درخت فناوری هاضم بیهوازی ۳۶

شکل ۱-۱۹ راکتور تغذیه ناپیوسته ۴۰

شکل ۱-۲۰ راکتور تغذیه پیوسته با اختلاط مداوم ۴۱

شکل ۱-۲۱ راکتور اختلاط پیوسته با بازگشت مواد جامد ۴۱

شکل ۱-۲۲ راکتور جریان قالبی ۴۲

شکل ۱-۲۳ راکتور جریان قالبی راه‌بندی‌شده ۴۳

شکل ۱-۲۴ راکتور مواد جامد بالارونده ۴۳

شکل ۱-۲۵ راکتورهای قشر چسبیده ۴۵

شکل ۱-۲۶ هاضم دو مرحله‌ای ۴۶

شکل ۲-۱ درصد کاربرد انواع مواد اولیه در واحدهای گازیسازی ۵۵

شکل ۲-۲ ظرفیت انواع راکتورهای گازیسازی ۶۱

شکل ۲-۳ مقیاس بهره‌برداری انواع گازیساز ۶۱

شکل ۲-۴ مقیاس فناوری و خروجی ۶۲

شکل ۲-۵ راندمان کاربردهای مختلف گازیسازی ۶۲

شکل ۲-۶ توسعه فناوری و برنامه‌ریزی استراتژیک برای تولید برق ۶۵

شکل ۲-۷ وضعیت قابلیت اطمینان منابع و پتانسیل بازار ۶۷

شکل ۲-۸ وضعیت کاربردهای مختلف براساس پتانسیل بازار و قابلیت اطمینان فناوری ۷۱

شکل ۲-۹ نمودار جریان فرایند واحد Greve در Chianti ۷۴

شکل ۲-۱۰ نمایی از فناوری گازیسازی Battelle ۷۵

شکل ۲-۱۱ دیاگرام جریان فرایند در نیروگاه وارنامو ۷۶

شکل ۲-۱۲ نمودار جریان فرایند نیروگاه ARBRE ۷۸

شکل ۲-۱۳ نمایی از نیروگاه باهم‌سوزی Lahti ۸۰

شکل ۲-۱۴ نمایی از نیروگاه BiocoComb در Zeltweg ۸۱

شکل ۲-۱۵ نمودار جریان فرایند واحد گازیسازی AMER ۸۲

شکل ۲-۱۶ مقایسه محدوده LCOE برای فناوری‌های تولید برق تجدیدپذیر (۲۰۱۲ و ۲۰۲۰). ۸۵

شکل ۲-۱۷ محدوده هزینه سرمایه‌گذاری برای فناوری‌های تولید برق تجدیدپذیر (۲۰۱۲ و ۲۰۲۰). ۸۶

شکل ۲-۱۸ هزینه سرمایه‌گذاری برای فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده برای کشورهای OECD. ۸۷

شکل ۲-۱۹ راندمان نیروگاه زیست‌توده ۸۸

شکل ۲-۲۰ ظرفیت گازیسازی در سراسر جهان و رشد برنامه‌ریزی شده- تجمعی ۸۹

شکل ۲-۲۱ ظرفیت جهانی گازیسازی (MW_{th}) و رشد برنامه‌ریزی شده (بر اساس منطقه) ۹۲

شکل ۲-۲۲ ظرفیت جهانی گازیسازی و رشد برنامه‌ریزی شده (بر اساس مواد اولیه) ۹۳

شکل ۲-۲۳ ظرفیت جهانی گازیسازی و رشد برنامه‌ریزی شده (بر اساس محصول) ۹۴

شکل ۲-۲۴ ظرفیت جهانی گازیسازی و رشد برنامه‌ریزی شده (بر اساس فناوری) ۹۵

شکل ۲-۲۵ ظرفیت جهانی بهره‌برداری گازیسازی (بر اساس ماده اولیه) ۹۶

شکل ۲-۲۶ ظرفیت جهانی بهره‌برداری گازیسازی (بر اساس محصول) ۹۷

شکل ۲-۲۷ ظرفیت جهانی بهره‌برداری گازیسازی (بر اساس فناوری) ۹۸

شکل ۲-۲۸ ظرفیت جهانی بهره‌برداری گازیسازی (بر اساس منطقه) ۹۹

شکل ۲-۲۹ تعداد مقالات منتشر شده در زمینه گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال ۱۰۲

شکل ۲-۳۰ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع راکتورهای گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال ۱۰۳

شکل ۲-۳۱ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع خوراک اولیه راکتورهای گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال ۱۰۳

شکل ۲-۳۲ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع فرآیندها و محصولات جانبی گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال ۱۰۴

شکل ۲-۳۳ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع فرآیندها و محصولات جانبی گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال ۱۰۴

شکل ۲-۳۴ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش فرآیندهای نوین در گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال ۱۰۵

شکل ۲-۳۵ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش مطالعات اقتصادی و پایداری در گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال ۱۰۶

شکل ۲-۳۶ تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه گازیسازی با استفاده از زیست‌توده در دنیا به تفکیک سال ۱۰۷

شکل ۲-۳۷ تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه فرآیند گازیسازی در دنیا به تفکیک سال ۱۰۷

شکل ۲-۳۸ سهم اختراعات مرتبط با زیست‌توده نسبت به کل اختراعات ثبت شده در فرآیند گازیسازی ۱۰۸

شکل ۲-۳۹ جایگاه انواع فناوری و کاربرد گازیسازی در چرخه عمر ۱۰۹

شکل ۲-۴۰ رشد در حال توسعه استراتژی‌های و فرصت‌های بازار ۱۱۰

شکل ۲-۴۱ نمودار روندنمای فرآیند هضم بیهوازی ۱۱۶

شکل ۲-۴۲ نوع مواد تشکیل‌دهنده ضایعات جامد شهری ایالت کالیفرنیا ۱۱۷

شکل ۲-۴۳ تولید MSW به ازای هر شهروند اروپایی به تفکیک روش فرآوری ۱۱۹

شکل ۲-۴۴ رشد فناوری هاضم ضایعات جامد شهری به تفکیک مراحل هاضم ۱۱۹

شکل ۲-۴۵ میزان تولید بیوگاز به عنوان تابعی از نرخ بارگذاری مواد آلی (OLR) [۴۶] ۱۲۵

شکل ۲-۴۶ پروژه‌های در درست اقدام برای فناوری‌های مختلف زیست‌توده به تفکیک محصول فناوری ۱۲۷

شکل ۲-۴۷ ظرفیت نصب شده هضم بیهوازی در دنیا ۱۲۸

شکل ۲-۴۸ ظرفیت هاضم بیهوازی ضایعات جامد در اروپا ۱۲۹

شکل ۲-۴۹ ظرفیت کل نصب شده در هر کشور اروپایی ۱۳۲

شکل ۲-۵۰ ظرفیت نصب شده به ازای هر میلیون نفر جمعیت در هر کشور ۱۳۲

شکل ۲-۵۱ روند واحدهای هاضم بی‌هوازی نصب شده در هر سال، از ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۸ [۲۰] ۱۳۶

شکل ۲-۵۲ افزایش ظرفیت نصب هاضم بی‌هوازی به ازای هر میلیون نفر جمعیت در هر کشور ۱۳۷

شکل ۲-۵۳ وضعیت بلوغ فناوری‌های مختلف تولید برق از زیست‌توده [۶۲] ۱۴۱

شکل ۲-۵۴ بازه هزینه سرمایه‌گذاری فناوری‌های مختلف تولید برق از زیست‌توده [۶۷] ۱۴۵

شکل ۲-۵۵ هزینه‌های سرمایه‌گذاری فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده به تفکیک [۶۷] ۱۴۶

شکل ۲-۵۶ منحنی هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای هاضمهای نصب‌شده در اروپا [۷۰-۷۱] ۱۴۷

شکل ۲-۵۷ منحنی هزینه‌های عملیاتی راکتورهای هاضم در اروپا [۷۰-۷۱] ۱۴۸

شکل ۲-۵۸ تغییرات LCOE برای تولید برق از فناوری‌های مختلف زیست‌توده ۱۴۹

شکل ۲-۵۹ تعداد اختراعات ثبت‌شده برای فناوری هاضم بین سال‌های ۲۰۱۴- ۲۰۰۰ ..... ۱۵۰

شکل ۲-۶۰ تعداد مقالات منتشره فناوری هاضم در دنیا به تفکیک سال ۱۵۱

شکل ۲-۶۱ تعداد مقالات منتشره در زیربخش نوع سیستم فناوری هاضم ۱۵۲

شکل ۲-۶۲ تعداد مقالات منتشره در زیربخش نوع واکنش فناوری هاضم ۱۵۲

شکل ۲-۶۳ تعداد مقالات منتشره بر حسب نوع خوراک اولیه فناوری هاضم ۱۵۳

شکل ۲-۶۴ تعداد مقالات منتشره بر حسب نوع محصول تولیدی فناوری هاضم ۱۵۴

شکل ۲-۶۵ تعداد مقالات منتشره بر حسب نوع کاربرد محصول تولیدی فناوری هاضم ۱۵۴

شکل ۲-۶۶ واحد هضم بی‌هوازی در هنگلو (کشور هلند)، ادغام هضم بی‌هوازی در یک واحد تولید کمپوست.... ۱۵۶

شکل ۲-۶۷ واحد هاضم خشک ناپیوسته (گاراژی) در آلمان ۱۵۶

فهرست جداول

جدول ۲-۱ برخی ویژگی‌های فناوری گازیسازی ۵۴

جدول ۲-۲ مواد اولیه بالقوه گازیساز زیست‌توده [۵] ۵۶

جدول ۲-۳ مقایسه مشخصات انواع گازیساز زیست‌توده [۸ و ۱۰] ۵۷

جدول ۲-۴ مزایا و معایب انواع راکتورهای گازیسازی [۵، ۳]. ۵۸

جدول ۲-۵ مقایسه انواع راکتورهای گازیسازی. درجه بندی هر مشخصه از ● (ضعیف) تا ●●●● (خوب) [۶]... ۵۹

جدول ۲-۶ مقایسه راکتورهای گازیسازی زیست‌توده از نظر خوراک اولیه [۶]. ۶۰

جدول ۲-۷ هزینه ثابت و متغیر بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری برای تولید برق زیستی [۷۶]. ۸۸

جدول ۲-۸ خلاصه صنعت گازیسازی ۹۱

جدول ۲-۹ مزایا و معایب سیستم‌های مختلف راکتورهای هاضم [۱۸] ۱۲۱

جدول ۲-۱۰ میزان تبدیل بیوگاز برای برخی هاضم‌های بزرگ بر حسب انواع OFMSW تر (بـه ازای هـر واحـد وزن تر ماده اولیه) ۱۲۳

جدول ۲-۱۱ شرایط راکتور برای هاضم بخش آلی زباله جامد شهری تک مرحله‌ای [۴۷] ۱۲۶

جدول ۲-۱۲ فهرست کشورهای اروپایی با واحدهای هضم بیهوازی MSW در سال ۲۰۰۶ [۵۲] ۱۳۰

جدول ۲-۱۳ در صد نصب‌شده تجمعی در سال ۲۰۱۴ ..... ۱۳۸

جدول ۲-۱۴ هزینه‌های سرمایه‌گذاری و LCOE فناوری‌های مختلف تولید برق از زیست‌توده ۱۴۰

جدول ۲-۱۵ هاضم بیهوازی مناسب ضایعات یا محصولات مختلف ۱۴۱

جدول ۲-۱۶ پارامترهای عملکردی هاضم بیهوازی با استفاده از گیاهان انرژی‌زا [۶۵] ۱۴۲

جدول ۲-۱۷ تخمین هزینه‌های تجهیزات برای فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده ۱۴۳

جدول ۲-۱۸ هزینه O&M ثابت و متغیر برای برق تولیدی از زیست‌توده [۶۷ و ۷۲] ۱۴۷

۱- فصل اول : شناسایی حوزه‌های فناورانه

انرژی زیست‌توده

۱-۱- مقدمه

به منظور تصمیم‌گیری در مورد جهت‌گیری‌های کلان (مشتمل بر راهبردها و سیاست‌ها) و نیز انجام مطالعات آینده‌پژوهی در زمینه فناوری‌های زیست‌توده، لازم است تا در ابتدا عرصه‌های کلیدی این فناوری‌ها مشتمل بر زیرفناوری‌ها، کاربردها، ابعاد و اجزا، که تحت عنوان حوزه‌های فناورانه یاد می‌شود، مشخص شوند. حوزه‌های فناورانه دربرگیرنده دو مفهوم اصلی است: زیر فناوری‌ها، کاربرد، و یا هر دو.

از آنجا که فناوری زیست توده یک فناوری راهبردی است، حوزه فناوری آن را باید متشکل از کاربرد و زیرفناوری دانست. رویکردهای مختلفی برای شناسایی حوزه‌های فناورانه وجود دارد. با در نظر گرفتن تفاوت میان این روش‌ها و همچنین ویژگی-های فناوری زیست توده، می‌توان روش مناسب برای شناسایی حوزه‌های فناورانه در این فناوری‌ها را انتخاب نمود. شناخت فناوری‌ها، شرایطی را ایجاد می‌نماید تا توسعه توانمندی‌ها به صورت علمی و آگاهانه صورت پذیرد و به ایجاد هوشمندی در برنامه‌ریزی فناوری، ارتقاء سطح توانمندی فناوری و افزایش کارایی محصولات منجر شود.

برای شناسایی حوزه‌های فناورانه ابتدا باید هدف و حوزه مطالعه مشخص شود که در پروژه حاضر، کاربرد برق از زیست توده در حوزه وازرت نیرو هدفگذاری شده است. در گام بعدی می‌بایست برای شناخت فناوری، در کنار دو روش استفاده از نظر خبرگان و تحلیل‌های کتاب‌سنجی و نوآوری، از طریق یکی از رویکردهای مختلف شناسایی حوزه‌های فناورانه از جمله نگرش زنجیره ارزش فناوری، نگرش فرایندی، نگرش QFD و نگرش نگاشت فناوری، مطالعه و بررسی صورت گیرد.

با توجه به این که عموماً در برنامه‌ریزی فناوری در سطح ملی و برای یک بخش یا حوزه فناوری یا صنعت، از نگاشت فناوری استفاده می‌شود، در این پروژه نیز نگاشت فناوری که یک ساختار درختی جامع می‌باشد برای شناسایی حوزه های فناورانه مورد استفاده قرار گرفته است. برنامه‌ریزی فناوری به فهم عمیقی از فناوری‌ها و روند تغییرات آن نیاز دارد. در این راستا، ترسیم نگاشت، یک راه حل ایده‌آل برای نمایش گرافیکی یا متنی از اجزاء پیکربندی و ارتباطات بین اجزاء دانش مورد نظر بوده و موجبات فهم دقیق از موضوع را حتی برای افراد ناآشنا فراهم می‌آورد و به تصمیم‌گیران در بحث و تبادل نظر کمک می‌کند. یکی از مهمترین کاربردهای نگاشت فناوری برای مدیران، برنامه‌ریزان و مدیران تحقیق و توسعه، امکان شناسایی و تحلیل و تصمیم‌گیری بر روی فناوری مرتبط با فعالیت‌ها یا فرایندهای بنگاه، همچنین کنترل و ردیابی اثرات فناورانه آن‌ها بر

محصولات و خدماتشان می‌باشد. از این روش می‌توان برای شناسایی حوزه‌های فناورانه در هر دو حالت زیرفناوری و کاربرد استفاده نمود. نتایج حاصل می‌تواند توسعه فناوری انرژی زیست توده در کشور را به سمت فعالیت‌های اولویت‌دار جهت‌دهی نماید.

۱-۲- ترسیم درخت فناوری

از بین روش‌های شناخته شده برای ترسیم نگاشت فناوری، با توجه به نیاز تحلیل‌گران و برنامه‌ریزان در خصوص فناوری زیست‌توده، روش ترسیم درخت فناوری در نظر گرفته شد.

بر اساس نتایج به دست آمده از گزارش مرحله اول این پروژه تحت عنوان "مبانی تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در ایران"، با توجه به محدوده مطالعات این سند که یک سند ملی و بخشی مرتبط با وزارت نیرو است و هدف آن توسعه فناوری‌های تولید برق زیستی است، چهار فناوری ذیل به عنوان فناوری‌های اصلی برای تولید برق زیستی معرفی می‌شوند:

- فناوری احتراق مستقیم (شامل زباله‌سوز و احتراق همزمان یا باهمسوزی)
- فناوری گازیساز
- فناوری هاضم بیهوازی
- فناوری تولید برق از محل دفن زباله شهری (دفنگاه)

در این سند با در نظر گرفتن حوزه کاربرد فناوری که صنعت برق را شامل می‌شود و تناسب فناوری‌ها با نیازها و امکانات و قابلیت دستیابی در دوره میان مدت، درخت فناوری‌های تولید برق از منابع زیست توده مطابق (شکل ۱-۱) ترسیم شده است. هدف از ترسیم درخت فناوری های تولید برق زیستی، ایجاد سهولت در بررسی فناوری‌ها در مراحل بعدی پروژه در راستای اولویت‌بندی به منظور رسیدن به اهداف این سند راهبردی می‌باشد.

روش درخت فناوری یک نمونه از روش‌های نمایش تصویری در شناسایی فناوری به منظور آینده‌اندیشی آن به شمار می‌رود و بعضاً طریقه ترسیم آنها تحت تأثیر سلایق فردی نیز قرار دارد. از طریق شناسایی مسیر به کمک روش درخت فناوری، به طور قطع می‌توان برنامه‌ریزی استراتژیک، پیش‌بینی فناوری و تحلیل استراتژیک نمود. رسالت اصلی طراحی درخت فناوری، هدایت

سیاست‌گذاری کلان کشورها از طریق اولویت‌یابی فناوری و به تبع آن ایجاد وفاق و همگرایی در بین محققان، سیاست گذاران و سرمایه‌گذاران می‌باشد. در این روش با وجود یک عنوان از فناوری معین می‌توان شاخه‌های منشعب از آن را تصویر نمود. این رویکرد هدف را مشخص می‌کند و این که چگونه می‌توان راه‌های مختلف رسیدن به هدف را در ذهن تجسم کرد. علت نامگذاری این روش به درخت فناوری شباهت زیاد آن به یک درخت با تنه اصلی بزرگ و با شاخه‌های متعدد است و هر شاخه-ای نیز به نوبه خود دارای شاخه‌های مجزا می‌باشد. لذا هر شاخه دارای شبکه‌ای بوده که با یک نگاه می‌توان همه حوزه‌های یک فناوری را مشاهده نمود.

۱-۲-۱- سطح‌بندی

برای تعیین سطوح درخت فناوری بر اساس مطالعات انجام گرفته و ماهیت منبع زیست توده و فناوری‌ها، ابتدا چند معیار تعریف شد. این معیارها عبارتند از:

- کاربرد
- مقیاس
- منابع زیست‌توده
- فناوری‌های تبدیل
- سایر تجهیزات

بنابراین سطوح درخت فناوری‌های تولید برق زیستی را می‌توان به صورت ذیل تعریف نمود:

- از آنجا که کاربرد تولید برق از منابع زیست توده در اولویت قرار دارد، به عنوان تنه اصلی درخت در سطح اول در نظر گرفته شده است. کاربرد تولید حرارت و سوخت از زیست‌توده نیز، در آینده قابل بررسی است.
- در سطح بعدی به دلیل متمرکز و پراکنده بودن منابع، درخت به دو شاخه اصلی کوچک مقیاس و بزرگ مقیاس تفکیک شده است.
- در سطح بعدی با توجه به نقش کلیدی منابع اولیه در فرایند، منابع زیست توده به عنوان اساس طراحی درخت معرفی شده است.

- فناوری‌های اصلی تولید برق زیستی در سطح بعدی معرفی شده‌اند.
- سایر تجهیزات فرایند و مبدل‌ها نیز در زیرشاخه‌های هر فناوری فهرست شده‌اند.

دلیل اتخاذ این رویه، نقش تعیین‌کننده منابع زیست‌توده در گزینش فناوری‌ها و همچنین محدود بودن تعداد آنها نسبت به سایر گزینه‌های متنوع موجود (فناوری‌ها، تجهیزات فرایندی و کاربردها) می‌باشد.

۱-۲-۲- نامگذاری سطوح

سطوح مختلف درخت به صورت زیر نامگذاری شد:

- سطح اول : محصولات فناوری‌های تولید انرژی از زیست توده می‌توانند در سه حوزه برق، حرارت و سوخت به کار روند. از آنجا که فناوری مناسب حسب کاربرد مورد نظر، از درخت فناوری انتخاب می‌گردد و بنابراین سطح اول با عنوان "کاربرد" درون درخت جای داده شده است. از آن جایی که پرداختن به کاربردهای همزمان برق، حرارت و سوخت به دلیل گستردگی مطالب نیازمند صرف زمان بسیار است و خارج از محدوده مطالعات این سند می باشد لذا، به منظور تأمین نظر کارفرمای پروژه، تنها کاربرد تولید برق از منابع زیست‌توده در اولویت مطالعات قرار گرفت.
- سطح دوم : همان‌طور که اشاره شد، سطح دوم به ظرفیت تولید مربوط می‌شود و لذا لفظ "مقیاس" برای آن مناسب است.
- سطح سوم : فناوری‌های انرژی زیست‌توده به ماهیت منابع وابسته هستند. "منابع زیست‌توده" که سطح سوم درخت را تشکیل می‌دهند اساس تعیین نوع فرایند، تجهیزات پیش‌فراوری، فرآورش و تبدیل می‌باشند.
- سطح چهارم : در این سطح تجهیزات فرایندی مناسب هر زنجیره در درخت ترسیم شده، در چند زیرشاخه مشخص شد. از این رو عنوان "تجهیزات فرایندی" برای آن انتخاب گردید. این سطح کمک می‌کند تا سیاست‌گذاران بتوانند تصمیمی قاطع و راهبردی پیرامون توسعه یک زنجیره "کاربرد – مقیاس – منبع" اتخاذ نمایند.

۱-۲-۳- نحوه ترسیم درخت فناوری

در طراحی درخت فناوری باید ارائه جامع و در عین حال مختصر فناوری مدنظر قرار گیرد. به عنوان یک راهبرد سعی شد تا حد امکان از تعدد شاخه‌های منشعب از یک عنوان، جلوگیری شود. بر این اساس سطح دوم و سوم به صورت کلی دسته‌بندی

شدند. بدیهی است در صورت عدم رعایت این مطلب، اولاً انبساط ناگهانی حجم درخت نوعی ازدحام ایجاد می‌کرد؛ ثانیاً این امر (تفکیک مقیاس و نوع منبع) به هدف اصلی طراحی درخت که هدایت سیاست‌گذاری کلان کشور در امر توسعه فناوری زیست توده می باشد کمک می‌نماید. بدین ترتیب که می‌توان برای یک مقیاس و منبع خاص از روی درخت ترسیم شده، نوع فرایند و تجهیزات فرایندی مناسب را انتخاب نمود.

از بین چهار فناوری ارائه شده در درخت شکل (۱-۱)، دو فناوری تولید برق از محل دفن زباله (دفنگاه) و احتراق مستقیم (زباله‌سوز) به دلایلی که در ادامه شرح داده خواهد شد، در این سند مورد بررسی قرار نخواهند گرفت و ادامه مطالعات و بررسی-ها بر دو فناوری گازی‌ساز و هاضم بیهواز متمرکز خواهد بود.

در حال حاضر استفاده از دفنگاه زباله شهری برای تولید برق زمانی مقرون به صرفه خواهد بود که که یک محل دفن زباله یا مقدار یک میلیون تن (۱٫۰۰۰٫۰۰۰) زباله درجا داشته باشد یا این که سالیانه حدود صد هزار تن (۱۰۰٫۰۰۰) ورودی زباله آن باشد. بر اساس آمارهای موجود، سرانه تولید زباله به ازای هر نفر در ایران ۷۰۰ گرم در روز می باشد. بنابراین برای تأمین حجم مورد نیاز زباله ورودی به دفنگاه برای یک شهر به جمعیتی بالغ بر ۴۰۰٫۰۰۰ نفر احتیاج است. چنانچه وضعیت جمعیت شهری کشور بر اساس نتایج سرشماری سال ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گیرد ملاحظه می‌شود که تعداد شهرهای واجد شرایط ۱۸ شهر می باشد که دارای جمعیتی بالغ بر ۲۵٫۰۰۰٫۰۰۰ نفر می باشند. علاوه بر موارد ذکر شده، نیاز به زمین در این فناوری عامل بازدارنده دیگری برای توسعه آن بشمار می‌آید. از طرف دیگر استفاده از فناوری دفنگاه، در هرم مدیریت پسماند (شکل‌های (۱-۲) و (۱-۳)) حداقل مطلوبیت را دارد [۱]. نگرش دنیای امروز به مدیریت پسماند شامل مراحل کلی زیر می‌باشد:

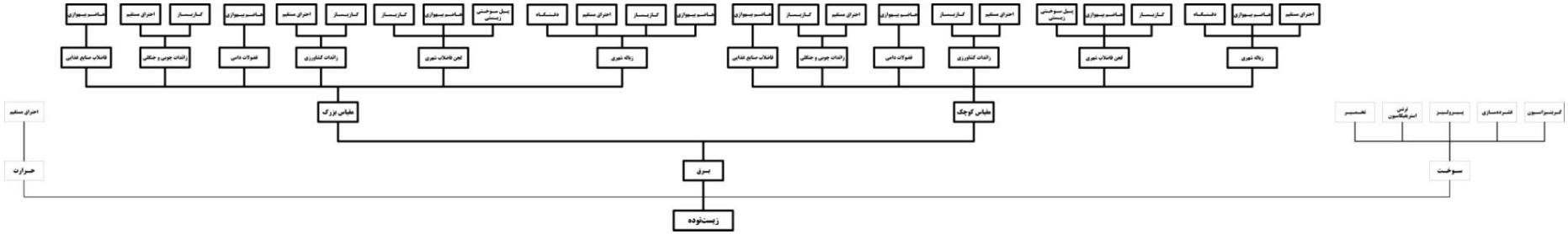
- کاهش تولید زباله
- استفاده مجدد
- بازیافت / تولید کمپوست
- بازیافت انرژی
- دفع زباله / دفنگاه

فناوری احتراق مستقیم شامل زیرفناوری‌هایی می‌باشد که عبارتند از: بویلر و بخاری زیست‌توده سوز، هم‌سوزی و زباله‌سوز. در خصوص هر کدام از این زیرفناوری‌ها می‌توان دلایلی را برای عدم مطلوبیت برشمرد. به عنوان مثال تنها یک نمونه بخاری زیست‌توده سوز در کشور ساخته شده است و به دلیل مشخص نبودن میزان اقبال عمومی برای استفاده از این فناوری و این که

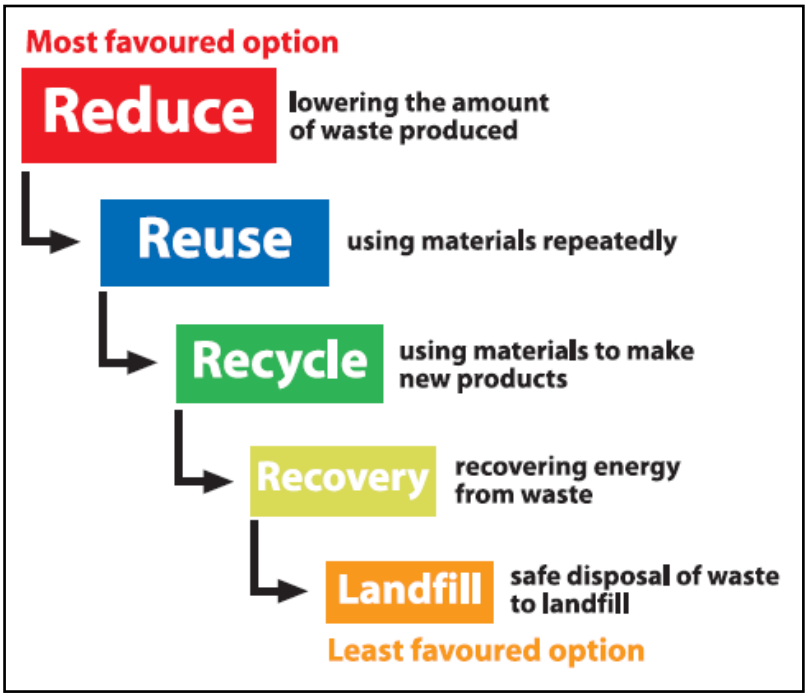
کاربرد آن تولید حرارت می‌باشد و نه برق، از اولویت توسعه فناوری خارج می‌شود. هم‌سوزی نیز معمولاً در نیروگاه‌های زغال سنگ سوز مورد استفاده قرار می‌گیرد که در حال حاضر به دلیل عدم وجود چنین نیروگاه هایی در ایران کاربرد ندارد. در زمینه کاربرد احتراق برای زباله‌سوزی نیز می‌توان به دلایل ذیل اشاره نمود:

- امروزه سازندگان معتبر نیروگاه های زباله سوز برای تولیدات خود ظرفیت بالای حداقل ۶۰۰ تن در روز زباله را در نظر می‌گیرند. این بدان معناست که استفاده اقتصادی نیروگاه‌های زباله‌سوزی در شهرهای دارای جمعیت بیش از ۸۰۰٫۰۰۰ نفر توجیه‌پذیر است. با توجه به نتایج سرشماری سال ۱۳۹۰، تنها ۹ شهر کشور دارای جمعیت بیش از ۸۰۰٫۰۰۰ نفر هستند.
- بررسی سازندگان معتبر سیستم‌های زباله‌سوز نشان‌دهنده تعداد معدود آنها در دنیا می‌باشد که این موضوع دلیل پیچیدگی فنی بالای سیستم‌های زباله‌سوز است و انحصار آن در دست این سازندگان است.
- برای سیستم‌های زباله‌سوز فناوری‌های جایگزین هاضم بیهوازی و گازیساز (به ویژه گازیساز پلاسما) مورد استفاده قرار می‌گیرند که امکان استفاده از آنها در ظرفیت‌های پایین (به طور مثال ۱۰۰ تا ۲۰۰ تن در روز) وجود دارد.

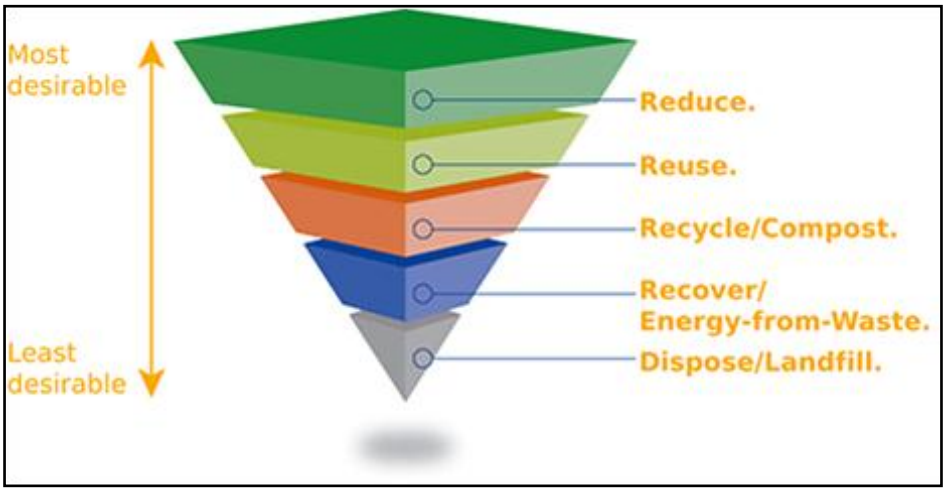
در نتیجه شاخه‌های فناوری دفنگاه و احتراق مستقیم، همچنین کاربرد سوخت و حرارت از درخت فناوری حذف و درخت جدید مطابق شکل (۱-۴) ترسیم می‌گردد. بر پایه این درخت فناوری، در ادامه این فصل اجزای درخت هر یک از فناوری‌های گازی-سازی و هاضم بیهوازی به اختصار تشریح خواهد شد.



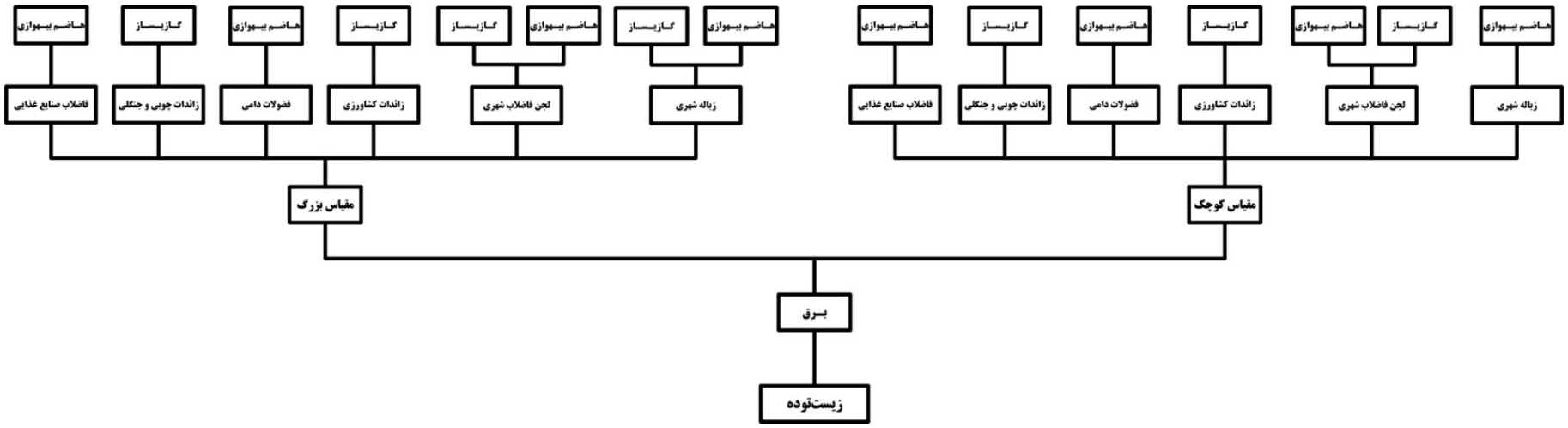
شکل ۱-۱ درخت فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده



شکل ۱-۲ سلسله مراتب مدیریت پسماند



شکل ۱-۳ هرم مدیریت پسماند



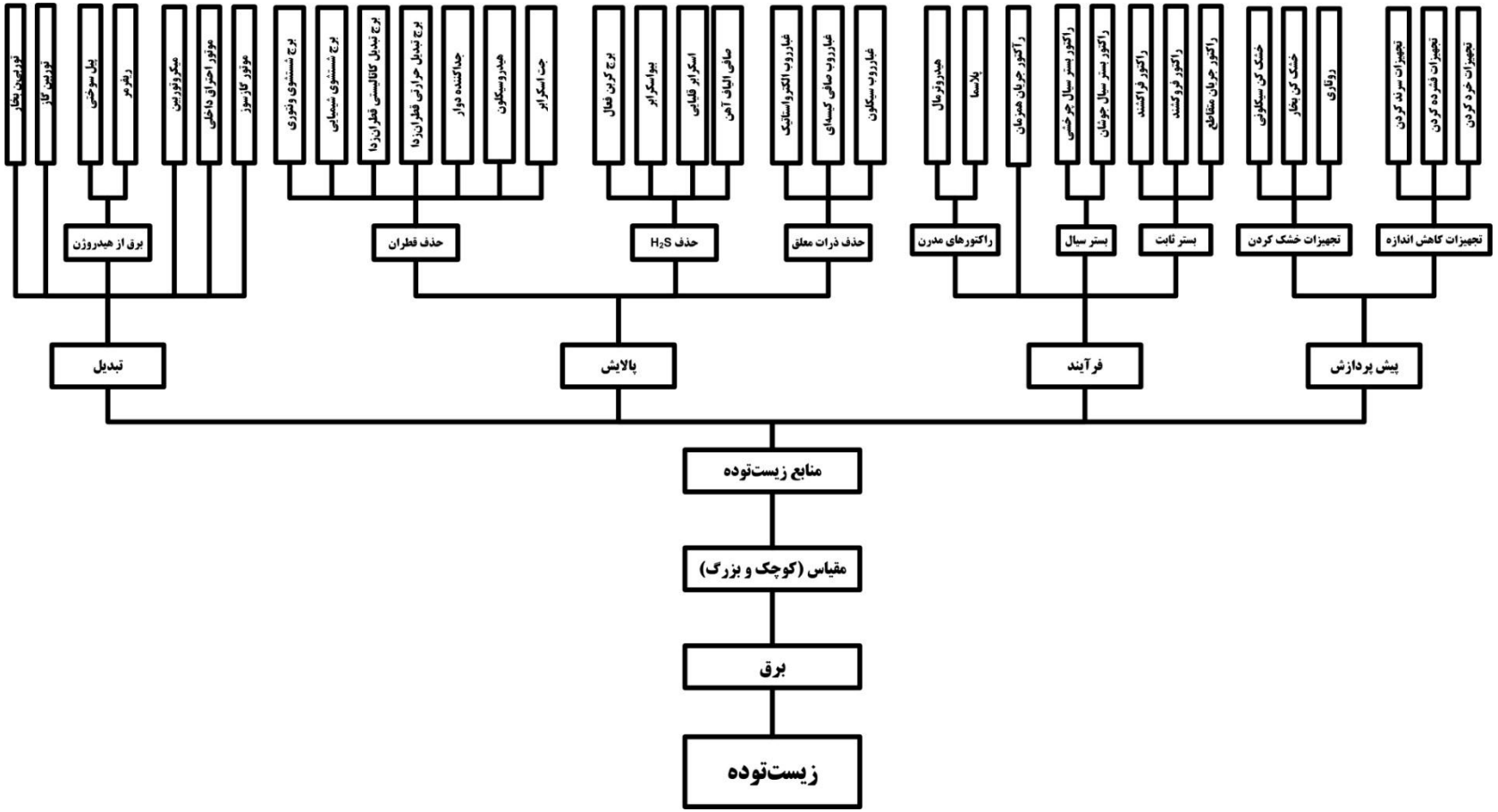
شکل ۱-۴ درخت فناوری‌های منتخب

۱-۳- شناسایی فناوری گازی‌ساز و زیرفناوری و تجهیزات فرایندی آن

با استناد به مطالب بخش قبل، فناوری گازی‌ساز به عنوان یکی از فناوری‌های منتخب برای تولید برق از منابع زیست‌توده تعیین گردید. در شکل (۱-۵) درخت فناوری گازیساز با توجه به مطالعات انجام شده ترسیم شده است. همان طور که پیش از این توضیح داده شد، با توجه به اولویت تولید برق از زیست‌توده در این پروژه، به عنوان تنه اصلی درخت در نظر گرفته می‌شود. مقیاس فناوری به عنوان سطح دوم در درخت فناوری قرار دارد. در سطح سوم منابع زیست‌توده قرار داشته و در سطح آخر بخش‌های پیش‌فراوری، فرآیند اصلی، فراورش و تبدیل قرار دارند.

در این گزارش، درخت ترسیم شده برای فناوری گازیساز صرفنظر از پارامتر مقیاس (کوچک و بزرگ)، نوع منبع زیست‌توده قابل استفاده و نوع گازیساز مناسب برای هر منبع و مقیاس، ترسیم شده است. لازم به ذکر است که درخت تفصیلی که در آن نوع مقیاس، منبع زیست‌توده و مدل گازیساز مناسب با مقیاس و منبع مشخص شده باشد و تجهیزات فرایندی و تبدیل نیز با همین تناسب انتخاب شده باشند در مرحله سوم پروژه که شامل تعیین راهبرد، اولویت‌بندی و سبک اکتساب فناوری گازیساز می‌باشد ارائه خواهد شد.

شایان ذکر است که تمام تجهیزات ارائه شده در این درخت از مراجع علمی معتبر گردآوری و ارائه شده‌اند. راهبرد درخت فناوری سبب شده است تا انبوهی از مطالب پراکنده به صورتی بسیار ساده، چکیده و قابل استفاده ارائه گردد. در ادامه ابتدا بخش‌های مختلف فرایند در فناوری تولید برق از گازی‌ساز (سطح چهارم) زیست‌توده شرح داده می‌شود.



شکل ۱-۵ درخت فناوری گازیساز

۱-۳-۱- پیش‌پردازش

پیش‌پردازش منابع زیست توده به منظور آماده‌سازی آن‌ها برای فرایند گازی‌سازی انجام می‌گیرد و ممکن است بسته به نوع زیست‌توده شامل مراحل زیر باشد:

- کاهش اندازه: که برای به دست آوردن اندازه مناسب ذرات انجام می‌گیرد و ممکن است شامل روش‌های ذیل باشد:
  - ✓ خرد کردن
  - ✓ سرند کردن و
  - ✓ فشرده کردن (ممکن است به دلیل کم بودن چگالی زیست‌توده لازم باشد)
- خشک کردن: که برای کاهش رطوبت منابع زیست‌توده به منظور بهبود فرایند گازیسازی مورد نیاز است.

۱-۳-۱-۱- کاهش اندازه

قطعات کوچک‌تر، مساحت در واحد جرم بزرگتری دارند که نرخ انتقال حرارت و گازی سازی را تسهیل می‌کنند. مشاهده شده است که ذرات کوچک‌تر منجر به انتشار CH_4، CO، C_2H_4 بیشتر و CO_2 کمتر می‌شوند که منجر به افزایش عملکرد گاز، ارزش حرارتی گاز (LHV) و راندمان تبدیل کربن می شود. عملکرد گاز و راندمان انرژی بالاتر در ذرات کوچکتر به علت افزایش انتقال حرارت با توجه به سطح بزرگتر آن‌ها می‌باشد.

منابع زیست توده با روش‌های مختلف خرد کردن، ریز کردن، پودر کردن و پلت‌سازی تغییر اندازه و شکل می‌یابند. آسیاب‌های چکشی[۱]، آسیاب‌های چاقویی[۲]، چاقوهای دوار[۳]، خردکن‌های کاسه‌ای[۴] و غلطک‌ها[۵] ابزارهای متداول مورد استفاده برای کاهش اندازه منابع زیست توده می‌باشند. برای حصول اطمینان از اندازه ذرات از صفحات الک استفاده می‌شود. مصرف انرژی در طول کاهش اندازه بستگی به میزان رطوبت، اندازه اولیه زیست‌توده، خواص زیست‌توده و اندازه صفحات الک آسیاب و خواص آسیاب دارد [۲، ۳].

[1] hammer-mills
[2] knife mills
[3] rotating knives
[4] tub grinders
[5] rollers

۱-۳-۱-۲- خشک کردن

زیست توده جمع‌آوری شده ممکن است رطوبت بالایی داشته باشد. در نتیجه جهت دستیابی به میزان رطوبت مطلوب برای فرایندهای گازی‌سازی لازم است خشک شوند. منابع زیست‌توده با روش‌های خشک کردن با استفاده از بخار، روتاری و سیکلونی از طریق حرارت یک بویلر، توربین احتراق، گازهای خروجی از موتور به رطوبت مناسب می‌رسند. تجهیزاتی مانند خشک‌کن جعبه‌ای سوراخ‌دار[1]، خشک‌کن نوار نقاله[2] و خشک کن آبشاری دوار[3] برای خشک کردن زیست‌توده مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، برای زیست‌توده با رطوبت کم (کمتر از ۱۰٪) ممکن است مرحله خشک کردن نیاز نباشد [۲].

۱-۳-۲- فرآیند گازی‌سازی

راکتور گازی‌ساز قلب فرایند گازی‌سازی است و بر اساس نوع بستر و جریان به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- بستر ثابت
- بستر سیال
- جریان همزمان
- پلاسما

با توجه به این که یکی از پارامترهای مهم بهره‌برداری از گازی‌ساز نوع و خصوصیات زیست‌توده می‌باشد، در این بخش نوع و طراحی گازی‌ساز مناسب برای هر ماده اولیه و در مقیاس خاص، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. بسته به مقیاس مورد نظر، نوع خاصی از گازی‌سازها برای منابع مختلف قابل توسعه می‌باشد. در بخش های بعدی در خصوص انواع گازی‌سازها بحث و همچنین خصوصیات، مزایا و معایب آن‌ها بررسی و مقایسه خواهد شد.

۱-۳-۲-۱- فناوری‌های گازی‌سازی بستر ثابت

[1] Perforated bin dryers
[2] band conveyor dryers
[3] rotary cascade dryers

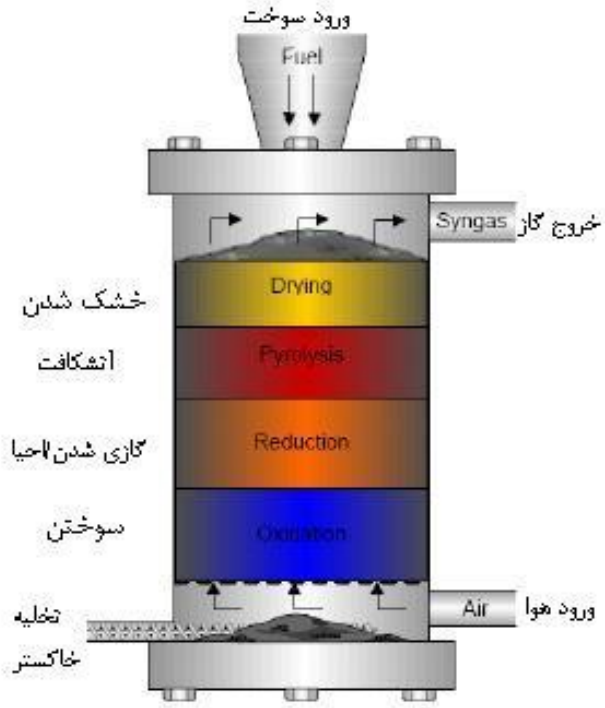
راکتورهای بستر ثابت ساده‌ترین و ارزان‌ترین دسته راکتورهای گازساز هستند. در راکتورهای بستر ثابت، واکنش‌های ترموشیمیایی بر روی یک شبکه آتشخوان ثابت انجام می‌گیرند و آشفتگی قابل توجهی در محیط واکنش وجود ندارد. گازی-سازهای بستر ثابت راکتورهای متداولی برای گازی‌سازی بوده که معمولاً در دماهایی در حدود ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد یا پایین‌تر کار می‌کنند. لفظ بستر ثابت به این معناست که در داخل محفظه راکتور گازی‌ساز، عمل چرخش عامل گازی‌ساز و ذرات زیست‌توده صورت نمی‌گیرد. ولی آتشخوان راکتور گازی‌ساز بستر ثابت می‌تواند ثابت یا متحرک باشد. لذا، این نوع از گازی‌ساز را بستر متحرک نیز می‌نامند. در این راکتورها سوخت زیست‌توده از بالا و عامل گازساز از زیر یا بالای راکتور به آرامی وارد می‌شود. بر اساس جهت جریان عامل گازی‌ساز، گازی‌سازهای بستر ثابت را می‌توان به سه دسته اصلی تقسیم‌بندی نمود:

- فراکشند[1]
- فروکشند[2]
- جریان متقاطع[3]

فناوری گازی‌سازی بستر ثابت فراکشند

در ساده‌ترین نوع گازی‌سازهای بستر ثابت، زیست‌توده از بالا و هوا از پایین به راکتور وارد می‌شوند و گاز تولید شده از بالای راکتور خارج می‌شود. به این نوع راکتور، گازی‌ساز با جریان متقابل یا فراکشند می‌گویند. تأمین گرمای فرآیند در این روش از راه سوختن زغال در بخش پایین راکتور صورت می‌گیرد. یک اتصال چندراهه برای تأمین جریان هوا به قسمت پایین راکتور تعبیه شده که ورود هوا را از راه شبکه آتشخوان به درون راکتور ممکن می‌سازد. ممکن است سیال دیگری مانند بخار یا اکسیژن جایگزین هوا شود که در این صورت ارزش حرارتی گاز تولیدشده بالاتر خواهد رفت.

[1] updraft
[2] downdraft
[3] cross-flow



شکل ۱-۶ ساختار درونی راکتور گازی‌ساز جریان متقابل (فراکشند)

در راکتور فراکشند یا جریان متقابل، نواحی حرارتی و شیمیایی متفاوتی پدید آمده که از بالا به پایین راکتور به ترتیب عبارتند از:

- ناحیه خشک‌شدن
- ناحیه آتشکافت
- ناحیه گازی‌شدن/احیاء[1]، و
- ناحیه سوختن/خاکستر شدن

دما درون این نوع راکتور از ۷۰۰ تا بیش از ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد متغیر است و البته ممکن است به بیش از ۱۰۰۰ درجه هم برسد. پوشش درونی راکتور باید از مواد نسوز خاصی باشد که بتواند چنین دمایی را تاب بیاورد. به دلیل این که گاز سنتز در هنگام خروج از راکتور از نواحی آتشکافت و خشک‌شدن عبور می‌کند، دارای غلظت بالایی از قطران[2] و بخار آب می‌باشد (حتی

[1] Gasification/reduction zone
[2] Tar

تا ۲۰٪ حجم گاز) که همراهی بخار آب و قطران، مشکل را دوچندان می‌کند زیرا ترکیبات قطران با کاهش دمای گاز، به مایع تبدیل شده و بخشی از آن‌ها نیز در آب حل می‌شوند و مایعی خورنده و مزاحم پدید می‌آورند. قطران پس از تقطیر بر روی سطوح لوله‌ها، محفظه‌ها و کلیه تجهیزاتی که گاز از آن‌ها گذر می‌کند، سطوحی چسبناک و ناهموار پدید می‌آورد که گاهی مشکل خوردگی و گاه مشکل گرفتگی و انسداد ایجاد می‌کنند. در مقابل، ذرات معلق و غبار در آن کمتر است زیرا گاز از ناحیه احتراق گذر نمی‌کند و ذغال و خاکستر در پایین راکتور انباشته می‌شوند و گذر گاز از میان مواد زیست‌توده در ناحیه خشک‌شدن، اثر صافی مانند بر روی آن دارد. دمای گاز سنتز خروجی نیز ملایم است (۱۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد) زیرا بخش مهمی از گرمای خود را با زیست‌توده در حال خشک شدن و در حال آتشکافت مبادله می‌کند.

راکتورهای فراکشند در برابر تغییرات اندازه سوخت زیست توده (از ۵ تا ۱۰۰ میلی‌متر) و تغییرات درصد رطوبت (تا ۵۵٪) کمابیش غیرحساس و انعطاف‌پذیر هستند [۴]. این نوع راکتورها در ظرفیت حرارتی ۱۰۰ کیلووات تا ۲۰ مگاوات در دسترس هستند. این دسته از راکتورها عمدتاً برای کاربری‌های گرمایشی کاربرد دارند و به دلیل غلظت بالای قطران در گاز، اگر بخواهند برای کاربری تولید برق به کار برده شوند بایستی از تجهیزات پیشرفته پالایش گاز و قطران‌زدایی استفاده نمایند. البته با استفاده از موتورهای استرلینگ که نوعی موتور براساس تبادل گرما می‌باشند، امکان تولید برق به کمک کوره‌ای که گاز خروجی از گازی‌ساز فراکشند را بسوزاند، فراهم آمده است.

انواع تجاری مشهور فناوری های گازی سازی به روش بستر ثابت فراکشند (جریان متقابل) عبارت از فناوری «پیورکس[1]»، فناوری «وولوند[2]» (هاربور)، فناوری «سوفرسید/کالیکوا[3]» و چندین نوع تجاری کوچک مقیاس در کشورهای تازه توسعه‌یافته مانند هند و چین هستند.

به طور خلاصه برتری‌های گازساز بستر ثابت فراکشند عبارتند از:

- فرآیند ساده و کم خرج
- توانایی پذیرش انواع زیست‌توده با رطوبت بالا و مواد غیرآلی قابل توجه (همچون زباله شهری)
- فناوری شناخته شده با پیشینه غنی

[1] Purox®
[2] Volund
[3] Sofersid/Caliqua

اما کاستی مهم این فناوری همان‌گونه که خاطر نشان شد، درصد بالای قطران در گاز است که مستلزم پالایش اساسی گاز پیش از کاربرد در تولید برق یا تولید سوخت می‌باشد.

شکل ۱–۷ نمونه‌ای از یک راکتور گازی‌ساز کوچک بستر ثابت فراکشند با محفظه احتراق

شکل ۱–۸ نمونه‌ای از راکتور بزرگ گازی‌ساز بستر ثابت فراکشند

فناوری گازی‌سازی بستر ثابت فروکشند

در نوع دیگری از راکتور موسوم به گازساز فروکشند[1] یا جریان هم‌جهت، زیست توده از بالا وارد شده و عامل گازی‌ساز از بخش میانی بدنه به راکتور داخل می‌شود و جریان گاز سنتز از زیر خارج می‌گردد. علت نامگذاری این است که جهت جریان یا حرکت زیست توده با گاز یکی است. گرمای مورد نیاز فرآیند در این راکتور به وسیله سوختن ترکیبات فرار درون راکتور تأمین می شود. در راکتور فروکشند یا جریان هم‌جهت نواحی حرارتی- شیمیایی یاد شده از بالا به پایین به ترتیب عبارتند از:

- ناحیه خشک شدن
- ناحیه آتشکافت/میعان
- ناحیه سوختن/اکسید شدن و
- ناحیه گازی‌شدن/احیاء

ترکیبات قابل میعان آزاد شده در فرآیند آتشکافت که قطران را تشکیل می‌دهند، با گذر از ناحیه اکسایش تجزیه و اکسید شده و بنابراین درصد قطران در گاز خروجی از راکتورهای فروکشند به مراتب پایین‌تر از راکتور فراکشند است. دمای درونی راکتورهای فروکشند بیش از راکتورهای فراکشند است و تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد نیز می‌رسد. راکتورهای فروکشند در برابر اندازه سوخت حساس‌تر هستند و زیست‌توده باید در دامنه اندازه ۲۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر به آن‌ها وارد شود. حساسیت آن‌ها به رطوبت سوخت هم بیشتر است و زیست توده خشک با درصد رطوبت کمتر از ۲۰ را می‌پذیرند. این راکتورها کاربری وسیعی در گرمایش، تولید برق و گاه حتی تولید سوخت و مواد شیمیایی دارند و در دامنه ظرفیت گسترده‌ای از ۲۰ کیلووات تا ۵ مگاوات ساخته می شوند. هر چند که در طی چند دهه اخیر نمونه‌های متعددی از گازی‌سازهای بستر ثابت فروکشند در ترکیب با موتورهای احتراق داخلی برای تولید هم زمان برق و گرما ساخته شده و آزمایش گردیده‌اند اما تا کنون تعداد نمونه‌های موفق تجاری در ظرفیت‌های متوسط و بزرگ چندان زیاد نبوده است. زیرا عملکرد موفق این راکتورها وابستگی شدیدی به تأمین زیست‌توده با اندازه و درصد رطوبت مناسب دارد [۴]. با این همه تجارب موفق چند واحد نمادین و آزمایشی از این دسته، دورنمای امیدوارکننده‌ای را برای آن‌ها نوید می‌دهد. در کشور چین تعداد زیادی از راکتورهای گازی‌ساز کوچک برای کاربری‌های روستایی یا صنعتی با استفاده از این فناوری ساخته شده‌اند.

چکیده امتیازات گازی‌ساز بستر ثابت فروکشند به شرح زیر می‌باشد:

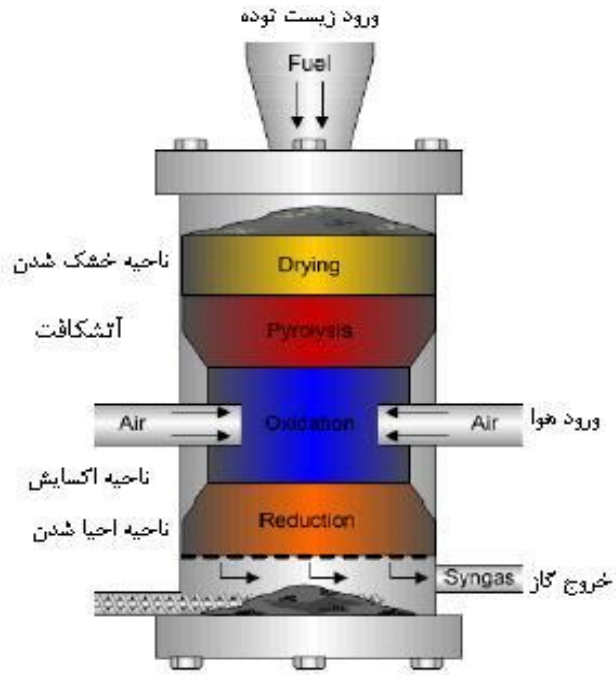
---

[1] Downdraft

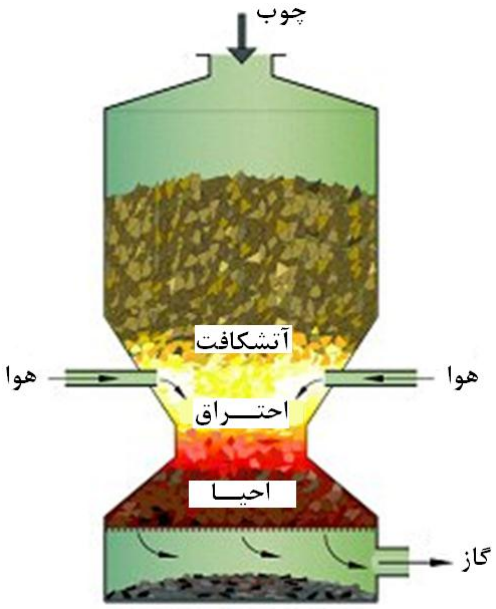
- زدایش ۹۹/۹٪ قطران در گاز
- مواد معدنی همراه با ذغال و خاکستر در راکتور باقیمانده و نیاز به سیکلون کوچک‌تری برای زدایش ذرات معلق خواهد بود.
- فناوری ساده، کم هزینه و اثبات‌شده

کاستی‌های این فناوری نیز عبارتند از:

- نیاز به خشک‌کردن سوخت تا زیر ۲۰٪ رطوبت
- دمای زیاد گاز در هنگام خروج از راکتور که مبدل حرارتی را برای خنک‌کردن گاز اجتناب ناپذیر می‌سازد.
- ۴ تا ۷ درصد از کربن زیست‌توده، تبدیل‌نشده باقی می‌ماند.



شکل ۱-۹ ساختار درونی راکتور گازی‌ساز جریان هم‌جهت (فروکشند)



شکل ۱-۱۰ نمایی از راکتور گازی‌ساز بستر ثابت فروکشند

فناوری گازی‌سازی بستر ثابت جریان متقاطع

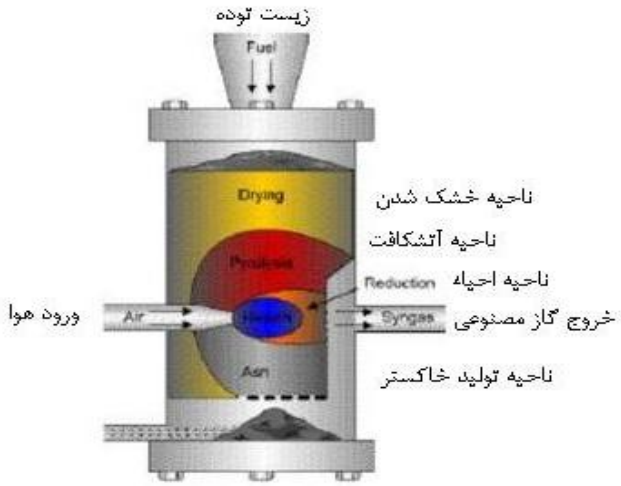
گازی‌ساز جریان متقاطع[1] (که جریان جانبی نیز نامیده می‌شود) (شکل ۱-۱۱) نوع دیگری از راکتورهای بستر ثابت است که در آن زیست‌توده از بالای راکتور وارد شده و جریان عامل گازی‌ساز (اکسیژن و بخار یا هوا) از یک طرف به راکتور دمیده می‌شود و جهت آن، جریان زیست‌توده را قطع می‌کند. گاز تولیدی از طرف دیگر گازی‌ساز در همان سطح خارج می‌گردد. منطقه احتراق ناقص در مقابل ورودی هوا تشکیل می‌شود، که در آن می‌توان به درجه حرارت بالا (بیشتر از ۱۵۰۰ درجـه سـانتیگراد) دسـت یافت. نواحی احیاء، آتشکافت و خشک کردن، منطقه احتراق ناقص را احاطه می‌کنند. دمای گاز خروجی در حدود ۸۰۰ تـا ۹۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. منطقه واکنش نسبتاً کوچک با ظرفیت حرارتی کم، زمان پاسخ‌دهی سریع‌تری در مقایسه با انواع دیگر گازی‌ساز بستر ثابت به وجود می‌آورد، که این امکان را فراهم می‌آورد تا گازی‌ساز جریان متقابل زمانی که به طور مستقیم برای راه‌اندازی یک موتور استفاده می‌شود به تغییرات بار خوب پاسخ دهد. اشکالات اصلی گازی‌ساز جریان متقابل عبارتند از:

- افت حرارت به علت دمای بالای گاز خروجی
- ناپایداری برای بالا بودن میزان خاکستر یا قطران در ماده اولیه

[1] Sidedraft/Cross-Flow

- توانایی پایین در کاهش CO_2 و تبدیل قطران

این فناوری برای گازی‌سازی ذغال چوب مناسب است. گازی‌سازی ذغال در دمای حدود ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به خوبی پیش می‌رود اما این دما نیاز به عایق‌بندی مناسبی برای حفاظت بدنه راکتور دارد که هزینه ساخت راکتور را به شدت افزایش می‌دهد. این فناوری بدین منظور ابداع شده که هسته مرکزی گازی‌سازی در کانون درونی توده ذغال رخ دهد و از جرم خود ذغال (که پیرامون ناحیه گازی‌سازی را فراگرفته) به عنوان عایق استفاده شود. ساختار ساده این روش گازی‌سازی در شکل (۱-۱۱) نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۱ ساختار ساده شده راکتور گازی‌ساز جریان متقاطع

۱-۳-۲-۲- راکتورهای گازی‌سازی زیست‌توده به روش بستر سیال

در راکتورهای بستر سیال، بخشی از فضای درون راکتور را با دانه‌های بی‌اثر و دیرگداز مانند ماسه‌های سیلیسی یا دانه‌های آلومین پر می‌کنند که به آن اصطلاحاً بستر[1] می‌گویند. شبکه‌ای با هدف توزیع یکنواخت جریان سیال گازی‌ساز در بخش زیرین راکتور نصب شده و کار دیگر آن جدا کردن محفظه واکنش از محفظه تجمع خاکستر است. در محفظه واکنش، ذرات سوخت و سیال عامل گازی‌ساز (هوا، اکسیژن یا بخار) با یکدیگر در اختلاط بوده و آشفتگی در درون راکتور به اندازه‌ای است که مواد جامد به حالت شناور در فضای راکتور درمی‌آیند و واکنش‌های ترموشیمیایی روی می دهند. برای ایجاد این آشفتگی، عامل

[1] Bed

گازساز با سرعت نسبتاً زیاد (بین ۱ تا ۴m/s) وارد راکتور می‌شود و مواد درون آن را به حالت قلیان درمی‌آورد. برای بهبود تبادل حرارت، دانه‌های درون راکتور در اثر گرمای درون راکتور گداخته شده و کار انتقال حرارت به ذرات سوخت را انجام مـی دهنـد. راکتورهای بستر سیال خود به دو نوع بستر سیال جوشان[1] و بستر سیال چرخشی[2] دسته‌بندی می‌شوند.

گازی‌سازی در راکتور بستر سیال جوشان

در فرآیند گازی‌سازی بستر سیال جوشان سرعت دمیدن عامل گازی‌ساز به بستر حاوی زیست‌توده و مواد پرکننده بـه انـدازه‌ای است که نیروی اصطکاک میان ذرات جامد و گاز در تعادل با نیروی وارده از جریان گاز است و حبـاب‌هـایی درون بسـتر پدیـد می‌آیند که سرانجام با رسیدن به سطح بالایی بستر می‌ترکند و آزاد می شوند و سطح بستر در عمل نوسان اندکی خواهد داشت. چیدمان نمادین این فناوری در شکل (۱-۱۲) دیده می‌شود.

دما در راکتور گازی‌ساز بستر سیال جوشان از ۸۵۰ تا بیش از ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد تغییر می‌کند. در صورتی‌که از این فنـاوری برای تولید هیدروژن، سوخت مایع و ترکیبات شیمیایی استفاده شود، بهتر است در دماهای بالا راهبری شود، زیـرا در دماهـای بیش از ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد، میزان اندکی از متان، هیدروکربن‌های سنگین و قطران پدید آمده و تولید هیدروژن و منوکسیدکربن به اوج می‌رسد [۵].

برخی از فناوری‌های گازی‌سازی بستر سیال در فشار بالا (تا ۲۰ بار) که برای تولید سوخت مایع و ترکیبـات شـیمیایی بـه کـار می‌روند، گاهی از یک نوع سیال گازی‌ساز بهره می‌برند و گاهی عامل گازی‌ساز در آن ها آمیختـه‌ای از هـوا، اکسـیژن و بخـار است. با تغییر نسبت این سیال‌ها، نسبت هیدروژن و منوکسیدکربن را در گاز سنتز پدید آمده در راکتور تنظیم می‌کنند. فنـاوری گازی سازی بستر سیال جوشان تا سال ۲۰۰۲ بیشترین آزمایش و کاربری را در عرصه تولید هیدروژن، مواد شیمیایی، بنـزین و گاز شبکه لوله‌کشی داشته است [۵].

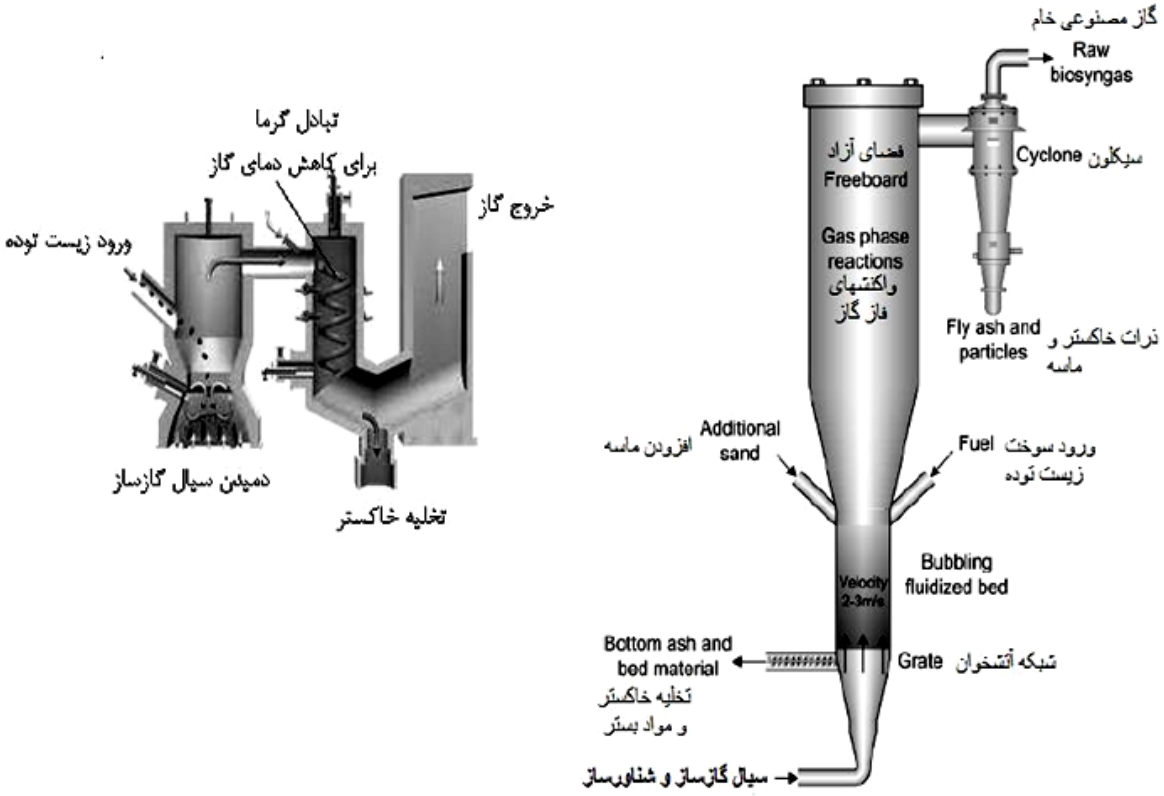
برتری‌های گازی‌ساز بستر سیال جوشان به قرار زیر است:

- تولید گاز با کیفیت یکنواخت
- توزیع کمابیش یکنواخت دما در راکتور
- توانایی پذیرش دامنه گسترده‌ای از اندازه‌های سوخت از جمله ذرات ریز

[1] Bubbling fluidized bed
[2] Circulating fluidized bed

- فراهم کردن نرخ بالای انتقال گرما میان مواد بی‌اثر بستر، سوخت و گاز
- نرخ بالای تبدیل (بهره بالای گاز) و درصد اندک قطران و کربن تبدیل نشده

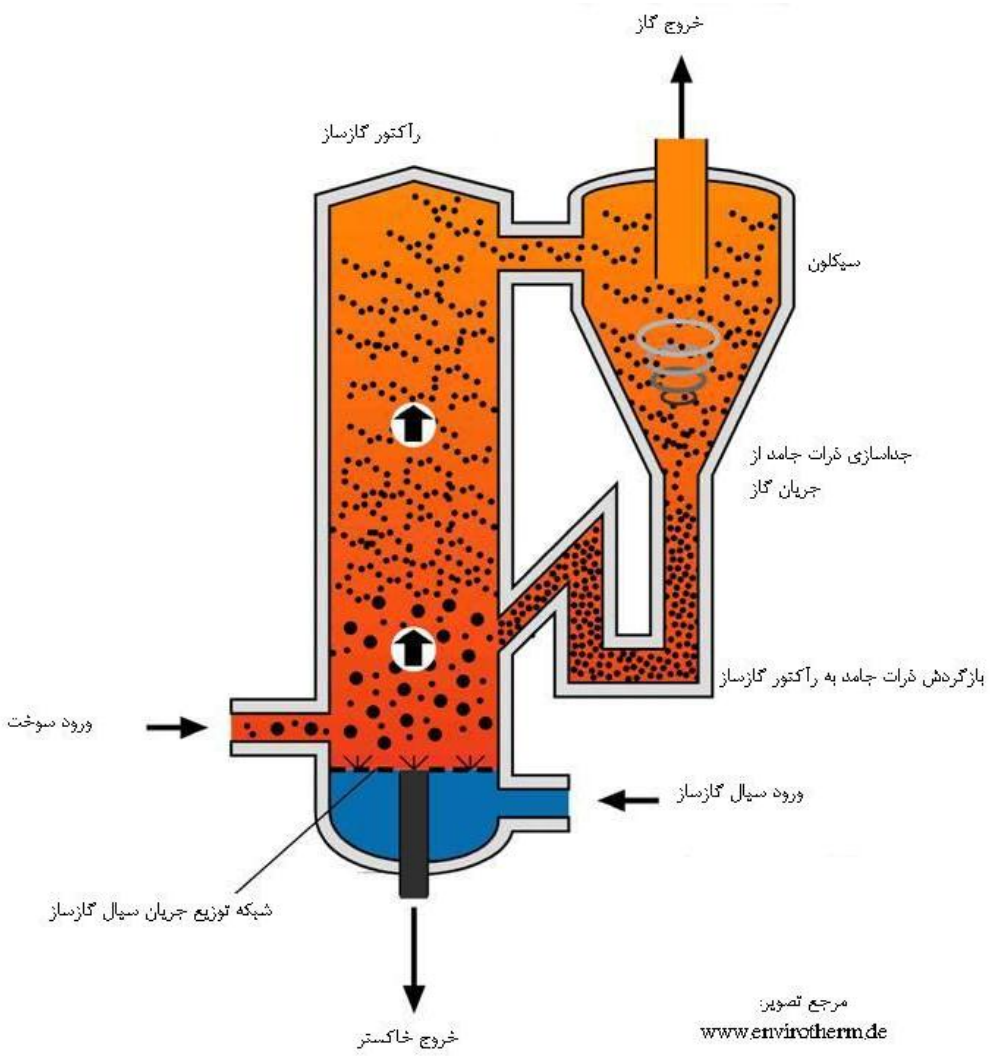
کاستی این فناوری آن است که در صورت تشکیل حباب‌های درشت در بستر، امکان میان‌بر زدن و گریز گاز از میان بستر وجود دارد.



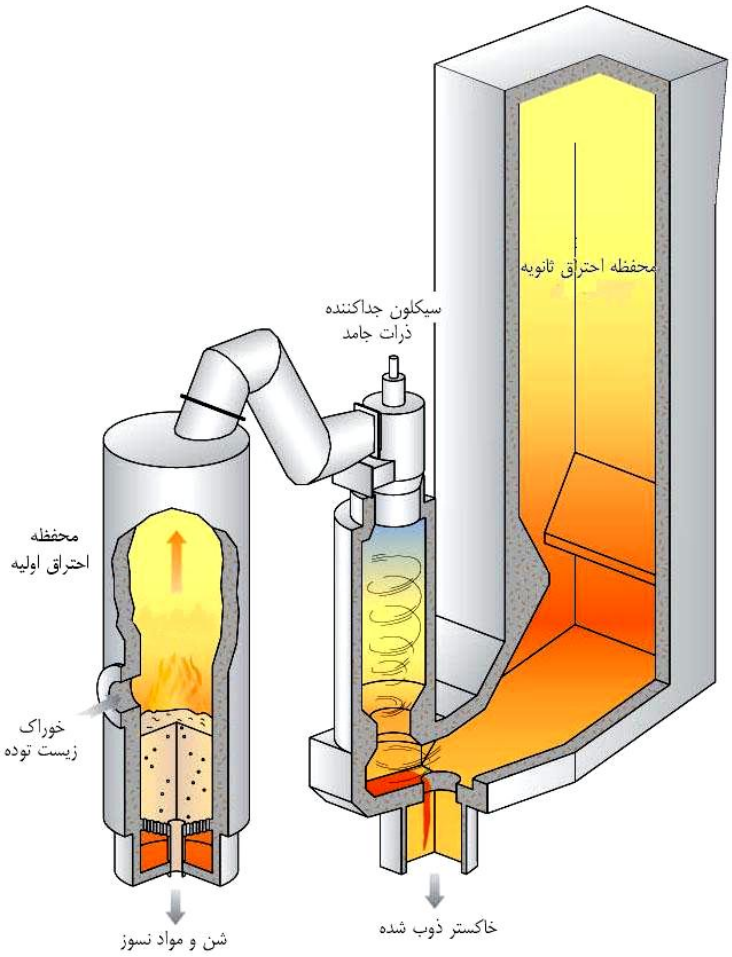
شکل ۱-۱۲ چیدمان فرآیند و نمایه راکتور گازی‌ساز بستر سیال جوشان

گازی‌سازی در راکتور بستر سیال چرخشی

در راکتور بستر سیال چرخشی، سرعت ورود سیال گازی‌ساز (هوا یا اکسیژن یا بخار یا هر گاز دیگر) به حدی بالا است که ذرات بستر را به تلاطم وا می‌دارد و در این میان برخی ذرات و دانه‌ها همراه با جریان گاز خروجی از فراز راکتور می‌گریزند که در واحد بالادستی، یعنی در سیکلون به دام می‌افتند و از جریان گاز جداشده و به راکتور بازگردانده می شوند. ساختار نمادین یک راکتور بستر سیال چرخشی در (۱-۱۳) نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۳ ساختار نمادین راکتور بستر سیال چرخشی



شکل ۱-۱۴ نمای سه بعدی از راکتور بستر سیال چرخشی

برتری‌های گازی‌سازی بستر سیال چرخشی بدین شرح هستند:

- مناسب برای واکنش‌های سریع
- آهنگ بالای انتقال حرارت با توجه به ظرفیت حرارتی بالای مواد بستر
- آهنگ بالای تبدیل سوخت به گاز همراه با درصد اندک قطران و کربن تبدیل نشده

کاستی‌های فناوری بدین قرار می‌باشند:

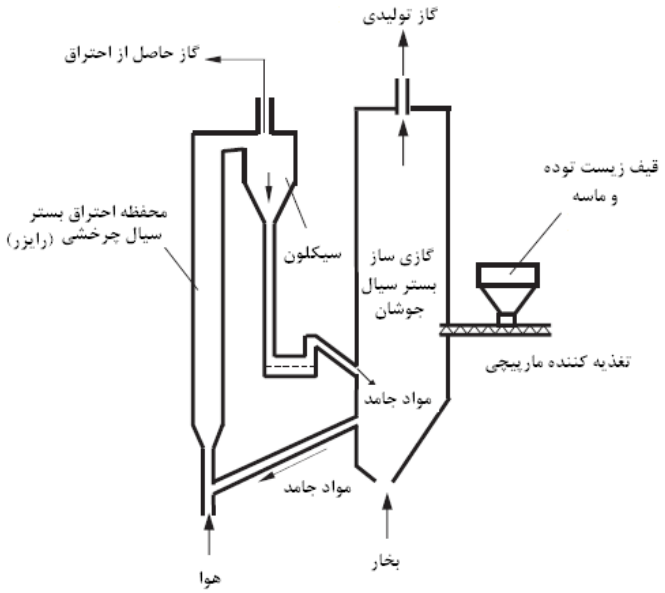
- اختلاف درجه حرارت در امتداد جریان مواد جامد پدید می‌آید.
- محدودیت حداقل سرعت انتقال به وسیله اندازه ذرات سوخت : سرعت‌های بالا موجب سایش تجهیزات فن‌آوری می‌شوند.

- کارآیی تبادل گرما کم‌تر از راکتور بستر سیال جوشان است.

گازی ساز بستر سیال دوقلو/دوبستره[1]

هوا، به دلیل هزینه پایین و فراهم بودن، اغلب به عنوان عامل گازی‌ساز استفاده می‌گردد. مسئله اساسی در استفاده از هوا به عنوان عامل گازی‌ساز این است که نیتروژن موجود در هوا باعث رقیق شدن گاز تولیدی شده و ارزش حرارتی آن را کاهش می‌دهد. استفاده از اکسیژن به عنوان عامل گازی‌ساز این مسئله را از بین می‌برد، اما کاربرد آن به دلیل قیمت بالای اکسیژن محدود می‌شود. گازی‌ساز دو بستره به منظور حل مشکل رقیق شدن توسط نیتروژن طراحی شده است. این نوع گازی‌ساز از یک محفظه احتراق بستر سیال چرخشی که در آن زغال باقیمانده به منظور تأمین حرارت محترق می‌شود و یک گازی‌ساز بستر سیال جوششی که در آن پیرولیز زیست توده و گازی‌سازی زغال صورت می‌پذیرد، تشکیل شده است. مواد خنثی تشکیل دهنده بستر به عنوان حامل انرژی عمل نموده و بین دو راکتور به گردش درمی‌آیند. معمولاً بخار از پیش گرم شده به عنوان عامل گازی‌سازی در راکتور بستر سیال جوشان در دمای ۷۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتیگراد استفاده می‌گردد. زغال و قطران که در راکتور بستر سیال جوشان تولید می‌گردد به محفظه احتراق عمودی فرستاده شده و در آنجا با هوای تغذیه اکسید می‌گردد. گاز حاصل از احتراق که حاوی نیتروژن است پس از عبور از سیکلون تخلیه می‌گردد. در نتیجه گازی فاقد نیتروژن و قطران حاصل می‌گردد. از دیگر مزایای این نوع راکتور می‌توان به عدم نیاز به پیش‌فرآوری زیست توده، سهولت در تغذیه زیست توده و عدم نیاز به اکسیژن اشاره نمود. با این وجود همچنان مسائلی همچون هزینه سرمایه‌گذاری بالا، هزینه عمکرد بالا نسبت به گازی‌سازی‌های بستر ثابت و همچنین مقادیر بالای غبار در گاز خروجی از مسائل محدودکننده می‌باشند.

[1] Twin-Bed/Dual Fluidised-Bed Gasifier



شکل ۱-۱۵ طرحواره‌ای از بستر سیال دو بستره/دو قلو

۱-۳-۲-۳- فرآیندهای گازی‌سازی جریان پیوسته آرام

گازی‌سازی جریان پیوسته آرام[1] نوعی از فناوری گازی‌سازی است که در آن سوخت همراه با جریان سیال عامل گازی‌ساز به راکتور وارد شده و به سرعت به گاز تبدیل می‌شود. این فناوری اساساً در دمای بالا ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد و تحت فشار بالا (اغلب در دامنه ۲۰ تا ۵۰ اتمسفر) کار می‌کند. راکتورهای گازی‌ساز جریان هم‌زمان اساساً برای گازی‌سازی زغال-سنگ یا نفت خام و مشتقات نفتی ابداع شده اما گازی‌سازی زیست‌توده نیز به صورت هم‌زمان با زغال‌سنگ در چندین مورد از چنین راکتورهایی با موفقیت مورد آزمون قرار گرفته است. فرآیندهای گازی سازی جریان هم زمان در بیش‌تر موارد از اکسیژن خالص به عنوان سیال عامل گازی‌ساز بهره می‌گیرند و ظرفیت بهره‌برداری آنها اغلب بالای ۱۰۰ مگاوات حرارتی است. به دلیل دمای بالا در این راکتورها، ماده خام به طور کلی تبدیل به گاز می شود و زمان ماند در این راکتورها کوتاه است و در حد چند ثانیه می‌باشد. این راکتورها بسته به نوع سوخت مصرفی، بر دو نوع طراحی و ساخته می‌شوند:

[1] Entrained Flow Gasification processes

- یکی از دسته‌ها، راکتور گازی‌ساز گدازنده[1] است که خاکستر را ذوب می‌کند و برای سوخت‌های دارای خاکستر (از جمله زیست‌توده) به کار برده می‌شود.
- دیگری راکتور ناگدازنده که برای سوخت‌های بدون خاکستر به کار می‌رود.

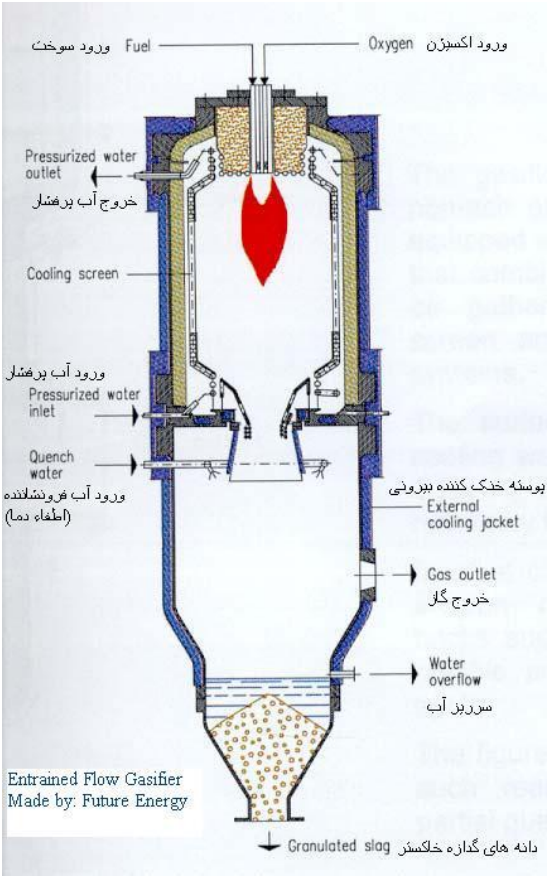
در راکتور گدازنده، اجزاء شیمیایی تشکیل‌دهنده خاکستر ذوب می شوند. ذرات ذوب‌شده بر روی دیواره‌های خنک‌تر راکتور متراکم می شوند و در نهایت یک لایه جامد بر روی دیواره پدید می آورند که به مثابه یک لایه حفاظتی عمل می‌کند. گدازه مذاب در یک مایع آمیخته شده و در اثر خنک شدن سریع به گلوله‌های پوکه مانند تبدیل می شوند و این مخلوط از کف راکتور تخلیه می شود. برای پدید آوردن یک مایع حاوی گدازه خاکستر با گرانروی مناسب در دمای مربوطه، ماده‌ای به عنوان ماده روان‌کننده جریان تخلیه به بخش پایینی راکتور افزوده می‌شود. برای نیروگاه‌های زغال‌سنگ‌سوز که از این دسته راکتورها استفاده می‌کنند، معمولاً سنگ آهک یا دیگر مواد معدنی غنی از کلسیم به عنوان روان‌کننده جریان تخلیه به کار می‌روند.

تولید گاز سنتز از زیست‌توده به کمک فرآیند گازی‌سازی جریان هم‌زمان برتری‌های زیر را دارد:

- تولید گاز با ظرفیت و بازدهی بالا : به دلیل سرعت زیاد واکنش و دمای بالا، بیش از ۹۹/۵٪ سوخت به گاز تبدیل می‌شود و بدین دلیل که زیست‌توده به صورت پودر همراه با جریان سیال عامل (معمولاً اکسیژن) به راکتور وارد می‌شود، شدت جریان‌های جرمی بالایی قابل انتقال به راکتور خواهند بود که به تولید شدت جریان بالای گاز سنتز خواهند انجامید.
- انعطاف‌پذیری در سوخت ورودی به راکتور : همه انواع زیست‌توده از جمله چوب، بقایای کشاورزی غنی از مواد قلیایی، لجن فاضلاب و فضولات دامی می‌توانند همراه با ذغال‌سنگ یا ته‌مانده‌های جامد نفت خام در راکتور گازی‌ساز به گاز تبدیل شوند.
- سادگی در پاکیزه‌سازی گاز : با توجه به دمای بالای راکتور، گاز سنتز به دست آمده عاری از ناخالصی‌های آلی (ترکیبات قطران) است و با کمک روش‌های مرسوم می‌تواند از ناخالصی‌های معدنی نیز پالایش شود.
- کم‌ترین پسماند فرآیند : مواد معدنی زیست‌توده به صورت گدازه‌های خاکستر و غبار خاکستر بازیافت می‌شوند. گدازه‌ها (همانند پوکه معدنی) می‌توانند در عملیات ساختمانی و عمرانی به کار روند، زیرا این مواد عاری از کربن و ناخالصی‌های آلی بوده در حالی‌که خاکستر حاصل از روش‌های متداول گازی سازی زیست توده به دلیل دارا بودن درصد قابل توجهی از کربن نسوخته باید همانند یک پسماند شیمیایی با آن برخورد شود.

[1] Slagging Entrained flow Gasifier

یک مثال از گازی‌سازی زیست‌توده به روش جریان هم‌زمان در مقیاس بزرگ، نیروگاه ذغال‌سنگ‌سوز «بوگنوم» در هلند، ساخت شرکت «شل» است که برج گازی‌سازی آن ۶۰۰ مگاوات حرارتی ظرفیت تولید گاز دارد و بازدهی الکتریکی خالص نیروگاه ۴۳٪ است. آزمایش گازی‌سازی هم‌زمان ذغال‌سنگ و زیست‌توده با استفاده از انواع زیست‌توده مانند چوب، لجن فاضلاب و فضولات مرغداری در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ با موفقیت انجام گرفته است. نسبت انرژی ورودی حاصل از زیست توده به برج گازساز ۱۰٪ کل انرژی ورودی بوده، اما اکنون این نسبت به ۲۵٪ افزایش یافته است. نمونه‌ای از ساختار فرآیند گازی‌سازی جریان هم‌زمان در شکل (۱-۱۶) دیده می‌شود.



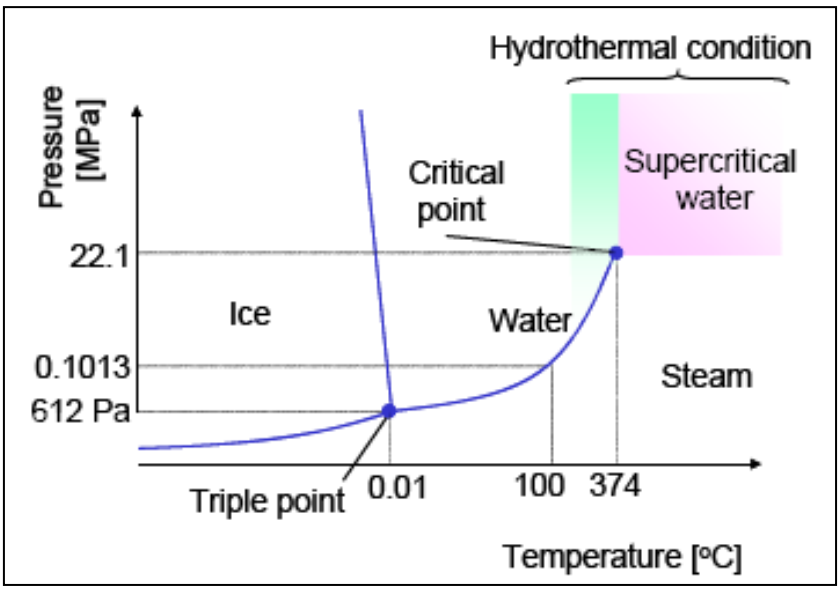
شکل ۱-۱۶ ساختار فرآیند گازی‌سازی جریان هم‌زمان در یک راکتور بزرگ مقیاس

۱-۳-۲-۴- انواع دیگر گازی‌ساز

علاوه بر گازی‌سازهایی که در بالا نام برده شده، انواع دیگری از گازی‌ساز یا فناوری گازی‌سازی وجود دارد که به طور گسترده مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته‌اند که در ادامه به دو نوع هیدروترمال و پلاسما پرداخته می‌شود.

گازی‌سازی هیدروترمال

گازی‌سازی هیدروترمال فرایند فرآوری زیست توده در آب داغ تحت فشار، معمولاً در دمای بالای ۳۵۰ °C و فشار بالای ۲۰ MPa، جهت استحصال گاز قابل احتراق می‌باشد. شکل (۱-۱۷) نمودار فاز آب را نشان می‌دهد، که در آن خط تعادل گاز مایع از نقطه سه گانه شروع می‌شود و در نقطه بحرانی خاتمه می‌یابد. حالت هیدروترمال در اطراف نقطه بحرانی واقع شده است. هنگامیکه دما و فشار از دما و فشار بحرانی بالاتر باشد، این حالت، آب فوق بحرانی نامیده می‌شود و گازی‌سازی نیز گازی‌سازی فوق بحرانی نامیده می‌شود. این آب داغ تحت فشار واکنش بالایی دارد و هنگامیکه زیست توده در آن قرار داده می‌شود، توسط واکنش‌های هیدرولیز و پیرولیز تبدیل به گاز می‌شود.



شکل ۱-۱۷ نمودار فاز آب

گازی‌سازی هیدروترمال برای فرآوری زیست توده مرطوب مناسب است. در مورد زیست توده مرطوب، به علت میزان رطوبت بالای آن از گازی‌سازی ترموشیمیایی متداول استفاده نمی‌شود. از طرف دیگر گازی‌سازی هیدروترمال از آب به عنوان ماده واسط واکنش استفاده می‌کند، در نتیجه زیست توده مرطوب می‌تواند بدون صرف هزینه و انرژی جهت خشک کردن، فرآوری

شود. از آنجا که واکنش پذیری آب در این حالت بالا می‌باشد، فرایند تبدیل گاز می‌تواند سریع (ظرف چند دقیقه) و تقریباً کامل صورت گیرد. گاهی اوقات، افزودن کاتالیست مانند کاتالیست‌های قلیایی، فلزی یا کربنی، واکنش را افزایش می‌دهد. گاز تولید شده، پس از اینکه خروجی راکتور تا دمای اتاق سرد شد به طور خودکار تفکیک می‌شود. به دلیل زمان واکنش پایین، پایین بودن زغال تشکیل شده، پایین بودن قیمت آب، گازی‌سازی زیست توده با آب فوق بحرانی و زیربحرانی به عنوان یک راه مناسب و موثر برای تبدیل زیست توده در نظر گرفته می‌شود. ترکیب اصلی گاز حاصل، هیدروژن، دی اکسید کربن و متان است. به علت واکنش شیفت آب–گاز میزان مونوکسید کربن قابل صرفه نظر کردن است. ارزش حرارتی گاز تولیدی به شرایط واکنش بستگی دارد و معمولاً از ۱۲–۱۸ $MJ/m^{-3}N$ متغیر است.

گازی‌ساز پلاسما

گازی‌سازی پلاسما یک فرایند ویژه گازی‌سازی است که در آن زیست‌توده در دمای بسیار بالا (۳۰۰۰ درجه سانتیگراد یا حتی بالاتر) در محیطی کم به اجزای اصلی گاز (هیدروژن و مونواکسیدکربن) اکسیژن تبدیل می‌گردد. گازی‌سازی زیست‌توده به روش پلاسما به عنوان یک فناوری تمیز و قابل اطمینان با حداقل تولید قطران و کمترین اثرات زیست محیطی در نظر گرفته می‌شود.

گازی‌سازی پلاسما تقریباً به طور انحصاری روی مواد اولیه ضایعاتی متمرکز شده است و نیروگاه‌های موجود گازی‌سازی موادی مانند، زباله شهری، بقایای گیاهی که به طور خودکار خرد شدند، لاستیک، خاکستر زباله‌سوز، زغال سنگ و ضایعات خطرناک، ضایعات پزشکی، ضایعات صنعتی و ضایعات رادیواکتیو است. مواد دیگری از قبیل تخته‌های مدار چاپی، پنبه‌های نسوز، لجن فاضلاب، نفت، دوغاب زغال سنگ/آب، کک نفت، کاغذ، پلاستیک و فلزات مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. از آنجا که گازی‌سازی پلاسما تقریباً می‌تواند هر ماده‌ای را بپذیرد، مواد اولیه اصلی مورد استفاده آن‌هایی هستند که جداسازی و بازیافت بیشتر آن‌ها بسیار دشوار یا گران است. بخش آلی مواد اولیه گازی‌سازی، و بخش معدنی منجمد می‌شود، اغلب برای توجیه اقتصادی نیاز به کسب اعتبار محصول جانبی دارند. با این حال، گازی‌سازی پلاسما با مواد اولیه غیر ضایعاتی ممکن است در آینده به لحاظ اقتصادی قابل دوام شود.

بهره‌برداری منعطف از مشعل پلاسما، از طریق بالا یا پایین آوردن توان الکتریکی ورودی یا سرعت جریان پلاسما، امکان هرگونه تغییری در مقدار مواد اولیه، سازگار شدن رطوبت و ترکیب با محیط، ثابت نگهداشتن درجه حرارت گازی‌سازی، را فراهم

می‌آورد. بنابراین گازی‌سازی پلاسما می‌تواند مواد اولیه با اندازه ذرات مختلف، شامل توده درشت و مواد پودری، را با حداقل آماده‌سازی بپذیرد (کاهش اندازه و خشک کردن معمولاً مورد نیاز نیست و مواد ناهمگن قابل قبول است). با این حال، به طور کلی، مواد اولیه با میانگین رطوبت یا میزان مواد معدنی بالاتر منجر به کاهش واکنش گازی‌سازی و دمای گاز سنتز و بازده پایین‌تر می‌شوند، و مواد اولیه با میانگین میزان کربن پایین‌تر منجر به کیفیت پایین‌تر گاز سنتز و/یا ارزش حرارتی آن می‌شود. بنابراین دسته‌بندی ضایعات برای حذف شیشه، فلزات و مواد بی‌اثر قبل از ورود به راکتور پلاسما گاهی اوقات یک فرایند آماده-سازی مواد اولیه مطلوب می‌باشد [۶].

۱-۳-۳- فرآورش

گاز محصول فرایند گازی‌سازی زیست‌توده علاوه بر اجزای اصلی CO، H_2، CO_2، CH_4 و H_2O شامل ناخالصی‌های آلی (قطران)، ناخالصی غیرآلی و ذرات هستند. در نتیجه، برای بهره‌برداری موثر باید پردازش شود. نوع و میزان آلاینده‌ها در گاز محصول، تحت تأثیر فرایند گازی‌سازی و نوع منبع زیست‌توده قرار دارد. فناوری‌های مختلفی برای تصفیه گاز سنتز بسته به احتیاجات خاص به کار می‌رود. بنابراین واحد پاکسازی گاز برای یک سیستم، به طور کلی، توسط ترکیب گاز محصول خروجی از گازی‌ساز، مقیاس و کاربرد مورد نظر و ملاحظات اقتصادی تعیین می‌شود [۳ و ۵].

۱-۳-۳-۱- حذف ذرات

جریان گاز محصول از گازی‌ساز به طور معمول شامل ذرات، متشکل از مواد تبدیل نشده زیست‌توده (خاکستر و زغال چوب) و مواد بستر می‌باشند. این ذرات می‌تواند منجر به گرفتگی و سایش تجهیزات پایین دستی یا انتشار آلاینده شود. بنابراین، حذف رسوب این ذرات قبل از استفاده گاز در مبدل اجباری خواهد بود. فناوری‌های مورد استفاده به منظور حذف ذرات می‌توانند به طور عمده در دو دسته تصفیه گاز خشک با تجهیزاتی مانند جداکننده سیکلون، فیلترها (فیلتر شمعی از جنس فلز یا سرامیک متخلخل، فیلترهای کیسه‌ای، فیلتر بستر بسته‌ای)، رسوب‌دهنده الکترواستاتیک و روش تصفیه گاز مرطوب توسط برج‌های شستشوی مرطوب (برج های اسپری، برج‌های شستشو اسپری سیکلون، اسکرابرهای صفحه غربال، برج‌های شستشو ونتوری و برج‌های شستشو بستر بسته‌بندی شده) طبقه‌بندی گردند. جداکننده‌های سیکلون، به طور عمده برای جداسازی ذرات بزرگتر (با

قطر بیش از ۵ میکرون) در مرحله تمیز کردن ابتدایی با افت فشار کم استفاده می‌شوند و اسکرابرهای مرطوب، فیلترهای مختلف و رسوب‌دهنده الکترواستاتیک پس از آن ذرات کوچکتر را جدا می‌کنند [۳ و ۵].

۱-۳-۳-۲- حذف مواد قلیایی

ترکیبات قلیایی موجود در زیست‌توده در حین فرایند گازی‌سازی تبخیر شده و زمانی که متراکم می‌شوند ذراتی تشکیل می‌دهند که موجب خوردگی سطوح فلزی تجهیزات پایین دستی می‌گردد. علاوه بر این، نمک‌های قلیایی کاتالیزور مورد استفاده در تجزیه قطران، اصلاح و تبدیل گاز سنتز به هیدروکربن را غیر فعال می‌کند. موارد ذکر شده لزوم حذف آن‌ها را نشان می‌دهد. برای حذف این ذرات می‌توان از روش خنک کردن گاز و سپس عبور آن از فیلتر بهره برد [۳].

۱-۳-۳-۳- حذف ترکیبات نیتروژنی

گازی‌سازی زیست‌توده موجب می‌شود نیتروژن موجود در منابع (۳-۰/۵٪)، به آمونیاک (۶۵-۶۰٪) و نیتروژن مولکولی تبدیل شود. عدم حذف آن منجر به تشکیل NO_x می‌شود. اگر گاز محصول سرد مورد نظر باشد، آمونیاک را می‌توان با شستشوی مرطوب حذف کرد. پاکسازی گاز داغ از آمونیاک را می‌توان با شکست آمونیاک در دمای بالا با استفاده از دولومیت، کاتالیزورهای نیکل و کاتالیزورهای آهن انجام داد [۳].

۱-۳-۳-۴- حذف ترکیبات سولفور

اکثر منابع زیست‌توده گوگرد بسیار کمی (۰/۵٪>) دارند، که در حین گازی‌سازی به H_2S و SO_2 تبدیل می‌شود. به دلیل درصد گوگرد پایین زیست‌توده، در مقایسه با زغال سنگ، میزان گوگرد در گاز محصول به اندازه‌ای کم است که محدودیتی برای اکثر کاربردها ندارد. SO_2 در گاز سنتز می‌تواند به وسیله شستشوی مرطوب حذف شود. سنگ آهک، دولومیت یا CaO، به دلیل هزینه پایین و دسترسی وسیع، برای حذف SO_2 و H_2S استفاده می‌شوند. در حالت پاکسازی گاز داغ فرآیندهای تبدیل کردن به آهک برای حذف SO_2 سودمند هستند [۳].

۱-۳-۳-۵- حذف قطران

قطران بخشی از زیست‌توده است که به طور کامل به گازهای سبک‌تر تجزیه نشده است. گاز محصول دما بالای خروجی از گازی‌ساز شامل قطران است که اگر حذف نشود، بر روی دیواره تجهیزات پایین‌دستی مانند لوله خروجی، مبدل‌های حرارتی، موتور احتراق، راکتورها و یا پیل‌های سوختی متراکم می‌شود که موجب گرفتگی و ساییدگی و در نتیجه منجر به کاهش بهره-وری و افزایش هزینه‌های فرآیند می‌شود. قطران همچنین برای کاتالیزورهای مورد استفاده برای تبدیل گاز سنتز و کاربردهای پیل سوختی مضر است. روش‌های حذف قطران به دو دسته کلی تقسیم شده‌اند:

- الف) روش حذف اولیه
- ب) روش حذف ثانویه

روش حذف اولیه به روش‌هایی اطلاق می‌شود که موجب می‌شوند میزان قطران کمتری در گاز خروجی پدید آید و در داخل گازی‌ساز بدون نیاز به یک راکتور ثانویه به کار می‌روند. این روش‌ها شامل طراحی و بهینه‌سازی شرایط عملیاتی گازی‌سازی، و اضافه نمودن کاتالیزور در بستر گازی‌ساز (که کاتالیزورهای در بستر نامیده می‌شوند) می‌باشد.

روش‌های ثانویه بر قرار دادن تجهیزاتی در پایین‌دست راکتور گازساز تکیه دارند که قطران را از جریان گاز بزدایند. این روش‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- پاکسازی مرطوب
- گاز داغ

فناوری‌های حذف قطران را می‌توان به طور کلی به پنج گروه تقسیم نمود که عبارتند از:

- روش‌های مکانیکی (سیکلون، فیلترها، بسترهای دانه‌ای، جداکننده ذرات دوار، رسوب‌دهنده الکترواستاتیک و برج شستشو)
- روش خوداصلاحی (به وسیله استفاده از گازی‌ساز با تولید قطران کم یا بهینه نمودن پارامترهای بهره‌برداری)
- تقطیر کاتالیستی
- تقطیر حرارتی
- روش‌های پلاسما (Pyroarc، corona، glidarc) [۳ و ۵]

۱-۳-۴- تبدیل

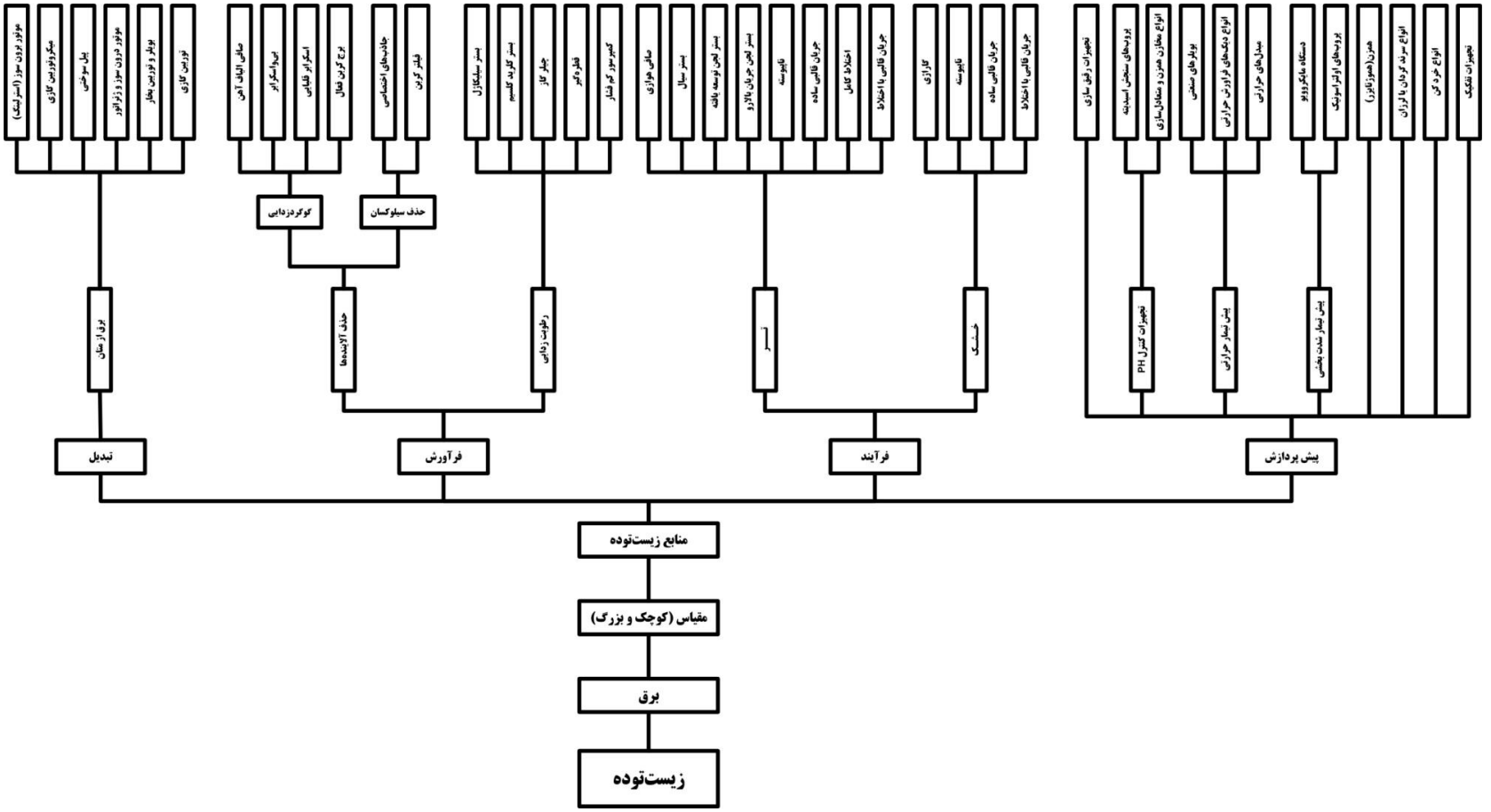
برای هر یک از کاربردهای تولید برق، حرارت و سوخت از گاز حاصل از فرایند گازی‌سازی می‌توان از تجهیزات مختلفی بهره برد. با توجه به این که گاز محصول، یک گاز قابل احتراق می‌باشد می‌توان از آن برای تولید برق در تمام سیستم‌ها از جمله توربین بخار، موتورهای گازی، موتورهای احتراق داخلی، توربین‌های گاز و همچنین پیل‌های سوختی استفاده نمود.

۱-۴- شناسایی فناوری هاضم بیهوازی و زیرفناوری و تجهیزات فرایندی آن

با استناد به مطالب بخش قبل، فناوری هاضم بیهوازی به عنوان یکی از فناوری‌های منتخب برای تولید برق از منابع زیست‌توده تعیین گردید. در شکل (۱-۱۷) درخت فناوری هاضم بیهوازی با توجه به مطالعات انجام شده ترسیم شده است. همان طور که پیش از این توضیح داده شد، با توجه به اولویت تولید برق از زیست توده در این پروژه، به عنوان تنه اصلی درخت در نظر گرفته می‌شود. مقیاس فناوری به عنوان سطح دوم در درخت فناوری قرار دارد. در سطح سوم منابع زیست‌توده قرار داشته و در سطح آخر بخش‌های پیش‌فراوری، فرآیند اصلی، فراورش و تبدیل قرار دارند.

در این گزارش، درخت ترسیم شده برای فناوری هاضم بیهوازی صرفنظر از پارامتر مقیاس (کوچک و بزرگ)، نوع منبع زیست توده قابل استفاده و نوع هاضم بیهوازی مناسب برای هر منبع و مقیاس، ترسیم شده است. لازم به ذکر است که درخت تفصیلی که در آن نوع مقیاس، منبع زیست‌توده و مدل هاضم بیهوازی مناسب با مقیاس و منبع مشخص شده باشد و تجهیزات فرایندی و تبدیل نیز با همین تناسب انتخاب شده باشند در مرحله سوم پروژه که شامل تعیین راهبرد، اولویت‌بندی و سبک اکتساب فناوری هاضم بیهوازی می‌باشد ارائه خواهد شد.

شایان ذکر است که تمام تجهیزات ارائه شده در این درخت از مراجع علمی معتبر گردآوری و ارائه شده‌اند. راهبرد درخت فناوری سبب شده است تا انبوهی از مطالب پراکنده به صورتی بسیار ساده، چکیده و قابل استفاده ارائه گردد. در ادامه ابتدا بخش‌های مختلف فرایند در فناوری تولید برق از هاضم بیهوازی (سطح چهارم) زیست‌توده شرح داده می‌شود.



شکل ۱-۱۸ درخت فناوری هاضم بیهوازی

۱-۴-۱- پیش‌پردازش

۱-۴-۱-۱- تجهیزات تفکیک

یکی از بخش‌های مهم فرآیند هضم، محصولات پس از هضم می‌باشد که بخش جامد آن به شکل کمپوست می تواند در زمین‌های کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. لذا برای داشتن فرآیند هضم با راندمان بالاتر و کمپوست تولیدی با کیفیت مطلوب، امکان ورود هر نوع ماده اولیه‌ای به درون هاضم وجود ندارد. تجهیزات تفکیک به دسته‌ای از تجهیزات اطلاق می‌شود که برای جداسازی مواد زائد، فلزات، مواد پلاستیکی و غیره از داخل توده زباله جامد شهری، به ویژه در مقیاس بزرگ (در صورتی که تفکیک از مبدأ در آن صورت نگرفته باشد) استفاده می‌شود. این تجهیزات ممکن است از تسمه نقاله ساده که در آن جداسازی مواد غیرمطلوب ورودی به هاضم توسط اپراتور صورت می‌گیرد تا تجهیزات پیشرفته‌ای چون دستگاه طبقه‌بندی واحد[1] با قیمتی بالغ بر ۳۰۰-۴۰۰ هزار یورو، که به صورت کامل عمل جداسازی هر دسته از مواد غیرمطلوب را انجام می دهد وجود داشته باشد.

۱-۴-۱-۲- انواع سرند گردان یا لرزان

از سرند برای جداسازی اولیه خوراک با ابعاد غیرمطلوب برای ورود به فرآیند هضم استفاده می‌شود. پس از جداسازی اولیه، خوراک ورودی برای کاهش اندازه به خردکن منتقل می‌شود.

۱-۴-۱-۳- انواع خردکن

خوراک اولیه ورودی به هاضم باید از لحاظ اندازه در حد مطلوبی باشد (معمولاً کمتر از ۴۰ میلیمتر). بنابراین یکی دیگر از بخش‌های پیش‌پردازش مواد اولیه، تجهیزات کاهش اندازه (خردکن) می‌باشد. این تجهیزات در مورد زباله جامد شهری و فضولات دامی با درصد مواد جامد (TS) بالا تا رسیدن به حد مطلوب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۴-۱-۴- همزن (هموژنایزر)

[1] unisort

خوراک اولیه پس از جداسازی و کاهش اندازه به منظور همگن‌سازی وارد هموژنایزر (پالپر) می‌شود تا خوراک اولیه‌ای که درصد مواد جامد بالایی دارند به شکل خمیر درآید.

۱-۴-۱-۵- پیش‌تیمار شدت بخشی

کاهش زمان ماند یکی از پارامترهای موثر در افزایش نرخ بارگذاری مواد آلی و در نتیجه افزایش میزان بیوگاز قابل استحصال از هاضم، در مدت زمان مشخص، می‌باشد. لذا خوراک اولیه قبل از ورود به هاضم می‌تواند توسط فرآیندهای شدت بخشی از قبیل استفاده از امواج فراصوت و مایکروویو، مرحله هیدرولیز را که در هاضم تا چند روز زمان می برد، طی چند ساعت تکمیل کرده و بدین ترتیب زمان ماند کاهش پیدا نماید.

۱-۴-۱-۶- پیش‌تیمار حرارتی

استفاده از بویلرهای صنعتی، دیگ‌های فرآورش حرارتی و یا مبدل‌های حرارتی می‌تواند برای اعمال پیش تیمار حرارتی بر روی خوراک اولیه مورد استفاده قرار گیرد. پیش‌تیمار حرارتی می‌تواند میکروارگانیسم‌ها را قبل از ورود به فرآیند اصلی هضم فعال کرده و بدین ترتیب باعث کاهش زمان ماند درون هاضم شود.

۱-۴-۱-۷- تجهیزات کنترل PH

کنترل اسیدیته مواد ورودی به هاضم برای انجام عمل هضم ضروری می باشد. اسیدی شدن محیط می‌تواند باعث از بین رفتن میکروارگانیسم‌ها و کاهش شدید راندمان عملی هاضم شود. بنابراین سنجش اسیدیته به طور مداوم انجام شده و در صورت اسیدی شدن محیط، از ترکیبات قلیایی (آب آهک و غیره) برای متعادل سازی PH استفاده می‌شود.

۱-۴-۱-۸- تجهیزات رقیق‌سازی

برخی از خوراک اولیه علاوه بر همگن‌سازی، بسته به درصد مواد جامد نیاز به رقیق‌سازی نیز دارند. این امر می‌تواند با افزودن آب به ماده ورودی، ترکیب ماده ورودی با TS بالاتر (مانند زباله شهری) با فاضلاب و غیره قبل از ورود به هاضم محقق شود.

۱-۴-۲- فرآیند هضم

با توجه به اهمیت درصد مواد جامد (TS) ماده ورودی به هاضم، در این بخش راکتورهای مناسب برای هر ماده اولیه و در مقیاس خاص مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند.

مواد ورودی به هاضم به دو دسته دسته‌بندی می‌شوند:

- مواد خشک : مواد با TS ۴۰-۲۰٪ در دسته خشک قرار می‌گیرند.
- مواد تر : مواد با TS کمتر از ۱۵٪ در دسته تر قرار می‌گیرند که بسته به مقیاس مورد استفاده، نوع خاصی از راکتورها برای آن‌ها قابل توسعه می‌باشد.

فرایند هضم درون راکتورها یا هاضم‌ها صورت می‌پذیرد. طراحی و توسعه هاضم‌ها برای رسیدن به اهداف زیر انجام می‌شود:

- بیشینه کردن بهره متان و بهینه کردن نرخ تولید آن
- افزایش ثبات فرایند
- کاهش انرژی مورد نیاز فرایند
- کاهش هزینه‌ها از طریق ساده‌سازی طراحی و راهبری

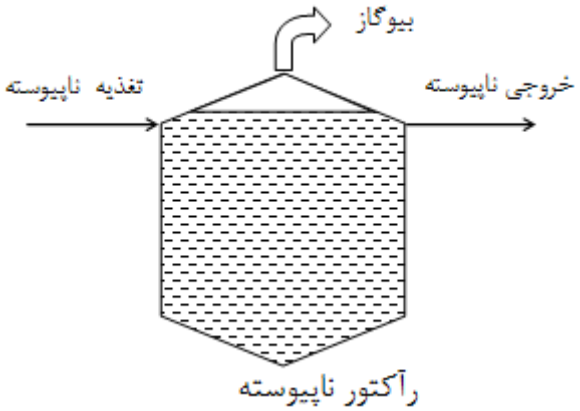
در ادامه به انواع مختلف راکتورها پرداخته شده است.

۱-۴-۲-۱- راکتور تغذیه ناپیوسته[1]

ساده‌ترین و معمولی‌ترین روش هضم که در اغلب نقاط جهان به کار می‌رود، روش تغذیه ناپیوسته است (شکل (۱-۱۸)). خوراک به همراه ماده تلقیح[2] که از هاضم قبلی یا منابع دیگر به دست آمده، وارد راکتور شده و تا زمانی که تولید بیوگاز متوقف یا بسیار اندک شود، فرصت هضم به مواد داده می‌شود. این نوع راهبری در مقیاس مزارع و خانگی کاربرد فراوان دارد. مقیاس بزرگتر- مانند محل‌های دفن زباله- برای مواد زائد جامد شهری به کار گرفته شده و برای زیست‌توده نیز ممکن است استفاده

[1] Batch Reactor
[2] Inoculum

شود. مطالعات جدید نشان می‌دهند که برتری‌های راهبری و عملیاتی هاضم‌های ناپیوسته مربوط به غلظت بالای مواد جامد می‌باشد. مهم‌ترین عیب هضم ناپیوسته، به تغییرات غیرثابت و کنترل نشده جمعیت باکتری‌ها نسبت داده می‌شود. این تغییرات باعث عدم توازن جمعیت باکتری‌ها، شکست و خرابی هاضم و آشفتگی و تغییرات در کیفیت و ترکیبات گاز تولید شده می‌گردد [۷۸].

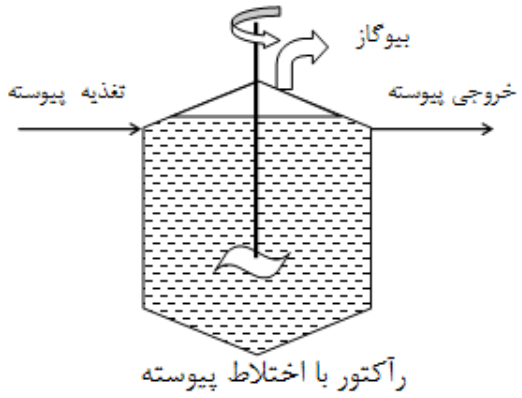


شکل ۱-۱۹ راکتور تغذیه ناپیوسته

۱-۴-۲-۲- راکتور با اختلاط پیوسته (CSTR)[1]

راکتورهای CSTR، هاضم‌های معمول در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌باشند. با اضافه شدن خوراک، به اندازه حجم معادل آن از خروجی، به صورت پیوسته یا متناوب جابجا می‌شود. در این راکتور، زمان ماند مواد جامد یا مایع معادل می‌باشند، بنابراین، با افزایش بارگذاری، زمان ماند کاهش پیدا کرده و مواد جامد شرکت نکرده در واکنش و میکروارگانیسم‌ها شسته می‌شوند. نتیجه این عمل کاهش واکنش هیدرولیز اولیه و شسته‌شدن باکتری‌های کندرشد[2] می‌باشد. نتایج بعدی ممکن است به عدم تناسب و تعادل در جمعیت باکتری‌ها، جمع‌شدن اسیدهای فرار و مختل‌شدن عملیات هاضم برسد. یک محدودیت دیگر، ایجاد اختلاط کامل در راکتورهای بزرگ است [۷۸].

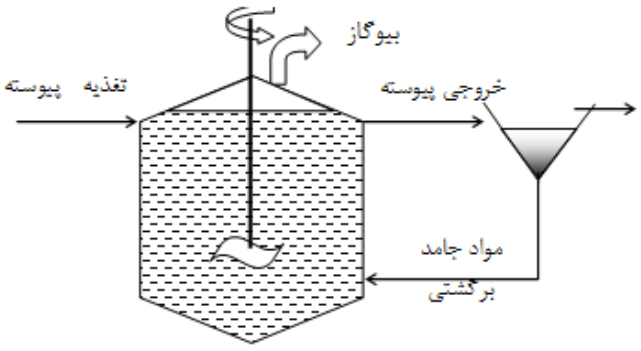
[1] Completely Stirred Tank Reactor (CSTR)
[2] Slow growing



شکل ۱-۲۰ راکتور تغذیه پیوسته با اختلاط مداوم

۱-۴-۲-۳- راکتور مخزن اختلاط پیوسته با بازگشت مواد جامد (CSTR / SR)

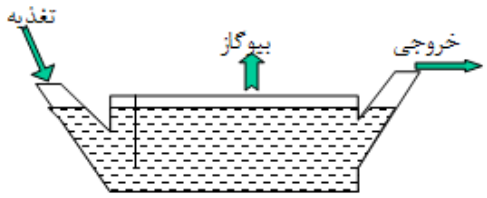
این طرح در نتیجه بهبود سینتیک از طریق افزایش زمان ماند میکروارگانیسم‌ها و مواد جامد فعال‌نشده به وسیله ته‌نشینی و بازگشت مواد جامد می‌باشد. این روش کاربرد زیادی در تصفیه فاضلاب‌های صنعتی یا خوراک‌هایی که بازگشت مواد جامد برای تامین جمعیت باکتری‌های فعال در هاضم‌های بیهوازی لازم است، دارد. یکی از محدودیت‌های این نوع طرح، لزوم تجهیزات اضافی برای افزایش زمان ته‌نشینی میکروارگانیسم‌ها و مواد جامد می‌باشد [۷۸].



شکل ۱-۲۱ راکتور اختلاط پیوسته با بازگشت مواد جامد

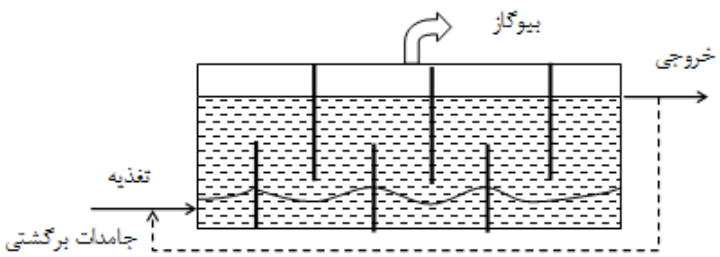
۱-۴-۲-۴- راکتور جریان قالبی[1]

راکتور با جریان قالبی در نوعی از هضم بیهوازی کاربرد دارد که یک راکتور با شکل دراز بدون داشتن اختلاط، موجود بوده و خوراک از یک انتها وارد شده و خروجی از انتهای دیگر جابجا شود. در حالی که هنگام تولید گاز، اختلاط جزیی محتویات هاضم در جهت عمود بر جریان رخ می‌دهد، اختلاط در جهت طولی و در نتیجه، امکان تفکیک مراحل فرایند در طول راکتور به کمترین حد می‌رسد [۷۸].



شکل ۱-۲۲ راکتور جریان قالبی

از آنجا که در این روش از تجهیزات اختلاط مکانیکی بهره‌گیری نمی‌شود، مواد جامد به صورت غیرفعال رسوب کرده و زمان ماند آنها طولانی‌تر از زمان ماند مواد مایع می‌گردد. در ابتدای هاضم، آبکافت (هیدرولیز) خوراک ورودی و تولید اسید به وقوع می‌پیوندد و در انتهای آن تولید متان. شسته‌شدن میکروارگانیسم‌ها در این روش اتفاق می‌افتد مگر در صورتی که ماده تلقیح به خوراک اضافه شده یا مواد جامد در هنگام راهبری به داخل راکتور بازگشت داده شوند. یک روش متداول دیگر برای جلوگیری از شسته‌شدن میکروارگانیسم‌ها، نصب راه‌بندهای عمودی به منظور ایجاد فضای راکد برای پروردن ارگانیسم‌های فعال می‌باشد. این بهبودسازی به نام راکتور جریان راه‌بندی‌شده (شکل (۱-۲۲)) شناخته شده که مزایای زیادی از جمله بهبود ثبات (آرامش) جریان، بالاتر رفتن بازده متعارف، سادگی و هزینه اندک را دارا می‌باشد [۷۸].



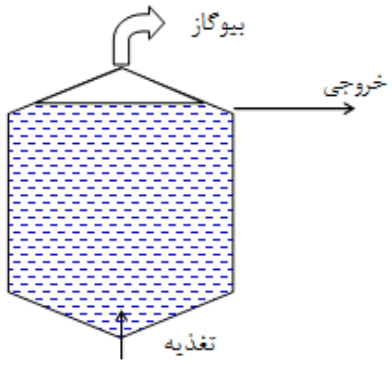
[1] Plug flow

شکل ۱-۲۳ راکتور جریان قالبی راه‌بندی‌شده

۱-۴-۲-۵- راکتور با بستر لجن بی‌هوازی و جریان بالارو[1] (UASB)

مفهوم این راکتور بر پایه حرکت بالارونده مواد آلی حل‌شدنی خوراک از میان بستری چگال از مواد جامد می‌باشد که حاوی میکروارگانیسم‌ها هستند. همان گونه که مایع از درون مواد جامد عبور می‌کند، افزایش زمان‌های ماند میکروبی و جامدات در یک هاضم واحد به وقوع می‌پیوندد. اگر خوراک محلول باشد، به وسیله این روش، بهره و نرخ تولید متان بالا می‌رود.

نوع بهبودیافته این روش، به نام راکتور مواد جامد بالارو شناخته می‌شود. در این راکتورها مواد جامد ترکیب‌نشده و میکروارگانیسم‌ها از طریق نشست آرام در راکتور باقی می‌مانند. بازده و بهره متان در این حالت مشخصاً بیشتر از راکتور CSTR می‌باشد [۷۸].



شکل ۱-۲۴ راکتور مواد جامد بالارونده

۱-۴-۲-۶- راکتور قشر چسبیده

هاضم‌های قشر چسبیده نظیر صافی بیهوازی یا راکتورهای بستر سیال یا بستر گسترده، شامل مواد جامدی هستند که باکتری‌ها روی آن‌ها چسبیده‌اند. این امر باعث جلوگیری از شسته شدن میکروارگانیسم‌ها می‌گردد. صافی بیهوازی شامل بستری است که

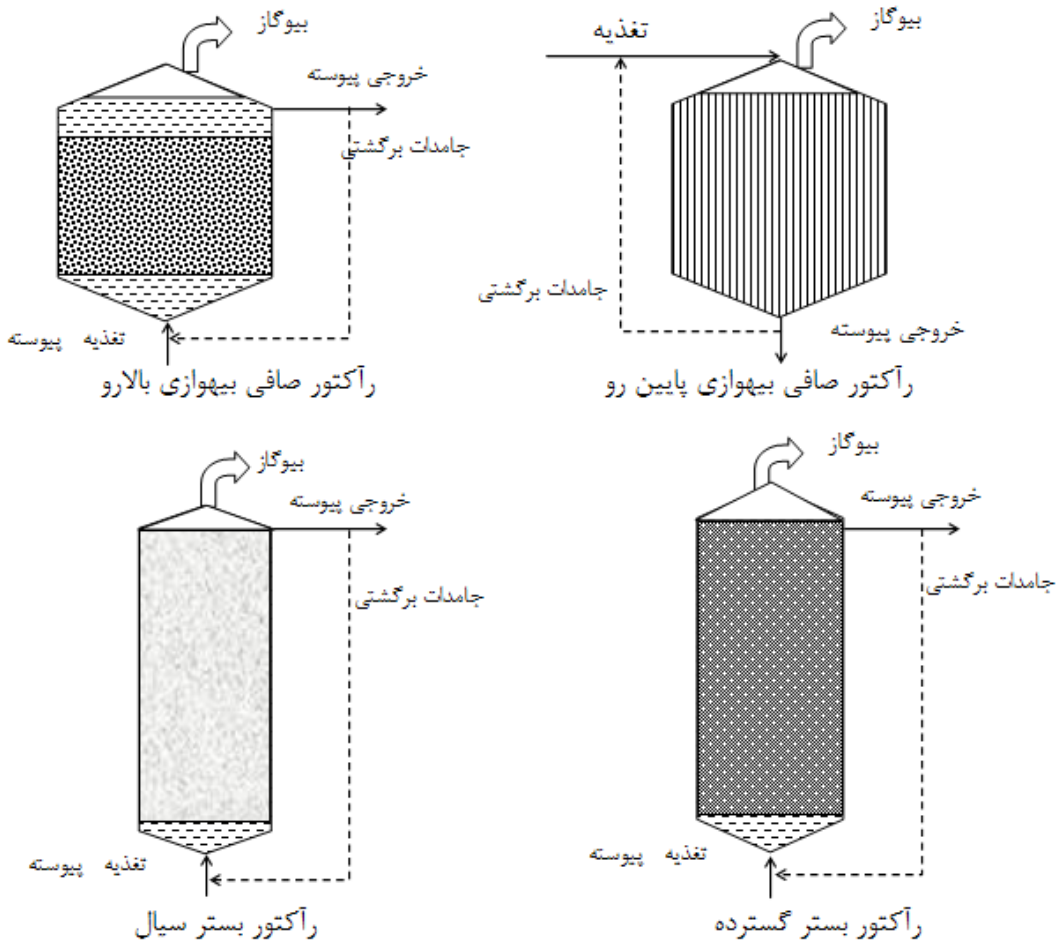
[1] Upflow anaerobic sludge blanket

از موادی نظیر شن، خرده سنگ، زغال چوب یا مواد پلاستیکی پرشده است. مواد پرکننده ممکن است به حالت نامنظم و یکباره یا به صورت جهت‌دار و منظم ریخته شوند و جریان ممکن است از بالا یا از پایین باشد. این گونه سیستم، دارای نرخ سریع تبدیل متان زیستی تولیدی از مواد قابل حل را داراست. این گونه هاضم برای مرحله متان‌سازی هضم دو مرحله‌ای نیز در نظر گرفته می‌شود. به خاطر مشکلات گرفتگی و ایجاد لخته، خوراک با ذرات معلق بالا، مناسب این هاضم‌ها نمی‌باشد [۷۸].

نوع دوم صافی‌های لایه چسبنده، شامل ذرات کوچک مناسبی می‌باشند که به طریق هیدرولیکی منبسط یا متحرک می‌شوند. باکتری‌ها به ذرات چسبیده و در راکتور باقی می‌مانند. دو مزیت مهم برای این راکتورها وجود دارد [۷۸]:

- سطح بیشتری برای چسبیدن میکروارگانیسم‌ها در دسترس می‌باشد.
- خوراک‌های ذره‌ای می‌توانند از میان ذرات عبور کنند بدون آن که آنها را جابجا نمایند.

این نوع راکتور می‌تواند برای مرحله تکمیلی هاضم‌های دو مرحله‌ای برای خوراک ذره‌ای یا حل‌شدنی و یا مرحله متان‌سازی در فرایند دو مرحله‌ای استفاده گردد [۷۸].



شکل ۱-۲۵ راکتورهای قشر چسبیده

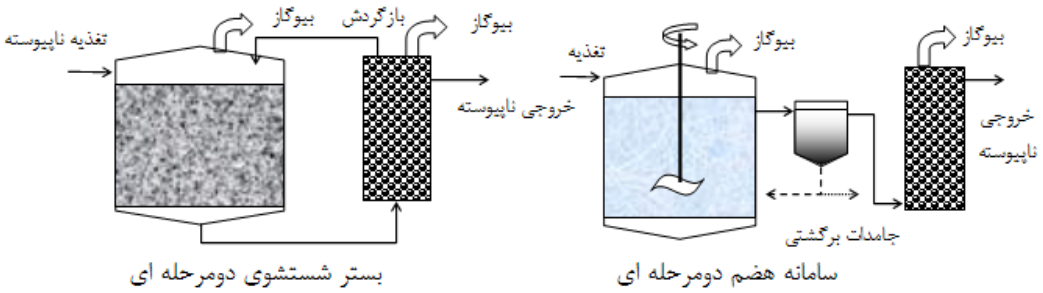
۱-۴-۲-۷- هاضم دومرحله‌ای

همان گونه که قبلاً بحث شد، هضم بیهوازی به وسیله دو گروه از باکتری‌ها (متان‌سازها و غیرمتان‌سازها) انجام می‌گیرد که تفاوت‌های مهمی در فیزیولوژی، نیازهای غذایی، مشخصه‌های رشد و سوخت و ساز، شرایط مناسب محیطی و حساسیت به عوامل محیطی با یکدیگر دارند. در هضم متعارف، بهینه‌کردن شرایط برای هر دو گروه از باکتری‌ها غیرممکن است. از لحاظ تئوری، جداسازی فیزیکی این دو گروه از باکتری‌ها اجازه می‌دهد که:

- الف) جمعیت مناسب باکتری‌های متان‌ساز و اسیدساز شکل گیرد.
- ب) مقادیری که از طریق کنترل جداگانه متغیرهای ذیل به دست می‌آیند بیشینه گردد:

- ✓ دما
- ✓ pH
- ✓ پتانسیل اکسیداسیون- احیا
- ✓ بازگشت زیست‌توده
- ✓ زمان ماند در هر مرحله

- ج) غنی کردن مقدار متان در گاز تولیدی، چرا که بیشتر دی‌اکسید کربن رقیق در مرحله اول غیرمتان‌سازی تشکیل می‌شود. جداسازی مراحل تغییرات انجام گرفته به علت نوسانات در بارگذاری (تغذیه) خوراک ورودی، pH و محتویات سمی خوراک را کاهش می‌دهد. در راکتورهایی نظیر هاضم‌های جریان قالبی و مواد جامد بالارونده، جداسازی مراحل در یک راکتور صورت گرفته است. در سایر طرح‌های دو مرحله‌ای امکان جداسازی باکتری‌های متان‌ساز و غیرمتان‌ساز در چند راکتور وجود دارد [۷۸].



شکل ۱-۲۶ هاضم دو مرحله‌ای

۱-۴-۳- فرآورش بیوگاز

بعد از انجام فرآیند هضم در راکتور هاضم، بیوگاز تولیدی که شامل ۶۰-۵۰٪ متان می‌باشد برای کاربرد، نیاز به فرآورش دارد. فرآورش بیوگاز خام می‌تواند شامل ذخیره‌سازی و فشرده‌سازی، رطوبت‌زدایی، حذف آلاینده‌ها و غیره باشد. بخش‌های مختلف فرآورش بیوگاز تولیدی هاضم بسته به کاربرد آن متفاوت می‌باشد. با توجه به اولویت‌دار بودن تولید برق در سند حاضر، بخش-هایی از فرآورش بیوگاز که مرتبط با تولید برق می‌باشد مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۴-۳-۱- تجهیزات ذخیره‌سازی و فشرده‌سازی

بیوگاز خروجی از هاضم برای کاربردهای بعدی باید در مخزن ذخیره شده و تا حدی فشرده گردد. انواع مخازن ذخیره‌سازی و کمپرسورهای مختلف برای فشرده‌سازی بیوگاز موجود می‌باشد. لازم به ذکر است فشار مورد نظر در این بخش ۵-۲ psi می‌باشد.

۱-۴-۳-۲- رطوبت‌گیری

بیوگاز تولیدی از هاضم با بخار آب اشباع می شود و برای پیشگیری از بروز مشکلات در تجهیزات کاربرد (موتور احتراق داخلی، توربین و غیره) باید رطوبت‌زدایی از بیوگاز صورت گیرد. رطوبت‌زدایی بیوگاز بسته به مقدار اولیه آن می‌تواند از طریق تجهیزات و مواد زیر صورت گیرد:

- قطره‌گیر
- بستر سیلیکاژل
- بستر کلرید کلسیم
- چیلر گاز

۱-۴-۳-۳- گوگرد زدایی

یکی از ناخالصی‌ها که همراه با بیوگاز تولیدی از هاضم خارج می‌شود، گازهای اسیدی و به طور عمده H_2S می‌باشد. به دلیل خصوصیات خورندگی و انتشار بو، حذف H_2S یک امر لازم به نظر می‌رسد. از تجهیزات زیر می‌توان برای حذف گوگرد استفاده نمود:

- برج کربن فعال
- اسکرابر قلیایی
- بیواسکرابر
- صافی الیاف آهن

۱-۴-۳-۴- حذف سیلوکسان

سیلوکسان‌ها دسته‌ای از ترکیبات هستند که در تولیدات آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ترکیبات اغلب از طریق پسماند جامد شهری به هاضم‌ها و دفنگاه‌ها راه پیدا می‌کنند. از بین بردن این ترکیبات توسط روش‌های متداولی چون استفاده از فیلتر کربن، جاذب‌های اختصاصی یا بستر سیلیکاژل، برای جلوگیری از تشکیل سیلیکا، ضروری است.

۱-۴-۴- تبدیل

طبق مطالب بیان‌شده در بخش‌های قبل، با توجه به اولویت تولید برق از منابع زیست توده در سند حاضر، تنها روش‌های تولید برق از بیوگاز حاصل از فناوری هاضم بیهوازی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بسته به مقیاس واحد تولیدی، می‌توان از یکی از تجهیزات ذیل برای تبدیل بیوگاز تولیدی به برق استفاده نمود:

- موتورهای درون‌سوز و ژنراتور
- بویلر و توربین بخار
- پیل سوختی زیستی
- میکروتوربین گازی
- موتور استرلینگ

۱-۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این فصل از گزارش به تشریح انواع فناوری‌های موجود در درخت فناوری شکل (۱-۴) پرداخته شد. این بررسی به عنوان مقدمه بر انتخاب و اولویت‌بندی فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده در مراحل بعدی پروژه می‌باشد.

۲- فصل دوم : آینده‌پژوهی فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده

۲-۱- مقدمه

درک بهتر از تغییرات و آینده فناوری لازم و ضروری است. برای این منظور آثار و اطلاعاتی که ریشه در گذشته و حال دارند می‌توانند رهنمون‌های موثری باشند. آینده‌پژوهی فناوری منجر به باز شدن دید سیاستگذاران نسبت به رویدادها، فرصت‌ها و چالش‌های احتمالی آینده شده و از طریق کاهش ابهامات، توانایی انتخاب هوشمندانه را افزایش می‌دهد [۷]. دانش حاصل از آینده‌پژوهی این امکان را برای سیاستگذاران فراهم می‌سازد تا بدانند که به کجاها می‌توانند بروند و به کجا باید بروند. مطالعات آینده‌پژوهی با استفاده از تجزیه و تحلیل منابع، الگوها و عوامل تغییر و یا ثبات، به تجسم آینده‌های بالقوه و برنامه‌ریزی برای آن‌ها می‌پردازد. روش‌های مختلفی برای شناسایی عوامل اثرگذار بر آینده وجود دارد که چند نمونه از رایج‌ترین روش‌های آن عبارتند از:

- پیش‌بینی
- تجزیه و تحلیل اهداف
- دیده‌بانی
- پایش
- تحلیل و برون‌یابی روندها
- شبیه‌سازی
- تحلیل تاریخی
- پس‌نگری
- روش‌های نظرخواهی
- سناریوپردازی
- مطالعات تطبیقی

در بسیاری از مواقع لازم است تا ترکیب مرتبی از روش‌های معرفی شده به جای یک روش مورد استفاده قرار گیرد.

در این فصل سیر تحول و همچنین وضعیت موجود فناوری‌های انتخاب شده تولید برق از زیست‌توده، به لحاظ فنی و اقتصادی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و با معرفی زیرفناوری‌های مطرح آن‌ها، روند پیش‌بینی شده برای استقرار این فناوری در آینده ارائه می‌شود. روندیابی و آینده‌پژوهی دو فناوری گازی‌ساز و هاضم بیهوازی، دو بخش این فصل را تشکیل می‌دهند. به منظور استخراج اطلاعات قابل اتکا برای تصمیم‌گیری، ابتدا معیارهایی تعیین شد و سپس، جستجوی گسترده‌ای برای به دست آوردن اسناد و گزارش‌های مفید توسط تیم پروژه صورت گرفت. با توجه به این که اطلاعات جامع و کاملی برای تعیین روند استقرار فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده مورد نیاز است، گزارش‌ها و رهنگاشت‌های بین‌المللی اساس آینده‌پژوهی قرار گرفتند.

لازم به ذکر است مبحث آینده‌پژوهی در تدوین اسناد راهبردی صنعت برق تنها جهت تکمیل درخت فناوری مورد استفاده قرار خواهد گرفت و لذا، عمق مطالعات آینده‌پژوهی در تدوین اسناد نیز متناسب با همان هدف و در نتیجه، محدود خواهد بود.

۲-۲- روندیابی فناوری گازی‌ساز

هدف از این بخش، شناسایی و اولویت‌بندی مواردی است که برای توسعه فناوری گازی‌سازی در کشور مورد نیاز است. این بخش با مرور کلی فناوری و بررسی وضع موجود فناوری‌های مختلف گازی‌سازی شروع می‌شود. مهمترین پروژه‌ها به طور خلاصه ارائه و بر اساس جایگاه آن‌ها در بازار مورد بحث قرار می‌گیرند و پس از بیان کوتاهی از چشم‌انداز این فناوری‌ها، ارائه می‌شود. تحولات در زمینه‌های مختلف و همچنین الزامات تحقیق و توسعه برای نفوذ سریع فناوری‌های گازی‌ساز در بازار انرژی نیز بررسی خواهد شد.

۲-۲-۱- تاریخچه فناوری گازی‌ساز

گازی‌ساز یک فناوری اثبات شده، قابل اطمینان و قابل انعطاف است که اهمیت فزاینده‌ای در معادلات جدید انرژی خواهد داشت. سرمایه‌گذاری در حوزه این فناوری، عواید ارزشمندی در تأمین انرژی پاک و فراوان خواهد داشت.

فرایند گازی‌ساز به منظور تولید محصول قابل احتراق از منابع آلی، بیش از ۱۸۰ سال پیش در کوره‌های انفجار مورد استفاده قرار گرفت. خیلی زود به امکان استفاده از گاز تولیدی برای گرمایش و تولید برق پی برده شد و در سیستم‌های تولید گاز اروپا که از زغال چوب و زغال سنگ به عنوان ماده اولیه استفاده می‌کردند ظهور کرد. این گاز، روشنایی و گرمایش را برای آغاز صنعتی کردن آمریکا و اروپا در اوایل دهه ۱۸۰۰ تأمین کرد. اولین اقدام جهت روشنایی خیابان با گاز در ۲۸ ژانویه سال ۱۸۰۷ در شهر پال مال، لندن اتفاق افتاد. پس از آن، در زمان نه چندان دور، نخستین فعالیت تجاری برای تأمین روشنایی منازل، خیابان‌ها و واحدهای تجاری به وسیله گاز، در سال ۱۸۱۶ در شهر بالتیمور، مریلند آغاز شد.

پس از آن فناوری گازی‌سازی فراز و فرودهای بسیاری داشت. دوره فرود آن به علت شروع الکتریکی شدن جوامع بیشتر و طولانی‌تر بود. شناسایی معدود نقاط قوت این فناوری در طول صد سال گذشته ارزشمند است. در قرن بعد، نفت به طور گسترده‌تری به عنوان سوخت مورد استفاده قرار گرفت، اما در طول هر دو جنگ جهانی و به خصوص جنگ جهانی دوم، کمبود منابع نفتی منجر به معرفی دوباره فناوری گازی‌ساز شد و از آن برای تبدیل زغال سنگ به سوخت‌های حمل و نقل از طریق فرایند فیشر تروپش استفاده می‌شد. تا سال ۱۹۴۵ گاز برای تأمین توان کامیون‌ها، اتوبوس‌ها و ماشین آلات کشاورزی و صنعتی مورد استفاده قرار گرفت. تخمین زده می‌شود که نزدیک به نه میلیون وسیله نقلیه در سراسر جهان بوسیله گاز حاصل از گازی‌ساز کار می‌کرد.

پس از جنگ جهانی دوم فقدان انگیزه استراتژیک و در دسترس بودن سوخت‌های فسیلی ارزان، منجر به کاهش عمومی در صنعت گازی‌سازی شد. با این حال سوئد همچنان به کار در فناوری گازی‌سازی ادامه داد و این فعالیت‌ها پس از بحران کانال سوئز درسال ۱۹۵۶ شتاب گرفت. پس از آن تصمیم گرفته شد که گازی‌ساز جزو طرح‌های استراتژیک کشور سوئد قرار گیرد. تحقیق در مورد طراحی مناسب گازی‌ساز چوب، برای استفاده حمل و نقل، در موسسه سوئدی ملی برای تست ماشین آلات کشاورزی انجام شد و هنوز هم در حال پیشرفت می‌باشد.

این فناوری در ۵۰ تا ۶۰ سال اخیر به طور گسترده برای تبدیل زغال سنگ و نفت سنگین به هیدروژن، به منظور تولید کود آمونیاک/اوره استفاده شده است. صنایع شیمیایی و صنعت پالایشگاه از گازی‌سازی برای آماده‌سازی مواد اولیه به ترتیب، در دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۸۰ استفاده کردند. گرایش کنونی به تحقیق و توسعه در زمینه گازی‌ساز کوچک مقیاس در اکثر نقاط دنیا، از بحران نفت در سال ۱۹۷۳ آغاز شد. تحقیقات آمریکا در این زمینه توسط گراس بررسی شد. با افزایش گرایش به فناوری گازی‌سازی، تولید نیز صورت گرفت. در حال حاضر حدود ۶۴ تولیدکننده تجهیزات گازی‌سازی در سراسر جهان وجود دارد. در

۱۰ تا ۱۵ سال گذشته، کاربرد این فناوری در صنعت برق در نیروگاه‌های یکپارچه سیکل ترکیبی گازی‌سازی آغاز شده است [۸]. وضعیت فعلی فناوری گازی‌سازی و فعالیت‌های تحقیق و توسعه در ادامه بحث شده است.

۲-۲-۲- دید کلی از فناوری گازی‌سازی زیست‌توده

گازی‌سازی تبدیل ترموشیمیایی منابع کربنی (زیست‌توده، زغال یا ضایعات) به وسیله اکسیداسیون جزئی به محصول گازی (گاز سنتز) است که در درجه اول شامل منوکسیدکربن و هیدروژن با مقادیر کمتر دی‌اکسیدکربن، متان، آب، مقادیر ناچیزی از هیدروکربن‌های سنگین‌تر، نیتروژن (اگر هوا به عنوان عامل گازی‌سازی به کار رود) و مقادیر مختلف قطران و ذرات جامد (خاکستر، زغال چوب) می‌باشد. گاز سنتز می‌تواند برای تولید همزمان برق و حرارت به کار رود. گازی‌سازی با هوا، گاز با کیفیت پایین (ارزش حرارتی کمتر از $[MJ/m^3]$ ۷ و غلظت نسبتاً بالای نیتروژن) تولید می‌کند که به صورت محلی در بویلرها، توربین‌های گاز یا موتورهای احتراق داخلی استفاده می‌شود. گازی‌سازی با اکسیژن و بخار، گاز با کیفیت بهتری (ارزش حرارتی $[MJ/m^3]$ ۱۰-۲۰ و غلظت نسبتاً بالای هیدروژن و منواکسیدکربن) تولید می‌کند، اما به علت هزینه بالای اکسیژن، تنها در مورد حذف گوگرد از گاز سنتز خالص برای احتراق در فرایند گازی‌سازی زغال کاربرد دارد. گازی‌سازی با هوا، فناوری متداول تبدیل ضایعات و زیست‌توده می‌باشد. گازی‌سازی در دمای $^{\circ}C$ ۵۰۰-۱۵۰۰، تحت فشار اتمسفر یا فشار تا ۳۳ بار، زمانی که زغال چوب غیرفرار با اکسیژن و/یا هیدروژن که توسط عامل گازی‌سازی معرفی شده (هوا، اکسیژن، بخار، هیدروژن، دی اکسید کربن یا مخلوطی از برخی از این گازها) واکنش شیمیایی می‌دهد، انجام می‌شود. در گازی‌سازی زیست‌توده به طور معمول واکنش ۱ مشاهده می‌شود [۹و۱۰].

$$\text{Biomass} + O_2\ (\text{or}\ H_2O) \rightarrow CO,\ CO_2,\ H_2O,\ H_2,\ CH_4 + \text{other}\ C_nH_m + \text{tar} + \text{char} + \text{ash} \qquad (۱)$$

در فرایند گازی‌سازی زیست‌توده اولین مرحله، تجزیه ترموشیمیایی ترکیبات زیست‌توده و تولید زغال چوب و ترکیبات فرار می‌باشد. پس از آن فرایند گازی‌سازی زغال چوب و برخی واکنش‌های تعادلی دیگر صورت می‌گیرد. ۷۵ تا ۹۰٪ مواد فرار به شکل گاز یا مایع تولید می‌شود و مواد غیرفرار باقیمانده شامل زغال است که میزان کربن بالا دارند [۹و۱۰]. برخی از ویژگی‌های فناوری گازی‌سازی در جدول (۲-۱) ارائه شده است.

جدول ۲-۱ برخی ویژگی‌های فناوری گازی‌سازی

خصوصیت	فرایند شیمیایی	محیط شیمیایی	محصول اولیه	محصولات پایین دست	کاربرد اخیر	راندمان (٪)	انتشار آلاینده	هزینه سرمایه‌گذاری	بلوغ/ریسک
گازی‌سازی	اکسیداسیون جزئی	کمبود اکسیژن (در حال کاهش)	گاز سنتز	▪ برق ▪ هیدروژن خالص ▪ سوخت‌های مایع ▪ مواد شیمیایی	اغلب ▪ مواد شیمیایی ▪ سوخت ▪ تولید برق	۳۹-۴۲	~ 1/10 NSPS[1]	رقابتی	قابلیت اطمینان نیازمند بهبود

یکی از مشکلات مهم گازی‌سازی زیست توده چگونگی رسیدگی کردن به قطران تشکیل شده طی فرایند می‌باشد. حداقل میزان مجاز قطران، به نوع فرایند و کاربرد نهایی بستگی دارد. ظرفیت مطلوب قطران و گرد و غبار در گاز حاصل برای کاربرد در موتور می‌بایست کمتر از $[mg/m^3]$ ۱۰ باشد. طبق مطالعات انجام شده، ماکزیمم غلظت قطران و ذرات در گاز سنتز برای کاربرد موتور گاز به ترتیب، کمتر از $[mg/m^3]$ ۱۰۰ و $[mg/m^3]$ ۵۰ می‌باشد. فناوری‌های کنترل تولید قطران به طور گسترده به دو روش تقسیم می‌شوند:

- فرآوری در داخل گازی‌ساز (روش‌های اولیه)
- پاکسازی گاز داغ بعد از گازی‌ساز (روش‌های ثانویه)

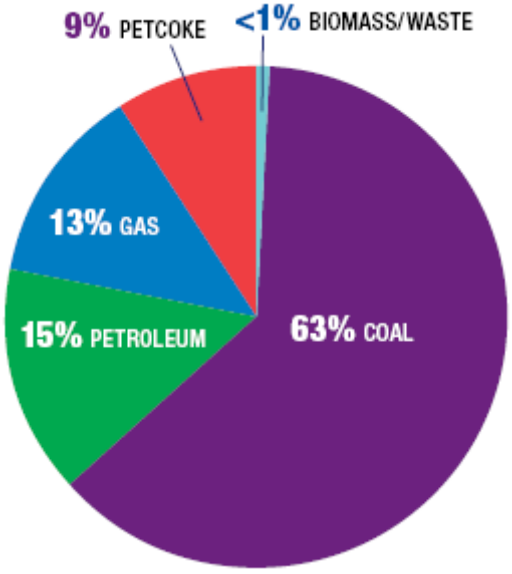
هر چند کارایی روش‌های ثانویه اثبات شده است، فرآوری در داخل گازی‌ساز به علت مزایای اقتصادی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. روش‌های اولیه هنوز به طور کامل شناخته شده نیستند و کاربرد تجاری ندارند.

دو نوع گازی‌ساز بستر ثابت و بستر سیال به طور معمول برای گازی‌سازی کوچک مقیاس به کار می‌روند. گازی‌سازی زیست توده در راکتورهای بستر ثابت احتمال تولید حرارت و برق همزمان را در محدوده $[kW_e]$ ۱۰۰ تا $[MW_e]$ ۵ فراهم می‌نماید. تجربه نشان داده است که موتورهای احتراق داخلی اصلاح شده می‌توانند با گاز سنتز با ارزش حرارتی $[MJ/m^3]$ ۶-۵، بدون اشکال کار کنند. هزینه سرمایه‌گذاری اولیه نیروگاه گازی‌سازی زیست توده در آمریکا حدود ($/kW) ۳۰۰۰-۲۰۰۰ و هزینه تولید در حدود ($/MWh) ۹۰ می‌باشد. در اروپا هزینه سرمایه‌گذاری نیروگاه زیست توده بسته به فناوری واحد، سطح بلوغ فناوری و مقیاس واحد، به طور قابل توجهی از ($/kW) ۵۰۰۰-۱۰۰۰ متغیر است [۹].

[1] New Source Performance Standards (NSPS) are pollution control standards issued by the United States Environmental Protection Agency (EPA).

۲-۲-۳- منابع زیست‌توده برای فناوری گازی‌سازی

گازی‌سازی می‌تواند انرژی باقیمانده در انواع مواد هیدروکربنی درجه پایین، ضایعات، یا زیست توده را به کار گیرد. اگر گازی-سازی انجام نشود، این مواد باید به علت پتانسیل آسیب رساندن به محیط زیست دفع شوند و در این حالت یک منبع ارزشمند انرژی هدر می‌رود. مواد اولیه سنتی شامل زغال سنگ و کک در واحدهای صنعتی بزرگ مقیاس و زباله‌های جامد شهری، ضایعات صنعتی و زیست توده در واحدهای مقیاس کوچک تر استفاده می‌شوند. شکل (۲-۱) درصد استفاده از مواد اولیه مختلف در واحدهای گازی‌سازی را نشان می‌دهد [۷].



شکل ۲-۱ درصد کاربرد انواع مواد اولیه در واحدهای گازی‌سازی

مواد با میزان اکسیژن و رطوبت بالا منجر به گاز سنتز با ارزش حرارتی پایین، به طور معمول کمتر از [MJ/m^3] ۲/۵ می‌شود. این امر مشکلاتی را برای محفظه‌های احتراق پایین دست که به طور معمول برای سوخت با ارزش حرارتی متوسط به بالا طراحی شده است به وجود می‌آورد [۱۰]. به طور معمول، ۸۵-۷۰٪ کربن موجود در مواد اولیه به گاز سنتز تبدیل می‌شوند [۷]. جدول (۲-۲) تجزیه و تحلیل تقریبی و نهایی چند ماده اولیه بالقوه گازی‌ساز زیست‌توده را مقایسه می‌کند. چوب متداول‌ترین زیست توده مورد استفاده است. بقایای صنایع چوب، محصولات چوبی دورریز از محل‌های دفن زباله، و خرده چوب‌های غیرسمی حاصل از فعالیت‌های ساخت و ساز و تخریب، معمولاً اقتصادی‌ترین منبع چوبی هستند. گیاهان انرژی‌زای سریع الرشد

(به عنوان مثال، جنگل‌های سریع الرشد)، از آن جایی که از لحاظ ژنتیکی پتانسیل رشد سریع دارند، در برابر خشکسالی مقاومت می‌کنند و به راحتی برداشت می‌شوند، نوید برای آینده ارائه می‌کنند. هزینه مواد خام زیست‌توده در محدوده ۷۰-۱۶ دلار در هر تن خشک برآورد شده است [۱۰].

جدول ۲-۲ مواد اولیه بالقوه گازی‌ساز زیست‌توده [۵]

	Ultimate Analysis (wt% dry basis)						Proximate Analysis (wt% dry basis)			
	C	H	N	O	S	Ash	Moisture	Volatiles	Fixed Carbon	Heating Value HHV (MJ/kg)
Agricultural Residues										
Sawdust	50	6.3	0.8	43	0.03	0.03	7.8	74	25.5	19.3
Bagasse	48	6.0	-	42	-	4	1	80	15	17
Corn Cob	49	5.4	0.4	44.6	-	1	5.8	76.5	15	17
Short Rotation Woody Crops										
Beech Wood	50.4	7.2	0.3	41	0	1.0	19	85	14	18.4
Herbaceous Energy Crops										
Switchgrass	43	5.6	0.5	46	0.1	4.5	8.4	73	13.5	15.4
Straw	43.5	4.2	0.6	40.3	0.2	10.1	7.6	68.8	13.5	17
Miscanthus	49	4.6	0.4	46	0.1	1.9	7.9	79	11.5	12
Municipal Solid Waste										
Dry Sewage	20.5	3.2	2.3	17.5	0.6	56	4.7	41.6	2.3	8
Coals										
Subbituminous	67.8	4.7	0.9	17.2	0.6	8.7	31.0	43.6	47.7	24.6
Bituminous	61.5	4.2	1.2	6.0	5.1	21.9	8.7	36.1	42.0	27.0

۲-۲-۴- انواع گازی‌ساز زیست‌توده

گازی‌ساز هسته فناوری گازی‌سازی است، که در آن مواد اولیه با عامل گازی‌ساز (اکسیژن یا هوا) واکنش می‌دهند. انواع مختلفی گازی‌ساز زیست توده بر اساس خشک یا مرطوب بودن مواد اولیه، نوع عامل گازی‌ساز (هوا، اکسیژن، بخار، هوا/بخار، و غیره)، دما (گدازنده و ناگدازنده)، فشار (اتمسفریک یا تحت فشار)، مسیر جریان راکتور (فراکشند، فروکشند، بستر سیال یا جریان همزمان) و روش تأمین حرارت (غیر مستقیم یا مستقیم) توسعه داده شده است. گازی‌سازی مستقیم (یا گازی‌سازی حرارت خودکار) در مواردی که عامل گازی‌ساز به طور جزئی زیست‌توده را اکسید می‌کند و گرمای لازم برای گازی‌سازی را تأمین می‌کند اتفاق می‌افتد. در حالت غیرمستقیم، آتشکافت و گازی‌سازی زیست توده در یک راکتور انجام می‌شوند، در حالی که احتراق جزئی (ناقص) در راکتور دیگر صورت می‌گیرد. گازی‌سازی دما پایین (کمتر از ۹۰۰ °C) می‌تواند در راکتور بستر ثابت، بستر

سیال حبابی یا بستر سیال گردشی، انجام شود، در حالی که گازی‌سازی دما بالا (بیشتر از ۱۳۰۰ °C) در راکتور جریان همزمان انجام می‌گیرد. گازی‌سازهای زیست توده بر اساس دینامیک سیال به سه نوع بستر ثابت/بستر متحرک، بستر سیال و جریان همزمان دسته‌بندی می‌شوند. دیگر فناوری‌ها و گازی‌سازهای در حال توسعه نیز گازی‌سازی هیدروترمال و گازی‌ساز پلاسما هستند [۱].

۲-۲-۴-۱- مقایسه مشخصات انواع گازی‌ساز

در جدول (۲-۳) انواع گازی‌ساز زیست‌توده از نظر ظرفیت، مقیاس، راندمان و سایر مشخصات مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

جدول ۲-۳ مقایسه مشخصات انواع گازی‌ساز زیست‌توده [۸ و ۱۰]

نوع راکتور		بستر ثابت فراکشند	بستر ثابت فروکشند	بسترسیال جوشان	بسترسیال چرخشی	جریان هم‌زمان
جهت جریان	سوخت	پایین	پایین	بالا	بالا	پایین
	سیال عامل	بالا	پایین	بالا	بالا	پایین
تکیه‌گاه بستر		شبکه آتشخوان	شبکه آتشخوان	شبکه توزیع سیال	شبکه توزیع سیال	ندارد
منبع تأمین گرما		احتراق ذغال	احتراق جزئی مواد فرار	احتراق جزئی ذغال و ترکیبات فرار	احتراق جزئی ذغال و ترکیبات فرار	احتراق جزئی
دمای فرآیند (°C)		۷۰۰–۹۰۰	۷۰۰–۱۲۰۰	۸۰۰–۱۱۰۰	۸۰۰–۹۰۰	۱۲۰۰ –۱۵۰۰
فشار فرآیند		عادی	عادی	عادی یا تحت فشار	–	فشار بالا
درصد قطران در گاز		خیلی بالا	اندک	اندک تا متوسط	اندک تا متوسط	نزدیک صفر
پیچیدگی راهبری		بسیار آسان	آسان	کمی پیچیده	کمی پیچیده	بسیار پیچیده
حساسیت به کیفیت سوخت		حساس	بسیار حساس	متوسط	متوسط	فقط سوخت پودرشده
ظرفیت حرارتی (MW)		۰–۲۰	۰–۵	۱۰–۱۰۰	۱۰–۱۰۰	بالای ۱۰۰
بازدهی گازی‌سازی (٪)		۹۵ تا ۷۰	۹۳ تا ۷۰	۹۸ تا ۸۰	۹۸ تا ۸۵	بالای ۹۹

۲-۲-۴-۲- مزایا و معایب انواع گازی‌ساز

در جدول (۲-۴) مزایا و معایب انواع راکتورهای گازی‌ساز به صورت خلاصه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

جدول ۲-۴ مزایا و معایب انواع راکتورهای گازی‌سازی [۵، ۳].

انواع راکتور		مزایا	معایب
بستر ثابت	فرا کشند	▪ فرآیند ساده و کم هزینه ▪ افت فشار کم ▪ بازده حرارتی مناسب ▪ تشکیل خاکستر کمتر ▪ قابلیت استفاده از زیست‌توده با رطوبت و محتوای غیرآلی بالا	▪ حساسیت بالا به قطران، رطوبت و محتوای رطوبتی سوخت ▪ زمان نسبتاً طولانی لازم برای راه‌اندازی موتور احتراق داخلی (نیاز به تصفیه بیوگاز تولید شده) ▪ قابلیت کم واکنش با حجم بالای گاز
	فروکشند	▪ قابلیت سازگاری میزان بار و گاز تولیدی ▪ حساسیت کم به زغال و محتوای قطران سوخت ▪ حداقل نیاز به قطران زدایی (حذف بیش از ۹۹٫۹٪ قطران تشکیل شده طی فرآیند)	▪ ارتفاع زیاد لازمه طراحی راکتور ▪ کاربرد غیرعملی برای ذرات بسیار ریز سوخت ▪ لزوم استفاده از خوراک با رطوبت پایین (کمتر از ۲۰٪)
	جریان متقاطع	▪ ارتفاع کم لازم برای طراحی راکتور ▪ زمان پاسخ بسیار سریع به بارگذاری ▪ انعطاف پذیری تولید گاز	▪ حساسیت بسیار بالا به تشکیل خاکستر ▪ افت فشار زیاد
بستر سیال	بستر سیال حبابی	▪ همگن بودن محصول تولیدی (گاز) ▪ توزیع دمایی تقریبا یکنواخت در سراسر راکتور ▪ قابلیت استفاده از گستره وسیعی از اندازه ذرات سوخت (شامل ذرات ریز) ▪ نرخ انتقال حرارت بالا بین سوخت و گاز ▪ راندمان بالا با تشکیل حداقلی قطران و کربن تبدیل نشده	▪ اندازه بزرگ ذرات حباب باعث افزایش احتمالی Bypass شدن گاز در بستر راکتور
	بستر سیال چرخشی	▪ مناسب واکنش‌های با سرعت بالا ▪ درصد تبدیل بالا (تولید کم قطران و کربن واکنش نداده) ▪ نرخ انتقال حرارت بالا ممکن است به دلیل ظرفیت گرمایی بالای مواد بستر	▪ گرادیان دمایی در جهت جریان مواد جامد رخ می‌دهد ▪ لزوم داشتن سرعت کمینه در جابه جایی به دلیل اندازه ذرات سوخت، سرعتهای بالا موجب خوردگی تجهیزات
جریان هم‌زمان	گدازنده	▪ تولید گاز با ظرفیت و بازدهی بالا ▪ انعطاف‌پذیری در سوخت ورودی به راکتور ▪ سادگی در پالایش گاز	–
	ناگدازنده		▪ حساسیت به خاکستر موجود در سوخت

انواع راکتور		مزایا	معایب
		▪ کم‌ترین پسماند فرآیند	

در مقایسه دیگری راکتورهای گازی‌سازی از لحاظ وضعیت توسعه، هزینه‌ها و برخی ویژگی‌های دیگر مورد مقایسه قرار گرفته و رتبه‌بندی شده‌اند که نتایج در جدول (۲-۵) مشاهده می‌گردد [۶].

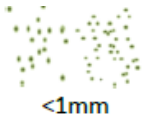
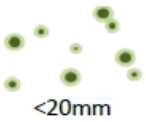
جدول ۲-۵ مقایسه انواع راکتورهای گازی‌سازی. درجه بندی هر مشخصه از ● (ضعیف) تا ●●●● (خوب) [۶].

نوع گازی ساز	کیفیت گاز تولیدی	وضعیت توسعه	پتانسیل افزایش مقیاس	هزینه‌ها
جریان همزمان	●●● ▪ درصد خیلی پایین قطران، CH_4 و C_{2+} ▪ درصد بالای H_2 و CO	●●● ▪ توسعه یافته (شرکت‌های تولیدکننده با مقیاس بزرگ)، طرح‌های بزرگ در دست احداث BTL	●●●● ▪ امکان ایجاد نیروگاه‌های با مقیاس بسیار بزرگ	●● ▪ راندمان بالا ▪ هزینه‌های بالا در صورت عدم وجود تمرکزگرایی
بستر سیال حبابی	●● ▪ به وجود آمدن C_{2+} و قطران در صورت تزریق O_2 ▪ درصد بالای H_2 و CO	●● ▪ استفاده برای تولید برق و حرارت در گذشته، افزایش مقیاس نسبتا کم، مورد توجه محدود پروژه‌های BTL	●●● ▪ پروژه‌های بسیار بزرگی در دست اقدام	●● ▪ هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری برای گازی ساز و راندمان پایین‌تر
بستر سیال چرخشی	●● ▪ به وجود آمدن C_{2+} و قطران در صورت تزریق O_2 ▪ درصد بالای H_2 و CO	●● ▪ مطالعات تخصصی، افزایش مقیاس گسترده برای تولید برق و حرارت ولی تعداد توسعه‌دهندگان محدود خصوصاً برای BTL	●●● ▪ پروژه‌های بسیار بزرگی در دست اقدام	●●● ▪ هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری برای گازی ساز
پلاسما	●●●● ▪ عدم تشکیل قطران، CH_4 و C_{2+} ▪ درصد بالای H_2 و CO	●● ▪ توسعه‌دهندگان فراوان، کاربردهای زیاد تولید برق، افزایش مقیاس در آینده نزدیک	● ▪ تنها دارای سامانه‌های مقیاس کوچک	● ▪ هزینه سرمایه‌گذاری بسیار بالا، راندمان پایین

۲-۲-۴-۳- مقایسه خوراک اولیه مورد نیاز راکتورهای گازی‌سازی

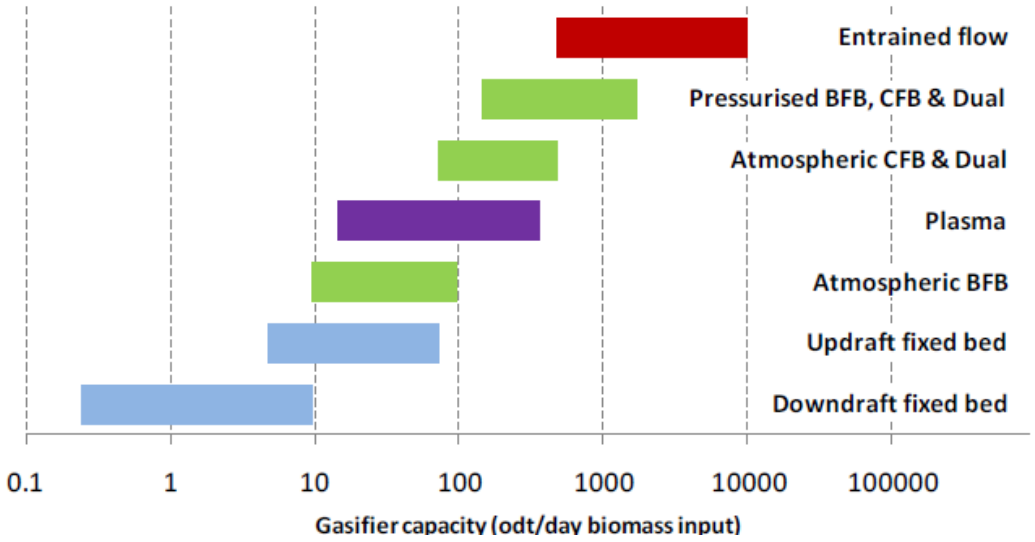
در جدول (۲-۶) انواع راکتورهای گازی‌سازی از لحاظ اندازه ذرات، میزان رطوبت و ترکیب خوراک اولیه مقایسه شده‌اند [۶].

جدول ۲-۶ مقایسه راکتورهای گازی‌سازی زیست‌توده از نظر خوراک اولیه [۶].

گازی‌ساز	اندازه	رطوبت	ترکیب	سایر
جریان هم‌زمان		٪۱۵	نباید در طول زمان تغییر کند. سهم محدودی از ضایعات کشاورزی با میزان خاکستر بالا	لزوم انجام پیش فرآوری
بستر سیال حبابی		٪۱۰-۵۵	قابلیت تغییر در طول زمان استفاده از برخی از ضایعات کشاورزی	-
بستر سیال چرخشی		٪۵-۶۰	قابلیت تغییر در طول زمان استفاده از برخی از ضایعات کشاورزی	-
پلاسما		-	قابلیت تغییر در طول زمان خوراک اولیه با محتوای انرژی بالاتر ارجح است.	قابلیت استفاده برای گسترهای از ضایعات مختلف

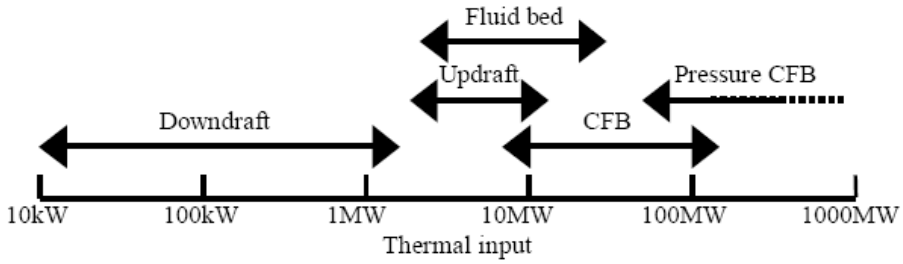
۲-۲-۴-۴- مقایسه راکتورهای گازی‌سازی از لحاظ میزان ظرفیت

یکی از معیارهای مقایسه راکتورهای گازی‌سازی می‌تواند ظرفیت راکتورهای مختلف باشد. در شکل (۲-۲) ظرفیت انواع راکتورهای گازی‌سازی مقایسه شده‌اند. همان‌طور که از شکل برمی‌آید راکتورهای جریان همزمان دارای بیشترین ظرفیت مواد اولیه ورودی و راکتورهای بستر ثابت فروکشند کمترین ظرفیت را در بین راکتورهای مختلف گازی‌سازی دارا می‌باشند.



شکل ۲-۲ ظرفیت انواع راکتورهای گازی‌سازی [۶]

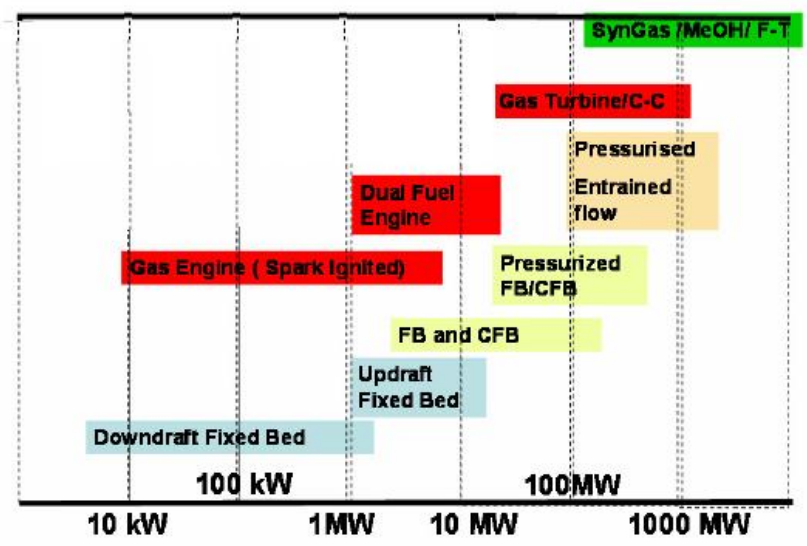
همانطور که در شکل (۲-۳) نشان داده شده، فناوری‌های مختلف برای مقیاس‌های مختلف بهره‌برداری مناسب می‌باشند [۱۲].



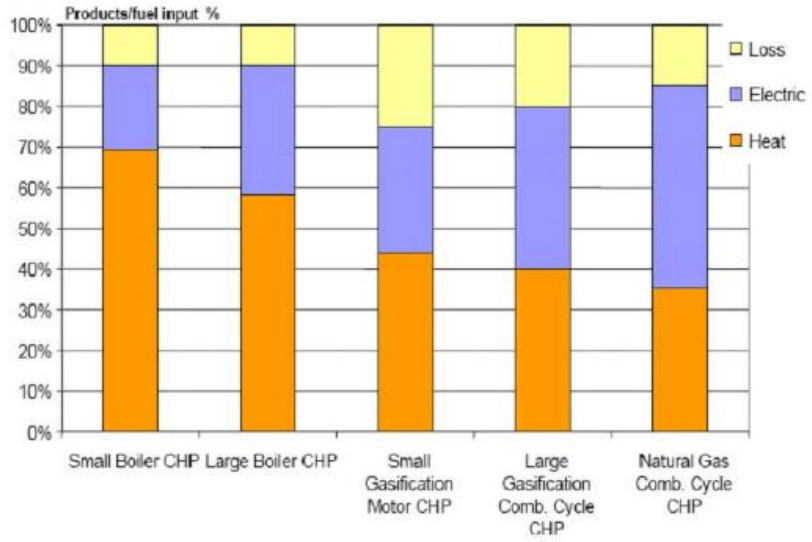
شکل ۲-۳ مقیاس بهره‌برداری انواع گازی‌ساز

طیف گسترده‌ای از کاربردهای گازی‌سازی مانند باهم‌سوزی در بویلرها/کوره‌ها، موتورهای گاز و سیکل ترکیبی توسعه داده شده است. مقیاس فناوری‌های گازی‌سازی در مقابل مقیاس فناوری‌های استفاده از گاز سنتز در شکل (۲-۴) نمایش داده شده است. برای برخی از کاربردها، افزایش ارزش حرارتی گاز اهمیت دارد. ارزش حرارتی پایین گاز برای تولید برق، در مواردی از قبیل کاهش نرخ توان و ثبات شعله تاثیر دارد، که باید به درستی در نظر گرفته شود [۱۲]. راندمان برخی از این کاربردهای مختلف از نظر تولید برق و حرارت در شکل (۲-۵) ارائه شده است [۱۳].

تولید همزمان برق و حرارت از طریق سیستم گازی‌سازی زیست‌توده، و سپس یک موتور احتراق، توربین احتراق، توربین بخار یا پیل سوختی، می‌توانند راندمانی در حدود ۴۰-۳۰٪ داشته باشد [۱۰].



شکل ۲-۴ مقیاس فناوری و خروجی



شکل ۲-۵ راندمان کاربردهای مختلف گازی‌سازی

۲-۲-۵- وضعیت فناوری گازی‌سازی

وضعیت فعلی فناوری گازی‌سازی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، در گزارشی توسط فولی و بارنارد به خوبی بررسی شده است [۱۴]. با این حال ابهاماتی در مورد تعداد تولیدکنندگان تجهیزات گازی‌سازی وجود دارد، زیرا تعدادی از این تولیدکنندگان فقط چند واحد تولید کرده‌اند که هنوز در مراحل تجربی هستند. بنابراین نزدیک به ۶۴ تولیدکننده در سراسر جهان وجود دارد. تنها در آمریکا ۲۷ تولیدکننده و حدود ۱۳ دانشگاه و مرکز تحقیقاتی بر روی جنبه‌های مختلف گازی سازی زیست‌توده کار می‌کنند [۸]. با بررسی گسترده‌ای از تولیدکنندگان گازی‌ساز در اروپا، آمریکا و کانادا ۵۰ تولیدکننده که واحدهای تجاری گازی‌سازی را ارائه می‌کنند شناسایی شد که نوع طراحی گازیساز تولیدی توسط آنها به شرح ذیل می‌باشد [۱۷]:

- ۷۵٪ از نوع فروکشند
- ۲۰٪ سیستم‌های بستر سیال
- ۲/۵٪ از نوع فراکشند
- ۲/۵٪ سایر فناوری‌ها

بزرگترین تولیدکننده تجهیزات گازی‌سازی در جهان، شرکت ساخت تجهیزات و گازی‌ساز (GEMCOR) در فیلیپین می‌باشد. این شرکت حدود ۳۰۰۰ واحد در سال با ظرفیت ۱۰-۲۵۰ kW تولید می‌کند. علاوه بر این آنها به تازگی تولید گازی‌ساز برای کاربردهای حرارت مستقیم را آغاز نموده‌اند. کاربرد اولیه آن‌ها برای پمپ‌های آبیاری و مجموعه‌های تولید برق بوده است. تا به امروز حدود ۱۰۰۰ واحد گازی‌ساز در فیلیپین با سوخت زغال چوب، تراشه چوب و بریکت نصب شده است.

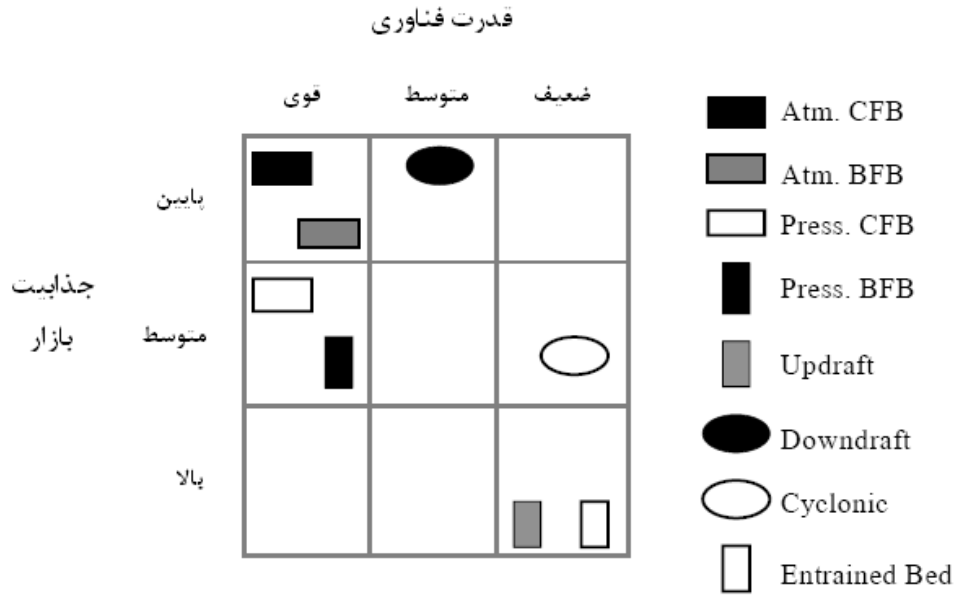
برزیل کشور دیگری است که برنامه ساخت گازی‌ساز در مقیاس وسیع در آن انجام شده است. حدود ۶۵۰ واحد گازی‌سازی در اندازه‌ها و کاربردهای مختلف در این کشور نصب شده است. در برزیل و فیلیپین گازی‌سازها عمدتاً از زغال چوب استفاده می‌کنند. در این حالت، کنترل کیفیت دقیق سوخت باید حفظ شود. بنابراین شرکت‌های تولیدکننده گازی ساز، کیفیت سوخت را نیز تأمین می‌کنند. کیفیت ناکافی سوخت بزرگترین مشکل گازی‌سازهای در حال کار است.

در اروپا تولیدکنندگان بسیاری، به خصوص در سوئد، فرانسه، آلمان و هلند وجود دارند که در ساخت سیستم‌های گازی سازی برای کاربرد معین فعالیت دارند. بازار عمده این تولیدکنندگان اروپایی، کشورهای در حال توسعه می‌باشد [۸].

فعالیت‌های تولیدی ایالات متحده و آمریکای شمالی در گزارش تهیه شده توسط آقای گاس خلاصه شده است [۱۵]. در حوزه پژوهش، فعال‌ترین برنامه گازی‌سازی در دانشگاه کالیفرنیا، دیویس و دانشگاه فلوریدا، گینسویل می‌باشد. بسیاری از سیستم‌های گازی‌سازی در ظرفیت ۱۰۰-۱۰ kW در دیویس ایجاد شده است. ایالات متحده در زمینه گازی‌ساز برای کاربرد حرارت مستقیم نیز، در جهان پیشتاز است. هر دو گازی‌ساز بستر سیال و ثابت برای این منظور توسعه داده شده است [۸].

در کشورهای آسیا و آفریقا فعالیت در زمینه گازی‌سازی در موسسات تحقیقاتی دنبال می‌شود و چندین نمونه اولیه ساخته شده و مورد آزمایش قرار گرفته است. ژاپن یکی از کشورهای فعال در زمینه گازی‌سازی است و با پیشرفت فناوری گازی‌سازی، به طور قطع ژاپن موفق به انعطاف فاکتورهای اقتصادی خود شده و به تولید انبوه گازی‌سازها در نرخ‌های پایین‌تر خواهد پرداخت. اطلاعات فروش شرکت‌های تولیدکننده مختلف نشان می‌دهد که هزینه نیروگاه و هزینه پایه گازی‌ساز برای گازی‌سازهای تا محدوده ۱۰۰ kW به ترتیب، ۳۸۰ $/kW و۱۵۰ $/kW می‌باشد. اگر چه، هزینه‌ها برای سیستم‌های کوچک بسیار بالا است. بنابراین یک نیروگاه گازی‌ساز ۱۰ kW حدود ۸۴۰ $/kW قیمت دارد، در حالی که گازی‌ساز پایه ۳۵۰ $/kW می‌باشد. هزینه‌های حمل و نقل هم باید به این ارقام اضافه گردد (به خصوص هزینه حمل و نقل به کشورهای در حال توسعه) [۸].

اطلاعات کمی در خصوص هزینه، انتشار آلاینده‌ها، بازده، نسبت محدوده عملیاتی و ساعت بهره‌برداری واقعی وجود دارد. از این گذشته، هیچ تولیدکننده مستقلی تضمین کامل برای عملکرد فنی فناوری گازی‌سازی خود ارائه نمی‌دهد. این نشان می‌دهد که تجربه عملیاتی محدود است و اعتماد کمی به فناوری وجود دارد، که به خاطر عملکرد کلی ضعیف مدل‌های نمونه مختلف می‌باشد. شکل (۲-۶) وضعیت تجربی فناوری گازی‌سازی را از نظر جذابیت بازار برای تولید برق و قدرت فناوری‌های مختلف گازی‌سازی ارائه می‌کند [۱۶].



شکل ۲-۶ توسعه فناوری و برنامه‌ریزی استراتژیک برای تولید برق

گازی‌ساز بستر سیال گردشی اتمسفری (ACFB) با توجه به قابلیت کاربرد انواع منابع و سهولت نسبی افزایش مقیاس از چند مگاوات تا ۱۰۰ مگاوات، بسیار قابل اعتماد می‌باشد. حتی برای ظرفیت‌های بالاتر از ۱۰۰ مگاوات، این اطمینان وجود داردکه صنعت قادر خواهد بود گازی‌سازهای قابل اعتماد ارائه نماید. به نظر می‌رسد این نوع گازی‌ساز برای واحدهای بزرگ مقیاس ترجیح دارد و توسط بسیاری از شرکت‌های صنعتی مانند تی پی اس، فاستر ویلر، بتل[1]، لورگی و انرژی اتریش[2] استفاده شده است. بنابراین ACFBG دارای جذابیت بازار بالایی می‌باشد و از لحاظ فنی به خوبی ثابت شده است.

گازی‌ساز بستر سیال حبابی اتمسفری (ABFBG) با توجه به قابلیت کاربرد انواع منابع در مقیاس پایلوت و کاربرد تجاری در مقیاس کوچک تا متوسط (تا حدود ۲۵ مگاوات) قابل اعتماد می‌باشد؛ دامنه ظرفیت آنها محدود است زیرا به طور معنی‌داری مقیاس نشده‌اند و برای مقدار یکسان ماده اولیه قطر این نوع گازی‌ساز به طور قابل توجهی بزرگتر از ACFBG است. از سوی دیگر ABFBG برای ظرفیت‌های کوچک تا متوسط اقتصادی‌تر است، در نتیجه جذابیت بازار آن نسبتاً بالا و همچنین فناوری قوی دارد. شرکت‌های کربونا[3] و دینامک[4] روی فناوری ABFBG فعال هستند [۱۶].

[1] Battelle
[2] Austrian Energy
[3] CARBONA
[4] DINAMEC

با توجه به این که بهره‌برداری از سیستم‌های بستر سیال تحت فشار گردشی (PCFBG) یا جوشان (PBFBG) از نصب و راه-اندازی آنها پیچیده‌تر است و هزینه اضافی برای ساخت مجاری تحت فشار صرف می‌شود، فناوری با جذابیت بـازار متوسـط در نظر گرفته می‌شوند. از سوی دیگر، استفاده از سیستم‌های بستر سیال تحت فشار در کاربرد سیکل ترکیبی یکپارچه مزیت دارد، زیرا نیازی به فشرده‌سازی سوخت گاز قبل از استفاده در محفظه احتراق توربین گاز وجود ندارد. سیستم‌های تحت فشار به طور عمده توسط شرکت‌های کربونا و فاستر ویلر ارائه شده است که به عنوان نمونه می‌توان از کابرد موفق نیروگاه سـیکل ترکیبـی گازی‌سازی SYDKRAFT در وارنامو نام برد.

گازی‌ساز فروکشند اتمسفری (ADG) برای کاربردهای کوچک مقیاس (۱/۵> مگاوات) جذابیت دارد، زیرا این فناوری نه تنهـا در اقتصادهای توسعه یافته بلکه در اقتصادهای در حال توسعه نیز بازار بسیار بزرگی دارد. با ایـن حـال، مسـئله حـذف کارآمـد قطران هنوز یک مشکل بزرگ است که باید به آن رسیدگی شود و علاوه بر آن، نیاز به سیستم بهره‌برداری خودکار بیشتر، بـه ویژه برای کاربردهای صنعتی کوچک مقیاس، وجود دارد. با این حال، پیشرفت‌های اخیر درتبدیل کاتالیستی قطران گزینه‌هـای معتبری را ارائه داده است و در نتیجه ADG می‌تواند فناوری با قدرت متوسط در نظر گرفته شود.

گازی‌ساز فراکشند اتمسفری (AUG) با توجه به غلظت بالای قطران در گاز محصول و مشکلات تصفیه گاز متعاقب آن، عملاً هیچ جذابیت بازاری برای تولید برق ندارد. همچنین به دلایل مذکور این فناوری به لحاظ فنی ضعیف در نظر گرفته می‌شود. در حال حاضر هیچ شرکتی AUG را برای تولید برق پیشنهاد نمی‌دهد.

گازی‌ساز سیکلون اتمسفری (ACG) به تازگی برای زیست توده تست شده و اگر چـه جـذابیت بـازار متوسـطی دارد بـه دلیـل سادگی هنوز اثبات نشده‌اند. هیچ شرکت معروفی ACG ارائه نمی‌دهد.

در نهایت، گازی‌ساز بستر همزمان اتمسفری (AEBG) هنوز در مرحله بسیار اولیه توسعه قرار دارد و از آن جا که بـه منـابع بـا اندازه ذرات بسیار کوچک نیاز دارند، جذابیت بازار آن بسیار کم است.

در حال حاضر هیچ شرکتی در حال توسعه سیستم‌های تحت فشار برای گازی‌سازهای زیست توده فراکشند، فروکشند، سیکلون یا بستر همزمان نیست و تصور این که چنین فناوری بتواند به عنوان یک محصـول تجـاری توسـعه یابـد، بـا توجـه بـه علـت مشکلات ذاتی آن درخصوص مقیاس، حذف قطران و هزینه، دشوار است [۱۶].

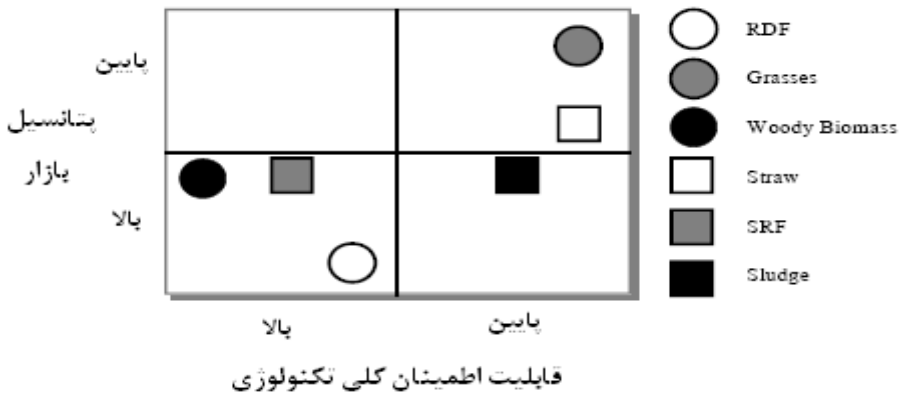
در نتیجه، سیستم مورد نظر و قابل اعتماد برای کاربردهای بزرگ مقیاس، گازی‌سازهای بستر سیال گردشی است. در حالی که برای کاربردهای کوچک مقیاس گازی‌سازهای فروکشند به طور گسترده مطالعه شده‌اند. گازی‌سازهای بستر سیال حبابی مـی-

توانند در کاربردهای متوسط مقیاس قابل رقابت باشند. سیستم‌های بستر سیال بزرگ مقیاس با توجه به پروژه‌های موفق همسوزی تجاری شده‌اند، در حالی که گازی‌سازهای بستر متحرک هنوز در تلاش برای رسیدن به مرحله تجاری هستند.

برای کاربردهای حرارتی هیچ نیازی به زدودن قطران از گاز حاصل وجود ندارد و در نتیجه هر سیستم گازی‌ساز قابل اعتماد می‌تواند با موفقیت استفاده شود. با این حال، اگر چه کاربردهای حرارتی نسبتاً ساده هستند، نمونه‌های بسیار کمی در بازار وجود دارد. موفق‌ترین نمونه این واحدها، گازی‌ساز فراکشند شرکت BIONEER بوده است، که با موفقیت در ده واحد تجاری در فنلاند استفاده شده است. این فناوری گازی‌ساز در اصل برای کاربرد آهک- کوره با ذغال‌سنگ خام به عنوان سوخت اصلی تجاری شده بود و پس از آن برای استفاده همزمان از بقایا و ضایعات محلی در دسترس در بویلرهای موجود به کار برده شد [۱۶].

۲-۲-۶- قابلیت اطمینان فناوری منابع

یکی از مهم‌ترین موانع نفوذ سریع تمام فناوری‌های تبدیل زیست توده، تأمین منابع کافی است. شکل (۲-۷) قابلیت اطمینان فناوری در استفاده از مهم‌ترین منابع را در کاربردهای گازی‌سازی به تصویر می‌کشد [۱۶].



شکل ۲-۷ وضعیت قابلیت اطمینان منابع و پتانسیل بازار

مواد اولیه زیست‌توده پاک در حال کمیاب شدن هستند و منابع قابل اعتماد به‌ندرت وجود دارند. در برخی کشورها مانند آلمان، تمام ضایعات چوب صنعتی و دیگر بقایای چوب به طور کامل مصرف می‌شوند و هیچ زیست‌توده پاک دیگری برای افزایش

سهم انرژی زیستی در دسترس نیست. بنابراین، این صنعت به منظور ایجاد فرصت‌های جدید بازار مجبور شده است به مواد اولیه نسبتاً دشوار و موادی که تجربه عملی صنعتی کمی در مورد آن‌ها وجود دارد روی آورد. سوخت‌های حاصل از زباله این مزیت را دارند که اغلب هزینه در اختیار گرفتن آن‌ها منفی می‌باشد، که می‌تواند به طور قابل توجهی هزینه‌های بهره‌برداری از واحد را کاهش دهد. علاوه بر این، از دهه گذشته علاقه قابل توجهی به محصولات انرژی‌زا و به خصوص جنگل سریع‌الرشد[1] (SRF) به عنوان ابزاری برای افزایش تولید مواد اولیه زیست‌توده وجود داشته است، در حالی که به طور همزمان فرصت‌های شغلی جدید برای کشاورزی ایجاد می‌کند. بهره‌برداری از جنگل سریع‌الرشد همچنین می‌تواند سهم قابل توجهی در جهت پایداری و برآوردن تعهدات کیوتو داشته باشد [۱۶].

کاربرد زیست توده چوبی در گازی‌ساز بالاترین قابلیت اطمینان را دارا می‌باشد و مشکلات مربوط به رسوب در گازی‌ساز بستر سیال یا تشکیل خاکستر در سطح تبادل حرارت نسبتاً خوب درک می‌شود و صنعت اعتماد کافی برای استفاده موثر از انواع زیست‌توده چوبی را دارد. صنعت نیز برای انجام عملیات پیش‌فرآوری مانند خشک کردن، کاهش اندازه و ذخیره‌سازی، به درجه بالایی از قابلیت اطمینان دست یافته است. با این حال، از آن جا که بیشتر مواد اولیه در حال حاضر به صورت محلی در کاربردهای مختلف حرارت صنعتی یا منطقه‌ای مصرف می‌شوند، پتانسیل بازار زیست‌توده چوبی محدود است.

جنگل سریع‌الرشد پتانسیل نسبتاً خوبی برای استفاده در زمین‌های غیرقابل کشت دارند و یک روش پایدار برای انرژی فراهم می‌کنند، با این حال، از آنجا که برای احداث جنگل سریع‌الرشد، زمین به مدت ۲۰-۱۵ سال مسدود می‌شود، کشاورزان در اتحادیه اروپا تمایلی به اجرای این طرح ندارند. تنها موارد استثنا کشور سوئد، با سابقه طولانی برای جنگل سریع‌الرشد بیشتر به منظور تولید کاغذ و انگلستان که به تازگی طرح‌های موفقی به جامعه کشاورزی معرفی کرده است. آمریکا، نیز یک برنامه بلندپروازانه برای توسعه جنگل سریع‌الرشد دارد، در حالی که کانادا نیز فعالیت‌های مهمی انجام داده و در حال بررسی اجرای طرح‌های جنگل‌های مختلف می‌باشد. برزیل با موفقیت مزارع اکالیپتوس را ایجاد کرده است. از سوی دیگر، آزمایش‌های کمی روی جنگل سریع‌الرشد به عنوان منابع زیست‌توده انجام شده است و خواص سوخت حاصل از آن تا حدودی نامشخص است. یک مسئله حساس وجود فلزات سنگین است که برخی از آنها (مانند کادمیوم) به راحتی توسط گیاهان گرفته می‌شوند [۱۶]. گیاهان علفی به علت قابلیت کشت در مکان‌های مختلف، حتی در دو طرف بزرگراه، اخیراً مورد توجه قرار گرفته‌اند. با این حال، بازار بالقوه آنها هنوز نامشخص است، زیرا هنوز هیچ مزرعه‌ای به آنها اختصاص داده نشده و تجربه نسبتاً کمی در مورد کاربرد

[1] short rotation foresty

این منبع زیست‌توده وجود دارد. به لحاظ فنی انواع عملیات پیش‌فرآوری مانند خرد کردن، ذخیره‌سازی، خشک کردن روی گیاهان علفی و همچنین زیست تخریب‌پذیری نسبتاً سریع آنها، مشکلاتی به وجود می‌آورد که می‌تواند منجر به کاهش وزن قابل توجه شود، مگر این که خشک شده و به صورت مناسب ذخیره شود. چگالی کم این مواد موجب بروز مشکل در جریان مواد جامد به گازی‌ساز می‌شود و می‌تواند نقاط داغ در آن ایجاد کند.

کاه و کلش برای کاربرد در گازی‌سازی پتانسیل بازار نسبتاً کمی دارد، زیرا فناوری‌های احتراق در خصوص این منبع به طور موفق توسعه یافته‌اند. تجربه کمی در گازی‌سازی کاه و کلش وجود دارد و مشکلات شدید رسوب خاکستر و تراکم بستر در گازی‌ساز بستر سیال شناسایی شده است. با توجه به وزن مخصوص ظاهری کم، امکان استفاده از کاه و کلش در گازی‌ساز بستر متحرک وجود ندارد، مگر این که کاه و کلش روی سکو قرار داده شوند[1]؛ که یک عملیات گران است. با این حال در واحد وارنامو تجربه بهره‌برداری موفق با استفاده ۱۰۰٪ از کاه و کلش وجود دارد.

سوخت مشتق شده از زباله پتانسیل قابل توجهی برای کاربرد گازی‌سازی دارد، زیرا گازی‌سازی مانند زباله‌سوز تصویر عمومی منفی ندارد و تجربه کافی در این زمینه، توسط شرکت تی پی اس و فاستر ویلر وجود دارد. با این حال، سیستم تغذیه بسته‌های فشرده RDF، برای اطمینان از عملکرد قابل اطمینان، باید بیشتر توسعه یابد و برای اثبات عملکرد کارآمد، نتایج تجرب بیشتر در کاربرد بزرگ مقیاس مورد نیاز می‌باشد.

لجن نیز می‌تواند در گازی‌ساز استفاده شود. اگرچه تجربه کمی در این زمینه وجود دارد، انتظار می‌رود کاربرد آن در آینده افزایش یابد. در این زمینه قابلیت اطمینان فنی هنوز باید به اثبات برسد [۱۶].

به تازگی دو پایگاه داده ایجاد شده که در آن اطلاعات زیادی برای انواع منابع زیست‌توده ارائه شده است. در این پایگاه‌های داده، خواص فیزیکی و شیمیایی اساسی سوخت‌های زیست توده را می‌توان یافت که اطلاعات اولیه در مورد کیفیت و مناسب بودن کاربرد منابع مختلف در فناوری گازی‌سازی را برای توسعه‌دهندگان و کاربران گازی‌ساز فراهم خواهد کرد [۱۶].

۲-۲-۷- استانداردسازی سوخت‌های بازیابی شده و سوخت‌های زیست‌توده

[1] palletized

تأمین تضمین‌شده سوخت‌های زیستی از عناصر مهم جهت ترویج انرژی زیستی در حالت کلی و به طور خاص در فناوری گازی‌سازی می‌باشد. این امر مستلزم ایجاد یک بازار مطمئن است، که نیازمند توسعه استاندارد برای اداره هر گونه معامله بین تولیدکنندگان و استفاده‌کنندگان سوخت‌های زیستی می‌باشد. در دسترس بودن استاندارد برای سوخت‌های زیستی، برای کشاورزان، جنگل‌داران و تولیدکنندگان سوخت‌های بازیابی شده، راهنمایی از انواع و کیفیت سوخت‌هایی که بازار نیاز دارد و همچنین تضمینی برای کاربران درخصوص کیفیت سوخت‌هایی که از بازار تهیه می‌کنند، فراهم خواهد کرد.

در سال ۱۹۹۸ کمیسیون اروپا به همراه صنعت و چند سازمان ملی اتحادیه اروپا، برای برانگیختن اقدامی در مورد این موضوع دست به ابتکار زد، که منجر به یک حکم به مرکز استانداردسازی اروپا (CEN) جهت تدوین استانداردهای لازم برای سوخت-های زیستی جامد گردید (CEN/TC335). در مورد سوخت‌های بازیافت شده/بهبود یافته جامد، که از ضایعات نشأت می‌گیرد، کمیسیون اروپا تنها، دستور تهیه برنامه را به CEN (CEN/BT/Task Force 118) داده است، که در نهایت ممکن است به یک حکم کلی در خصوص مطالب گروه‌های مختلف سوخت، منجر شود. هر دو حکم باید توسط سیستم‌های تضمین کیفیت پشتیبانی شود، تا از کیفیت سوخت‌هایی که به بازار سوخت‌های زیستی آینده وارد می‌شوند اطمینان حاصل شود.

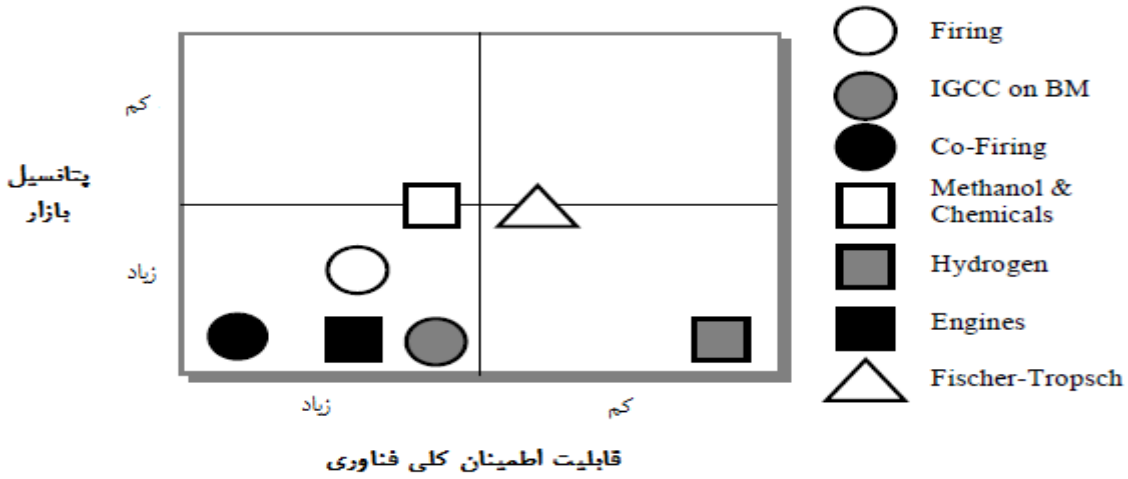
به طور خاص برای فناوری گازی‌سازی، که نیاز به مواد اولیه خوب کالیبره شده، با رطوبت، اندازه، میزان خاکستر و زمان ماند معین دارد، استانداردها تولید سوخت‌های اختصاصی برای گازی‌ساز را تسهیل می‌نمایند [۱۶].

۲-۲-۸- حذف قطران

حذف موثر قطران هنوز به عنوان یک محدودیت فنی در خصوص تجاری‌سازی موفق فناوری گازی‌سازی زیست‌توده مطرح است و تا زمانی که این مانع به خوبی مرتفع نگردد کاربردهای فناوری گازی‌سازی زیست‌توده در حوزه برق، به جز در حالت IGCC تحت فشار، ممکن نخواهد بود. گروه‌های زیادی در همه جا روی مسئله قطران کار می‌کنند [۱۶].

۲-۲-۹- کاربردها

کاربردهای مختلف گازی‌سازی برای تولید برق و حرارت در شکل (۲-۸) بر اساس پتانسیل بازار و قابلیت اطمینان کلی فناوری نشان داده شده است. هر کدام از این کاربردها در بخش‌های بعدی مورد بحث قرار خواهد گرفت و در هر کاربرد پیشرفته‌ترین نیروگاه‌ها معرفی و وضعیت کنونی و چشم‌انداز آینده آنها بررسی خواهد شد. در اینجا مهم‌ترین فعالیت‌های شناخته شده، به منظور بهره‌گرفتن از دستاوردهای آن‌ها در پروژه‌هایی که هنوز در مرحله توسعه هستند، بحث شده است. از آنجا که این فناوری در حال بلوغ است، پروژه‌های پایش عملکرد باید بر موانع فنی و غیرفنی متعدد غلبه کنند [۱۶].



شکل ۲-۸ وضعیت کاربردهای مختلف براساس پتانسیل بازار و قابلیت اطمینان فناوری

۲-۲-۱۰- احتراق در بویلر یا کاربرد حرارتی

احتراق گاز خام در بویلرها یا کاربرد حرارتی مانند کوره پس از حذف گرد و غبار و ذرات، ساده‌ترین کاربرد است، زیرا گاز گرم می‌ماند و از مشکل قطران اجتناب می‌شود. با این حال، باعث تعجب است که در حد بهره‌برداری تجاری کاربردهای موفق معدودی وجود دارد. این بازار جایی است که همه انواع گازی‌ساز می‌توانند در آن رقابت کنند و تلاش‌های هماهنگ‌تر برای افزایش تعداد موارد موفق باید توسط صنعت گازی‌سازی انجام شود.

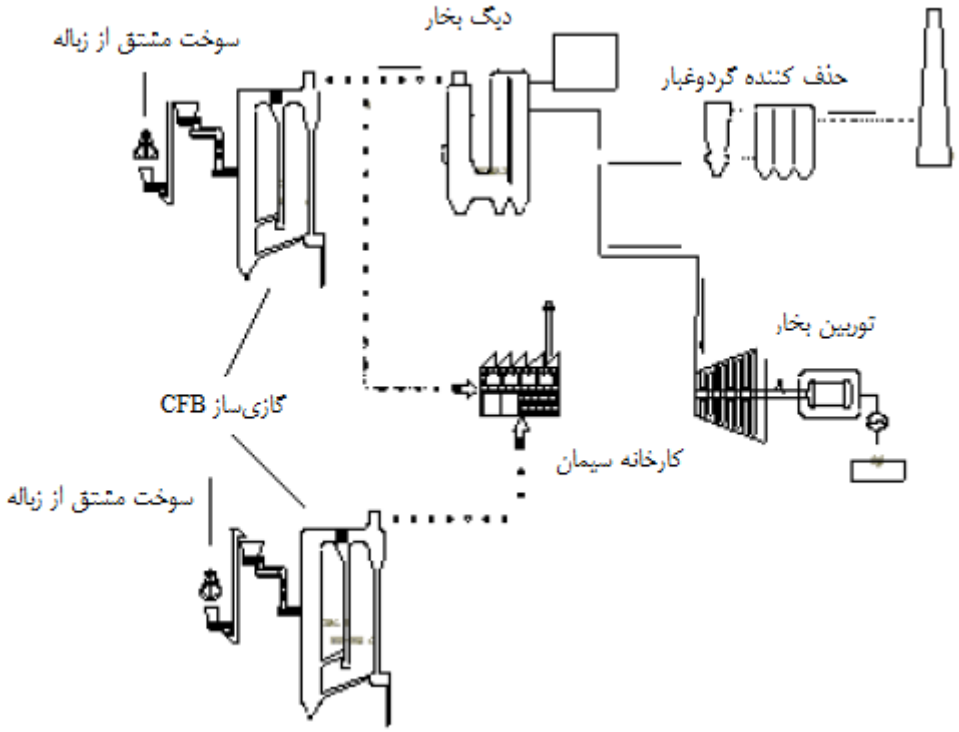
بین سال‌های ۱۹۸۵ و ۱۹۸۶ که قیمت نفت بالا بود، هشت واحد تجاری توسط شرکت بیونییر با ظرفیت بین ۴ تا ۵ مگاوات راه‌اندازی شد: پنج واحد در فنلاند و سه واحد در سوئد. چهار واحد به وسیله چوب یا مخلوط چوب و زغال‌سنگ بهره‌برداری شد، در حالی که مابقی فقط از زغال‌سنگ استفاده می‌کردند. بیشتر این گازی‌سازها هنوز در واحدهای تولید حرارت کوچک منطقه‌ای جهت تأمین آب گرم، در حال بهره‌برداری هستند. بنگاه تجاری Ahlstrom، شرکت BIONEER را که در ابتدا متعلق به بنگاه تجاری YIT بود را خرید. سپس فاستر ویلر Ahlstrom را به دست آورد. در سال ۱۹۹۶ یک واحد ۶/۴ مگاوات حرارتی در Ilomantsi در غرب فنلاند نصب شد. هزینه سرمایه‌گذاری تخمین زده شده برای کاربردهای گرمایش منطقه‌ای حدود [$kECU/MW_{th}$] ۳۵۰ می‌باشد. هزینه بهره‌برداری حدود [ECU/MWh] ۱۷ و هزینه تولید حرارت حدود [ECU/kWh] ۲۰ است.

اولین گازی‌ساز بستر سیال چرخشی تجاری بنگاه Ahlstrom Pyroflow در سال ۱۹۸۳ در آسیاب Wisa Forest Pulp and Paper Mill در شهر Pietarsaari فنلاند راه‌اندازی شد. مواد اولیه (پوسته و خاک اره) با ظرفیت حدود ۱۵۰ تن در روز زیست توده به گازی‌ساز ۳۵ مگاواتی تغذیه می‌شوند. گاز جایگزین حدود ۸۵٪ نفت برای کوره آهک می‌شود. بین سال‌های ۱۹۸۵ و ۱۹۸۶، سه گازی‌ساز دیگر، دو عدد در سوئد (۲۵ مگاواتی در NorrsundetBruks، و ۲۷ مگاواتی در ASSI, Karlsborg) و یکی در پرتغال (۱۵ مگاواتی در Portucel, Rodao Mill)، برای تأمین حرارت کوره آهک ساخته و راه‌اندازی شد [۱۶].

Corenso United Oy Ltd. در حال راه‌اندازی یک واحد گازی‌ساز جدید برای تولید انرژی و بازیابی آلومینیوم در آسیاب core-board در Varkaus می‌باشد. این واحد قادر به بهره‌برداری از قوطی‌های استفاده شده از جنس الیاف چوب، پلاستیک و آلومینیوم خواهد بود. این اولین واحد در جهان خواهد بود که قادر است آلومینیوم به کار رفته برای قوطی‌ها را

بازیافت و ماده خام تولید فویل را ایجاد نموده و به طور همزمان از پلاستیک موجود در بسته‌بندی برای تولید انرژی استفاده می‌کند. پلاستیک باقیمانده برای تولید [MW_{th}] ۴۰ گازی‌سازی خواهد شد، تولید انرژی کل سالانه در حدود [GWh] ۱۶۵ برآورد شده بود. هزینه واحد جدید در حال ساخت حدود ۱۷ میلیون یورو برآورد شده بود، و برنامه‌ریزی شده بود پایان ۲۰۰۰ تکمیل شود. سرمایه‌گذاری شامل هزینه گازی‌ساز، یک واحد بازیابی آلومینیوم و یک بویلر جدید که مخصوص گاز گازی‌ساز طراحی شده است می‌باشد [۱۶].

اولین فرایند گازی‌سازی بستر سیال چرخشی در حد تجاری برای سوخت مشتق شده از زباله (RDF) توسط شرکت TPS در Greve در Chianti ساخته شد و بهره‌برداری تجاری آن در سال ۱۹۹۳ آغاز شد. پلت‌های RDF، با نهایت طول ۱۵۰ میلی-متر، با نرخ جریان حدود [t/h] ۳ به بخش پایینی دو گازی‌ساز بستر سیال چرخشی با ظرفیت [MW_{th}] ۱۵ وارد می‌شوند. گازی‌ساز شرکت TPS که هوادهی می‌شود در دمای حدود C ۸۷۵ کار می‌کنند. ارزش حرارتی گاز حاصل از گازی‌ساز [MJ/Nm^3] ۸ می‌باشد. گاز خام حاصل از یکی از گازی‌سازها از دو مرحله جداسازی مواد جامد عبور می‌کند و سپس برای تولید بخار وارد یک کوره/بویلر می‌شود و توسط یک توربین بخار متراکم [MW_e] ۲/۳ برق تولید می‌کند. بازده کلی تولید برق در حدود ۱۹ تا ۲۰ درصد می‌باشد. گاز تولیدی در گازی‌ساز دوم به کارخانه سیمان مجاور برای احتراق مستقیم در کوره سیمان عرضه می‌شود. گاز در دمای حدود $^{\circ}C$ ۸۵۰ چرخه را ترک می‌کند و به یک مبدل حرارتی پر شده با روغن فرستاده می‌شود تا قبل از این که به کارخانه سیمان فرستاده شود تا دمای حدود $^{\circ}C$ ۴۵۰ سرد شود (شکل ۲-۹). در حال حاضر به منظور تولید برق از گازی‌ساز دوم و رساندن ظرفیت کل به ۶/۷ مگاوات الکتریکی، برنامه نصب یک بویلر مدرن دیگر و تجهیزات تصفیه گاز وجود دارد. این واحد به دلیل مشکل در تأمین مداوم پلت‌های RDF، به طور متناوب بهره‌برداری می‌شود [۱۶].

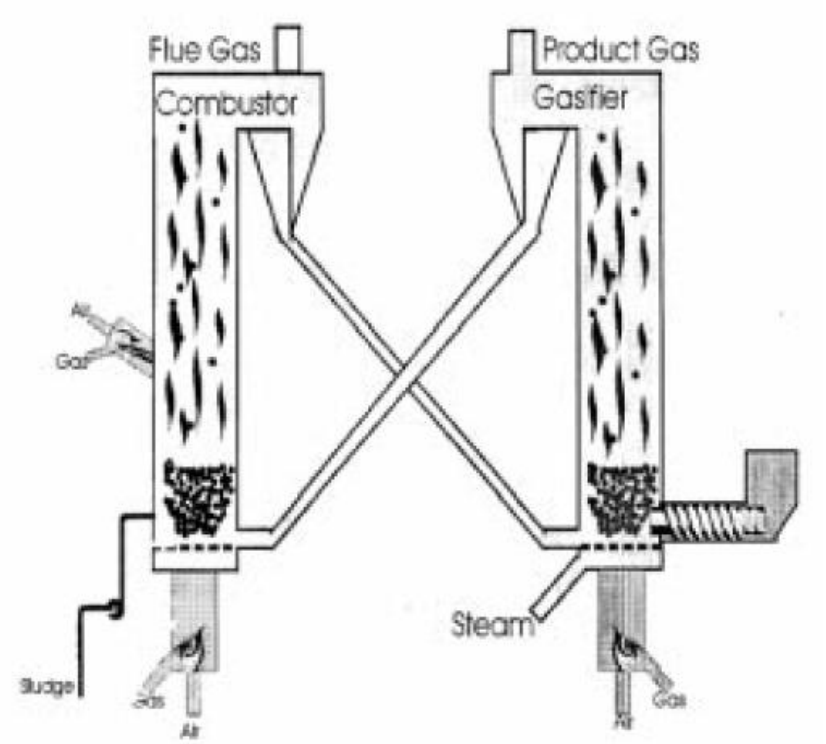


شکل ۲-۹ نمودار جریان فرایند واحد Greve در Chianti

پروژه Battelle/FERCO در آمریکا در نیروگاه McNeil در Burlington، Vermont ساخته شد. پروژه با ظرفیت ۲۰۰ تن در روز، فرایند گازی‌سازی کم فشار را با گازی‌ساز شرکت Battelle که شامل دو راکتور به شرح ذیل می‌باشد انجام می‌دهد:

- یک راکتور گازی‌سازی که در آن زیست‌توده به گاز MCV و زغال باقیمانده در دمای °C ۸۵۰-۷۰۰ تبدیل می‌شود.
- یک راکتور احتراق که زغال باقیمانده را برای تأمین گازی‌سازی می‌سوزاند.

انتقال حرارت بین راکتورها توسط ماسه در گردش بین گازی‌ساز و محفظه احتراق انجام می‌شود (شکل (۲-۱۰)). از آنجا که واکنش‌های گازی‌سازی توسط حرارت غیر مستقیم حمایت می‌شود، گاز خام گازی با ارزش حرارتی متوسط می‌باشد. بالاترین ارزش حرارتی برآورد شده این گاز [MJ/Nm^3] ۱۷/۷۵ است. بهره‌برداری کامل این نیروگاه در اواسط سال ۲۰۰۰ با استفاده از تراشه‌های چوب حاصل شد. پیش‌بینی شده بود که در فاز بعدی پروژه، سوخت گاز برای بازیابی حرارت سرد، پاک و دوباره فشرده شود و سپس برای تبدیل و استحصال انرژی در یک سیستم توربین گاز [MW_e] ۱۵ وارد شود [۱۶].



شکل ۲-۱۰ نمایی از فناوری گازی‌سازی Battelle

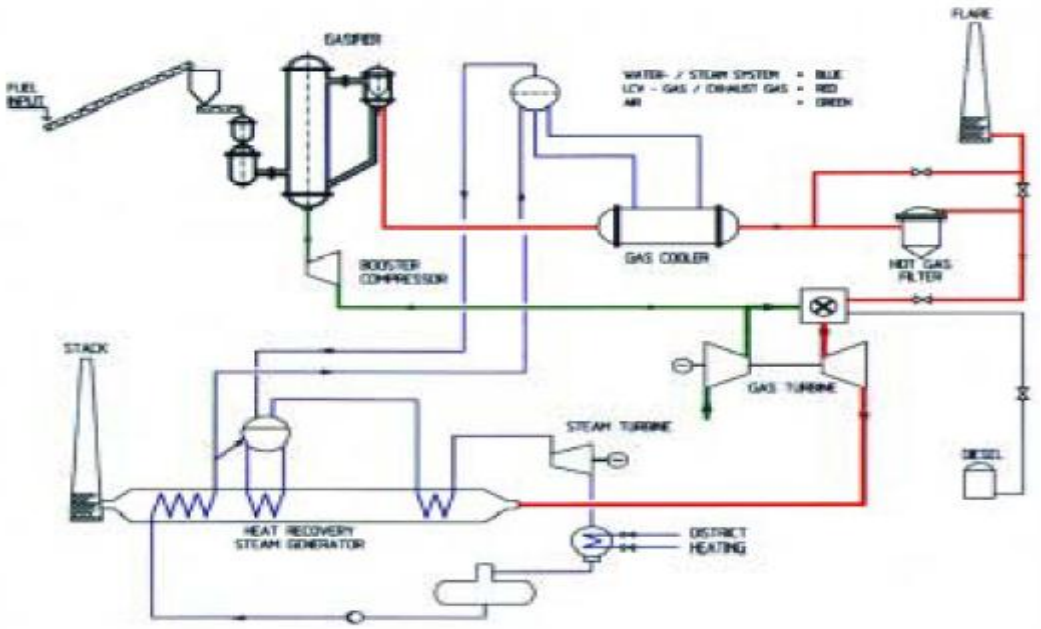
۲-۲-۱۱- پروژه‌های IGCC

در دهه اخیر (دهه ۱۹۹۰) چندین پروژه برای کاربرد گازی‌سازی سیکل ترکیبی یکپارچه شروع شده است، اما تنها دو مورد از آن‌ها تکمیل شده است: واحد SYDKRAFT در وارنامو بر اساس فناوری فاستر ویلر و واحد ARBRE بر اساس فناوری TPS. پروژه ورمونت بر اساس شرکت بتل/فرکو ممکن است در بازه زمانی میان‌مدت یا بلندمدت به یک واحد IGCC ارتقا یابد. هر چند در حال حاضر هیچ واحد محسوسی وجود ندارد. پروژه مزرعه انرژی در پیزا با فناوری شرکت لورگی و پروژه برزیلی با فناوری شرکت TPS، هنوز با مشکلات اجرا روبرو است و آینده آن‌ها نامعلوم است. این موضوع مشخص می‌کند که چنین پروژه‌های بزرگ مقیاسی هنوز با موانعی مواجه هستند که عمدتاً مربوط به هزینه سرمایه‌گذاری بالا و خطرات فنی بالا به علت وضعیت در حال بلوغ فناوری گازی‌سازی می‌باشد. اگر چه بهره‌برداری موفق از پروژه ARBRE، اولین واحد تجاری

IGCC، قابلیت اطمینان برای فناوری و پایه‌ای برای افزایش مقیاس با اطمینان فراهم خواهد کرد، نسل دوم ARBRE می‌تواند با هزینه کمتر به خاطر تأثیرات یادگیری، احداث شود. علاوه بر آن یک واحد کوچک مقیاس IGCC مبتنی بر احتراق غیرمستقیم گاز داغ وجود دارد [۱۶].

۲-۲-۱۱-۱- نیروگاه Varnamo

نیروگاه وارنامو (شکل ۲-۱۱)، با کل مواد اولیه ورودی معادل ۱۸ MW، حدود ۶ MW_e برق متصل به شبکه و همچنین ۹ MW_{th} برای سیستم حرارت محلی شهر وارنامو تولید می‌کند. بهره‌برداری تجمعی واحد به حدود ۸۵۰۰ ساعت گازی‌سازی با بیش از ۳۶۰۰ ساعت عملکرد توربین گاز رسید. یک برنامه آزمایشی موفق که در سال ۲۰۰۰ کامل شد، مشکلات انعطاف‌پذیری مواد اولیه و انتشار NO_x را مشخص می‌کند. مواد اولیه از جمله چوب، بقایای جنگلی، گیاهان انرژی‌زا، کاه و کلش و سوخت مشتق از زباله بدون هیچ مشکل عمده‌ای در بهره‌برداری استفاده شده بود. هرچند، برخی مشکلات در سیستم تصفیه گاز داغ، که موجب شکست تعدادی از شمع‌های فیلتر سرامیکی شد پدید آمد.



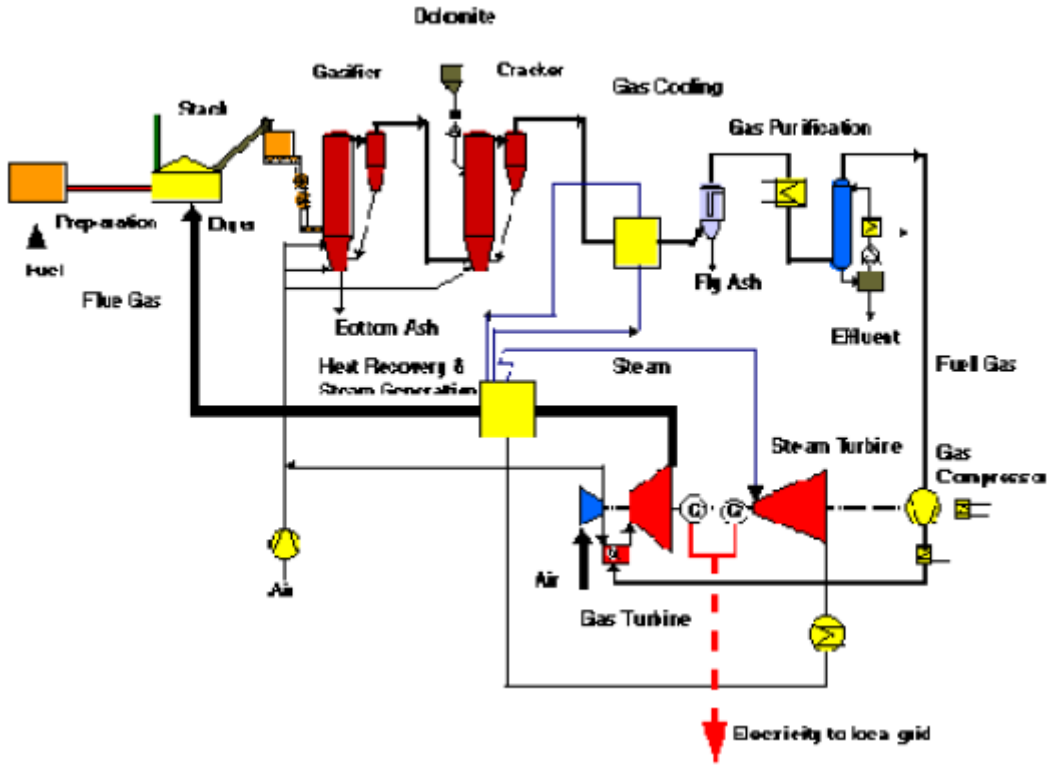
شکل ۲-۱۱ دیاگرام جریان فرایند در نیروگاه وارنامو

علاوه بر برنامه پایش و عملکرد، کار توسعه با هدف کاهش اساسی انتشار NO_x از واحدهای گازی‌ساز تحت مسیر VVT انرژی انجام شد. روش کار بر اساس اکسیداسیون کنترل شده و انتخابی گونه‌های نیتروژن ثابت، آمونیاک اولیه و سیانید هیدروژن، از گاز حاصل از گازی‌سازی به نیتروژن می‌باشد. بخش مرکزی این تحقیق توسعه یک فناوری اکسیداسیون کاتالیست انتخابی است. آزمایش‌های کاهش مواد بستر نیز به منظور بررسی احتمالات کاهش هزینه بهره‌برداری برای فناوری IGCC ایجاد شد [۱۶].

۲-۲-۱۱-۲- نیروگاه ARBRE

ساخت نیروگاه ARBRE، که در جنوب Selby، شمال Yorkshire، بریتانیا واقع شده، در جولای ۱۹۹۸ آغاز شد. ساخت آن اکنون کامل شده و تمام تجهیزات نصب شده‌اند. خالص برق خروجی نیروگاه ۸ MW_e با راندمان ۳۰/۶٪ فراهم خواهد کرد. فروش برق به شبکه توسط برنامه NNFO در بریتانیا حمایت شد. نمودار جریان فرایند در شکل (۲-۱۲) ارائه شده است.

تأمین زیست توده بیشه به عهده شرکت زیست‌محیطی Yorkshire خواهد بود، که تلاش می‌کند استفاده از مواد زیست توده تأمین شده توسط جنگل سریع‌الرشد را حداکثر نماید. پساب لجن فاضلاب تصفیه شده که به وسیله شرکت خدمات آب Yorkshire تأمین شده، در کاشت بیشه به عنوان مواد آلی حاصلخیزکننده جهت افزایش بازده تولید به کار خواهد رفت. میزان فلز سنگین، پاتوژن و بو در لجن کم خواهد بود. خاکستر ضایعاتی از گازی‌ساز و کراکر کاتالیستی، به عنوان نگهدارنده خاک برای کاشت بیشه و منبع کاتیون پایه و مواد ریزمغذی برای بهبود خاک، بازیابی خواهد شد [۱۶].



شکل ۲-۱۲ نمودار جریان فرایند نیروگاه ARBRE

گاز بعد از فشرده شدن تا فشار حدود ۲۰ بار، در یک توربین گاز سوزانده می‌شد. گاز در دمای ۴۷۵ از توربین خارج می‌شود. بخار تولید شده برای تولید ۵/۵ MW_e برق در توربین بخار به کار می‌رفت. گرمای تلف شده برای خشک کردن مواد اولیه زیست‌توده استفاده می‌شد [۱۶].

این نیروگاه هرگز به بهره‌برداری تجاری نرسید. پروژه ARBRE به دلیل سه تحول ناگوار شکست خورد: صرفنظر کردن شرکت اصلی است که شروع و تامین مالی پروژه را به عهده داشت، به دلایل استراتژی تجاری؛ ورشکستگی پیمانکار سرپرست پروژه؛ و مشکلات فنی در مورد فناوری گازی‌سازی، که نمی‌توانست در زمان و منابع مالی محدود حل شود. مستند نمودن روند شکست پروژه مذکور تجربه یادگیری است که می‌تواند از رخداد مجدد آن جلوگیری نماید [۷۷].

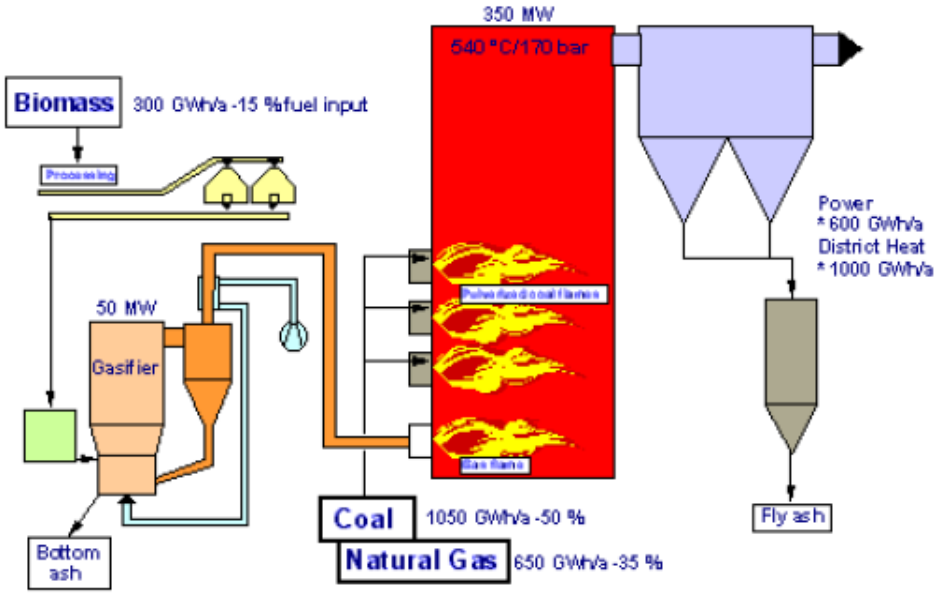
۲-۲-۱۲- باهم‌سوزی با زغال

کاربرد باهم‌سوزی در حال حاضر برای پتانسیل نفوذ سریع در بازار جالب‌ترین کاربرد است، زیرا به دلیل وجود چرخه برق در نیروگاه زغال سوز، هزینه کلی آن نسبتاً پایین است. علاوه بر این، باهم‌سوزی نسبت به احتراق همزمان که در آن زیست توده قبل یا در طی فرآیند احتراق با ذغال سنگ مخلوط می‌شود، مزیت دارد. خاکستر باقیمانده از زیست‌توده، که به عنوان یک ماده ساخت و ساز یک بازار موجود دارد، با خاکستر ذغال سنگ مخلوط نمی‌شود. همچنین ریسک فنی هنگامی که گاز به صورت گرم مورد استفاده قرار می‌گیرد پایین است و بنابراین مشکل قطران وجود ندارد. در کاربرد بازسوزی[1]، (زمانی که گاز تقریباً در بالای بویلر زغال سنگ قرار دارد) مشخص است که عملکرد زیست‌محیطی نیروگاه با جایگزینی سوخت‌های فسیلی توسط زیست‌توده، به طور قابل توجهی بهبود یافته است [۱۶].

۲-۲-۱۲-۱- نیروگاه Lahti

واحد یوتیلیتی Lahden Lämpövoima Oy یک گازی‌ساز CFB شرکت فاستر ویلر را برای نیروگاه Kymijärvi خود در Lahti، فنلاند ساخته است. این گازی‌ساز از ضایعات صنعتی چوب، تراشه، سوخت ذغال نارس[2] و سوخت مشتق از زباله استفاده می‌کند. گاز تولیدی از گازی‌ساز در بویلر بخار نیروگاه Kymijärvi با دمای شعله بالا سوزانده می‌شود، که خلوص گازهای حاصل را تضمین می‌کند. هدف این گازی‌ساز جایگزینی ۵۰ MW از سوخت نیروگاه بویلر بخار ۳۵۰ MW با سوخت‌های زیستی می‌باشد (شکل ۲-۱۳). یک سوم سوخت گازی‌ساز، سوخت مشتق از زباله است که به دو دسته خانگی و صنعتی طبقه-بندی می‌شود و دو سوم دیگر آن از انواع مختلف زیست توده تشکیل شده است. با کاربرد سوخت‌های زیستی، کاهش انتشار آلاینده‌های نیروگاه و خطرات زیست‌محیطی امکان‌پذیر است. کاهش دی‌اکسید کربن [t/a] ۶۰-۸۰۰۰ محاسبه شده است [۱۶].

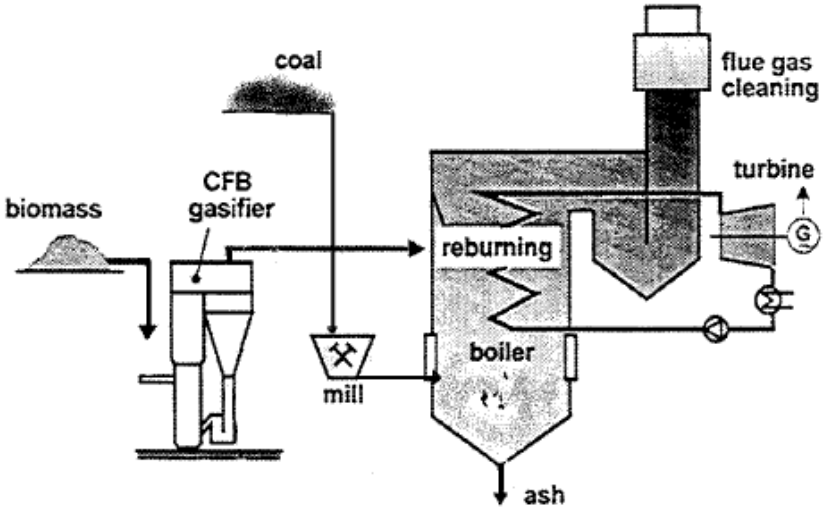
[1] reburning
[2] fuel peat



شکل ۲-۱۳ نمایی از نیروگاه باهم‌سوزی Lahti

۲-۲-۱۲-۲- نیروگاه BioCoComb در Zeltweg

این واحد پایش و عملکرد در نیروگاه Zeltweg کشور اتریش توسط شرکت DRAUKRAFT راه‌اندازی شد. فرایند BIOCOMB برای تهیه سوخت زیستی جهت احتراق همزمان توسط گازی‌سازی جزئی و سایش، به علت تنش مکانیکی و حرارتی در راکتور بستر سیال چرخشی، طراحی می‌شود (شکل ۲-۱۴) [۱۶].

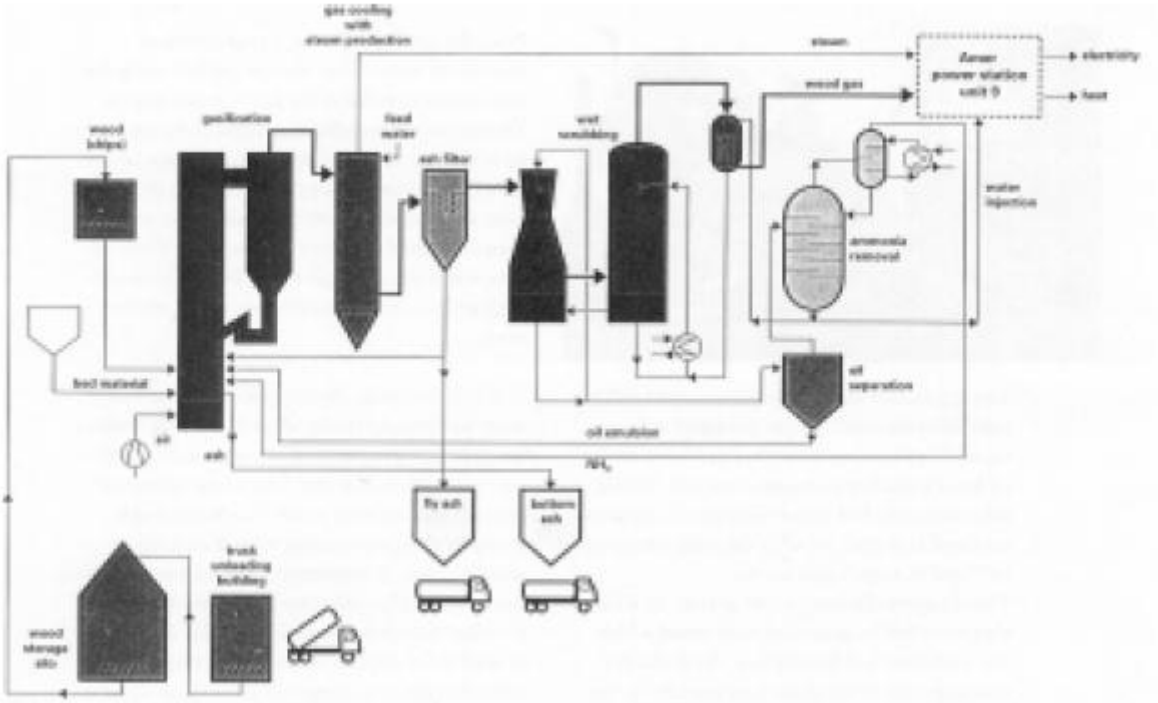


شکل ۲-۱۴ نمایی از نیروگاه BiocoComb در Zeltweg

گاز حاصل در کوره یک نیروگاه زغال سنگ‌سوز سوزانده می‌شود. سهم سوخت‌های زیستی حدود ۵-۳٪ کل ورودی حرارتی مربوط به MW_{th} ۱۰ می‌باشد.

۲-۲-۱۲-۳- پروژه AMER

این واحد گازی‌سازی چوب در یک واحد حرارتی زغال سنگ‌سوز نسبتاً جدید در Geertruidenberg هلند واقع می‌شود (شکل ۲-۱۵). هدف از این پروژه صرفه‌جویی ۷۰۰۰۰ تن زغال سنگ (۳۳۷۰۰ TOE) بر اساس استفاده از ۱۵۰۰۰۰ تن ضایعات چوب (ضایعات ساخت و ساز و تخریب) و کاهش ۱۷۰۰۰۰ [t/y] انتشار CO_2 می‌باشد. ظرفیت معادل برق این واحد ۲۹ MW_e می‌باشد. این واحد گازی‌سازی توسط شرکت لورگی ساخته شده است [۱۶].



شکل ۲-۱۵ نمودار جریان فرایند واحد گازی‌سازی AMER

۲-۲-۱۳- باهم‌سوزی با گاز طبیعی

گاز تولید شده توسط گازی‌سازی زیست توده می‌تواند با گاز طبیعی نیز مشابه زغال سنگ، به طور مستقیم در توربین، بویلر یا مشعل یا به عنوان سوخت بازسوزی محترق شود. در این خصوص مقالات بسیار کمی منتشر شده است. با این حال، این موضوع می‌تواند گزینه‌های بازار گازی‌سازی زیست‌توده را به طور قابل توجهی توسعه دهد. محاسبات، افزایش قابل توجه دمای شعله، سرعت سوختن آرام و ارزش حرارتی پایین‌تر را با اضافه کردن ۲۵٪ متان به گاز حاصل از گازی‌ساز نشان می‌دهد [۱۶].

۲-۲-۱۴- احتراق غیرمستقیم توربین‌های گاز

یک راه نوآورانه برای از بین بردن مشکل قطران در کاربردهای نسبتاً کوچک مقیاس، چرخه غیرمستقیم یا فرایند توربین گاز هوای گرم است. در چنین پیکربندی، گاز تولیدشده توسط گازی‌ساز به طور مستقیم در یک مبدل حرارتی که در آن هوای پاک

توسط کمپرسور تأمین می‌شود محترق و تا محدوده ۹۵۰–۸۵۰ درجه گرم می‌شود. سپس هوای گرم به توربین گاز وارد می‌شود. مشکل اصلی این نوع فرآیند، اندازه و مشکلات عملیاتی از جمله رسوب و خوردگی نهایی مبدل حرارتی است. برای این کاربرد می‌توان به پروژه BINAGAS دانشگاه Brussels و پروژه Freiberg اشاره کرد [۱۶].

۲-۲-۱۵- کاربرد در موتورها

فعالیت در خصوص راه‌اندازی موتورها با مولد گاز از چند دهه گذشته تا کنون ادامه داشته، اما پیشرفت کمی داشته است. در زمینه موتورهای رفت و برگشتی دو تولیدکننده (ینباخر[1] و کاترپیلار) وجود دارند که نقش اصلی را ایفا می‌کنند. مشکل اصلی مربوط به حذف کارآمد قطران است. با این حال، تولیدکنندگان موتور قادر به طراحی و ساخت موتورهای مقاوم‌تر که بتوانند قطران موجود در گاز را تحمل کنند نیستند. در اقتصادهای در حال توسعه مانند چین، که در آن تقاضای زیاد برای انرژی و نیروی کار ارزان وجود دارد، نمونه‌هایی از نگهداری با دقت و مداوم موتورهایی که با گاز نسبتاً آلوده کار می‌کنند وجود دارد. این رویکرد منجر به ایجاد مقادیر قابل توجهی از میعانات می‌گردد که تجمع می‌یابد و باعث خطر زیست‌محیطی می‌شوند. در تنظیمات اخیر، گاز حاصل به منظور جلوگیری از تراکم هر گونه مایعات و قطرات باقیمانده قطران، از طریق نصب بخش خنک‌کننده در پایین دست، در دمای بالاتر از نقطه شبنم آن (۷۵ °C) نگه داشته می‌شود. این حذف برای تصفیه آب مورد نیاز است. موتورهای پیشنهاد شده lean-burn[2]، سرعت بالا، راندمان بالا، موتورهای گاز توربو شارژ شده هستند. توربو شارژر تجهیزی است که به منظور افزایش فشار گاز و در نتیجه چگالی انرژی گاز، قبل از موتور نصب می‌شود تا افت راندمان به علت چگالی پایین گاز ناشی از درجه حرارت نسبتاً بالا (۷۵ °C) را جبران کند. راندمان الکتریکی چنین ساختاری می‌تواند به ۴۰٪ برسد.

کار بر روی توربین گاز با بهره‌برداری از توربین گاز تایفون[3] در واحد وارنامو به طور موفقیت آمیز اثبات شده است و در سال ۲۰۰۱ در واحد ARBRE بهره‌برداری شده است. علاوه بر آن، NUOVO PIGNONE یک سری تست محفظه احتراق موفق برای یک توربین گاز ۱۰ مگاواتی در پروژه مزرعه انرژی ایتالیا انجام داده است.

[1] Jenbacher
[2] of or relating to an internal combustion engine designed to run on a lean mixture to reduce pollution.
[3] TYPHOON

۲-۲-۱۶- متانول، هیدروژن و فیشر-تروپش

مواد شیمیایی نیز علاوه بر حامل‌های انرژی می‌توانند در کاربردهای مختلف استفاده شده یا برای تولید محصولات مفید دیگر به کار روند. تمام آن‌ها می‌توانند از گاز سنتز ($CO + H_2$) تولید شوند که موضوع تحقیقات گسترده‌ای هستند. فرآیندهای صنعتی تجاری مبتنی بر گاز سنتز حاصل از سوخت فسیلی وجود دارد. مزیت این حامل‌های انرژی این است که می‌توانند در پیل سوختی برای کاربردهای برق یا حمل و نقل، یا سوخت جایگزین استفاده شوند. این مواد می‌توانند برای تولید افزودنی سوخت‌های مایع حمل و نقل مانند دی‌متیل‌اتر و دی‌متوکسی‌متان فرآوری شوند.

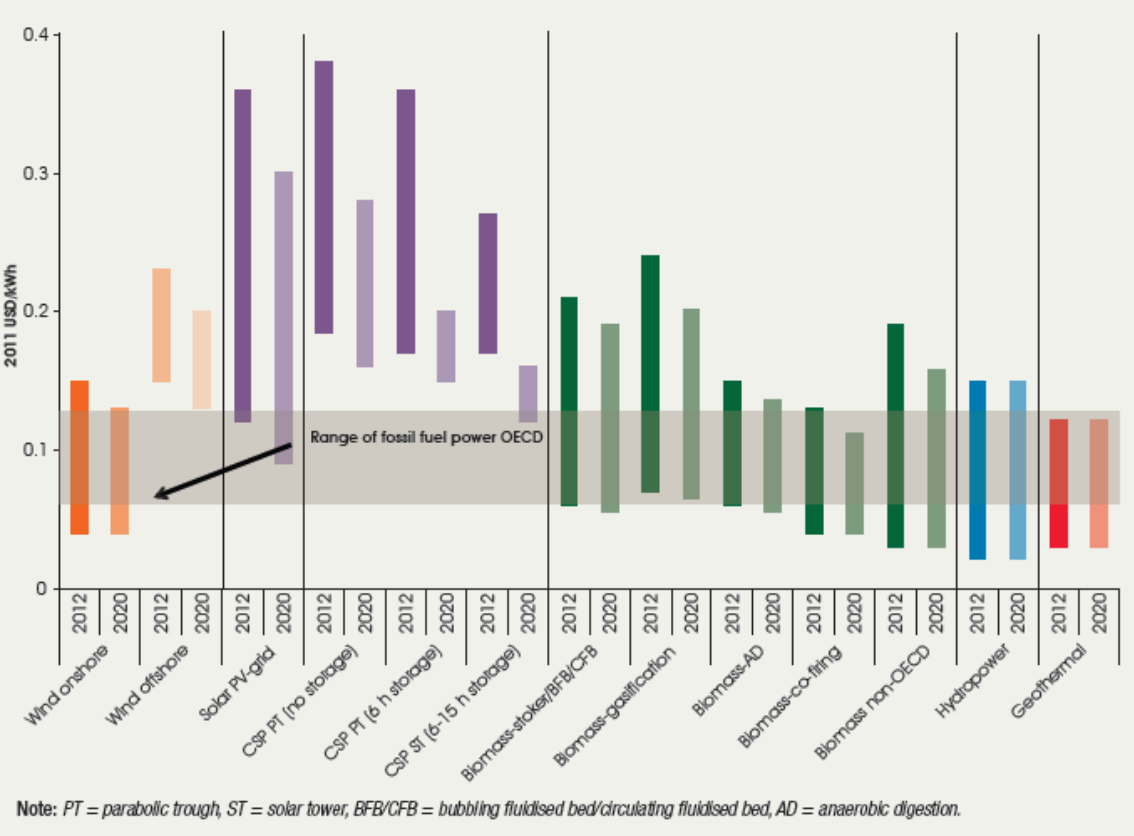
از فرآیندهای گازی‌سازی زیست توده پیشرفته می‌توان برای تولید گاز سنتز بهره برد. این مسأله در دهه ۱۹۸۰ توسط برنامه "متانول از چوب" کمیسیون اروپا نشان داده شده است. در آن پروژه چهار نیروگاه در ظرفیت‌های [dry t/d] ۱۲-۴/۸ بهره-برداری شد. گروه‌های مختلف در زمینه تولید هیدروژن از گازی‌سازی توسط دوغاب آلیاژهای فلزی هیدراته فعالیت کردند. آزمایشگاه ملی انرژی تجدیدپذیر در آمریکا نیز به طور گسترده تبدیل گاز سنتز به سوخت را بررسی کرده و نتایج مثبت به دست آورده است.

۲-۲-۱۷- هزینه ایجاد زیرساخت تولید و هزینه تمام‌شده حامل انرژی

از آنجا که هر فناوری منحنی عرضه منحصر به خود را دارد که به طور قابل توجهی برای هر کشور، یا حتی مناطق داخل یک کشور، بسته به در دسترس بودن منابع و ساختار هزینه محلی متفاوت است، شناسایی واضح سلسله مراتب هزینه برای فناوری-های تجدیدپذیر امکان‌پذیر نیست. با این حال، یک سلسله مراتب کلی برای تولید برق تجدیدپذیر از نظر هزینه و مقیاس منابع در دسترس وجود دارد. هنگامی که منابع محلی عالی در دسترس هستند، تمام فناوری‌های بالغ مانند زیست‌توده، زمین‌گرمایی و برقابی می‌توانند با هزینه‌های بسیار رقابت‌پذیر، هر چند در مقادیر محدود، برق تولید کنند.

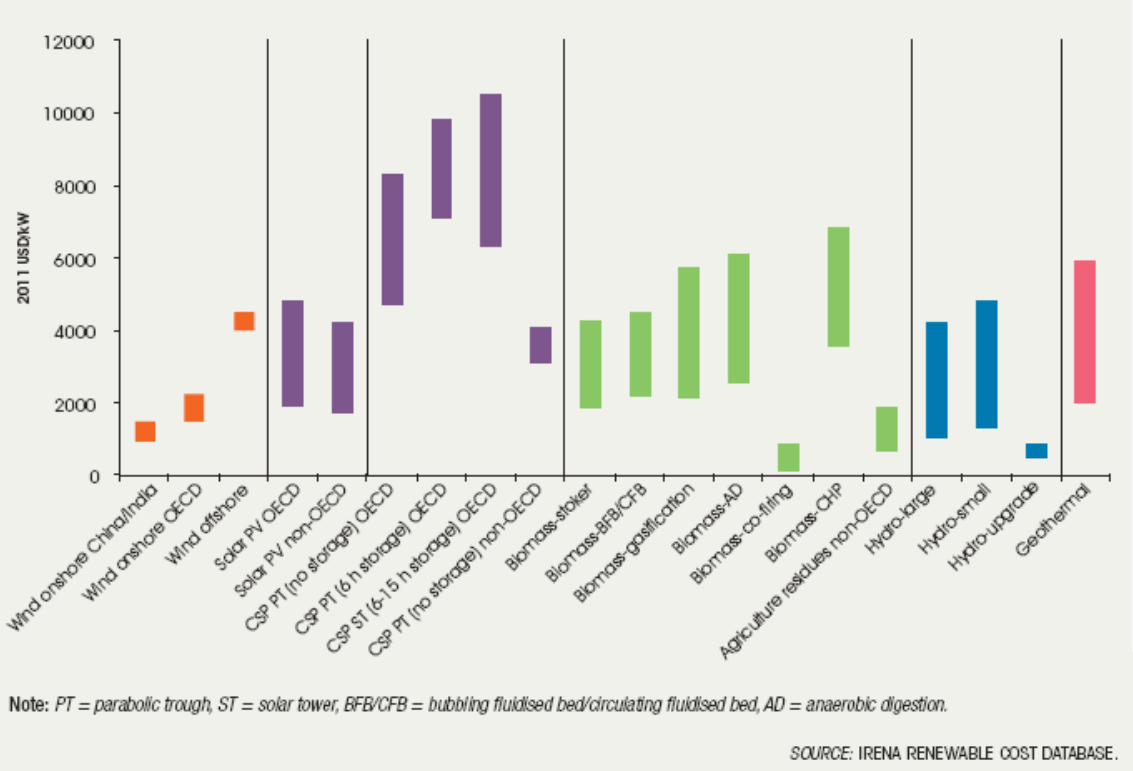
هزینه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر براساس منطقه تفاوت می‌نماید، و منابع زیست توده به طور نامنظم در مناطق، کشورها و در داخل یک کشور توزیع شده است. بنابراین مقدار LCOE واقعی برای هر فناوری تولید برق تجدیدپذیر وجود ندارد. از این رو، جمع‌آوری اطلاعات ملی برای تجزیه و تحلیل هزینه‌ها و پتانسیل تولید برق تجدیدپذیر، حیاتی است.

با کاهش هزینه تجهیزات، سهم توازن هزینه‌های پروژه و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری در LCOE افزایش خواهد یافت اما تلاش برای سرعت بخشیدن به کاهش آن باید افزایش یابد. تا سال ۲۰۲۰ می‌توان کاهش بیشتر هزینه تجهیزات را انتظار داشت، که میانگین LCOE انرژی‌های تجدیدپذیر را کاهش خواهد داد. این میزان کاهش برای فناوری گازی‌سازی زیست‌توده تا سال ۲۰۲۰ در شکل (۲-۱۶) دیده می‌شود که نرخ شتاب قابل توجهی دارد [۷۶].



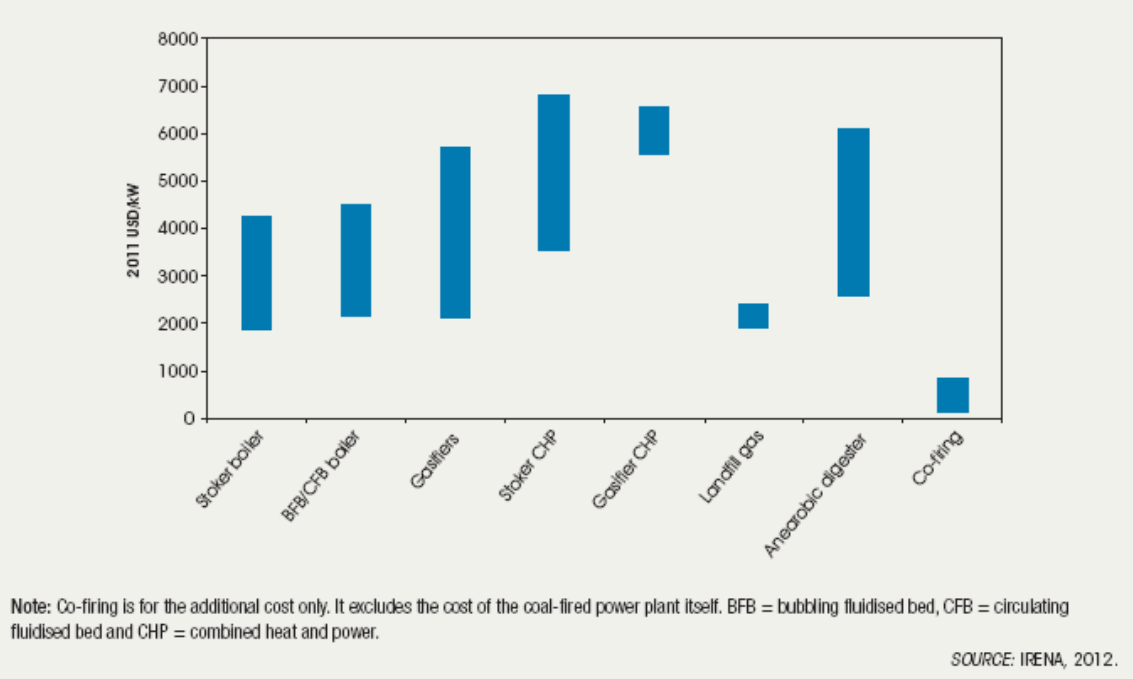
شکل ۲-۱۶ مقایسه محدوده LCOE برای فناوری‌های تولید برق تجدیدپذیر (۲۰۱۲ و ۲۰۲۰) [۷۶].

هزینه سرمایه‌گذاری اولیه نصب، در بین فناوری‌ها و مناطق مختلف به طور قابل توجهی تفاوت دارد. این نکته نیاز به جمع‌آوری اطلاعات جامع از پروژه انجام شده در دنیا را به منظور ارزیابی درست هزینه‌ها و پتانسیل فناوری‌ها برجسته می‌نماید. محدوده معمول هزینه سرمایه‌گذاری نصب فناوری‌های مختلف تجدیدپذیر در شکل (۲-۱۷) ارائه شده است. هزینه سرمایه‌گذاری نصب فناوری گازی‌سازی، شامل تکنولوژی بستر ثابت و بستر سیال، بین (US$/kW) ۵۷۰۰-۲۱۴۰ می‌باشد.



شکل ۲–۱۷ محدوده هزینه سرمایه‌گذاری برای فناوری‌های تولید برق تجدیدپذیر (۲۰۱۲ و ۲۰۲۰) [۷۶].

هزینه و راندمان تجهیزات تولید برق از زیست توده به طور قابل توجهی بر اساس فناوری متفاوت است. هزینه تجهیزات برای یک نوع فناوری مشخص نیز می‌تواند بسته به منطقه و همچنین مواد اولیه و پیش‌فروآوری‌ها متفاوت باشد. هزینه سرمایه-گذاری شامل تجهیزات، مدیریت سوخت و ماشین آلات آماده‌سازی، مهندسی و هزینه ساخت و ساز و برنامه‌ریزی می‌باشد. این هزینه همچنین می‌تواند هزینه اتصال به شبکه، جاده‌ها و هر نوع زیرساخت جدید یا بهبود زیرساخت‌های موجود مورد نیاز برای پروژه را شامل شود. شکل (۲–۱۸) طیف وسیعی از هزینه سرمایه‌گذاری برای فناوری‌های مختلف در کشورهای OECD را ارائه می‌کند [۷۶].



Note: Co-firing is for the additional cost only. It excludes the cost of the coal-fired power plant itself. BFB = bubbling fluidised bed, CFB = circulating fluidised bed and CHP = combined heat and power.

SOURCE: IRENA, 2012.

شکل ۲–۱۸ هزینه سرمایه‌گذاری برای فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده برای کشورهای OECD [۷۶].

محدوده هزینه ثابت بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری برای نیروگاه زیست‌توده معمولاً از ۶–۱٪ هزینه سرمایه‌گذاری اولیه در هر سال می‌باشد (جدول (۲–۷)). هزینه‌های ثابت بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری شامل نیروی کار، نگهداری، جایگزینی اجزا/تجهیزات معمول (برای بویلرها، گازی‌سازها، تجهیزات مدیریت مواد اولیه)، بیمه و غیره می‌باشد. با توجه به تأثیر اقتصادی مقیاس به ویژه در خصوص نیروی کار مورد نیاز، هر چه نیروگاه بزرگتر باشد هزینه‌های ثابت آن (به ازای هر کیلووات) کمتر می‌باشد. هزینه‌های متغیر بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری به توان خروجی سیستم بستگی دارد و معمولاً به صورت هزینه بر هر واحد توان خروجی (USD/kWh) بیان می‌شود. هزینه‌های متغیر عبارتند از:

- هزینه‌های سوخت غیرزیست‌توده
- هزینه دفع خاکستر
- هزینه تعمیر و نگهداری برنامه‌ریزی نشده
- هزینه‌های جایگزینی تجهیزات
- هزینه تعمیرات تدریجی

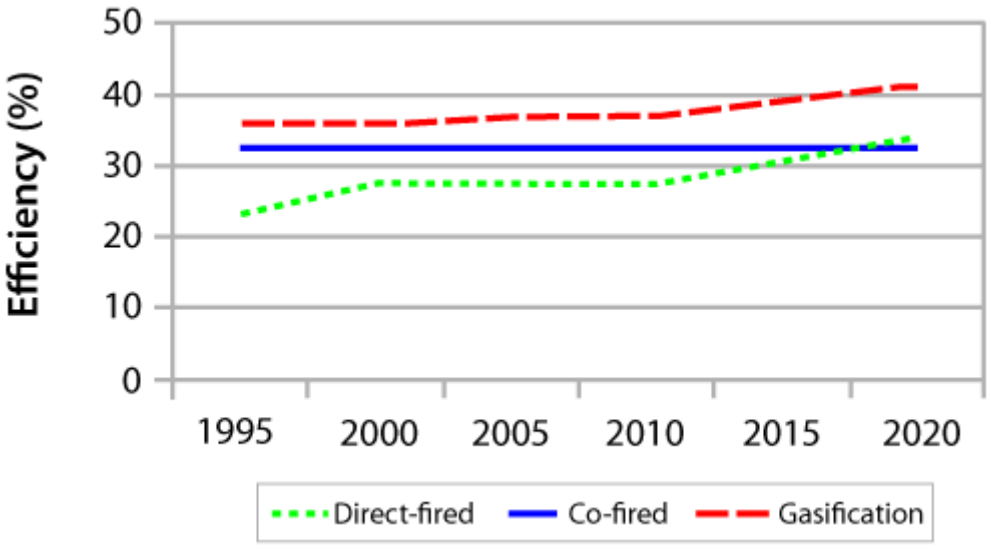
در مراجع مختلف اغلب هزینه‌های بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری ثابت و متغیر ترکیب شده و با یک مقدار ارائه می‌شوند. بنابراین غالباً تفکیک بین هزینه‌های بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری ثابت و متغیر امکان‌پذیر نمی‌باشد.

جدول ۲-۷ هزینه ثابت و متغیر بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری برای تولید برق زیستی [۷۶].

	Fixed O&M (% of CAPEX/year)	Variable O&M (USD/MWh)
Stoker/BFB/CFB boilers	3.2 - 4.2	3.8 - 4.7
Gasifier	3 - 6	3.7
Anearobic digester	2.1 - 3.2 2.3 - 7	4.2
Landfill gas	11 - 20	n.a.

۲-۲-۱۸- راندمان فناوری

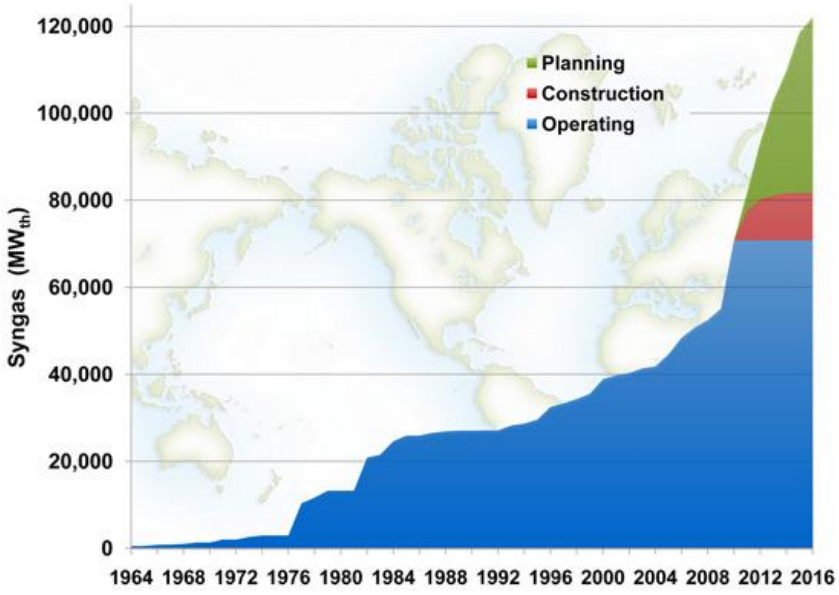
شکل (۲-۱۹) عملکرد مورد انتظار برخی فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده را نشان می‌دهد. در خصوص فناوری گازی‌سازی پیش‌بینی شده است که راندمان (از ۳۵٪ در سال ۱۹۹۵) تا سال ۲۰۱۵ به میزان ۴۰٪ برسد [۱۳].



شکل ۲-۱۹ راندمان نیروگاه زیست‌توده

۲-۲-۱۹- بازار فناوری

اطلاعات گازی‌سازی در سراسر جهان که در سال ۲۰۱۰ توسط وزارت انرژی آمریکا منتشر شده است، نشان می‌دهد که ظرفیت گازی‌سازی از گاز سنتز خروجی از ۱۴۴ نیروگاه در حال بهره‌برداری با ۴۱۲ عدد گازی‌ساز، تا ۷۰۸۱۷ مگاوات حرارتی رشد داشته است (شکل (۲-۲۰)). این بانک داده‌ها همچنین نشان می‌دهد که ۱۱ نیروگاه، با ۱۷ گازی‌ساز، در دست ساخت می‌باشد و ۳۷ نیروگاه دیگر با ۷۶ گازی‌ساز در مرحله برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری بین سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۶ هستند. اکثر این نیروگاه‌ها، ۴۰ از ۴۸، از زغال سنگ به عنوان مواد اولیه استفاده می‌کنند. ظرفیت برنامه‌ریزی شده از ۲۰۱۶-۲۰۱۱ حدود (MW_{th}) ۵۱۲۸۸ می‌باشد، که رشد بیش از ۷۲٪ را نشان می‌دهد. اگر این رشد تحقق یابد، ظرفیت جهانی گازی‌سازی تا سال ۲۰۱۶، از گاز سنتز خروجی از ۱۹۲ نیروگاه و ۵۰۵ گازی‌ساز، (MW_{th}) ۱۱۲۱۰۶ خواهد بود [۱۷].



شکل ۲-۲۰ ظرفیت گازی‌سازی در سراسر جهان و رشد برنامه‌ریزی شده- تجمعی

۲-۲-۲۰- بازار جهانی پویا

گازی‌سازی به عنوان یک فناوری پایه برای تبدیل زغال و دیگر مواد کربنی به هیدروژن پاک و مونواکسیدکربن- که به نوبه خود برای ایجاد طیف گسترده‌ای از محصولات با ارزش افزوده برای اقتصاد جهانی، مورد استفاده قرار می گیرد- محسوب می‌شود. استفاده از این فناوری در بیش از بیست و چهار کشور صنعتی و تنوع محصولات آن -برق، مواد شیمیایی، سوخت مایع حمل و نقل، هیدروژن یا گاز طبیعی جایگزین (SNG)- پتانسیل عظیم برای رشد مداوم صنعت گازی‌سازی را نشان می‌دهد. ملاحظات زیست‌محیطی، از جمله اقدامات لازم برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تصمیمات مسیر انرژی را به طور عمده در جهت گسترش نفوذ فناوری گازی‌سازی که پتانسیل قابل توجهی در کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای دارد، برانگیخته است. به طور کلی، رشد آینده فناوری‌های گازی‌سازی توسط توازن هزینه سرمایه‌گذاری و محصول در ترکیب با هزینه‌های زیست محیطی، الزامات قانونی و پذیرش عمومی شکل خواهد گرفت [۱۷].

۲-۲-۲۰-۱- تغییرات صنعت

صنعت تولید گاز سنتز از سال ۲۰۰۷ حدود ۲۶٪ و از سال ۲۰۰۴ حدود ۵۰٪ رشد داشته است. چین هفت نیروگاه گازی‌سازی در دست ساخت دارد (شش نیروگاه برای تبدیل زغال سنگ به مواد شیمیایی و کود و یکی برای تبدیل زغال سنگ به برق). ده نیروگاه گازی‌سازی دیگر برای بهره‌برداری تا سال ۲۰۱۶ در چین برنامه‌ریزی شده است (هشت نیروگاه برای تبدیل زغال سنگ به مواد شیمیایی و کود و دو نیروگاه برای تبدیل زغال سنگ به برق). دو نیروگاه گازی‌سازی سیکل ترکیبی یکپارچه (IGCC) در ایالات متحده در دست ساخت هستند و انتظار می‌رود رشد این فناوری با بهره‌برداری از ۱۶ پروژه برنامه‌ریزی شده بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ در آمریکا (شامل ۱۸ نیروگاه است که منجر به رشد ۴۷٪ ظرفیت تولید برق، ۲۳٪ سوخت‌های گازی، ۱۸٪ مواد شیمیایی می‌شوند) ادامه یابد. سیزده نیروگاه دیگر در سراسر جهان برنامه‌ریزی شده است، ۱۱ واحد از زغال سنگ استفاده می‌کند و ۲ واحد از زیست توده/ضایعات استفاده خواهد کرد. خلاصه‌ای از تغییرات صنعت گازی‌سازی در جدول (۲-۸) ارائه شده است [۱۷].

جدول ۲-۸ خلاصه صنعت گازی‌سازی

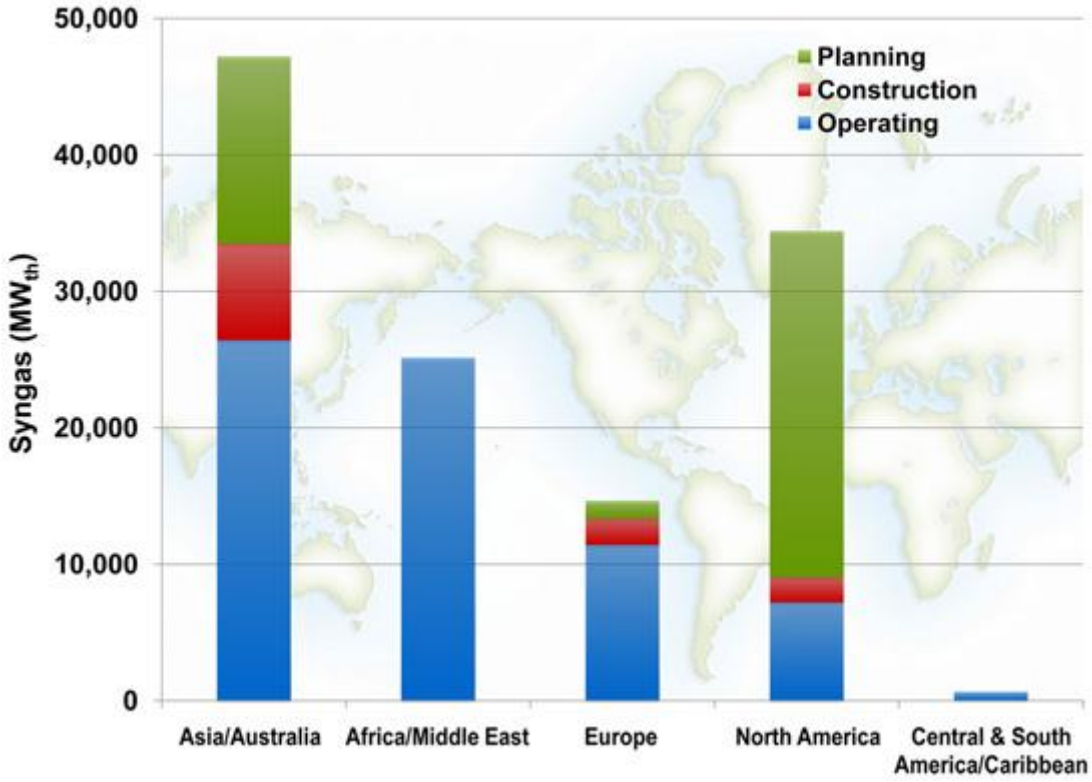
Feedstock		Operating 2010	Under Construction 2010	Planned 2011-2016	Totals
Coal	Syngas Capacity (MW_{th})	36,315	10,857	28,376	75,548
	Gasifiers	201	17	58	276
	Plants	53	11	29	93
Petroleum	Syngas Capacity (MW_{th})	17,938			17,938
	Gasifiers	138			138
	Plants	56			56
Gas	Syngas Capacity (MW_{th})	15,281			15,281
	Gasifiers	59			59
	Plants	23			23
Petcoke	Syngas Capacity (MW_{th})	911		12,027	12,938
	Gasifiers	5		16	21
	Plants	3		6	9
Biomass/Waste	Syngas Capacity (MW_{th})	373		29	402
	Gasifiers	9		2	11
	Plants	9		2	11
Total Syngas Capacity (MW_{th})		70,817	10,857	40,432	122,106
Total Gasifiers		412	17	76	505
Total Plants		144	11	37	192

۲-۲-۲۰-۲- توزیع بر اساس منطقه

در سال ۲۰۱۰ نیروگاه‌های گازی‌سازی در ۲۹ کشور در حال بهره‌برداری بوده‌اند. منطقه آسیا/استرالیا ۳۷٪ از کل ظرفیت بهره-برداری را دارا می‌باشد. منطقه آفریقا/خاورمیانه، با توجه به رشد سریع این فناوری در قطر، مقام دوم خود را تقویت کرده است. از (MW_{th}) ۱۰۸۵۷ ظرفیت گاز سنتز که در حال حاضر در دست ساخت است، ۶۵٪ آن در منطقه آسیا/استرالیا، ۱۸٪ در اروپا و ۱۷٪ در آمریکای شمالی ساخته می‌شود. آمریکای شمالی با ۶۳٪ از کل ظرفیت برنامه‌ریزی شده، پتانسیل این را دارد که منجر به رشد منطقه تا سال ۲۰۱۶ شود. ۳۴٪ دیگر مربوطه به منطقه آسیا/استرالیا می‌شود که چین در این افزایش پیشتاز است.

شکل (۲-۲۱)، ظرفیت بهره‌برداری تمام نیروگاه‌های گازی‌سازی چه در مرحله راه‌اندازی و چه در مرحله بهره‌برداری تجاری تا پایان سال ۲۰۱۰ را نشان می دهد. نیروگاه های در دست احداث شامل پروژه‌هایی است که از سال ۲۰۱۰ در دست ساخت

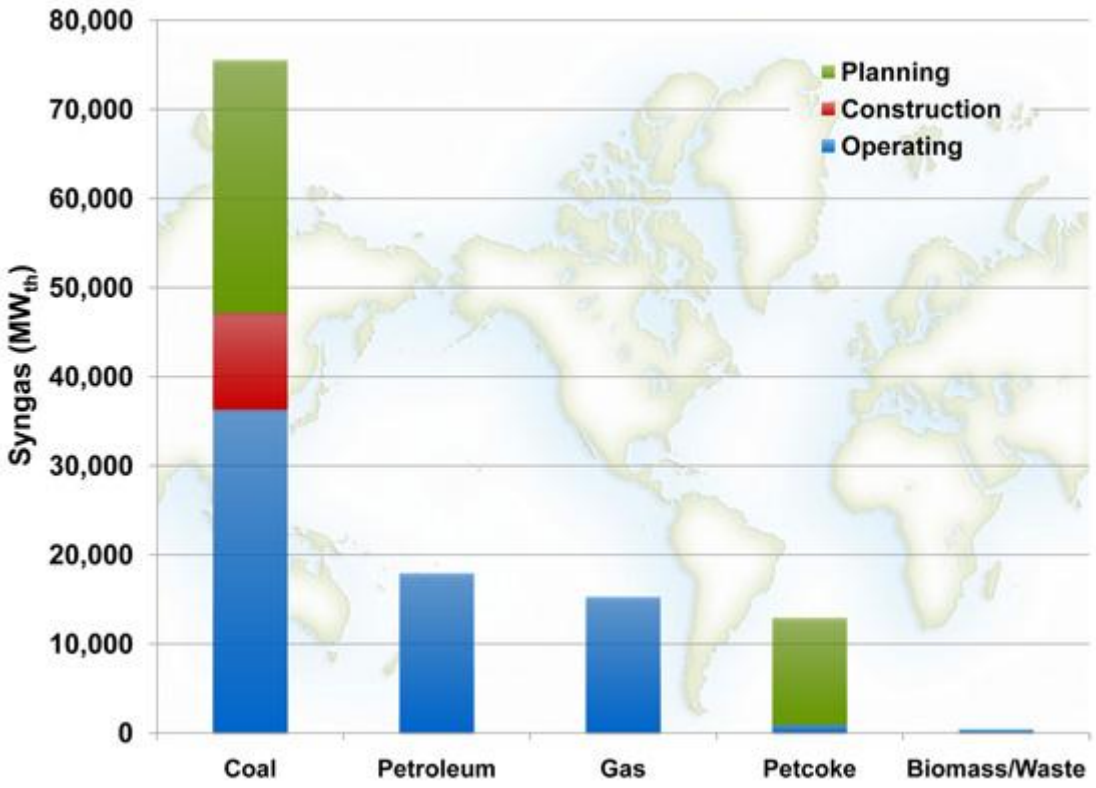
هستند. ظرفیت برنامه‌ریزی شده شامل هر نیروگاه تجاری است که در حال حاضر در مرحله برنامه‌ریزی، طراحی و یا توسعه می‌باشند، اما هنوز ساخت آن آغاز نشده است و در نظر است که تا پایان سال ۲۰۱۶ شروع شود [۱۷].



شکل ۲-۲۱ ظرفیت جهانی گازی‌سازی (MW_{th}) و رشد برنامه‌ریزی شده (بر اساس منطقه)

۲-۲-۲۰-۳- توزیع بر اساس مواد اولیه

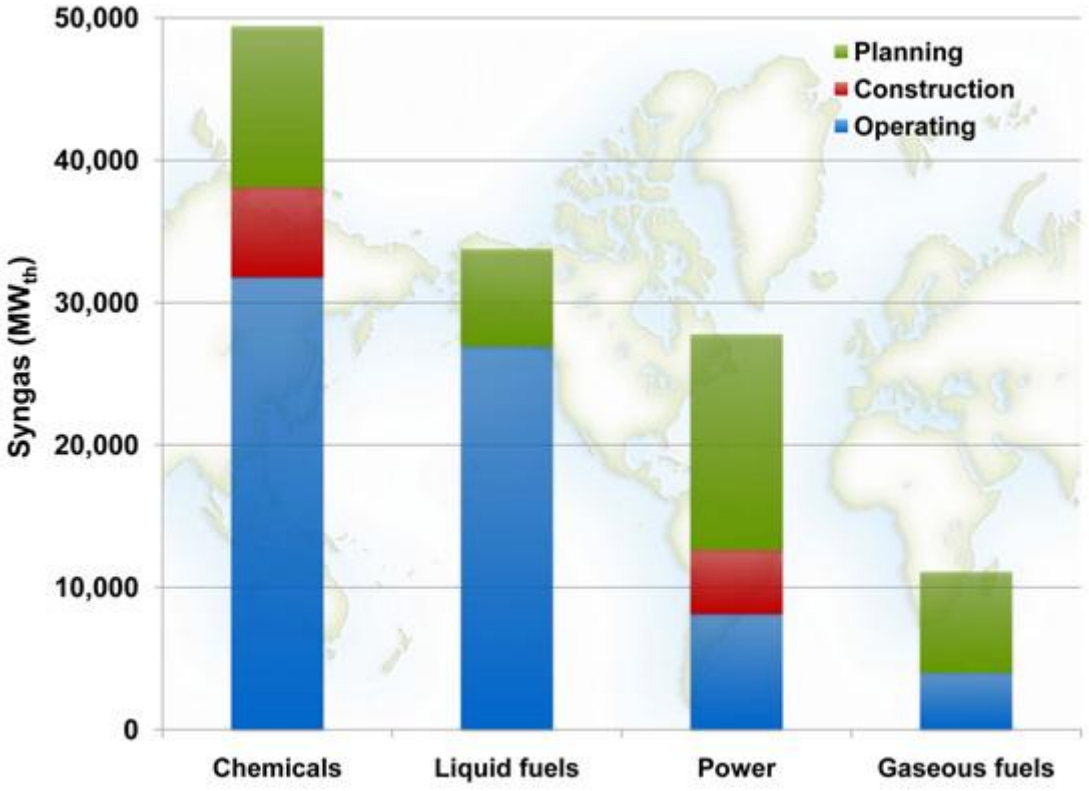
همان طور که در شکل (۲-۲۲) مشاهده می‌شود، زغال سنگ موقعیت پیشرو خود را به عنوان ماده اولیه غالب گازی‌ساز (۵۱٪) حفظ کرده است. نفت ۲۵٪ مواد اولیه را فراهم می‌کند. گاز طبیعی با توجه به واحد Pearl GTL در قطر تا ۲۲٪ افزایش می‌یابد. تمام ۱۱ نیروگاهی که در حال حاضر در دست ساخت هستند زغال سنگ‌سوز خواهند بود. ظرفیت گاز سنتز در دست برنامه‌ریزی برای دوره ۲۰۱۶-۲۰۱۱ (MW_{th}) ۴۰۴۳۲ می‌باشد. انتظار می‌رود که بیش از ۷۰٪ آن با زغال سنگ تغذیه شود. تقریباً تمام ۳۰٪ ظرفیت باقیمانده اختصاص به کُک خواهد داشت [۱۷].



شکل ۲-۲۲ ظرفیت جهانی گازی‌سازی و رشد برنامه‌ریزی شده (بر اساس مواد اولیه)

۲-۲-۲۰-۴- توزیع بر اساس محصول

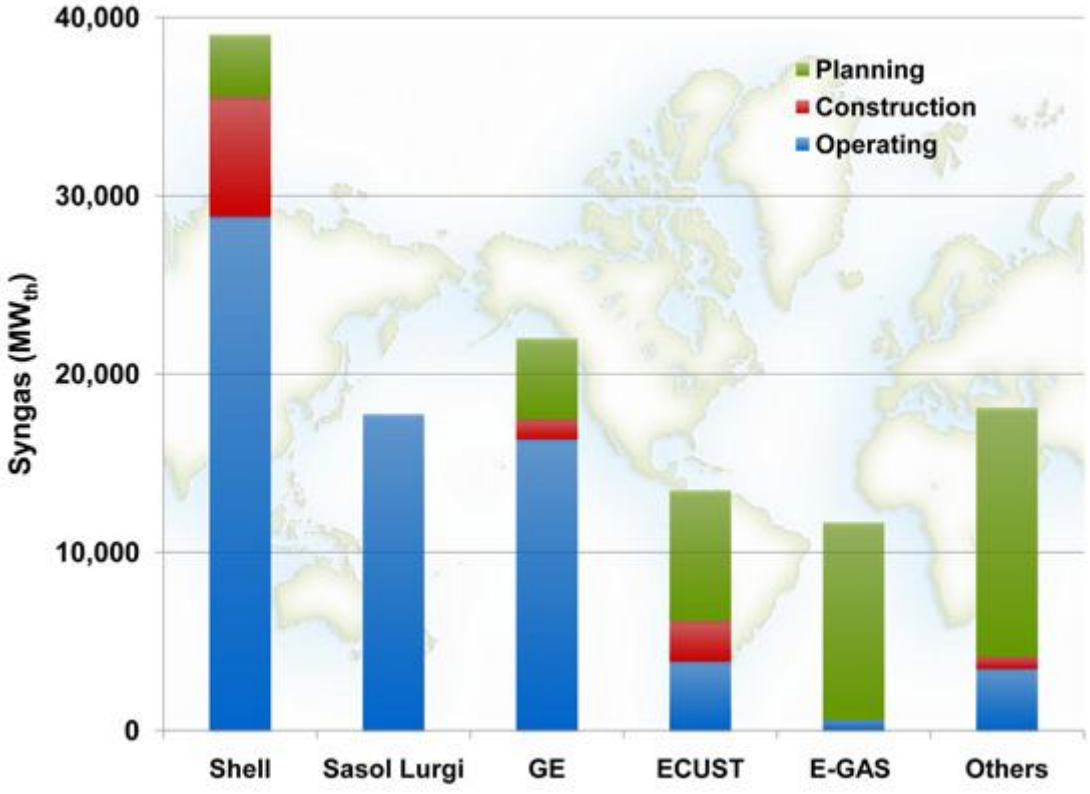
محصولات قابل عرضه در بازاری که از گاز سنتز تولید می‌شوند (شکل (۲-۲۳)) شامل، مواد شیمیایی در جایگاه پیشرو (۴۵٪) و پس از آن سوخت مایع حمل و نقل (۳۸٪)، برق (۱۱٪) و سوخت‌های گازی (۶٪) هستند. با ۳۸٪ از ظرفیت برنامه‌ریزی شده که در طول شش سال اضافه می‌شود، برق جایگاه خود را در بین محصولات تا سال ۲۰۱۶ به طور قابل توجهی ارتقا خواهد داد و مواد شیمیایی از ۳۴٪ ظرفیت تولید می‌شوند. سوخت‌های گاز و سوخت‌های مایع از ۱۴٪ و ۱۳٪ ظرفیت باقیمانده تولید می‌شوند. هفت نیروگاه در حال ساخت مواد شیمیایی تولید خواهند کرد و چهار نیروگاه برق تولید خواهند کرد [۱۷].



شکل ۲-۲۳ ظرفیت جهانی گازی‌سازی و رشد برنامه‌ریزی شده (بر اساس محصول)

۲-۲-۲۰-۵- توزیع بر اساس فناوری (شرکت)

شرکت Shell یک ارائه‌دهنده فناوری گازی‌سازی است که با میزان (MW_{th}) ۲۸۸۲۲ دارای بزرگترین ظرفیت نصب گاز سنتز می‌باشد. به دنبال آن Sasol Lurgi با (MW_{th}) ۱۷۷۵۳ و GE با (MW_{th}) ۱۶۳۳۴ قرار دارند. شش نیروگاه که در حال ساخت هستند از فناوری Shell استفاده می‌کنند. هنگامی که ظرفیت برنامه‌ریزی شده به فناوری فعلی اضافه شود جای GE با Sasol Lurgi از لحاظ ظرفیت کل تعویض می‌شود (شکل (۲-۲۴)) [۱۷].

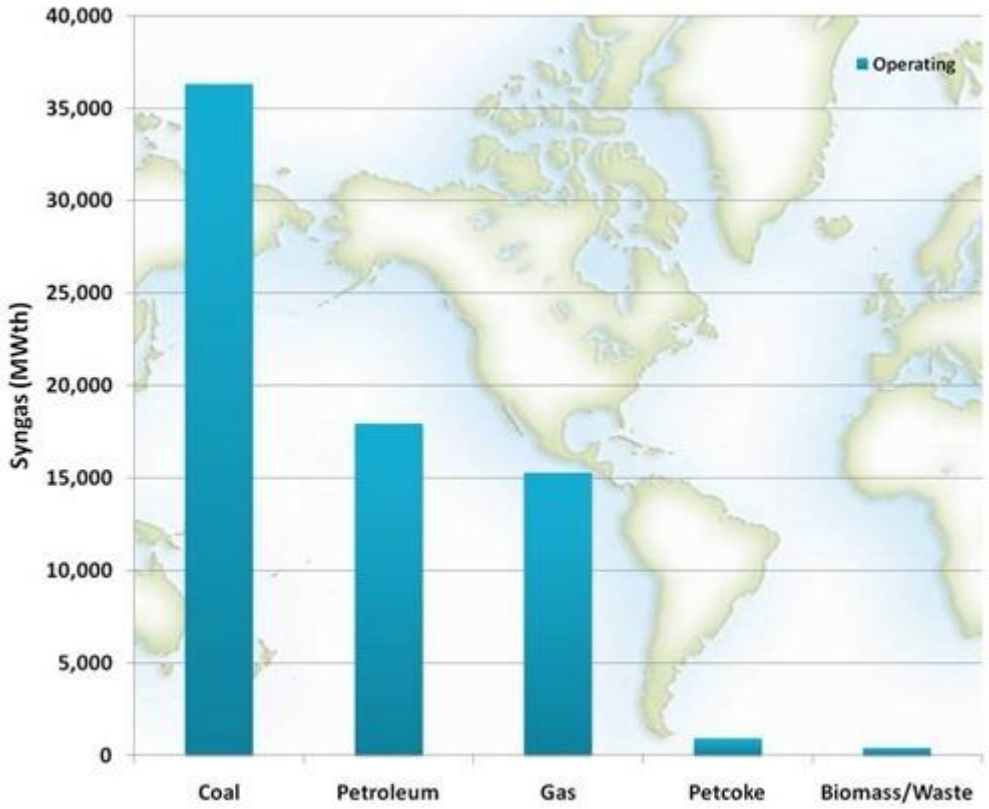


شکل ۲-۲۴ ظرفیت جهانی گازی‌سازی و رشد برنامه‌ریزی شده (بر اساس فناوری)

۲-۲-۲۱- تولید جهانی گاز سنتز بر اساس آمار سال ۲۰۱۰

۲-۲-۲۱-۱- ظرفیت گاز سنتز بر اساس ماده اولیه

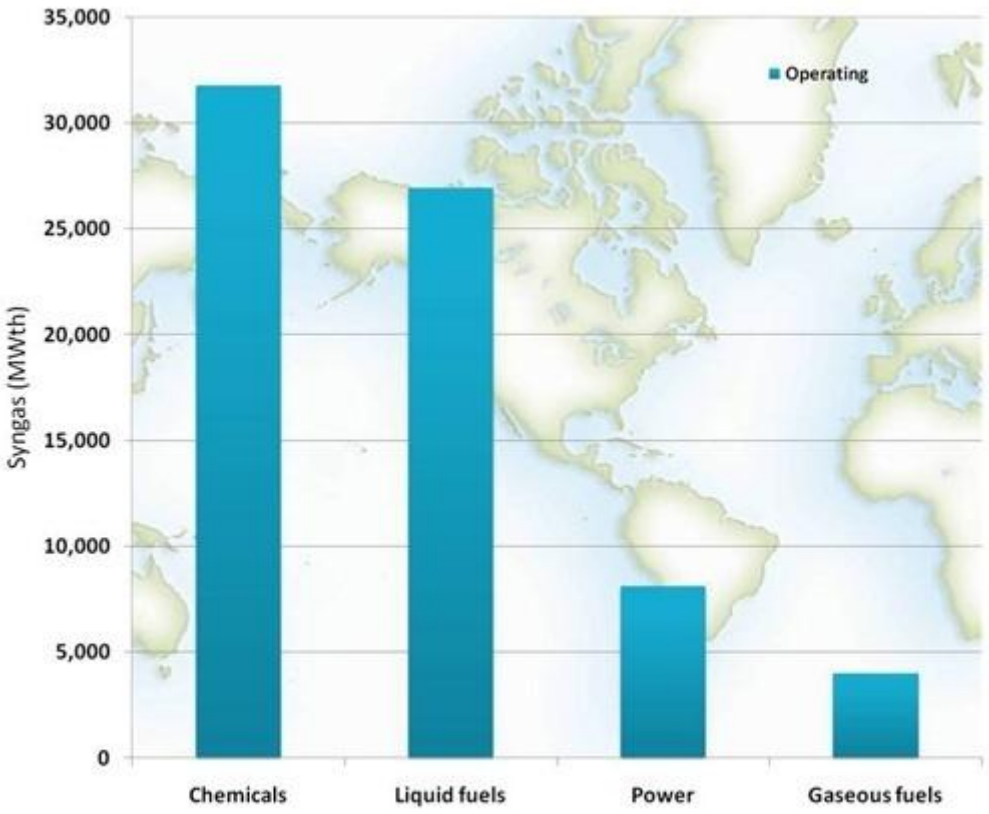
تجهیزات گازی‌سازی انواع مواد اولیه کربنی از جمله گاز طبیعی، زغال سنگ، نفت، کک، زیست توده و ضایعات صنعتی را مصرف می‌کنند. بر اساس اطلاعات پایگاه داده سال ۲۰۱۰، مطابق شکل (۲-۲۵) زغال سنگ با ۵۱٪ ماده اولیه یا (MW_{th}) ۳۶۳۱۵ ظرفیت گاز سنتز، که مربوط به ۵۳ نیروگاه می باشد، منبع غالب است. مواد نفتی (از جمله نفت، بقایای پالایشگاه و نفتا (بنزین سنگین)) با (MW_{th}) ۱۷۹۳۸ یا ۲۵٪ از کل ظرفیت گاز سنتز، که مشتمل بر ۵۶ نیروگاه می باشد، دومین ماده اولیه است. گاز طبیعی ۲۲٪، کک حدود ۱٪ و زیست‌توده/ضایعات ۰/۵٪ ظرفیت کل را تشکیل می‌دهند [۱۷].



شکل ۲-۲۵ ظرفیت جهانی بهره‌برداری گازی‌سازی (بر اساس ماده اولیه)

۲-۲-۲۱-۲- ظرفیت گاز سنتز بر اساس محصولات

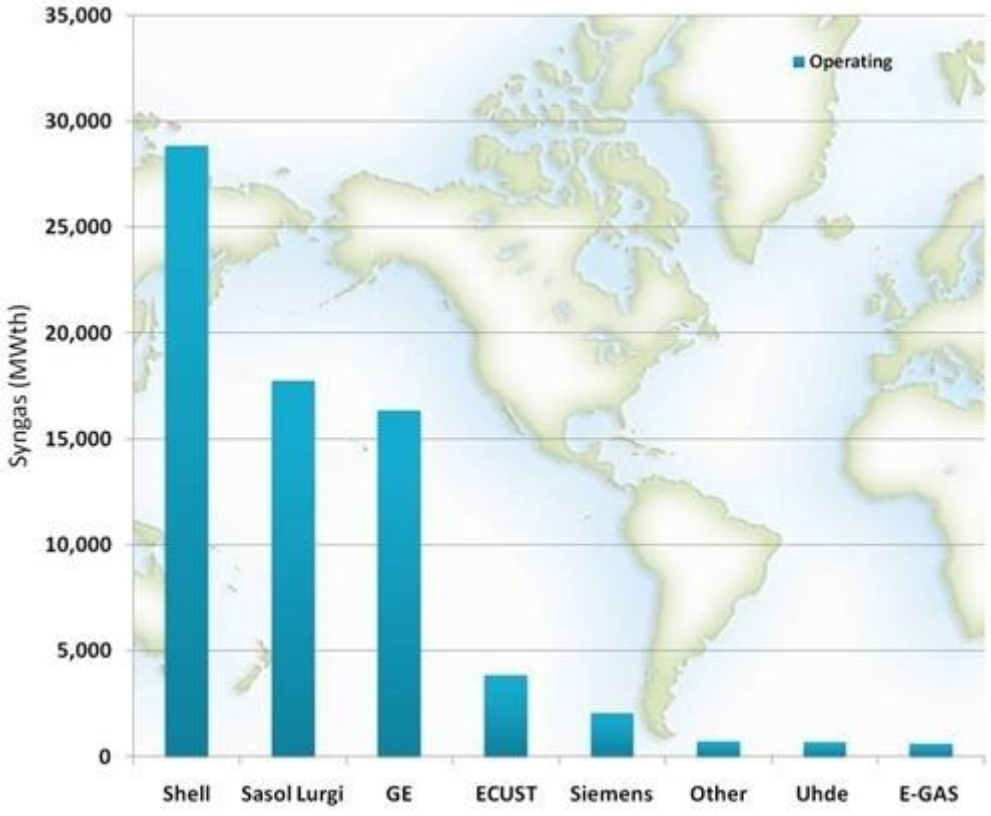
انعطاف‌پذیری و تطبیق‌پذیری نیروگاه‌های گازی‌سازی، آنها را قادر به ارائه طیف گسترده‌ای از محصولات از جمله سوخت‌های مایع حمل و نقل، مواد شیمیایی، کود، برق، بخار، سوخت‌های گازی و محصولات مختلف دیگر (مانند، آمونیاک و هیدروژن) می‌سازند. شکل (۲-۲۶) نشان می‌دهد که برای نیروگاه‌های در حال بهره‌برداری شناسایی شده در پایگاه داده سال ۲۰۱۰، مواد شیمیایی و سوخت‌های مایع حمل و نقل به ترتیب با ۴۵٪ و ۳۰٪ ظرفیت گازی‌سازی جهان، محصولات عمده هستند. مواد شیمیایی در ۱۱۲ نیروگاه و سوخت‌های مایع حمل و نقل در پنج نیروگاه تولید می‌شود. محصولات دیگر برق (۱۱٪) و سوخت-های گازی (۶٪) هستند. در حال حاضر تولید برق در ۱۷ نیروگاه گازی‌سازی جهان رخ می‌دهد [۱۷].



شکل ۲-۲۶ ظرفیت جهانی بهره‌برداری گازی‌سازی (بر اساس محصول)

۲-۲-۲۱-۳- ظرفیت گاز سنتز بر اساس فناوری

بر طبق بانک اطلاعاتی ۲۰۱۰، در حال حاضر حداقل ۱۵ فناوری مختلف گازی‌سازی در نیروگاه‌های سراسر جهان در حال بهره‌برداری هستند. با این حال، سه فناوری تجاری غالب هستند و ۸۹٪ بازار جهانی سال ۲۰۱۰ را در اختیار دارند. همان طور که در شکل (۲-۲۷) مشاهده می‌شود، شرکت Shell با ۴۵ نیروگاه پیشرو است و ۴۱٪ ظرفیت گازی‌سازی جهان یا (MW_{th}) ۲۸۸۲۲ خروجی گاز سنتز را دارا می‌باشد. گازی‌سازهای Sasol Lurgi در نه نیروگاه استفاده می‌شوند و ۲۵٪ یا معادل (MW_{th}) ۱۷۷۵۳ از کل خروجی گاز سنتز را تولید می‌کنند. ۱۱٪ باقیمانده در میان دوازده فناوری گازی‌سازی دیگر توزیع شده است [۱۷].



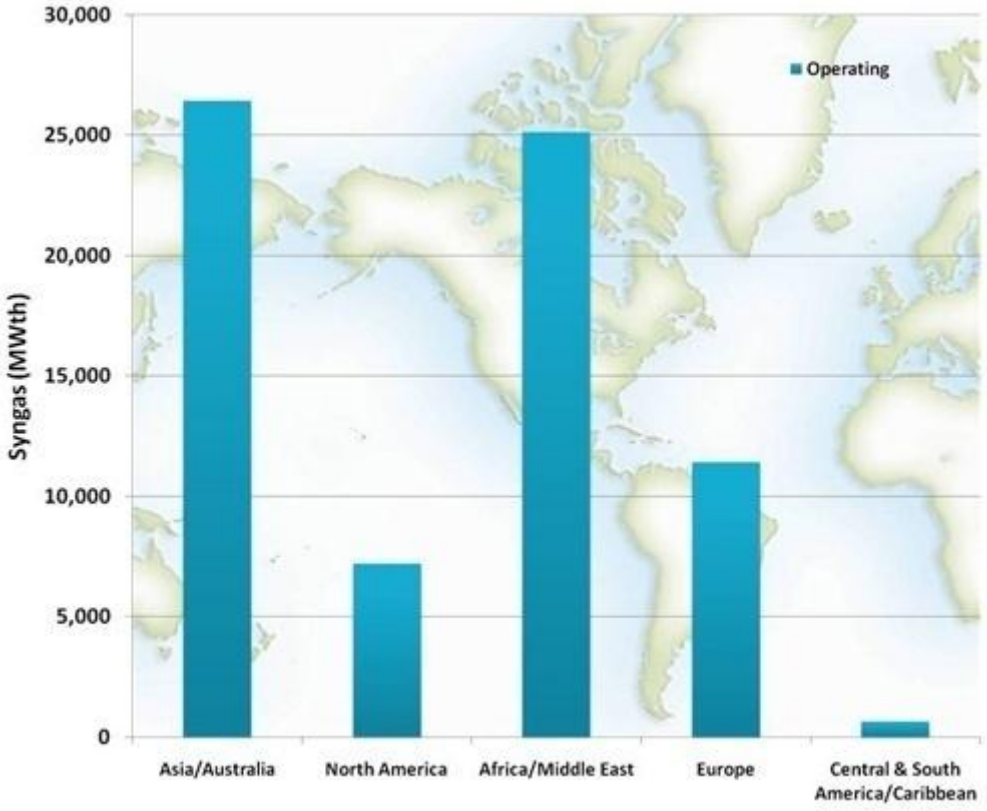
شکل ۲-۲۷ ظرفیت جهانی بهره‌برداری گازی‌سازی (بر اساس فناوری)

۲-۲-۲۱-۴- ظرفیت گاز سنتز بر اساس منطقه

چین با رشد قابل توجه در سال‌های اخیر، به کشور عمده تولید گاز سنتز در جهان تبدیل شده است. چین در حال حاضر با ۵۶ نیروگاه گازی‌سازی در حال بهره‌برداری، حدود ۲۹٪ از ظرفیت جهان را دارا می‌باشد و از Sasol آفریقای جنوبی که ۲۰٪ از ظرفیت گازی‌سازی جهان را دارد پیشی گرفته است.

پایگاه داده گازی‌سازی در سراسر جهان در سال ۲۰۱۰ (شکل (۲-۲۸)) نشان می‌دهد که ظرفیت‌های موجود گازی‌سازی جهان تا ۷۰۸۱۷ (MW_{th}) خروجی گاز سنتز از ۱۴۴ نیروگاه در حال بهره‌برداری و ۴۱۲ گازی‌ساز رشد کرده است. طبق آمار سال ۲۰۱۰، نیروگاه‌های گازی‌سازی در ۲۹ کشور در حال بهره‌برداری هستند. از لحاظ نیروگاه‌های در حال بهره‌برداری، آسیا/استرالیا منطقه پیشرو جهان است. پس از آن منطقه آفریقا/خاورمیانه قرار دارد. منطقه اروپا– شامل غرب و شرق اروپا (کشورهای

جماهیر شوروی سابق)– رتبه سوم و پس از آن، منطقه آمریکای شمالی قرار دارد. آمریکـای مرکزی/جنـوبی ظرفیـت موجـود بسیار محدودی دارد. این رتبه‌بندی مشابه سال ۲۰۰۷ می‌باشد [۱۷].



شکل ۲–۲۸ ظرفیت جهانی بهره‌برداری گازی‌سازی (بر اساس منطقه)

آسیا/استرالیا

همان طور که در شکل (۲–۲۸) نشان داده شده است، منطقه آسیا/استرالیا بـا ظرفیـت گـاز سـنتز (MW_{th}) ۲۶۴۱۸ سـهم ۳۷ درصدی از ظرفیت گازی‌سازی جهان را داراست. منطقه آسیا/استرالیا هنوز منطقه پیشرو جهان برای تولید گاز سنتز مـی‌باشـد. اکثر نیروگاه‌های بزرگ در حال بهره‌برداری در چین (۵۶ نیروگاه) قرار دارند. همچنین نیروگاه‌های متعـدد در هنـد، ژاپـن، کـره جنوبی، سنگاپور و تایوان وجود دارند [۱۷].

آفریقا/خاورمیانه

منطقه آفریقا/خاورمیانه با ظرفیت گاز سنتز (MW_{th}) ۲۵۱۳۸، ۳۶٪ سهم ظرفیت گازی‌سازی جهان را دارا می‌باشد. انتظار می‌رود که اولین فاز بهره‌برداری از نیروگاه جدید جهانی مقیاس یکپارچه تبدیل گاز به مایع (GTL) Pearl که در قطر در حال ساخت است، در پایان سال ۲۰۱۱ باشد. این نیروگاه ۱۸ گازی‌ساز از شرکت Shell و ظرفیت گاز سنتز (MW_{th}) ۱۰۹۳۶ دارد. نیروگاه‌های Sasol II و Sasol III در آفریقای جنوبی با استفاده از ۸۰ گازی‌ساز، از ذغال سنگ، سوخت پاک تولید می‌کند. Sasol در مجموع، ۲۰٪ ظرفیت جهانی گاز سنتز را دارا می‌باشد. در مصر، کارخانه آمونیاک Suez با سه گازی‌ساز در سال ۱۹۶۶ با استفاده از بقایای پالایشگاه و گازهای رها شده شروع به بهره‌برداری کرد.

اروپا

منطقه اروپا با (MW_{th}) ۱۱۴۲۲ ظرفیت گاز سنتز، سهم ۱۶٪ در ظرفیت جهانی گازی‌سازی دارد. این منطقه با ۴۲ نیروگاه گازی‌سازی در حال بهره‌برداری، متنوع‌ترین منطقه از نظر مواد اولیه، فناوری و محصولات است. پنج واحد گازی‌سازی که اخیراً در اروپا ساخته شده است در درجه اول از مواد اولیه نفتی برای تولید برق استفاده می‌کنند و سه واحد IGCC با سوخت زغال سنگ نیز وجود دارد. بیست و پنج نیروگاه گازی‌سازی، مواد شیمیایی تولید می‌کنند که از این تعداد نه نیروگاه از گاز طبیعی و ۱۵ نیروگاه از مواد نفتی استفاده می‌کنند. نه نیروگاه از زیست توده/ضایعات به عنوان ماده اولیه استفاده می‌کنند که از این تعداد چهار نیروگاه برای تولید برق و پنج نیروگاه برای تولید مواد شیمیایی بهره‌برداری می‌شوند [۱۷].

آمریکای شمالی

آمریکای شمالی ظرفیت گاز سنتز (MW_{th}) ۷۱۹۱ و سهم ۱۰٪ از کل جهان را دارا است. در واقع تمام این فعالیت‌ها در آمریکا واقع شده است که ۱۸ نیروگاه گازی‌سازی در حال بهره‌برداری دارد:

- نه واحد گازی‌سازی از گاز طبیعی، مواد شیمیایی تولید می‌کنند.
- پنج نیروگاه به وسیله زغال سنگ و/یا کک نفتی تغذیه می‌شوند که دو واحد برای تولید برق، دو واحد برای تولید ماده شیمیایی و کود و یک واحد برای تولید گاز طبیعی جایگزین به کار می‌روند.
- چهار نیروگاه با مایعات نفتی به عنوان ماده اولیه، مواد شیمیایی یا گاز سنتز تولید می‌کنند.

- در کانادا یک واحد بهره‌برداری از ماسه‌های نفتی از گازی‌سازی به منظور تولید هیدروژن، بخار و برق برای ازدیاد برداشت در مخازن نفتی که نفت سنگین در آن‌ها باقی مانده است استفاده می‌کند.

آمریکا مرکزی/جنوبی

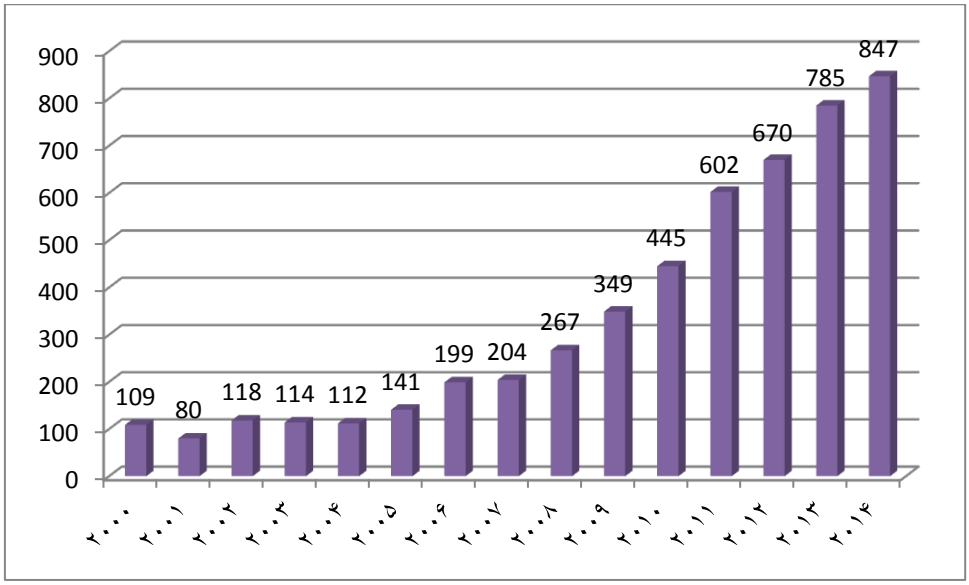
نتایج پایگاه داده سال ۲۰۱۰ نشان می‌دهد که منطقه آمریکا مرکزی/جنوبی با ظرفیت گاز سنتز (MW_{th}) ۶۴۸، تنها ۱٪ در ظرفیت گازی‌سازی جهان سهم دارد. دو نیروگاه که از مواد نفتی به عنوان ماده اولیه استفاده می‌کنند در برزیل و جمهوری دومینیکن به منظور تولید مواد شیمیایی و سوخت‌های گازی، در حال بهره‌برداری هستند [۱۷].

۲-۲-۲۲- نوع تغییرات فناوری و جایگاه فناوری در چرخه عمر

۲-۲-۲۲-۱- بررسی پژوهش‌های پیشین

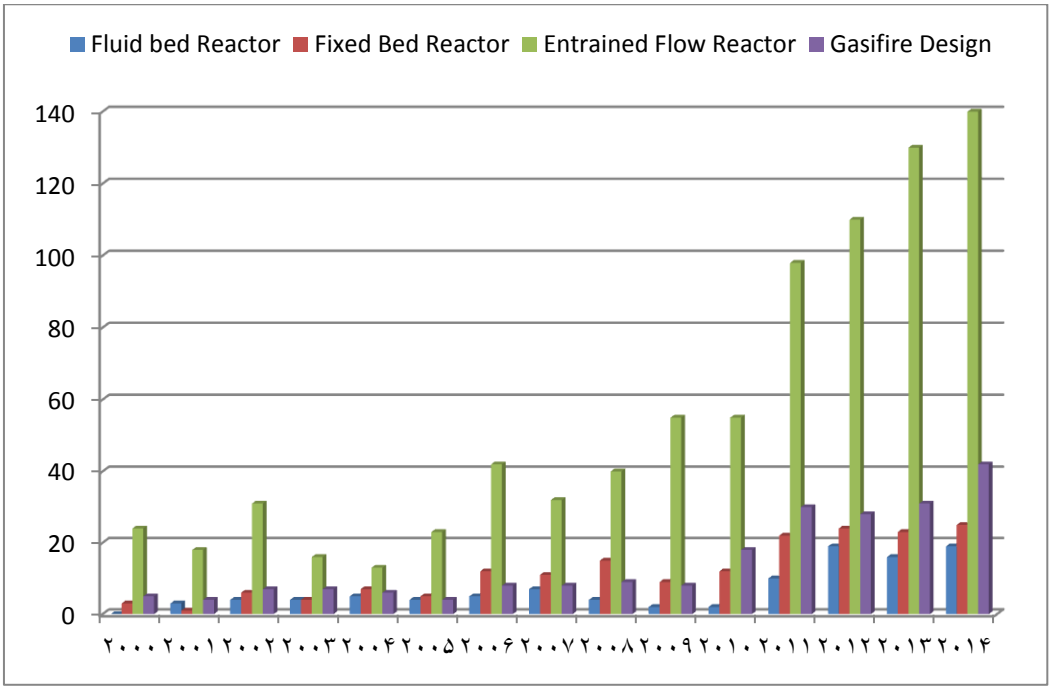
بر اساس مطالعات صورت گرفته، تعداد مقالات منتشر شده با نمایه بین‌المللی در زمینه فناوری گازی‌سازی و زیربخش‌های مختلف آن از پایگاه علمی الزویر[1] استخراج شده‌اند. تعداد مقالات منتشره برای هر زیربخش و روند آن طی سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای فرآیند گازی‌سازی بیش از ۵۰۰۰ مقاله با نمایه بین‌المللی طی این سال‌ها منتشر شده‌اند که در شکل (۲-۲۹) روند صعودی تعداد مقالات منتشره نشان دهنده افزایش حجم پژوهش‌های انجام شده در زمینه فرآیند گازی‌سازی با منبع زیست‌توده می‌باشد [۷۴].

[1] Elsevier



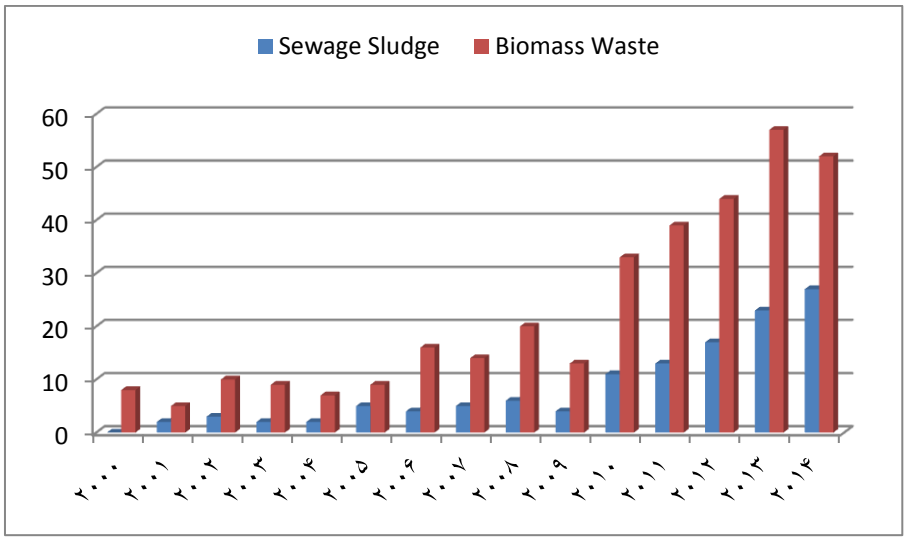
شکل ۲-۲۹ تعداد مقالات منتشر شده در زمینه گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال

همچنین براساس مطالعات انجام شده زیر بخش‌های مختلف فرآیند گازی‌سازی استخراج شده و از نظر تعداد مقالات منتشره طی سال‌های مختلف بررسی شده‌اند. به عنوان اولین زیربخش در شکل (۲-۳۰) پژوهش‌های انجام شده در زمینه انواع راکتورهای گازی‌سازی ارائه شده است.



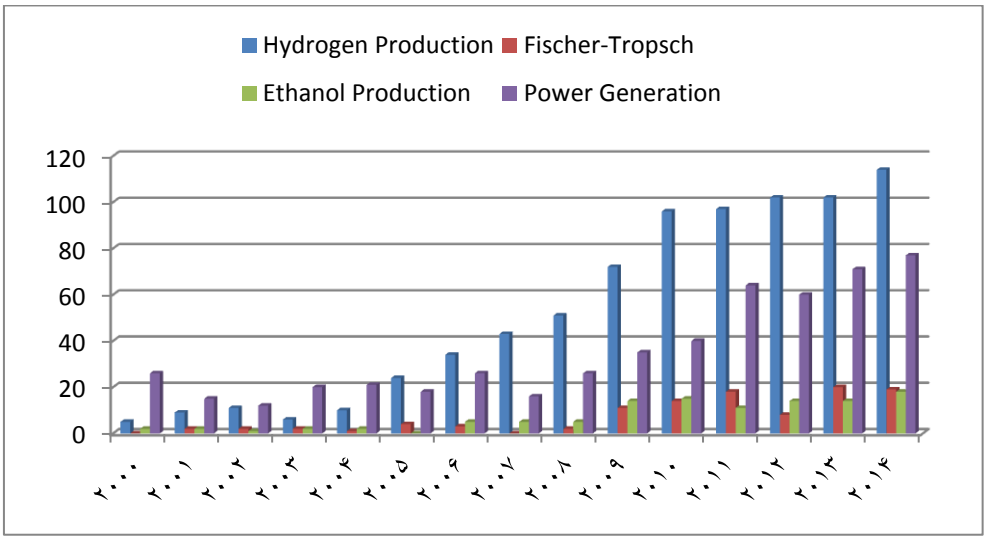
شکل ۲-۳۰ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع راکتورهای گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال

همچنین زیست‌توده جامد و لجن فاضلاب به عنوان دو خوراک اولیه راکتورهای گازی‌ساز از لحاظ تعداد مقاله مورد بررسی قرار گرفتند (شکل (۲-۳۱)).



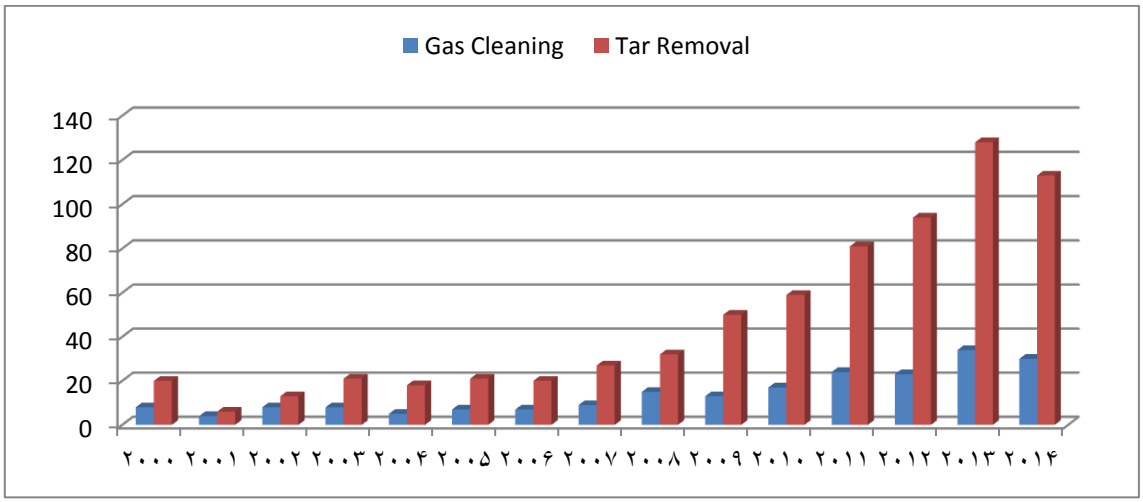
شکل ۲-۳۱ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع خوراک اولیه راکتورهای گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال

به عنوان فرآیندها و محصولات جانبی فرآیند گازی‌سازی، فرآیند فیشر- تروپش، تولید هیدروژن، اتانول و همچنین تولید بـرق طی سال‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شده‌اند. تعداد مقالات منتشر شده در این زمینه در شکل (۲-۳۲) مشاهده می‌شود.



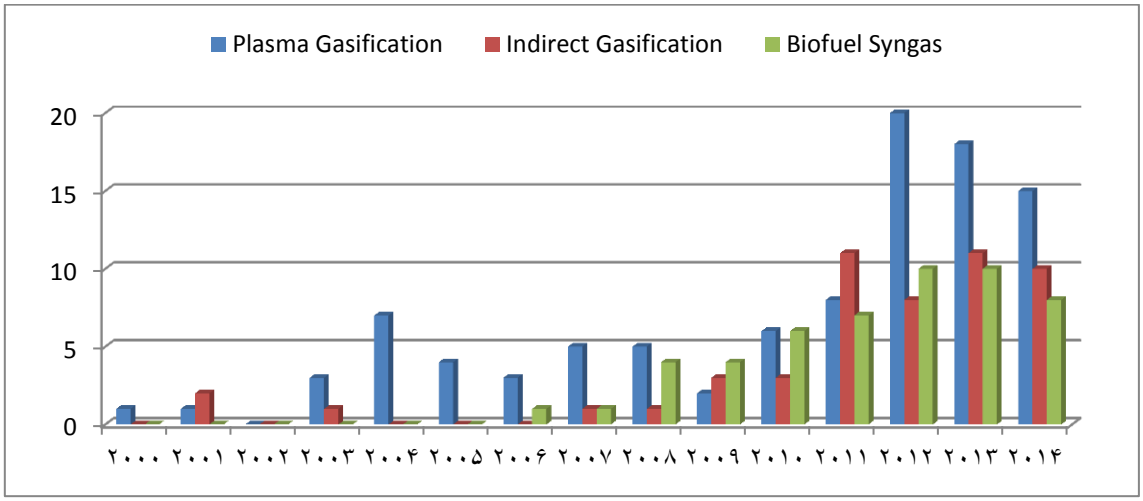
شکل ۲-۳۲ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع فرآیندها و محصولات جانبی گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال

در بخش دیگری از این بررسی فرآیند حذف یا کاهش قطران و همچنین تصفیه گاز خروجی مطابق شکل (۲-۳۳) مورد مقایسه قرار گرفته است.



شکل ۲-۳۳ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع فرآیندها و محصولات جانبی گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال

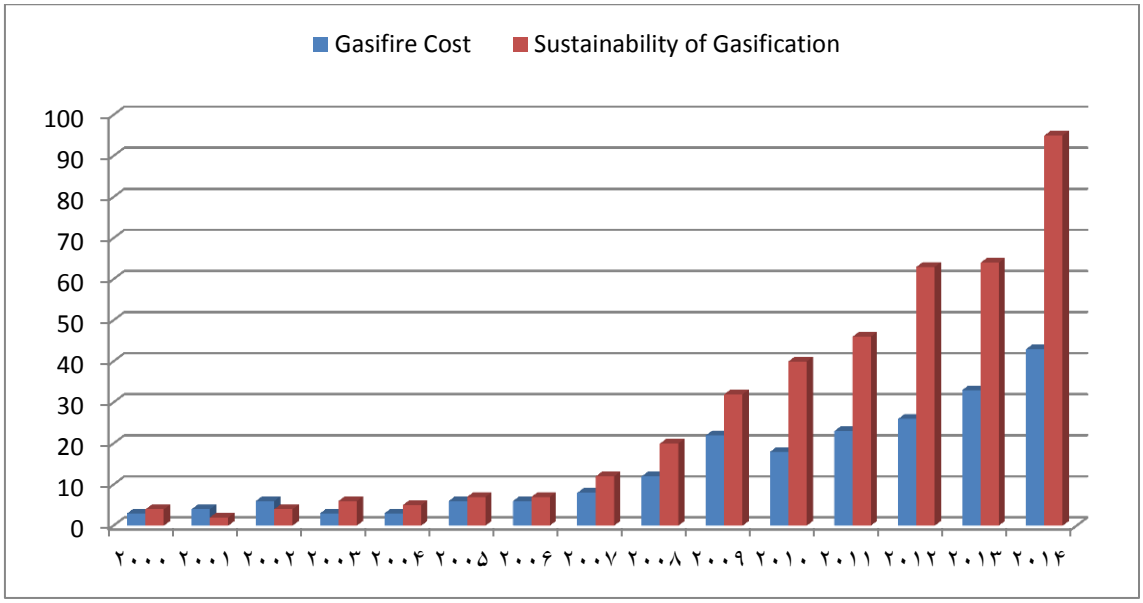
در سال‌های اخیر فرآیندهای جدیدی چون گازی سازی غیرمستقیم[1]، تولید سوخت زیستی از بیوگاز[2] و همین‌طور گازی‌ساز پلاسما به طور روزافزون موضوع پژوهش‌ها قرار گرفته‌اند. در شکل (۲-۳۴) تعداد مقالات منتشر شده در این زیر بخش مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. عدم وجود پژوهش‌های قابل توجه قبل از سال ۲۰۰۶ و رشد با شیب تند تعداد مقالات چاپ شده در این زیربخش، نشان‌دهنده جدید بودن مباحث مورد نظر در فرآیند گازی‌سازی می‌باشد.



شکل ۲-۳۴ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش فرآیندهای نوین در گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال

به عنوان آخرین زیر بخش، مقالات چاپ شده در زمینه هزینه ایجاد زیرساخت و مطالعات اقتصادی مربوط به گازی سازها و همچنین پژوهش های مربوط به پایداری فرآیند گازی سازی در شکل (۲-۳۰) مشاهده می‌شود.

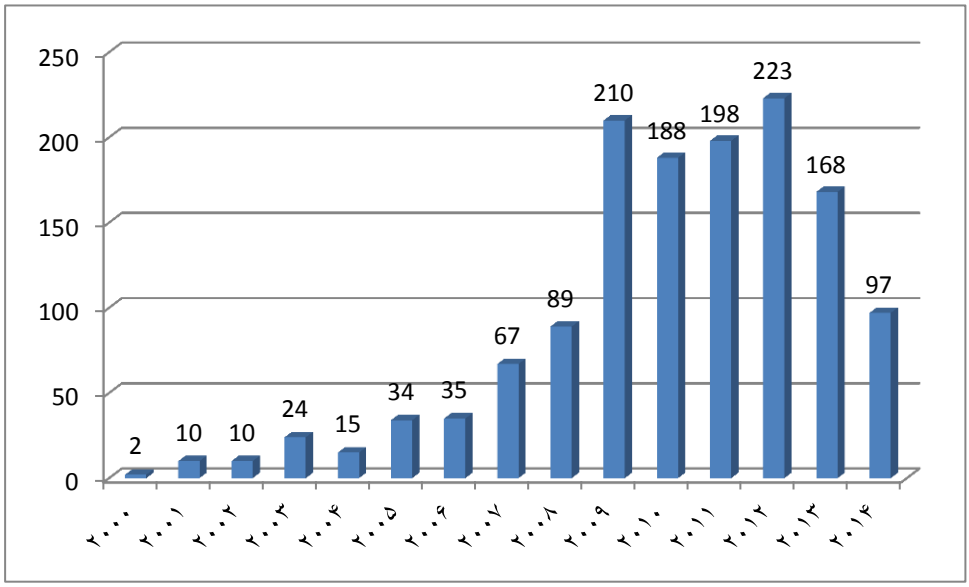
[1] Indirect Gasification
[2] Syngas Biofuel



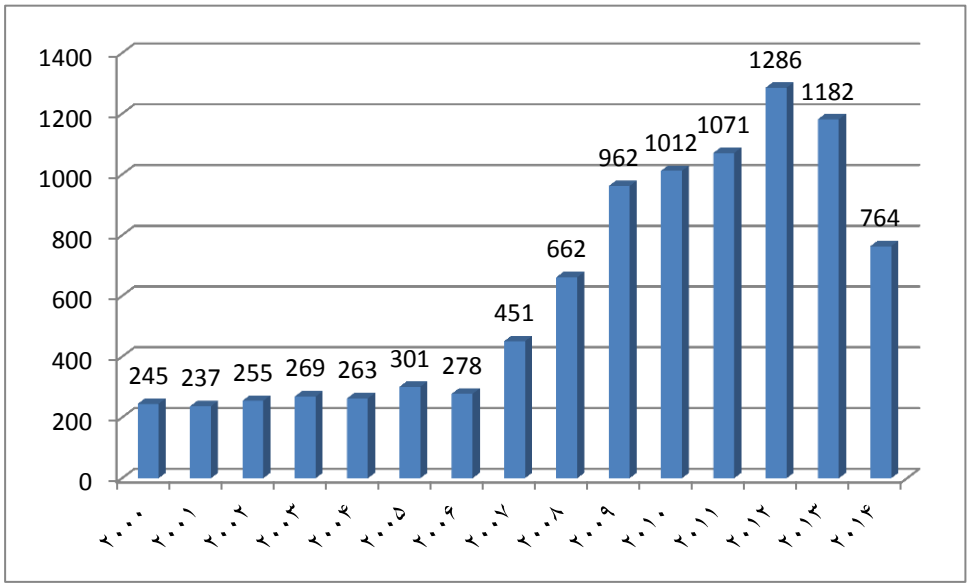
شکل ۲-۳۵ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش مطالعات اقتصادی و پایداری در گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال

۲-۲-۲۲-۲- نوآوری‌های فناوری

به موازات مطالعات انجام شده بر روی هر موضوعی نوآوری‌های فناورانه مطابق بر مطالعات شکل می‌گیرد. اختراعات ثبت شده می‌تواند به تنهایی شاخصی برای ارزیابی فرآیند از نظر این که آن فناوری در چه مرحله‌ای از چرخه عمر خود قرار دارد باشد. حد فاصل سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ بیش از ۱۳۰۰ مورد ثبت اختراعات در زمینه فرآیند گازی‌سازی و در زیر بخش‌های مختلف آن به ثبت رسیده است. در شکل (۲-۳۶) اختراعات ثبت شده در کشورهای دنیا به تفکیک سال آورده شده است. این تعداد اختراع از مجموع ۹۲۳۸ اختراع ثبت شده حد فاصل سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۰ برای فرآیند گازی‌سازی می‌باشد که در شکل (۲-۳۷) روند مشابهی برای تعداد اختراعات ثبت شده این فرآیند در مقایسه با گازی‌سازی با استفاده از زیست‌توده مشاهده می‌شود [۷۳].

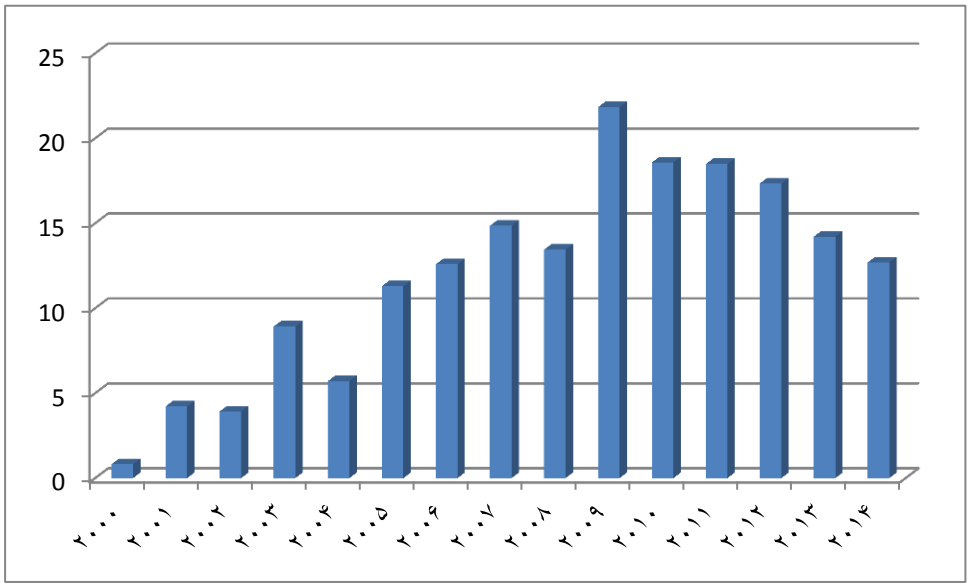


شکل ۲-۳۶ تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه گازی‌سازی با استفاده از زیست‌توده در دنیا به تفکیک سال



شکل ۲-۳۷ تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه فرآیند گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال

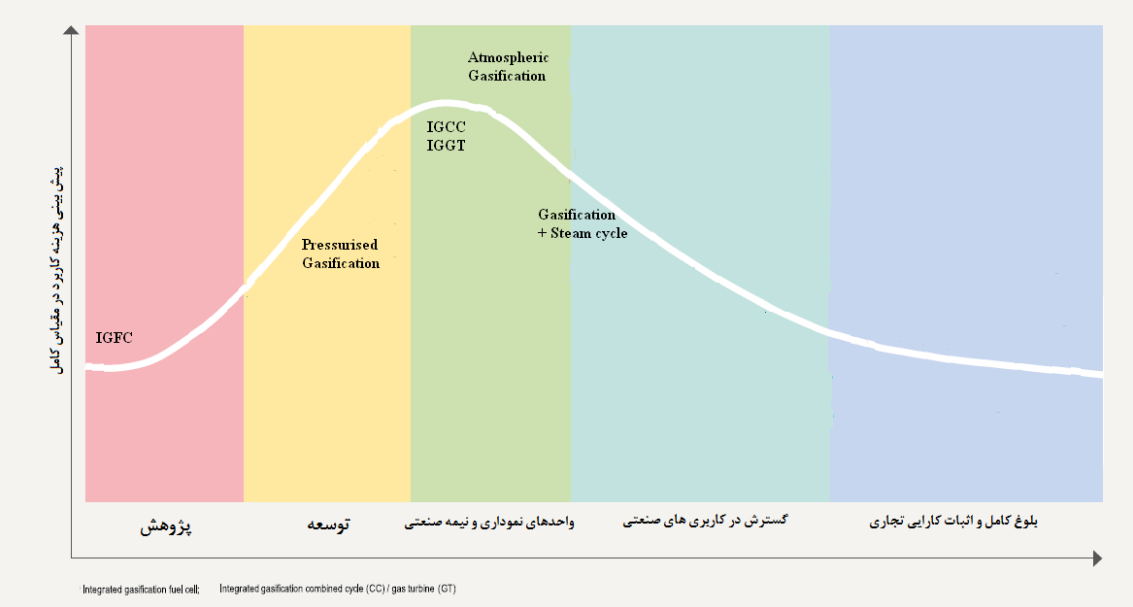
با مقایسه سال به سال کل تعداد اختراعات ثبت شده برای فرآیند گازی‌سازی و اختراعات ثبت شده در زمینه استفاده از زیست‌توده برای این فرآیند مشاهده می‌شود تا سال ۲۰۱۰ سهم اختراعات ثبت شده مرتبط با استفاده از زیست توده در گازی-سازی روند صعودی داشته و پس از سال ۲۰۱۰ با شیب ملایمی روند کاهشی را آغاز نموده است (شکل (۲-۳۳)).



شکل ۲-۳۸ سهم اختراعات مرتبط با زیست‌توده نسبت به کل اختراعات ثبت شده در فرآیند گازی‌سازی

۲-۲-۲۲-۳- جایگاه فناوری در چرخه عمر

همان طور که در شکل (۲-۳۹) مشاهده می‌شود، به طور کلی از دیدگاه بلوغ فناوری، جایگاه انواع فناوری و کاربردهای گازی-سازی در چرخه عمر مشخص شده است.



شکل ۲-۳۹ جایگاه انواع فناوری و کاربرد گازی‌سازی در چرخه عمر

۲-۲-۲۳- چشم‌انداز استقرار فناوری گازی‌سازی

فناوری‌های گازی‌سازی به دلیل امکان تولید انرژی و حامل‌های شیمیایی از انواع مواد لیگنوسلولزی، پتانسیل عظیمی را عرضه می‌کنند. این حامل‌ها می‌توانند در کاربردهای متعدد به طور مستقیم یا پس از پردازش و ارتقاء بیشتر استفاده شوند و همچنین می‌توان با توجه به فرآیندها و کاربردهای مورد نظر، در حالت گازی یا مایع از آنها بهره برد. در این بخش برای ارائه یک نقشه راه و تعیین معیار فناوری‌های گازی‌سازی در ارتباط با بازارهای موجود و بازارهایی که در آینده امکان‌پذیر است، تلاش شده است و به طور کلی می‌تواند مبنای یک استراتژی برای تجاری‌سازی و نفوذ بازار کاربردهای گازی‌سازی را تشکیل دهد. شکل (۲-۴۰) رابطه بین فناوری و بازار را نشان می‌دهد. هر یک از این چهار ربع فناوری‌های جدید و موجود را به بازارهای جدید و موجود مرتبط می‌کند.

	فناوری موجود	فناوری جدید
بازارهای موجود	نفوذ بازار باهم سوزی احتراق ضایعات + BM	توسعه محصول متانول هیدروژن فیشر – تروپش
بازارهای جدید	توسعه بازار IGCC - 30-75 MWe گازی سازی - 1-5 MWe توربین گاز هوای داغ	تنوع محصول مواد شیمیایی از زیست توده بازیابی مونومر بازیابی مواد

شکل ۲–۴۰ رشد در حال توسعه استراتژی‌های و فرصت‌های بازار

در حال حاضر قابل اطمینان‌ترین کاربرد گازی‌سازی زیست توده باهم‌سوزی و احتراق مستقیم گاز در بویلر برای تولید حرارت یا چرخه بخار می‌باشد. از آنجا که در این کاربردها مسئله قطران مطرح نیست، حداقل ریسک فنی را دارند و به همین دلیل وظیفه اصلی صنعت، افزایش نفوذ آن‌ها در بازار است. در بازارهای موجود، ساخت و بهره‌برداری نیروگاه‌های بیشتر به منظور افزایش درجه اعتماد کاربران و همچنین برای بهبود قابلیت‌های صنعتی با استفاده از سوخت‌های مختلف مشکل‌ساز اما ارزان حائز اهمیت می‌باشد [۱۶].

ربع پایین سمت چپ در شکل (۲–۴۰) کاربردهایی را نشان می‌دهد که برای آن‌ها باید بازارهای جدید بر اساس موفقیت‌های مورد انتظار به دست آمده از چند پروژه کلیدی، توسعه یابد که در حال حاضر در مرحله پایش عملکرد هستند. انتظار می‌رود که IGCC تجاری، گازی‌سازی متوسط مقیاس و توربین‌های گاز هوای گرم در کوتاه مدت یا میان مدت، حدود ۶–۴ سال تجاری شوند. اگر این اتفاق بیفتد، فناوری گازی‌سازی قادر خواهد بود تمام نیازهای اساسی کاربرد انرژی را، خواه با نیروگاه‌های مختص زیست‌توده و خواه در ترکیب با سوخت‌های فسیلی مرتفع نماید.

توسعه فناوری‌های جدید برای مواد شیمیایی و سوخت‌های زیستی مایع که می‌تواند استفاده مستقیم در ساختارهای موجود جامعه مدرن و به طور خاص به عنوان سوخت حمل و نقل را داشته باشد، مورد نیاز است. اگر چه بیواتانول و بیودیزل از غلات و دانه‌های روغنی قرار است رقابتی‌تر باشند، مطالعات مختلف نشان می‌دهد که دیزل فیشرتروپش و دی متیل اتر می‌توانند در

میان‌مدت یا بلندمدت، در حدود ۱۰-۵ سال رقابت‌پذیر باشند. پیشرفت‌های به دست‌آمده در نیروگاه Varnamo این اطمینان را می‌دهد که صنعت گازی‌سازی می‌تواند یک گاز تمیز را برای پردازش‌های بعدی به گاز سنتزی آماده سازد، در حالی که به نظر نمی‌رسد بهره‌برداری از گازی‌ساز با مخلوط اکسیژن و بخار هیچ مانع فنی جدی ایجاد کند. هیدروژن همیشه پاک‌ترین سوخت می‌باشد و هر فرآیندی که بتواند از سوخت‌های زیستی در شرایط رقابت‌پذیر اقتصادی هیدروژن تولید کند، یک موفقیت بازار فوری خواهد بود.

آخرین ربع در شکل (۲-۴۰) مناطق تنوع محصولات احتمالی از انرژی و/یا حامل‌های سوخت زیستی مایع را نشان می‌دهد. هر چند به نظر می‌رسد پتانسیل بازار این محصولات بزرگ نباشد اما می‌توانند بازار مناسبی برای تولید مواد بیوشیمیایی و/یا استحصال محصولات با ارزش مانند مونومر از پلیمرهای ضایعاتی و آلومینیوم از قوطی‌های نوشیدنی باشند.

با توجه به محدود بودن منابع مالی و رقابت موجود بین فناوری گازی‌سازی با سایر منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی باد، که ممکن است در نظر عموم مردم و حتی متخصصان جذاب‌تر باشد، و همچنین رقابت بسیار قوی با سایر فناوری‌های بیوانرژی مانند آتشکافت و احتراق، به شدت توصیه می‌شود که منابع مالی محدود در دسترس باید در جهت رفع موانع فنی و بازار به دقت هدفگذاری شوند. از این رو توصیه می‌شود که موارد هدف باید آن‌هایی باشند که در قسمت پایین سمت چپ و بالا سمت راست شکل (۲-۴۰) قرار دارند [۱۶].

۲-۳- کلیات و روندیابی فناوری هاضم بیهوازی

۲-۳-۱- تاریخچه

هضم بیهوازی[1] (AD) فرآیند بیولوژیکی است که به طور عمده در تصفیه خانه فاضلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین این فرآیند بیولوژیک جزو فرآیندهای اصلی می‌باشد که در دفنگاه‌ها انجام می‌شود. بسیاری از دامداری‌ها در آمریکا برای کاهش اثرات زیست‌محیطی استفاده از کود و همچنین به منظور استحصال متان برای تولید بخشی از انرژی مورد نیاز خود، به هضم بیهوازی روی آورده‌اند. در سطح بین‌المللی فرآیند هضم بیهوازی برای چندین دهه گذشته مورد استفاده بوده است. استفاده اولیه در مناطق روستایی، تولید بیوگاز به عنوان سوخت مورد استفاده برای پخت و پز و روشنایی بوده است. تعداد زیادی هاضم در مقیاس خانگی در مناطق روستایی چین و هند برای تصفیه فاضلاب و تولید گاز استفاده می‌شوند. اخیراً اروپا سیستم‌های متمرکز در مقیاس بزرگ را برای انجام عملیات بر روی زائدات جامد شهری و تولید برق به عنوان محصول جانبی توسعه داده است. سایر کشورهای صنعتی نیز رویه کشورهای اروپایی را در پیش گرفته‌اند [۱۸].

شواهد تاریخی نشان‌دهنده این موضوع است که بیوگاز برای گرمایش آب در آشور (۱۰ قرن قبل از میلاد مسیح) و در ایران (قرن شانزدهم میلادی) استفاده می‌شده است. هلمون[2] برای نخستین بار در قرن ۱۷ میلادی نشان داد که از تجزیه مواد آلی، گازهای قابل اشتعال استحصال می‌شود. در سال ۱۷۷۶ ولتا[3] به این نتیجه رسید که رابطه مستقیمی بین فساد مواد آلی و گاز قابل اشتعال تولیدی وجود دارد. در سال ۱۸۰۸، آقای دیوی[4] به وجود متان در گازهای تولیدی از هضم بی‌هوازی کود حیوانی پی‌برد [۱۹].

نخستین واحد هاضم در سال ۱۸۵۹ در منطقه‌ای از بمبئی هند راه‌اندازی شد. هضم بی‌هوازی در سال ۱۸۹۵ با بیوگاز تولیدی از یک واحد محتاطانه طراحی شده برای تصفیه فاضلاب به کشور انگلستان رسید. از بیوگاز تولیدی این واحد برای روشنایی

[1] Anaerobic Digestion
[2] Jan Bapita Van Helmont
[3] Count Alessandro Volta
[4] Sir Humphry Davy

لامپ‌های خیابانی در اکستر[1] استفاده شد [۲۰]. پیشرفت میکروبیولوژی به عنوان علم منجر به انجام تحقیقاتی شد که طی یکی از آن ها باسول[2] و همکاران در سال ۱۹۳۰ باکتری هضم بی‌هوازی و شرایط مناسب برای تولید متان را معرفی کردند [۱۹].

در دنیای فناوری هضم بی‌هوازی، امکانات و مواد موجود در مزارع عمومی‌تر هستند. ۸-۶ میلیون هاضم با تکنولوژی پایین و در مقیاس خانگی برای فراهم کردن بیوگاز لازم برای پخت و پز و روشنایی با درجات مختلف کارایی مشغول به کار هستند. در چین و هند تمایل به استفاده از سیستم‌های بزرگتر و با کنترل فرآیند بهتر برای تولید برق رو به افزایش است.

در اروپا، واحدهای هاضم عموماً سابقه خوبی در فرآوری مناسب طیف وسیعی از پسماندهای مزرعه‌ای، صنعتی و ضایعات شهری دارند. استفاده از این فرآیند در زمان جنگ جهانی دوم و بعد از آن همزمان با کاهش منابع تأمین انرژی توسعه گسترده-ای پیدا کرد. بعضی از واحدهای هاضم در اروپا بیش از ۲۰ سال است که در حال استفاده هستند. بیش از ۶۰۰ واحد هاضم مزرعه‌ای در اروپا در حال استفاده هستند و این در حالی است که رمز موفقیت این واحدها در سادگی طراحی آن‌ها بوده است. بیش از ۲۵۰ واحد هاضم تنها طی ۵ سال گذشته در آلمان نصب و راه‌اندازی شده‌اند.

فاکتورهای دیگری که بر روی موفقیت این فناوری موثر هستند، مقررات زیست‌محیطی محلی و دیگر سیاست‌های دولتی برای استفاده از ضایعات می‌باشد. به خاطر این فشارهای زیست‌محیطی، بسیاری از کشورها یا در حال استفاده و یا در حال مشخص کردن روش‌هایی برای کاهش اثرات زیست‌محیطی دفع زباله هستند.

کشور دارای بیشترین تجربه در زمینه استفاده از سیستم‌های مقیاس بزرگ هاضم، دانمارک است، به طوری که هم‌اکنون ۱۸ واحد هاضم متمرکز در حال بهره‌برداری دارد. در اکثر این واحدها از کود کشاورزی، پسماندهای صنعتی پاک و ضایعات جامد شهری تفکیک‌شده در مبدأ استفاده می‌شود [۲۱].

قوانین کشور دانمارک برای افزایش استفاده از هضم بیهوازی به گونه‌ای بوده است که تولید بیوگاز در سال ۲۰۰۰، دو برابر و در سال ۲۰۰۵ سه برابر شده است. یکی از سیاست‌های تشویقی مورد استفاده برای تشویق استفاده‌کنندگان از این فناوری به عنوان مثال حق فروش برق تولیدی را به تولیدکنندگان بیوگاز می‌دهد. فروش آب گرم تولید شده به عنوان فرآیند جانبی به سیستم‌های گرمایش منطقه در حال تبدیل شدن به یکی از منابع درآمدی استفاده کنندگان از این فناوری می‌باشد [۲۱].

استفاده از فرآیند هضم بی‌هوازی برای فرآوری پساب‌های صنعتی طی یک دهه گذشته افزایش چشمگیری داشته است. در سراسر دنیا بیش از ۱۰۰۰ واحد در حال کار یا در دست احداث هستند. تخمین زده می‌شود که واحدهای نصب شده در اروپا

[1] Exeter
[2] Buswell

۴۴٪ از کل واحدهای نصب شده در دنیا را تشکیل دهد. تنها ۱۴٪ از این واحدها در آمریکای شمالی و تعداد قابل توجهی در آمریکای جنوبی و به طور عمده در برزیل هستند که در این کشور سیستم‌های نصب‌شده برای فرآوری محصولات جانبی فرآیند تولید اتانول از نیشکر استفاده می‌شوند [۲۲].

بیش از ۳۵ نمونه از صنایعی که از هاضم‌ها استفاده می‌کنند مشخص شده‌اند. این واحدها مواد شیمیایی، فیبر، مواد غذایی، گوشت، شیر و دارو تولید می‌کنند. بسیاری از هاضم بی‌هوازی به عنوان یک پیش فرآیند برای کاهش هزینه‌های دفع لجن فاضلاب، کنترل بوی منتشره و کاهش هزینه‌های فرآوری نهایی در یک واحد فرآوری پساب ضایعات استفاده می‌کنند [۲۲].

گرچه نخستین واحد هاضم با خوراک اولیه ضایعات جامد شهری MSW حد فاصل سال‌های ۱۹۷۴-۱۹۳۹ در ایالات متحده مشغول فعالیت بوده، این نوع هاضم اخیراً نیز مورد توجه قرار گرفته است. در ۱۵ سال گذشته تجهیزات فرآوری MSW با چندین واحد در حال فعالیت تاثیر بسزایی در پیشرفت این فناوری به سمت تجاری‌سازی داشته است.

فرایندهایی چون هضم بیهوازی و کمپوست برای بازیافت مواد آلی و مغذی از تجزیه مواد آلی ضایعات جامد شهری، تنها فرآیندهای بیولوژیکی را پیشنهاد می‌کنند. کمپوست‌سازی فرآیندی بسیار انرژی‌بر است که به ۷۵-۵۰ کیلووات ساعت برق برای هر تن ورودی MSW نیاز دارد. فناوری تولید کمپوست از MSW به صورت تجاری وجود داشته و در حال استفاده می‌باشد. اما کاربرد بیش از پیش آن از جنبه‌های زیست‌محیطی و اقتصادی فرآیند با محدودیت مواجه می‌شود. فرآیند هضم MSW در حال حاضر به طور کامل تجاری‌سازی شده است.

هضم بیهوازی ضایعات جامد شهری با مشکلات فنی بسیاری مواجه است که افزایش زمان ماند (HRT) یکی از این مشکلات می‌باشد. سیستم‌های هضم مواد با درصد ماده جامد بالا[1] با پتانسیل بهبود راندمان اقتصادی سیستم‌های هضم MSW توسط کاهش حجم هاضم و انرژی جنبی کمتر توسعه یافته‌اند. چندین سیستم جایگزین با طراحی HSD که با غلظت مواد جامد بیش از ۳۰٪ کار می‌کنند طراحی شده است. این سیستم‌ها همچنین اختلاط خارجی یا داخلی را با استفاده از همزن بیوگاز یا مکانیکی انجام می‌دهند. در حالت کلی تمامی سیستم‌های HSD کارایی یکسان و مشابهی دارند [۲۲].

۲-۳-۲- فرآیند هضم بیهوازی

[1] High Solid Digestion (HSD)

هضم بیهوازی مواد آلی با فعالیت هم‌افزای تعداد زیادی از میکروارگانیزم‌ها انجام می‌شود. فرآیند هضم در چهار مرحله انجام می‌شود:

- هیدرولیز
- اسیدی‌شدن
- استاته شدن و
- متان‌زایی (شکل (۱- ۴۱))

۱- مولکول‌های بزرگ پروتئین، چربی‌ها و پلیمرهای کربوهیدرات (مانند سلولز و نشاسته) طی فرآیند هیدرولیز به اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب با زنجیره بلند و قند تبدیل می‌شوند.

۲- محصولات تولیدشده طی فرآیند هیدرولیز، طی فرآیند استاته شدن تخمیر شده و به اسید چرب فرار ۳، ۴ و ۵ کربنه مثل اسید لاکتیک، بوتیریک، پروپیونیک و والریک تبدیل می‌شوند.

۳- در مرحله استات‌زایی، باکتری محصولات تخمیر را به اسید استیک، دی اکسید کربن و هیدروژن تبدیل می‌کند.

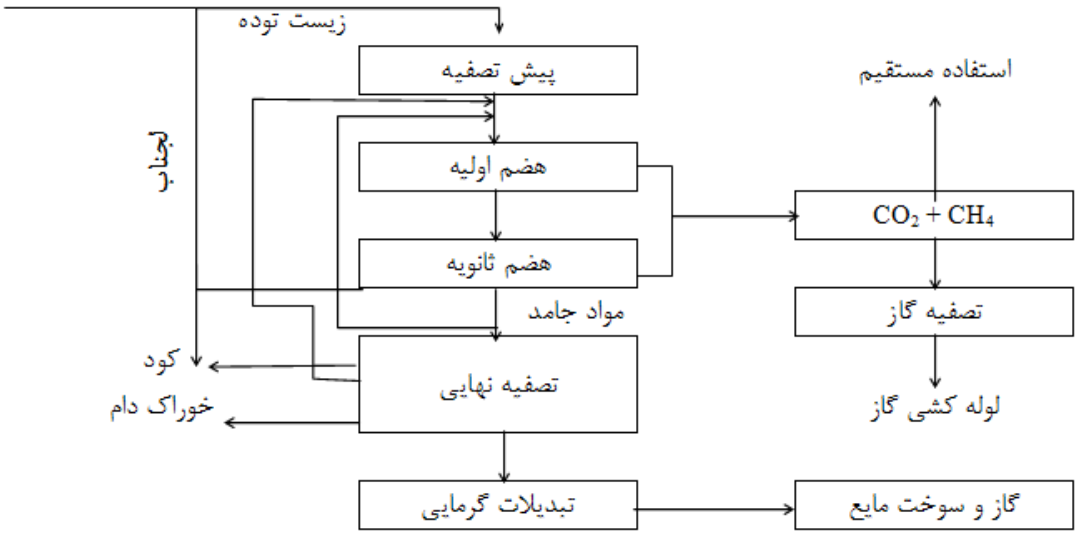
۴- در نهایت، متان‌سازها استات تولید شده، هیدروژن و مقداری از دی اکسید کربن را مصرف کرده و متان تولید می‌کنند. ۳ واکنش شیمیایی که متان‌سازها برای تولید متان استفاده می‌کنند عبارتند از:

تولید متان با اسید استیک $4CH_3COOH \rightarrow 4CO_2 + 4CH_4$

تولید متان با هیدروژن $CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$

تولید متان با متانول $4CH_3OH + 6H_2 \rightarrow 3CH_4 + 2H_2O$

از معادله واکنش استوکیومتری فوق مشاهده می‌شود که به صورت تئوری بیوگاز تولیدی شامل ۵۰٪ متان و ۵۰٪ دی اکسید کربن می‌باشد. با توجه به عوامل مختلفی که بر روی میزان متان‌زایی موثر هستند به طور کلی می‌توان گفت که ۷۰-۴۰٪ از حجم بیوگاز تولیدی طی فرآیند هضم متان می‌باشد [۱۸].



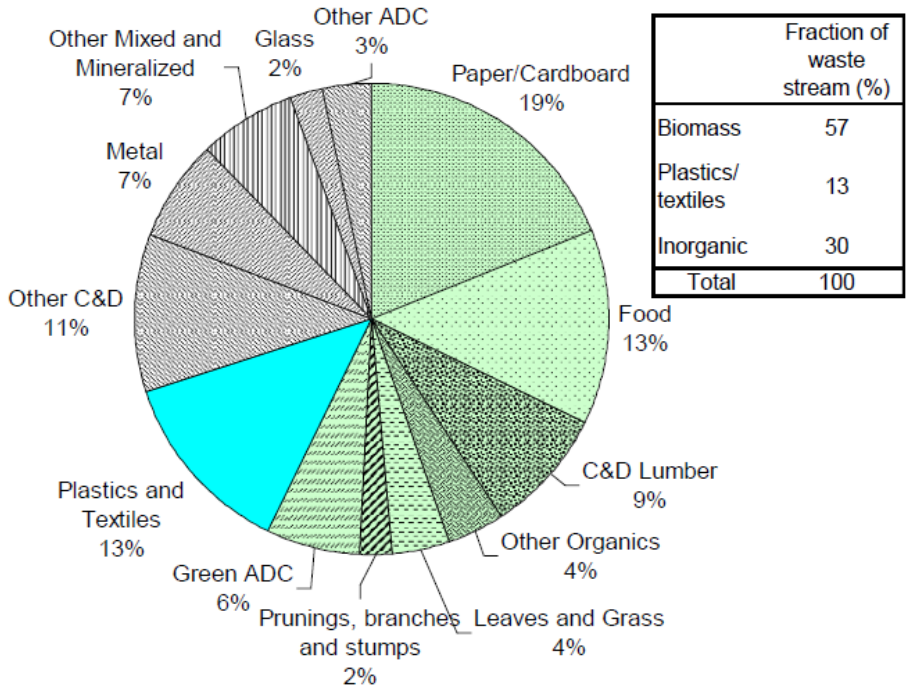
شکل ۲-۴۱ نمودار روندنمای فرآیند هضم بیهوازی [۲۳]

۲-۳-۳- وضعیت موجود ضایعات جامدات شهری

۲-۳-۳-۱- ایالات متحده آمریکا

هر شهروند در ایالت کالیفرنیا بیش از ۲/۵ تن ضایعات جامد شهری[1] (MSW) در سال تولید می‌کند. این روند رو به رشد از ۱/۵ تن در سال ۱۹۹۳ آغاز شده است [۲۴-۲۵]. تقریبا ۶۰-۴۰٪ از MSW تولیدشده را مواد آلی تشکیل می‌دهد [۲۵-۲۷]. با وجود سود فراوان کاهش میزان تولید ضایعات، در سال ۲۰۰۶ در ایالت کالیفرنیا ۴۲ میلیون تن ضایعات شامل ۱,۱ تن به ازای هر شهروند و استفاده از ۳,۳ میلیون تن پسماند سبز به عنوان پوشش جایگزین روزانه[2] (ADC) وارد دفنگاه شده است [۲۴و۲۸]. از مجموع ضایعات دفن شده در سال ۲۰۰۶، ۲۶/۷ میلیون تن از مواد بیولوژیکی، ۵/۴ میلیون تن از مواد پلاستیکی و منسوجات و ۱۴/۱ میلیون تن باقیمانده از مواد معدنی و غیرآلی مثل شیشه، آهن، محصولات غیرچوبی تشکیل شده است (شکل (۲-۴۲)) [۲۹].

[1] Municipal Solid Waste
[2] Alternative Daily Cover



	Fraction of waste stream (%)
Biomass	57
Plastics/ textiles	13
Inorganic	30
Total	100

شکل ۲-۴۲ نوع مواد تشکیل‌دهنده ضایعات جامد شهری ایالت کالیفرنیا

پتانسیل انرژی بالقوه موجود در ضایعات آلی دفن شده در کالیفرنیا بیش از ۱۵۰۰۰ گیگاوات ساعت در سال می‌باشد [۲۵]. این مقدار معادل خروجی سالیانه از یک نیروگاه تولید برق ۱۷۰۰ مگاواتی و یا ۸٪ از کل برق مصرفی ایالت می‌باشد [۲۵]. مواد خشک ضایعات شهری مثل کاغذ، چوب و پلاستیک بیشتر مناسب احتراق مستقیم برای استحصال انرژی می‌باشند [۳۰]. اما ضایعات غیرچوبی با محتوای رطوبتی نسبتاً بالا سوزاندن مواد را مشکل نموده و راندمان تبدیل را کاهش می‌دهد. بنابراین، بخش آلی ضایعات جامد شهری OFMSW برای تبدیل بیوشیمیایی (مانند هاضم و دفنگاه) مناسب می‌باشد. پسماند غذایی و سبز دفن‌شده در ایالت کالیفرنیا در صورت استفاده در هاضم، پتانسیل تولید ۲۳۰۰ گیگاوات ساعت برق در سال را دارد [۲۵].

با وجود پیشرفت‌های به وجود آمده در زمینه استفاده از ضایعات آلی، امکانات تجاری‌سازی هضم بیهوازی MSW در کالیفرنیا فراهم نشده است. هر چند که بسیاری از حوزه‌های غذایی یا بخش جمع‌آوری زباله برای هاضم در مقیاس بزرگ داشته و یا در حال تأسیس آن می‌باشند. از سال ۲۰۰۱، ۱۰ هاضم در صنعت لبنیات کالیفرنیا نصب شده است که بخشی از برنامه تولید برق از صنایع لبنی کالیفرنیا می‌باشند. در ادامه اجرای همین برنامه، ۹ هاضم دیگر نیز در سال ۲۰۰۶ برای تأسیس، کمک مالی دریافت

نموده‌اند [۳۱]. در نهایت، ۵ کارخانه صنایع غذایی در همین ایالت برای تصفیه پساب امکانات نصب و ایجاد هاضم دریافت نموده‌اند [۳۱].

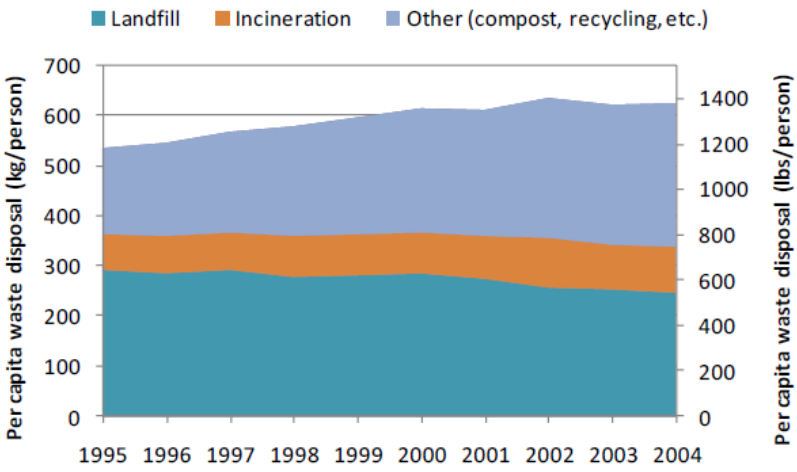
جمع‌آوری و فرآوری بخش آلی ضایعات جامد شهری OFMSW پیچیده‌تر از پساب و غیره می‌باشد. به عنوان مثال، هاضم برای ایجاد، نیاز به دانش فنی و میزان سرمایه‌گذاری بالاتری دارد. علاوه بر این، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و هزینه‌های عملیاتی برای هاضم نسبت به تولید کمپوست یا دفنگاه بالاتر است. هزینه پایین لازم برای دفنگاه و به تبع آن، قیمت تمام شده پایین برای انرژی به دست آمده در مقایسه با آنچه در اروپا اتفاق می‌افتد رقابت قیمتی هاضم در برابر سایر فناوری‌های تبدیل را مشکل نموده است [۳۳-۳۴]. با این وجود ارزیابی چرخه عمر[1] (LCA) نشان می‌دهد که هاضم اثرات مخرب زیست‌محیطی را کاهش داده و استفاده از هاضم‌ها در اروپا با در نظر گرفتن عمر پروژه، از دفنگاه و کمپوست‌سازی مقرون به صرفه‌تر می‌باشد [۳۵-۳۸].

۲-۳-۳-۲- اروپا

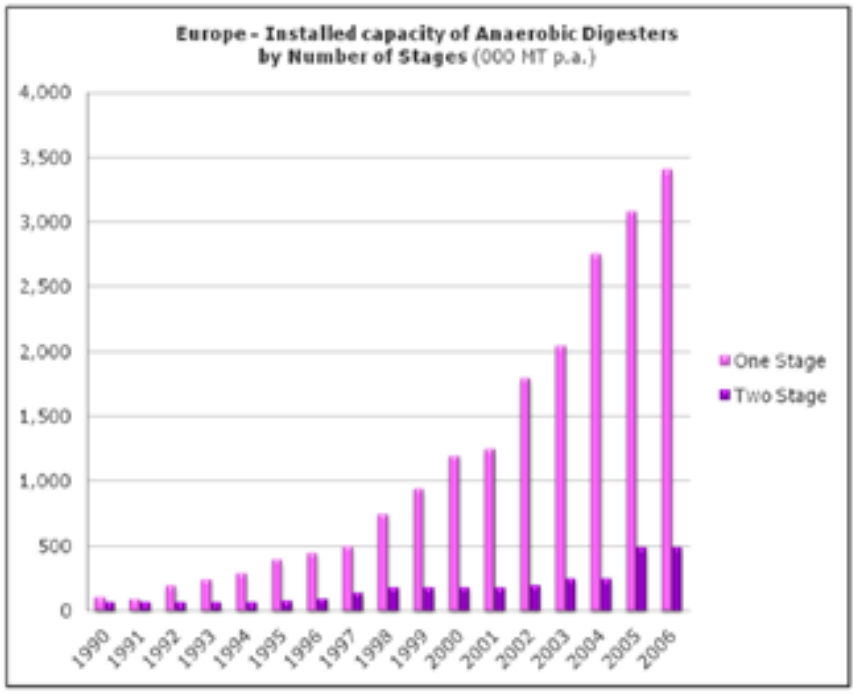
اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۲ برای استانداردسازی گزارش‌های مربوط به میزان ضایعات تولید شده، قانونی را تصویب نمود [۳۹]. برای مقایسه با آمار سال‌های گذشته فقط آمار متوسط به ازای هر شهروند گزارش شد (شکل ۲-۴۳). در سال ۲۰۰۴ هر شهروند اروپایی به طور متوسط ۰/۷ تن زباله تولید نموده است [۳۹]. اما این آمار بر خلاف آمریکا شامل تمامی بخش‌های تولید زباله نبوده و بنابراین میزان تولید اتحادیه اروپا را ۳۰٪ آمریکا نشان می‌دهد [۴۰].

در اروپا میزان MSW تولید شده به ازای هر نفر طی ده سال گذشته افزایش داشته است و این در حالی است که میزان ضایعات دفن شده کمی کاهش یافته است. همچنین میزان احتراق مستقیم برای بازیابی انرژی، تقریباً ثابت باقی مانده است [۳۹]. ظرفیت نصب شده هاضم در اروپا به شدت در حال افزایش است و هم اکنون ظرفیتی بالغ بر ۴ میلیون تن در سال دارد (شکل ۲-۴۴). اسپانیا به صورت ویژه‌ای ظرفیت‌های بزرگی برای هاضم ایجاد نموده و هم اکنون با ظرفیت بیش از ۱ میلیون تن OFMSW در سال بیش از ۵۰٪ ضایعات آلی تولید شده در کشور را تبدیل می‌کند [۴۱].

[1] Life Cycle Analyses



شکل ۲-۴۳ تولید MSW به ازای هر شهروند اروپایی به تفکیک روش فرآوری



شکل ۲-۴۴ رشد فناوری هاضم ضایعات جامد شهری به تفکیک مراحل هاضم

۲-۳-۴- دسته‌بندی سیستم‌های هاضم

واندویور[1] فناوری‌های متداول هاضم را به صورت زیر دسته‌بندی نمود:

- سیستم‌های پیوسته تک مرحله‌ای
  - ✓ تر (مواد جامد کم)
  - ✓ خشک (مواد جامد زیاد)
- سیستم‌های پیوسته دو مرحله‌ای
  - ✓ خشک- تر
  - ✓ تر – تر
- سیستم‌های Batch
  - ✓ تک مرحله‌ای
  - ✓ دو مرحله‌ای

۲-۳-۴-۱- سیستم‌های تر

هاضم‌های تر با میزان جامدات ۱۵-۱۰ درصد کار می کنند. بنابراین، رقیق سازی با آب برای رسیدن به غلظت کمتر از ۱۵٪ ضروری است. فرایند تر عموماً اختلاط کامل است و برای اختلاط از پمپ، همزن مکانیکی یا تزریق بیوگاز از کف مخزن استفاده می‌شود.

از مزایای این روش سادگی عملیاتی و مدت زمان زیاد توسعه این فناوری در مقایسه با سیستم‌های خشک است. البته این ارزانی با بالاتر بودن هزینه‌های سرمایه‌گذاری به علت نیاز به راکتور بزرگتر، آب‌گیری از مواد خروجی و همچنین ضرورت مراحل پیش‌تصفیه جبران می‌شود.

مهمترین فرایندهای هضم تر تک‌مرحله ای به شرح زیر می‌باشند:

- فرایند Wabio

[1] Vandevivere

- فرایند Waasa
- هاضم خودهمزن

۲-۳-۴-۲- سیستم‌های خشک

در هاضم‌های خشک میزان جامدات ۴۰-۲۰ درصد است و خوراک با TS بیش از ۴۰ درصد نیاز به رقیق‌سازی دارد. سیستم خشک در برابر ذرات جامد مقاوم‌تر و انعطاف‌پذیرتر است. عموماً ناخالصی‌های درشت با اندازه بیش از ۴ سانتیمتر قبل از ورود مواد به هاضم جدا می‌شوند.

خوراک به وسیله تسمه نقاله، خوراک‌دهنده‌های مارپیچی و پمپ‌های نیرومند که برای جریان‌های با ویسکوزیته بالا طراحی شده‌اند، منتقل می‌شوند. این تجهیزات عموماً گرانتر از تجهیزات سیستم‌های تر است. در سیستم‌های خشک به دلیل ویسکوزیته بالا، راکتورهای جریان قالبی مورد استفاده قرار می گیرد. از مزایای این هاضم‌ها می‌توان به سادگی و نداشتن قطعات مکانیکی اشاره کرد.

هاضم‌های تجاری‌شده خشک زیادی وجود دارد. ولی سه سیستم که بیشترین هاضم‌های تجاری‌شده را به خود اختصاص داده‌اند عبارتند از:

- فرآیند درانکو (Dranco)
- فرآیند والورگا (Valorga)
- فرآیند کمپوگاز (Kompmgas)

مزایا و معایب انواع راکتورهای هاضم بیهوازی در جدول (۲-۹) به صورت خلاصه ارائه شده است.

جدول ۲-۹ مزایا و معایب سیستم‌های مختلف راکتورهای هاضم [۱۸]

	معیار	مزایا	معایب
سیستم‌های تر تک مرحله‌ای	تکنیکی	▪ برگرفته از فناوری توسعه‌یافته تصفیه فاضلاب ▪ مواد و روش مورد استفاده ساده	▪ کوتاه بودن مدار ▪ فازهای شناور و غوطه‌ور ▪ پیش‌تیمار پیچیده
	بیولوژیکی	▪ رقیق سازی عوامل مزاحم با آب	▪ حساس به گسترش و رشد سریع عوامل مزاحم

	معیار	مزایا	معایب
	اقتصادی و زیست‌محیطی	▪ قیمت ارزانتر تجهیزات	▪ استفاده بالا از آب و حرارت ▪ نیاز به مخازن ذخیره‌سازی بزرگ
سیستم‌های خشک تک مرحله‌ای	تکنیکی	▪ نبود قطعات متحرک داخل راکتور ▪ عدم نیاز به حذف مواد بی‌اثر و پلاستیک ▪ مشکل اتصال کوتاه وجود ندارد.	▪ نامناسب برای زباله‌های تر (کمتراز ۵٪ مواد جامد)
	بیولوژیکی	▪ زمان ماند هیدرولیکی بالا ▪ تلفات کمتر جامدات فرار در پیش‌تیمارها	▪ رقیق سازی کمتر عوامل مزاحم با آب ▪ تماس کمتر بین میکروارگانیسم‌ها و لایه‌های مواد
	اقتصادی و زیست‌محیطی	▪ نیاز حرارتی کمتر ▪ استفاده بسیار کم از آب ▪ راکتورهای کوچکتر و پیش‌تیمار ساده‌تر	▪ تجهیزات قوی و گرانقیمت نگهداری پسماند
سیستم‌های دو مرحله‌ای	تکنیکی	▪ انعطاف پذیری عملیاتی	▪ طراحی پیچیده
	بیولوژیکی	▪ نرخ بارگیری بالاتر	▪ پیچیدگی تفکیک صحیح بخش هیدرولیز از متان‌زایی
	اقتصادی و زیست‌محیطی	▪ توان بالاتر، اثرات مخرب کمتر	▪ نیاز به سرمایه‌گذاری بالاتر
سیستم‌های Batch	تکنیکی	▪ نگه‌داری آسانتر مواد ▪ کاهش پیش‌تیمارها	▪ فشرده بودن مانع نفوذ و بازیابی شیرآبه
	بیولوژیکی	▪ قابلیت تفکیک هیدرولیز و متان‌زایی	▪ متغیر بودن تولید گاز در سیستم‌های تک راکتور ▪ نرخ بالاتر میزان هضم نسبت به بیوراکتورهای دفنگاه
	اقتصادی و زیست‌محیطی	▪ هزینه پایین ▪ مناسب برای دفنگاه‌ها	▪ تخریب (تجزیه) ناقص مواد آلی

۲-۳-۵- راندمان فناوری و روند تغییرات

کارایی هاضم به طور گسترده‌ای به ساختار و پیکربندی راکتور و همچنین منبع ماده اولیه بستگی دارد [۴۲]. بسیاری از گزارشات در پیشینه پژوهش راندمان، هاضم MSW را از نظر میزان بیوگاز تولیدی به ازای وزن تر MSW بررسی کرده‌اند (جدول (۲-۱۰)). واحدهای مقیاس بزرگ هاضم عمدتاً به میزان تولیدی حدود ۰/۱-۰/۱۵ متر مکعب بر کیلوگرم وزن تر ماده اولیه (m^3/wet kg) می‌رسند. با این حال مقایسه سیستم‌ها بر اساس بیوگاز تولیدی به وزن تر ماده ورودی با فرض ثابت بودن ترکیب مواد ورودی و بیوگاز به عنوان محصول صورت می‌گیرد. بیوگاز می‌تواند شامل ۷۰-۵۰ ٪ حجمی متان باشد که این گستره بیش از حد بزرگی برای تخمین محتوای انرژی می‌باشد. داشتن مقدار متان تولید شده به مراتب مفیدتر از مقدار بیوگاز تولیدی است که البته نیاز به آشکارسازهای دقیق CO_2 و CH_4 برای انجام آزمایشات پرهزینه دارد (به عنوان مثال کروماتوگرافی گازی). همچنین MSW بسته به میزان کاغذ، گیاهان علفی، چوبی و دیگر مواد لیگنوسلولزی موجود در آن می‌تواند گستره وسیعی از محتوای رطوبتی و میزان هضم‌پذیری را داشته باشد [۴۲]. از این رو در مطالعات علمی میزان تبدیل بر اساس تبدیل متان به وزن خشک جامدات سبک و فرار گزارش می‌شود. با فرض این که سبک بودن مواد ارتباط مستقیمی با

میزان زیست‌تخریب‌پذیری دارد، اما مواد لیگنوسلولزی نسبت به سایر مواد سبک، زیست‌تخریب‌پذیری کمتری دارنـد. در موقـع مقایسه جریان‌های مختلف MSW باید به تفاوت‌های مقایسه‌ای جریان‌های مختلف توجه داشت. برخی از گزارشاتِ منتشره از میزان تبدیل بیوگازِ در تعدادی از هاضم‌های مقیاس بزرگ، در جدول (۲-۱۰) ارائه شده است.

جدول ۲-۱۰ میزان تبدیل بیوگاز برای برخی هاضم‌های بزرگ بر حسب انواع OFMSW تر (به ازای هر واحد وزن تر ماده اولیه)

کارخانه	محل	متوسط میزان تبدیل بیوگاز (m^3/kg)	مرجع
Valorga	فرانسه	۰,۱۴۴	[۴۲]
	هلند	۰,۰۹۳	
	آلمان	۰,۱۲۷	
Valorga	ایتالیا	۰,۱۸۰	[۴۳]
	ایتالیا	۰,۰۶	
	فرانسه	۰,۱۴۵	
	هلند	۰,۰۹۲	
	آلمان	۰,۱۲۶	
Dranco	آلمان	۰,۱۴۷	
	بلژیک	۰,۱۰۳	
	اتریش	۰,۱۳۵	
BTA (فرآیند تر)	آلمان	۰,۰۹۲	[۴۴]
ISKA	آلمان	۰,۰۴	[۴۵]
میانگین کلی		**۰,۱۱۲**	

به علاوه، میزان تبدیل بیوگاز در مورد نرخ تبدیل متان مطلبی را بیان نمی‌کند. راندمان راکتور نسبت به درصد تبدیل کلی برای مشخص کردن عملکرد مالی سیستم مهم‌تر است. نرخ کلی تولید بیوگاز و توان عملیاتی MSW یا نـرخ بارگـذاری مـواد آلـی مشخصه‌های مهمی از کارایی سیستم هستند. برای مقایسه کارایی سیستم‌ها اختلاف بین ترکیبات مـواد اولیـه مختلـف مهـم است.

بیشترین مقدار نرخ بارگذاری مواد آلی (OLR[1]) تا حد زیادی به ساختار راکتور بستگی دارد. راکتورهای با سـاختار دومرحلـه‌ای برای افزایش میزان OLR توسعه پیدا کرده‌اند. افزایش OLR اغلب منجر به افزایش نامتناسب تولید اسید آلی می‌شود که ایـن

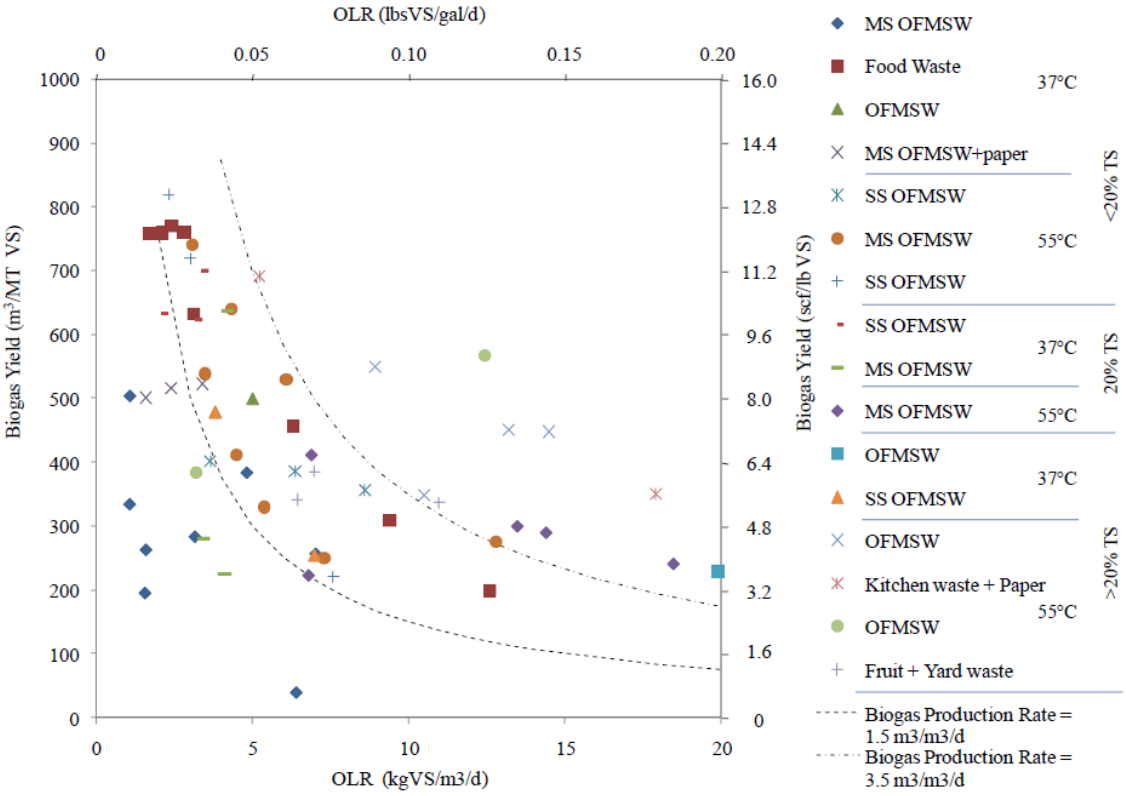
[1] Organic Loading Rate

امر خود به دلیل تغییرات نرخ رشد بیولوژیکی و تغییرات pH بین تولید اسید و میکروب‌های مصرف‌کننده اسید می‌باشد. حد بالایی OLR به نظر می‌رسد حدود ۱۵ کیلوگرم جامد فرار در هر متر مکعب ($kg\ VS/m^3$) باشد. اما OLR قابل دستیابی تا حد زیادی تحت تأثیر هضم‌پذیری کلی ضایعات قرار دارد. نرخ تولید بیوگاز یا متان به خودی خود خیلی مفید نیست، زیرا به نرخ بارگذاری مربوط می‌شود. اما با ترکیب OLR و میزان تبدیل بیوگاز، کارایی راکتور می‌تواند از نظر نرخ تولید بیوگاز به ازای هر واحد حجم از راکتور به دست آید.

مقایسه کارایی هاضم‌های بی‌هوازی مواد آلی زباله جامد شهری که از جریان مواد مختلفی استفاده می‌کنند مشکل است. به خصوص تا زمانی که کارخانجات تمایل به حفظ اطلاعات مربوط به کارایی واحد مربوطه خود دارند. در شکل (۲-۴۵) میانگین تبدیل بیوگاز تعداد زیادی از واحدهای آزمایشگاهی، پایلوت و مقیاس بزرگ در نرخ بارگیری مواد آلی (OLR) متفاوت نشان داده شده است [۴۶].

راندمان هاضم از نظر تولید گاز به ازای هر واحد حجم راکتور می‌تواند با ضرب OLR در میزان تبدیل بیوگاز به دست آید. از این رو مشاهده می‌شود که حتی اگر هضم تر زباله جامد شهری (تفکیک شده در مبدأ) SS-MSW[1] در دمای ۵۵ درجه سلسیوس به میزان تبدیل $[kg\ VS/m^3]$ ۰/۸ برسد، نرخ بارگذاری مواد آلی تنها ۲ $[kg\ VS/m^3/d]$ و نرخ تولید بیوگاز تنها $[m^3/(m^3/d)]$ ۱/۶ می‌باشد. بر اساس این آنالیز، هضم خشک ضایعات آشپزخانه به همراه کاغذ بیشترین میزان تبدیل بیوگاز را به ازای واحد حجم راکتور دارد و توسط هضم ترموفیلیک خشک مواد آلی زباله‌های جامد شهری از یک پژوهش در مقیاس پایلوت که از کاغذ، پسماند فضای سبز و ضایعات مواد غذایی استفاده می‌کند حاصل می‌شود. بیشتر راکتورهای مورد مطالعه نرخ تولیدی در گستره $[m^3/(m^3/d)]$ ۱/۵ -۳/۵ برای بیوگاز را نشان می‌دهند. تمام هاضم‌های مورد مطالعه که دارای بیش از $[m^3/(m^3/d)]$ ۳ تولید بیوگاز بودند از نوع ترموفیلیک می‌باشند. اگر چه بسیاری از اطلاعات مورد استفاده برای مطالعه هارتمن و آهرینگ [۴۶] از داده‌های آزمایشگاهی می‌باشد اما حدودی از بازه راندمان مورد نظر سیستم‌های مقیاس بزرگ را نشان می‌دهد.

[1] source separated municipal solid waste



شکل ۲-۴۵ میزان تولید بیوگاز به عنوان تابعی از نرخ بارگذاری مواد آلی (OLR) [۴۶]

از جدول (۲-۱۱) مشاهده می‌شود که زمان ماند هیدرولیکی برای هاضم تک مرحله‌ای بین ۳۰-۹ روز می‌باشد و میانگین راکتورهای ترموفیلیک ۶۶٪ هاضم‌های مزوفیلیک می‌باشد (۲۵-۱۵ روز) [۴۷]. بین راکتورهای تر و خشک از نظر زمان ماند هیدرولیکی تفاوت مشخصی وجود ندارد، اما OLR قابل دستیابی ۳ برابر بیشتر برای هاضم‌های خشک و ۲ برابر بالاتر برای هاضم‌های ترموفیلیک می‌باشد. OLR قابل دستیابی برای بخش آلی زباله جامد شهری (تفکیک‌شده در مبدأ) حدوداً ۶۵٪ بخش آلی زباله جامد شهری (تفکیک مکانیکی) می‌باشد که انتظار می‌رود هضم پذیری بالاتر SS-OFMSW منجر به اسیدی شدن بیشتر محیط هاضم گردد.

جدول ۲-۱۱ شرایط راکتور برای هاضم بخش آلی زباله جامد شهری تک مرحله‌ای [۴۷]

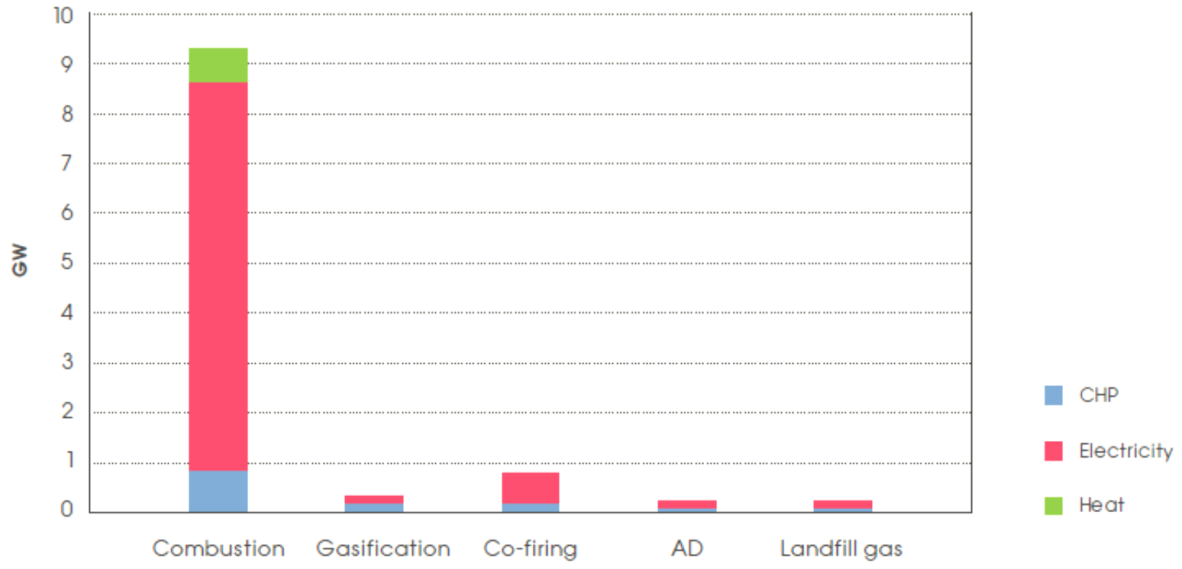
Temp	Substrate	TS	Min HRT	Max HRT	Min OLR	Max OLR
Mesophilic			**15.1**	**24.9**	**3.8**	**5.9**
	MS		15.3	26.7	4.9	7.0
		Dry	17.0	30.0	6.0	9.0
		Semi-Dry	15.0	20.0	6.0	8.0
		Wet	14.0	30.0	2.6	4.0
	SC		14.5	19.5	3.5	5.0
		Dry	17.0	25.0	4.0	6.0
		Semi-Dry	12.0	14.0	3.0	4.0
	SS		15.5	27.5	2.5	5.0
		Dry	17.0	25.0	4.0	6.0
		Wet	14.0	30.0	1.0	4.0
Thermophilic			**10.8**	**16.2**	**6.6**	**12.4**
	MS		9.0	17.5	7.5	17.5
		Dry	12.0	20.0	9.0	15.0
		Semi-Dry	6.0	15.0	6.0	20.0
	SC		12.0	16.0	6.0	9.0
		Dry	12.0	16.0	6.0	9.0
	SS		12.0	15.0	6.0	9.0
		Dry	12.0	16.0	4.0	6.0
		Semi-Dry	12.0	14.0	8.0	12.0
Grand Total			**13.3**	**21.3**	**5.0**	**8.6**

MS = mechanically sorted
SC = food service industry source separated
SS = residential source separated
HRT = hydraulic retention time (d)
OLR = organic loading rate (kg VS L-1 d-1).
Adapted from Cecchi et al [26]

۲-۳-۶- بازار فناوری

مجموع ظرفیت مد نظر برای پروژه‌های تولید برق که در دست ساخت هستند و یا منبع مالی مطمئنی دارند در پایان سال ۲۰۱۳ معادل ۱۰ گیگاوات بوده است. در بلندمدت تولید برق از پسماند و زیست‌توده از ۶۲ گیگاوات در سال ۲۰۱۰ به ۲۷۰

گیگاوات در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید [۴۸]. در شکل (۲-۴۶) پروژه‌های در دست ساخت یا تحت حمایت مالی به تفکیک فناوری و خروجی آن‌ها ارائه شده است.



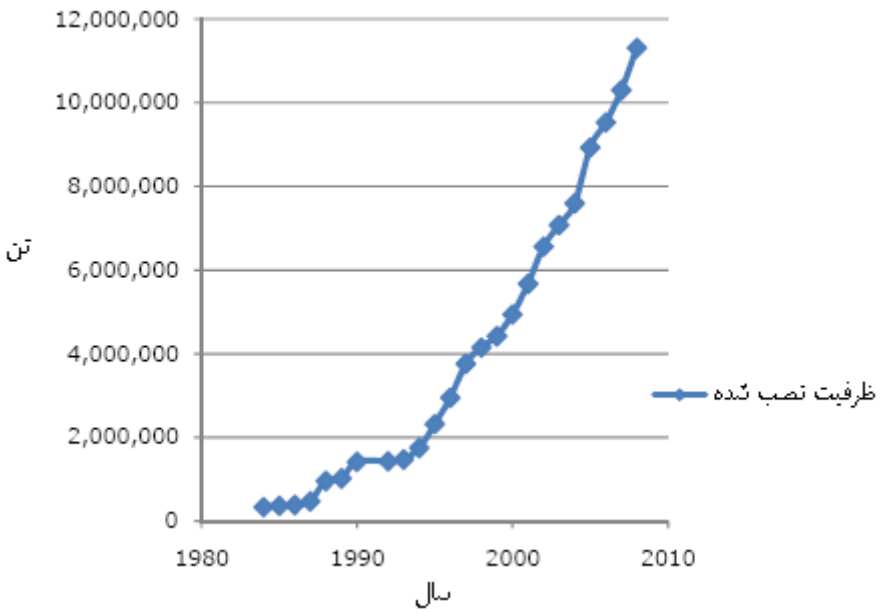
شکل ۲-۴۶ پروژه‌های در درست اقدام برای فناوری‌های مختلف زیست‌توده به تفکیک محصول فناوری

در ادامه وضعیت بازار فعلی هاضم‌ها در نقاط مختلف دنیا به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است.

۲-۳-۶-۱- وضعیت کلی ظرفیت نصب شده فناوری هاضم

در طول قرن‌ها، هضم بیهوازی در قسمت‌های مختلف دنیا در چند راه به کار می‌رود. در هند و چین، هضم بیهوازی به طور گسترده برای استحصال انرژی از ضایعات مانند فضولات دامی استفاده می‌شود. بسیاری از این تجهیزات در مقیاس مزرعه یا روستا هستند و بیوگاز برای حرارت، پخت و پز و روشنایی استفاده می‌شود. در شمال آمریکا، هضم بیهوازی هم در مزرعه‌های بزرگ برای فرآوری فضولات دامی و هم در واحدهای تصفیه پساب به کار می‌رود. کشورهای اروپایی با ایجاد واحدهای تجاری برای فرآوری بخش آلی زباله جامد شهری، در کاربرد این فناوری فراتر رفته‌اند. کاربرد اخیر هضم بیهوازی به عنوان راه‌حل پایدار فرآوری بخش آلی زباله جامد شهری در سراسر جهان شناخته شده است و تعداد این نوع واحدها به طور چشمگیری در دهه گذشته افزایش یافته است [۴۹].

اگر چه فناوری‌های فرآوری زیست توده مانند گازی‌سازی، آتشکافت، پلاسما، خشک کردن بیولوژیک و غیره به طور مداوم پیشرفت داشته‌اند، کاربرد و اجرای آن‌ها تا کنون به گستردگی هضم بیهوازی نبوده است. طبق آمار سال ۲۰۰۸ آژانس بین-المللی انرژی، نزدیک به ۲۴۰ واحد هضم بیهوازی در سراسر جهان وجود دارد که از ظرفیت بیش از ۲۵۰۰ تن در سال زباله-های آلی بهره‌برداری می‌کنند. مجموع ظرفیت نصب شده این واحدها بیش از ۱۱ میلیون تن در سال می‌باشد. این واحدها نه تنها بخش آلی زباله جامد شهری بلکه ضایعات آلی صنایع غذایی و فضولات دامی را نیز فرآوری می‌کنند. همان طور که در شکل (۲-۴۷) نشان داده شده است، ظرفیت نصب شده واحدهای هضم بیهوازی از سال ۱۹۹۵ به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. ظرفیت کل هضم بیهوازی، از حدود ۲ میلیون تن در سال ۱۹۹۵ به بیش از ۱۱ میلیون در سال ۲۰۰۸، افزایش پنج برابر در سراسر جهان داشته است [۴۹].

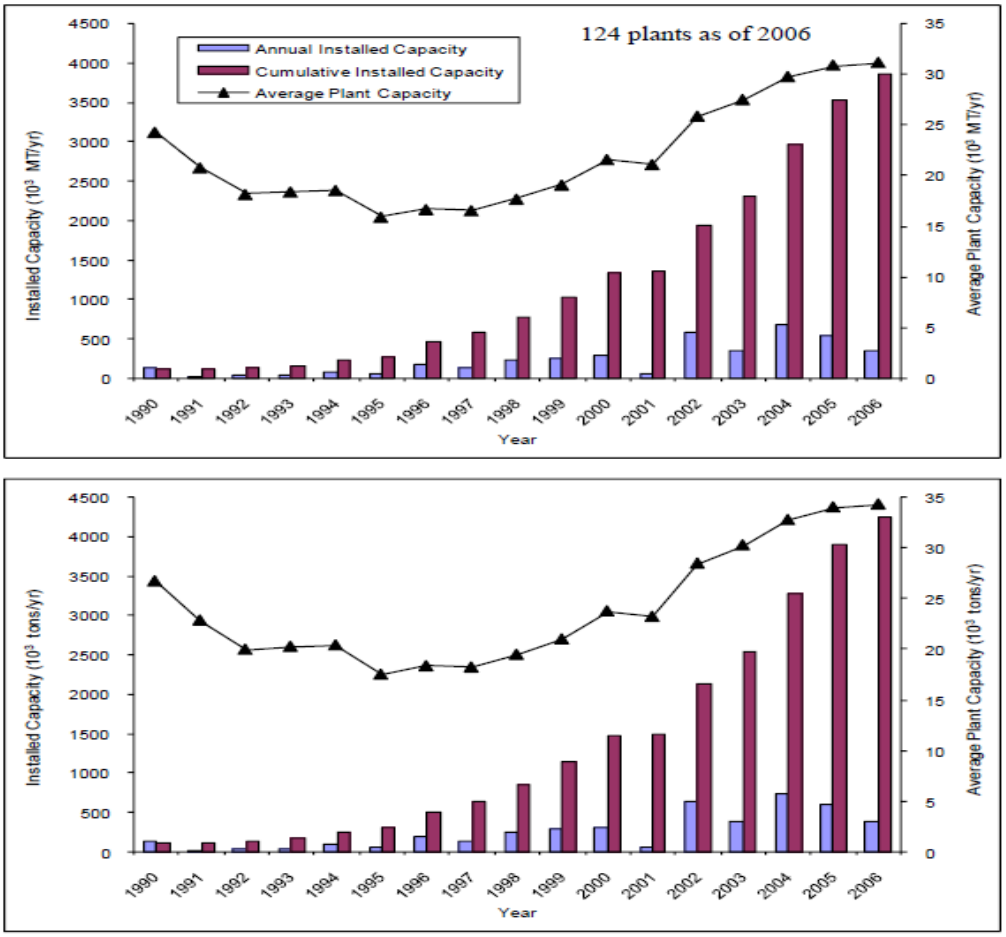


شکل ۲-۴۷ ظرفیت نصب شده هضم بیهوازی در دنیا

۲-۳-۶-۲- اروپا

هضم بی‌هوازی و کمپوست سازی هوازی مربوط به پسماندهای خانگی (آشپزخانه)، پسماند صنایع غذایی و جنگلی، به خوبی در اروپا گسترش یافته است. این عمل تا حد زیادی به خاطر وجود سیاست‌های مربوط به پسماند و انرژی در اروپا (به عنوان مثال

نقشه راه دفنگاه) می‌باشد. تا پایان سال ۲۰۰۶، چیزی حدود ۱۲۴ هاضم بی‌هوازی نیروگاه‌هایی با ظرفیت بیش از ۳۳۰۰ تن در سال عمل‌آوری مواد اولیه وجود داشت که حداقل دارای ۱۰٪ ضایعات جامد شهری بودند. ظرفیت ترکیبی حدود ۴/۳ میلیون تن در سال بود [۵۰]. این مقدار حدود دو برابر تعداد نیروگاه‌ها و چهار برابر ظرفیت موجود در سال ۲۰۰۰ بود [۵۰–۵۱]. اخیراً تمایل زیادی نسبت به استفاده از هاضم‌های بزرگتر وجود داشته است (در شکل (۲–۴۸) به ظرفیت میانگین توجه گردد). میانگین اندازه و بزرگی هاضم‌ها بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۱۹۹۵ به این خاطر کاهش یافت که محققان در پی افزایش مقیاس واحدهایی که قبلاً در مقیاس آزمایشگاهی و پایلوت طراحی شده بود با مشکلاتی مواجه شدند. با پیشرفت فناوری و کسب تجربه در زمینه مدیریت سیستم‌های بزرگتر، میانگین اندازه هاضم‌ها از سال ۱۹۹۵ تا سال ۲۰۰۴ افزایش یافت. میانگین اندازه ۵۲ هاضم ساخته شده در بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵، ۴۳۰۰۰ تن در سال بود [۵۰].



شکل ۲–۴۸ ظرفیت هاضم بی‌هوازی ضایعات جامد در اروپا

شکل‌ها بر اساس واحدهای SI (قسمت بالا) و انگلیسی (قسمت پایین) ترسیم شده اند. ظرفیت نصب سالانه برای سال ۱۹۹۰، تمامی سال‌های قبل از سال ۱۹۹۰ را شامل می شود؛ مابقی موارد نصب مربوط به ظرفیت‌های همان سال می‌باشد. میانگین ظرفیت واحد هاضم مبین تعداد واحد در حال فعالیت می‌باشد.

علی‌رغم استفاده مستمر از هضم بی هوازی، حدود ۳٪ پسماند جامد زیست‌تخریب‌پذیر در اروپا به صورت بی‌هوازی عمل‌آوری می‌شود. کمپوست هوازی ابزار اولیه فرآوری بیولوژیکی OFMSW در اروپا تلقی می‌شود (فرآوری حدود ۷٪ از ضایعات آلی خانگی) [۵۰–۵۱].

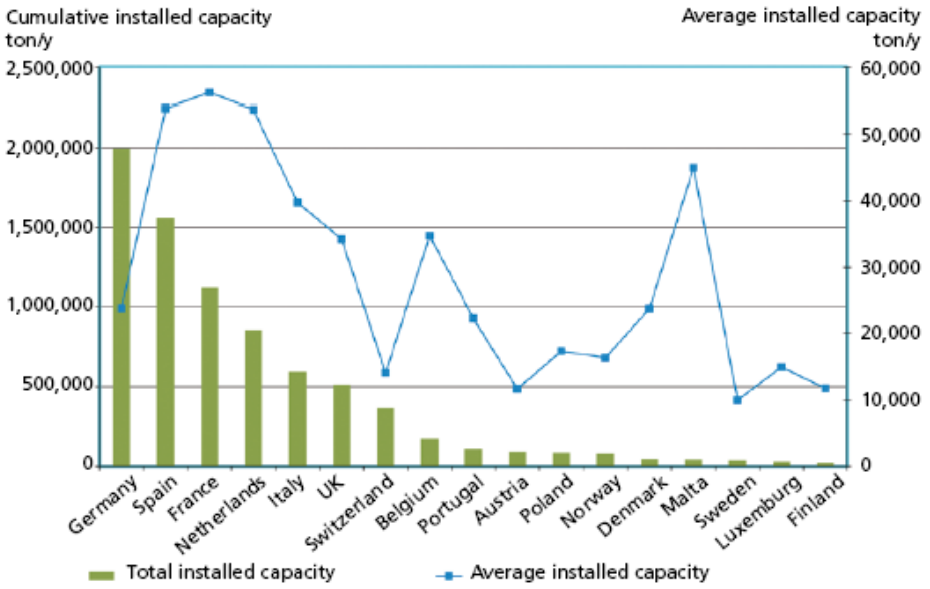
همان طور که اشاره شد اروپا در تعداد واحدهای هضم بی‌هوازی و مجموع ظرفیت نصب شده در جهان پیشرو است. بسیاری از واحدهای هضم بی‌هوازی در اروپا به علت رهنمود دفن زباله اتحادیه اروپا 1999-1931/EC، که کشورهای عضو را ملزم به کاهش میزان مواد آلی موجود در دفنگاه‌های زباله تا سال ۲۰۱۶ به میزان ۶۵٪ نسبت به سال ۱۹۹۵ نموده، ساخته شده است. در اروپا ۲۴۴ واحد هضم بی‌هوازی که با بخش آلی زباله شهری به عنوان سهم عمده مواد اولیه کار می‌کند، ساخته شده است یا جواز و قرارداد ساخت گرفته است (تا سال ۲۰۱۴). ظرفیت تجمعی تمام این واحدهای هضم بی‌هوازی به مقدار ۷٫۷۵۰٫۰۰۰ تن در سال ماده آلی می‌باشد. اگر فرض شود ۳۰۰ کیلوگرم زباله زیست‌تخریب‌پذیر به ازای هر فرد در سال تولید می‌شود، این ظرفیت حدود ۵٪ زباله زیست‌تخریب‌پذیر تولید شده در سراسر اروپا (به استثنای اتحاد جماهیر شوروی سابق) توسط ۵۵۰ میلیون نفر جمعیت را نشان می‌دهد. با این حال، باید توجه داشت که احتمالاً ۱۰ تا ۱۵ درصد این واحدها دیگر در حال بهره‌برداری نیستند که می‌تواند تا حدی توسط ظرفیت بسیار کمی که در سال ۲۰۱۴ ساخته می‌شود جبران شود، زیرا بدون شک پروژه‌هایی وجود دارد که هنوز ارزیابی نشده است [۴۹ و ۵۲]. تعداد و ظرفیت کل واحدهای هضم بی‌هوازی در اروپا و آمریکا که بخش آلی زباله شهری را فرآوری می‌کنند در جدول (۲–۱۲) نشان داده شده است.

جدول ۲–۱۲ فهرست کشورهای اروپایی با واحدهای هضم بیهوازی MSW در سال ۲۰۰۶ [۵۲]

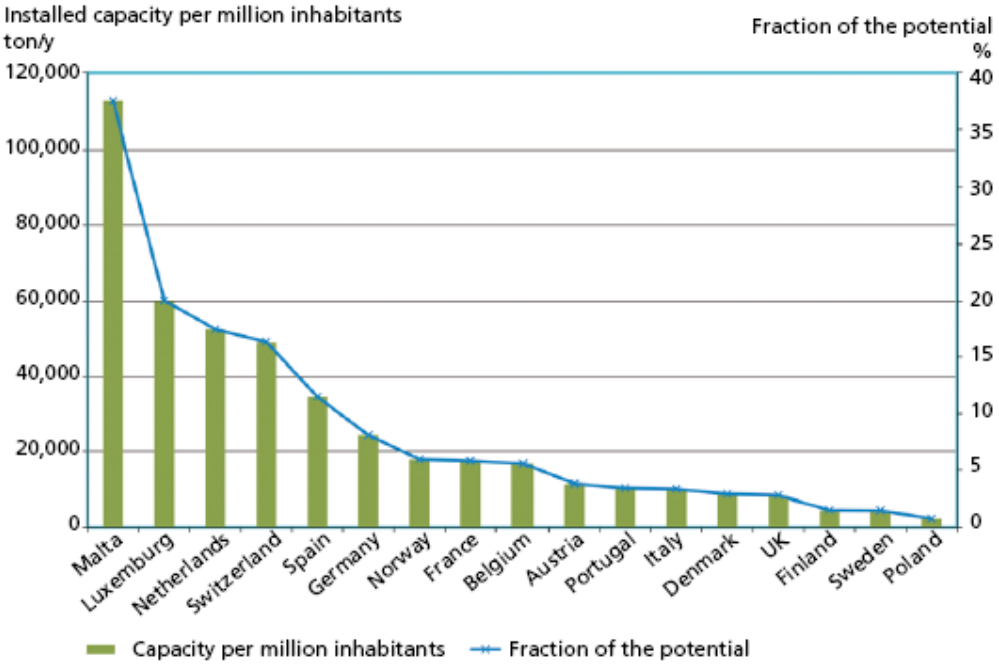
کشور	تعداد واحد	ظرفیت کل کشور (10^3 t/y)
آلمان	۵۵	۱۲۵۰
اسپانیا	۲۳	۱۸۰۰
سوئیس	۱۳	۱۳۰
فرانسه	۶	۴۰۰

کشور	تعداد واحد	ظرفیت کل کشور (10^3 t/y)
هلند	۵	۳۰۰
بلژیک	۵	۲۰۰
ایتالیا	۵	۱۶۰
مجارستان	۴	۷۰
سوئد	۳	۳۵
پرتغال	۳	۱۰۰
امریکا	۲	۱۰۰
دانمارک	۲	۴۰
لهستان	۱	۲۰
مجموع	**۱۲۷**	**۴۶۰۵**

کشورهای آلمان و اسپانیا به ترتیب با حدود ۲ و ۱/۶ میلیون تن ظرفیت سالانه، بزرگترین ظرفیت نصب شده را دارند (شکل ۲-۴۹)). اگر بر اساس تعداد ساکنان بررسی شود، کشورهایی مانند هلند و سوئیس، به ترتیب با ۵۲۴۰۰ تن در میلیون نفر و ۴۹۰۰۰ تن در میلیون نفر، بالاترین ظرفیت سالانه نصب را دارند (شکل ۲-۵۰). هلند به منظور ترویج هضم بی‌هوازی مواد آلی مشتق شده از زباله در طول سه سال گذشته، یک ابتکار استراتژیک انجام داده است. این کشور دارای زیرساخت‌های بسیار خوب توسعه یافته برای گاز طبیعی می‌باشد. اما از آنجا که چاه‌های گاز دریای شمال در حال خشک شدن هستند، دولت قصد تولید مقدار زیادی بیومتان که بتواند در سراسر کشور توزیع شود دارد. هلند قصد دارد ۱۵ تا ۲۰ درصد گاز طبیعی را تا سال ۲۰۳۰ با گاز سبز جایگزین نماید [۵۲].



شکل ۲-۴۹ ظرفیت کل نصب شده در هر کشور اروپایی



شکل ۲-۵۰ ظرفیت نصب شده به ازای هر میلیون نفر جمعیت در هر کشور

یکی از تفاوت‌های بزرگ بین دو کشور اختلاف بسیار زیاد اندازه واحدهای هضم بیهوازی آن‌ها می‌باشد. اندازه متوسط یک هاضم بیهوازی در اروپا ۳۱۷۰۰ تن در سال است، اما تنوع زیادی از نظر اندازه وجود دارد. هلند واحدهای بزرگ (ظرفیت متوسط ۵۴۰٫۰۰۰ تن) دارد، در حالی که سوئیس واحدهای کوچک بسیاری (ظرفیت متوسط ۱۴۰۰۰ تن) نصب کرده است. این موضوع نشان‌دهنده جمعیت متراکم در هلند است و منجر به هزینه‌های پایین‌تر می‌شود، در حالی که در سوئیس پراکندگی به علت عوارض جغرافیایی در حمل و نقل زباله از یک منطقه به منطقه دیگر می‌باشد. بزرگترین واحد در فرانسه (اندازه متوسط ۵۶۱۳۰ تن در سال) و کوچکترین واحد در سوئد (اندازه متوسط ۱۰۰۰۰ تن در سال) وجود دارد.

ارقام ذکر شده در بالا نشان می‌دهد که پارامترهای جغرافیایی و سیاست‌های کشور، بر نوع واحد هضم بی‌هوازی که در آن کشور اجرا خواهد شد، تأثیر بسزایی دارد. فرانسه به سمت جداسازی منبع نمی‌رود و تمایل دارد همه چیز را در شهرستان‌ها یا شهرهای بزرگ متمرکز کند (که منجر به واحدهای فرآوری بزرگ می‌شود)، در حالی که سوئد بر هضم ضایعات زیستی محلی (کوچک مقیاس) تمرکز دارد. از منظر اقتصادی، واحدهای هضم بی‌هوازی باید حداقل ظرفیت ۳۰۰۰۰ تن در سال، و ترجیحاً ۴۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ تن در سال داشته باشند، مگر این که محدودیت‌ها یا جنبه‌های مالی دیگری اعمال شود [۵۲].

۲-۳-۶-۳- کانادا

اخیراً تمایل وافری با استفاده از عمل‌آوری بیولوژیکی پسماند جامد شهری در کانادا به خاطر وجود برنامه های جدید مدیریت پسماند در مونترال و تورنتو وجود داشته است [۵۳-۵۷]. مونترال برنامه‌ای را برای بازیافت ۶۰٪ از ۶۰۴ میلیون تن در سال پسماند جامد شهری تدوین کرده است. این مقدار معادل کمپوست ۱۸۴۰۰۰ تن در سال OFMSW و ۲۹۷۰۰۰ تن در سال پسماند فضای سبز[1] می باشد. در نتیجه، بررسی نشان می‌دهد که چندین هاضم جدید در ۱۰ سال اخیر ایجاد شده است.

در نزدیکی تورنتو، اونتاریو، مدل تازه‌ای از هاضم دو مرحله‌ای موسوم به فرآیند SUBBOR، با ظرفیت ۲۷۵۰۰ تن در سال برای تولید یک کود با کیفیت در سال ۲۰۰۰ طراحی و ساخته شد [۵۳].

دو واحد هاضم مبتنی بر مدل BTA شامل یک واحد ۲۷۵۰۰ تن در سال در تورنتو و یک واحد ۱۶۵۰۰۰ تن در سال در اونتاریو در کانادا در سال ۲۰۰۴ مورد استفاده قرا گرفتند [۵۸]. در همان سال دو مدل بزرگتر توسط شرکت بازیافت Halton معرفی شده و عملیات کمپوست همزمان انجام شد و توان عملیاتی به ۳۳۰۰۰ تا ۴۴۰۰۰ تن در سال کاهش پیدا کرد [۵۹-۶۰].

[1] Yard Waste

شرکت مدیریت زیست‌محیطی Wright در انتاریو از سیستم‌های تولید کومپوست مخزنی[1] به ظرفیت بیش از ۷۷۰۰۰ تن در سال استفاده می‌نماید.

۲-۳-۶-۴- استرالیا

در ارتباط با کشور استرالیا، طراحان و توسعه‌دهندگان در دو ایالت New South Wales و سیدنی، سیاست‌های کاهش دفن زباله را در سال ۲۰۰۰ پیش گرفتند و بدین منظور از سیستم‌های "هضم بی‌هوازی شرکت ISKA" با ظرفیت ۱۸۷۰۰۰ تن در سال و قابلیت تولید توان الکتریکی ۲/۲ مگاوات استفاده نمودند [۵۸ و ۶۱]. بر اساس اطلاعات موجود در وب سایت این شرکت، این کارخانه فعالیت خود را در سال ۲۰۰۴ آغاز نموده و فعالیت‌های خود را در سال ۲۰۰۶ برای رسیدن به ظرفیت ۲۴۸۰۰۰ تن در سال زباله جداسازی نشده گسترش داده است. بر اساس مندرجات پایگاه اینترنتی شرکت BTA-Technologies، یک دستگاه با قابلیت هضم تر و ظرفیت ۳۸۵۰۰ تن در سال دارای فناوری BTA، فرآوری مربوط به زباله‌های تجاری و پساب را در سیدنی در سال ۲۰۰۳ آغاز نموده است. شرکت ArowBio نیز اخیراً هاضم تر دو مرحله ای ۹۹۰۰۰ تن در سال را در سیدنی به عنوان بخشی از "پروژه تجهیز دوباره منابع جنوب غرب سیدنی" طراحی نموده است.

۲-۳-۶-۵- ژاپن

کمپانی CiTec طراحی و ساخت چهار سیستم هاضم بی‌هوازی Wassa را در توکیو، ایکوما، شیمویا و ژوئتسو انجام داده است که در مجموع ۲۲۰۰۰ تن در سال OFMSW و لجن فاضلاب[2] را عمل‌آوری می کنند [۵۸]. کمپانی Kompogas نیز یک واحد ۲۲۰۰۰ تن را در سال ۲۰۰۴ در توکیو به مرحله ساخت رسانده است.

۲-۳-۶-۶- دیگر کشور ها

Valgora یک واحد ۹۹۰۰۰ تن در سال را در تاهیتی نصب نموده و در کنار آن، مونتاژ و نصب دستگاه ۶۰۵۰۰ تن در سال را در هند در اولویت کار خود قرار داده که تأییدیه این پروژه اعلام نشده است [۵۸].

[1] built in-vessel tunnel
[2] Wastewater Sludge

یک واحد اقتصادی زیست‌محیطی در اسرائیل با عنوان Arrow Ecology، یک فرایند نوین پسماند جامد شهری را به همراه یک سیستم هاضم با نام ArrowBio به ثبت رساند که ایالت‌های Santa Barbara و Coachella در کالیفرنیا آن را در اوایل دهه ۱۹۹۰ مورد بهره‌برداری قرار دادند. کمپانی Arrow Ecology نسخه ۸۸۰۰۰ تن در سال این دستگاه را در تلاویو در سال ۲۰۰۲ طراحی نمود که حدود ۳-۲ مگاوات توان الکتریکی تولید می‌کند [۵۸]. سیستم‌های ArrowBio به گونه‌ای طراحی شده‌اند که در استرالیا، مکزیک و اسکاتلند مورد استفاده قرار بگیرند. کمپانی Kompogas در سال ۲۰۰۵ دستگاه ۲۲۰۰۰ تن در سال را در Martinique طراحی نمود.

برنامه کمپانی EcoTec در فنلاند، طراحی دستگاه ۵۵۰۰۰ تن در سال در هند مبتنی بر سیستم WABIO بوده و کمپانی Entec Biogas GmbH استرالیا اعلام کرد که آنها به دنبال ساخت یک دستگاه هاضم BIMA با ظرفیت ۵ مگاوات توان الکتریکی برای عمل‌آوری پسماند جامد شهری از Lucknow هند می‌باشند.

گسترش روزافزون تعداد هاضم بی‌هوازی ضایعات جامد شهری و ایفای نقش آن در آینده برای توسعه کشورها دور از انتظار نیست.

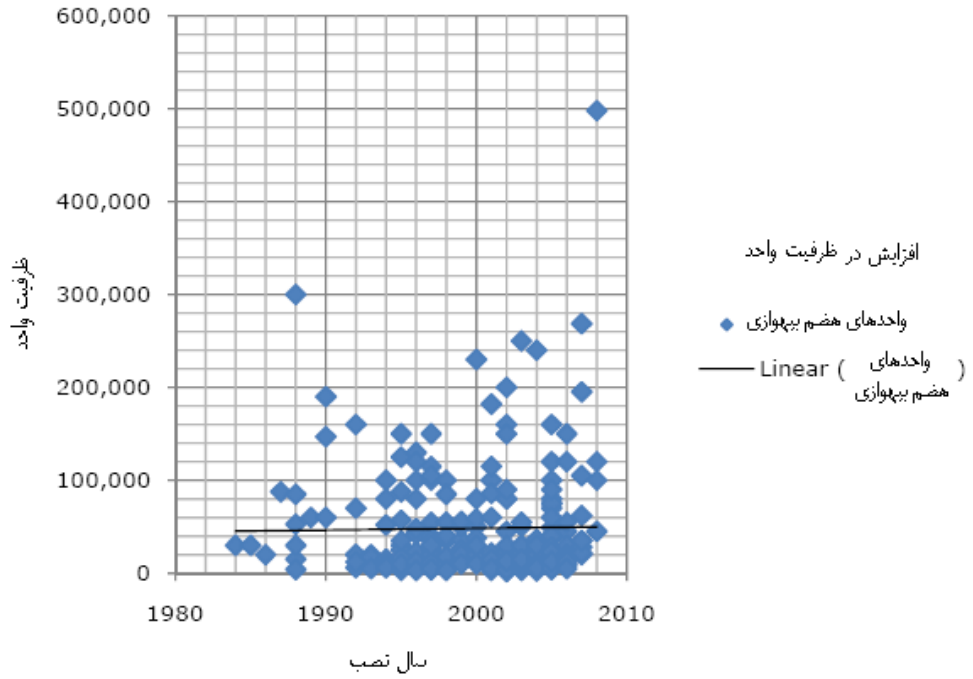
۲-۳-۷- روند توسعه فناوری هاضم

اولین واحدهای هضم بی‌هوازی برای فرآوری زباله‌های جامد شهری مخلوط ساخته شدند، زیرا در آن زمان هیچ مجموعه‌ای برای جداسازی منبع وجود نداشت. افزایش سریع مجموعه جداسازی منبع در دهه ۹۰ باعث اجرای تعداد زیادی واحدهای هضم بی‌هوازی شد. اگر چه این فناوری هنوز در مراحل ابتدایی خود بود. در این زمان برای اولین بار تعداد واحدهای کمپوست پس از سال‌ها کاهش، دوباره به طور چشمگیری افزایش یافت و تعدادی از این واحدها برای هضم بی‌هوازی انتخاب شدند. این واقعیت که ماده اولیه مشتق شده از مجموعه جداسازی منبع بسیار تمیزتر بود، موجب توسعه و متداول شدن استفاده از فناوری-های هضم گردید [۵۲].

ساخت و ساز ظرفیت هاضم بی‌هوازی مداوم بوده است. نمی‌توان گفت که هضم بی‌هوازی از تهیه کمپوست به روش هوازی ارزان‌تر است، حتی اگر به لحاظ تهیه کمپوست مقایسه شوند. با این حال، هضم بی‌هوازی فرصتی برای تولید انرژی تجدیدپذیر،

کاهش سطح محل و کاهش قابل توجه بوی آزاردهنده واحدها ارائه می نماید. در مجموع، یک واحد تهیه کمپوست با روش هضم بی‌هوازی کیفیت فرآوری بالاتری ارائه می‌دهد، اما با یک هزینه اضافی، به جز موارد خاص [۵۲].

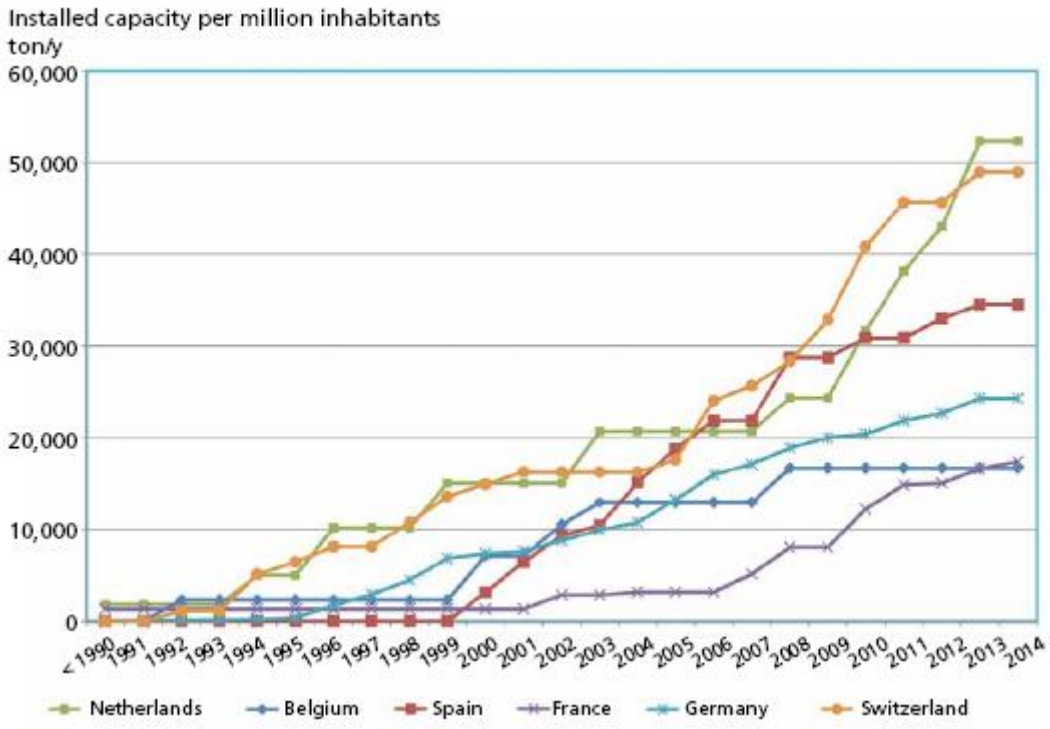
همان طور که در شکل (۲-۵۱) نشان داده شده است، اندازه واحدهای هضم بی‌هوازی نیز در طول سال‌ها افزایش یافته است. در سال ۱۹۸۵ بزرگترین واحد [t/y] ۲۵۰۰۰ ظرفیت داشت، حال آن که یکی از بزرگترین نیروگاه های ساخته‌شده در سال ۲۰۰۸، [t/y] ۵۰۰٫۰۰۰ ظرفیت دارد. با توجه به شرایط عملیاتی، توسعه فناوری‌های هضم بی‌هوازی با گذشت زمان از مواد مرطوب به مواد خشک و از مزوفیل به ترموفیل تکامل یافته است. تا سال ۱۹۹۵، فرآیندهای با مواد خشک ۹٪ تعداد واحدها و ۲۰٪ ظرفیت در حال بهره‌برداری را به خود اختصاص داد بود. از سال ۱۹۹۵، ۳۰٪ ظرفیت در حال بهره‌برداری از واحدهای با مواد خشک ساخته شده است. فرآیند مواد خشک معمولاً ترموفیل می‌باشد. این فرایند موجب زمان ماند کوتاه‌تر و هزینه راکتور کمتر، عملکرد بیوگاز بالاتر و هزینه‌های بهره‌برداری بالاتر است [۴۹].



شکل ۲-۵۱ روند واحدهای هاضم بی‌هوازی نصب شده در هر سال، از ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۸ [۲۰]

در شکل (۲-۵۲) یک مرور کلی از افزایش ظرفیت در مهم‌ترین کشورها را (کشورهای با بالاترین ظرفیت نصب‌شده به ازای هر میلیون نفر جمعیت) می‌توان مشاهده نمود. کشورهایی مانند سوئیس، هلند و آلمان پیشگام هستند، در حالی که فرانسه و اسپانیا

اجرای هضم بی‌هوازی برای فرآوری زباله جامد شهری را مدت‌ها بعد از کشورهای پیشگام آغاز نموده‌اند. هم سطح شدن نمودار در سال ۲۰۱۴، به این علت است که در حال حاضر مشخص شده تعداد محدودی واحد برای راه‌اندازی در آن سال قرارداد می-بندند [۵۲].



شکل ۲-۵۲ افزایش ظرفیت نصب هاضم بی‌هوازی به ازای هر میلیون نفر جمعیت در هر کشور

در این قسمت یک تحلیل کمی روی ظرفیت نصب شده سالانه هاضم بی‌هوازی انجام گرفته است. از آن جا که واحدهای هضم بی‌هوازی می‌توانند به زیردسته‌های مختلف تقسیم شوند، تحلیل کامل‌تر روی ظرفیت نصب شده صورت گرفت. مهمترین پارامترهای فرآیند که می‌تواند برای تمایز بین واحدهای مختلف هضم بی‌هوازی مورد استفاده قرار گیرد عبارتند از: درجه حرارت عملکرد، میزان رطوبت، پیچیدگی، مواد اولیه و هضم مخلوط[1]. روند توسعه فناوری هضم بی‌هوازی بر اساس پارامترهای فرآیند در جدول (۲-۱۳) ارائه شده است [۵۲].

[1] Co-digestion

جدول ۲-۱۳ در صد نصب‌شده تجمعی در سال ۲۰۱۴

پارامتر	درجه حرارت		هضم مخلوط		پیچیدگی		میزان رطوبت		مواد اولیه	
	میان دوست	گرمادوست	بخش آلی زباله جامد	هضم مخلوط	تک مرحله‌ای	دو مرحله‌ای	مرطوب	خشک	ضایعات زیستی	ضایعات مخلوط
درصد نصب‌شده تجمعی	٪۶۷	٪۳۳	٪۸۹	٪۱۱	٪۹۳	٪۷	٪۳۸	٪۶۲	٪۵۵	٪۴۵

۲-۳-۷-۱- فرآیند میان دوست و گرمادوست

هضم میان دوست عمدتاً به دلیل این که دمای انتخابی برای بسیاری از واحدها در زمینه پساب، فضولات دامی و لجن فاضلاب کمتر می‌باشد همواره غالب بوده است. دلیل دیگر، نیاز حرارتی کمتر و ثبات بیشتر فرآیند است. با این حال، هضم گرمادوست همواره نقش مهمی در هضم بخش آلی زباله جامد ایفا کرده است. به جز دوره سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۰۵ که واحدهای میان دوست مرطوب بسیاری نصب شد، هضم گرمادوست همواره سهم بازار حدود ۳۰ تا ۴۰ درصدی داشته است که این سهم در دوره ۲۰۱۴-۲۰۱۰ کمی بالاتر بوده است. نیاز به حرارت در سیستم هضم خشک نقش کمی ایفا می‌کند، حال آن که نرخ تولید بیوگاز در هضم گرمادوست در مقایسه با مزوفیل در صورت استفاده از فناوری یکسان می‌تواند ۳۰ تا ۵۰٪ بالاتر باشد. عملکرد پایدار هضم گرمادوست بزرگ مقیاس، در طول سال‌های طولانی که این فناوری در حال بهره‌برداری است، توسط فناوری‌های متعددی به اثبات رسیده است.

۲-۳-۷-۲- هضم مخلوط و اختصاصی

در هضم خانگی زباله، واحدهای هضم مخلوط به استثنای ۱۵ سال گذشته، بیشتر استفاده شده است. این امر به دلیل این واقعیت است که واحدهای هضم بی‌هوازی فرآوری زباله جامد شهری معمولاً اختصاصی هستند. با این حال، افزایش کم تعداد واحدهای هضم مخلوط (تا ۱۳٪ ظرفیت نصب شده در دو سال اخیر) مشاهده می‌شود.

۲-۳-۷-۳- هاضم تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای

تعداد واحدهایی که از هضم دو مرحله‌ای برای فرآوری زباله جامد شهری استفاده می‌کنند، از ابتدای دهه نود رو به کاهش است. سیستم‌های تک مرحله‌ای با نرخ بالا بسیاری نصب شده‌اند و کارآمدی آن‌ها اثبات شده است. همچنین با توجه به هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری بالاتر فرایند دو مرحله‌ای، تغییر ناگهانی در روند این پارامتر انتظار نمی‌رود.

۲-۳-۷-۴- میزان رطوبت (هضم خشک و تر)

در ابتدای دهه ۹۰ بیشتر هاضم‌ها (حدود ۷۰٪ ظرفیت نصب شده) با هضم خشک بوده‌اند. هضم خشک تقریباً همیشه غالب بوده است، به استثنای دوره ۲۰۰۷-۲۰۰۵ که سیستم‌های هضم مرطوب بزرگ در اسپانیا احداث شد. در طول ۵ سال گذشته، هضم خشک حدود ۷۰٪ ظرفیت نصب شده را داشته است که منجر به سهم بازار تجمعی حدود ۶۲٪ شده است.

۲-۳-۷-۵- خوراک اولیه هاضم

پارامتر مواد اولیه در طول دوره مورد بررسی (۲۰۱۴-۱۹۹۰) بیشترین تنوع را نشان می‌دهد. در ابتدا، به دلیل دشواری تفکیک منبع، تمام چند هاضم نصب شده، ضایعات مخلوط را فرآوری می‌کردند. با اجرای تفکیک منبع در دهه ۹۰، تعداد واحدهای هضم بی‌هوازی ضایعات زیستی به سرعت افزایش یافت. در دوره سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۰ که تفکیک منبع متداول نبود واحدهای بسیاری در کشورها نصب شد، که منجر به افزایش شدید میزان واحدهای هضم ضایعات مخلوط گردید. با این حال، در دوره گذشته (۲۰۱۴-۲۰۰۶)، از آنجا که تفکیک منبع در کشورها بیشتر و بیشتر اجرا شده است، روند صعودی واحدهای فرآوری ضایعات زیستی مشاهده می‌شود. تا سال ۲۰۱۴ حدود ۵۵٪ ظرفیت نصب شده برای فرآوری ضایعات زیستی هدف-گذاری شد.

۲-۳-۸- بررسی اقتصادی فرآیند هضم بی‌هوازی

هزینه‌های نصب و راه‌اندازی فناوری‌های تولید برق از زیست توده به طور معناداری به نوع تکنولوژی و کشور بستگی دارد. سیستم‌های تولید برق از هاضم بی‌هوازی هزینه سرمایه‌گذاری بین (US$/kW) ۶۱۰۰-۲۵۷۰ دارد. در جدول (۲-۱۴) به طور

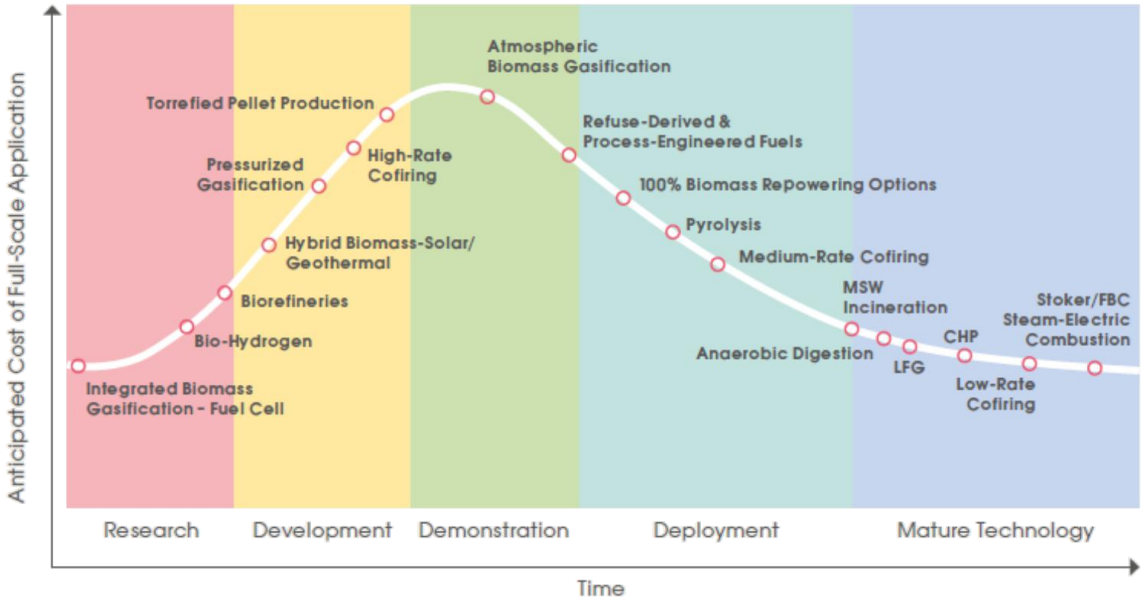
خلاصه هزینه‌های سرمایه‌گذاری فناوری‌های مختلف زیست توده مقایسه شده‌اند. هزینه نیروگاه‌های CHP به طـور معنـاداری بالاتر از سیستم‌های تولید برق می‌باشد.

جدول ۲-۱۴ : هزینه‌های سرمایه‌گذاری و LCOE فناوری‌های مختلف تولید برق از زیست‌توده

فناوری	هزینه‌های سرمایه‌گذاری (USD/kW)	گستره تغییرات LCOE (USD/kWh)
بویلر سوخت‌رسانی	۱۸۸۰-۴۲۶۰	۰,۰۶ -۰,۲۱
بویلرهای حبابی و چرخان	۲۱۷۰-۴۵۰۰	۰,۰۷-۰,۲۱
گازی‌ساز بستر ثابت و بستر سیال	۲۱۴۰-۵۷۰۰	۰,۰۷-۰,۲۴
سیستم‌های سوخت‌رسانی CHP	۳۵۵۰-۶۸۲۰	۰,۰۷-۰,۲۹
گازی‌ساز CHP	۵۵۷۰-۶۵۴۵	۰,۱۱-۰,۲۸
گاز دفنگاه	۱۹۱۷-۲۴۳۶	۰,۰۹-۰,۱۲
هاضم	۲۵۷۴-۶۱۰۴	۰,۰۶-۰,۱۵
باهم‌سوزی	۱۴۰-۸۵۰	۰,۰۴-۰,۱۳

۲-۳-۹- چرخه عمر فناوری

تولید برق از زیست توده با استفاده از طیف وسیعی از خوراک اولیه و فناوری‌ها قابل دستیابی است. همان طور که در شکل (۲-۵۳) مشاهده می‌شود فناوری هضم بی‌هوازی در فاز فناوری بالغ قرار دارد.



شکل ۲-۵۳ وضعیت بلوغ فناوری‌های مختلف تولید برق از زیست‌توده [۶۲]

در فرایند هضم بی‌هوازی، خوراک اولیه با محتوای رطوبتی بالا به بیوگاز تبدیل می‌شود. هضم بی‌هوازی فرآیندی است که به طور طبیعی اتفاق می‌افتد و می‌توان با کنترل آن، به طور موثری از مواد آلی شامل گیاهان انرژی‌زا (هر چند که بسته به نوع گیاه استفاده از این مواد اولیه در مرحله R&D قرار دارد)، پسماندها و ضایعات بسیاری از فرآیندهای صنعتی و کشاورزی و همچنین ضایعات شهری برای تولید بیوگاز استفاده نمود (جدول (۲-۱۵)). هضم بی‌هوازی معمولاً به شکل یک فرآیند پیوسته انجام می‌شود و بنابراین، نیاز به تأمین پایدار خوراک اولیه دارد. خوراک اولیه به شدت نیاز به بررسی و معمولاً نیاز به پیش‌تیمارهایی برای بیشینه‌کردن تولید متان طی انجام فرآیند دارد. هضم هم‌زمان خوراک اولیه‌های متفاوت معمولاً برای دستیابی به موازنه مطلوب بین بیوگاز تولیدی و پایداری فرآیند مورد مطالعه و استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۲-۱۵ هاضم بی‌هوازی مناسب ضایعات یا محصولات مختلف

نوع پسماند	پسماند مایع	پسماند (زباله) تر	پسماند نیمه جامد
هاضم مناسب	هاضم لاگون سرپوشیده	هاضم اختلاط کامل	هاضم جریان قالبی
توضیحات	تخلیه پسماند درون آب، تجزیه پسماند درون آب، ایجاد محیط بیهوازی طبیعی	بهترین عملکرد هاضم اختلاط کامل با فضولات دامی مایع یا پسماند نیمه‌مایع	هاضم جریان قالبی از فضولات جامد یا پسماند با درصد مواد جامد بیش از ۱۰٪

نوع پسماند	پسماند مایع	پسماند (زباله) تر	پسماند نیمه جامد
		(مواد جامد پسماند کمتر از ۱۰٪). پسماندها درون مخزن حرارتی قرار گرفته و به صورت دوره‌ای مخلوط می‌شوند. بیوگاز تولید شده تا زمان استفاده یا احتراق در مخزن باقی می‌ماند.	استفاده می‌کند. پسماندها در یک مخزن حرارتی که معمولاً در زیر زمین می‌باشد قرار گرفته است. بیوگاز تولیدشده تا زمان استفاده یا احتراق در مخزن باقی می‌ماند.

Source: Centre for Climate and Energy Solutions, 2012

بیوگاز به آسانی به عنوان سوخت در واحدهای تولید برق یا تولید همزمان برق و حرارت مورد استفاده قرار می‌گیرد و پتانسیل جایگزینی گاز طبیعی را بعد از تصفیه و فرآوری دارد [۶۳]. نیروگاه‌های بزرگ مقیاس که از ضایعات جامد شهری (MSW)، پسماند کشاورزی و همچنین پسماند آلی صنایع استفاده می‌کنند سالانه به ۹۰۰۰-۸۰۰۰ تن MSW دارند. دفنگاه و هضم بی-هوازی دو فناوری شناخته شده در این زمینه هستند، اما این فناوری‌ها می‌توانند با عاملی مثل در دسترس بودن خوراک اولیه محدود شوند. جدول (۲-۱۶) معرفی از مقادیر سه خوراک اولیه متفاوت که برای تولید ۵۰۰ کیلووات انرژی الکتریکی اولیه و خروجی حرارتی و برق آن‌ها لازم است را فراهم می‌کند.

در نیمه اول سال ۲۰۰۱ در اروپا، آلمان با داشتن ۷۰۹۰ هاضم هم به لحاظ تعداد و هم به لحاظ ظرفیت نصب شده کشور پیشرو در زمینه فناوری هضم بی‌هوازی بوده است [۶۴]. مجموع ظرفیت تولید برق این نیروگاه‌ها ۲۳۹۴ مگاوات می‌باشد. در واقع کل این ظرفیت در بخش کشاورزی نصب شده و از علوفه ذرت و سایر محصولات و فضولات دامی استفاده می‌کنند. این سهم مهم به خاطر تعرفه‌های خرید تضمینی برق در آلمان می‌باشد که تولید برق از بیوگاز تولیدی هاضم را حمایت می‌کند.

جدول ۲-۱۶ پارامترهای عملکردی هاضم بی‌هوازی با استفاده از گیاهان انرژی‌زا [۶۵]

	میزان (سالیانه)
ورودی علوفه ذرت[1] (tonnes)	۵۹۴۰
ورودی علوفه چمنی[2] (tonnes)	۲۱۸۱
ورودی علوفه شبدر(گیاهان پهن برگ)[3] (tonnes)	۱۳۷۴
مجموع خوراک اولیه ورودی(tonnes)	۹۴۹۵

[1] Maize sillage
[2] Grass sillage
[3] Clover sillage

	میزان (سالیانه)
تولید بیوگاز (میلیون مترمکعب)	۱,۸۸
برق تولیدی (MWh)	۴۱۵۳
انرژی حرارتی تولیدی (MWh)	۴۲۲۰
برق مصرفی هاضم (MWh)	۱۶۱
انرژی حرارتی مصرفی هاضم (MWh)	۷۰۱
برق تولیدی قابل فروش (MWh)	۳۹۹۲
انرژی حرارتی قابل فروش (MWh)	۱۶۹۷

Source: Murphy et al., 2010.

۲-۳-۱۰- هزینه تمام شده برق تولیدی از فناوری هضم بی‌هوازی

هزینه و راندمان تولید برق از زیست توده به طور معناداری بستگی به فناوری مورد استفاده دارد. هزینه تجهیزات برای یک فناوری خاص به طور جزئی‌تر می‌تواند بستگی به منطقه و همچنین به پتانسیل خوراک اولیه مورد استفاده و این که چه میزان از خوراک اولیه آماده‌سازی شده است داشته باشد. جدول (۲-۱۷) هزینه تجهیزات مورد نیاز برای فناوری‌های مختلف را در چند منبع مختلف مورد بحث قرار داده است [۶۶-۶۹].

جدول ۲-۱۷ تخمین هزینه‌های تجهیزات برای فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده

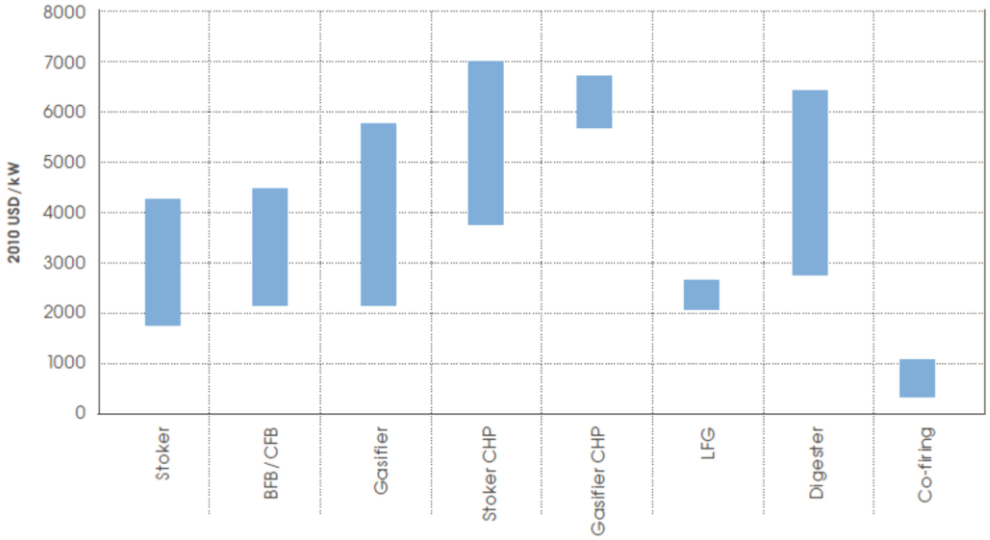
	O'Connor, 2011	Mott MacDonald, 2011	EPA, 2007 and EIA, 2010	Obernberger, 2008
		(2010 USD/kW)		
Stoker boiler	2 600 - 3 000	1980 - 2 590	1390 - 1600	2 080
Stoker CHP	2 500 - 4 000		3 320 - 5 080*	3 019
CFB	2 600 - 3 000	1440	1750 - 1960	
CFB CHP			4 260 - 15 500	
BFB		2 540	3 860	
Co-firing	100 - 600			
100% biomass repowering	900 - 1500			
MSW	5 000 - 6 000			
Fixed bed gasifier ICE		4 150	1730	4 321 - 5 074
Fixed bed gasifier GT	3 000 -3 500			
Fluidised gasifier GT			2 470-4 610	
BIGCC	3 500 - 4 300		2 200-7 894	
Digester ICE	1650 - 1850	2 840 - 3 665		
Digester GT	1850 - 2 300			
Landfill gas ICE	1350 - 1500		1804	

Note:
* = CHP back pressure steam turbine. ICE = internal combustion engine.
GT = gas turbine. MSW = municipal solid waste.

همان طور که از جدول مشخص است هزینه‌های لازم برای تجهیزات یک هاضم متصل به موتور احتراق داخلی ($/kWh) ۱۶۵۰–۳۶۶۵ و برای هاضم متصل به توربین گازی ($/kWh) ۱۸۵۰–۲۳۰۰ برق تولیدی می‌باشد.

۲-۳-۱۰-۱- هزینه‌های سرمایه‌گذاری

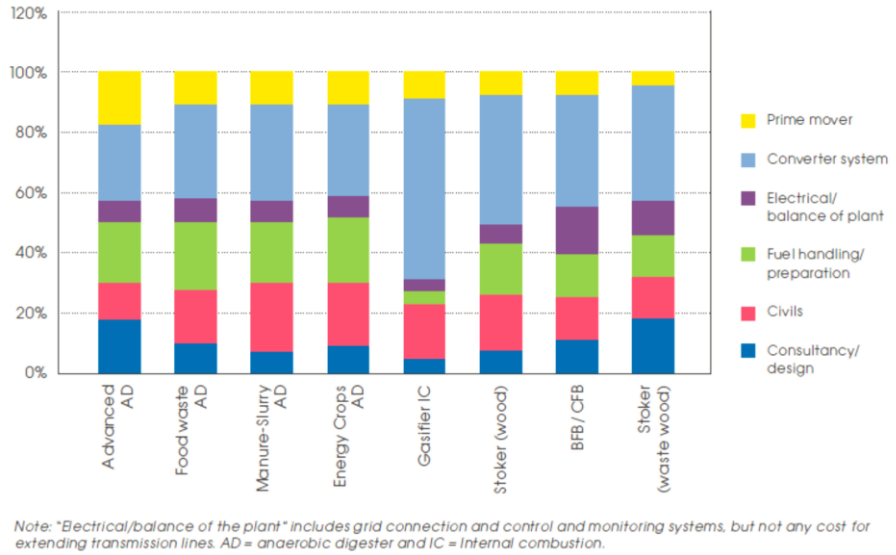
در شکل (۲-۵۴) بازه هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای تولید برق از فناوری‌های مختلف زیست‌توده نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود فناوری هاضم بازه تقریباً وسیعی داشته و این خود می‌تواند به علت وجود راکتورهای مختلف، ظرفیت‌های متفاوت و غیره باشد.



شکل ۲-۵۴ بازه هزینه سرمایه‌گذاری فناوری‌های مختلف تولید برق از زیست‌توده [۶۷]

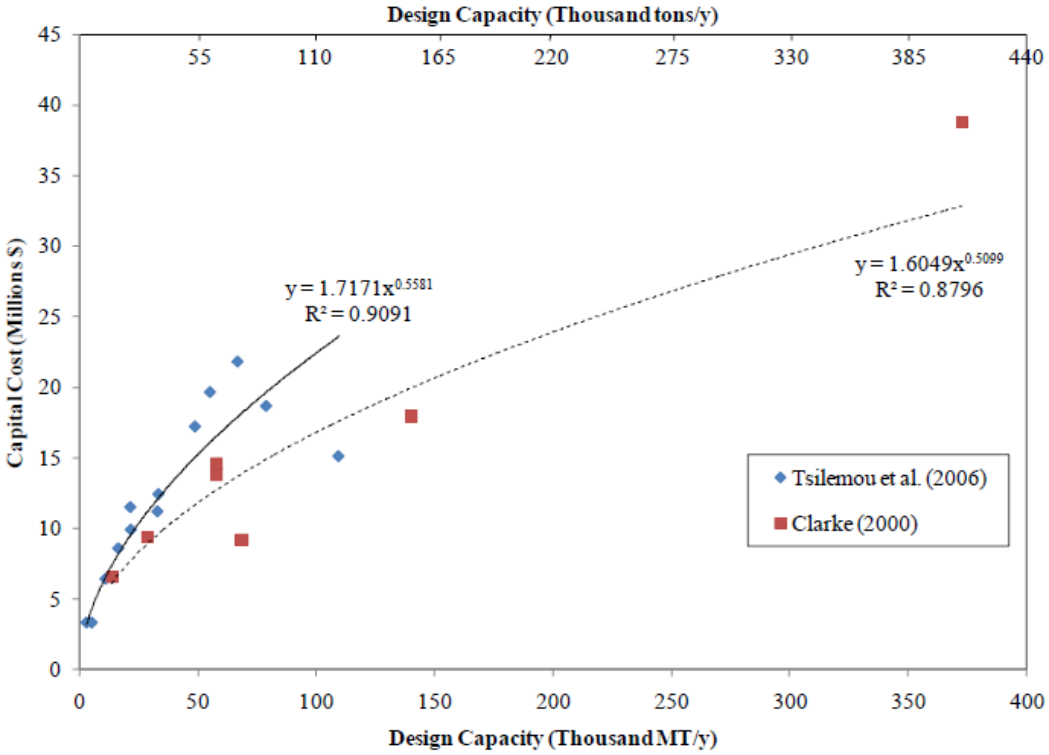
مجموع هزینه‌های نصب شامل تجهیزات نیروگاه (مانند تجهیزات الکتریکی، سوخت‌رسانی، کارهای عمرانی) و همین‌طور هزینه‌های مالکیتی شامل مشاوره، طراحی و غیره در شکل (۲-۵۵) نشان داده شده است.

سهم منبع اولیه مورد نیاز برای فناوری هاضم بسیار کم بوده و بین ۱۵-۵٪ تغییر می‌کند. بیشترین سهم از هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای فناوری هاضم را هزینه‌های مبدل ۳۲-۲۲٪ و سپس بخش آماده‌سازی و سوخت‌رسانی واحد هاضم ۲۵-۲۰٪ تشکیل می‌دهد.



شکل ۲–۵۵ هزینه‌های سرمایه‌گذاری فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده به تفکیک [۶۷]

همچنین در شکل (۲–۵۶) بر اساس دو مطالعه انجام شده در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۶ نمودار هزینه‌های سرمایه‌گذاری بر حسب ظرفیت راکتور برای هاضم‌های نصب‌شده در اروپا ارائه شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است نمودار هزینه برای دو تحقیق روند مشابهی دارد. اختلاف بین این دو می‌تواند ناشی از در نظر گرفتن پارامترهای متفاوت برای محاسبه هزینه باشد.



شکل ۲-۵۶ منحنی هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای هاضم‌های نصب‌شده در اروپا [۷۰-۷۱]

۲-۳-۱۰-۲- هزینه تعمیر و نگهداری

راهبری و نگه‌داری[1] (O&M) به هزینه‌های ثابت و متغیر نیروگاه‌های تولید برق از زیست توده برمی‌گردد. هزینه‌های ثابت O&M را می‌توان به عنوان درصدی از هزینه‌های سرمایه‌گذاری بیان نمود. برای نیروگاه‌های تولید برق از زیست‌توده این بخش ۶-۱٪ هزینه‌های سرمایه‌گذاری سالانه را شامل می‌شود (جدول (۲-۱۸)). هزینه‌های ثابت O&M شامل هزینه‌های نیروی کار، نگه‌داری دوره‌ای، تعویض دوره‌ای تجهیزات، بیمه و غیره می‌شود. هزینه O&M متغیر به خروجی سیستم بستگی داشته و معمولاً به صورت واحدی از خروجی (USD/kWh) بیان می‌شود.

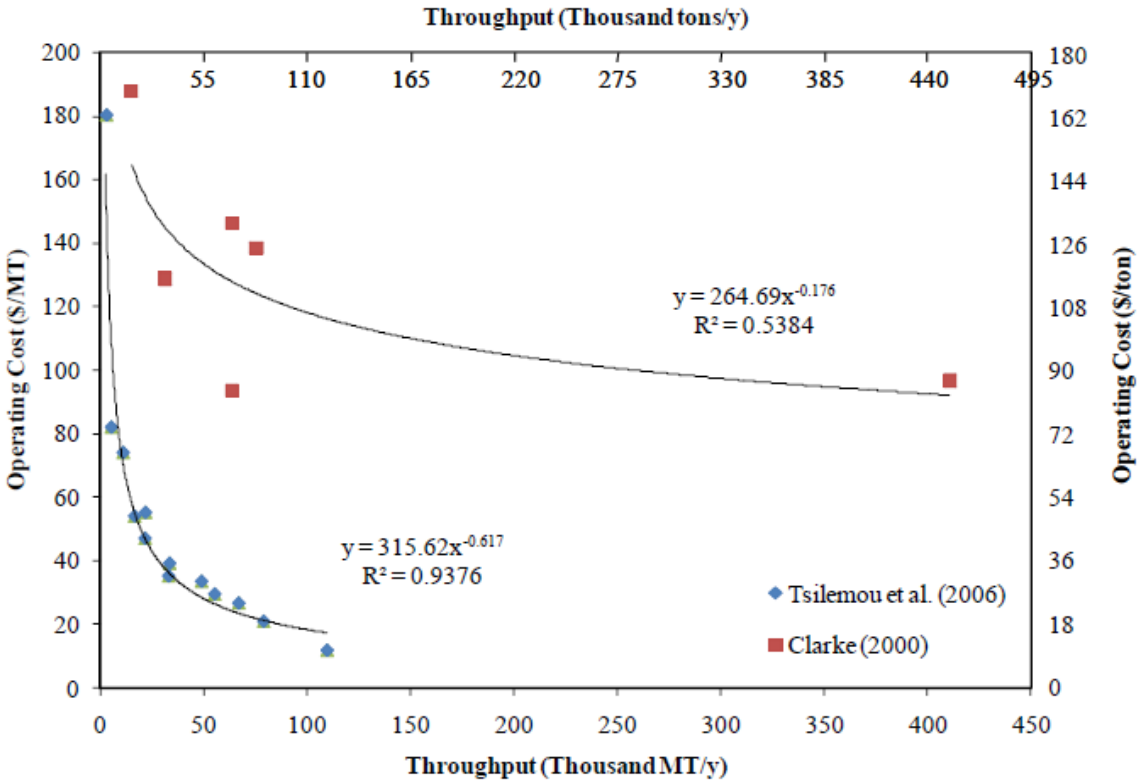
جدول ۲-۱۸ هزینه O&M ثابت و متغیر برای برق تولیدی از زیست‌توده [۶۷ و ۷۲]

[1] Operation and Maintanance

Technology	Fixed O&M (% of installed cost)	Variable O&M (USD / MWh)
Stokers / BFB / CFC boilers	3.2 - 4.2 3 - 6	3.8 - 4.7
Gasifier	3 6	3.7
AD systems	2.1 - 3.2 2.3 - 7	4.2
LFG	11 - 20	n.a.

SOURCES: US DOA, 2007; US EPA, 2009; AND MOTT MACDONALD, 2011.

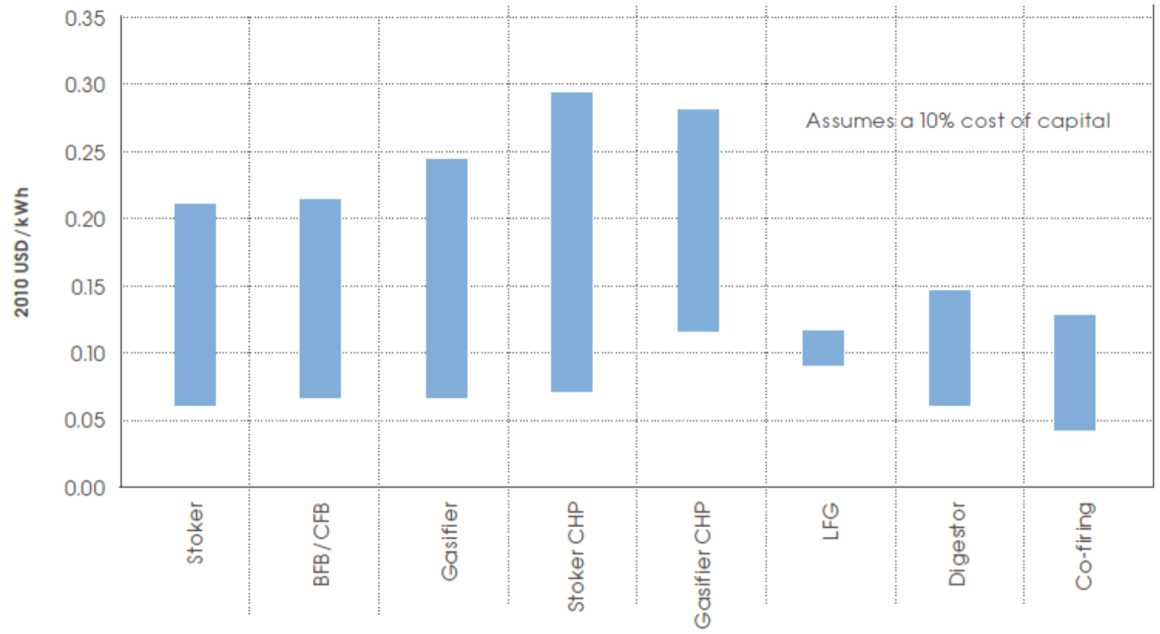
همچنین در شکل (۲-۵۷) نمودار هزینه‌های عملیاتی راکتورهای هاضم نصب‌شده در اروپا با استفاده از دو تحقیق انجام شده در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۶ آورده شده است.



شکل ۲-۵۷ منحنی هزینه‌های عملیاتی راکتورهای هاضم در اروپا [۷۰-۷۱]

۲-۳-۱۰-۳- LCOE فناوری هاضم

گستره وسیع فناوری‌های تولید برق و قیمت خوراک اولیه باعث تغییر LCOE تولید برق فناوری‌های مختلف در بازه‌ای وسیع شده است. همچنین برای هر فناوری خاص، این بازه می‌تواند به دلیل پیکربندی متفاوت، خوراک اولیه مختلف، سوخت‌رسانی و غیره متفاوت باشد (شکل (۲-۵۸)) [۷۰].



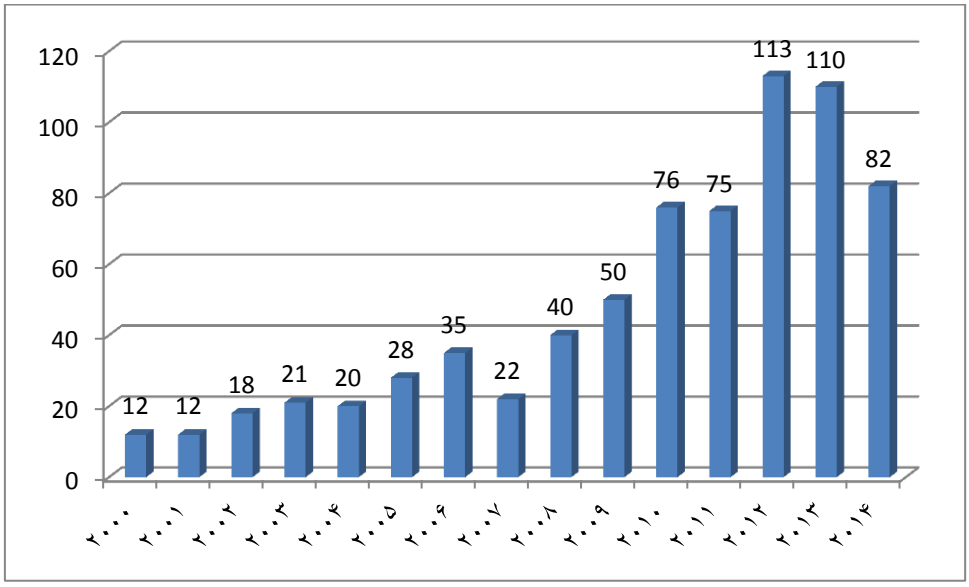
شکل ۲-۵۸ تغییرات LCOE برای تولید برق از فناوری‌های مختلف زیست‌توده

همان طور که از شکل (۲-۵۸) مشخص است فناوری هاضم در کنار دو فناوری دفنگاه و باهم‌سوزی دارای بازه محدودی برای هزینه‌ها هستند. برای هضم بی‌هوازی تغییرات هزینه سرمایه‌گذاری نسبتاً کم است، اما خوراک اولیه هاضم بازه وسیعی داشته و از فاضلاب و فضولات دامی با قیمت مجانی تا ۴۰ دلار به ازای هر تن گیاهان انرژی‌زا متغیر است.

۲-۳-۱۱- نوآوری فناوری

از آن‌جایی که تعداد اختراعات ثبت شده برای هر فناوری طی سال‌های متوالی می‌تواند شاخصی برای ارزیابی این که فناوری مورد نظر از لحاظ چرخه عمر در چه مرحله‌ای قرار دارد باشد، لذا در این بخش به بررسی آماری تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه طراحی، ساخت و توسعه راکتورهای هاضم، فرآیندهای جنبی مربوط به هضم بی‌هوازی و غیره پرداخته شده است. از سال

۲۰۱۴-۲۰۰۰ بیش از ۷۰۰ اختراع در زمینه فناوری هاضم ثبت شده که مطابق شکل (۲-۵۹)، طی این بازه زمانی تعداد اختراعات ثبت شده دارای روند افزایشی می‌باشد [۷۳].

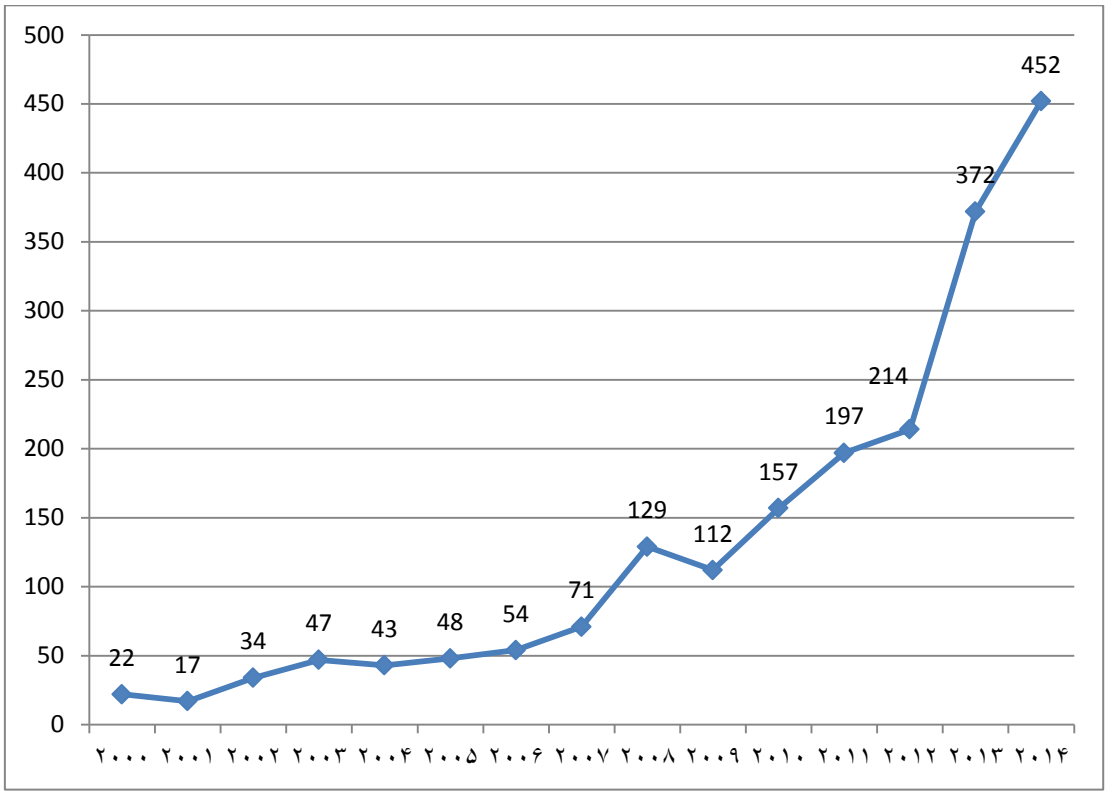


شکل ۲-۵۹ تعداد اختراعات ثبت‌شده برای فناوری هاضم بین سال‌های ۲۰۱۴- ۲۰۰۰

۲-۳-۱۲- بررسی پژوهش‌های پیشین

در این بخش به بررسی آماری تعداد پژوهش‌های انجام شده در زمینه فناوری هاضم و زیربخش‌های مختلف آن پرداخته شده است. این بررسی آماری از دو نظر می‌تواند اهمیت داشته باشد: اولاً روند تعداد پژوهش‌های انجام شده طی سال‌های مختلف می‌تواند نشانه تمرکز یا عدم تمرکز پژوهشگران بر روی فناوری مربوطه باشد. ثانیاً مقایسه تعداد مقالات منتشره در زیر بخش‌های مختلف می‌تواند شاخصی برای ارزیابی درجه اهمیت معیار در نظر گرفته‌شده در زیر بخش مربوطه باشد.

طبق بررسی انجام شده در فاصله سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۰، حدوداً ۲۰۰۰ مقاله در زمینه طراحی، تحقیق و توسعه و کاربرد فناوری هضم بی‌هوازی منتشر شده است که در شکل (۲-۶۰) تعداد مقالات منتشره به تفکیک سال قابل مشاهده است [۷۴].

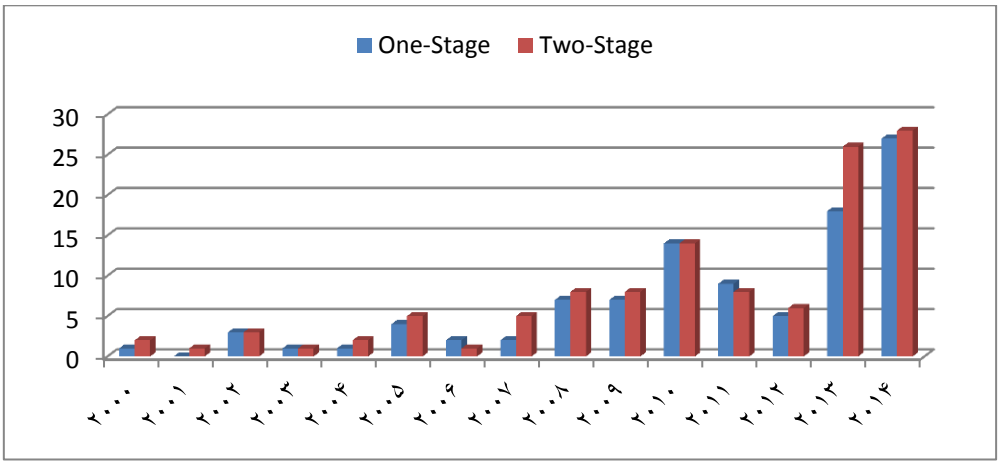


شکل ۲-۶۰ تعداد مقالات منتشره فناوری هاضم در دنیا به تفکیک سال

با تقسیم فناوری هاضم به چند زیربخش، تعداد مقالات منتشره در زیربخش‌های مختلف مقایسه می‌شود. نوع سیستم راکتور هاضم، خوراک اولیه ورودی هاضم، محصولات اصلی و جانبی هاضم، نوع استفاده از محصولات هاضم و نوع واکنش انجام شده در راکتور هاضم به عنوان چند زیربخش مهم تعریف شده و تعداد پژوهش‌های انجام شده در هر زیر بخش استخراج شده است [۷۴].

۲-۳-۱۲-۱- سیستم تک و دو مرحله‌ای

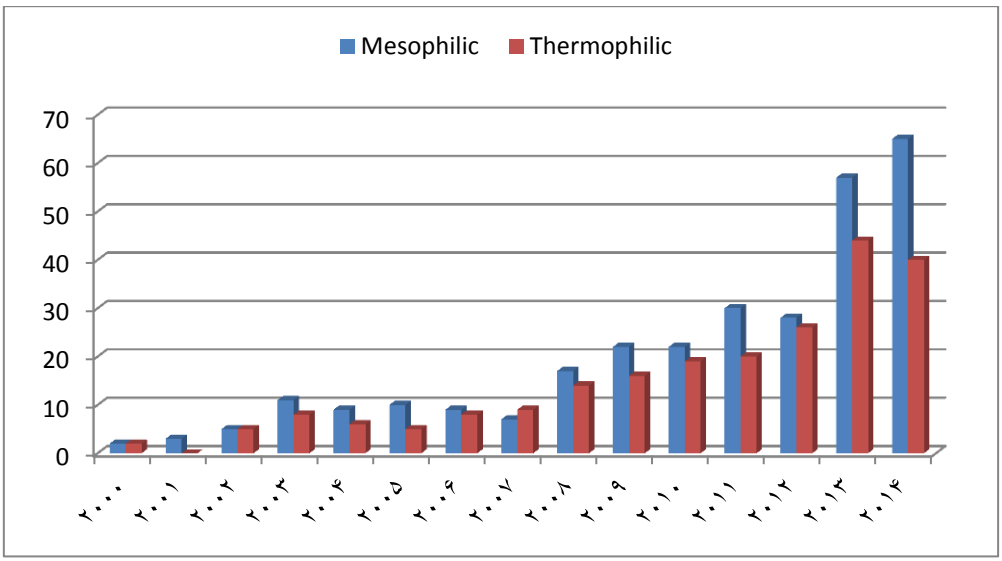
یکی از ویژگی‌های راکتورهای هاضم که فرآیند هضم بی‌هوازی در آن انجام می‌شود تک یا دو مرحله‌ای بودن سیستم است. تعداد پژوهش‌ها انجام شده در این بخش در شکل (۲-۶۱) قابل مشاهده است.



شکل ۲-۶۱ تعداد مقالات منتشره در زیربخش نوع سیستم فناوری هاضم

۲-۳-۱۲-۲- واکنش مزوفیلیک- ترموفیلیک

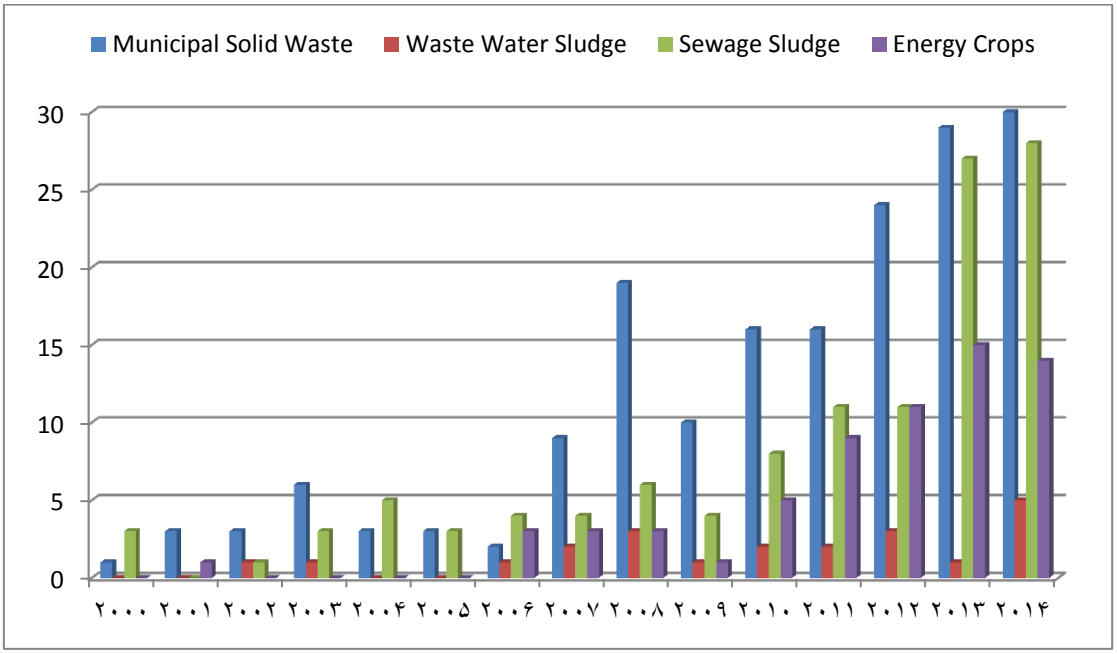
فرآیند انجام شده در راکتور هاضم بسته به نوع ماده اولیه، ظرفیت هاضم و غیره می‌تواند به صورت ترموفیلیک و مزوفیلیک انجام شود. در شکل (۲-۶۲) تعداد مقالات منتشره در زمینه این واکنش‌ها ارائه شده است.



شکل ۲-۶۲ تعداد مقالات منتشره در زیربخش نوع واکنش فناوری هاضم

۲-۳-۱۲-۳- خوراک اولیه هاضم

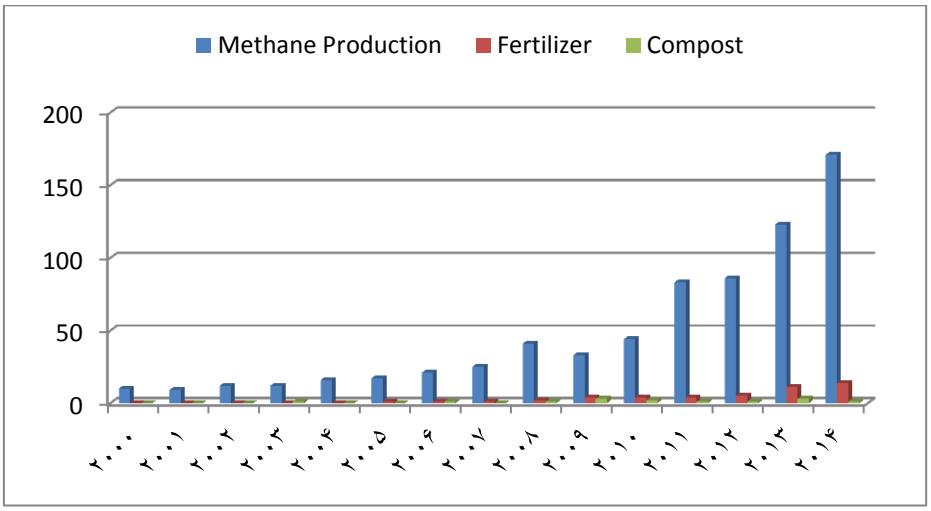
انواع راکتور هاضم ممکن است بسته به نوع راکتور، نوع فرآیند وغیره خوراک اولیه خاصی را بپذیرند. در این بخش و در شکل (۲-۶۳) تعداد مقالات منتشره در زمینه انواع خوراک اولیه هاضم آورده شده است.



شکل ۲-۶۳ تعداد مقالات منتشره بر حسب نوع خوراک اولیه فناوری هاضم

۲-۳-۱۳- محصولات هاضم

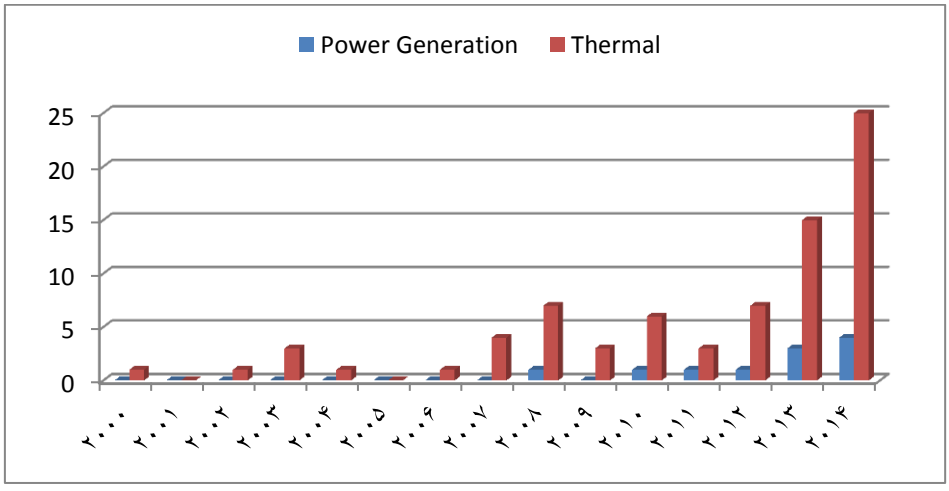
محصول اصلی خروجی راکتور هضم بی‌هوازی متان می‌باشد. محصولات جانبی این فرایند می‌توانند کودهای آلی و یا کمپوست باشند. در شکل (۲-۶۴) تعداد پژوهش‌های انجام شده در این زمینه ارائه شده است.



شکل ۲-۶۴ تعداد مقالات منتشره بر حسب نوع محصول تولیدی فناوری هاضم

۲-۳-۱۴- نوع کاربرد بیوگاز تولیدی هاضم

بیوگاز تولیدی هاضم ممکن است برای کاربردهای حرارتی و یا تولید برق استفاده شود. در شکل (۲-۶۵) تعداد پژوهش‌های انجام شده در هر کدام از این زیر بخش‌ها قابل مشاهده است.



شکل ۲-۶۵ تعداد مقالات منتشره بر حسب نوع کاربرد محصول تولیدی فناوری هاضم

۲-۳-۱۵- چشم‌انداز استقرار فناوری هاضم بی‌هوازی

آینده‌نگری در ارتباط با فناوری هضم بی‌هوازی روند پیشرفت پیوسته آن را نشان می‌دهد و افـزایش ظرفیـت پیوسـته در ایـن زمینه قابل انتظار است. هضم بی‌هوازی جایگزین مرحله اول فرآیند تولید کمپوست خواهد شد تا فرآوری بخش تجزیه‌پذیر زباله جامد شهری (MSW) بیشتر و بهتر صورت بگیرد. کشورهایی چون هلند و بلژیک، طبق برنامه، تا سال ۲۰۱۵ حـدود ۸۰٪ یـا بیشتر از واحدهای تولید کمپوست موجود را با یک سیستم هضم بی‌هوازی مجهز خواهند نمود. در حال حاضر، اکثر قریـب بـه اتفاق مناقصات موجود در "مجله رسمی اتحادیه اروپا" (که به بخش تدارکات دولتی اروپا اختصاص دارد) به هضم بی‌هوازی به عنوان اولین مرحله برای فرآیند عمل‌آوری بیولوژیکی نیاز دارند.

یکی از تحولات مهمی که بدون شک در حال افزایش است، وارد نمودن هاضم بی‌هوازی به واحدهای کمپوست فعلی می‌باشد. بسیاری از واحدهای تولید کمپوست که برای مواد آلی تفکیک‌شده در منبع طراحی و ساخته شده بودند از سیستم‌هـای هـوازی استفاده می‌کردند، زیرا فناوری‌های بی‌هوازی هنوز در حال رشد و توسعه کامل بودند. اما این واحدها اکنون ۱۵ تا ۲۰سال عمر دارند و نیاز به ارتقا دارند. وارد نمودن هضم بی‌هوازی به عنوان اولین مرحله فرایند عمل‌آوری، موضوع مورد بحث در اکثر ایـن واحدهای فرسوده می‌باشد. اضافه نمودن هضم بی‌هوازی در واحدهای موجود، استفاده از آن‌ها را ممکن می‌سازد و به خاطر نیاز کم به زمین در همان محل احداث می‌شود و در نتیجه هزینه سرمایه‌گذاری مورد نیاز کاهش می‌یابد (شکل ۲-۶۶)، تمام ایـن موارد هضم بی‌هوازی را یک گزینه بسیار جالب از نظر اقتصادی برای ارتقا تجهیزات موجود تبدیل مـی‌نمایـد. تنهـا بـا اشـغال همان محل قبلی می‌گردد. واحد فرآوری بیولوژیکی به جای اینکه تنها یک مصرف‌کننده انرژی باشد به یک تولیدکننده انـرژی انرژی تبدیل می‌شود و اضافه نمودن هضم بی‌هوازی نیز مشکلات مربوط به بو و آلایندگی را کاهش می‌دهد.

واحدهای تفکیک پسماند مخلوط شده و تولید کمپوست و حتی نیروگاه‌های زباله‌سوز نیز مـی‌تواننـد از اضـافه نمـودن سیسـتم هضم بی‌هوازی برای بخش تجزیه‌پذیر پسماند سود ببرند. چندین پروژه برای این کاربردها طراحی و آماده شده است [۵۲].

شکل ۲-۶۶ واحد هضم بی‌هوازی در هنگلو (کشور هلند)، ادغام هضم بی‌هوازی در یک واحد تولید کمپوست

یکی دیگر از پیشرفت‌های حاصله در ۵ سال گذشته، ساخت سیستم‌های هضم بی‌هوازی خشک ناپیوسته گاراژی بوده است (شکل (۲-۶۷)). این سیستم‌های هضم در مقایسه با سیستم‌های مداوم پیشرفته‌تر، فناوری کمتری نیاز دارند. پمپ‌های پیشرفته و تجهیزات فرآوری جای خود را به بیل لودرها و نیروی انسانی داده‌اند. با توجه به ماهیت ماژولار این سیستم‌های ساده (تطابق با شرایط مورد نیاز)، این سیستم‌ها دارای این مزیت هستند که در ظرفیت‌های کوچک‌تر و همچنین برای واحدهایی که در آنها افزایش مرحله‌ای ظرفیت مورد انتظار می‌باشد کاربردی هستند [۵۲].

شکل ۲-۶۷ واحد هاضم خشک ناپیوسته (گاراژی) در آلمان

از دیدگاه جغرافیایی، می‌توان پیشرفت نسبتاً چشمگیری از فناوری هضم را برای فرآوری بخش‌های آلی MSW در کشورهای اروپای شرقی انتظار داشت که در آنها استانداردهای اتحادیه اروپا و قوانین مربوط به آنها بایستی در سال‌های آتی اعمال شـود. سطوح بالاتری از بازیافت و دفع کمتر مواد آلی در دفنگاه، ظرفیت گسترش هضم را در این کشورها افزایش خواهد داد.

درپایان خاطر نشان می‌گردد که به رغم تمامی پیشرفت‌های در حال انجام و متصور برای فناوری هاضم، این فناوری با چالش-هایی نیز روبه رو است که می‌توان آن‌ها را به صورت زیر دسته‌بندی نمود [۷۵]:

- کاهش ریسک سرمایه‌گذاری
- در دسترس بودن خوراک اولیه
- قابلیت اطمینان، مقرون به صرفه بودن سرمایه گذاری و بیومتان تولیدی
- حمایت از کاربرد بیومتان به عنوان سوخت حمل و نقل
- حمایت بازار از محصولات جانبی هاضم
- اصلاح نظام برنامه‌ریزی

مراجع

[1] John Gertsakis and Helen Lewis. Sustainability and the Waste Management Hierarchy – A Discussion Paper. © March 2003. EcoRecycle Victoria.

[2] Kumar, A., Jones, D.D., Hanna, M.A., Thermochemical Biomass Gasification: A Review of the Current Status of the Technology. Energies 2009, 2, 556-581.

[3] Laurence, L.C., Ashenafi, D., Syngas Treatment Unit for Small Scale Gasification-Application to IC Engine Gas Quality Requirement. JAFM, Vol. 5, No.1, pp. 95-103, 2012.

[4] Obernberger & G. Thek , "Combustion and Gasification of Solid Biomass for Heat and Power Production in Europe- State-of-the-Art and Relevant Future Developments" , Proceedings of the 8th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers (keynote lecture, Vilamoura, Portugal), April 2008

[5] Ciferno, J.P. & John J. Marano- "Benchmarking biomass gasification technologies for fuels, chemicals and hydrogen production"- US Department of Energy, National Energy Laboratory (NREL)- 2002.

[6] NNFCC project 09/008. Review of Technologies for Gasification of Biomass and Wastes. E4tech,. June 2009.

[7] Gasification, An Investment in Our Energy Future. Gasification technology council report.

[8] Biomass gasification. Chapter 4 in book "Alternative Energy in Agriculture", Vol. II, Ed. D. Yogi Goswami, CRC Press, 1986, pgs. 83-102). By Anil K. Rajvanshi Director, Nimbkar Agricultural Research Institute, PHALTAN-415523, Maharashtra, India. (Please see the history of gasification research at NARI).

[9] Jankes G. G. et al.: Biomass Gasification with CHP Production A Review of the State-of-the-Art Technology and Near Future Perspectives. THERMAL SCIENCE, Year 2012, Vol. 16, Suppl. 1, pp. S115-S130.

[10] Jared P. Ciferno, John J. Marano. Benchmarking Biomass Gasification Technologies for Fuels, Chemicals and Hydrogen Production. Prepared for U.S. Department of EnergyNational Energy Technology Laboratory. 2002.

[11] Biomass Processing Technologies. Edited by Vladimir Strezov, Tim J. Evans. © 2015 by Taylor & Francis Group, LLC.

[12] The future for biomasspyrolysis and gasification: status, opportunities and policies for Europe. November 2002.

[13] http://www1.eere.energy.gov/tribalenergy/guide/costs_biomass_energy.html

[14] Foley, G., and Barnard, G., Biomass Gasification in Developing Countries. Technical Report No. 1, Earthscan, London, 1983.

[15] Goss, J. R., State of Art of Agriculture Residue Gasifiers in the U.S., Proceedings First USAID/GOI Workshop on Alternative Energy Resources and Development, New Delhi, India, November 7-11, 1983.

[16] Maniatis, K. (2000). Progress in biomass gasification: an overview, Progress inThermochemical Biomass Conversion, Tyrol, Austria, 17-22 September 2000, Vol.1, pp. 1-31.

[17] 2010 Worldwide Gasification Database. National energy technology library. Available at: http://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasification-plant-databases/2010-archive.

[18] California Integrated Waste Management Board (2008). Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment of Produced Under Contract by: Municipal Organic Solid Waste *by Margo Reid Brown.*

[19] Meynell, P-J. (1976). *Methane: Planning a Digester*. New York: Schocken Books. pp. 3.

[20] McCabe, J; Eckenfelder, W. eds. (1957). *Biological Treatment ofSewage and Industrial Wastes*. Two volumes. New York: Reinbold Publishing.

[21] Danish Ministry of Energy and Environment (1996). *Energy 21; The Danish Government's Action Plan for Energy 1996*. Copenhagen, Denmark.

[22] Lettinga, G.; Van Haandel, A. (1992). "Anaerobic Digestion for Energy Production and Environmental Protection." Chapter 19 in *Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity*. Covelo, CA: Island Press. pp. 817-839.

[23] Salaff, Stephen - Anaerobic Digestion in Toronto, Canada- Renewable Energy World , April , 2000

[24] CIWMB. *Statewide Waste Generated, Diverted and Disposed. California Integrated Waste Management Board*. 2007 [cited 2007]; Available from:http://www.ciwmb.ca.gov/LGCentral/Rates/Graphs/RateTable.htm.

[25] Williams, R.B., B.M. Jenkins, and D. Nguyen, *Solid Waste Conversion: A review and database of current and emerging technologies*. 2003, California Integrated Waste Management Board.

[26] Kayhanian, M. and D. Rich, *Pilot-scale high solids thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste with an emphasis on nutrient requirements.* Biomass & Bioenergy, 1995.**8**(6): p. 433-444.

[27] Jenkins, B.M., *Biomass in California: challenges, opportunities, and potentials for sustainable management and development.* in *PIER Collaborative Report*. 2005, CEC: Sacramento. p. 500-01.

[28] CIWMB. *Total Waste Generated, Diverted and Disposed*. 2006 [cited May, 2007]; Available from: http://www.ciwmb.ca.gov/LGCentral/Rates/Graphs/RateTable.htm.

[29] CIWMB. *Disposal Reporting System*. 2006b [cited March, 2007].

[30] Williams, R.B. and B.M. Jenkins, *Management and conversion of organic waste and biomass in California*, in *2nd World Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection., Rome, Italy*. 2004.

[31] Zhang, Z., *Lessons learned on California dairy digesters*, P.I.E.R.P. Program, Editor. 2007,California Energy Commission.

[32] Williams, R.B. *Biofuels from municipal wastes; Background Discussion Paper*. California Biomass Collaborative 4th Annual Forum 2007.

[33] Consultants, G.S., *Task 6 Report: Review of MSW Landfill Regulations from Selected States and Countries*, in *Landfill Facility Compliance Study*. 2004, California Environmental Protection Agency, Integrated Waste Management Board.

[34] Consultants, G.S., *Task 7 Report: Study of Emerging Technologies in Waste Management for MSW Landfills*, in *Landfill Compliance Study* 2003, California Integrated Waste Management Board: Sacramento, Calif.

[35] Edelmann, W., U. Baier, and H. Engeli, *Environmental aspects of the anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid wastes of solid agricultural wastes.* Water Science and Technology, 2005. **52**(1-2): p. 203-208.

[36] Seo, S., T. Aramaki, Y.W. Hwang, and K. Hanaki, *Environmental impact of solid waste treatment methods in Korea.* Journal of Environmental Engineering-Asce, 2004. **130**(1): p. 81-89.

[37] Hellweg, S., G. Doka, G. Finnveden, and K. Hungerbuhler, *Assessing the eco-efficiency of endof- pipe technologies with the environmental cost efficiency indicator - A case study of solid waste management.* Journal of Industrial Ecology, 2005. **9**(4): p. 189-203.

[38] Edelmann, W., K. Schleiss, and A. Joss, *Ecological, energetic and economic comparison of anaerobic digestion with different competing technologies to treat biogenic wastes.* Water Science and Technology, 2000. **41**(3): p. 263-273.

[39] Schäfer, G., *Europe in figures--Eurostat yearbook 2006-07*, M. Feith, et al., Editors. 2007, Eurostat: Luxembourg.

[40] EPA, *Municipal Solid Waste in the United States: 2005 Facts and Figures*. 2005, US Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste: Washington, DC.

[41] De Baere, L., *Will anaerobic digestion of solid waste survive in the future?* Water Science and Technology, 2006. **53**(8): p. 187-194.

[42] Saint-Joly, C., S. Desbois, and J.P. Lotti, *Determinant impact of waste collection and composition on anaerobic digestion performance: industrial results.* Water Science and Technology, 2000.**41**(3): p. 291-297.

[43] Gallert, C., A. Henning, and J. Winter, *Scale-up of anaerobic digestion of the biowaste fraction from domestic wastes.* Water Research, 2003. **37**(6): p. 1433-1441.

[44] Bolzonella, D., P. Pavan, S. Mace, and F. Cecchi, *Dry anaerobic digestion of differently sorted organic municipal solid waste: a full-scale experience.* Water Science and Technology, 2006. **53**(8): p. 23-32.

[45] Beck, R.W., *Final report: Anaerobic digestion feasibility study for the Bluestem Solid Waste Agency and Iowa Department of Natural Resources.*, in *Final Report: Anaerobic Digestion Feasibility Study for the Bluestem Solid Waste Agency and Iowa Department of Natural Resources*. 2004, Bluestem Solid Waste Agency.

[46] Hartmann, H. and B.K. Ahring, *Strategies for the anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste: an overview.* Water Science and Technology, 2006. **53**(8): p. 7-22.

[47] Cecchi, F., P. Traverso, P. Pavan, D. Bolzonella, and L. Innocenti, *Characteristics of the OFMSW and behaviour of the anaerobic digestion process.*, in *Biomethanization of the organic fraction of municipal solid waste*, J. Mata-Alvarez, Editor. 2002, IWA: Cornwall, U.K. p. 141-180.

[48] BNEF (Bloomberg New Energy Finance) (2011), *Global Renewable Energy Market Outlook,* BNEF, London.

[49] M.S. degree thesis. by Ljupka Arsova, Advisor: Prof. Nickolas J. Themelis, Co-advisor: Prof. Kartik Chandran. Anaerobic digestion of food waste: Current status, problems and an alternative product.

[50] De Baere, L., *Will anaerobic digestion of solid waste survive in the future?* Water Science and Technology, 2006. **53**(8): p. 187-194.

[51] De Baere, L., *Anaerobic digestion of solid waste: state-of-the-art.* Water Science and Technology, 2000. **41**(3): p. 283-290.

[52] Luc De Baere and Bruno Mattheeuws. Anaerobic Digestion of the Organic Fraction of Municipal Solid Waste in Europe -Status, Experience and Prospects-.

[53] Vogt, G.M., H.W. Liu, K.J. Kennedy, H.S. Vogt, and B.E. Holbein, *Super blue box recycling (SUBBOR) enhanced two-stage anaerobic digestion process for recycling municipal solid waste: laboratory pilot studies.* Bioresource Technology, 2002. **85**(3): p. 291-299.

[54] Oleszkiewicz, J.A. and H.M. Poggi-Varaldo, *High-solids anaerobic digestion of mixed municipal and industrial waste.* Journal of Environmental Engineering-ASCE, 1998. **124**(10): p. 1032-1032.

[55] Whyte, R. and G. Perry, *A rough guide to anaerobic digestion costs and MSW diversion.* Biocycle, 2001. **42**(10): p. 30-33.

[56] Hamzawi, N., K.J. Kennedy, and D.D. McLean, *Anaerobic digestion of co-mingled municipal solid waste and sewage sludge.* Water Science and Technology, 1998. **38**(2): p. 127-132.

[57] Frigon, J.C. and S.R. Guiot, *Anaerobic digestion as a sustainable solution for biosolids management by the Montreal Metropolitan Community.* Water Science and Technology, 2005. **52**(1-2): p. 561-566.

[58] Williams, R.B., *PROJECT 1.1 – Technology assessment for biomass power generation.* 2004, SMUD: Sacramento, Calif.

[59] Kelleher, M., *Anaerobic digestion outlook for MSW streams.* BioCycle, 2007. **48**(8): p. 51.

[60] Goldstein, N., *Source separated organics as feedstock for digesters.* BioCycle, 2005. **46**(8): p. 42-46.

[61] Van den Broek, B. and J. Cook, *A Plan to Achieve 50% Waste Diversion in Sydney*. 1994, Waste Service NSW, Sydney.

[62] EPRI (2010), Power Generation Technology Data for Integrated Resource Plan of South Africa. EPRI, Palo Alto,CA.

[63] IEA (2011), *Key World Energy Statistics*, IEA/OECD, Paris.

[64] Linke, B. (2011), *Country Report, Germany, presentation the IEA Bioenergy Task 37 Meeting,* Cork, September 14 to 16.

[65] Murphy, J., R. Braun, P. Weiland and A. Wellinger (2010), *Biogas from Energy Crop Digestion,* IEA Bioenergy Task 37.

[66] O'Connor, D. (2011), Biomass Power Technology Options. Presentation of Electrical Power Research Institute (EPRI) to the U.S Department of Energy: Biomass 2011, USA.

[67] Mott MacDonald (2011), *Costs of Low-Carbon Generation Technologies.* Committee on Climate Change, London.

[68] EPA (2007), *Combined Heat and Power: Catalog of Technologies.* U. S. Environmental Protection Agency, USA.

[69] Obernberger, T., G. Thek (2008), *Cost Assessment of Selected Decentralised CHP Application Based on Biomass Combustion and Biomass Gasification.* European Biomass Conference & Exhibition, Italy.

[70] WP.Clarke.,(2000). Cost-benefit analysis of introducing technology to rapidly degrade municipal solid Waste. Waste Management and Research. Wiley Online Library.

[71] K.Tslimeou.,(2006). Approximate cost functions for solid waste treatment facilities. Waste Management and Research.SAGE Publishing.

[72] IRENA (2012), Biomass for Power generation: RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES: COST ANALYSIS SERIES.

[73] Escapenet Patent search, Available from: http://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en_EP.

[74] Available from: http://www.sciencedirect.com/

[75] ADBA (2012), Anaerobic Digestion Roadmap,UK.

[76] Renewable Power Generation Costs in 2012: An Overview. Copyright (c) IRENA 2013.

[77] Piterou, A.; Shackley, Simon; Upham, P. Project ARBRE: Lessons for bio-energy developers and policy-makers. Energy Policy. Vol. 36, No. 6, 2008, p. 2044-2050.

[78] Chynoweth, David P. , Ron Isaacson - Anaerobic Digestion of Biomass- Elsevier Applied Science Publisher Ltd, GB, 1987

فهرست

۱- فصل اول: تبیین چشمانداز و اهداف کلان حوزه‌های فناورانه انرژی زیست‌توده ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- چشم‌انداز پردازی ۳

۱-۲-۱- ویژگی‌های یک چشم‌انداز مطلوب ۶

۱-۲-۲- ضرورت تدوین چشم‌انداز ۸

۱-۲-۳- انواع چشم‌اندازها ۱۰

۱-۲-۳-۱- چشم‌انداز کمی ۱۱

۱-۲-۳-۲- چشم‌انداز کیفی ۱۱

۱-۲-۳-۳- چشم‌انداز رتبه‌ای ۱۱

۱-۲-۳-۴- چشم‌انداز مقایسه‌ای ۱۱

۱-۲-۴- روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز ۱۲

۱-۲-۴-۱- روش ۵ چرا ۱۲

۱-۲-۴-۲- روش استوارت ۱۲

۱-۲-۴-۳- روش برت نی‌نوس ۱۲

۱-۲-۴-۴- روش کیگلی ۱۳

۱-۲-۴-۵- روش لاتام ۱۳

۱-۲-۵- الگوسازی در جهت تحقق چشم‌انداز ۱۵

۱-۲-۶- فرآیند (روش منتخب) تدوین چشم‌انداز ۱۷

1-3- تدوین اهداف کلان ۱۹

1-3-1- مبانی نظری تدوین اهداف کلان برنامه راهبردی ۱۹

1-3-2- حوزههای اهداف تعیین شده ۲۱

1-3-3- ویژگیهای اهداف تعیین شده ۲۲

1-4- جمعآوری ورودیهای لازم تدوین چشمانداز و اهداف کلان ۲۳

۱-۵- نتایج حاصل از مطالعات الگوبرداری توسعه فناوریهای انرژی زیست‌توده در کشورهای منطقه ۲۳

1-5-1- ترکیه ۲۴

1-5-1-1- کلیات ۲۴

۱-۵-۱-۲- موقعیت جغرافیایی ۲۴

1-5-1-3- سناریوی انرژی ۲۵

۱-۵-۱-۴- مصرف انرژی ۲۶

1-5-1-5- عرضه انرژی ۲۶

۱-۵-۱-۶- سوختهای فسیلی ۲۹

۱-۵-۱-۷- وضعیت تولید و مصرف برق ۳۲

1-5-1-8- انرژی تجدیدپذیر ۳۴

۱-۵-۱-۹- منابع زیست‌توده ۳۵

۱-۵-۱-۱۰- پتانسیل منابع زیست‌توده ۳۷

- زباله شهری ۳۷
- گیاهان انرژی‌زا ۳۸
- فضولات دامی ۳۹
- فاضلاب شهری ٤٠

۱-۵-۱-۱۱- پتانسیل‌سنجی استحصال انرژی از کل زیست‌توده ۴۱

۱-۵-۱-۱۲- پتانسیل‌سنجی استحصال بیوگاز از زیست‌توده ۴۳

1-5-1-13- فناوری‌های استحصال انرژی از زیست‌توده ۴۴

- دفنگاه ٤٦
- بیواتانول، بیودیزل و بیوگاز ٤٩
- احتراق و گازیسازی زیست‌توده ٥٣
- سیستم‌های محلی احتراق زیست‌توده ٥٧

1-5-1-14- سیاست و اهداف انرژی تجدیدپذیر ۵۸

- انرژی زمین‌گرمایی ٦٣
- انرژی خورشیدی ٦٤
- انرژی زیست‌توده ٦٤
- طرح‌های به‌کاررفته در ترکیه برای استفاده پایدار از پتانسیل زیست‌توده ٦٨

1-5-1-15- چارچوب نهادهای مدیریت زیست‌توده در ترکیه ۷۰

- بخش دولتی ۷۰
- بخش خصوصی ۷۱
- دانشگاه‌ها ۷۱

۱-۵-۲-۲- قطر ۷۷

۱-۵-۲-۱- کلیات ۷۷

۱-۵-۲-۲- موقعیت جغرافیایی ۷۷

۱-۵-۲-۳- شرایط آب و هوایی ۷۷

۱-۵-۲-۴- مصرف انرژی ۷۸

۱-۵-۲-۵- سوختهای فسیلی ۷۹

۱-۵-۲-۶- انرژی تجدیدپذیر ۸۰

- انرژی خورشیدی ۸۰
- انرژی باد ۸۱
- انرژی زمین گرمایی ۸۱
- سوختهای زیستی ۸۱

۱-۵-۲-۷- پتانسیل منابع زیست‌توده ۸۱

۱-۵-۲-۸- فناوریهای استحصال انرژی از زیست‌توده ۸۲

۱-۵-۲-۹- شرکتهای فعال ۸۳

۱-۵-۲-۱۰- دانشگاهها و موسسات تحقیقاتی ۸۳

۱-۵-۲-۱۱- سازمانهای دولتی ۸۳

۱-۵-۲-۱۲- اهداف و سیاستهای انرژی تجدیدپذیر و زیست‌توده ۸۴

۱-۵-۳- عربستان سعودی ۸۶
۱-۵-۳-۱- کلیات ۸۶
۱-۵-۳-۲- موقعیت جغرافیایی ۸۶
۱-۵-۳-۳- شرایط آب و هوایی ۸۶
۱-۵-۳-۴- مصرف انرژی ۸۷
۱-۵-۳-۵- سوختهای فسیلی ۸۷
۱-۵-۳-۶- انرژی تجدیدپذیر ۸۸
۱-۵-۳-۷- سهم زیست‌توده ۸۹
۱-۵-۳-۸- پتانسیل منابع ۸۹
- ضایعات صنعتی ۹۱
- ضایعات کشاورزی ۹۲
- زباله جامد شهری ۹۲
۱-۵-۳-۹- فناوریها ۹۵
۱-۵-۳-۱۰- دانشگاهها و موسسات تحقیقاتی ۹۷
1-5-3-11- کلیات ۹۷
۱-۵-۳-۱۲- موقعیت جغرافیایی ۹۹
۱-۵-۳-۱۳- شرایط آب و هوایی ۹۹
۱-۵-۳-۱۴- مصرف انرژی ۹۹
۱-۵-۳-۱۵- سوختهای فسیلی ۱۰۰
- نفت ۱۰۱
- زغالسنگ ۱۰۱
- گاز طبیعی ۱۰۱
۱-۵-۳-۱۶- انرژی تجدیدپذیر ۱۰۱
- انرژی باد ۱۰۲
- انرژی خورشید ۱۰۲
- انرژی برقابی ۱۰۳

- انرژی بیوگاز ۱۰۳
- انرژی زیستتوده ۱۰۴
- انرژی زمینگرمایی ۱۰۴

۱-۵-۳-۱۷- سهم زیستتوده ۱۰۴
۱-۵-۳-۱۸- پتانسیل منابع ۱۰۵
۱-۵-۳-۱۹- فناوریها ۱۰۸
۱-۵-۳-۲۰- شرکتها ۱۰۸
۱-۵-۳-۲۱- دانشگاهها و موسسات تحقیقاتی ۱۱۰
۱-۵-۴- امارات متحده عربی ۱۱۱
1-5-4-1- ۱۱۱
1-5-4-2- کلیات ۱۱۱
۱-۵-۴-۳- موقعیت جغرافیایی ۱۱۲
۱-۵-۴-۴- شرایط آب و هوایی ۱۱۲
۱-۵-۴-۵- پتانسیل منابع ۱۱۲
۱-۵-۴-۶- فناوریها ۱۱۲
۱-۵-۴-۷- شرکتهادانشگاهها و موسسات تحقیقاتی ۱۱۳
۱-۵-۵- مقایسه کشورها ۱۱۵
1-5-6- نکات برگرفته از گزارش مطالعات تطبیقی ۱۱۶
1-6- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی ۱۱۷
۱-۷- نتایج حاصل از بررسی گزارش آیندهپژوهی ۱۲۷
۱-۸- تبیین چارچوب بیانیه و ارائه پیشنویس اولیه چشمانداز ۱۲۸
۱-۹- تدوین و ارائه بیانیه نهایی چشمانداز توسعه فناوریهای انرژی زیستتوده ۱۳۱
۱-۱۰- تدوین اولیه اهداف کلان در سند توسعه فناوریهای انرژی زیستتوده ۱۳۲
1-11- تأیید و نهاییسازی اهداف کلان ۱۳۵

۲- فصل دوم: اولویتبندی و سبک اکتساب فناوریهای مرتبط با انرژی زیست‌توده ۱۳۷
۲-۱- مقدمه ۱۳۸
۲-۲- اولویتبندی ۱۳۸
۲-۲-۱- شناسایی متخصصین ۱۴۱
۲-۲-۲- شناسایی حوزه‌های فناورانه ۱۴۳
۲-۲-۳- بررسی چرخه عمر حوزه‌های فناورانه منتخب ۱۴۵
۲-۲-۴- متدولوژی تعیین جذابیت و توانمندی / مطلوبیت – امکان‌پذیری ۱۴۵
۲-۲-۵- جذابیت / مطلوبیت ۱۴۶
۲-۲-۵-۱- معیارهای جذابیت در فناوریهای بالغ (دورههای اواخر رشد و بلوغ) ۱۴۶
- اشتغالزایی ۱۴۷
- ایجاد بازار برای مواد خام ۱۴۷
- پتانسیل برای صادرات ۱۴۷
- غرور ملی ۱۴۷
- جلوگیری از خروج ارز ۱۴۸
- صرفه‌جویی در هزینه‌های نیروی کار ۱۴۸
2-2-5-2- معیارهای جذابیت در فناوریهای نوظهور (دورههای جنینی و اوایل رشد) ۱۴۸
۲-۲-۶- توانمندی / امکانپذیری ۱۴۹
۲-۲-۷- ترسیم ماتریس‌های مطلوبیت – امکانپذیری / جذابیت- توانمندی ۱۵۲
۲-۲-۸- ارزیابی جذابیت ۱۵۵
2-2-9- ارزیابی جذابیت منابع تولید برق از زیست‌توده ۱۵۷
۲-۲-۱۰- ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های تولید برق از زیستتوده ۱۶۶
۲-۲-۱۰-۱- ضرورت نگاه ویژه به زبالهسوزی در توسعه فناوری‌های تولید برق از زیستتوده ۱۶۷

۲-۳- سبک اکتساب ۱۶۸

۲-۳-۱- مروری بر ادبیات مدل‌های اکتساب فناوری ۱۶۸

۲-۳-۱-۱- مدل کیه‌زا ۱۶۸

۲-۳-۱-۲- مدل فلوید (ای‌دی لیتل) ۱۷۲

۲-۳-۱-۳- مدل فورد ۱۷۴

۲-۳-۱-۴- مدل تاید - بیسنت - پاویت ۱۷۵

۲-۳-۱-۵- مدل گیلبرت ۱۷۶

۲-۳-۲- مقایسه مدل‌ها ۱۷۹

۲-۳-۳- انواع سبک اکتساب فناوری ۱۸۱

۲-۳-۳-۱- تشریح مدل سبک اکتساب ۱۸۲

۲-۳-۳-۲- اجزاء مدل اکتساب فناوری ۱۸۲

۲-۳-۴- ارزیابی معیارهای سبک اکتساب ۱۸۴

۲-۳-۴-۱- معیار حجم بازار ۱۸۵

۲-۳-۴-۲- معیار چرخه عمر فناوری ۱۸۶

۲-۳-۴-۳- نوع تغییرات فناوری گازیسازی و جایگاه آن در چرخه عمر ۱۸۸

بررسی پژوهشهای پیشین ۱۸۸

نوآوریهای فناوری ۱۹۲

جایگاه فناوری در چرخه عمر ۱۹٤

۲-۳-۴-۴- نوع تغییرات فناوری هاضم بیهوازی و جایگاه آن در چرخه عمر ۱۹۵

نوآوریهای فناوری ۱۹۵

بررسی پژوهشهای پیشین ۱۹۵

جایگاه فناوری درچرخه عمر ۲۰۰

۲-۳-۴-۵- نوع تغییرات فناوری زباله‌سوزی و جایگاه آن در چرخه عمر ۲۰۱

بررسی پژوهشهای پیشین ۲۰۱

نوآوریهای فناوری ۲۰٤
جایگاه فناوری در چرخه عمر ۲۰٦
۲-۳-۴-۶- شکاف فناورانه ۲۰۶
۲-۳-۵- نتیجه‌گیری و انتخاب روش مناسب اکتساب ۲۰۷
۲-۴- نتیجه‌گیری ۲۱۲
۳- پیوست ۲۱۳
پیوست الف- مصوبات جلسات دوازدهم و سیزدهم کمیته راهبری ۲۱٤
پیوست ب- پرسشنامه الویتبندی منابع و فناوریهای زیست‌توده ۲۲۳
«پرسشنامه ارزیابی فناوریهای زیست‌توده» ۲۲۳
مراجع ۲٤۲

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ بررسی نشانه‌های نیاز به تدوین چشم‌انداز جدید و یا اصلاح آن ۹

شکل ۱-۲ بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم‌انداز. ۱۰

شکل ۱-۳ گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب ۱۵

شکل ۱-۴ الگوسازی جهت تحقق چشم‌انداز ۱۶

شکل ۱-۵ الگوسازی پیشنهادی هرسی و بلانچارد برای پیاده‌سازی چشم‌انداز ۱۶

شکل ۱-۶ روششناسی خلق چشم‌انداز ۱۸

شکل ۱-۷ نحوه تعیین اهداف کلان در سند توسعه فناوری ۲۰

شکل ۱-۸ نقشه کشور ترکیه ۲۴

شکل ۱-۹ مصرف انرژی اولیه در ترکیه. ۲۶

شکل ۱-۱۰ نمودار روند تولید و مصرف انرژی اولیه در ترکیه در سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۱ برحسب میلیون تن نفت معادل (Mtoe). ۲۷

شکل ۱-۱۱ نمودار روند منابع انرژی اولیه (TPES) در ترکیه در سال‌های ۱۹۷۳-۲۰۱۲. ..... ۲۹

شکل ۱-۱۲ شکل سمت راست: نمودار روند تولید و مصرف گاز طبیعی در ترکیه در سال های ۲۰۰۱-۲۰۱۳، شکل سمت چپ: نمودار تأمین گاز طبیعی ترکیه از کشورهای مختلف در سال ۲۰۱۲. ..... ۳۰

شکل ۱-۱۳ سهم بخش‌های مختلف در مصرف گاز طبیعی در ترکیه در سال ۲۰۱۱. ..... ۳۱

شکل ۱-۱۴ شکل سمت راست: نمودار روند تولید و مصرف نفت و دیگر سوختهای مایع در ترکیه در سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۱۳، شکل سمت چپ: نمودار تأمین نفت خام ترکیه از کشورهای مختلف در سال ۲۰۱۲. ..... ۳۱

شکل ۱-۱۵ نمودار روند تولید و مصرف زغال‌سنگ در ترکیه در سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۱۲. ..... ۳۲

شکل ۱-۱۶ نمودار روند تولید برق ترکیه از منابع مختلف در سال‌های ۱۹۷۳-۲۰۱۱. ..... ۳۳

شکل ۱-۱۷ ظرفیت نیروگاه‌های برق نصب‌شده در ترکیه در سال ۲۰۱۴. ..... ۳۴

شکل ۱-۱۸ کاربری زمین‌های ترکیه. ۳۵

شکل ۱-۱۹ اطلس پتانسیل انرژی زیست‌توده زائدات جنگلی و کشاورزی ترکیه (BEPA). ۳۶

شکل ۱-۲۰ نی‌های غول‌پیکر ۳۷

شکل ۱-۲۱ کشت گیاهان انرژی‌زا با کود آلی حاصل از باقی‌مانده‌های سیستم بیوگاز. ۳۷

شکل ۱-۲۲ اطلس پتانسیل انرژی زیست‌توده در ترکیه (۳۲/۶ Mtoe)..... ۴۲

شکل ۱-۲۳ سهم پتانسیل منابع زیست‌توده در ترکیه ۴۳

شکل ۱-۲۴ فناوری‌های رایج در نیروگاه‌های تولید برق از زیست‌توده در کشور ترکیه. ۴۵

شکل ۱-۲۵ پتانسیل تولید برق از زیست‌توده در کشور ترکیه. ۴۶

شکل ۱-۲۶ نمونه‌هایی از نیروگاه‌های دفنگاه در کشور ترکیه..... ۴۸

شکل ۱-۲۷ نیروگاه بیوگاز Izadyas ترکیه با ظرفیت تولید ۰/۷ مگاوات [۴]. ۵۱

شکل ۱-۲۸ میزان ظرفیت و تولید بیودیزل در ترکیه در سال ۲۰۰۸ (بر حسب میلیون تن در سال). ۵۲

شکل ۱-۲۹ سهم دانه‌های روغنی در تولید بیودیزل ترکیه..... ۵۲

شکل ۱-۳۰ میزان ظرفیت و تولید بیواتانول در ترکیه در سال ۲۰۰۸ (بر حسب میلیون تن در سال). ۵۳

شکل ۱-۳۱ سیستم احتراق زیست‌توده در TUBITAK MRC. ۵۵

شکل ۱-۳۲ احتراق زیست‌توده در TUBITAK MRC..... ۵۵

شکل ۱-۳۳ (شکل راست) گازیساز بستر سیال چرخشی در TUBITAK MRC (۱۵ مگاوات) [۴]. (شکل چپ) گازیساز بستر سیال جوشان در TUBITAK MRC (45 کیلووات)، گازیساز فروکشند (۷۰ کیلوگرم در ساعت)..... ۵۵

شکل ۱-۳۴ فرایند احتراق تراشه‌های چوب در صنایع چوب VEZİRKOPRU..... ۵۶

شکل ۱-۳۵ احتراق تراشه‌های چوب در صنایع چوب VEZİRKOPRU..... ۵۶

شکل ۱-۳۶ احتراق زیست‌توده در Paymar A.S-Hatay ۵۷

شکل ۱-۳۷ احتراق زیست‌توده در Çaykur Genel Mudurlugu ۵۷

شکل ۱-۳۸ سیستم‌های محلی احتراق زیست‌توده..... ۵۸

شکل ۱-۳۹ ضرورت انرژی اولیه در ترکیه بین سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۵ (برحسب میلیون تن نفت معادل. ۶۱

شکل ۱-۴۰ کاربرد بیوگاز در دانشگاه اژه ترکیه، موسسه انرژی خورشیدی و واحدهای نصب شده تولید بیوگاز..... ۷۳

شکل ۱-۴۱ نقشه کشور قطر ۷۷

شکل ۱-۴۲ مصرف برق در کشور قطر بر اساس بخش مصرفی از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۱..... ۷۸

شکل ۱-۴۳ مقایسه مصرف برق بین دو سال ۱۹۹۹ و ۲۰۱۱..... ۷۹

شکل ۱-۴۴ مصرف سوختهای فسیلی (٪ از کل) در قطر..... ۸۰

شکل ۱-۴۵ نقشه کشور عربستان سعودی..... ۸۶

شکل ۱-۴۶ روند توسعه تدریجی منابع انرژی جایگزین..... ۸۸

شکل ۱-۴۷ ترکیب انرژی پیشنهادی تا سال ۲۰۳۲..... ۸۸

شکل ۱-۴۸ نقشه راه توسعه انرژی تجدیدپذیر..... ۸۹

شکل ۱-۴۹ پتانسیل انرژی زیست‌توده در عربستان سعودی..... ۹۰

شکل ۱-۵۰ نرخ سرانه تولید ضایعات جامد در روز..... ۹۱

شکل ۱-۵۱ مقایسه هزینه انرژیهای تجدیدپذیر در عربستان سعودی..... ۹۱

شکل ۱-۵۲ ترکیب زباله جامد شهری عربستان سعودی..... ۹۳

شکل ۱-۵۳ ترکیب کل ضایعات تولید شده در عربستان..... ۹۴

شکل ۱-۵۴ ترکیب شیمیایی ضایعات آلی عربستان..... ۹۴

شکل ۱-۵۵ میزان انرژی مواد مختلف..... ۹۵

شکل ۱-۵۶ فناوریهای تبدیل ضایعات به انرژی..... ۹۶

شکل ۱-۵۷ دیاگرام شماتیک فرایند پیشنهاد شده تولید بیوگاز از ضایعات آلی..... ۹۶

شکل ۱-۵۸ بازده تولید بیوگاز از منابع مختلف..... ۹۷

شکل ۱-۵۹ نقشه کشور اردن..... ۹۸

شکل ۱-۶۰ توزیع مصرف انرژی در بخشهای مختلف در کشور اردن..... ۱۰۰

شکل ۱-۶۱ مصرف انرژی اولیه در اردن..... ۱۰۵

شکل ۱-۶۲ مقادیر تخمین زده شده زباله تولیدی در اردن..... ۱۰۶

شکل ۱-۶۳ نقشه کشور امارات متحده عربی..... ۱۱۲

شکل ۱-۶۴ تعداد مقالات ارائه شده در زمینه هاضم به تفکیک کشورهای منطقه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵..... ۱۱۵

شکل ۱-۶۵ تعداد مقالات ارائه شده در زمینه گازیسازی به تفکیک کشورهای منطقه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵..... ۱۱۵

شکل ۱-۶۶ ظرفیت برنامهریزی شده برای کشورهای منطقه در افق برنامهریزی آنها..... ۱۱۶

شکل ۲-۱ رابطه سلسلهمراتبی مولفه‌های راهبرد ملی فناوری ۱۳۸

شکل ۲-۲ گام‌های تدوین راهبرد پورتفولیو ۱۴۰

شکل ۲-۳ درخت اصلی فناوری انرژی زیست‌توده ۱۴۴

شکل ۲-۴ ماتریس جذابیت- توانمندی (منطقه اولویت) ۱۵۲

شکل ۲-۵ ماتریس جذابیت- توانمندی (منطقه اولویت الف) ۱۵۳

شکل ۲-۶ ماتریس جذابیت- توانمندی (امکان‌پذیری) ۱۵۳

شکل ۲-۷ تقسیم‌بندی ماتریس جذابیت- توانمندی..... ۱۵۴

شکل ۲-۸ منابع زیست‌توده ۱۵۷

شکل ۲-۹ میزان پتانسیل منابع مختلف زیست‌توده در ایران..... ۱۵۹

شکل ۲-۱۰ ترتیب اهمیت پرداختن به منابع از دید خبرگان ۱۶۰

شکل ۲-۱۱ وزن معیارهای مختلف برای منابع زیست‌توده از دید خبرگان..... ۱۶۰

شکل ۲-۱۲ فناوریهای منتخب برای اولویتبندی ۱۶۲

شکل ۲-۱۳ حوزههای مرتبط با توسعه پایدار..... ۱۶۳

شکل ۲-۱۴ معیارهای جذابیت فناوریهای زیستتوده ۱۶۴

شکل ۲-۱۵ اولویتبندی شاخصها – برآیند نظرات ۱۶۶

شکل ۲-۱۶ ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های زیست‌توده ۱۶۷

شکل ۲-۱۷ تقسیمبندی روشهای اکتساب بر اساس اثر استراتژیک و هزینههای توسعه فناوری..... ۱۷۳

شکل ۲-۱۸ تعیین سیستم انتقال فناوری بر اساس مدل گیلبرت ۱۷۹

شکل ۲-۱۹ فلوچارت انتخاب سبک اکتساب..... ۱۸۴

شکل ۲-۲۰ انواع تغییرات فناوری و جایگاه فناوری در چرخه عمر..... ۱۸۷

شکل ۲-۲۱ تعداد مقالات منتشر شده در زمینه گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال ۱۸۸

شکل ۲-۲۲ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع راکتورهای گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال ۱۸۹

شکل ۲-۲۳ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع خوراک اولیه راکتورهای گازیسازی در دنیا به تفکیک سال ۱۸۹

شکل ۲-۲۴ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع فرآیندها و محصولات جانبی گازیسازی در دنیا به تفکیک سال..... ۱۹۰

شکل ۲-۲۵ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش چالشهای فناوری گازیسازی در دنیا به تفکیک سال ۱۹۱

شکل ۲-۲۶ تعداد مقالات منتشرشده در زیربخش فرآیندهای نوین در گازیسازی در دنیا به تفکیک سال ۱۹۲

شکل ۲-۲۷ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش مطالعات اقتصادی و پایداری در گازیسازی در دنیا به تفکیک سال..... ۱۹۲

شکل ۲-۲۸ تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه گازیسازی با استفاده از زیست‌توده در دنیا به تفکیک سال ۱۹۳

شکل ۲-۲۹ تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه فرآیند گازیسازی صرفنظر از نوع منبع در دنیا به تفکیک سال ۱۹۳

شکل ۲-۳۰ سهم اختراعات مرتبط با زیست‌توده نسبت به کل اختراعات ثبت شده در فرآیند گازیسازی ۱۹۴

شکل ۲-۳۱ جایگاه انواع فناوری و کاربردهای گازیسازی در چرخه عمر ۱۹۴

شکل ۲-۳۲ تعداد اختراعات ثبت شده برای فناوری هاضم بین سالهای ۲۰۱۴- ۲۰۰۰ ..... ۱۹۵

شکل ۲-۳۳ تعداد مقالات منتشره فناوری هاضم در دنیا به تفکیک سال ۱۹۶

شکل ۲-۳۴ تعداد مقالات منتشره در زیربخش نوع سیستم فناوری هاضم ۱۹۷

شکل ۲-۳۵ تعداد مقالات منتشره در زیر بخش نوع واکنش فناوری هاضم..... ۱۹۸

شکل ۲-۳۶ تعداد مقالات منشره بر حسب نوع خوراک اولیه هاضم ۱۹۹

شکل ۲-۳۷ تعداد مقالات منتشره بر حسب نوع محصول تولیدی هاضم..... ۱۹۹

شکل ۲-۳۸ تعداد مقالات منتشره بر حسب نوع کاربرد محصول خروجی هاضم ۲۰۰

شکل ۲-۳۹ جایگاه انواع فناوری و کاربرد هاضم بیهوازی در چرخه عمر..... ۲۰۱

شکل ۲-۴۰ تعداد مقالات منتشر شده در زمینه زبالهسوزی در دنیا به تفکیک سال ۲۰۲

شکل ۲-۴۱ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع زبالهسوز در دنیا به تفکیک سال ۲۰۲

شکل ۲-۴۲ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع خوراک اولیه زبالهسوزها در دنیا به تفکیک سال..... ۲۰۳

شکل ۲-۴۳ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع فرآیندها و محصولات جانبی زبالهسوزی در دنیا به تفکیک سال... ۲۰۳

شکل ۲-۴۴ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش چالشهای فناوری زبالهسوزی در دنیا به تفکیک سال ۲۰۴

شکل ۲-۴۵ تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه زبالهسوزی در دنیا به تفکیک سال ۲۰۵

شکل ۲-۴۶ تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه زبالهسوزی در دنیا به تفکیک سال ۲۰۵

شکل ۲-۴۷ جایگاه انواع فناوری و کاربردهای زبالهسوزی در چرخه عمر ۲۰۶

شکل ۳-۱ معیارهای جذابیت منابع زیست‌توده برای تولید برق و حرارت ۲۲۷

فهرست جداول

جدول ۱-۱ ذخایر انرژی کشور ترکیه. ۲۷

جدول ۱-۲ روند و میزان انرژی اولیه در ترکیه در سال‌های ۱۹۸۰- ۲۰۱۴. ..... ۲۸

جدول ۱-۳ روند انتشار CO_2 در ترکیه در سال‌های ۱۹۸۰- ۲۰۱۴. ..... ۲۸

جدول ۱-۴ روند تولید، مصرف، واردات و صادرات منابع فسیلی انرژی (نفت، زغال‌سنگ و گاز طبیعی) در ترکیه در سال‌های ۱۹۸۰- ۲۰۱۴. ..... ۲۹

جدول ۱-۵ روند تولید و مصرف برق و ظرفیت توان نصب شده در ترکیه در سال‌های ۱۹۸۰- ۲۰۱۴..... ۳۳

جدول ۱-۶ پتانسیل کلی و ظرفیت در حال بهره‌برداری منابع تجدیدپذیر در ترکیه. ۳۴

جدول ۱-۷ محاسبه انرژی بیوگاز فضولات دامی ۴۰

جدول ۱-۸ پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی از منابع زیست‌توده ترکیه. ۴۱

جدول ۱-۹ پتانسیل توان نیروگاهی بیوگاز حاصل از زیست‌توده. ۴۲

جدول ۱-۱۰ پتانسیل انرژی زیست‌توده در ترکیه در سال ۲۰۱۳. ..... ۴۳

جدول ۱-۱۱ پتانسیل تولید بیوگاز از منابع مختلف در ترکیه در سال ۲۰۱۰ در "پروژه بیوگاز ترکیه-آلمان" [۲۷].. ۴۴

جدول ۱-۱۲ تعداد و ظرفیت نیروگاه‌های تولید برق از زیست‌توده در کشور ترکیه در سال ۲۰۱۲. ..... ۴۵

جدول ۱-۱۳ لیست شرکت‌های دارای مجوز تولید انرژی از گاز دفنگاه. ۴۷

جدول ۱-۱۴ لیست نیروگاه‌های گاز دفنگاه. ۴۸

جدول ۱-۱۵ ظرفیت نصب، تعداد کارخانجات و میزان تولید بیواتانول، بیودیزل و بیوگاز در ترکیه در سال ۲۰۱۱.. ۴۹

جدول ۱-۱۶ لیست نیروگاه‌های بیوگاز ترکیه. ۵۰

جدول ۱-۱۷ لیست نیروگاه‌های بیوگاز در حال بهره‌برداری و طرح‌ریزی شده در کشور ترکیه بر اساس بخش و ظرفیت. ۵۱

جدول ۱-۱۸ نیروگاه‌های احتراق زیست‌توده در ترکیه [۴]. ۵۳

جدول ۱-۱۹ اهداف تولید انرژی اولیه در ترکیه در سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۳۰ برحسب هزار تن نفت معادل (ktoe). ۶۱

جدول ۱-۲۰ سناریوی تولید و مصرف انرژی منابع مختلف در کشور ترکیه در آینده نزدیک [۲۶]. ۶۳

جدول ۱-۲۱ کاربری کنونی و برنامه‌ریزی‌شده به‌صورت مدرن و سنتی از زیست‌توده برحسب ktoe ۶۵

جدول ۱-۲۲ ظرفیت تولید بر اساس دو سناریوی TEIAS در برنامه‌ریزی ۵ ساله تولید بـرق در ترکیـه (۲۰۱۳-۲۰۱۷) .

..... ۶۵

جدول ۱-۲۳ استراتژی تولید برق از منابع مختلف انرژی تجدیدپذیر در ترکیه. ۶۵

جدول ۱-۲۴ وضعیت موجود و اهداف تولید برق از انواع منابع زیست‌توده در کشور ترکیه [۲۷]. ۶۷

جدول ۱-۲۵ چشم‌انداز انرژی در ترکیه (سرمایه‌گذاری در سال‌های اخیر). ۶۸

جدول ۱-۲۶ بررسی اجمالی سیاست‌های حمایتی از انرژی‌های تجدیدپذیر. ۶۸

جدول ۱-۲۷ تعرفه برق تجدیدپذیر در ترکیه بر اساس قانون ۶۰۹۴ ..... ۶۹

جدول ۱-۲۸ ظرفیت نصب‌شده نیروگاه‌های REC پشتیبانی شده توسط مکانیسم RES بـا توجـه بـه نـوع منبـع و نیروگاه. ۷۰

جدول ۱-۲۹ پروژه‌های مرکز تحقیقاتی مرمره، موسسه انرژی ۷۴

جدول ۱-۳۰ پروژه‌های تحقیق و توسعه فنی ۷۵

جدول ۱-۳۱ مطالعه مقایسه‌ای فناوری‌های تبدیل ضایعات به انرژی ۹۶

جدول ۱-۳۲ مصرف سوخت‌های اصلی در اردن در سال ۱۹۹۵ ..... ۱۰۰

جدول ۱-۳۳ مقدار تولید شده زائدات کشاورزی مختلف در سال ۲۰۱۱، رطوبت و میزان انرژی آنها ۱۰۵

جدول ۱-۳۴ مقدار ضایعات تولید شده از دام‌های مختلف و خصوصیات آنها ۱۰۶

جدول ۱-۳۵ بیوگاز تولیدی تخمین زده شده از منابع مختلف زیست‌توده در اردن ۱۰۷

جدول ۱-۳۶ اهداف تعیین شده برای توسعه فناوری زیست‌توده بر اساس مطالعه گزارش مطالعات تطبیقی. ۱۱۶

جدول ۱-۳۷ عناوین سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب بررسی شده. ۱۱۸

جدول ۱-۳۸ اهداف تعیین شده برای توسعه فناوری زیست‌توده بر اساس مطالعه گزارش آینده پژوهی. ۱۲۷

جدول ۱-۳۹ تبیین چارچوب بیانیه چشم‌انداز زیست‌توده ۱۳۰

جدول ۱-۴۰ تبیین چارچوب بیانیه نهایی چشم‌انداز زیست‌توده ۱۳۲

جدول ۱-۴۱ اهداف تعیین شده برای توسعه فناوری زیست‌توده بر اساس چشم‌انداز تدوین شده. ۱۳۳

جدول ۲-۱ اعضای کمیته راهبری فناوری‌های زیست‌توده ۱۴۱

جدول ۲-۲ اعضای کمیته خبرگی فناوری گازیسازی ۱۴۲

جدول ۲-۳ اعضای کمیته خبرگی فناوری هضم بیهوازی ۱۴۲

جدول ۲-۴ سطوح توانمندی فناورانه پیشنهادی برای فناوری‌های اواخر رشد و بلوغ ۱۵۱

جدول ۲-۵ سطوح توانمندی فناورانه پیشنهادی برای فناوری‌های دوره‌های معرفی و اوایل رشد ۱۵۱

جدول ۲-۶ لیست اعضای محترم کمیته راهبری که در تکمیل پرسشنامه مشارکت نمودند ۱۵۶

جدول ۲-۷ انواع فناوری‌ها و کاربردهای زیست‌توده ۱۶۲

جدول ۲-۸ فهرست معیارها و زیرمعیارهای تعریف شده جهت اولویت‌بندی فناوری‌ها ۱۶۴

جدول ۲-۹ امتیازهای مربوط به ماتریس جذابیت- توانمندی زیست‌توده ۱۶۷

جدول ۲-۱۰ عوامل مؤثر بر سبک مناسب اکتساب فناوری ۱۶۹

جدول ۲-۱۱ انتخاب روش مناسب همکاری فناورانه ۱۷۱

جدول ۲-۱۲ انتخاب روش دستیابی به فناوری بر اساس پنج معیار موثر ۱۷۴

جدول ۲-۱۳ روش‌های اکتساب بر اساس مدل تاید - بیسنت - پاویت ۱۷۵

جدول ۲-۱۴ انواع روش‌های همکاری فناورانه در مدل تاید - بیسنت - پاویت ۱۷۵

جدول ۲-۱۵ مقایسه مدل‌های اکتساب فناوری از منظر روش‌های پیشنهادی ۱۷۹

جدول ۲-۱۶ مقایسه مدل‌های اکتساب فناوری از نظر جامعیت ۱۸۱

جدول ۲-۱۷ وضعیت سبک اکتساب هر یک از فناوری‌های هاضم بیهوازی ۲۰۸

جدول ۲-۱۸ وضعیت سبک اکتساب هر یک از فناوری‌های گازیسازی ۲۱۰

جدول ۲-۱۹ وضعیت سبک اکتساب هر یک از فناوری‌های زباله‌سوزی ۲۱۱

جدول ۳-۱ مصوبات جلسه دوازدهم کمیته راهبری ۲۱۴

جدول ۳-۲ مصوبات جلسه سیزدهم کمیته راهبری ۲۱۹

۱- فصل اول: تبیین چشم‌انداز و اهداف کلان حوزه‌های فناورانه انرژی زیست‌توده

۱-۱- مقدمه

تعیین جهت‌گیری‌های کلان به منظور شکل‌دهی به آینده‌ای مطلوب و مورد انتظار صورت می‌گیرد. شکل‌دهی آینده‌ای مطلوب، هم به معنی ایجاد یک تصویر از این آینده و هم به معنی تعیین مسیر و چگونگی دستیابی به آن است. بنابراین ماموریت این سطح را می‌توان ترسیم آینده مطلوب از طریق چشم‌انداز و اهداف کلان و نیز تعیین مسیر رسیدن به این آینده از طریق راهبردها و سیاست‌ها تعریف کرد. همانطور که از نام این سطح پیداست، پیاده‌سازی مولفه‌های آن در یک مورد عملیاتی به تعیین جهت‌گیری‌های کلان توسعه فناوری می‌انجامد. تعیین اهداف خرد، اقدام‌ها و سیاست‌های خرد در قالب جهت‌گیری‌های خرد در سطح بعدی صورت می‌گیرد.

چشم‌انداز[1] یک سازمان یا یک نهاد حقوقی بیانگر افق و جایگاه مطلوب، آرمانی و رقابتی برای آن سازمان یا نهاد است. برای سایر فعالیت‌ها از جمله توسعه فناوری‌های مختلف در سطح ملی و بین‌المللی چشم‌انداز تدوین می‌گردد. چشم‌انداز همواره امیدها و اهداف آرمانی سازمان را نشان می‌دهد و یادآوری می‌کند که جهت حرکت به کدام سو ادامه می‌یابد. به عبارت دیگر چشم‌انداز آینده‌ای است واقع‌گرایانه، محقق‌الوقوع و جذاب برای سازمان؛ در واقع چشم‌انداز کلید رهبری حرکت به سوی اهداف است. بر این اساس در خصوص موضوع سند، چشم‌انداز شامل جایگاه مطلوب کشور در موضوع سند خواهد بود.

اهمیت چشم‌انداز از ابعاد گوناگونی قابل بررسی است. با توجه به موارد ذکر شده می‌توان گفت که چشم‌انداز دو کارکرد اصلی را برای هر سازمان و یا نهاد دارد: نخست از به بیراهه کشیده شدن فعالیت‌ها جلوگیری کرده و دوم این که همواره امید را در فرد یا سازمان برای نیل به اهداف تعیین شده تقویت می‌نماید.

انواع آینده که در چشم‌انداز به آن پرداخته می‌شود، در سه دسته، طبقه‌بندی می‌شود: آینده ممکن، آینده محتمل و آینده مطلوب.

آینده ممکن: شامل تمامی آینده‌هایی است که می‌تواند اتفاق بیفتد. مهم نیست که این آینده‌ها تا چه حد احتمال وقوع داشته باشند و یا حتی دست‌نیافتنی باشند.

آینده‌های محتمل: آنچه به احتمال بسیار زیاد در آینده به وقوع خواهد پیوست.

1- Vision

آینده‌های مطلوب: آنچه مطلوب‌ترین و ارجح‌ترین رویداد آینده به شمارمی‌رود.

در برنامه‌ریزی استراتژیک، واژه هدف وجود دارد. هدف می‌تواند در سه سطح، اهداف کلان، اهداف کمی و اهداف کیفی مطرح شود و هر یک، تعاریف مخصوص به خود را دارا است.

اهداف کلان: اهداف کلان توسعه فناوری قله‌هایی هستند که در طول دوره برنامه‌ریزی استراتژیک به آنها نایل خواهند شد. به عبارتی این اهداف، اقداماتی را معرفی می‌کنند که در بازه‌های زمانی بلندمدت باید به آنها دست یافت.

اهداف کیفی: اهداف کیفی یا اهداف خرد، مجموعه وقایعی هستند که تحقق همه آنها در کل باعث تحقق یک هدف کلان می‌شود. به عبارتی، اهداف کیفی، قله‌های کوتاه‌تری هستند که دستیابی به تک‌تک و مجموعه آنها، باعث تحقق یک هدف کلان می‌شود.

اهداف کمی: اهداف کمی، بیان میزان عددی مطلوب یک هدف کلان یا هدف کیفی در طول بازه زمانی مشخص است. تفاوت عمده اهداف کمی با اهداف کیفی و کلان در این است که در اهداف کمی، میزان مطلوب تحقق هر هدف، در بازه زمانی مشخص عنوان شده است.

هدف از نگارش این گزارش، تدوین بیانیه چشم‌انداز و اهداف کلان توسعه فناوری‌های زیست‌توده می‌باشد که باید مبتنی بر مطالعات صورت گرفته (مطالعات الگوبرداری سایر کشورها و مطالعات آینده‌پژوهی) و اسناد بالادستی انجام شود. با توجه به اینکه تدوین بیانیه چشم‌انداز و اهداف کلان نیازمند شناخت اساس و چهارچوب نظری و ملاحظات کلی این مباحث می‌باشد در ابتدا به بررسی اصول تئوری و ملاحظات کلی آن‌ها پرداخته می‌شود. پس از آن با تجزیه و تحلیل مطالعات انجام شده به تدوین و تبیین بیانیه اولیه پرداخته می‌شود. در نهایت پیش‌نویس اولیه بیانیه چشم‌انداز و اهداف کلان، پس از اخذ نظرات خبرگان و اعضای کمیته راهبری و نظارت کارفرما، تکمیل و اصلاح شده و در این گزارش ارائه خواهد شد.

۱-۲- چشم‌انداز پردازی

همان‌طور که اشاره شد یکی از گام‌های اساسی در تدوین برنامه راهبردی، تدوین چشم‌انداز است. در حقیقت، پس از تدوین مأموریت، می‌بایست مقصد نهایی در یک افق زمانی مشخص با فرض انجام کامل مأموریت خود، مشخص و تعیین گردد. با

تهیه چنین تصویری از آینده، فعالیت‌ها و تصمیم‌گیری‌های مدیران ارشد، میانی و حتی کارکنان یک سازمان در راستای یک هدف واحد قرار می‌گیرد که رسیدن به چشم‌انداز تعیین شده می‌باشد.

با توجه به اینکه تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز نیازمند شناخت اساس و چهارچوب نظری تدوین چشم‌انداز و ملاحظات کلی تدوین چشم‌انداز می‌باشد در این بخش از گزارش ابتدا به بررسی مبانی نظری در انتخاب یک چشم‌انداز مناسب و همچنین بررسی الزامات آن پرداخته شده است. بر این اساس تعاریف و ویژگی‌های چشم‌انداز از منابع علمی مختلف ارائه و سپس متدولوژی‌های تدوین چشم‌انداز معرفی شده است. پس از آن با تجزیه و تحلیل مطالعات انجام شده و اسناد بالادستی، به تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز پرداخته شده است. در نهایت پیش‌نویس اولیه بیانیه چشم‌انداز، پس از اخذ نظرات خبرگان و هیئت رئیسه و نظارت کارفرما، تکمیل و اصلاح شده و در این گزارش ارائه شده است.

واژه چشم‌انداز

واژه چشم‌انداز در زبان فارسی به معنی تصوری است که از آینده در نظر انسان مجسم می‌شود. در مطالعات انجام گرفته، تعاریف مختلفی از چشم‌انداز وجود دارد که برخی از مهم‌ترین آنها به شرح ذیل ارائه می‌شود:

- آینده واقع‌گرایانه، قابل تحقق و جذاب برای سازمان
- بیان صریح سرنوشتی که باید به سوی آن حرکت کرد
- هنر دیدن نادیدنی‌ها

چشم‌انداز یک عامل کلیدی در رهبری و یک جنبش ذهنی از شناخته‌ها به ناشناخته‌ها است که رهبران اثربخش را قادر می‌سازد. با در کنار هم قرار دادن حقایق، آرزوها، ایده‌آل‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها، آینده‌ای جذاب برای خود خلق کنند.

چشم‌انداز عبارت است از تصویر مطلوب و آرمان قابل دستیابی جامعه در یک افق زمانی معین بلندمدت که متناسب با مبانی ارزشی و آرمانهای نظام و مردم تعیین می‌گردد.

چشم‌انداز به عنوان تصویر آینده‌ای که در جستجوی خلق آن هستیم معرفی شده، که هر چه این تصویر از نظر جزئیات غنی‌تر باشد، جالب‌توجه‌تر خواهد بود.

چشم‌انداز علاوه بر این که محرک، هدایتگر و جهت‌دهنده اداره جامعه و همچنین الهام‌بخش، وحدت‌آفرین و قابل فهم برای همه اقشار می‌باشد، باید از ویژگی‌های آینده‌نگری، واقع‌گرایی، ارزش‌گرایی و جامع‌نگری برخوردار بوده و نسبت به وضع موجود، چالش اساسی داشته باشد تا بتوان عزم ملی را جهت تحقق آن فراهم آورد.

چشم‌انداز هر مجموعه اگر به صورت دقیق، جامع و آینده‌نگرانه تعریف شده باشد، می‌تواند مسیر حرکت آن مجموعه را همواره هدفمند و جهت‌دار نماید. آگاهی کامل مدیران مجموعه به چشم‌انداز، می‌تواند آنها را در تصمیمات کلیدی یاری دهد. البته چشم‌انداز می‌تواند در طی زمان تکمیل گردد.

چشم‌انداز آمیزه‌ای از ارزش و داوری‌های مبتنی بر ایدئولوژی و واقعیت‌های اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی می‌باشد. طبق این دیدگاه، هر ایدئولوژی، ترسیم‌کننده یک چشم‌انداز است. لذا در مقام برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری باید ایدئولوژی واحدی حاکم باشد تا چشم‌انداز واحدی شکل بگیرد.

چشم‌انداز، ارائه‌دهنده یک تصویر مطلوب، آرمانی و قابل دستیابی است که مانند چراغی در افق بلندمدت، فرآروی سازمان و ذی‌نفعانش قرار دارد و واجد ویژگی‌های جامع‌نگری، آینده‌نگاری، ارزش‌گرایی و واقع‌گرایی می‌باشد.

مبتنی بر تعاریف مختلف ارائه شده، ویژگی‌های زیادی را برای یک چشم‌انداز مطلوب می‌توان مدنظر قرار داد که در ادامه و مبتنی بر یافته‌های کتابخانه‌ای به تعدادی از آنها اشاره خواهد شد.

۱-۲-۱- ویژگی‌های یک چشم‌انداز مطلوب

در تعاریف اشاره شده ویژگی‌های مختلفی برای چشم‌انداز مطلوب بیان شده است که در این بخش برخی از مهم‌ترین ویژگی چشم‌انداز مطلوب بیان شده است. ویژگی‌هایی که چشم‌انداز مطلوب باید دارای آنها باشد عبارتند از:

- قابل دستیابی در زمان مورد نظر و کمیت‌پذیر
- برآیند آثار ناشی از مزیت‌ها (مؤلفه‌های قوت و فرصت) از یک طرف و رافع چالش‌ها (نقاط ضعف و تهدید) بوده و با توجه به استراتژی‌های تعیین‌شده تبیین گردد.
- جامع، تحول‌گرا، آینده‌نگر و پویا
- دارای افق زمانی معین
- بلندپروازانه و در عین حال منحصر به فرد
- محرک مشارکت همگانی و مشوق حرکت
- پیونددهنده حال و آینده به همدیگر (یعنی در عین آن که باید واقع‌گرایانه باشد، مطابق با آرمآنها نیز باشد)
- اطمینان‌بخش و توجه‌برانگیز برای توجه ذینفعان
- دارای حس مالکیت و تعلق و تقویت‌کننده این حس در ذینفعان
- تعیین‌کننده مسیر حرکت و به وجود آورنده هدفی منسجم (در این خصوص چشم‌انداز باید تصویری ممکن از اهداف مطلوب را دارا باشد)
- تداوم‌بخش برنامه‌ریزی و اجرای آنها
- نشان‌دهنده فرصت‌های موجود و راه بهره‌جویی از این فرصت‌ها

این در حالی است که در سیستم‌ها و سازمآنهایی با مقیاس‌های کوچک‌تر ویژگی‌های زیر را نیز باید برای چشم‌انداز متصور شد:

- ایجادکننده رضایت شغلی، تعهد، علاقه و غرور در کارکنان و انرژی‌دهنده به آنها و در حوزه سازمانی اثرگذار و معنی بخش به جوانب مختلف زندگی
- مشوق یادگیری

- مشخص‌کننده مخاطب
- مشخص‌کننده استاندارد برتر
- کوتاه و دقیق
- مرتبط با تمام ذینفعان مرتبط

۱-۲-۲- ضرورت تدوین چشم‌انداز

از دیگر مواردی که باید در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز در نظر گرفته شود، درک و بیان ضرورت و اهمیت تدوین چشم‌انداز می‌باشد. همان طور که اشاره شد ضرورت اصلی تدوین چشم‌انداز تعیین افق، جایگاه و موقعیت مطلوب است که با تعیین آن از منحرف شدن از مسیر اصلی جلوگیری شده و امید فعالیت در فرد یا سازمان مدنظر تقویت می‌شود. اهمیت تدوین چشم‌انداز تا حدی است که مقام معظم فرموده‌اند:

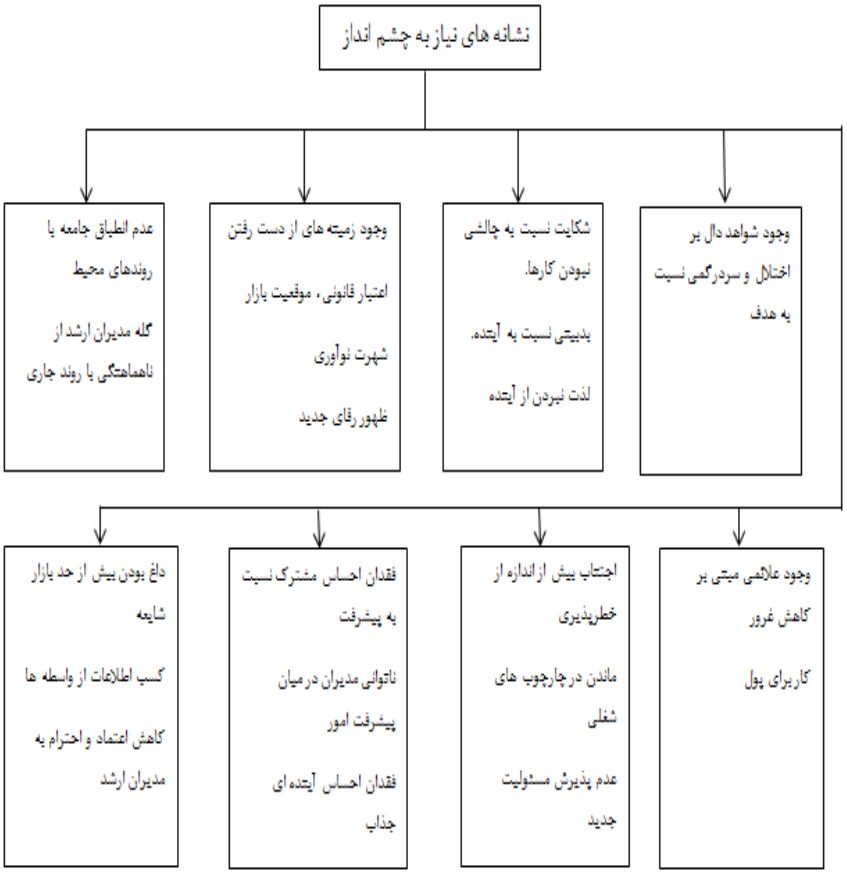
"تا چشم‌انداز را برای خود تعریف نکنیم، هیچ کار درستی صورت نخواهد گرفت- همه‌اش روزمرگی است- بعد از آن که تعریف کردیم، اگر برنامه‌ریزی نکنیم، کار بی‌برنامه به سامان نخواهد رسید. بعد از آن که برنامه‌ریزی کردیم، اگر همت نکنیم، حرکت نکنیم، ذهن و عضلات و جسم خود را به تعب نیندازیم و راه نیفتیم، به مقصد نخواهیم رسید؛ این‌ها لازم است."

به طور کلی چشم‌انداز در پاسخ به مجموعه سؤالاتی مشابه سؤالات زیر تعریف می‌شود:

- آیا اختلال و سردرگمی نسبت به اهداف وجود دارد؟
- آیا افراد از کافی بودن چالش در کار خود شکایت دارند؟
- آیا در حال از دست دادن بازار، شهرت یا اعتبار هستیم؟
- آیا رقبای جدیدی در حال ظهور هستند که قرار است خدمات بهتری ارائه دهند؟
- آیا به نظر می‌رسد حرکت جامعه با روندهای تغییر محیطی هماهنگ نیست؟
- آیا احساس غرور و افتخار در جامعه ما کاهش یافته است؟
- آیا کسانی هستند که صرفاً برای پول کار می‌کنند و هیچ تعهدی نسبت به جامعه نداشته باشند؟
- آیا اجتناب از ریسک در جامعه بیش از حد لازم است؟ (افراد تمایل به مسئولیت‌پذیری ندارند، در چارچوب قوانین و مقررات، محدود مانده‌اند و در مقابل تغییر مقاومت می‌کنند؟)
- آیا احساس مشترک نسبت به پیشرفت یا حرکت به سمت جلو مشاهده می‌شود؟

چنانچه پاسخ هر یک از سؤالات فوق در یک سیستم توسط کارشناسان مستقل مثبت قلمداد شود، اصلاح ساختارهای راهبردی و در رأس آن تعریف چشم‌اندازی جدید اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. در این ارتباط نمودار ارائه شده در شکل (۱-۱) به بررسی علائم نیاز به چشم‌انداز پرداخته است. لازم به یادآوری است که بروز این علائم احتمالاً دارای یکی از معانی زیر خواهد بود:

- بخش و یا کلیت مفهوم چشم‌انداز فعلی به خوبی منتقل نشده است.
- بخش و یا کلیت مفهوم چشم‌انداز فعلی به خوبی درک نشده است.
- بخش و یا کل چشم‌انداز فعلی برای افراد ترغیب‌کننده و الهام‌بخش نیست.



شکل ۱-۱ بررسی نشانه‌های نیاز به تدوین چشم‌انداز جدید و یا اصلاح آن

لذا باید جهت‌دهی جدید و نوینی تعریف و تنظیم گردد و از این رو برخورداری از یک چشم‌انداز مؤثر، جامع و کارآمد حائز اهمیت خواهد شد.

۱-۲-۳- انواع چشم‌اندازها

هر بیانیه چشم‌انداز از لحاظ محتوایی، باید سه عنصر زیر را به صورت روشن دارا باشد:

- صحنه و یا مرزهای رقابتی
- مزیت رقابتی
- توانمندی رقابتی یا شایستگی‌های محوری.

برخی از مزایا و ابعاد قدرت چشم‌انداز در نمودار شکل (۱-۲) ارائه شده است.

شکل ۱-۲ بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم‌انداز.

اکثر چشم‌اندازها به بیان جمله‌ای کیفی و کلی پرداخته‌اند. با این وجود، می‌توان چشم‌انداز را به چهار نوع دسته‌بندی نمود:

۱-۲-۳-۱- چشم‌انداز کمی

چشم‌اندازی است که در آن شاخص‌های کمی برای آینده مطلوب بیان شده و سپس هر یک از این شاخص‌ها عددگذاری می‌شوند. چشم‌اندازهای کمی می‌توانند از نوع عددی (به عنوان مثال، میزان تولید در افق زمانی چشم‌انداز) و یا از نوع درصدی (درصد سهم تولید در کشور یا منطقه در افق زمانی چشم‌انداز) باشند.

۱-۲-۳-۲- چشم‌انداز کیفی

بر خلاف چشم‌انداز کمی، در این چشم‌انداز به بیان جملاتی کیفی و عاری از اعداد و ارقام پرداخته می‌شود. این نوع چشم‌انداز، شاخص‌های کیفی را برای نشان دادن آینده مطلوب سازمان به کار می‌برند.

۱-۲-۳-۳- چشم‌انداز رتبه‌ای

در چشم‌انداز رتبه‌ای، جایگاه کشور یا سازمان بین دیگران به عنوان ملاک بیان آینده مطلوب در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال، ممکن است سازمانی در بیانیه چشم‌انداز خود اعلام نماید که قصد دارد در بین سازمآنهای حاضر در صنعت، جایگاه سوم را دارا باشد.

۱-۲-۳-۴- چشم‌انداز مقایسه‌ای

در چشم‌انداز مقایسه‌ای، جایگاه آینده در مقایسه با رقبای اصلی ترسیم می‌شود و ملاک پیشرفت و توسعه برتری نسبت به یک رقیب خاص اعلام شده است.

البته باید توجه داشت که چشم‌اندازهای رتبه‌ای و مقایسه‌ای تا حدی زیرمجموعه چشم‌اندازهای کمی و کیفی هستند و از این روی چشم‌انداز در دو دسته کلی کیفی و کمی قابل طبقه‌بندی خواهند بود.

پس از شناسایی مبانی پایه، ضرورت‌های خلق چشم‌انداز و معرفی انواع آن، نوبت به شناخت روش‌های تبیین چشم‌انداز می‌رسد. از این رو در ادامه به بررسی روش‌های مختلف تبیین چشم‌انداز پرداخته شده است.

۱-۲-۴- روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز

فرآیند تدوین چشم‌انداز دارای پیچیدگی و سختی وصف‌ناپذیری است. از این رو روش‌های بسیار متنوعی توسط محققان مختلف برای تدوین بیانیه چشم‌انداز پیشنهاد شده است. به دلیل پیچیدگی موجود در این فرآیند، می‌توان گفت که هیچ کدام از روش‌های موجود کامل نیست و به همین دلیل در اکثر موارد برای تدوین بیانیه چشم‌انداز باید از ترکیب چند روش استفاده نمود. از این رو در ادامه برخی از مهم‌ترین روش‌های تدوین و خلق چشم‌انداز در ادامه ارائه شده است.

۱-۲-۴-۱- روش ۵ چرا

کالینز و پوراس در سال ۱۹۹۶ طی مقاله‌ای در مجله "بررسی‌های بازرگانی هاروارد" توصیه کردند که با این پرسش کار را آغاز کنید که "چرا این کالاها و خدماتی را که ما تولید می‌کنیم مهم هستند؟" این سؤال را ۵ بار تکرار کنید تا به هدف بنیادین خود پی ببرید.

۱-۲-۴-۲- روش استوارت

توماس استوارت قالبی را طراحی کرده که تدوین چشم‌انداز را برای هر جامعه‌ای تسهیل می‌نماید:

- ✓ جایگاه جامعه (رهبر، پیشرو، جهانی،...)
- ✓ کالا و خدمات (نوآور، ارزان، متنوع، باکیفیت،...)
- ✓ مشتریان و ذی‌نفعان (بازار جهانی، خلق ارزشی به ذینفعان،...)
- ✓ صنعت

۱-۲-۴-۳- روش برت نی‌نوس

برت نی نوس روش نسبتاً پیچیده ولی جامع‌تری را برای تدوین چشم‌انداز معرفی کرده است که این روش شامل مراحل زیر می‌باشد:

- ✓ وضعیت فعلی جامعه، کسب و کار و نحوه فعالیت

- ✓ تعیین مرزهای چشم‌انداز (شناسایی ذینفعان و نیازهای آنان)
- ✓ تعیین جایگاه جامعه در محیط آتی
- ✓ ارزیابی و انتخاب چشم‌انداز نهایی

۱-۲-۴-۴- روش کیگلی

به زعم کیگلی، چشم‌انداز رهبر، بر درک گذشته و حال دلالت دارد و مهم‌تر از آن، نقشه‌راهی برای آینده ارائه می‌کند و به افراد راهکارهایی در جهت عمل و عکس‌العمل برای تحقق آینده مطلوب عرضه می‌دارد. باید توجه داشت که پس از تبیین هر یک از ارکان چشم‌انداز، کیگلی در فرآیندی با نام فرآیند برنامه‌ریزی رایزنی رهبری، نحوه تدوین چشم‌انداز را در گام‌های زیر خلاصه می‌کند:

۱) انتخاب افراد شرکت‌کننده در تدوین چشم‌انداز
۲) تدارک جلسه آشنایی مختصر برای تمام افراد گروه مرکزی
۳) تهیه و ارسال پرسشنامه برای هر یک از اعضای گروه مرکزی توسط مدیر مؤسسه
۴) مصاحبه با افرادی که این شیوه را ترجیح می‌دهند.
۵) جمع‌آوری پاسخ‌ها و دسته‌بندی پاسخ‌های مشابه
۶) خلاصه کردن نتایج
۷) آماده‌سازی و ارسال کتاب داده‌ها برای اعضای گروه مرکزی

۱-۲-۴-۵- روش لاتام

در این شیوه هشت گام معرفی شده که به شرح زیر می‌باشند:

۱) گام اول: جمع‌آوری درون داد

برای اینکه چشم‌انداز اثربخش باشد باید نمایانگر ایده‌آل باشد. باید از افراد درخواست کرد که به پرسش‌های زیر پاسخ دهند:

- ❖ فرهنگ تمام عیار سازمانی چه می‌تواند باشد؟

- ❖ سازمان در حالت آرمانی برای رشد و پیشرفت اعضای خود چه می‌تواند بکند؟
- ❖ سازمان آرمانی چه کالا یا خدماتی به مشتری و جامعه می‌تواند عرضه کند؟
- ❖ علاوه بر این‌ها، سازمان آرمانی چگونه می‌تواند باشد یا چه می‌تواند بکند؟

۲) گام دوم: طوفان ذهنی

۳) گام سوم: حذف اضافات

۴) گام چهارم: تدوین سند اولیه

۵) گام پنجم: تصحیح بیانیه

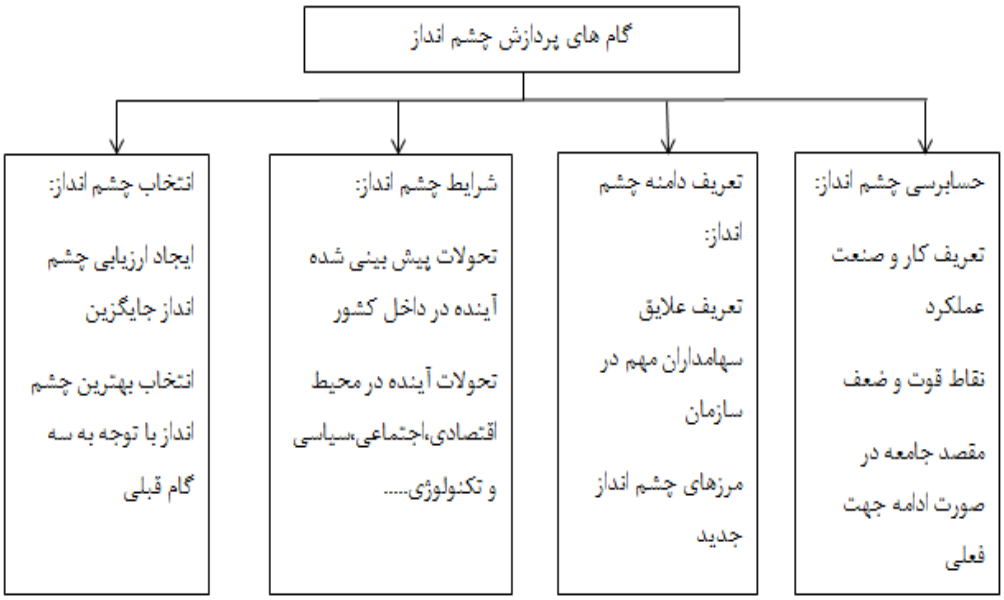
۶) گام ششم: آزمون معیارها

آیا چشم‌انداز حاضر بی‌انتها، الهام‌بخش و در برگیرنده معیارهای تصمیم‌گیری برای کارکنان در مواجه با موقعیت‌های دشوار هست؟ اگر چشم‌انداز این آزمون را پشت سر بگذارد، می‌توان آن را برای تصویب به سازمان تقدیم داشت.

۷) گام هفتم: کسب تأیید یا تصحیح سازمان

۸) گام هشتم: ابلاغ چشم‌انداز

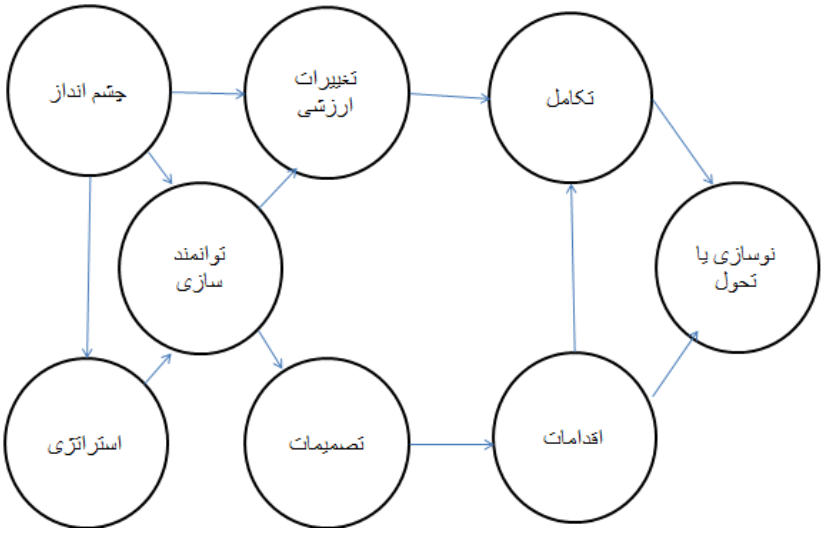
این در حالی است که چشم‌انداز به هر روشی که انتخاب و خلق گردد باید مبتنی بر گام‌های خلق آن و مطابق با رویکرد ارائه شده در شکل (۱-۳) پردازش و ارائه شود. در شکل (۱-۳)، گام‌های پردازش چشم‌انداز به طور خلاصه ذکر شده است:



شکل ۱-۳ گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب

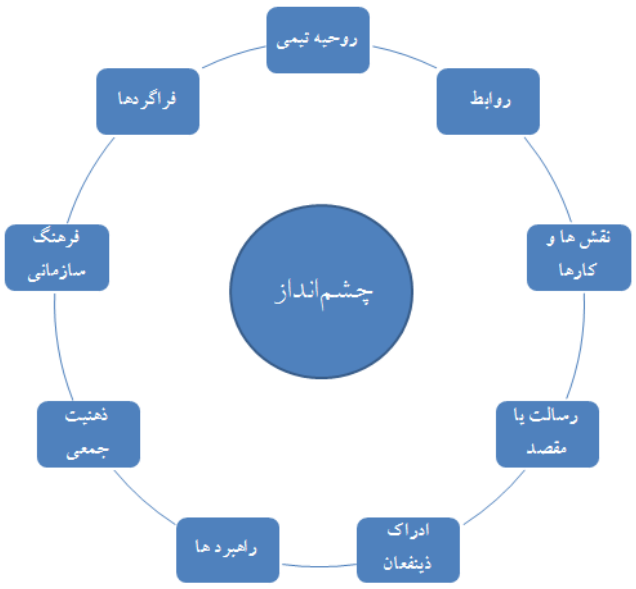
۱-۲-۵- الگوسازی در جهت تحقق چشم‌انداز

پس از خلق و تبیین چشم‌انداز باید استراتژی‌های لازم جهت تحقق اهداف بلندمدت چشم‌انداز معرفی و تبیین گردد. باید توجه داشت تغییر و تحولات ارزشی از طریق اطلاع‌رسانی مناسب صورت می‌گیرد. لذا در اطلاع‌رسانی و آگاه‌سازی، باید به فراهم کردن امکانات و گردآوری و هماهنگ‌سازی توانمندی‌های لازم جهت تحقق چشم‌انداز توجه شود. در ضمن باید در نظر داشت که تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری در راستای تحقق چشم‌انداز اجتناب‌ناپذیر است. الگوی پیشنهادی برای تحقق این مهم به طور اجمالی در نمودار ارائه شده در شکل (۱-۴) مشاهده می‌شود.



شکل ۱-۴ الگوسازی جهت تحقق چشم‌انداز

لازم به ذکر است در این خصوص مدل دیگری نیز توسط هرسی و بلانچارد ارائه شده است که طبق آن عناصر اصلی مدل‌سازی چشم‌انداز عبارتند از: رسالت، مقصد، ذینفعان، راهبرد، فرهنگ، اهداف، فرآیندها، روحیه تیمی، نقش‌ها، کارها و روابط میان آنها، مهارت‌های مدیریتی و رهبری، تنظیم و هماهنگی. جزئیات مربوط به الگوی پیشنهادی ایشان نیز در نمودار ارائه شده در شکل (۱-۵) آمده است.



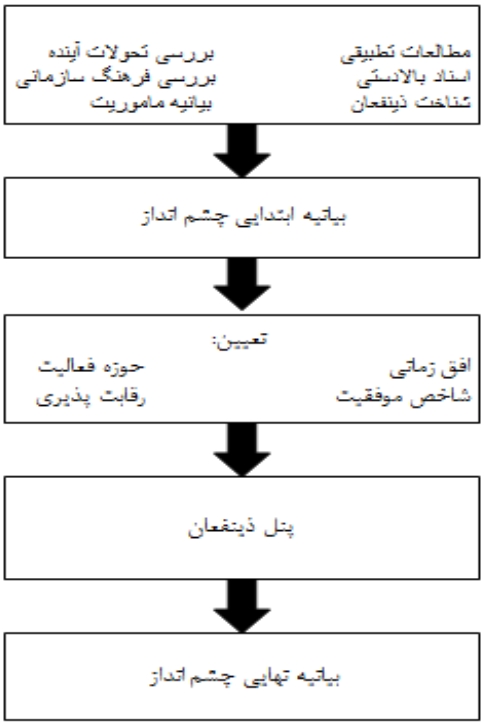
شکل ۱-۵ الگوسازی پیشنهادی هرسی و بلانچارد برای پیاده‌سازی چشم‌انداز

۱-۲-۶- فرآیند (روش منتخب) تدوین چشم‌انداز

با توجه مطالب ذکر شده در رابطه با تعریف، ویژگی‌ها و روش‌های چشم‌انداز و جمع‌بندی این مطالب می‌توان به انتخاب یک روش مناسب برای تدوین چشم‌انداز پرداخت. همان طور که اشاره شد موارد مختلفی در بسط و تدوین چشم‌انداز دارای اهمیت می‌باشند، که به منظور در نظر گرفتن این موارد در بیانیه چشم‌انداز باید به یک سری سؤالات کلیدی و اساسی توجه شود. این سؤالات عبارتند از:

۱) رسالت اصلی چیست؟ ما امروز چه هستیم؟ آرزو داریم چه بشویم؟ توانمندی اصلی ما چیست؟
۲) چگونه آرزوی اصلی بیان شده در بیانیه چشم‌انداز محقق خواهد شد؟ راهبرد رشد داخلی سیستم در هر یک از زیربخش‌های اصلی آن چیست؟ بخش یا کسب و کاری که از بقیه مهم‌تر و سودآفرین‌تر است کدام است؟
۳) اگر زیر بخش‌های اصلی پتانسیل لازم برای رشد را نداشته باشند، راهبرد رشد خارجی برای تحقق آرزوی چشم‌انداز تبیین شده کدام است؟

در واقع می‌توان اشاره کرد که روش (متدولوژی) منتخب تدوین هر چشم‌انداز پاسخ به سؤالات فوق‌الذکر بوده و پیشنهاد می‌شود برای تدوین چشم‌انداز بر اساس فلوچارت ارائه شده در شکل (۱-۶) عمل شود.



شکل ۱-۶ روش‌شناسی خلق چشم‌انداز

از این رو بر اساس روش منتخب گام‌های خلق یک چشم‌انداز به شرح زیر می‌باشد:

در مرحله اول به بررسی مطالعات تطبیقی، مطالعات آینده‌پژوهی، اسناد بالادستی، توقعات ذینفعان، فرهنگ سازمان، بیانیه مأموریت، تحولات آینده و ... پرداخته شده و با استفاده از این بررسی‌ها یک دید کلی نسبت به فضای سازمان و صنعت و یا سیستم مدنظر به دست می‌آید.

در مرحله دوم با توجه به مطالعات انجام شده و دید به دست آمده از مرحله قبل، به تدوین بیانیه ابتدایی از چشم‌انداز پرداخته می‌شود. باید توجه کرد که چشم‌انداز تدوین شده باید به سؤالات اساسی پیش گفته پاسخ دهد.

در مرحله سوم و پس از تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز، باید بررسی شود که ویژگی‌های اساسی ذکر شده در بیانیه اولیه تدوین شده در نظر گرفته شده و لحاظ شده‌اند یا نه و در صورت در نظر گرفته نشدن ویژگی‌های اساسی، این ویژگی‌ها باید به بیانیه تدوین شده افزوده شود.

در مرحله چهارم که در شکل (۱- ۶) از آن تحت عنوان پنل ذینفعان یاد شده است، چشم‌انداز اولیه با ذینفعان در میان گذاشته می‌شود. در این مرحله پس از دریافت و بررسی نظرات ذینفعان در صورت لزوم تغییراتی در بیانیه اولیه چشم‌انداز داده می‌شود. با

استفاده از تکنیک‌هایی مانند طوفان ذهنی بیانیه چشم‌انداز که مورد قبول تمام مقامات اصلی سازمان باشد نهایی و تدوین می‌شود.

لازم به یادآوری است که چشم انداز تدوین شده باید مورد ارزیابی قرار گیرد تا کارایی آن اثبات شود. برای اثبات کارایی چشم‌انداز، بیانیه نهایی چشم‌انداز تدوین شده از لحاظ دارا بودن صفات و ویژگی‌های ضروری چشم‌انداز بررسی و سنجیده می‌شود و در صورتی که صفات و ویژگی‌های ذکر شده را دارا باشد چشم‌انداز از کارایی خوبی برخوردار خواهد بود.

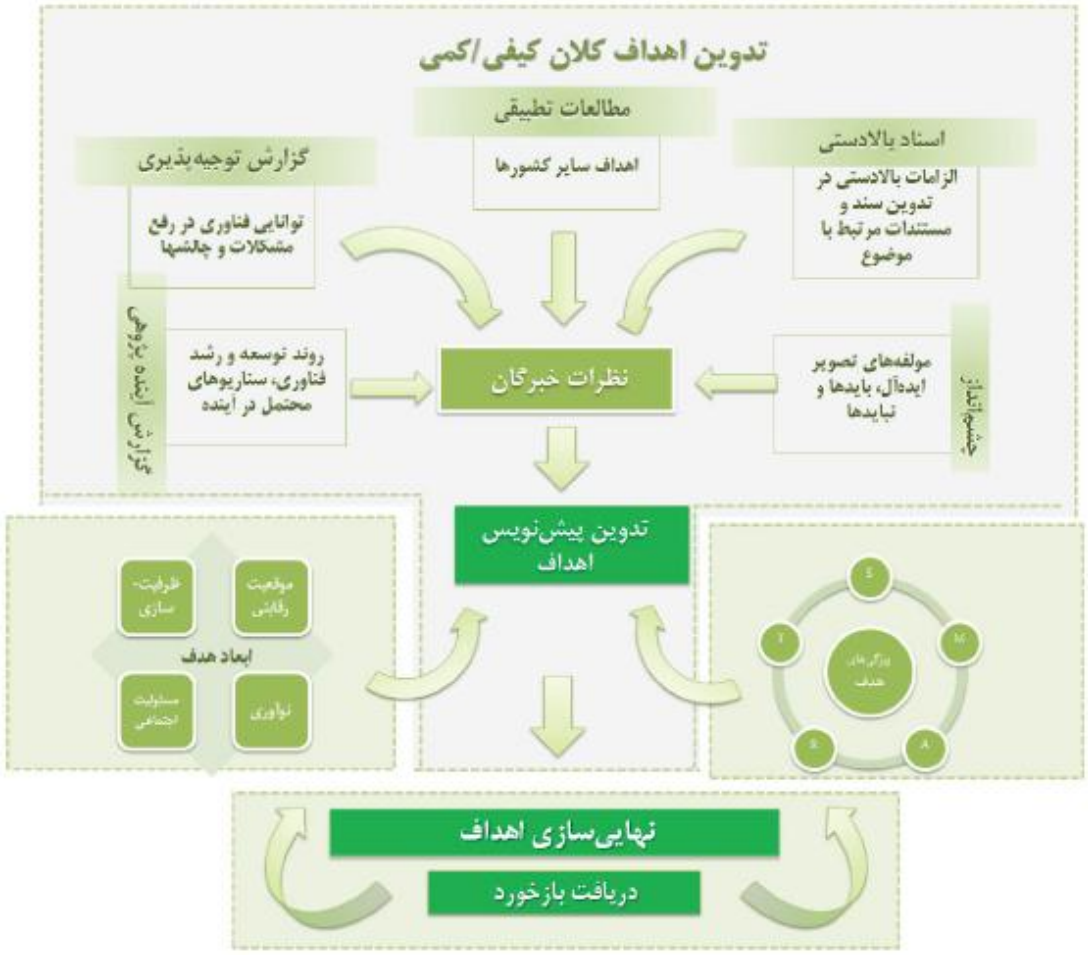
۱-۳- تدوین اهداف کلان

در ادامه روند تدوین سند، اهداف کلان در توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده تعیین می‌شوند. اهداف، در برنامه‌های توسعه یک فناوری، بیانگر مقاصد و یا خواسته‌های مطلوب حاصل از توسعه فناوری می‌باشند که از طریق انجام اقدامات پیشنهادی محقق می‌شوند. اگرچه اهداف ممکن است در سطوح مختلفی قابل تعریف باشند، لیکن در سند راهبردی لازم است صرفاً اهداف اساسی معرفی شوند. اهداف اساسی به اهدافی گفته می‌شود که بر جهت‌گیری‌های اصلی فعالیت‌های حوزه سند تأثیرگذار هستند.

۱-۳-۱- مبانی نظری تدوین اهداف کلان برنامه راهبردی

یکی از گام‌های اساسی در تعیین جهت‌گیری‌های کلان یک برنامه راهبردی، تدوین اهداف توسعه در راستای چشم‌انداز تعریف شده است. این هدفگذاری، در سطح کلان، به منظور شفاف نمودن مسیر نیل به چشم‌انداز انجام می‌گیرد. در حقیقت، اهداف مذکور پاسخگوی یک سؤال اساسی با عنوان "به منظور رسیدن به چشم‌انداز در افق زمانی تعیین شده، به چه مقاصدی باید دست یافت؟" است. با تعیین این اهداف در مسیر دستیابی به چشم‌انداز، کنش‌گران دخیل در نظام توسعه فناوری، اهداف بلند مدتی را دنبال می‌کنند و در نتیجه، برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و فعالیت‌های خود را براساس آن اهداف به صورت دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر انجام می‌دهند.

در روش‌شناسی پیشنهادی، تدوین اهداف با دو رویکرد بالا-به-پایین و پایین-به-بالا صورت می‌پذیرد. رویکرد بالا-به-پایین رویکردی هدف محور است که به دنبال ترسیم یک آینده مطلوب برای توسعه فناوری می‌باشد. در مقابل، رویکرد پایین-به-بالا نگاهی مسئله محور به توسعه فناوری دارد. با استفاده از رویکرد ترکیبی تدوین اهداف، از یک طرف، هم‌راستایی اهداف با چشم-اندازهای کلان ملی و سایر ارکان جهت‌ساز بالادستی حفظ شده و از طرف دیگر، تمام مسائل و مشکلات موجود در مسیر توسعه فناوری مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند. در این بخش، فرآیند تدوین اهداف کلان با نگاهی بالا- به- پایین صورت می‌گیرد. این اهداف در راستای چشم‌انداز و با تعریف حوزه‌های اهداف مشخص می‌شوند. علاوه بر حوزه‌های هدف که بیان‌کننده ابعاد اهداف هستند، کیفیت و ویژگی‌های این اهداف نیز باید تعیین شود. به منظور تعیین حوزه‌ها و ویژگی‌های ضروری اهداف، به بررسی مدل‌های هدفگذاری پرداخته خواهد شد. . مراحل تدوین اهداف کلان، به طور خلاصه در شکل (۱-۷) به صورت گرافیکی ارائه شده است.



شکل ۱-۷ نحوه تعیین اهداف کلان در سند توسعه فناوری

۱-۳-۲- حوزه‌های اهداف تعیین شده

در منابع برنامه‌ریزی راهبردی در سطح بنگاه، مطالعات مختلفی با موضوعیت تدوین حوزه‌های اهداف تعیین شده است. در زیر، به طور خلاصه به بررسی این مدل‌ها پرداخته می‌شود:

- **حوزه‌های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن (کاپلان و نورتون[1])**

– منظر مالی (سودآوری، رشد درآمد و افزایش بهره‌وری)

– منظر مشتری (تعیین مشتریان و تعیین ارزش‌های پیشنهادی بنگاه با توجه به مشتریان)

– منظر فرآیندهای داخلی (روابط با تأمین‌کنندگان، تصمیم‌گیری در مورد توسعه محصولات و خدمات جدید، خدمات پس از فروش و مهندسی مجدد فرایندهای تولید)

– منظر یادگیری و رشد (رضایت کارکنان، فضای مناسب کاری، دسترسی به سیستم‌های اطلاعاتی لازم و برنامه‌های آموزش کارکنان)

- **حوزه‌های اهداف در مدل پیرس و رابینسون[2]**

توجه به مشتری، نوآوری، بهره‌وری، بخش مالی، منابع انسانی و لحاظ کردن محیط خارجی

- **حوزه‌های اهداف براساس مدل ترکیبی فیلیپس**

– بازار (سعی در حفظ سهم بازار فعلی، افزایش صادرات)

– نوآوری (بالابردن توان نوآوری و طراحی محصول)

– بهره‌وری (بهبود کیفیت محصولات تولیدی، افزایش بهره‌وری واحدهای تولیدی و خدماتی شرکت)

– منابع مالی (استفاده بهینه از منابع مالی شرکت و خارج از شرکت برای تأمین اهداف بازار)

– منابع انسانی (ایجاد انگیزه برای ارائه کار بهتر)

– مسئولیت‌های اجتماعی (حفظ محیط زیست و حفظ ایمنی و بهداشت محیط کار)

1- Kaplan & Norton
2- Pierce & Robinson

- منابع اولیه (تلاش برای تأمین مواد اولیه مورد نیاز از داخل کشور)

- **حوزه‌های اهداف براساس مدل دکتر اعرابی[۱]**

- سودآوری
- بهره‌وری (ساده‌سازی رویه‌ها و سیستم‌ها برمبنای استانداردهای جهانی)
- موضع رقابتی (ارتقای نقش و جایگاه در اقتصاد ملی، توسعه همکاری‌های بین‌المللی و منطقه‌ای)
- پیشرفت کارکنان (سرمایه‌گذاری در نیروی انسانی و ظرفیت‌سازی)
- روابط کارکنان
- رهبری فناورانه
- مسئولیت اجتماعی (جلب رضایت، اعتماد و مشارکت خدمت‌گیرندگان)

۱-۳-۳- ویژگی‌های اهداف تعیین شده

در ادبیات موضوع، علاوه بر حوزه‌های هدف ذکر شده، ویژگی‌هایی نیز برای اهداف بیان شده است. این ویژگی‌ها که با عنوان هوشمندی اهداف[۲] مطرح می‌شوند، عبارتند از:

S: مشخص باشد[۳] (به طور واضح و عینی بیان‌کننده تغییری باشد که قرار است اتفاق بیافتد.)

M: قابل اندازه‌گیری باشد[۴].

A: قابل دستیابی باشد[۵].

R: واقع‌گرایانه باشد[۶].

T: محدود به زمان باشد[۷].

۱- این مدل در مورد تدوین استراتژی گمرک ایران مورد استفاده قرار گرفته است.

2- SMART Goals
3- Specific
4- Measurable
5- Achievable
6- Realistic
7- Time Bound

۱-۴- جمع‌آوری ورودی‌های لازم تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان

ورودی‌های لازم برای تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان به صورت زیر می‌باشد:

- مطالعات الگوبرداری: استفاده از تجارب دیگر کشورها در زمینه توسعه فناوری‌های راهبردی روشی دیگر در ترسیم چشم‌انداز و تعیین اهداف کلان است. در این زمینه می‌توان از آینده‌های ترسیم شده در سایر کشورها، مانند هدفگذاری‌های بلندمدت، حوزه‌های قابل تأکید و غیره برای تعیین افق چشم‌انداز داخلی بهره برد.
- بررسی اسناد بالادستی: پیش از شروع هر بحث دیگر، ضروری است تا ابتدا به بررسی اسناد بالادستی، طرح‌ها و راهبردهای کلان تدوین شده در سطوح بالاتر، و اصول ارزشی توسعه فناوری موجود در جامعه، تصویری از بستر فعلی و نگاه‌های آینده پیرامون فناوری حاصل گردد. این تصویر در شکل دادن به مولفه‌های چشم‌انداز و تعیین اهداف کلان نقش مهمی بر عهده دارد.
- مطالعات آینده پژوهی فناوری: بیان یک نتیجه بر پایه یک مجموعه شواهد یا انتظارات از آینده که از اطلاعات گردآوری شده و منطق افراد آشنا با موضوع مورد نظر حاصل می‌شود، یکی دیگر از راه‌های تأمین ورودی‌های لازم برای ترسیم افق چشم‌انداز و تبیین اهداف کلان است. یافته‌های حاصل در خصوص آینده پیش روی فناوری، سهم قابل توجهی در تعیین چشم‌انداز و اهداف کلان دارد.

بر اساس کلیات بیان شده از روش منتخب تدوین چشم‌انداز در ادامه مطابق با گام‌های بیان شده به بررسی مطالعات تطبیقی و آینده‌پژوهی و اسناد بالادستی حوزه زیست‌توده پرداخته می‌شود.

۱-۵- نتایج حاصل از مطالعات الگوبرداری توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده در کشورهای منطقه

همان‌طور که در بررسی چهارچوب نظری تبیین بیانیه چشم‌انداز و فرآیند منتخب تدوین آن و همچنین تدوین اهداف کلان اشاره شد، بررسی ابعاد توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده در سایر کشورها منبع مناسبی است که می‌توان از آن در این زمینه

استفاده کرد. امروزه، کشورهای متعددی در جهان وجود دارند که از مزایای انرژی زیست‌توده بهره‌مند می‌شوند. در این راستا شاخص‌هایی از قبیل علم و فناوری (مقاله و پتنت)، جایگاه و پیشرفت صنعت، درصد بومی‌سازی فناوری، شرکت‌ها، ظرفیت بهره‌برداری (حال و آینده) و آمار انرژی آن‌ها مورد توجه قرار گرفت.

۱-۵-۱- ترکیه

۱-۵-۱-۱- کلیات

پایتخت: آنکارا

ارز: لیر

GDP: ۵۲۰/۲۱ میلیارد دلار امریکا

سرانه GDP: ۱۰۹۷۱/۶۶ دلار امریکا (۲۰۱۳)

نرخ رشد GDP: ۰/۴۰٪

وسعت: ۷۸۳۵۶۲ کیلومتر مربع

جمعیت: ۷۶ میلیون نفر (برآورد ۲۰۱۳)

شکل ۱-۸ نقشه کشور ترکیه

۱-۵-۱-۲- موقعیت جغرافیایی

ترکیه سرزمینی در غرب آسیا و جنوب شرق اروپا است که از دو شبه‌جزیره آناتولی و تراس شرقی تشکیل‌شده است. ترکیه کشوری اوراسیایی است که بخش بزرگ این کشور (آناتولی یا آسیای کوچک) در جنوب باختر آسیا و خاورمیانه واقع است و بخش کوچکی نیز به نام تراکیه در منطقه بالکان (در جنوب خاور اروپا) قرار دارد. ترکیه در خاور با کشورهای ایران، جمهوری آذربایجان (نخجوان)، ارمنستان، و گرجستان؛ در جنوب خاوری با عراق و سوریه؛ و در شمال باختری (بخش اروپایی) با بلغارستان و یونان همسایه است. ترکیه از سه طرف به دریا راه دارد و دو همسایه اروپایی و شش همسایه آسیایی آن را احاطه

کرده‌اند. دریاهای سیاه و مرمره، اژه و مدیترانه از طریق دو تنگه بسفر و داردانل به دریاهای آزاد مرتبط می‌شوند و از لحاظ جغرافیایی موقعیت مناسبی به این کشور می‌دهند. بزرگ‌ترین و مهم‌ترین شهر آن استانبول می‌باشد [۱].

ترکیه کشوری کوهستانی و نسبتاً پرباران است. شکل این کشور مانند یک مستطیل است که از سوی خاور و باختر امتداد یافته است. ترکیه با قرار گرفتن در یکی از حساس‌ترین مناطق جهان، دارای موقعیت جغرافیایی راهبردی بسیار خوبی است و گذرگاه جنوب باختر آسیا و اروپا به شمار می‌آید و کشورهای بسیاری، به‌ویژه ایران از خاک ترکیه برای جابجایی کالا و انرژی استفاده می‌کنند. ترکیه از آب‌وهوای خوب و جلگه‌ای برخوردار است و مکآنهای جالب و دیدنی دارد به دلیل همین سالانه تعداد زیادی توریست به آنجا مسافرت می‌کنند [۱].

۱-۵-۱-۳- سناریوی انرژی

اهمیت ترکیه در بازارهای انرژی جهان، به عنوان مرکز جابجایی انرژی منطقه‌ای و نیز به عنوان یک مصرف‌کننده در حال رشد است. تقاضای انرژی در ترکیه به سرعت در حال در طول چند سال گذشته افزایش یافته است و به احتمال زیاد در آینده به این رشد ادامه خواهد داد. ترکیه یک بخش مهم برای جابجایی منابع نفت و گاز طبیعی از روسیه، منطقه خزر و خاورمیانه به اروپا است. این کشور یک نقطه جابجایی مهم برای حمل نفت به وسیله کشتی و معامله نفت و گاز طبیعی از طریق خطوط لوله است. حجم رو به رشد نفت روسیه و دریای خزر توسط تانکر از طریق تنگه‌های ترکیه به بازارهای غربی فرستاده می‌شود، در حالی که ساحل دریای مدیترانه ترکیه در جهان[1] به عنوان یک پایانه خروجی برای صادرات نفت از شمال عراق و نیز برای صادرات نفت و گاز طبیعی از آذربایجان در حال فعالیت است [۲].

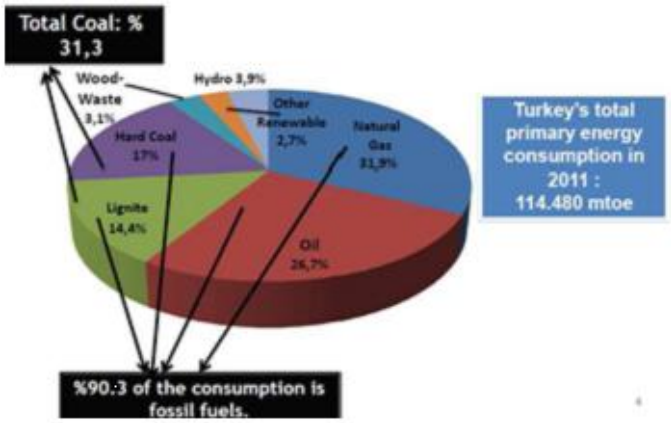
ترکیه از نظر استراتژیک در تقاطع بین کشورهای نفت‌خیز اتحاد جماهیر شوروی و خاورمیانه سابق و مراکز تقاضای اروپا واقع‌شده و علاوه بر این، یکی از پر رفت و آمدترین نقاط جهان، تنگه ترکیه است، که از طریق آن ۳ میلیون بشکه در روز جابجا می‌شود (در سال ۲۰۱۳).

در طول دهه گذشته، با گسترش اقتصاد ترکیه، مصرف نفت و دیگر مایعات سوختی آن افزایش یافته است. به دلیل ذخایر داخلی محدود، ترکیه تقریباً تمام منابع نفتی را وارد می‌نماید. اگر چه تعدادی از شرکت‌های بین‌المللی فعال در ترکیه وجود دارند، شرکت دولتی TPAO در اکتشاف نفت و تولید آن اولویت حقوقی دارد.

1- Ceyhan

۱-۵-۱-۴- مصرف انرژی

در طول سه سال گذشته، ترکیه در زمره کشورهای OECD[1] (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی) است که سریع‌ترین رشد در تقاضای انرژی را تجربه کرده است و برخلاف برخی از کشورهای OECD در اروپا، از رکود اقتصادی طولانی مدتی که در چند سال گذشته بسیاری از قسمت‌های اروپا را فرا گرفته است، پیشگیری کرده است. مصرف انرژی در این کشور با وجود افزایش سریع هنوز هم نسبتاً پایین است و در سال ۲۰۱۱ معادل ۱۱۴،۴۸۰ میلیون تن نفت معادل بوده است (شکل ۱-۹) [۳، ۴]. به گزارش آژانس بین‌المللی انرژی[2]، مصرف انرژی با نرخ رشد سالانه حدود ۴/۵٪ از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۰، حدود دو برابر خواهد شد. رسیدن به این سطح از رشد، نیازمند سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی در بخش انرژی است که بخش عمده آن از بخش خصوصی تأمین خواهد شد. اگرچه ترکیه در حال برنامه‌ریزی سرمایه‌گذاری‌های بزرگ در حیطه گاز طبیعی و زیرساخت‌های برق است، دولت از طریق ایجاد تنوع در سبد انرژی خود در حال تلاش برای کاهش وابستگی کشور به واردات گاز طبیعی می‌باشد [۲].

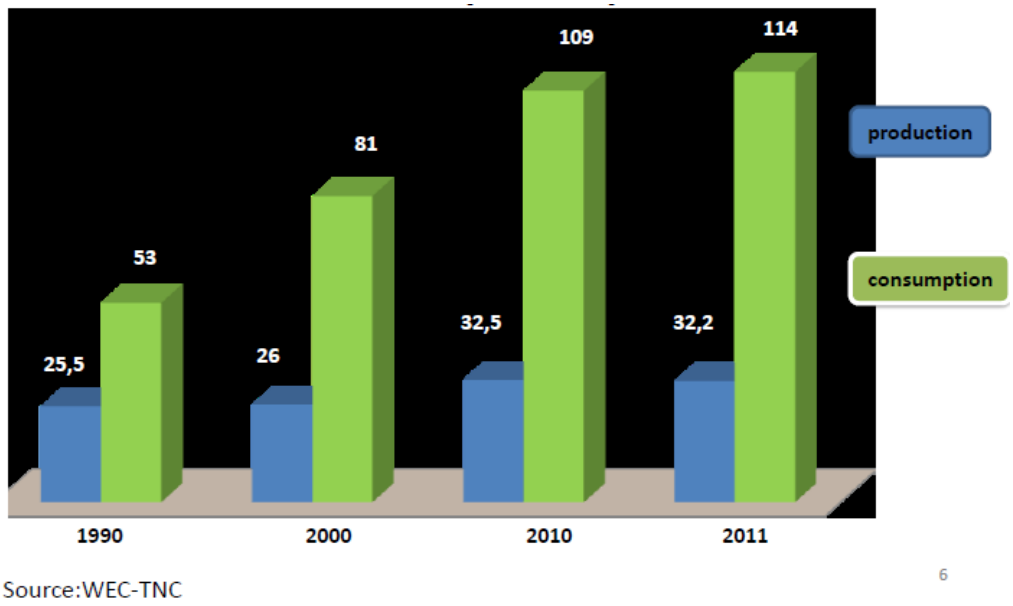


شکل ۱-۹ مصرف انرژی اولیه در ترکیه.

۱-۵-۱-۵- عرضه انرژی

همان‌طور که در شکل (۱-۱۰) دیده می‌شود، در سال ۲۰۱۱ انرژی تولیدی تنها در حدود ۲۸٪ از انرژی مصرفی ترکیه را تأمین کرده است [۴].

1- Organization for Economic Cooperation and Development
2- International Energy Agency (IEA)



شکل ۱-۱۰ نمودار روند تولید و مصرف انرژی اولیه در ترکیه در سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۱ برحسب میلیون تن نفت معادل (Mtoe).

میزان منابع انرژی موجود در کشور ترکیه و میزان تولید از آن منابع در سال‌های ۱۹۸۰- ۲۰۱۴ طبق آمار سال ۲۰۱۱ در جداول (۱-۱)، روند تولید و مصرف برق و ظرفیت توان نصب شده در جدول (۱-۲) و در پی آن روند انتشار CO_2 در جدول (۱-۳) ارائه شده است [۲ و ۴].

جدول ۱-۱ ذخایر انرژی کشور ترکیه.

ENERGY RESOURCES

	Reserve	Production-2011
Bituminous Coal (Hard Coal)	523 million tons	2,6 million tons
Lignite	12,1 billion tons	72,5 million tons
Crude Oil	44,4 million tons	2,4 million ton
Natural Gas	7,1 billion m^3	0,8 billion m^3
Hydraulic (economical potential)	170.000 Gwh/Year	57.472 Gwh/Year
Wind (economical potential; land 80%, offshore 20%)	48.000 MW	4.726 Gwh
Geothermal (potential)	600 MW_e	699 Gwh
Solar (estimated potential)	380 Gwh	-

جدول ۱-۲ روند و میزان انرژی اولیه در ترکیه در سال‌های ۱۹۸۰- ۲۰۱۴.

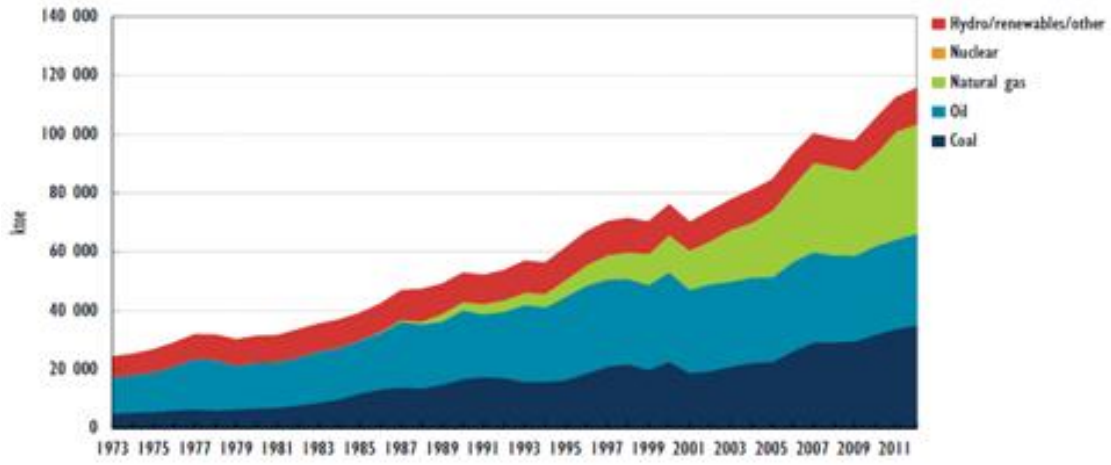
Total Primary Energy (Quadrillion Btu)		Previous Year				Latest Year
	History	Turkey	Europe	World	Rank	Turkey
Production	(1980-2012)	1.391	44	519	45	1.381
Consumption	(1980-2012)	4.838	82	520	23	5.054
Energy Intensity (Btu per 2005 U.S. Dollars)	(1980-2011)	5,328	5,500	7,413	103	5,346

جدول ۱-۳ روند انتشار CO2 در ترکیه در سال‌های ۱۹۸۰- ۲۰۱۴.

Carbon Dioxide Emissions (Million Metric Tons of CO_2)		Previous Year				Latest Year
	History	Turkey	Europe	World	Rank	Turkey
Total from Consumption of Fossil Fuels	(1980-2012)	294.91	4,348	32,155	23	296.93

۱-۵-۱-۶- سوخت‌های فسیلی

همان‌گونه که در شکل (۱-۱۱) و جدول (۱-۴) قابل مشاهده است، بیشتر منابع انرژی ترکیه را در سال‌ها ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۴ سوخت‌های فسیلی (نفت، زغال‌سنگ و گاز طبیعی) تشکیل می‌دهند که مصرف آن‌ها برای تولید انرژی روندی افزایشی داشته است [۲].



شکل ۱-۱۱ نمودار روند منابع انرژی اولیه (TPES) در ترکیه در سال‌های ۱۹۷۳-۲۰۱۲.

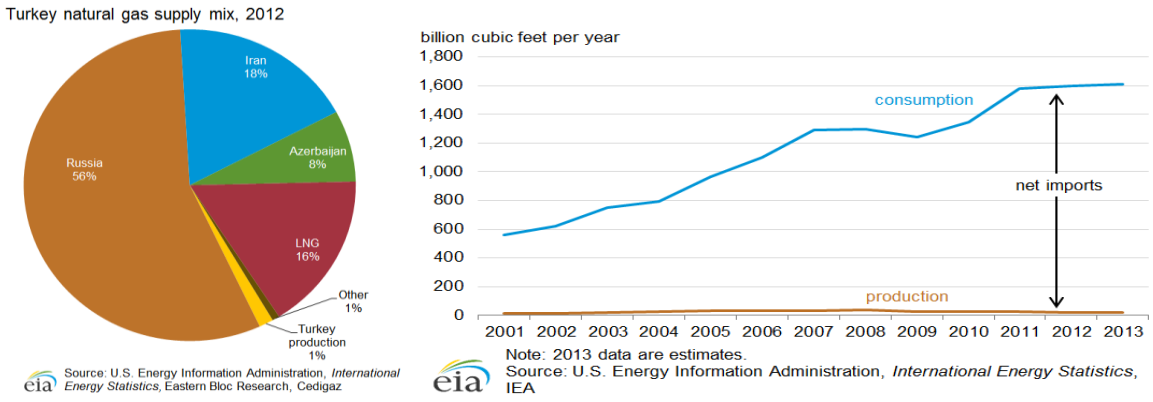
جدول ۱-۴ روند تولید، مصرف، واردات و صادرات منابع فسیلی انرژی (نفت، زغال‌سنگ و گاز طبیعی) در ترکیه در سال‌های ۱۹۸۰- ۲۰۱۴.

Petroleum (Thousand Barrels per Day)		Previous Year					Latest Year
	History	Turkey	Europe	OECD	World	Rank	Turkey
Total Oil Production	(1980-2013)	56.65	3,974	22,538	89,759	60	58.14
Crude Oil Production	(1980-2013)	44.76	3,111	15,667	75,960	56	46.24
Consumption	(1980-2013)	688.53	14,447	45,868	89,721	27	719.27
Estimated Petroleum Net Exports	(1980-2013)	-631.88	-10,472	-23,330	--	202	-661.13
Refinery Capacity	(1980-2012)	714	16,787	45,873	88,097	28	714
Proved Reserves (Billion Barrels)	(1980-2014)	0.27	12	227	1,646	49	0.29

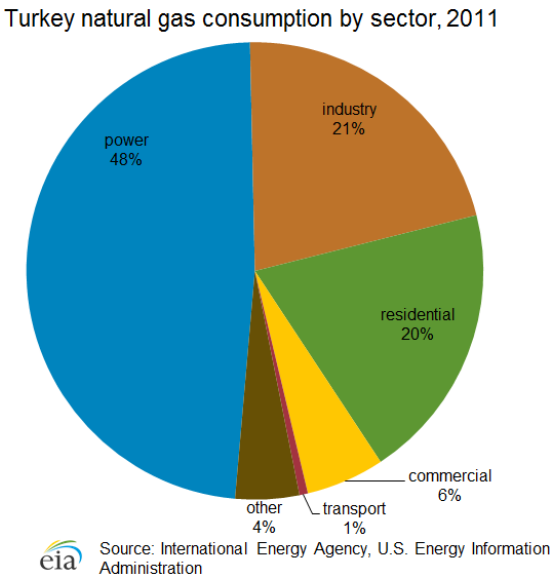
Coal (Million Short Tons)		Previous Year				Latest Year
	History	Turkey	Europe	World	Rank	Turkey
Production	(1980-2012)	83.904	779	8,444	12	76.622
Consumption	(1980-2012)	111.898	1,023	8,285	11	108.397
Net Export/Imports(-)	(1980-2012)	-26.441	-239	--	8	-31.775

Natural Gas (Billion Cubic Feet)		Previous Year				Latest Year
	History	Turkey	Europe	World	Rank	Turkey
Production	(1980-2013)	22.32	10,319	118,910	69	18.96
Consumption	(1980-2013)	1,598.15	18,698	119,568	22	1,611.78
Net Export/Imports(-)	(1990-2013)	-1,600.02	-8,199	--	7	-1,575.61
Proved Reserves (Trillion Cubic Feet)	(1980-2014)	0.22	146	6,846	80	0.24

۹۸٪ گاز طبیعی در ترکیه وارداتی است و با توجه به توافق‌نامه، مطابق شکل (۱-۱۲) واردکننده اصلی آن به ترکیه، کشور روسیه است. ترکیه به‌طور فزاینده‌ای به واردات گاز طبیعی وابسته است و هر سال مصرف داخلی آن افزایش می‌یابد (شکل۱-۱۲). گاز طبیعی در داخل این کشور به‌طور عمده در بخش برق استفاده می‌شود شکل (۱-۱۳) [۵].

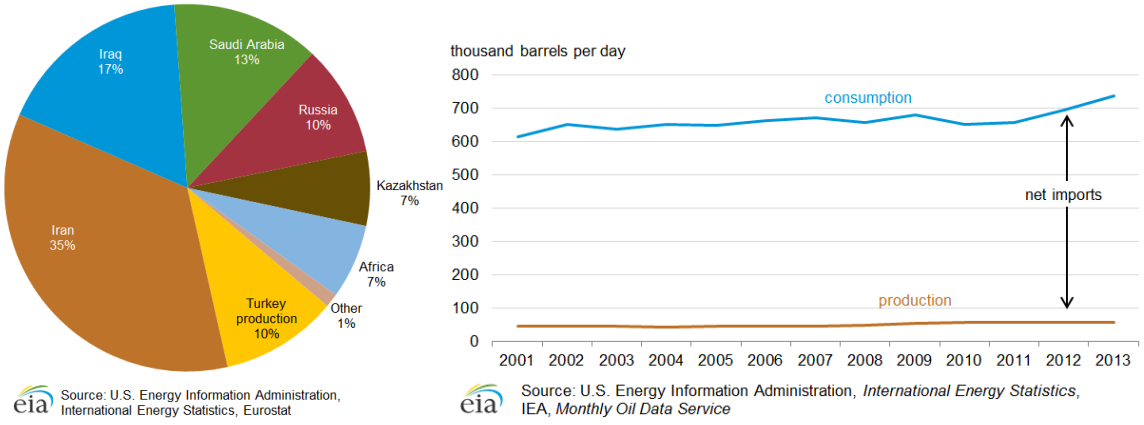


شکل ۱-۱۲ شکل سمت راست: نمودار روند تولید و مصرف گاز طبیعی در ترکیه در سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۱۳، شکل سمت چپ: نمودار تأمین گاز طبیعی ترکیه از کشورهای مختلف در سال ۲۰۱۲.

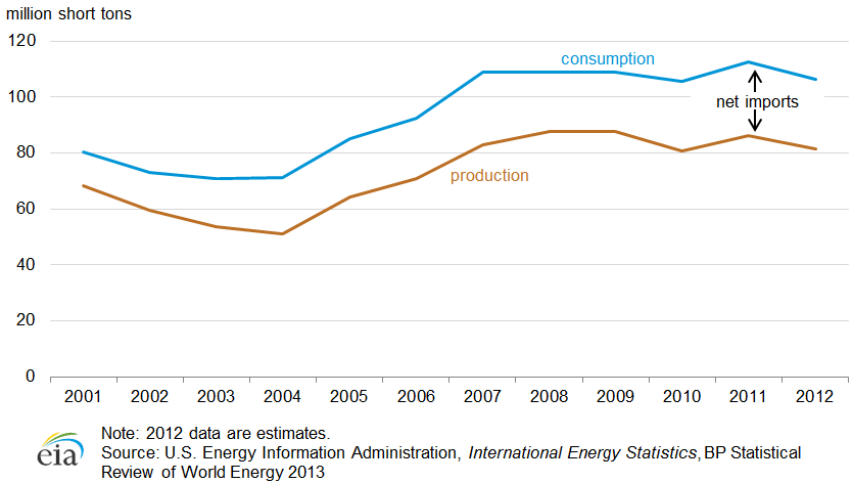


شکل ۱-۱۳ سهم بخش‌های مختلف در مصرف گاز طبیعی در ترکیه در سال ۲۰۱۱.

نرخ وابستگی به نفت و زغال‌سنگ به ترتیب ۹۰٪ و ۲۰٪ است (شکل‌های ۱-۱۴ و ۱-۱۵). ذخایر زغال‌سنگ و زغال چوب ترکیه که هنوز تبدیل نشده است، حدود ۱۰،۰۰۰ مگاوات توان نصب دارد. نیروگاه‌های زغال‌سنگ در ماتریس تولید برق ترکیه اهمیت دارند. در سال ۲۰۱۲ این کشور ۲۳٪ از کل عرضه زغال‌سنگ خود را وارد نمود که با افزایش اهمیت زغال‌سنگ در تولید برق، احتمال می‌رود که حجم این واردات افزایش یابد [۵].



شکل ۱-۱۴ شکل سمت راست: نمودار روند تولید و مصرف نفت و دیگر سوخت‌های مایع در ترکیه در سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۱۳، شکل سمت چپ: نمودار تأمین نفت خام ترکیه از کشورهای مختلف در سال ۲۰۱۲.



شکل ۱–۱۵ نمودار روند تولید و مصرف زغال‌سنگ در ترکیه در سال‌های ۲۰۰۱–۲۰۱۲.

۱–۵–۱–۷– وضعیت تولید و مصرف برق

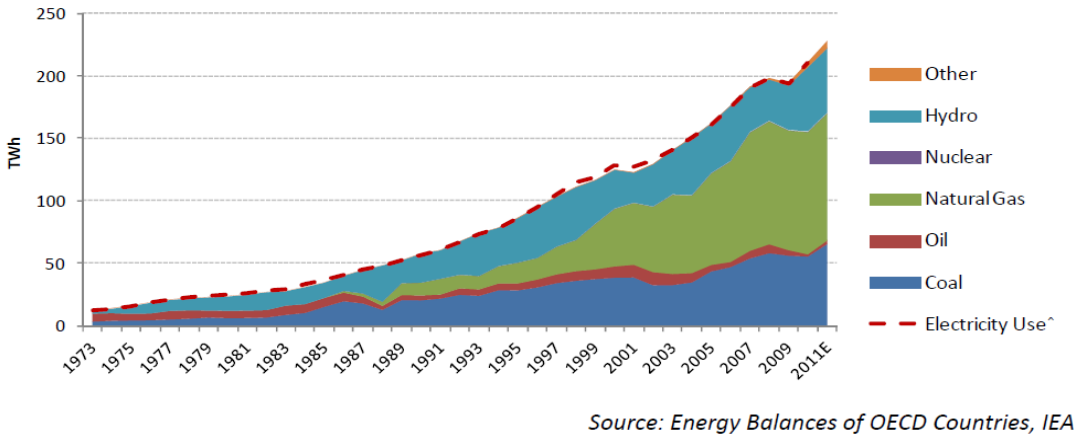
پس از بازسازی بخش برق در دهه ۱۹۹۰، تولید و مصرف برق گسترش یافت. بخش عمده برق ترکیه از منابع سوخت فسیلی تولید می‌شود، اگرچه دولت در نظر دارد تا حداقل بخشی از برق با انرژی هسته‌ای تأمین شود [۲].

در سال ۲۰۱۲، کل ظرفیت تولید برق ترکیه ۵۶/۱ گیگاوات بود و تولید برق خالص کل ۲۲۸ تراوات ساعت بود. تقاضای برق ترکیه در سال‌های ۲۰۱۱–۲۰۰۱ بیش از ۹۰٪ رشد کرد بیشتر این رشد بین سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۸ به وقوع پیوست (جدول ۱–۵). اگرچه به دلیل رکود اقتصادی، تقاضا در سال ۲۰۰۹ در مقایسه با سال گذشته با کاهش مواجه شد، در سال ۲۰۱۰ مصرف حدود ۱۰٪ در مقایسه با سال ۲۰۰۹ افزایش یافت [۲].

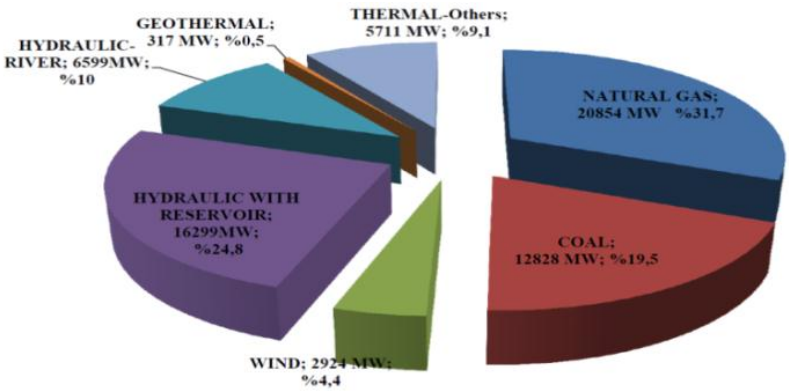
جدول ۱-۵ روند تولید و مصرف برق و ظرفیت توان نصب شده در ترکیه در سال‌های ۱۹۸۰- ۲۰۱۴.

Electricity (Billion Kilowatthours)		Previous Year				Latest Year
	History	Turkey	Europe	World	Rank	Turkey
Net Generation	(1980-2012)	218.59	3,568	21,182	20	228.34
Net Consumption	(1980-2012)	187.13	3,318	19,397	19	197.02
Installed Capacity (GWe)	(1980-2012)	52.92	1,033	5,315	18	57.12

انتظار می‌رود که تقاضای انرژی الکتریکی در ترکیه در سال ۲۰۲۰ به ۵۸۰ تراوات ساعت برسد [۶]. شکل‌های (۱-۱۶) و (۱-۱۷) روند تولید برق ترکیه از منابع مختلف را در سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۴ نشان می‌دهند. سوخت‌های فسیلی و برقآبی تقریباً تمام برق ترکیه را تولید می‌کنند. منابع سوخت فسیلی با وجود گاز طبیعی به‌عنوان مهم‌ترین منبع، بزرگ‌ترین سهم را در تولید برق ترکیه دارد [۲]. تا پایان ماه نوامبر سال ۲۰۱۳، ظرفیت کل نیروگاه‌های نصب‌شده ترکیه ۶۵،۷۳۵ مگاوات و ظرفیت نصب‌شده نیروگاه‌های زیست‌توده، ۲۲۴ مگاوات (۰/۳۵٪ از مجموع توان نصب‌شده) بود [۳، ۵].



شکل ۱-۱۶ نمودار روند تولید برق ترکیه از منابع مختلف در سال‌های ۱۹۷۳-۲۰۱۱.



شکل ۱-۱۷ ظرفیت نیروگاه‌های برق نصب‌شده در ترکیه در سال ۲۰۱۴.

۱-۵-۱-۸- انرژی تجدیدپذیر

ترکیه پتانسیل قابل‌توجهی از انرژی تجدیدپذیر دارد و نرخ بهره‌برداری از آن‌ها در حال رشد است. این کشور دارای ذخایر بزرگی از زغال، به‌ویژه لیگنیت (زغال چوب) است. دیگر منابع انرژی متعارف و تجدیدپذیر ترکیه شامل قیر معدنی، شیل، گاز طبیعی، برقآبی، زیست‌توده و همچنین منابع زمین‌گرمایی، بادی، خورشیدی و انرژی هسته‌ای می‌باشد که در جدول (۱-۶) به پتانسیل کلی و ظرفیت بهره‌برداری از این منابع در حال حاضر اشاره شده است [۶].

جدول ۱-۶ پتانسیل کلی و ظرفیت در حال بهره‌برداری منابع تجدیدپذیر در ترکیه.

منبع تجدیدپذیر	پتانسیل منبع	ظرفیت در حال بهره‌برداری
برقابی	۴۵۰۰۰ مگاوات	۱۹۶۱۹ مگاوات
باد	۴۸۰۰۰ مگاوات	۲۲۶۰ مگاوات
خورشیدی	۳۰۰ تراوات ساعت در سال (متوسط تابش جهانی ۱۵۰۰ کیلووات ساعت/مترمربع در سال) (۳۵ Mtoe)	۰
زمین‌گرمایی	۶۰۰ مگاوات	۱۶۲ مگاوات
زیست‌توده	زباله: ۸/۶ Mtoe	۲۲۴ مگاوات
	بیوگاز: ۲-۱/۵ Mtoe	
	زائدات کشاورزی: ۱۵/۵ میلیون تن معادل ۳۰۰ پتاژول	
	زائدات جنگلی: ۴/۸ میلیون تن معادل ۱/۵ میلیون TEP معادل ۶۰۰ مگاوات	

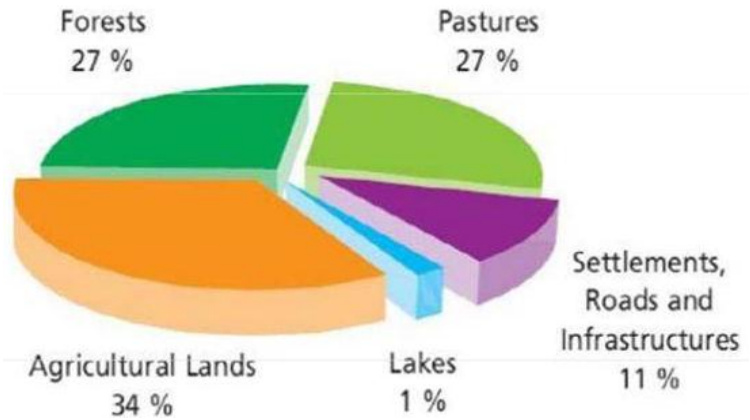
منبع تجدیدپذیر	پتانسیل منبع	ظرفیت در حال بهره‌برداری
	مجموع: ۳۲ Mtoe قابل بازیابی: ۱۶/۹۲ Mtoe	

۱-۵-۱-۹- منابع زیست‌توده

منابع عمده زیست‌توده در ترکیه عبارتند از:

- زائدات کشاورزی
- زائدات جنگلی و صنایع چوبی
- زباله شهری
- گیاهان انرژی‌زا
- فضولات دامی
- لجن تصفیه فاضلاب شهری [۵].

همان‌طور که در شکل (۱-۱۸) دیده می‌شود، ۲۷/۲٪ از مساحت کشور ترکیه، به عبارتی حدود ۲۱/۷ میلیون هکتار از سطح این کشور، مناطق جنگلی است. زمین‌های کشاورزی (۳۴٪) و مراتع (۲۷٪) نیز سهم قابل توجهی در پوشش مناطق و در نتیجه پتانسیل زیست‌توده این کشور دارا می‌باشند[۴].



شکل ۱-۱۸ کاربری زمین‌های ترکیه.

پتانسیل انرژی زیست‌توده زائدات جنگلی و کشاورزی ترکیه (BEPA) که توسط GDRE در شکل (۱-۱۹) قابل مشاهده است [۳].

شکل ۱-۱۹ اطلس پتانسیل انرژی زیست‌توده زائدات جنگلی و کشاورزی ترکیه (BEPA).

در طول دهه گذشته، مصرف زیست‌توده جنگل در مقایسه با کل انرژی از ٪۲۲ به ٪۱۴ کاهش یافته است که این افت ناشی از افزایش مداوم مصرف گاز نفت مایع (LPG) است. LPG سوختی ارزان و پاک است که حمل‌ونقل و اشتعال آن آسان می‌باشد. در سال‌های اخیر پتانسیل زیادی برای گیاهان انرژی‌زای در ترکیه گزارش نشده است. برخی از گزارش‌های منتشرشده پتانسیل کمی را برای میسکانتوس[1] در سرزمین نیمه‌خشک (۳۱۰ mm باران در سال) با بازده کم (۷ تن زیست‌توده خشک در هر هکتار) نشان داده‌اند. کشور ترکیه با زمین‌های نیمه‌خشک، نیاز به استفاده از تجربه کشورهایی همچون اسپانیا، ایتالیا و یونان دارد. گیاهانی مانند آرتیشوی خاردار[2]، گندم ساقه بلند و بسیاری از گیاهان دیگر برای زمین‌های حاشیه‌ای با هزینه‌های کم اجاره زمین می‌تواند منطقی‌تر باشد. نی‌های غول‌پیکر[3]، علف و دیگر گیاهان انرژی‌زای دیگر که به‌طور گسترده در اروپا توسعه یافته است، گزینه‌های اجرایی مناسبی برای ترکیه می‌باشند (شکل‌های ۱-۲۰ و ۱-۲۱). در مناطق سردتر، برخی از محصولات چوبی مانند نارون سیبری می‌تواند بیشتر توسعه یابد [۴].

1- Miscanthus
2- Cardoon
3- Arundo donax

شکل ۱-۲۰ نی‌های غول‌پیکر

شکل ۱-۲۱ کشت گیاهان انرژی‌زا با کود آلی حاصل از باقی‌مانده‌های سیستم بیوگاز.

۱-۵-۱-۱۰- پتانسیل منابع زیست‌توده

در ادامه محاسبات پتانسیل‌سنجی استحصال انرژی از زیست‌توده از چهار منبع اصلی زیست‌توده در ترکیه شامل زباله شهری، گیاهان انرژی‌زا، فضولات دامی و لجن فاضلاب شهری که توسط Ozcan و همکاران انجام شده، به تفصیل آورده شده است [۵].

❑ زباله شهری

الف) محاسبه پتانسیل انرژی قابل استحصال از بیوگاز زباله شهری

- میزان گاز قابل استحصال از دفنگاه در مدت ۲۰ سال: ۶۰-۲۹۰ مترمکعب در هر تن پسماند (۱۰۰ در نظر گرفته می‌شود.)

- درصد مواد آلی در ترکیب پسماند: ۵۰–۶۰٪
- درصد متان در ترکیب بیوگاز: ۵۰–۶۰٪ (۵۰٪ در نظر گرفته می‌شود)
- میزان پسماند تحت پوشش سالانه: ۲۷۲۷۶۱۴۵ تن در سال
- میزان پسماند تحت پوشش در دوره ۲۰ ساله: ۴۸۵،۵۲۲،۹۰۰ تن در سال
- پتانسیل تولید گاز دفنگاه در دوره ۲۰ ساله: ۴۸/۵۵ میلیارد مترمکعب
- میزان گاز دفنگاه قابل‌دستیابی در دوره ۲۰ ساله: ۱۹/۴۲ میلیارد مترمکعب (۴۰٪)
- میزان گاز دفنگاه قابل‌دستیابی سالانه: ۰/۹۷ میلیارد مترمکعب در سال
- ارزش حرارتی پایینی گاز دفنگاه: ۵ کیلووات ساعت بر مترمکعب
- کل انرژی قابل استحصال از گاز دفنگاه: ۴/۸۵ تراوات ساعت در سال

ب) محاسبه پتانسیل انرژی قابل استحصال از زباله‌سوزی زباله شهری

- جمعیت تحت پوشش سالانه در مراکز بزرگ ترکیه: ۳۳،۱۰۲،۶۰۸ نفر
- سرانه تولید پسماند: ۱/۱۵ کیلوگرم بر نفر در روز (۰/۴۲ تن بر نفر در سال)
- میزان پسماند تحت پوشش سالانه در مراکز بزرگ ترکیه: ۱۳،۹۰۳،۰۹۵ تن در سال
- میزان زباله استفاده شده در زباله‌سوزی: ۵،۵۶۱،۲۳۸ تن در سال
- ارزش حرارتی پایینی زباله: ۲۵۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم (۹ گیگاژول بر تن)
- کل انرژی قابل استحصال از زباله‌سوزی: ۱۳/۹۰ تراوات ساعت در سال

❑ گیاهان انرژی‌زا

الف) محاسبه پتانسیل انرژی قابل استحصال از بیوگاز گیاهان انرژی‌زا

- میزان سطح زیر کشت گیاهان انرژی‌زا: ۴۰۱۷۱۹۷ هکتار
- پتانسیل تولید بیوگاز از واحد سطح زمین: ۶۸۵۸ مترمکعب بر هکتار
- بیوگاز تولیدی از زمین‌های کشت گیاهان انرژی‌زا: ۲۷/۵۴۹ میلیارد مترمکعب در سال
- ارزش حرارتی پایینی بیوگاز حاصله: ۶ کیلووات ساعت بر مترمکعب

- کل انرژی بیوگاز حاصله: ۱۶۵/۲۹ تراوات ساعت در سال

ب) محاسبه پتانسیل انرژی قابل استحصال از زیست‌توده گیاهان انرژی‌زا

- میزان سطح زیر کشت گیاهان انرژی‌زا: ۴،۰۱۷،۱۹۷ هکتار
- پتانسیل تولید زیست‌توده از واحد سطح زمین: ۱۰ تن بر هکتار
- میزان زیست‌توده تولیدی از زمین‌های کشت گیاهان انرژی‌زا: ۴۰،۱۷۱،۹۷۰ تن
- ارزش حرارتی پایینی زیست‌توده حاصله: ۵۰۰۰ کیلووات ساعت بر تن (۱۸ گیگاژول بر تن)
- کل انرژی زیست‌توده حاصله: ۲۰۰/۸۵ تراوات ساعت در سال

❑ فضولات دامی

الف) محاسبه پتانسیل انرژی قابل استحصال از بیوگاز فضولات دامی

مشخصات تعداد رئوس دام‌های گاو، گوسفند و بز و طیور به همراه میزان سالانه تولید فضولات هر رأس و درصد زیست‌توده خشک این فضولات و درصد دسترسی به هرکدام در جدول زیر آورده شده است. در نهایت:

- بیوگاز قابل استحصال از فضولات دامی در دسترس: ۲/۵۷ میلیارد مترمکعب در سال
- ارزش حرارتی پایینی بیوگاز حاصله: ۶/۳ کیلووات ساعت در مترمکعب

کل انرژی بیوگاز حاصله: ۱۶/۹ تراوات ساعت در سال

این قسمت از محاسبات با ضرایب در نظر گرفته شده برای تولید فضولات، رطوبت، دسترسی و تولید بیوگاز در جدول (۱-۷) آورده شده است:

جدول ۱-۷ محاسبه انرژی بیوگاز فضولات دامی

The total biogas potential of animal manures.

Animal Kind	Bovine	Sheep and Goat	Poultry	Total
Number of animals	12,483,969	32,309,518	241,498,538	
The wet manure amount per unit (ton/year)	9.95	0.82	0.03	
Total amount of wet manure (million ton/year)	124.21	26.49	7.24	
Dry manure rate (%)	12.7	25	25	
Total dry manure amount (millions ton/year)	15.77	6.62	1.81	
Availability (%)	65	13	99	
Usable total dry manure amount (million ton/year)	10.25	0.86	1.79	
Biogas amount for 1 ton dry manure (m^3/year)	200	200	200	
Total biogas amount (billion-m^3/year)	2.05	0.17	0.35	2.57
Biogas LHV (kWh/m^3)				6.3
Energy value (TWh/year)				16.19

ب) محاسبه پتانسیل انرژی قابل استحصال از زیست‌توده فضولات دامی:

میزان زیست‌توده در دسترس خشک فضولات دامی: ۱۲/۹۰ میلیون تن در سال

ارزش حرارتی پایینی زیست‌توده خشک فضولات دامی: ۴،۱۶۶/۶۶ کیلووات ساعت بر تن (۱/۵ گیگاژول در تن)

کل انرژی زیست‌توده در دسترس خشک فضولات دامی: ۵۳/۷۴ تراوات ساعت در سال

❑ فاضلاب شهری

الف) محاسبه پتانسیل انرژی قابل استحصال از بیوگاز فاضلاب شهری

- جمعیت تحت پوشش در مراکز بزرگ کشور ترکیه: ۳۳،۱۰۲،۶۰۸ نفر
- سرانه تولید بیوگاز از فاضلاب شهری: ۰/۰۲۵ مترمکعب بر نفر در روز
- بیوگاز قابل استحصال از فاضلاب شهری: ۰/۳ میلیارد مترمکعب در سال
- ارزش حرارتی پایینی بیوگاز حاصله: ۶/۲۲ کیلووات ساعت در مترمکعب (۲۲/۴ مگاژول بر مترمکعب)
- کل انرژی بیوگاز حاصله: ۱/۸۸ تراوات ساعت در سال

ب) محاسبه پتانسیل انرژی قابل استحصال از زیست‌توده لجن فاضلاب شهری

- جمعیت تحت پوشش در مراکز بزرگ کشور ترکیه: ۳۳،۱۰۲،۶۰۸ نفر

- سرانه مصرف آب شهری: ۲۰۰ لیتر بر نفر در روز: ۷۳،۰۰۰ لیتر بر نفر در سال
- درصد تبدیل آب مصرفی به فاضلاب: ۸۰٪
- سرانه تولید فاضلاب: ۵۸۴۰۰ لیتر بر نفر در سال
- درصد تبدیل فاضلاب به لجن: ۴٪
- سرانه تولید لجن (با دانسیته ۱ کیلوگرم بر لیتر): ۲۳۳۶ لیتر بر نفر در سال
- درصد تبدیل لجن به زیست‌توده خشک: ۴/۲٪
- سرانه تولید لجن خشک: ۹۸/۱۱۲ کیلوگرم بر نفر در سال
- ارزش حرارتی پایینی لجن خشک: ۶/۲۲ کیلووات ساعت در تن (۱۱ گیگاژول بر تن)
- کل انرژی لجن خشک: ۹/۹۱ تراوات ساعت در سال

۱-۵-۱-۱۱- پتانسیل‌سنجی استحصال انرژی از کل زیست‌توده

جدول (۱-۸) پتانسیل تولید بیوگاز و استحصال انرژی از منابع زیست‌توده ترکیه را نشان می‌دهد. بر اساس محاسبات انجام شده، کل انرژی بیوگاز قابل استحصال در ترکیه ۱۸۸/۲۱ تراوات ساعت در سال و کل انرژی قابل استحصال از منابع بالقوه زیست‌توده ارزیابی شده در این کشور ۲۷۸/۴۰ تراوات ساعت در سال است [۵].

جدول ۱-۸ پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی از منابع زیست‌توده ترکیه.

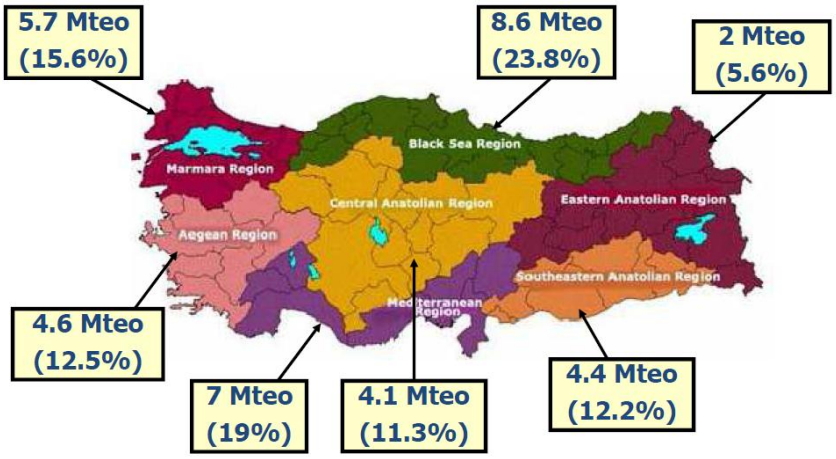
Source	MSW	Agricultural crops	Animal manure	Urban wastewater treatment sludge	Total
Biogas energy value (TWh/year)	4.85	165.29	16.19	1.88	188.21
Biomass energy value (TWh/year)	13.9	200.85	53.74	9.91	278.4

تبدیل این انرژی به برق با استفاده از موتورهای بیوگاز در ترکیه متداول‌ترین روش است که بازدهی بالایی (۴۰/۴٪) دارد. تعداد ساعات کارکرد سالانه این موتورها با توجه به شرایط ترکیه در حدود ۸۰۰۰ ساعت در سال است (قابلیت ۹۱٪). با توجه به این مطالب، مطابق محاسبات جدول (۱-۹) توان نصب نیروگاهی آن ۹/۵ گیگاوات است [۵].

جدول ۱-۹ پتانسیل توان نیروگاهی بیوگاز حاصل از زیست‌توده.

Biogas energy value (TWh/year)	Biogas engine electrical efficiency (%)	Secondary energy value (TWh/year)	Availability (%)	Installed power capacity (GW)
188.21	40.4	76.03	91	9.5

شکل (۱-۲۲) اطلس پتانسیل انرژی زیست‌توده در کشور ترکیه را نشان می‌دهد که در مجموع معادل ۳۲/۶ میلیون تن نفت معادل است. در حاضر تنها از ۴۳٪ از انرژی قابل بازیافت از زیست‌توده(۱۶/۹۲ میلیون تن معادل نفت خام) برای تولید انرژی استفاده می‌شود و همان طور که پیشتر اشاره شد، ظرفیت نیروگاه‌های زیست‌توده در حال بهره‌برداری ۲۲۴ مگاوات می‌باشد [۳].



شکل ۱-۲۲ اطلس پتانسیل انرژی زیست‌توده در ترکیه (۳۲/۶ Mtoe).

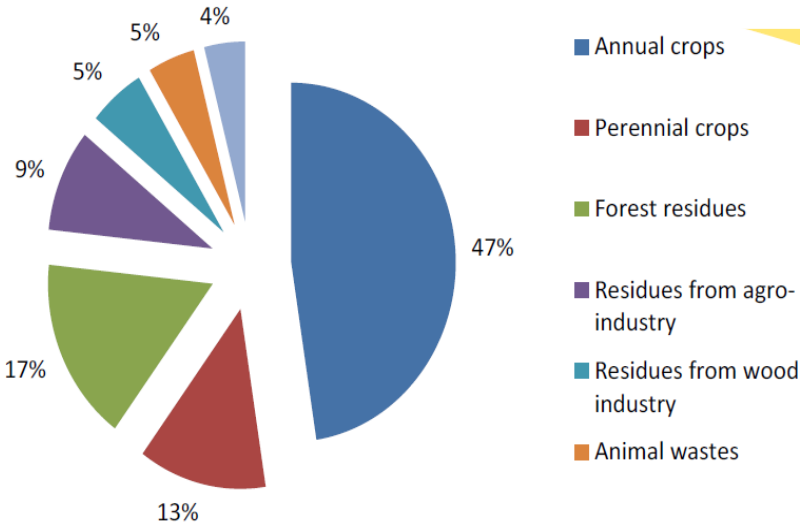
منابع زائدات جنگلی و کشاورزی بیشترین سهم را در پتانسیل منابع زیست‌توده در کشور دارند. پس از آن زائدات صنایع چوبی و سپس فضولات دامی در رده‌های بعدی قرار دارند که در جدول (۱-۱۰) و شکل (۱-۲۳) پتانسیل و سهم منابع مختلف زیست‌توده ارائه شده است.

- زائدات کشاورزی: ۱۵/۵ میلیون تن معادل ۳۰۰ پتاژول
- زباله: ۸/۶ میلیون تن نفت (TEP) (۶ میلیون TEP از آن برای گرم کردن استفاده می‌شود.)

- زائدات جنگلی: ۴/۸ میلیون تن معادل ۱/۵ میلیون TEP معادل ۶۰۰ مگاوات [۳].

جدول ۱-۱۰ پتانسیل انرژی زیست‌توده در ترکیه در سال ۲۰۱۳.

Biomass	Annual potential (mtons)	Energy (Mtoe)
Annual crops	54,4	15,5
Perennial crops	16,0	4,1
Forest residues	18,0	5,4
Residues from agro-industry	10,0	3,0
Residues from wood industry	6,0	1,8
Animal wastes	7,0	1,5
Other (municipal)	5,0	1,3
Total	116,4	32,6



شکل ۱-۲۳ سهم پتانسیل منابع زیست‌توده در ترکیه

۱-۵-۱-۱۲- پتانسیل‌سنجی استحصال بیوگاز از زیست‌توده

- پتانسیل تولید بیوگاز از زیست‌توده: ۱/۵-۲ میلیون تن معادل نفت خام
- ظرفیت تولید سالانه کنونی: ۱۸۰ میلیون مترمکعب بیوگاز (توسط ۲۰ نیروگاه بیوگاز)
- ظرفیت کل گاز دفنگاه: ۱۶۲/۷ میلیون مترمکعب در سال [۳].

علاوه بر مطالعات انجام شده که در بخش قبل به آن اشاره شد، "پروژه بیوگاز ترکیه-آلمان" با همکاری وزارت فدرال محیطزیست، سازمان حفاظت از طبیعت و سازمان ایمنی هسته‌ای و وزارت محیطزیست و شهرسازی در سال ۲۰۱۰ آغاز شد. هدف از این پروژه، تعیین پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات گاو، مرغ (گوشتی و تخم‌گذار)، زباله‌های آلی و مواد زائد صنایع غذایی و سهم آن در مصرف انرژی ترکیه بود که نتایج آن در جدول (۱-۱۱) ارائه شده است [۵].

جدول ۱-۱۱ پتانسیل تولید بیوگاز از منابع مختلف در ترکیه در سال ۲۰۱۰ در "پروژه بیوگاز ترکیه-آلمان" [۲۷].

منبع زیست‌توده	نوع پتانسیل	میزان پتانسیل بیوگاز	
		پتاژو ل در سال	تراوات ساعت در سال
فضولات دامی	نظری	۱۱۵/۹	۳۲/۱۹۴
	فنی	۴۷/۳	۱۳/۱۳۸
فضولات طیور	نظری	۳۶/۶	۱۰/۱۶۶
	فنی	۳۶/۲	۱۰/۰۵۵
گیاهان انرژی‌زا	نظری	۳۰۰	۸۳/۳۳۳
	فنی	۷۵	۲۰/۸۳۳
زباله شهری	نظری	۲۲	۶/۱۱۱
	فنی	۱۱	۳/۰۵۵
مجموع فضولات دام و طیور، گیاهان انرژی‌زا، زائدات کشاورزی و زباله شهری	نظری	۷۹۶/۴	۲۲۱/۲۲۲
	فنی	۲۲۰/۴	۶۱/۲۲۲

۱-۵-۱-۱۳- فناوری‌های استحصال انرژی از زیست‌توده

پروژه‌های استحصال انرژی از زیست‌توده در حال حاضر به صورت گسترده در ترکیه در حال اجرا هستند (شکل ۱-۲۴).

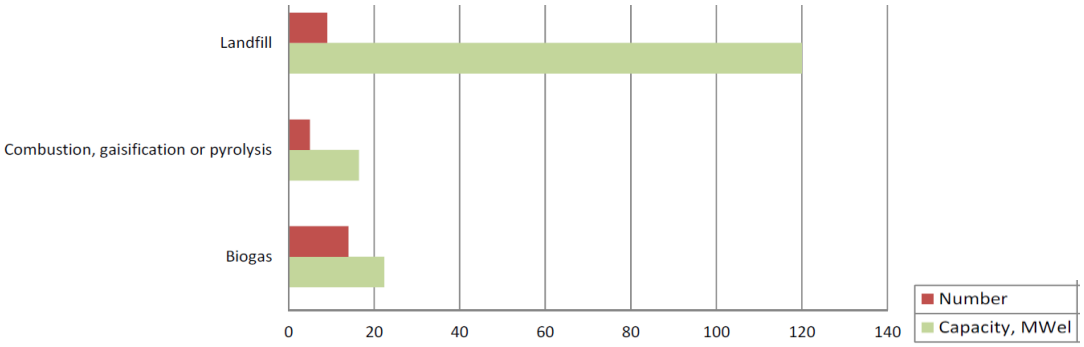
فناوری‌های رایج امروز در ترکیه برای استحصال انرژی از زباله عبارتند از:

- استحصال گاز دفنگاه
- تولید بیوگاز در هاضم‌های بی‌هوازی
- تولید بیواتانول و بیودیزل
- احتراق و گازیسازی زیست‌توده و احتراق محلی [۵].

همان طور که در جدول (۱-۱۲) قابل ملاحظه است، ظرفیت نصیب شده نیروگاه‌های تولید برق زیست‌توده در کشور ترکیه در سال ۲۰۱۲ در حدود ۱۶۰ مگاوات بوده است که بیش از ۹۰٪ از آن با استفاده از فرایندهای شیمیایی بر پایه هضم بی‌هوازی برای تولید بیوگاز و یا گاز دفنگاه است. این ظرفیت در حال حاضر به ۲۲۴ مگاوات رسیده و در حال افزایش است [۲۵].

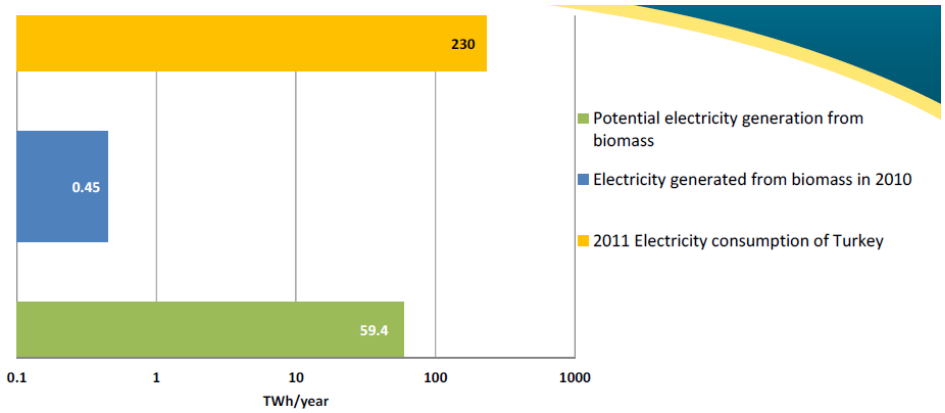
جدول ۱-۱۲ تعداد و ظرفیت نیروگاه‌های تولید برق از زیست‌توده در کشور ترکیه در سال ۲۰۱۲.

	بیوگاز	احتراق، گازی سازی یا پیرولیز	لندفیل
تعداد	۱۴	۵	۹
ظرفیت (مگاوات)	۱۲۰	۱۶/۴۳	۲۲/۳۴



شکل ۱-۲۴ فناوری‌های رایج در نیروگاه‌های تولید برق از زیست‌توده در کشور ترکیه.

پتانسیل تولید برق از زیست‌توده در حدود ۶۰ تراوات ساعت است که می‌تواند حدود ۲۵٪ از نیاز برق این کشور را تأمین کند (شکل ۱-۲۵) [۲۵].



شکل ۱-۲۵ پتانسیل تولید برق از زیست‌توده در کشور ترکیه.

کشور ترکیه در حال سرمایه‌گذاری بر روی پروژه‌های تولید برق از زیست‌توده با استفاده از فناوری گازیسازی یکپارچه توربین گازی است که بازده تبدیل انرژی بالایی دارد. برق تولیدشده توسط احتراق مستقیم زیست‌توده و فناوری‌های پیشرفته گازیسازی و پیرولیز تقریبا برای استفاده در مقیاس تجاری مهیا می‌باشد. احتراق تکمیلی زیست‌توده در نیروگاه‌های بخار، تحت شرایط خاص، از لحاظ اقتصادی امکان‌پذیر به نظر می‌رسند.

❑ دفنگاه

یکی از بزرگ‌ترین بازیکنان در تولید بیوگاز از دفنگاه زباله شرکت Ortadogu است. در حال حاضر نزدیک به ۲۳ مگاوات از ظرفیت تولید این شرکت در حال بهره‌برداری و ۱۳ مگاوات از آن در دست‌ساخت است.

ITC-KA دارای چهار واحد تولید گاز از محل دفن زباله در آدانا، آنکارا و قونیه است. این شرکت ۵۸/۶۴ مگاوات ظرفیت دارد که ۳۸/۱۷ مگاوات از آن در حال حاضر در حال بهره‌برداری است [۴].

لیست شرکت‌های دارای مجوز تولید انرژی از گاز دفنگاه و نیز نیروگاه‌های گاز دفنگاه کشور ترکیه به ترتیب در جداول (۱-۱۳) و (۱-۱۴) و شکل (۱-۲۶) آمده است [۴].

جدول ۱-۱۳ لیست شرکت‌های دارای مجوز تولید انرژی از گاز دفنگاه.

	Company Name	License Type	Location	Licence Date/ Duration	Installed Capacity (Mwe)
1	**ISTAÇ**	Auto producer	İstanbul	28.08.2003 10 years	4.02
2	**Bel-ka Ankara**	Auto producer	Ankara - Sincan	01.05.2003 15 years	3.2
3	**Ortadoğu Enerji**	Generation	İstanbul - Eyüp	26.10.2007 24 yr-2 month	28.3
4	**Ortadoğu Enerji**	Generation	İstanbul - Şile	25.10.2007 23 yr- 2 month	7.56
5	**ITC-KA Enerji**	Generation	Ankara - Mamak Biogas Power Plant	08.04.2006 49 years	36
6	**Ekolojik Enerji**	Generation	Istanbul - Kemerburgaz	05.10.2004 49 years	5.826
7	**Ekolojik Enerji**	Generation	Tekirdağ - Çorlu	24.09.2008 49 years	0.8
8	**ITC-KA Enerji**	Generation	Ankara - Sincan	20.11.2008 until 17.09.2051	5.66
9	**ÇEV Enerji**	Generation	Gaziantep - Şahinbey	27.08.2009 until 28.10.2037	5.655
10	**ITC Adana**	Generation	Adana - Yüreğir Solid waste area energy production cen.	04.02.2010 30 years	11.32
11	**ÇEV Marmara**	Generation	Bolu - Center	17.06.2010 until 09.02.2038	1.131
12	**Bereket Enerji**	Generation	Denizli - Center LFG plant	27.10.2010 until 29.10.2020	0.635
13	**ITC-KA Enerji**	Generation	Konya - Karatay Solid Waste Area - Energy Generation P.	24.03.2011 10 years	5.66
14	**Körfez Enerji**	Generation	Kocaeli Landfill Biogas Facility project	10.06.2011 until 20.10.2039	2.4
15	**ITC Bursa Enerji**	Generation	Bursa - Osmangazi Solid Waste Area	12.01.2011 until 14.01.2040	9.8
	TOTAL				**127.967**

Source: Energy Market Regulatory Authority (EMRA)

جدول ۱-۱۴ لیست نیروگاه‌های گاز دفنگاه.

Name	Type	Location	Year	Installed Power (MW)
Odayeri Power Plant	Landfill Gas Energy	İstanbul	2009	33
Komurcuoda Power Plant	Landfill Gas Energy	İstanbul	2010	14
Solaklar Power Plant	Landfill Gas Energy	Kocaeli	2012	5
Dilovasi Power Plant	Landfill Gas Energy	Kocaeli	2013	1

شکل ۱-۲۶ نمونه‌هایی از نیروگاه‌های دفنگاه در کشور ترکیه.

❑ بیواتانول، بیودیزل و بیوگاز

ظرفیت نصب، تعداد کارخانجات و میزان تولید بیواتانول، بیودیزل و بیوگاز در سال ۲۰۱۱ و نیز لیست نیروگاه‌های بیوگاز در کشور ترکیه به ترتیب در جداول (۱–۱۵) و (۱–۱۶) ارائه شده است [۴].

جدول ۱–۱۵ ظرفیت نصب، تعداد کارخانجات و میزان تولید بیواتانول، بیودیزل و بیوگاز در ترکیه در سال ۲۰۱۱.

	Installed Capacity	Number of Company	Production (2011)	Legislation
Bioethanol	149,5 million liter (PAPDK)	Konya Sugar, Tarkim, Tezkim, Eskisehir Sugar	Less than 30 million liter	Gasoline 2013 (%2) 2014 (%3)
Biodiesel	1 Billion liter (EPDK)	36 (with licence), Production only 1	9,5 million liter	2013 (%1) 2014 (%2) 2015 (%3)
Biogas	158 MW (EPDK)	32 (mostly landfill)	88,4 MW (2011)	13,3 $cent/kWh (10 years)

DEK TMK Energy Report, 2011
EPDK: Energy Market Requlatory Authority)

* ستون آخر جدول (۱–۱۵) میزان درصد ترکیب مجاز سوخت زیستی را با بنزین نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱۶ لیست نیروگاه‌های بیوگاز ترکیه.

	Company Name	Licence Type	Location	Licence Date/ Duration	Installed Capacity (MwE)
1	Cargill Tarim	Auto producer	Bursa	20.09.2007 30 years	0.12
2	Yeni Adana	Auto producer	Adana	25.05.2007 49 years	0.8
3	Yeni Adana	Auto producer	Adana	30.03.2004 15 years	0.8
4	GASKI Enerji	Generation	Gaziantep	22.03.2007 49 years	1.66
5	ESES Eskisehir	Auto producer	Eskisehir - Ordupazari	17.06.2010 49 years	2.042
6	Konbeltas Konya	Generation	Konya - Karatay Waste Water Treatment Facility	13.04.2010 Until 04.06.2085	2.436
7	Mersin Metropolitan	Generation	Mersin	05.04.2011 Until 20.05.2040	1.9
8	Samsun Avdan	Generation	Samsun Biogas facility	18.05.2011 Until 15.07.2039	2.472
9	Pamukova Renewable Energy	Generation	Sakarya - Pamukova Biogas facility	12.05.2011 Until 26.02.2039	1.4
10	IZAYDAS	Generation	Kocaeli Biogas Facility	12.01.2012 Until 12.01.2022	0.7 MW
11	Sigma Elektrik	Generation	Amasya - Suluova Biogas Facility	26.10.2011 Until 03.12.2059	2
12	Derin Enerji	Generation	Ankara - Beypazari Biogas Facility	11.11.2011 20 years	0.576
13	Her Enerji	Generation	Kayseri - Kocasinan Solid Waste dumpsite biogas facility	11.08.2011 10.09.2020	1.56
	TOTAL				19.766

Source: Energy Market Regulatory Authority (EMRA)

در حال حاضر تنها ۳۶ نیروگاه بیوگاز در حال بهره‌برداری در کشور ترکیه موجود است که با توجه به جدول (۱-۱۷) اکثر آن‌ها در بخش شهری و صنعتی (گاز دفنگاه یا واحدهای تصفیه پساب) هستند و در بخش غربی ترکیه (به ویژه استانبول و کوکائلی[1]) واقع شده‌اند [۲۶].

[1] Kocaeli

جدول ۱-۱۷ لیست نیروگاه‌های بیوگاز در حال بهره‌برداری و طرح‌ریزی شده در کشور ترکیه بر اساس بخش و ظرفیت.

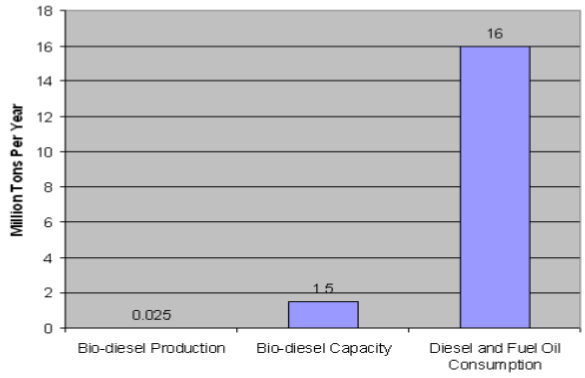
	Biogas Plants in operation	Capacity in operation [MW]	Biogas Plants in planning	Capacity in planning [MW]	Biogas Plants total	Total Capacity [MW]
Agriculture (animal waste, crops)	2	0,68	12	11,99	14	12,58
Food Industry (wastewater, organic waste)	17	13,68	2	3,88	19	17,56
Municipality (landfill gas, wastewater)	17	96,98	12	34,72	29	131,70
Municipality (landfill gas)	13	93,04	9	32,03	22	125,08
Municipality (wastewater)	4	3,94	3	2,69	7	6,62
Undefined	0	0	23	61,16	23	61,16
Total	**36**	**111,23**	**49**	**111,76**	**85**	**222,99**

شکل ۱-۲۷ نیروگاه بیوگاز Izadyas ترکیه با ظرفیت تولید ۰/۷ مگاوات [۴].

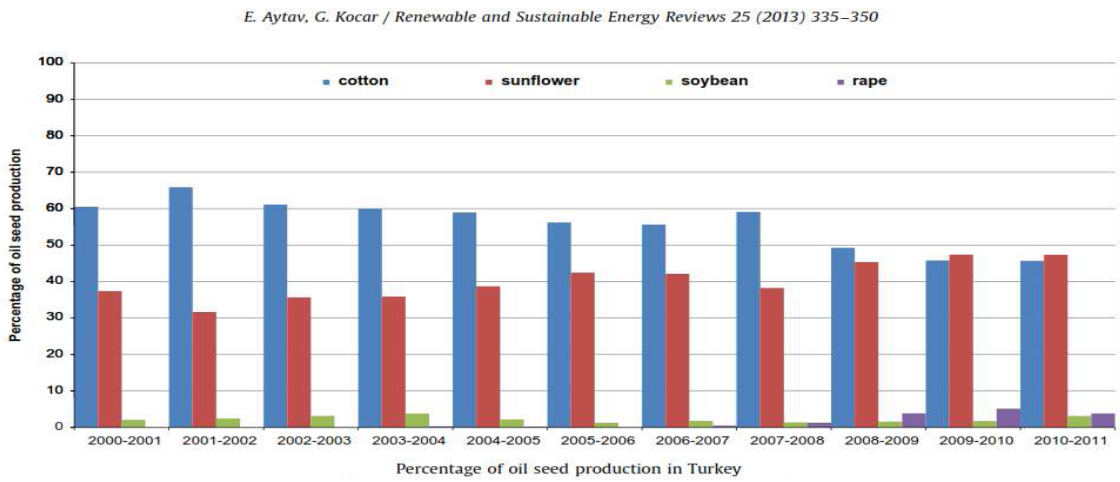
❑ بیودیزل و بیواتانول

در سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۰ در سرمایه‌گذاری در بخش سوخت‌های زیستی در ترکیه رشد سریعی رخ داد. در سال ۲۰۰۵، استاندارد بیودیزل توسط موسسه استاندارد ترکیه مطابق با استانداردهای اتحادیه اروپا تدوین شد.

اعلام الزام صدور مجوز توسط سازمان تنظیم مقررات بازار انرژی (EMRA) سبب شد تا حدود ۱۵۰ شرکت برای اخذ مجوز اقدام کنند که در نهایت تنها ۴۸ مورد از آن‌ها موفق به دریافت مجوز شدند. در سال ۲۰۰۶، در پاسخ به تغییرات نامطلوب در قوانین نظارتی زیست محیطی و قوانین مالیاتی مربوط، این سرمایه‌گذاری کاهش یافت. در حال حاضر، توسعه بخش بیودیزل در ترکیه به دلیل روش‌های اداری و نرخ‌های مالیاتی بالا متوقف شده است. اگر چه در حال حاضر، ظرفیت تولید بیودیزل در ترکیه ۱/۵ میلیون تن در سال است، در سال ۲۰۰۸ تولید بیودیزل تنها حدود ۲۵،۰۰۰ تن بود که در نمودار شکل (۱–۲۸) در مقایسه با سوخت بنزین و گازوئیل قابل مشاهده است. روند استفاده از انواع دانه‌های روغنی در تولید بیودیزل در کشور ترکیه طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ در نمودار شکل (۱–۲۹) قابل ملاحظه است [۴].

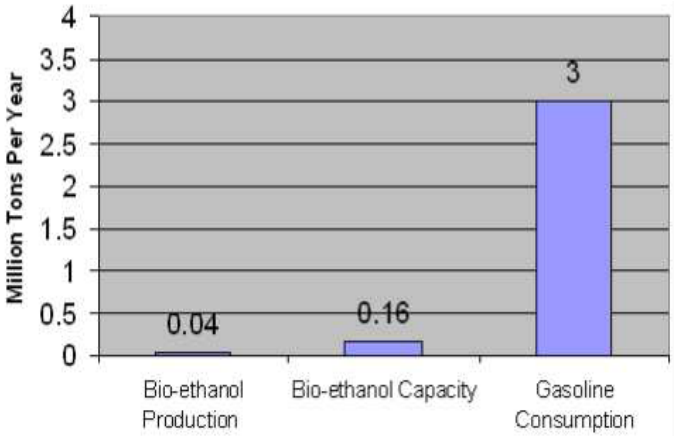


شکل ۱–۲۸ میزان ظرفیت و تولید بیودیزل در ترکیه در سال ۲۰۰۸ (بر حسب میلیون تن در سال).



شکل ۱–۲۹ سهم دانه‌های روغنی در تولید بیودیزل ترکیه.

تولید بیواتانول در ترکیه روندی مشابه به تولید بیودیزل داشت و تولید آن در کشور ترکیه برای اولین بار در سال ۲۰۰۴ آغاز شد. در ابتدا هزینه تولید آن بالاتر از هزینه بنزین بود، ولی تصویب یک قانون در سال ۲۰۰۵ موجب شد که بیواتانول در داخل کشور از مالیات بر مصرف معاف شود. بنا به آمار، تولید گندم، ذرت و چغندر قند در ترکیه به ترتیب ۲۰، ۴/۳ و ۱۵ میلیون تن در سال است. ظرفیت فعلی تولید بیواتانول در ترکیه ۱۶۰ میلیون لیتر در سال است. با این حال، کل بازار بیواتانول در ترکیه ۷۰ میلیون لیتر در سال است و از ظرفیت تولید آن هنوز به طور مؤثر استفاده نشده است (شکل ۱-۳۰). تعداد کارخانجات قند دولت (اسکی شهیر[1]، ارزروم[2]، تورهال[3] و مالاتیا[4]) برای تولید اتانول در ترکیه تنها چهار عدد و ظرفیت سالانه آن‌ها حدود ۶۶/۵ میلیون لیتر در سال است. علاوه بر این کارخانجات قند دولتی، یک کارخانه قند خصوصی به نام آماسیا[5] برای تولید الکل وجود دارد [۴].



شکل ۱-۳۰ میزان ظرفیت و تولید بیواتانول در ترکیه در سال ۲۰۰۸ (بر حسب میلیون تن در سال).

❑ احتراق و گازیسازی زیست‌توده

مشخصات نیروگاه‌های احتراق زیست‌توده در ترکیه در جدول (۱-۱۸) قابل مشاهده است و در ادامه به چندین نیروگاه احتراق زیست‌توده در کشور ترکیه با ذکر مشخصات کلی اشاره شده است.

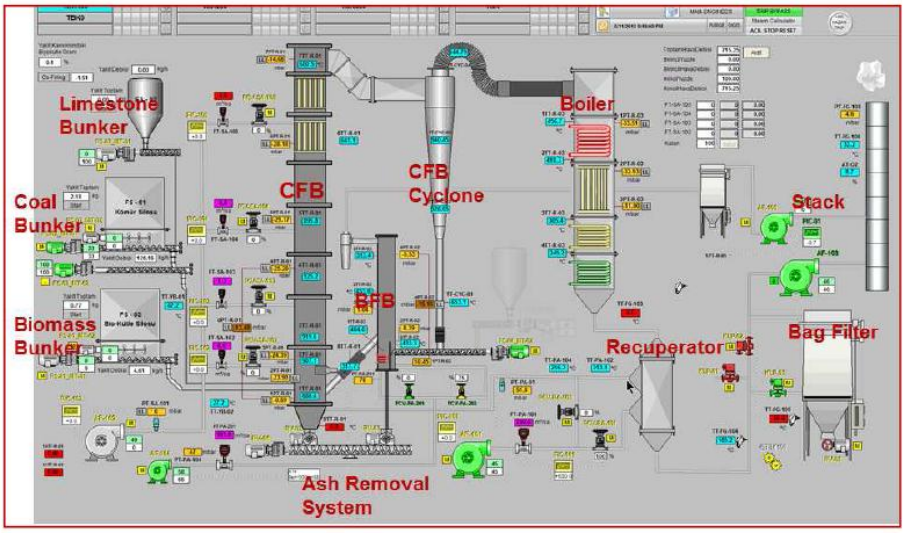
جدول ۱-۱۸ نیروگاه‌های احتراق زیست‌توده در ترکیه [۴].

[1] Eskisehir
[2] Erzurum,
[3] Turhal
[4] Malatya
[5] Amasya

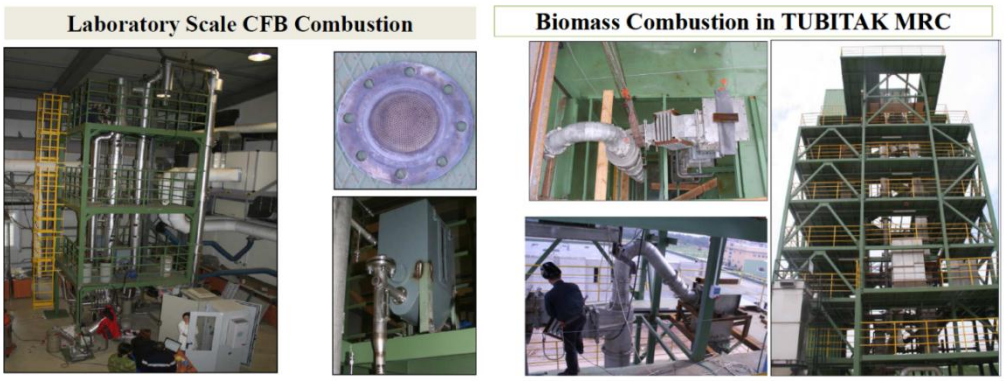
Name	Place	Main Fuel	Power (MWth)	Power (MWe)	LHV (kCal/kg)	Fuel (kh/h)	Year
Paymar Yag	Hatay	Cotton, vegatable oil, coal	8,3	-	2500	3800	2006
Trakya Birlik	Bursa	Sun flower waste, coal	5,5	-	2800	2140	2004
Caykur Pazar Cay	Rize	Tea waste, coal	10,4	-	2000	5650	2006
Akfa Cay	Giresun	Tea waste, coal	10,4	-	2000	5650	2007
Meray Yag	Merzifon	Sun flower waste, coal	6,9	-	2800	2650	2008
Vezirkopru Orman	Samsun	Forestry waste, coal	2X12,5	-	3200	2X4100	2008
Oyka Kagit	**Caycuma**	**Forestry waste, coal**	**28**	**6**	**3200**	**8850**	**2008**
Gitas Yag	Konya	Sun flower waste, coal	6,6	-	2800	2250	2009
Marmara Tarimsal	Bandirma	Sun flower waste, coal	8,4	-	2800	3210	2007
Bat Oil	Georgia	Sun flower waste	8,4	-	2800	3210	2008

احتراق زیست‌توده در TUBITAK MRC

- عنوان پروژه: احتراق زیست‌توده و زغال چوب در بستر گردشی سیال
- مدت زمان پروژه: ۳ سال (۲۰۰۸-۲۰۱۱)
- کارفرمایان: EIE، OGM
- همکاران: METU، TUBITAK، GAMA
- پشتیبان: TUBITAK Taral 1007
- نوآوری طرح: سوخت چندگانه (زیست‌توده/ زغال چوب)، طراحی احتراق بستر سیال چرخشی و استفاده از گاز سیستم‌های پالایش برای CHP که فرایند آن در شکل (۱-۳۱) قابل مشاهده است.
- سیستم‌های موجود/برنامه‌ریزی‌شده: احتراق ۷۵۰ کیلووات بستر سیال چرخشی
- کاربری صنعتی: تا ۱۵ مگاوات [۴].



شکل ۱-۳۱ سیستم احتراق زیست‌توده در TUBITAK MRC.



شکل ۱-۳۲ احتراق زیست‌توده در TUBITAK MRC.

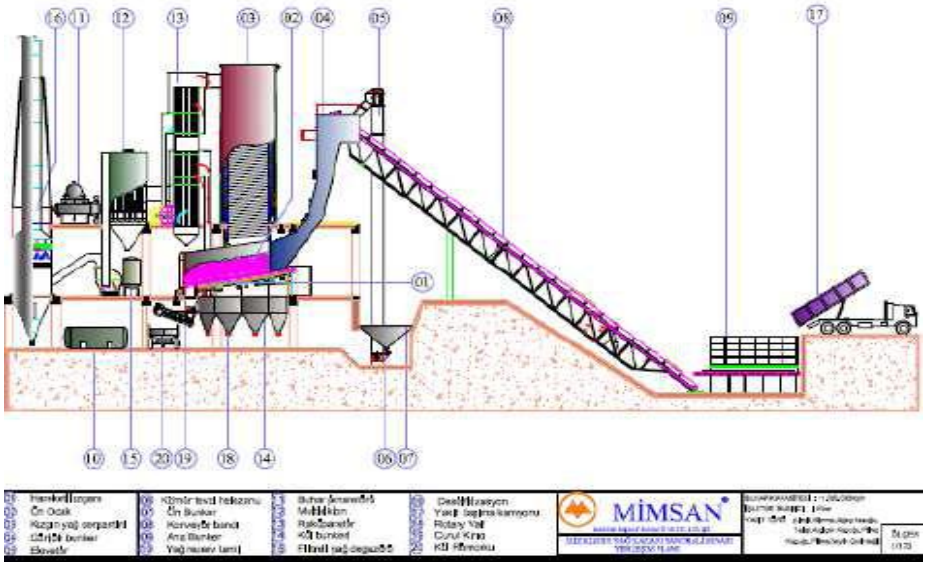
شکل ۱-۳۳ (شکل راست) گازیساز بستر سیال چرخشی در TUBITAK MRC (۱۵ مگاوات) [۴]. (شکل چپ) گازیساز بستر سیال جوشان در TUBITAK MRC (45 کیلووات)، گازیساز فروکشند (۷۰ کیلوگرم در ساعت).

احتراق تراشه‌های چوب در صنایع چوب OYKA

- توان تولید حرارت: ۲۶/۶ مگاوات
- توان تولید برق: ۶ مگاوات
- تولید بخار: ۳۵،۰۰۰ کیلوگرم در ساعت [۴].

احتراق تراشه‌های چوب در صنایع چوب VEZİRKOPRU

- توان تولید حرارت: ۲۶ مگاوات
- تولید نفت داغ: ۲۲ میلیارد کیلوکالری
- تولید بخار: ۱۵ تن در ساعت [۴].



شکل ۱-۳۴ فرایند احتراق تراشه‌های چوب در صنایع چوب VEZİRKOPRU

شکل ۱-۳۵ احتراق تراشه‌های چوب در صنایع چوب VEZİRKOPRU

احتراق زیست‌توده در Paymar A.S-Hatay

- سوخت: پنبه، روغن گیاهی، زغال‌سنگ
- توان تولید حرارت: ۶/۶ مگاوات
- تولید بخار: ۱۰ تن در ساعت [۴].

شکل ۱-۳۶ احتراق زیست‌توده در Paymar A.S-Hatay

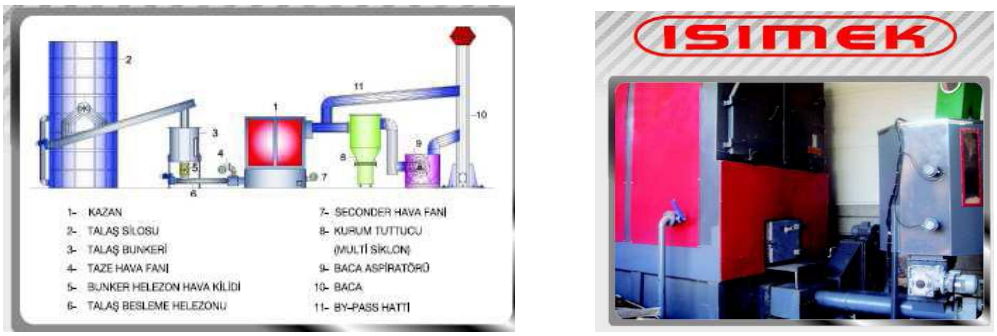
احتراق زیست‌توده در Çaykur Genel Mudurlugu

- سوخت: زائدات کشاورزی، زغال‌سنگ
- توان تولید حرارت: ۱۱/۱ مگاوات [۴].

شکل ۱-۳۷ احتراق زیست‌توده در Çaykur Genel Mudurlugu

❑ سیستم‌های محلی احتراق زیست‌توده

در کشور ترکیه، بخش عمده زیست‌توده برای گرمایش و پخت و پز به شیوه سنتی در مناطق روستایی استفاده می‌شود. سوزاندن مستقیم فضولات دامی خشک، چوب و یا محصولات چوبی فراوری‌شده، سهم قابل‌توجهی از گرمایش را برای مردم ترکیه تأمین می‌نماید (شکل ۱-۳۸) [۵].



شکل ۱-۳۸ سیستم‌های محلی احتراق زیست‌توده

۱-۵-۱-۱۴- سیاست و اهداف انرژی تجدیدپذیر

هدف از سیاست‌های انرژی، رفع نیازهای انرژی با در نظر گرفتن افزایش جمعیت و اقتصاد رو به رشد مداوم و سرمایه‌گذاری امن در بخش خصوصی در یک بازار آزاد رقابتی و شفاف است. هدف از سیاست انرژی ترکیه تأمین تقاضای انرژی سازگار با توسعه پایدار اقتصادی و اهداف زیست‌محیطی است. بر این اساس، سیاست انرژی ترکیه بر پایه اطمینان از تأمین انرژی و

کفایت داخلی، در زمان و شرایط اقتصادی پایدار متمرکز شده است. این سیاست شامل در نظر گرفتن اثرات زیست محیطی و همچنین پشتیبانی آن در جهت رشد هدفمند و تحولات اجتماعی است. دولت تلاش‌های خود را بر بهبود تولید داخلی با استفاده از تجهیزات عمومی، خصوصی، خارجی و نیز افزایش بهره‌وری توسط توان‌بخشی و شتاب در برنامه‌های ساخت و ساز موجود برای شروع سرمایه‌گذاری‌های جدید متمرکز کرده است. در سیاست انرژی دولت ترکیه به توسعه همکاری‌های بین‌المللی توجه ویژه‌ای شده است [۶].

تقاضای انرژی ترکیه بین سال‌های ۲۰۰۰–۲۰۱۰ دو برابر شده و بین سال‌های ۲۰۰۰–۲۰۲۵ چهار برابر خواهد شد. این افزایش سریع تقاضا با توجه به نرخ بالای رشد اقتصادی ترکیه ایجاد شده است. ترکیه دارای ذخایر قابل توجهی از منابع انرژی تجدیدپذیر، ازجمله حدود یک درصد از پتانسیل برقآبی کل جهان است. نیروگاه‌های برقآبی بزرگ ۲۰–۲۵٪ از برق مورد نیاز ترکیه را تأمین می‌کند که تا همین اواخر تنها تولید منبع غیرفسیلی کشور بوده است. تنوع عرضه منابع طبیعی کشور و افزایش سهم منابع انرژی تجدیدپذیر در صدر فهرست اولویت"طرح استراتژیک چهارساله" وزارت انرژی و منابع طبیعی ترکیه قرار دارد. در طرح استراتژیک، برای سال ۲۰۲۳ که صدمین سالگرد جمهوری ترکیه است، اهداف زیر تعیین‌شده است [۶]:

- افزایش تنوع در منابع تولید انرژی و ایالت‌های تأمین‌کننده انرژی آن
- افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای در سبد انرژی به شیوه‌ای امن، اقتصادی و مقرون به صرفه و پشتیبانی
- تضمین پیشرفت سریع و مستمر در بهره‌وری انرژی در استفاده نهایی و تبدیل به موازات کشورهای عضو اتحادیه اروپا (به عنوان مثال از طریق کاهش تلفات در تولید انرژی، انتقال و مصرف)
- کمک به امنیت انرژی اروپا
- استفاده از انرژی هسته‌ای برای تولید برق در دوره طرح تا سال ۲۰۲۰
- استفاده کامل از پتانسیل زغال‌سنگ بومی و منابع هیدرولیک
- توسعه بخش تولید مکانیکی و/یا الکترومکانیکی مرتبط
- کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای
- استفاده از ضایعات و حفاظت از محیط‌زیست
- بهینه‌سازی پایداری عرضه انرژی و هزینه‌های زیست‌محیطی
- تنظیم اهداف یکپارچه در مصرف انرژی برای مناطق سازمان یافته صنعتی

- پاسخگویی به تقاضای انرژی داخلی به عنوان بالاترین اولویت در میان‌مدت و بلندمدت، از طریق ترکیبی از سرمایه‌گذاری‌های عمومی، خصوصی و خارجی، تشویق سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و سرعت بخشیدن به ساخت و ساز و خصوصی‌سازی در صنعت برق
- بهبود قابلیت اطمینان تأمین برق از طریق ارتقاء انتقال برق و شبکه توزیع
- استفاده از موقعیت ژئوپلیتیکی ترکیه برای تبدیل کشور به یک منطقه محوری برای حمل و نقل بین‌المللی تجارت نفت و گاز "راهروی انرژی اوراسیا"

آژانس بین‌المللی انرژی تخمین زده است که ترکیه به احتمال زیاد سریع‌ترین رشد متوسط بلندمدت در تقاضای انرژی را در میان کشورهای عضو این آژانس خواهد داشت. از سوی دیگر، تخمین زده می‌شود که کل تقاضای انرژی نهایی و کل تقاضای انرژی اولیه ترکیه تا سال ۲۰۲۰ بیش از دو برابر می‌شود و به ترتیب به مقادیر ۱۷۰/۳ و ۲۲۲/۴ Mtoe خواهند رسید. همچنین تخمین زده شده است که تقاضای برق، گاز طبیعی و نفت به ۴۳۴–۳۹۸ کیلووات ساعت و ۵۹ میلیون تن برسد. به منظور پاسخگویی به چنین رشد بسیار زیادی در تقاضای انرژی، سطح عظیمی از سرمایه‌گذاری در هر سه بخش به طور یکسان مورد نیاز است. دولت ترکیه اولویت را برای تأمین مالی این سرمایه‌گذاری به بخش خصوصی داده است و در آن جهت اقدامات لازم را برای تسهیل سرمایه‌گذاری در محیط زیست انجام داده است [۷].

همان‌طور که گفته شد، استراتژی انرژی ترکیه چند بعدی است و در جهت تنوع بخشیدن به منابع و مسیرهای تأمین انرژی و همچنین سبد انرژی خود از طریق افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و نیز انرژی هسته‌ای در تلاش است [۷].

ترکیه در سال ۲۰۰۹ به یکی از اعضای مؤسس آژانس بین‌المللی انرژی تجدیدپذیر[1] تبدیل شد. علاوه بر این، ترکیه در حال آزادسازی بازار انرژی خود است و در راستای آرمان خود برای تبدیل شدن به یک عضو اتحادیه اروپا، در تلاش برای هماهنگ‌سازی قانون انرژی خود با اتحادیه اروپا است [۷].

ظرفیت انرژی هسته‌ای ترکیه تا سال ۲۰۳۰ به ۱۰۰۰۰ مگاوات ارتقا پیدا خواهد کرد. ترکیه در سال ۲۰۱۰ برای ساخت اولین نیروگاه هسته‌ای خود در Akkuyu، در ساحل دریای مدیترانه توافقی را با روسیه امضا نمودند. این نیروگاه دارای چهار واحد با

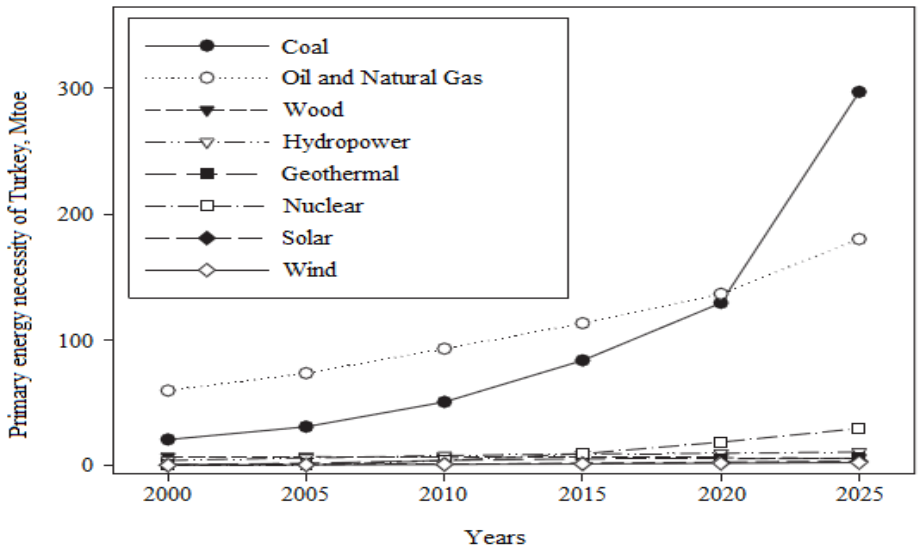
1- IRENA

ظرفیت کل ۴۲۰۰ مگاوات است و در سال ۲۰۲۰ شروع به کار خواهد نمود و سرمایه‌گذاران روسی، یعنی روساتم[1]، برای تأمین مالی بخش بزرگی از پروژه توافق کرده‌اند. با این حال، هنوز هم چند وزارتخانه ترکیه قبل از آغاز ساخت و ساز رسمی باید این پروژه را تأیید نمایند. نیروگاه هسته‌ای دوم در سینوپ ساخته خواهد شد و پروژه سوم نیز در حال پیش‌بینی است [۷].

چالش‌های سیاست انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیه عبارتند از [۳]:

- امنیت انرژی
- عرضه انرژی پایدار
- کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای.

نمودار شکل (۱–۳۸) و نیز جداول (۱–۱۹) و (۱–۲۰) نمایانگر وضعیت موجود و اهداف انرژی اولیه ترکیه با توجه به سناریوی انرژی در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ می‌باشند [۶].



شکل ۱–۳۹ ضرورت انرژی اولیه در ترکیه بین سال‌های ۲۰۰۰–۲۰۲۵ (برحسب میلیون تن نفت معادل.

جدول ۱–۱۹ اهداف تولید انرژی اولیه در ترکیه در سال‌های ۲۰۰۵–۲۰۳۰ برحسب هزار تن نفت معادل (ktoe).

1- Rosatom

منابع انرژی	۲۰۰۵	۲۰۱۰	۲۰۱۰	۲۰۱۵	۲۰۲۰	۲۰۲۵
زغال‌سنگ و لیگنیت	۲۱۲۵۹	۲۸۵۲۲	۳۱۸۲۰	۳۹۳۸۵	۴۲۷۳۲	۴۵۹۵۴
نفت و گاز طبیعی	۲۱۲۷	۱۷۳۵	۱۵۱۶	۱۶۰۴	۱۵۰۵	۱۴۶۵
گرمایش مرکزی	۴۹۵	۸۸۴	۱۳۳۶	۲۰۱۸	۲۴۲۷	۲۷۵۸
برقابی	۵۸۴۵	۷۵۲۰	۸۸۷۳	۹۴۵۴	۱۰۰۰۲	۱۰۴۶۵
چوب و زباله	۶۷۶۰	۶۴۴۶	۶۰۲۹	۵۶۸۱	۵۴۹۸	۵۴۱۳
زمین‌گرمایی	۱۳۸۰	۳۷۶۰	۴۸۶۰	۴۸۶۰	۵۴۰۰	۵۴۳۰
هسته‌ای	۰	۳۶۵۷	۹۱۴۳	۱۸۲۸۶	۲۶۹۸۸	۲۹۶۰۰
خورشیدی	۴۵۹	۹۰۷	۱۵۰۸	۲۲۹۴	۲۸۴۵	۳۲۶۸

جدول ۱-۲۰ سناریوی تولید و مصرف انرژی منابع مختلف در کشور ترکیه در آینده نزدیک [۲۶].

Source	Energy Production PJ/year			Energy Consumption PJ/year		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020
Fossil Fuels						
Bituminous Coal	213.2	213.9	199.1	723.6	112.5	2016.2
Lignite	753.7	1012.8	1341.6	753.7	1012.8	1341.6
Asphaltite	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
Petroleum	65.8	44.8	29	1724.3	2111	2550.5
Natural Gas	9.8	8.9	9.6	1557.2	1873.5	2157.7
Renewables						
Hydro electric	205.3	295.6	394.4	205.3	295.6	394.4
Geothermal (heat + electricity)	87.1	132.6	205.7	87.1	132.6	205.7
Wind	17.6	23.9	30.2	17.6	23.9	30.2
Sun	20.7	25.3	36.1	20.7	25.3	36.1
Wood	141.6	128.7	128.7	141.6	128.7	128.7
Animal and plant waste	43.3	38.8	35.6	43.3	38.8	35.6
Nuclear	0	344.5	344.5	0	344.5	344.5
TOTAL	1570.7	2282.4	2767.2	5286.8	7124	9312.4

اداره کل انرژی‌های تجدیدپذیر[1] (GDRE) بخش اصلی دولت برای توسعه سیاست‌ها و استراتژی‌ها در زمینهٔ انرژی تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی است [۳].

با توجه به برنامه‌ریزی استراتژیک ۲۰۱۰-۲۰۱۴، هدف اصلی وزارت انرژی و منابع طبیعی[2] (MENR)، تأمین ۳۰٪ از کل انرژی الکتریکی از منابع تجدیدپذیر تا سال ۲۰۱۳ است [۲۶].

❑ انرژی زمین‌گرمایی

با داشتن یک پتانسیل قابل‌توجه برای منابع انرژی تجدیدپذیر، از نظر انرژی زمین‌گرمایی، ترکیه در رتبه هفتم جهان و رتبه اول اروپا است. ظرفیت تولید برق زمین‌گرمایی ترکیه، در حدود ۰/۱۰٪ است، اما توان نصب نیروگاه‌های زمین‌گرمایی باید تا سال ۲۰۱۵ به ۳۰۰ مگاوات و سهم آن تا سال ۲۰۲۰ به ۰/۳۲٪ افزایش یابد [۵، ۶].

1 General Directorate of Renewable Energy
2 Ministry of Energy and Natural Resources

❑ انرژی خورشیدی

مجموع پتانسیل انرژی خورشیدی ترکیه در هر سال Mtoe ۳۵ است. در سال ۲۰۰۱ در ترکیه، حدود ktoe ۲۸۷ گرمایش خورشیدی، به خصوص در مناطق جنوبی و غربی و در بخش‌های مسکونی و تجاری تولید شد. در قانون شماره ۶۰۹۴ ذکرشده است توان کل نیروگاه‌های خورشیدی متصل به سیستم انتقال تا پایان سال ۲۰۱۳ نباید بیشتر از ۶۰۰ مگاوات شود و نیز در شش ماه پس از اجرای قانون، ایستگاه‌های ترانسفورماتور وابسته به نیروگاه‌های خورشیدی تا پایان سال ۲۰۱۵ متصل خواهند شد و ظرفیت اتصال آن‌ها باید مشخص شود. با پیشبرد این ماده، ۲۷ منطقه تعیین شد و فرایند تعیین تعداد ترانسفورماتورها برای هر منطقه انجام شد؛ بر این اساس، ظرفیت اتصال ترانسفورماتورها در کل ۶۰۰ مگاوات خواهد بود [۵].

❑ انرژی زیست‌توده

برای رسیدن به اهداف انرژی تجدیدپذیر، هیچ توان و یا نرخی مربوط به انرژی زیست‌توده تعیین نشده است. برای کاهش وابستگی زیاد ترکیه به واردات انرژی، باید منابع انرژی داخلی و تجدیدپذیر غنی ترکیه مورد استفاده قرار گیرد و انرژی زیست‌توده برای کاهش این وابستگی پتانسیل خوبی را نشان می‌دهد [۵].

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، ظرفیت نصب شده تولید برق از زیست‌توده/زباله در کل ترکیه تا پایان ماه نوامبر سال ۲۰۱۳، ۲۲۴ مگاوات با سهم ۰/۳۵٪ از مجموع توان نصب شده بود [۵]. تغییرات جهانی در بازار انرژی، به ویژه عدم تمرکز و خصوصی‌سازی، فرصت‌ها و چالش‌های جدیدی را برای انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه انرژی زیستی ایجاد نموده است. به گفته کمیته ملی شورای جهانی انرژی ترکیه[1] (WECTNC)، در سال ۱۹۹۹، مقدار انرژی به دست آمده توسط فناوری مدرن و کلاسیک زیست‌توده به ترتیب ktoe ۵ و ktoe ۷۰۱۲ بود، اما مطابق جدول (۱-۲۱) در سال ۲۰۳۰، مقادیر آن‌ها به ktoe ۴۸۹۵ و ktoe ۳۳۱۰ خواهد رسید. واضح است که تخمین زده می‌شود تولید انرژی توسط فناوری مدرن زیست‌توده به‌طور چشمگیری بین سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۳۰ افزایش یابد. از سوی دیگر، استفاده از فناوری کلاسیک زیست‌توده بین سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۳۰ کاهش خواهد یافت [۶].

1 World Energy Council Turkish National Committee

جدول ۱-۲۱ کاربری کنونی و برنامه‌ریزی‌شده به‌صورت مدرن و سنتی از زیست‌توده برحسب ktoe.

Year	Conventional biomass	Modern biomass	Total
2000	6965	17	6982
2005	6494	766	7260
2010	5754	1660	7414
2015	4790	2530	7320
2020	4000	3520	7520
2025	3345	4465	7810
2030	3310	4895	8205

با توجه به برنامه‌ریزی ۵ ساله تولید برق در ترکیه[1] (۲۰۱۳-۲۰۱۷)، طرح ظرفیت تولید برق از منابع زیست‌توده و دیگر منابع بر اساس دو سناریوی TEIAS در جدول (۱-۲۲) آمده است. بر این اساس، سهم زیست‌توده در تولید برق ترکیه در سال‌های طرح، بین ۰/۴۵ و ۰/۵۱٪ است که سهم قابل‌توجهی است [۵].

جدول ۱-۲۲ ظرفیت تولید بر اساس دو سناریوی TEIAS در برنامه‌ریزی ۵ ساله تولید برق در ترکیه (۲۰۱۳-۲۰۱۷).

Source		Firm generation capacity (GWh)				
		2013	2014	2015	2016	2017
Biomass	Scenario 1	1291.20	1423.80	1538.10	1538.10	1538.10
	Scenario 2	1291.20	1423.80	1538.10	1538.10	1538.10
Others	Scenario 1	285729.80	291131.70	322800.50	332576.30	341096.30
	Scenario 2	272674.90	277694.70	319434.20	324940.70	333460.70
Total	Scenario 1	287021.00	292555.50	324338.60	334114.40	342634.40
	Scenario 2	273966.10	279118.50	320972.30	326478.80	334998.80
Share of biomass	Scenario 1	0.45	0.49	0.47	0.46	0.45
	Scenario 2	0.47	0.51	0.48	0.47	0.46

اهداف تولید برق در کشور ترکیه از منابع مختلف انرژی تجدیدپذیر در جدول (۱-۲۳) و از منابع مختلف زیست‌توده در جدول (۱-۲۴) به صورت خلاصه ارائه شده است [۳، ۶، ۲۶].

جدول ۱-۲۳ استراتژی تولید برق از منابع مختلف انرژی تجدیدپذیر در ترکیه.

1 Turkish Electrical Energy 5-Year (2013-2017) (TE_IAS¸)

منبع تجدیدپذیر	پتانسیل منبع	ظرفیت در حال بهره‌برداری	هدف سال ۲۰۱۵	هدف سال ۲۰۲۳ [۳]
برقابی	۴۵۰۰۰ مگاوات	۱۹۶۱۹ مگاوات		۴۵۰۰۰ مگاوات
باد	۴۸۰۰۰ مگاوات	۲۲۶۰ مگاوات	۱۰۰۰۰ مگاوات	۲۰۰۰۰ مگاوات
خورشیدی	۳۰۰ تراوات ساعت در سال (متوسط تابش جهانی ۱۵۰۰ کیلووات ساعت/مترمربع در سال) (۳۵ Mtoe)	۰	۶۰۰ مگاوات	۳۰۰۰ مگاوات
زمین‌گرمایی	۶۰۰ مگاوات	۱۶۲ مگاوات	۳۰۰ مگاوات	۶۰۰ مگاوات
زیست‌توده	۳۲ Mtoe	۲۲۴ مگاوات		۱۵۰۰ مگاوات
بیوگاز	۱/۵–۲ Mtoe			۱/۵–۲ Mtoe

جدول ۱-۲۴ وضعیت موجود و اهداف تولید برق از انواع منابع زیست‌توده در کشور ترکیه [۲۷].

منابع تولید برق تجدیدپذیر	تولید برق سالانه (گیگاوات ساعت)	تعداد نیروگاه	ظرفیت نصب (مگاوات)	سهم از تولید برق	هدف سهم از تولید برق	هدف	وضعیت بومی‌سازی
تولید برق از انرژی تجدیدپذیر (۲۰۱۲)	۶۴۰۰۰		۲۲۰۰۰	٪۳ (۲۰۱۲)	٪۳۰ در سال ۲۰۲۳		
تولید برق از زیست‌توده (۲۰۱۳)	(پتانسیل ۶۰۰۰۰) ۱۰۰۰		۲۷۰	۰/۳۵-٪۰/۱ (پتانسیل ٪۲۵)		۱۵۰۰- ۲۰۰۰ مگاوات در سال ۲۰۲۳	
تولید برق از بیوگاز (۲۰۱۱)	۳۲۰	۱۴ *	۲۲				با همکاری ساخت نیروگاه توسط اتریش و مطالعات GIZآلمان و تلاش‌هایی در داخل
تولید برق از احتراق، گازیسازی و پیرولیز (۲۰۱۱)		۵	۱۶				گازیساز پایلوت در مرحله تحقیق توسط TUBITAK MRC با ظرفیت ۱۵۰ و ۴۵۰ کیلووات حرارتی
تولید برق از گاز لندفیل (۲۰۱۱)		۹	۱۲۰				

در جدول (۱-۲۵) ظرفیت نیروگاه‌های جدید نصب شده در طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ به‌صورت اجمالی آمده است. مطابق این جداول، طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۱، در مجموع ۵۱۴ نیروگاه با ظرفیت ۱۴،۰۱۱ مگاوات در ترکیه نصب شد. در سال‌های اخیر پروژه‌های جدیدی در زمینهٔ احداث نیروگاه زیست‌توده در ترکیه اجرا شدند [۴].

جدول ۱-۲۵ چشم‌انداز انرژی در ترکیه (سرمایه‌گذاری در سال‌های اخیر).

Source	Period 2003-2011	
	Number of project	Installed power (MW)
Thermal	239	8989
Wind	73	1591
Hydropower	173	3277
Biomass	24	75
Geothermal	5	79
Total	514	14011

Fuel type	Installed power (MWe)	
	In 2012	In 2013
Thermal	233,146	1690,92
Hydropower	205,902	56,88
Wind	45,5	47
Biomass+Biogass+Geothermal	0,635	2,4
Total	485,183	1797,2

❑ طرح‌های به‌کاررفته در ترکیه برای استفاده پایدار از پتانسیل زیست‌توده

سیاست‌های کشور ترکیه برای انرژی‌های تجدیدپذیر به صورت اجمالی در جدول (۱-۲۶) آورده شده است [۸].

جدول ۱-۲۶ بررسی اجمالی سیاست‌های حمایتی از انرژی‌های تجدیدپذیر.

قوانین سیاستی	سرمایه عمومی	مشوق‌های مالی
تعرفه نرخ انرژی تجدیدپذیر	سرمایه‌گذاری عمومی، وام و یا تأمین مالی	یارانه سرمایه، کمک مالی و یا تخفیف

مکانیسم حمایت از انرژی تجدیدپذیر در ترکیه مبتنی بر سیاست"تعرفه خرید برق[1]" است. این مکانیسم تحت "قانون منابع انرژی تجدیدپذیر برای تولید انرژی الکتریکی" تنظیم می‌شود.

بر اساس این قانون، نیروگاه‌هایی که از تاریخ هجدهم ماه می سال ۲۰۰۵ تولید می‌کرده‌اند و یا تا قبل از پایان سال ۲۰۱۵ شامل این قانون می‌شوند، می‌توانند برای مدت ۱۰ سال از قیمت ثابت استفاده کنند. نیروگاه‌هایی که تحت حمایت این قانون قرار دارند عبارتند از: بادی، خورشیدی، زمین‌گرمایی، زیست‌توده، گازیسازی زیست‌توده (از جمله گاز دفنگاه)، جریان، جزر و مد و امواج و نیروگاه‌های برقآبی که رودخانه و یا مخزن منطقه کمتر از ۱۵ کیلومترمربع است. در مورد تولید تجهیزات مکانیکی و/یا الکترومکانیک مربوط به نیروگاه‌های تجدیدپذیر در داخل کشور، علاوه بر قیمت ثابت، تعرفه‌های اضافی نیز افزوده می‌شود. تعرفه خرید برق در قانون جدید برای زیست‌توده از جمله گاز دفنگاه، مطابق جدول زیر ۱۳/۳ سنت بر کیلووات ساعت است. اگر از تمام تجهیزات در مکانیسم پشتیبانی استفاده شود، این تعرفه می‌تواند حداکثر به ۱۸/۹۰ سنت بر کیلووات ساعت برسد [۵].

1- feed-in tariff

قوانین تصویب شده برای انرژی‌های تجدیدپذیر عبارتند از:

- متمم قانون استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر
- منابع تولید انرژی برق (شماره ۶۰۹۴) در سال ۲۰۱۰: مطابق این قانون تعرفه خرید برق تولید شده از منابع تجدیدپذیر مطابق جدول (۱-۲۷) است [۳، ۲۶].

جدول ۱-۲۷ تعرفه برق تجدیدپذیر در ترکیه بر اساس قانون ۶۰۹۴

Type of power plant facility	Feed-in tariff	Maximum local production premium	Maximum possible tariff
Hydroelectric PP	$7.3 cents/kWh	$2.3 cents/kWh	$9.6 cents/kWh
Wind PP	$7.3 cents/kWh	$3.7 cents/kWh	$11 cents/kWh
Geothermal PP	$10.5 cents/kWh	$2.7 cents/kWh	$13.2 cents/kWh
Biomass (including landfill)	$13.3 cents/kWh	$5.6 cents/kWh	$18.9 cents/kWh
Solar PV PP	$13.3 cents/kWh	$6.7 cents/kWh	$20 cents/kWh
Concentrating Solar PP	$13.3 cents/kWh	$9.2 cents/kWh	$22.5 cents/kWh

این قیمت شامل موارد زیر می‌شود:

- با توجه به منابع تجدیدپذیر، تعرفه خرید برق تجدیدپذیر[1] باید به تعرفه‌های موجود در مورد تجهیزات الکترومکانیکی ساخت داخل در تولید تجهیزات مورد استفاده افزوده شود. تجهیزات تولید برق با مجوز RES[2] که در حال بهره‌برداری هستند و یا تا قبل از ۳۱ دسامبر سال ۲۰۲۰ بهره‌برداری خواهند شد، می‌توانند از این تعرفه بهره‌مند شوند. فهرست ظرفیت نصب‌شده نیروگاه‌های REC پشتیبانی شده توسط مکانیسم RES با توجه به نوع منبع و نیروگاه در جدول (۱-۲۸) ارائه شده است.
- حداکثر مدت ده سال از تاریخ بهره‌برداری آن گذشته باشد [۳].

1 feed-in-tariffs
2 Turkey's Renewable Energy Support (YEK) Mechanism (RES)

- نیروگاه‌های با گواهی تجدیدپذیر[1] (REC) تحت این قانون، و نیز افرادی که بدون مجوز REC برق تولید می‌کنند، ممکن است از حمایت مکانیسم RES برخوردار شوند. ظرفیت نصب‌شده نیروگاه‌های پشتیبانی شده توسط مکانیسم RES در جدول (۱-۲۸) با توجه به نوع منبع و نیروگاه آورده شده است [۵].
- معافیت مجوز: در قانون بازار برق نیز تجدیدنظر شده است: "تجهیزات نصب‌شده تولید برق از منابع تجدیدپذیر توسط اشخاص حقیقی و حقوقی با ظرفیت بیشتر از یک مگاوات از مجوز معاف است". با تصویب این قانون، ۹۵۰ ایستگاه خورشیدی، ۳۰۰ نیروگاه بادی و ۳۰ ایستگاه دیگر در ۲۱ نیروگاه با ظرفیت ۱۵ مگاوات شروع به فعالیت کردند [۳].

جدول ۱-۲۸ ظرفیت نصب‌شده نیروگاه‌های REC پشتیبانی شده توسط مکانیسم RES با توجه به نوع منبع و نیروگاه.

RES	2011		2012		2013		2013 (unlicensed)	
	No of plants	Installed power (MW)	No of plants	Installed power (MW)	No of plants	Installed power (MW)	No of plants	Installed power (MW)
Hydro	4	21.04	44	929.54	14	216.61	62	29.64
Wind	9	469.10	22	685.00	3	75.90	88	36.06
Geothermal	4	72.35	4	72.35	6	140.35	0	0.00
Biomass	3	45.25	8	73.40	15	101.10	1	0.50
Solar	0	0.00	0	0.00	0	0.00	172	52.90
Total	20	607.74	78	1760.29	38	533.95	323	119.10

۱-۵-۱-۱۵- چارچوب نهادهای مدیریت زیست‌توده در ترکیه

❑ بخش دولتی

- وزارت انرژی و منابع طبیعی ترکیه[2] (MENR) که یک طرح استراتژیک پنج ساله ۲۰۱۰-۲۰۱۴ را در نظر گرفته است.
- وزارت فدرال محیط‌زیست[3]
- سازمان حفاظت از طبیعت[4]
- سازمان ایمنی هسته‌ای
- وزارت محیط‌زیست و شهرسازی[5]

1 Renewable Energy Certificate
2 Republic of Turkey Ministry of Energy and Natural Resources
3 Federal Ministry for the Environment
4- Nature Conservation
5- T.R Ministry of Environment and Urbanization

- شرکت انتقال برق ترکیه[1] که طرحی پنج ساله ۲۰۱۳-۲۰۱۷ برای ظرفیت تولید برق در نظر گرفته است و تحقیقات و برنامه‌ریزی و هماهنگی را در این زمینه به عهده دارد.
- اداره کل انرژی‌های تجدیدپذیر[2] بخش اصلی دولت برای توسعه سیاست‌ها و استراتژی‌ها در حوزه انرژی تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی است.
- شورای پژوهش علمی و فنی ترکیه (TUBITAK) در سال ۱۹۶۳ با هدف توسعه، ترویج، برنامه‌ریزی و هماهنگی فعالیت‌های تحقیق و توسعه در جهت اولویت‌های توسعه ترکیه در آنکارا تأسیس شد.
- مرکز تحقیقات مرمره[3] در قبضه[4] قدیمی‌ترین و بزرگترین سازمان پژوهشی زیر نظر TUBITAK است و در سال ۱۹۷۲ با مساحتی نزدیک به ۲۰۰۰ هکتار در مکانی زیبا در ساحل شمال خلیج ایزمیت[5] تأسیس شد.

❑ بخش خصوصی

- Ortadogu یکی از بزرگترین بازیکنان در تولید برق از بیوگاز از محل دفن زباله در استانبول است.
- ITC-KA دارای چهار واحد تولید گاز از محل دفن زباله در آدانا، آنکارا و قونیه است.
- شرکت Enbasys اتریش در حال ساخت یک نیروگاه صنعتی بیوگاز چند خوراکه با ظرفیت ۲/۱- ۴/۱ مگاوات تولید برق در ترکیه است.

❑ دانشگاه‌ها

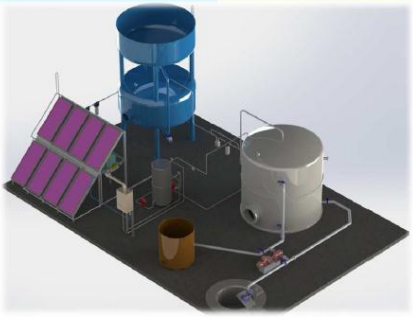
- دانشگاه اژه
  - یک گروه تحقیقاتی از گروه شیمی دانشگاه اژه، در زمینهٔ پیرولیز زائدات کشاورزی و جنگلی، زباله‌های صنعتی (لاستیک قراضه، لجن زباله و غیره) در راکتور بستر ثابت هیدروترمال و کربنیزاسیون زائدات کشاورزی، دامی و زباله‌های صنعتی و نیز گازیسازی زائدات کشاورزی مشغول به تحقیق است (دکتر Jale YANIK، jale.yanik@ege.edu.tr).

1- Turkish Electricity Transmission Company
2- General Directorate of Renewable Energy
3- Marmara
4- Gebze
5- Izmit

- یک گروه تحقیقاتی از گروه مهندسی شیمی دانشگاه اژه، در زمینهٔ استخراج آب فوق بحرانی از ضایعات کشاورزی و لجن زباله مشغول به تحقیق است (دکتر Levent BALLİCE، levent.ballice@ege.edu.tr).
- یک گروه تحقیقاتی از موسسه انرژی خورشیدی دانشگاه اژه[1]، در زمینهٔ تولید بیوگاز از فضولات دامی، برشته کردن، احتراق/گازیسازی زیست‌توده و تولید بیودیزل در حال تحقیق است (دکتر Gunnur Kocar، unnur.kocar@ege.edu.tr) (شکل ۱-۴۰) [۴].

1- Ege

İlçe	Belde/Köy	Kişi	Hayvan Sayısı	Sistem Kapasitesi (m^3)
BAYINDIR	Yakacık	Yılmaz ENVİL	35	25
BERGAMA	Çamavlu	Ertan KUŞTAŞI	42	25
DİKİLİ	Deliktaş	Ahmet SEVER	8	5
KEMALPAŞA	Bağyurdu	Hüseyin ÖZDEN	40	25
KINIK	Dündarlı	Ahmet ÇİLİNGİR	25	25
KİRAZ	Yağlar	Pervin ÜZÜM	25	25
MENDERES	Değirmendere	Selami YÜCE	35	25
MENEMEN	Çavuşköy	Abdurrahman ÜRKÜ	12	5
ÖDEMİŞ	Gereli	Şenol EKER	22	25
SEFERİHİSAR	Turgut	Mustafa K. BOZYEL	15	5
TİRE	Kireli	Mahmut ÇÖP	30	25
TORBALI	Eğerci	İbrahim DAYAR	20	25



شکل ۱-۴۰ کاربرد بیوگاز در دانشگاه اژه ترکیه، موسسه انرژی خورشیدی و واحدهای نصب شده تولید بیوگاز.

- یک گروه تحقیقاتی از گروه مهندسی شیمی دانشگاه آنادولا[1]، در زمینهٔ پیرولیز زائدات کشاورزی در یک راکتور بستر ثابت مشغول به تحقیق است (دکتر Ersan PÜTÜN، eputun@anadolu.edu.tr).
- یک گروه تحقیقاتی از گروه مهندسی محیطزیست دانشگاه فنی خاورمیانه، در زمینهٔ کاربرد احتراق و باهم‌سوزی[2]، مشغول به تحقیق است (دکتر AYSEL Atimtay، aatimtay@metu.edu.tr).
- یک گروه تحقیقاتی از گروه مهندسی شیمی دانشگاه فنی استانبول، در زمینهٔ گازیسازی زیست‌توده و پالایش گاز، تولید هیدروژن و احتراق زیست‌توده مشغول به تحقیق است (دکتر Husnu Atakul، atkul@itu.edu.tr).
- مرکز تحقیقات مرمره
  - گروه‌های تحقیقاتی از شرکت TUBITAK از آماده‌سازی سوخت تا احتراق و گازیسازی زیست‌توده تحقیق می‌کند (Berrin Engin، berrin.engin@tubitak.gov.tr).

1- Anadoula
2-Cofiring

- یک گروه تحقیقاتی از گروه مهندسی مکانیک دانشگاه مرمره، در زمینهٔ خصوصیات سوخت زیست‌توده مشغول به تحقیق است (دکتر Sibel Ozdogan، ozdogan@marmara.edu.tr). فهرست پروژه‌های مرکز تحقیقاتی مرمره، موسسه انرژی در جدول (۱–۲۹) آورده شده است [۴].

جدول ۱–۲۹ پروژه‌های مرکز تحقیقاتی مرمره، موسسه انرژی

پروژه	سال
پروژه یکپارچه‌سازی گازیساز زیست‌توده با فناوری‌های تولید برق	۲۰۰۵– ۲۰۰۸
پروژه شبکه اروپایی یکپارچه برای هم‌سوزی زیست‌توده	۲۰۰۵– ۲۰۰۸
طراحی و ساخت گازیساز زیست‌توده بستر ثابت ۴۰۰ کیلوواتی	۲۰۰۹– ۲۰۱۰
گازیسازی زیست‌توده و زغال، تصفیه گاز و تولید انرژی یکپارچه، پروژه ملی	۲۰۰۹– ۲۰۰۵
طراحی و ساخت گازیساز زیست‌توده بستر ثابت ۲۵۰ کیلوواتی، پروژه صنعتی	۲۰۰۹– ۲۰۱۰
احتراق زیست‌توده و زغال‌سنگ چوب نما در بسترسیال گردشی، پروژه ملی	۲۰۰۷– ۲۰۱۰
تولید سوخت مایع از زغال و زیست‌توده، پروژه ملی	۲۰۰۹– ۲۰۱۳
مواد با ارزش افزوده بالا از بقایای ضایعات گازیساز	۲۰۰۹– ۲۰۱۲
طراحی و ساخت یک گازیساز بسترسیال ۲ مگاواتی	۲۰۰۹– ۲۰۱۱

فهرستی از پروژه‌های تحقیق و توسعه فنی در رابطه با انرژی تجدیدپذیر با ذکر مشخصات آن‌ها در جدول (۱–۳۰) ارائه شده است.

جدول ۱-۳۰ پروژه‌های تحقیق و توسعه فنی

Name of project	Type of project	National coordinator	Description	Duration	Size (€s, US$)
TRİJEN Liquid Fuel Production from Biomass and Coal Blends	RTD	TÜBİTAK MRC Energy Institute	TRIJEN is a project focusing on second generation liquid fuels production from biomass and/or biomass-coal blends. The aim of this project is: • to develop the lab scale systems such as gasification, gas cleaning, gas conditioning and FT reactor units including catalyst development for Fischer Tropsch synthesis • to demonstrate the project outcome at the pilot scale. •	4 years	8,5 M €
DAY Combustion of Biomass and Lignite in Circulating Fluidized Bed	RTD	Middle East Technical University (METU)	In the scope of DAY project, there are multi fuel (biomass/coal) design of circulating fluidized bed combustion and gas cleaning systems for CHP applications. A 5 kg/h fuel feeding capacity CFB combuster and a 750 kW_{th} CFB combustion system have been designed and manufactured in the TUBITAK MRC campus.	3 years	2,5 M €
DPT Coal and Biomass Gasification, Gas Cleaning and Integrated Energy Production, National Project (SPO)	RTD	TÜBİTAK MRC Energy Institute	Convert the biomass and Turkish lignites into syngas by using fixed bed and CFB Gasifier were the main objectives of the Project. The scope of the Project consists of: • Cogeneration application by using ICE and micro turbine, • Design and development of novel gasification technologies for different applications, • Dissemination of the results to increase the public awareness and improve the competitiveness of Turkish Industry, • Develop market to create new job areas, • Multi fuel (biomass/coal) design fluidized bed gasifier and gas cleaning systems for CHP applications. A 100 kW_e (450 kW_{th}) fluidized bed gasifier was designed and manufactured in the TUBITAK MRC campus.	4 years	1,5 M €
BIGPOWER - Integrated Biomass Gasification with Power Technologies, EU 6th FP, SSA	RTD	TÜBİTAK MRC Energy Institute	The main objective of BIGPOWER Project is to improve the research capacity of the excellence center on Biomass Gasification, Gas Cleaning and Integration with related power systems Improvement of the infrastructure, • Support of young researchers, • Enlargements of EU consortiums for R&D projects, • Establishment of exchange programs Fixed Bed Gasification studies in TUBITAK MRC was started with BIGPOWER Project. Main aim is to create an excellence center on biomass gasification. 50 kW_e fixed biomass gasifier (10-50kg/hr) was designed and manufactured in the TUBITAK MRC campus.	3 years	700 000 €

Name of project	Type of project	National coordinator	Description	Duration	Size (€s, US$)
SHAP Supply of Fixed Bed Gasifier with 400 kW_{th} Capacity to Provide Hot Raw Gas	RTD	TÜBİTAK MRC Energy Institute	The scope of the project is to carry out the design of a fixed bed gasifier with 400 kW thermal capacity. The gasifier is to operate with woodchips and is to give hot raw synthesis gas which will be coupled with a coal combustion system. As the synthesis gas is to be burned in a combustor, the gasification system does not include any gas cleaning system. The gasifier will be built in Environmental Protection Agency (EPA) North Caroline, USA. The fixed bed gasification system is to be designed for a woody biomass with a humidity up to 15% in order to produce a hot raw synthesis gas with a 4-6 MJ/Nm^3 heating value.	4 months	24 000 €
Supply of Fixed Bed Gasifier with 250 kW_e Capacity to Provide Heat and Electricity	RTD	TÜBİTAK MRC Energy Institute	The scope of the project is to carry out the design of a fixed bed gasifier with 250 kW_e capacity. The gasifier is to operate with woodchips and is to give hot raw synthesis gas which will be coupled with a gas cleaning and an engine system. The gasifier was transferred to Germany.	4 months	12 000 €
NETBIOCOF Integrated European Network for Biomass Co-firing, 6. FP CA Project	RTD	TÜBİTAK MRC Energy Institute	The objectives of the project are; • European co-operation between research organizations devoted to biomass co-firing, • The uptake of innovative technologies to expand the use of biomass co-firing in new and existing power plants, • Identification of Succesful Experiences in Europe Under the scope of identification of barriers of implementation a survey of the Turkish legal framework • Formation of research clusters according to the field of research (Task Leader) • Co-ordination of current and future research activities • Recommendations for future research and set up of a roadmap for biomass co-firing implementation • Scientific & technological strategies for the development of biomass co-firing and setup technical recommendations for optimum plant configuration • Dissemination	2 years	1,1 M €

۱-۵-۲- قطر

۱-۵-۲-۱- کلیات

پایتخت: دوحه

واحد پول: ریال

تولید ناخالص داخلی: ۲۰۲/۴۵ میلیارد دلار

سرانه تولید ناخالص داخلی: ۵۸۴۰۶/۴۶ دلار

نرخ رشد تولید ناخالص داخلی: ۱/۵۰٪

وسعت: ۱۱۴۳۷ کیلومترمربع

جمعیت: ۲۰۴۲۴۴۴ نفر

شکل ۱-۴۱ نقشه کشور قطر

۱-۵-۲-۲- موقعیت جغرافیایی

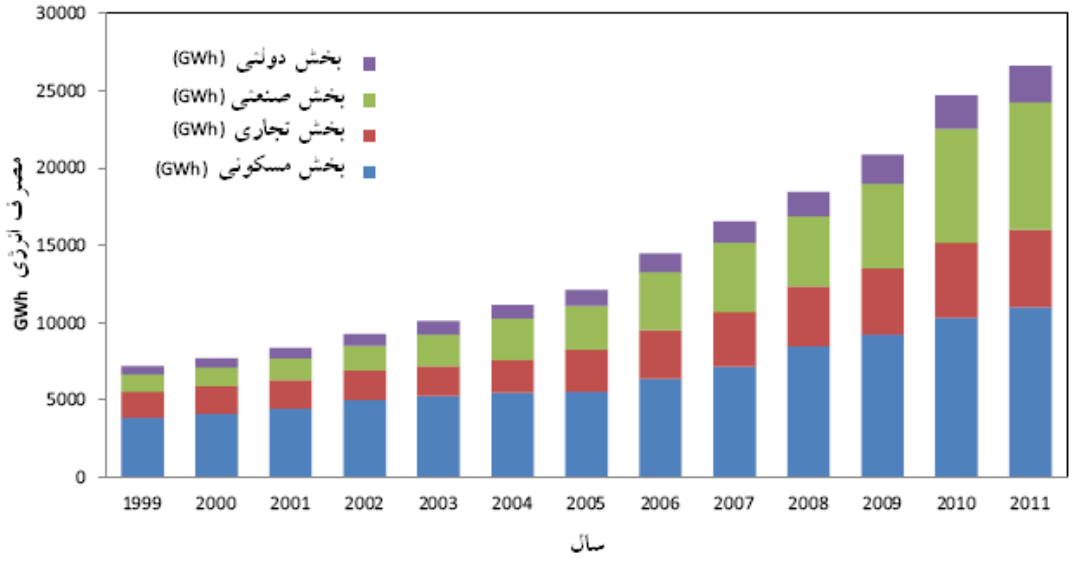
قطر کشوری عربی در جنوب غربی قاره آسیا و در شرق شبه جزیره عربستان، در خاورمیانه و در بخش جنوبی خلیج فارس واقع شده است. قطر خود شبه جزیره‌ای کوچکتر واقع در شبه جزیره عربستان است که خلیج فارس آن را از غرب و شمال و شرق در بر گرفته است. پایتخت آن، دوحه است. قطر مرز مشترک زمینی با عربستان سعودی، و مرز دریایی با کشورهای بحرین و امارات متحده عربی دارد.

۱-۵-۲-۳- شرایط آب و هوایی

آب و هوای قطر آب و هوایی بیابانی است یعنی خشک، بسیار گرم و مرطوب است. در این کشور زمستان هوایی خنک دارد. در زمستان در اثر توده هوایی سودانی بارآنهای سیل آسایی در این کشور می‌بارد که خسارت به بار می‌آورد، ولی در تابستان هوایی شرجی و گرم دارد.

۱-۵-۲-۴- مصرف انرژی

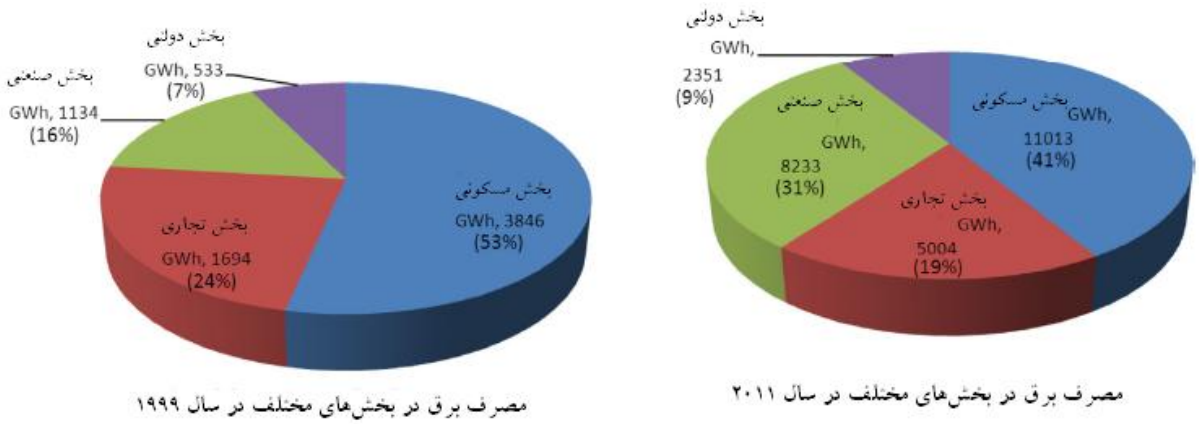
قطر دومین کشور مصرف‌کننده برق در میان کشورهای شورای همکاری خلیج فارس[1] است. حدود ۶۵٪ برق در قطر توسط سیستم‌های خنک‌کننده تمام انواع ساختمان‌ها مصرف می‌شود. رشد اقتصاد و جمعیت در قطر با افزایش تعداد نهادهای صنعتی و همچنین ساخت و ساز ساختمان‌های صنعتی و تجاری همراه شده است. تولید برق در قطر، بین سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۰، حدود ۳/۷ برابر افزایش یافته است. شکل (۱-۴۲) الگوی رشد برق را برای چهار بخش مصرف، یعنی؛ سازمان‌های مسکونی، صنعتی، تجاری و دولتی، در ۱۲ سال گذشته نشان می‌دهد [۹].



شکل ۱-۴۲ مصرف برق در کشور قطر بر اساس بخش مصرفی از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۱.

همانطور که در شکل (۱-۴۳) نشان داده شده است مقدار مصرف انرژی توسط هر بخش برحسب گیگاوات و سهم هر بخش برحسب درصد برای سال اول و آخر (۱۹۹۹، ۲۰۱۱) از دوره مورد بررسی مقایسه می‌شود [۹].

1- Gulf Cooperation Council (GCC)



شکل ۱-۴۳ مقایسه مصرف برق بین دو سال ۱۹۹۹ و ۲۰۱۱.

تغییر واقعی که بین بخش‌های مسکونی و صنعت وجود دارد به آسانی تشخیص داده می‌شود. با توجه به آمار وزارت انرژی و صنعت، تعداد واحدهای صنعتی ثبت شده از ۴۸۲ واحد در دسامبر سال ۲۰۰۷ به ۶۱۱ واحد در دسامبر سال ۲۰۱۱ افزایش داشته است. رشد اصلی در گروه پارچه (منسوجات، پوشاک و چرم) و گروه متالورژی است. مصرف برق در بخش صنعت در این دوره (۲۰۱۱-۱۹۹۹) حدود ۱۵٪ کل تقاضا افزایش یافت در حالی که حدود ۱۲٪ کاهش نسبی مصرف برق در بخش مسکونی وجود دارد. رشد مصرف برق در بخش تجاری به ۲۹۵٪ و در بخش دولتی به ۴۴۱٪ رسیده است.

اگر چه مصرف برق در بخش صنعت با نرخ رشد ۷۲۶٪، از ۱۱۳۴ گیگاوات ساعت در سال ۱۹۹۹ به ۸۲۳۳ گیگاوات ساعت در سال ۲۰۱۱ افزایش یافته است، بخش‌های مربوط به جمعیت (مسکونی و دولتی) پس از مشاهده نقطه عطفی در حمایت از بخش صنعت، مصرف انرژی خود را تا سال ۲۰۰۹ کنترل کرده‌اند. در سال ۲۰۱۱، مصرف برق در ساختمان‌های تجاری و صنعتی در قطر به ۵۰٪ تقاضای برق رسید.

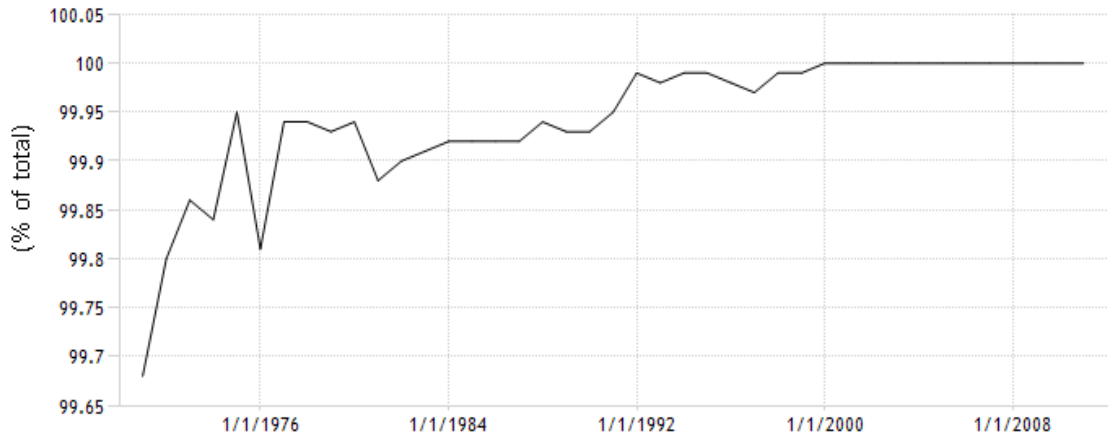
کل ظرفیت نصب شده برق ۳/۸۹ GWe (سال ۲۰۰۹) است که صد در صد از گاز طبیعی حاصل شده است. کل منبع انرژی اولیه ۲۳۸۲۵ ktoe است که ۸۲٪ آن را گاز طبیعی و ۱۸٪ آن را نفت خام تشکیل می‌دهد [۹].

۱-۵-۲-۵- سوخت‌های فسیلی

قطر بزرگترین تولیدکننده گاز طبیعی مایع (LNG) در جهان است و همچنین دارای ذخایر قابل توجه نفت می‌باشد. مانند بسیاری از کشورهای دیگر در منطقه، این کشور می‌خواهد ذخایر نفت و گاز خود را برای بازار صادرات حفظ نماید. میزان

صادرات خالص در سال ۲۰۰۷، ۷۹۹۸۷ ktoe بود. قطر صادرکننده منابع انرژی است، که مهم‌ترین آنها نفت خام و گاز طبیعی است. قطر یکی از اعضای سازمان کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) می‌باشد. قطر از نظر منابع گاز طبیعی سومین کشور جهان است. این کشور از سال ۱۹۹۷ گاز طبیعی مایع تولید کرده است و در حال حاضر بزرگترین تأمین‌کننده LNG در جهان است. کشور قطر عضو و میزبان مجمع کشورهای صادرکننده گاز است که در سال ۲۰۰۱ برای ترویج منافع تولیدکنندگان عمده گاز جهان تشکیل شد. با این حال، قطر برای تخصص فنی در بخش انرژی به کشورهای دیگر به ویژه انگلستان وابسته است [۱۰].

همانطور که در شکل (۱-۴۴) مشاهده می‌شود، مصرف سوخت‌های فسیلی در قطر در سال ۲۰۱۱ (آخرین اندازه‌گیری)، با توجه به آمار بانک جهانی ۱۰۰ (درصد از کل) بود.



شکل ۱-۴۴ مصرف سوخت‌های فسیلی (٪ از کل) در قطر.

۱-۵-۲-۶- انرژی تجدیدپذیر

❑ انرژی خورشیدی

با توجه به متوسط تابش افقی روزانه ۵/۸ kWh/m^2، قطر مکانی مناسب برای استفاده از انرژی خورشیدی است. قطر اعلام کرد که پروژه نیروگاه خورشیدی یک میلیارد دلاری در سال ۲۰۱۰، در طول پنج سال حداقل ۱۰ MW برق خورشیدی تولید

می‌کند. همکاری مشترک برای فناوری‌های خورشیدی در قطر بین، بنیاد قطر (۷۰٪) که بیش از ۵۰۰ میلیون دلار سرمایه-گذاری خواهد کرد، یک شرکت آلمانی به نام SoalrWorld (۲۹٪) که در حال حاضر در حال توسعه اولین کارخانه پلی-سیلیکون کشور برای تولید سلول‌های فتوولتائیک است و بانک توسعه قطر (۱٪) می‌باشد. علاوه بر این، قطر سه نمونه ورزشگاه سبز احداث نمود و دو ورزشگاه موجود را نیز به منظور میزبانی بازی‌های جام‌جهانی ۲۰۲۲ با استفاده از فناوری خورشیدی بازسازی نمود [۱۰].

❑ انرژی باد

قطر برای تولید برق بادی موقعیت متوسطی دارد (m/s ۷-۵). با در نظر گرفتن متوسط روزانه ۴ ساعت باد پر بار، قطر دارای پتانسیل مناسب برای انرژی باد می‌باشد. نصب توربین بادی در جاده قطر و بحرین، تلاشی برای بهبود پایداری پروژه در نظر گرفته می‌شود [۱۰].

❑ انرژی زمین گرمایی

قطر پتانسیل زمین گرمایی مناسبی دارد. تلاش این کشور برای به دست آوردن تخصص در زمینه توسعه منابع خود از سوی یکی از قدرت‌های اصلی زمین گرمایی جهان یعنی ایسلند، تحسین شده است [۱۰].

❑ سوخت‌های زیستی

مشوق‌های مالی قابل توجهی برای تصویب موفق سوخت زیستی حمل و نقل هوایی وجود دارد. هواپیمایی قطر هنوز مواد اولیه را مشخص نکرده است، اما از شروع یک پروژه با سیستم‌های Verno، شرکت سوخت‌های زیستی آمریکا اطلاع داده است [۱۰].

۱-۵-۲-۷- پتانسیل منابع زیست‌توده

قطر یکی از کشورهایی است که بزرگترین نرخ تولید زباله به ازای جمعیت را در جهان دارد. در سال ۲۰۱۰، این کشور روزانه ۸۰۰۰ تن زباله جامد (به غیر زباله ساختمانی که روزانه حدود ۲۰۰۰۰ تن به این مقدار اضافه می‌کند) تولید کرد. پیش‌بینی می-شود در سال ۲۰۳۲ این مقدار با رشد سالانه ۴/۲٪ به ۱۹۰۰۰ تن در روز برسد. در سال ۲۰۱۲ اغلب این ضایعات (بیش از ۹۰٪

زباله جامد) در دفنگاه‌ها دفن شدند و دولت در تلاش برای کاهش این میزان است. در حالی که در بسیاری از کشورهای صنعتی در اروپا و آسیا (مانند اتریش، دانمارک، هلند و ژاپن) کمتر از ۱۰٪ زباله جامد در دفنگاه‌ها دفن می‌شود. این کشورها در خصوص زباله‌ها، بازیافت، تولید انرژی و تولید کمپوست را انجام می‌دهد.

منابع برای کمپوست دو نوع است: نوع اول که ضایعات سبز مانند مواد باغچه، خانه‌ها/پارک‌ها، پسماند آشپزخانه یا مراکز تهیه غذا، و ضایعات بازارها، و نوع دوم که زباله جامد شهری است [۱۱].

۱-۵-۲-۸- فناوری‌های استحصال انرژی از زیست‌توده

قطر به سمت تولید سوخت جت (هواپیما) سوق پیدا کرده است. در تلاش برای کاهش آثار کربن ناشی از فعالیت هواپیمای مسافربری خطوط هوایی قطر، این کشور طرح توسعه سوخت جت زیستی پایدار برای بهره‌برداری تجاری را آغاز نموده است.

قطر اولین کشور عضو شورای همکاری خلیج فارس بود که یک برنامه تبدیل ضایعات به انرژی را اجرا نمود و در حال حاضر بیش از ۳۰ MW برق در مرکز مدیریت پسماند جامد[1] خود واقع در Messeid دوحه تولید می‌کند [۱۱].

در حال حاضر، تولید کمپوست در قطر به طور عمده در مرکز مدیریت پسماند جامد واقع در Messeid انجام می‌شود، که بزرگترین واحد تولید کمپوست در کشور و یکی از بزرگترین نمونه‌ها در جهان می‌باشد. در ابتدا روی زباله که وارد واحد می‌شود تخمیر بیهوازی انجام می‌گیرد، که منجر به تولید بیوگاز می‌شود که می‌تواند بوسیله موتور گاز و ژنراتور برق تولید کند. پس از آن روی مواد هضم هوازی انجام و کمپوست تولید می‌شود.

یک واحد تولید کمپوست از سال ۲۰۱۱ آغاز به بهره‌برداری کرده است و در حالت راه‌اندازی با ظرفیت کامل قادر به پردازش ۷۵۰ تن ضایعات و تولید ۵۲ تن کمپوست از منابع نوع یک (منابع سبز)، ۳۷۷ تن کمپوست از منابع نوع دو (زباله)، کود مایع که از ۵۱ تن کمپوست نوع یک و ۲۰۴ تن کمپوست نوع دو تشکیل شده است، و ۱۲۹ تن بیوگاز، می‌باشد [۱۱].

سه محل دفن زباله در قطر وجود دارد: Umm Al-Afai برای زباله خانگی و توده‌ای، Rawda Rashed برای زباله ساخت و ساز و تخریب و Al-Krana برای لجن فاضلاب. با این حال، روش دفع زباله به وسیله دفنگاه یک راه حل کاربردی برای کشوری مانند قطر که در آن دسترسی به زمین محدود است، نمی‌باشد. پنج ایستگاه انتقال زباله در قطر برای کاهش مقدار زباله که به محل دفن زباله Umm Al-Afai می‌رود راه‌اندازی شده است؛ در جنوب دوحه، غرب دوحه، منطقه صنعتی، Dukhan

1- Domestic Solid Waste Management Center (DSWMC)

وAl-Khor. این ایستگاه‌های انتقال به وسیله بهبود امکانات تفکیک مواد قابل بازیافت مانند شیشه، کاغذ، آلومینیوم و پلاستیک مجهز شده است [۱۱].

مرکز مدیریت زباله جامد خانگی یکی از محتمل‌ترین فعالیت‌های توسعه درخصوص مدیریت پسماند می‌باشد. این مرکز برای حداکثر بازیابی مواد و تولید انرژی از ضایعات توسط نصب فناوری‌های روز برای تفکیک، پیش‌فرآوری، بازیابی مکانیکی و آلی، و فناوری‌های تبدیل ضایعات به انرژی و تولید کمپوست طراحی شده است. این واحد در ظرفیت کامل، ۱۵۵۰ تن/روز ضایعات را فرآوری و برق کافی برای مصارف داخلی تولید می‌کند و علاوه بر آن ۳۴/۴ MW اضافی برای شبکه ملی تأمین می‌نماید [۱۱].

۱-۵-۲-۹- شرکت‌های فعال

شرکت Ministry Muni Aff & Agric که نیروگاه بیوگاز قطر[1] را احداث کرده است یکی از شرکت‌های فعال در حوزه انرژی زیست توه در قطر است.

۱-۵-۲-۱۰- دانشگاه‌ها و موسسات تحقیقاتی

هواپیمایی قطر، پارک علم و فناوری قطر و پتروشیمی قطر با همکاری یکدیگر و حمایت هواپیمایی ایرباس، تجزیه و تحلیل مهندسی، اقتصادی و توسعه اولیه تولید سوخت جت زیستی پایدار را انجام دادند.

۱-۵-۲-۱۱- سازمان‌های دولتی

بنیاد قطر برای توسعه آموزش، علم و جامعه (QF, www.qf.org.qa/) در سال ۱۹۹۵ توسط امیر قطر، شیخ حمد بن خلیفه آل ثانی، تاسیس شد. هدف این بنیاد حمایت از قطر در حرکت از اقتصاد مبتنی بر کربن به اقتصاد دانشی از طریق استفاده از پتانسیل نیروی انسانی از طریق آموزش، علوم و تحقیقات و توسعه محلی می‌باشد. فناوری‌های خورشیدی قطر (QSTec) در ماه مارس سال ۲۰۱۰ به عنوان یک سرمایه‌گذاری مشترک بین بنیاد قطر، SolarWorld AG و بانک توسعه قطر راه‌اندازی شد. این واحد بر روی زمینی به مساحت ۱/۲ میلیون مترمربع در شهر صنعتی راس لافان قطر ساخته شده است. برنامه‌ریزی

1- Qatar Biogas Power Plant

شده است که مرحله یک این واحد در نیمه دوم سال ۲۰۱۳ تکمیل شود. بنیاد قطر یک سرمایه‌گذار عمده در پارک علم و فناوری قطر که در حوزه انرژی پایدار و بهره‌وری انرژی فعالیت می‌کند، می‌باشد.

پارک علم و فناوری قطر (QSTP) مرکزی برای انجام پژوهش، نوآوری و کارآفرینی است. این ارگان در بنیاد قطر واقع شده است و از سال ۲۰۰۴ راه‌اندازی شده و فعالیت می‌کند.

موسسه محیط زیست و تحقیقات انرژی قطر (QEERI) در راستای کاهش تغییرات اقلیم و آلاینده‌های مضر برای محیط زیست و همچنین آلاینده‌های موثر بر انسان هدفگذاری کرده است. هدف QEERI این است که مطمئن شود قطر قادر به پاسخگویی به تقاضای رو به رشد خود برای تولید برق از راه‌های ایمن، سازگار با محیط زیست و پایدار می‌باشد. محدوده‌های مطالعاتی خاص شامل سوخت‌های فسیلی، انرژی خورشیدی و پیل‌های سوختی محتمل هستند [۱۰].

۱-۵-۲-۱۲- اهداف و سیاست‌های انرژی تجدیدپذیر و زیست‌توده

هیچ چارچوب سیاست خاصی در قطر به انرژی‌های تجدیدپذیر اختصاص داده نشده است. با این حال این کشور به سرمایه-گذاری عظیم و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر امید بسته است.

چشم‌انداز ملی قطر[1] تا سال ۲۰۳۰، چشم‌انداز بلند مدت قطر را با ارائه یک چارچوب که در آن استراتژی‌های ملی و طرح های اجرایی می‌توان توسعه یابد تشریح نموده است. پنج هدف فراگیر این چشم‌انداز برای سال ۲۰۳۰، به شرح ذیل می‌باشد:

- نوسازی و حفظ سنت‌ها
- عدالت بین نسلی
- مدیریت رشد و توسعه
- ایجاد دانش و کیفیت نیروی کار و انتخاب مسیر بهینه توسعه
- رشد اقتصادی، توسعه اجتماعی و مدیریت زیست محیطی

QNV توسعه قطر را از طریق چهار رکن به هم پیوسته شامل توسعه انسانی، توسعه اجتماعی، توسعه اقتصادی و توسعه زیست محیطی پیش‌بینی می‌نماید.

1- Qatar National Vision (QNV)

استراتژی توسعه ملی قطر ۲۰۱۶-۲۰۱۱ اولین استراتژی توسعه ملی قطر است. این استراتژی برای تنظیم مسیری به سمت دستیابی به اهداف چشم‌انداز ۲۰۳۰ ملی قطر آماده شد.

برنامه ملی امنیت غذایی قطر (QNFSP, www.qnfsp.gov.qa/) یک اقدام پیشگامانه ملی است که در سال ۲۰۰۸ تدوین شد، این برنامه یک وظیفه بین دولتی برای توسعه طرح جامع QNFSP می‌باشد که در پایان سال ۲۰۱۲ تکمیل خواهد شد. طرح جامع QNFSP با گسترش چهار بخش از فعالیت‌های اقتصادی از جمله انرژی‌های تجدیدپذیر، آب شیرین کن و مدیریت آب، تولید محصولات کشاورزی و فرآوری مواد غذایی، یک راه‌حل جامع برای امنیت غذایی توصیه می‌کند. این طرح توسعه بخش انرژی‌های تجدیدپذیر را در کشور از طریق ترویج تقاضای محلی برای انرژی‌های تجدیدپذیر به منظور تحریک تولید فناوری‌های تجدیدپذیر آغاز خواهد نمود.

این طرح به منظور استفاده از آخرین پیشرفت‌ها در فناوری‌های فتوولتائیک و حرارت خورشیدی برای ساخت یک پارک خورشیدی که انرژی کافی برای شیرین کردن آب آن را تولید خواهد نمود برنامه‌ریزی می‌کند. در این طرح همچنین امکان استفاده از انرژی باد برای تولید بخشی از برق مورد نیاز خود و فن‌آوری‌های شبکه هوشمند بررسی می‌شود. علاوه بر این، هدف طرح جامع QNFSP، توسعه هم‌افزایی با سایر بخش‌ها در کشور برای ترویج بهره‌وری انرژی ملی با استفاده مجدد از انرژی زباله آن بخش‌ها، و ترویج اقدامات بهره‌وری انرژی در چهار بخش اصلی آن است.

طرح جامع ملی قطر (QNMP) یک طرح جامع بلندمدت است که توسط سازمان برنامه‌ریزی و توسعه شهری (UPDA) برای هدایت توسعه فیزیکی قطر تا سال ۲۰۲۵ آغاز شد. QNMP همه جنبه‌های توسعه از جمله حمل و نقل، زیرساخت (فاضلاب، زهکشی، آب و برق)، حفاظت از محیط زیست و استفاده از زمین (مسکونی، تجاری، صنعتی، و تفریحی) را پوشش می‌دهد. بنابراین یک سیستم یکپارچه، منافع ممکن پروژه‌های ایجاد شده را حداکثر می‌کند، در نتیجه هزینه منابع را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد.

طرح کاربرد پایدار انرژی و آب قطر (QWE, http://qwe.qatar.tamu.edu/) یک پروژه برای بهبود فناوری آب شیرین کن و ترویج آگاهی عمومی از استفاده پایدار از انرژی است. زمینه‌های فنی تحت پوشش این برنامه عبارتند از: ارزیابی اثرات زیست محیطی مصرف آب و انرژی، به حداقل رساندن مصرف آب و تخلیه، حداکثر کردن بهره‌وری انرژی صنعتی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، بهبود فناوری‌های شیرین کردن آب، استراتژی‌های استفاده مجدد و بازیافت کارآمد، ادغام موثر سیستم‌های آب و انرژی [۱۰].

۱-۵-۳- عربستان سعودی

۱-۵-۳-۱- کلیات

پایتخت: ریاض

واحد پول: ریال سعودی

تولید ناخالص داخلی: ۵۷۶/۸۲۴ میلیارد دلار

سرانه تولید ناخالص داخلی: ۲۵/۳۴۵ دلار

نرخ رشد تولید ناخالص داخلی: ۲/۴٪

وسعت: ۲۱۴۹۶۹۰ کیلومترمربع

جمعیت: ۲۸۶۸۶۶۳۳ نفر

شکل ۱-۴۵ نقشه کشور عربستان سعودی

۱-۵-۳-۲- موقعیت جغرافیایی

کشور عربستان سعودی در خاورمیانه و هم‌مرز با خلیج فارس و دریای سرخ است. در جنوب این کشور، یمن جای دارد. این کشور همچنین با عراق، اردن، کویت، عمان، قطر، امارات متحده عربی مرز یکسان دارد و از طریق پل به بحرین وصل است. بیشتر زمین‌های آن را بیابانهای ماسه‌ای تشکیل می‌دهد. عربستان کشوری آسیایی است و در منطقه استراتژیک خاورمیانه قرار دارد و بزرگترین کشور این منطقه می‌باشد. مساحت این کشور بخش بزرگی از شبه جزیره عربستان یعنی حدود ۸۵ درصد این شبه جزیره را تشکیل می‌دهد. از غرب و شرق به دریای سرخ و خلیج‌فارس مرتبط است و همین دسترسی به آب‌های آزاد این امکان را برای این کشور به وجود آورده تا از دو سوی آن برای حمل‌ونقل‌های دریایی و واردات و صادرات استفاده شود. مرز دریایی این کشور را حدود ۲۶۴۰ کیلومتر برآورد کرده‌اند که بیشترین مرز آبی کشورهای منطقه است. حدود ۷۵ درصد از وسعت این کشور از بیابان‌های خشک و بی آب و علف تشکیل شده است.

۱-۵-۳-۳- شرایط آب و هوایی

عربستان سعودی دارای آب و هوای گرم و خشک صحرایی است. دمای هوا در روزهای تابستان به طور متوسط ۴۵ درجه و در شب با اختلاف دمای زیاد نسبت به روز است. در بعضی مناطق کوهستانی حاشیه دریای سرخ و استان اصیر آب و هوا در ۸ ماه از سال نسبتاً مناسب است اما سرما به ندرت به زیر صفر درجه می‌رسد.

۱-۵-۳-۴- مصرف انرژی

انرژی در عربستان سعودی نه تنها تولید، مصرف و صادرات نفت، بلکه تولید گاز طبیعی و برق را نیز شامل می‌شود. عربستان سعودی بزرگترین صادرکننده و تولیدکننده نفت در جهان است. اقتصاد عربستان سعودی مبتنی بر نفت است. در واقع نفت ۹۰٪ صادرات کشور و نزدیک به ۷۵٪ درآمد دولت را شامل می‌شود. حدود ۴۵٪ از تولید ناخالص داخلی عربستان سعودی توسط صنعت نفت و ۴۰٪ آن از بخش خصوصی تأمین می‌شود. سرانه تولید ناخالص داخلی در عربستان سعودی ۲۰۷۰۰ دلار است. به رغم تلاش برای ایجاد تنوع، اقتصاد این کشور هنوز هم بسیار وابسته به نفت و به ویژه بخش پتروشیمی است. عربستان سعودی همچنین دارای بزرگترین، یا یکی از بزرگترین، ذخایر (قابل بازیابی از لحاظ اقتصادی) نفت خام در جهان است (۱۸٪ از ذخایر جهان، بیش از ۲۶۰ میلیارد بشکه).

عربستان سعودی، یکی از بزرگترین ذخایر گاز طبیعی در خلیج فارس را دارد. ذخایر گاز طبیعی بیش از ۷ تریلیون مترمکعب هستند.

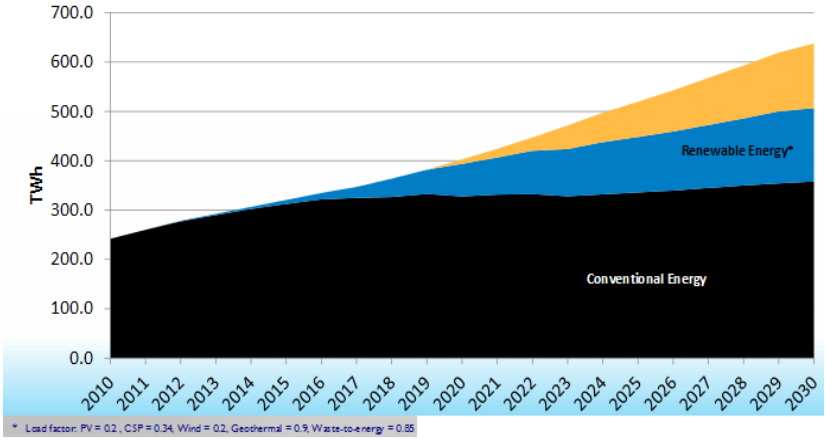
این کشور برای تنوع بخشیدن به منابع انرژی خود برنامه دارد و در حال توسعه تولید برق خورشیدی و هسته‌ای می‌باشد.

۱-۵-۳-۵- سوخت‌های فسیلی

عربستان سعودی از بزرگترین تولیدکنندگان و صادرکنندگان نفت دنیا است. این کشور بیشترین ذخایر نفت جهان را داراست که این ذخایر به شکل عمده‌ای در استان‌های شرقی متمرکز شده‌اند. نفت ۹۵٪ از صادرات و ۷۰٪ درآمد دولت را تشکیل می‌دهد. هر چند اخیراً صادرات غیرنفتی افزایش یافته‌اند. ثروت نفت باعث تبدیل این کشور سلطنتی بیابانی به یکی از ثروتمندترین کشورهای دنیا شده است. درآمدهای گسترده نفتی سبب مدرنیزه شدن سریع کشور و ایجاد رفاه شده است. عربستان همچنین دارای ششمین ذخایر گاز طبیعی بزرگ جهان است.

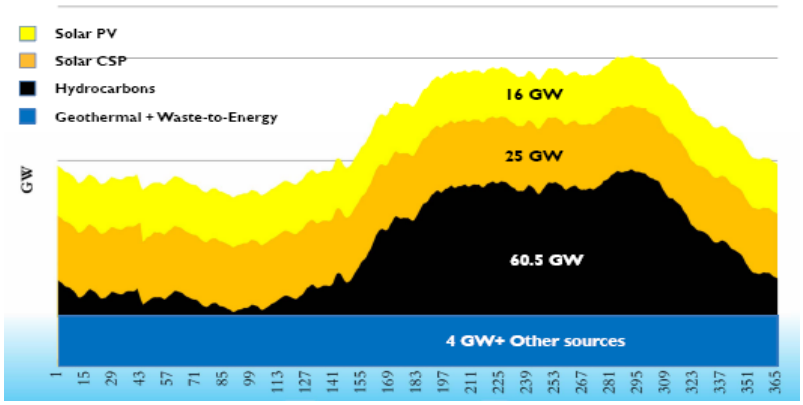
۱-۵-۳-۶- انرژی تجدیدپذیر

کشور عربستان در راستای ایجاد تنوع در سبد انرژی، برای کاربرد انرژی تجدیدپذیر و هسته‌ای برنامه‌ریزی کرده است. روند توسعه کاربرد منابع انرژی جایگزین در شکل (۱-۴۶) نشان داده شده است [۱۲].



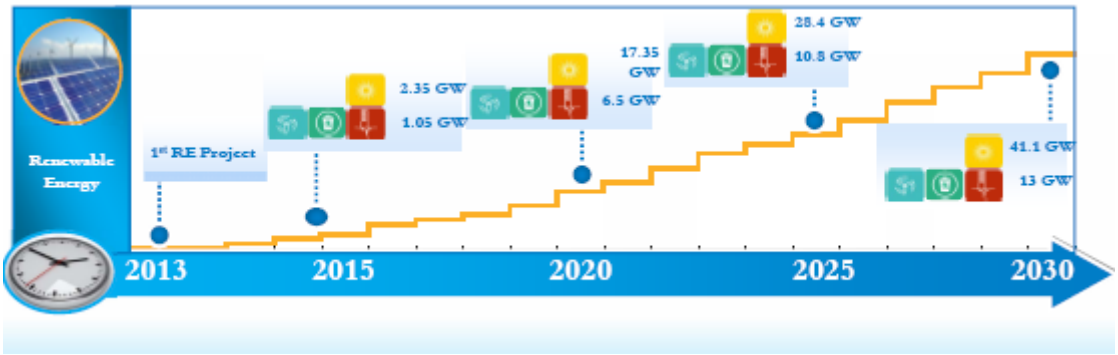
شکل ۱-۴۶ روند توسعه تدریجی منابع انرژی جایگزین

سهم برنامه‌ریزی شده منابع مختلف تجدیدپذیر در شکل (۱-۴۷) ارائه شده است [۱۲].



شکل ۱-۴۷ ترکیب انرژی پیشنهادی تا سال ۲۰۳۲

عربستان سعودی برای توسعه انرژی تجدیدپذیر در کشور نقشه راهی تا سال ۲۰۳۰ تدوین نموده است که در شکل (۱-۴۸) مشاهده می‌شود [۱۲].



شکل ۱-۴۸ نقشه راه توسعه انرژی تجدیدپذیر

۱-۵-۳-۷- سهم زیست‌توده

در حال حاضر زیست‌توده عمدتاً به عنوان سوخت سنتی استفاده می‌شود که سهم حدود ۳۸±۱۰ EJY دارد و سهم زیست‌توده مدرن حدود ۷ EJY می‌باشد. بسیاری از سناریوهای انرژی سهم بزرگی برای زیست‌توده در سیستم انرژی آینده پیشنهاد می‌کنند [۱۳].

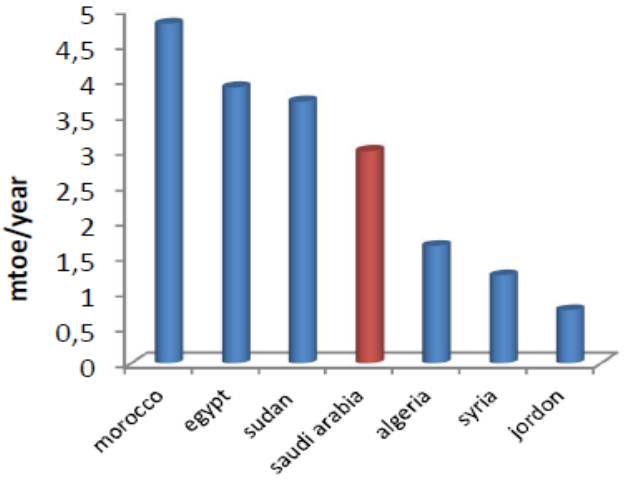
۱-۵-۳-۸- پتانسیل منابع

بازار میوه، سبزیجات و گل‌ها هر ساله مقادیر زیادی ضایعات تولید می‌کنند. این ضایعات همراه زباله جامد شهری در دفنگاه دفع می‌شود [۱۳].

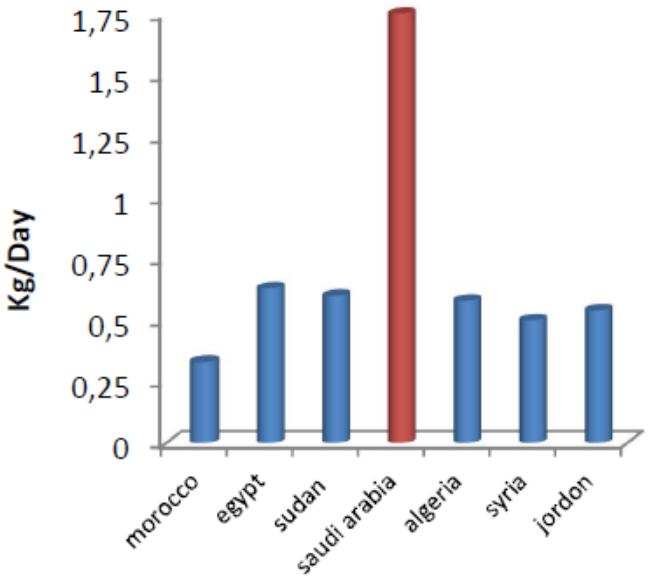
مطالعات زیادی برای ارزیابی پتانسیل آینده انرژی زیست‌توده انجام شده است [۱۲-۹]. برای تولید انرژی تجدیدپذیر از ضایعات، پتانسیل خوبی در عربستان وجود دارد. اگر ضایعات تولید شده به طور مناسب استفاده شوند، می‌تواند بخش زیادی از نیاز انرژی این کشور را تأمین نماید [۱۳].

در عربستان سعودی ضایعات زیادی تولید می‌شوند که به طور عمده به شکل زباله جامد شهری (MSW)، ضایعات کشاورزی، زباله آلی صنعتی و فاضلاب هستند. پتانسیل انرژی زیست‌توده کل در عربستان سعودی (mtoe) ۳ برآورد شده است و این کشور در مقام چهارم در بین کشورهای عرب پس از مراکش، مصر و سودان قرار دارد (شکل ۱-۴۹). تولید ضایعات جامد در

کشورهای عربی به سرعت در حال افزایش است. شکل (۱-۵۰) مقایسه تولید ضایعات جامد برخی از کشورهای صنعتی و در حال ظهور عربی را نشان می‌دهد؛ واضح است که تولید ضایعات در عربستان سعودی در مقایسه با سایر کشورها بسیار بالاتر است که ممکن است به دلیل گردشگری به مکان‌های مقدس اسلام در این کشور، گسترش سریع شهرنشینی، ساخت و ساز، و/ یا تراکم جمعیت باشد. تولید سرانه ضایعات در عربستان سعودی در روز (۱/۷۵ kg) در مقایسه با کشورهای دیگر در منطقه که کمتر از یک، بالاترین مقدار است [۱۳].

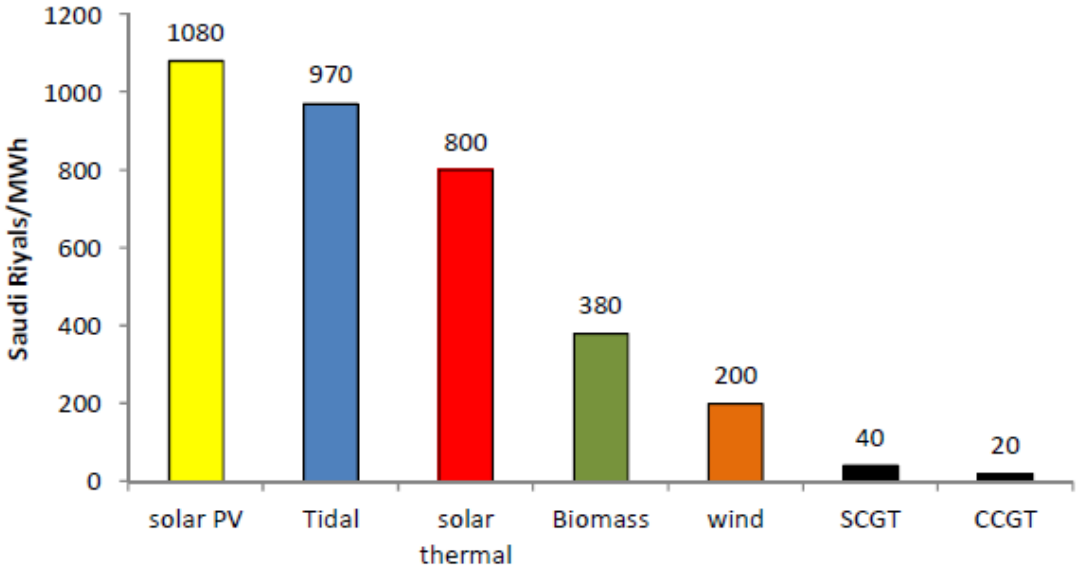


شکل ۱-۴۹ پتانسیل انرژی زیست‌توده در عربستان سعودی



شکل ۱-۵۰ نرخ سرانه تولید ضایعات جامد در روز

همانطور که شاخص هزینه تراز شده منابع انرژی تجدیدپذیر در مقابل بویلرهای گازسوز در عربستان سعودی در شکل (۱-۵۱) نشان می‌دهد، واضح است که هزینه انرژی تولید شده از زیست‌توده با انرژی به دست آمده از دیگر منابع در دسترس (خورشیدی حرارتی و فتوولتائیک، انرژی جزر و مد) در عربستان قابل مقایسه است و اگر انرژی زیست‌توده در دسترس به طور موثر مورد استفاده قرار گیرد می‌تواند در حدود ۱۰۱ $/MWh انرژی فراهم کند که به ترتیب ۶۵/۶۵٪ و ۷۵/۲۳٪ ارزان‌تر از انرژی خورشیدی و جزر و مد می‌باشد [۱۳].



شکل ۱-۵۱ مقایسه هزینه انرژی‌های تجدیدپذیر در عربستان سعودی

- **ضایعات صنعتی**

صنایع در این کشور مقدار زیادی از زائدات آلی تولید می‌کنند که دفع آن‌ها مشکل عمده مقامات شهری است و همچنین بر استانداردهای زیست‌محیطی تاثیر می‌گذارد. صنایع محصولات پیشرفته لبنی، نان و واحدهای فرآوری روغن ضایعات آلی فراوانی تولید می‌کنند. در دهه‌های اخیر، رشد سریع صنعت مواد غذایی و آشامیدنی تولید ضایعات آلی را به طور چشمگیری افزایش داده است. از اوایل سال ۲۰۰۸، افزایش محصولات کشاورزی موجب افزایش صنعت تولید کنسرو میوه و سبزیجات و همچنین آب میوه، نوشابه، و فرآوری روغن در کشور شده است. بیش از ۳۰ نوع صنعت که تولید ضایعات آلی دارند در عربستان

سعودی شناسایی شده است که تمایل به هضم بیهوازی دارند. این صنایع شامل صنایع غذایی مانند لبنیات، نوشیدنی‌ها، فرآوری گوشت، روغن زیتون، کاغذ و خمیر کاغذ، اقلام دارویی، آرایشی و بهداشتی واحدهای فرآوری ماهی و روغن ماهی می‌باشند.

تولید صنعتی فرآورده‌های لبنی در عربستان سعودی از دهه ۱۹۷۰ آغاز شد و در حال حاضر ۱۷ واحد در عربستان سعودی وجود دارد. هر واحد، بسته به نوع محصول به عنوان مثال شیر، پنیر، کره، پودر شیر، میعانات و غیره، زباله با ترکیب مشخص تولید می‌کند. در عربستان سعودی در کل روزانه ۱۰۳۹ MT شیر و مقادیر متناسبی از دیگر محصولات لبنی تولید می‌شود و به طور متوسط حدود ۲۴۰۰ کیلوگرم زباله در هر تن محصولات لبنی تولید می‌شود. مواد زائد جامد اصلی تولید شده توسط صنایع لبنی لجن حاصل از تصفیه فاضلاب است.

تولید روغن زیتون در عربستان سعودی از ۱۰۰۰ MT در سال ۲۰۰۱ تا ۳۰۰۰ MT در سال ۲۰۱۳ افزایش یافته است و در نتیجه به تناسب افزایش در تولید ضایعات نیز وجود دارد. طبیعت ضایعات جامد تولیدی عمدتاً به روش پردازش روغن زیتون بستگی دارد و از حدود ۳۳٪–۲۵٪ مواد آلی تشکیل شده است. متوسط عملکرد ضایعات کیک زیتون حدود ۵۰٪ کل است، اما تا حد زیادی متفاوت است [۱۳].

تولید گوشت گاو و گوساله درعربستان با ۸۰۰۰ MT در سال ۱۹۷۵ آغاز شده و به طور مداوم تا سال ۲۰۱۳ به ۲۵۰۰۰ MT افزایش یافته است و این صنعت بالاترین میزان ضایعات آلی در بخش مواد غذایی را دارد [۱۳].

- **ضایعات کشاورزی**

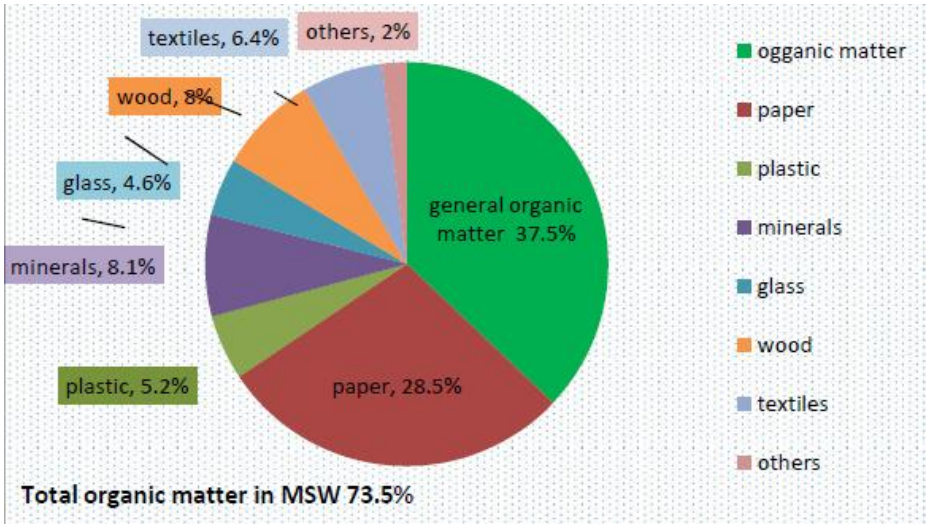
محصولات کشاورزی عربستان سعودی ممکن است پتانسیلی برای انرژی زیست‌توده فراهم کنند. این کشور، به ترتیب اهمیت، گندم، جو، گوجه فرنگی، خربزه، خرما و مرکبات تولید می‌کند. دام اصلی گوسفند و مرغ می‌باشد. محصولات مختلف زراعی/سبزی (۲/۵ میلیون تن در سال ۲۰۰۴) و فضولات حیوانی می‌تواند به عنوان ماده اولیه برای تولید برق استفاده شوند. با وجود کاهش تدریجی تولید گندم، نیاز به تکیه بر منابع دیگر زیست‌توده می‌باشد.

- **زباله جامد شهری**

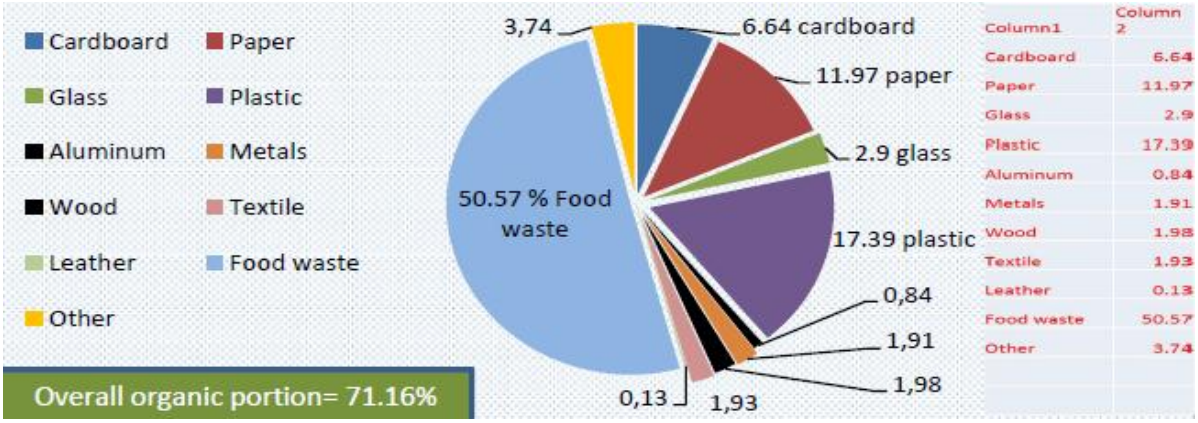
در عربستان سعودی، زباله جامد شهری از سطل شخصی یا جامعه جمع‌آوری شده و در دفنگاه زباله دفع یا انبار می‌شوند. MSW عمدتاً شامل ضایعات مواد غذایی، ضایعات باغی، کیسه‌های پلاستیکی، مبلمان قراضه، لاستیک استفاده شده، لوازم خانگی وکاغذ ضایعاتی هستند. در عربستان سعودی، در حال حاضر تنها ۱۵–۱۰٪ از این زباله بازیافت می‌شوند و باقی آن به

محل‌های دفن زباله می‌رود. مواد آلی بخش عمده MSW را تشکیل می‌دهند. ضایعات میوه و سبزی در مقادیر زیاد با توانمندی زیست‌تخریب‌پذیری بالا در شهرهای اصلی عربستان تولید می‌شوند. تولید ضایعات جامد از مواد غذایی به عنوان مثال گوشت، میوه و سبزیجات و غیره در بازار مرکزی سه شهر بزرگ– ریاض، جده و دمام– بیش از ۶ میلیون تن در سال است. در طول ماه رمضان و موسم حج در حدود ۶۰۰۰۰۰ کیلوگرم یا ۴۵۰۰ مترمکعب، زباله در هر روز تولید می‌شود که بار سنگینی بر کسانی که مسئول جمع‌آوری زباله هستند وارد می‌نماید. تولید MSW در طول پنج سال از سال ۲۰۰۷، از ۱۲/۱ میلیون تن در سال به ۱۵/۲ میلیون تن در سال افزایش یافته است.

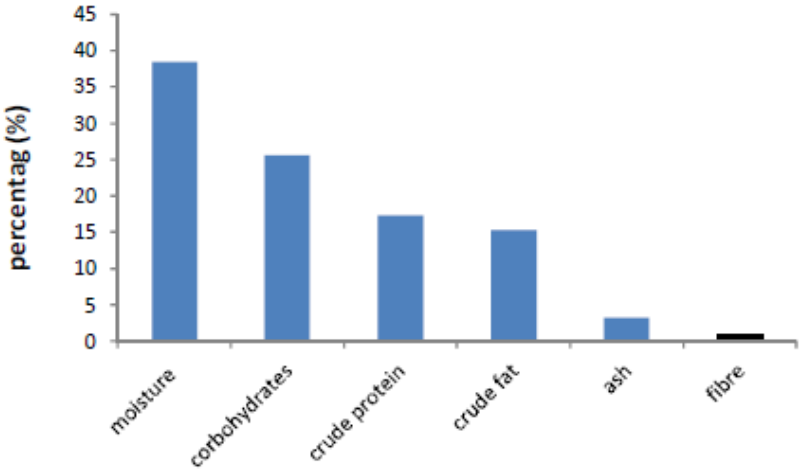
درصد انواع مختلف مواد در نمونه زباله مواد غذایی عربستان عبارت است از: ۳۸/۷۲ برنج، ۱۸/۷۴ محصولات نانوایی، ۲۵/۱۵ گوشت، ۱۳/۰۳ چربی، ۲/۱۹ استخوان و ۲/۱۶ میوه و سبزیجات. زباله مربوط به مصالح ساختمانی و ضایعات خطرناک در این بخش در نظر گرفته نشده است. بیش از ۷۵٪ از جمعیت عربستان سعودی در مناطق شهری متمرکز شده است و جمعیت شهری سالانه ۳٪ افزایش می‌یابد. این امر دولت را ملزم به اقدامات بهبود بازیافت و سناریوی مدیریت زباله در کشور می‌دارد [۱۳].



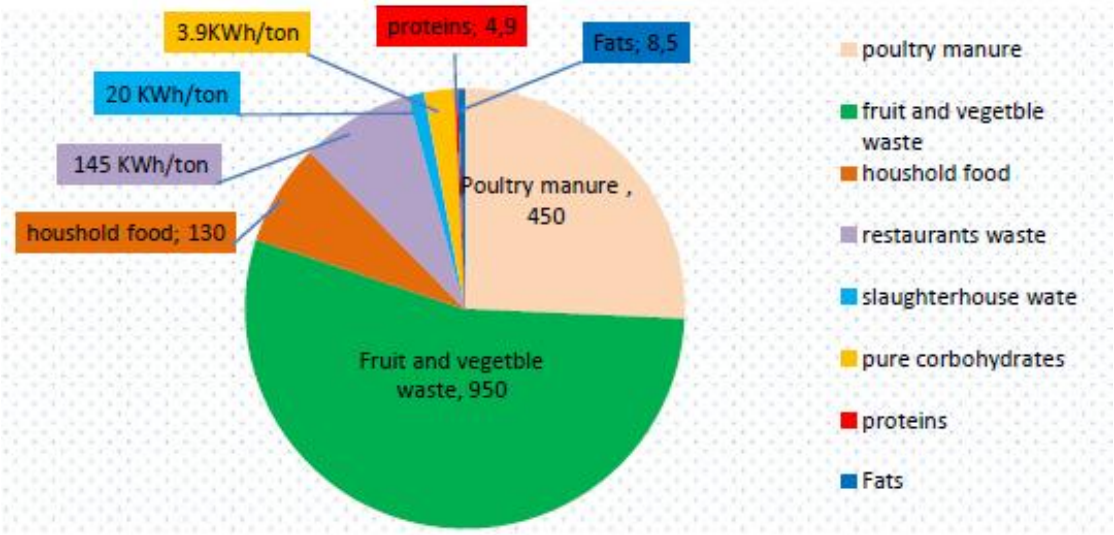
شکل ۱–۵۲ ترکیب زباله جامد شهری عربستان سعودی



شکل ۱-۵۳ ترکیب کل ضایعات تولید شده در عربستان



شکل ۱-۵۴ ترکیب شیمیایی ضایعات آلی عربستان



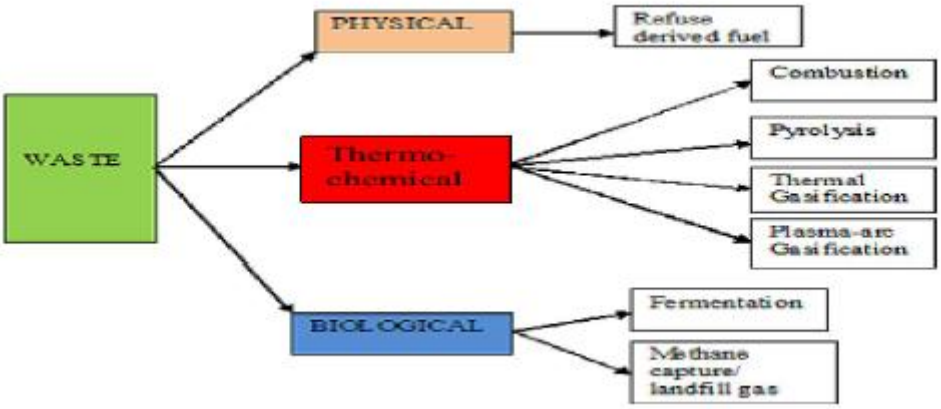
شکل ۱-۵۵ میزان انرژی مواد مختلف

۱-۵-۳-۹- فناوری‌ها

عربستان سعودی اظهار داشته است که هدف تولید MW ۱۰۰ انرژی از ضایعات را دارد.

استفاده از فناوری‌های تبدیل ضایعات به انرژی، متوسط میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را نسبت به بویلر گاز، ۸۷٪-۸۰٪ کاهش می‌دهد.

مواد ضایعاتی تجدیدپذیر از منابع کشاورزی، صنعتی و خانگی از طریق فناوری‌های تبدیل ضایعات به انرژی به اشکال مفید انرژی مانند بیوهیدروژن، بیوگاز و بیواتانول تبدیل می‌شوند [۱۳].

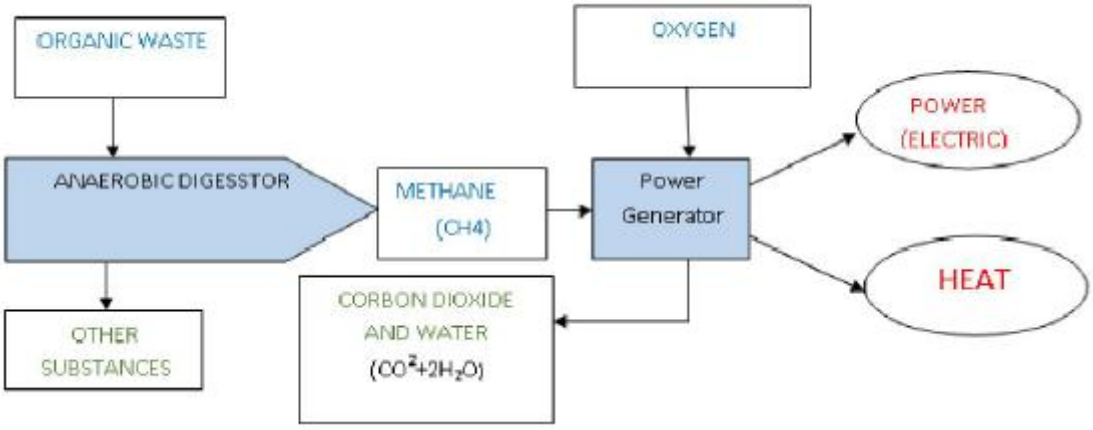


شکل ۱-۵۶ فناوری‌های تبدیل ضایعات به انرژی

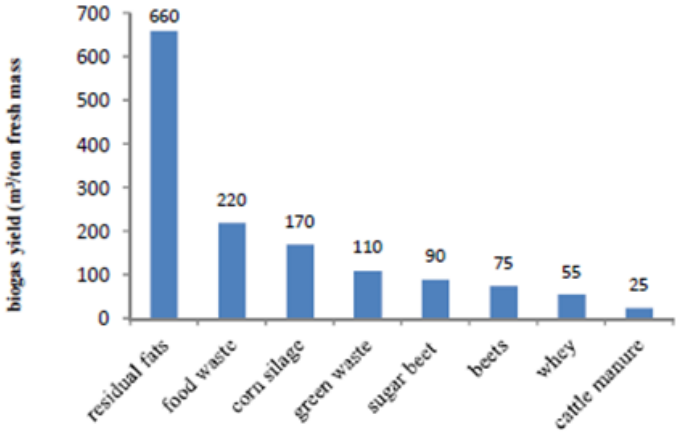
از مطالعه مقایسه‌ای روش‌های ذکر شده که در جدول (۱-۳۱) ارائه شده است قابل ذکر است که هضم بیهوازی کاربردی‌ترین روش تبدیل برای ضایعات آلی است [۱۳].

جدول ۱-۳۱ مطالعه مقایسه‌ای فناوری‌های تبدیل ضایعات به انرژی

Waste type	Incineration	Anaerobic Digestion	Gasification	Use in power plant
Food	Yes (mixed with high C.value waste)	Yes	No	No
Paper	Yes	Yes	Yes	Yes
Wood	Yes	No	Yes	Yes
Garden	Yes (mixed with high C.value waste)	Yes	No	No
RDF	Yes	Yes	Yes	Yes



شکل ۱-۵۷ دیاگرام شماتیک فرایند پیشنهاد شده تولید بیوگاز از ضایعات آلی



شکل ۱-۵۸ بازده تولید بیوگاز از منابع مختلف

۱-۵-۳-۱۰- دانشگاه‌ها و موسسات تحقیقاتی

مرکز تحقیقاتی انرژی تجدیدپذیر و اتمی ملک عبدالله در عربستان سعودی برای دستیابی به GW ۳ انرژی از ضایعات تا سال ۲۰۳۲ برنامه‌ریزی کرده است [۱۴].

دانشگاه ملک سعود، دانشکده مهندسی، گروه فناوری انرژی پایدار و گروه مهندسی مکانیک در این زمینه فعالیت می‌کنند.

اردن

۱-۵-۳-۱۱- کلیات

پایتخت: امان

واحد پول: دینار اردن

تولید ناخالص داخلی: ۳۵/۸۲۷ میلیارد دلار

سرانه تولید ناخالص داخلی: ۵۴۲۲/۵۷ دلار

نرخ رشد تولید ناخالص داخلی: ۴/۸۴٪

وسعت: ۹۲۳۰۰ کیلومترمربع

جمعیت: ۶۶۵۵۰۰۰ نفر

شکل ۱-۵۹ نقشه کشور اردن

۱-۵-۳-۱۲- موقعیت جغرافیایی

اردن کشوری است در خاورمیانه که از شمال با سوریه، از شمال شرقی با عراق و از شرق و جنوب با عربستان سعودی و از غرب با اسرائیل و کرانه باختری رود اردن همسایه است، که مجموع خطوط مرزی اردن با این کشورها به ۱۶۱۹ کیلومتر می‌رسد. اردن از جنوب به خلیج عقبه متصل است و از آن رو حدود ۲۶ کیلومتر نیز مرز آبی دارد؛ و این در میان کشورهای عربی کمترین مرز آبی به شمار می‌رود. مساحت کشور اردن به طور عمده از صحراهای خشک و بایر تشکیل شده است. اما در قسمت‌های غربی ارتفاعاتی نیز وجود دارد. در نوار مرز غربی اردن، رود اردن جاری است که این کشور را از اسرائیل جدا می‌کند. بلندترین نقطه اردن، قله جبل رم (۱۷۳۴ متر) است و پست‌ترین نقطه آن دریای مرده (البحر المیت) است. کشور اردن در قاره آسیا بین عرض‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۴ درجه شمالی، و طول جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۰ درجه واقع شده است. این کشور در شرق یک فلات خشک دارد که توسط رودخانه‌های فصلی آبیاری می‌شود. غرب این کشور منطقه کوهستانی است که از زمین های زراعی و جنگل همیشه سبز مدیترانه تشکیل شده است. شهرهای عمده اردن امان (پایتخت) در شمال غربی و شهرهای اربد و الزرقا در شمال هستند.

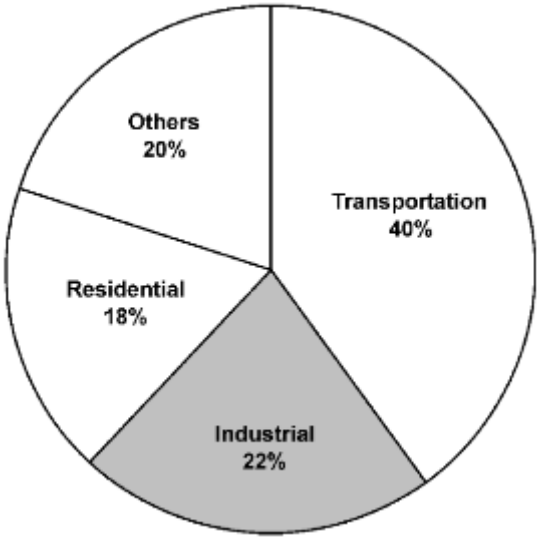
۱-۵-۳-۱۳- شرایط آب و هوایی

از آنجا که قسمت اعظم اردن صحراست آب و هوای آن نیز خشک و بیابانی است. این در حالی است که قسمت باختری کشور در طول دوره بارندگی سالیانه، (از نوامبر تا آوریل) شاهد بارش نسبی است.

۱-۵-۳-۱۴- مصرف انرژی

مطالعه اخیر نشان داده است که مصرف سالانه انرژی در اردن به طور تقریبی معادل ۵۰۰۰۰ گیگاوات ساعت است. مصرف انرژی در اردن به سه بخش عمده، یعنی، صنعتی، مسکونی و حمل و نقل تقسیم شده است. مصرف انرژی در این بخش‌ها در شکل (۱-۶۰) ارائه شده است. اصطلاح سایر در این شکل به دیگر انواع جزئی انرژی در بخش‌هایی مانند تجاری، دولت، آموزش و پرورش، نظامی و غیره برمی‌گردد. بخش زیادی از انرژی، ۲۲٪، توسط بخش صنعتی مصرف می شود [۱۵].

جدول (۱-۳۲) توزیع مصرف سالانه انرژی برای منابع مختلف انرژی را نشان می‌دهد. از نظر ارزش معادل انرژی، نفت سنگین و سوخت دیزل حدود دو سوم از کل سوخت مصرفی را تشکیل می‌دهند. به طور طبیعی، بخش زیادی از این سوخت در تولید برق استفاده می‌شود. اخیراً گزارش شده است که در حدود ۵۰٪ از مصرف سوخت دیزل و بیش از ۸۵٪ از مصرف نفت سنگین در اردن برای تولید برق استفاده می‌شود [۱۵].



شکل ۱-۶۰ توزیع مصرف انرژی در بخش‌های مختلف در کشور اردن

جدول ۱-۳۲ مصرف سوخت‌های اصلی در اردن در سال ۱۹۹۵

Fuel	Consumption	Energy equivalent (GW h)	Percentage of total (%)
Diesel fuel	1,033,000 metric tons	13,159	26.1
Heavy fuel oil	1,620,000 metric tons	19,581	38.9
LPG	203,000 metric tons	2820	5.6
Gasoline	478,000 metric tons	6220	12.4
Jet fuel	244,000 metric tons	3175	6.3
Kerosene	215,000 metric tons	2779	5.5
Natural gas	283 million m^3	2600	5.2
Total	–	50,334	100

۱-۵-۳-۱۵- سوخت‌های فسیلی

اردن به شدت به واردات نفت به عنوان منبع اصلی انرژی متکی است. در سال ۱۹۹۵، واردات نفت خام بـه ۳/۱۶ میلیـون تـن رسیده است. دیگر فرآورده های نفتی وارداتی شامل نفت سوخت .۷۶۰۰۰۰ تن، گاز مایع ۷۵۰۰۰ تـن، و دیـزل ۱۷۳،۰۰۰ تـن می‌باشد. کل واردات در این کشور ۳۳۱ میلیون می‌باشد. مجموع نفت خام موردنیاز در اردن (واردات) در حدود ۱۰۶،۰۰۰ بشکه در روز به اضافه ۲۰۰۰۰ بشکه در روز از محصولات تصفیه شده است (در سال ۲۰۰۲) [۱۶].

برخی تحولات عمده جدید در بخش انرژی در جریان است یا پیشنهاد شده است که تأثیر قابل توجهی بـر سـاختار آینـده ایـن بخش خواهد داشت که در زیر شرح داده می‌شود [۱۶]:

- **نفت**

در سال ۱۹۸۱، ذخایر نفت خام در مقادیر کوچک در نزدیکی ازراق کشف شد. در سال ۱۹۸۴، ذخایر متوسط در میـادین حمـزه پیدا شد. امروز، مقدار کمی از نفت از نفت میدان حمزه و ازراق تولید می‌شود، تا ۲۵ بشکه در روز فراهم می‌کند.

- **زغال‌سنگ**

تولید یا استفاده از زغال‌سنگ به عنوان یک منبع انرژی در اردن وجود دارد.

- **گاز طبیعی**

در سال ۱۹۸۷، گاز در ریشا کشف شد. تا به امروز، ۲۹ حلقه چاه حفر شده است، شش تا از آنها گاز تولید کرده‌اند. تولیـد فعلـی است ۳۰ میلیون فوت مکعب در روز برآورد می‌شود. استخراج گاز طبیعی با هدف رسیدن به خروجی ۳۵ میلیون فوت مکعب در روز تا پایان سال ۱۹۹۶در حال افزایش است. بیش از ۴۸ میلیارد فوت مکعب گاز طبیعی تاکنون تولید شده است. تولید کنـونی سالانه حدود ۱۰ میلیارد فوت مکعب است. پیش‌بینی می‌شود که تولید سالانه در آینده نزدیک به حدود ۱۵ میلیارد فوت مکعب برسد. کل ذخایر برآورد شده در میدان ریشا ۲۳۰ میلیارد فوت مکعب (سال ۲۰۰۳) می‌باشد که برای تولید حـدود ۱۰٪ از بـرق اردن در نیروگاه سوزانده می‌شود.

۱-۵-۳-۱۶- انرژی تجدیدپذیر

استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در اردن با احتساب سهم کمتر از ۱٪ در تولید برق تا به حال در حاشیه بوده است. در سال ۲۰۱۲، از ۱۶/۵ مگاوات انرژی تولید شده توسط منابع انرژی تجدیدپذیر، ۶۰/۴٪ آن برقابی، ۲۱/۱٪ زیست‌توده، ۹/۷٪ فتوولتائیک و ۸/۸٪ بادی بوده است. پتانسیل تولید برق از منابع انرژی تجدیدپذیر در این کشور عمدتاً در زمینه‌های انرژی باد و خورشید می‌باشد [۱۶].

❑ انرژی باد

اردن مناطقی با سرعت باد مناسب برای تولید برق دارد. این مناطق با بیشترین پتانسیل در شمال و جنوب این کشور واقع شده است. اطلس باد، توسط مرکز تحقیقات دانمارکی Risø و همکاری با مقامات اردن تهیه شد و سال ۱۹۸۹ برای اردن در دسترس بوده است. طبق نظر وزارت انرژی و منابع معدنی، این اطلس باد با نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های جدید، در حال به روز رسانی است.

تاکنون، دو مزرعه بادی در اردن ساخته و به شبکه برق متصل شده است. یکی دارای ظرفیت تولید ۳۲۰ کیلووات (۸۰ × ۴ کیلووات) و در سال ۱۹۹۸ با همکاری یک شرکت دانمارکی در ابراهیمیه در نزدیکی هوفا به عنوان یک پروژه آزمایشی ساخته شد. دومی در سال ۱۹۹۶ در هوفا تکمیل شد (با بودجه برنامه الدورادو آلمان تأمین مالی شد) و دارای ظرفیت ۱/۲ مگاوات (۵ واحد ۲۲۵ کیلووات) می‌باشد. این دو مزرعه در حدود ۳ گیگاوات ساعت برق در سال ۲۰۱۲ تولید کردند. سهم برق بادی قرار است به طور قابل توجهی افزایش یابد. در سال ۲۰۱۳، یک قرارداد با یک کنسرسیوم از شرکت‌های اردنی و بین‌المللی برای مزرعه بادی ۱۱۷ مگاوات تفیلا[1] امضا شد. قرار است مجموع ظرفیت برق بادی کشور با بهره‌برداری تجاری که پیش‌بینی می‌شود از اواسط سال ۲۰۱۵ آغاز شود تا ۳٪ افزایش یابد.

قرارداد دوم در زمینه EPC (مهندسی، تدارکات و ساخت) با شرکت اسپانیاییElecnor امضا شود. مطابق این قرارداد ۳۳ واحد ۲ مگاواتی این پارک بادی در معان، شهری در جنوب اردن، نصب شده و تا پایان سال ۲۰۱۵ به بهره‌برداری می‌رسد.

❑ انرژی خورشید

در اردن، با شدت تابش مستقیم ۵ تا ۷ کیلووات ساعت بر مترمربع، شرایط طبیعی برای انرژی خورشیدی عالی است. تا کنون، سلول‌های فتوولتائیک خورشیدی عمدتاً برای تأمین انرژی خارج از شبکه استفاده شده است، از جمله برج‌های مخابراتی، پمپاژ

1- Tafila

آب و آب شیرین کن و همچنین برای خانه‌ها در مناطق دورافتاده که به شبکه برق متصل نیست. تا پیش از انتشار قانون انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۱۲، حدود ۲۳۶/۴ کیلووات در اردن نصب شده است.

در اواخر آوریل سال ۲۰۱۴، حدود ۳ تا ۴ مگاوات سیستم‌های فتوولتائیک به صورت غیر متمرکز نصب شده است و حدود ۵ مگاوات دیگر در دست ساخت است که همه به شبکه توزیع متصل می‌شوند. تخمین زده می‌شود که بیش از ۴۰۰ شرکت ثبت شده نصب و راه‌اندازی در اردن وجود داشته باشد، اگر چه تا اوایل سال ۲۰۱۴ تنها حدود ۱۰ شرکت به طور جدی در این زمینه فعالیت داشته‌اند. علاوه بر این، ۱۲ پروژه با ظرفیت ۱۷۰ مگاوات، در اولین سری از پروپوزال‌های مستقیم برایتوافق خرید برق که در اکتبر سال ۲۰۱۱ آغاز شد، ساخته شد. در آوریل ۲۰۱۴ هیچ یک از این پروژه‌ها هنوز اجرا نشده بود، اما در مرحله نهایی مذاکرات بودند و با بسته شدن بحث مالی در پاییز ۲۰۱۴ اجرا خواهند شد.

علاوه بر این، دو پروژه مناقصه‌ای فتوولتائیک، یکی با مجموع ظرفیت ۲ مگاوات توسط اسپانیا در منطقه ازرق و دیگری با مجموع ظرفیت ۷۵-۶۵ مگاوات در کوویره (عقبه) که از طریق منابع مالی ابوظبی تأمین اعتبار می‌شد، باید توسط وزارت انرژی و منابع معدنی (MEMR) در سال ۲۰۱۴ ارزیابی شد.

❑ انرژی برقابی

اردن بستر جریان آب قابل توجه که برای احداث نیروگاه برقابی مناسب باشد ندارد. تنها نیروگاه برقابی در سد شاه طلال روی رودخانه از زرقا[1]، با ظرفیت ۵ مگاوات است. واحد دیگر تولید انرژی برقابی یک توربین را با آب خنک کاری نیروگاه حرارتی عقبه که از دریا گرفته شده است راه‌اندازی می‌نماید. در سال ۲۰۱۲، این دو واحد در مجموع ۶۱ گیگاوات ساعت برق تولید نمودند و در نتیجه ۰/۴٪ از برق تولید شده در کل کشور را تأمین نمودند.

❑ انرژی بیوگاز

به کمک برنامه توسعه سازمان ملل (UNDP)، یک پروژه برای استحصال گاز متان محل دفن زباله در امان اجرا شده است. با استفاده از تسهیلات جهانی محیط زیست[2] (۲/۵ میلیون دلار) و آژانس توسعه دانمارک DANIDA (۱/۵ میلیون دلار)، یک واحد بیوگاز راه‌اندازی شده است که گازهای تولید شده در محل دفن زباله را جمع‌آوری و در یک ژنراتور ۱ مگاوات برای تولید

1- Az Zarqa Rive
2- Global Environmental Facility

برق متصل به شبکه استفاده می‌نماید. این واحد از سال ۲۰۰۰ در حال بهره‌برداری بوده است و سالانه حدود ۵ گیگاوات ساعت برق تولید می‌کند. راه‌اندازی این واحد توسط شرکت بیوگاز اردن که یک شرکت سهامی متعلق به شرکت مرکزی تولید برق (CEGCO) و شهرداری عمان بزرگ (GAM) است انجام شد. از سال ۲۰۰۱، بخش بیوگاز به شدت گسترش یافته است. این بخش در حدود ۶ گیگاوات ساعت در سال ۲۰۱۲ تولید داشت.

❑ انرژی زیست‌توده

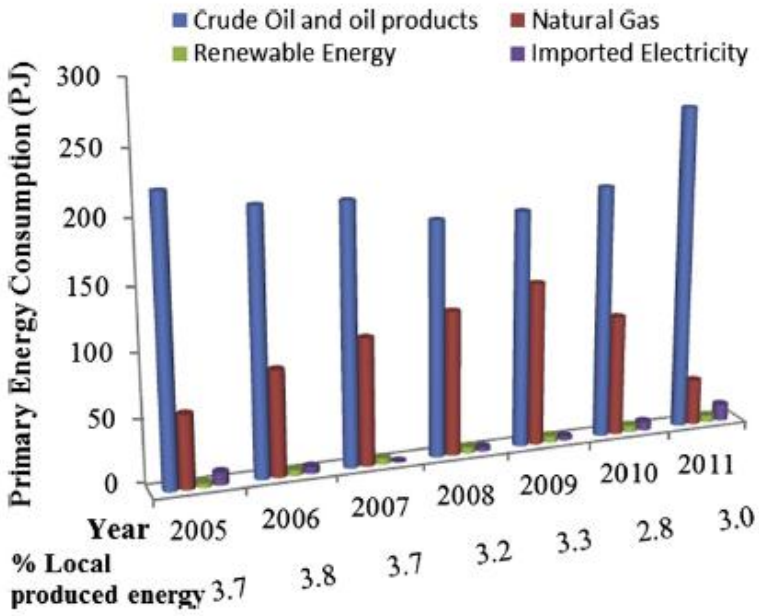
به علت آب و هوای خشک، پوشش گیاهی زیادی در اردن وجود ندارد. بدیهی است که این موضوع استفاده بالقوه از زیست‌توده گیاهی را محدود می‌کند. سوزاندن زیست‌توده گیاهی به میزان محدود در مناطق روستایی برای پخت و پز و گرمایش انجام می‌شود و منبع اصلی انرژی برای بادیه‌نشین‌ها می‌باشد. پتانسیل بزرگی برای تولید انرژی از زباله خانگی (زباله جامد شهری) که حدود ۶۰٪ مواد آلی دارند وجود دارد و تخمین زده می‌شود در مجموع سالانه ۱/۱ میلیون تن باشد. این میزان معادل رقم سرانه روزانه بین ۰/۳۵ و ۰/۹۵ کیلوگرم زباله با ارزش حرارتی ناخالص MJ/kg ۱۱-۷ می‌باشد. ارقام بسته به زمان سال و همچنین بین مناطق شهری و روستایی متفاوت است.

❑ انرژی زمین‌گرمایی

منابع زمین‌گرمایی در اردن به طور عمده در دو منطقه شناسایی شده است. گفته می‌شود که دو منبع موجود در سواحل شرقی دره اردن و آنهایی که در فلات در شرق مادبا قرار دارند، دمای نسبتاً پایین، زیر °C ۱۰۰ دارند. این به این معنی است که این منابع نمی‌توانند برای تولید برق مورد استفاده قرار بگیرند و فقط برای مقاصد حرارتی نظیر گرمایش استخرهای شنا و گلخانه‌ها استفاده می‌شوند.

۱-۵-۳-۱۷- سهم زیست‌توده

مصرف انرژی اولیه در سال ۲۰۱۱ در اردن بدین شرح گزارش شده است: نفت خام و محصول آن ۸۲/۳۵٪؛ گاز طبیعی ۱۱/۷٪، انرژی‌های تجدیدپذیر ۱/۷٪ و برق وارداتی ۴/۲٪ [۱۷].



شکل ۱-۶۱ مصرف انرژی اولیه در اردن

۱-۵-۳-۱۸- پتانسیل منابع

منابع زیست‌توده در کشور اردن، زائدات محصولات کشاورزی، زباله جامد شهری، لجن فاضلاب و فضولات دامی می‌باشد.

مقدار تخمین زده شده زائدات محصولات کشاورزی تولید شده در اردن برای سال ۲۰۱۱، ۹۹۷۲۵۰ تن، معادل ۷/۹۵۴ PJ انرژی است. این مقدار نشان‌دهنده ۲/۴۸٪ از کل مصرف انرژی اولیه در اردن در سال ۲۰۱۱ است [۱۷].

جدول ۱-۳۳ مقدار تولید شده زائدات کشاورزی مختلف در سال ۲۰۱۱، رطوبت و میزان انرژی آن‌ها

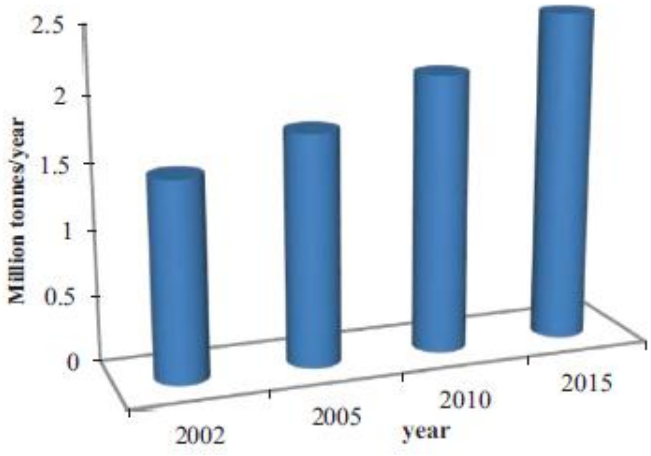
Biomass source	Product 2011, 10^3 ton/year [17]	RPR	Amount of waste (thousand ton/year)	% Moisture content	Energy content, PJ (Dry base)
Field crops	188	2 [35]	376	5-15 [28,35]	5.61
Vegetables	1928.62	0.3 [28]	578.59	70-90 [28]	1.92
Fruit	426.6	0.1 [28]	42.66	35-45 [28]	0.424
Total	2543.22	-	997.25	-	7.954

مقدار برآورد شده فضولات دامی که سالانه در اردن تولید می‌شود ۳۶۰۰۱۰۰ تن و پتانسیل انرژی کل آن ۱۲/۷۳۹ PJ است. این انرژی تقریباً برابر ۳/۹۷٪ مصرف انرژی اولیه در اردن است. از این رو، فضولات دامی اگر به طور موثر جمع آوری شود می‌تواند یک منبع با ارزش انرژی باشد [۱۷].

جدول ۱-۳۴ مقدار ضایعات تولید شده از دام‌های مختلف و خصوصیات آن‌ها

Manure source	Ratio of waste production ($kg_{fresh\ waste}$ /head/y)	Moisture content (%)	Heating value (MJ/kg dry waste)	Available sources (thousand head) [17]	Annual waste production (thousand ton/year)	Total energy content, TJ
Cow	6000 [35]	90	12.3	67.6	405.6	499
Horse and donkey	5000 [35]	79.9	14.9	9.21	46.05	137.76
Sheep and goats	700 [29]	75	16.9	3016.9	2111.83	8922.5
Camel	7238 [29]	79.9	14.9	13	94.094	281.8
Poultry	25 [35]	75	12.3	37,700	942.5	2898.2
Total					3600.1	12,739

کل انرژی قابل استحصال از MSW به لحاظ تئوری ۲۲/۵۷ PJ است که حدود ۷/۰۳٪ از مصرف انرژی اولیه کل اردن در سال ۲۰۱۱ می‌باشد [۱۷].



شکل ۱-۶۲ مقادیر تخمین زده شده زباله تولیدی در اردن

مقدار تخمین زده شده زباله‌های پزشکی تولید شده توسط همه بیمارستان‌های اردن از جمله مراکز پزشکی، درمانگاه و آزمایشگاه حدود ۹ تن در روز، یعنی ۳۲۸۵ تن در سال می‌باشد. بخش قابل احتراق زباله‌های پزشکی، کاغذ، پارچه، مقوا، چوب و برگ، زباله‌های مواد غذایی و پلاستیک حدود ۹۹٪ با ارزش حرارتی به طور متوسط ۱۴/۲ MJ/Kg است.

مقدار تخمین زده شده زباله‌های صنعتی و خطرناک تولید شده در سال ۲۰۰۷، ۱۵۰۰۰ تن بود، درحالی که پیش‌بینی شده است این مقدار تا سال ۲۰۲۷ به ۵۹۰۰۰ تن برسد.

۲۳ واحد تصفیه فاضلاب در اردن وجود دارد. نرخ روزانه این واحدها ۲۱۶۴۱۲ مترمکعب در روز است. حجم پساب در حال افزایش است و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۰ به ۲۳۷ مترمکعب در سال برسد. وزن خشک لجن ۸۵ هزار تن است. ارزش حرارتی بخش جامد ۲۷/۹۳ MJ/kg است. در نتیجه کل انرژی بالقوه لجن فاضلاب ۲/۵۲ پتاژول است [۱۷].

جدول ۱–۳۵ بیوگاز تولیدی تخمین زده شده از منابع مختلف زیست‌توده در اردن

Biomass source		Biogas yield factor (m^3/kg waste)	Biogas yield (m^3/unit/y)	Annual Biogas yield (million m^3)
Livestock manure	Cow	0.0372 [35]	223.2	15.43
	Horse and donkey	0573 [35]	286	2.63
	Sheep and goats	0.058 [54]	40.6	122.49
	Camel	0573 [35,54]	414.7	5.39
	Poultry	0.091[35,54]	2.28	85.96
	Annual theoretical biogas from livestock manure, i.e. without considering the availability energy factor (12.5%)			**231.9**
	Annual biogas from livestock manure, considering an availability energy factor of 12.5%			**29.0**
Agricultural residues	Field crops	0.19 [35]	380 m^3/t_{Corn}	71.44
	Fruit	0.075 [27]	7.5 m^3/t_{fruit}	3.2
	Vegetable	0.075 [27]	22.5 $m^3/t_{veg.}$	43.4
	Olive Fruit	0.05–0.08 m^3/kg VS [17,53]	16.347 m^3/t_{olive}	2.15
	Annual theoretical biogas from Agricultural residues, i.e. without considering the availability energy factor (25%)			**120.19**
	Annual biogas from Agricultural residues, considering an availability energy factor of 25%			**30.05**
Wastes and sewage	MSW	0.0364 [27]	36.4 m^3/t_{MSW}	71.74
	MW	0.0364 [45,46]	0.0364 m^3/t_{MW}	0.12
	Wastewater and sludge	0.0498 [50]	49.8 m^3/t_{waste}	4.233
	Annual theoretical biogas from wastes and sewage, i.e. without considering the availability energy factor (75%)			**76.1**
	Annual biogas from wastes and sewage considering an availability energy factor of 75%			**57.08**
Total theoretical biogas produced annually				**428.19**
Total biogas produced annually (considering energy availability factors)				**116.06**

۱-۵-۳-۱۹- فناوری‌ها

اردن یک برنامه خاص برای بیوانرژی اتخاذ کرده است که طی آن مطالعات پیش امکان‌سنجی برای استفاده از زباله جامد شهری برای تولید برق از سال ۱۹۹۳ از طریق همکاری با GEF[1] انجام شده است. نتیجه این مطالعات منجر به اجرای پروژه بیوگاز برای اولین بار در اردن در منطقه‌ای با ظرفیت حدود ۱ مگاوات برق شد. این پروژه متعلق به شرکت بیوگاز اردن است و توسط آن‌ها بهره‌برداری و نگهداری می‌شود و در حال گسترش تا ۵ مگاوات در سال ۲۰۰۵ است [۱۶].

در تحقیق ارائه شده توسط ابوقدیس و همکاران میزان متان منتشر شده از محل‌های دفن زباله Al Akeeder از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۵۵ پیش بینی شده بود. مشخص شد که میزان تولید گاز متان می‌تواند حداکثر به ۱۲میلیون مترمکعب در سال برای سال ۲۰۲۱ برسد. بر این اساس، برق برآورد شده ۵/۶ MW بود.

ابوهماته و همکاران منابع اصلی ضایعات آلی در اردن را که پتانسیل تولید بیوگاز دارند گردآوری و ارائه کرده‌اند و هضم بی‌هوازی تک مرحله‌ای آنها را مطابق نیروگاه بیوگاز اردن واقع در نزدیکی محل‌های دفن زباله Russaifa شرح داده‌اند. در سال ۲۰۱۱، این واحد حدود ۳۵ هزار تن ضایعات آلی جمع‌آوری شده از هتل‌ها، رستوران‌ها و کشتارگاه‌ها در عمان را فرآوری کرده است. مقدار بیوگاز تولید شده ۷/۶ میلیون مترمکعب بوده و مقدار برق تولید ۸۰۰۵ MWh بوده است. ارزش حرارتی زباله جامد شهری تولید شده در اردن بر اساس ترکیب فیزیکی آن محاسبه شده است. ارزش متوسط ۱۱/۴۹ MJ/kg تعیین شد [۱۷].

۱-۵-۳-۲۰- شرکت‌ها

بازیگران کلیدی در بخش انرژی در اردن به شرح زیر است [۱۶]:

- وزارت انرژی و منابع معدنی (MENR)، که مسئول تدوین سیاست و استراتژی، مقررات نفت و گاز، قرارداد توسعه برق خصوصی و واردات انرژی است.
- کمیسیون تنظیم مقررات برق (ERC) مسئولیت تنظیم بخش برق تحت قوانین تصویب شده را دارد
- وزارت برنامه‌ریزی (MoP)

1- UNDP, GEF and DANIDA

- وزارت مالیه (MoF)
- کمیسیون اجرایی خصوصی (EPC)، که مسئول خصوصی‌سازی است.

سازمان‌های بخش انرژی در اردن

بهره‌برداران عمده بخش برق:

Natural Resources Authority (NRA)

National Electric Power Company. (NEPCO)

Central Electricity Generating Company (CEGCO)

سه شرکت توزیع برق:

Jordan Electric Power Company (JEPCO)

Irbid District Electricity Company (IDECO)

Electricity Distribution Company (EDCO)

Central Electricity Generating Company (CEGCO)

Samra Electric Power Generation Company (SEPGCO)

National Petroleum Company (NPC)

Jordan Petroleum Refinery Company (JPRCO)

Jordan Atomic Energy Commission (JAEC)

National Center for Energy Research (NCER)

Jordan Biogas Company (JBCO)

که یک پروژه پایلوت ۱ مگاواتی تولید برق از طریق سوزاندن گاز متان تولید شده از زباله شهری اجرا کرده است

Rural Electrification Project (REP)

شرکت بیوگاز اردن (JBCO)، اجرای پروژه بیوگاز برای اولین بار در اردن با ظرفیت حدود یک مگاوات برق.

شهرداری عمان بزرگ[1] به طور فعال در حال کار در این زمینه می‌باشد، که در آن چندین پروژه فراوری ضایعات از جمله نیروگاه‌های انرژی زیستی با سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در دست اجرا می‌باشد [۱۶].

1-Greater Amman Municipality

۱-۵-۳-۲۱- دانشگاه‌ها و موسسات تحقیقاتی

اردن فعالیت خود را در زمینه انرژی تجدیدپذیر در اواخر دهه ۷۰ آغاز کرده است. دولت اردن مرکز پژوهشی ملی انرژی (NERC) را در سال ۱۹۹۸ تأسیس کرد تا تمام فعالیت‌های تحقیق و توسعه مربوط به انرژی‌های نو و تجدیدپذیر و حفاظت انرژی در کشور یکسان و هماهنگ شود [۱۶].

در زیر نمونه‌هایی از پژوهش/فعالیت‌های انجام شده در زمینه انرژی زیست‌توده توسط دانشگاه JUST [1] ارائه شده است که عبارتند از:

- تولید بیودیزل از روغن‌های گیاهی و چربی حیوانی
- تولید بریکت از کیک زیتون
- مفاهیم فناوری بیوگاز یکپارچه در برنامه درسی دانشگاه:

هدف اصلی این پروژه افزایش ظرفیت ساخت در زمینه فناوری بیوگاز از طریق معرفی مفاهیم فناوری بیوگاز به برنامه درسی دانشگاه است. در ادامه اهداف خاص پروژه ارائه شده است:

ترویج ظرفیت و دانش فناوری بیوگاز در اردن از طریق تحصیل، آموزش و پژوهش.

ایجاد یک مشارکت در زمینه مدیریت ضایعات و بهبود بیوگاز با دانشگاه‌های اروپایی و / یا آمریکایی که دارای سابقه خوبی در این منطقه هستند.

ایجاد یک سیستم بانک اطلاعاتی در زمینه مدیریت یکپارچه زباله جامد، شامل کتاب‌ها، نشریات وکنفرانس.

موضوعات پیشنهادی / ایده‌های برای تحقیقات و همکاری بعدی در منطقه

- زیست‌توده (به طور کلی) به عنوان یک منبع بالقوه انرژی تجدیدپذیر

جزئیات شامل:

زباله سوزی (احتراق مستقیم)

-فناوری بیودیزل

1- Jordan University of Science & Technology

-فناوری بیوگاز (هضم بیهوازی) – به خصوص، چالش‌های عملی

- تست آزمایشگاهی لازم و مورد نیاز از منابع بالقوه (قبل از استفاده / تبدیل)
- مدیریت منابع انرژی زیستی
- فهرست کردن (اقتصادی) منابع امکان‌پذیر انرژی زیستی
- فناوری مدرن تبدیل زیست‌توده به انرژی
- مهم‌ترین کاربرد انرژی زیستی
- پتانسیل آلایندگی منابع انرژی زیستی (در مقایسه با سوخت‌های فسیلی) و همچنین سوخت‌های زیستی.

تبدیل ضایعات به انرژی در زمینه محیط زیست

مباحث استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر از ضایعات جامد، که برای رسوب زدایی مفید خواهد بود.

- بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه انرژی زیستی و فرآیندهای بیولوژیکی و شیمیایی.
- رویکردهای افزایش خلاقانه و تخیلی برای تولید، حمل و نقل و فرآوری زیست‌توده.
- ساخت که به توسعه و نشان دادن نسل بعدی فنآوری‌های پیشرفته خدمت خواهد کرد
- ممکن ساختن محصولات صنعتی زیستی پایدار و کم هزینه، سوخت‌های زیستی، و برق زیستی

۱-۵-۴- امارات متحده عربی

۱-۴-۵-۱-

۱-۴-۵-۲- کلیات

پایتخت: ابوظبی

واحد پول: درهم امارات

تولید ناخالص داخلی: ۴۰۱/۶۵ میلیارد دلار

سرانه تولید ناخالص داخلی: ۴۳۰۴۸/۸۵ دلار

نرخ رشد تولید ناخالص داخلی: ۴/۳۰٪

وسعت: ۸۳۶۰۰ کیلومترمربع

جمعیت: ۸۱۰۶۰۰۰ نفر

شکل ۱-۶۳ نقشه کشور امارات متحده عربی

۱-۵-۴-۳- موقعیت جغرافیایی

امارات متحده عربی از شمال و شمال غربی به خلیج فارس، از جنوب و جنوب غربی به عمان و عربستان سعودی، از سمت غرب به قطر و عربستان سعودی و از سمت شرق به دریای عمان و عمان محدود می‌شود.

۱-۵-۴-۴- شرایط آب و هوایی

این کشور آب و هوایی بیابانی و سرزمینی هموار دارد که قسمت شرقی آن کوهستانی و سردتر است و تنها ۰/۷۷ درصد خاک آن قابل کشاورزی است.

۱-۵-۴-۵- پتانسیل منابع

برای بررسی وضعیت فعلی بازار تبدیل ضایعات به انرژی در منطقه، تخمین زده می‌شود که هر فرد در امارات متحده عربی ۲ کیلوگرم زباله جامد شهری در روز تولید می‌کند که رقمی در حدود ۱۵۰ میلیون تن زباله در سال خواهد شد. با توجه به این که در حال حاضر (۲۰۱۳) جمعیت این کشور بیش از ۹/۴ میلیون می‌باشد و در ۶ سال آینده رشد متوسط سالانه ۲/۳٪ برای آن پیش‌بینی می‌شود، که بیش از سه برابر متوسط جهانی است، واضح است که ضایعات فراوانی وجود دارد که باید دفع شود. کشورهای عضو شورای همکاری خلیج فارس جزو ۱۰٪ پایینی کشورهای پایدار در جهان می‌باشند و همچنین در بین کشورهایی که بیشترین تولید کربن به ازای هر نفر جمعیت را دارند هستند.

۱-۵-۴-۶- فناوری‌ها

- تبدیل ضایعات به انرژی و تولید سوخت زیستی (بیوگاز، بیواتانول و بیودیزل)، برق و حرارت
- متداول‌ترین فناوری تبدیل ضایعات به انرژی، زباله‌سوزی و تولید برق توسط بویلر و توربین بخار است. گازی‌سازی و هضم بیهوازی دو روش دیگری هستند که مورد استفاده قرار می‌گیرند. فناوری‌های مدرن تبدیل ضایعات به انرژی از جمله زباله‌سوزی RDF، گازی‌سازی، پیرولیز، هضم بیهوازی و غیره توانمندی کاربرد دارند.

دولت ابوظبی در حال حاضر حدود ۸۵۰ میلیون دلار برای ساخت یک نیروگاه ۱۰۰ MW که انتظار می‌رود تا سال ۲۰۱۷ بهره-برداری شود هزینه کرده است که برق حدود ۲۰۰۰۰ خانوار را تأمین خواهد نمود. در شارجه، بزرگترین نیروگاه گازی‌سازی زباله خانگی در جهان، با هزینه بیش از ۴۸۰ میلیون دلار ساخته شده است که در سال ۲۰۱۵ افتتاح خواهد شد. دولت دبی به تازگی برای یک پروژه ۲ میلیارد دلاری که برای استفاده از ۷۸۰۰ تن زباله خانگی در روز که در دبی تولید می‌شود ساخته خواهد شد برنامه‌ریزی کرده است [۱۸].

امارات متحده عربی اظهار داشته است که هدف تولید ۱۰۰ MW انرژی از ضایعات را دارد.

۱-۵-۴-۷- شرکت‌هادانشگاه‌ها و موسسات تحقیقاتی

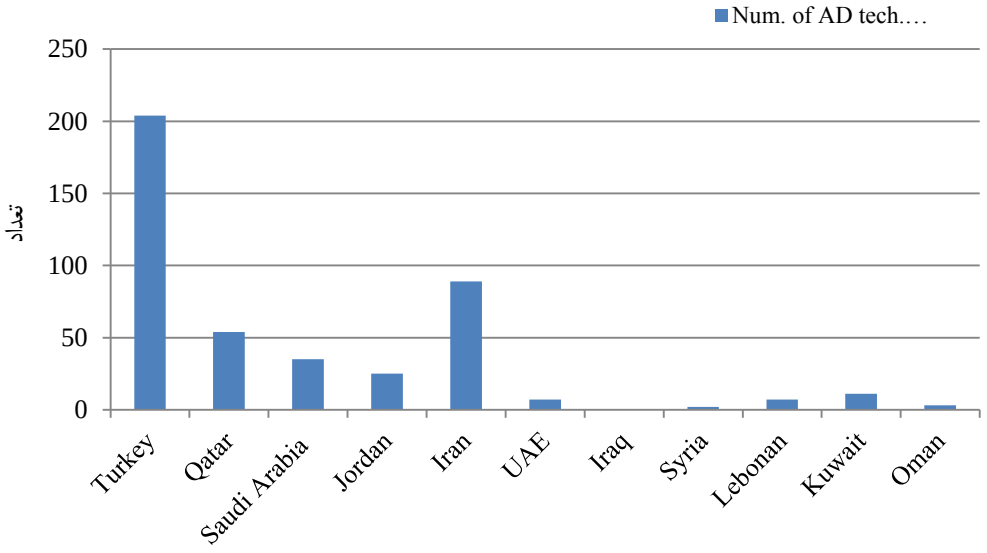
مؤسسه علم و فناوری Masdar در ابوظبی در حال همکاری با مؤسسه تکنولوژی ماساچوست (MIT) است که چهار پروژه تحقیقاتی که به طور مشترک توسط هر دو دانشگاه اجرا می‌شود را تأمین اعتبار کند. یکی از این پروژه‌های تحقیقاتی مشترک با عنوان پالایشگاه زیستی می‌باشد که فرایندهای یکپارچه پایدار برای تبدیل زیست‌توده به مواد زیستی، سوخت زیستی و کود را دنبال می‌کند. این تحقیق، فرآیندهای جدید تبدیل زیست‌توده به سوخت زیستی، مواد زیستی و کود را با استفاده از مفهوم پالایشگاه زیستی، تولید و ارزیابی می‌کند. منابع مورد استفاده منابع بومی ابوظبی، مانند بخش آلی زباله شهری و سایر ضایعات کشاورزی خواهد بود و هدف رشد جلبک نیز دنبال می‌شود. تحقیق توسط گروهی از مؤسسه Masdar و MIT که با هم در یک تیم چند رشته‌ای کار می‌کنند انجام خواهد شد. هدف اساسی کشف کاربرد زیست‌توده و محصولات میانی به دست آمده از آن برای تولید سوخت زیستی و مواد پلیمریزاسیون زیستی تجدیدپذیر جدید می‌باشد. محققین ابوظبی در زمینه تبدیل ضایعات به انرژی و تولید سوخت زیستی (بیوگاز، بیواتانول و بیودیزل) فعالیت دارند.

امارات متحده عربی، با آگاهی از نقش خود به عنوان عامل اصلی تغییر اقلیم، چندین طرح ابتکاری بلندپروازانه دولتی با هدف کاهش ۴۰ درصدی تولید گازهای گلخانه‌ای راه‌اندازی کرده است. مؤسسه Masdar، با بودجه ۱۵ میلیارد دلاری، بودجه خود را

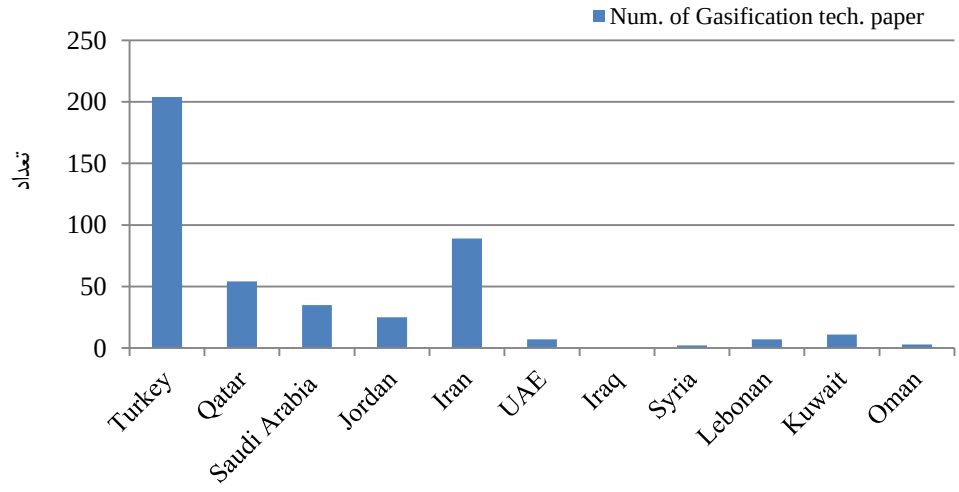
صرف تولید نمونه کارهای انرژی پاک خواهد کرد که پس از آن در فناوری انرژی پاک در سراسر خاورمیانه و شمال آفریقا سرمایه‌گذاری خواهد نمود [۱۸].

۱-۵-۵- مقایسه کشورها

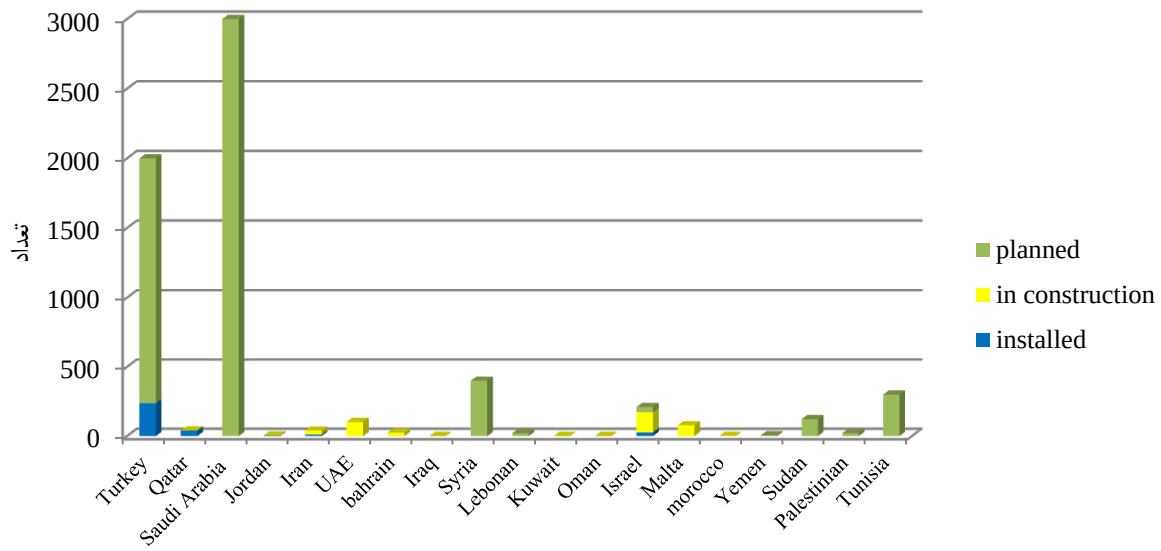
در این بخش در ادامه ارائه اطلاعات مطالعات الگوبرداری کشورهای منطقه، نتایج بررسی دیگر شاخص‌های ذکر شده در بخش (۱-۵) (مقالات و ظرفیت بهره‌برداری) به منظور مقایسه بهتر در شکل‌های (۱-۶۴) تا (۱-۶۶) ارائه شده است [۸].



شکل ۱-۶۴ تعداد مقالات ارائه شده در زمینه هاضم به تفکیک کشورهای منطقه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵



شکل ۱-۶۵ تعداد مقالات ارائه شده در زمینه گازیسازی به تفکیک کشورهای منطقه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵



شکل ۱-۶۶ ظرفیت برنامه‌ریزی شده برای کشورهای منطقه در افق برنامه‌ریزی آنها

۱-۵-۶- نکات برگرفته از گزارش مطالعات تطبیقی

با مطالعه گزارش مطالعات تطبیقی و با توجه به وضعیت و جایگاه کشورهای منطقه، می‌توان اهداف مختلفی را پیشنهاد نمود. اهداف کلی حاصل از گزارش مطالعات تطبیقی در ادامه ارائه شده است.

جدول ۱-۳۶ اهداف تعیین شده برای توسعه فناوری زیست‌توده بر اساس مطالعه گزارش مطالعات تطبیقی.

عنوان گزارش	موارد قابل کاربرد در تدوین اهداف
مطالعات تطبیقی	جایگاه دوم علمی در بین کشورهای منطقه در حال حاضر
	جایگاه پنجم در منطقه از نظر ظرفیت نصب در حال حاضر
	ارزیابی پتانسیل منابع انرژی زیست‌توده، انجام مطالعات امکان‌سنجی و فهرست کردن اقتصادی منابع
	تعیین سهم منابع بالقوه انرژی زیست‌توده در مصرف اولیه انرژی
	مدیریت منابع انرژی زیستی
	کاربرد فناوری‌های هاضم بیهوازی، گازیسازی و احتراق برای تولید انرژی از ضایعات زیستی
	با توجه به مطالعات منابع اولویت‌دار، زباله شهری، لجن فاضلاب و زائدات کشاورزی هستند
	تحقیق و توسعه فناوری‌های تولید انرژی از ضایعات زیستی و بررسی چالش‌های علمی و عملی آنها

عنوان گزارش	موارد قابل کاربرد در تدوین اهداف
	تست‌های آزمایشگاهی لازم منابع بالقوه قبل از استفاده و بعد از تبدیل

۱-۶- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی

همان‌طور که اشاره شد یکی از مهم‌ترین مراحل در تدوین سند راهبردی، تبیین چشم‌انداز است که به منظور تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان نیاز است به بررسی اسناد بالادستی مختلف مرتبط با حوزه مدنظر پرداخته شود. با توجه به متنوع بودن سازمآنهای قانون‌گذار اسناد بالادستی متعددی در رابطه با انرژی‌های تجدیدپذیر و زیست‌توده بررسی شده‌اند. تمرکز کاوش بر اسناد مصوب دهه ۱۳۸۰، به این‌سو بوده است تا بتوان روزآمدترین اسنادی که به هرگونه با بحث انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه انرژی زیست‌توده ارتباط دارند را یافت.

در یک نگاه کلی می‌توان این اسناد را به دو دسته بخش کرد: یک دسته اسنادی که بحث تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر را به‌طور مستقیم مورد خطاب قرار می‌دهند و دسته دوم، اسنادی که بحث انرژی‌های تجدیدپذیر در عنوان آنها جایی ندارد، اگرچه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر به نوعی با آنها در ارتباط است. در اکثر اسناد بررسی شده سیاست‌های کلی کشور در حوزه انرژی‌های نو مشخص شده است که با مطالعه آن‌ها می‌توان ویژگی‌های قابل تصور برای چشم‌انداز انرژی زیست‌توده را برداشت کرد. در میان منابع مختلف انرژی تجدیدپذیر، اسناد بیشتری مستقیماً مربوط به انرژی زیست‌توده می‌شوند که عبارتند از: سند ملی ورود سوخت‌های زیستی به سبد سوختی کشور، برنامه جامع بیواتانول کشور، سند ملی زیست فناوری، قانون مدیریت پسماندها، برنامه پنجساله توسعه مرحله‌ای مدیریت پسماند و قانون شهرداری‌ها. بندهای مهم این اسناد نیز به طور خلاصه در جدول زیر مورد اشاره قرار گرفته‌اند. با مطالعه قوانین و سیاست‌های مرتبط با انرژی‌های نو، ویژگی و مواردی که با توجه به اسناد بالادستی حوزه انرژی باید در بیانیه چشم‌انداز و همچنین تدوین اهداف در نظر گرفته شوند، در جدول (۱-۳۲) ارائه شده‌اند.

جدول ۱-۳۷ عناوین سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب بررسی شده.

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از اسناد مورد استفاده در تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان
سیاست‌های کلان کشور در بخش انرژی مصوب در مجمع تشخیص مصلحت نظام	سیاست‌های کلی سایر منابع انرژی	ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست-محیطی و تلاش برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های آبی تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژی‌های نو و ایجاد نیروگاه‌ها از قبیل بادی و خورشیدی و پیل‌های سوختی و زمین گرمایی در کشور
مجموعه برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران	نفت و گاز – ماده ۱۲۵	تهیه سند ملی راهبرد انرژی کشور به عنوان سند بالادستی بخش انرژی برای یک دوره زمانی بیست و پنج ساله، ظرف حداکثر شش ماه پس از تصویب قانون برنامه توسط دولت و تائید آن توسط مجلس شورای اسلامی. تبصره: وزارت خانه‌های نفت و نیرو موظف هستند با همکاری سایر دستگاه‌های اجرایی ذیربط، برنامه اجرایی طرح جامع انرژی کشور را ظرف دوازده ماه پس از تصویب قانون سند ملی راهبرد انرژی کشور تهیه و به تصویب هیئت وزیران برسانند.
	برق- ماده ۱۳۳	پرداخت یارانه خرید برق از تولیدکنندگان برق پراکنده با مقیاس کوچک و ظرفیت‌های تولید برق مشترکین از عقد قراردادهای بلندمدت و همچنین تبدیل تا دوازده هزار (۱۲۰۰۰) مگاوات نیروگاه گازی به سیکل ترکیبی حمایت از توسعه نیروگاه‌های با مقیاس کوچک تولید برق توسط بخش‌های خصوصی و تعاونی انعقاد قراردادهای بلندمدت خرید تضمینی برق تولیدی از منابع انرژی‌های نو و انرژی‌های پاک با اولویت خرید از بخش‌های خصوصی و تعاونی افزایش توان تولیدی برق تا بیست و پنج هزار (۲۵۰۰۰) مگاوات با حداقل ده هزار (۱۰۰۰۰) مگاوات سهم بخش خصوصی و تعاونی صدور مجوز صادرات و عبور (ترانزیت) برق از نیروگاه‌های با سوخت غیریارانه‌ای متعلق به بخش‌های خصوصی و تعاونی
	انرژی‌های پاک- ماده ۱۳۹	حمایت از بخش‌های خصوصی و تعاونی به منظور ایجاد زیرساخت‌های تولید تجهیزات نیروگاه‌های بادی و خورشیدی و توسعه کاربرد انرژی‌های پاک و افزایش سهم تولید این نوع انرژی‌ها در سبد تولید انرژی کشور
	کشاورزی- ماده ۱۴۸	جایگزینی سوخت فسیلی و انرژی‌های تجدیدپذیر به جای سوخت هیزمی
	صنعت و معدن – ماده ۱۵۰	ارتقاء سطح رقابت‌مندی صنایع کشور با تأکید بر توسعه قابلیت‌های فناوری و انتقال نقطه اتکاء مزیت‌های نسبی از مواد اولیه و خام به توانایی‌های فناورانه و خلق مزیت‌های رقابتی متنوع‌سازی پایه صادرات صنعتی و افزایش سهم محصولات دارای پردازش بیشتر (صنایع نهایی) در صادارت افزایش توانمندی‌ها و قابلیت‌های طراحی، تدارک، ساخت، گسترش

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از اسناد مورد استفاده در تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان
		همکاری صنعت و دانشگاه، ساخت تجهیزات و ماشین‌آلات صنعتی، تعمیق تعامل صنایع با شهرک‌های فناوری و پارک‌های علم و فناوری و افزایش مستمر سهم صنایع مبتنی بر فناوری‌های برتر (صنایع نوین) در ترکیب تولید صنعتی، نوسازی و ارتقاء بهره‌وری صنایع و معادن
	حمل و نقل –۱۶۲	تصویب طرح جامع حمل و نقل کشور با هدف پاسخگویی به تقاضاهای بالفعل و بالقوه و دستیابی به جایگاه مناسب در حوزه‌های ایمنی، انرژی، اقتصاد، حمل و نقل و محیط زیست تا پایان سال سوم برنامه توسط هیئت وزیران.
	محیط زیست– ماده ۱۹۲ و ۱۹۳	تنظیم دستورالعمل‌های محاسبه ارزش‌ها و هزینه‌های موارد دارای اولویت از قبیل: جنگل، آب، خاک، انرژی، تنوع زیستی و آلودگی‌های زیست-محیطی در نقاط حساس
مجموعه برنامه پنج‌ساله چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران	سند چشم‌انداز در افق ۱۴۰۴ و سیاست‌های کلی برنامه چهارم	آمایش سرزمینی مبتنی بر اصول حفاظت محیط زیست و احیاء منابع طبیعی افزایش بازدهی نیروگاه‌ها، متنوع‌سازی منابع تولید برق و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و نوین گسترش تولید برق از نیروگاه‌های تولید پراکنده، کوچک مقیاس و پربازده برق و تولید همزمان برق و حرارت حفظ، احیاء و بهره‌برداری بهینه از سرمایه‌ها، منابع طبیعی تجدیدشونده و حفظ محیط زیست در طرح‌های توسعه کسب فناوری بویژه فناوری‌های نو شامل: زیرفناوری و فناوری‌های زیستی, اطلاعات و ارتباطات، زیست‌محیطی، هوا فضا و هسته‌ای
	ماده ۷–(م)	موظف بودن دولت به تأمین منابع لازم برای اجرای بخش انرژی‌های نو
	ماده ۲۵ و آیین‌نامه اجرایی شرایط و تضمین برق موضوع بند "ب" ماده (۲۵) قانون برنامه چهارم توسعه	واگذاری حداقل ده درصد (۱۰٪) از انجام فعالیت مربوط به تولید و توزیع برق به اشخاص حقیقی و حقوقی داخلی ترغیب و تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌های تجدیدپذیر و بازیافت حرارت با پرداخت حمایت‌های مالی بابت عدم انتشار آلاینده‌ها و حفاظت از محیط زیست توسط سازمان حفاظت محیط زیست
	ماده ۳۰ بند ب– ۷	جلوگیری از ایجاد اختلال در خدمت رسانی شبکه برق در اثر بروز حوادث
	آیین‌نامه اجرایی ماده ۶۶	مصرف بهینه حامل‌های انرژی از طریق ترمیم ساختمآنها و استفاده از وسایل و تجهیزات کم مصرف، انرژی‌های نو، اصلاح روش‌های حمل و نقل با هدف کاهش مصرف سوخت و استفاده از گاز طبیعی استفاده از فناوری‌های پاک و سازگار با محیط زیست برای کنترل و بهینه‌سازی مصرف جایگزینی سوخت مناسب در مناطق روستایی و عشایری به جای هیزم

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از اسناد مورد استفاده در تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان
اسناد ملی توسعه‌بخشی ماده ۱۵۵ قانون برنامه چهارم توسعه	سند ملی توسعه بخش "برق و انرژی‌های نو"- موضوع بند (الف) ماده ۱۵۵	استفاده اقتصادی از انرژی‌های پاک ایجاد بازار برق در سطح ملی و منطقه‌ای و تجدید ساختار در صنعت برق کشور افزایش سهم اقتصادی انرژی های تجدیدپذیر در سبد انرژی مصرفی کشور ایجاد زمینه‌های تحقیقاتی در انرژی‌های تجدیدپذیر به منظور دستیابی به دانش فنی فراهم آوردن زمینه گسترش احداث نیروگاه با منابع انرژی تجدیدشونده توسط بخش غیردولتی درنظرگرفتن متوسط نرخ رشد سالانه ۴۵/۴ درصدی برای برق حاصل از انرژی‌های تجدیدپذیر
	سند ملی توسعه بخش "نفت و گاز"- موضوع بند (ه) ماده ۱۵۵	حذف تدریجی یارانه فرآورده های نفتی و برقراری عوارض زیست‌محیطی (مالیات بر کربن) بر مصرف آن. تأمین بهینه انرژی مناطق مختلف کشور با توجه به جایگزینی اقتصادی حامل‌های انرژی، پتانسیل‌های محلی، ظرفیت‌های موجود و سیستم‌های عرضه انرژی.
	سند ملی توسعه ویژه فرابخشی "مدیریت انرژی"- موضوع بند (ج) ماده ۱۵۵	تحصیل ارزش افزوده بالاتر از حامل‌های انرژی در کشور توسعه و بهره‌برداری از پتانسیل‌های موجود انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور دستیابی به فناوری‌های نوین و کارای انرژی حمایت از بازار انرژی و افزایش سهم بخش غیردولتی (شامل خصوصی و تعاونی) افزایش امنیت عرضه انرژی و بهبود کیفیت حامل‌های انرژی عرضه شده افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در سبد انرژی کشور و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ایجاد تمرکز در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی کشور اصلاح نظام قیمت‌گذاری حامل‌های انرژی توسعه هرچه بیشتر بهره‌برداری اقتصادی از منابع تجدیدشونده انرژی ایجاد انگیزه اقتصادی برای ارتقای فناوری و ایجاد ظرفیت های لازم برای جایگزینی سوخت‌های پاک (مانند گاز طبیعی) و منابع تجدیدشونده انرژی تأمین برق روستاهای دور از شبکه با استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی معرفی و ترویج احداث نیروگاه‌های تجدیدشونده با اجرای پروژه‌های نمونه صنعتی توسط دولت به منظور اطمینان‌بخشی به بخش غیردولتی (شامل خصوصی و تعاونی) اطلاع رسانی، آگاه سازی و ایجاد فرهنگ عمومی جهت استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از اسناد مورد استفاده در تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان
قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت	ماده ۲۵	پرداخت مبلغی تشویقی از طرف سازمان محیط زیست بابت عدم انتشار آلاینده‌ها و حفاظت از محیط زیست در بودجه‌های سنواتی
	ماده ۶۲ و دستورالعمل اجرایی آن	تضمین خرید برق تولیدی تجدیدپذیر توسط بخش خصوصی و دولتی جلب مشارکت و حمایت از سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی در تولید برق از منابع انرژی‌های نو
برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴	وزارت نیرو	ارتقاء سطح کارآمدی صنعت برق کشور با تأکید بر ارتقاء توانمندی در تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر ارتقاء سطح دانش، پژوهش و فناوری در صنعت آب و برق با تأکید بر شناسایی فناوری‌های نوین و انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های دارای مزیت نسبی
	بخش برق و انرژی	شناسایی، انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های نوین و سازگار با محیط زیست تخصیص درصد معین و فزاینده‌ای از اعتبارات تحقیقاتی به بومی‌سازی فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های نو و تجدیدپذیر تعریف و اجرای پروژه‌های نمونه در زمینه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر و تجاری‌سازی آنها بسترسازی، حمایت و جلب مشارکت بخش غیردولتی برای توسعه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر جلب مشارکت مردم برای حمایت از تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر تنظیم قوانین مناسب در بازار برق به منظور توسعه استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذی اعطای مجوز صادراتی به تولیدکنندگان برق از منابع انرژی نو و تجدیدپذیر تنوع‌بخشی به منابع اولیه انرژی و فناوری‌های تولید برق برای تقویت قدرت بازدارندگی و کاهش آسیب پذیری خدمات
	بخش آموزش، پژوهش و فناوری	ایفای نقش مؤثر در نقشه راه فناوری‌های جدید و انتقال و بومی‌سازی آنها
	بخش پشتیبانی صنعت آب و برق	استفاده از ظرفیت‌های قانونی به منظور مشارکت با بخش خصوصی در فناوری‌های نوین و سرمایه‌گذاری‌های پر خطر مورد نیاز صنعت آب و برق حمایت از انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های نو مورد نیاز و به کارگیری فناوری‌های دارای مزیت نسبی بالا
نقشه جامع علمی کشور	فصل سوم اولویت الف- اولویت‌های علم و فناوری	اولویت‌ها در حوزه علوم پایه و کاربردی: • انرژی‌های نو و تجدیدپذیر • بازیافت و تبدیل انرژی
قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی	فصل دوم: سیاست‌ها و خط مشی‌های اساسی- ماده ۴	لحاظ کردن بودجه برای راهکارهای تشویقی جهت ارتقاء نظام تحقیق و توسعه فناوری‌های جدید

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از اسناد مورد استفاده در تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان
	فصل سوم: ساختار و تشکیلات- ماده ۵، ۶، ۸ و ۹	مسئولیت انحصاری شورای عالی انرژی در سیاست‌گذاری بخش انرژی کشور از جمله انرژی‌های نو موظف بودن وزارت نیرو به شناسایی کلیه فناوری‌های موردنیاز برای عرضه و مصرف انرژی در بیست سال آینده و فراهم کردن امکان طراحی و بهبود آنها برای به کارگیری توسط سازندگان و تولیدکنندگان داخلی تأسیس یک سازمان با شخصیت حقوقی مستقل توسط وزارت نیرو برای ارتقاء بهره‌وری و استفاده هر چه بیشتر از منابع تجدیدپذیر موظف بودن وزارت نفت نسبت به اصلاح اساسنامه و وظایف شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت با توجه به توسعه به کارگیری ظرفیت‌های محلی انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر
	فصل نهم: تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان انرژی- ماده ۴۴، ۴۵، ۴۸، و ۵۲	تضمین خرید برق تجدیدپذیر توسط وزارت نیرو در قراردادهای حداقل ۵ ساله بهره‌مند ساختن تولیدکنندگان همزمان برق و حرارت و برودت در محل مصرف از امکانات و تسهیلات عمومی توسط وزارتخانه‌های نیرو و نفت موظف بودن وزارت نیرو نسبت به حمایت از تشکیل شرکت‌های غیردولتی توزیع و فروش حرارت مکلف بودن وزارت نفت در همکاری با وزارت نیرو برای حمایت مؤثر از تحقیقات، سرمایه‌گذاری، ترویج و توسعه واحدهای تولید همزمان برق و حرارت و برودت از طریق بخش غیردولتی موظف بودن وزارت صنایع و معادن نسبت به حمایت از مراکز تحقیقاتی و صنایع مربوطه، برای توسعه دانش فنی بومی و خوداتکائی کشور در تأمین تجهیزات تولید همزمان برق، حرارت و برودت
	فصل دهم: انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای- ماده ۶۱ و ۶۲	موظف بودن وزارت نیرو نسبت به عقد قرارداد بلند مدت خرید تضمینی برق تجدیدپذیر از تولیدکنندگان غیردولتی موظف بودن وزارتخانه‌های نفت و نیرو نسبت به اعلام حمایت عمومی از ترویج کاربرد اقتصادی منابع تجدیدشونده انرژی و اختصاص مبلغی از محل بودجه‌های مصوب سالانه خود به این امر
سند راهبرد انرژی‌های نو کشور		توسعه فناوری زیست‌توده در کل کشور پس از ایجاد و راه‌اندازی پایلوت زیست‌توده در مشهد و شیراز در راستای تولید برق و حرارت از زباله لزوم دستیابی کشور به جایگاه نخست منطقه و پنجم آسیا در بخش انرژی‌های نو تا سال ۱۴۰۴ لزوم در اختیار داشتن منابع متنوع انرژی برای دستیابی به رشد اقتصادی بالای ۸ درصد
قانون بودجه سال ۱۳۹۳	تبصره ۲- بند ق	وزارت نفت اجازه دارد به منظور اجرای طرح‌های بهینه‌سازی، کاهش گازهای گلخانه‌ای و کاهش مصرف انرژی در بخش‌های مختلف از جمله صنعت (با اولویت صنایع انرژی‌بر) و حمل و نقل عمومی و ریلی درون و برون شهری، ساختمان، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با رعایت

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از اسناد مورد استفاده در تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان
		قانون اجرای سیاست‌های کلی اصل چهل و چهارم (۴۴) قانون اساسی با متقاضیان و سرمایه‌گذاران بخش خصوصی و عمومی با اولویت استفاده از تجهیزات ساخت داخل، قرارداد منعقد نماید.
	تبصره ۶- الف	اجازه به شرکت‌های وابسته وزارت نیرو برای انتشار اوراق مشارکت برای طرح‌های دارای توجیه فنی و اقتصادی با اولویت اجرای پروژه‌های نیروگاه‌های برق
	تبصره ۹- ز	هزینه حداکثر چهار هزار میلیارد ریال صرفاً بابت حمایت از توسعه و نگهداری شبکه‌های روستایی و تولید برق تجدیدپذیر و پاک توسط شرکت توانیر
	تبصره ۱۱- هـ	وزارت نیرو مجاز است به انعقاد قراردادهای بیع متقابل با سرمایه گذاران بخش‌های خصوصی و عمومی با اولویت استفاده از تجهیزات ساخت داخل تا سقف یکصد و بیست هزار میلیارد ریال به منظور اجرای طرح-های افزایش بازدهی نیروگاه‌ها با اولویت نصب بخش بخار در نیروگاه-های سیکل ترکیبی، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش تلفات، بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف سوخت مایع، جایگزینی مصرف برق به جای گاز یا فرآورده‌های نفتی در مناطقی که توجیه اقتصادی دارد و افزایش سهم صادرات برق
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی ایران (ساتبا)	اهداف سطح سازمان (اصلی)	توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور به نحوی که تا پایان برنامه چهارم توسعه، ۱ درصد از نیاز برق کشور از انرژی‌های نو تأمین گردد. جلب مشارکت بخش خصوصی تا ۵۵ درصد در سرمایه‌گذاری‌های مربوط به انرژی‌های نو و بهره‌وری انرژی توسعه بازار فناوری‌های مربوط به بهره‌وری انرژی و انرژی‌های نو با اجرای قوانین موجود و تصویب قوانین جدید به گونه‌ای که حداقل ۳ فناوری در هر حوزه به بازار کسب و کار کشور وارد شده باشد. توسعه آگاهی و فرهنگ‌سازی به منظور مصرف بهینه انرژی و توسعه کاربرد انرژی‌های نو با پوشش ۷۵ درصد مردم کشور ایجاد زمینه‌های مناسب انتقال و توسعه فناوری با افزایش ارتباطات بین‌المللی و بسترسازی جهت شکوفایی استعدادهای خلاق به منظور ارتقاء سطح نوآوری علمی سازمان تا سطح سازمانهای مشابه در کشورهای پیشرو.
	اهداف سطح بخشی- بخش انرژی‌های نو	سنجش ظرفیت و تهیه اطلس کامل کشور برای منابع تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های باد، خورشید، زیست توده و زمین‌گرمایی ایجاد حداقل یک نمونه فعال سیستم تولید انرژی از منابع تجدیدشونده در خصوص هر یک از انرژی‌های نو به منظور توسعه آگاهی و تشویق بخش خصوصی

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از اسناد مورد استفاده در تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان
ابلاغیه پایه نرخ خرید برق از نیروگاه‌های انرژی نو و پاک		قرارداد خرید تضمینی برق از این نیروگاه‌ها برای یک دوره حداکثر ۵ ساله و غیرقابل تمدید منعقد می‌شود. همچنین پس از دوره ۵ ساله، سرمایه‌گذار موظف به فروش برق در قالب قرارداد دو جانبه، بورس انرژی و بازار برق خواهد بود
قانون هدفمند کردن یارانه‌ها	ماده ۸	اختصاص ۳۰ درصد خالص وجوه حاصل از این قانون برای پرداخت کمک‌های بلاعوض یا یارانه سود تسهیلات و یا وجوه اداره شده برای اصلاح ساختار فناوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهره‌وری انرژی، آب و توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر
طرح نیروگاه‌های انرژی‌های نو		همکاری در تدوین استاندارد و معیارهای فنی مرتبط با نیروگاه‌های تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده اطلاع‌رسانی، بسترسازی و برنامه‌ریزی جهت توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده انجام هماهنگی لازم با ارگان‌های ذیربط جهت تسهیل در امور متقاضیان احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده
مصوبه شورای عالی اداری در خصوص انجام مطالعات و تحقیقات درباره انرژی‌های نو (تجدیدپذیر) و بهره‌برداری مؤثر از آن در کشور		حمایت از بخش خصوصی برای واگذاری امور عملیاتی و توسعه فناوری به آن همکاری با موسسات پژوهشی دولتی و غیردولتی نسبت به انجام تحقیقات لازم در مورد انرژی‌های نو
قانون بودجه در رابطه با تولید و مصرف انرژی با تأکید بر بهینه‌سازی مصرف انرژی	بند الف تبصره ۱۲	به منظور تشویق صنایع در امر بهینه‌سازی مصرف انرژی و همچنین ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر، طرحی تحت عنوان یارانه سود تسهیلات برای کاهش شدت انرژی در نظر گرفته شود.
برنامه کاهش آلودگی هوا در هشت شهر بزرگ کشور		همکاری وزارت نیرو و سازمان محیط زیست با وزارت کشور برای تهیه ساز و کارهای اجرایی و تشویقی لازم به منظور جایگزینی انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های نو و تجدیدپذیر در کلیه اماکن شهری لزوم انجام تمام فرایندهای احتراقی تمام کارخانه‌ها، کارگاه‌ها و واحدهای تولیدی مستقر در محدوده و حریم شهرها از ابتدای سال ۱۳۹۲ با انرژی-های تجدیدپذیر یا گاز و لزوم تأمین این انرژی توسط وزارت نیرو الزام وزارت نیرو به تسریع در احداث نیروگاه‌های برق تجدیدپذیر
مصوبه هیئت وزیران درباره الزام دستگاه‌های اجرایی برای مقابله موثر با آلودگی هوا (۱۳۹۳)		اختصاص حداقل ۱۰ درصد از ظرفیت‌های جدید تولید برق به نیروگاه-های بادی، خورشیدی، زیست‌توده و زمین‌گرمایی و حمایت از توسعه شبکه هوشمند انرژی (مدت ۶۰ ماه) توسعه استفاده از واحدهای تولید همزمان برق، برودت و گرمایش به میزان حداقل سالانه ۲۰۰ مگاوات (مدت ۶ ماه)

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از اسناد مورد استفاده در تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان
اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری مصوب کمیسیون‌های تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)	۱ -کمیسیون تخصصی انرژی الف: اولویت‌های کمیسیون تخصصی انرژی- بندهای ۷ و ۱۷ ب: طرح کلان ملی کمیسیون تخصصی انرژی • برق و انرژی- بند ۸ • فرابخشی و محیط زیست- بندهای ۱، ۲	۷–توسعه فناوری‌های تبدیل انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۷- فناوری‌های کاهش آلاینده و گازهای گلخانه‌ای در جانب عرضه و تقاضای انرژی ۸- توسعه فناوری ذخیره‌سازی برق ۱- تدوین راهبرد جامع انرژی و یکپارچه‌سازی اسناد پیشین با تأکید بر افزایش سهم ایران در بازار جهانی انرژی ۲- برنامه جامع کاهش آلاینده‌های ناشی از تولید و مصرف انرژی
	۳ -کمیسیون تخصصی صنایع، معادن و ارتباطات الف: اولویت‌های راهبردی پژوهش و فناوری • صنعت آب و برق ب: سایر اولویت های پژوهشی • محیط زیست • صنعت آب و برق	ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش انرژی‌های تجدیدپذیر با اولویت انرژی-های آبی سیاست‌های تشویقی برای توسعه نیروگاه‌های با مقیاس کوچک تولید توسط بخش غیردولتی بهره‌گیری افزون‌تر از فناوری‌های نوین و پاک برای کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای افزایش سهم انرژی‌های نو با توجه به پتانسیل مناسب این‌گونه انرژی‌ها در کشور احداث نیروگاه‌هایی با سوخت پاک و جایگزینی نیروگاه‌های سوخت فسیلی با آنها احداث نیروگاه‌هایی با راندمان بالاتر مانند نیروگاه‌های سیکل ترکیبی استفاده از فناوری‌های جدید و انتقال فناوری توسعه و ترویج سیستم‌های تولید همزمان برق، حرارت و برودت
	۵- کمیسیون تخصصی کشاورزی آب و منابع طبیعی اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری کمیسیون تخصصی کشاورزی آب و منابع طبیعی • حوزه مشترک- بندهای ۲ و ۷ ماشین آلات و تجهیزات- بند ۲	۲- توسعه و استفاده از فناوری‌های نوین در کشاورزی، آب، فاضلاب، محیط زیست و منابع طبیعی ۷–شناسایی الگوهای پدافند غیرعامل و مدیریت بحران در بخش کشاورزی، آب، منابع طبیعی و محیط زیست ۲- توسعه فناوری‌های نوین، بهبود مکانیزاسیون و روش‌های کاهش مصرف انرژی با تأکید بر انرژی‌های تجدیدپذیر
سند ملی ورود سوخت‌های زیستی به سبد سوختی کشور		تدوین شده با بهره‌گیری از نظرات تمامی شرکت‌ها و سازمآنهای مرتبط با بخش حمل و نقل کشور و کارشناسان مربوط، با محوریت ستاد توسعه فن‌آوری‌های انرژی‌های نو سازمان‌های مربوطه: شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت، معاون توسعه صنایع پیشرفته سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران، مدیر عامل سازمان انرژی‌های نو ایران، مدیر کل برنامه‌ریزی انرژی وزارت نفت، نمایندگان وزارت جهاد کشاورزی، مرکز ملی هوا و تغییر اقلیم سازمان

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از اسناد مورد استفاده در تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان
		حفاظت محیط زیست و شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی
برنامه جامع بیواتانول کشور		به سفارش شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران. هدف: امکان‌سنجی تولید بیواتانول در کشور
سند ملی زیست فناوری	به استناد ماده (۱۵۵) قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران مصوب ۱۳۸۳ و اصل (۱۳۸) قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران	بند ۱۴ اهداف کوتاه مدت (تا پایان سال ۱۳۸۵): زمینه‌سازی برای توسعه زیست فناوری در بخش صنعت، معدن و انرژی بند ۷ و ۹ اهداف میان مدت (تا پایان برنامه چهارم توسعه): دستیابی و به کارگیری فناوری زیستی برای تولید فراورده‌های غذایی، بهداشتی، صنعتی، معدنی و انرژی مرتبط با زیست فناوری به میزان ۱۰ درصد تولید کل فرآورده‌ها، رشد سه برابر در استفاده از زیست فناوری برای حفظ، ارتقاء و پاکسازی محیط زیست در راستای توسعه پایدار کشور بند ۷ و ۸ اهداف بلندمدت (تا پایان برنامه پنجم توسعه): دستیابی و به کارگیری دانش زیست فناوری برای تولید فرآورده‌های صنعتی، غذایی، معدنی و انرژی مرتبط با زیست فناوری به میزان ۲۰ درصد تولید کل این فراورده‌ها ۸- به کارگیری نتایج تحقیق در حوزه "حفظ، ارتقاء و پاکسازی محیط زیست" در برنامه میان مدت
قانون مدیریت پسماندها	ماده ۴، ۶،۱۱، ۱۶	• اتخاذ تدابیر لازم مانند اختصاص تسهیلات به کالاهای آسان بازیافت، ایجاد مسئولیت در تولیدکنندگان برای تأمین بخشی از هزینه‌های بازیافت و تنظیم مقرراتی برای گسترش استفاده از مواد اولیه قابل بازیافت و کاهش پسماند تولیدی، توسط دستگاه‌های اجرایی ذیربط. • لزوم همکاری رسانه‌ها با سازمان‌های مربوطه برای اطلاع‌رسانی و آموزش، جداسازی صحیح، جمع‌آوری و بازیافت پسماندها • همکاری وزارت بهداشت و درمان، صنایع و معادن، نیرو و نفت، جهاد کشاورزی، سازمان صدا و سیما و سایر دستگاه‌های آموزشی و فرهنگی در راستای تدوین، اجرا و نظارت مدیریت پسماند • توجه به قوانین و مقررات زیست‌محیطی و حقوقی مربوط به پسماند در کلیه مراحل نگهداری، مخلوط کردن، جمع‌آوری، حمل و نقل، خرید و فروش، دفع، صدور تخلیه پسماندها در محیط (تخلف از این قوانین مشمول جریمه خواهد شد.)
آیین‌نامه اجرایی قانون مدیریت پسماند	۳۲، ۳۷ و ۳۸	لزوم تهیه بانک اطلاعاتی جامع پسماندها توسط سازمان محیط زیست با همکاری دستگاه‌ها و مدیریت‌های اجرایی ذیربط تا سال ۱۳۸۵ لزوم پیش‌بینی بودجه برای اجرای این آیین‌نامه توسط سازمان برنامه-ریزی کشور و دستگاه‌های اجرایی مرتبط
برنامه پنج‌ساله توسعه مرحله‌ای مدیریت پسماند		محور اصلی این تفاهم‌نامه جمع‌آوری زباله و پسماند است و تصمیم بر تدوین برنامه پنج ساله مدیریت پسماند به طور جداگانه برای هر یک از

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از اسناد مورد استفاده در تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان
		استآنهای کشور با اولویت استآنهای شمالی بر اساس قانون مدیریت پسماند کشور و برنامه ملی مدیریت پسماند از اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ گرفته شد
قانون شهرداری‌ها	ماده ۵۵، تبصره ۴ بند ۲	شهرداری مکلف است محل‌های مخصوصی برای تخلیه زباله و نخاله و فضولات ساختمانی و مواد رسوبی فاضلاب‌ها و نظایرآنها تعیین نماید

علاوه بر اسناد فوق، با توجه به نقش تعیین کننده وزارت نیرو در انجام مأموریت پژوهشگاه نیرو برای تدوین سند ملی توسعه فناوری‌های انرژی‌های نو، به نظر می‌رسد چشم اندازی که توسط آن وزارتخانه برای بخش برق و انرژی در افق ۱۴۰۴ بیان شده است باید به طور ویژه مدنظر قرار گیرد:

«وزارت نیرو در بخش برق با استفاده از منابع متنوع و در دسترس انرژی، مدیریت تقاضا، تکیه بر ساختاری منسجم و متخصصین توانمند و خلاق به گونه‌ای عمل می‌کند تا کشور در عرضه برق مطمئن و پایا و با کیفیت مناسب (در حد استانداردهای جهانی) سرآمد کشورهای منطقه گردد و با ایجاد بسترهای لازم، دسترسی آزاد به شبکه و رقابت منصفانه در بازار برق را میسر نموده و جمهوری اسلامی ایران به عنوان مرکز راهبردی شبکه برق در منطقه تثبیت گردد.»

۱-۷- نتایج حاصل از بررسی گزارش آینده‌پژوهی

با مطالعه گزارش آینده‌پژوهی و با توجه به رویکرد فناورانه کشورها و روند توسعه فناوری در دنیا، می‌توان اهداف مختلفی را پیشنهاد نمود. بنابراین، اهداف مستخرج حاصل از مطالعه فضای فناورانه این کشورها و فضای فناورانه حاکم بر جهان می‌تواند زمینه خوبی برای تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان در اختیار ما قرار دهد. اهداف کلی حاصل از گزارش آینده پژوهی در ادامه ارائه شده است.

جدول ۱-۳۸ اهداف تعیین شده برای توسعه فناوری زیست‌توده بر اساس مطالعه گزارش آینده پژوهی.

عنوان گزارش	موارد قابل کاربرد در تدوین اهداف
آینده پژوهی	توسعه استفاده از هاضم تر با استفاده از لجن فاضلاب شهری و فضولات دامی به عنوان منابع ورودی

عنوان گزارش	موارد قابل کاربرد در تدوین اهداف
	کاربرد هاضم تر و خشک به منظور تولید انرژی از زباله شهری
	بهبود کیفیت بیوگاز حاصل با فرایندهای پردازش
	ارتقاء تجهیزات تفکیک زباله
	توسعه کاربرد گازیسازی با استفاده از زائدات کشاورزی، زائدات جنگلی و زباله جامد شهری به عنوان منابع ورودی
	تحقیق و توسعه فناوری گازیساز پلاسما، گازیساز بستر ثابت فروکشند و بستر سیال چرخشی
	بهبود کیفیت گاز سنتز از طریق توسعه روش‌های حذف قطران و سایر آلاینده‌ها

۱-۸- تبیین چارچوب بیانیه و ارائه پیش‌نویس اولیه چشم‌انداز

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته بر روی اسناد بالادستی و ابعاد چشم‌اندازی اسناد سایر کشورها به خصوص کشورهای ناحیه MENA، ویژگی‌ها و چارچوب‌های مهم در تدوین سناریوی توسعه فناوری زیست‌توده مشخص شد.

از آنجایی که هر سند تدوین شده در کشور باید در راستای سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور باشد افق سند باید سال ۱۴۰۴ در نظر گرفته شود. با جمع‌بندی ویژگی‌های استنتاج شده از بررسی اسناد مختلف مشخص می‌گردد که بیانیه چشم‌انداز باید شامل مفاهیم و ارزش‌های زیر باشد:

۱- دستیابی به جایگاه دوم منطقه در عرضه برق مطمئن، پایا و با کیفیت مناسب (در حد استانداردهای جهانی)

۲- دسترسی آزاد به شبکه و رقابت منصفانه در بازار برق با ایجاد بسترهای لازم و تبدیل شدن به مرکز راهبردی شبکه برق در منطقه

۳- لزوم دستیابی کشور به جایگاه نخست منطقه و پنجم آسیا در بخش انرژی‌های نو تا سال ۱۴۰۴

۴- افزایش توان تولیدی برق تا بیست و پنج هزار (۲۵۰۰۰) مگاوات با حداقل ده هزار (۱۰۰۰۰) مگاوات سهم بخش خصوصی و تعاونی

۵- در نظر گرفتن متوسط نرخ رشد سالانه ۴۵/۴ درصدی برای برق حاصل از انرژی‌های تجدیدپذیر

۶- اختصاص حداقل ۱۰ درصد از ظرفیت‌های جدید تولید برق به نیروگاه‌های بادی، خورشیدی، زیست‌توده و زمین‌گرمایی و حمایت از توسعه شبکه هوشمند انرژی (مدت ۶۰ ماه)

۷- تنوع‌بخشی به منابع اولیه انرژی و فناوری‌های تولید برق برای تقویت قدرت بازدارندگی و کاهش آسیب‌پذیری خدمات

۸- حفظ، احیاء و بهره‌برداری بهینه از سرمایه‌ها، منابع طبیعی تجدیدشونده و حفظ محیط زیست در طرح‌های توسعه ایجاد بازار برق در سطح ملی و منطقه‌ای و تجدید ساختار در صنعت برق کشور

۹- سنجش ظرفیت و تهیه اطلس کامل کشور برای منابع تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های باد، خورشید، زیست‌توده و زمین‌گرمایی

۱۰- توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور به‌نحوی‌که تا پایان برنامه چهارم توسعه، ۱ درصد از نیاز برق کشور از انرژی‌های نو تأمین گردد.

۱۱- موظف بودن وزارت نیرو به شناسایی کلیه فناوری‌های مورد نیاز برای عرضه و مصرف انرژی در بیست سال آینده و فراهم کردن امکان طراحی و بهبود آنها برای به‌کارگیری توسط سازندگان و تولیدکنندگان داخلی

۱۲- ایجاد انگیزه اقتصادی برای ارتقای فناوری و ایجاد ظرفیت‌های لازم برای منابع تجدیدشونده انرژی و تدوین سیاست-های تشویقی برای توسعه نیروگاه‌های با مقیاس کوچک تولید توسط بخش غیردولتی

۱۳- جلب مشارکت بخش خصوصی تا ۵۵ درصد در سرمایه‌گذاری‌های مربوط به انرژی‌های نو و بهره‌وری انرژی

۱۴- توسعه فناوری‌های تبدیل انرژی‌های تجدیدپذیر

۱۵- توسعه فناوری‌های نوین، بهبود مکانیزاسیون و روش‌های کاهش مصرف انرژی با تأکید بر انرژی‌های تجدیدپذیر

۱۶- استفاده از فناوری‌های جدید و انتقال فناوری

۱۷- اطلاع‌رسانی، آگاه‌سازی و ایجاد فرهنگ عمومی جهت استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی و طرح تولید پراکنده و جلب مشارکت مردم برای حمایت از تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر

۱۸- تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژی‌های نو

۱۹- گسترش تولید برق از نیروگاه‌های تولید پراکنده، کوچک مقیاس و پربازده برق و تولید همزمان برق و حرارت

۲۰- کسب فناوری به ویژه فناوری‌های نو شامل: زیر فناوری و فناوری‌های زیستی، اطلاعات و ارتباطات، زیست‌محیطی، هوا فضا و هسته‌ای

۲۱- تأمین برق روستاهای دور از شبکه با استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی و جایگزینی سوخت مناسب در مناطق روستایی و عشایری به جای هیزم

۲۲- ارتقاء سطح رقابت‌مندی صنایع کشور با تأکید بر توسعه قابلیت‌های فناوری و انتقال نقطه اتکای مزیت‌های نسبی از مواد اولیه و خام به توانایی‌های فناورانه و خلق مزیت‌های رقابتی

۲۳- تنظیم دستورالعمل‌های محاسبه ارزش‌ها و هزینه‌های موارد دارای اولویت از قبیل: جنگل، آب، خاک، انرژی، تنوع زیستی و آلودگی‌های زیست‌محیطی در نقاط حساس

۲۴- توسعه و استفاده از فناوری‌های نوین و شناسایی الگوهای پدافند غیرعامل و مدیریت بحران در بخش کشاورزی، آب، فاضلاب، محیط زیست و منابع طبیعی

۲۵- دستیابی و به کارگیری فناوری زیستی برای تولید فراورده‌های غذایی، بهداشتی، صنعتی، معدنی و انرژی مرتبط با زیست فن‌آوری به میزان ۱۰ درصد تولید کل فراورده‌ها، رشد سه برابر در استفاده از زیست فناوری برای حفظ، ارتقاء و پاکسازی محیط زیست در راستای توسعه پایدار کشور

به منظور تدوین چشم‌انداز، گزینه‌های پیشنهادی با توجه به ابعاد مورد نیاز مندرج در آن در جدول (۱-۳۴) ارائه شده است و پس از آن بیانیه چشم‌انداز اولیه ارائه شده است.

جدول ۱-۳۹ تبیین چارچوب بیانیه چشم‌انداز زیست‌توده

ابعاد مندرج در چشم‌انداز انرژی زیست‌توده	گزینه‌های پیشنهادی
افق برنامه‌ریزی	۱۴۰۴
جایگاه و رتبه‌ی عددی توانمندی فناورانه در منطقه و جهان	✓ دو کشور برتر در سطح منطقه
ذکر اهداف بالادستی تعیین‌شده در اسناد قبلی	✓ شناسایی پتانسیل انرژی زیست‌توده کشور ✓ اتخاذ سیاست‌های تشویقی برای توسعه نیروگاه‌های با مقیاس کوچک توسط بخش غیردولتی ✓ دستیابی و به‌کارگیری فناوری‌های زیستی برای تولید انرژی ✓ تولید برق از نیروگاه‌های تولید پراکنده، کوچک مقیاس و پربازده و تولید همزمان برق و حرارت
ملاحظات اصول ارزشی	✓ تعهد به آینده کشور ✓ انتقال نقطه اتکای مزیت‌های نسبی از مواد اولیه و خام به توانایی‌های فناورانه و خلق مزیت‌های رقابتی
حوزه‌ی کاربرد فناوری	✓ نیروگاه‌های تولید برق برای تامین برق و حرارت مورد نیاز بخش خانگی، کشاورزی و صنعتی

ابعاد مندرج در چشم‌انداز انرژی زیست‌توده	گزینه‌های پیشنهادی
	✓ تامین سوخت بخش حمل و نقل ✓ تولید مواد شیمیایی با ارزش افزوده بالا از زیست‌توده
نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی حاصل از توسعه	✓ ایجاد اشتغال مداوم در جوامع محلی ✓ کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی ✓ تنوع بخشی به منابع تأمین انرژی ✓ کمک به تجدید ساختار صنعت برق از طریق تأمین برق روستاهای دور از شبکه و جایگزینی سوخت مناسب به جای هیزم
تعریف کلی سطح فعالیت (طراحی، تولید، به‌کارگیری)	✓ تلاش برای دستیابی به دانش فنی توسعه نیروگاه‌ها و محصولات زیستی در کوتاه‌مدت و ایجاد پایلوت و سرمایه‌گذاری برای کاربرد در صنعت در بلندمدت

□ **با الهام از سند چشم‌انداز بیست‌ساله توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور، نقشه جامع علمی کشور و در راستای تحقق سند چشم انداز وزارت نیرو و به منظور ارتقاء توانمندی‌های فناورانه در تولید برق و حفاظت از محیط زیست، جمهوری اسلامی ایران با تکیه بر توانمندی‌های داخلی و متخصصان کارآمد و خلاق در طراحی، ساخت و راه‌اندازی فناوری‌های اولویت‌دار حوزه زیست‌توده به جایگاه دو کشور برتر رقابت‌پذیر در منطقه در افق ۱۴۰۴ دست یافته است.**

۱-۹- تدوین و ارائه بیانیه نهایی چشم‌انداز توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده

با ارائه بیانیه اولیه چشم‌انداز در جلسه سیزدهم کمیته راهبری و دریافت و جمع‌بندی نظرات اعضای کمیته راهبری، بیانیه نهایی چشم‌انداز به شرح ذیل ارائه شد. مصوبات جلسه سیزهم کمیته راهبری برای مشاهده نظرات در پیوست الف ارائه شده است.

به منظور تدوین چشم‌انداز، گزینه‌های پیشنهادی با توجه به ابعاد مورد نیاز مندرج در آن در جدول (۱-۳۵) ارائه شده است و پس از آن بیانیه چشم‌انداز نهایی ارائه شده است.

جدول ۱-۴۰ تبیین چارچوب بیانیه نهایی چشم‌انداز زیست‌توده

ابعاد مندرج در چشم‌انداز انرژی زیست‌توده	گزینه‌های پیشنهادی
افق برنامه‌ریزی	۱۴۰۴
جایگاه و رتبه عددی توانمندی فناورانه در منطقه و جهان	✓ رتبه دوم در سطح منطقه
ذکر اهداف بالادستی تعیین‌شده در اسناد قبلی	✓ شناسایی پتانسیل انرژی زیست‌توده کشور ✓ اتخاذ سیاست‌های تشویقی برای توسعه نیروگاه‌های با مقیاس کوچک توسط بخش غیردولتی ✓ دستیابی و به‌کارگیری فناوری‌های زیستی برای تولید انرژی ✓ تولید برق از نیروگاه‌های تولید پراکنده، کوچک مقیاس و پربازده و تولید همزمان برق و حرارت
ملاحظات اصول ارزشی	✓ ارتقاء توانمندی فناوری‌های تولید انرژی ✓ تکیه بر توانمندی داخلی و متخصصان توانمند و خلاق ✓ حفظ محیط زیست ✓ حفاظت از منابع آب ✓ امنیت غذایی ✓ اتخاذ سیاست‌های هوشمندانه
حوزه‌ی کاربرد فناوری	✓ فناوری‌های اولویت‌دار انرژی زیست‌توده ✓ تولید برق
تعریف کلی سطح فعالیت (طراحی، تولید، به‌کارگیری)	✓ طراحی، تولید ✓ بهره‌برداری

☐ **بیانیه نهایی چشم‌انداز زیست‌توده**

با الهام از سند چشم‌انداز بیست‌ساله، نقشه جامع تأمین علمی کشور و در راستای تحقق چشم-انداز وزارت نیرو و همچنین حفاظت از محیط زیست، آب و امنیت غذایی، جمهوری اسلامی ایران با تکیه بر توانمندی‌های داخلی و متخصصان کارآمد و خلاق در طراحی، اجرا و مدیریت فناوری‌های اولویت‌دار حوزه تولید برق زیست‌توده، به جایگاه دوم در بین کشورهای منطقه در افق ۱۴۰۴ دست یافته است.

۱-۱۰- تدوین اولیه اهداف کلان در سند توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده

با در نظر گرفتن مدل‌های هدف‌گذاری بنگاهی و نیز با کسب بینش از مطالعات موردی انجام شده، می‌توان به معرفی گام‌های ضروری در تدوین اهداف پرداخت. روش پیشنهادی برای تدوین اهداف کلان می‌تواند بـه صـورت دریافـت ورودی از نظـرات خبرگان هم‌راستا با چشم‌انداز، اصول ارزشی و هوشمندی فناوری باشد. در ایـن روش، ابتـدا لازم اسـت تـا از نظـرات خبرگـان پیرامون اهداف کلان توسعه صنعت استفاده شود. این کار با برگزاری پنل‌های خبرگی و بحث گروهـی میـان متخصصـین، در چارچوب نتایج حاصل از هوشمندی فناوری (روندهای رشد و توسعه فناوری در آینده)، با تأکید بر مولفه‌های موجود در چشم‌انداز و در نظر داشتن اصول ارزشی صورت می‌گیرد. در مجموع می‌توان این طور بیان نمود که اهداف، ترجمـه چشـم‌انـداز در ابعـاد مختلف است. از این رو لازم است تا ویژگی‌های چشم‌انداز استخراج شوند و در تدوین اهداف کلان به کار بسته شـوند (جـدول ۱-۳۶). بر اساس مطالعات انجام شده در گزارش مرحله دوم، همانطور که در بخش (۱-۲) ترسیم درخت فناوری ذکر گردید در این سند از بین فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده سه فناوری گازیسازی، هاضم بیهوازی و زباله‌سوزی در اولویت بررسی قرار گرفتند.

جدول ۱-۴۱ اهداف تعیین شده برای توسعه فناوری زیست‌توده بر اساس چشم‌انداز تدوین شده.

ویژگی‌های چشم‌انداز	موارد قابل کاربرد در تدوین اهداف
ارتقاء توانمندی فنی	بومی‌سازی فناوری هاضم و گازیساز *
	افزایش کیفیت گاز محصول
	بهره‌برداری پایدار از سیستم‌های تولید انرژی از زیست‌توده
تکیه بر توانمندی داخلی	طراحی و ساخت نمونه پایلوت و راه‌اندازی نیروگاه توسط محققین و متخصصین داخل کشور
	خوداتکایی و بی‌اثر کردن شرایط تحریم و دستیابی به موقعیت رقابتی مناسب در منطقه
	ایجاد اشتغال در حوزه تولید برق تجدیدپذیر
حفظ محیط زیست	کنترل و کاهش آلودگی ناشی از منابع زیست‌توده
	توسعه پایدار کشاورزی و جنگلداری
	مدیریت پسماند و کاربرد آن در فناوری‌های تولید انرژی زیستی

* توضیحات این بخش در فصل دوم گزارش ارائه خواهد شد.

با توجه به نظرات جمع‌آوری شده متخصصین پیرامون اهداف کلان، در این مرحله لازم است تا تحلیل‌گران به پالایش این نتایج با در نظر داشتن دو محور حوزه‌های هدف و ویژگی‌های هدف بپردازند. به عبارت دیگر، تحلیـل‌گـران، نظـرات خبرگـان را در حوزه‌های هدف دسته‌بندی نموده و با در نظر داشتن ویژگی‌های ضروری، آنها را بازنویسی می‌کنند.

حوزه‌های اهداف به معرفی ابعادی می‌پردازند که لازم است به آن‌ها پرداخته شود. اگر چه این حوزه‌ها در هر مورد مطالعاتی دارای تفاوت‌ها و دسته‌بندی‌های مختلفی هستند، اما می‌توان یک حالت عمومی برای این حوزه‌ها ارائه نمود. این دسته‌بندی تنها به منظور سامان‌دهی ذهنی برنامه‌ریزان در تدوین اهداف اسناد راهبردی است و الزامی در پوشش همه‌جانبه آنها در هر مورد مطالعاتی به وجود نمی‌آورد.

بر اساس نتایج حاصل از بررسی منابع ذکر شده، اهداف کلان سند راهبردی توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده در چهار حوزه اصلی تدوین شدند که عبارتند از:

- موقعیت رقابتی
- مسئولیت اجتماعی
- ظرفیت‌سازی
- نوآوری

در ادامه اهداف کلان اولیه در هر یک از حوزه‌های اهداف به قرار زیر تدوین شدند:

موقعیت رقابتی

- جایگاه دوم منطقه در عرصه علم و فناوری
- جایگاه دوم منطقه در تولید صنعتی بومی و رقابت‌پذیر هاضم‌های تر

مسئولیت اجتماعی

- کنترل و کاهش آلودگی ناشی از منابع زیست‌توده

ظرفیت‌سازی

- افزایش میزان بومی‌سازی و تجاری‌سازی تجهیزات نیروگاه‌های زیست‌توده
- دستیابی به نیروی انسانی توانمند، خلاق و متخصص در حوزه‌های طراحی، ساخت و راه‌اندازی نیروگاه‌های زیست‌توده
- ایجاد شرکت‌های معتبر بین‌المللی در حوزه نیروگاه‌های زیست‌توده

نوآوری

- ساخت پایلوت هاضم‌های خشک بزرگ با هدف استفاده از زباله‌های شهری
- تولید صنعتی گازیسازهای کوچک با هدف کاربرد زایدات کشاورزی و جنگلی
- ساخت پایلوت گازیساز با هدف کاربرد زباله شهری
- ساخت نیروگاه زباله‌سوز

۱-۱۱- تأیید و نهایی‌سازی اهداف کلان

اهداف کلان راهنمای توسعه در سایر مراحل خواهند بود. بنابراین، اهداف اولیه تعیین شده، برای نهایی شدن نیازمند تأیید دوباره افراد متخصص است. برای نهایی‌سازی اهداف کلام جلسات کمیته راهبری دوازدهم و سیزدهم (پیوست الف) برگزار شد. با استناد به نظرات خبرگان که اسامی آنها در صورتجلسه پیوست الف قید شده است نهایی‌سازی اهداف اولیه انجام گرفت. اجرای این مرحله به کاهش خطاهای ناشی از بازنویسی و پالایش اهداف توسط تحلیل‌گران کمک می‌کند.

از آنجا که تدوین گام‌های مختلف سند در یک فرایند تعاملی به وقوع می‌پیوندد، اهداف کلان تدوین شده در این بخش ممکن است با تدوین گام‌های بعدی سند دچار تغییر و اصلاح شوند. تدوین اهداف خرد (اهداف پایین-به-بالا) و دریافت تصویر واقعی‌تر از وضعیت موجود یکی از مهم‌ترین بازخوردهایی است که می‌تواند منجر به بازبینی در اهداف کلان شود.

اهداف کلان تدوین شده در سند توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده عبارتند از:

هدف کلان ۱- دستیابی به جایگاه دوم منطقه در عرصه علم و فناوری‌های اولویت‌دار

هدف کلان ۲- دستیابی به توان تولید صنعتی بومی و رقابت‌پذیر هاضم‌های تر با هدف کاربرد لجن فاضلاب شهری، زباله شهری و فضولات دامی

هدف کلان ۳- دستیابی به توان ساخت نیمه صنعتی هاضم‌های خشک بزرگ با هدف استفاده از زباله‌های شهری

هدف کلان ۴- دستیابی به توان تولید صنعتی بومی و رقابت‌پذیر گازیسازهای کوچک با هدف کاربرد زایدات کشاورزی و جنگلی

هدف کلان ۵- ایجاد حداقل یک نمانام معتبر بین المللی در هریک از فناوری‌های گازیساز کوچک و هاضم تر

هدف کلان ۶- دستیابی به تعداد مناسب نیروی انسانی توانمند، خلاق و متخصص در حوزه‌های طراحی، ساخت و راه‌اندازی نیروگاه‌های زیست‌توده

هدف کلان ۷- دستیابی به توان تولید صنعتی بومی و رقابت‌پذیر گازیسازهای بزرگ با هدف کاربرد زباله‌های شهری

هدف کلان ۸- توسعه کاربرد نیروگاه‌های زباله‌سوز توده‌سوز

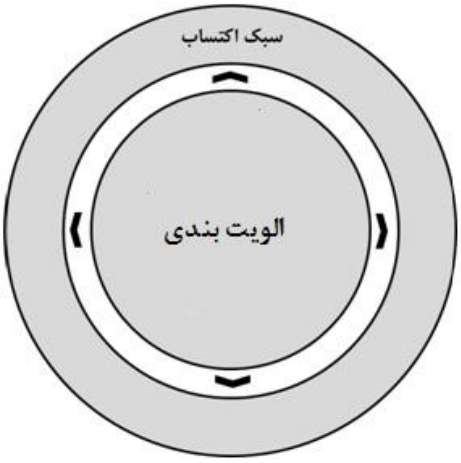
هدف کلان ۹- توسعه کاربرد نیروگاه‌های زباله‌سوز با استفاده از سوخت مشتق از زباله (RDF)

۲- فصل دوم: اولویت‌بندی و سبک اکتساب فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده

۲-۱- مقدمه

راهبردهای ملی فناوری دربرگیرنده مجموعه‌ای از جهت‌گیری‌هایی است که با معین نمودن خطوط کلی، از عدم قطعیت موجود در توسعه فناوری کاسته و به سؤالات اساسی سیاست‌گذاران در مسیر دستیابی به اهداف کلان پاسخ می‌دهد؛ به طوری که راهبردها را می‌توان معین‌کننده مجموعه جهت‌گیری‌های اصلی برای دستیابی به اهداف دانست. این راهبرد به انتخاب فناوری‌های اولویت‌دار و تعیین نحوه‌ی دستیابی به آن‌ها می‌پردازد. به عبارت دیگر، راهبرد ملی فناوری معین کننده چیستی و چگونگی توسعه فناوری در سطح کلان است.

اجزاء راهبرد ملی فناوری متشکل از اولویت‌بندی و سبک اکتساب به صورت سلسله مراتبی و هر یک تحت اثر لایه بالایی خود تعیین می‌شوند. به عبارت دیگر، اولویت‌بندی بر تعیین سبک اکتساب فناوری تأثیر می‌گذارد.



شکل ۲-۱ رابطه سلسله‌مراتبی مولفه‌های راهبرد ملی فناوری

۲-۲- اولویت‌بندی

تعیین اولویت‌های توسعه و انتخاب حوزه‌های برگزیده فناوری در قالب راهبرد پورتفولیو به انجام می‌رسد. زمانی که انتخاب اولویت‌ها مورد نظر است، روش فناوری‌های حیاتی یا کلیدی، یک رویکرد ارزشمند و مفید جهت ارزیابی حوزه‌های تحقیقاتی و

فناوری‌های مختلف به شمار می‌رود. در این روش با اندازه‌گیری میزان اهمیت یا کلیدی بودن هر حوزه، فهرستی از حوزه‌های مهم و کلیدی فناورانه برای سرمایه‌گذاری و توسعه مشخص می‌گردد.

نوع سؤالاتی که معمولاً جهت شناسایی فناوری‌های کلیدی پرسیده می‌شود از این قبیل است:

- حوزه‌های کلیدی فناوری برای توسعه کدامند؟
- فناوری‌های حیاتی که باید به وسیله منابع عمومی حمایت شوند،کدامند؟
- چه معیارهایی باید به منظور انتخاب فناوری‌های حیاتی به کار گرفته شوند؟
- شاخص‌های اندازه‌گیری هر معیار چیست؟
- بر اساس معیارهای انتخاب شده، فناوری‌های اولویت‌دار برای توسعه و سرمایه‌گذاری کدامند؟

روش پیشنهادی برای این مؤلفه حاصل جمع‌بندی روش‌های مختلف راهبرد ملی و بنگاهی فناوری است. از میان روش‌های مختلف، روش فناوری‌های حیاتی که به انتخاب فناوری‌های مهم با دو معیار جذابیت و امکان‌پذیری می‌پردازد، با کمی اصلاحات متناسب با هر مفهوم به عنوان مبنای روش پیشنهادی استفاده می‌گردد [۱۹].

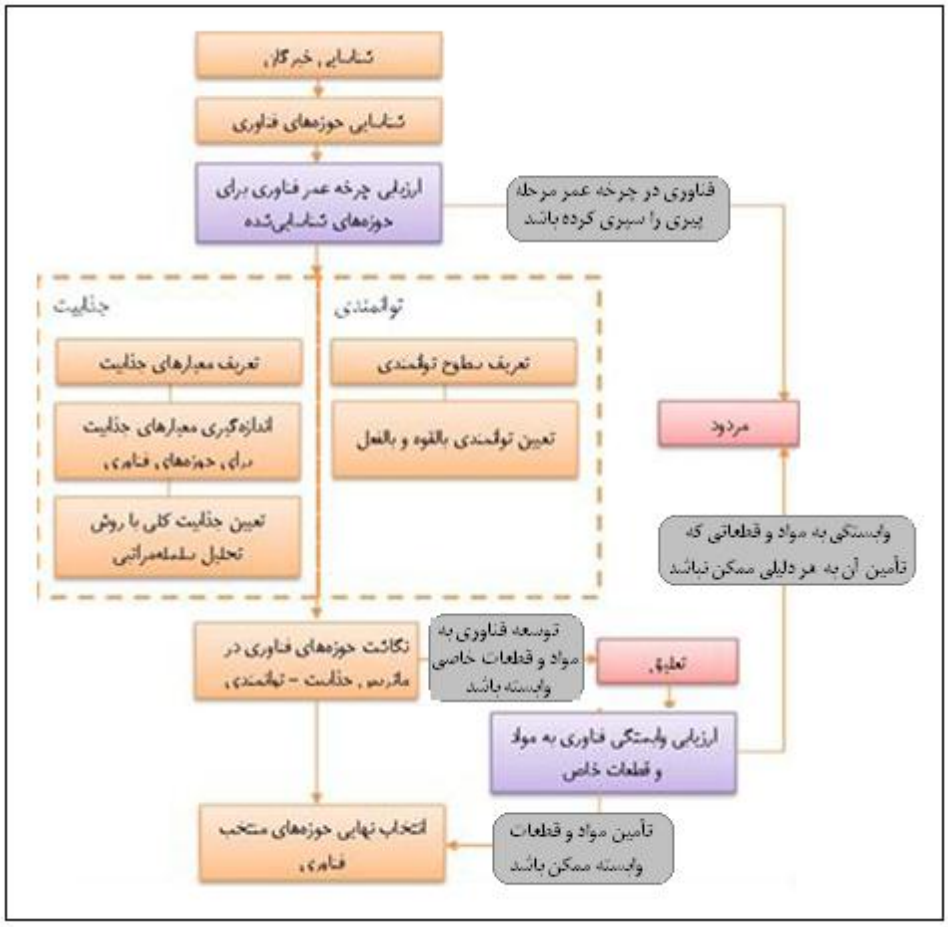
به منظور سازگار نمودن این مدل با شرایط کشورهای در حال توسعه، گام‌های تکمیل‌کننده دیگری با دریافت بازخورد از مؤلفه هوشمندی فناوری، به مدل مرسوم در ادبیات اضافه می‌شود. بنابراین، می‌توان روش پیشنهادی را روشی بهبودیافته نسبت به روش مشابه به کار رفته در ادبیات قمداد نمود.

در این روش پیشنهادی، تعیین فناوری‌های برگزیده با استفاده از ماتریس دو بعدی جذابیت- توانمندی صورت می‌پذیرد. در این روش، بر اساس دو دسته معیار جذابیت و قابلیت به مقایسه میان گزینه‌های مختلف رقیب پرداخته می‌شود. معیارهای جذابیت بیان‌کننده ابعاد ذاتی گزینه‌ها است که برای سیاستگذار دارای مطلوبیت هستند. در مقابل، معیارهای توانمندی، به دنبال ارزیابی پتانسیل‌های موجود در برگزیدن هر یک از گزینه‌هاست. در این روش می‌توان هر حوزه فناوری را از نظر جذابیت و توانمندی، در ماتریس در نظر گرفت و حوزه‌های دارای جایگاه مناسب را انتخاب نمود.

همچنین می‌توان با استفاده از مدل اطلس، شکاف فناوری میان سطح بالفعل و بالقوه قابلیت را در حوزه‌های برگزیده شناسایی نمود.

به منظور سازگار نمودن این ماتریس با شرایط کشورهای در حال توسعه، از دو معیار بحرانی نیز برای تکمیل مدل جذابیت- توانمندی استفاده می‌شود. این دو معیار بحرانی از مؤلفه‌های هوشمندی فناوری و مبانی سند بر نحوه انتخاب اولویت‌ها تأثیر

می‌گذارند. اولین معیار، تحلیل چرخه عمر فناوری است. از آن جایی که کشورهای در حال توسعه معمولاً در مسیر توسعه صنایع نقش پیرو را بازی می‌کنند، لازم است تا نسبت به خطر توسعه فناوری‌های منسوخ در دنیا آگاه باشند. توسعه صنایع و فناوری‌هایی که از نظر چرخه عمر فناوری در مرحله افول قرار دارند، به دلیل خطر انقراض فناوری ارزش سرمایه‌گذاری برای بومی‌سازی را ندارند. دومین معیار، وابستگی حوزه فناوری به مواد و یا قطعات خاص است. وابستگی یک فناوری به مواد یا قطعات خاص محدود در کشور می‌تواند موجب ایجاد اختلال در مسیر توسعه فناوری شود. عدم تمایل کشورهای پیشرو نسبت به صادرات این مواد و قطعات خاص به کشورهای در حال توسعه می‌تواند مانع از دسترسی کشور به خروجی مورد نظر گردد. بنابراین، به منظور حذف خطر محدودیت در ورود این مواد و قطعات خاص، لازم است تا تلاش در جهت بومی‌سازی آنها در هر شرایطی صورت گیرد. گام‌های تعیین زیرفناوری یا تدوین راهبرد پورتفولیو در زیر تشریح شده است (شکل (۲-۲)).



شکل ۲-۲ گام‌های تدوین راهبرد پورتفولیو

۲-۲-۱- شناسایی متخصصین

اولین مرحله به شناسایی و انتخاب متخصصان اختصاص دارد. شناسایی و انتخاب متخصصین گامی اساسی در ابتدای این روش است. تعیین معیارهای جذابیت گزینه‌های مختلف و نیز معیارهای توانمندی گزینه‌ها نیازمند استفاده از نظر کارشناسان مرتبط با حوزه مسئله مطروحه است. علاوه بر اینها، در جمع‌بندی نهایی این روش، نیاز به وزن‌دهی معیارهای جذابیت در مقایسه با یکدیگر و نیز وزن‌دهی معیارهای توانمندی نسبت به هم وجود دارد. وزن معیارها که در واقع مبین اهمیت نسبی معیارهای ارزیابی است اصولاً نمی تواند مستقل از خبرگان و سیاستگذاران تعیین شود. لذا اهمیت تعیین متخصصین بیش از پیش روشن می‌شود؛ چرا که اگر افراد مناسبی انتخاب نشوند، نتیجه تحلیل جذابیت– توانمندی چندان قابل اعتماد نخواهد بود. در این پروژه، برای فناوری‌های منتخب که وارد فاز اولویت‌بندی شدند، کمیته‌های راهبری و خبرگی جداگانه تشکیل شد. اعضای کمیته‌های راهبری و خبرگی فناوری‌های زیست‌توده عبارتند از:

جدول ۲-۱ اعضای کمیته راهبری فناوری‌های زیست‌توده

ردیف	نام خبره	سمت خبره
۱	جناب آقای مهندس جواد نصیری	سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
۲	جناب آقای دکتر اکبر شعبانی کیا	سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
۳	سرکار خانم دکتر نسترن رحیمی	وزارت نیرو
۴	جناب آقای دکتر برات قبادیان	هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس
۵	جناب آقای مهندس شهریار جلایی	سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
۶	جناب آقای مهندس بهروز بغلان دشتی	سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
۷	سرکار خانم دکتر فاطمه هشدار	موسسه مطالعات بین المللی انرژی
۸	جناب آقای دکتر ارژنگ جوادی	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۹	جناب آقای دکتر مسعود احمدی	سازمان شهرداری‌ها و دهداری‌های وزارت کشور
۱۰	جناب آقای مهندس امید جلالی	شرکت بهینه سازی مصرف سوخت
۱۱	سرکار خانم مهندس خدیجه حسینی	شرکت بهینه سازی مصرف سوخت
۱۲	جناب آقای دکتر مهرداد عدل	پژوهشگاه مواد و انرژی
۱۳	سرکار خانم مهندس سوسن داوری	پژوهشگاه نیرو
۱۴	تیم فنی پروژه به سرپرستی جناب آقای مهندس رضایی	پژوهشگاه نیرو

جدول ۲-۲ اعضای کمیته خبرگی فناوری گازیسازی

ردیف	نام خبره	سمت خبره
۱	جناب آقای مهندس جواد نصیری	سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
۲	جناب آقای دکتر روح الله محمودخانی	سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور
۳	جناب آقای دکتر امیرحسین احمدی	استاد دانشگاه UNED مادرید، اسپانیا
۴	جناب آقای مهندس حسنوند	کارشناس شرکت TTS در مجتمع زباله‌سوز آرادکوه
۵	جناب آقای مهندس رضا نقوی	مشاور اجرایی سازمان مدیریت پسماند
۶	تیم فنی پروژه به سرپرستی جناب آقای مهندس رضایی	پژوهشگاه نیرو

جدول ۲-۳ اعضای کمیته خبرگی فناوری هضم بیهوازی

ردیف	نام خبره	سمت خبره
۱	جناب آقای مهندس علی نظری	سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
۲	جناب آقای دکتر مهرداد عدل	پژوهشگاه مواد و انرژی
۳	جناب آقای دکتر مهرافزا	استاد دانشگاه برمن آلمان
۴	جناب آقای مهندس رضا نقوی	مشاور اجرایی سازمان مدیریت پسماند
۵	جناب آقای مهندس مزدک رساپور	کارشناس شرکت آبادگران پاک داد
۶	جناب آقای دکتر حسین غیاثی‌نژاد	مدیر فنی و فروش شرکت GEOTEC
۷	جناب آقای مهندس قاسمیان	کارشناس فرایند تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران
۱۴	تیم فنی پروژه به سرپرستی جناب آقای مهندس رضایی	پژوهشگاه نیرو

شناسایی متخصصین، به منظور استخراج نظرات کارشناسان در مراحل مختلف مدل پیشنهادی صورت می‌گیرد. مهمترین تعریف نظرسنجی کارشناسی عبارت است از بیان یک نتیجه بر پایه یک مجموعه شواهد یا انتظارات از آینده که از اطلاعات و منطق افراد آشنا با موضوع مورد نظر حاصل می‌شود. جمع‌آوری نظرات کارشناسان را می‌توان با روش‌های زیر انجام داد:

الف) مصاحبه

ب) پرسشنامه

ج) دینامیک گروهی

- روش دلفی
- طوفان فکری
- گروه اسمی

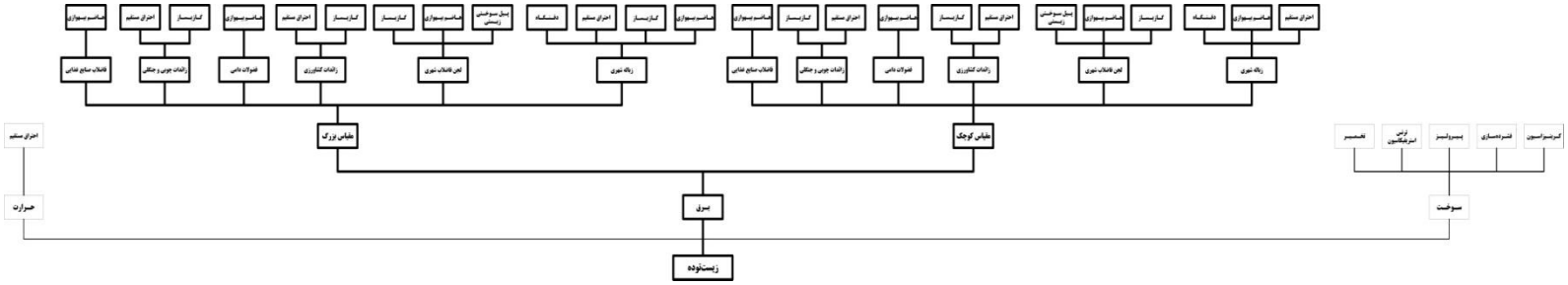
شایان ذکر است که این روش‌ها از عمومیت بیشتری برخوردارند و روش‌های دیگری نیز که در مراجع به آنها اشاره شده است، عمدتاً ترکیبی از روش‌های فوق می‌باشند در این مطالعه، ترکیبی از روش‌های فوق برای استفاده از نظرات کارشناسان، به کار گرفته شده است.

۲-۲-۲- شناسایی حوزه‌های فناورانه

به منظور تصمیم‌گیری در مورد اولویت‌بندی فناوری‌های راهبردی، لازم است تا در ابتدا مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده این فناوری‌ها مشخص شوند. در روش پیشنهادی، از عبارت حوزه‌های فناورانه برای استناد به این اجزا استفاده شده است. حوزه‌های فناورانه، در برگیرنده دو مفهوم اصلی است: زیرفناوری‌ها، کاربردها، یا هر دو.

در بعضی فناوری‌های راهبردی مانند توربین بادی، تدوین اولویت‌بندی به معنی انتخاب قطعات و زیرفناوری‌های اولویت‌دار برای توسعه و بومی‌سازی است. در این شرایط، شناسایی حوزه‌های فناورانه به معنی شناخت زیرفناوری‌هاست. در گونه‌ای دیگر از فناوری‌های راهبردی مانند نانو فناوری‌ها، تعیین اولویت‌ها به منظور شناسایی حوزه‌های کاربردی اولویت‌دار از قبیل صنایع الکترونیک، نساجی، پزشکی و غیره است. در این حالت، حوزه‌های فناورانه معنی کاربرد را به خود می‌گیرد. در نهایت، در فناوری‌های راهبردی مانند پیل سوختی، اولویت‌بندی هم به تقدم و تأخر کاربردها می‌پردازد و هم به انتخاب زیرفناوری‌های منتخب در کاربردهای برگزیده. در این وضعیت حوزه فناورانه را باید متشکل از کاربرد و زیرفناوری (به صورت توامان) دانست. در یک جمع‌بندی: «شناسایی حوزه‌های فناورانه شامل تهیه فهرستی از زیرفناوری‌ها و کاربردهای مرتبط با یک فناوری راهبردی است».

درخت اصلی فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده، به شکل زیر است.



شکل ۲-۳ درخت اصلی فناوری انرژی زیست‌توده

۲-۲-۳- بررسی چرخه عمر حوزه‌های فناورانه منتخب

پیش از اولویت‌بندی و انتخاب حوزه‌های فناورانه در ماتریس جذابیت- توانمندی، لازم است تا در یک ارزیابی اولیه، به بررسی چرخه عمر فناوری و چرخه عمر بازار- محصول پرداخته شود. در مسیر توسعه فناوری‌های راهبردی، لازم است تا حوزه‌های فناورانه‌ای برای توسعه انتخاب شوند که در مرحله زوال خود قرار نداشته باشند. اگر منظور از حوزه فناورانه، زیرفناوری‌ها باشند، لازم است چرخه عمر فناوری بررسی شود و اگر منظور کاربرد باشد، چرخه عمر بازار- محصول مورد بررسی قرار می‌گیرد. برنامه‌ریزی برای توسعه فناوری‌های موجود در مرحله زوال منجر به هدررفت سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته و از دست دادن رقابت‌پذیری می‌گردد.

چرخه عمر فناوری، مفهومی است که نحوه بهبود عملکرد یک فناوری را در طول زمان نشان می‌دهد. این منحنی دارای چهار مرحله جنینی، رشد، بلوغ و زوال است. زمانی که یک فناوری به محدودیت طبیعی خودش برسد، جایی برای بهبود نداشته و به سمت زوال و جایگزینی با فناوری‌های دیگر حرکت می‌کند. به عبارت دیگر، مدت زمانی که تا مرحله زوال (منسوخ شدن) فناوری باقی مانده است، بر ریسک جایگزینی با فناوری(های) دیگری که در آستانه ظهور هستند، تأثیرگذار است.

بر اساس نتایج جلسات کمیته راهبری، فناوری‌های زیست‌توده که وارد فاز اولویت‌بندی می‌شوند به ۴ دسته تقسیم می‌شوند:

- فناوری گازیسازی
- فناوری هضم بیهوازی
- فناوری احتراق مستقیم
- فناوری دفنگاه

مطالعات انجام شده در فاز دوم پروژه نشان می‌دهد که کلیه فناوری‌های گازیسازی، هضم بیهوازی، احتراق مستقیم و دفنگاه در مراحل رشد و بلوغ قرار دارند. به عبارت دیگر، هیچ فناوری در مرحله زوال قرار ندارد. بنابراین، در ادامه اولویت‌بندی برای فناوری‌های زیست‌توده ارائه می‌شود.

۲-۲-۴- متدولوژی تعیین جذابیت و توانمندی / مطلوبیت – امکان‌پذیری

برای نگاشت فناوری‌ها در ماتریس جذابیت–توانمندی، لازم است تا در ابتدا به سنجش میزان جذابیت فناوری و توانمندی ملی برای تولید پرداخت. برای این منظور، باید معیارهایی برای سنجش جذابیت و توانمندی استخراج نمود. به طور کلی در ارزیابی توانمندی، به بررسی نقاط ضعف و قوت کشور در فناوری مورد ارزیابی پرداخته شده و در ارزیابی جذابیت، فرصت‌ها و تهدیدهایی که فناوری برای کشور ایجاد می‌نماید، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۲-۲-۵- جذابیت / مطلوبیت

جذابیت یک فناوری غالباً توسط عواملی تعیین می‌شود که خارج از کنترل محیط درونی (سازمان/صنعت/کشور) بوده و معمولاً به مشخصات ذاتی فناوری مربوط می‌شوند. جذابیت فناوری نسبی است و در مقایسه با فناوری‌های رقیب، معنی پیدا می‌کند. معیارهای جذابیت بر حسب این که فناوری در چه مرحله‌ای از چرخه عمر خود قرار داشته باشد، به دو دسته تقسیم می‌شود. در فناوری‌های بالغ، به دلیل شکل‌گیری صنعت در کنار توسعه فناوری، می‌توان تصمیم‌گیری در مورد حوزه‌های مورد نیاز سرمایه‌گذاری را بر پایه منافع ملی حاصل از هر بخش استوار نمود. مفهوم منافع ملی عام‌تر و جامع‌تر از منافع ملی اقتصادی است و شامل منافع زیست‌محیطی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی هم می‌شود. اما در فناوری‌های نوظهور، به دلیل دور بودن فناوری‌ها از تبدیل شدن به محصول و شکل‌گیری صنعت، استفاده از نگرش منافع ملی کارساز نخواهد بود. اگر چه امکان بررسی این که آیا یک فناوری نوظهور در راستای اهداف کلان کشور می‌باشد یا خیر، میسر است ولی شاید نتوان به این سؤال در مورد زیرفناوری‌ها به‌عنوان اجزاء فناوری راهبردی پاسخ داد. در این حالت لازم است تا جذابیت زیرفناوری‌ها را با استفاده از گونه‌هایی دیگر از معیارها ارزیابی نمود.

۲-۲-۵-۱- معیارهای جذابیت در فناوری‌های بالغ (دوره‌های اواخر رشد و بلوغ)

آنچه از سوی دولت‌ها و در سطح ملی به عنوان جذابیت برای توسعه یک فناوری تلقی می‌شود، منافع ملی حاصل از توسعه فناوری است. توسعه یک فناوری می‌تواند به عاید شدن منافع گسترده اجتماعی – اقتصادی – سیاسی برای کشور منجر شود. هر چه سطح منافع حاصل از بومی‌سازی یک فناوری بیشتر باشد، به همان نسبت تمایل دولت‌ها نسبت به توسعه آن نیز بیشتر می‌گردد. با بررسی ادبیات مربوطه، مطالعات میدانی و همچنین برگزاری پنل‌های طوفان فکری میان متخصصین، می‌توان

معیارهای جذابیت بومی‌سازی یک فناوری یا همان منافع ملی را برای یک کشور نفتی و در حال توسعه مانند ایران، به صورت زیر برشمرد [۲۰].

- **اشتغال‌زایی**

یکی از اهداف مهم هر دولت ایجاد شغل و کاهش بیکاری از صحنه اجتماع است. عموماً دولت‌ها با ایجاد صنایع و فعالیت‌های اقتصادی جدید به دنبال ایجاد مشاغل جدید هستند. در همین حال یکی از مزایای جانبی توسعه فناوری‌هایی که در مراحل بلوغ خود قرار دارند، نیز پدید آمدن مشاغل جدید است. توسعه این فناوری‌ها به‌طور غالب با توسعه صنایع مربوط به آن همراه است. با توسعه صنایع هم واحدهای تولیدی و خدماتی که عوامل اصلی ایجاد مشاغل هستند توسعه پیدا می‌کند. بنابراین اشتغال‌زایی را می‌توان به عنوان یک معیار جذابیت برای فناوری‌های بالغ قلمداد نمود.

- **ایجاد بازار برای مواد خام**

برای کشوری مانند ایران که برخوردار از منابع غنی مواد خام و کانی‌های فلزی و غیرفلزی است، ایجاد بازاری برای استفاده از این منابع و ایجاد ارزش افزوده از مواد خام در یک فرآیند صنعتی یکی از مسائل مورد توجه سیاستگذاران است. این امر به دلیل ایجاد ارزش افزوده بیشتر در نتیجه پردازش آنها در فرآیندهای صنعتی در مقایسه با فروش آنها به صورت خام اهمیت پیدا می‌کند.

- **پتانسیل برای صادرات**

توسعه صادرات غیرنفتی در ایران همواره یکی از اولویت‌های سیاستگذاران و دولت‌ها بوده است. اهمیت این موضوع به خاطر وابستگی شدید به صادرات نفتی و سهم پایین صادرات سایر انواع محصولات و خدمات از کل صادرات کشور است. ایجاد یک فناوری جدید در داخل کشور فرصتی را فراهم می‌کند تا امکان فروش محصولاتی جدید به خارج از کشور فراهم شود.

- **غرور ملی**

اکثر دولت‌ها در انتخاب بین فناوری تولید داخل و فناوری وارداتی، در شرایط برابری کیفیت، مورد اول را ترجیح می‌دهند. علت موضوع را می‌توان در معیار جذابیت غرور ملی دانست. غرور ملی یکی از دلایل دولت‌ها برای ایجاد فناوری‌های جدید در داخل کشور است.

- **جلوگیری از خروج ارز**

واردات محصولات نهایی از خارج از کشور منجر به خروج ارز از کشور شده که این امر عموماً برای دولت‌ها چندان خوشایند نیست. لذا بومی‌سازی فناوری‌هایی که محصول آنها در داخل کشور استفاده می‌شوند از اولویت‌های سیاستگذاران و دولت‌ها می‌باشد.

- **صرفه‌جویی در هزینه‌های نیروی کار**

محصولاتی که در کشورهای صنعتی تولید می‌شوند عموماً از نظر هزینه نیروی کار در مقایسه با کشورهای در حال توسعه گران‌تر هستند. لذا بومی‌سازی فناوری‌ها در کشورهایی مانند ایران منجر به صرفه‌جویی در هزینه نیروی کار و در نتیجه ارزانتر شدن محصول می‌شود. استفاده از نیروی کار معمولی بیشتر در مورد فناوری‌هایی با بلوغ کامل مطرح است. فناوری‌های نوظهور، بیشتر درگیر نیروهای کار تحصیل‌کرده هستند. بنابراین این معیار نیز بیشتر در مورد فناوری‌های بالغ صادق خواهد بود.

۲-۲-۵-۲- معیارهای جذابیت در فناوری‌های نوظهور (دوره‌های جنینی و اوایل رشد)

- معیارهای ارزیابی اثر حوزه‌های فناورانه بر فناوری راهبردی: هرچه اثر یک حوزه بر عملکرد فناوری راهبردی بیشتر باشد، جذابیت آن بالاتر است. اما باید توجه داشت که گاهی یک حوزه فناورانه با اثر نسبتاً کم ولی گسترده خود، می‌تواند تأثیر به مراتب بیشتری در عملکرد کل سیستم داشته باشد. همچنین وابستگی یک حوزه به توسعه حوزه‌های دیگر نیز می‌تواند از جذابیت آن بکاهد. در نتیجه، این دسته از معیارها شامل چهار زیر بخش است:
  - ✓ معیارهای ارزیابی میزان اثر حوزه‌های فناورانه بر عملکرد فناوری راهبردی
  - ✓ گستردگی این حوزه‌ها در انواع فناوری‌های راهبردی
  - ✓ سهم آن‌ها در فراهم‌کردن زمینه دستیابی به حوزه‌های فناورانه جدید دیگر (سرریز دانشی)
  - ✓ وابستگی میان حوزه‌ای (حوزه‌های فناورانه زیربنایی)

- معیارهای ارزیابی ویژگی‌های ذاتی فناوری: این دسته از معیارها بر خلاف دسته قبل که اثر حوزه‌های فناورانه را ارزیابی می‌کردند، به ویژگی‌های ذاتی آن‌ها می‌پردازد. بعضی از ویژگی‌ها می‌توانند به عنوان وجه امتیاز محسوب شده و باعث جذابیت بیشتر آن شود و برخی دیگر ممکن است از جذابیت آن بکاهد. معیارهایی که برای ارزیابی خصوصیات ذاتی حوزه‌های فناورانه می‌توان در نظر گرفت عبارتند از:
  - ✓ ریسک جایگزینی با حوزه‌های فناورانه دیگری که در آستانه ظهور هستند (چرخه عمر فناوری) و
  - ✓ امکان فروش حوزه فناورانه یا محصولات آن به خارج از کشور (در صورت تسلط کامل).

پس از تعیین معیارها و نیز اندازه‌گیری آن‌ها در حوزه‌های فناورانه مورد نظر، لازم است تا جذابیت فناوری از منظر کلیه معیارها را محاسبه نمود. برای این منظور، لازم است تا از یکی از روش‌های رتبه‌بندی برتری موجود در ادبیات تصمیم‌گیری استفاده نمود. در این تحقیق به منظور رتبه‌بندی فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده از روش تحلیل سلسه مراتبی[1] استفاده شده است.

۲-۲-۶- توانمندی / امکانپذیری

مفهوم توانمندی در ماتریس اولویت‌بندی بیانگر مجموع توانمندی‌های بالقوه و بالفعل، در سطح ملی و در زمینه توسعه فناوری است. برای انجام فرآیند ارزیابی توانمندی فناورانه، مدل‌های مختلفی توسعه داده شده است. بسیاری از مدل‌های موجود نیازمند ورود اطلاعات با میزان جزئیات فراوان هستند. در قبال دریافت این ورودی‌ها، مدل‌های بیان شده خروجی‌های مختلفی را به تحلیل‌گر ارائه می‌نمایند. به منظور کاستن از حجم ورودی‌های مورد نیاز روش پیشنهادی و جلوگیری از تولید اطلاعات غیرضروری، لازم است تا مدلی انتخاب شود که با خروجی‌های مورد نیاز معیار توانمندی در ماتریس اولویت‌بندی هم‌خوان باشد.

برخی از محققان به ارائه مدل‌های ارزیابی توانمندی بر مبنای سطوح توانمندی فناورانه پرداخته‌اند که می‌توانند مبنایی برای ارزیابی توانمندی‌های فناورانه در سطح ملی قرار گیرد. برای نمونه، ولکات[2] و همکاران [۲] برای شناسایی عمق توسعه فناورانه سطوح زیر را معرفی کرده‌اند:

1 AHP
2- Wolcott

- سطح صفر (مصرف[1]): هیچ توسعه‌ای در کشور رخ نمی‌دهد. اگر فناوری وجود داشته باشد، به صورت محصول نهایی وارد شده است.
- سطح ۱ (مونتاژ): مونتاژ ساده قطعات؛ نوآوری محصول یا فرایند کم یا اصلاً صورت نمی‌گیرد.
- سطح ۲ (تطبیق): توسعه یا تولید نسبتاً پیچیده‌ای با همکاری گسترده خارجی، احتمالاً از طریق کسب لیسانس انجام می‌شود. ممکن است فعالیت‌هایی برای وفق دادن فناوری با شرایط داخلی صورت گیرد.
- سطح ۳ (در حال ترقی دادن[2]): شرکت‌های محلی فعالانه درگیر ترقی دادن برخی از مراحل توسعه (لزوماً نه تمامی مراحل) فناوری نسبتاً جدید هستند. به عنوان مثال ممکن است تحقیقات پایه و طراحی محصول در خارج صورت بگیرد، ولی شرکت‌های محلی در نوآوری فرایند و سایر مراحل پس از طراحی فعال باشند.
- سطح ۴ (جامع): تحقیقات پایه، تحقیقات کاربردی، طراحی و توسعه، نوآوری در فرایند و تولید نهایی در داخل کشور انجام می‌شود. فناوری‌ها و خدمات حامی، اغلب در داخل کشور هستند. در این حالت کشور کاملاً قادر به انجام کلیه مراحل است ولی ممکن است بنابه دلایل اقتصادی یا سیاسی نتایج مرحله‌ای از توسعه را از کشور دیگری کسب نماید.

به منظور ارزیابی توانمندی فناورانه، ابتدا سطح مورد انتظار (ایده‌آل) از تسلط به فناوری مشخص گردیده و سطح تسلط فعلی نسبت به آن سنجیده می‌شود. مقایسه این دو سطح از توانمندی، بیانگر شکاف فناورانه کشور در آن حوزه می‌باشد.

در این مطالعه، به منظور ارزیابی توانمندی ملی در توسعه یک فناوری، مدلی ۸ سطحی برای فناوری‌های بالغ و مدلی ۶ سطحی برای فناوری‌های نوظهور بر پایه ایده ولکات و همکاران توسعه داده شده است. این مدل‌های چندسطحی می‌توانند برای نمایش سطوح توانمندی در ابعاد ملی استفاده شوند. سطح توانمندی هر کشور در قالب این سطوح و در دو حالت بالفعل (محقق شده) و بالقوه (قابل دستیابی در ۵ سال آینده) قابل ارائه است. دستیابی به سطوح بالای توانمندی نشان‌دهنده درجه

1- Use
2- Advancing

بومی سازی بالاتر در توسعه فناوری مربوط است. در این میان، معمولاً چهار شکاف فناورانه فن‌افزار[1]، اطلاعات‌افزار[2]، انسان‌افزار[3] و سازمان‌افزار[4] مانع از دستیابی به سطح بالای توانمندی در یک کشور می‌گردد [۲۱].

جدول ۲-۴ سطوح توانمندی فناورانه پیشنهادی برای فناوری‌های اواخر رشد و بلوغ

سطح	توانمندی	شرح
۰	عدم آگاهی از کاربرد	در این سطح از قابلیت فناوری، در داخل کشور اطلاعی از کاربرد و نحوه استفاده از فناوری مورد نظر وجود ندارد.
۱	آگاهی از کاربرد	در این سطح از قابلیت فناوری اطلاع از چگونگی استفاده از فناوری وجود دارد.
۲	توان استفاده	در این سطح نه تنها آگاهی از کاربردهای فناوری وجود دارد، بلکه توان استفاده از آن نیز بالفعل شده است.
۳	توان نگهداری و تعمیرات	در این سطح در کشور افراد یا مجموعه‌هایی وجود دارند که می‌توانند فناوری مورد استفاده را نگهداری و تعمیر نمایند.
۴	توان مونتاژ	در سطح پنجم از قابلیت فناوری، کشور توان مونتاژ اجزاء فناوری و ساخت نهایی را دارد.
۵	توان ساخت با کپی طراحی	در این سطح علاوه بر توان مونتاژ، امکان کپی طراحی قطعه مورد نظر از روی نمونه‌های موجود وجود دارد.
۶	توان ساخت با درصدی طراحی بومی	در این مرحله از قابلیت فناوری، توانایی ساخت بومی قطعه با درصدی تغییر در نمونه موجود مطابق با شرایط کشور وجود دارد.
۷	توان ساخت با ۱۰۰ درصد طراحی بومی	در این مرحله از قابلیت فناوری توانایی طراحی کامل بومی قطعه و سپس ساخت آن فراهم شده است. به عبارت دیگر کشور می‌تواند بدون نیاز به کپی برداری از روی نمونه‌های دیگر، قطعه را مستقلاً طراحی و تولید کند.

جدول ۲-۵ سطوح توانمندی فناورانه پیشنهادی برای فناوری‌های دوره‌های معرفی و اوایل رشد

سطح	توانمندی	شرح
۰	عدم آگاهی از کاربرد	در این سطح از قابلیت فناوری، در داخل کشور اطلاعی از کاربرد و نحوه استفاده از فناوری مورد نظر وجود ندارد
۱	آگاهی اولیه نسبت به فناوری	در این سطح اطلاع از کارکردی که یک فناوری رائه می‌دهد وجود دارد
۲	توان بکارگیری فناوری در محصول	در این سطح، فناوری بدون هیچگونه تغییر نسبت به حالتی که خریداری یا دریافت شده در محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سطح شامل نگهداری و سرویس تجهیزات مربوط به فناوری نیز می‌شود

1- Technoware
2- Infoware
3- Humanware
4- Orgaware

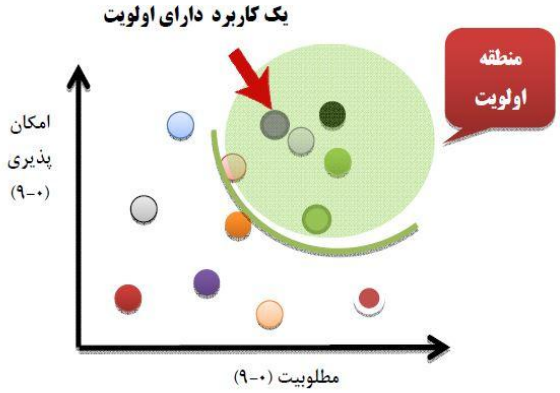
۳	توان طراحی و تولید در مقیاس آزمایشگاهی	این سطح به توانمندی‌های طراحی و تولید فناوری، منتها در مقیاس آزمایشگاهی اشاره دارد. این توان شامل وجود نرم‌افزارها، سخت‌افزارهای آزمایشگاهی و نیروی انسانی خبره می‌باشد.
۴	توان طراحی و تولید در مقیاس صنعتی	امکان طراحی و تولید فناوری در مقیاس صنعتی در این سطح مهیا می‌گردد
۵	تسلط به دانش پایه و مبانی علمی فناوری	بالاترین سطح تسلط به فناوری است. در این سطح، نه تنها کشور و صنعت قادر است به بهره‌برداری کامل از فناوری و توان طراحی و تولید محصول آن در مقیاس صنعتی بپردازد بلکه امکان خلق فناوری‌های جدید را بر مبنای دانش و مهارت حاصل از فناوری موجود دارد.

برای سنجش سطح توانمندی بر اساس این مدل، لازم است تا از اطلاعات متخصصان مربوط به این زمینه در حوزه‌های فنی استفاده شود. نحوه جمع‌آوری این اطلاعات می‌تواند هم به‌صورت مستقیم (مصاحبه) و هم غیرمستقیم (پرسشنامه) باشد. با جمع‌آوری و تحلیل پرسشنامه و مصاحبه‌های صورت گرفته، می‌توان سطح توانمندی فناورانه ملی را در دو حالت بالفعل و بالقوه محاسبه نمود.

۲-۲-۷- ترسیم ماتریس‌های مطلوبیت – امکان‌پذیری / جذابیت- توانمندی

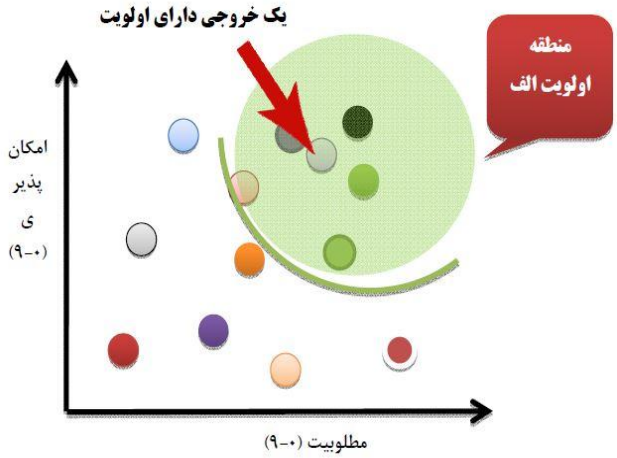
اگر کاربردها یا بازارها اولویت‌بندی شده باشند، ماتریس جذابیت- توانمندی به شکل زیر رسم خواهد شد.

واضح و مبرهن است که در هر سطح از شاخص‌ها و معیارهای خاص خود برای ارزیابی جذابیت (مطلوبیت) و یا توانمندی (امکان‌پذیری) استفاده خواهد شد.



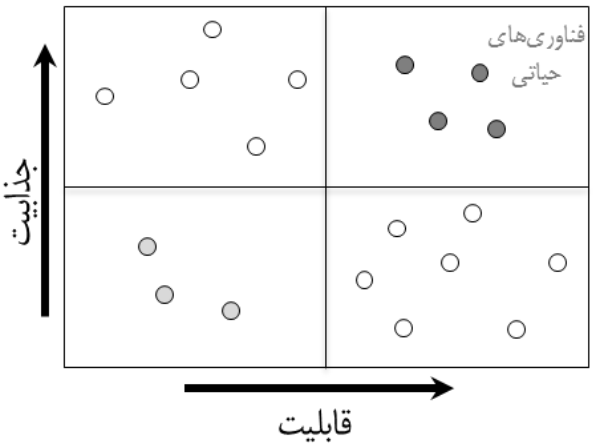
شکل ۲-۴ ماتریس جذابیت- توانمندی (منطقه اولویت)

اگر محصولات/خدمات اولویت‌بندی شده باشند ماتریس زیر به عنوان خروجی‌های فناورانه ترسیم خواهد شد.



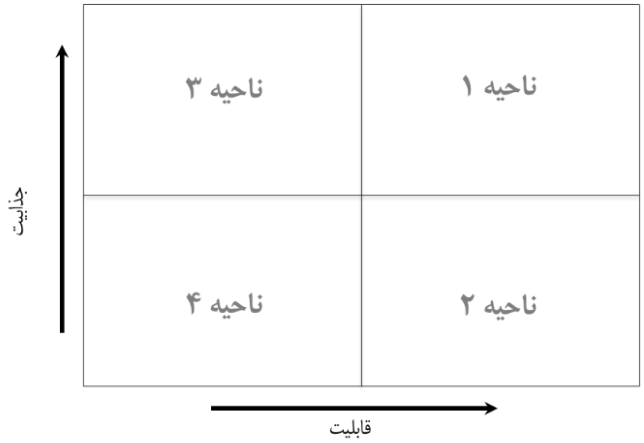
شکل ۲-۵ ماتریس جذابیت- توانمندی (منطقه اولویت الف)

اگر فناوری‌ها (سیستم‌ها) و یا زیرفناوری‌ها (زیرسیستم‌ها) اولویت‌بندی شده باشند، ماتریس جذابیت – توانمندی ترسیم خواهد شد. در این مرحله براساس دو معیار جذابیت و توانمندی، به اولویت‌بندی توسعه فناوری در هر یک از حوزه‌ی فناورانه پرداخته می‌شود. طبیعی است که هر چه میزان جذابیت و توانمندی یک حوزه بالاتر باشد، تصمیم‌گیران تمایل بیشتری به انتخاب آن از خود نشان می‌دهند.



شکل ۲-۶ ماتریس جذابیت- توانمندی (امکان‌پذیری)

در این ماتریس، نحوه و موقعیت ترسیم خطوط متقاطع، بسته به موضوع مورد مطالعه متفاوت بوده و بستگی به موقعیت مکانی فناوری‌های مختلف در ماتریس دارد. پس از تقسیم‌بندی نواحی ماتریس، چهار ناحیه ۱، ۲، ۳، و ۴ ایجاد می‌شود. هر ناحیه تصمیمات راهبردی متفاوتی را نسبت به فناوری‌ها و زیرفناوری‌های قرار گرفته در آن اعمال می‌نماید. معمولاً ترتیب اولویت-دهی حوزه‌های فناورانه در این ماتریس به ترتیب نواحی ۱، ۲، ۳ و ۴ است.



شکل ۲-۷ تقسیم‌بندی ماتریس جذابیت- توانمندی

با تقسیم ماتریس فوق به چهار ناحیه، نتایج زیر حاصل می‌گردد:

- ناحیه ۱ در بردارنده حوزه‌هایی است که امکان ساخت با طراحی بومی (به‌صورت جزئی یا کامل) آن‌ها در ۵ سال آینده وجود دارد و از جذابیت بالایی برخوردار هستند. در این زمینه دولت بایستی حمایت‌های لازم را در توسعه حوزه‌های فناورانه به عمل بیاورد.
- ناحیه ۲ شامل حوزه‌هایی از فناوری است که در ظرف ۵ سال آینده قابلیت ساخت آن‌ها در کشور می‌تواند فراهم شود، اما جذابیت آن‌ها پایین است. در این رابطه، لزومی به حمایت دولت در توسعه این بخش‌ها نیست و با فراهم آمدن توانمندی، توسعه این حوزه‌ها نیز به وقوع می‌پیوندد.

- ناحیه ۳ مشتمل بر حوزه‌هایی می‌شود که اگر چه جذابیت بالایی دارند اما تا ۵ سال آینده امکان ساخت بومی آن‌ها در کشور ایجاد نخواهد شد. در این حوزه‌ها، دولت باید با پیروی هوشمندانه، به دنبال کردن پیشروان فناوری پرداخته تا در آینده دور، امکان تولید بومی آن‌ها نیز محقق شود.
- ناحیه ۴ نیز بخش‌هایی را در بر دارد که نه جذابیت بالایی دارند و نه امکان ساخت آن‌ها ظرف ۵ سال آینده ایجاد شدنی است. این حوزه‌ها از حیطه تمرکز خارج هستند.

حوزه‌هایی که با توجه به این اولویت‌دهی و نیز نظر تصمیم‌گیران در نواحی قابل قبول قرار می‌گیرند، به عنوان اجزاء برگزیده برای توسعه انتخاب می‌شوند. سایر حوزه‌ها (قرار گرفته در نواحی غیرقابل قبول) برای تصمیم‌گیری در مورد وضعیت نهایی‌شان به گام بعدی که سنجش بحرانی بودن و وابستگی به مواد خاص است منتقل می‌شوند.

از مزیت‌های روش ماتریس جذابیت- توانمندی می‌توان به عدم تلفیق این دو نوع معیار و در نتیجه عدم وزن‌دهی یکسان آن‌ها در تصمیم‌گیری اشاره کرد. چرا که در نظر برخی ممکن است توانمندی دستیابی به فناوری مهم‌تر باشد و از منظر برخی دیگر جذابیت فناوری. در این روش می‌توان هر فناوری را از نظر جذابیت و توانمندی، در ماتریس دید و فناوری دارای جایگاه مناسب را انتخاب نمود. مزیت مهم دیگر این روش، واگذاری تصمیم نهایی به تصمیم‌گیرنده است؛

اکثر روش‌های تصمیم‌گیری ریاضی تصمیم نهایی را خود اتخاذ کرده و آن را به تصمیم‌گیرنده ارائه می‌کنند که این کار در بعضی موارد منجر به غیرمنطقی شدن تصمیم می‌شود. لذا در اینجا تصمیم نهایی به تصمیم‌گیرنده واگذار می‌شود و تیم مشاور تنها به عنوان تصمیم‌ساز جواب‌ها را ارائه می‌نماید.

۲-۲-۸- ارزیابی جذابیت

ارزیابی جذابیت، بر اساس درخت فناوری صورت می‌گیرد. بنابراین هدف از ارزیابی جذابیت، تعیین فناوری یا فناوری‌هایی است که بر مبنای معیارهای تعیین شده بالاترین امتیاز را دارند. از سوی دیگر، زیست‌توده، بر خلاف سایر انرژی‌های نو، دارای منابع اولیه متنوعی می‌باشد که با توجه به محدودیت و تنوع آن‌ها، انتخاب فناوری محدود می‌گردد. بنابراین در راستای تعیین فناوری

جذاب در بخش زیست‌توده، ابتدا نیاز است که منابع اولیه تولید انرژی اولویت‌بندی شوند و بر اساس منابع اولویت دار، فناوری‌های اولویت‌دار مشخص گردند.

روش‌های مختلفی برای ارزیابی وجود دارد (از روش‌های ریاضی محض گرفته تا روش‌های کاملاً کیفی همچون پنل خبرگان) که روش منتخب در این قسمت استفاده از نظر کارشناسان از طریق ارسال پرسشنامه‌ها است.

پرسشنامه‌های طراحی شده حاصل ساعت‌ها تلاش کارشناسان تیم فنی و مشاور پروژه بوده و سعی شده پرسشنامه‌ها تا حد ممکن گویا و موجز بوده تا برای فرد پاسخ‌دهنده خسته‌کننده نباشد. از طرف دیگر سؤالات به نحوی طراحی شده است که پاسخ آنها توانایی تفکیک جذابیت و توانمندی فناوری‌های مورد استفاده را داشته باشد و از سؤالات دارای پاسخ مشترک یا بسیار شبیه هم برای فناوری‌های مختلف خودداری شده است.

این پرسشنامه پس از طراحی در اختیار اعضای محترم کمیته راهبری قرار داده شد تا به سوالات آن پاسخ دهند. اسامی اعضای کمیته راهبری در جدول زیر آمده است:

جدول ۲-۶ لیست اعضای محترم کمیته راهبری که در تکمیل پرسشنامه مشارکت نمودند

ردیف	نام خبره	سمت خبره
۱	جناب آقای مهندس جواد نصیری	سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
۲	جناب آقای مهندس اکبر شعبانی کیا	سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
۳	جناب آقای دکتر برات قبادیان	هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس
۴	جناب آقای مهندس شهریار جلایی	سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
۵	سرکار خانم دکتر فاطمه هشدار	موسسه مطالعات بین المللی انرژی
۶	جناب آقای دکتر ارژنگ جوادی	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۷	جناب آقای دکتر مسعود احمدی	سازمان شهرداری‌ها و دهداری‌های وزارت کشور
۸	جناب آقای مهندس امید جلالی	شرکت بهینه سازی مصرف سوخت
۹	سرکار خانم مهندس خدیجه حسینی	شرکت بهینه سازی مصرف سوخت
۱۰	جناب آقای دکتر مهرداد عدل	پژوهشگاه مواد و انرژی
۱۱	سرکار خانم مهندس سوسن داوری	پژوهشگاه نیرو
۱۲	تیم فنی پروژه به سرپرستی جناب آقای مهندس رضایی	پژوهشگاه نیرو

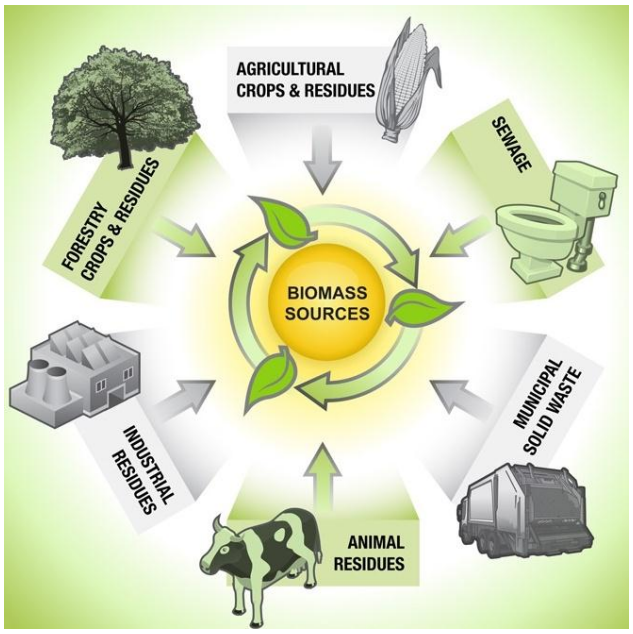
در ادامه، ارزیابی جذابیت به دو بخش ارزیابی جذابیت منابع و ارزیابی جذابیت فناوری‌ها، تقسیم شده و هر بخش به صورت مجزا در پرسشنامه‌ای که در اختیار خبرگان قرار داده شده، مورد سوال قرار گرفته است.

۲-۲-۹- ارزیابی جذابیت منابع تولید برق از زیست‌توده

منابع زیست‌توده یکی از اصلی‌ترین عوامل انتخاب تکنولوزی‌های زیست‌توده می‌باشد. این عامل می‌تواند از جهات مختلفی تاثیرگذار باشد. در صورتی‌که منابع زیست‌توده به عنوان سوخت تکنولوژی‌های زیست‌توده در نظر گرفته شوند، می‌توانند فعالیت سیستم‌های زیست‌توده را تحت تاثیر قرار دهند.

در بخش ابتدایی پرسشنامه، به ارزیابی منابع زیست‌توده پرداخته شده است. منابع تولید انرژی از زیست‌توده، در ادبیات موضوع، به شش دسته کلی تقسیم می‌گردد. این شش دسته عبارتند از:

- ✓ زباله جامد شهری
- ✓ فاضلاب شهری
- ✓ گیاهان انرژی زا و زائدات کشاورزی
- ✓ فضولات دامی
- ✓ ضایعات و زائدات جنگلی
- ✓ پسماند صنعتی



شکل ۲-۸ منابع زیست‌توده

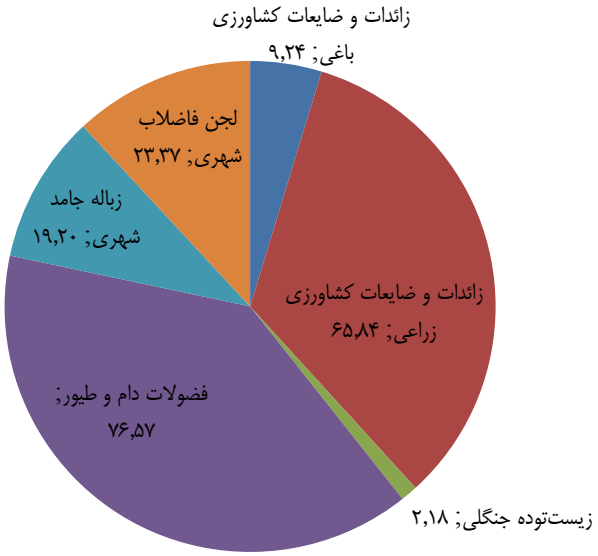
پس از آن که منابع اولیه زیست‌توده مشخص و دسته‌بندی شد، جهت انتخاب منابع اولویت‌دار نیاز به تعیین معیارهایی جهت انتخاب داریم. جدول شماره یک پرسشنامه (پیوست ب گزارش)، اولویت‌بندی بر اساس میزان اهمیت این معیارها را نشان می‌دهد که عبارتند از:

- ✓ ملاحظات زیست‌محیطی شامل عواملی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده، میزان ایجاد آلودگی برای آب و خاک، تضعیف خاک و انتشار بو و ... است.
- ✓ در برآورد پتانسیل منبع، حجم تقریبی موجود از هر منبع در داخل کشور و نیز مقدار انرژی استحصالی از واحد هر منبع در نظر گرفته می‌شود.
- ✓ مراحل لجستیک منبع شامل جمع‌آوری، حمل و ذخیره‌سازی (آماده‌سازی) است (در مورد گیاهان انرژی‌زا، مرحله کاشت محصول نیز علاوه بر این مراحل وجود دارد).
- ✓ قیمت منبع، هزینه پرداختی برای هر واحد از منبع می‌باشد.
- ✓ مناقشه منبع به معنی وجود و میزان تاثیر بازار رقیب در انتخاب منابع گوناگون زیست‌توده است.

پس از مشخص شدن میزان اهمیت معیارهای ارزیابی منابع نسبت به هم، میزان اهمیت هر منبع با در نظر گرفتن هر یک از معیارها در جدول شماره دو پرسشنامه امتیازدهی می‌گردد.

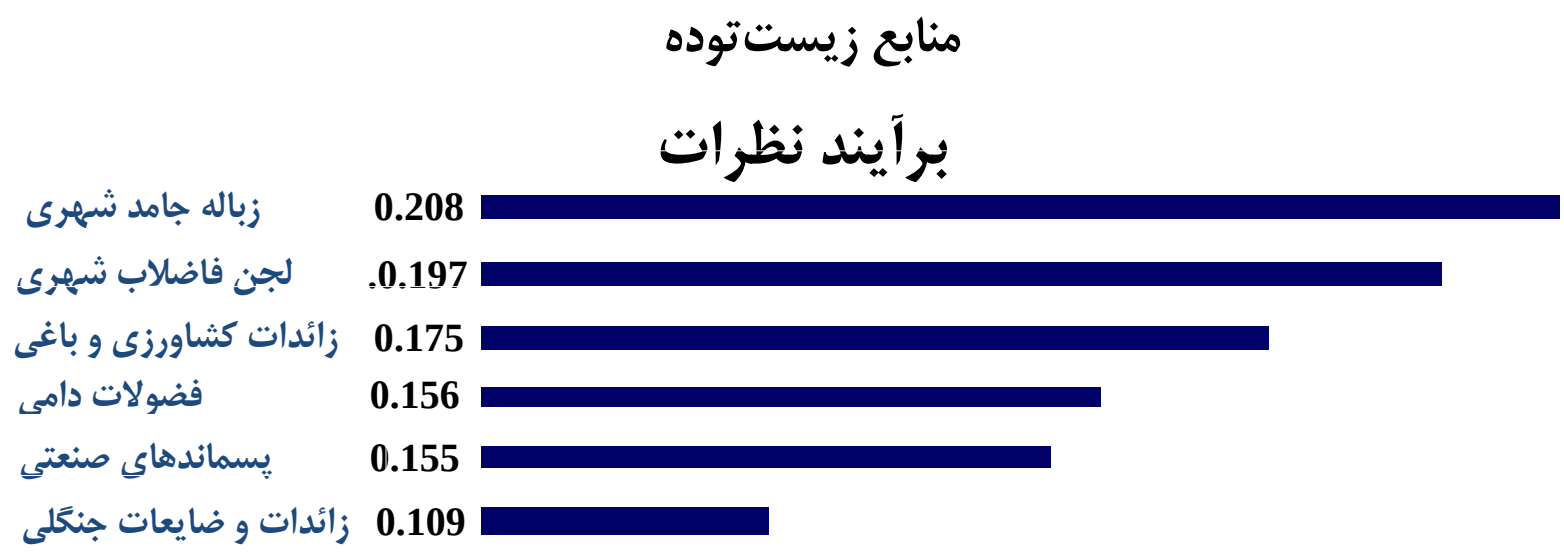
قسمت اولویت‌بندی منابع پرسشنامه که شامل دو جدول می‌شود، توسط اعضای کمیته راهبری تکمیل گردید.

لازم به ذکر است، پتانسیل مربوط به منابع زیست‌توده در قالب گزارشی جدا به صورت مبسوط مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و از نتایج آن در پرسشنامه و اولویت‌بندی منابع استفاده شده است. شکل (۲-۹) نتایج نهایی پتانسیل‌سنجی منابع زیست‌توده را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۹ میزان پتانسیل منابع مختلف زیست‌توده در ایران

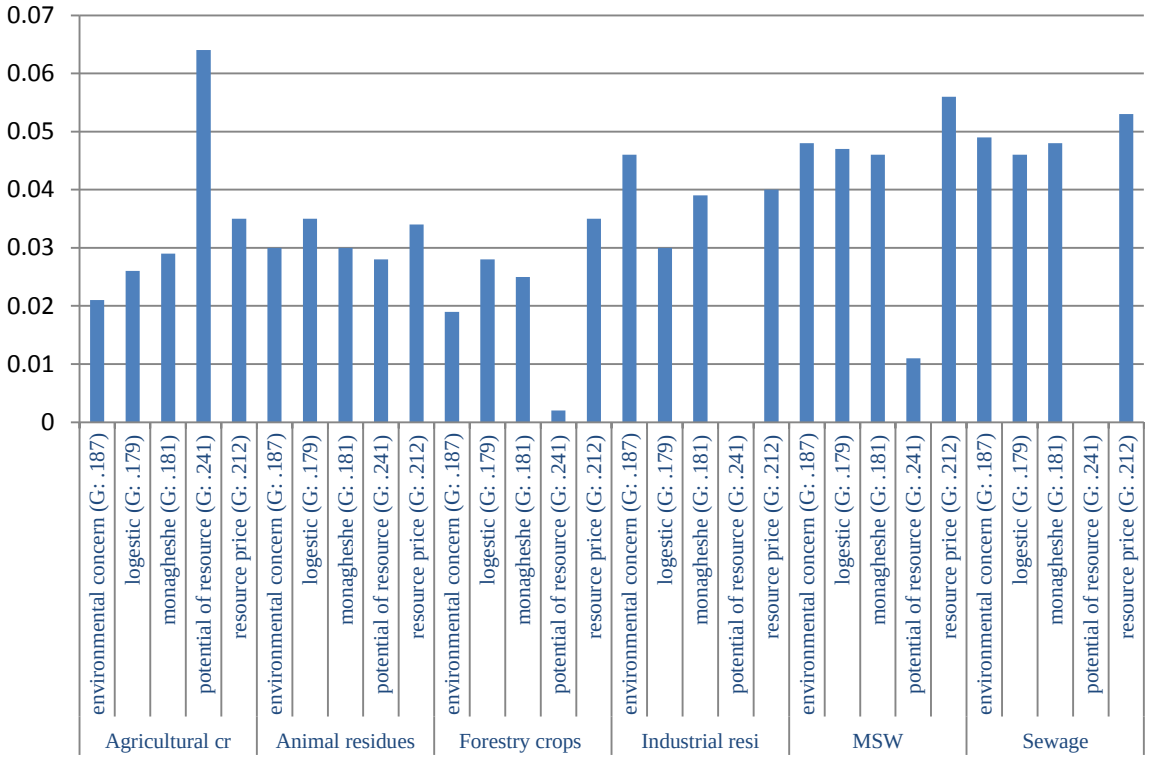
پس از دریافت و ارزیابی نتایج به کمک نرم‌افزار expert choice منابع اولیه زیست‌توده با ترتیب ارائه شده در شکل (۲-۱۰) اولویت‌بندی گردید. در اینجا از روش تحلیل سلسله مراتبی[1] جهت اولویت‌بندی منابع استفاده شده است. روش تصمیم‌گیری سلسله مراتبی یکی از پرکاربردترین ابزارهای تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. سنگ بنای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مقایسه‌های زوجی است.



1- Analytical Hierarchy process (AHP)

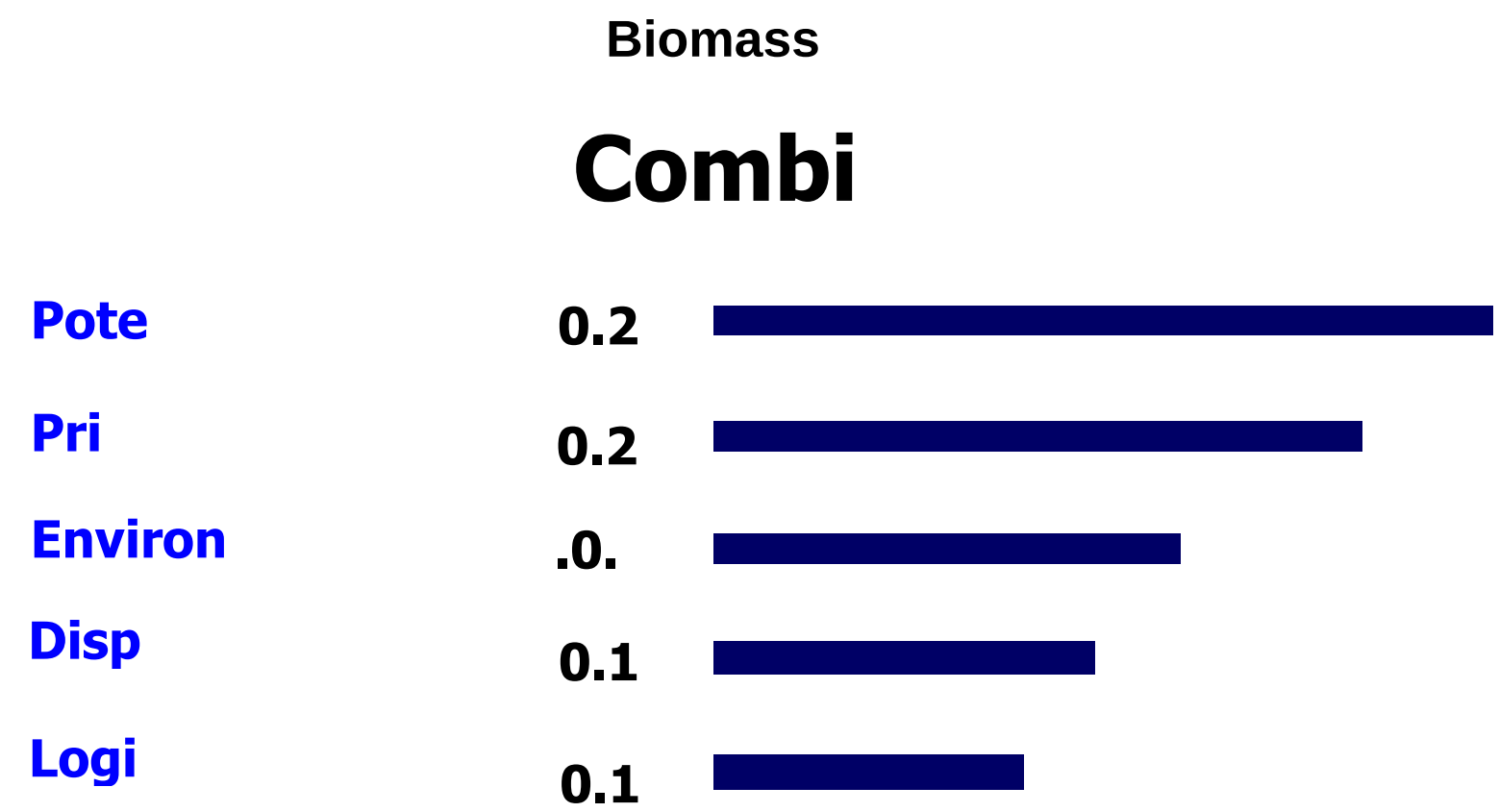
شکل ۲-۱۰ ترتیب اهمیت پرداختن به منابع از دید خبرگان

همچنین در نمودار (۲-۱۱) وزن هر یک از زیرمعیارها برای منابع آمده است.



شکل ۲-۱۱ وزن معیارهای مختلف برای منابع زیست‌توده از دید خبرگان

نمودار (۲-۱۲)، میزان اهمیت پنج معیار در نظر گرفته شده از نظر خبرگان را نشان می‌دهد.



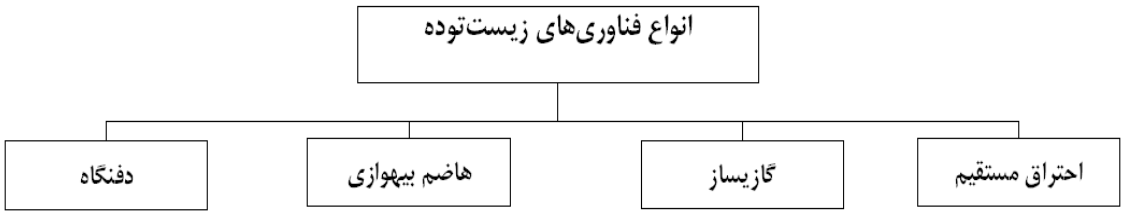
بنابراین زباله جامد شهری و لجن فاضلاب شهری به ترتیب به عنوان منابع اولویت‌دار اعلام شدند. دلایل انتخاب این دو منبع علاوه بر نتیجه اولویت‌بندی انجام شده، این است که اولاً این دو منبع در مقایسه با سایر منابع زیست‌توده اثرات مخرب بیشتری بر محیط زیست دارند و ضرورت مدیریت آنها به لحاظ دفع و استحضال انرژی بیش از سایر منابع است. ثانیاً این دو منبع از جمله منابعی هستند که به صورت متمرکز و مجتمع در دسترس هستند و می‌توان از آنها برای تولید نیروگاهی برق و انرژی بهره گرفت. همچنین، فاضلاب شهری به دلیل آن که منبع تحت اختیار وزارت نیرو می‌باشد دارای مزیت نسبت به سایر منابع در مبحث تولید انرژی می‌باشد.

در فاز ۱ پروژه، پیرامون فناوری‌های حوزه زیست‌توده و نیز کاربرد نهایی هر یک از فناوری‌ها به تفصیل توضیح داده شد. همچنین علت حذف تعدادی از فناوری‌ها در مرحله اولویت‌بندی نیز در همان فصل بیان گردید.

جدول ۲-۷ انواع فناوری‌ها و کاربردهای زیست‌توده

فناوری	برق	حرارت	سوخت
گازیسازی	×	×	×
هاضم	×	×	×
دفنگاه	×	×	×
احتراق مستقیم	×	×	
زباله سوز	×	×	
آتشکافت (پیرولیز)	×	×	×
تخمیر			×
همسوزی	×	×	
ترنس استریفیکاسیون			×
کربنیزاسیون	×	×	×
مایع‌سازی	×	×	×
پیل سوختی میکروبی	×		

بعد از حذف تعدادی از فناوری‌ها با توجه به دلایل ارائه شده، چهار فناوری گازیسازی، هاضم، دفنگاه و احتراق مستقیم، به عنوان فناوری‌های منتخب جهت رتبه‌بندی توسط نظر خبرگان در نظر گرفته شد.



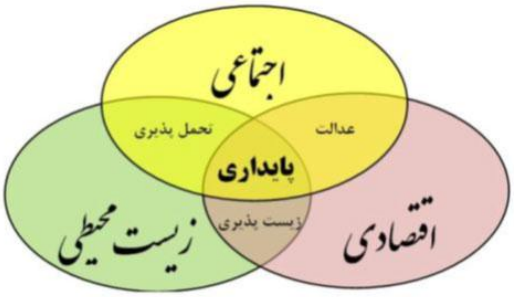
شکل ۲-۱۲ فناوری‌های منتخب برای اولویت‌بندی

پس از مشخص شدن فناوری‌ها، نیاز به تعیین معیارهایی جهت رتبه‌بندی آن‌ها داریم. در تعیین معیارهای رتبه‌بندی فناوری‌های زیست‌توده، ادبیات توسعه پایدار[1] در نظر گرفته شده است.

1- Sustainable development

اصطلاح توسعه پایدار یا پایا در اوایل سال‌های دهه ۱۹۷۰ درباره محیط و توسعه به کار رفت. توسعه پایدار فرآیندی است برای به دست آوردن پایداری در هر فعالیتی که نیاز به منابع و جایگزینی سریع و یکپارچه آن وجود دارد. توسعه پایدار در کنار رشد اقتصادی و توسعه بشری در یک جامعه یا یک اقتصاد توسعه یافته، سعی در تحصیل توسعه مستمر، ورای توسعه اقتصادی دارد[1]. توسعه‌ای که نیازهای زمان حال را برآورده سازد بدون آنکه توانایی نسل‌های آینده در برآورده‌سازی نیازهایشان را به خطر اندازد. در این تعریف دو مفهوم کلیدی وجود دارد: مفهوم «نیازها» به ویژه نیازهای اساسی جهان فقیر، به کدام اولویت مهم‌تر باید تخصیص داده شود؛ و موضوع «محدودیت» که به واسطه شرایط فناوری و سازمان اجتماعی بر توانایی‌های محیطی برای دستیابی به نیازهای اکنون و آینده تحمیل شده است[2] (مجمع بروندلند ۱۹۸۷).

توسعه پایدار در برگیرنده ایده محدودیت‌هایی است که به وسیله وضعیت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تحمیل می شود.



شکل ۲-۱۳ حوزه‌های مرتبط با توسعه پایدار

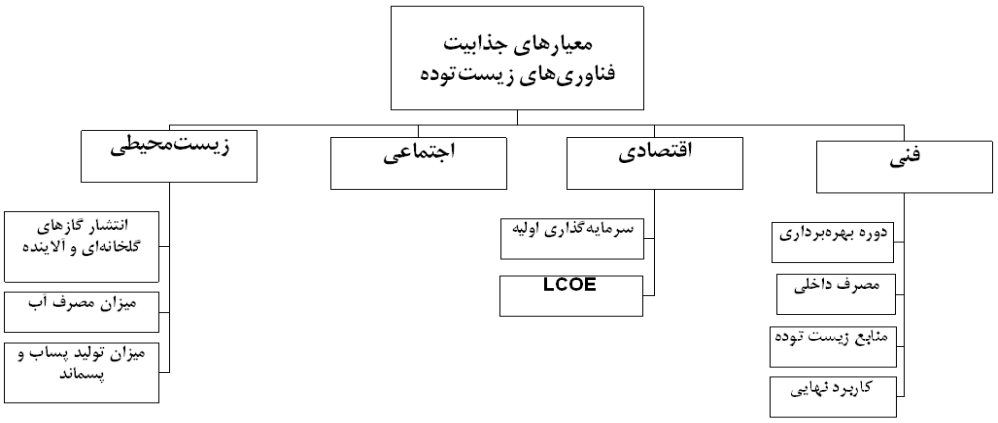
علاوه بر ارکان توسعه پایدار، نیاز به در نظر گرفتن محدودیت‌ها و الزامات فنی نیز داریم. بنابراین معیارهای اولویت‌بندی در سطح اول شامل معیارهای معیارهای فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی می‌شود.

پس از مشخص نمودن معیارهای اصلی، برای هر یک از آنها زیرمعیارهایی تعریف شده است. این زیرمعیارها در جدول (۲-۸) ارائه شده‌اند.

1- Beyond Economic Growth: An Introduction to Sustainable Development (2004)
2- www.unisdr.org

جدول ۲-۸ فهرست معیارها و زیرمعیارهای تعریف شده جهت اولویت‌بندی فناوری‌ها

معیارهای سطح یک	معیارهای سطح دو (زیرمعیارها)	توضیحات
فنی	دوره بهره‌برداری	منظور طول زمان مفید بهره‌برداری از آن و طول عمر نیروگاه است
	مصرف داخلی	منظور از مصرف داخلی مقدار توان تولیدی است که صرف مصارف داخلی سیستم مبتنی بر فناوری زیست‌توده (کاربرد نیروگاهی و غیرنیروگاهی) می‌شود.
	منابع زیست‌توده	منظور از منابع زیست‌توده اهمیت آن به عنوان خوراک اولیه (سوخت) فناوری می‌باشد.
	کاربرد نهایی	در معیار کاربرد نهایی، تولید برق، حرارت و سوخت به عنوان محصول اصلی و تولید مواد شیمیایی و کمپوست به عنوان محصولات جانبی مد نظر قرار دارد.
اقتصادی	سرمایه‌گذاری اولیه	هزینه‌های مورد نیاز برای احداث نیروگاه
	LCOE	هزینه تراز شده برق تولیدی
اجتماعی	میزان اشتغال‌زایی، مقبولیت اجتماعی و ...	
زیست محیطی	انتشار گازهای گلخانه‌ای	
	میزان مصرف آب	
	میزان تولید پساب و پسماند	



شکل ۲-۱۴ معیارهای جذابیت فناوری‌های زیست‌توده

در ادامه، خبرگان، به موارد موجود در جداول مربوط به ارزیابی فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده امتیاز دادند. جداول ۵ تـا ۹ پرسشنامه پیوست مربوط به این قسمت است. سپس نتایج حاصل از پرسشنامه توسط نرم‌افزار expert choice مـورد بررسـی قرار گرفت و در نهایت فناوری‌های گازیسازی و هاضم به عنوان فناوری‌های اولویت‌دار پروژه اعلام شدند.

فناوری‌های زیست‌توده

برآیند نظرات

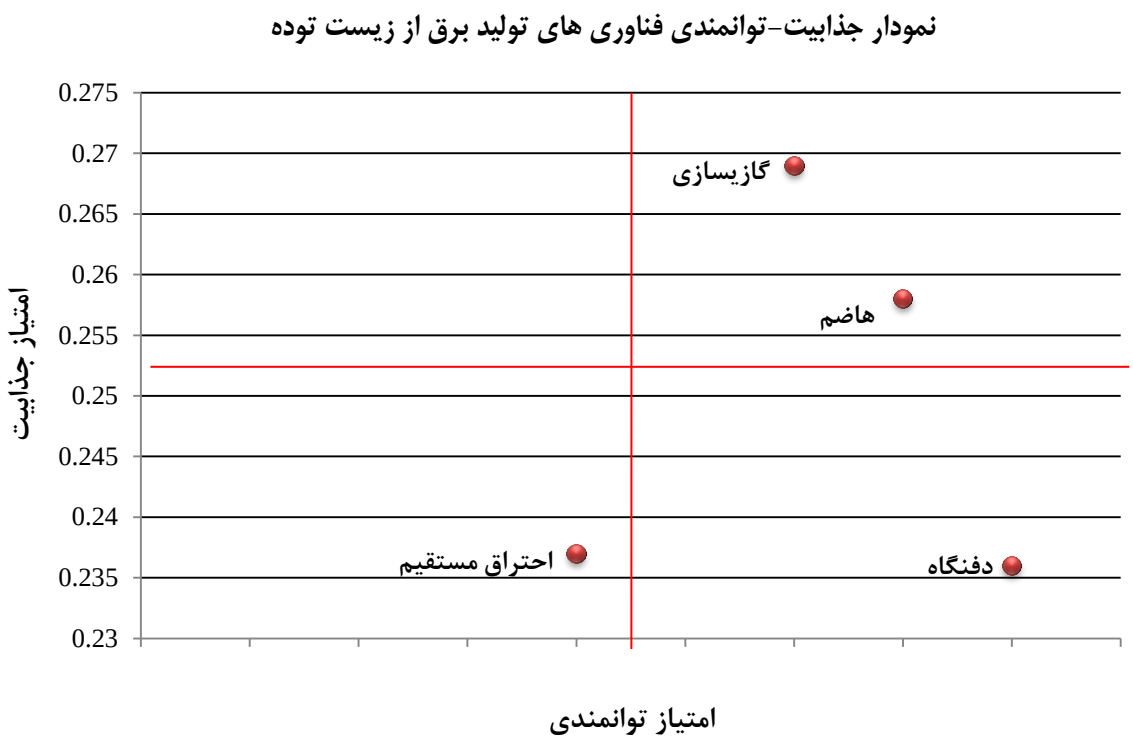
نتیجه اولویت‌بندی فناوری‌ها توسط نظر خبرگان

همچنین شاخص‌های در نظر گرفته شده برای اولویت‌بندی از دید خبرگان به ترتیب اهمیت، شاخص اقتصادی، فنی، اجتمـاعی و زیست‌محیطی اعلام گردید.

شکل ۲-۱۵ اولویت‌بندی شاخص‌ها – برآیند نظرات

۲-۲-۱۰- ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده

قسمت اصلی تحلیل نتایج با توجه به متدولوژی، از طریق تعیین جایگاه در ماتریس جذابیت – توانمندی صورت می‌گیرد. همان طور که از نام این ماتریس نیز مشخص است از دو بعد جذابیت و توانمندی تشکیل شده است. بر اساس جمع‌بندی نتایج پرسشنامه‌ها مقادیر هر کدام از ابعاد جذابیت و توانمندی تعیین شده‌اند و کافی است که این مقادیر در ماتریس نمایش داده شوند. ماتریس اولیه حاصل در شکل (۲-۱۸) نمایش داده شده است. شایان ذکر است، در جدول (۲-۹) مقادیر مربوط به توانمندی (ستون سوم) برآیند نظرات خبرگان از پرسشنامه پیوست می‌باشد.



شکل ۲-۱۶ ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های زیست‌توده

جدول ۲-۹ امتیازهای مربوط به ماتریس جذابیت- توانمندی زیست‌توده

فناوری	امتیاز جذابیت	امتیاز توانمندی
گازیسازی	۰/۲۶۹	۶
هاضم بیهوازی	۰/۲۵۸	۷
احتراق مستقیم	۰/۲۳۷	۴
دفنگاه	۰/۲۳۶	۸

۲-۲-۱۰-۱- ضرورت نگاه ویژه به زباله‌سوزی در توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده

بر اساس نتایج ارزیابی جذابیت- توانمندی فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده، دو فناوری گازیسازی و هاضم بیهوازی به عنوان فناوری‌های اولویت‌دار تولید برق از منابع زیست‌توده تعیین شدند. از بین انواع فناوری‌های احتراق مستقیم (هم‌سوزی،

زباله‌سوزی، بویلر و بخاری پلت‌سوز)، توسعه فناوری زباله‌سوزی به دلایلی که در ادامه اشاره خواهد شد ضرورت دارد. همان طور که در شکل (۲-۱۰) مشاهده می‌شود، منبع مورد استفاده در این فناوری (زباله شهری) در اولویت اول منابع زیست‌توده قرار دارد. همچنین سیاست‌ها و قوانینی در رابطه با این فناوری وجود دارد که از آن جمله می‌توان به سند آسیب‌شناسی مدیریت پسماند که توسط وزارت کشور تصویب و ابلاغ شده است اشاره نمود. در این سند که به تصویب هیئت دولت رسیده است، کلیه دستگاه‌های ذیربط موظف به اجرای اقدامات مربوط به مدیریت پسماند طی زمان‌بندی تعیین شده هستند و اعتبارات مورد نیاز آن نیز دیده شده است. از دیگر اسناد بالادستی در این خصوص می‌توان به برنامه جامع مدیریت پسماند کشور اشاره نمود که در آن برنامه پنج ساله (۹۶-۹۲) توسعه مرحله‌ای مدیریت پسماند عادی کشور ارائه شده است. از طرف دیگر نصب ۱۵ نیروگاه زباله‌سوز در کشور (عمدتاً در کلان‌شهرها و شهرهای شمالی)، تقاضا و کشش بازار در این حوزه را نشان می‌دهد. از این رو لازم است فناوری زباله‌سوزی در نقشه راه توسعه فناوری تولید برق از زیست‌توده گنجانده شود.

۲-۳- سبک اکتساب

۲-۳-۱- مروری بر ادبیات مدل‌های اکتساب فناوری

مدل‌های اکتساب فناوری به تعیین روش‌های دستیابی به فناوری شناسایی شده و انتخاب شده می‌پردازد. بدین معنی که تعیین می‌کند که توسعه فناوری از کدام یک از سبک‌های توسعه داخلی، همکاری با سایر شرکت‌ها یا مؤسسات و یا خرید محصول فناوری انجام شود. در این قسمت درباره عوامل راهبردی مؤثر بر انتخاب نوع اکتساب و ارتباط آن با انتخاب فناوری‌ها و زمان توسعه و معرفی آنها بحث می‌شود. در ادبیات مدل‌های مختلفی برای انتخاب روش اکتساب فناوری معرفی شده‌اند. در زیر به بررسی مدل‌ها و نظریاتی که در ادبیات مدیریت فناوری پیرامون انتخاب روش مناسب اکتساب فناوری ارائه شده‌اند پرداخته می‌شود.

۲-۳-۱-۱- مدل کیه‌زا[1]

1- Chiesa

از مدل کیه‌زا [۲۲] در دو زمینه مختلف می‌توان استفاده نمود: سبک‌های مختلف اکتساب فناوری و نحوه انتخاب سبک مناسب؛ روش‌های مختلف همکاری برای اکتساب فناوری و چگونگی انتخاب روش مناسب همکاری اکتساب فناوری [۱۹].

کیه‌زا سه سبک کلی را برای توسعه فناوری و اکتساب آن مطرح می‌کند که عبارتند از: توسعه داخلی فناوری، توسعه مشارکتی فناوری و خرید محصول فناوری. شش عامل راهبردی برای انتخاب بین این سه سبک مطرح می‌شود که عبارتند از:

- ✓ زمان دستیابی به فناوری
- ✓ اهمیت انحصاری و اختصاصی بودن فناوری
- ✓ ضرورت و اهمیت یادگیری از منبع بیرونی
- ✓ هزینه‌های توسعه فناوری
- ✓ ریسک فنی یا میزان آشنایی با فناوری

در جدول (۲-۱۰) به جمع‌بندی عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری بین این سه حالت می‌پردازد.

جدول ۲-۱۰ عوامل مؤثر بر سبک مناسب اکتساب فناوری

عوامل	توسعه داخلی	توسعه مشارکتی فناوری	خرید محصول فناوری
زمان دستیابی به فناوری	*	**	***
اهمیت اختصاصی و انحصاری بودن فناوری	***	**	*
اهمیت و پتانسیل یادگیری	**	***	*
هزینه‌های توسعه فناوری	*	**	*
ریسک فنی و میزان آشنایی با فناوری	*	**	***

توضیحات: تعداد علامت * نشان دهنده کم تا زیاد بودن تأثیر عامل مورد بحث بر سبک اکتساب فناوری است.

با مشخص شدن سبک مناسب، چنانچه تصمیم به عدم توسعه داخلی فناوری بوده و همکاری و یا خرید محصول فناوری در اولویت باشد، به چهارده روش مختلف می‌توان عمل نمود که این روش‌ها در ادامه بیان می‌گردند. روش‌های مختلف همکاری و یا خرید برای اکتساب فناوری، به شرح ذیل ارائه می‌شود:

- تملک شرکتی[1]: بنگاهی یک بنگاه دیگر را به تملک خود در می‌آورد تا بتواند به فناوری یا شایستگی فناورانه مورد نظر دست یابد.
- تملک آموزشی[2]: بنگاهی جهت اکتساب فناوری، متخصصین مربوطه را استخدام و یا شرکت کوچک دیگر را به منظور در اختیار گرفتن افراد برخوردار از توانمندی‌های فناورانه و یا شایستگی‌های مدیریتی خریداری می‌کند.
- ادغام[3] : در این روش بنگاه با بنگاهی دیگری که دارای فناوری و یا شایستگی فناورانه مورد نظر می‌باشد ادغام شده و بنگاه جدیدی از ادغام این دو مورد به وجود می‌آید.
- خرید حق امتیاز[4] : شرکت امتیاز تولید فناوری خاصی را به دست می‌آورد.
- مشارکت با سهام[5] : در این روش شرکت اول سهام شرکت دوم را که دارای فناوری یا شایستگی فناورانه بوده می‌خرد ولی بر آن کنترل مدیریتی ندارد.
- سرمایه‌گذاری مشترک[6] : شرکت‌ها از طریق سهام، سرمایه‌گذاری مشترک رسمی صورت داده و شرکت سومی به وجود می‌آید و هدف مشخص نوآوری فناوری دنبال می‌شود.
- تحقیق و توسعه مشترک[7] : یک شرکت با شرکت‌های دیگر توافق می‌کند که مشترکاً روی یک فناوری و یا حوزه فناورانه فعالیت نمایند و هیچ گونه شراکتی در مالکیت به وجود نمی‌آید.
- قرارداد تحقیق و توسعه[8]: شرکت می‌پذیرد که مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه و یا شرکت‌های نوآور کوچک در زمینه فناوری مشخص تحقیق نموده و هزینه‌های آن را بپردازد.
- سرمایه‌گذاری در تحقیقات[9]: شرکت در زمینه تحقیقات اکتشافی در مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه یا شرکت‌های کوچک نوآور سرمایه‌گذاری نموده و فرصت‌ها و ایده‌ها را دنبال می‌نماید.
- اتحاد[10]: شرکت منابع فناورانه را با شرکت‌های دیگر به اشتراک گذاشته و نیل به هدف کلی نوآوری فناورانه را تعقیب می‌کند.

1 Acquisition
2 Educational Acquisition
3 Merger
4 Licensing
5 Minority Equity
6 Joint Venture
7 Joint R&D
8 R&D Contract
9 Research Funding
10 Alliance

- کنسرسیوم[1]: چندین مؤسسه و شرکت مشترکاً تلاش می‌کنند به هدف کلی نوآوری فناورانه نایل شوند.
- ایجاد شبکه[2]: شرکت شبکه‌ای از روابط را برقرار می‌سازد تا در همراهی با شتاب نوآوری فناورانه قرار داشته و فرصت‌ها و روندهای تکاملی را دنبال نماید.
- برون‌سپاری[3]: بنگاه فعالیت‌های فناورانه را از خود خارج نموده و صرفاً به خرید محصول فناوری اکتفا می‌کند.
- خرید خدمات مشاوره‌ای: شرکت در راستای توسعه فناوری فعالیت نموده و در این مسیر از خدمات مشاوره‌ای یک شرکت دارنده فناوری استفاده می‌نماید.

بر اساس نظر کیه‌زا روش مناسب همکاری سازمانی با توجه به سه فاکتور (مشخصه) اصلی هدف همکاری، محتوای (مفهوم – مفاد) همکاری و نوع‌شناسی همکاران انتخاب می‌شود.

جدول ۲-۱۱ انتخاب روش مناسب همکاری فناورانه

عوامل		حالات هر عامل	اولویت‌ها (نیازها)	روش پیشنهادی
هدف همکاری		وسیع	همکاری طولانی مدت، کنترل بالا- متوسط، رسمیت متوسط- بالا	Acquisition, Join Venture
		محدود و مشخص	همکاری کوتاه مدت، کنترل متوسط- پایین، کمترین تأثیر بر شرکت	Alliance, Out Sourcing
		حداکثر کردن یادگیری	انعطاف‌پذیری بالا، کنترل پایین، رسمیت پایین، کمترین تأثیر بر سازماندهی و منابع انسانی شرکت	Alliance, Networking, Joint Venture
محتوای (مفهوم- مفاد) همکاری و فناوری مورد تعامل	قابلیت تعریف	خوب	نیاز خاصی نمی‌باشد	-
		بد	رسمیت بالا، انعطاف بالا	Alliance, Joint R&D, Networking
	آشنایی با فناوری و بازار	هیچ‌کدام	-	Education, Acquisition
		بازار یا فناوری	-	Joint Venture, Alliance
		بازار و فناوری	کنترل بالا، رسمیت بالا	Acquisition
	ارتباط با مزیت رقابتی	بالا	کنترل بالا، رویکرد بلندمدت	R&D
		پایین	انعطاف‌پذیری بالا، کاهش زمان و هزینه ایجاد همکاری، کاهش تأثیر بر سازمان	Out Sourcing
	چرخه عمر فناوری	مرحله تکامل	انعطاف بالا، کنترل پایین	Out Sourcing
		مرحله اولیه	کنترل بالا، انعطاف متوسط - بالا، رویکرد بلندمدت	Minority Equity
	میزان ریسک	بالا	انعطاف بالا، کمترین تأثیر بر شرکت، رسمیت پایین	Joint Venture, Alliance

1 Consortium
2 Networking
3 Outsourcing

عوامل		حالات هر عامل	اولویت‌ها (نیازها)	روش پیشنهادی
		پایین	نیاز خاصی نمی‌باشد	–
	قابلیت حفاظت از فناوری	ضعیف	کنترل بالا، رسمیت بالا	Merger, Acquisition
		محکم – بسته	نیاز خاصی نمی‌باشد	–
	مرحله نوآوری	ابتدا	انعطاف بالا، کنترل پایین	Alliance, Out sourcing
		انتها	رسمیت بالا، کمترین هزینه / زمان	Out sourcing
	میزان سرمایه‌گذاری	بالا	کنترل بالا	Merger, Acquisition
		پایین	نیاز خاصی نمی‌باشد	–
	قابلیت تقسیم	پایین	یکپارچه‌سازی پایین، کمترین تأثیر بر شرکت	Out sourcing
		بالا	نیاز خاصی نمی‌باشد.	Joint Venture
نوع شناسی همکاران	نحوه ارتباط با شرکت	عمودی	کمترین هزینه / زمان، مدت زمان کوتاه / متوسط، انعطاف‌پذیری بالا، رسمیت متوسط بالا	Out sourcing, Alliance
		افقی	رسمیت پایین، انعطاف‌پذیری بالا، مدت زمان متوسط – بالا	Alliance, Joint Venture
	ملیت همکاران	متفاوت	انعطاف‌پذیری بالا، کنترل پایین، کمترین تأثیر بر شرکت	Out sourcing
		یکسان	نیاز خاصی نمی‌باشد	–
	زمینه فعالیت	یکسان	نیاز خاصی نمی‌باشد	–
	اندازه / قدرت همکاران	متفاوت	کنترل بالا، رسمیت بالا	Merger, Acquisition
		یکسان	نیاز خاصی نمی‌باشد	–

۲-۳-۱-۲- مدل فلوید[1] (ای‌دی لیتل)

بر اساس نظریه فلوید، علل اصلی عدم توسعه فناوری در داخل شرکت به دو دلیل عمده محدود می‌شود:

- ✓ بالا بودن هزینه و زمان توسعه داخلی در مقابل اکتساب خارجی
- ✓ عملی نبودن توسعه داخلی

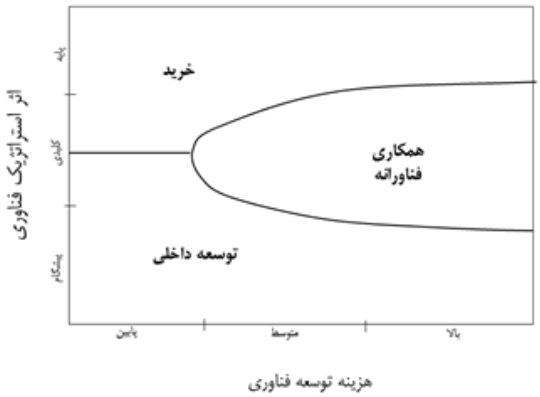
اولین دلیل به این صورت است که ممکن است منافع راهبردی حاصل از فناوری، هزینه و زمان دستیابی به فناوری را از طریق توسعه آن در داخل شرکت توجیه نکند.

دومین دلیل، خرید فناوری از خارج شرکت، حالتی است که قابلیت توسعه فناوری در داخل شرکت وجود نداشته باشد. شرکت‌ها منابع محدودی در اختیار داشته و توسعه بعضی از فناوری‌ها برای آنها حتی اگر از نظر هزینه توجیه داشته باشد امکان‌پذیر

1- Floyd

نیست. در این شرایط شاید بهتر باشد که با مشارکت دیگران نسبت به توسعه فناوری و کاستن هزینه‌های مربوطه اقدام نموده و یا آن را از شرکتی که فناوری مورد نظر را قبلاً توسعه داده است خریداری نمود.

در مدل فلوید، از مقایسه اهمیت راهبردی فناوری با هزینه و زمان توسعه آن، سبک مناسب اکتساب فناوری انتخاب می‌گردد. در مورد فناوری پایه‌ای[1] که هزینه کمی صرف توسعه آن می‌شود و اثر راهبردی پایینی دارد، خرید آن چه با روش حق امتیاز و چه از طریق خرید قطعات مورد نیاز انتخابی منطقی می‌باشد[2].



شکل ۲-۱۷ تقسیم‌بندی روش‌های اکتساب بر اساس اثر استراتژیک و هزینه‌های توسعه فناوری

در مورد توسعه فناوری‌های پیشگام[3] در صورتی که با هزینه پایینی قابل انجام بوده و منافع راهبردی شرکت را در بر گیرد، تهیه آن در داخل شرکت انتخابی منطقی است. در این حالت هزینه‌ها پایین و منافع حاصله بسیار زیاد است. از این گذشته توسعه فناوری در داخل شرکت به شما این اجازه را می‌دهد که از طریق ثبت حق مالکیت معنوی[4] فعالیت‌های خود منافع بیشتری به دست آورید.

در نهایت، در فناوری‌های کلیدی[5]، اگر هزینه‌ی توسعه آن پایین باشد می‌توان از دو روش خرید و توسعه داخلی به توسعه فناوری پرداخت. اگر هم هزینه توسعه بالا باشد همکاری فناوری گزینه مناسب خواهد بود.

1- Base Technology

۲- در این حالت کسب حق امتیاز نوعی خرید محسوب می‌شود.

3- Pacing Technology
4- patent
5 Key Technology

۲-۳-۱-۳- مدل فورد[1]

در سال ۱۹۹۸، دی فورد ماتریسی برای انتخاب روش دستیابی به فناوری پیشنهاد کرد. در این ماتریس پنج روش اکتساب فناوری و پنج معیار یا عامل مؤثر بر انتخاب روش مناسب اکتساب فناوری مطرح می‌شود.

جدول ۲-۱۲ انتخاب روش دستیابی به فناوری بر اساس پنج معیار موثر

دوره عمر فناوری	اثر رقابتی فناوری	ضرورت تملک فناوری در درون سازمان	ضرورت دستیابی سریع به فناوری	توانایی نسبی بنگاه در فناوری	معیارها / سبک اکتساب
پیدایش	حیاتی	بالاترین	کمترین	بالا	توسعه درون‌زا
ابتدای رشد	حیاتی یا پایه		کم		همکاری مشترک
ابتدای رشد	حیاتی یا پایه	↑	کم	↑	واگذاری بخشی از فعالیت‌ها به صورت پیمانکاری
بلوغ	حیاتی یا پایه	کمترین	بالا	پایین	خرید حق امتیاز
همه مراحل	خارجی	کاملاً غیر ضروری	بالاترین	پایین	خرید محصول فناوری[2]

بر اساس این مدل:

- هر قدر توانایی نسبی یک بنگاه در یک فناوری کاهش یابد، ضرورت خرید از خارج افزایش می‌یابد. این موضوع می‌تواند دلایل متعددی از جمله افزایش هزینه‌های تولید و یا خارج بودن فناوری از حیطه توانایی‌های اصلی بنگاه داشته باشد.
- با افزایش ضرورت دستیابی سریع به فناوری، گرایش تصمیم‌گیری به خرید فناوری افزایش می‌یابد که به دلیل زمان‌بر بودن توسعه داخلی فناوری می‌باشد.
- با کاهش یافتن میزان ضرورت تملک فناوری در داخل بنگاه، توصیه به اکتساب فناوری با تأمین فناوری از خارج مطرح می‌شود. در این راستا و در حالت عدم ضرورت تملک فناوری، خرید محصول نهایی فناوری روش مناسب‌تری خواهد بود.

1 Ford
2 Purchase

- با افزایش اثر رقابتی (راهبردی) فناوری، تصمیم‌گیری به سمت توسعه داخلی فناوری گرایش بیشتری می‌یابد. این توصیه به جهت پرهیز از وابستگی به دهنده فناوری مطرح شده که معمولاً در جریان انتقال فناوری پیش می‌آید.
- در رابطه با دوره عمر فناوری، هر قدر فناوری به مرحله بلوغ خود نزدیک‌تر می‌شود، روش انتقال فناوری لیسانس روش مناسب اکتساب فناوری خواهد بود [۲۰].

۲-۳-۱-۴- مدل تاید - بیسنت - پاویت[1]

در این مدل سه سبک برای اکتساب فناوری مطرح می‌شود و در سبک همکاری نیز ۶ ساز و کار اکتساب عنوان می‌شود. چگونگی تعیین سبک اکتساب با توجه به دو معیار نوع فناوری و نوع بازار معین می‌شود.

جدول ۲-۱۳ روش‌های اکتساب بر اساس مدل تاید - بیسنت - پاویت

		نوع فناوری		
		اصلی	مرتبط	غیر مرتبط
نوع بازار	اصلی	توسعه داخلی		
	مرتبط		همکاری	
	غیر مرتبط			خرید

با انتخاب سبک همکاری فناورانه، هفت روش اکتساب فناوری مطرح می‌شود. انتخاب این روش‌ها با در نظر داشتن دوره همکاری و نیز کنار هم قرار دادن مزایا و معایب هر روش در مورد مطالعه به انجام می‌رسد [۲۱].

جدول ۲-۱۴ انواع روش‌های همکاری فناورانه در مدل تاید - بیسنت - پاویت

نوع همکاری	دوره همکاری	مزایا	معایب

1 Tidd-Bessant-Pavitt

قرارداد فرعی (برون‌سپاری)/ تأمین از بیرون[1]	کوتاه مدت	کاهش هزینه و ریسک، کاهش زمان اولیه	هزینه‌های جستجو، کیفیت محصول و عملکرد
لیسانس	ثابت	اکتساب فناوری	هزینه و محدودیت‌های قرارداد
کنسرسیوم	میان‌مدت	به اشتراک گذاشته شدن تخصص‌ها، استانداردها و سرمایه‌گذاری	نشت دانش، مشخص شدن تفاوت‌ها
اتحاد راهبردی[2]	متغیر و منعطف	تعهد پایین، دسترسی به بازار	احتمال گیر افتادن، نشت دانش
سرمایه‌گذاری مشترک	بلندمدت	دانش فنی مکمل، اعمال مدیریت	دوگانگی در راهبرد طرفین، تفاوت‌های فرهنگی
ایجاد شبکه	بلندمدت	یادگیری پویا و بالقوه	ناکارآمدی‌های حضور ساکن در شبکه

۲-۳-۱-۵- مدل گیلبرت[3]

گیلبرت با داشتن یک رویکرد سیستمی به انتقال فناوری می‌کوشد مدلی برای انتخاب روش مناسب انتقال فناوری ارایه کند. در این مدل چهار نوع سیستم انتقال فناوری مطرح می‌گردد.

- سیستم‌های عمومی[4]

در سیستم‌های عمومی، فناوری به عنوان یک موضوع تجاری و سودآور تلقی نمی‌شود و از این رو دارنده فناوری داوطلبانـه آن را در اختیار دیگران قرار می‌دهد. در سیستم عمومی انتقال فناوری، نیازی به توافق و قرارداد نمی‌باشد.

روش‌های انتقال فناوری با سیستم عمومی عبارتند از:

- انتشار[5]: انتقال داوطلبانه اطلاعات فنی به بخش عمومی
- استخدام[6]
- آموزش و تحصیل[1]

1 Subcontract/Supplier Relations
2 Strategic Alliance
3 Gillbert
4 Public Domain Systems
5 Disclosure
6 Recruitment

- کپی آزاد[۲]: کپی مجانی و آزاد از اسناد و مدارک فنی
- دوره‌های مطالعاتی[۳]

▪ سیستم‌های غیرفعال[۴]

در این سیستم‌ها حالت یک‌طرفه حاکم بوده و گیرنده فناوری در موضع انفعالی قرار می‌گیرد. به همین جهت گیرنـده فنـاوری مجبور است فناوری را تحت شرایط و مشخصات استاندارد و معمول بگیرد. این وضعیت زمانی مشاهده می‌شود که منبع فناوری از قدرت مذاکره و چانه‌زنی بالایی برخوردار بوده و هزینه‌های مذاکره و انتخاب روش مناسب انتقال فنـاوری نسـبت بـه ارزش فناوری قابل توجه می‌باشند.

روش‌های انتقال فناوری با سیستم غیرفعال عبارتند از:

- خرید کالاگونه فناوری[۵]
- لیسانس استاندارد[۶]
- فرانشیز[۷]

▪ سیستم‌های همکاری[۸]

در این سیستم‌ها ارتباط و تعامل دو سویه و فعالی بین دو طرف وجود داشته و هر یک از دو طرف نقش مؤثر و تعیین‌کننـده‌ای در انتقال فناوری ایفا می‌کنند. روش‌های انتقال فناوری با سیستم همکاری عبارتند از:

- خرید جامع‌تر فناوری[۹]
- لیسانس تقویت‌شده[۱۰]
- مشارکت سهامی[۱۱]
- سرمایه‌گذاری مشترک[۱]

1 Training & Education
2 Free Coping
3 Study Tours
4 Passive Systems
5 Commodity Purchase
6 Standard Licensing
7 Franchise
8 Cooperative Systems
9 Bundled Purchases
10 Enhanced License
11 Equity Investment

- ادغام[۲]

▪ سیستم‌های ضدرقابتی[۳]

در این سیستم بدون توجه به نظرات، انتظارات و درخواست‌های منبع فناوری انتقال فناوری صورت می‌گیرد. چنین سیستمی کارکرد بازار فناوری را تخریب نموده و چالش‌هایی را در ارتباط با مالکیت معنوی فناوری مطرح می‌سازد.

روش‌های انتقال فناوری با سیستم ضد رقابتی عبارتند از:

- جذب کارکنان کلیدی[۴]
- شبیه‌سازی (تقلید)[۵]
- اختلاس[۶]
- جاسوسی ضد صنعتی[۷]

مطابق این مدل، ابتدا سیستم مناسب انتقال فناوری تعیین شده و سپس یکی از روش‌های انتقال فناوری با سیستم انتخاب شده پیشنهاد می‌شود. این نظریه چگونگی انتخاب سیستم مناسب انتقال فناوری را به خوبی تعیین نموده است ولی در ارتباط با انتخاب روش جزیی‌تر داخل سیستم‌ها، راهکار مشخصی ارایه نکرده است. انتخاب سیستم و روش مناسب انتقال فناوری با استفاده از ماتریس زیر و مبتنی بر دو فاکتور اصلی صورت می‌گیرد: توان و تمایل گیرنده فناوری به برآوردن خواست‌های منبع فناوری و کنترل منبع فناوری بر استفاده از فناوری.

۲. سیستم‌های غیرفعال – خرید کالاگونه (سخت افزار، نرم افزار و خدمات دیگر) – لیسانس استاندارد – فرانشیز		۳. سیستم‌های همکاری – خرید جامع‌تر فناوری – لیسانس تقویت شده – مشارکت سهامی – سرمایه‌گذاری مشترک – تملک/ ادغام	بله	توان و تمایل گیرنده فناوری در برآوردن خواست‌های منبع فناوری

1 Joint Venture
2 Mergers
3 Anticompetitive Systems
4 Raiding key Staff
5 Imitation
6 Misappropriation
7 Industrial Espionage

۱. سیستم‌های عمومی – انتشار – استخدام – آموزش و تحصیل – کپی آزاد – دوره مطالعاتی	۴. سیستم‌های ضدرقابتی – جذب کارکنان کلیدی – شبیه‌سازی – اختلاس – جاسوسی صنعتی	بله	
خیر			
کنترل منبع فناوری بر استفاده از فناوری خود			

شکل ۲–۱۸ تعیین سیستم انتقال فناوری بر اساس مدل گیلبرت

۲-۳-۲- مقایسه مدل‌ها

هر یک از مدل‌های اکتساب فناوری بررسی شده در این قسمت دسته‌ای از روش‌های اکتساب فناوری را پیشنهاد کردند. جدول زیر به مقایسه سطح پوشش هر کدام از این مدل‌ها از منظر روش‌های پیشنهادی می‌پردازد.

جدول ۲–۱۵ مقایسه مدل‌های اکتساب فناوری از منظر روش‌های پیشنهادی

مدل‌های اکتساب فناوری	روش‌های اکتساب فناوری																
	تحقیق و توسعه داخلی	تملک شرکتی	ادغام	سرمایه‌گذاری مشترک	اتحاد	تملک فردی	قرارداد تحقیق و توسعه	سرمایه گذاری در تحقیقات	مشارکت با سهام	لیسانس	کنسرسیوم	شبکه	خرید خدمات فنی مهندسی	برون سپاری	خرید محصول
کیه‌زا	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*

فورد	❊			❊			❊			❊					❊
لیتل	❊	❊													❊
گیلبرت		❊	❊	❊		❊			❊	❊					❊
تاید- بیسنت- پاویت	❊			❊			*		❊	❊	❊				❊

همچنین با در نظر داشتن ۱۱ ویژگی زیر به عنوان خصوصیات مطلوب برای یک مدل اکتساب فناوری، می‌توان مـدل‌هـا را از منظر جامعیت نیز با یکدیگر مقایسه نمود. جدول زیر نمایشگر وضعیت هر مدل از لحاظ برخورداری از این ویژگی‌ها است.

جدول ۲-۱۶ مقایسه مدل‌های اکتساب فناوری از نظر جامعیت

مدل‌های اکتساب فناوری	ویژگی‌های مدل اکتساب										
	توجه به عامل زمان (پویایی)	توجه به ویژگی‌های فناوری	توجه به ویژگی‌ها و شرایط دهنده فناوری	توجه به ویژگی‌ها و شرایط گیرنده فناوری	جامعیت معیارهای مورد استفاده	جامعیت روش‌های اکتساب مورد استفاده	تمایز قائل شدن میان سبک اکتساب و روش اکتساب	وجود الگوریتم اجرایی مشخص برای تصمیم گیری	توانمندی ارتقاء برای استفاده در سطح بخشی و ملی	فراوانی استفاده در پروژه‌های داخل کشور	تناسب و تطابق با شرایط صنعت برق
کیه‌زا	■			■	■	■	■	■	■	■	■
فورد		■		■	■	■			■	■	■
لیتل		■					■		■		
گیلبرت			■	■		■			■		■
Tidd-Bessant-Pavitt		■		■	■	■	■		■		■

با توجه به این جدول مقایسه‌ای، مدل کیه‌زا از بیشترین جامعیت نسبت به سایر مدل‌ها برخوردار است. با این وجود، انتخاب مدل مناسب وابسته به مورد مطالعاتی و نیازهای اکتساب فناوری در آن موضوع است.

۲-۳-۳- انواع سبک اکتساب فناوری

به منظور تصمیم‌گیری درباره نحوه اکتساب فناوری، به طور معمول معیارها و عواملی دخیل هستند که باید طی فرآیند انتخاب روش مناسب اکتساب فناوری، مد نظر قرار گیرند. این معیارها و عوامل اغلب ناظر بر ویژگی‌های فناوری، دارنده فناوری، ویژگی‌ها و اهداف گیرنده فناوری، بازار و شرایط محیطی می‌باشند. از طرف دیگر به صورت کلی سه سبک برای توسعه فناوری و اکتساب آن وجود دارد که عبارتند از:

- ✓ توسعه داخلی (درون‌زا) فناوری

- ✓ توسعه مشارکتی فناوری (همکاری فناورانه)
- ✓ خرید محصول فناوری

در این بخش سبک اکتساب هر یک از فناوری‌های اولویت‌دار که در بخش قبل مشخص گردید با توجه به مجموعه معیارهایی مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۳-۳-۱- تشریح مدل سبک اکتساب

امروزه یکی از مهم‌ترین تصمیمات راهبردی پیش روی محیط رقابت جهانی، موضوع اکتساب فناوری می‌باشد. اهمیت این که اکتساب فناوری از چه روشی انجام گیرد، بسیاری از کشورهای در حال توسعه را بر آن داشته که انواع مختلف روش‌های اکتساب فناوری را مورد ارزیابی قرار داده و در پی انتخاب سودمندترین آن‌ها (از جوانب مختلف) باشد. هر چقدر رویه مورد استفاده برای انتخاب روش اکتساب فناوری کاراتر و عقلانی‌تر باشد، منجر به مزیت‌های بیشتری برای اکتساب‌کننده خواهد شد. به هر صورت انتخاب روش مناسب اکتساب فناوری پیش از هر چیز یک مسأله تصمیم‌گیری است و به همین جهت تصمیم‌گیرنده با لحاظ مجموعه‌ای از معیارها و محدودیت‌ها اقدام به انتخاب روش مناسب می‌نماید. بنابراین هر مدلی برای انتخاب روش مناسب اکتساب فناوری می‌بایست جنبه‌های فوق را مورد توجه قرار دهد.

در این قسمت به تشریح مدل اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار جهت تولید انرژی الکتریکی از زیست‌توده، پرداخته شده است. بدین منظور در بدو امر به شرح ویژگی‌های کلی مدل پرداخته و سپس مدل نهایی ارائه می‌گردد.

۲-۳-۳-۲- اجزاء مدل اکتساب فناوری

در این قسمت به شرح یکایک اجزا و عناصر این مدل و نقش آن‌ها در مدل پردازخته می‌شود:

- چرخه عمر فناوری (عام): پرسشی که در گام ابتدایی مدل انتخاب روش اکتساب فناوری مطرح می‌شود این است که فناوری در حالت عام، در چه مرحله‌ای از چرخه عمر خود قرار دارد. مطابق با پاسخ این پرسش، روش برخورد با فناوری تغییر می‌کند. در مدل ارائه شده فراخور وضعیت فناوری در چرخه عمر، سه حالت زیر به وجود می‌آید:

- چنانچه معلوم شود فناوری در مرحلهٔ معرفی قرار دارد "سبک خرید" حذف شده و تنها سبک "تحقیق و توسعه داخلی" و روش همکاری "تحقیق و توسعه مشترک" معنا پیدا می‌کند. بدیهی است که دلیل این امر عدم امکان‌پذیری سبک خرید و برخی دیگر از روش‌های همکاری می‌باشد.
- اگر فناوری مذکور در مراحل رشد و بلوغ باشد، تصمیم‌گیری منوط به پرسش از حجم بازار خواهد بود که در بند بعدی به آن خواهیم پرداخت.
- سرانجام اگر فناوری در مرحله پیری و افول باشد، از آنجا که این به معنای معرفی فناوری رقیب در بازار است، پاسخ پرسش بعدی بدیهی می‌گردد به این صورت که چرخه عمر محصول نیز در حالت افول قرار می‌گیرد و در نتیجه سبک تحقیق و توسعه حذف می‌گردد. دلیل این کار نیز این است که چرخه عمر فناوری در حالت افول بوده، رقبا در حال خارج شدن از بازار و فروش فناوری هستند. از سوی دیگر عاقلانه نیست که بر روی یک فناوری از رده خارج، که در سطح بین‌المللی کنار نهاده شده است، تحقیق و توسعه انجام شود.

▪ حجم بازار داخل: با توجه به مطالب فوق در حالت‌های مختلفی پرسش از حجم بازار داخل ضرورت پیدا می‌کند. حالت اول متعلق به زمانی است که فناوری عام در مرحله افول از چرخه عمر خود قرار داشته باشد، حالت‌های دوم و سوم نیز ناظر بر وضعیتی است که طی آن چرخه عمر محصول در بازار بین‌الملل، در مرحله رشد و بلوغ یا افول باشد. پاسخ به این پرسش دو حالت دارد:

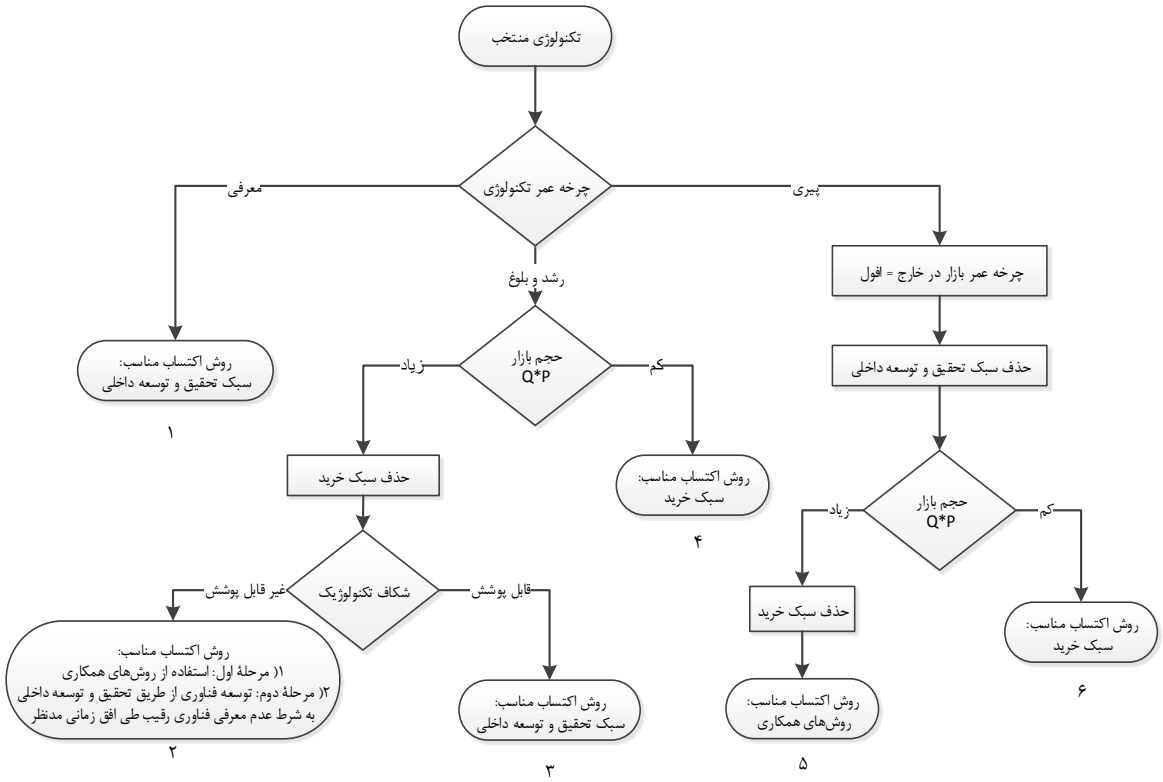
- حالت اول حکایت از کم بودن حجم بازار داخل داشته و رقم پرداختی بابت خرید آن قابل توجه نمی‌باشد که در این صورت سبک خرید محصول فناوری پیشنهاد می‌شود.
- حالت دوم ناظر بر با ارزش بودن بازار داخلی است که در این صورت به دلایلی چون بازار جذاب داخل، لزوم عدم خروج مقادیر بالای ارز از کشور، لزوم افزایش فرصت‌های شغلی در کشور، سبک خرید حذف شده و ادامه فلوچارت از دو حالت زیر خارج نیست:

– اولاً زمانی که در سطوح بالاتر مدل، سبک تحقیق و توسعه حذف شده باشد که طی آن روش‌های همکاریِ معنادار مدنظر قرار می‌گیرند و پرسش‌های بعدی بر مبنای آن مطرح می‌شوند.

– ثانیاً زمانی که در سطوح بالاتر مدل، سبک تحقیق و توسعه حذف نشده باشد، که در این صورت شکاف فناورانه مورد پرسش واقع می‌شود.

- شکاف فناورانه: هدف از طرح این معیار، بررسی امکان تحقیق و توسعه در مسیرهایی است که این سبک از میان روش‌های اکتساب حذف نشده باشد. در صورتی که شکاف فناورانه غیرقابل پوشش باشد، سبک تحقیق و توسعه حذف می‌گردد و چنانچه شکاف فناورانه قابل پوشش باشد، سبک تحقیق و توسعه در کنار روش‌های همکاری معنادار مورد بررسی قرار می‌گیرد.

با توجه به موارد ذکر شده مدل سبک اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار در شکل (۲-۲۱) نشان داده شده است که به فراخور نیاز و با توجه به موضوع مورد بحث از برخی از قسمت‌های آن استفاده شده است.



شکل ۲-۱۹ فلوچارت انتخاب سبک اکتساب

۲-۳-۴- ارزیابی معیارهای سبک اکتساب

به منظور اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار تولید برق از زیست‌توده معیارهایی از قبیل حجم بازار داخلی، میزان شکاف فناورانه، چرخه عمر فناوری و میزان استراتژیک بودن فناوری در این قسمت مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بدین منظور اولاً با توجه به

پاسخ‌های پرسشنامه‌ای که برای اولویت‌بندی فناوری‌های اولویت‌دار برای خبرگان فرستاده شده و ثانیاً با توجه به منابع علمی و اطلاعات موجود در کشور میزان اهمیت هر یک از این معیارها برای فناوری‌های اولویت‌دار زیست‌توده مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۳-۴-۱- معیار حجم بازار

یکی از معیارهای بررسی وضعیت چرخه عمر محصول- بازار برای یک فناوری، حجم بازار آن فناوری می‌باشد. برای معیار حجم بازار، مصادیق مختلفی بیان شده است که از آن جمله می‌توان به ظرفیت نصب شده، حجم ریالی بازار بالفعل و موارد مشابه اشاره نمود.

در مورد استفاده از فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده با توجه به نوپا بودن آن در داخل کشور، می‌توان از معیار پتانسیل منابع آن با هدف تولید برق استفاده نمود. در ادامه، پتانسیل منابع مختلف زیست‌توده کشور برای بررسی حجم بازار مورد بررسی قرار می‌گیرد.

با توجه به تصویب سند انرژی‌های تجدیدپذیر کشور در شورای عالی انقلاب فرهنگی و مبنای عمل قرار گرفتن این سند به عنوان اصلی‌ترین برنامه کشور به منظور جهت‌دهی به فعالیت‌های موجود در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، عمل به این سند در کشور مورد اهتمام ویژه‌ای قرار دارد. بر اساس این سند، بخش انرژی‌های تجدیدپذیر ملزم است در افق ۱۴۰۴ به میزان ۱۰۰۰۰ مگاوات از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور نصب نماید. هر چند که تحقق سهم بیشتری از این ظرفیت به انرژی باد و خورشید اختصاص داده شده، اما سایر منابع تجدیدپذیر از جمله انرژی زیست‌توده نیز می‌توانند سهمی از این بازار را به خود اختصاص دهند.

بر اساس مطالعات انجام شده در پروژه "تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در ایران"، منابع اولویت‌دار زیست‌توده در کشور به ترتیب عبارتند از:

- ✓ زباله جامد شهری
- ✓ لجن فاضلاب شهری
- ✓ زائدات کشاورزی و باغی
- ✓ فضولات دامی

- ✓ پسماندهای صنعتی (فاضلاب صنایع غذایی)
- ✓ زائدات و ضایعات جنگلی

از سوی دیگر از بین فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده، سه فناوری ذیل به عنوان فناوری‌های اولویت‌دار برگزیده شده‌اند:

- ✓ فناوری گازیساز
- ✓ فناوری هاضم بیهوازی
- ✓ فناوری زباله‌سوز

در حال حاضر در کشور، نیروگاه‌های بزرگ تولید برق از منابع فاضلاب شهری و زباله جامد شهری با استفاده از فناوری هاضم بیهوازی و از منبع زباله جامد شهری با استفاده از فناوری گازیساز در حال بهره‌برداری می‌باشد. این نیروگاه‌ها عبارتند از:

- ❑ منبع زباله جامد شهری
  - ▪ نیروگاه زباله‌سوز آرادکوه در تهران
  - ▪ نیروگاه هاضم بی‌هوازی شرق تهران
  - ▪ نیروگاه‌های هاضم خشک گاراژی در مقیاس کوچک در ساوه
- ❑ منبع فاضلاب شهری
  - ▪ نیروگاه تصفیه فاضلاب جنوب تهران

با توجه به ضرورت مدیریت پسماندهای شهری در کلان‌شهرها و شهرهای بزرگ، وزارت کشور در نظر دارد نسبت به توسعه نیروگاه‌های زباله‌سوز با استفاده از فناوری گازیسازی اهتمام ورزد. بنابراین، بازار این فناوری در حوزه تولید برق از منبع زباله جامد شهری رو به افزایش است. همین موضوع در مورد فناوری هاضم بیهوازی نیز صدق می‌کند.

جهت تعیین حجم بازار داخلی فناوری‌های اولویت‌دار علاوه بر موارد پیش گفته شده، با استخراج نظرات متخصصین این حوزه از پرسشنامه اولویت‌بندی، میزان حجم بازار هر یک از این فناوری‌های اولویت‌دار در جداول (۲-۱۸) و (۲-۱۹) ارائه شده است.

۲-۳-۴-۲- معیار چرخه عمر فناوری

هر فناوری دارای عمری است که به صورت یک منحنی ترسیم می‌شود. چرخه عمر فناوری به طور کلی میزان تقاضا برای یک فناوری در طول زمان را بیان می‌دارد. این نمودار دارای چهار بخش اصلی معرفی، رشد، بلوغ و افول است که در شکل (۲-۲۲) نشان داده شده است.

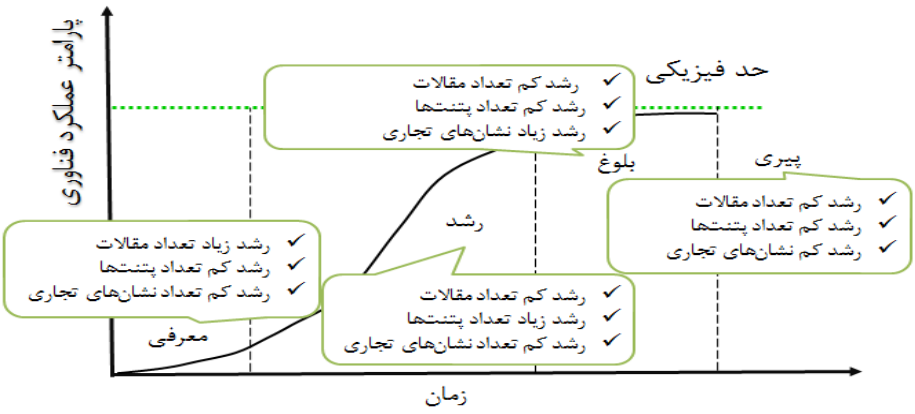
هر فناوری، چرخه عمر خود را از مرحله معرفی که اولین ایده‌ها و مفاهیم در مورد آن مطرح می‌شود آغاز می‌کند. این مرحله عموماً در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی صورت می‌گیرد. در این مرحله بیشترین تعداد مقالات علمی در رابطه با آن موضوع منتشر می‌شود.

زمانی که فناوری مورد نظر قابلیت استفاده صنعتی و تجاری داشته باشد مرحله رشد فناوری در مراکز تحقیق و توسعه صنعتی آغاز می‌شود. این مرحله تا زمانی که فناوری مورد نظر، به مرحله ای برسد که بتوان با استفاده از آن محصول و یا خدمات جدیدی را ارائه کرد ادامه می‌یابد. در این مرحله حجم مقالات به تدریج کاهش می‌یابد و تعداد پتنت‌های مرتبط با آن فناوری افزایش می‌یابد.

پس از مرحله رشد، فناوری وارد مرحله بلوغ می‌شود. در این مرحله سطح فناوری تغییر عمده‌ای نمی‌کند و تغییرات آن در حد بهینه‌سازی‌های محدودی خواهد بود که در خود صنعت صورت می‌گیرد. در این مرحله از عمر فناوری، مقالات و پتنت‌ها کاهش یافته و در عوض نشآنهای تجاری و شرکت‌هایی که در رابطه با آن فناوری تأسیس می‌شوند، افزایش می‌یابد.

با گذشت زمان و ورود فناوری‌های رقیب که قابلیت‌های جدیدی را ارائه می‌کنند، تقاضا برای فناوری قدیمی کمتر شده و مرحله افول آغاز می‌شود. رشد منفی مقالات، پتنت‌ها و نشان‌های تجاری از ویژگی‌های این دوره چرخه عمر فناوری است.

با توجه به توضیحات فوق، چرخه عمر فناوری را می‌توانند به شرح زیر در نظر گرفت:

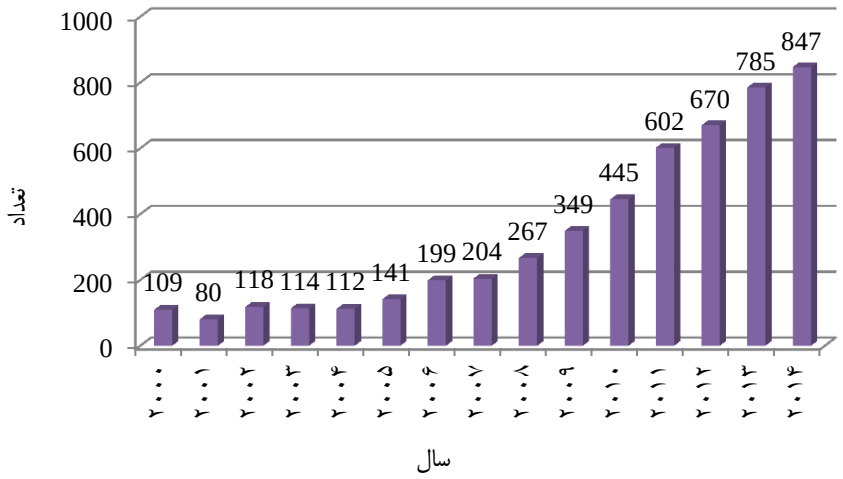


شکل ۲-۲۰ انواع تغییرات فناوری و جایگاه فناوری در چرخه عمر

۲-۳-۴-۳- نوع تغییرات فناوری گازیسازی و جایگاه آن در چرخه عمر

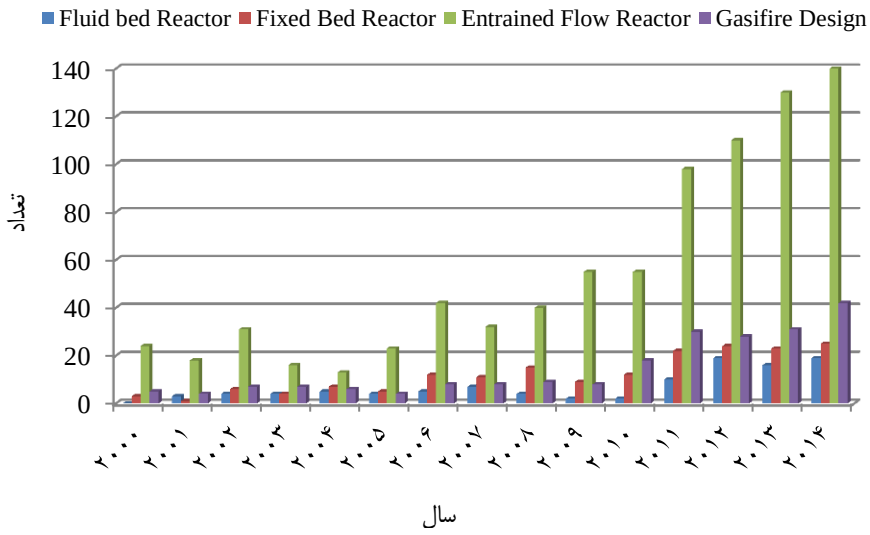
بررسی پژوهش‌های پیشین

بر اساس مطالعات صورت گرفته، تعداد مقالات منتشر شده با نمایه بین‌المللی در زمینه فناوری گازی‌سازی و زیربخش‌های مختلف آن استخراج شده‌اند. تعداد مقالات منتشره برای هر زیربخش و روند آن طی سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای فرآیند گازی‌سازی بیش از ۵۰۰۰ مقاله با نمایه بین‌المللی طی این سال‌ها منتشر شده‌اند که در شکل (۲-۲۳) روند صعودی تعداد مقالات منتشره نشان‌دهنده افزایش حجم پژوهش‌های انجام شده در زمینه فرآیند گازی‌سازی با منبع زیست‌توده می‌باشد [۲۳].



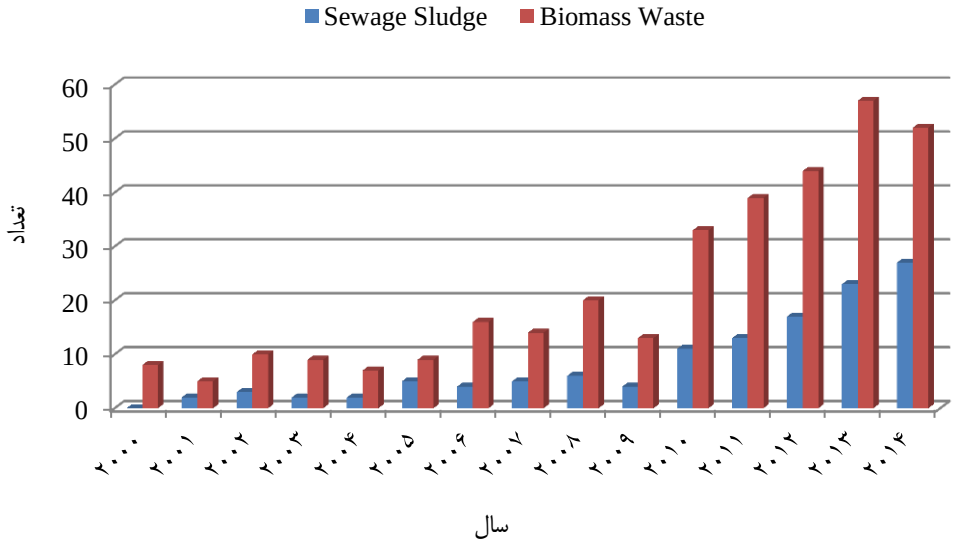
شکل ۲-۲۱ تعداد مقالات منتشر شده در زمینه گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال

همچنین بر اساس مطالعات انجام شده، زیربخش‌های مختلف فرآیند گازیسازی استخراج شده و از نظر تعداد مقالات منتشره طی سال‌های مختلف بررسی شده‌اند. به عنوان اولین زیربخش در شکل (۲-۲۴) پژوهش‌های انجام شده در زمینه انواع راکتورهای گازی‌سازی ارائه شده است.



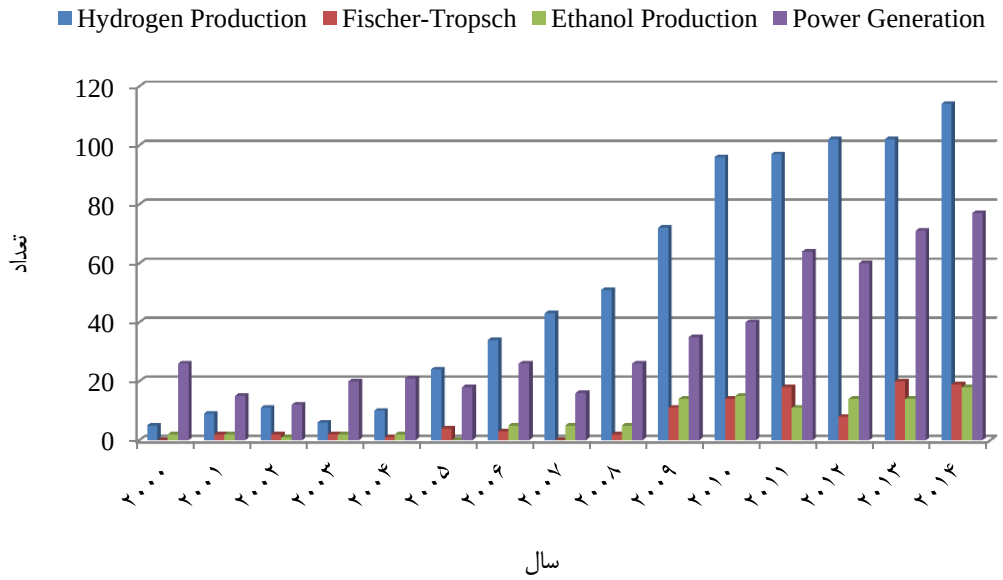
شکل ۲-۲۲ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع راکتورهای گازی‌سازی در دنیا به تفکیک سال

همچنین زیست‌توده جامد و لجن فاضلاب به عنوان دو خوراک اولیه راکتورهای گازی‌ساز از لحاظ تعداد مقاله مورد بررسی قرار گرفتند (شکل (۲-۲۵)).



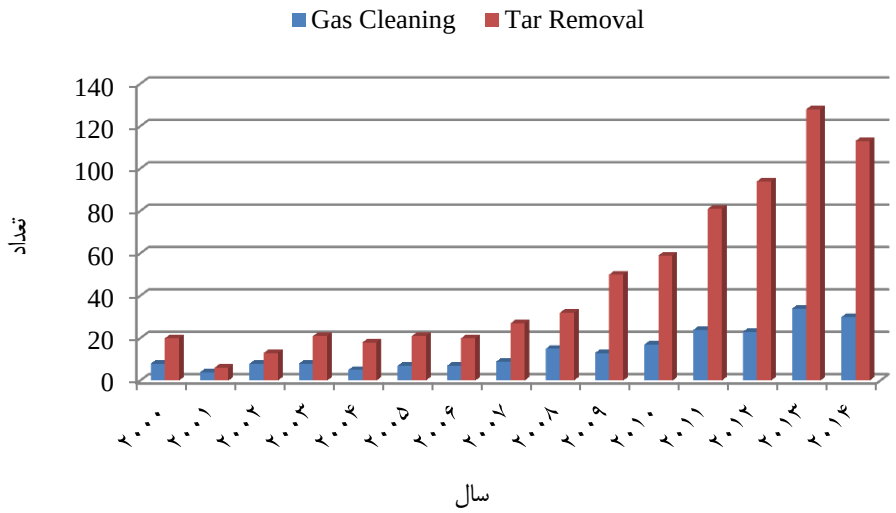
شکل ۲-۲۳ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع خوراک اولیه راکتورهای گازیسازی در دنیا به تفکیک سال

به عنوان فرآیندها و محصولات جانبی فرآیند گازی‌سازی، فرآیند فیشر- تروپش، تولید هیدروژن، اتانول و همچنین تولید برق طی سال‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شده‌اند. تعداد مقالات منتشر شده در این زمینه در شکل (۲-۲۶) مشاهده می‌شود.



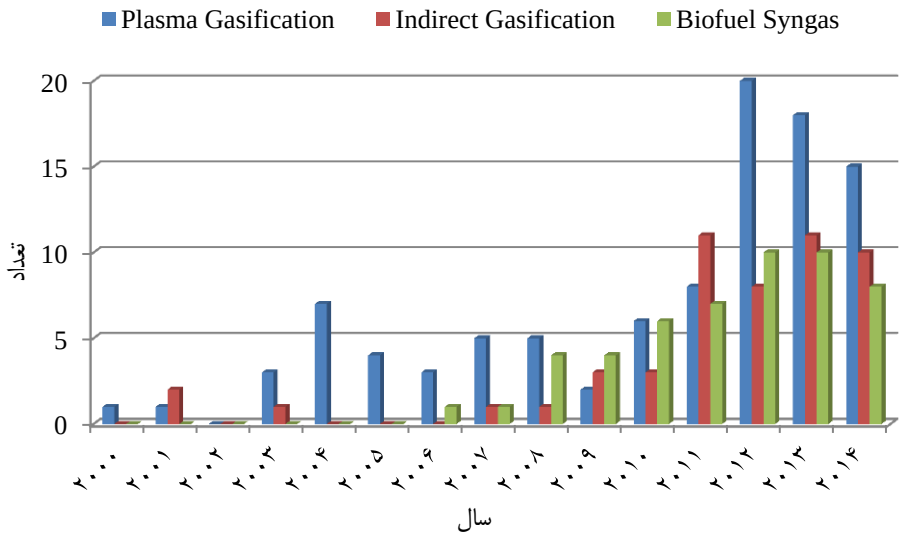
شکل ۲-۲۴ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع فرآیندها و محصولات جانبی گازیسازی در دنیا به تفکیک سال

در بخش دیگری از این بررسی فرآیند حذف یا کاهش قطران و همچنین تصفیه گاز خروجی مطابق شکل (۲-۲۷) مورد مقایسه قرار گرفته است.



شکل ۲-۲۵ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش چالش‌های فناوری گازیسازی در دنیا به تفکیک سال

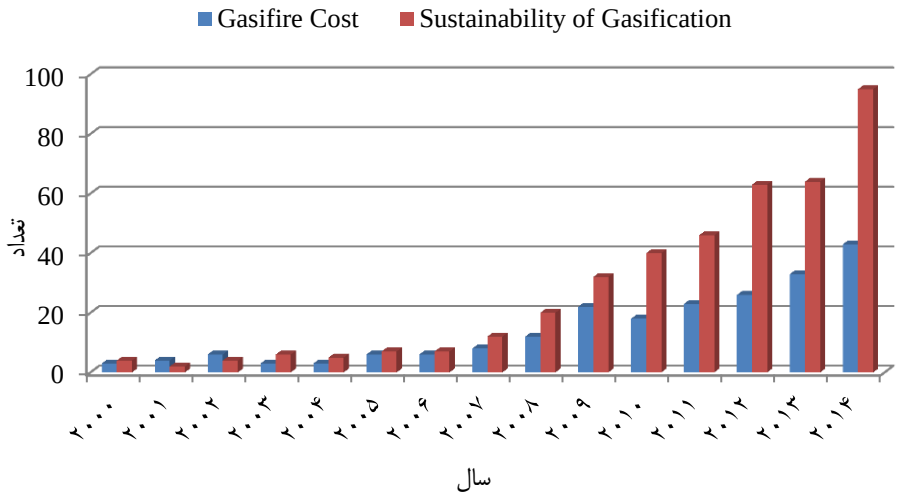
در سال‌های اخیر فرایندهای جدیدی چون گازیسازی غیرمستقیم[1]، تولید سوخت زیستی از بیوگاز[2] و همین‌طور گازی‌ساز پلاسما به طور روزافزون موضوع پژوهش‌ها قرار گرفته‌اند. در شکل (۲-۲۸) تعداد مقالات منتشر شده در این زیربخش‌ها مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. عدم وجود پژوهش‌های قابل توجه قبل از سال ۲۰۰۶ و رشد با شیب تند تعداد مقالات چاپ شده در این زیربخش، نشان‌دهنده جدید بودن مباحث مورد نظر در فرآیند گازی‌سازی می‌باشد.



[1] Indirect Gasification
[2] Syngas Biofuel

شکل ۲-۲۶ تعداد مقالات منتشرشده در زیربخش فرآیندهای نوین در گازیسازی در دنیا به تفکیک سال

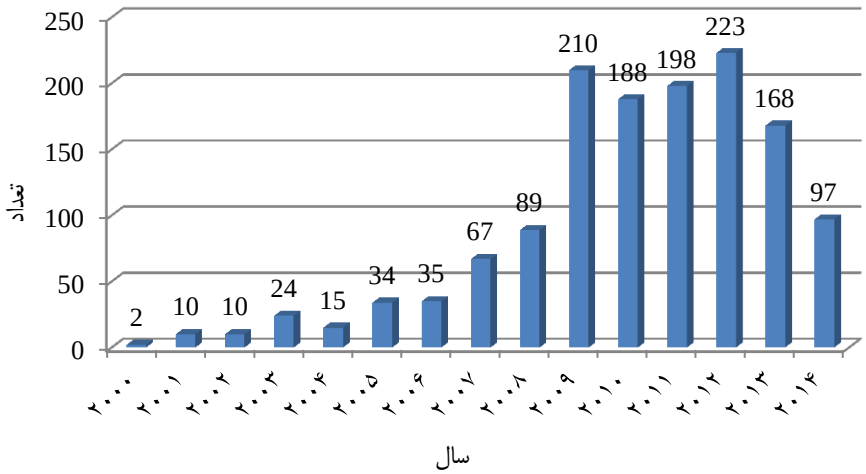
به عنوان آخرین زیربخش، مقالات چاپ شده در زمینه هزینه ایجاد زیرساخت و مطالعات اقتصادی مربوط به گازی‌سازها و همچنین پژوهش‌های مربوط به پایداری فرآیند گازیسازی در شکل (۲-۲۹) مشاهده می‌شود.



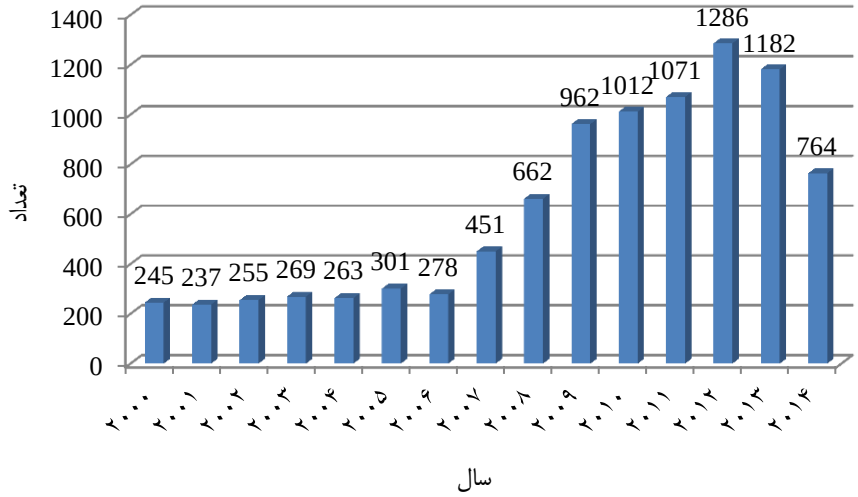
شکل ۲-۲۷ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش مطالعات اقتصادی و پایداری در گازیسازی در دنیا به تفکیک سال

نوآوری‌های فناوری

به موازات مطالعات انجام شده بر روی هر موضوعی نوآوری‌های فناورانه مطابق بر مطالعات شکل می‌گیرد. اختراعات ثبت شده می‌تواند به تنهایی شاخصی برای ارزیابی فرآیند از نظر این که آن فناوری در چه مرحله‌ای از چرخه عمر خود قرار دارد باشد. حد فاصل سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ بیش از ۱۳۰۰ مورد ثبت اختراعات در زمینه فرآیند گازی‌سازی و در زیر بخش‌های مختلف آن به ثبت رسیده است. در شکل (۲-۳۰) اختراعات ثبت شده در کشورهای دنیا به تفکیک سال آورده شده است. این تعداد اختراع از مجموع ۹۲۳۸ اختراع ثبت شده حد فاصل سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۰ برای فرآیند گازی‌سازی می‌باشد که در شکل (۲-۳۱) روند مشابهی برای تعداد اختراعات ثبت شده این فرآیند در مقایسه با گازی‌سازی با استفاده از زیست‌توده مشاهده می‌شود [۲۴].

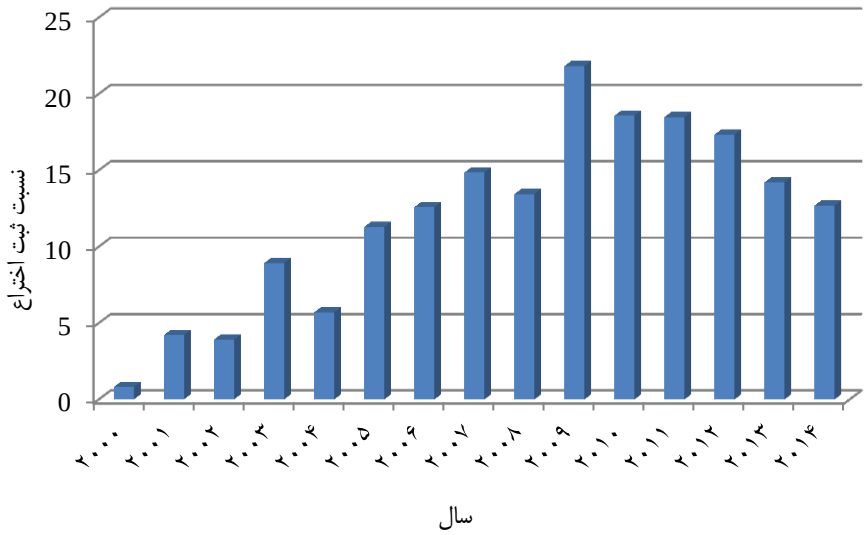


شکل ۲-۲۸ تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه گازیسازی با استفاده از زیست‌توده در دنیا به تفکیک سال



شکل ۲-۲۹ تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه فرآیند گازیسازی صرفنظر از نوع منبع در دنیا به تفکیک سال

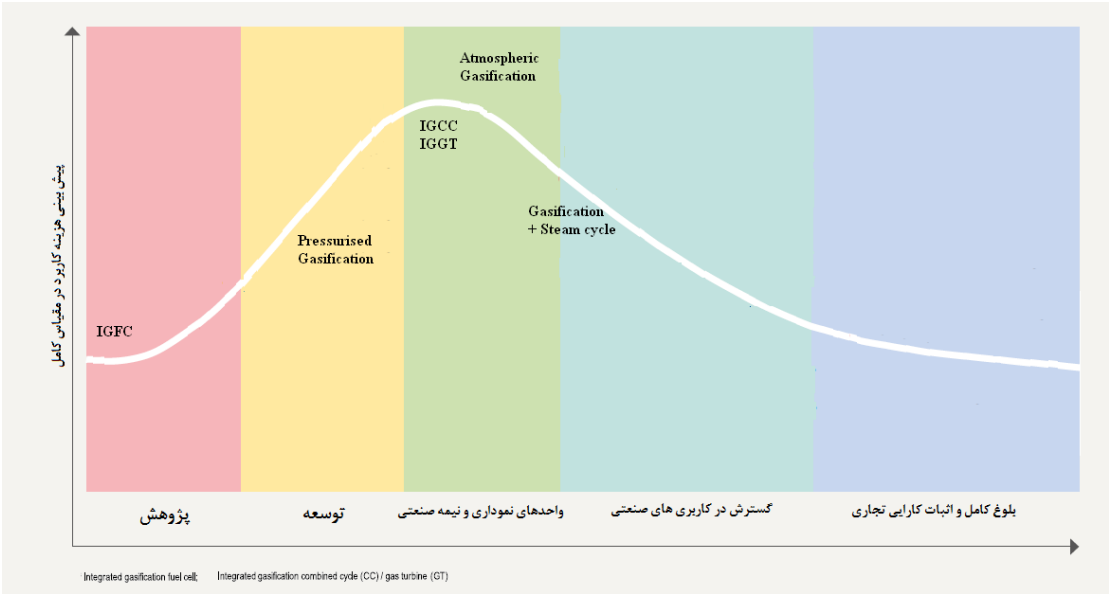
با مقایسه سال به سال کل تعداد اختراعات ثبت شده برای فرآیند گازی‌سازی و اختراعات ثبت شده در زمینه استفاده از زیست‌توده برای این فرایند مشاهده می‌شود تا سال ۲۰۱۰ سهم اختراعات ثبت شده مرتبط با استفاده از زیست‌توده در گازیسازی روند صعودی داشته و پس از سال ۲۰۱۰ با شیب ملایمی روند کاهشی را آغاز نموده است (شکل (۲-۳۲)).



شکل ۲-۳۰ سهم اختراعات مرتبط با زیست‌توده نسبت به کل اختراعات ثبت شده در فرآیند گازیسازی

جایگاه فناوری در چرخه عمر

همان‌طور که در شکل (۲-۳۳) مشاهده می‌شود، به طور کلی از دیدگاه بلوغ فناوری، جایگاه انواع فناوری و کاربردهای گازیسازی در چرخه عمر مشخص شده است.

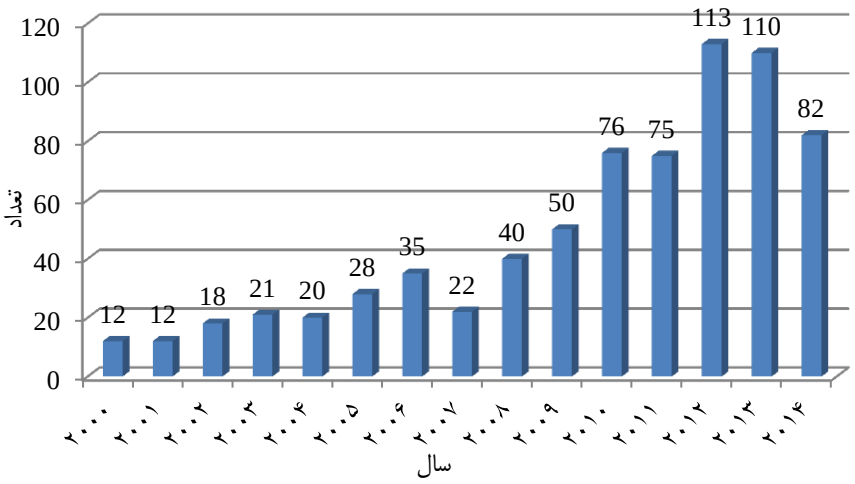


شکل ۲-۳۱ جایگاه انواع فناوری و کاربردهای گازیسازی در چرخه عمر

۲-۳-۴-۴- نوع تغییرات فناوری هاضم بیهوازی و جایگاه آن در چرخه عمر

نوآوری‌های فناوری

از آن‌جایی که تعداد اختراعات ثبت شده برای هر فناوری طی سال‌های متوالی می‌تواند شاخصی برای ارزیابی جایگاه فناوری در منحنی چرخه عمر آن فناوری باشد، لذا در این بخش به بررسی آماری تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه طراحی، ساخت و توسعه رآکتورهای هاضم، فرآیندهای جنبی مربوط به هضم بی‌هوازی و غیره پرداخته شده است. از سال ۲۰۱۴-۲۰۰۰ بیش از ۷۰۰ اختراع در زمینه فناوری هاضم ثبت شده که مطابق شکل (۲-۳۴) طی این بازه زمانی تعداد اختراعات ثبت شده دارای روند افزایشی می‌باشد [۲۴].

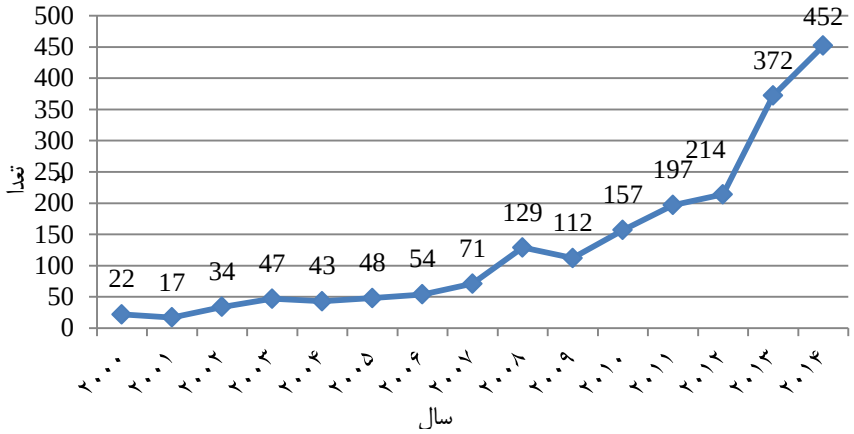


شکل ۲-۳۲ تعداد اختراعات ثبت شده برای فناوری هاضم بین سال‌های ۲۰۱۴- ۲۰۰۰

بررسی پژوهش‌های پیشین

در این بخش به بررسی آماری تعداد پژوهش‌های انجام یافته در زمینه فناوری هاضم و زیربخش‌های مختلف آن پرداخته شده است. این بررسی آماری از دو نظر حائز اهمیت است: اولاً روند تعداد پژوهش‌های انجام یافته طی سال‌های مختلف می‌تواند نشانه تمرکز یا عدم تمرکز پژوهشگران بر روی فناوری مربوطه باشد. ثانیاً مقایسه تعداد مقالات منتشره در زیربخش‌های مختلف می‌تواند شاخصی برای ارزیابی درجه اهمیت معیار در نظر گرفته شده در زیر بخش مربوطه باشد.

طبق بررسی انجام شده در فاصله سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۰ حدوداً ۲۰۰۰ مقاله در زمینه طراحی، تحقیق و توسعه و کاربرد فناوری هضم بیهوازی منتشر شده است که در شکل (۲-۳۵) تعداد مقالات منتشره به تفکیک سال قابل مشاهده است [۲۳].

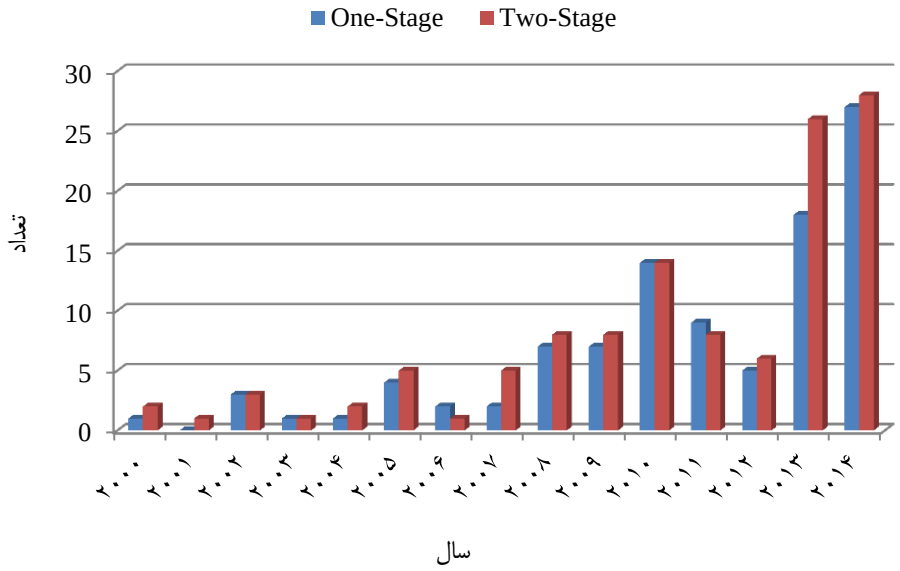


شکل ۲-۳۳ تعداد مقالات منتشره فناوری هاضم در دنیا به تفکیک سال

با تقسیم فناوری هاضم به چند زیربخش تعداد مقالات منتشره در زیربخش‌های مختلف مقایسه می‌شود. نوع سیستم رآکتور هاضم، خوراک اولیه ورودی هاضم، محصولات اصلی و جانبی هاضم، نوع استفاده از محصولات هاضم و نوع واکنش انجام شده در رآکتور هاضم به عنوان چند زیربخش مهم تعریف شده و تعداد پژوهش‌های انجام شده در هر زیر بخش استخراج شده است [۵۸].

سیستم تک - دو مرحله‌ای

یکی از ویژگی‌های رآکتورهای هاضم که فرآیند هضم بی‌هوازی در آن انجام می‌شود تک یا دو مرحله‌ای بودن سیستم است. تعداد پژوهش‌ها انجام شده در این بخش در شکل (۲-۳۶) قابل مشاهده است.

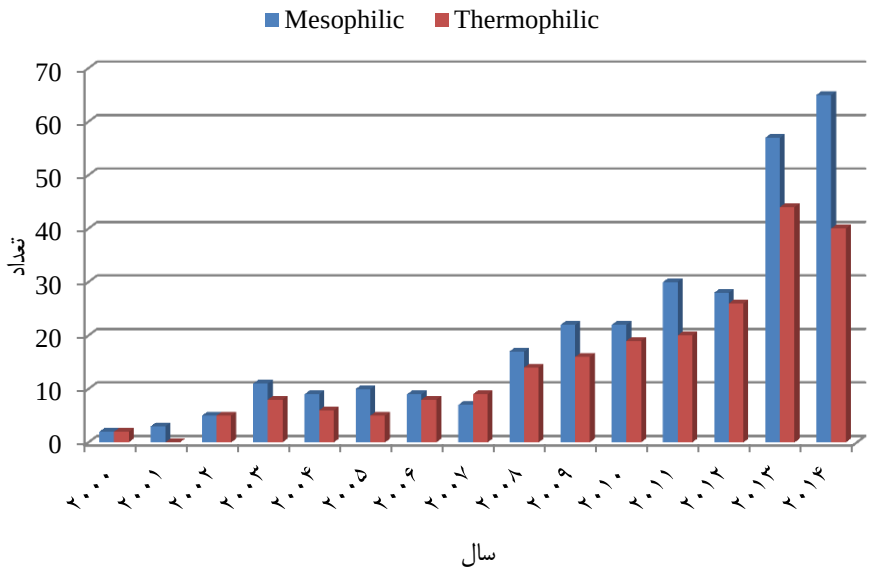


شکل ۲-۳۴ تعداد مقالات منتشره در زیربخش نوع سیستم فناوری هاضم

همان‌طور که از شکل مشخص است با وجود روند نزولی در تعداد پژوهش‌های انجام شده حد فاصل سال‌های ۲۰۱۰ تـا ۲۰۱۳ در دو سال اخیر مجدداً این موضوع بیشتر مورد توجه محققین قرار گرفته است.

واکنش مزوفیلیک- ترموفیلیک

فرآیند انجام شده در رآکتور هاضم بسته به نوع ماده اولیه، ظرفیت هاضم و غیره می‌تواند به صـورت ترموفیلیـک و مزوفیلیـک انجام شود. در شکل (۲-۳۷) تعداد مقالات منتشره در زمینه این واکنش‌ها نشان داده شده است.

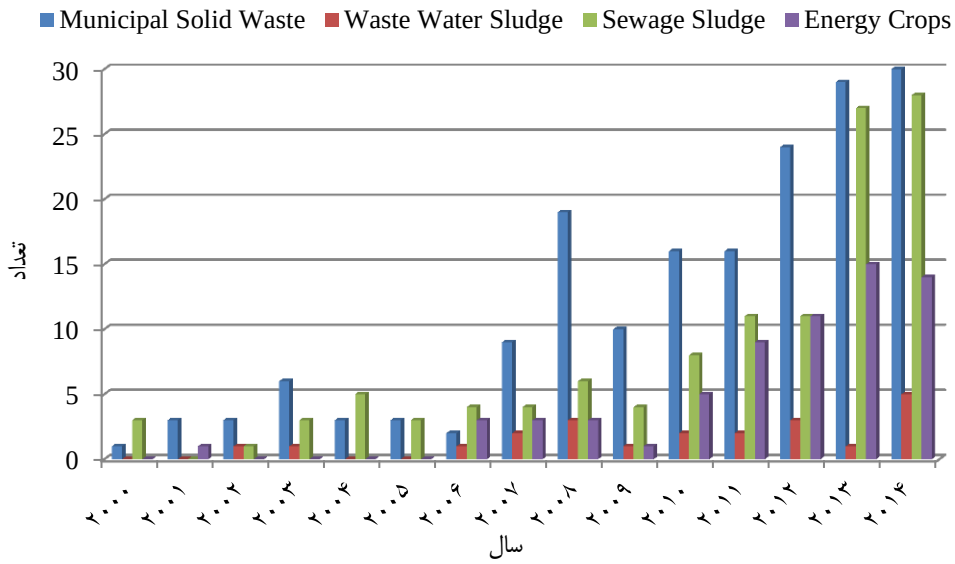


شکل ۲-۳۵ تعداد مقالات منتشره در زیر بخش نوع واکنش فناوری هاضم

برای هر دو نوع واکنش روند افزایشی در مورد پژوهش‌های انجام شده طی سال‌های مختلف قابل مشاهده است. البته واکـنش مزوفیلیک نسبت به ترموفیلیک بیشتر مورد توجه بوده و این امر در شکل (۲-۳۷) نیز قابل مشاهده است.

خوراک اولیه هاضم

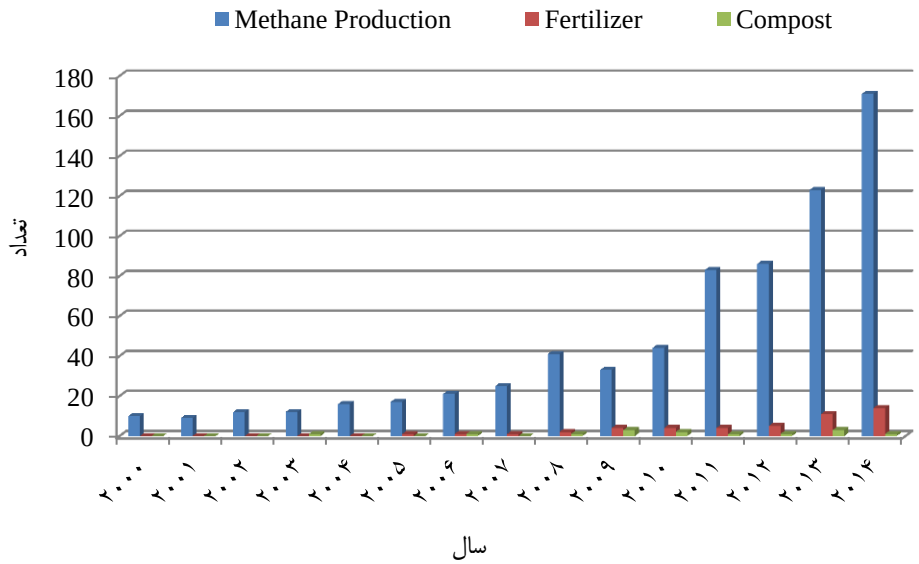
انواع راکتور هاضم ممکن است بسته به نوع راکتور، نوع فرایند و غیره خوراک اولیه خاصی را بپذیرند. در این بخش و در شکل (۲-۳۸) تعداد مقالات منتشره در زمینه انواع خوراک اولیه هاضم آورده شده است.



شکل ۲-۳۶ تعداد مقالات منشره بر حسب نوع خوراک اولیه هاضم

محصولات هاضم

محصول اصلی خروجی راکتور هضم بیهوازی متان می‌باشد. محصولات جانبی می‌توانند کودهای آلی و یا کمپوست باشند. در شکل (۲-۳۹) تعداد پژوهش‌های انجام شده در این زمینه ارائه شده است.

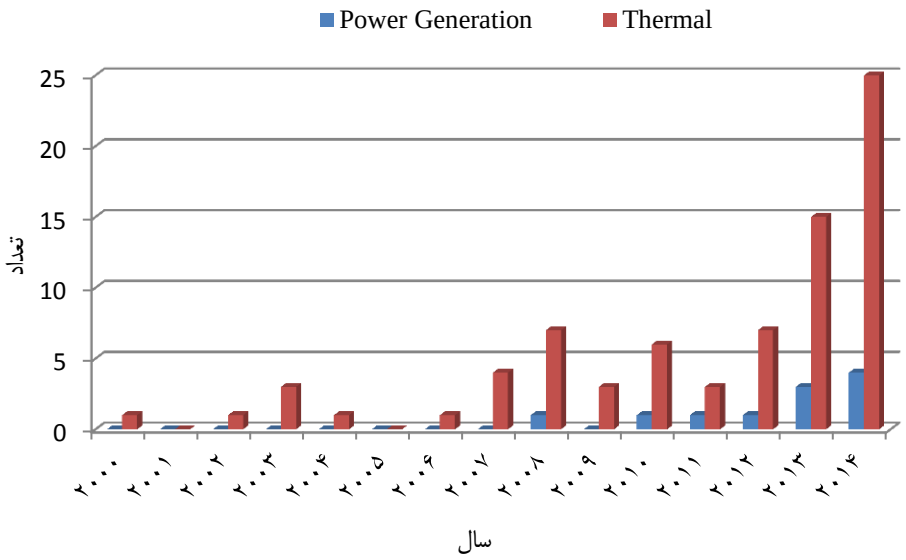


شکل ۲-۳۷ تعداد مقالات منتشره بر حسب نوع محصول تولیدی هاضم

طبق انتظار پژوهش‌های صورت گرفته در مورد محصول اصلی فرآیند هضم بی‌هوازی که متان می‌باشد بیشترین سهم از تحقیقات را به خود اختصاص داده و محصولات جنبی نظیر کود و کمپوست نیز به تعداد محدودی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

نوع کاربرد بیوگاز تولیدی هاضم

بیوگاز تولیدی هاضم ممکن است برای کاربردهای حرارتی و یا برای تولید برق استفاده شود. در شکل (۲-۴۰) تعداد پژوهش‌های انجام شده در هر کدام از این زیر بخش‌ها قابل مشاهده است.

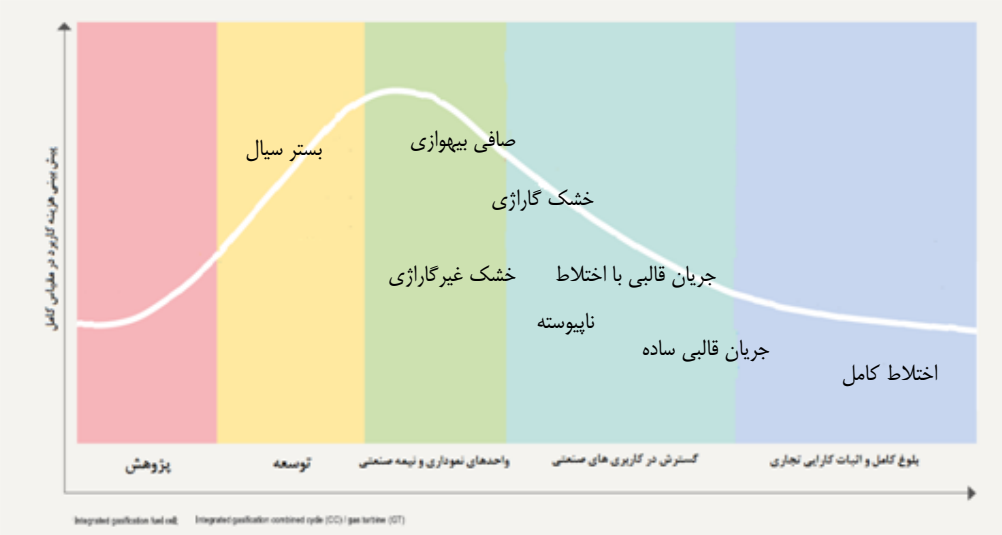


شکل ۲-۳۸ تعداد مقالات منتشره بر حسب نوع کاربرد محصول خروجی هاضم

کاربرد حرارتی خروجی رآکتور هاضم مطابق شکل فوق بیشتر مد نظر پژوهشگران بوده است.

جایگاه فناوری درچرخه عمر

همان طور که در شکل (۲-۴۱) مشاهده می‌شود، به طور کلی از دیدگاه بلوغ فناوری، جایگاه انواع فناوری و کاربردهای هاضم بیهوازی در چرخه عمر مشخص شده است.

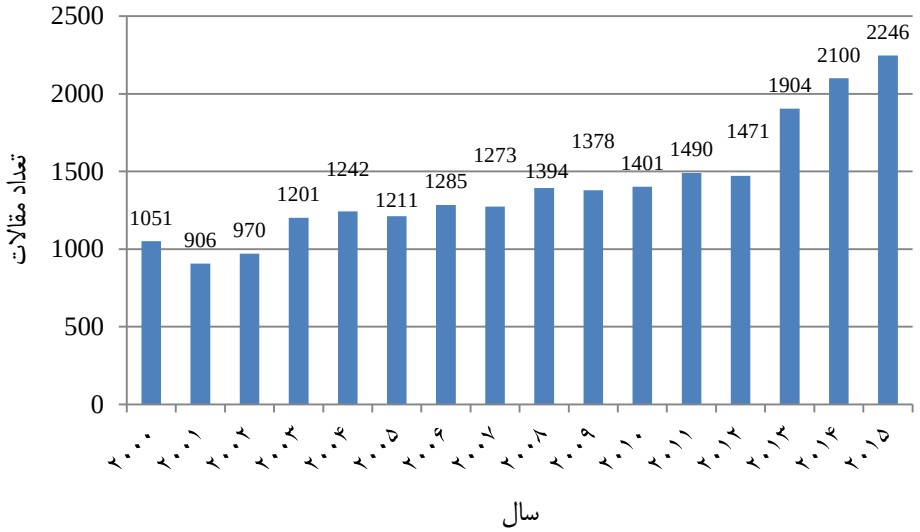


شکل ۲-۳۹ جایگاه انواع فناوری و کاربرد هاضم بیهوازی در چرخه عمر

۲-۳-۴-۵- نوع تغییرات فناوری زباله‌سوزی و جایگاه آن در چرخه عمر

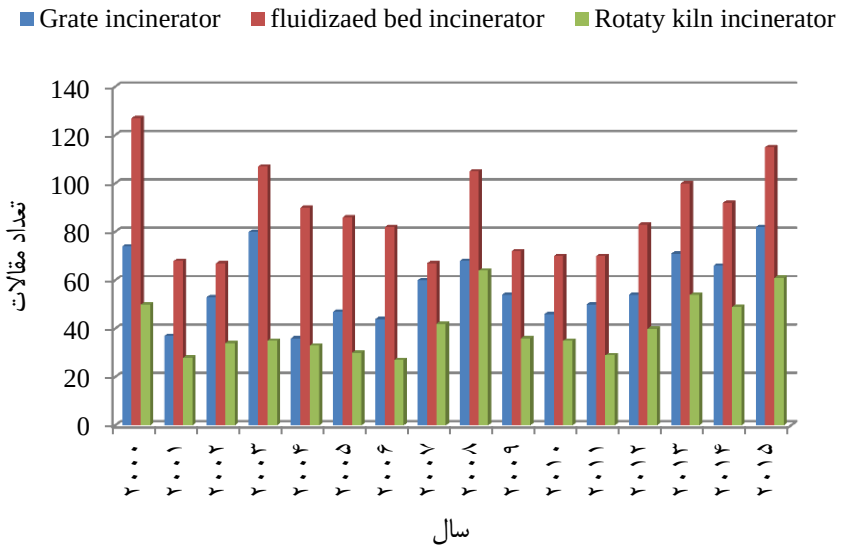
بررسی پژوهش‌های پیشین

بر اساس مطالعات صورت گرفته، تعداد مقالات منتشر شده با نمایه بین‌المللی در زمینه فناوری زباله‌سوزی و زیربخش‌های مختلف آن استخراج شده‌اند. تعداد مقالات منتشره برای هر زیربخش و روند آن طی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای فرآیند زباله‌سوزی بیش از ۲۲۵۰۰ مقاله با نمایه بین‌المللی طی این سال‌ها منتشر شده‌اند که در شکل (۲-۴۲) روند صعودی تعداد مقالات منتشره نشان‌دهنده افزایش حجم پژوهش‌های انجام شده در زمینه فرآیند زباله‌سوزی می‌باشد [۲۳].



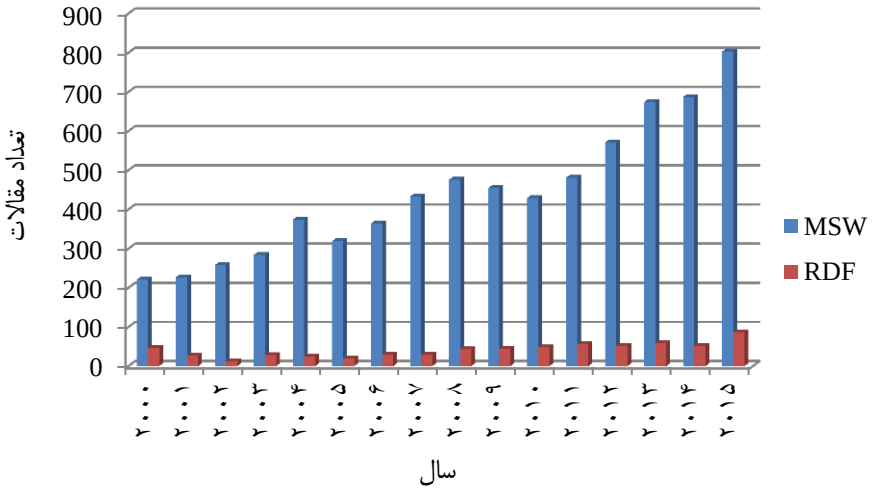
شکل ۲-۴۰ تعداد مقالات منتشر شده در زمینه زباله‌سوزی در دنیا به تفکیک سال

همچنین بر اساس مطالعات انجام شده، زیربخش‌های مختلف فرآیند زباله‌سوزی استخراج شده و از نظر تعداد مقالات منتشره طی سال‌های مختلف بررسی شده‌اند. به عنوان اولین زیربخش، در شکل (۲-۴۳) پژوهش‌های انجام شده در زمینه انواع زباله‌سوز ارائه شده است.



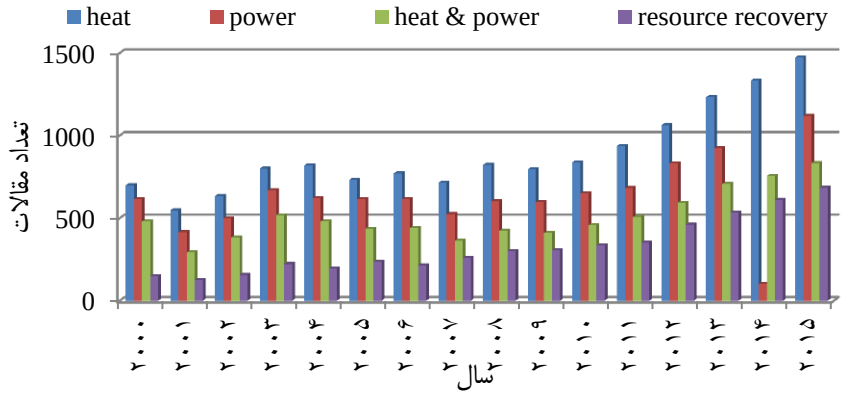
شکل ۲-۴۱ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع زباله‌سوز در دنیا به تفکیک سال

همچنین زباله جامد شهری و سوخت مشتق از زباله به عنوان دو منبع اولیه زباله‌سوز از لحاظ تعداد مقاله مورد بررسی قرار گرفتند (شکل (۲-۴۴)).



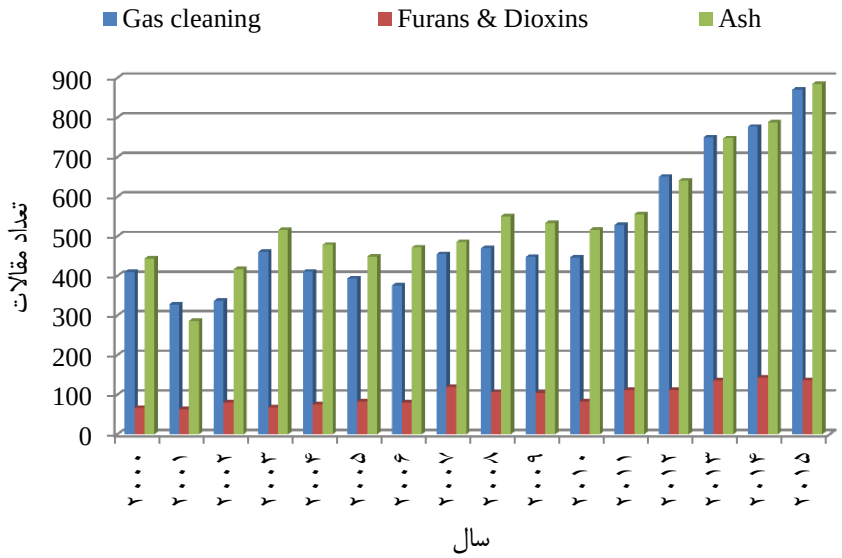
شکل ۲-۴۲ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع خوراک اولیه زباله‌سوزها در دنیا به تفکیک سال

فرآورده‌های حاصل از زباله‌سوزی در دو بخش بازیابی/تولید/استحصال انرژی (به صورت حرارت، برق و برق و حرارت همزمان) و بازیابی مواد طی سال‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شده‌اند. تعداد مقالات منتشر شده در این زمینه در شکل (۲-۴۵) مشاهده می‌شود.



شکل ۲-۴۳ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش انواع فرآیندها و محصولات جانبی زباله‌سوزی در دنیا به تفکیک سال

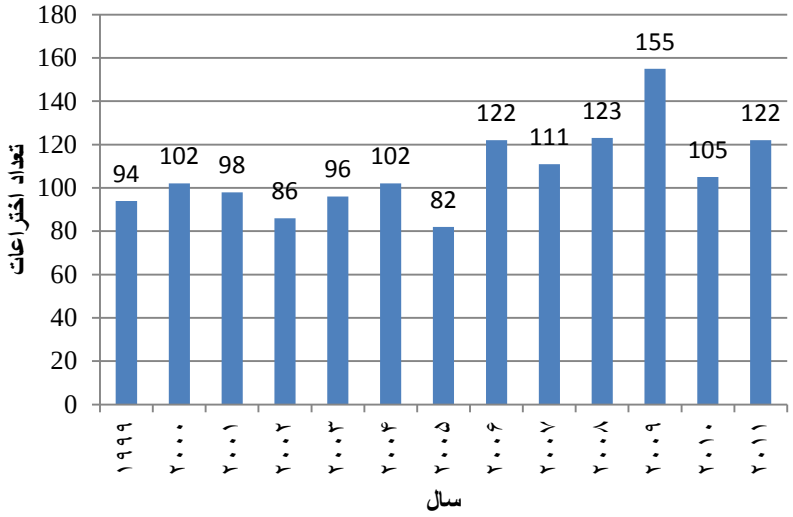
در بخش دیگری از این بررسی چالش‌های فناوری زباله‌سوزی از قبیل آلاینده‌های گاز خروجی (دیوکسین، فوران، دی‌اکسیدکربن و سایر گازهای آلاینده) و تصفیه گاز و همچنین خاکستر مطابق شکل (۲-۴۶) مورد مقایسه قرار گرفته است.



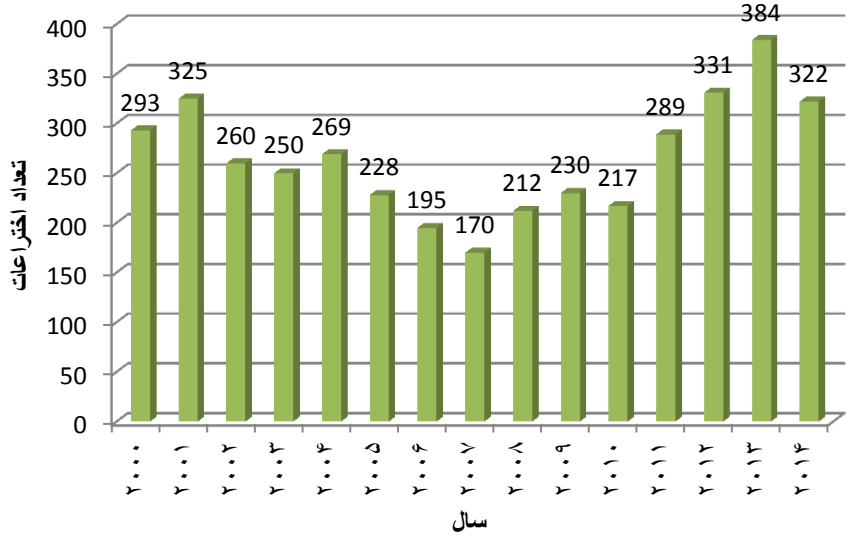
شکل ۲-۴۴ تعداد مقالات منتشر شده در زیربخش چالش‌های فناوری زباله‌سوزی در دنیا به تفکیک سال

نوآوری‌های فناوری

همزمان با انجام تحقیقات در هر زمینه، نوآوری‌های فناورانه شکل می‌گیرد. بررسی آمار و ورند اختراعات ثبت شده می‌تواند به عنوان شاخصی برای ارزیابی آن فناوری و نشان دادن جایگاه آن در چه چرخه عمر باشد. بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ حدود ۱۴۰۰ مورد اختراع در زمینه فرآیند زباله‌سوزی و در زیر بخش‌های مختلف آن به ثبت رسیده است. در شکل (۲-۴۷) اختراعات ثبت شده در دنیا به تفکیک سال از پایگاه OECD ارائه شده است. تعداد اختراعات ثبت شده از پایگاه espacenet حد فاصل سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۰ برای فرآیند زباله‌سوزی مطابق شکل (۲-۴۸) می‌باشد [۲۴].



شکل ۲-۴۵ تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه زباله‌سوزی در دنیا به تفکیک سال

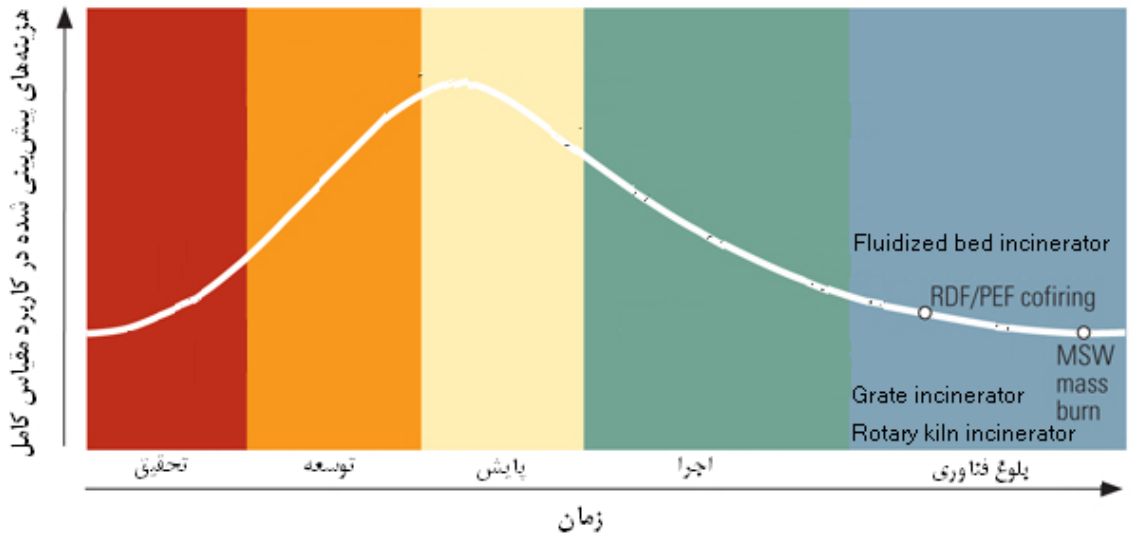


شکل ۲-۴۶ تعداد اختراعات ثبت شده در زمینه زباله‌سوزی در دنیا به تفکیک سال

با مقایسه سال به سال کل تعداد اختراعات ثبت شده برای فرآیند زباله‌سوزی مشاهده می‌شود از سال ۲۰۰۸ تا سال ۲۰۱۳ تعداد اختراعات ثبت شده روند صعودی داشته و پس از آن با شیب ملایمی روند کاهشی را آغاز نموده است (شکل (۲-۴۸)).

جایگاه فناوری در چرخه عمر

همان‌طور که در شکل (۲-۴۹) مشاهده می‌شود، به طور کلی از دیدگاه بلوغ فناوری، جایگاه انواع فناوری و کاربردهای زباله‌سوزی در چرخه عمر مشخص شده است [۲۵، ۲۶].



Notes: MSW= municipal solid waste, RDF= refuse-derived fuel, PEF= process-engineered fuel.

شکل ۲-۴۷ جایگاه انواع فناوری و کاربردهای زباله‌سوزی در چرخه عمر

۲-۳-۴-۶- شکاف فناورانه

شکاف فناورانه عبارت است از فاصله میان سطح توانمندی فناورانه بالقوه کشور در افق زمانی مورد نظر و حداقل سطح توانمندی مطلوب، در ارتباط با فناوری منتخب. بر اساس این که این فاصله وجود داشته باشد شکاف توانمندی پوشش نخواهد داشت و در صورتی که فاصله وجود نداشته باشد، شکاف توانمندی پوشش دارد. در جدول زیر توانمندی پوشش و یا عدم توانمندی پوشش فناوری‌های اولویت‌دار تولید برق از زیست‌توده نشان داده شده است.

هر چند مقوله تولید برق از زیست‌توده در دنیا نوظهور نیست و فعالیت‌هایی در این زمینه در کشور انجام شده است، اما تجربیات داخلی در بکارگیری فناوری‌های استحصال انرژی از زیست‌توده نشان از وجود شکاف فناورانه در زمینه توسعه این فناوری‌ها در کشور دارد و حتی در صورت وجود بازار، حمایت‌های دولتی و در نظر گرفتن بودجه کافی، با تکیه بر استعداد فعلی کشور

نمی‌توان موجبات توسعه این فناوری‌ها را فراهم نمود. هر چند خبرگان و متخصصان داخلی این حوزه در مصاحبه‌های انجام‌شده متفق‌القول بر وجود دانش کافی در زمینه توسعه فناوری‌های زیست‌توده در صورت وجود بازار مناسب و حمایت‌های کافی اذعان داشته‌اند، اما تجربیات فعلی کشور مؤید دیدگاه خبرگان نیست و به نظر می‌رسد حداقل در زمینه راهبری این فناوری‌ها کشور نیازمند همکاری مشترک با کشورهای صاحب فناوری می‌باشد. چنانچه شکاف فناورانه در حوزه فناوری‌های تولید برق زیستی شامل مرحله پیش‌پردازش منابع زیست‌توده تا تولید محصول نهایی (برق) تعریف شود در آن صورت بحث مدیریت و راهبری نیروگاه‌های زیست‌توده از جمله مواردی است که دستیابی به آن در حال حاضر نیازمند همکاری مشترک می‌باشد. بنابراین، به طور کلی می‌توان شکاف فناورانه در حوزه تولید برق از منابع زیست‌توده را غیرقابل پوشش دانست.

۲-۳-۵- نتیجه‌گیری و انتخاب روش مناسب اکتساب

با توجه به مدل اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار و اطلاعات بیان شده در قسمت قبل در ارتباط با چرخه عمر فناوری، حجم بازار و شکاف فناورانه، از بین روش‌های سه گانه اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار (سبک خرید، توسعه درون‌زا و انتقال فناوری) در جدول زیر روش اکتساب فناوری منتخب برای هر یک از فناوری‌های زیست‌توده اولویت‌دار بیان شده است. در تعیین سبک اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار زیست‌توده مطابق با شکل (۲-۲۱)، یکی از پارامترهای تأثیرگذار پارامتر حجم بازار می‌باشد. برای تعیین حجم بازار هم پتانسیل منبع زیست‌توده به لحاظ میزان تولید و دسترسی به آن در سال (پتانسیل وزنی) و هم پتانسیل استحصال انرژی از آن منبع بر اساس نوع فناوری (MW) مد نظر قرار داشته است.

از طرف دیگر در انتخاب نوع فناوری و اولویت‌بندی فناوری‌ها، یکی از پارامترهایی که در پرسشنامه‌ها مورد سوال قرار گرفت نوع منبع مورد استفاده در فناوری می‌باشد. به عنوان مثال برای فناوری هاضم بیهوازی می‌توان از منابع زباله شهری، لجن فاضلاب شهری و فضولات دامی استفاده نمود یا از منابع زباله شهری، لجن فاضلاب شهری و زائدات کشاورزی و جنگلی در فناوری گازیسازی استفاده کرد. همچنین از زباله شهری می‌توان در فناوری زیاله‌سوز (توده‌سوز یا بستر سیال) استفاده نمود. بنابراین، نوع منبع و اولویت آنها به طور قطع در انتخاب نوع فناوری تأثیر خود را داشته است.

جدول ۲-۱۷ وضعیت سبک اکتساب هر یک از فناوری‌های هاضم بیهوازی

منبع	فناوری	چرخه عمر فناوری	حجم بازار			شکاف فناوری	سبک اکتساب
فضولات دامی	هاضم تر	بلوغ	پتانسیل منبع (Mt/yr)	۷۶/۵۷	زیاد	غیرقابل پوشش	۱- مرحله اول : استفاده از روش‌های همکاری ۲- مرحله دوم : توسعه فناوری از طریق تحقیق و توسعه داخلی (به شرط عدم معرفی فناوری رقیب طی افق زمانی مد نظر)
			توان تئوری (MW)	۳۸۰ – ۴۳۹			
جربه موفق در مورد این فناوری : انواع هاضم اجرا شده در ایران توسط سازمان جهاد کشاورزی، سازمان انرژی اتمی و موارد مشابه دیگر [در مورد عدم موفقیت فعالیت‌های انجام شده در ایران می‌توان به مقاله بیوگاز در ایران ارجاع نمود].							
زائدات و ضایعات کشاورزی باغی	هاضم تر	رشد	پتانسیل منبع (Mt/yr)	۲/۲۵	کم	غیرقابل پوشش	خرید
			توان تئوری (MW)	۲۷ – ۳۱			
جود تجربه در مورد این فناوری							
زائدات و ضایعات کشاورزی زراعی	هاضم تر	رشد	پتانسیل منبع (Mt/yr)	۱۰۵	زیاد		۱- مرحله اول : استفاده از روش‌های همکاری ۲- مرحله دوم : توسعه فناوری از طریق تحقیق و توسعه داخلی (به شرط عدم معرفی فناوری رقیب طی افق زمانی مد نظر)
			توان تئوری (MW)	۷۵۶۰ – ۸۷۴۱		رقابل پوشش	
جود تجربه در مورد این فناوری							
زباله جامد شهری (مخلوط)	هاضم تر	رشد	پتانسیل منبع (Mt/yr)	۱۹/۲	زیاد	غیرقابل پوشش	۱- مرحله اول : استفاده از روش‌های همکاری ۲- مرحله دوم : توسعه فناوری از طریق تحقیق و توسعه داخلی (به شرط عدم معرفی فناوری رقیب طی افق زمانی مد نظر)
			توان تئوری (MW)	۵۲۶ – ۶۰۸			

منبع	فناوری	چرخه عمر فناوری	حجم بازار			شکاف فناوری	سبک اکتساب
▪ عدم تجربه موفق در مورد این فناوری : هاضم شرق تهران							
زباله جامد شهری (فسادپذیر)	هاضم تر	رشد	پتانسیل منبع (Mt/yr)	۱۲/۶۵	زیاد	غیرقابل پوشش	
			توان تئوری (MW)	۸۳۲ – ۹۶۲			۱- مرحله اول : استفاده از روش‌های همکاری ۲- مرحله دوم : توسعه فناوری از طریق تحقیق و توسعه داخلی (به شرط عدم معرفی فناوری رقیب طی افق زمانی مد نظر)
جربه موفق در مورد این فناوری : هاضم شرق تهران							
لجن فاضلاب شهری	هاضم تر	بلوغ	پتانسیل منبع (Mt/yr)	۲۳/۳۷	کم	قابل پوشش	خرید
			توان تئوری (MW)	۳۲ – ۳۷			
جربه موفق در مورد این فناوری در کشور : تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران							
زباله جامد شهری (مخلوط)	هاضم خشک	رشد	پتانسیل منبع (Mt/yr)	۱۹/۲	زیاد	غیرقابل پوشش	۱- مرحله اول : استفاده از روش‌های همکاری ۲- مرحله دوم : توسعه فناوری از طریق تحقیق و توسعه داخلی (به شرط عدم معرفی فناوری رقیب طی افق زمانی مد نظر)
			توان تئوری (MW)	۵۲۶ – ۶۰۸			
جود تجربه در مورد این فناوری							
زباله جامد شهری (فسادپذیر)	هاضم خشک	رشد	پتانسیل منبع (Mt/yr)	۱۲/۶۵	زیاد	غیرقابل پوشش	۱- مرحله اول : استفاده از روش‌های همکاری ۲- مرحله دوم : توسعه فناوری از طریق تحقیق و توسعه داخلی (به شرط عدم معرفی فناوری رقیب طی افق زمانی مد نظر)
			توان تئوری (MW)	۸۳۲ – ۹۶۲			
▪ عدم وجود تجربه در مورد این فناوری							

جدول ۲-۱۸ وضعیت سبک اکتساب هر یک از فناوری‌های گازیسازی

منبع	فناوری	چرخه عمر فناوری	حجم بازار			شکاف فناوری	سبک اکتساب
زائدات کشاورزی باغی	گازیساز	بلوغ	پتانسیل منبع (Mt/yr)	۴/۳۴	زیاد	غیرقابل پوشش	۱- مرحله اول : استفاده از روش‌های همکاری ۲- مرحله دوم : توسعه فناوری از طریق تحقیق و توسعه داخلی (به شرط عدم معرفی فناوری رقیب طی افق زمانی مد نظر)
			توان تئوری (MW)	۴۷۵ – ۲۹۷			
■ عدم وجود تجربه در مورد این فناوری							
زائدات و ضایعات کشاورزی زراعی	گازیساز	بلوغ	پتانسیل منبع (Mt/yr)	۵/۳۷	زیاد	غیرقابل پوشش	۱- مرحله اول : استفاده از روش‌های همکاری ۲- مرحله دوم : توسعه فناوری از طریق تحقیق و توسعه داخلی (به شرط عدم معرفی فناوری رقیب طی افق زمانی مد نظر)
			توان تئوری (MW)	۵۸۸ – ۳۶۸			
■ عدم وجود تجربه در مورد این فناوری							
زیست‌توده جنگلی	گازیساز	بلوغ	پتانسیل منبع (Mt/yr)	۲/۱۸	کم	غیرقابل پوشش	خرید
			توان تئوری (MW)	۲۳۹ – ۱۴۹			
■ عدم وجود تجربه در مورد این فناوری							
زباله جامد شهری (خشک)	گازیساز	رشد	پتانسیل منبع (Mt/yr)	۵/۱۲	زیاد	غیرقابل پوشش	۱- مرحله اول : استفاده از روش‌های همکاری ۲- مرحله دوم : توسعه فناوری از طریق تحقیق و توسعه داخلی (به شرط عدم معرفی فناوری رقیب طی افق زمانی مد نظر)
			توان تئوری (MW)	۵۶۱ – ۴۲۱			
■ عدم تجربه موفق در مورد این فناوری: مجتمع زباله‌سوز جنوب تهران (آرادکوه)							
لجن فاضلاب شهری	گازیساز	رشد	پتانسیل منبع	۲۳/۳۷	زیاد	غیرقابل پوشش	۱- مرحله اول : استفاده از روش‌های همکاری

منبع	فناوری	چرخه عمر فناوری	حجم بازار			شکاف فناوری	سبک اکتساب
			(Mt/yr)				۲- مرحله دوم : توسعه فناوری از طریق تحقیق و توسعه داخلی (به شرط عدم معرفی فناوری رقیب طی افق زمانی مد نظر)
			توان تئوری (MW)	۱۲۸۱ – ۲۲۴۱			
■ عدم وجود تجربه در مورد این فناوری							

جدول ۲-۱۹ وضعیت سبک اکتساب هر یک از فناوری‌های زباله‌سوزی

منبع	فناوری	چرخه عمر فناوری	حجم بازار			شکاف فناوری	سبک اکتساب
زباله جامد شهری	توده‌سوز	پیری	پتانسیل منبع (Mt/yr)	۵/۱۲	زیاد	غیرقابل پوشش	روش‌های همکاری
			توان تئوری (MW)	۴۲۱ – ۵۶۱			
■ عدم وجود تجربه در مورد این فناوری							
زباله جامد شهری	بستر سیال	بلوغ	پتانسیل منبع (Mt/yr)	۵/۱۲	زیاد	غیرقابل پوشش	۱- مرحله اول : استفاده از روش‌های همکاری ۲- مرحله دوم : توسعه فناوری از طریق تحقیق و توسعه داخلی (به شرط عدم معرفی فناوری رقیب طی افق زمانی مد نظر)
			توان تئوری (MW)	۴۲۱ – ۵۶۱			
■ عدم وجود تجربه در مورد این فناوری							

۲-۴- نتیجه‌گیری

به منظور اولویت‌بندی فناوری‌های مورد بررسی در سند توسعه فناوری انرژی‌های نو، در این گزارش پس از ارائه مرور ادبیات، متدولوژی اولویت‌بندی و نیز اولویت‌بندی به کمک نظرات خبرگان، سبک اکتساب فناوری اولویت‌دار مورد بحث و بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج بررسی سبک اکتساب، بهترین مسیر برای اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار زیست‌توده یعنی هاضم بیهوازی و گازیسازی، در ابتدا همکاری فناورانه و سپس توسعه آن در داخل کشور می‌باشد. در خصوص فناوری زباله‌سوزی نیز همکاری فناورانه مناسب‌ترین راهکار است.

۳- پیوست

پیوست الف- مصوبات جلسات دوازدهم و سیزدهم کمیته راهبری

جدول ۳-۱ مصوبات جلسه دوازدهم کمیته راهبری

پژوهشگاه نیرو	صورتجلسه MQF03-0	تاریخ :۰۱/۰۴/۱۳۹۴ شماره : پیوست :

موضوع جلسه: کمیته راهبری تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در ایران (جلسه دوازدهم)	گروه: انرژی‌های نو	مرحله:
حاضران: آقایان جوادی، عدل، بزرگمهری، تقی، رضایی، تقیمی، فیاضی و خانمها داوری، هشدار، حسینی، عابدی، محمدی، رفیعی		
غایبان: آقایان تبائی‌کیا، احمدی، قبادیان	آغاز: ۱۴:۱۰	پایان: ۱۶:۰۰

دستورجلسه:

ردیف	موضوعات مطرح شده	اقدام / پیگیری	سررسید	نتیجه / تاریخ
۱	ابتدا دستور جلسه توسط آقای مهندس رضایی ارائه شد: – ارائه چشم‌انداز توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده – اهداف کلان در حوزه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده – اولویت‌بندی و سبک اکتساب فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده – چالش‌های توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده پروژه‌های پیشنهادی			
۲	آقای مهندس تقیمی به ارائه مجدد مطالب سبک اکتساب فناوری‌ها، پس اعمال بررسی‌ها در خصوص نظراتی که در جلسه گذشته از اعضا دریافت شده بود و جلسه برگزار شده با خانم دکتر هشدار، پرداختند. ایشان ضمن اشاره به این که سبک اکتساب یکی از مهم‌ترین سوالات دولت‌در مورد نحوه توسعه فناوری است، نتایج بررسی‌های انجام شده در این زمینه را بیان نمودند: • مدل تعیین سبک اکتساب با توجه به بحث‌های مطرح شده در جلسه گذشته و جلسه با خانم دکتر هشدار تدقیق شد. • چرخه عمر زیرفناوری‌های فناوری‌های اولویت‌دار (هاضم و گازیساز) استخراج شد. که این زیرفناوری‌ها به صورت یک طیف از اوایل رشد تا اواخر بلوغ قرار دارند. • حجم بازار به صورت کمی و کیفی استخراج شد که میزان مناسبی می‌باشد. • شکاف فناوری در مورد فناوری‌های اولویت‌دار با توجه به نتایج حاصل از جلسات خبرگی با متخصصین فنی این حوزه و جمع‌بندی تیم اجرایی، قابل پوشش عنوان شد. • با استفاده از مدل مورد کاربرد برای تعیین سبک اکتساب و جمع‌بندی مطالب ارائه شده در خصوص فناوری‌های هاضم و گازیساز، سبک اکتساب فناوری‌های هاضم بیهوازی و گازیساز، توسعه درون‌زا انتخاب شد.			
۳	آقای مهندس تقیمی در ادامه بحث این نکته را مطرح نمودند که به دلیل قرار گرفتن زیرفناوری‌ها در یک طیف رشد، روش برخورد با هر یک از این زیرفناوری‌ها باید متفاوت باشد که در اولویت دادن به پروژه‌ها در فاز ۴ دیده خواهد شد.			
۴	پس از آن مباحث چشم‌انداز و اهداف کلان از فاز سوم پروژه، توسط آقای مهندس تقیمی به شرح زیر ارائه گردید: • مبانی تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان • مواد و ابزار لازم برای تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان (مطالعات الگوبرداری از کشورهای			

	منطقه، اسناد بالادستی، مطالعات آینده‌پژوهی) • ارائه بیانیه اولیه چشم‌انداز و اهداف کلان ایشان اضافه نمودند که پس از ارائه این مطالب، به منظور تدقیق بیانیه چشم‌انداز و اهداف کلان روی آن‌ها بحث و بررسی انجام می‌شود.			
۵	ابتدا مبانی تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان بیان شد که به طور خلاصه عبارت است از: • روش تدوین چشم‌انداز؛ رویکرد مورد استفاده برای تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان، ترکیب دو روش بالا به پایین و پایین به بالا است. • روش تدوین اهداف کلان؛ – استخراج برخی ورودی‌ها از چشم‌انداز تدوین شده و روندیابی – جمع‌بندی ورودی‌ها و تدوین بیانیه اولیه اهداف – تأیید و نهایی‌سازی اهداف کلان از طریق نظرات پنل ذینفعان (اعضای کمیته راهبری)			
۶	پس از آن نتایج بررسی‌ها در مورد ورودی‌های تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان و نکات برگرفته از آن تشریح شدند: • ارائه مطالعات تطبیقی کشورهای منطقه. منظور از کشورهای منطقه کشورهای حوزه MENA است.			
۷	آقای مهندس رضایی اضافه نمودند که هدف از مطالعات تطبیقی، ارزیابی جایگاه ایران از منظر علم و فناوری در بین کشورهای منطقه بود که با استفاده از یک سری شاخص‌ها محقق شد. • بررسی اسناد بالادستی • نکات برگرفته از آینده‌پژوهی فناوری			
۸	در نهایت بیانیه اولیه چشم انداز عنوان شد که ابعاد آن عبارتند از: • افق زمانی چشم‌انداز که در این پروژه ۱۴۰۴ در نظر گرفته شد • جایگاه و رتبه عددی توانمندی فناوری در منطقه و جهان • ذکر اهداف بالادستی تعیین شده در اسناد قبلی • حوزه کاربرد فناوری • مباحث اصول ارزشی • تعریف کلی سطح فعالیت			
۹	آقای دکتر عدل در مورد بیانیه چشم‌انداز نظراتی به شرح زیر بیان داشتند: • در متن چشم‌انداز در کنار طراحی و ساخت، جای راهبری، بهره‌برداری و مدیریت بهینه و کارآمد خالی است. ساخت باید منجر به یک بهره‌برداری اصولی و پایدار شود. • در متن چشم‌انداز به سهم زیست‌توده در سبد انرژی اشاره‌ای نشده است. از نظر سهم زیست‌توده در سبد انرژی جایگاه کشور تعیین شود. • در قسمت تکیه بر توانمندی داخلی و متخصصین کارامد، "اتخاذ سیاست‌های هوشمندانه" اضافه شود.			
۱۰	آقای مهندس شفیعی در پاسخ بیان نمودند که می‌توان به "افزایش سهم زیست‌توده" اشاره نمود همچنین به این نکته توجه دادند که هدف اصلی سند حاضر توسعه فناوری است، هر چند که			

	توسعه فناوری افزایش سهم زیست‌توده و افزایش ظرفیت را به دنبال دارد.				
۱۱	خانم دکتر هشدار به عدم حضور مشاور (آقای دکتر موسوی) و همچنین متخصصین و صاحب‌نظران این حوزه از جمله آقای مهندس نصیری و آقای دکتر شعبانی‌کیا اشاره داشتند. در ادامه این نکته را اضافه نمودند که ابراز نظرات این افراد در جلسه بعد مشکل ایجاد خواهد کرد.				
۱۲	آقای دکتر عدل با اشاره به نقش جایگاهی و تخصصی افراد، این نظر را بیان نمودند که نقش تخصصی افراد باید پررنگ‌تر و در اولویت باشد. اعضای کمیته جمع متخصصین است و افراد فارغ از سمت سازمانی حضور دارند. نباید درخصوص حضور افراد خط‌دهی شود.				
۱۳	آقای مهندس رضایی علت عدم حضور آقای مهندس نصیری و آقای دکتر شعبانی‌کیا را تغییرات اتفاق افتاده در سانا دانستند. همچنین بیان داشتند که آقای نصیری خود نیز تمایلی به حضور در جلسات ندارند و نظر افرادی که در کمیته عضو هستند و در جلسه حضور ندارند به صورت حضوری اخذ می‌شود.				
۱۴	آقای مهندس تشفیعی بر اولویت تخصص افراد به جایگاه ایشان تأکید نمودند. علاوه بر آن تأخیر در روند انجام پروژه را نیز به دلیل عدم حضور برخی اعضا در جلسات دانستند و به جلسات حضوری متعدد اشاره داشتند. ایشان معتقدند که به منظور تدوین سند، حضور ذی‌نفعان حوزه زیست‌توده ضروری است.				
۱۵	آقای دکتر جوادی نکاتی به شرح زیر بیان داشتند: ▪ به عدم حضور آقای موسوی اشاره داشتند. ▪ جلسات حضوری در مقایسه با جلسات کمیته راهبری، به دلیل محدودیت زمان و در نظر گرفتن ملاحظات برای بیان نظرات، نمی‌تواند جوابگوی کسب نظرات افراد باشد.				
۱۶	خانم دکتر هشدار تأکید نمودند که جلسات حضوری در این پروژه که سند ملی است کارایی ندارد از این رو نظر ایشان این بود که افراد سانا باید در جلسات کنار افراد سایر سازمان‌ها حضور داشته باشند.				
۱۷	خانم دکتر هشدار در مورد بیانیه چشم‌انداز نکات زیر را بیان داشتند: ▪ اشکال کلی بودن را به بیانیه چشم‌انداز تدوین شده برای زیست‌توده وارد دانستند. ▪ در خصوص علت تعیین جایگاه دوم در منطقه سوال نمودند. ایشان در این خصوص اضافه نمودند که بررسی جایگاه کشور از منظر فناوری نباید از طریق علم‌سنجی باشد. مقالات شاخص علم است و برای شاخص فناوری باید پتنت‌ها مورد بررسی قرار بگیرند. ▪ چشم‌انداز باید بلندپروازانه باشد تا برای انجام اقدامات ایجاد انگیزه نماید. پیشنهاد داشتند جایگاه اول در منطقه ذکر شود و یا جایگاه در آسیا بررسی شود.				
۱۸	آقای مهندس رضایی در پاسخ خانم دکتر هشدار در زمینه تعیین جایگاه، به مطالعات تطبیقی انجام شده اشاره کردند.				
۱۹	آقای مهندس تشفیعی در پاسخ نظرات خانم دکتر هشدار، به سایر شاخص‌های مدنظر تیم اجرایی برای علم‌سنجی (تعداد اساتید، تعداد دانشجویان، ...) و جستجوهای وسیع انجام شده برای استخراج آمار ثبت اختراعات اشاره داشتند.				
۲۰	آقای دکتر جوادی نظرات خود را به شرح زیر بیان داشتند: ▪ مدت زمان ده سال برای چشم‌انداز مناسب نیست.				

	• در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴، منطقه تعریف خاصی دارد که با MENA تفاوت دارد. • وزن اسناد بالادستی اشاره شده در چشم‌انداز (سند چشم‌انداز ۱۴۰۴و نقشه جامع علمی کشور) یکسان نمی‌باشد. • در ادامه در بخش اصول تنها به تولید برق و حفاظت از محیط زیست اشاره شده است. آیا هدف این سند تنها حفاظت از محیط زیست است یا هدف به پاسخگویی به مسائل متعدد دیگر است. می‌توان توسعه منابع تجدیدپذیر را اضافه نمود. • پس از طراحی و ساخت، باید "بهره‌برداری یا اجرا" نیز ذکر شود. مدیریت مناسب نیست.			
۲۱	آقای دکتر عدل پیشنهاد داشتند که در کنار حفاظت از محیط زیست چند مسئله کلیدی دیگر از جمله صیانت از منابع آب و امنیت غذایی اضافه شود. در ادامه اشاره داشتند که باید جایگاه سیاست‌های وزارت نیرو برای تسهیل توسعه فناوری‌های تولید برق از منابع تجدیدپذیر مشخص شود.			
۲۲	آقای مهندس شفیعی ضمن تشکر از نظرات اعضا، در جمع‌بندی بیان داشتند که، چشم‌انداز ارائه‌شده پیش‌نویس بیانیه اولیه می‌باشد و قرار است در این جلسات تدقیق شود و در صورت نیاز چند جلسه این کار انجام می‌شود. در مورد تمام ابعاد پیشنهادات تیم کارشناسی ارائه شده که می‌تواند نظرات و پیشنهادات دیگر مورد بررسی قرار بگیرد و در نهایت بیانیه چشم‌انداز به بهترین شکل تدوین شود.			
۲۳	آقای مهندس شفیعی در پاسخ به برخی نظرات اعضا چند نکته را بیان داشتند: • بررسی پتنت به عنوان یک شاخص مهم به منظور ارزیابی جایگاه فناوری مدنظر بود. برای دستیابی به اطلاعات بررسی مجدد انجام خواهد گرفت. • در مورد افق زمانی همانطور که در فاز یک بر اساس مطالعات تطبیقی چشم‌اندازنویسی در اسناد دیگر انجام شده اشاره شد، برای سیاست و نقشه راه دادن ده سال مناسب است.اغلب هدفگذاری کلی و تعیین ظرفیت در بازه‌های بلند مدت می‌باشد. • منظور از منطقه در متن چشم‌انداز، کشورهای MENA بوده است. در ادامه با توجه به نظرات اعضا پیشنهاد داشتند که برای تعریف منطقه از تعریف سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ استفاده خواهند کرد.			
۲۴	با توجه به نظر اعضای کمیته و عدم حضور برخی اعضا، مطالب اهداف کلان در این جلسه ارائه نشد.			
۲۵	جلسه بعدی روز چهارشنبه مورخ ۹۴/۰۴/۱۰ تصویب شد.			
۲۶	صورتجلسه در ۴ صفحه و ۲۵ بند تدوین گردید.			
دستورجلسه بعد:				
نام و امضای حاضران جلسه:				

جدول ۳-۲ مصوبات جلسه سیزدهم کمیته راهبری

پژوهشگاه نیرو	صورتجلسه MQF03-0	تاریخ : ۱۳۹۴/۰۴/۱۰ شماره : پیوست :
موضوع جلسه : کمیته راهبری تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در ایران (جلسه سیزدهم)	گروه: انرژی‌های نو	مرحله:
حاضران: آقایان عدل، رضایی، موسوی، شفیعی، فیاضی و خانمها داوری، حسینی، عابدی، محمدی، رفیعی		
غایبان: آقایان شعبانی‌کیا، قبادیان، احمدی، جلایی، جوادی، جلالی، تقی و خانمها هشدار	آغاز: ۱۴:۲۰	پایان : ۱۵:۳۰
دستورجلسه:		

ردیف	موضوعات مطرح شده	اقدام / پیگیری	سررسید	نتیجه / تاریخ
۱	ابتدا آقای مهندس رضایی دستور جلسه سیزدهم را ارائه نمودند: - چشم‌انداز اصلاح شده - اهداف کلان - چالش‌ها و سیاست‌ها			
۲	ابتدا آقای شفیعی در خصوص اصلاحات اعمال شده در بیانیه ابتدایی چشم‌انداز توضیح دادند: - نظرات در خصوص برخی لغات متن چشم‌اندازاعمال شد. "آب و امنیت غذایی" و "بهره‌برداری" اضافه شد. - دلیل انتخاب ارائه افق ده ساله (۱۴۰۴) برای چشم‌انداز ارائه شد. در مجموع ۱۴۰۴ را نقطه عطفی دانستند.			
۳	آقای دکتر عدل بیان داشتند که نقشه راه چین که به آن استناد شده است در سال ۲۰۰۳ برای ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ نگارش شده است و نه ۲۰۱۰. گزارش سال ۲۰۱۰ به منظور ارزیابی عملکرد و نقاط ضعف و قوت انجام شده است.			
۴	اصلاح شده چشم‌انداز ابتدایی توسط آقای مهندس شفیعی ارائه شد.			
۵	آقای دکتر عدل پیشنهاد داشتند که "مدیریت" و "راهبری" به طراحی و ساخت اضافه شود. ایشان مشکلات پروژه‌ها را عدم تخصیص هزینه و راهکار به راهبری، اصلاح نرم‌افزاری و مدیریت آن‌ها دانستند.			
۶	خانم دکتر داوری ضمن تأیید نظر دکتر عدل، راهبری فناوری را مشکل دانستند و پیشنهاد نمودند "مدیریت" به طراحی و ساخت اضافه شود.			
۷	آقای دکتر موسوی ابتدا این پرسش را مطرح نمودند که آیا منظور از مدیریت راه‌اندازی و بهره-برداری است؟ ایشان اضافه نمودند که جایگاه دوم ذکر شده در متن چشم‌انداز مربوط به طراحی و ساخت است و کشور ایران اکنون از نظر راه‌اندازی در جایگاه پنجم قرار دارد. از طرف دیگر هدفگذاری برای راه‌اندازی، نیازمند برنامه‌ریزی انرژی است. همچنین اذعان داشتند که نظر اعضا باید با نحوی اضافه شود که معنی رتبه دوم در راه‌اندازی را نرساند.			
۹	خانم دکتر داوری در این مورد عبارت "طراحی، اجرا و مدیریت" را پیشنهاد داشتند.			
۱۰	آقای مهندس شفیعی بیان داشتند که هدفگذاری ظرفیت نصب شده در حوزه این سند نیست و			

	باید توسعه فناوری انجام شود. با اضافه نمودن کلمه بهره‌برداری ممکن است استنباط شود که قرار است رتبه دوم در بهره‌برداری حاصل شود.			
۱۱	خانم دکتر داوری به کلمه "ساخت" ایراد وارد داشتند. فناوری نیاز به ساخت ندارد.			
۱۲	آقای دکتر عدل به این نکته اشاره نمودند که به دلیل یکسان نبودن افق برنامه‌ریزی این سند ایران با عربستان، نمی‌توان جایگاه از نظر نصب را با هدف آنها مقایسه نمود. کشور عربستان احتمالاً در سال ۲۰۲۵ (۱۴۰۴) می‌تواند به تولید دو گیگ انرژی از زیست توده دست یابد. علاوه بر آن پیشنهاد داشتند گزارش‌ها با دید انتقادی بررسی و پتانسیل انرژی زیست توده برآورد شود. آیا واقعاً مقدار برآورد شده امکان‌پذیر است.			
۱۳	آقای دکتر موسوی بیان داشتند که کشور عربستان در حوزه انرژی زیست توده هدفگذاری نموده است و صاحب فناوری نیست. ترکیه فناوری دارد که هدف آن تا سال ۲۰۲۳، دو گیگ است. ایشان تأکید نمودند که در این سند نمی‌توان برای ظرفیت نصب شده هدف تعیین نمود چرا که این کار نیاز به برنامه‌ریزی انرژی دارد. جایگاه از نظر ظرفیت نصب برای ما حائز اهمیت نمی‌باشد و توان بهینه متناسب با پتانسیل کشور احداث می‌شود. اما در زمینه فناوری می‌توان جایگاه خود را ارتقا داد.			
۱۴	در نهایت روی عبارت "طراحی، اجرا و مدیریت فناوری‌های اولویت دار" توافق شد.			
۱۵	آقای مهندس رضایی پیشنهاد داشتند عبارت "به منظور تولید برق" به "حوزه برق زیستی" تغییر یابد.			
۱۶	آقای دکتر عدل "حوزه تولید برق زیست توده" را پیشنهاد دادند.			
۱۷	در ادامه، اهداف کلان توسط آقای مهندس شفیعی ارائه شد.			
۱۸	آقای دکتر عدل ضمن بیان این پرسش که چرا در هدف سوم نمونه آزمایشگاهی عنوان شده است؟ گفتند که نمونه آزمایشگاهی هاضم تر در حال حاضر ساخته شده است. اگر کلمه demonstration مورد نظر است، ترجمه به واحد نموداری مناسب است. از طرف دیگر با توجه به پیشرفت فناوری بهتر است "نمونه نیمه صنعتی" قید شود.			
۱۹	آقای دکتر عدل این نکته را بیان نمودند که هاضم کوچک در هدف کلان دوم موضوعیت ندارد. پیشنهاد داشتند "هاضم تر با هدف کاربرد لجن فاضلاب، فضولات دامی و زباله شهری" نوشته شود.			
۲۰	آقای دکتر موسوی با این استدلال که هاضم تر کوچک مقیاس و بزرگ مقیاس امکان تولید صنعتی دارد و تا ده سال آینده می‌توان تولید صنعتی بومی و رقابت‌پذیر داشت، نتیجه گرفتند انتهای هدف دوم حذف شود.			
۲۱	چشم‌انداز و اهداف کلان مورد تأیید قرار گرفت.			
۲۲	سپس بحث چالش‌ها و سیاست‌ها توسط آقای مهندس شفیعی ارائه شد که از جلسات خبرگی استخراج شد.			
۲۳	چالش‌ها و سیاست‌ها در هفت کارکرد مختلف دسته‌بندی شد: کارآفرینی، توسعه دانش، انتشار دانش، جهت‌دهی به سیستم، مدیریت منابع، شکل‌گیری بازار و مشروعیت‌بخشی			

۲۴	نظر آقای دکتر عدل این بود که به جای کنفرانس ملی و بین‌المللی که هم‌اکنون هم برگزار می‌شود، حمایت از کنفرانس‌ها و برگزاری جشنواره‌های علمی و فنی که جوایز داشته باشد و از طرح‌های فناورانه نه صرفاً از مقالات حمایت کند، قرار داده شود.			
۲۵	آقای مهندس رضایی در خصوص همایش و کارگاه‌های بین‌المللی سوال نمودند.			
۲۶	آقای دکتر عدل در پاسخ گفتند می‌توان از مراکز معتبر بین‌المللی فعال در حوزه فناوری‌های تولید برق از زیست توده حمایت نمود تا داخل کشور سرمایه‌گذاری کنند.کارگاه آموزشی برگزار نمایند. نیروی متخصص تولید کنند.			
۲۷	درنتیجه به صورت زیر اصلاح شد: حمایت از کنفرانس‌های ملی و بین‌المللی مرتبط با زیست توده برگزاری جشنواره‌های علمی به منظور حمایت از			
۲۸	آقای دکتر عدل پیشنهاد داشتند در قسمت توسعه دانش، حمایت از مراکز معتبر جهانی به منظور تربیت نیروی متخصص (از طریق برگزاری کارگاه، دوره، ایجاد مراکز) اضافه شود.			
۲۹	آقای دکتر موسوی این نکته را بیان داشتند که جشنواره برای توسعه کارآفرینی بهتر و مناسب‌تر است.			
۳۰	آقای دکتر عدل این پرسش را مطرح نمودند که در این سند ملی آیا جایی برای سیاست‌های وزارت نیرو دیده شده است. مثلاً سیاستگذاری نرخ فروش برق.			
۳۱	آقای دکتر موسوی و مهندس شفیعی در پاسخ عنوان نمودند که در بازار و مالی دیده شده است.			
۳۲	نظر آقای دکتر عدل این بود که در کارکرد بازار، بازنگری در تعرفه فروش برق به شخصیت‌های حقوقی که می‌توانند تولیدکننده برق زیست توده یا ارائه دهنده منابع اولیه آن باشند، اضافه شود.			
۳۳	آقای دکتر موسوی بیان داشتند که قیمت فروش برق باید برای همه افزایش یابد.			
۳۴	آقای مهندس شفیعی نظر داشتند که هم برای تولیدکننده منبع و هم برای کارخانه‌دار، هر کدام به یک دلیلی افزایش یابد.			
۳۵	به نظر آقای دکتر بزرگمهری تعرفه خرید برق برای تولیدکننده باید تشویقی باشد.			
۳۶	آقای دکتر موسوی و بزرگمهری بیان داشتند که می‌توان الزام قرار داد.			
۳۷	آقای مهندس شفیعی عنوان نمودند که الزام این است که تعرفه برق تجدیدپذیر متغیر باشد. نظر ایشان این بود که الزام تشویقی باشد.			
۳۸	آقای دکتر عدل این پرسش را مطرح نمودند که وزارت نیرو چه مکانیزمی برای الزام دارد.			
۳۹	آقای دکتر موسوی در پاسخ گفتند که می‌تواند دستورالعمل بگذارد.			
۴۰	آقای دکتر عدل بیان داشتند وزارت نیرو قوه قضاییه نیست که بخواهد دستورالعمل بگذارد.			
۴۱	آقای دکتر موسوی برای مثال گفتند وزارت نیرو می‌تواند اجبارهای تجدیدپذیر برای ساختمان‌های دولتی قرار بدهد.			

۴۲	آقای دکتر عدل در پاسخ گفتند که این کار را هیئت دولت می‌تواند انجام دهد. وزارت نیرو می‌تواند تعرفه برق را تغییر بدهد.			
۴۳	آقای دکتر موسوی خطاب به دکتر عدل گفتند فعالیت وزارت نیرو در حوزه برق با مصوبه مجلس می‌تواند انجام گیرد. حتی هیئت دولت نیز نمی‌تواند در درآمدهای دولت نظر بدهد. پیشنهاد تغییر تعرفه برق دشوار است و از طرف دیگر بدون فرام نمودن تسهیلات، افزایش تعرفه برق اشکال دارد. ایشان در ادامه تصویب افزایش قیمت هر کیلووات سی ریال برای کل حوزه تجدیدپذیر را مثال زدند که کار دشواری بود و با عنوان برق روستایی و تجدیدپذیر محقق شد.			
۴۴	آقای دکتر عدل در خصوص حمایت از سرمایه‌گذار خارجی سوال نمودند. ایشان بیان داشتند که حمایت از سرمایه‌گذار خارجی با تضمین سرمایه ممکن است. بزرگترین گلوگاه در این مسیر، نحوه تضمین سرمایه است. برای مثال سود واردات تجهیزات برق از پسماند صفر شد.			
۴۵	آقای دکتر موسوی اضافه نمودند که حمایت از سرمایه‌گذار خارجی با شرط انتقال فناوری باشد. ایشان این پرسش را مطرح نمودند که سهولت واردات به ضرر توسعه فناوری داخلی نیست؟			
۴۶	آقای دکتر عدل در پاسخ بیان داشتند، توسعه فناوری بدون استفاده از نمونه‌های صنعتی با کیفیت و مهندسی معکوس آنها عملاً امکان‌پذیر نیست.			
۴۷	آقای دکتر بزرگمهری این نظر را بیان نمودند که باید انتقال فناوری انجام شود تا صنعت راه بیفتد و پس از آن تعرفه‌ها را بالا می‌برند.			
۴۸	آقای دکتر موسوی با اشاره به قابل پوشش بودن شکاف فناوری عنوان نمودند که با تسهیلات می‌توان سبک اکتساب توسعه درون‌زا را دنبال نمود.			
۴۹	آقای دکتر بزرگمهری نظر داشتند که سبک اکتساب باید ترکیبی از انتقال فناوری و توسعه درون‌زا باشد (۸۰-۲۰).			
۵۰	آقای دکتر عدل بیان داشتند که در زمینه گازیساز کوچک فناوری قابل پوشش است و در واحدهای بزرگ نیازمند انتقال فناوری هستیم.			
۵۱	آقای مهندس رضایی پیشنهاد داشتند اقداماتی از جمله، استفاده از زمین‌های حاشیه‌ای، کشت با آب کم کیفیت اضافه شود.			
۵۲	آقای دکتر عدل پیشنهاد داشتند زراعت گیاهان مختص انرژی با نیاز آبی کم ترویج داده شود.			
۵۳	آقای دکتر موسوی پیشنهاد داشتند کشت فراسرزمینی اضافه شود.			
۵۴	آقای دکتر موسوی این پرسش را مطرح نمودند که بحث در خصوص منبع به توسعه فناوری کمک می‌کند.			
۵۵	آقای مهندس شفیعی لزوم بررسی چالش منبع را خاطر نشان شدند.			
۵۶	در جمع‌بندی مطالب جلسه، آقای مهندس رضایی بیان داشتند: اهداف کلان، چشم‌انداز و چالش‌ها نهایی شد. مطالب اصلاح شده برای اعضا ارسال می‌شود. در جلسه بعدی پروژه ها ارائه خواهد شد.			
	صورتجلسه در ۵۶ بند تدوین گردید.			

پیوست ب- پرسشنامه الویت‌بندی منابع و فناوری‌های زیست‌توده

«پرسشنامه ارزیابی فناوری‌های زیست‌توده»

نام و نام خانوادگی تکمیل‌کننده پرسشنامه:

پست سازمانی: تحصیلات / تخصص:

تاریخ تکمیل پرسشنامه: شماره تماس:

آدرس پست الکترونیک:

آیا مایل هستید اطلاعات شخصی جنابعالی در بانک اطلاعات متخصصین ذخیره گردد؟ بلی ☐ خیر ☐

خبره محترم؛

با عرض سلام و تحیت؛

احتراماً به استحضار می‌رساند پروژه‌ای تحت عنوان "تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در ایران" از خرداد ماه ۱۳۹۳ در گروه انرژی‌های نو پژوهشگاه نیرو با ابلاغ دفتر آموزش، پژوهش و فناوری وزارت نیرو آغاز گردیده است. هدف از اجرای این پروژه شناسایی و توسعه فناوری‌های روز دنیا در حوزه انرژی زیست‌توده با هدف تولید برق تجدیدپذیر از این منابع در کشور می‌باشد.

از این رو، پس از ابلاغ این پروژه، کمیته‌ای تحت عنوان "کمیته راهبری" متشکل از متخصصان و صاحب‌نظران حوزه صنعت برق، حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر (زیست‌توده)، اساتید دانشگاه و صاحبان صنعت تشکیل گردید که وظیفه اصلی آن هدایت و راهبری تدوین نقشه راه طرح، نظارت بر اجرای مراحل تدوین سند راهبردی و نقشه راه فناوری و کمک و تسهیل در فرآیند تدوین سند راهبردی می‌باشد.

حال که این پروژه به نیمه راه خود رسیده و تا حدی مسیر حرکتی خود را یافته، نیازمند آن است که با بهره‌گیری از دانش فنی و تجربیات ارزشمند متخصصین این حوزه به مسیر خود ادامه داده و تا حصول نتیجه نهایی که همانا تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده در ایران می‌باشد طی طریق نماید.

لذا، پرسشنامه پیش رو جهت شناسایی اولویت‌های انواع فناوری‌های زیست‌توده با هدف تولید برق و حرارت زیستی تهیه گردیده است. فناوری‌هایی که در این پرسشنامه مورد بررسی قرار می‌گیرد عبارتند از:

احتراق مستقیم

گازیساز

هاضم بی‌هوازی

دفنگاه

این پرسشنامه در ۳ بخش تهیه شده است.

بخش اول : جداول ۱ و ۲ (ارزیابی منابع زیست‌توده)

منابع زیست‌توده یکی از اصلی‌ترین عوامل انتخاب فناوری‌های زیست‌توده می‌باشد. این عامل می‌تواند از جهات مختلفی تاثیرگذار باشد. در صورتی‌که منابع زیست‌توده به عنوان سوخت فناوری‌های زیست‌توده در نظر گرفته نشوند، می‌توانند فعالیت سیستم‌های زیست‌توده را تحت تاثیر قرار دهند. در این بخش، به ارزیابی منابع زیست‌توده پرداخته شده است. در جداول ارائه شده منابع زیست‌توده از دیدگاه معیارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

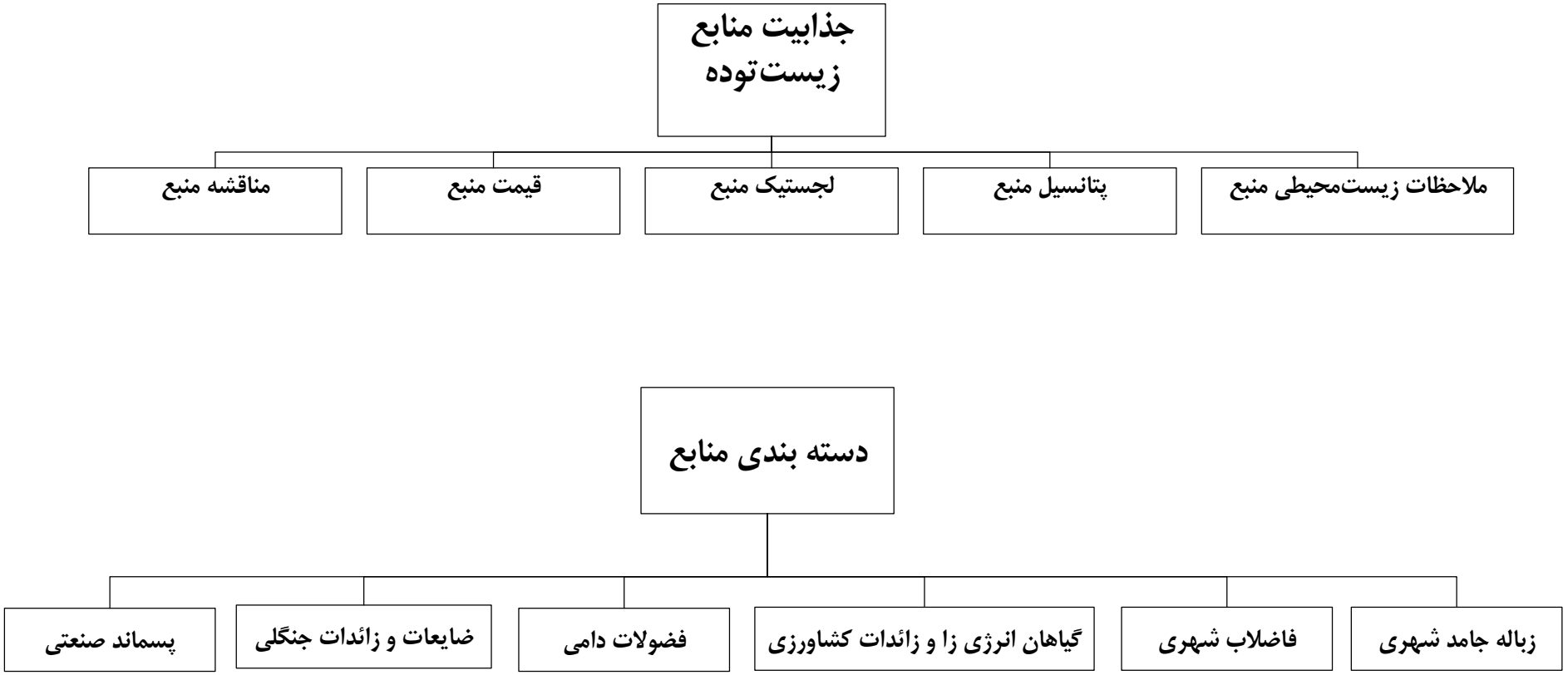
بخش دوم: جداول ۳و ۴ (ارزیابی امکان پذیری توسعه انواع فناوری‌های زیست‌توده)

این بخش، توانمندی فعلی و بالقوه کشور در زمینه توسعه انواع فناوری‌های زیست‌توده را مورد بررسی قرار می‌دهد. در این قسمت با استفاده از ایده ولکات و همکارانش سطح توانمندی هر یک از فناوری‌ها در کشور سنجیده می‌شود. در جدول ۴ توانمندی‌های فعلی و در جدول ۵ سطح توانمندی که تا ۵ سال آینده قابلیت بالفعل شدن را دارد، مورد پرسش قرار گرفته است.

بخش سوم: جداول ۵ تا ۹ (ارزیابی جذابیت هر یک از انواع فناوری‌های زیست‌توده)

در این بخش، جذابیت هر یک از انواع فناوری‌های زیست‌توده مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور معیارهایی مشخص گردیده است که بر اساس آنها میزان جذابیت هر یک از این فناوری‌ها سنجیده می‌شود. همانگونه که مشخص است این معیارها دارای اهمیت‌های متفاوتی می باشند. لذا، در گام نخست بایستی وزن هر یک از این معیارها مشخص گردد. در این جداول، وزن هر معیار با توجه به اهمیت آن معیار مشخص شده است.

بخش اول: ارزیابی منابع زیست‌توده



شکل ۳-۱ معیارهای جذابیت منابع زیست‌توده برای تولید برق و حرارت

جدول ۱ : در این جدول میزان اهمیت هر یک از معیارهای ارزیابی منابع زیست‌توده پرسیده شده است.

۱ ۵ بسیار کم اهمیت — بسیار مهم	انواع معیارهای ارزیابی منابع				
	جنبه زیست‌محیطی	پتانسیل منبع	لجستیک منبع	قیمت منبع	مناقشه منبع
میزان اهمیت معیار					

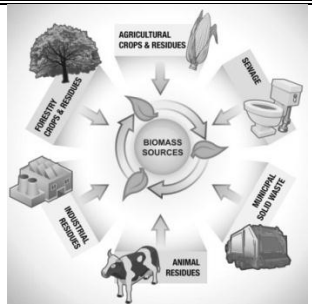
ملاحظات زیست محیطی شامل عواملی مانند انتشار گازهای گلخانه ای و آلاینده، میزان ایجاد آلودگی برای آب و خاک، تضعیف خاک و انتشار بو و ... است.

در برآورد پتانسیل منبع، حجم تقریبی موجود از هر منبع در داخل کشور و نیز مقدار انرژی استحصالی از واحد هر منبع در نظر گرفته می‌شود.

مراحل لجستیک منبع شامل جمع آوری، حمل و ذخیره سازی (آماده سازی) است. (در مورد گیاهان انرژی زا، مرحله کاشت محصول نیز علاوه بر این مراحل وجود دارد)

مناقشه منبع به معنی وجود و میزان تاثیر بازار رقیب در انتخاب منابع گوناگون زیست‌توده است.

جدول ۲ : در این جدول میزان امتیاز هر یک از منابع زیست‌توده مورد پرسش قرار گرفته است. به هر یک از گزینه‌های مورد بررسی بر اساس معیار پرسش شده امتیازی تخصیص دهید. (امتیاز بین ۱ الی ۱۰)

	انواع منابع زیست‌توده				
	زباله جامد شهری	فاضلاب شهری	گیاهان انرژی زا و زائدات کشاورزی	فضولات دامی	ضایعات و زائدات جنگلی	پسماند صنعتی
ملاحظات زیست محیطی منابع ۱ (مقدار کم به معنای آلودگی بیشتر)						
پتانسیل منبع (مقدار کم به معنای پتانسیل کم)						
لجستیک منبع (مقدار کم به معنای نیاز به لجستیک پرهزینه)						
قیمت منبع (مقدار کم به معنای قیمت زیاد)						
مناقشه منبع (مقدار کم به معنای مناقشه زیاد)						

ملاحظات زیست‌محیطی شامل عواملی مانند انتشار گازهای گلخانه ای و آلاینده، میزان ایجاد آلودگی برای آب و خاک، تضعیف خاک و انتشار بو و... است. در معیار ملاحظات زیست‌محیطی هر چقدر میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای و آلودگی‌های زیست‌محیطی منبع زیست‌توده بیشتر باشد اولویت محسوب می‌شود.

پسماند صنعتی شامل پسماند صنایعی مانند صنایع مواد غذایی، صنایع لبنی، کشتارگاه‌ها، کشت و صنعت‌ها و ... است.

مناقشه هر منبع عبارت است از وجود و اهمیت بازارهای رقیب

بخش دوم: ارزیابی توانمندی در توسعه انواع فناوری‌های زیست‌توده

جدول ۳: در این جدول سطح فعلی توانمندی کشور در هر یک از انواع فناوری‌های زیست‌توده مورد بررسی قرار می گیرد. در هر یک از انواع فناوری‌ها، سطح توانمندی فعلی کشور را با علامت × مشخص نمایید.

سطوح توانمندی بالفعل کشور	انواع فناوری‌های زیست‌توده			
	احتراق مستقیم	گازیساز	هاضم بیهوازی	دفنگاه
نه تنها این فناوری در کشور استفاده نمی‌شود بلکه اطلاعات کافی نیز در مورد آن وجود ندارد				
این فناوری هنوز در کشور استفاده نشده است ولی نسبت به آن آگاهی اولیه و اطلاعات کافی وجود دارد				
این فناوری به صورت آماده وارد کشور شده و در محصول نهایی استفاده می‌شود				
توان تعمیر و نگهداری تجهیزات در این فناوری در کشور وجود دارد				
توان مونتاژ تجهیزات این فناوری در کشور وجود دارد				
توان ساخت تجهیزات این فناوری با طراحی کپی وجود دارد				
توان ساخت تجهیزات این فناوری با درصدی طراحی بومی وجود دارد				
توان ساخت تجهیزات این فناوری با طراحی کاملا بومی وجود دارد				
توان نوآوری کاربردی در کشور وجود دارد.				

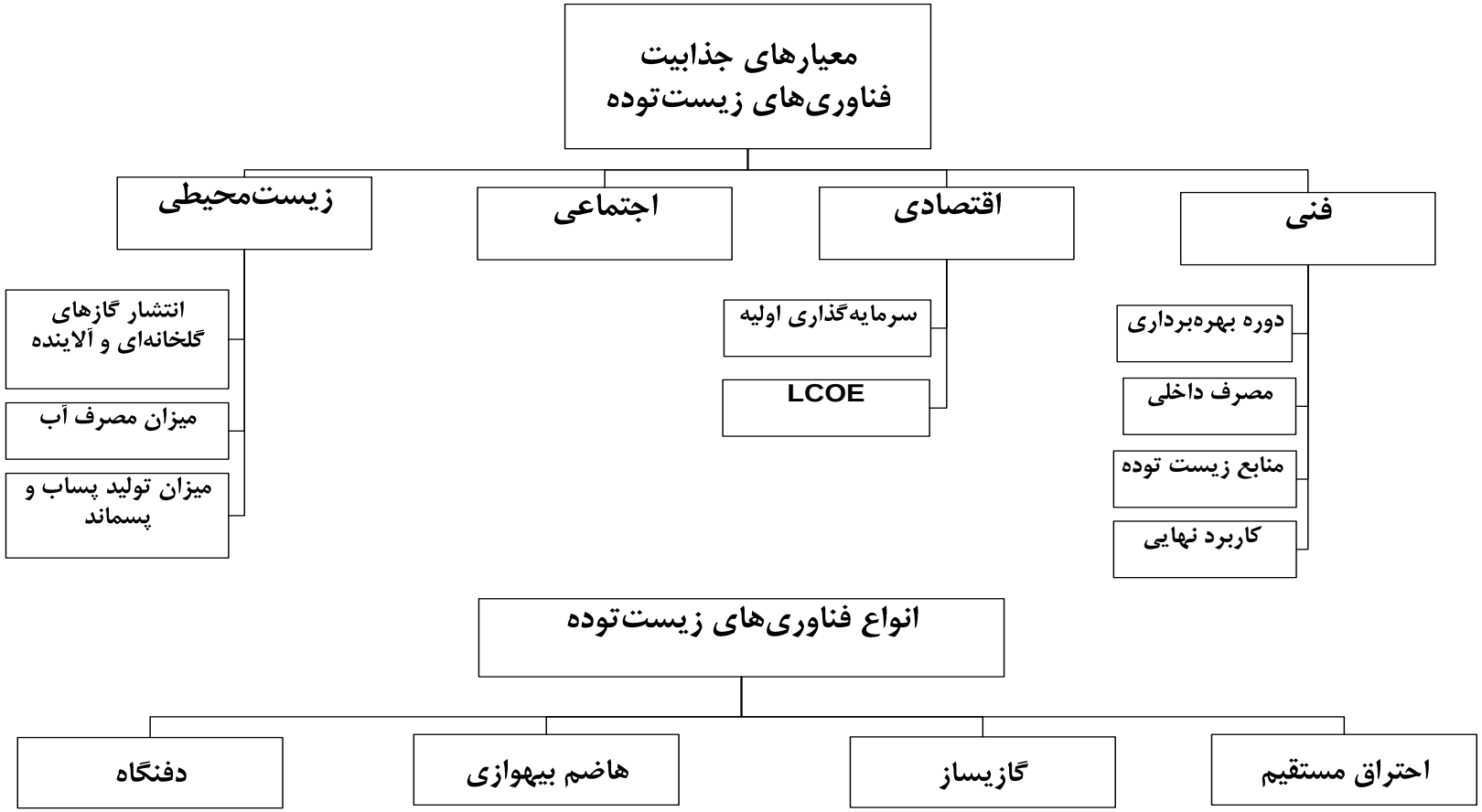
توان نوآوری بنیادین در کشور وجود دارد.				

جدول ۴: در این جدول سطح بالقوه (قابل دستیابی تا ۵ سال آینده) توانمندی کشور در هر یک از انواع فناوری‌های زیست‌توده مورد بررسی قرار می گیرد. در هر یک از انواع فناوری‌ها، سطح توانمندی فعلی کشور را با علامت × مشخص نمایید.

سطوح توانمندی بالقوه کشور	انواع فناوری‌های زیست‌توده			
	احتراق مستقیم	گازیساز	هاضم بیهوازی	دفنگاه
نه تنها این فناوری در کشور استفاده نمی‌شود بلکه اطلاعات کافی نیز در مورد آن وجود ندارد				
این فناوری هنوز در کشور استفاده نشده است ولی نسبت به آن آگاهی اولیه و اطلاعات کافی وجود دارد				
این فناوری به صورت آماده وارد کشور شده و در محصول نهایی استفاده می‌شود				
توان تعمیر و نگهداری تجهیزات در این فناوری در کشور وجود دارد				
توان مونتاژ تجهیزات این فناوری در کشور وجود دارد				
توان ساخت تجهیزات این فناوری با طراحی کپی وجود دارد				
توان ساخت تجهیزات این فناوری با درصدی طراحی بومی وجود دارد				

توان ساخت تجهیزات این فناوری با طراحی کاملا بومی وجود دارد				
توان نوآوری کاربردی در کشور وجود دارد.				
توان نوآوری بنیادین در کشور وجود دارد.				

بخش سوم: ارزیابی جذابیت هر یک از انواع فناوری‌های زیست‌توده



شکل ۲ : معیارهای جذابیت فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده برای تولید برق و حرارت

همانگونه که در شکل (۲) دیده می‌شود، معیارهای اصلی جذابیت برای فناوری‌های زیست‌توده (سطح اول) به چهار معیار دسته‌بندی می‌شود. در مورد معیارهای اصلی ذکر نکات زیر ضروری است:

در معیار فنی، منظور از مصرف داخلی مقدار توان تولیدی است که صرف مصارف داخلی سیستم مبتنی بر فناوری زیست‌توده (کاربرد نیروگاهی و غیرنیروگاهی) می‌شود.

در معیار کاربرد نهایی، تولید برق، حرارت و سوخت به عنوان محصول اصلی و تولید مواد شیمیایی و کمپوست به عنوان محصولات جانبی مد نظر قرار دارد.

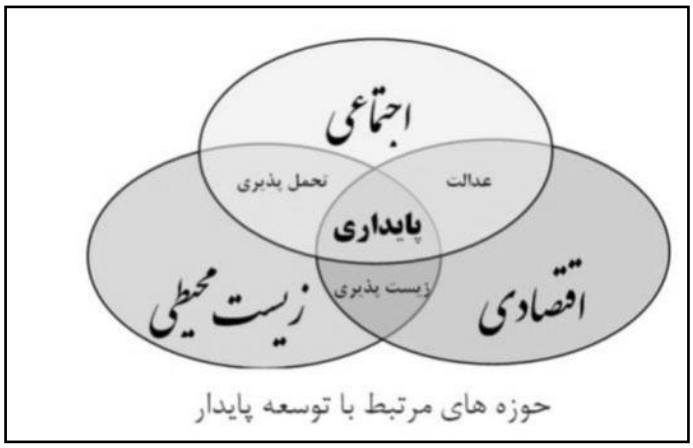
در سطح دوم، زیرمعیارهای مهم هر معیار اصلی بیان شده است. به عنوان مثال زیرمعیارهای مد نظر برای معیار جنبه زیست‌محیطی در این سطح قرار می‌گیرند.

در سطح آخر نیز فناوری‌های اصلی که در تولید برق و حرارت مورد استفاده قرار می‌گیرند ذکر شده است. لازم به ذکر می‌داند فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده، معیارهای اصلی و زیرمعیارهای آنها پیشتر به تأیید کمیته راهبری پروژه رسیده است.

جدول ۵ : در این جدول وزن معیارهای اصلی تعیین جذابیت هر یک از فناوری‌های زیست‌توده مورد بررسی قرار می‌گیرد. این جدول معیارهای اصلی برای بررسی جذابیت فناوری‌های مختلف را با هدف توسعه آن نشان می‌دهد. میزان اهمیت هر یک ازمعیارهای زیر را از دیدگاه خود تعیین کنید.

۵ ۱
بسیار مهم بسیار کم اهمیت

معیار	میزان اهمیت معیار
فنی	
اقتصادی	
زیست محیطی	
اجتماعی	



جدول ۶ : در این جدول وزن زیرمعیارهای فنی تعیین جذابیت هر یک از فناوری‌ها مورد بررسی قرار می گیرد. میـزان اهمیـت هر زیرمعیار را با توجه به خط کش زیر مشخص فرمایید.

۵ ۱

بسیار مهم ——— بسیار کم اهمیت

زیر معیار فنی	میزان اهمیت زیر معیار
منابع مورد استفاده زیست‌توده[۱]	
دوره بهره‌برداری	
مصرف داخلی[۲]	
تنوع کاربرد نهایی[۳]	

[۱] منظور از معیار منابع مورد استفاده زیست‌توده اهمیت منبع ورودی نیروگاه زیست‌توده نسبت به سایر معیارهای فنی می باشد. وضعیت گزینه های مختلف در این معیار با اسفاده از امتیازات بدست آمده برای منابع مختلف بدست خواهد آمد.

[۲] منظور از مصرف داخلی مقدار توان تولیدی است که صرف مصارف داخلی سیستم مبتنـی بـر فنـاوری زیسـت‌تـوده (کـاربرد نیروگاهی و غیرنیروگاهی) می‌شود.

[۳] در معیار تنوع کاربرد نهایی، تولید برق، حرارت و سوخت به عنوان محصول اصلی و تولید مواد شیمیایی و کمپوست به عنوان محصولات جانبی مد نظر قرار دارد.

جدول ۷ : در این جدول وزن زیرمعیارهای اقتصادی تعیین جذابیت هر یک از فناوری‌ها مورد بررسی قرار می گیرد. میزان اهمیت هر معیار را با توجه به خط کش زیر مشخص فرمایید.

۱ ۵
بسیار کم اهمیت ——— بسیار مهم

زیرمعیار اقتصادی	میزان اهمیت زیرمعیار
هزینه های سرمایه گذاری	
LCOE	

جدول ۸ : در این جدول وزن زیرمعیارهای زیست‌محیطی تعیین جذابیت هر یک از فناوری‌ها مورد بررسی قرار می گیرد. میزان اهمیت هر معیار را با توجه به خط کش زیر مشخص فرمایید.

۱ ۵
بسیار کم اهمیت ——— بسیار مهم

زیرمعیار زیست‌محیطی	میزان اهمیت زیرمعیار
انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده	
میزان مصرف آب	
میزان تولید پساب و پسماند	

جدول ۹ : در این جدول میزان امتیاز هر یک از فناوری‌های زیست‌توده در مقایسه با زیرمعیارهای جذابیت مورد پرسش قرار گرفته است. به هر یک از گزینه‌های مورد بررسی بر اساس معیار پرسش شده امتیازی تخصیص دهید.

	فناوری‌های زیست‌توده			
۵ ۱ بسیار مهم بسیار کم اهمیت	احتراق مستقیم۲	گازیساز	هاضم بیهوازی	دفنگاه
منابع زیست‌توده (امتیاز بیشتر به معنی اولویت دار بودن منبع و نیز تنوع استفاده منابع در فناوری)				
دوره بهره‌برداری (امتیاز بیشتر به معنی دوره بهره برداری طولانی تر)				
مصرف داخلی (امتیاز بیشتر به معنی مصرف داخلی کمتر)				
تنوع کاربرد نهایی (امتیاز بیشتر به معنی تنوع کاربرد بیشتر)				
اجتماعی (امتیاز بیشتر به معنی اشتغال زایی بیشتر)				
هزینه های سرمایه گذاری (امتیاز بیشتر به معنی هزینه کمتر)				
LCOE (امتیاز بیشتر به معنی LCOE کمتر)				
انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده ۱ (امتیاز بیشتربه معنی انتشار کمتر گازهای گلخانه ای)				
میزان مصرف آب (امتیاز بیشتر به معنی مصرف آب کمتر)				
میزان تولید پساب و پسماند (امتیاز بیشتر به معنی تولید پسماند کمتر)				

۱ در این معیار، هر چه میزان تولید گازهای گلخانه‌ای و آلاینده کمتر باشد اهمیت بیشتری خواهد داشت. به عبارت دیگر، هر چقدر یک فناوری نقش بیشتری در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده داشته باشد اهمیت بیشتری خواهد داشت.

۲ در فناوری احتراق مستقیم، زباله‌سوزی، احتراق مستقیم زیست‌توده در بویلرها و باهمسوزی (cofiring) آن در نیروگاه‌های متعارف مد نظر می‌باشد.

مراجع

[1] Available at: www.wikipedia.org

[2] IEA report, turkey; 2014.

[3] MENR : Republic of Turkey Ministry of Energy and Natural Resource

[4] Olgun, Status of bioenergy in Turkey; Workshop on International cooperation in the field of bioenergy, 22-24 October, Moscow, Russia, Ege University, Izmir, Turkey, 2014.

[5] Ozcan Mustafa, Oztürk Semra, Oguz Yuksel; Potential evaluation of biomass-based energy sources for Turkey; Engineering Science and Technology, an International Journal (2014) 1-7.

[6] Yarbay R. Z., Güler A.Ş., and Yaman E.; Renewable Energy Sources and Policies in Turkey;6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey.

[7] Minister of forreign Affairs, Turkey's Energy Strategy; Republic of turkey, 2013; website: http://www.mfa.gov.tr/turkeys-energy-strategy.en.mfa

[8] REN21, 2014. Available at: www.ren21.net.

[9] Ayoub N., Musharavati F., Pokharel Sh., Gabbar HA. Energy consumption and conservation practices in Qatar - A case study of a hotel building. Energy and Buildings. 84 (2014) 55–69.

[10] Qatar Energy policy, laws and regulation handbook. volume 1, strategic information and basic laws. 2015 edition international business publications, USA. ISBN 978-1-312-96025-1.

[11] Available at: http://www.bioenergyconsult.com/tag/qatar/

[12] Saudi Arabia's Renewable Energy Strategy and Solar Energy Deployment Roadmap. King Abdullah research centre for atomic and renewable energy (K.A.CARE)

[13] Munfath Khan, MS. Kaneesamkandi, Z. Biodegradable waste to biogas: Renewable energy option for the Kingdom of Saudi Arabia. International Journal of Innovation and Applied Studies. ISSN 2028-9324 Vol. 4 No. 1 Sep. 2013, pp. 101-113.

[14] Muhammad Sadiq Munfath Khan and Kaneesamkandi Zakari. Biodegradable waste to biogas: Renewable energy option for the Kingdom of Saudi Arabia. International Journal of Innovation and Applied Studies. Copyright © 2013 ISSR Journals.

[15] Akash, BA. Mohsen, MS. Current situation of energy consumption in the Jordanian industry. Energy Conversion and Management. 44 (2003) 1501–1510.

[16] F. Abdulla, M. Widyan, Z. Al-Ghazawi, S. Kiwan, H. Abu-Qdais, M. Hayajneh, A. Harb, M. Al-Nimr. Status of Jordan Renewable Energy Sector: Problems, Needs and Challenges. School of Engineering, Jordan University of Science and Technology, Irbid 22110, Jordan.

[17] Z. Al-Hamamre, A. Al-Mater, F. Sweis, Kh. Rawajfeh,. Assessment of the status and outlook of biomass energy in Jordan. Energy Conversion and Management. 77 (2014) 183–192.

[18] Available at: http://www.bioenergyconsult.com/tag/uae/

[19] UNIDO, "Technology Foresight Manual," Vienna 2005.

[20] P. Wolcott, et al., "The information technology Capability of Nations: A framework for Analysis," MOSAIC Group Report, http://mosaic. unomaha. edu/ITC_1996. pdf (current October, 2, 2003), 1997.

[21] APCTT, "Atlas technology: a famework for technology planning," Asian and Pacific Center for Transfer of Technology (APCTT) publication1989.

[22] V. Chiesa, R & D strategy and organisation: managing technical change in dynamic contexts: Imperial College Pr, 2001.

[23] Available from: http://www.sciencedirect.com/

[24] Escapenet Patent search, Available from: http://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en_EP.

[25] Rosinski, S., "Waste-to-Energy Technology Options Increase but Remain Underutilized", Electric Power Research Institute Inc., 2012. Available from: http://www.powermag.com/waste-to-energy-technology-options-increase-but-remain-underutilized/?pagenum=4

[26] World bank technical guidance report, " Municipal Solid Waste Incineration", First printing August 199

فهرست

۱- فصل اول: چارچوب نظری تدوین اقدامات سند توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- نظام نوآوری فناورانه ۱

۱-۲-۱- ویژگی‌های نظام نوآوری فناورانه ۲

۱-۲-۲- شناخت مؤلفه‌های مختلف نظام نوآوری فناورانه ۳

۱-۲-۳- شناخت ساختاری نظام نوآوری فناوری ۳

۱-۲-۳-۱- بازیگران ۳

الف) بازیگران پیشرو ۳

ب) بازیگران پیرو ۴

۱-۲-۳-۲- نهادها ۴

۱-۲-۳-۳- زیرساخت‌ها ۵

۱-۲-۳-۴- روابط و شبکه‌ها ۵

۱-۲-۴- شناخت کارکردی نظام نوآوری فناوری ۶

۱-۲-۴-۱- فعالیت‌های کارآفرینی ۷

۱-۲-۴-۲- توسعه دانش ۸

۱-۲-۴-۳- انتشار دانش ۱۰

۱-۲-۴-۴- جهت‌دهی به سیستم ۱۱

۱-۲-۴-۵- شکل‌گیری بازار ۱۲

الف) قابلیت فنی ۱۳
ب) قابلیت اقتصادی ۱۳
ج) قابلیت بازار ۱۳
۱-۲-۴-۶- مدیریت منابع ۱۴
۱-۲-۴-۷- مشروعیت‌بخشی ۱۵
۱-۳- فرآیند تدوین اهداف خرد، اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری ۱۹
۱-۳-۱- شناسایی وضعیت موجود ۲۱
۱-۳-۱-۱- شناسایی بازیگران نظام توسعه فناوری ۲۱
۱-۳-۱-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری ۲۱
بررسی مشخصه‌های ساختاری ۲۲
بررسی نشانههای تحقق مراحل توسعه نظام ۲۳
۱-۳-۲- شناسایی وضعیت مطلوب و تعیین کارکردهای کلیدی و فعال در توسعه فناوری ۲۴
۱-۳-۳- شناسایی چالش‌ها و موانع موجود در توسعه فناوری ۲۵
۱-۳-۳-۲- پایش و جمع‌بندی نظرات خبرگان ۳۰
۱-۳-۴- تعیین اهداف خرد ۳۰
۱-۳-۴-۱- رویکرد بالا- به- پایین ۳۲
۱-۳-۴-۲- رویکرد پایین- به- بالا ۳۳
۱-۳-۵- تدوین سیاست‌ها و اقدامات ۳۴

مراجع ۳۵

۲- فصل دوم: برنامه اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده ۳۶

۲-۱- مقدمه ۳۷

۲-۲- فرایند تدوین اقدامات توسعه فناوری‌های زیست‌توده ۳۸

۲-۲-۱- شناسایی وضعیت موجود توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده ۳۸

۲-۲-۱-۱- بازیگران نظام توسعه فناوری‌های زیست‌توده ۳۸

بازیگران در زمینه توسعه دانش ۳۹

بازیگران در زمینه انتشار دانش ۳۹

بازیگران در زمینه تأمین منابع ۴۳

بازیگران در زمینه جهت‌دهی به سیستم ۵۱

۲-۲-۱-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده ۵۲

مرحله توسعه فناوری هاضم بیهوازی ۵۳

مرحله توسعه فناوری گازیسازی ۵۴

مرحله توسعه فناوری زباله‌سوزی ۵۶

۲-۲-۱-۳- تعیین موتور متناسب با فاز توسعه نظام ۵۷

۲-۲-۱-۴- تعیین کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای ۵۸

۲-۲-۲- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده ۶۱

۲-۲-۳- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های زیست‌توده ۶۱

آقای دکتر عدل ۶۲

مهندس نصیری ۶۴

خانم دکتر هشدار ۶۵

آقای دکتر جوادی ۶۶

آقای دکتر محمودخانی ۶۷

آقای مهندس دشتی ۶۸

خانم مهندس داوری ۶۹

۲-۲-۳-۲- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده در هر یک از کارکردها ۶۹

۲-۲-۴- تعیین اهداف خرد توسعه فناوری‌های زیست‌توده ۷۱

۲-۲-۵- سیاست‌ها و اقدامات حوزه توسعه فناوری‌های زیست‌توده ۷۳

۲-۲-۵-۲- اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های زیست‌توده ۷۷

۲-۲-۵-۳- اقدامات غیرفنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های زیست‌توده ۷۷

۲-۲-۶- جمع‌بندی ۸۰

مراجع ۸۱

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ حالت‌های ممکن خلق دانش در حین یادگیری در حین تعامل..... ۹
شکل ۱-۲ نمایش مسیر توسعه بازار فناوری..... ۱۴
شکل ۱-۳ فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه فناوری نوظهور ۲۰
شکل ۱-۴ نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه ۲۳
شکل ۱-۵ مراحل توسعه نظام نوآورانه فناورانه و موتورهای فعال در هر مرحله..... ۲۴
شکل ۱-۶ موتورها و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای (F1: فعالیت‌های کارآفرینی، F2: توسعه دانش، F3:
انتشار دانش، F4: جهت‌دهی به سیستم، F5: شکل‌دهی به بازار، F6: تأمین منابع، F7: مشروعیت‌بخشی.)..... ۲۵
شکل ۱-۷ روش بالا به پایین در تدوین اهداف خرد ۳۳
شکل ۱-۸ هدفگذاری خرد با رویکرد پایین به بالا ۳۴
شکل ۲-۱ فرایند تدوین اقدامات توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده..... ۳۸
شکل ۲-۲ نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه ۵۳
شکل ۲-۳ شناسایی فاز توسعه فناوری هاضم بیهوازی ۵۴
شکل ۲-۴ شناسایی فاز توسعه فناوری گازیسازی ۵۶
شکل ۲-۵ شناسایی فاز توسعه فناوری زباله‌سوزی ۵۷
شکل ۲-۶ موتورهای متناسب با مراحل توسعه نظام فناوری..... ۵۸
شکل ۲-۷ موتور محرک علم و فناوری..... ۵۹
شکل ۲-۸ موتور محرک کارآفرینی ۶۰

فهرست جداول

جدول ۱-۱ ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه ۶

جدول ۱-۲ کارکردهای پیشنهادی و شاخص‌های آن‌ها ۱۷

جدول ۱-۳ مشخصه‌های ساختاری نظام توسعه فناوری ۲۳

جدول ۱-۴ سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک علم و فناوری در مرحله پیش توسعه ۲۷

جدول ۱-۵ سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک کارآفرینی در مرحله توسعه ۲۷

جدول ۱-۶ سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور ساختاردهی به سیستم در مرحله اوج‌گیری ۲۸

جدول ۱-۷ سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور شکل‌دهی به بازار در مرحله سرعت‌گیری ۳۰

جدول ۲-۱ شرکت‌های مشاوره، سازنده و تأمین‌کننده فناوری‌های انرژی زیست‌توده ۴۵

جدول ۲-۲ کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای موتور اول ۵۹

جدول ۲-۳ کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای موتور دوم ۶۱

جدول ۲-۴ فهرست خبرگان و کارشناسان آشنا با چالش‌های حوزه زیست‌توده ۶۲

جدول ۲-۵ چالش‌های مرتبط با توسعه فناوری‌های زیست‌توده به تفکیک کارکرد ۷۰

جدول ۲-۶ اهداف خرد تعیین شده برای توسعه فناوری‌های زیست‌توده به تفکیک کارکرد ۷۲

جدول ۲-۷ اقدامات لازم برای رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های زیست‌توده به تفکیک کارکرد ۷۴

جدول ۲-۸ اقدامات لازم برای رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های زیست‌توده به تفکیک کارکرد ۷۸

جدول ۲-۹ اقدامات لازم برای رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های زیست‌توده به تفکیک کارکرد ۷۹

۱- فصل اول: چارچوب نظری تدوین اقدامات سند توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده

۱-۱- مقدمه

مبنای تدوین این اقدامات در این سند، نظام نوآوری فناورانه (TIS) است. بنا بر تعریف کارلسون و استانکیویکز، نظام فناورانه عبارت است از: شبکه‌ای پویا از عاملان که در یک ناحیه اقتصادی/صنعتی تحت زیرساخت‌های نهادی خاص با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری سهیم هستند.

نقطه آغاز تحلیل یک نظام نوآوری فناورانه بر یک منطقه جغرافیایی یا بخش صنعتی متمرکز نیست، بلکه بر یک فناوری یا یک زمینه فناورانه متمرکز است. هدف بیشتر مطالعات نظام‌های نوآوری فناورانه، تحلیل و ارزیابی توسعه یک نوآوری فناورانه خاص در قالب ساختار یا فرآیندهای پشتیبان (یا مخرب) آن است. از این منظر، می‌توان به این رویکرد به عنوان یک گونه خردنگر[1] از مفهوم نظام‌های بخشی نوآوری نگریست. رویکرد نظام نوآوری فناورانه دارای مشخصه‌های عمومی رویکردهای نظام نوآوری است. با این وجود، دو مشخصه، این رویکرد را از رویکردهای دیگر متمایز می‌سازد. اولین مشخصه، تأکید رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر نقش شایستگی اقتصادی، توانایی توسعه و استفاده از فرصت‌های جدید کسب و کار به عنوان جنبه‌ای مهم از نوآوری فناورانه می‌باشد. این رویکرد بر کافی نبودن تحریک جریان‌های دانش برای وقوع تغییرات فناورانه و عملکرد اقتصادی تأکید می‌کند. تحریک جریان‌های دانش برای تحریک فعالانه دانش‌های موجود به منظور ایجاد فرصت‌های جدید کسب و کار، لازم است. این جنبه رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر اهمیت اشخاص به عنوان منابع نوآوری تأکید می‌کند. این موضوع توسط رویکردهای کلی‌نگر[2] نظام نوآوری مغفول واقع گردیده است. تمرکز بر فعالیت‌های کارآفرینانه، مکمل تأکید بر جریان‌های دانش است. مشخصه دوم متمایزکننده مطالعات مربوط به نظام نوآوری فناورانه از رویکردهای دیگر، تمرکز زیاد آن بر پویایی سیستم است. تمرکز بر اقدام کارآفرینانه، پژوهشگران حوزه نظام نوآوری فناورانه را تشویق به نگریستن به آن به‌عنوان چیزی کرده است که در طول زمان ایجاد می‌گردد.

۱-۲- نظام نوآوری فناورانه

1 Micro oriented
2 Macro oriented

نظام‌های نوآوری با تمرکز خاص بر فناوری، نمونه‌ای از رویکردهای سیستمی هستند که در ادبیات از آن‌ها تحت عنوان نظام نوآوری فناورانه یاد می‌گردد. نقطه شروع تحلیل در نظام‌های نوآوری فناورانه مرزهای جغرافیایی یا یک صنعت خاص نبوده، بلکه این رویکرد تمرکز بر فناوری را هدف مطالعه قرار می‌دهد.

هدف تحلیل‌های نظام نوآوری فناورانه ارزیابی روند توسعه یک نوآوری فناورانه از نگاه ساختار و فرآیندهایی است که به پشتیبانی و یا ممانعت از آن می‌پردازد. در تعریف نظام نوآوری فناورانه، فناوری هم به معنای مواد، سخت‌افزارها و نرم‌افزارهایی است که به شکل مستقیم در فرایند توسعه به کار می‌روند و هم به شکل دانشی است که چه به شکل عمومی و یا نهفته در محصول وجود دارد.

۱-۲-۱- ویژگی‌های نظام نوآوری فناورانه

نظام نوآوری فناورانه علی‌رغم دارا بودن ویژگی‌های مشترک سایر رویکردهای نظام نوآوری، دارای دو ویژگی متمایزکننده از سایر رویکردهای نظام نوآوری می‌باشند که عبارت‌اند از:

۱- تأکید بر نقش شایستگی اقتصادی

۲- تأکید جدی بر پویایی سیستم

نظام نوآوری فناورانه دارای چهار ویژگی اساسی بوده که این ویژگی‌ها با سایر رویکردهای نظام نوآوری مشترک می‌باشد، که به شرح زیر می‌باشند:

۱- سیستم (نه تک‌تک اجزا) به عنوان واحد تحلیل قرار می‌گیرد.

۲- سیستم ماهیتی پویا دارد.

۳- فرصت‌های فناورانه عملاً نامحدود هستند. بنابراین لازم است تا تمرکز بیشتری در شناسایی، جذب و بهره‌برداری از فرصت‌های فناورانه صورت پذیرد.

۴- بازیگران این نظام خردپذیر هستند، اما با محدودیت‌هایی از جنس توانایی‌ها و اطلاعات رو به رو هستند.

۱-۲-۲- شناخت مؤلفه‌های مختلف نظام نوآوری فناورانه

به منظور شناخت کافی از مؤلفه‌های مختلف نظام نوآوری فناورانه، لازم است تا مفهوم دو حوزه اساسی نظام‌های نوآوری فناورانه، یعنی شناخت ساختاری و شناخت کارکردی تبیین گردد.

۱-۲-۳- شناخت ساختاری نظام نوآوری فناوری

ساختار نظام نوآوری فناورانه از اجزایی مختلفی تشکیل شده که عبارتند از: بازیگران، نهادها، روابط و شبکه‌ها و فناوری.

۱-۲-۳-۱- بازیگران

منظور از بازیگران عبارت است از هر سازمانی که در ظهور فناوری به طور مستقیم به عنوان توسعه‌دهنده و یادگیرنده فناوری یا به طور غیرمستقیم به عنوان تنظیم‌کننده، تأمین‌کننده مالی و دیگر نقش‌ها مهم هستند. در حقیقت، این بازیگران یک نظام نوآوری فناورانه هستند که با انتخاب‌ها و تصمیمات خود، فناوری‌هایی را ایجاد، منتشر و بهره‌برداری می‌کنند. تنوع بالقوه بازیگران در یک نظام نوآوری فناورانه بسیار زیاد است و گستره‌ای از بازیگران خصوصی، بازیگران عمومی، توسعه‌دهندگان فناوری تا گیرندگان آن را در بر می‌گیرد. در کل بازیگران را می‌توان به دو دسته پیشرو و پیرو تقسیم کرد.

الف) بازیگران پیشرو

بازیگران پیشرو آن‌هایی هستند که کاملاً در توسعه یک فناوری خاص وارد شده‌اند و به موفقیت آن فناوری وابسته می‌باشند. از این گروه از بازیگران می‌توان به عنوان بازیگران مستقیم یاد کرد که شامل توسعه‌دهندگان و یا گیرندگان فناوری می‌شوند. به طور معمول، پیشروان توسعه یک فناوری، متشکل از واحدهای صنعتی و توسعه‌دهندگان فناوری کوچک هستند که تنها در حوزه یک فناوری به ایفای نقش مشغول هستند. برای مثال، اندازه کوچک یک شرکت، جایگاه آن به عنوان یک توسعه‌دهنده فناوری و وابستگی آن به یک گزینه فناورانه، نشانگر نقش آن به عنوان یک پیشرو است.

بازیگران پیشرو در یک فناوری که به ماندن در آن حوزه تمایل دارند، از یک رویکرد تجربی[1] برای توسعه دانش استفاده می‌کنند و بیشتر بر مزایا به جای هزینه‌ها تأکید می‌کنند. از این رو این گروه برای به‌کارگیری در برنامه اطلاع‌رسانی بسیار مناسب بوده و انگیزه کافی را دارا می‌باشند و می‌توان با استفاده از آن‌ها بازیگران پیرو را به فعالیت وادار کرد.

ب) بازیگران پیرو

این گروه از بازیگران کاملاً در توسعه یک فناوری درگیر نشده‌اند و می‌توانند بین گزینه‌های مختلف، دست به انتخاب بزنند. از بازیگران پیرو می‌توان به‌عنوان بازیگران غیرمستقیم در توسعه فناوری نوظهور یاد کرد. بازیگران پیرو را می‌توان متشکل از تنظیم‌گران، تأمین‌کنندگان مالی، کاربران و بنگاه‌های بزرگ با قابلیت حمایت از انواع مختلفی از گزینه‌های فناورانه دانست. نمونه این گروه سرمایه‌گذاران می‌باشند که می‌توانند در صنایع و فناوری‌های مختلف سرمایه‌گذاری کنند و هدف آن‌ها کسب درآمد و سود هر چه بیشتر می‌باشد.

پیروان با گزینه‌های مختلفی برای اجرا و سرمایه‌گذاری روبرو می‌باشند. از این رو تمایل به فعالیت در گزینه‌های مختلف را داشته و با در نظر گرفتن چند گزینه و مقایسه آن‌ها، از یک رویکرد عینی[2] برای توسعه دانش استفاده می‌کنند و از چارچوب‌های ارزیابی مختلفی بهره می‌برند. این گروه از بازیگران در حقیقت گروه هدف (مخاطبان) برنامه اطلاع‌رسانی می‌باشند که باید با اجرای برنامه اطلاع‌رسانی تمایل این گروه را به فناوری مد نظر بیشتر کرد.

۱-۲-۳-۲- نهادها

نهادها به عنوان قواعد بازی در یک جامعه یا به طور رسمی‌تر «تنگناهای تدبیر شده انسانی که شکل‌دهنده تعاملات انسان‌ها می‌باشد» شناخته می‌شوند. به‌عبارت‌دیگر، نهادها را می‌توان اصول، قوانین و مقررات نحوه برقراری و ایجاد ارتباط و تعامل بین بازیگران مختلف دانست. در واقع می‌توان از این نهادها در تعیین نحوه برقراری تعامل با ذینفعان و مخاطبان مختلف استفاده کرد.

نهادها را می‌توان به دو دسته نهادهای رسمی (دارای قوانین مدون شده) و غیررسمی (ضمنی‌تر بوده و می‌توانند هنجاری «بر مبنای هنجارهای اجتماعی» یا شناختی «چارچوب‌های ذهنی و پارادایم‌های اجتماعی» باشند) تقسیم کرد.

1 Experience based
2 Objective

مثال‌هایی از نهادهای رسمی عبارتند از قوانین دولتی و تصمیمات سیاستی و یا بخش‌نامه‌ها یا قراردادهای بنگاه‌ها. مثالی در رابطه با قواعد هنجاری، مسئولیت احساس شده توسط یک شرکت در رابطه با عدم تولید ضایعات یا پاکیزه‌سازی آن‌ها است. مثال‌هایی در رابطه با قواعد شناختی نیز جستجوی ذهنی[1] (ابتکاری) یا رویه‌های حل مسئله هستند.

قواعد نهادی خصوصاً نهادهای رسمی بسیار کمی وجود دارد و حتی قواعد موجود با فناوری در حال ظهور سازگازی چندانی ندارند. به همین منظور، در توسعه فناوری نوظهور قواعد شناختی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند و از این قواعد برای هدایت بازیگران (به ویژه بازیگران پیرو) و جلب حمایت برای توسعه فناوری استفاده می‌شود.

۱-۲-۳-۳- زیرساخت‌ها

عوامل فناورانه متشکل از مصنوعات و زیرساخت‌های فناورانه به صورتی یکپارچه هستند. عملکرد فنی – اقتصادی از اهمیت زیادی (برای فهم فرآیند تغییر فناورانه) برخوردار می‌باشد. عملکردهای فنی شامل ساختارهای هزینه، ایمنی، قابلیت اطمینان، اثرات افزایش مقیاس و موارد دیگر می‌شود.

۱-۲-۳-۴- روابط و شبکه‌ها

این بخش فراهم‌آورنده یک نگاه مفهومی به تمامی روابط می‌باشد. روابط ممکن بین مؤلفه‌های ساختاری دارای انواع گوناگونی می‌باشند، که این روابط شامل روابط بین بازیگران مختلف، بازیگران- نهادها، بازیگران- فناوری‌ها و فناوری‌ها- نهادها می‌شود.

روابط بین بازیگران- نهادها و بین بازیگران- فناوری‌ها مشابه یکدیگر بوده و هر دو این روابط از نوع روابط فاعل–مفعولی می‌باشند مثل تغییر قوانین و مقررات مرتبط با موضوع. این موضوع با در نظر گرفتن اختلاف بین این روابط و روابط بین بازیگران بهتر فهمیده می‌شود.

اولاً، روابط بین بازیگران با استقلال دوسویه مشخص می‌گردد و معمولاً بازیگران در جایگاهی قرار ندارند که به طور مستقیم یکدیگر را تغییر، تطبیق و یا حذف نمایند؛ در عوض، روابط بین بازیگران مختلف در یک نظام متشکل از قواعد نهادی و فناورانه محدود شده‌اند. بازیگران می‌توانند در انجام اقدامات به طور عمدی معماری قواعد نهادی و فناورانه را تغییر دهند و از

[1] Heuristic

این طریق (به طور غیرمستقیم) بر محیط عملکرد سایر بازیگران اثر بگذارند. میزان انجام این اقدامات وابسته به شایستگی‌های بازیگران و جایگاه آن‌ها در نظام نوآوری فناورانه است.

ثانیاً روابط بین بازیگران و فناوری‌ها و روابط بین بازیگران و نهادها، تعاملی نبوده، بلکه یک‌سویه می‌باشد. در حقیقت معماری قواعد فناورانه و نهادهای فراهم‌آورنده مشوق‌هایی برای بازیگران برای انجام برخی از اقدامات خاص و پرهیز از برخی اقدامات دیگر است.

زمانی‌که روابط دارای پیکربندی مشخص و متراکم باشند می‌توان از این پیکربندی به‌عنوان ساختار شبکه‌ای یاد کرد. در شبکه ارتباط تمام انواع روابط و نحوه برقراری هر یک از آن‌ها مشخص شده است. جدول (۱-۱) تمامی ابعاد ساختاری TIS را به صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱ ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

ابعاد ساختاری	زیر بخش‌ها
بازیگران	• جامعه مدنی • شرکت‌ها: شرکت‌های تازه تأسیس شده، بنگاه‌های کسب و کار کوچک و متوسط، کارخانه‌های بزرگ، شرکت‌های چندملیتی • دولت • سازمان‌های مردم نهاد • بخش‌های دیگر: سازمان‌های قانون‌گذاری، بانک‌ها/ سازمان‌های مالی، نهادهای واسطه‌ای، کارگزاران دانشی مشاورین
نهادها	• سخت: قوانین، مقررات، دستورالعمل‌ها • نرم: هنجارها، عادت‌های رایج، رسوم سنتی و انتظارات و ...
تعاملات	• در سطح شبکه • در سطح ارتباطات فردی
زیرساخت‌ها	• تجهیزاتی: ابزارهای فنی، ماشین‌ها، ساختمان‌ها، جاده‌ها، پل‌ها و ... • دانشی: دانش، تخصص، اطلاعات راهبردی

۱-۲-۴- شناخت کارکردی نظام نوآوری فناوری

نظام‌های نوآوری فناورانه را می‌توان به عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات فناورانه به کار برد. توسعه، انتشار و بکارگیری نوآوری‌ها را در عمل می‌توان به عنوان کارکردهای اصلی نظام‌های نوآوری قلمداد کرد. در کل نظام نوآوری فناورانه دارای

هفت کارکرد مختلف می‌باشد که عبارتند از: فعالیت‌های کارآفرینی، توسعه دانش، انتشار دانش، جهت‌دهی به جستجو، شکل‌دهی بازار، تأمین و تخصیص منابع و مشروعیت‌بخشی.

۱-۲-۴-۱- فعالیت‌های کارآفرینی

در ابتدای توسعه فناوری تعداد گزینه‌ها زیاد بوده و ریسک و عدم قطعیت بالا از ویژگی‌های اصلی فناوری می‌باشد. بر این اساس هدف اصلی از انجام فعالیت کارآفرینی، بهره‌برداری از فرصت‌های موجود از طریق انجام ریسک در شرایط عدم قطعیت بازار و فناوری و نهادهای چالش برانگیز است. بنابراین بدون انجام فعالیت‌های کارآفرینی، نظام نوآوری شکل نخواهد گرفت. بنابراین می‌توان گفت که لازمه خلق دانش و افزایش دانش فنی در رابطه با فناوری، انجام فعالیت‌های کارآفرینی می‌باشد. به طور کلی می‌توان دو زیرکارکرد را برای فعالیت‌های کارآفرینی متصور شد: ایجاد فرصت‌های کاری جدید و شناساندن فرصت‌های کاری جدید.

کارآفرینان را می‌توان از منظر سابقه آن‌ها در انجام فعالیت‌های کارآفرینی به دو دسته تقسیم کرد: دسته اول بازیگرانی هستند که به فناوری جدید به مثابه فرصتی برای ورود به کسب و کار می‌نگرند و به استفاده از بازارهای موجود در حوزه فناوری نوظهور می‌اندیشند. برای جذب سرمایه و حمایت این دسته از کارآفرین‌ها باید در تعامل با آن‌ها بر سوددهی و منفعت مالی ناشی از بکارگیری فناوری نوظهور تأکید کرد. دسته دوم بازیگرانی را شامل می‌شود که فناوری جدید را به دید یک فرصت جدید برای تنوع‌بخشی به سبد کاری خود می‌بینند و برای استفاده از مزایای آن به فعالیت در این زمینه می‌پردازند. در تعامل با این گروه از کارآفرین‌ها باید بر نو بودن فناوری، تنوع محصولات تولیدی با استفاده از این فناوری و رقابت‌پذیری محصولات تولیدی آن در بازار تأکید کرد.

می‌توان گفت که فعالیت‌های کارآفرینی شامل تلاش‌هایی است که به‌طور مستقیم به تجاری‌سازی محصولات و خدمات ارائه شده بر پایه دانش فنی موجود می‌پردازند. در حقیقت، این فعالیت است که یک نظام نوآوری را از یک نظام تحقیقات متمایز می‌سازد. لازم به ذکر است که انجام فعالیت‌های کارآفرینی می‌تواند منجر به شکل‌گیری دانش‌های جدید از فناوری موجود گردد. بنابراین، از یکسو توسعه دانش لازمه انجام فعالیت‌های کارآفرینانه است و از سوی دیگر، فعالیت‌های کارآفرینانه با افزایش دانش فنی در رابطه با فناوری همراه است.

در ادبیات، نمونه‌هایی از فعالیت‌های مربوط به این کارکرد برشمرده شده است:

- سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر صورت پذیرفته (پروژه‌های انجام شده) در تجاری‌سازی فناوری
- ورود شرکت‌های نوآور در عرصه تجاری‌سازی فناوری
  - تأسیس شرکت‌های نوپا
  - ورود شرکت‌های موجود در حوزه‌های دیگر به حوزه فناوری
- ارائه محصولات و خدمات جدید در زمینه فناوری
- فعالیت‌های انجام شده با هدف نمایش و توجیه‌پذیر ساختن فناوری
  - برگزاری نمایشگاه فناوری
  - انجام پروژه‌های نمایشی

۱-۲-۴-۲- توسعه دانش

تمام فعالیت‌های این مرحله را می‌توان شامل فرآیند یادگیری فناوری و موضوعات مرتبط به آن دانست. در مبحث توسعه دانش بحث مهم خلق دانش می‌باشد که کارکردهای خلق دانش را می‌توان به دو دسته خلق دانش فنی و خلق دانش غیرفنی تقسیم کرد. در بخش خلق دانش فنی مسائل فنی و تخصصی فناوری بررسی و تعیین می‌گردد و در مبحث خلق دانش غیرفنی موضوعاتی چون مدیریت، بازار و مصرف‌کنندگان بررسی و تعیین می‌گردند.

مهم‌ترین موانع در برابر انجام فعالیت در این زمینه توسعه دانش را می‌توان به دو بخش ضعف‌های نهادی و ضعف‌های بازیگران دسته‌بندی کرد. منظور از ضعف‌های نهادی نبود برنامه‌ریزی صحیح برای انجام تحقیقات و جمع‌آوری اطلاعات در مورد فناوری بوده و منظور از ضعف‌های بازیگران نبود افراد متخصص، آگاه و توانا در موضوع می‌باشد.

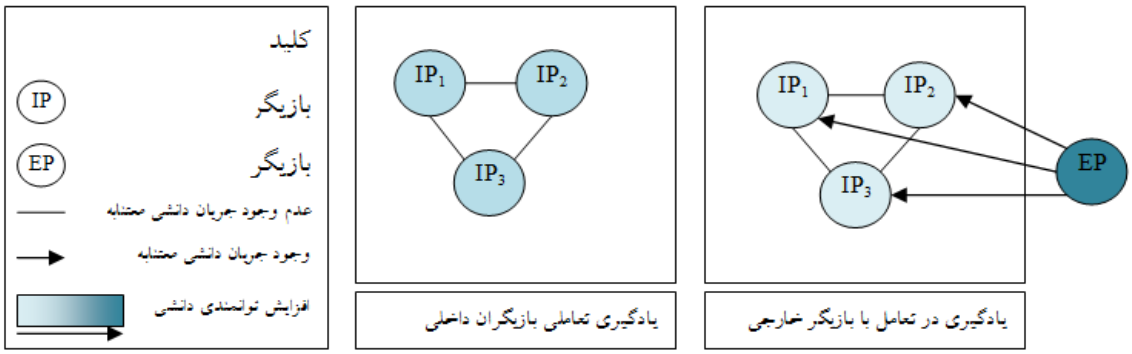
از نتایج و کارکردهای عمده یادگیری و خلق دانش می‌توان به افزایش عمق و گستره دانش موجود در رابطه با فناوری اشاره کرد. باید توجه داشت که با افزایش عمق دانش از عدم قطعیت موجود در رابطه با فناوری کاسته می‌شود، در حالی که افزایش گستره دانش موجود به دلیل افزایش تنوع، عدم قطعیت موجود در سیستم را افزایش می‌دهد.

کسب شناخت و یادگیری بازیگران در صورت وقوع در حین تعامل احتمال دارد به دو صورت مختلف اتفاق بیفتد که این دو عبارتند از:

۱- تعامل موجود بین بازیگران مختلف موجود در سیستم: در این حالت در مواردی که هیچ یک از آنان دانش مورد نظر را به اندازه کافی ندارد همگی آن‌ها برای رسیدن به یک دانش مشترک با یکدیگر تعامل دارند و بین آن‌ها جریان دانشی قابل توجّهی وجود ندارد.

۲- تعامل بازیگران موجود در سیستم با بازیگران خارج از سیستم: در این حالت اطلاعات از خارج از سیستم به بازیگران داخلی انتقال داده شده و سبب افزایش جریان دانش انتقالی در بین بازیگران داخلی می‌شود.

با توجه به مسائل بیان شده به منظور اجرای مؤثرتر این کارکرد می‌توان با اجرای برنامه اطلاع‌رسانی، شناخت و دانش مورد نیاز را به بازیگران موجود در سیستم انتقال داد و با این کار سبب افزایش سطح دانش انتقالی بین بازیگران مختلف شد. به عبارت دیگر با اجرای برنامه اطلاع‌رسانی با استفاده از حالت دوم، بازیگران موجود در سیستم نسبت به فناوری جدید آگاه شده و سبب افزایش دانش انتقالی بین بازیگران (انتقال به صورت اول) می‌شود.



شکل ۱-۱ حالت‌های ممکن خلق دانش در حین یادگیری در حین تعامل.

از طریق ارزیابی شاخص‌ها و رخدادهای زیر می‌توان میزان برآوردن این کارکرد را بررسی کرد:

- تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه فناوری
- تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه فناوری
- تعداد و اندازه نهادهای تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه فناوری
- تعداد و اندازه مطالعات علمی و فنی صورت گرفته درباره فناوری

- تعداد تست‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی فناوری
- تعداد انجام آزمایش و پیاده‌سازی فناوری در ناحیه‌ای از محیط به جای محدوده گسترده‌تر (پایلوت[1])
- تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از فناوری (پروتوتایپ[2])

۱-۲-۴-۳- انتشار دانش

در مواردی این کارکرد و کارکرد قبل (توسعه و انتشار دانش) را در قالب یک کارکرد در نظر می‌گیرند و این دو بسیار به یکدیگر نزدیک می‌باشند. در واقع در توسعه دانش هدف کسب و یادگیری دانش بوده، در حالی که در این کارکرد هدف از انجام فعالیت‌های انجام شده، تسهیم و به اشتراک‌گذاری دانش و اطلاعات در میان بازیگران مختلف موجود در سیستم است. مهم‌ترین نقشی که کارکرد انتشار دانش بر عهده دارد، ایجاد یادگیری تعاملی است.

یکی از ویژگی‌های مهم نظام نوآوری فناورانه، وجود شبکه در ساختار آن است. مهم‌ترین نقشی که یک شبکه قادر به برآوردن آن است، فراهم‌آوری بستری برای ایجاد جریان دانش و اطلاعات در بین بازیگران موجود در سیستم است. دو نوع از شبکه‌ها را می‌توان متصور بود: شبکه‌های نرم و شبکه‌های سخت. در شبکه‌های نرم، لزوماً دانش موجود در منبع دانشی (بازیگر برخوردار از دانش) به بازیگر خواهان دانش به صورت کامل منتقل نمی‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه عبارتند از: کنفرانس‌ها، همایش‌ها، کارگاه‌ها و پایگاه‌های اطلاعاتی مشترک بین بازیگران موجود در نظام. از این پس، این نوع از انتشار دانش، تسهیم دانش نامیده می‌شود. در شبکه‌های سخت، دانش موجود در منبع دانشی توسط بازیگر خواهان آن دریافت می‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه‌ها عبارتند از: اتحادهای استراتژیک، هاب‌های فناوری و سرمایه‌گذاری‌های مشترک. این نوع از انتشار دانش، به اشتراک‌گذاری دانش نامیده می‌شود. نمونه‌ای از رخدادها و شاخص‌های نشانگر تحقق این کارکرد عبارتند از:

- تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)
- میزان جابجایی نیروهای تحصیل‌کرده دانشگاهی با محوریت فناوری
- کنفرانس‌ها، کارگاه‌های آموزشی، پیمان‌ها و توافق‌نامه‌های بین بازیگران، سرمایه‌گذاری‌های مشترک صورت پذیرفته با موضوع فناوری

1 Pilot
2 Prototype

- تعداد و اندازه شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه

به‌منظور استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی در این مورد اطلاعات باید به بازیگران کم اثرتر انتقال داده شود و معمولاً مخاطب برنامه‌های اطلاع‌رسانی در این موارد عموم مردم می‌باشند. در این مرحله دانش‌های مربوط به فناوری به مصرف‌کنندگان محصولات فناوری مد نظر انتقال داده می‌شود. این نوع یادگیری، بر پایه تجربه استفاده‌کنندگان از نظام نوآوری فناورانه قرار دارد، مانند تعاملی که بین مصرف‌کننده و تولیدکننده فناوری برقرار می‌شود.

۱-۲-۴-۴- جهت‌دهی به سیستم

کارکرد جهت‌دهی به سیستم متشکل از فعالیت‌هایی است که به گزینش و محدود کردن گزینه‌های موجود در رابطه با فناوری، کاربرد آن‌ها و بازارشان در سطوح مختلف می‌پردازد. این سطوح عبارتند از: سطح فراسیستم[۱] و سطوح کلان[۲] و خرد سیستم[۳]. این فعالیت‌ها به‌منظور همگرا ساختن تلاش‌های انجام گرفته در توسعه فناوری انجام می‌شوند. می‌توان این فرایند گزینشی را دربرگیرنده شناسایی فرصت‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه دانست. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که به علت وجود محدودیت در منابع در دسترس، از میان گزینه‌های مختلف موجود باید دست به انتخاب زد و بر آن تمرکز نمود. بدون انجام این مرحله، نیاز و انتظارات بازیگران از روند توسعه ناشناخته باقی مانده و منابع در دامنه وسیعی از گزینه‌های کاربردی و فناورانه پراکنده شده و به هدر می‌رود. در نتیجه، تعداد قابل توجّهی از گزینه‌های توسعه با وجود صرف منبع برایشان، ناموفق باقی می‌مانند. برای جلوگیری از وقوع این رخداد، کارکرد جهت‌دهی به سیستم در روند توسعه فناورانه تعریف می‌گردد.

از این کارکرد به عنوان مدیریت سیستم نیز یاد می‌شود. فعالیت‌ها در این کارکرد در مسیر جهت‌دهی و یکپارچه‌سازی تمام فعالیت‌های انجام گرفته برای توسعه فناوری می‌باشد. این کارکرد در سطوح فراسیستم، کلان و خرد به انجام می‌رسد. در این کارکرد به منظور جلوگیری از هدر رفت منابع (انرژی، هزینه و پتانسیل‌های موجود) به جهت‌دهی فعالیت‌ها پرداخته می‌شود.

۱- منظور از فراسیستم، سیستمی است که سیستم مورد مطالعه را در بر می‌گیرد. در ادبیات از این فراسیستم با نام Landscape یاد می‌شود.

۲- سطوح کلان سیستم مشتمل بر سطوحی است که نسبتاً در طول زمان پایدار هستند و با توسعه فناوری تغییرات اندکی در آن‌ها حاصل می‌شود. این سطوح را Regime می‌نامند.

۳- این مجموعه از سطوح متأثر از تغییرات فراوانی هستند و به شدت متلاطم می‌باشند. در ادبیات این سطوح را Niche می‌نامند.

می‌توان فعالیت‌های انجام شده مربوط به این کارکرد را به سه دسته تقسیم کرد: تنظیمی[1]، شناختی[2] و هنجاری[3]. در حقیقت، فعالیت‌های رخداده در این کارکرد منجر به ایجاد، تغییر و یا از میان برداشتن نهادهای موجود در سیستم می‌شود. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که برخی از رخدادها می‌توانند انتظارات را نسبت به برخی گزینه‌های پیش رو افزایش دهند (شناختی). برای مثال، عملکرد خوب یک گزینه فناوری منجر به افزایش انتظارات از آن گزینه می‌گردد. با افزایش انتظارات نسبت به آن گزینه، اولویت آن گزینه در اذهان بالاتر می‌رود. این رخداد به معنای تغییر در شناخت‌های پیشین و ایجاد شناخت جدید نسبت به گزینه‌های موجود است. برخی دیگر از رخدادها می‌توانند منجر به تغییر در هنجارهای موجود شوند. برای مثال، وقوع یک رخداد طبیعی ممکن است منجر به افزایش ارزش انواع خاصی از فناوری‌های تولید انرژی (مانند انرژی‌های تجدیدپذیر) گردد. با افزایش ارزش این نوع از فناوری‌ها، پارادایم جدیدی در نظام موجود شکل می‌گیرد. در پارادایم جدید، هنجارهای جدیدی مطرح می‌شوند (گونه هنجاری جهت‌دهی به سیستم). ممکن است در نتیجه وقوع رخدادهای اثرگذار بر شناخت‌ها و هنجارهای سیستم، قوانین، مقررات، استانداردها، توافق‌نامه‌ها و به طور کلی، تصمیمات جدیدی (تنظیمی) اتخاذ گردند. اتخاذ این تصمیمات نیز می‌توانند منجر به هدایت سیستم به سوی گزینه‌های خاص شود.

نمونه‌هایی از رخدادهای مربوط به این کارکرد در ادامه آورده شده‌اند:

- وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه فناوری و یا موارد دیگر که بر فناوری اثرگذار هستند
- شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی
- رشد فناوری در کشورهای دیگر
- شکل‌گیری انتظاراتی درباره آینده فناوری
- هدف‌گذاری‌های انجام شده در سیاست‌گذاری‌های فناوری
- قانون‌گذاری در رابطه با فناوری
- تدوین استانداردها

۱-۲-۴-۵- شکل‌گیری بازار

1- Regulative
2- Cognitive
3- Normative

هدف از این کارکرد، رقابت‌پذیر ساختن فناوری نوظهور نسبت به فناوری‌های موجود بازار می‌باشد. در واقع این کارکرد با انجام مجموعه‌ای از فعالیت‌ها، محیط کنترل شده‌ای برای رقابت فناوری نوظهور با سایر فناوری‌ها پدید می‌آورد.

برای این که یک فناوری نوظهور توانایی برای رشد، توسعه و نفوذ در بازار را داشته باشد باید قابلیت‌های خاصی را دارا باشد تا به واسطه آن‌ها بتواند به سوی بلوغ حرکت نماید. این قابلیت‌ها به سه دسته قابلیت‌های فنی، قابلیت‌های اقتصادی و قابلیت‌های بازار تقسیم می‌شوند. در این مرحله نیز باید توجه داشت که با استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی مناسب می‌توان هر یک از این قابلیت‌ها را برای فناوری مورد نظر (در صورت داشتن پتانسیل‌ها) ایجاد کرد.

الف) قابلیت فنی

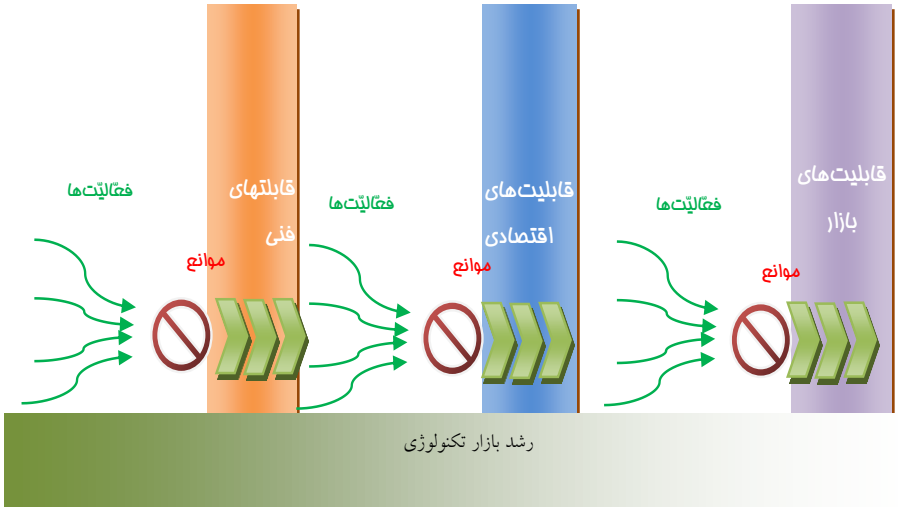
فناوری مورد بحث باید از نظر فنی و فناورانه قابل رقابت با سایر فناوری‌های موجود در بازار باشد. در صورت استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی برای بزرگ کردن این قابلیت فناوری در دید مخاطبان باید بر ارائه اطلاعات فنی و تخصصی تأکید کرد.

ب) قابلیت اقتصادی

فناوری نوظهور مد نظر باید از لحاظ اقتصادی توانایی و قابلیت رقابت با سایر فناوری‌های موجود را داشته باشد و استفاده از این فناوری در مقابل سایر فناوری‌ها به صرفه به نظر برسد. به طور قطع زمانی یک فناوری قادر به دستیابی به این قابلیت خواهد بود که از قابلیت‌های فنی برخوردار شده باشد. به عبارت دیگر، دستیابی به قابلیت‌های فنی، پیش‌نیاز و شرط لازم دستیابی به قابلیت‌های اقتصادی است. در صورت استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی برای ایجاد این قابلیت در یک فناوری باید اطلاعات اقتصادی و صرفه اقتصادی به‌کارگیری این فناوری به مخاطبان انتقال داده شود.

ج) قابلیت بازار

در صورتی که یک فناوری قابلیت‌های فنی و اقتصادی را دارا باشد برای رشد به سمت بلوغ نیازمند داشتن قابلیت بازار و رقابت‌پذیری با سایر موارد موجود در بازار می‌باشد. در واقع می‌توان این فناوری باید با تمایلات مصرف‌کنندگان سازگار بوده و قابلیت توسعه یافتن موفقیت‌آمیز در بازار را داشته باشد. در این مورد نیز در صورت استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی، اطلاعات و محتوای انتقالی باید در رابطه با خصوصیات، ویژگی‌ها و برتری‌های فناوری و محصولات آن نسبت به سایر فناوری‌ها باشد.



شکل ۱-۲ نمایش مسیر توسعه بازار فناوری

کارکرد شکل‌دهی به بازار، شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت مالی از مصرف فناوری نوظهور و یا سیاست‌های مالیاتی برای فناوری‌های رقیب) است که منجر به ایجاد تقاضا برای فناوری در راستای حمایت از آن می‌گردد. تفاوت میان این کارکرد و کارکرد جهت‌دهی به سیستم در آن است که در این کارکرد، گزینش نهایی توسط کاربران فناوری انجام می‌شود؛ در حالی که در کارکرد جهت‌دهی به سیستم کاربران نقشی در فرایند گزینش ایفا نمی‌کنند. بنابراین می‌توان کارکرد شکل‌گیری بازار را حالت خاصی از کارکرد جهت‌دهی به سیستم دانست. با استفاده از شاخص‌ها و شناسایی فعالیت‌های مختلف، می‌توان میزان تحقق این کارکرد را سنجید. نمونه‌ای از این اقلام در ادامه آورده شده است:

- شناسایی مرحله بلوغ (دوره عمر) بازار
- شفاف‌سازی پتانسیل بازار
- تعداد و تنوع کاربران موجود برای فناوری
- تعداد و تنوع نهادهای تنظیم شده برای شکل‌دهی به بازار
- میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران
- هزینه‌های مصرف فناوری

۱-۲-۴-۶- مدیریت منابع

برای توسعه فناوری نیاز به در دسترس بودن منابع مختلف برای انجام فعالیت‌ها و پیشبرد اهداف می‌باشد. فعالیت‌هایی که در این کارکرد صورت می‌پذیرد، بیشتر از جنس سرمایه‌گذاری‌هایی است که در فرایند توسعه انجام می‌شوند. همچنین، گسترش زیرساخت‌های عمومی مورد نیاز پیشرفت فناوری، مانند سیستم‌های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره این کارکرد قرار می‌گیرد. در صورت عدم وجود منابع مالی و ابزارهای مورد نیاز و نیز بازیگرانی با توانایی و قابلیت‌های متمایز، یک فناوری نوظهور به هیچ وجه مورد استقبال قرار نخواهد گرفت. بنابراین، این کارکرد دارای اهمیت فراوانی در روند توسعه می‌باشد. نگاشت کارکرد بسیج منابع در چهار بُعد مختلف، امکان‌پذیر است:

- منابع انسانی: تأمین و هماهنگ‌سازی نیروهای انسانی مورد نیاز برای توسعه فناوری
- منابع مالی: تأمین و هماهنگ‌سازی بودجه‌ها و اعتبارات مورد نیاز برای توسعه فناوری
- منابع مادی: تأمین و هماهنگ‌سازی مواد (و در برخی موارد قطعات) مورد نیاز برای توسعه فناوری
- منابع مکمل: تأمین و هماهنگ‌سازی زیرساخت‌ها، محصولات و یا خدمات مکمل مورد نیاز برای توسعه فناوری

تأمین این منابع می‌تواند توسط دولت، صنعت و یا هر بازیگری که در روند توسعه فناوری نقش اساسی دارد، انجام شود. در تأمین نیروهای مختلف اطلاع‌رسانی بسیار حائز اهمیت می‌باشد که در بخش بعد به طور کامل بررسی می‌شود. نمونه‌ای از رخدادهایی که می‌تواند منجر به تحقق این کارکرد شود، در ادامه آورده شده است:

- کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه)
- سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
- توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری و محصولات و خدمات مکمل
- تأمین مواد اولیه مورد نیاز برای توسعه فناوری از خارج از کشور
- در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با فناوری مورد نظر

۱-۲-۴-۷- مشروعیت‌بخشی

هدف از این کارکرد ایجاد مقبولیت اجتماعی برای به کارگیری فناوری جدید، تغییر نهادهای موجود در جامعه و هم‌راستا شدن نهادها با نیازهای بازیگران موجود در نظام نوآوری فناوری می‌باشد. اهمیت این کارکرد بسیار زیاد می‌باشد زیرا با ظهور یک

فناوری جدید اغلب با مخالفت بازیگرانی که دارای منافع در فناوری‌های کنونی هستند، همراه می‌شود و این مخالفت سبب جلوگیری و یا کاهش سرعت پیشرفت فناوری نوظهور می‌شود. بنابراین بازیگران یک نظام نوآوری فناوری باید با استفاده از اطمینان بخشی به جامعه، ذینفعان و مخالفان بر اینرسی حاصل از این مخالفت‌ها غلبه نمایند.

اهمیت مشروعیت‌بخشی زمانی بیشتر مشخص می‌گردد که توجه داشت که این کارکرد مانند یک کاتالیزور عمل می‌کند و برای انجام فعالیت در سایر کارکردها مانند مدیریت منابع و شکل‌دهی بازار ضروری است و تا این کارکرد فراهم نشود فعالیت در سایر کارکردها مشکل و یا غیرممکن می‌باشد.

با توجه به نوع و مشخصات فرآیند، نوع و میزان منابع مورد نیاز و محدوده اثرگذاری، محدوده جغرافیایی که این مشروعیت‌بخشی در سطح آن باید اجرا شود متفاوت خواهد بود. این کارکرد می‌تواند در چهار حوزه صنعت، دانشگاه، دولت و سطح عمومی جامعه به ایجاد مشروعیت بپردازد. رایزنی‌هایی بین گروه ذینفع، اتحادیه‌ها، انجمن‌ها، سازمان‌های مردم‌نهاد و مانند این‌ها اجزایی هستند که در انجام فعالیت‌های این کارکرد دخیل هستند.

این کارکرد به خودی خود دارای زیرکارکردهای مختلفی می‌باشد که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- ایجاد مقبولیت برای پذیرش فناوری در حوزه‌های مختلف (ظرفیت‌سازی برای بکارگیری فناوری نوظهور)

۲- متقاعدسازی نظام‌های پشتیبان برای فعالیت در زمینه کارکردهای دیگر مانند تأمین منابع و مدیریت سیستم

۳- حذف/کاهش مخالفت‌های موجود در برابر توسعه فناوری

۴- و ترغیب بازیگران دارای قدرت اجرایی برای انجام فعالیت در راستای استفاده از فناوری نوظهور

البته باید توجه داشت که مشروعیت‌بخشی دارای قدرت اجرایی برای تغییر قواعد موجود در نظام نوآوری فناورانه نیست، بلکه تنها به متقاعدسازی نهادهای پشتیبان پرداخته و از این طریق با کارکردهای دیگر (مانند مدیریت سیستم و تأمین منابع) در سیستم اثرگذار می‌گردد. به عبارت دیگر در تمام فعالیت‌های این کارکرد گروهی از بازیگران، سایر بازیگران را برای به‌کارگیری فناوری نوظهور ترغیب می‌کنند. مشروعیت‌بخشی در سه سطح محیط صنعت، محیط سیاست‌گذاری و سطح جامعه (مقبولیت عمومی) انجام می‌پذیرد. نمونه‌ای از رخدادها و شاخص‌های نمایانگر تحقق این کارکرد در ادامه آورده شده است:

- میزان همگرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه
- میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری و محصولات مربوط به آن
- رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از فناوری

- اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان فناوری در بخش‌های مختلف دولت و صنعت
- میزان حمایت از فناوری مورد نظر در رسانه‌ها

مجموعه کارکردهای ذکر شده به همراه شاخص‌هایی برای سنجش سطح برآورده شدن این کارکردها در جدول (۱-۲) ارائه شده است.

جدول ۱-۲ کارکردهای پیشنهادی و شاخص‌های آن‌ها

عامل	زیر عامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
فعالیت‌های کارآفرینانه	ایجاد فرصت‌های جدید		۱. تعداد پروژه‌های انجام شده با هدف تجاری‌سازی ۲. تعداد شرکت‌های ثبت شده در زمینه فناوری ۳. ورود شرکت‌های موجود به عرصه فناوری ۴. حجم سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر انجام شده
	نمایش فرصت‌های جدید		۱.برگزاری نمایشگاه فناوری ۲.انجام پروژه‌های نمایشی
توسعه دانش	فنی		۱. تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه فناوری ۲. تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه فناوری ۳. تعداد سازمان‌های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه فناوری ۴. اندازه سازمان‌های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه فناوری ۵. تعداد مطالعات علمی و فنی صورت گرفته از فناوری ۶. تعداد انجام آزمایش و پیاده‌سازی پایلوت ۷. تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از فناوری (Prototype)
	غیر فنی		۱. تعداد گزارش‌های تولید شده در رابطه با مطالعه بازار ۲. تعداد مطالعات امکان‌سنجی انجام شده

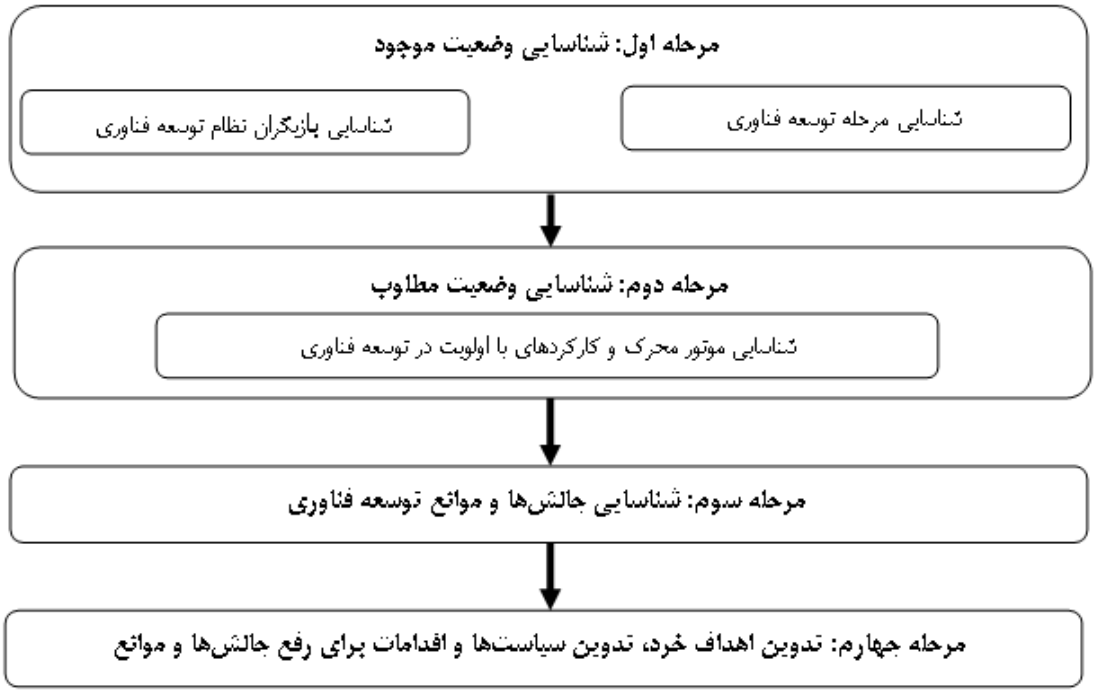
عامل	زیر عامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
انتشار دانش	فنی	میزان جابه‌جایی نیروهای تحصیل‌کرده دانشگاهی با محوریت فناوری	۱. تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش) ۲. تعداد کنفرانس‌ها و کارگاه‌های برگزار شده در رابطه با فناوری ۳. تعداد شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه ۴. اندازه شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه
	غیر فنی		۱. تعداد گزارش‌های منتشر شده در رابطه با مطالعه بازار ۲. تعداد مطالعات امکان‌سنجی منتشر شده
جهت‌دهی به سیستم	رسمی (وضع نهادها)		۱. قانون‌گذاری در رابطه با فناوری ۲. استانداردهای تدوین شده
	غیر رسمی (شکل‌گیری انتظارات)	۱. وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه فناوری و یا موارد دیگر که بر فناوری اثرگذارند ۲. شکل‌گیری محرک‌هایی برای توسعه فناوری یا نوع خاصی از آن (مانند ارزان شدن قیمت منابع مصرفی فناوری) ۳. شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی ۴. رشد فناوری در کشورهای دیگر ۵. ایجاد تغییر در عوامل کلان اثرگذار بر سیستم (مانند تغییرات آب و هوایی) ۶. شکل‌گیری انتظاراتی درباره آینده فناوری	
شکل‌گیری بازار		۱. شفاف‌سازی پتانسیل بازار ۲. میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران ۳. شناسایی مرحله بلوغ (دوره عمر) بازار	۱. تعداد و تنوع کاربران موجود برای فناوری ۲. تعداد و تنوع نهادهای تنظیم شده برای شکل‌دهی به بازار
بسیج منابع	مالی		۱. کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه) ۲. سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
	انسانی	در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با فناوری مورد نظر	
	مواد	تأمین مواد اولیه مورد نیاز برای توسعه	

عامل	زیر عامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
		فناوری از خارج از کشور	
	دارایی‌های مکمل	توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری، محصولات و خدمات مکمل	
مشروعیت‌بخشی		۱. میزان هم‌گرائی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه ۲. میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری و محصولات مربوط به آن ۳. رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از فناوری ۴. اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان فناوری در بخش‌های مختلف دولت و صنعت ۵. میزان حمایت از فناوری مورد نظر در رسانه‌ها	

۱-۳- فرآیند تدوین اهداف خرد، اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری

اهداف خرد بیانگر نقاطی از مسیر گذار هستند که نیازمند سیاست‌گذاری با رویکرد حکمرانی مشارکتی هستند. این اهداف هدایت‌گر مسیر سیاست‌گذاری بوده و از پراکنده شدن و غیرمرتبط بودن آن‌ها با مسایل و نیازهای موجود گذار جلوگیری می‌کند.

اقدامات مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. این اقدامات راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. سیاست‌ها نیز اصول و ملاحظاتی هستند که به منظور تحقق آرمان‌ها و دستیابی به هدف‌های مورد نظر سیاست‌گذاران در شرایط عدم ضرورت بر دخالت مستقیم و نیاز به تنظیم روابط موجود تدوین می‌شوند. فرایند تدوین اهداف، اقدامات و سیاست‌ها در شکل (۱-۳) نشان داده شده است.



شکل ۱-۳ فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه فناوری نوظهور

همان طور که در شکل فوق نشان داده شده است در مرحله اول، باید وضعیت موجود توسعه فناوری مشخص شود که شامل تعیین مرحله توسعه فناوری و شناسایی بازیگران نظام توسعه فناوری مدنظر می‌باشد. در مرحله دوم، با توجه به خروجی حاصل از مرحله اول، موتور محرک توسعه فناوری شناسایی شده و با توجه به آن، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه فناوری مشخص می‌گردد. در مرحله سوم، موانع موجود مرتبط با هر یک از ابعاد ساختاری در کارکردهای با اولویت از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان آشنا با حوزه مدنظر تعیین شده و چالش‌های شناسایی شده پالایش و جمع‌بندی می‌شود. در مرحله آخر، پس از تعیین اهداف خرد، سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده ارائه می‌شود. در نهایت اقدامات لازم برای تحقق سیاست‌ها تعیین شده و ارائه می‌گردند. در ادامه این مراحل توضیح داده شده است.

۱-۳-۱- شناسایی وضعیت موجود

در این مرحله باید وضعیت کنونی و مرحله توسعه فناوری مد نظر تعیین گردد که برای تعیین این موارد باید از جنبه‌های مختلف (کارکردی و ساختاری) به بررسی فناوری مدنظر پرداخته شود. این مرحله شامل دو بخش شناخت بازیگران نظام توسعه فناوری و تعیین مرحله توسعه فناوری می‌باشد.

۱-۳-۱-۱- شناسایی بازیگران نظام توسعه فناوری

همان‌طور که در بخش شناخت ساختاری نظام توسعه فناورانه اشاره شد، ساختار هر نظام نوآوری متشکل از بازیگران و ذینفعانی است که هر یک به طور مستقیم یا غیرمستقیم نقش‌هایی را ایفا می‌کنند. این بازیگران می‌توانند شامل بخش دولتی، شرکت‌های تولیدکننده، شرکت‌های مشاور، دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، مؤسسات مالی، مؤسسات حقوقی و ... باشند. در این مرحله باید تمام بازیگران نظام توسعه فناوری در حوزه‌ها و کارکردهای مختلف نظام توسعه فناوری شامل تحقیق و توسعه، انتشار دانش، تأمین منابع انسانی، منابع مالی، مواد، قطعات و تجهیزات و سیاست‌گذاری و جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری تعیین شود.

۱-۳-۱-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری

به منظور شناخت مرحله توسعه فناوری در ابتدا باید به یک شناخت نسبی از فناوری دست پیدا کرد تا با استفاده از این شناخت بتوان مرز نظام نوآوری فناوری را شناخت و با استفاده از شناخت مرزها مرحله توسعه فناوری را تعیین نمود. مرز سیستم توسعه فناوری را می‌توان از سه طریق مورد ارزیابی قرار داد که عبارتند از: فاصله‌ای- جغرافیایی، بخشی و کارکردی. بر این اساس به منظور شناسایی مرحله توسعه فناوری ابتدا باید مرز نظام نوآوری مورد مطالعه را از سه طریق فاصله‌ای- جغرافیایی، بخشی و کارکردی مشخص کرد. شناسایی و تعیین مرحله‌ی توسعه نظام نوآوری فناوری، از طریق بررسی همزمان مشخصه‌های ساختاری و نشانه‌های تحقق مراحل انجام می‌شود. با توجه به مشخصه‌های ساختاری به تفکیک کارکردها و نشانه‌های تحقق مراحل می‌توان مرحله توسعه نظام نوآوری را که در واقع همان وضع موجود حوزه فناورانه است، مشخص کرد. مراحل مختلف

توسعه فناوری چهار مرحله پیش‌توسعه، توسعه، اوج‌گیری و سرعت‌گیری هستند و پس از آن فناوری به مرحله تثبیت می‌رسد. نشانه‌های تحقق مراحل یا شاخص‌های تشخیص مرحله توسعه با پاسخ‌گویی به سؤالات زیر تعیین می‌گردد:

۱- آیا نمونه اولیه از فناوری (محصول یا فرایند) ساخته شده است؟

۲- بازیگران اصلی در این حوزه چه کسانی هستند؟ نقش دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی چیست؟ آیا شرکت‌های دانش‌بنیان به این حوزه وارد شده‌اند؟

۳- آیا دولت به این حوزه وارد شده است؟ نقش آن (سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری و ...) چیست؟

۴- آیا محصول فناوری بدون حمایت‌های دولتی در بازار به صورت آزاد فروخته می‌شود؟

۵- و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) توجیه اقتصادی دارد؟

۶- و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) آغاز شده است؟

۷- آیا شبکه‌های علمی و فناوری شکل گرفته‌اند؟ وضعیت آن‌ها چگونه است؟

۸- وضعیت بازار چگونه است؟ در حال رشد یا به اشباع کامل رسیده است؟

۹- نرخ ورود تولیدکنندگان محصول فناوری چگونه است؟

۱۰-نرخ کاهش قیمت محصول فناوری چگونه است؟

۱۱-نرخ فروش محصول فناوری چگونه است؟

۱۲-آیا انجمن‌های مربوطه شکل گرفته‌اند؟

بررسی مشخصه‌های ساختاری

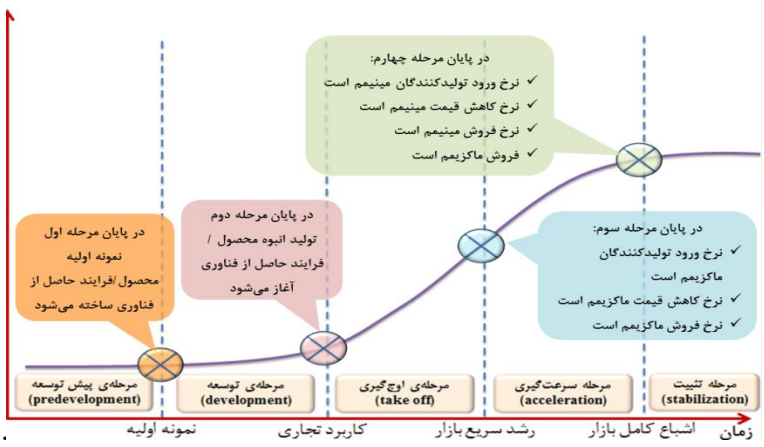
همان طور که بیان گردید، برای تعیین فاز توسعه نظام در وهله اول می‌بایست مشخصه‌های ساختاری نظام توسعه فناوری مورد بررسی قرار گیرد که در جدول (۱-۳) قابل مشاهده می‌باشند.

جدول ۱-۳ مشخصه‌های ساختاری نظام توسعه فناوری

	پیش توسعه	توسعه	اوج‌گیری	سرعت‌گیری	تعادل
بازیگران	بازیگران اصلی: دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی تعداد محدود بازیگران نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد.	بازیگران اصلی: شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می‌کنند نقش دولت در سیاست‌گذاری (حامله‌گری) پررنگ می‌شود.	انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند. افزایش شرکت‌های دانش‌بنیان نقش دولت در سیاست‌گذاری (قابله‌گری) پررنگ می‌شود.	تعداد رقبای در حوزه‌ی توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد. نقش پررنگ بانکها و موسسات مالی نقش دولت در تنظیم‌گری پررنگ می‌شود.	تمام بازیگران در این حوزه‌ی فناورانه به صورت فعال حضور دارند.
تعاملات	روابط فردی شکل گرفته است شبکه‌های مربوط به فناوری وجود ندارند	شبکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد	شبکه‌های علمی در حال قوی شدن است شبکه‌های ضعیف صنفی کم‌کم شکل می‌گیرد	شبکه‌های علمی قوی شبکه‌های صنفی در حال قوی شدن است	شبکه‌های علمی قوی شبکه‌های صنفی قوی
نهادها	نهادهای نرم شکل می‌گیرد نهاد سختی هنوز وجود ندارد	نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است	نهادهای سخت شکل گرفته است	افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها	نهادهای سخت متنوعی وجود دارد

بررسی نشانه‌های تحقق مراحل توسعه نظام

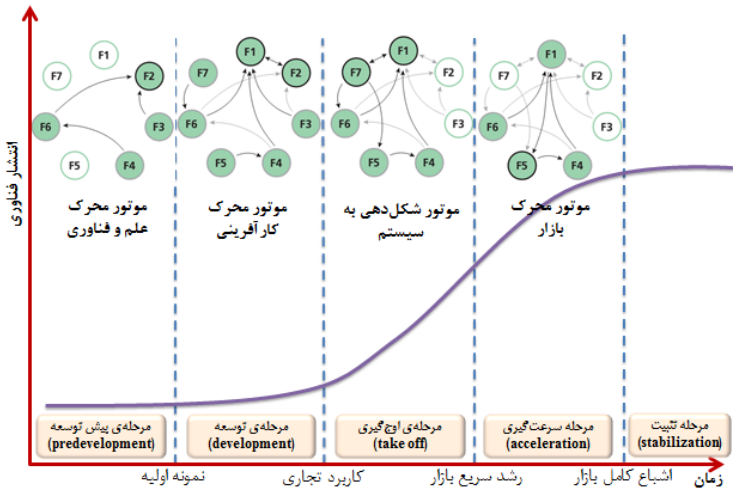
به منظور تعیین فاز توسعه نظام در دومین گام می‌بایست نشانه‌های تحقق مراحل توسعه نظام فناوری مورد بررسی قرار گیرد که در قالب نمودار ذیل قابل مشاهده می‌باشند.



شکل ۱-۴ نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه

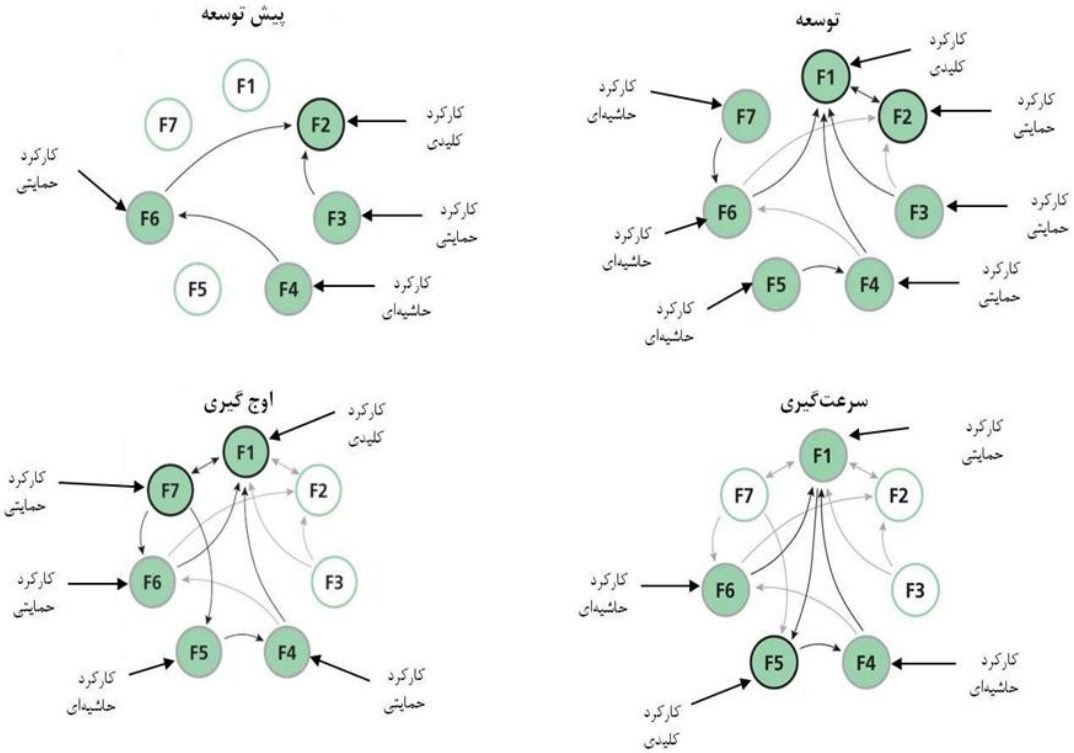
۱-۳-۲- شناسایی وضعیت مطلوب و تعیین کارکردهای کلیدی و فعال در توسعه فناوری

هکرت معتقد است که هر یک از مراحل چهارگانه فاز شکل‌گیری با یک موتور نوآوری در ارتباط است. در این متدولوژی، پس از تعیین فاز توسعه نظام نوآوری فناورانه، موتور فعال در نظام نوآوری فناورانه مشخص می‌شود. در شکل (۱-۵) تطبیق مراحل مختلف توسعه نظام نوآوری فناورانه با موتورهای محرک نظام بر اساس مطالعات هکرت (۲۰۱۲) را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۵ مراحل توسعه نظام نوآورانه فناورانه و موتورهای فعال در هر مرحله

فرایند نوآوری یک فرایند تکاملی است و همیشه در حال تغییر و تحول است و نمی‌توان یک سیستم بهینه برای فرایند نوآوری تعریف کرد. پس هدف نظام را باید در طول این فرایند تعریف کرد. هدف یک نظام نوآوری انتقال نظام مورد نظر از یک مرحله توسعه به مرحله بعدی است. البته باید توجه داشت که لزوماً مرحله بعدی وضعیت بهینه نیست و فقط توسعه نظام نوآوری مد نظر است. کارکردهای هر موتور به سه دسته کارکرد کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای تقسیم می‌شود. تحقق کارکرد کلیدی به منزله محقق شدن کل موتور و انتقال به موتور بعدی است. بنابراین اگر کارکرد کلیدی محقق شود، نظام نوآوری فناورانه از یک موتور به موتور بعدی منتقل می‌شود و در نتیجه نظام نوآوری فناورانه از یک مرحله به مرحله بعدی منتقل می‌شود. شکل (۱-۶) موتورها و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای مرتبط با هر موتور را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۶ موتورها و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای (F1: فعالیت‌های کارآفرینی، F2: توسعه دانش، F3: انتشار دانش، F4: جهت‌دهی به سیستم، F5: شکل‌دهی به بازار، F6: تأمین منابع، F7: مشروعیت‌بخشی.)

۱-۳-۳- شناسایی چالش‌ها و موانع موجود در توسعه فناوری

پس از تعیین موتور محرک فعال در نظام نوآوری، باید آن را بر اساس رویکرد تحلیل توأمان ساختاری- کارکردی ارزیابی کرد. مزیت این تحلیل نسبت به تحلیل کارکردی این است که با تحلیل ساختاری در کنار تحلیل کارکردی علت ایجاد مشکل در یک کارکرد مشخص می‌شود. در واقع با تحلیل کارکردی، مشکلات و موانع نظام نوآوری در کارکرد مربوطه مشخص شده، ولی علت آن بروز مشخص نمی‌شود؛ به این معنا که مشخص نمی‌شود کدام جزء ساختاری باعث ایجاد چنین مشکلی در کارکرد مربوط شده است. ولی با تحلیل توأمان ساختاری- کارکردی از یک سو علت این مشکلات مشخص شده و از سوی دیگر مشکلات سیستمی با توجه به تحلیل ساختاری به راحتی شناسایی می‌شوند. برقراری اتصال کارکردها به عناصر ساختار نظام نوآوری نه تنها به خاطر انجام فرآیندهای تحلیلی بلکه به دلایل عملیاتی و کاربردی لازم و ضروری است. کارکردها تنها از طریق تغییرات اجزای ساختاری خود تحت تأثیر سیاست‌های اتخاذ شده قرار می‌گیرند.

تفاوت مهم این مدل با رویکردهای مشابه در این مرحله این است که در این رویکرد برای ارزیابی نظام نوآوری لازم نیست همه کارکردهای نظام تحلیل شوند. بلکه با توجه به مرحله توسعه‌ای فناوری و کارکردهای مرتبط با آن، فقط کارکردهای مرتبط تحلیل می‌شوند. بنابراین با توجه به مرحله توسعه فناوری ابتدا کارکرد کلیدی موتور محرک شناسایی شده در مرحله قبل تحلیل می‌شود. اگر این کارکرد تحقق یافته بود به هدف تعیین شده موتور فعال در آن فاز توسعه رسیده و بدین ترتیب نظام نوآوری بدون مشکل به فاز بعدی توسعه منتقل می‌گردد؛ ولی اگر کارکرد مربوطه محقق نشده بود باید کارکردهای حمایتی کارکرد کلیدی که موجبات تولید و تحقق آن را فراهم می‌کنند، ارزیابی گردند. لذا پس از تعیین کارکردهای حمایتی، کارکردهای مذکور تحلیل می‌شوند و به همین ترتیب ادامه می‌یابد.

در تحلیل توأمان کارکردی- ساختاری هر یک از این عوامل ساختاری ضعیف مرتبط با کارکرد شناسایی و از طریق به‌کارگیری ابزارها و توصیه‌های سیاستی، عنصر ساختاری ضعیف تقویت شده و به این ترتیب مشکلات موجود بر سر راه توسعه نظام برداشته می‌شود.

به عبارت دیگر، وقتی یک حوزه فناورانه در مرحله‌ای قرار دارد، موتور محرک نوآوری متناسب با آن مرحله برای آن حوزه فناورانه فعال است. از طرفی بیان شد اگر کارکرد کلیدی موتور تحقق یابد، حوزه فناورانه مورد مطالعه از این موتور به موتور بعدی منتقل می‌شود. پس در یک موتور باید مشکلات بر سر راه کارکرد کلیدی را شناسایی کرد. مشکلات کارکرد کلیدی به سه دسته مشکلات مربوط به عوامل ساختاری، مشکلات مربوط به کارکردهای حمایتی و مشکلات مربوط به عوامل محیطی تقسیم می‌شوند.

پس از تعیین کارکردهای مؤثر در توسعه فناوری چالش‌ها، مشکلات و موانع موجود پیش روی توسعه فناوری مدنظر از طریق مصاحبه و دریافت نظرات خبرگان حوزه مد نظر تعیین می‌گردد. کارکردهای مختلف مؤثر در هر مرحله توسعه فناوری بر اساس جواب به یک سری از سؤالات عارضه‌یاب مورد ارزشیابی قرار می‌گیرند. در صورت قوی نبودن کارکرد کلیدی، کارکردهای حمایتی و حاشیه‌ای به همین صورت مورد بررسی قرار می‌گیرند. نمونه‌هایی از پرسش‌های قابل تصور برای تحلیل کارکردهای مختلف موجود در هر موتور توسعه فناوری به تفکیک هر مرحله در جداول (۱-۴) تا (۱-۷) ارائه شده است.

جدول ۱-۴ سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک علم و فناوری در مرحله پیش توسعه.

مرحله اول: موتور محرک علم و فناوری		سؤالات برای ارزشیابی کارکرد
کارکردهای کلیدی	کارکرد توسعه دانش	۱- وضعیت دانش پایه موجود در نظام در ارتباط با کمیت و کیفیت آن چگونه است؟ ۲- دانش موجود در سیستم بنیادی است یا کاربردی (توانمندی فناورانه کشور در چه سطحی قرار دارد)؟ ۳- آیا تعداد پروژه‌های پژوهشی و اختراع و مقاله به مقدار کافی موجود است؟ ۴- آیا یک جایگاه بین‌المللی پیشرو، برنامه‌های راه‌اندازی و ارجاعات فراوان به مقاله در نظام وجود دارد؟ ۵- آیا توسعه دانش صورت گرفته در نظام، تقاضا محور است؟ ۶- آیا فناوری با نیازهای نظام نوآوری هماهنگ و مرتبط است؟
کارکردهای حمایتی	انتشار دانش	۱- آیا همکاری‌های فناورانه بین بازیگران فعال در این زمینه اعم از خرید فناوری، لیسانس، همکاری تحقیق و توسعه و غیره وجود دارد یا خیر؟ ۲- همایش، کنفرانس و یا مجله‌ای در مورد این فناوری وجود دارد یا خیر؟
	بسیج منابع	۱- آیا منابع مالی کافی در جهت توسعه دانش وجود دارد (پژوهشی، کاربردی، پایلوت و ...)؟ سهولت دسترسی به این منابع چگونه است؟ ۲- آیا تربیت نیروی انسانی در حوزه آموزش و پژوهش مرتبط با فناوری به میزان کافی وجود دارد یا خیر؟ کیفیت منابع انسانی تربیت شده در چه سطحی است؟
کارکردهای حاشیه‌ای	جهت‌دهی به سیستم	۱- آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک برای تأمین منابع مالی وجود دارد؟ ۲- آیا توسعه دانش در این حوزه فناورانه، جهت‌دهی شده است؟ ۳- آیا منابع مالی و انسانی در جهت این هدف مشخص هست یا خیر؟

جدول ۱-۵ سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک کارآفرینی در مرحله توسعه

مرحله دوم: موتور محرک کارآفرینی		سؤالات برای ارزشیابی کارکرد
کارکردهای کلیدی	کارآفرینی	آیا شرکت‌های دانش‌بنیان به منظور توجیه اقتصادی فناوری کافی هستند؟ آیا فعالیت‌های کارآفرینی دارای کیفیت خوبی هستند؟ نرخ ورود کارآفرینان در این حوزه را چگونه برآورد می‌کنید (آیا کارآفرینان جدید وارد سیستم می‌شوند)؟ سرمایه‌گذاری خطرپذیر که منجر به توجیه اقتصادی می‌شود، وجود دارد یا خیر؟

مرحله دوم: موتور محرک کارآفرینی		سؤالات برای ارزشیابی کارکرد
	توسعه دانش	وضعیت دانش پایه موجود در نظام در ارتباط با کمیت و کیفیت آن چگونه است؟ دانش موجود در سیستم بنیادی است یا کاربردی (توانمندی فناورانه کشور در چه سطحی قرار دارد)؟ آیا تعداد پروژه‌های پژوهشی و اختراع و مقاله و اختراع به مقدار کافی موجود است؟ آیا یک جایگاه بین‌المللی پیشرو، برنامه‌های راه‌اندازی و ارجاعات فراوان به مقاله در نظام وجود دارد؟ آیا توسعه دانش صورت گرفته در نظام، تقاضا محور است؟ آیا فناوری با نیازهای نظام نوآوری هماهنگ و مرتبط است؟
کارکردهای حمایتی	تأمین و تسهیل منابع	آیا منابع مالی کافی برای توسعه فعالیت‌های کارآفرینی وجود دارد یا خیر؟ میزان منابع دولتی چقدر است؟ کافی است یا خیر؟ میزان سرمایه خطرپذیر چه قدر است؟ کافی است یا خیر؟ سهولت دسترسی به این منابع را چگونه ارزیابی می‌کنید؟ آیا تربیت نیروی انسانی در حوزه آموزش و پژوهش مرتبط با فناوری به میزان کافی وجود دارد یا خیر؟ کیفیت منابع انسانی تربیت شده در چه سطحی است؟
	انتشار دانش	آیا همکاری‌های فناورانه بین بازیگران فعال در این زمینه اعم از خرید فناوری، لیسانس، همکاری تحقیق و توسعه و غیره وجود دارد یا خیر؟ همایش، کنفرانس و مجله‌ای در مورد این فناوری وجود دارد یا خیر؟ آیا نمایشگاه‌های تخصصی برای ارائه دستاوردهای کارآفرینی وجود دارد یا خیر؟
	جهت‌دهی به سیستم	آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک برای نظام وجود دارد؟ آیا فعالیت‌های کارآفرینی در این حوزه فناورانه جهت‌دهی شده است؟ آیا منابع مالی و انسانی در جهت توسعه فعالیت‌ها هست یا خیر؟ آیا سیاست‌های دولت در جهت حمایت از فعالیت‌های کارآفرینی هست یا خیر؟
کارکردهای حاشیه‌ای	مشروعیت‌بخشی	آیا سرمایه‌گذاری در تکنولوژی به عنوان یک تصمیم مشروع پذیرفته شده است؟ (مشروعیت‌بخشی اتفاق افتاده است یا خیر)؟ آیا مقاومت زیادی در جهت تغییر وجود دارد؟ این مقاومت از کجا نشأت می‌گیرد؟ آیا فعالیت‌های مشروعیت‌بخشی منجر به تخصیص منابع به فعالیت‌های کارآفرینی شده است یا خیر؟
	شکل‌دهی بازار	آیا بازار اولیه شکل گرفته است؟ اندازه‌ی آن را چقدر است؟ آیا این بازار باعث جهت‌دهی به سیستم برای توسعه‌ی فعالیت‌های کارآفرینی شده است یا خیر؟ آیا جذابیت بازار باعث ورود کارآفرینان جدید شده است یا خیر؟

جدول ۱-۶ سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور ساختاردهی به سیستم در مرحله اوج‌گیری

مرحله سوم: موتور محرک ساختاردهی سیستم		سؤالات برای ارزشیابی کارکرد
کارکردهای کلیدی	کارآفرینی	آیا کارآفرینان کافی در سیستم وجود دارند؟ کیفیت فعالیت‌های کارآفرینی در سیستم چه قدر است؟ آیا نرخ ورود کارآفرینان به حداکثر خود رسیده است؟ وضعیت آن‌ها چگونه است؟ آیا کارآفرینان از سیستم خارج می‌شوند؟
کارکردهای حمایتی	مشروعیت‌بخشی	آیا استفاده از این فناوری از مشروعیت و مقبولیت قابل قبول برخوردار شده است؟ آیا فعالیت‌های مشروعیت‌بخشی منجر به تخصیص و تأمین منابع مالی مورد نیاز کارآفرینان شده است؟ آیا فعالیت‌های مشروعیت‌بخشی منجر به تصویب برنامه‌های حمایتی و بلند مدت و تصویب استراتژی‌های کلان از طرف دولت در جهت حمایت از فعالیت‌های کارآفرینی شده است؟ آیا فعالیت‌های مشروعیت‌بخشی منجر به رونق بازار شده است؟
	جهت‌دهی به سیستم	آیا استراتژی‌های کلان و سیاست‌ها، برنامه‌ها و اقدامات دولت جهت حمایت و پشتیبانی بلندمدت از فعالیت‌های کارآفرینی تدوین شده است؟
	تأمین و تسهیل منابع	آیا منابع مالی کافی برای توسعه فعالیت‌های کارآفرینی توسط دولت، سازمان‌های مالی خصوصی و اشخاص حقیقی تخصیص داده شده است؟ سهولت دسترسی به این منابع چگونه است؟ آیا نیروی انسانی متخصص برای توسعه فعالیت‌های کارآفرینی کافی است؟ کیفیت آن‌ها چگونه است؟
کارکردهای حاشیه‌ای	شکل‌دهی به بازار	آیا بازار انبوه در حال شکل‌گیری می‌باشد؟ اندازه بازار کدام است (نیچ/توسعه یافته)؟ کاربران چه کسانی هستند (بالفعل و بالقوه)؟ رهبر بازار چه کسی است (دولت/ واحدهای خصوصی)؟ آیا رهبری بازار از دولت به شرکت‌های خصوصی انتقال یافته است؟

جدول ۱-۷ سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور شکل‌دهی به بازار در مرحله سرعت‌گیری

مرحله چهارم: موتور محرک بازار		سؤالات برای ارزشیابی کارکرد
کارکردهای کلیدی	شکل‌دهی به بازار	آیا رهبری بازار کاملاً به بخش خصوصی انتقال یافته است؟ آیا بازار انبوه شکل گرفته است؟ اندازه بازار کدام است (نیچ/توسعه یافته)؟ کاربران چه کسانی هستند (بالفعل و بالقوه)؟ آیا لازم است که یک بازار جدید ایجاد شود یا بازار موجود گسترش یابد؟
کارکردهای حمایتی	کارکرد کارآفرینی	آیا کارآفرینان کافی در سیستم وجود دارند؟ کیفیت فعالیت‌های کارآفرینی در سیستم چه قدر است؟ نرخ ورود کارآفرینان چگونه است؟ آیا کارآفرینان از سیستم خارج می‌شوند؟
کارکردهای حاشیه‌ای	جهت‌دهی به سیستم	آیا قوانین و مقررات (از جنس تنظیم‌گری) در جهت حمایت و پشتیبانی از فعالیت‌های کارآفرینی و جهت‌دهی به بازار تدوین شده است؟
	تأمین و تسهیل منابع	اندازه بازار کدام است (نیچ/توسعه یافته)؟ کاربران چه کسانی هستند (بالفعل و بالقوه)؟ رهبر بازار چه کسی است (دولت/ واحدهای خصوصی)؟ آیا محرک‌ها / موانع نهادی برای شکل‌گیری بازار وجود دارد؟ آیا لازم است که یک بازار جدید ایجاد شود یا بازار موجود گسترش یابد؟

۱-۳-۳-۲- پایش و جمع‌بندی نظرات خبرگان

در این مرحله بر اساس پاسخ‌های خبرگان مختلف فناوری مد نظر به سؤالات، کلیه موانع و چالش‌های مورد نظر خبرگان و متخصصان استخراج می‌شود. در ادامه با جمع‌بندی نظرات خبرگان حوزه مد نظر، موانع و چالش‌های توسعه فناوری پس از پالایش و حذف موارد تکراری، تعیین می‌گردد.

۱-۳-۴- تعیین اهداف خرد

در این مرحله لازم است تا برحسب فاز توسعه فناوری با رویکردی بالا- به- پایین (هدف محور) یا پایین- به- بالا (مسئله محور) به هدف‌گذاری پرداخته شود. داشتن این نگاه مستلزم پایش محیط، شناسایی مشکلات، کشف مزیت‌ها و محرک‌های

موجود در توسعه فناوری است. رفع موانع و تقویت محرک‌ها را می‌توان به عنوان اهداف خرد توسعه فناوری قلمداد نمود. با توجه به اهداف بالادستی و نیز در نظر گرفتن هم راستایی اهداف خرد تعیین شده با آن‌ها، لازم است تا به هم راستا نمودن و سازگار نمودن آن‌ها با هم نیز اقدام شود. به عبارت دیگر، اهداف خرد باید قادر باشند ملاحظات اهداف کلان تعیین شده را برآورده نمایند.

اهداف خرد بیانگر نقاطی از مسیر گذار هستند که دستیابی به آن‌ها نیازمند ارائه اقدام و سیاست‌گذاری با رویکرد جدید تحلیل و راهبری هستند. این اهداف، مقاصد میانی در محقق نمودن اهداف کلان بوده و از پراکنده شدن و غیرمرتبط بودن اقدامات و سیاست‌های خرد با سایر مسائل غیرضروری جلوگیری می‌کنند. به همین دلیل، تعیین اهداف از اهمیتی برابر با انتخاب مناسب سیاست‌ها و اقدامات برخوردار است.

از یک طرف به منظور حفظ یکپارچگی، اهداف خرد باید هم راستا با اهداف کلان تدوین شده در لایه ارکان جهت‌ساز باشند و از طرف دیگر به منظور طراحی سیاست‌های اثر بخش، اهداف خرد باید قادر به هدف قرار دادن نقاط قوت و ضعف فرآیند گذار باشند. بر این اساس نیاز است تا روش تعیین اهداف بر حسب دو رویکرد بالا- به- پایین و پایین- به- بالا تعیین شوند. رویکرد بالا- به- پایین هم راستایی اهداف خرد با ارکان جهت‌ساز تعیین شده در مرحله قبل را تضمین می‌کند و رویکرد پایین- به- بالا به پوشش دادن نقاط قوت و ضعف مسیر توسعه و طراحی اهدافی هم راستا با نیازهای موجود کمک می‌کند. این دو رویکرد مکمل یکدیگر بوده و به صورت توأمان در فرآیند هدف‌گذاری خرد به کار برده می‌شوند.

میزان وزن به کارگیری این دو رویکرد در فرآیند هدف‌گذاری برحسب فاز توسعه فناوری مورد نظر متفاوت خواهد بود. در فناوری‌هایی که در مراحل ابتدایی توسعه خود قرار دارند (پیش توسعه)، اهداف با تمرکز بیشتر بر رویکرد بالا- به- پایین و بر مبنای ترجمه اهداف بالادستی تعیین می‌شوند. در این حالت، سابقه محدودی از توسعه فناوری موجود بوده و اهداف به ایجاد ضرورت‌های توسعه تأکید دارد. رویکرد پایین- به- بالا در این گونه فناوری‌ها به شکل محدود و تنها برای اطمینان از پوشش نقاط قوت و ضعف وضعیت موجود مورد استفاده قرار می‌گیرند.

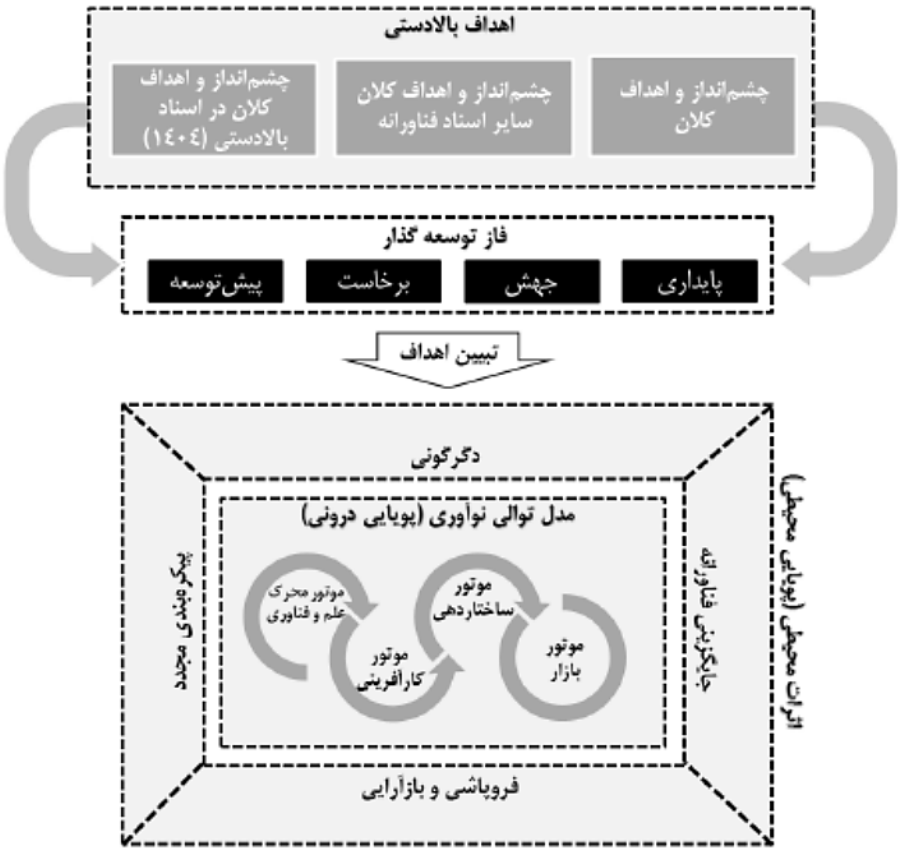
در طرف مقابل، در فناوری‌هایی که در مراحل انتهایی فاز توسعه خود قرار دارند (سرعت‌گیری و تثبیت (بلوغ))، اهداف با رویکرد پایین- به- بالا بر اساس شناسایی موانع و محرک‌ها مشخص می‌شوند. این موانع و محرک‌ها در حقیقت ضعف‌ها و تهدیدها و نقاط قوت‌ها و فرصت‌ها در شرایط موجود هستند. در این‌گونه از فناوری‌ها، مجموعه‌ای از سوابق فعالیت‌های اجتماعی- فناورانه- اقتصادی شکل گرفته و تلاش در جهت بهبود این سوابق و ادامه مسیر کنونی به عنوان هدف سیاست‌گذاری قرار

می‌گیرد. رویکرد بالا- به- پایین در این گونه فناوری‌ها تنها برای حصول اطمینان از هم راستا بودن اهداف برآمده از سابقه توسعه فناوری مورد نظر با ارکان جهت‌ساز است.

اهداف، چه زمانی که ترجمه جهت‌گیری‌های بالادستی هستند و چه زمانی که رفع یا تقویت موانع و محرک‌های شناسایی شده هستند، بر اساس ایده تکامل فرآیند توسعه فناوری بر اساس موتورهای چهارگانه نوآوری (پویایی داخلی) و اثرگذاری عوامل خارجی (پویایی بیرونی) تعریف می‌شوند. در ادامه، به تفکیک به روش‌های هدف‌گذاری بالا- به- پایین و پایین- به- بالا اشاره می‌شود.

۱-۳-۴-۱- رویکرد بالا- به- پایین

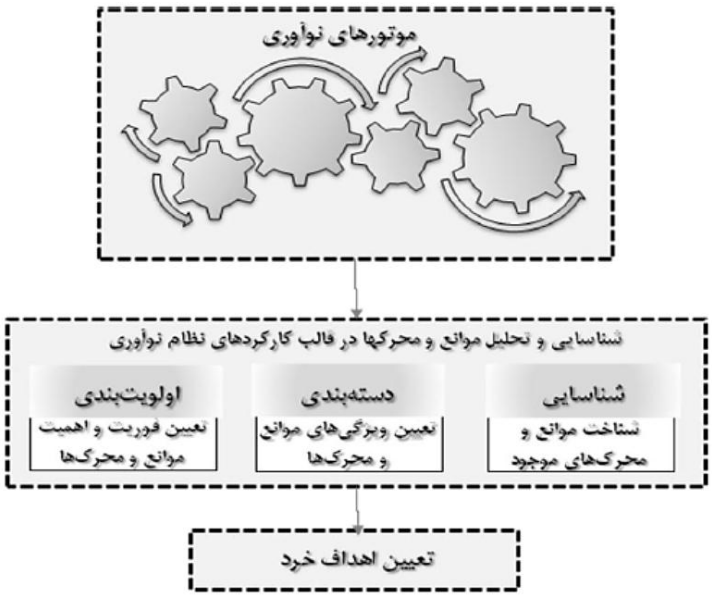
در این رویکرد از هدف‌گذاری، لازم است تا با مبنا قرار دادن ارکان جهت‌ساز و با در نظر گرفتن رویکرد جدید تحلیل و راهبری، اهداف خرد معین شوند. اساساً رویکردهای بالا- به- پایین بر اساس ملاک و معیارهایی شکل می‌گیرند که در سطوح بالاتر مانند اقتصاد و یا صنعت تعیین شده‌اند. یکی از پیش‌نیازهای استفاده از این رویکرد در هدف‌گذاری، وجود قانون‌ها، اسناد، برنامه‌ها و اهداف بالادستی است. در روش‌شناسی پیشنهادی تدوین اسناد ملی که موضوع این مطالعه است، این قالب‌های بالادستی در ارکان جهت‌ساز و به وسیله اهداف کلان، راهبردها و سیاست‌های کلان مشخص می‌شوند.



شکل ۱-۷ روش بالا به پایین در تدوین اهداف خرد

۱-۳-۴-۲- رویکرد پایین- به- بالا

با توجه به پیچیده شدن فضای توسعه علم و فناوری و سرعت بالای تحولات، رویکردهای بالا- به- پایین با مشکلاتی از قبیل عدم نگاه جامع رو به رو هستند؛ به گونه‌ای که در بعضی موارد استفاد تنها از آن‌ها در هدف‌گذاری منجر به نادیده گرفتن بخشی از اهداف ضروری برای توسعه فناوری می‌شوند. به عنوان یک رویکرد تکمیل کننده، رویکرد پایین- به- بالا به استخراج نظرات خبرگان پیرامون وضعیت موجود توسعه فناوری و دسته‌بندی و اولویت‌بندی آن‌ها در قالب اهداف می‌پردازد. در شرایطی که تا کنون نهادها، نقش‌ها و رویه‌هایی برای توسعه فناوری ظاهر شده است، این رویکرد به شناسایی موانع و محرک-هایی می‌پردازد که فرآیند توسعه را کند یا تند می‌کند. در این حالت، رفع مشکلات کنونی سیستم و بهره‌گیری از فرصت‌های ایجاد شده در جهت شتاب بخشیدن به مسیر توسعه، می‌تواند تعین کننده اهداف خرد در برنامه اقدامات و سیاست‌ها باشد. شناسایی موانع و محرک‌ها در قالب هدف‌گذاری با رویکرد پایین- به- بالا طی فرآیندی با مراحل زیر به انجام می‌رسد:



شکل ۱-۸ هدف‌گذاری خرد با رویکرد پایین به بالا

۱-۳-۵- تدوین سیاست‌ها و اقدامات

سیاست‌ها و اقدامات مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. سیاست‌ها، رویکردهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند و اقدامات، طرح‌ها و برنامه‌هایی جهت تحقق سیاست‌ها می‌باشند. از این رو می‌توان گفت که اقدامات راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. همان طور که در شکل (۱-۳) نشان داده شده است سیاست‌ها و اقدامات مورد نیاز بر اساس فهرست چالش‌ها و موانع شناسایی شده در مرحله قبلی پیشنهاد می‌شود.

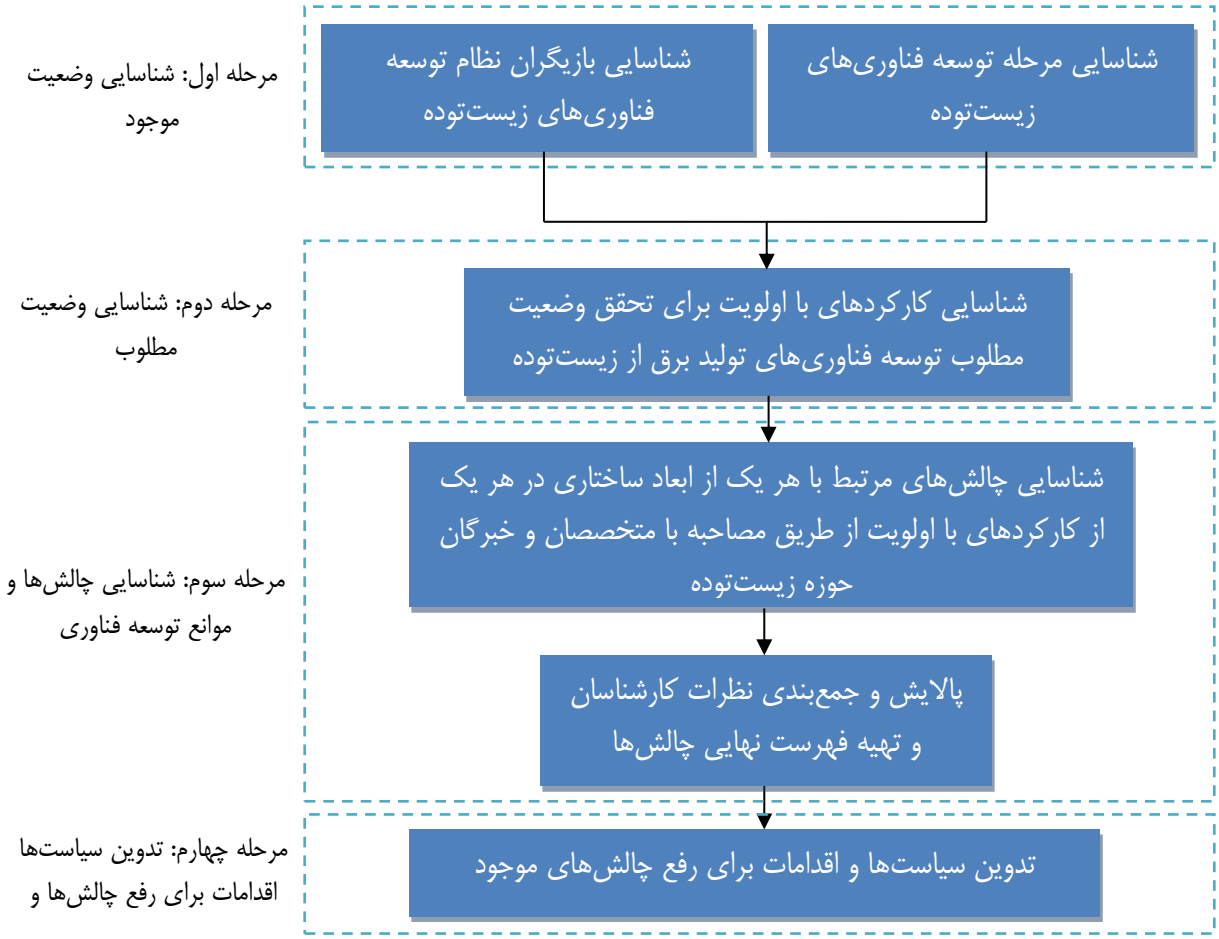
مراجع

روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، ۱۳۹۱.

۲- فصل دوم: برنامه اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده

۲-۱- مقدمه

همان‌طور که در فصل قبل (شکل (۲-۱)) اشاره شد به منظور تدوین سیاست‌ها و اقدامات در مرحله اول باید چالش‌ها و موانع پیشروی توسعه فناوری را شناسایی نمود. چالش‌ها و موانع پیشروی شناسایی‌شده، در واقع، مجموعه‌ای از مشکلات موجود در مسیر تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان سند هستند و از آنجایی که سیاست‌ها و اقدامات رویکردهایی در جهت رفع این چالش‌ها و موانع می‌باشند، می‌توان نتیجه گرفت که سیاست‌ها و اقدامات در جهت تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان سند تدوین می‌شوند. همان طور که در بخش قبل اشاره شد مبنای تدوین اقدامات در این سند، نظام نوآوری فناورانه (TIS) بوده و فرایند تدوین آن‌ها در شکل (۲-۱) نشان داده شده است.



شکل ۲-۱ فرایند تدوین اقدامات توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده

۲-۲- فرایند تدوین اقدامات توسعه فناوری‌های زیست‌توده

۲-۲-۱- شناسایی وضعیت موجود توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده

همانطور که اشاره شد در مرحله اول فرایند تدوین اقدامات، وضعیت موجود توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده در صنعت شناسایی می‌شود. این کار بر مبنای شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده و نیز بازیگران نظام توسعه این سیستم‌ها در کشور انجام می‌شود که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۲-۲-۱-۱- بازیگران نظام توسعه فناوری‌های زیست‌توده

همان‌طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد نظام نوآوری فناوری متشکل از بازیگران و ذینفعانی است که هر یک به طور مستقیم یا غیرمستقیم نقش‌هایی را ایفا می‌کنند. این بازیگران می‌توانند شامل بخش دولتی، شرکت‌های تولیدکننده، شرکت‌های مشاور، دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، مؤسسات مالی، مؤسسات حقوقی و ... باشند. لازم به ذکر است که شناسایی بازیگران مرتبط با حوزه زیست‌توده در قالب گزارشی مستقل در مرحله دوم پروژه حاضر انجام شده است و خلاصه‌ای از نتایج آن به صورت فهرست‌وار و دسته‌بندی شده در حوزه‌های تحقیق و توسعه، انتشار دانش، تأمین منابع انسانی، منابع مالی، مواد، قطعات و تجهیزات و سیاست‌گذاری و جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری‌های زیست‌توده مشخص شده‌اند.

بازیگران در زمینه توسعه دانش

بر اساس اطلاعات موجود بازیگران موجود در زمینه توسعه دانش و فعالیت‌های تحقیق و توسعه در ارتباط با فناوری‌های انرژی زیست‌توده به شرح ذیل هستند:

- **پژوهشگاه‌ها:** پژوهشگاه نیرو، پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشگاه صنعت نفت، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی دانشگاه تهران، پژوهشگاه انرژی و محیط زیست دانشگاه تهران، مرکز تحقیقات محیط زیست و انرژی دانشگاه علوم و تحقیقات، پژوهشکده انرژی و محیط زیست دانشگاه باهنر کرمان، مرکز تحقیقات تولید برق از زیست‌توده دانشگاه شیراز، پژوهشکده علوم و فناوری انرژی دانشگاه صنعتی شریف، مرکز تحقیقات مهندسی پارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، مرکز توسعه فناوری نیرو (متن)، مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی
- **دانشگاه‌ها:** دانشگاه تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه تربیت مدرس، دانشگاه علوم و تحقیقات، دانشگاه باهنر کرمان، دانشگاه صنعت نفت

بازیگران در زمینه انتشار دانش

بازیگران موجود در زمینه انتشار دانش در ارتباط با فناوری‌های زیست‌توده به شرح ذیل هستند:

عنوان کنفرانس یا همایش	برگزارکننده	وبسایت	محور مرتبط

عنوان کنفرانس یا همایش	برگزارکننده	وبسایت	محور مرتبط
همایش مجازی سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی	موسسه آموزش عالی مهر اروند- گروه ترویجی دوستدارن محیط زیست (تحت پوشش UNDP)	www.enconf.ir	محیط زیست انسانی: مدیریت پسماند و بازیافت مدیریت انرژی: انرژی‌های تجدیدپذیر: انرژی زیست‌توده مدیریت بهینه انرژی: فناوری‌های نوین تولید، انتقال و توزیع انرژی
همایش انرژی‌های نو و پاک	دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان و شرکت هم‌اندیشان محیط زیست فردا	www.iscconferences.ir/303	بیوگاز و زیست‌توده مدیریت و بهینه سازی انرژی بازیافت انرژی روش‌های ذخیره‌سازی انرژی اثرات محیط زیستی منابع انرژی تجدیدپذیر ارزیابی جنبه‌های اقتصادی و فنی منابع انرژی پاک و سایر محورهای مرتبط با انرژی‌های نو و پاک
کنفرانس بین‌المللی مهندسی محیط زیست	موسسه آموزش عالی مهر اروند و مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار	eiconf.ir/fa	محیط زیست: مدیریت پسماند و بازیافت، مهندسی آب و فاضلاب مدیریت انرژی: انرژی‌های تجدیدپذیر، فناوری‌های نوین تولید، انتقال و توزیع انرژی، ضرورت امنیت و پایدار انرژی پدافند غیرعامل و پدافند زیستی: راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخش مدیریت انرژی
همایش ملی مدیریت انرژی-های نو و پاک	مرکز ارزیابان محیط زیست هگمتانه و مرکز توسعه همایش‌های آریا هگمتان	energy.bonyadhamayesh.ir bonyadhamayesh.ir	بیوگاز و زیست‌توده مدیریت و بهینه‌سازی انرژی بازیافت انرژی روش‌های ذخیره‌سازی انرژی اثرات محیط زیستی منابع انرژی تجدیدپذیر ارزیابی جنبه‌های اقتصادی و فنی منابع انرژی پاک
کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها	دبیرخانه دائمی کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش ها	www.icsda.ir/fa	مدیریت انرژی و توسعه پایدار

عنوان کنفرانس یا همایش	برگزارکننده	وبسایت	محور مرتبط
همایش بیوانرژی ایران	شرکت هم اندیشان انرژی کیمیا	www.bioenergy.ir	چالش‌های توسعه بیوانرژی در ایران اقتصاد و بیوانرژی، فرصت‌های سرمایه‌گذاری در بخش بیوانرژی چشم‌انداز بیوانرژی در ایران و جهان جایگاه بیوانرژی در منطقه بومی‌سازی فناوری استحصال انرژی از منابع زیست‌توده محیط زیست و بیوانرژی پتانسیل‌سنجی، شناخت و توسعه منابع تشویق بخش خصوصی در سرمایه‌گذاری و مشارکت در حوزه بیوانرژی تحقیق و توسعه بیوانرژی در ایران
کنفرانس بین‌المللی توسعه با محوریت کشاورزی، محیط زیست و گردشگری	دبیرخانه دائمی کنفرانس بین‌المللی توسعه	icdat.ir	مدیریت انرژی و توسعه پایدار
کنفرانس بین‌المللی برق	شرکت مادر تخصصی توانیر پژوهشگاه نیرو	www.psc-ir.com	تولید انرژی الکتریکی (EPG) انرژی‌های تجدیدپذیر (REN)
همایش بین‌المللی انرژی	وزارت نیرو	irannec.com/Home.aspx	مدیریت منابع انرژی و اقتصاد فناوری‌های انرژی و محیط زیست
کنفرانس ملی مدیریت پسماند	سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور	www.pasmand.ir	تولید مواد و انرژی از پسماند (کمپوست، زباله سوز و...) فناوری‌های نوین در فرآیند مدیریت پسماند

عنوان کنفرانس یا همایش	برگزارکننده	وبسایت	محور مرتبط
کنفرانس سالانه بین‌المللی مهندسی مکانیک	دانشگاه یزد انجمن مهندسی مکانیک ایران	confs.yazd.ac.ir/ISME2016	انرژی و محیط زیست
همایش ملی فناوری‌های نوین در کشاورزی و منابع طبیعی	سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی گیلان	apiagriconf.ir	مدیریت پسماندهای کشاورزی و ضایعات آلی دفن بهداشتی زباله و آلودگی‌های زیست‌محیطی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو در کشاورزی
همایش ملی پژوهش‌های محیط زیست و کشاورزی ایران	دبیرخانه سومین همایش ملی پژوهش‌های محیط زیست و کشاورزی ایران	3environment.bonyadhamayesh.ir	انرژی و محیط زیست پساب و محیط زیست پسماند و محیط زیست
کنگره سالیانه جهان و بحران انرژی	موسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی	wec2015.ir	نقش انرژی‌های نو و تجدیدپذیر در مقابله با بحران انرژی
کنفرانس بهینه‌سازی مصرف انرژی در علوم و مهندسی	دانشکده فنی و حرفه‌ای الزهراء بابل	bme2014.ir	انرژی‌های نو و پاک و تولیدات پراکنده
کنفرانس ملی بهینه سازی و مدیریت مصرف انرژی	دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی‌آباد کتول	emo.ieerec.ir	مدیریت انرژی‌های نو و پاک و سایر موضوعات مرتبط با بهینه‌سازی مصرف
کنفرانس پیشرفت‌های نوین در حوزه انرژی	موسسه آموزش عالی انرژی	cmaes.ir	مهندسی مکانیک و انرژی

عنوان کنفرانس یا همایش	برگزارکننده	وبسایت	محور مرتبط
کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین در عمران، معماری، محیط زیست و مدیریت شهری	موسسه مدیران ایده پرداز	www.caeconf.com	انرژی‌های نو در معماری مدیریت پسماند در شهرها
همایش ملی افق‌های نوین در توانمندسازی و توسعه پایدار معماری، عمران، گردشگری، انرژی و محیط زیست شهری و روستایی	دبیرخانه دومین همایش ملی افق-های نوین در توانمندسازی و توسعه پایدار معماری، عمران، گردشگری، انرژی و محیط زیست شهری و روستایی	bonyadhamayesh.ir	انرژی و توسعه پایدار
کنفرانس بین‌المللی اقتصاد سبز	شرکت پژوهشی طرود شمال	ge.toroudshomal.com	انرژی‌های نو

بازیگران در زمینه تأمین منابع

بازیگران موجود در زمینه تأمین منابع مورد نیاز فناوری‌های زیست‌توده اعم از منابع انسانی، مالی و مواد و تجهیزات به شرح ذیل هستند:

- **منابع مالی:**
  - صندوق مهر امام رضا (ع) (اعطای وام کم بهره به تحقیقات)، بانک‌ها و مؤسسات اعتباری، صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران، صندوق توسعه فناوری‌های نوین، صندوق حمایت از طرح‌های نوآورانه در پژوهشگاه نیرو، توانیر، مرکز تحقیقات شرکت توانیر، پژوهشگاه مواد و انرژی، دفتر مهندسی مرکز همکاری‌های ریاست جمهوری.
- **منابع انسانی:**
  - دانشگاه تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه تربیت مدرس، دانشگاه باهنر کرمان

- پژوهشگاه نیرو، پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشگاه‌های دانش‌های بنیادین، مرکز تحقیقات شرکت توانیر، دفتر مهندسی مرکز همکاری‌های ریاست جمهوری.

- **منابع مواد و قطعات:**
  - شرکت‌های مشاوره، سازنده و تأمین‌کننده فناوری‌های زیست‌توده
- **منابع زیست‌توده:**
  - وزارت جهاد کشاورزی
  - سازمان جتگل‌ها، مراتع و آبخیزداری
  - وزارت کشور، سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌ها
  - وزارت کشور، سازمان مدیریت پسماند
  - کشاورزان، باغداران، زارعین و دامداران

جدول ۲-۱ شرکت‌های مشاوره، سازنده و تأمین‌کننده فناوری‌های انرژی زیست‌توده

نام شرکت / سازمان	نوع نیروگاه / پروژه	ظرفیت نصب شده MW	اطلاعات تماس	آدرس
آب و فاضلاب تهران	بیوگاز از لجن فاضلاب	۲ + ۴/۸	۰۲۱-۸۸۴۹۵۹۶۱-۳	آدرس نیروگاه: تهران- ری، تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران خ دکتر بهشتی، خ اندیشه، نبش اندیشه ۶، پ ۱۴
سازمان تنظیف و بازیافت مواد شهرداری شیراز/ شرکت نیرو سابین آریا	بیوگاز زباله (دفنگاه زباله) - بیوگازسوز	۱/۲	۰۲۱-۸۸۷۰۳۴۱۴ دفتر مرکزی ۰۲۱-۸۸۵۵۴۰۵۱ کارخانه ۰۲۱-۸۸۷۰۳۳۱۳	آدرس نیروگاه: شیراز- برم شور، سایت دفنگاه زباله، نیروگاه بیوگاز سوز تهران- خ احمد قصیر، خ پنجم، شماره ۱۵، طبقه سوم، واحد ۱۳
سازمان بازیافت و تبدیل مواد- شهرداری مشهد	بیوگاز زباله (دفنگاه زباله) - بیوگازسوز	۰/۶	۰۵۱۱-۶۰۷۴۷۰۱-۲	مشهد- بلوار آزادی، نبش آزادی ۲۱ آدرس نیروگاه: ابتدای جاده مشهد به نیشابور و در نزدیکی شهر طرق
شرکت بازیافت تیم کیان و سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران	بیوگاز سوز	۱/۹ مگاوات- دارای پروانه احداث نیروگاه	۰۳۱۱-۶۲۰۴۴۶۴ ۰۳۱۱-۶۲۰۴۷۸۳ ۵۵۵۳۰۱۳-۹	تهران- آبعلی خ شهید رجایی، انتهای ۱۳ آبان، صالح آباد شرقی
تدبیر توسعه سلامت	نیروگاه زباله‌سوز	۳		شهرک غرب، خ ایوانک، خ سیمای ایران، کوچه یازدهم، نبش گذر اسفند، پ ۲، واحد

نام شرکت / سازمان	نوع نیروگاه / پروژه	ظرفیت نصب شده MW	اطلاعات تماس	آدرس
				۵ آدرس نیروگاه: تهران- کهریزک
تعاونی ۷۱۶ تولید کود طبیعی و زیست‌گاز زرینه میاندوآب	بیوگاز	۲ مگاوات- دارای پروانه احداث نیروگاه	۰۴۸۱-۲۲۲۹۰۵۰ ۰۹۱۴۱۸۰۳۲۷۶ ۰۹۱۴۸۲۴۱۸۷۱	آذربایجان غربی- میاندوآب، بوکان
شرکت آترین پارسیان (اعتبار مجوز پروژه‌های مذکور به پایان رسیده است)	تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر از جمله زیست‌توده زباله‌سوز	۸ محل احداث: مازندران، تنکابن ۲ محل احداث: مازندران، آمل	۰۲۱-۸۸۵۷۷۸۹۸ ۰۲۱-۸۸۵۶۴۶۸۵ info@atrinparsian.com	تهران- شهرک قدس (غرب)، خیابان مهستان، خیابان گلستان جنوبی، پلاک ۲۱، ساختمان زمرد، طبقه چهارم
شرکت فن‌آوران انرژی پاک آسیا مهندسی مشاور نیما (نیروی مازندران)	نیروگاه زباله‌سوز	۱۲	۰۱۵۱-۲۲۹۹۴۲۴ Info@nimaco-eng.com	مازندران- ساری، خ ورزش، ضلع جنوبی استادیوم شهید متقی آدرس نیروگاه: روستای زرین آباد، ۵ کیلومتری جاده اصلی ساری، نکاء
بهین هوشمند سازه شریف	طراحی و اجرای نیروگاه‌های زیست‌توده طراحی و اجرای نیروگاه‌های تولید برق از پسماندهای شهری، صنعتی و بیمارستانی		تلفکس: ۶۶۰۰۸۱۴۱ info@gwe-co.com	تهران- خیابان آزادی، خیابان شهید حبیب‌اله، خیابان شهید قاسمی، پلاک ۶۱
شرکت مهندسی مشاور نیروی آذربایجان (منا)	انرژی زیست‌توده		۰۲۱-۸۸۰۷۱۵۲۴ ۰۲۱-۸۸۳۷۱۶۴۷ ۰۹۱۲۱۶۴۲۱۹۲ omid_alambaz@yahoo.com	تهران- سعادت آباد- بلوار دریا- بین پاک‌نژاد و مطهری، پلاک ۱۴۶

نام شرکت / سازمان	نوع نیروگاه / پروژه	ظرفیت نصب شده MW	اطلاعات تماس	آدرس
شرکت فولاد صنعت غدیر	گازیسازی زباله		۷۷۱۸۷۳۵۱ Info@fouladsanatghadir.com as.heidari@fouladsanatghadir.com	تهران- بزرگراه رسالت، خیابان حیدرخانی، خیابان احدزاده، پلاک ۱۷۳، طبقه دوم
شرکت مهندسی قدس نیرو			۰۲۱۸۸۴۵۹۸۵۲-۰۲۱۸۸۴۳۰۴۵۴ Info@ghods-niroo.com	تهران- خ استاد مطهری، بعد از سهروردی شماره ۸۲
شرکت مهندسی طرح هندسه نو			۰۱۳۴۲۲۲۴۱۵۵ tarhe.hendese.no@gmail.com	
فن اندیشان صنعت و انرژی سبز	ساخت و انتقال فناوری‌های مرتبط با بازیافت انواع زباله‌های شهری، صنعتی و نخاله‌های ساختمانی و تبدیل ریجکت به الکتریسیته از روش تولید گاز سنتز		۰۹۰۱۰۲۸۵۰۷۲	تهران- بزرگراه رسالت،خیابان حیدرخانی، خیابان احدزاده، پلاک ۱۷۳، طبقه دوم
شرکت ماندگار پاک انرژی - شرکت هیتاچی زوسن	نیروگاه‌های زباله سوز			
توسعه آفرینان گشتا انرژی	زیست‌توده	۰/۵	محل احداث: گلستان، مینودشت	تهران- خ خالد اسلامبولی، خ پنجم، پ ۲۵، ط سوم، واحد ۱۱
	زیست‌توده	۲	محل احداث: البرز، هیو	
بهسازان کاران البرز (بکا)	زیست‌توده	۲	۰۲۱-۸۸۱۴۷۰۰۸ محل احداث: سمنان، شاهرود	تهران- خ ولیعصر، منیریه، خ شهید پیران، کوی آسیا، پ ۶، واحد ۷
کشاورزی و دامپروری کوهستان سمنان- اتمام اعتبار موافقت نامه	زیست‌توده	۰/۰۹	۰۲۱-۷۷۳۳۹۵۵۷ محل احداث: سمنان	سمنان، خ شهید رجایی، باغ فیض، کوچه نجفی، پ ۱۶
تعاونی توسعه گرانسبزجی- اتمام اعتبار موافقت نامه	زیست‌توده	۱	۰۳۱۱-۶۸۲۱۱۳۲ محل احداث: اصفهان، جرقویه	اصفهان، بهارستان، بلوار بهشت، کوی جنت، ارم ۱۴، پلاک ۷۱۴

نام شرکت / سازمان	نوع نیروگاه / پروژه	ظرفیت نصب شده MW	اطلاعات تماس	آدرس
طبیب پخش سقز	زیست‌توده	۱/۹	۰۸۷۳۲۳۰۰۳۵ محل احداث: کردستان، سقز	کردستان- سقز، خ معلم، نبش کوچه کاویان
انرژی پاک برسام	زیست‌توده	۰/۵	۲۲۵۹۰۳۸۶ محل احداث: گیلان، رشت	تهران- خ پاسداران، خ شهید پایدارفر، کوی لنکران، کوی زورق، پ ۹، واحد ۳
World Eco Energy	زیست‌توده	۸۰	محل احداث: چهارمحال بختیاری	
جاده ابریشم گیتی	زیست‌توده	۰/۳	۰۴۵۱۷۷۱۶۵۱۱ محل احداث: آذربایجان شرقی، تبریز	اردبیل- میدان ارتش، کوچه نیما، پ ۷
سازمان انرژی‌های نو ایران	پتانسیل‌سنجی و تهیه اطلس زیست‌توده امکان‌سنجی و طراحی مفهومی نیروگاه بیوگاز ساوه پتانسیل‌سنجی و امکان‌سنجی زباله شهری و احداث نیروگاه آن بررسی عملکرد سامانه بهینه گازی‌سازی زیست‌توده برای ایران احداث پایلوت ساوه (نیروگاه بیوگاز زباله، فاضلاب و خونابه کشتارگاه) کمک‌های فنی و کارشناسی در امر خرید زباله‌سوزها		۹-۸۸۰۸۵۰۰۶ -۰۲۱ ۰۲۱-۸۸۰۸۴۷۲۶ روابط عمومی	تهران- شهرک قدس، انتهای بلوار شهید دادمان (پونک باختری)، جنب بزرگراه یادگار امام، ساختمان معاونت امور انرژی
سانا با وزارت کشور و شهرداری مشهد	انعقاد تفاهم‌نامه جهت کمک‌های فنی و کارشناسی تولید انرژی از دفنگاه‌ها و زباله‌سوزها			

نام شرکت / سازمان	نوع نیروگاه / پروژه	ظرفیت نصب شده MW	اطلاعات تماس	آدرس
همکاری سانا با امور دام وزارت جهاد کشاورزی	اجرای پروژه‌های بیوگاز در دامداری‌ها و مرغداری‌ها در سه سطح کوچک، متوسط و بزرگ			همکاری با جهاد کشاورزی خراسان رضوی
سانا	بررسی پتانسیل و امکان‌سنجی تولید برق از فاضلاب تصفیه‌خانه فاضلاب تبریز و اصفهان	۱/۲ مگاوات اصفهان – برگزاری مناقصه		تبریز و اصفهان
شهرداری اصفهان سازمان مدیریت پسماند	زباله‌سوز بیوگاز زباله (دفنگاه)	۱۲		تهران – اصفهان
شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان– اتمام اعتبار مجوز	هاضم – بیوگاز از لجن فاضلاب	۱/۲	۰۳۱۱۶۶۸۰۰۳۰ محل احداث: اصفهان – تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان	اصفهان – خ هزار جریب، خ جابر، شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان
شرکت البرز نئوپان جنوب– اتمام اعتبار	زمینه فعالیت: ام دی اف خام نیروگاه زیست‌توده	۵	۴– ۲۲۰۱۲۱۳۳ محل احداث: خوزستان، اهواز ۴۰ کیلومتری شهر اهواز	تهران– بلوار آفریقا، بالاتر از چهارراه ظفر، کوچه نیلوفر، پ ۴
شرکت مهسان دیزل کوهرنگ– اتمام اعتبار	بیوگازسوز زباله شهری	۵	محل احداث: تهران، دماوند	تهران– میدان انقلاب، جنب سینما مرکزی، کوچه مهرناز، ساختمان ۱۱۰، طبقه ۲، واحد ۲۳
شرکت کشت و صنعت گوشت شرق مازندران	زیست‌توده	۳	محل احداث: مازندران، ساری	ساری– کیلومتر ۵ جاده جویبار
مهگام راه و ساختمان	زیست‌توده	۲۷	محل احداث: مازندران، ساری	
اوکسین صنعت	زیست‌توده	۵	محل احداث: تهران	تهران– خ مطهری، خ میرعماد، کوچه هشتم، پ ۵

نام شرکت / سازمان	نوع نیروگاه / پروژه	ظرفیت نصب شده MW	اطلاعات تماس	آدرس
کارآوران / انرژی تجدیدپذیر شرق	زیست‌توده	۱۵		
تعاونی تولید زرین دشت آباده	زیست‌توده	۱/۵	محل احداث: فارس، آباده	فارس- آباده، صادق آباد، نود دستگاه، خ گلدیس، پ ۶۲
پارس انرژی سپیدان آریا شرق	زیست‌توده	۲/۴	محل احداث: اصفهان، فلاورجان	اصفهان- گز برخوار، خ فردوسی، پ ۲۰۴
صنعت محیط سبز پارسیان	زیست‌توده	۱۱/۸	محل احداث: گیلان، رشت	رشت- خ دکتر حشمت، کوچه سررشته دار، پ ۳۲۳
شرکت تولید کود آلی شهرداری تبریز	زیست‌توده	۱۵	محل احداث: آذربایجان شرقی، تبریز	تبریز- چهارراه لاله، مجتمع تجاری لاله، طبقه اول، پ ۴
مهرگان صنعت هما	زیست‌توده	۱/۲	محل احداث: چهارمحال بختیاری، شهرکرد	تهران- بزرگراه اشرفی اصفهانی، ساختمان ۵۵، طبقه سوم، واحد ۷
شرکت آتبین	زباله‌سوزی		تلفن: ۰۹۷۱-۴۸۸۰۸۴۳۹ فکس: ۰۹۷۱-۴۸۸۱۱۳۶۱ info@atbinco.com	امارات متحده عربی- دبی- منطقه ازاد جبل علی، دریچه ۴، پلاک ۱۶، طبقه اول.
شرکت فناوری پژوهان زیست گستر رتیون	انرژی‌های تجدیدپذیر		۰۲۱-۶۶۶۵۱۱۴۶	تهران- بزرگراه آیت‌اله سعیدی، خ یادگار، پ ۱۴

بازیگران در زمینه جهت‌دهی به سیستم

در زمینه جهت‌دهی به سیستم، در حال حاضر این بخش‌ها فعال هستند.

- مجمع تشخیص مصلحت نظام- مرکز تحقیقات استراتژیک

(معاونت پژوهش‌های روابط بین‌الملل، گروه پژوهشی توسعه پایدار و محیط زیست- معاونت پژوهش‌های اقتصادی، گروه‌های پژوهشی اقتصاد انرژی، امور کشاورزی، فناوری‌های نو، برنامه و بودجه، شاخص‌سازی و آینده‌پژوهی)

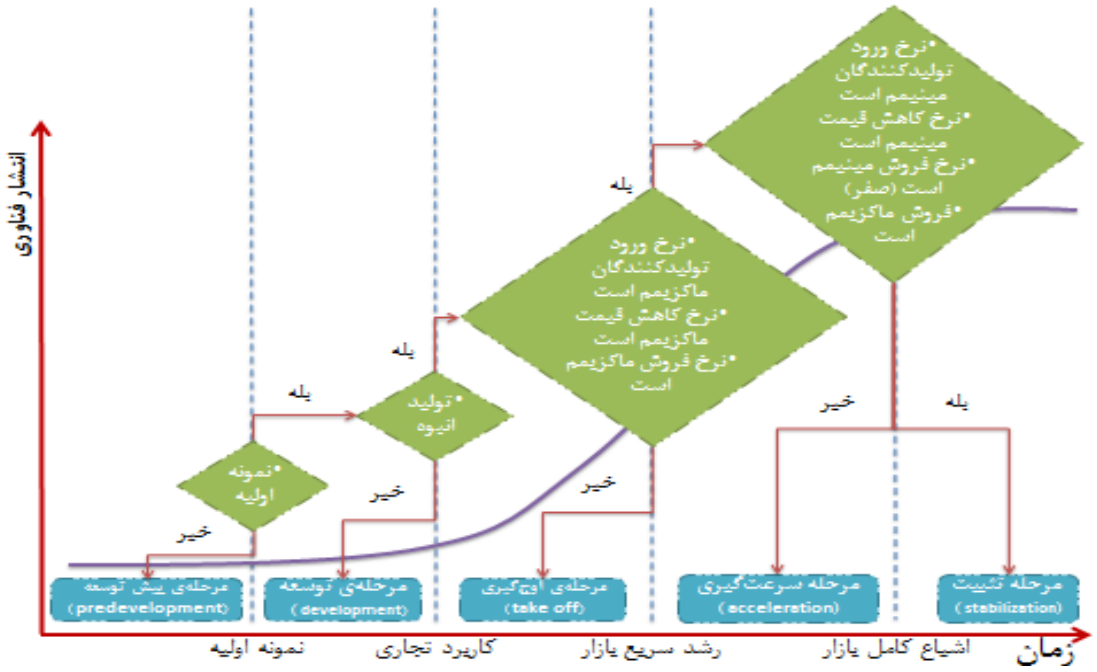
- مجلس شورای اسلامی- مرکز پژوهش‌ها
- وزارت کشور- معاونت عمران و توسعه شهری و امور روستایی- سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور
- وزارت جهاد کشاورزی
- وزارت صنعت، معدن و تجارت- معاونت‌های پژوهش و فناوری، امور صنایع، طرح و برنامه، دفتر امور ایمنی، محیط زیست و انرژی، گروه انرژی؛ سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران (ایدرو)
- وزارت نفت- سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت
- وزارت نیرو- شرکت توانیر، سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
- وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
- معاونت علم و فناوری ریاست جمهوری- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر
- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی
- سازمان حفظ محیط زیست کشور- سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری
- سازمان توسعه برق
- وزارت جهاد کشاورزی- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
- شرکت نوسازی صنایع ایران
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
- موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

- پژوهشگاه نیرو
- پژوهشگاه صنعت نفت، پردیس پژوهش و توسعه انرژی و محیط زیست
- شورای عالی انقلاب فرهنگی
- شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)
- سندیکای شرکت‌های تولیدکننده برق
- سندیکای صنعت برق ایران
- مرکز فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
- مرکز تحقیقات مهندسی فارس

به طور کلی، اکثر بازیگران فعال در حوزه انرژی زیست‌توده، دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها هستند و اکثر فعالیت‌ها شامل انجام تحقیقات و مطالعات در این زمینه می‌باشد.

۲-۲-۱-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده

همان‌طور که در بخش‌های قبلی اشاره گردید در تعیین وضعیت موجود توسعه فناوری، علاوه بر تعیین بازیگران مختلف حوزه مد نظر باید مرحله توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده را تعیین نمود. با توجه به وضعیت شاخص‌های توسعه فناوری (شکل (۲-۲) و جدول (۱-۲)) مرحله توسعه فناوری برای هر یک از فناوری‌های اولویت‌دار مشخص گردید که در ادامه به تفکیک برای هر فناوری ذکر می‌گردد.



شکل ۲-۲ نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه

مرحله توسعه فناوری هاضم بیهوازی

- بازیگران

تا کنون برای این فناوری، شرکت دانش بنیان در کشور تأسیس نشده است و حداقل یک شرکت تولیدکننده (شرکت طرح هندسه نو) وجود دارد. بازیگران اصلی این حوزه شامل دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی می‌باشد. تمام دانشگاه‌هایی که در زمینه انرژی تجدیدپذیر و زیست‌توده فعالیت می‌کنند پتانسیل کار روی این موضوع را دارند. از جمله پژوهشگاه‌های فعال در زمینه فناوری هاضم بیهوازی نیز می‌توان پژوهشگاه نیرو و پژوهشگاه مواد و انرژی را نام برد. نقش تسهیل‌گری دولت نیز به دلیل سیاست‌های اخیر و اقدام به تدوین اسناد و همچنین مشخص کردن قیمت خرید تضمینی ۳۱۵ تومان برای هر کیلووات ساعت برق تولیدی توسط این فناوری، کم کم شکل گرفته است.

- تعاملات

به دلیل وجود نمایشگاه‌ها و کنفرانس‌های مرتبط با بحث انرژی‌های تجدیدپذیر و برگزاری همایش‌های تخصصی بسیار محدود، متخصصین در این زمینه با یکدیگر آشنا شده‌اند و منجر به شکل‌گیری روابط بین فردی شده است. اما شبکه مربوط به فناوری وجود ندارد.

- نهادها

قانون و دستورالعمل خاصی در مورد فناوری هاضم بیهوازی وجود ندارد اما یک سری هنجارها و انتظارات (نهاد نرم) برقرار است.

با توجه به موارد فوق فناوری هاضم بیهوازی در مرحله پیش‌توسعه قرار دارد.

	پیش توسعه	توسعه	اوج‌گیری	سرعت‌گیری	تعادل
بازیگران	• بازیگران اصلی: دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی • تعداد محدود بازیگران • نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد.	• بازیگران اصلی: شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی • شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می‌کنند • نقش دولت در سیاست‌گذاری (حامله‌گری) پررنگ می‌شود	• انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند • افزایش شرکت‌های دانش‌بنیان • نقش دولت در سیاست‌گذاری (قابله‌گری) پررنگ می‌شود	• تعداد رقبای در حوزه‌ی توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد • نقش پررنگ بانکها و موسسات مالی • نقش دولت در تنظیم‌گری پررنگ می‌شود	• تمام بازیگران در این حوزه‌ی فناورانه به صورت فعال حضور دارند
تعاملات	• روابط فردی شکل گرفته است • شبکه‌های مربوط به فناوری وجود ندارند	• شبکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد	• شبکه‌های علمی در حال قوی شدن است • شبکه‌های ضعیف صنفی کم‌کم شکل می‌گیرد	• شبکه‌های علمی قوی • شبکه‌های صنفی در حال قوی شدن است	• شبکه‌های علمی قوی • شبکه‌های صنفی قوی
نهادها	• نهادهای نرم شکل می‌گیرد • نهاد سخت هنوز وجود ندارد	• نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است	• نهادهای سخت شکل گرفته است	• افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها	• نهادهای سخت متنوعی وجود دارد

شکل ۲-۳ شناسایی فاز توسعه فناوری هاضم بیهوازی

مرحله توسعه فناوری گازیسازی

- بازیگران

به طور کلی، تعداد مقالات در این زمینه در ایران تا کنون محدود بوده است، بنابراین بازیگران اصلی در راه توسعه این فناوری دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی هستند. در حال حاضر دانشگاه‌های فعال در حوزه انرژی زیست‌توده و همچنین پژوهشگاه‌های نیرو و صنعت نفت در زمینه فناوری گازیساز تحقیق و فعالیت می‌کنند. شرکت فولاد صنعت غدیر و شرکت فن-اندیشان صنعت و انرژی سبز در این زمینه تخصص دارند. اما به طور کلی تعداد بازیگران این فناوری محدود است. نقش تسهیل‌گری و حمایتی دولت نیز کمرنگ می‌باشد و حتی در بحث تعیین تعرفه خرید برق تضمینی به طور مشخص به آن اشاره نکرده است.

تعاملات

در این زمینه کنفرانسی تخصصی برگزار نشده است و معمولاً فعالان این حوزه به صورت فردی یکدیگر را می‌شناسند. تنها در برخی نمایشگاه‌ها و کنفرانس‌های مرتبط با بحث انرژی‌های تجدیدپذیر و زیست‌توده مطالبی ارائه شده است که معمولاً خروجی ملموسی وجود نداشته است.

- نهادها

در مورد فناوری گازیسازی قواعد هنجاری (نهاد نرم) در حال شکل‌گیری است.

با توجه به موارد فوق فناوری گازیسازی در مرحله پیش‌توسعه قرار دارد.

	پیش توسعه	توسعه	اوج‌گیری	سرعت‌گیری	تعادل
بازیگران	• بازیگران اصلی: دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی • تعداد محدود بازیگران • نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد.	• بازیگران اصلی: شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی • شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می‌کنند • نقش دولت در سیاست‌گذاری (حامله‌گری) پررنگ می‌شود	• انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند • افزایش شرکت‌های دانش‌بنیان • نقش دولت در سیاست‌گذاری (قایله‌گری) پررنگ می‌شود	• تعداد رقبای در حوزه‌ی توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد • نقش پررنگ بانکها و موسسات مالی • نقش دولت در تنظیم‌گری پررنگ می‌شود	• تمام بازیگران در این حوزه‌ی فناورانه به صورت فعال حضور دارند
تعاملات	• روابط فردی شکل گرفته است • شبکه‌های مربوط به فناوری وجود ندارند	• شبکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد	• شبکه‌های علمی در حال قوی شدن است • شبکه‌های ضعیف صنفی کم‌کم شکل می‌گیرد	• شبکه‌های علمی قوی • شبکه‌های صنفی در حال قوی شدن است	• شبکه‌های علمی قوی • شبکه‌های صنفی قوی
نهادها	• نهادهای نرم شکل می‌گیرد • نهاد سختی هنوز وجود ندارد	• نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است	• نهادهای سخت شکل گرفته است	• افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها	• نهادهای سخت متنوعی وجود دارد

شکل ۲-۴ شناسایی فاز توسعه فناوری گازیسازی

مرحله توسعه فناوری زباله‌سوزی

- بازیگران

در حال حاضر چند شرکت دانش بنیان مانند بهین هوشمند سازه شریف و شرکت‌های تولیدکننده و واردکننده (بازرگانی) از جمله: تدبیر توسعه سلامت، آترین پارسیان، ماندگار پاک انرژی، world eco energy و آتبین در زمینه فناوری زباله‌سوزی در کشور فعالیت می‌کنند. لذا بازیگران اصلی این حوزه شامل شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر بوده‌اند. نقش دولت نیز با اختصاص دادن بالاترین قیمت خرید برق تضمینی به این فناوری از بین فناوری‌های تولید انرژی از زیست‌توده (۵۸۷ تومان برای هر کیلووات ساعت) پررنگ شده است.

- تعاملات

با توجه به فعالیت‌های انجمن مدیریت پسماند و انجمن اقتصاد انرژی، در این زمینه شبکه ضعیف علمی شکل گرفته است. همچنین به دلیل برگزاری همایش‌ها مانند همایش تبدیل پسماند به انرژی، کنسرسیوم تبدیل پسماند به انرژی (WtE) در حال شکل‌گیری است.

- نهادها

در مورد این فناوری قوانین و دستورالعمل‌هایی وجود دارد. قانون مدیریت پسماند که توسط وزارت کشور تصویب شده است. در سند آسیب‌شناسی پسماند نیز اعتبارات اختصاص داده شده به این فناوری تعیین شده و در اختیار سازمان‌های زیربط قرار گرفته است.

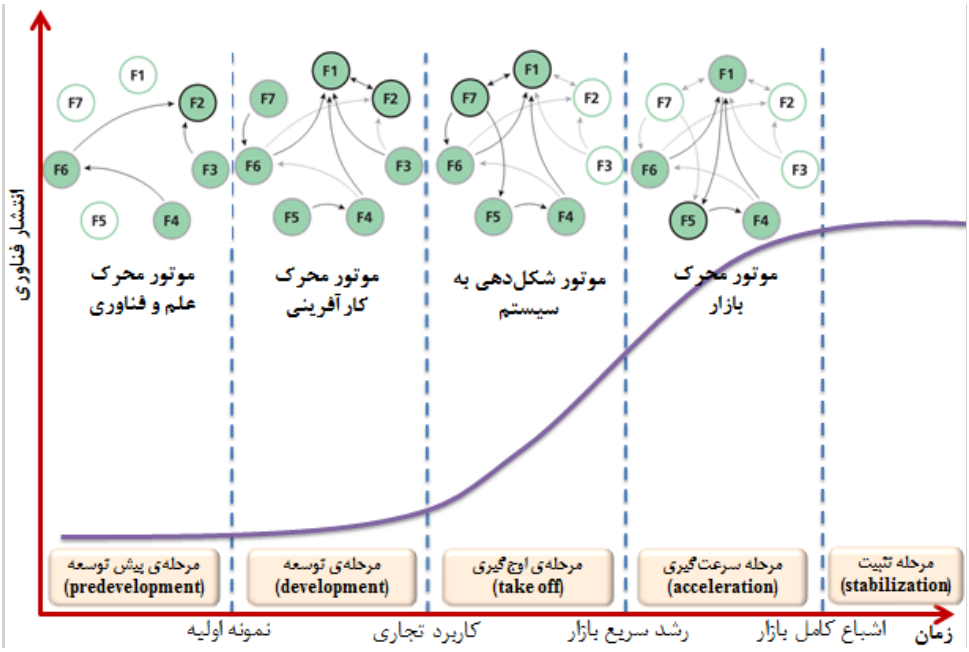
با توجه به موارد فوق فناوری زباله‌سوزی در مرحله توسعه قرار دارد.

	پیش توسعه	توسعه	اوج‌گیری	سرعت‌گیری	تعادل
بازیگران	• بازیگران اصلی: دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی • تعداد محدود بازیگران • نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد.	• بازیگران اصلی: شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی • شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می‌کنند • نقش دولت در سیاست‌گذاری (حامله‌گری) پررنگ می‌شود	• انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند • اقزایل شرکت‌های دانش‌بنیان • نقش دولت در سیاست‌گذاری (قایله‌گری) پررنگ می‌شود	• تعداد رقبای در حوزه‌ی توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد • نقش پررنگ بانکها و موسسات مالی • نقش دولت در تنظیم‌گری پررنگ می‌شود	• تمام بازیگران در این حوزه‌ی فناورانه به صورت فعال حضور دارند
تعاملات	• روابط فردی شکل گرفته است • شبکه‌های مربوط به فناوری وجود ندارند	• شبکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد	• شبکه‌های علمی در حال قوی شدن است • شبکه‌های ضعیف صنفی کم‌کم شکل می‌گیرد	• شبکه‌های علمی قوی • شبکه‌های صنفی در حال قوی شدن است	• شبکه‌های علمی قوی • شبکه‌های صنفی قوی
نهادها	• نهادهای نرم شکل می‌گیرد • نهاد سختی هنوز وجود ندارد	• نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است	• نهادهای سخت شکل گرفته است	• افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها	• نهادهای سخت متنوعی وجود دارد

شکل ۲-۵ شناسایی فاز توسعه فناوری زباله‌سوزی

۲-۲-۱-۳- تعیین موتور متناسب با فاز توسعه نظام

پس از شناسایی فاز توسعه نظام، حال نوبت آن است که موتور متناسب با فاز توسعه نظام معین گردد. همان طور که در نمودار ذیل مشاهده می‌شود، هر فاز توسعه نظام متناظر با یکی از موتورهای نظام نوآوری فناورانه می‌باشد.



شکل ۲-۶ موتورهای متناسب با مراحل توسعه نظام فناوری

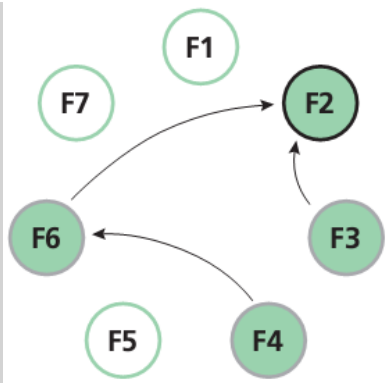
با توجه به اطلاعاتی که در بخش قبل به دست آمد، وضعیت نظام نوآوری فناورانه فناوری بخش انرژی زیست‌توده در کشور برای دو فناوری هاضم و گازیسازی در مرحله پیش توسعه قرار گرفته است. بنابراین با توجه به نمودار شکل (۲-۶) می‌توان گفت در داخل نظام توسعه این فناوری، موتور محرک علم و فناوری در حال جریان می‌باشد. همچنین فاز توسعه برای فناوری زباله‌سوزی در مرحله توسعه قرار دارد که موتور محرک مربوط به مرحله توسعه موتور محرک کارآفرینی است.

۲-۲-۱-۴- تعیین کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای

در بخش قبل مشخص گردید که در داخل نظام توسعه فناوری بخش انرژی زیست‌توده، موتور محرک علم و فناوری و موتور محرک کارآفرینی در حال جریان می‌باشد.

همان طور که از نام موتور محرک علم و فناوری مشخص است، با هدف گسترش دانش نظری و عملی پیرامون فناوری شکل می‌گیرد. همان طور که در فصل اول تشریح گردید، هر موتور نوآوری از توالی کارکردهای مختلف حاصل می‌گردد. زمانی که هدف، راه‌اندازی موتور محرک علم و فناوری باشد، انجام فعالیت در ۴ کارکرد ضروری می‌باشد و سایر کارکردها در اولویت قرار

نمی‌گیرند. ۴ کارکرد خلق دانش (F_2)، انتشار دانش (F_3)، جهت‌دهی به سیستم (F_4) و تأمین و تسهیل منابع (F_6)، کارکردهای تشکیل‌دهنده این موتور هستند.



شکل ۲-۷ موتور محرک علم و فناوری

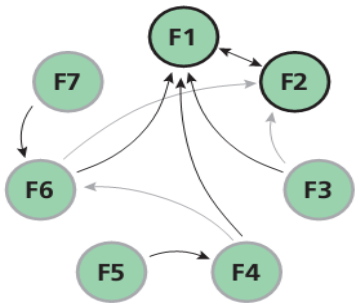
کارکرد محوری در این موتور که نقشی اساسی در تحقق اهداف این موتور بر عهده دارد، کارکردهای خلق دانش می‌باشد و با برآورده شدن این کارکرد، نظام نوآوری این فناوری، از این فاز وارد فاز توسعه خواهد شد. کارکردهایی که این کارکرد را حمایت و پشتیبانی می‌کنند عبارتند از: کارکرد انتشار دانش و کارکرد تأمین و تسهیل منابع که به این کارکردها، کارکردهای حمایتی می‌گویند. همان طور که در شکل بالا مشخص است، کارکرد جهت‌دهی به سیستم یک کارکرد حاشیه‌ای می‌باشد، زیرا از کارکرد حمایتی بسیج منابع را پشتیبانی می‌نماید. بنابراین می‌توان در این موتور دسته‌بندی ذیل را ارائه نمود.

جدول ۲-۲ کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای موتور اول

نوع کارکرد	نام کارکرد
کارکرد کلیدی	خلق دانش
کارکرد حمایتی	انتشار دانش تأمین و تسهیل منابع
کارکرد حاشیه‌ای	جهت‌دهی به سیستم

موتور محرک بعدی که در مورد فناوری‌های زیست‌توده (زباله‌سوزی) مطرح است، موتور محرک کارآفرینی است. هدفی که موتور محرک کارآفرینی به دنبال آن است، شدت بخشیدن به حجم فعّالیت‌های کارآفرینی انجام شده در فرایند توسعه فناوری (که غالباً در محیط صنعت به وقوع می‌پیوندد) خواهد بود. هدف دوّم این موتور این است که با گسترش فعّالیت‌های اجرایی، نیازمندی‌ها و نقص‌های دانشی موجود را شناسایی کند و بازخوردی از محیط عملیاتی به سیستم‌های تحقیق و توسعه دهد تا فناوری از لحاظ فنی نیز به بلوغ برسد.

موتور محرک کارآفرینی برای شتاب بخشیدن به روند فعّالیت‌ها، نیازمند تحقق کارکردهای مختلفی می‌باشد. به عبارت دیگر، انجام فعّالیت‌ها در چارچوب کارکردهای مختلف توسط بازیگران گوناگون، موجب برآورده شدن کارکردهایی می‌گردد که توالی این کارکردها، موتور محرک کارآفرینی را پدید می‌آورد. در موتور محرک کارآفرینی نیز مانند موتور محرک علم و فناوری، کارکردهای خلق دانش (F2)، انتشار دانش (F3)، جهت‌دهی به سیستم (F4) و تأمین و تسهیل منابع (F6) به صورت پرقدرت ظاهر هستند. اما علاوه بر این‌ها، کارکردهای دیگری نیز وجود دارد که تفاوت اساسی این موتور از موتور محرک علم و فناوری محسوب می‌شوند. حضور فعال دو کارکرد فعالیت‌های کارآفرینی (F1) و مشروعیت‌بخشی (F7) منجر به تغییر تعاملات میان کارکردها و پدید آمدن موتور محرک کارآفرینی می‌گردد و نیز کارکرد شکل‌دهی به بازار (F5) نیز به صورت کمرنگ‌تر از دو کارکرد دیگر در این موتور شکل می‌گیرد. کارکرد فعّالیت‌های کارآفرینی، کارکرد محوری در این موتور است که نقشی اساسی در محقق نمودن اهداف آن بر عهده دارد.



شکل ۲-۸ موتور محرک کارآفرینی

جدول ۲-۳ کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای موتور دوم

نوع کارکرد	نام کارکرد
کارکرد کلیدی	کارآفرینی
کارکرد حمایتی	توسعه دانش انتشار دانش تأمین و تسهیل منابع جهت‌دهی به سیستم
کارکرد حاشیه‌ای	مشروعیت‌بخشی شکل‌دهی بازار

۲-۲-۲- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده

همان طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد در مرحله پیش‌توسعه کارکردهای مؤثر عبارتند از: توسعه دانش (کارکرد کلیدی)، انتشار دانش و بسیج منابع (کارکردهای حمایتی) و جهت‌دهی به سیستم (کارکرد حاشیه‌ای). به‌منظور توسعه فناوری و انتقال فناوری از مرحله پیش‌توسعه به توسعه باید چالش‌ها، مشکلات و موانع موجود در ابعاد ساختاری چهار کارکرد ذکر شده تعیین و مرتفع شوند.

در مرحله توسعه، تمامی هفت کارکرد ذکرشده، مؤثر به حساب می‌آیند. در این مرحله، کارآفرینی کارکرد اصلی است. توسعه و انتشار دانش و همچنین جهت‌دهی به سیستم کارکردهای حمایتی را تشکیل می‌دهند و کارکردهای شکل‌دهی به بازار، تأمین منابع، و مشروعیت‌بخشی کارکردهای حاشیه‌ای هستند.

۲-۲-۳- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های زیست‌توده

در گام قبلی، کارکردهای توسعه دانش، انتشار دانش، تأمین منابع و جهت‌دهی به سیستم به عنوان کارکردهای با اولویت برای فناوری‌های قرارگرفته در فاز پیش‌توسعه شناسایی شدند. همچنین کارکردهای کارآفرینی، توسعه و انتشار دانش و جهت‌دهی به سیستم کارکردهای با اولویت برای فناوری‌های قرارگرفته در فاز توسعه هستند. در این گام با استفاده از یک تحلیل ساختاری-کارکردی، چالش‌ها و موانع پیش روی توسعه فناوری‌های زیست‌توده شناسایی شده است. همان طور که پیش‌تر بیان شد این

چالش‌ها از طریق مصاحبه با ۷ نفر از خبرگان و کارشناسان آشنا با این حوزه استخراج شده است. اسامی این افراد در ادامه ارائه شده است:

جدول ۲-۴ فهرست خبرگان و کارشناسان آشنا با چالش‌های حوزه زیست‌توده

ردیف	نام	سازمان
۱	مهرداد عدل	پژوهشگاه مواد و انرژی
۲	سوسن داوری	پژوهشگاه نیرو
۳	ارژنگ جوادی	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۴	فاطمه هشدار	موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی
۵	بهروز دشتی	سازمان انرژی‌های نو ایران
۶	جواد نصیری	سازمان انرژی‌های نو ایران
۷	روح‌الله محمودخانی	سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های وزارت کشور
۸	رضا نقوی	مشاور اجرایی سازمان پسماند
۹	مزدک رساپور	شرکت آبادگران پاک داد
۱۰	حسین قیاسی‌نژاد	شرکت GEO TEC
۱۱	مصطفی مهرافزا	استادیار دانشگاه برلین آلمان
۱۲	امیرحسین احمدی	استادیار دانشگاه UNED مادرید اسپانیا

همان‌گونه که در فصل قبل اشاره شد به منظور شناسایی و تعیین چالش‌ها و موانع پیشروی توسعه فناوری سؤالات مختلفی در رابطه با وجود، تعداد و کیفیت ابعاد ساختاری هر یک از چهار کارکرد مؤثر در مرحله پیش‌توسعه و همچنین کارکردهای مهم در فاز توسعه طرح شد و در جلسات مصاحبه این سؤالات از خبرگان و کارشناسان فوق‌الذکر پرسیده شد. همچنین چالش‌های کلی توسعه فناوری‌های زیست‌توده برای تمامی کارکردها، که برای تمام فناوری‌های این حوزه در هر مرحله‌ای از توسعه صادق هستند، مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در ادامه خلاصه‌ای از مصاحبه‌های صورت گرفته ارائه شده است.

آقای دکتر عدل

۱- در زمینه هاضم متاسفانه دانش کاملی بوجود هنوز نیامده است. در نمونه‌های در حال بهره‌برداری که از طریق همکاری مشترک بوده است نیز تولید دانش و فناوری چندانی از سوی طرف ایرانی صورت نگرفته است.

۲- در فناوری هاضم بیهوازی تقاضا در بخش صنعتی و واحدهای تمام مقیاس (full scale) بسیار کم بوده و تنها چند مورد در مقیاس بزرگ اجرا شده است. زمانی که بازار ایجاد شود، زمینه توسعه فناوری نیز ایجاد می‌شود.

۳- برخی از واحدهای هاضم بیهوازی اجرا شده به دلیل مسائل فرایندی، عدم تطابق تجهیزات انطباق شده با ماهیت منبع ورودی و همچنین ضعف در سیستم‌های پایش و رصد فرآیندها (نامناسب بودن نوع هاضم) کارکرد مطلوب را نداشته است.

۴- در ایران توانایی بالقوه مهندسی برای فرآیند هضم بیهوازی وجود دارد اما در بحث‌های عملیاتی یک مقدار مشکل وجود دارد. در حقیقت در حوزه طراحی مشکلی نیست ولی در حوزه ساخت تجهیزات مانند پمپ‌های مخصوص لجن یا مخصوص جامدات و تجهیزات پایش فرآیند مشکل باقی است و تجربه کافی وجود ندارد. هنوز توانمندی ساخت ژنراتورها و موتورهای بیوگازسوز وجود ندارد. البته در صورت وجود تقاضای کافی شرکت‌های ایرانی توان ساخت دارند. در زمینه ساخت سیستم‌های توزیع و اتوماسیون فرآیند هم توان ساخت با قطعات وارداتی وجود دارد.

۵- سیاست‌های حمایتی و برنامه‌ریزی‌های دولت باید شفاف‌سازی شود. سهم این فناوری در سبد تجدیدپذیر مشخص شود. سیاست‌های حمایتی در بخش صنعت گاز کشور اعلام شود.

۶- از طریق الزام واحدهای تولیدی بزرگی که حجم بالایی از پسماندهای آلی فسادپذیر تولید می‌کنند به فراورش پسماند بازار بیوگاز ایجاد می‌شود. از طرف دیگر باید سیاست تفاوت هزینه در انرژی تحویلی به واحدهای مذکور اعمال شود.

۷- برای توسعه فناوری هاضم بیهوازی ابتدا بهتر است انتقال فناوری از طریق همکاری با سازندگان معتبر جهانی و برندهای شناخته شده انجام شود.

۸- اگر حمایت‌ها و بسترهای قانونی لازم فراهم باشد، بخش خصوصی وارد کار می‌شود. دولت باید خط مشی مشخص کند و استانداردهای لازم ارائه دهد.

۹- چون این حوزه مرتبط با محیط زیست و انرژی‌های تجدیدپذیر است، در صورت وجود تحریم نیز امکان توسعه فناوری هاضم بیهوازی با استفاده از تبصره‌ها و راهکارهای جبرانی فراهم است.

۱۰- گازیساز نسبت به هاضم توسعه کمتری در داخل کشور پیدا کرده است. گازیساز مقیاس کوچک فناوری ساده‌ای دارد و می‌توان آن را ساخت.

۱۱- دلیل عدم پیشرفت گازیسازی نبود تقاضا و مسائل اقتصادی بوده و در صورت وجود تقاضا تولیدکنندگان به راحتی می‌توانند این فناوری را توسعه دهند. فقط در مورد کنترل کیفیت گاز خروجی باید تجهیزات وارد شود. به طور کلی گازیسازهای مقیاس بزرگ پیچیده‌تر است و باید از طریق انتقال فناوری توسعه داده شود.

۱۲- خرید تضمینی برق، اعطای معافیت‌های مالیاتی و یارانه‌های مخصوص انرژی به دارندگان سامانه، راهکاری برای رونق بازار گازیسازهای مقیاس کوچک می‌باشد.

۱۳- تنها ۲۰٪ افراد از سیستم‌های گازیسازی کوچک آگاهی دارند که از بین آنها نیز حدود ۹۰٪ به بازگشت سرمایه و عملکرد درست سیستم اعتماد ندارند.

۱۴- سیستم‌های گازیسازی کوچک مقیاس هزینه زیادی ندارند و بازگشت سرمایه مطلوب برای واحدهای صنعتی وجود دارد.

۱۵- کارایی یا بازده هاضم حدود ۲۲٪ می‌باشد و در صورتی که خوراک فراهم باشد بی وقفه کار خواهد کرد.

۱۶- سیستم‌های هاضم و گازیساز تعمیر و نگهداری پیچیده‌ای ندارند.

۱۷- عمدتاً تجهیزات مکانیکی و ابزار دقیق (هر ابزاری که در فرآیند یک نیروگاه بیوگاز در بخش کنترل یا پایش استفاده می‌شود) چالش فناوری هاضم هستند. البته دانش طراحی این تجهیزات موجود است.

۱۸- تأمین منابع اولیه چالش فناوری است. یک سری قوانین و ضوابط به همراه مشوق‌ها و حمایت‌ها دست‌اندرکاران حوزه منابع را ملزم می‌کند که مواد را در اختیار واحدهای تولید بیوانرژی قرار دهند.

۱۹- تعیین یک متولی جدید یا افزایش نقش یکی از متولیان ایجاد مشکل و مفسده می‌کند و بهتر است هماهنگی بین بازیگران این حوزه افزایش یابد و بخش خصوصی تقویت پیدا کند.

۲۰- ایجاد سندیکا متشکل از بازیگران مختلف زیست‌توده که در آن موارد قانونی و اجرایی توسط مراجع بالاتر تصویب گردد و تمام بخش‌ها ملزم به اجرا باشند ایده خوبی است.

مهندس نصیری

۲۱- بازار برای هاضم و گازیسازی متصور و در حال شکل‌گیری است ولی ابهامات زیادی وجود دارد و هنوز تمام آیتم‌های بازار شکل نگرفته است.

۲۲- هاضم‌های تر در کشور ما شناخته شده است و بالای ۵۰ درصد آن تولید داخل می باشد و آن درصدی هم که تولید داخل نیست قطعاتی مانند موتور و ژنراتور است که نیازی به تولید در داخل ندارند.

۲۳- دانش فنی کنونی توان حل مشکلات و شکاف‌های فناورانه را دارد.

۲۴- با توجه به این که در این بخش، بحث اصلی متمرکز بر محیط زیست و بهداشت است و مسائل اقتصادی نسبت به آن در حاشیه قرار دارد، جذابیت آن برای بخش خصوصی کمتر است و مانند همه قسمت‌های دنیا نیاز است تا دولت به آن ورود پیدا کند (به خصوص در مساله مدیریت پسماند).

۲۵- پس از ایجاد باور و انگیزه و نیز متقاعد شدن مسئولین به اهمیت توجه به این حوزه، مساله تأمین مالی مهمترین دغدغه این حوزه است.

۲۶- بخش خصوصی در حوزه زیست‌توده آگاهی کافی را ندارد. در کنار آن، بی‌اهمیتی نقش مشاور در کشور ما بر این عدم آگاهی می‌افزاید. مشاوران ما دقت لازم را در کار خود ندارند و تنها خود را با کارفرما هماهنگ می‌کنند. این ضعف در کارفرما و مشاور، در کنار مشکل نظام مالی (چون این پروژه‌ها اکثراً اقتصادی نیست) بخش خصوصی را از این حوزه دور کرده است.

۲۷- ایجاد سندیکا یا اتاق بازرگانی نیاز به بررسی‌های حقوقی بیشتری دارد.

۲۸- کشور ما در درجه اول نیاز به یک نقشه راه مرجع دارد تا مشکلات بر اساس آن مرتفع گردد.

۲۹- ایجاد تعاونی جهت درگیر نمودن عموم مردم در این امر و با تضمین حداقل سود و نیز آگاه‌سازی آن‌ها از پیامدهای مفید پرداختن به حوزه‌های تجدیدپذیر، از جمله سیاست‌های پیشنهادی در خصوص افزایش مشارکت بخش خصوصی است.

۳۰- بررسی حجم بازار در هر بخش، به ما کمک می‌کند تا در مورد انتقال دانش، انتقال محصول و بومی‌سازی فناوری تصمیم‌گیری دقیق‌تری داشته باشیم.

خانم دکتر هشدار

۱- اگر الزامات زیست‌محیطی وجود نداشته باشد، حوزه تجدیدپذیرها هیچ توجیهی ندارد، زیرا اولاً با وجود قیمت ارزان نفت، امکان تأمین مالی سایر حوزه‌ها وجود ندارد؛ ثانیاً ارزان بودن سوخت‌های فسیلی، اقتصادی بودن تجدیدپذیرها را به طور کلی رد می‌کند.

۲- زمانی که الزامات زیست‌محیطی وجود داشته باشد، توجه به الزامات فنی و اقتصادی و اجتماعی بی‌اهمیت خواهد شد.

۳- در مورد ساخت هر یک ازین فناوری‌ها در داخل کشور، باید توجه داشت که آیا تولید آنها برای کشور به صرفه است یا خیر. در این مورد، رقابت‌پذیر بودن با نمونه‌های موجود در دنیا و نیز بازار فناوری در افق درازمدت پس از ساخت و بهره‌برداری و همچنین توجه به حجم بازار منطقه‌ای باید مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

۴- شفاف‌سازی نظام تأمین مالی

۵- اگر قرار است در حوزه زیست‌توده یا حوزه‌های مشابه تجدیدپذیر کار اساسی انجام شود، باید به اسناد بالادستی این بخش‌ها مراجعه و سهم هر یک را مشخص نمود.

۶- همکاری‌های مشترک در این دست فناوری‌ها باعث تقسیم ریسک‌ها و تضمین منابع مالی می‌شود.

۷- جنس حمایت در این حوزه‌ها صرفاً مالی نیست بلکه سبد حمایتی باید وجود داشته باشد؛ یعنی هم حمایت مالی هم حمایت‌هایی مانند تضمین مالی.

آقای دکتر جوادی

۱- ناپایداری در امنیت غذایی و ضریب پایین در خودکفایی در بعضی از محصولات باعث شده تا سایر مصارف محصولات کشاورزی مانند انرژی از اولویت کنار برود.

۲- محدودیت شدید منابع آبی کشور به دلیل تبخیر بالا و بارندگی پایین، امکان توسعه کشت جهت توسعه انرژی را به ما نمی‌دهد.

۳- سهم فرآوری محصولات در کشور ما بسیار پایین است. بنابراین بخشی از منابع انرژی و ضایعات پراکنده می‌شود.

۴- ارزش اقتصادی برخی ضایعات امکان استفاده در مصارف انرژی را به ما نمی‌دهد. مثلاً ضایعات میوه و تره‌بار استفاده-هایی مانند تولید سرکه و ... را دارد.

۵- درصد بالایی از ضایعات کشاورزی ما در محصولاتی است که ارزش تولید انرژی را ندارد (مانند محصولات جالیزی).

۶- ضایعات جنگلی ارزش اقتصادی بسیار بالایی دارد. قسمت‌های اساسی آن به مصرف کارخانجات چوب رسیده و سرشاخه‌ها و خورده‌های چوب هم به مصرف خوراک دام می‌رسد.

۷- حتی اگر امکان کشت وجود داشته باشد، اولویت با تغذیه دام است.

۸- مسأله تجارت فراسرزمینی جهت جبران کمبود منابع توصیه می‌شود.

آقای دکتر محمودخانی

۱- فناوری گازیساز خیلی پیچیده نیست و در وارد کردن آن به کشور مشکلی نداریم. ولی در استفاده از آن دچار مشکل هستیم، چون نیاز به پسماندهای یکنواخت (uniform) داریم.

۲- هاضم‌ها در دنیا بیشتر برای تولید برق استفاده می‌شوند نه مدیریت پسماند. اما از آن جایی که ما برای مدیریت پسماند از این فناوری‌ها استفاده می‌کنیم، با توجه به سایر منابع درگیر در آن مانند آب، هاضم تر جهت مدیریت پسماند توجیهی ندارد. هاضم‌های خشک نیز به دلیل هزینه بالا برای شهرداری‌ها توجیهی ندارند.

۳- مشکل اصلی در راه شکل نگرفتن این فناوری‌ها عدم اطلاع‌رسانی و شکل نگرفتن بازار است.

۴- پتانسیل تولید برق زیست‌توده برای «جهاد کشاورزی» حدود ۶ الی ۷ برابر شهرداری‌ها است.

۵- بخش خصوصی بدون حمایت‌های دولتی وارد این بخش نمی‌شود. در حقیقت مشارکت‌هایی که پشتوانه فنی و حمایت‌های دولتی نداشته باشند هیچ سودی ندارد.

۶- زباله‌سوز تهران در مورد منبع تغذیه خود مشکل دارد. به دلیل وجود فلزات در ترکیب زباله‌ها، کف کوره توسط این فلزات پوشیده می‌شود. معمولاً راهبری این سیستم‌ها در سال اول آن دچار مشکل است.

۷- تدوین سند آسیب‌شناسی از جمله فعالیت‌های دولت در این حوزه است.

۸- اخیراً تفاهم‌نامه‌ای با معاونت فناوری ریاست جمهوری بسته شده تا بر اساس این تفاهم‌نامه به شرکت‌های دانش‌بنیان وام‌هایی اعطا شود که به شکل ۵۰٪ بلاعوض و ۵۰٪ قرض‌الحسنه خواهد بود.

۹- در صورت دفن مهندسی زباله با هزینه کمی می‌توان گاز آن را استحصال کرد ولی ما شرایط دفن مهندسی را نداریم.

۱۰-پتانسیل به دست آمده برای دفنگاه‌های کشور به دلیل نادرست بودن ضرایب قابل اطمینان نیست.

۱۱-آورده شهرداری در قرارداد با بخش خصوصی جهت تولید برق، زباله، زمین و تأسیسات جانبی است. تفکیک داخل شهر نیز، جهت جلوگیری از حذف بخش ارزشمند توسط دوره‌گردان بر عهده پیمان‌کار است.

۱۲-اهمیت توسعه زباله‌سوز: کنفرانس COP21 که به زودی در فرانسه برگزار خواهد شد و یکی از اهداف آن تحت فشار قرار دادن کشورهایی است که به میزان بالایی گاز گلخانه‌ای تولید می‌کنند. کشور ما رتبه ۹ تولید گازهای گلخانه‌ای را دارد. همچنین یکی از برنامه‌های این کنفرانس‌ها بستن مالیات بر کربن برای صادرکنندگان نفت است. این مالیات-ها صرف انتقال فناوری یا توسعه آن در کشورهای تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای خواهد شد. از طرفی دیگر در برنامه-ریزی‌های انجام شده جهت کاهش انتشار در کشور، سهم ۱۶ درصدی برای زباله‌سوزها در نظر گرفته شده است. بنابراین با توجه به انتشار بالا در ایران در صورتی که فناوری زباله‌سوز در کشور توسعه نیابد، تنها هزینه مالیات بر کربن را پرداخت نموده‌ایم و موفق به جذب این مالیات نشده‌ایم. در حقیقت پولی که پرداخت کرده‌ایم صرف توسعه فناوری در کشورهای دیگر می‌شود. در این برنامه‌ریزی سهم ۱۷ درصدی برای هاضم تعیین شده است.

۱۳-مشکل تأمین منابع آب یکی از معضلات تأثیرگزار در این حوزه است. تأمین مقادیر زیاد منابع آب برای این سیستم‌ها در مقایسه با مقدار برقی که تولید می‌کنند، توجیه‌پذیر نیست. زباله‌سوز در مقایسه با هاضم و گازیساز آب کمتری مصرف می‌کند.

آقای مهندس دشتی

۱- وجود بازیگران و ذینفعان فراوان که بعضاً پنهان (بازار رقیب) هم هستند از جمله معضلات این بخش است.

۲- یکی از مشکلات دیگر این بخش آن است که ذینفع دوم یا صاحب فناوری از ذینفع اول یا صاحب منبع جداست. در نتیجه هر کدام از ذینفعان در پی افزایش سود خود هستند. هیچ پروتکل یا قانونی هم بین این دو وجود ندارد. این کشمکش تا قبل از بازگشت سرمایه مشکل‌ساز نیست اما پس از بازگشت سرمایه مشکلات آغاز می‌شود.

۳- عدم وجود حمایت‌های مالی مشخص: به عنوان مثال برای بانک‌ها و مؤسسات مالی سرمایه‌گذاری در پروژه‌هایی با بازگشت سرمایه کوتاه مدت (مثل ساختمان‌سازی) و پروژه‌هایی نظیر نیروگاه که بازگشت سرمایه طولانی دارند، تفاوتی ندارد. به عبارت دیگر اکثر سرمایه‌گذاری‌ها به سمت پروژه‌های زودبازده رفته و پروژه‌های این چنینی جذابیتی از دید سرمایه‌گذار ندارد.

۴- مسأله گمرک نیز برای کالاهای مختلف تفاوتی با تجهیزات تولید برق تجدیدپذیر ندارد.

۵- اکثر قوانین موجود بخشی هستند و قانون جامع وجود ندارد.

۶- استراتژی ذینفعان مشخص نیست.

۷- ارگان‌های متولی امر نیز سیاست مشخصی ندارند.

۸- هیچ آینده مشخص و مطمئنی برای اعتبار و سرمایه‌گذاری وجود ندارد (بستگی به دیدگاه و رویکرد مدیران در هر دوره دارد). همین امر نیز باعث بدبینی به روند تکامل این پروژه‌ها می‌شود.

۹- بازنگری و تدقیق اسناد بالادستی این حوزه‌ها همواره با مشکل روبرو بوده است.

۱۰-میان حلقه صنعت و دانشگاه فاصله وجود دارد. بنابراین پروژه‌های تعریف شده پیرامون مرزهای دانش است و نه مشکلات صنعت. پایان‌نامه‌های تعریف شده در دانشگاه‌ها نیز در مرزهای دانشی وجود دارد و در راستای نیاز صنعت نیست.

۱۱-به دلیل قوانین موجود در مورد شرکت‌های دانش بنیان (نداشتن مالیات و ...) این شرکت‌ها رفته رفته به سمت خدمات پیش می‌روند و از رسالت اصلی خود فاصله می‌گیرند.

خانم مهندس داوری

۱- وجود زایدات کشاورزی هم به عنوان یک تهدید به شمار می‌رود و هم فرصت. زیرا سوزاندن این زایدات باعث ایجاد دی اکسید کربن و آلودگی‌های محیطی فراوان می‌شود و از طرفی این منابع می‌تواند سبب تولید برق شود. بنابراین فناوری گازیسازی یکی از فناوری‌های مهم در این حوزه است.

۲- اولویت اول برای مناطق ساحلی و بستر رودخانه‌ها استفاده از زباله‌سوزها هستند.

۳- از بین فناوری‌های اولویت دار، دانش فناوری گازیساز از سایر فناوری‌ها در کشور ما پیشرفت کمتری داشته است.

۴- نصب و توسعه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در شهرهای بزرگ و نیز شهرهای ساحلی ضروری است.

۲-۲-۳-۲- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده در هر یک از کارکردها

همان‌طور که در نظرات بیان شده توسط متخصصان مشخص است، چالش‌های فراوانی در رابطه با توسعه فناوری‌های زیست‌توده وجود دارد. در جدول (۲-۵) چالش‌های مرتبط با توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده به تفکیک کارکرد ذکر شده است.

جدول ۲-۵ چالش‌های مرتبط با توسعه فناوری‌های زیست‌توده به تفکیک کارکرد

کارکرد		چالش
کارآفرینی		✓ تعداد کم فناوران در این حوزه به دلیل عدم اطمینان از بازگشت سرمایه ✓ وجود نگاه تحقیقاتی صرف در دانشگاه
توسعه و انتشار دانش		✓ فاصله زیاد پیشگامان این فناوری در دنیا با ایران ✓ تحریم‌های بین‌المللی که موجب عدم توان انتقال دانش فنی در این حوزه می‌گردد ✓ ناتوانی در ساخت برخی قطعات اولیه نیروگاه‌ها (مانند آنالیزور گاز و ...) ✓ تحقیقات جزیره‌ای و پراکندگی دانش تولید شده در این حوزه ✓ عدم توسعه تحقیقات کاربردی در امتداد تحقیقات دانشی
جهت‌دهی به سیستم		✓ کمبود هماهنگی میان دستگاه‌های ذیربط و کارآفرینان این حوزه ✓ وجود چندین متولی در کشور (به خصوص در حوزه منابع) و نیز موازی‌کاری و ناهماهنگی میان بازیگران ✓ عدم وجود یک قانون جامع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر ✓ عدم تناسب جایگاه سازمان متولی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در وزارت نیرو و عدم توان یکپارچه‌سازی فعالیت‌ها در کل سطح بخش به دلیل جایگاه نامناسب سانا
شکل‌دهی بازار		✓ وارد کردن محصولات خارجی به کشور که مانع شکل‌گیری شرکت‌های دانش بنیان در این حوزه می‌شود ✓ عدم حمایت دولت از تولیدکنندگان و صنایع داخلی به صورت منسجم ✓ بدهی زیاد توانیر به تولیدکنندگان برق و عدم تخصیص بودجه به خرید برق تجدیدپذیر ✓ عدم ایجاد بازار قابل اطمینان و نیز عدم وجود خریدهای دولتی
تأمین و تسهیل منابع	منابع مالی	✓ عدم توانایی محققین و کارآفرینان در تأمین سرمایه مورد نیاز ✓ عدم حمایت دولت از تولیدکنندگان و صنایع داخلی به صورت منسجم ✓ بهره بالای وام‌های بانکی و مؤسسات مالی و اعتباری ✓ حمایت‌های مالی مقطعی از تحقیقات و قطع حمایت‌های تحقیقاتی پس از مدت‌های بسیار کوتاه ✓ فقدان سرمایه‌گذاری دولتی برای تحقیق و توسعه در این حوزه

کارکرد		چالش
	منابع و مواد اولیه	✓ مناقشه منابع زیست‌توده (به خصوص فضولات دامی و ضایعات چوبی) ✓ وجود هزینه منابع ✓ صاحبان متنوع و مختلف منابع ✓ تهدید امنیت غذایی و ضریب پایین خودکفایی در برخی از محصولات اساسی ✓ محدودیت شدید منابع آب ✓ تخریب جنگل‌ها ✓ سهم پایین فرآوری در ایجاد ارزش افزوده
	منابع و سرمایه‌های انسانی	✓ کمبود متخصص در حوزه‌های مختلف ✓ خروج سرمایه‌های انسانی متخصص از کشور که این عامل باعث شده که در زمینه-های مورد نیاز، نیروی انسانی توانمند وجود نداشته باشد. ✓ نبود رشته تخصصی دانشگاهی در این حوزه ✓ کمبود متخصص در زمینه تعمیرات و نگهداری نیروگاه‌های زیست‌توده که باعث از کار افتادن این نیروگاه‌ها پس از تأسیس می‌شود
	زیرساخت	✓ فرایند طولانی اخذ مجوزهای سازمان‌های مختلف ارائه دهنده مجوز (مانند مجوز مطالعه توسط سانا، مجوز محیط زیست، مجوز منابع طبیعی و ...)
مشروعیت بخشی		✓ کمبود آشنایی و اعتقاد به نوآوری در میان مسئولین ✓ کمبود آگاهی مردم نسبت به فناوری‌های نوین و آینده آن‌ها

۲-۲-۴- تعیین اهداف خرد توسعه فناوری‌های زیست‌توده

با توجه به ادبیات ذکر شده در فصل اول در مورد تعیین اهداف خرد، در این مرحله بر حسب مرحله توسعه فناوری تعیین شده برای فناوری‌های زیست‌توده، به هدف‌گذاری خرد برای آن‌ها پرداخته می‌شود. در تعیین اهداف خرد برای فناوری‌های زیست-توده هم رویکرد بالا- به- پایین و هم رویکرد پایین- به- بالا در نظر گرفته شده‌اند. این اهداف، به تفکیک برای هر یک از کارکردهای نظام توسعه نوآورانه فناورانه تعیین شده‌اند. در ادامه، اهداف خرد تعیین شده برای هر دسته از فناوری‌های قرار گرفته در مرحله پیش‌توسعه و توسعه و همچنین اهداف خرد کلی که برای تمام فناوری‌های زیست‌توده در هر مرحله از توسعه صدق می‌کنند، ذکر شده است.

جدول ۲-۶ اهداف خرد تعیین شده برای توسعه فناوری‌های زیست‌توده به تفکیک کارکرد

کارکرد		چالش	اهداف خرد
کارآفرینی		✓ تعداد کم فناوران در این حوزه به دلیل عدم اطمینان از بازگشت سرمایه ✓ وجود نگاه تحقیقاتی صرف در دانشگاه	✓ افزایش تعداد صنعت‌گران این حوزه و انتقال دانش آن از دانشگاه به صنعت ✓ افزایش حاشیه اطمینان برای ورود سرمایه‌گذاران به این حوزه
توسعه و انتشار دانش		✓ فاصله زیاد پیشگامان این فناوری در دنیا با ایران ✓ تحریم‌های بین‌المللی که موجب عدم توان انتقال دانش فنی در این حوزه می‌گردد ✓ ناتوانی در ساخت برخی قطعات اولیه نیروگاه‌ها (مانند آنالیزور گاز و ...) ✓ تحقیقات جزیره‌ای و پراکندگی دانش تولید شده در این حوزه ✓ عدم توسعه تحقیقات کاربردی در امتداد تحقیقات دانشی	✓ یکپارچه‌سازی تحقیقات انجام شده در دانشگاه‌ها و مراکز علمی ✓ حرکت به سوی کاربردی کردن تحقیقات در این حوزه
جهت‌دهی به سیستم		✓ کمبود هماهنگی میان دستگاه‌های ذیربط و کارآفرینان این حوزه ✓ وجود چندین متولی در کشور (به خصوص در حوزه منابع) و نیز موازی‌کاری و ناهماهنگی میان بازیگران ✓ عدم وجود یک قانون جامع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر ✓ عدم تناسب جایگاه سازمان متولی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در وزارت نیرو و عدم توان یکپارچه‌سازی فعالیت‌ها در کل سطح بخش به دلیل جایگاه نامناسب سانا	✓ تشکیل یک نهاد تنظیم‌گر جهت ایجاد هماهنگی میان ذی‌نفعان ✓ بازنگری و به روز رسانی قوانین بالادستی
شکل‌دهی بازار		✓ وارد کردن محصولات خارجی به کشور که مانع شکل‌گیری شرکت‌های دانش بنیان در این حوزه می‌شود ✓ عدم حمایت دولت از تولیدکنندگان و صنایع داخلی به صورت منسجم ✓ بدهی زیاد توانیر به تولیدکنندگان برق و عدم تخصیص بودجه به خرید برق تجدیدپذیر ✓ عدم ایجاد بازار قابل اطمینان و نیز عدم وجود خریدهای دولتی	✓ حمایت از تولیدکنندگان داخلی از طریق ایجاد بازار مطمئن
تأمین و	منابع مالی	✓ عدم توانایی محققین و کارآفرینان در تأمین سرمایه مورد نیاز	✓ اعطای مشوق‌های مالی و مالیاتی

کارکرد		چالش	اهداف خرد
تسهیل منابع		✓ عدم حمایت دولت از تولیدکنندگان و صنایع داخلی به صورت منسجم ✓ بهره بالای وام‌های بانکی و مؤسسات مالی و اعتباری ✓ حمایت‌های مالی مقطعی از تحقیقات و قطع حمایت‌های تحقیقاتی پس از مدت‌های بسیار کوتاه ✓ فقدان سرمایه‌گذاری دولتی برای تحقیق و توسعه در این حوزه	
	منابع و مواد اولیه	✓ مناقشه منابع زیست‌توده (به خصوص فضولات دامی و ضایعات چوبی) ✓ وجود هزینه منابع ✓ صاحبان متنوع و مختلف منابع ✓ تهدید امنیت غذایی و ضریب پایین خودکفایی در برخی از محصولات اساسی ✓ محدودیت شدید منابع آب ✓ تخریب جنگل‌ها ✓ سهم پایین فرآوری در ایجاد ارزش افزوده	✓ دستیابی پایدار به منابع اولیه در حوزه انرژی زیست‌توده از طریق استفاده از فرصت‌های جدید و بسترسازی در راستای بهره‌گیری از منابع موجود
	منابع و سرمایه های انسانی	✓ کمبود متخصص در حوزه‌های مختلف ✓ خروج سرمایه‌های انسانی متخصص از کشور که این عامل باعث شده که در زمینه‌های مورد نیاز، نیروی انسانی توانمند وجود نداشته باشد. ✓ نبود رشته تخصصی دانشگاهی در این حوزه ✓ کمبود متخصص در زمینه تعمیرات و نگهداری نیروگاه‌های زیست‌توده که باعث از کار افتادن این نیروگاه‌ها پس از تأسیس می‌شود	✓ دستیابی به نیروی متخصص در این حوزه از طریق ایجاد رشته‌های تخصصی و سرمایه‌گذاری در راستای تربیت متخصصان در کشورهای صاحب فناوری و دانش
	زیرساخت	✓ فرایند طولانی اخذ مجوزهای سازمان‌های مختلف ارائه دهنده مجوز (مانند مجوز مطالعه توسط سانا، مجوز محیط زیست، مجوز منابع طبیعی و ...)	✓ تسهیل در اخذ مجوزهای مرتبط
مشروعیت بخشی		✓ کمبود آشنایی و اعتقاد به نوآوری در میان مسئولین ✓ کمبود آگاهی مردم نسبت به فناوری‌های نوین و آینده آن‌ها	✓ فرهنگ‌سازی اهمیت استفاده از زیست‌توده در بین مردم و نیز افزایش مشروعیت و مقبولیت آن در بین مسئولین

۲-۲-۵- سیاست‌ها و اقدامات حوزه توسعه فناوری‌های زیست‌توده

پس از شناسایی چالش‌های توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده در هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه و تعیین اهداف خرد برای فناوری‌ها در قسمت قبل، در این مرحله باید سیاست‌های رفع این چالش‌ها تعیین شود و همچنین اقداماتی برای تحقق اهداف ذکر شده در نظر گرفته شود. تحقق آرمان‌ها و دستیابی به اهداف مورد نظر سیاست‌گذاران به استفاده از ابزارهای سیاستی مناسب نیازمند است. اقدامات، فعالیت‌های تدوین شده‌ای هستند که با درنظرگیری ملاحظات و نیز هم راستا با ارکان جهت‌ساز اتخاذ شده، مسیرهای دستیابی به اهداف را مشخص می‌کنند. این اقدامات با بهره‌گیری از تحلیل ساختاری موانع و محرک‌های شناسایی‌شده در مسیر توسعه استخراج می‌شوند.

سیاست‌ها و اقدامات مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. سیاست‌ها رویکردهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند و اقدامات، طرح‌ها و برنامه‌هایی جهت تحقق سیاست‌ها می‌باشند. از این رو می‌توان گفت که اقدامات راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. سیاست‌ها و اقدامات مورد نیاز بر اساس فهرست چالش‌ها و موانع شناسایی شده در مرحله قبلی پیشنهاد می‌شود. در ادامه، به ترتیب، سیاست‌ها و اقدامات لازم برای رفع چالش‌های فناوری‌های زیست‌توده واقع در مرحله پیش‌توسعه و توسعه برشمرده می‌شوند. در نهایت، اقدامات لازم برای رفع چالش‌های کلی فناوری‌های زیست‌توده نام برده می‌شوند. ارتباط این اقدامات با اهداف خرد تعیین‌شده در مرحله قبل، در جداول مربوط مشخص شده است.

جدول ۲-۷ اقدامات لازم برای رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های زیست‌توده به تفکیک کارکرد

کارکرد	اهداف خرد	سیاست و اقدام
کارآفرینی	✓ افزایش تعداد صنعت‌گران این حوزه و انتقال دانش آن از دانشگاه به صنعت ✓ افزایش حاشیه اطمینان برای ورود سرمایه‌گذاران به این حوزه	✓ ساخت، نصب و راه‌اندازی نمونه پایلوت فناوری‌های اولویت‌دار و رفع ایرادات آن ✓ حمایت از اساتید و دانشجویان این حوزه جهت تشکیل و راه‌اندازی شرکت‌های زایشی در دانشگاه‌ها ✓ تدوین دستورالعمل شناسایی شرکت‌های دانش‌بنیان در این حوزه و رایزنی با معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و شورای عالی عتف جهت اخذ حمایت‌های مالی و پشتیبانی برای این شرکت‌ها ✓ تدوین مکانیزم‌های جذب شرکت‌های بین‌المللی جهت ایجاد واحدهای تحقیق و توسعه خود در داخل کشور

کارکرد	اهداف خرد	سیاست و اقدام
		✓ برگزاری جشنواره‌های ملی به منظور حمایت از محققین و مخترعین
توسعه و انتشار دانش	✓ یکپارچه‌سازی تحقیقات انجام شده در دانشگاه‌ها و مراکز علمی ✓ حرکت به سوی کاربردی کردن تحقیقات در این حوزه	• توسعه دانش ✓ تعریف و اجرای پروژه‌های فنی ملی با مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های دانش بنیان داخلی ✓ هدایت تحقیقاتی دانشگاه‌ها به اولویت‌های ملی و نیازمندی‌های شرکت‌های دانش‌بنیان این حوزه ✓ برگزاری دوره‌های علمی روش‌های انتقال فناوری در این حوزه و تجربیات موفق داخلی و بین‌المللی ✓ اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه ملی با مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر جهانی ✓ تدوین نظام‌نامه حمایت از دانشجویان و اساتید محقق در این حوزه از قبیل حمایت از پایان نامه‌های دانشجویی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه زیست‌توده ✓ برگزاری و شرکت در کارگاه‌های تخصصی معتبر بین‌المللی در حوزه‌های طراحی، عملکرد و نصب فناوری‌های اولویت‌دار انرژی زیست‌توده ✓ انجام مطالعات به‌منظور شناسایی واحدهای دانشگاهی ✓ تدوین استاندارد مشاغل فنی و حرفه‌ای به منظور تربیت نیروی انسانی فعال در صنعت زیست‌توده • انتشار دانش ✓ تدوین و پیاده‌سازی نظام مدیریت دانش ✓ حمایت از کنفرانس‌های ملی و بین‌المللی مرتبط با زیست‌توده
جهت‌دهی به سیستم	✓ تشکیل یک نهاد تنظیم‌گر جهت ایجاد هماهنگی میان ذی‌نفعان ✓ بازنگری و به روز رسانی قوانین بالادستی	✓ تشکیل شورای راهبردی متشکل از ذینفعان و خبرگان بخش زیست‌توده در کشور به منظور حمایت و هدایت فعالیت‌های تحقیق و توسعه‌ای و همچنین ارزیابی، نظارت و به روز رسانی فعالیت‌های انجام شده ✓ پیگیری و به روز رسانی سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های زیست‌توده ✓ تدوین سند توسعه بخش زیست‌توده ✓ تدوین استراتژی توسعه فناوری منتخب
شکل‌دهی بازار	✓ حمایت از تولیدکنندگان داخلی از طریق ایجاد بازار مطمئن	✓ ایجاد یک بازار مطمئن از طریق خرید دولتی از محصولات با کیفیت ساخت داخل ✓ الزام دارندگان منابع اولیه زیست‌توده به تامین بخشی از برق مورد نیاز خود ازفناوری‌های بومی (تولید

کارکرد		اهداف خرد	سیاست و اقدام
			پراکنده) ✓ اعمال پاداش در تعرفه خرید برق برای احداث‌کنندگانی که از تجهیزات بومی استفاده می‌کنند ✓ بازنگری و تدقیق تعرفه خرید تضمینی برق توسط دولت ✓ تدوین استانداردهای دقیق و هوشمندانه در بازار فناوری‌های اولویت‌دار
تأمین و تسهیل منابع	منابع مالی	✓ اعطای مشوق‌های مالی و مالیاتی	✓ تأمین وام‌های بلند مدت کم‌بهره برای صنعت‌گران در این حوزه از صندوق توسعه ملی ✓ تخصیص منابع مالی دولتی در تحقیق و پژوهش ✓ تعریف و اجرای مکانیزم هوشمندانه تعرفه گمرکی واردات تجهیزات فناوری‌های اولویت‌دار متناسب با توان بومی‌سازی آن‌ها ✓ حمایت از سرمایه‌گذاری خارجی از طریق تضمین سرمایه‌گذاری (به شرط انتقال فناوری)
	منابع و مواد اولیه	✓ دستیابی پایدار به منابع اولیه در حوزه انرژی زیست‌توده از طریق استفاده از فرصت‌های جدید و بسترسازی در راستای بهره‌گیری از منابع موجود	✓ استفاده از زمین‌های حاشیه‌ای و آب‌های کم کیفیت ✓ ترویج زراعت گیاهان مختص انرژی و کشت‌های فراسرزمینی ✓ وضع قوانین جهت تخصیص منابع زیست‌توده با هدف تولید انرژی
	منابع و سرمایه‌های انسانی	✓ دستیابی به نیروی متخصص در این حوزه از طریق ایجاد رشته‌های تخصصی و سرمایه‌گذاری در راستای تربیت متخصصان در کشورهای صاحب فناوری و دانش	✓ دعوت و جذب متخصصین مطرح بین‌المللی برای همکاری در بخش تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی ✓ برگزاری دوره‌های فنی و حرفه‌ای تخصصی به منظور تعیین نیروی تکنسین صنعتی و تعمیرات و نگهداری ✓ برگزاری دوره‌های تخصصی مشترک بین‌المللی برای متخصصین و تکنسین‌های داخلی ✓ رایزنی با شورای عالی گسترش وزارت علوم جهت تعریف و اجرای دوره‌های تخصصی کارشناسی ارشد و دکتری در حوزه زیست‌توده
	زیرساخت	✓ تسهیل در اخذ مجوزهای مرتبط	✓ رایزنی با نهادهای ذیربط جهت تسهیل در اخذ مجوزهای مرتبط

کارکرد	اهداف خرد	سیاست و اقدام
مشروعیت بخشی	✓ فرهنگ‌سازی اهمیت استفاده از زیست‌توده در بین مردم و نیز افزایش مشروعیت و مقبولیت آن در بین مسئولین	✓ تهیه و انتشار نشریه تخصصی و عمومی در این حوزه ✓ تهیه و تدوین برنامه آگاه‌سازی، ترویج و اطلاع‌رسانی عمومی ✓ برگزاری نمایشگاه‌های اطلاع‌رسانی ✓ برگزاری جشنواره‌های تقدیر از فعالان این حوزه

۲-۲-۵-۲- اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های زیست‌توده

همان‌طور که در فصل قبل اشاره شد، اقدامات مورد نیاز بر اساس سیاست‌ها و راهبردها شناسایی و پیشنهاد می‌شوند. این اقدامات به دو دسته اقدامات غیرفنی و اقدامات فنی تقسیم می‌شود. اقدامات فنی در حقیقت ناظر به جنبه‌های فنی تخصصی می‌باشند و در مقابل، اقدامات غیرفنی، سیاست‌های حمایتی و پشتیبان برای ایجاد بستر مناسب فناوری را در بر می‌گیرند. دو کارکرد توسعه دانش و انتشار دانش شامل اقدامات فنی و غیرفنی و سایر ۵ کارکرد نظام نوآورانه فناوری، منعکس‌کننده اقدامات غیرفنی هستند.

- ✓ **ساخت، نصب و راه‌اندازی نمونه پایلوت فناوری‌های اولویت‌دار و رفع ایرادات آن**
- ✓ **تعریف و اجرای پروژه‌های فنی ملی با مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های دانش بنیان داخلی**
- ✓ **اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه ملی با مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر جهانی**

۲-۲-۵-۳- اقدامات غیرفنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های زیست‌توده

اقدامات غیر فنی آن دسته از اقداماتی هستند که به توسعه نظام نوآوری در حوزه فناوری های زیست‌توده کمک می کنند. همان طور که در بخش های قبلی اشاره شد اقدامات غیرفنی در راستای اجرای سیاست ها تعیین و تدوین می گردند. از آن جایی که سیاست‌ها به منظور رفع چالش‌ها و موانع پیشروی توسعه فناوری و تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان سند تدوین می‌گردد

می‌توان نتیجه گرفت که در واقع اقدامات غیرفنی در راستای تحقق چشم‌انداز و پیشبرد اهداف کلان سند توسعه فناوری‌های زیست‌توده در صنعت برق تدوین می‌شوند.

بر اساس مطالب گفته شده در قسمت‌های قبلی گزارش، فناوری‌های هاضم بیهوازی و گازیسازی در فاز پیش توسعه و فناوری زباله‌سوزی در فاز توسعه قرار دارد. بر اساس این تقسیم‌بندی اقدامات غیرفنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌هایی که در فاز پیش توسعه قرار دارند مطابق جدول (۲-۸) و فناوری‌هایی که در فاز توسعه قرار دارند مطابق جدول (۲-۹) می‌باشد.

جدول ۲-۸ اقدامات لازم برای رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های زیست‌توده در فاز پیش‌توسعه به تفکیک کارکرد

کارکرد		سیاست و اقدام
توسعه دانش		✓ تعریف و اجرای پروژه‌های فنی ملی با مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های دانش بنیان داخلی ✓ اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه ملی با مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر جهانی ✓ تدوین نظام‌نامه حمایت از دانشجویان و اساتید محقق در این حوزه از قبیل حمایت از پایان نامه‌های دانشجویی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه زیست‌توده ✓ برگزاری و شرکت در کارگاه‌های تخصصی معتبر بین‌المللی در حوزه‌های طراحی، عملکرد و نصب فناوری‌های اولویت‌دار انرژی زیست‌توده ✓ انجام مطالعات به منظور شناسایی واحدهای دانشگاهی
انتشار دانش		✓ تدوین و پیاده‌سازی نظام مدیریت دانش ✓ حمایت از کنفرانس‌های ملی و بین‌المللی مرتبط با زیست‌توده
جهت‌دهی به سیستم		✓ تشکیل شورای راهبردی متشکل از ذینفعان و خبرگان بخش زیست‌توده در کشور به منظور حمایت و هدایت فعالیت‌های تحقیق و توسعه‌ای و همچنین ارزیابی، نظارت و به روز رسانی فعالیت‌های انجام شده ✓ پیگیری و به روز رسانی سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های زیست‌توده ✓ تدوین سند توسعه بخش زیست‌توده ✓ تدوین استراتژی توسعه فناوری منتخب
تأمین و تسهیل منابع	منابع مالی	✓ تخصیص منابع مالی دولتی در تحقیق و پژوهش
	منابع و سرمایه‌های انسانی	✓ دعوت و جذب متخصصین مطرح بین‌المللی برای همکاری در بخش تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی ✓ برگزاری دوره‌های فنی و حرفه‌ای تخصصی به منظور تعیین نیروی تکنسین صنعتی و تعمیرات و نگهداری ✓ برگزاری دوره‌های تخصصی مشترک بین‌المللی برای متخصصین و تکنسین‌های داخلی ✓ رایزنی با شورای عالی گسترش وزارت علوم جهت تعریف و اجرای دوره‌های تخصصی کارشناسی ارشد و دکتری در حوزه زیست‌توده
	زیرساخت	✓ رایزنی با نهادهای ذیربط جهت تسهیل در اخذ مجوزهای مرتبط

جدول ۲-۹ اقدامات لازم برای رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های زیست‌توده در فاز توسعه به تفکیک کارکرد

کارکرد		سیاست و اقدام
کارآفرینی		✓ ساخت، نصب و راه‌اندازی نمونه پایلوت فناوری‌های اولویت‌دار و رفع ایرادات آن ✓ تدوین دستورالعمل شناسایی شرکت‌های دانش‌بنیان در این حوزه و رایزنی با معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و شورای عالی عتف جهت اخذ حمایت‌های مالی و پشتیبانی برای این شرکت‌ها ✓ تدوین مکانیزم‌های جذب شرکت‌های بین‌المللی جهت ایجاد واحدهای تحقیق و توسعه خود در داخل کشور ✓ برگزاری جشنواره‌های ملی به منظور حمایت از محققین و مخترعین ✓ حمایت از اساتید و دانشجویان این حوزه جهت تشکیل و راه‌اندازی شرکت‌های زایشی در دانشگاه‌ها
توسعه دانش		✓ هدایت تحقیقاتی دانشگاه‌ها به اولویت‌های ملی و نیازمندی‌های شرکت‌های دانش‌بنیان این حوزه ✓ برگزاری دوره‌های علمی روش‌های انتقال فناوری در این حوزه و تجربیات موفق داخلی و بین‌المللی
شکل‌دهی بازار		✓ ایجاد یک بازار مطمئن از طریق خرید دولتی از محصولات با کیفیت ساخت داخل ✓ الزام دارندگان منابع اولیه زیست‌توده به تأمین بخشی از برق مورد نیاز خود از فناوری‌های بومی (تولید پراکنده) ✓ اعمال پاداش در تعرفه خرید برق برای احداث‌کنندگانی که از تجهیزات بومی استفاده می‌کنند ✓ بازنگری و تدقیق تعرفه خرید تضمینی برق توسط دولت ✓ تدوین استانداردهای دقیق و هوشمندانه در بازار فناوری‌های اولویت‌دار
تأمین و تسهیل منابع	منابع مالی	✓ تأمین وام‌های بلند مدت کم‌بهره برای صنعت‌گران در این حوزه از صندوق توسعه ملی ✓ تعریف و اجرای مکانیزم هوشمندانه تعرفه گمرکی واردات تجهیزات فناوری‌های اولویت‌دار متناسب با توان بومی‌سازی آن‌ها ✓ حمایت از سرمایه‌گذاری خارجی از طریق تضمین سرمایه‌گذاری (به شرط انتقال فناوری)
	منابع و مواد اولیه	✓ استفاده از زمین‌های حاشیه‌ای و آب‌های کم کیفیت ✓ ترویج زراعت گیاهان مختص انرژی و کشت‌های فراسرزمینی ✓ وضع قوانین جهت تخصیص منابع زیست‌توده با هدف تولید انرژی
	منابع انسانی	✓ تدوین استاندارد مشاغل فنی و حرفه‌ای به منظور تربیت نیروی انسانی فعال در صنعت زیست‌توده
مشروعیت بخشی		✓ تهیه و انتشار نشریه تخصصی و عمومی در این حوزه ✓ تهیه و تدوین برنامه آگاه‌سازی، ترویج و اطلاع‌رسانی عمومی ✓ برگزاری نمایشگاه‌های اطلاع‌رسانی ✓ برگزاری جشنواره‌های تقدیر از فعالان این حوزه

۲-۲-۶- جمع‌بندی

هدف از انجام مرحله چهارم «تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده» تدوین اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم‌انداز، اهداف و راهبردهای توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده بود. در ابتدای این گزارش مبانی نظری مربوط به تدوین اقدامات شامل کارکردها و ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه (TIS) به تفصیل مورد بحث قرار گرفت. سپس فرایند چهار مرحله‌ای تدوین اقدامات سند توسعه فناوری توضیح داده شد. پس از مراحل چهارگانه تدوین اقدامات برای فناوری-های حوزه انرژی زیست‌توده انجام شد به این صورت که در مرحله اول این فرایند وضعیت موجود توسعه فناوری با شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های انرژی زیست‌توده و بازیگران نظام توسعه این فناوری مشخص شدند. در مرحله دوم، با توجه به این که فناوری‌های اولویت‌دار زیست‌توده در مراحل مختلفی از توسعه قرار داشتند، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه هر یک از فناوری‌های این حوزه بر اساس مرحله توسعه آن‌ها تعیین شدند. در مرحله سوم، چالش‌ها و موانع موجود در تحقق هر یک از چهار کارکرد اصلی از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان آشنا با حوزه زیست‌توده تعیین شدند. سپس با توجه به چالش‌های تعیین شده و راهبردهای تدوین شده حوزه انرژی زیست‌توده اقدامات و سیاست‌های مورد نیاز برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های این حوزه پیشنهاد شد.

مراجع

روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، ۱۳۹۱.

فهرست

۱- فصل اول: فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی ۴

۱-۲-۱- مبنای شکستن اقدامات ۴

۱-۲-۲- ابزارهای شکستن اقدامات ۵

۱-۲-۲-۱- تجزیه و تحلیل فرایند استاندارد ۵

۱-۲-۲-۲- بهینه کاوی ۶

۱-۲-۲-۳- تحلیل علی معلولی ۶

۱-۲-۳- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی ۷

۲- فصل دوم: فهرست پروژه‌های اجرایی ۸

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- پروژه های شناسایی شده ۹

۳- فصل سوم : تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب) ۴۲

۳-۱- مقدمه ۴۳

۳-۲- نگاشت نهادی ۴۳

۳-۲-۱- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی ۴۴

۳-۲-۲- شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با توسعه فناوریهای تولید برق از زیست توده ۴۷

۳-۲-۳- تخصیص متولیان اقدامات ۴۷

۴- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۵- دانشگاه‌ها ۶۵

۴- فصل چهارم : ترسیم ره نگاشت ۶۹

۴-۱- مقدمه ۷۰

۴-۲- ره نگاشت و چالشهای پیش روی آن ۷۰

منابع ۸۱

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی ۳

شکل ۴-۱ نقشه راه فناوریهای اولویت دار تولید برق از منابع زیست توده بر اساس سبک اکتساب همکاری و توسعه داخلی ۷۳

شکل ۴-۲ نقشه راه پروژه های تحقیقاتی و تحقیق و توسعه ای انواع هاضم بیهوازی ۷۴

شکل ۴-۳ نقشه راه پروژه های تحقیقاتی و تحقیق و توسعه ای انواع فناوری گازیسازی ۷۵

شکل ۴-۴ نقشه راه فناوری گازیسازی زائدات کشاورزی و جنگلی (مقیاس کوچک) ۷۶

شکل ۴-۵ نقشه راه پروژه های تحقیقاتی و تحقیق و توسعه ای فناوری زباله سوزی ۷۷

شکل ۴-۶ نقشه راه فناوری زباله سوزی توده سوز ۷۸

شکل ۴-۷ نقشه راه اقدامات غیر فنی توسعه فناوریهای مرتبط با انرژی زیست توده در کشور (کارکردهای توسعه دانش، انتشار دانش، جهت دهی به سیستم و شکل دهی به بازار) ۷۹

شکل ۴-۸ نقشه راه اقدامات غیر فنی توسعه فناوریهای مرتبط با انرژی زیست توده در کشور (کارکردهای تأمین منابع، کارآفرینی و مشروعیت بخشی) ۸۰

فهرست جداول

جدول ۲-۱ پروژه های شناسایی شده فنی ۱۱

جدول ۳-۱ مجریان پروژه های فنی مربوط به فناوری هاضم فضولات دامی ۴۸

جدول ۳-۲ مجریان پروژه های فنی مربوط به فناوری هاضم زباله شهری ۴۹

جدول ۳-۳ مجریان پروژه های فنی مربوط به فناوری گازیساز زباله شهری ۵۱

جدول ۳-۴ مجریان پروژههای فنی مربوط به فناوریگازیساز بزرگ مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی ۵۳

جدول ۳-۵ مجریان پروژه های فنی مربوط به فناوری گازیساز کوچک مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی ۵۴

جدول ۳-۶ مجریان پروژه های فنی مربوط به فناوری گازیساز بزرگ مقیاس لجن فاضلاب شهری ۵۵

جدول ۳-۷ مجریان پروژه های فنی مربوط به فناوری زباله‌سوزی توده‌سوز ۵۷

جدول ۳-۸ مجریان پروژه های فنی تحقیقاتی و تحقیق و توسعهای مربوط به فناوری هاضم بیهوازی ۵۷

جدول ۳-۹ مجریان پروژه های فنی تحقیقاتی و تحقیق و توسعه ای مربوط به فناوری گازیسازی ۶۰

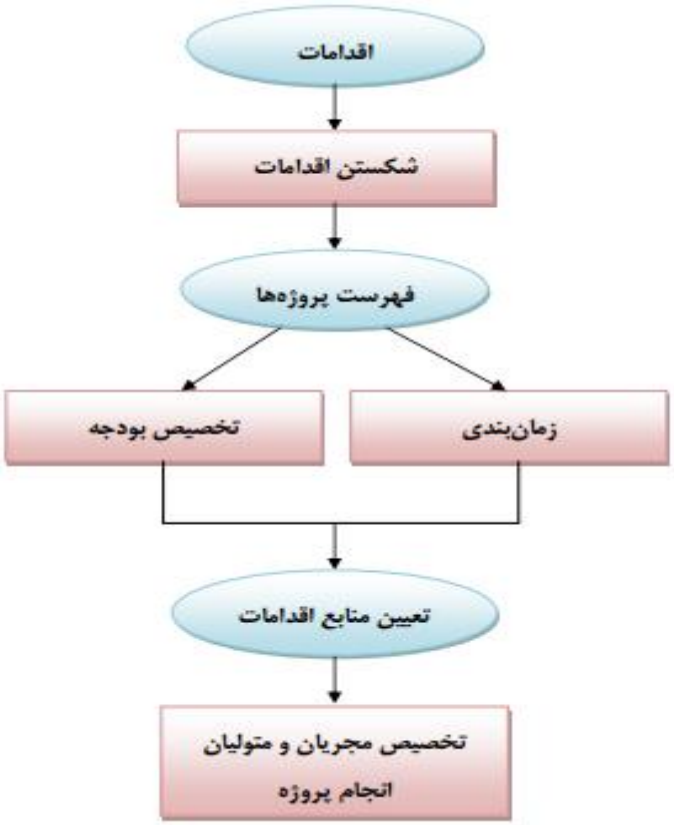
جدول ۳-۱۰ مجریان پروژه های فنی تحقیقاتی و تحقیق و توسعه ای مربوط به فناوری زباله سوزی ۶۲

جدول ۳-۱۱ مجریان پروژه های غیرفنی ۶۴

۱- فصل اول: فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی

۱-۱- مقدمه

در این بخش فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده توضیح داده می‌شود و در نهایت فهرست پروژه‌ها ارائه می‌شود. همان‌طور که اشاره شد، لازم است اقدامات تعیین شده در فاز ۴ به پروژه‌های اجرایی شکسته شود. در واقع در این بخش باید مشخص گردد که چه پروژه یا مجموعه پروژه‌هایی باید در سالیان مختلف اجرا گردد تا در صورت اجرای این پروژه‌ها بتوان اطمینان حاصل کرد که اقدامات، راهبردها، اهداف و در نهایت چشم‌انداز محقق شده است. فرایند تدوین برنامه عملیاتی در Error! Reference source not found. نشان داده شده است [۱]. مطابق این شکل، ابتدا اقدامات شناسایی شده در فاز ۴ بر اساس معیارهایی شکسته می‌شوند و فهرست پروژه‌ها استخراج می‌شود. سپس زمان و بودجه مورد نیاز برای انجام هر یک از پروژه‌ها مشخص می‌شود و از این طریق منابع لازم برای تحقق اقدامات تعیین می‌گردد. در نهایت با شناسایی نهادهای مرتبط با توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست‌توده، متولی و مجری انجام پروژه‌ها شناسایی می‌شود.



شکل ۱-۱ فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی

۱-۲- شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، می‌بایست به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود و از همین رو در تعریف پروژه‌ها می‌باید جنبه‌های مختلف اقدام مورد توجه قرار گیرد. نکته حائز اهمیت دیگر میزان شکسته شدن اقدامات می‌باشد. همان‌گونه که یک اقدام می‌تواند به مجموعه‌ای از پروژه‌ها شکسته شود، هر پروژه نیز قابل شکسته شدن به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها می‌باشد و این روند را در مورد فعالیت‌ها نیز می‌توان ادامه داد. ساختار کلی شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی مشابه WBS می‌باشد که در بحث مدیریت پروژه تا کنون تحقیقات فراوانی در مورد آن صورت پذیرفته است [۲]. نکته دیگر حصول اطمینان از جامعیت پروژه‌های اجرایی در راستای تحقق اقدامات می‌باشد. تا کنون الگوریتمی که تضمین نماید مجموعه پروژه‌های اجرایی منتخب برای تحقق اقدام کفایت می‌نماید ارائه نشده است. تنها با بهره‌گیری از قضاوت خبرگان، استفاده از تجارب پیشین و در صورت امکان به‌کارگیری ابزارهایی چون شبیه‌سازی می‌توان امیدوار بود مجموعه پروژه‌های اجرایی شرایط کافی برای حصول اقدامات را فراهم سازند.

۱-۲-۱- مبنای شکستن اقدامات

یکی از مسائل کلیدی دیگر در فرآیند شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، تعیین مبنایی است که بر اساس آن اقدامات شکسته شوند. به عنوان نمونه اقدامی مثالی با عنوان تأسیس آزادراه را در نظر بگیرید. این اقدام می‌تواند برد و مبنای جغرافیایی (راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی) و عملکردی (زیرسازی راه، روسازی و آسفالت، حفاظت حاشیه راه و ...) به پروژه‌های اجرایی زیر مجموعه خود شکسته شود. اینکه کدام مبنا برای شکستن اقدامات مورد توجه قرار گیرد بر اساس عوامل مختلفی تعیین می‌شود که در ادامه به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

الف) ساختار و فرهنگ حاکم: اگر در ساختار موجود کشور تقسیم‌بندی ویژه و یا هنجارهای پذیرفته شده اثرگذاری وجود داشته باشد، می‌تواند مبنای شکستن پروژه‌های اجرایی را جهت‌دهی نماید. به عنوان نمونه در مورد مثال فوق اگر سیستم راه سازی کشور بر اساس مناطق جغرافیایی در بخش‌های راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی شکل گرفته باشد که هر بخش

توانایی‌ها و قابلیت‌های کلیدی لازم در حوزه فعالیت خود به دست آورده است، و بنابراین تقسیم‌بندی مذکور می‌تواند مبنای شکستن اقدامات قرار گیرد.

ب) نیازمندی‌های فعلی: نیازمندی‌هایی که بر مبنای آن شکسته شدن اقدامات صورت می‌پذیرد در طول زمان قابل تغییر است. در مورد مثال اخیر ممکن است در فاز طراحی آزادراه‌ها نیازهای طراحی موجب شکستن پروژه‌های اجرایی بر مبنای جغرافیایی شود ولیکن در زمان اجرا نیازها تغییر کرده و مبنای عملکردی مورد استفاده قرار گیرد.

ج) منافع اقتصادی: میزان کسب درآمد از پروژه‌های اجرایی می‌تواند مبنایی برای شکستن اقدامات باشد. به عنوان مثال درآمدزا یا هزینه‌بر بودن پروژه‌های اجرایی از این جهت می‌تواند مبنا قرار گیرد که ابتدا پروژه‌های اجرایی درآمدزا انجام شوند و از درآمد حاصل برای انجام پروژه‌های اجرایی هزینه‌بر استفاده شود.

د) نظرات ذینفعان: از آنجایی که هدف از تحقق اقدامات در واقع برآوردن نیاز ذینفعان و کسب منافع توسط این گروه می‌باشد، ضروری است نظرات ذینفعان در بخش‌های مختلف فرآیند پیاده‌سازی از جمله چگونگی شکستن اقدامات مورد توجه قرار گیرد. در صورتی که تصمیم گرفته شود که تعدادی از پروژه‌های اجرایی نیز به زیرفعالیت‌هایشان شکسته شود، می‌توان در شکستن دوم از مبنای دیگری استفاده نمود. به طور مثال در مرحله اول بر مبنای جغرافیایی و در مرحله دوم بر مبنای عملکردی عمل نمود.

۱-۲-۲- ابزارهای شکستن اقدامات

تا کنون مفاهیم و موضوعات کلیدی شکستن اقدامات مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در این بخش چند ابزار برای انجام این مهم معرفی می‌گردد [۳].

۱-۲-۲-۱- تجزیه و تحلیل فرایند استاندارد

در ادبیات برخی از اقدامات فرایندی تجربه شده‌ای وجود دارد که به طور عام توسط نخبگان علمی آن حوزه مورد پذیرش قرار گرفته است. چنین فرایندهایی فرایند استاندارد نامیده می‌شود. در صورتی که در مورد اقدامات خاصی فرایند استاندارد وجود داشته باشد، پروژه‌های اجرایی ارائه‌شده در آن به عنوان مجموعه پروژه‌های اجرایی استاندارد پذیرفته می‌شوند.

۱-۲-۲-۲- بهینه کاوی

در صورتی که در راستای تحقق یک اقدام، فرایند استانداردی وجود نداشته باشد و یا به علت عدم دسترسی قابل استفاده نباشد، از ابزار بهینه کاوی استفاده می‌شود. بهینه کاوی به معنی بررسی تجربه‌های انجام شده و یادگیری می‌باشد. اگرچه در این حالت به علت عدم وجود الگویی استاندارد، انتظار می‌رود تجربه‌های پیشین در ابعاد مختلفی با یکدیگر تفاوت داشته باشند که از علل اصلی آن خواستگاه منطقه‌ای و ویژگی‌های خاصی است که فرایند در قالب آن طراحی و اجرا شده است. یکی از مسائل کلیدی به‌کارگیری این ابزار چگونگی در کنار هم قرار دادن نتایج تجربه‌های مختلف برای دستیابی به الگویی مطلوب می‌باشد. اگر نتوان از این روش به مجموعه‌ای از پروژه‌های اجرایی قابل قبول دست یافت، از پروژه‌های اجرایی غیر نهایی به دست آمده می‌توان در ابزار علی- معلولی استفاده نمود.

۱-۲-۲-۳- تحلیل علی معلولی

هدف این ابزار استفاده از نظرات خبرگان برای شکستن اقدامات به مجموعه پروژه‌های اجرایی می‌باشد. از همین رو ضروری است استفاده از این ابزار با حضور خبرگانی مسلط بر ابعاد مختلف اقدام مربوطه صورت گیرد. در ادامه چگونگی استفاده از این ابزار در جلسه‌ای با حضور خبرگان توضیح داده می‌شود.

گام ۱: در ابتدای جلسه توضیحات مربوط به معرفی اقدام ارائه می‌گردد تا کلیه افراد حاضر به نگرش یکسانی از اقدام مورد نظر دست یابند.

گام ۲: در یک طوفان فکری پروژه‌های اجرایی که از نظر خبرگان برای انجام اقدام مزبور ضروری به نظر می‌رسد مطرح شده و در معرض دید همگان قرار می‌گیرد.

حاضرین جلسه می‌باید این نکته را مد نظر قرار دهند که در مرحله اول صرفاً اقدامات به پروژه‌های اجرایی اساسی تشکیل دهنده آن شکسته می‌شوند. از همین رو بهتر است از بیان مواردی که خود زیرفعالیت پروژه‌های اجرایی اساسی به شمار می‌روند و یا قابل بیان شدن به شکل پروژه‌های اجرایی کلان‌تری هستند اجتناب ورزند. در صورتی که تصمیم گرفته شود برخی پروژه‌های اجرایی به زیر فعالیت‌های خود شکسته شوند، در مرحله دیگری فرایند جاری در مورد آن پروژه‌های اجرایی تکرار می‌شود. به عبارتی در هر مرحله از به کارگیری این ابزار، شکستن تنها در یک سطح انجام می‌پذیرد.

پس از انجام این گام فهرست اولیه‌ای از پروژه‌های اجرایی پیشنهادی به دست می‌آید. در تکمیل این فهرست می‌توان از اطلاعات به دست آمده از دو ابزار دیگر به ویژه بهینه کاوی استفاده نمود. در این سند پروژه‌های اجرایی در سه بخش روشنایی، گرمایش آب و فضا و لوازم خانگی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۲-۳- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی

قبل از نهایی شدن پروژه‌های اجرایی، به منظور ارزیابی جوانب مختلف پروژه‌های اجرایی ارائه شده و قضاوت در مورد موجه بودن یا عدم موجه بودن آن‌ها، هر پروژه اجرایی می‌باید بر اساس معیارهای مختلفی از جمله معیارهای فنی، مالی و اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مورد ممیزی قرار گیرد. بر این اساس، پروژه‌های اجرایی به دست آمده در مرحله قبل مورد بازبینی قرار گرفته و پروژه‌هایی که از نظر معیارهای مختلف ناموجه باشند، کنار گذاشته می‌شوند. در واقع پروژه‌های اجرایی نهایی می‌بایست به نحو مطلوبی موجبات دستیابی به مقاصد سایر سطوح راهبردی را فراهم سازند. از همین رو ضروری به نظر می‌رسد با نگاهی اجمالی به گام‌های طی شده نواقص احتمالی مورد بازبینی قرارگیرد.

۲- فصل دوم: فهرست پروژه‌های اجرایی

۲-۱- مقدمه

با توجه به موارد مطرح شده در ابتدای این بخش در ارتباط با ضرورت و نحوه شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، در این بخش، پروژه‌هایی شناسایی می‌شود که اجرایی شدن آن‌ها منجر به تحقق اقدامات می‌گردد. با توجه به ابزارهای گوناگونی که جهت شکستن اقدامات در بخش قبل معرفی شده با بررسی‌های صورت گرفته این نتیجه حاصل شد که ابزار تحلیل علی معلولی بهترین ابزار برای شکستن اقدامات در این طرح می‌باشد.

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، می‌بایست به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود در این بخش تلاش شده است با استفاده از نظرات خبرگان وکارشناسان، جامعیت پروژه‌های اجرایی شناسایی شده برای هر اقدام حفظ شود. مورد دیگری که در رابطه با شکستن اقدامات می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، سطح شکسته شدن اقدامات می‌باشد. در این طرح اقدامات تا سطحی شکسته شده‌اند که بتوان برای پروژه‌های اجرایی حاصل از شکستن آن‌ها زمان و بودجه تخصیص داده و همچنین مجری جهت اجرای آن‌ها مشخص نمود. در ادامه پروژه‌های شناسایی شده ارائه شده است.

۲-۲- پروژه های شناسایی شده

پروژه‌های شناسایی شده برای شش فناوری هاضم فضولات دامی، هاضم زباله شهری، گازیساز زباله شهری، گازیساز بزرگ مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی، گازیساز کوچک مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی، گازیساز لجن فاضلاب شهری و زباله-سوزی توده‌سوز در جدول ۲-۱ ارائه شده است.

در تهیه این جداول از نظرات خبرگان که اسامی آنها در ذیل آمده استفاده شده است.

۱- مهندس مهدی رضایی

۲- مهندس بهروز دشتی

۳- مهندس اکبر شعبانی‌کیا

۴- دکتر فاطمه هشدار

۵- دکتر ارژنگ جوادی

۶- دکتر مهرداد عدل

۷- دکتر مسعود احمدی

۸- مهندس سوسن داوری

۹- مهندس خدیجه حسینی

جدول ۲-۱ پروژه‌های شناسایی شده فنی

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
اقدامات فنی هاضم فضولات دامی	تهیه اطلس فضولات دامی کشور	هدف از این پروژه تعیین پتانسیل منابع فضولات دامی کشور از طریق شناسایی دامداری‌های با تعداد رأس بالای ۱۰۰ رأس و پهنه‌بندی کشور به منظور برنامه‌ریزی مناسب برای توسعه فناوری هاضم بیهوازی از منبع فضولات دامی می‌باشد. همچنین با استناد به نتایج این مطالعه می‌توان توان مناسب برای اجرای واحدهای نمونه و واحدهای صنعتی هضم بیهوازی را تعیین نمود.
	ارزیابی و انتخاب شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور خارجی (واجد شرایط)	در این پروژه با اعلان فراخوان، نسبت به شناسایی شرکت‌های مشاور در حوزه انرژی زیست‌توده اقدام خواهد شد. پس از تهیه لیست بلند از شرکت‌های مشاور، نسبت به ارزیابی آنها اقدام خواهد شد. با توجه به اهمیت مطالعات فناوری‌های هضم بیهوازی فضولات دامی که تأثیر مستقیم بر انتخاب و توسعه فناوری مناسب در ایران دارد، حضور یک شرکت مشاور خارجی معتبر در کنار متقاضیان، یک امتیاز اساسی محسوب خواهد شد. با در نظر گرفتن سایر معیارهای ارزیابی که در موعد خود تعیین خواهد شد، فهرست کوتاه شرکت‌های مشاور داخلی واجد شرایط تهیه خواهد شد. در گام آخر نیز پس از برگزاری مناقصه و بررسی جمیع معیارها از جمله پیشنهادات فنی و مالی اجرای مطالعات، نسبت به انتخاب نهایی شرکت‌های مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط اقدام خواهد شد.
	مطالعه تفصیلی هاضم تر – لاگن سرپوشیده	دراین پروژه فناوری هاضم تر لاگن سرپوشیده به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی هاضم تر – اختلاط کامل	در این پروژه فناوری هاضم تر اختلاط کامل به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی هاضم تر – جریان قالبی	در این پروژه فناوری هاضم تر جریان قالبی به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی هاضم تر – قشر چسبیده (فیلم ثابت)	دراین پروژه فناوری هاضم تر قشر چسبیده (فیلم ثابت) به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	مطالعه تفصیلی هاضم تر – بستر لجن جریان بالارو	در این پروژه فناوری هاضم تر بستر لجن بالارو به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های هاضم تر قابل کاربرد برای فضولات دامی و انتخاب فناوری(های) منتخب	هدف از این پروژه ارزیابی دقیق تحلیل‌های فنی، اقتصادی و زیست محیطی انجام شده در خصوص فناوری‌های هاضم تر قابل کاربرد برای فضولات دامی و انتخاب فناوری(های) منطبق با شرایط اقتصادی، اجتماعی و اقلیمی کشور می‌باشد. در این پروژه بررسی مزیت‌های نسبی کشور در فناوری‌های مختلف با توجه به تجارب داخلی و خارجی ارزیابی شده و در نهایت یک یا چند فناوری جهت توسعه در داخل کشور انتخاب می‌شود.
	ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	در این پروژه با اعلان فراخوان، نسبت به شناسایی شرکت‌های فناور در حوزه هضم بیهوازی اقدام خواهد شد. پس از تهیه لیست بلند از شرکت‌های فناور، نسبت به ارزیابی آنها اقدام خواهد شد. با توجه به اهمیت اجرای موفق و پایدار فناوری(های) هضم بیهوازی به منظور تولید برق از فضولات دامی که تأثیر مستقیم بر توسعه فناوری مناسب در ایران دارد، حضور یک شرکت فناور خارجی معتبر در کنار متقاضیان، یک امتیاز اساسی محسوب خواهد شد. با در نظر گرفتن سایر معیارهای ارزیابی که در موعد خود تعیین خواهد شد، فهرست کوتاه شرکت‌های فناور داخلی واجد شرایط تهیه خواهد شد. در گام آخر نیز پس از برگزاری مناقصه و بررسی جمیع معیارها از جمله پیشنهادات فنی و مالی اجرای مطالعات، نسبت به انتخاب نهایی حداقل دو شرکت فناور داخلی و خارجی واجد شرایط اقدام خواهد شد.
	اجرای واحدهای نمونه هاضم بیهوازی فضولات دامی	با توجه به نوع سبک اکتساب فناوری هاضم بیهوازی فضولات دامی که همکاری و توسعه داخلی می‌باشد لازم است به منظور کسب دانش فنی و تعمیق آن در کشور، واحدهای نمونه توسط شرکت‌های معتبر خارجی صاحب فناوری در کشور اجرا شود. علاوه بر این به منظور کسب دانش و مهارت‌های مورد نیاز برای فرایند تولید که تجربه کاری و یادگیری ضمن عمل (learning by doing) نقش مهمی در آن ایفا می‌کنند ضرورت دارد حداقل دو شرکت فناور داخلی که در انتهای افق زمانی سند به عنوان شرکت‌های نمانام معرفی خواهند شد در کنار این شرکت‌ها حضور داشته باشند. هدف این پروژه احداث حداقل ۳ واحد نمونه ۲۰ تا ۵۰ کیلوواتی هاضم بیهوازی فضولات دامی در کشور با مشارکت شرکت‌های فناور بین‌المللی و داخلی می‌باشد. تعیین ظرفیت مناسب برای واحدهای نمونه و واحدهای صنعتی در این پروژه و با مشاوره شرکت فناور خارجی انجام

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
		می‌شود.
	داده برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده فضولات دامی	هدف این پروژه داده‌برداری و بررسی عملکرد واحدهای نمونه نصب شده به منظور آشنایی کامل و محاسبه دقیق راندمان، میزان تولید، پیوستگی کارکرد و شناسایی مشکلات احتمالی در مراحل مختلف نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری می‌باشد. در این پروژه صحت سنجی کیفیت واحد هضم بیهوازی از لحاظ پارامترهای فنی انجام خواهد شد.
	ساخت و بهره‌برداری واحد(های) صنعتی هاضم بیهوازی فضولات دامی	پس از اجرای موفق واحدهای نمونه هضم بیهوازی فضولات دامی، به منظور گذار از فاز پیش‌توسعه و ورود به فاز توسعه ضرورت دارد نسبت به ساخت و اجرای واحدهای صنعتی هاضم بیهوازی برای منبع فضولات دامی با هدف تولید برق اقدام شود. با اجرای موفق واحدهای صنعتی، می‌توان شرکت‌های فناور داخلی نمانام در این عرصه را به کشور معرفی نمود. همچنین، برای صدور فناوری به سایر کشورهای منطقه تدبیر و برنامه‌ریزی نمود. هدف این پروژ ه احداث حداقل ۲ واحد صنعتی ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوواتی هضم بیهوازی در کشور با بهره‌گیری حداکثری از تجهیزات بومی برای حمایت از توسعه تولید برق زیستی می‌باشد. علاوه بر این اقدام به توسعه بازار داخلی و ورود ایران به عرصه واحدهای صنعتی هضم بیهوازی خواهد شد.
	بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحد(های) صنعتی هاضم بیهوازی فضولات دامی	هدف این پروژه افزایش راندمان، بهره تولید بیوگاز، بهبود عملکرد سیستم، کنترل مناسب آلاینده‌ها و بهینه‌سازی فرآیند تولید از لحاظ اقتصادی و فنی می‌باشد. بدین منظور با استفاده از امکانات و توانایی‌های موجود اقدام به انجام این پروژه خواهد شد. در این پروژه بالا رفتن شانس رقابت محصولات داخلی در بازارهای بین‌المللی مد نظر است.
اقدامات فنی هاضم زباله شهری	تهیه اطلس زباله شهری کشور	هدف از این پروژه تعیین پتانسیل زباله شهری کشور برای شهرهای با جمعیت بالای ۵۰ هزار نفر و پهنه‌بندی کشور به منظور برنامه‌ریزی مناسب برای توسعه فناوری هاضم بیهوازی از منبع زباله شهری می‌باشد. همچنین با استناد به نتایج این مطالعه می‌توان توان مناسب برای اجرای واحدهای نمونه و واحدهای صنعتی هضم بیهوازی را تعیین نمود.
	ارزیابی و انتخاب شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور	در این پروژه با اعلان فراخوان، نسبت به شناسایی شرکت‌های مشاور در حوزه انرژی زیست‌توده اقدام خواهد شد. پس از تهیه لیست بلند از شرکت‌های مشاور، نسبت به ارزیابی آنها اقدام خواهد شد. با توجه به اهمیت مطالعات فناوری‌های هضم بیهوازی فضولات دامی که تأثیر مستقیم بر انتخاب و توسعه فناوری مناسب در ایران دارد، حضور یک شرکت مشاور خارجی معتبر در کنار متقاضیان، یک امتیاز اساسی محسوب خواهد شد. با

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	خارجی (واجد شرایط)	در نظر گرفتن سایر معیارهای ارزیابی که در موعد خود تعیین خواهد شد، فهرست کوتاه شرکت‌های مشاور داخلی واجد شرایط تهیه خواهد شد. در گام آخر نیز پس از برگزاری مناقصه و بررسی جمیع معیارها از جمله پیشنهادات فنی و مالی اجرای مطالعات، نسبت به انتخاب نهایی شرکت‌های مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط اقدام خواهد شد.
	مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای تر Wassa	در این پروژه فناوری هاضم تک مرحله‌ای تر Wassa به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای تر Wabio	در این پروژه فناوری هاضم تک مرحله‌ای تر Wabio به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای تر BIMA	در این پروژه فناوری هاضم تک مرحله‌ای تر BIMA به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای خشک DRANCO	در این پروژه فناوری هاضم تک مرحله‌ای خشک DRANCO به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای خشک VALORGA	در این پروژه فناوری هاضم تک مرحله‌ای خشک VALORGA به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای خشک KOMPOGAS	در این پروژه فناوری هاضم تک مرحله‌ای خشک KOMPOGAS به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی هاضم دو مرحله‌ای BTA	در این پروژه فناوری هاضم دو مرحله‌ای BTA به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	مطالعه تفصیلی هاضم توده‌ای Biocel	در این پروژه فناوری هاضم توده‌ای Biocel به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی هاضم توده‌ای Becon	در این پروژه فناوری هاضم توده‌ای Becon به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی هاضم توده‌ای SEBAC	در این پروژه فناوری هاضم توده‌ای SEBAC به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی هاضم توده‌ای APS	در این پروژه فناوری هاضم توده‌ای APS به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های هاضم قابل کاربرد برای زباله شهری و انتخاب فناوری(های) منتخب	هدف از این پروژه ارزیابی دقیق تحلیل‌های فنی، اقتصادی و زیست محیطی انجام شده در خصوص فناوری‌های هاضم قابل کاربرد برای زباله شهری و انتخاب فناوری(های) منطبق با شرایط اقتصادی، اجتماعی و اقلیمی کشور می‌باشد. در این پروژه بررسی مزیت‌های نسبی کشور در فناوری‌های مختلف با توجه به تجارب داخلی و خارجی ارزیابی شده و در نهایت یک یا چند فناوری جهت توسعه در داخل کشور انتخاب می‌شود.
	ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	در این پروژه با اعلان فراخوان، نسبت به شناسایی شرکت‌های فناور در حوزه هضم بیهوازی اقدام خواهد شد. پس از تهیه لیست بلند از شرکت‌های فناور، نسبت به ارزیابی آنها اقدام خواهد شد. با توجه به اهمیت اجرای موفق و پایدار فناوری(های) هضم بیهوازی به منظور تولید برق از زباله شهری که تأثیر مستقیم بر توسعه فناوری مناسب در ایران دارد، حضور یک شرکت فناور خارجی معتبر در کنار متقاضیان، یک امتیاز اساسی محسوب خواهد شد. با در نظر گرفتن سایر معیارهای ارزیابی که در موعد خود تعیین خواهد شد، فهرست کوتاه شرکت‌های فناور داخلی واجد شرایط تهیه خواهد شد. در گام آخر نیز پس از برگزاری مناقصه و بررسی جمیع معیارها از جمله پیشنهادات فنی و مالی اجرای مطالعات، نسبت به انتخاب نهایی حداقل دو شرکت فناور داخلی و خارجی واجد شرایط اقدام خواهد شد.

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	اجرای واحدهای نمونه هاضم بیهوازی زباله شهری	با توجه به نوع سبک اکتساب فناوری هاضم بیهوازی زباله شهری که همکاری و توسعه داخلی می‌باشد لازم است به منظور کسب دانش فنی و تعمیق آن در کشور، واحدهای نمونه توسط شرکت‌های معتبر خارجی صاحب فناوری در کشور اجرا شود. علاوه بر این به منظور کسب دانش و مهارت‌های مورد نیاز برای فرایند تولید که تجربه کاری و یادگیری ضمن عمل (learning by doing) نقش مهمی در آن ایفا می‌کنند ضرورت دارد حداقل دو شرکت فناور داخلی که در انتهای افق زمانی سند به عنوان شرکت‌های نمانام معرفی خواهند شد در کنار این شرکت‌ها حضور داشته باشند. هدف این پروژه احداث حداقل ۲ واحد نمونه ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلوواتی هاضم بیهوازی زباله شهری در کشور با مشارکت شرکت‌های فناور بین‌المللی و داخلی می‌باشد. تعیین ظرفیت مناسب برای واحدهای نمونه و واحدهای صنعتی در این پروژه و با مشاوره شرکت فناور خارجی انجام می‌شود.
	داده‌برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده زباله شهری	هدف این پروژه داده‌برداری و بررسی عملکرد واحدهای نمونه نصب شده به منظور آشنایی کامل و محاسبه دقیق راندمان، میزان تولید، پیوستگی کارکرد و شناسایی مشکلات احتمالی در مراحل مختلف نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری می‌باشد. در این پروژه صحت سنجی کیفیت واحد هضم بیهوازی از لحاظ پارامترهای فنی انجام خواهد شد.
	ساخت و بهره‌برداری نیروگاه هاضم بیهوازی زباله شهری	پس از اجرای موفق واحدهای نمونه هضم بیهوازی زباله شهری، به منظور گذار از فاز پیش‌توسعه و ورود به فاز توسعه ضرورت دارد نسبت به ساخت و اجرای واحدهای نیروگاهی هاضم بیهوازی برای منبع زباله شهری با هدف تولید برق اقدام شود. با اجرای موفق واحدهای صنعتی، می‌توان شرکت‌های فناور داخلی نمانام در این عرصه را به کشور معرفی نمود. همچنین، برای صدور فناوری به سایر کشورهای منطقه تدبیر و برنامه‌ریزی نمود. هدف این پروژ ه احداث حداقل ۲ واحد نیروگاهی ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوواتی هضم بیهوازی در کشور با بهره‌گیری حداکثری از تجهیزات بومی برای حمایت از توسعه تولید برق زیستی می‌باشد. علاوه بر این اقدام به توسعه بازار داخلی و ورود ایران به عرصه واحدهای صنعتی هضم بیهوازی خواهد شد.
	بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحد نیروگاهی	هدف این پروژه افزایش راندمان، بهره تولید بیوگاز، بهبود عملکرد سیستم، کنترل مناسب آلاینده‌ها و بهینه‌سازی فرآیند تولید از لحاظ اقتصادی و فنی می‌باشد. بدین منظور با استفاده از امکانات و توانایی‌های موجود اقدام به انجام این پروژه خواهد شد. در این پروژه بالا رفتن شانس رقابت محصولات داخلی در بازارهای بین‌المللی مد نظر است.

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
اقدامات فنی گازیساز زباله شهری	تهیه اطلس زباله شهری کشور	هدف از این پروژه تعیین پتانسیل زباله شهری کشور برای شهرهای با جمعیت بالای ۵۰ هزار نفر و پهنه‌بندی کشور به منظور برنامه‌ریزی مناسب برای توسعه فناوری گازیسازی از منبع زباله شهری می‌باشد. همچنین با استناد به نتایج این مطالعه می‌توان توان مناسب برای اجرای واحدهای نمونه و واحدهای صنعتی گازیسازی را تعیین نمود.
	ارزیابی و انتخاب شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور خارجی (واجد شرایط)	در این پروژه با اعلان فراخوان، نسبت به شناسایی شرکت‌های مشاور در حوزه انرژی زیست‌توده اقدام خواهد شد. پس از تهیه لیست بلند از شرکت‌های مشاور، نسبت به ارزیابی آنها اقدام خواهد شد. با توجه به اهمیت مطالعات فناوری‌های گازیسازی زباله که تأثیر مستقیم بر انتخاب و توسعه فناوری مناسب در ایران دارد، حضور یک شرکت مشاور خارجی معتبر در کنار متقاضیان، یک امتیاز اساسی محسوب خواهد شد. با در نظر گرفتن سایر معیارهای ارزیابی که در موعد خود تعیین خواهد شد، فهرست کوتاه شرکت‌های مشاور داخلی واجد شرایط تهیه خواهد شد. در گام آخر نیز پس از برگزاری مناقصه و بررسی جمیع معیارها از جمله پیشنهادات فنی و مالی اجرای مطالعات، نسبت به انتخاب نهایی شرکت‌های مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط اقدام خواهد شد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فروکشند	در این پروژه فناوری گازیساز بستر ثابت فروکشند به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فراکشند	در این پروژه فناوری گازیساز بستر ثابت فراکشند به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت جریان متقاطع	در این پروژه فناوری گازیساز بستر ثابت جریان متقاطع به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال چرخشی	در این پروژه فناوری گازیساز بستر سیال چرخشی به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز	در این پروژه فناوری گازیساز بستر سیال جوشان به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	بستر سیال جوشان	می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز جریان همزمان	در این پروژه فناوری گازیساز جریان همزمان به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز هیدروترمال	در این پروژه فناوری گازیساز هیدروترمال متقاطع به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز پلاسما	در این پروژه فناوری گازیساز پلاسما متقاطع به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های گازیسازی قابل کاربرد برای زباله شهری و انتخاب فناوری (های) منتخب	هدف از این پروژه ارزیابی دقیق تحلیل‌های فنی، اقتصادی و زیست محیطی انجام شده در خصوص فناوری‌های گازیسازی قابل کاربرد برای زباله شهری و انتخاب فناوری(های) منطبق با شرایط اقتصادی، اجتماعی و اقلیمی کشور می‌باشد. در این پروژه بررسی مزیت‌های نسبی کشور در فناوری‌های مختلف با توجه به تجارب داخلی و خارجی ارزیابی شده و در نهایت یک یا چند فناوری جهت توسعه در داخل کشور انتخاب می‌شود.
	ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	در این پروژه با اعلان فراخوان، نسبت به شناسایی شرکت‌های فناور در حوزه گازیسازی اقدام خواهد شد. پس از تهیه لیست بلند از شرکت‌های فناور، نسبت به ارزیابی آنها اقدام خواهد شد. با توجه به اهمیت اجرای موفق و پایدار فناوری(های) گازیسازی به منظور تولید برق از زباله شهری که تأثیر مستقیم بر توسعه فناوری مناسب در ایران دارد، حضور یک شرکت فناور خارجی معتبر در کنار متقاضیان، یک امتیاز اساسی محسوب خواهد شد. با در نظر گرفتن سایر معیارهای ارزیابی که در موعد خود تعیین خواهد شد، فهرست کوتاه شرکت‌های فناور داخلی واجد شرایط تهیه خواهد شد. در گام آخر نیز پس از برگزاری مناقصه و بررسی جمیع معیارها از جمله پیشنهادات فنی و مالی اجرای مطالعات، نسبت به انتخاب نهایی حداقل دو شرکت فناور داخلی و خارجی واجد شرایط اقدام خواهد شد.
	اجرای واحدهای نمونه	با توجه به نوع سبک اکتساب فناوری گازیسازی زباله شهری که همکاری و توسعه داخلی می‌باشد لازم است به

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
اقدامات فنی گازیساز بزرگ مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی	گازیسازی زباله شهری	منظور کسب دانش فنی و تعمیق آن در کشور، واحدهای نمونه توسط شرکت‌های معتبر خارجی صاحب فناوری در کشور اجرا شود. علاوه بر این به منظور کسب دانش و مهارت‌های مورد نیاز برای فرایند تولید که تجربه کاری و یادگیری ضمن عمل (by doing learning) نقش مهمی در آن ایفا می‌کنند ضرورت دارد حداقل دو شرکت فناور داخلی که در انتهای افق زمانی سند به عنوان شرکت‌های نمانام معرفی خواهند شد در کنار این شرکت‌ها حضور داشته باشند. هدف این پروژه احداث حداقل ۲ واحد نمونه ۲۰۰ تا ۵۰۰ کیلوواتی گازیسازی زباله شهری در کشور با مشارکت شرکت‌های فناور بین‌المللی و داخلی می‌باشد. تعیین ظرفیت مناسب برای واحدهای نمونه و واحدهای صنعتی در این پروژه و با مشاوره شرکت فناور خارجی انجام می‌شود.
	داده‌برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده زباله شهری	هدف این پروژه داده‌برداری و بررسی عملکرد واحدهای نمونه نصب شده به منظور آشنایی کامل و محاسبه دقیق راندمان، میزان تولید، پیوستگی کارکرد و شناسایی مشکلات احتمالی در مراحل مختلف نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری می‌باشد. در این پروژه صحت سنجی کیفیت واحد گازیسازی از لحاظ پارامترهای فنی انجام خواهد شد.
	ساخت و بهره‌برداری نیروگاه گازیسازی زباله شهری	پس از اجرای موفق واحدهای نمونه گازیسازی زباله شهری، به منظور گذار از فاز پیش‌توسعه و ورود به فاز توسعه ضرورت دارد نسبت به ساخت و اجرای واحدهای نیروگاهی گازیسازی برای منبع زباله شهری با هدف تولید برق اقدام شود. با اجرای موفق واحدهای صنعتی، می‌توان شرکت‌های فناور داخلی نمانام در این عرصه را به کشور معرفی نمود. همچنین، برای صدور فناوری به سایر کشورهای منطقه تدبیر و برنامه‌ریزی نمود. هدف این پروژ ه احداث حداقل ۲ واحد نیروگاهی ۱ تا ۲ مگاواتی گازیسازی در کشور با بهره‌گیری حداکثری از تجهیزات بومی برای حمایت از توسعه تولید برق زیستی می‌باشد. علاوه بر این اقدام به توسعه بازار داخلی و ورود ایران به عرصه واحدهای نیروگاهی گازیسازی خواهد شد.
	بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحد نیروگاهی	هدف این پروژه افزایش راندمان، بهره تولید گاز سنتز بهبود عملکرد سیستم، کنترل مناسب آلاینده‌ها و بهینه‌سازی فرآیند تولید از لحاظ اقتصادی و فنی می‌باشد. بدین منظور با استفاده از امکانات و توانایی‌های موجود اقدام به انجام این پروژه خواهد شد. در این پروژه بالا رفتن شانس رقابت محصولات داخلی در بازارهای بین‌المللی مد نظر است.
	تهیه اطلس زائدات کشاورزی و جنگلی کشور	هدف از این پروژه تعیین پتانسیل زائدات کشاورزی و جنگلی کشور و پهنه‌بندی کشور به منظور برنامه‌ریزی مناسب برای توسعه فناوری گازیسازی از منبع زائدات کشاورزی و جنگلی می‌باشد. همچنین با استناد به نتایج این مطالعه می‌توان توان مناسب برای اجرای واحدهای نمونه و واحدهای صنعتی گازیسازی را تعیین نمود.

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	ارزیابی و انتخاب شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور خارجی (واجد شرایط)	در این پروژه با اعلان فراخوان، نسبت به شناسایی شرکت‌های مشاور در حوزه انرژی زیست‌توده اقدام خواهد شد. پس از تهیه لیست بلند از شرکت‌های مشاور، نسبت به ارزیابی آنها اقدام خواهد شد. با توجه به اهمیت مطالعات فناوری‌های گازیسازی زائدات کشاورزی و جنگلی که تأثیر مستقیم بر انتخاب و توسعه فناوری مناسب در ایران دارد، حضور یک شرکت مشاور خارجی معتبر در کنار متقاضیان، یک امتیاز اساسی محسوب خواهد شد. با در نظر گرفتن سایر معیارهای ارزیابی که در موعد خود تعیین خواهد شد، فهرست کوتاه شرکت‌های مشاور داخلی واجد شرایط تهیه خواهد شد. در گام آخر نیز پس از برگزاری مناقصه و بررسی جمیع معیارها از جمله پیشنهادات فنی و مالی اجرای مطالعات، نسبت به انتخاب نهایی شرکت‌های مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط اقدام خواهد شد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فروکشند	در این پروژه فناوری گازیساز بستر ثابت فروکشند به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فراکشند	در این پروژه فناوری گازیساز بستر ثابت فراکشند به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت جریان متقاطع	در این پروژه فناوری گازیساز بستر ثابت جریان متقاطع به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال چرخشی	در این پروژه فناوری گازیساز بستر سیال چرخشی به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال جوشان	در این پروژه فناوری گازیساز بستر سیال جوشان به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز جریان همزمان	در این پروژه فناوری گازیساز جریان همزمان به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
		و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز هیدروترمال	در این پروژه فناوری گازیساز هیدروترمال متقاطع به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز پلاسما	در این پروژه فناوری گازیساز پلاسما متقاطع به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های گازیسازی قابل کاربرد برای زائدات کشاورزی و انتخاب فناوری (های) منتخب	هدف از این پروژه ارزیابی دقیق تحلیل‌های فنی، اقتصادی و زیست محیطی انجام شده در خصوص فناوری‌های گازیسازی قابل کاربرد برای زائدات کشاورزی و جنگلی و انتخاب فناوری(های) منطبق با شرایط اقتصادی، اجتماعی و اقلیمی کشور می‌باشد. در این پروژه بررسی مزیت‌های نسبی کشور در فناوری‌های مختلف با توجه به تجارب داخلی و خارجی ارزیابی شده و در نهایت یک یا چند فناوری جهت توسعه در داخل کشور انتخاب می‌شود.
	ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	در این پروژه با اعلان فراخوان، نسبت به شناسایی شرکت‌های فناور در حوزه گازیسازی اقدام خواهد شد. پس از تهیه لیست بلند از شرکت‌های فناور، نسبت به ارزیابی آنها اقدام خواهد شد. با توجه به اهمیت اجرای موفق و پایدار فناوری(های) گازیسازی به منظور تولید برق از زائدات کشاورزی و جنگلی که تأثیر مستقیم بر توسعه فناوری مناسب در ایران دارد، حضور یک شرکت فناور خارجی معتبر در کنار متقاضیان، یک امتیاز اساسی محسوب خواهد شد. با در نظر گرفتن سایر معیارهای ارزیابی که در موعد خود تعیین خواهد شد، فهرست کوتاه شرکت‌های فناور داخلی واجد شرایط تهیه خواهد شد. در گام آخر نیز پس از برگزاری مناقصه و بررسی جمیع معیارها از جمله پیشنهادات فنی و مالی اجرای مطالعات، نسبت به انتخاب نهایی حداقل دو شرکت فناور داخلی و خارجی واجد شرایط اقدام خواهد شد.
	اجرای واحدهای نمونه گازیسازی زائدات کشاورزی	توجه به نوع سبک اکتساب فناوری گازیسازی زائدات کشاورزی و جنگلی که همکاری و توسعه داخلی می‌باشد لازم است به منظور کسب دانش فنی و تعمیق آن در کشور، واحدهای نمونه توسط شرکت‌های معتبر خارجی صاحب فناوری در کشور اجرا شود. علاوه بر این به منظور کسب دانش و مهارت‌های مورد نیاز برای فرایند تولید که تجربه کاری و یادگیری ضمن عمل (learning by doing) نقش مهمی در آن ایفا می‌کنند ضرورت

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
		دارد حداقل دو شرکت فناور داخلی که در انتهای افق زمانی سند به عنوان شرکت‌های نمانام معرفی خواهند شد در کنار این شرکت‌ها حضور داشته باشند.هدف این پروژه احداث حداقل ۲ واحد نمونه ۲۰۰ تا ۵۰۰ کیلوواتی گازیسازی زائدات کشاورزی و جنگلی در کشور با مشارکت شرکت‌های فناور بین‌المللی و داخلی می‌باشد. تعیین ظرفیت مناسب برای واحدهای نمونه و واحدهای صنعتی در این پروژه و با مشاوره شرکت فناور خارجی انجام می‌شود.
	داده‌برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده زائدات کشاورزی و جنگلی	هدف این پروژه داده‌برداری و بررسی عملکرد واحدهای نمونه نصب شده به منظور آشنایی کامل و محاسبه دقیق راندمان، میزان تولید، پیوستگی کارکرد و شناسایی مشکلات احتمالی در مراحل مختلف نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری می‌باشد. در این پروژه صحت سنجی کیفیت واحد گازیسازی از لحاظ پارامترهای فنی انجام خواهد شد.
	ساخت و بهره‌برداری واحد(های) نیمه صنعتی گازیسازی زائدات کشاورزی و جنگلی	پس از اجرای موفق واحدهای نمونه گازیسازی زائدات کشاورزی و جنگلی، به منظور گذار از فاز پیش‌توسعه و ورود به فاز توسعه ضرورت دارد نسبت به ساخت و اجرای واحدهای نیمه صنعتی گازیسازی برای منبع زائدات کشاورزی و جنگلی با هدف تولید برق اقدام شود. با اجرای موفق واحدهای صنعتی، می‌توان شرکت‌های فناور داخلی نمانام در این عرصه را به کشور معرفی نمود. همچنین، برای صدور فناوری به سایر کشورهای منطقه تدبیر و برنامه‌ریزی نمود. هدف این پروژ ه احداث حداقل ۲ واحد نیمه صنعتی ۱ تا ۲ مگاواتی گازیسازی در کشور با بهره‌گیری حداکثری از تجهیزات بومی برای حمایت از توسعه تولید برق زیستی می‌باشد. علاوه بر این اقدام به توسعه بازار داخلی و ورود ایران به عرصه واحدهای نیمه صنعتی گازیسازی خواهد شد.
	بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحدهای نیمه صنعتی	هدف این پروژه افزایش راندمان، بهره تولید گاز سنتز، بهبود عملکرد سیستم، کنترل مناسب آلاینده‌ها و بهینه‌سازی فرآیند تولید از لحاظ اقتصادی و فنی می‌باشد. بدین منظور با استفاده از امکانات و توانایی‌های موجود اقدام به انجام این پروژه خواهد شد. در این پروژه بالا رفتن شانس رقابت محصولات داخلی در بازارهای بین‌المللی مد نظر است.
اقدامات فنی گازیساز کوچک مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی	ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و خارجی (واجد شرایط)	در این پروژه با اعلان فراخوان، نسبت به شناسایی شرکت‌های فناور در حوزه گازیسازی اقدام خواهد شد. پس از تهیه لیست بلند از شرکت‌های فناور، نسبت به ارزیابی آنها اقدام خواهد شد. با توجه به اهمیت اجرای موفق و پایدار فناوری(های) گازیسازی به منظور تولید برق از زائدات کشاورزی و جنگلی که تأثیر مستقیم بر توسعه فناوری مناسب در ایران دارد، حضور یک شرکت فناور خارجی معتبر در کنار متقاضیان، یک امتیاز اساسی

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
		محسوب خواهد شد. با در نظر گرفتن سایر معیارهای ارزیابی که در موعد خود تعیین خواهد شد، فهرست کوتاه شرکت‌های فناور داخلی واجد شرایط تهیه خواهد شد. در گام آخر نیز پس از برگزاری مناقصه و بررسی جمیع معیارها از جمله پیشنهادات فنی و مالی اجرای مطالعات، نسبت به انتخاب نهایی حداقل دو شرکت فناور داخلی و خارجی واجد شرایط اقدام خواهد شد.
	خرید، نصب و راه‌اندازی سامانه گازیساز مقیاس کوچک با فناوری روز دنیا	توجه به نوع سبک اکتساب فناوری گازیسازی کوچک مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی که خرید می‌باشد لازم است حداقل ۱ نمونه سامانه گازیسازی کوچک مقیاس متناسب با فناوری روز دنیا از شرکت‌های معتبر خارجی صاحب فناوری خریداری و توسط آنها در کشور اجرا شود. علاوه بر این به منظور کسب دانش و مهارت‌های مورد نیاز برای فرایند تولید که تجربه کاری و یادگیری ضمن عمل (learningby doing) نقش مهمی در آن ایفا می‌کنند ضرورت دارد حداقل دو شرکت فناور داخلی که در انتهای افق زمانی سند به عنوان شرکت‌های نمانام معرفی خواهند شد در کنار این شرکت‌ها حضور داشته باشند.هدف این پروژه نصب و راه‌اندازی حداقل ۱ سامانه گازیسازی کوچک مقیاس ۲۰ تا ۵۰ کیلوواتی در کشور با مشارکت شرکت‌های فناور بین‌المللی و داخلی می‌باشد.
	داده‌برداری و پایش عملکرد پایلوت نصب شده	هدف این پروژه داده‌برداری و بررسی عملکرد پایلوت نصب شده به منظور آشنایی کامل و محاسبه دقیق راندمان، میزان تولید، پیوستگی کارکرد و شناسایی مشکلات احتمالی در مراحل مختلف نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری می‌باشد. در این پروژه صحت سنجی کیفیت واحد گازیسازی از لحاظ پارامترهای فنی انجام خواهد شد.
	ساخت و بهره‌برداری واحدهای گازیساز مقیاس کوچک	پس از اجرای موفق واحد پایلوت گازیسازی زائدات کشاورزی و جنگلی، به منظور گذار از فاز پیش‌توسعه و ورود به فاز توسعه ضرورت دارد نسبت به ساخت و اجرای واحدهای صنعتی گازیسازی کوچک مقیاس برای منبع زائدات کشاورزی و جنگلی با هدف تولید برق اقدام شود. با اجرای موفق واحدهای صنعتی، می‌توان شرکت‌های فناور داخلی نمانام در این عرصه را به کشور معرفی نمود. همچنین، برای صدور فناوری به سایر کشورهای منطقه تدبیر و برنامه‌ریزی نمود. هدف این پروژ ه احداث حداقل ۲۰ واحد صنعتی ۲۰ تا ۵۰ کیلوواتی گازیسازی در کشور با بهره‌گیری حداکثری از تجهیزات بومی برای حمایت از توسعه تولید برق زیستی می‌باشد. علاوه بر این اقدام به توسعه بازار داخلی و ورود ایران به عرصه واحدهای صنعتی گازیسازی خواهد شد.

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
اقدامات فنی گازیساز لجن فاضلاب	ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و خارجی (واجد شرایط)	این پروژه با اعلان فراخوان، نسبت به شناسایی شرکت‌های فناور در حوزه گازیسازی اقدام خواهد شد. پس از تهیه لیست بلند از شرکت‌های فناور، نسبت به ارزیابی آنها اقدام خواهد شد. با توجه به اهمیت اجرای موفق و پایدار فناوری(های) گازیسازی به منظور تولید برق از زائدات کشاورزی و جنگلی که تأثیر مستقیم بر توسعه فناوری مناسب در ایران دارد، حضور یک شرکت فناور خارجی معتبر در کنار متقاضیان، یک امتیاز اساسی محسوب خواهد شد. با در نظر گرفتن سایر معیارهای ارزیابی که در موعد خود تعیین خواهد شد، فهرست کوتاه شرکت‌های فناور داخلی واجد شرایط تهیه خواهد شد. در گام آخر نیز پس از برگزاری مناقصه و بررسی جمیع معیارها از جمله پیشنهادات فنی و مالی اجرای مطالعات، نسبت به انتخاب نهایی حداقل دو شرکت فناور داخلی و خارجی واجد شرایط اقدام خواهد شد.
	خرید، نصب و راه‌اندازی سامانه گازیساز مقیاس کوچک با فناوری روز دنیا	توجه به نوع سبک اکتساب فناوری گازیسازی کوچک مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی که خرید می‌باشد لازم است حداقل ۱ نمونه سامانه گازیسازی کوچک مقیاس متناسب با فناوری روز دنیا از شرکت‌های معتبر خارجی صاحب فناوری خریداری و توسط آنها در کشور اجرا شود. علاوه بر این به منظور کسب دانش و مهارت‌های مورد نیاز برای فرایند تولید که تجربه کاری و یادگیری ضمن عمل (learningby doing) نقش مهمی در آن ایفا می‌کنند ضرورت دارد حداقل دو شرکت فناور داخلی که در انتهای افق زمانی سند به عنوان شرکت‌های نمانام معرفی خواهند شد در کنار این شرکت‌ها حضور داشته باشند. هدف این پروژه نصب و راه‌اندازی حداقل ۱ سامانه گازیسازی کوچک مقیاس ۲۰ تا ۵۰ کیلوواتی در کشور با مشارکت شرکت‌های فناور بین‌المللی و داخلی می‌باشد.
	داده‌برداری و پایش عملکرد پایلوت نصب شده	هدف این پروژه داده‌برداری و بررسی عملکرد پایلوت نصب شده به منظور آشنایی کامل و محاسبه دقیق راندمان، میزان تولید، پیوستگی کارکرد و شناسایی مشکلات احتمالی در مراحل مختلف نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری می‌باشد. در این پروژه صحت سنجی کیفیت واحد گازیسازی از لحاظ پارامترهای فنی انجام خواهد شد.
	تهیه اطلس لجن فاضلاب شهری کشور	هدف از این پروژه تعیین پتانسیل لجن فاضلاب شهری کشور برای شهرهای با جمعیت بالای ۲۱۰ هزار نفر و پهنه‌بندی کشور به منظور برنامه‌ریزی مناسب برای توسعه فناوری گازیسازی از منبع لجن فاضلاب شهری می‌باشد. همچنین با استناد به نتایج این مطالعه می‌توان توان مناسب برای اجرای واحدهای نمونه و واحدهای صنعتی گازیسازی را تعیین نمود.
	ارزیابی و انتخاب	در این پروژه با اعلان فراخوان، نسبت به شناسایی شرکت‌های مشاور در حوزه انرژی زیست‌توده اقدام خواهد

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور خارجی (واجد شرایط)	شد. پس از تهیه لیست بلند از شرکت‌های مشاور، نسبت به ارزیابی آنها اقدام خواهد شد. با توجه به اهمیت مطالعات فناوری‌های گازیسازی لجن فاضلاب شهری که تأثیر مستقیم بر انتخاب و توسعه فناوری مناسب در ایران دارد، حضور یک شرکت مشاور خارجی معتبر در کنار متقاضیان، یک امتیاز اساسی محسوب خواهد شد. با در نظر گرفتن سایر معیارهای ارزیابی که در موعد خود تعیین خواهد شد، فهرست کوتاه شرکت‌های مشاور داخلی واجد شرایط تهیه خواهد شد. در گام آخر نیز پس از برگزاری مناقصه و بررسی جمیع معیارها از جمله پیشنهادات فنی و مالی اجرای مطالعات، نسبت به انتخاب نهایی شرکت‌های مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط اقدام خواهد شد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فروکشند	در این پروژه فناوری گازیساز بستر ثابت فروکشند به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فراکشند	این پروژه فناوری گازیساز بستر ثابت فراکشند به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت جریان متقاطع	این پروژه فناوری گازیساز بستر ثابت جریان متقاطع به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال چرخشی	این پروژه فناوری گازیساز بستر سیال چرخشی به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال جوشان	این پروژه فناوری گازیساز بستر سیال جوشان به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز جریان همزمان	در این پروژه فناوری گازیساز جریان همزمان به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	مطالعه تفصیلی گازیساز هیدروترمال	در این پروژه فناوری گازیساز هیدروترمال متقاطع به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی گازیساز پلاسما	در این پروژه فناوری گازیساز پلاسما متقاطع به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین شرایط ایران به لحاظ اقلیمی، میزان منبع در دسترس، منابع انسانی، زیرساخت‌ها، سیاست‌ها و سایر معیارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های گازیسازی قابل کاربرد برای لجن فاضلاب شهری و انتخاب فناوری (های) منتخب	هدف از این پروژه ارزیابی دقیق تحلیل‌های فنی، اقتصادی و زیست محیطی انجام شده در خصوص فناوری‌های گازیسازی قابل کاربرد برای لجن فاضلاب شهری و انتخاب فناوری(های) منطبق با شرایط اقتصادی، اجتماعی و اقلیمی کشور می‌باشد. در این پروژه بررسی مزیت‌های نسبی کشور در فناوری‌های مختلف با توجه به تجارب داخلی و خارجی ارزیابی شده و در نهایت یک یا چند فناوری جهت توسعه در داخل کشور انتخاب می‌شود.
	ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	این پروژه با اعلان فراخوان، نسبت به شناسایی شرکت‌های مشاور در حوزه انرژی زیست‌توده اقدام خواهد شد. پس از تهیه لیست بلند از شرکت‌های مشاور، نسبت به ارزیابی آنها اقدام خواهد شد. با توجه به اهمیت مطالعات فناوری‌های گازیسازی لجن فاضلاب شهری که تأثیر مستقیم بر انتخاب و توسعه فناوری مناسب در ایران دارد، حضور یک شرکت مشاور خارجی معتبر در کنار متقاضیان، یک امتیاز اساسی محسوب خواهد شد. با در نظر گرفتن سایر معیارهای ارزیابی که در موعد خود تعیین خواهد شد، فهرست کوتاه شرکت‌های مشاور داخلی واجد شرایط تهیه خواهد شد. در گام آخر نیز پس از برگزاری مناقصه و بررسی جمیع معیارها از جمله پیشنهادات فنی و مالی اجرای مطالعات، نسبت به انتخاب نهایی شرکت‌های مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط اقدام خواهد شد.
	اجرای واحدهای نمونه گازیسازی لجن فاضلاب شهری	توجه به نوع سبک اکتساب فناوری گازیسازی لجن فاضلاب شهری که همکاری و توسعه داخلی می‌باشد لازم است به منظور کسب دانش فنی و تعمیق آن در کشور، واحدهای نمونه توسط شرکت‌های معتبر خارجی صاحب فناوری در کشور اجرا شود. علاوه بر این به منظور کسب دانش و مهارت‌های مورد نیاز برای فرایند تولید که تجربه کاری و یادگیری ضمن عمل (learning by doing) نقش مهمی در آن ایفا می‌کنند ضرورت دارد حداقل دو شرکت فناور داخلی که در انتهای افق زمانی سند به عنوان شرکت‌های نمانام معرفی خواهند شد در

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
اقدامات فنی زباله سوزی توده سوز		کنار این شرکت‌ها حضور داشته باشند. هدف این پروژه احداث حداقل ۲ واحد نمونه ۲۰۰ تا ۵۰۰ کیلوواتی گازیسازی لجن فاضلاب شهری در کشور با مشارکت شرکت‌های فناور بین‌المللی و داخلی می‌باشد. تعیین ظرفیت مناسب برای واحدهای نمونه و واحدهای صنعتی در این پروژه و با مشاوره شرکت فناور خارجی انجام می‌شود.
	داده‌برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده لجن فاضلاب شهری	هدف این پروژه داده‌برداری و بررسی عملکرد واحدهای نمونه نصب شده به منظور آشنایی کامل و محاسبه دقیق راندمان، میزان تولید، پیوستگی کارکرد و شناسایی مشکلات احتمالی در مراحل مختلف نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری می‌باشد. در این پروژه صحت سنجی کیفیت واحد گازیسازی از لحاظ پارامترهای فنی انجام خواهد شد.
	ساخت و بهره‌برداری واحد(های) نیمه صنعتی گازیسازی لجن فاضلاب شهری	پس از اجرای موفق واحدهای نمونه گازیسازی لجن فاضلاب شهری، به منظور گذار از فاز پیش‌توسعه و ورود به فاز توسعه ضرورت دارد نسبت به ساخت و اجرای واحدهای نیمه صنعتی گازیسازی برای منبع لجن فاضلاب شهری با هدف تولید برق اقدام شود. با اجرای موفق واحدهای صنعتی، می‌توان شرکت‌های فناور داخلی نمانام در این عرصه را به کشور معرفی نمود. همچنین، برای صدور فناوری به سایر کشورهای منطقه تدبیر و برنامه‌ریزی نمود. هدف این پروژ ه احداث حداقل ۲ واحد نیمه صنعتی ۱ تا ۲ مگاواتی گازیسازی در کشور با بهره‌گیری حداکثری از تجهیزات بومی برای حمایت از توسعه تولید برق زیستی می‌باشد. علاوه بر این اقدام به توسعه بازار داخلی و ورود ایران به عرصه واحدهای نیمه صنعتی گازیسازی خواهد شد.
	بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحدهای نیمه صنعتی	هدف این پروژه افزایش راندمان، بهره تولید گاز سنتز، بهبود عملکرد سیستم، کنترل مناسب آلاینده‌ها و بهینه‌سازی فرآیند تولید از لحاظ اقتصادی و فنی می‌باشد. بدین منظور با استفاده از امکانات و توانایی‌های موجود اقدام به انجام این پروژه خواهد شد. در این پروژه بالا رفتن شانس رقابت محصولات داخلی در بازارهای بین‌المللی مد نظر است.
	ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و خارجی (واجد شرایط)	این پروژه با اعلان فراخوان، نسبت به شناسایی شرکت‌های فناور در حوزه گازیسازی اقدام خواهد شد. پس از تهیه لیست بلند از شرکت‌های فناور، نسبت به ارزیابی آنها اقدام خواهد شد. با توجه به اهمیت اجرای موفق و پایدار فناوری(های) زباله‌سوزی به منظور تولید برق از زباله شهری که تأثیر مستقیم بر توسعه فناوری مناسب در ایران دارد، حضور یک شرکت فناور خارجی معتبر در کنار متقاضیان، یک امتیاز اساسی محسوب خواهد شد. با در نظر گرفتن سایر معیارهای ارزیابی که در موعد خود تعیین خواهد شد، فهرست کوتاه شرکت‌های فناور داخلی واجد شرایط تهیه خواهد شد. در گام آخر نیز پس از برگزاری مناقصه و بررسی جمیع معیارها از جمله

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
		پیشنهادات فنی و مالی اجرای مطالعات، نسبت به انتخاب نهایی حداقل دو شرکت فناور داخلی و خارجی واجد شرایط اقدام خواهد شد.
	تعیین مکانیزم انتقال فناوری	منظور از مکانیزم انتقال فناوری، مجموعه‌ای از فعالیت‌های از پیش‌تعریف شدای است که طی آن فناوری مورد نیاز در اختیار متقاضی قرار می‌گیرد. روش‌های انتقال فناوری بسته به نوع فناوری و شرایط گیرنده و دهنده آن متفاوت و در برخی موارد بسیار متنوع است. لذا در این پروژه مکانیزم انتقال فناوری به منظور دستیابی به دانش فنی ساخت واحدهای زباله‌سوزی و ایجاد توانایی راهبری سیستم تعیین می‌شود.
	اجرای نیروگاه زباله‌سوز	توجه به نوع سبک اکتساب فناوری زباله‌سوزی که همکاری می‌باشد لازم است به منظور کسب دانش فنی و تعمیق آن در کشور، نیروگاه نمونه زباله‌سوزی توسط شرکت‌های معتبر خارجی صاحب فناوری در کشور اجرا شود. علاوه بر این به منظور کسب دانش و مهارت‌های مورد نیاز برای فرایند تولید که تجربه کاری و یادگیری ضمن عمل (learning by doing) نقش مهمی در آن ایفا می‌کنند ضرورت دارد حداقل دو شرکت فناور داخلی که در انتهای افق زمانی سند به عنوان شرکت‌های نمانام معرفی خواهند شد در کنار این شرکت‌ها حضور داشته باشند. هدف این پروژه احداث ۱ نیروگاه نمونه ۱ تا ۳ مگاواتی زباله‌سوزی در کشور با مشارکت شرکت‌های فناور بین‌المللی و داخلی می‌باشد. تعیین ظرفیت مناسب برای احداث نیروگاه‌های بعدی در کشور در این پروژه و با مشاوره شرکت فناور خارجی انجام می‌شود.
	ارزیابی عملکرد نیروگاه	هدف این پروژه داده‌برداری و بررسی عملکرد واحد نیروگاهی نصب شده به منظور آشنایی کامل و محاسبه دقیق راندمان، میزان تولید، پیوستگی کارکرد و شناسایی مشکلات احتمالی در مراحل مختلف نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری می‌باشد. در این پروژه صحت سنجی کیفیت واحد زباله‌سوزی از لحاظ پارامترهای فنی انجام خواهد شد.
	احداث چندین نیروگاه زباله‌سوز	پس از اجرای موفق واحدهای نمونه نیروگاه زباله‌سوزی، به منظور گذار از فاز پیش‌توسعه و ورود به فاز توسعه ضرورت دارد نسبت به ساخت و اجرای چندین نیروگاه زباله‌سوزی، برای منبع زباله شهری با هدف تولید برق اقدام شود. با اجرای موفق واحدهای نیروگاهی می‌توان شرکت‌های فناور داخلی نمانام در این عرصه را به کشور معرفی نمود. همچنین، برای صدور فناوری به سایر کشورهای منطقه تدبیر و برنامه‌ریزی نمود. هدف این پروژ ه احداث حداقل ۲ واحد نیروگاهی ۳ تا ۵ مگاواتی زباله‌سوزی، در کشور با بهره‌گیری حداکثری از تجهیزات بومی برای حمایت از توسعه تولید برق زیستی می‌باشد. علاوه بر این اقدام به توسعه بازار داخلی و ورود ایران به عرصه واحدهای نیروگاهی زباله‌سوزی، خواهد شد.

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
فعالیت‌های تحقیقاتی و تحقیق و توسعه‌ای فناوری هاضم	پژوهش در زمینه راهکارهای کشت توده‌های میکروبی پربازده و افزایش بازده فرایند تولید بیوگاز	در فرایند هضم بیهوازی، مواد آلی در محیطی عاری از اکسیژن به وسیله موجودات بسیار ریزی به نام میکروارگانیسم تجزیه شده و گاز متان و دی‌اکسید کربن تولید می‌شود. میکروارگانیسم‌ها عمدتاً شامل باکتری‌های اسیدساز و باکتری‌های متان‌ساز می‌شود.۱- مطالعه باکتری‌های بیهوازی پیچیده بوده که احتیاج به زمان طولانی دارد. هم چنین این مطالعات نیاز به نیروی انسانی متخصص و فراوان دارد (به دلیل این که باید ارگانیسم‌های متعدد جداشده و مطالعه بر روی اکولوژی نمونه‌های خاص صورت پذیرد). ۲- هر محیط طبیعی تخمیر از لحاظ باکتری‌های متان‌ساز با محیط‌های دیگر متفاوت بوده و وابسته به عوامل متفاوتی مانند مواد آلی، زمان ماند، دما، pH و مواد لخته‌ای موجود در محیط است. ۳- مطالعات معمولاً در محیط‌های کشت خالص صورت می‌گیرد که مشخصاً با محیط‌های کشت مخلوط تفاوت خواهند داشت.با توجه به دلایل فوق و دلایل دیگر موضوع پژوهش در زمینه شناخت و کشت باکتری‌های مورد نیاز فرایند هضم بیهوازی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. با پرورش گونه‌های مناسب می‌توان انتظار داشت بازده تولید بیوگاز از فرایند هضم بیهوازی افزایش یابد. در این پروژه بررسی و پژوهش در زمینه‌های ذکرشده مد نظر می‌باشد.
	توسعه آزمایشگاه مرتبط با واحد هضم بیهوازی	هدف از این پروژه توسعه تجهیز آزمایشگاه‌های کشور و سامان‌دهی شبکه آزمایشگاهی منسجم جهت تسهیل در امر پژوهش و بهره‌برداری مناسب از امکانات آزمایشگاهی کشور می‌باشد. انجام این پروژه به منظور تست و پایش مداوم واحدهای هضم بیهوازی الزامی می‌باشد. در این آزمایشگاه صحت سنجی کیفیت واحد هضم بیهوازی از لحاظ پارامترهای فنی انجام خواهد شد. توسعه و تجهیز آزمایشگاه به توسعه و ترویج فناوری در کشور کمک شایانی خواهد نمود.
	تحقیق و نوآوری در زمینه رفع مشکلات کیفی، بهداشتی و زیست‌محیطی کاربرد خروجی فرایند هضم بیهوازی (فرآورده‌های پایین‌دستی) در بخش کشاورزی و	د از این که فرایند هضم در رآکتور صورت گرفت، فراورده جامد به دست آمده که «ماده هضم‌شده» خوانده می‌شود برای تصفیه بیشتر و تولید کمپوست، نیاز به عملیات دیگری دارد. معمولاً این عملیات اضافی به صورت هوازی می‌باشند. در پاره ای اوقات، جداکردن تکه‌های شیشه یا پلاستیک- که در مراحل نخستین جداسازی، کاملاً حذف نگردیده‌اند- لازم می گردد. همچنین بسته به نوع استفاده از فراورده نهایی، ممکن است غربال کردن صورت پذیرد. نکته دیگر قابل ذکر این است که هر چه زمان ماند بیشتر باشد یا فرایند در دمای گرمادوست انجام پذیرد، فراورده نهایی یا پسماند، بیشتر تثبیت یافته و نیاز به عملیات اضافی، کاهش می‌یابد. با توجه به توضیحات فوق، رفع مشکلات کیفی، بهداشتی و زیست‌محیطی ماده هضم‌شده به عنوان یک

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	آبزی‌پروری	محصول پایین دستی نیاز به انجام مطالعاتی دارد که هدف پروژه تعریف شده می‌باشد.
	پژوهش در زمینه هضم همزمان منابع زیست‌توده و افزایش بازده فرایند تولید بیوگاز	یکی از روش‌های افزایش بازده تولید بیوگاز در فرایند هضم بیهوازی، هضم همزمان (co-digestion) منابع مختلف زیست‌توده در راکتور هاضم می‌باشد. با توجه به این که ترکیب مواد ورودی و تأثیر آن بر فرایند هضم به صورت موردی است و نسخه واحدی برای اختلاط مواد وجود ندارد، لازم است مطالعاتی برای تعیین ترکیب مناسب خوراک در روش هضم همزمان متناسب با شرایط کشور انجام شود. این مطالعات در قالب پروژه تعریف شده به انجام خواهد رسید.
	انجام مطالعات ارزیابی چرخه عمر، تراز انرژی و انتشار کربن در فرایند هضم بیهوازی	یکی از مواردی که به تازگی در مورد فناوری‌های مختلف اهمیت فراوانی یافته است بحث میزان انتشار آلاینده (کربن) در مراحل مختلف زنجیره فرایندی آن فناوری می‌باشد. این که در هر مرحله از فرایند تبدیل ماده ورودی به محصول نهایی چه میزان آلاینده تولید می‌شود و این فناوری تا چه میزان از انتشار آلاینده‌ها جلوگیری می‌نماید بحث بسیار مهمی است که در این پروژه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.
	پژوهش در زمینه اجرای نظام عادلانه تخصیص برق و انرژی به صنعت دامپروری و صنایع وابسته	هدف از اجرای این پروژه، بررسی راهکارهای ممکن جهت جلب توجه بخش خصوصی به ویژه دامداران برای ورود به صنعت تبدیل فضولات دامی به انرژی می‌باشد. بدین منظور باید از طریق نشست‌های مشترک با نمایندگان بخش خصوصی، ضمن آشنایی با دغدغه‌های ایشان، راهکارهای حل مشکلات و ایجاد انگیزه در آنان را مورد بررسی و ارزیابی قرار داد.
	توسعه و بهینه‌سازی روش‌های پیش‌تیمار منابع زیست‌توده با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید	یکی از عوامل مهم در بهبود عملکرد واحد هضم بیهوازی و افزایش راندمان تولید بیوگاز، تشخیص روش پیش‌تیمار مناسب متناسب با نوع خوراک ورودی به هاضم می‌باشد. به عبارت دیگر، نوع خوراک ورودی و ترکیب عناصر تشکیل‌دهنده آن عامل مهمی در انتخاب نوع پیش‌تیمار آن ماده پیش از ورود به راکتور هاضم می‌باشد. پیش‌تیمارها می‌تواند شامل پیش‌تیمارهای حرارتی، فیزیکی، شیمیایی و ... باشد. بنابراین در این پروژه انواع روش‌های پیش‌تیمار خوراک ورودی و روش‌های بهبود آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد.
	توسعه و بهینه‌سازی	منظور انجام انواع پیش‌تیمار نیاز به تجهیزات مکانیکی می‌باشد که ضرورت دارد در بحث توسعه فناوری هاضم

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	سامانه‌های مکانیکی کاربردی در آماده‌سازی و پیش‌تیمار پسماندهای جامد با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید	بیهوازی و بومی‌سازی آن، این تجهیزات مورد توجه ویژه قرار گیرند. در این پروژه ضمن بررسی این تجهیزات، وضعیت توسعه و بومی‌سازی آنها در کشور مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین، پیشنهادات لازم جهت بومی‌سازی این تجهیزات در افق زمانی سند ارائه می‌شود.
	تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پربازده گرمایش و نگهداشت دمای بهینه فرایند در هاضم بیهوازی	در این پروژه، هدف دستیابی به دانش فنی طراحی تجهیزات پربازده گرمایشی (مانند مبدل‌های حرارتی) و نگهداشت دمای بهینه فرایند (مانند عایق‌های حرارتی) در هاضم بیهوازی به منظور ایجاد توانایی بهره‌گیری از این تجهیزات و افزایش راندمان سیستم مورد نظر است.
	ساخت تجهیزات پربازده گرمایش و نگهداشت دمای بهینه فرایند در هاضم بیهوازی	هدف این پروژه ساخت تجهیزات پربازده گرمایشی و نگهداشت گرما با هدف بومی‌سازی این تجهیزات در داخل کشور می‌باشد.
	بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پربازده گرمایش و نگهداشت دمای بهینه فرایند در هاضم بیهوازی	در این پروژه پس از ساخت تجهیزات گرمایشی و نگهداشت گرما، نحوه عملکرد آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور سیستم ثبت داده و حسگرهای مورد نیاز جهت اندازه‌گیری پارامترهای عملکردی این تجهیزات تهیه می‌شوند. در نهایت، نتایج بر اساس پارامترهای طراحی ارزیابی و اقدامات اصلاحی به منظور رفع نواقص و عیوب احتمالی پیشنهاد می‌شوند.
	تدوین دانش فنی طراحی	در این پروژه، هدف دستیابی به دانش فنی طراحی تجهیزات پایش فرایند هضم بیهوازی از جمله آنالایزرهای

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	تجهیزات پایش فرایند (آنالایزرهای گاز، سنجش دبی، سنجش سریع کیفیت مواد، تصفیه گاز و ...)	گاز، دستگاه سنجش دبی بیوگاز، دستگاه سنجش کیفیت مواد آلی داخل راکتور، تجهیزات پالایش بیوگاز و سایر تجهیزات مرتبط به منظور ایجاد توانایی بهره‌گیری از این تجهیزات و افزایش راندمان سیستم مورد نظر است.
	ساخت تجهیزات پایش فرایند (آنالایزرهای گاز، سنجش دبی، سنجش سریع کیفیت مواد، تصفیه گاز و ...)	هدف این پروژه ساخت تجهیزات پایش فرایند هضم بیهوازی با هدف بومی‌سازی این تجهیزات در داخل کشور می‌باشد.
	بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پایش فرایند (آنالایزرهای گاز، سنجش دبی، سنجش سریع کیفیت مواد، تصفیه گاز و ...)	در این پروژه پس از ساخت تجهیزات پایش فرایند، نحوه عملکرد آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور سیستم ثبت داده و حسگرهای مورد نیاز جهت اندازه‌گیری پارامترهای عملکردی این تجهیزات تهیه می‌شوند. در نهایت، نتایج بر اساس پارامترهای طراحی ارزیابی و اقدامات اصلاحی به منظور رفع نواقص و عیوب احتمالی پیشنهاد می‌شوند.
	تدوین دانش فنی طراحی انواع پوشش‌های ضدخوردگی و تجهیزات وابسته و به روز رسانی سند (دو ساله چهارم)	در این پروژه، هدف دستیابی به دانش فنی طراحی انواع پوشش‌های ضدخوردگی می‌باشد. با توجه به محیط خورنده داخل راکتور هاضم بیهوازی و همچنین خورندگی بیوگاز که موجب خوردگی مخزن ذخیرسازی بیوگاز می‌شود کسب دانش فنی طراحی و ساخت این تجهیزات حائز اهمیت می‌باشد.
	ساخت انواع پوشش‌های ضدخوردگی و	هدف این پروژه ساخت انواع پوشش ضدخوردگی با هدف بومی‌سازی این پوشش‌ها در داخل کشور می‌باشد.

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	تجهیزات وابسته	
	بهره‌برداری و پایش عملکرد انواع پوشش‌های ضدخوردگی و تجهیزات وابسته	در این پروژه پس از ساخت انواع پوشش ضدخوردگی، نحوه عملکرد آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور سیستم ثبت داده و حسگرهای مورد نیاز جهت اندازه‌گیری پارامترهای عملکردی این تجهیزات تهیه می‌شوند. در نهایت، نتایج بر اساس پارامترهای طراحی ارزیابی و اقدامات اصلاحی به منظور رفع نواقص و عیوب احتمالی پیشنهاد می‌شوند.
	تدوین دانش فنی طراحی موتور بیوگازسوز	موتور بیوگازسوز به عنوان یکی از تجهیزات حیاتی در تولید برق با کمک فناوری هاضم بیهوازی می‌باشد. این تجهیز بخش اعظمی از هزینه‌های ساخت یک نیروگاه هاضم بیهوازی را نیز تشکیل می‌دهد. بنابراین در صورت پتانسیل بالای تولید برق به کمک فناوری هاضم بیهوازی از منابع زیست‌توده در کشور، با توجه به این که شرکت‌های معدودی سازنده این موتورها در دنیا هستند ضرورت دارد در راستای بومی‌سازی این تجهیز مهم اقدامات لازم بعمل آید. همچنین، ضرورت دارد روش دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتور بیوگازسوز به دقت تعیین شود.
	شبیه‌سازی فرایندی و عددی موتور بیوگازسوز	منظور بومی‌سازی ساخت موتور بیوگازسوز، یکی از مراحل بسیار مهم شبیه‌سازی عددی موتور می‌باشد. این شبیه‌سازی باید ابتدا در محیط‌های نرم‌افزاری انجام شده و تا رسیدن به اطمینان کافی از نهایی شدن طرح ادامه یابد. پس از نهایی شدن طرح و در نظر گرفتن ملاحظات ساخت، باید نسبت به نمونه‌سازی در مراحل بعد اقدام شود. در این پروژه تحقق اهداف ذکرشده مد نظر می‌باشد.
	ساخت نمونه موتور بیوگازسوز	در این پروژه، ساخت نمونه اولیه از موتور بیوگازسوز انجام می‌شود. شناسایی سازندگان متبحر و تعاملات نهایی با مشاورین داخلی و خارجی قبل از ساخت موتور بسیار حائز اهمیت می‌باشد.
	بهره‌برداری و پایش عملکرد موتور بیوگازسوز	در این پروژه، موتور ساخته شده مورد بهره‌برداری آزمایشی قرار می‌گیرد. همچنین نحوه کارکرد موتور به دقت پایش شده و اطلاعات عملکردی موتور ثبت می‌شود. در نهایت فهرست موارد نیزمند اصلاح تهیه و اقدامات لازم جهت رفع آنها پیشنهاد می‌شود.
	بهینه سازی طراحی و ساخت موتور بیوگازسوز	در این پروژه بر اساس نتایج به دست آمده از تست و پایش عملکرد نمونه اولیه موتور، نسبت به رفع عیوب فهرست شده اقدام و بهینه‌سازی موتور اقدام می‌شود.
	تدوین دانش فنی طراحی	کمپرسور و دمنده بیوگاز یکی دیگر از تجهیزات مهم در تولید برق با کمک فناوری هاضم بیهوازی می‌باشد.

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	کمپرسور و دمنده بیوگاز	بنابراین در صورت پتانسیل بالای تولید برق به کمک فناوری هاضم بیهوازی از منابع زیست‌توده در کشور، ضرورت دارد در راستای بومی‌سازی این تجهیز مهم اقدامات لازم بعمل آید. همچنین، ضرورت دارد روش دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت این تجهیزات به دقت تعیین شود.
	شبیه‌سازی فرایندی و عددی کمپرسور و دمنده بیوگاز	منظور بومی‌سازی ساخت کمپرسور و دمنده بیوگاز، یکی از مراحل بسیار مهم شبیه‌سازی عددی این تجهیزات می‌باشد. این شبیه‌سازی باید ابتدا در محیط‌های نرم‌افزاری انجام شده و تا رسیدن به اطمینان کافی از نهایی شدن طرح ادامه یابد. پس از نهایی شدن طرح و در نظر گرفتن ملاحظات ساخت، باید نسبت به نمونه‌سازی در مراحل بعد اقدام شود. در این پروژه تحقق اهداف ذکرشده مد نظر می‌باشد.
	ساخت نمونه کمپرسور و دمنده بیوگاز	در این پروژه، ساخت نمونه اولیه از کمپرسور و دمنده بیوگاز انجام می‌شود. شناسایی سازندگان متبحر و تعاملات نهایی با مشاورین داخلی و خارجی قبل از ساخت این تجهیزات بسیار حائز اهمیت می‌باشد.
	بهره‌برداری و پایش عملکرد کمپرسور و دمنده بیوگاز	در این پروژه، کمپرسور و دمنده بیوگاز ساخته شده مورد بهره‌برداری آزمایشی قرار می‌گیرد. همچنین نحوه کارکرد این تجهیزات به دقت پایش شده و اطلاعات عملکردی آنها ثبت می‌شود. در نهایت فهرست موارد نیزمند اصلاح تهیه و اقدامات لازم جهت رفع آنها پیشنهاد می‌شود.
	بهینه سازی طراحی و ساخت کمپرسور و دمنده بیوگاز	در این پروژه بر اساس نتایج به دست آمده از تست و پایش عملکرد نمونه اولیه کمپرسور و دمنده بیوگاز، نسبت به رفع عیوب فهرست شده اقدام و بهینه‌سازی آنها اقدام می‌شود.
	اجرای واحد نمونه هضم همزمان (co-digestion) متناسب با شرایط بومی و اقلیمی کشور	منظور عملی ساختن نتایج به دست آمده از مطالعات انجام شده در زمینه هضم همزمان منابع زیست‌توده و افزایش بازده فرایند تولید بیوگاز، ضرورت دارد یک واحد نمونه هضم همزمان به منظور ارزیابی نتایج این تحقیق ساخته شود. در ساخت این واحد باید شرایط بومی ایران مد نظر قرار داشته باشد.
	داده‌برداری و پایش عملکرد واحد نمونه هضم همزمان	هدف این پروژه داده‌برداری و بررسی عملکرد واحد نمونه نصب شده به منظور آشنایی کامل و محاسبه دقیق راندمان، میزان تولید، پیوستگی کارکرد و شناسایی مشکلات احتمالی در مراحل مختلف نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری می‌باشد. در این پروژه صحت سنجی کیفیت واحد هضم بیهوازی از لحاظ پارامترهای فنی انجام خواهد شد.
	شبیه‌سازی فرایندی	هدف از انجام این پروژه، شبیه‌سازی فرایندی نیروگاه هضم بیهوازی و شناسایی دقیق پارامترهای اثرگذار بر

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	واحد هضم بیهوازی	سیستم می‌باشد. بدین منظور از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی فرایندی موجود استفاده خواهد شد. مدت این پروژه ۴۲ ماه پیش بینی شده‌است.
	شبیه‌سازی عددی فرایند هضم بیهوازی	در این پروژه فرایند هضم بیهوازی که در داخل راکتور هاضم رخ می‌دهد به صورت عددی و با استفاده از نرم‌افزارهای مرتبط شبیه‌سازی می‌شود.
فعالیتهای تحقیقاتی و توسعه ای فناوری گازیسازی	توسعه و بهینه‌سازی سامانه‌های مکانیکی کاربردی در آماده‌سازی و پیش‌تیمار پسماندهای جامد با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید	منظور انجام انواع پیش‌پردازی نیاز به تجهیزات مکانیکی می‌باشد که ضرورت دارد در بحث توسعه فناوری گازیساز و بومی‌سازی آن، این تجهیزات مورد توجه ویژه قرار گیرند. در این پروژه ضمن بررسی این تجهیزات، وضعیت توسعه و بومی‌سازی آنها در کشور مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین، پیشنهادات لازم جهت بومی‌سازی این تجهیزات در افق زمانی سند ارائه می‌شود.
	انجام مطالعات ارزیابی چرخه عمر، تراز انرژی و انتشار کربن در فرایند گازیسازی	یکی از مواردی که به تازگی در مورد فناوری‌های مختلف اهمیت فراوانی یافته است بحث میزان انتشار آلاینده (کربن) در مراحل مختلف زنجیره فرایندی آن فناوری می‌باشد. این که در هر مرحله از فرایند تبدیل ماده ورودی به محصول نهایی چه میزان آلاینده تولید می‌شود و این فناوری تا چه میزان از انتشار آلاینده‌ها جلوگیری می‌نماید بحث بسیار مهمی است که در این پروژه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.
	توسعه آزمایشگاه مرتبط با واحد گازیسازی	هدف از این پروژه توسعه تجهیز آزمایشگاه‌های کشور و سامان‌دهی شبکه آزمایشگاهی منسجم جهت تسهیل در امر پژوهش و بهره‌برداری مناسب از امکانات آزمایشگاهی کشور می‌باشد. انجام این پروژه به منظور تست و پایش مداوم واحدهای گازیسازی الزامی می‌باشد. در این آزمایشگاه صحت سنجی کیفیت واحد گازیسازی از لحاظ پارامترهای فنی انجام خواهد شد. توسعه و تجهیز آزمایشگاه به توسعه و ترویج فناوری در کشور کمک شایانی خواهد نمود.
	شبیه‌سازی فرایندی واحد نیروگاهی گازیسازی	هدف از انجام این پروژه، شبیه‌سازی فرایندی نیروگاه گازیسازی و شناسایی دقیق پارامترهای اثرگذار بر سیستم می‌باشد. بدین منظور از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی فرایندی موجود استفاده خواهد شد. مدت این پروژه ۴۲ ماه پیش بینی شده‌است.

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	شبیه‌سازی عددی فرآیند گازیسازی	در این پروژه فرایند گازیسازی که در داخل راکتور گازیساز رخ می‌دهد به صورت عددی و با استفاده از نرم‌افزارهای مرتبط شبیه‌سازی می‌شود.
	تحقیق در زمینه روش‌های افزایش راندمان تولید گاز محصول در فرایند گازیسازی (فرایند تحت فشار و ...)	در این پروژه، روش‌های افزایش تولید گاز سنتز در فرایند گازیسازی مورد پژوهش قرار می‌گیرد.
	تحقیق در زمینه رفع مشکلات کیفی و زیست‌محیطی خروجی فرایند گازیسازی (ضایعات جامد، پساب و آلاینده‌های هوا)	بعد از این که فرایند گازیسازی در رآکتور صورت گرفت، محصولات مختلفی از جمله گاز سنتز، خاکستر، قطران و آلاینده‌های هوا تشکیل می‌شوند. با توجه به این که خاکستر تولیدی بعضاً متشکل از ترکیبات سمی و خطرناک است، برای رفع مشکلات کیفی، بهداشتی و زیست‌محیطی آن به عنوان یک محصول پایین دستی یا به حداقل رساندن تولید آنها نیاز به انجام مطالعاتی است که هدف پروژه تعریف شده می‌باشد.
	دوین دانش فنی طراحی تجهیزات پالایش گاز محصول	در این پروژه، هدف دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات پالایش گاز سنتز می‌باشد. از آن جایی که گاز ورودی به موتور گازسنتزسوز باید بر اساس استانداردهای موجود شرایط ویژه‌ای داشته باشد لذا ضرورت دارد تجهیزات پالایش گاز قبل از ورود آن به موتور طراحی و ساخته شوند.
	ساخت نمونه تجهیزات پالایش گاز محصول	هدف این پروژه ساخت تجهیزات پالایش گاز سنتز با هدف بومی‌سازی این تجهیزات در داخل کشور می‌باشد.
	بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پالایش گاز	در این پروژه پس از ساخت تجهیزات پالایش گاز سنتز، نحوه عملکرد آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور سیستم ثبت داده و حسگرهای مورد نیاز جهت اندازه‌گیری پارامترهای عملکردی این تجهیزات تهیه می‌شوند. در نهایت، نتایج بر اساس پارامترهای طراحی ارزیابی و اقدامات اصلاحی به منظور رفع نواقص و عیوب احتمالی پیشنهاد می‌شوند.
	تدوین دانش فنی	در این پروژه، هدف دستیابی به دانش فنی طراحی تجهیزات پایش فرایند گازیسازی از جمله آنالایزرهای گاز،

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	طراحی تجهیزات پایش فرایند	دستگاه سنجش دبی بیوگاز و سایر تجهیزات مرتبط به منظور ایجاد توانایی بهره‌گیری از این تجهیزات و افزایش راندمان سیستم مورد نظر است.
	ساخت تجهیزات پایش فرایند	هدف این پروژه ساخت تجهیزات پایش فرایند گازیسازی با هدف بومی‌سازی این تجهیزات در داخل کشور می‌باشد.
	بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پایش فرایند	در این پروژه پس از ساخت تجهیزات پایش فرایند، نحوه عملکرد آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور سیستم ثبت داده و حسگرهای مورد نیاز جهت اندازه‌گیری پارامترهای عملکردی این تجهیزات تهیه می‌شوند. در نهایت، نتایج بر اساس پارامترهای طراحی ارزیابی و اقدامات اصلاحی به منظور رفع نواقص و عیوب احتمالی پیشنهاد می‌شوند.
	تدوین دانش فنی طراحی موتور گازسنتز سوز	موتور گاز سنتزسوز به عنوان یکی از تجهیزات حیاتی در تولید برق با کمک فناوری گازیسازی می‌باشد. این تجهیز بخش اعظمی از هزینه‌های ساخت یک نیروگاه گازیسازی را نیز تشکیل می‌دهد. بنابراین در صورت پتانسیل بالای تولید برق به کمک فناوری گازیسازی از منابع زیست‌توده در کشور، با توجه به این که شرکت‌های معدودی سازنده این موتورها در دنیا هستند ضرورت دارد در راستای بومی‌سازی این تجهیز مهم اقدامات لازم بعمل آید. همچنین، ضرورت دارد روش دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتور گاز سنتزسوز به دقت تعیین شود.
	شبیه‌سازی فرایندی موتور گازسنتز سوز	به منظور بومی‌سازی ساخت موتور گاز سنتزسوز، یکی از مراحل بسیار مهم شبیه‌سازی عددی موتور می‌باشد. این شبیه‌سازی باید ابتدا در محیط‌های نرم‌افزاری انجام شده و تا رسیدن به اطمینان کافی از نهایی شدن طرح ادامه یابد. پس از نهایی شدن طرح و در نظر گرفتن ملاحظات ساخت، باید نسبت به نمونه‌سازی در مراحل بعد اقدام شود. در این پروژه تحقق اهداف ذکرشده مد نظر می‌باشد.
	ساخت نمونه موتور گازسنتز سوز	در این پروژه، ساخت نمونه اولیه از موتور گاز سنتزسوز انجام می‌شود. شناسایی سازندگان متبحر و تعاملات نهایی با مشاورین داخلی و خارجی قبل از ساخت موتور بسیار حائز اهمیت می‌باشد.
	بهره‌برداری و پایش عملکرد موتور گازسنتز سوز	در این پروژه، موتور ساخته شده مورد بهره‌برداری آزمایشی قرار می‌گیرد. همچنین نحوه کارکرد موتور به دقت پایش شده و اطلاعات عملکردی موتور ثبت می‌شود. در نهایت فهرست موارد نیزمند اصلاح تهیه و اقدامات لازم جهت رفع آنها پیشنهاد می‌شود.
	بهینه‌سازی طراحی و ساخت موتور گازسنتز	در این پروژه بر اساس نتایج به دست آمده از تست و پایش عملکرد نمونه اولیه موتور، نسبت به رفع عیوب فهرست شده اقدام و بهینه‌سازی موتور اقدام می‌شود.

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	سوز	
فعالیت‌های تحقیقاتی و تحقیق و توسعه‌ای فناوری زباله‌سوزی	توسعه و بهینه‌سازی سامانه‌های مکانیکی کاربردی در آماده‌سازی و پیش‌تیمار پسماندهای جامد با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید	در این پروژه، هدف دستیابی به دانش فنی طراحی تجهیزات پایش فرایند زباله‌سوزی از جمله آنالایزرهای گاز، دستگاه سنجش دبی گاز و سایر تجهیزات مرتبط به منظور ایجاد توانایی بهره‌گیری از این تجهیزات و افزایش راندمان سیستم مورد نظر است.
	انجام مطالعات ارزیابی چرخه عمر، تراز انرژی و انتشار کربن در فرایند زباله‌سوزی	هدف این پروژه ساخت تجهیزات پایش فرایند زباله‌سوزی با هدف بومی‌سازی این تجهیزات در داخل کشور می‌باشد.
	توسعه آزمایشگاه مرتبط با واحد زباله‌سوزی	ثبت داده و حسگرهای مورد نیاز جهت اندازه‌گیری پارامترهای عملکردی این تجهیزات تهیه می‌شوند. در نهایت، نتایج بر اساس پارامترهای طراحی ارزیابی و اقدامات اصلاحی به منظور رفع نواقص و عیوب احتمالی پیشنهاد می‌شوند.
	تحقیق در زمینه روش‌های افزایش راندمان در فرایند زباله‌سوزی (ارزش حرارتی منبع، نوع فناوری، طراحی کوره و ...)	کوره زباله‌سوز به عنوان قلب نیروگاه زباله‌سوز در تولید برق می‌باشد. این تجهیز بخش اعظمی از هزینه‌های ساخت یک نیروگاه زباله‌سوز را نیز تشکیل می‌دهد. بنابراین در صورت پتانسیل بالای تولید برق به کمک فناوری زباله‌سوزی از منبع زباله در در این پروژه پس از ساخت تجهیزات پایش فرایند، نحوه عملکرد آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور سیستم کشور، با توجه به این که شرکت‌های معدودی سازنده کوره در دنیا هستند ضرورت دارد در راستای بومی‌سازی این تجهیز مهم اقدامات لازم بعمل آید. همچنین، ضرورت دارد روش دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت کوره زباله‌سوزی به دقت تعیین شود.
	تحقیق در زمینه رفع	منظور بومی‌سازی ساخت کوره زباله‌سوزی، یکی از مراحل بسیار مهم شبیه‌سازی عددی آن می‌باشد. این

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	مشکلات کیفی و زیست‌محیطی خروجی فرایند زباله‌سوزی (ضایعات جامد، پساب و آلاینده‌های خروجی از دودکش)	شبیه‌سازی باید ابتدا در محیط‌های نرم‌افزاری انجام شده و تا رسیدن به اطمینان کافی از نهایی شدن طرح ادامه یابد. پس از نهایی شدن طرح و در نظر گرفتن ملاحظات ساخت، باید نسبت به نمونه‌سازی در مراحل بعد اقدام شود. در این پروژه تحقق اهداف ذکرشده مد نظر می‌باشد.
	شبیه‌سازی فرایندی واحد نیروگاهی زباله‌سوزی	در این پروژه، ساخت نمونه اولیه از کوره زباله‌سوزی انجام می‌شود. شناسایی سازندگان متبحر و تعاملات نهایی با مشاورین داخلی و خارجی قبل از ساخت موتور بسیار حائز اهمیت می‌باشد.
	شبیه‌سازی عددی واحد نیروگاهی زباله‌سوزی	در این پروژه، کوره زباله‌سوزی ساخته شده مورد بهره‌برداری آزمایشی قرار می‌گیرد. همچنین نحوه کارکرد آن به دقت پایش شده و اطلاعات عملکردی موتور ثبت می‌شود. در نهایت فهرست موارد نیزمند اصلاح تهیه و اقدامات لازم جهت رفع آنها پیشنهاد می‌شود.
	مطالعه تفصیلی بازار داخلی کاربرد فناوری زباله‌سوزی	در این پروژه بر اساس نتایج به دست آمده از تست و پایش عملکرد نمونه اولیه کوره زباله‌سوزی، نسبت به رفع عیوب فهرست شده اقدام و بهینه‌سازی آن اقدام می‌شود.
	ارزیابی فنی و زیست محیطی فناوری زباله‌سوزی وارداتی	در این پروژه، هدف دستیابی به دانش فنی طراحی تجهیزات پایش فرایند زباله‌سوزی از جمله آنالایزرهای گاز، دستگاه سنجش دبی گاز و سایر تجهیزات مرتبط به منظور ایجاد توانایی بهره‌گیری از این تجهیزات و افزایش راندمان سیستم مورد نظر است.
	تدوین استانداردهای زیست محیطی	هدف این پروژه ساخت تجهیزات پایش فرایند زباله‌سوزی با هدف بومی‌سازی این تجهیزات در داخل کشور می‌باشد.
	تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پالایش گاز خروجی	در این پروژه پس از ساخت تجهیزات پایش فرایند، نحوه عملکرد آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور سیستم ثبت داده و حسگرهای مورد نیاز جهت اندازه‌گیری پارامترهای عملکردی این تجهیزات تهیه می‌شوند. در نهایت، نتایج بر اساس پارامترهای طراحی ارزیابی و اقدامات اصلاحی به منظور رفع نواقص و عیوب احتمالی پیشنهاد می‌شوند.

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
	ساخت تجهیزات پالایش گاز خروجی	کوره زباله‌سوز به عنوان قلب نیروگاه زباله‌سوز در تولید برق می‌باشد. این تجهیز بخش اعظمی از هزینه‌های ساخت یک نیروگاه زباله‌سوز را نیز تشکیل می‌دهد. بنابراین در صورت پتانسیل بالای تولید برق به کمک فناوری زباله‌سوزی از منبع زباله در کشور، با توجه به این که شرکت‌های معدودی سازنده کوره در دنیا هستند ضرورت دارد در راستای بومی‌سازی این تجهیز مهم اقدامات لازم بعمل آید. همچنین، ضرورت دارد روش دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت کوره زباله‌سوزی به دقت تعیین شود.
	بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پالایش گاز خروجی	منظور بومی‌سازی ساخت کوره زباله‌سوزی، یکی از مراحل بسیار مهم شبیه‌سازی عددی آن می‌باشد. این شبیه‌سازی باید ابتدا در محیط‌های نرم‌افزاری انجام شده و تا رسیدن به اطمینان کافی از نهایی شدن طرح ادامه یابد. پس از نهایی شدن طرح و در نظر گرفتن ملاحظات ساخت، باید نسبت به نمونه‌سازی در مراحل بعد اقدام شود. در این پروژه تحقق اهداف ذکرشده مد نظر می‌باشد.
	تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پایش فرایند	در این پروژه، ساخت نمونه اولیه از کوره زباله‌سوزی انجام می‌شود. شناسایی سازندگان متبحر و تعاملات نهایی با مشاورین داخلی و خارجی قبل از ساخت موتور بسیار حائز اهمیت می‌باشد.
	ساخت تجهیزات پایش فرایند	در این پروژه، کوره زباله‌سوزی ساخته شده مورد بهره‌برداری آزمایشی قرار می‌گیرد. همچنین نحوه کارکرد آن به دقت پایش شده و اطلاعات عملکردی موتور ثبت می‌شود. در نهایت فهرست موارد نیزمند اصلاح تهیه و اقدامات لازم جهت رفع آنها پیشنهاد می‌شود.
	بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پایش فرایند	در این پروژه بر اساس نتایج به دست آمده از تست و پایش عملکرد نمونه اولیه کوره زباله‌سوزی، نسبت به رفع عیوب فهرست شده اقدام و بهینه‌سازی آن اقدام می‌شود.
	تدوین دانش فنی طراحی کوره زباله‌سوز	در این پروژه، هدف دستیابی به دانش فنی طراحی تجهیزات پایش فرایند زباله‌سوزی از جمله آنالایزرهای گاز، دستگاه سنجش دبی گاز و سایر تجهیزات مرتبط به منظور ایجاد توانایی بهره‌گیری از این تجهیزات و افزایش راندمان سیستم مورد نظر است.
	شبیه‌سازی فرایندی کوره زباله‌سوز	هدف این پروژه ساخت تجهیزات پایش فرایند زباله‌سوزی با هدف بومی‌سازی این تجهیزات در داخل کشور می‌باشد.
	ساخت نمونه کوره زباله‌سوز	در این پروژه پس از ساخت تجهیزات پایش فرایند، نحوه عملکرد آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور سیستم ثبت داده و حسگرهای مورد نیاز جهت اندازه‌گیری پارامترهای عملکردی این تجهیزات تهیه می‌شوند. در نهایت، نتایج بر اساس پارامترهای طراحی ارزیابی و اقدامات اصلاحی به منظور رفع نواقص و عیوب

نوع فناوری	پروژه‌ها	توضیحات
		احتمالی پیشنهاد می‌شوند.
	بهره‌برداری و پایش عملکرد کوره زباله‌سوز	کوره زباله‌سوز به عنوان قلب نیروگاه زباله‌سوز در تولید برق می‌باشد. این تجهیز بخش اعظمی از هزینه‌های ساخت یک نیروگاه زباله‌سوز را نیز تشکیل می‌دهد. بنابراین در صورت پتانسیل بالای تولید برق به کمک فناوری زباله‌سوزی از منبع زباله در کشور، با توجه به این که شرکت‌های معدودی سازنده کوره در دنیا هستند ضرورت دارد در راستای بومی‌سازی این تجهیز مهم اقدامات لازم بعمل آید. همچنین، ضرورت دارد روش دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت کوره زباله‌سوزی به دقت تعیین شود.
	بهینه سازی طراحی و ساخت کوره زباله‌سوز	منظور بومی‌سازی ساخت کوره زباله‌سوزی، یکی از مراحل بسیار مهم شبیه‌سازی عددی آن می‌باشد. این شبیه‌سازی باید ابتدا در محیط‌های نرم‌افزاری انجام شده و تا رسیدن به اطمینان کافی از نهایی شدن طرح ادامه یابد. پس از نهایی شدن طرح و در نظر گرفتن ملاحظات ساخت، باید نسبت به نمونه‌سازی در مراحل بعد اقدام شود. در این پروژه تحقق اهداف ذکرشده مد نظر می‌باشد.

۳- فصل سوم : تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب)

۳-۱- مقدمه

پس از تعیین پروژه‌های اجرایی و محاسبه زمان لازم برای اجرایی شدن هر پروژه، در این بخش با یک نگاشت نهادی مطلوب، مجریان پروژه‌های اجرایی برای به توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست توده در کشور شناسایی خواهند شد.

جهت شناسایی مجریان انجام هر پروژه، ابتدا می‌بایست کلیه بازیگران در حوزه فناوری‌های تولید برق از زیست توده شناسایی شوند، لذا برای این کار می‌بایست نگاشت نهادی محیط داخلی و بیرونی ترسیم شده و با تحلیل وضع موجود، وضع مطلوب نهادی ترسیم گردد. در ادامه ابتدا توضیح مختصری در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای آن آورده شده، سپس نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده ترسیم شده است. در انتها نیز متولیان پروژه‌های اجرایی با توجه به نگاشت نهادی مطلوب مشخص شده است.

۳-۲- نگاشت نهادی

از یک سو، تعدد سازمان‌ها و نهادهای خصوصی و دولتی که هر یک به نوعی در توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست توده نقش‌آفرینی می‌کنند و از سوی دیگر تنوع نقش‌هایی که باید در توسعه این سیستم‌ها ایفا شود نیاز به بررسی و تحلیل دقیق توسعه این سیستم‌ها را از منظر نهادی (ساختاری) نمایان‌تر می‌کند. برای تحلیل وضعیت ساختاری می‌توان از روش‌های مختلفی نظیر نگاشت نهادی استفاده کرد، به کمک نگاشت نهادی به‌خوبی می‌توان وضعیت بازیگران مختلف موجود در این صنعت و وضعیت ایفای نقش آن‌ها را بررسی و تحلیل نمود. نگاشت نهادی، ماتریسی است که در یک بعد سازمان‌ها و نهادهای درگیر در این حوزه و در بعد دیگر انواع نقش‌هایی که این سازمان‌ها به عهده می‌گیرند را نمایش می‌دهد. در واقع تکمیل نگاشت نهادی بدین معناست که هر یک از این سازمان‌ها و نهادها چگونه در این حوزه نقش‌آفرینی می‌کنند. بنابراین با تحلیل نگاشت نهادی موارد زیر را می‌توان دریافت:

آیا نقشی وجود دارد که متولی نداشته باشد؟

در یک نقش مشخص چه سازمان‌ها یا نهادهایی فعالیت دارد؟ تعدد سازمان‌ها و نهادها چگونه است؟ درصورت کثرت نهادها آیا نیازی به مدیریت یکپارچه نهادهای فعال وجود دارد؟

میزان درگیر بودن نهادهای مرتبط و غیر مرتبط در نقش چگونه است؟ آیا نقشی وجود دارد که هیچ نهاد مرتبطی در آن فعالیت ندارد؟

آیا در نقش مورد نظر، نیاز به وجود نهادی متمرکز احساس می‌شود؟

آیا نهادهای غیردولتی در نقش مورد نظر می‌توانند جایگزین نهادهای دولتی شوند؟

نگاشت نهادی یکی از ابزارهای مطالعه سیستم نوآوری می‌باشد. نظام ملی نوآوری مجموعه‌ای است از موسسات مجزا که به‌طور مشترک یا انفرادی به توسعه و انتشار فناوری‌های جدید کمک می‌کنند. این موسسات چهارچوبی فراهم می‌کنند که دولت‌ها بتوانند در آن چهارچوب، سیاست‌هایی جهت تاثیرگذاری بر فرایند نوآوری را شکل داده واجرا کنند.

در یک سطح عمومی کارکرد اصلی یا کلی نظام‌های نوآوری، تعقیب و انجام فرایندهای نوآوری یا به عبارت دیگر "خلق، اشاعه و بهره‌برداری" از نوآوری‌ها است. بنابراین کارکرد اصلی هر نظام نوآوری تولید، اشاعه و به کارگیری دانش و نوآوری می‌باشد. از نظر ادکویست، عواملی که بر خلق، اشاعه و بهره‌برداری از نوآوری‌ها تاثیرگذار باشند، فعالیت محسوب می‌شوند. به عنوان مثال تحقیق و توسعه (به عنوان ابزاری برای تولید دانش) یکی ازفعالیت‌های نظام نوآوری است. تأمین منابع مالی به‌منظور تجاری سازی دانش نیز یک فعالیت می‌باشد.

نگاشت نهادی چارچوبی است که با نمایی ساده و جامع وضعیت موجود سیستم نوآوری را نشان می‌دهد و با بررسی آن می‌توان نقایص موجود در اجزا و روابط میان اجزای سیستم را شناسایی و تحلیل نمود. در این روش سعی می‌شود تا میزان و کیفیت روابط موجود میان نهادها در سیستم نوآوری ترسیم شده و همچنین چگونگی مشارکت میان بخش خصوصی و دولتی تبیین شود. با استفاده از این روش تحلیلی، نقش نسبی هر کدام از بازیگران فعال درنظام ملی نوآوری همچون دولت، دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی و همچنین بنگاه‌های خصوصی در فرایند نوآوری به دست می‌آید.

۳-۲-۱- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی

کارکردهای اصلی یک نظام ملی نوآوری به چهار دسته اصلی سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه خدمات تقسیم می‌شود[۴]. در فرایند توسعه صنعتی، یکی از پرسش‌های اساسی این است که کدام مجموعه از تصمیمات سیاست‌گذاری و نهادسازی و نیز اقدامات اجرایی در سطح کلان ملی و در سطح صنعت، به عنوان زمینه‌ساز موفقیت توسعه صنعتی باید مورد توجه قرار گیرد؟ نکته مهم در پاسخ به این سوال آن است که این مجموعه اقدامات، به خودی خود شکل نمی‌گیرد، بلکه نیازمند نقش موثر دولت است. بنابراین تبیین جایگاه و حوزه وظایف دولت در فرآیند توسعه صنعتی به صورت یکی از مباحث جدال انگیز ادبیات جدید توسعه درآمده است. درادامه به تبیین هر یک از نقشه‌ای چهارگانه پرداخته می‌شود.

الف) سیاست‌گذاری

یک سیاست‌گذار نهادی است که برنامه‌های پیگیری شده توسط دولت، کسب و کارها و غیره را تعیین می‌کند. سیاست‌گذاری به صورت فرایندی تعریف شده است که به واسطه آن دولت به منظور ارائه پیامد (تغییرات مطلوب در دنیای واقعی)، چشم‌انداز سیاسی خود را به برنامه و عمل تبدیل می‌کند. لذا سیاست‌گذاری، کارکرد اصلی هر دولت می‌باشد. در واقع، سیاست می‌تواند شکل‌های مختلفی مانند سیاست‌های غیر مداخله‌ای، تنظیم، تشویق تغییرات داوطلبانه (مانند کمک‌های مالی) و ارائه خدمات عمومی به خود بگیرد.

ب) تنظیم‌گری

تنظیم، مجموعه گوناگونی از ابزارهاست که به واسطه آن دولت نیازمندی‌های شرکت‌ها و مردم را تنظیم می‌کند. کارکردهای تنظیم‌کننده بنا به دلایل گوناگونی به وجود آمده‌اند از جمله:

- تعیین حقوق و مسئولیت‌های هر یک از موجودیت‌های جامعه به منظور تحقق اهداف توسعه پایدار
- تنظیم استانداردهای صنعتی
- تعیین و جمع‌آوری مالیات‌ها و دیگر درآمدها

در مجموع سه عامل اصلی بر شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری تاثیر دارند:

- اهداف و منابع تنظیم‌گری
- ساختار نهادی محیط تنظیم‌گری
- شرایط مختلف صنعت در محیط تنظیم‌گری

اهداف مختلف تنظیم‌گری آثار مستقیم مختلفی بر نوع تنظیم‌گری مورد استفاده به جای می‌گذارند. اگر اهداف خاص در تنظیم‌گری مد نظر باشد، شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری نیز تحت تاثیر آن قرار می‌گیرند. منابع محدود نیز می‌تواند بر ماهیت و طبیعت تنظیم‌گری اثرگذار باشد، این مسئله می‌تواند به واکنشی شدن سیاست‌های تنظیم‌گری بیانجامد.

ساختار نهادی و تشکیلاتی کشورها نیز بر قابلیت‌ها و توانایی‌های سازمان‌های تنظیم‌گر موثر است. در صورتی که محدودیت‌های اعمال شده از سوی حکومت بر نهاد تنظیم‌گر زیاد شود، توانایی‌های این نهاد برای اعمال جرائم و پاداش‌ها نیز کاهش می‌یابد. در شرایطی که فناوری‌های موجود در بازار، رقابت را میان عرضه‌کنندگان افزایش دهد، توانایی‌های تنظیم‌گران نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در این حالت‌ها تقاضاکنندگان در بازار نیز از قدرت خرید بالایی برخوردار هستند و عملاً سیاست‌های دستور و کنترل نمی‌تواند کارایی لازم را داشته باشد.

ج) تسهیل‌گری

سازمان‌های محلی یا بین‌المللی هستند که معمولاً توسط دولت سرمایه‌گذاری می‌شوند و هدف آن توسعه و بهبود بازار خدمات می‌باشد. یک تسهیل‌کننده، تأمین‌کنندگان خدمات را از طریق ایجاد محصولات خدماتی جدید، ارتقاء تجارب مفید و ایجاد ظرفیت حمایت می‌کند. به علاوه، تسهیل‌کننده می‌تواند بر طرف تقاضا از طریق آموزش صنایع کوچک درباره مزایای خدمات یا فراهم کردن محرک‌هایی برای امتحان آن‌ها نیز متمرکز شود. کارکردهای دیگر یک تسهیل‌کننده شامل ارزیابی خارجی تأثیر تامین‌کنندگان خدمات، تضمین خدمات و حمایت برای محیط سیاسی بهتر می‌باشد. عمل تسهیل، کارکردی است که به طور معمول توسط سازمان‌های توسعه‌گرا انجام شده و می‌تواند شامل سازمان‌های غیردولتی، انجمن‌های صنعتی و کارفرمایان و عامل‌های دولتی باشد. در مجموع نقش تسهیل‌گری دارای زیرنقش‌های زیر می‌باشد:

- تسهیل‌گری در بعد فناوری
- تسهیل‌گری منابع دانشی
- تسهیل‌گری منابع مالی
- تسهیل‌گری ظرفیت‌سازی و ترویج
- تسهیل‌گری توسعه ارتباطات

د) ارائه‌دهنده کالا و خدمات

ارائه‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی: تأمین‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی شامل دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مؤسساتی هستند که در زمینه آموزش و پژوهش در حوزه توسعه فناوری‌های زیست‌توده فعالیت می‌کنند.

۳-۲-۲- شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست-توده

نهادهای اصلی مرتبط با فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده، از طریق جستجو و بررسی اسناد، مدارک و گزارش‌های داخلی شناسایی شدند و سپس با مطالعه ساختار سازمانی هر یک از سازمان‌ها و مطالعه شرح وظایف و اهداف در نظر گرفته شده برای سازمان‌ها و نهادهای تابعه و وابسته هر یک از آن‌ها نهادهای مختلف فعال در زمینه کارکردهای نظام نوآوری مورد شناسایی قرارگرفت. بر اساس مطالعات صورت گرفته، کنش‌گران شناسایی شده در حوزه به کارگیری فناوری‌های پربازده انرژی بر در بخش ساختمان شامل موارد زیر می‌باشد که در پیوست، توضیحی از وظایف هر کدام آورده شده است.

همان‌طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد نظام نوآوری فناوری متشکل از بازیگران و ذی‌نفعانی است که هر یک به طور مستقیم یا غیرمستقیم نقش‌هایی را ایفا می‌کنند. این بازیگران می‌توانند شامل بخش دولتی، شرکت‌های تولیدکننده، شرکت‌های مشاور، دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، مؤسسات مالی، مؤسسات حقوقی و ... باشند. در این گام، بازیگران نظام توسعه فناوری‌های پربازده انرژی بردر حوزه‌های تحقیق و توسعه، انتشار دانش، تأمین منابع انسانی، منابع مالی، مواد، قطعات و تجهیزات و سیاست‌گذاری و جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری‌های پربازده انرژی بر مشخص شده‌اند.

۳-۲-۳- تخصیص متولیان اقدامات

با توجه به نگاشت نهادی ترسیم شده، می‌توان مجریان هر یک از پروژه ها را شناسایی کرد. در این راستا و به منظور شناخت مجریان بالقوه، با در نظر گرفتن میزان هم سویی پروژه با مأموریت مجری، توان علمی و فنی، توان انسانی و مدیریتی و... مجریان فعال هر پروژه مشخص خواهد شد. در ادامه با توجه به موارد اشاره شده متولیان شناسایی شده برای پروژه های تعریف شده در جداول زیر ارائه شده است.

جدول ۳-۱ مجریان پروژه‌های فنی مربوط به فناوری هاضم فضولات دامی

پروژه‌های فنی	مجری پیشنهادی
تهیه اطلس فضولات دامی کشور	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور خارجی (واجد شرایط)	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی‌های زیست‌توده
مطالعه تفصیلی هاضم تر - لاگن سرپوشیده	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی هاضم تر - اختلاط کامل	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی هاضم تر - جریان قالبی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی هاضم تر - قشر چسبیده (فیلم ثابت)	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی هاضم تر - بستر لجن جریان بالارو	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های هاضم تر قابل کاربرد برای فضولات دامی و انتخاب فناوری (های) منتخب	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی‌های زیست‌توده

پروژه‌های فنی	مجری پیشنهادی
اجرای واحدهای نمونه هاضم بیهوازی فضولات دامی	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
داده‌برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده فضولات دامی	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
ساخت و بهره‌برداری واحد(های) صنعتی هاضم بیهوازی فضولات دامی	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحد(های) صنعتی هاضم بیهوازی فضولات دامی	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی

جدول ۳-۲ مجریان پروژه‌های فنی مربوط به فناوری هاضم زباله شهری

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
تهیه اطلس زباله شهری کشور	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور خارجی (واجد شرایط)	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی‌های زیست‌توده
مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای تر Wassa	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای تر Wabio	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای تر BIMA	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای خشک DRANCO	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...)

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
	۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای خشک VALORGA	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای خشک KOMPOGAS	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی هاضم دو مرحله‌ای BTA	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی هاضم توده‌ای Biocel	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی هاضم توده‌ای Becon	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی هاضم توده‌ای SEBAC	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی هاضم توده‌ای APS	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های هاضم قابل کاربرد برای زباله شهری و انتخاب فناوری (های) منتخب	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی‌های زیست‌توده

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
اجرای واحدهای نمونه هاضم بیهوازی زباله شهری	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
داده‌برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده زباله شهری	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
ساخت و بهره‌برداری نیروگاه هاضم بیهوازی زباله شهری	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحد نیروگاهی	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی

جدول ۳-۳ مجریان پروژه‌های فنی مربوط به فناوری گازیساز زباله شهری

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
تهیه اطلس زباله شهری کشور	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور خارجی (واجد شرایط)	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی‌های زیست‌توده
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فروکشند	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فراکشند	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت جریان متقاطع	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال چرخشی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
	۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال جوشان	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز جریان همزمان	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز هیدروترمال	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز پلاسما	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های گازیسازی قابل کاربرد برای زباله شهری و انتخاب فناوری (های) منتخب	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی‌های زیست‌توده
اجرای واحدهای نمونه گازیسازی زباله شهری	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی‌های زیست‌توده
داده‌برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده زباله شهری	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
ساخت و بهره‌برداری نیروگاه گازیسازی زباله شهری	۱- شورای راهبردی توسعه بخش زیست‌توده کشور ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی‌های زیست‌توده
بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحد نیروگاهی	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی

جدول ۳-۴ مجریان پروژه‌های فنی مربوط به فناوریگازیساز بزرگ مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
تهیه اطلس زائدات کشاورزی و جنگلی کشور	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور خارجی (واجد شرایط)	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی‌های زیست‌توده
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فروکشند	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فراکشند	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت جریان متقاطع	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال چرخشی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال جوشان	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز جریان همزمان	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
	۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز هیدروترمال	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز پلاسما	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های گازیسازی قابل کاربرد برای زائدات کشاورزی و انتخاب فناوری (های) منتخب	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی‌های زیست‌توده
اجرای واحدهای نمونه گازیسازی زائدات کشاورزی	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
داده‌برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده زائدات کشاورزی و جنگلی	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
ساخت و بهره‌برداری واحد(های) نیمه صنعتی گازیسازی زائدات کشاورزی و جنگلی	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحدهای نیمه صنعتی	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی

جدول ۳-۵ مجریان پروژه‌های فنی مربوط به فناوری گازیساز کوچک مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و خارجی (واجد شرایط)	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی‌های زیست‌توده

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
خرید، نصب و راه‌اندازی سامانه گازیساز مقیاس کوچک با فناوری روز دنیا	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
داده‌برداری و پایش عملکرد پایلوت نصب شده	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
ساخت و بهره‌برداری واحدهای گازیساز مقیاس کوچک	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی

جدول ۳-۶ مجریان پروژه‌های فنی مربوط به فناوری گازیساز بزرگ مقیاس لجن فاضلاب شهری

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
تهیه اطلس لجن فاضلاب شهری کشور	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور خارجی (واجد شرایط)	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی‌های زیست‌توده
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فروکشند	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فراکشند	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت جریان متقاطع	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال چرخشی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال جوشان	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز جریان همزمان	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز هیدروترمال	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی گازیساز پلاسما	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های گازیسازی قابل کاربرد برای لجن فاضلاب شهری و انتخاب فناوری (های) منتخب	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی‌های زیست‌توده
اجرای واحدهای نمونه گازیسازی لجن فاضلاب شهری	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
داده‌برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده لجن فاضلاب شهری	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
ساخت و بهره‌برداری واحد(های) نیمه صنعتی گازیسازی لجن فاضلاب شهری	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحدهای نیمه صنعتی	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی

جدول ۳-۷ مجریان پروژه‌های فنی مربوط به فناوری زباله‌سوزی توده‌سوز

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و خارجی (واجد شرایط)	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی‌های زیست‌توده
اجرای نیروگاه زباله‌سوز	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
ارزیابی عملکرد نیروگاه	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی
احداث چندین نیروگاه زباله‌سوز	۱- شرکت‌های فناور خارجی ۲- شرکت‌های فناور داخلی

جدول ۳-۸ مجریان پروژه‌های فنی تحقیقاتی و تحقیق و توسعه‌ای مربوط به فناوری هاضم بیهوازی

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
پژوهش در زمینه راهکارهای کشت توده‌های میکروبی پربازده و افزایش بازده فرایند تولید بیوگاز	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
توسعه آزمایشگاه مرتبط با واحد هضم بیهوازی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- شرکت‌های دانش بنیان
تحقیق و نوآوری در زمینه رفع مشکلات کیفی، بهداشتی و زیست‌محیطی کاربرد خروجی فرایند هضم بیهوازی (فرآورده‌های پایین‌دستی) در بخش کشاورزی و آبزی‌پروری	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
پژوهش در زمینه هضم همزمان منابع زیست‌توده و افزایش بازده فرایند تولید بیوگاز	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
انجام مطالعات ارزیابی چرخه عمر، تراز انرژی و انتشار کربن در فرایند هضم بیهوازی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
پژوهش در زمینه اجرای نظام عادلانه تخصیص برق و انرژی به صنعت دامپروری و صنایع وابسته	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
توسعه و بهینه‌سازی روش‌های پیش‌تیمار منابع زیست‌توده با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
توسعه و بهینه‌سازی سامانه‌های مکانیکی کاربردی در آماده‌سازی و پیش‌تیمار پسماندهای جامد با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر ۵- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پربازده گرمایش و نگهداشت دمای بهینه فرایند در هاضم بیهوازی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
ساخت تجهیزات پربازده گرمایش و نگهداشت دمای بهینه فرایند در هاضم بیهوازی	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پربازده گرمایش و نگهداشت دمای بهینه فرایند در هاضم بیهوازی	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پایش فرایند (آنالایزرهای گاز، سنجش دبی، سنجش سریع کیفیت مواد، تصفیه گاز و ...)	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر ۵- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
ساخت تجهیزات پایش فرایند (آنالایزرهای گاز، سنجش دبی، سنجش سریع کیفیت مواد، تصفیه گاز و ...)	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پایش فرایند (آنالایزرهای گاز، سنجش دبی، سنجش سریع کیفیت مواد، تصفیه گاز و ...)	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
تدوین دانش فنی طراحی انواع پوشش‌های ضدخوردگی و تجهیزات وابسته	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر ۵- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
ساخت انواع پوشش‌های ضدخوردگی و تجهیزات وابسته	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
بهره‌برداری و پایش عملکرد انواع پوشش‌های ضدخوردگی و تجهیزات وابسته	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
تدوین دانش فنی طراحی موتور بیوگازسوز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
شبیه‌سازی فرایندی و عددی موتور بیوگازسوز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
ساخت نمونه موتور بیوگازسوز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
بهره‌برداری و پایش عملکرد موتور بیوگازسوز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
بهینه سازی طراحی و ساخت موتور بیوگازسوز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
تدوین دانش فنی طراحی کمپرسور و دمنده بیوگاز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
شبیه‌سازی فرایندی و عددی کمپرسور و دمنده بیوگاز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
ساخت نمونه کمپرسور و دمنده بیوگاز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
بهره‌برداری و پایش عملکرد کمپرسور و دمنده بیوگاز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
بهینه سازی طراحی و ساخت کمپرسور و دمنده بیوگاز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
اجرای واحد نمونه هضم همزمان (co-digestion) متناسب با شرایط بومی و اقلیمی کشور	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
داده‌برداری و پایش عملکرد واحد نمونه هضم همزمان	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
شبیه‌سازی فرایندی واحد هضم بیهوازی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
شبیه‌سازی عددی فرایند هضم بیهوازی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر

جدول ۳-۹ مجریان پروژه‌های فنی تحقیقاتی و تحقیق و توسعه‌ای مربوط به فناوری گازیسازی

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
توسعه و بهینه‌سازی سامانه‌های مکانیکی کاربردی در آماده‌سازی و پیش‌تیمار پسماندهای جامد با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر ۵- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
انجام مطالعات ارزیابی چرخه عمر، تراز انرژی و انتشار کربن در فرایند گازیسازی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
توسعه آزمایشگاه مرتبط با واحد گازیسازی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- شرکت‌های دانش بنیان

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
شبیه‌سازی فرایندی واحد نیروگاهی گازیسازی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
شبیه‌سازی عددی فرآیند گازیسازی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
تحقیق در زمینه روش‌های افزایش راندمان تولید گاز محصول در فرایند گازیسازی (فرایند تحت فشار و ...)	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
تحقیق در زمینه رفع مشکلات کیفی و زیست‌محیطی خروجی فرایند گازیسازی (ضایعات جامد، پساب و آلاینده‌های هوا)	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پالایش گاز محصول	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر ۵- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
ساخت نمونه تجهیزات پالایش گاز محصول	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پالایش گاز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پایش فرایند	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر ۵- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
ساخت تجهیزات پایش فرایند	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پایش فرایند	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
تدوین دانش فنی طراحی موتور گازسنتز سوز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
شبیه‌سازی فرایندی موتور گازسنتز سوز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
ساخت نمونه موتور گازسنتز سوز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
بهره‌برداری و پایش عملکرد موتور گازسنتز سوز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
بهینه‌سازی طراحی و ساخت موتور گازسنتز سوز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی

جدول ۳-۱۰ مجریان پروژه‌های فنی تحقیقاتی و تحقیق و توسعه‌ای مربوط به فناوری زباله‌سوزی

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
توسعه و بهینه‌سازی سامانه‌های مکانیکی کاربردی در آماده‌سازی و پیش‌تیمار پسماندهای جامد با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر ۵- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
انجام مطالعات ارزیابی چرخه عمر، تراز انرژی و انتشار کربن در فرایند زباله‌سوزی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
توسعه آزمایشگاه مرتبط با واحد زباله‌سوزی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- شرکت‌های دانش بنیان
تحقیق در زمینه روش‌های افزایش راندمان در فرایند زباله‌سوزی (ارزش حرارتی منبع، نوع فناوری، طراحی کوره و ...)	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
تحقیق در زمینه رفع مشکلات کیفی و زیست‌محیطی خروجی فرایند زباله‌سوزی (ضایعات جامد، پساب و آلاینده‌های خروجی از دودکش)	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر ۵- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
شبیه‌سازی فرایندی واحد نیروگاهی زباله‌سوزی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
شبیه‌سازی عددی واحد نیروگاهی زباله‌سوزی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
مطالعه تفصیلی بازار داخلی کاربرد فناوری زباله‌سوزی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
ارزیابی فنی و زیست محیطی فناوری زباله‌سوزی وارداتی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
تدوین استانداردهای زیست محیطی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر
تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پالایش گاز خروجی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر ۵- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
ساخت تجهیزات پالایش گاز خروجی	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پالایش گاز خروجی	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پایش فرایند	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر ۵- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی

پروژه های فنی	مجری پیشنهادی
ساخت تجهیزات پایش فرایند	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پایش فرایند	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
تدوین دانش فنی طراحی کوره زباله‌سوز	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر ۵- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
شبیه‌سازی فرایندی کوره زباله‌سوز	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر ۵- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
ساخت نمونه کوره زباله‌سوز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
بهره‌برداری و پایش عملکرد کوره زباله‌سوز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
بهینه سازی طراحی و ساخت کوره زباله‌سوز	۱- شرکت‌های دانش بنیان ۲- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی

جدول ۳-۱۱ مجریان پروژه‌های غیرفنی

کارکردها	اقدامات غیر فنی	مجری پیشنهادی
فاز پیش توسعه		
توسعه دانش	اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه ملی با مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر جهانی	۱- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۲- دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...) ۳- شرکت‌های دانش بنیان ۴- شرکت‌های مشاور انرژی‌های تجدیدپذیر ۵- واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
	تدوین نظام‌نامه حمایت از دانشجویان و اساتید محقق در این حوزه از قبیل حمایت از پایان نامه‌های دانشجویی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه زیست‌توده	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده

کارکردها	اقدامات غیر فنی	مجری پیشنهادی
	پیاده‌سازی نظام‌نامه حمایت از دانشجویان و اساتید محقق در این حوزه از قبیل حمایت از پایان نامه‌های دانشجویی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه زیست‌توده	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده ۴- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۵- دانشگاه‌ها
	برگزاری و شرکت در کارگاه‌های تخصصی معتبر بین‌المللی در حوزه‌های طراحی، عملکرد و نصب فناوری‌های اولویت‌دار انرژی زیست‌توده	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده ۴- مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...) ۵- دانشگاه‌ها
	تدوین برنامه توسعه واحدها و رشته‌های دانشگاهی و ارائه پیشنهاد جهت ایجاد چندین رشته تحصیلی در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه انرژی زیست‌توده	۱- شورای عالی انقلاب فرهنگی ۲- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
	پیاده‌سازی برنامه توسعه واحدها و رشته‌های دانشگاهی و ارائه پیشنهاد جهت ایجاد چندین رشته تحصیلی در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه انرژی زیست‌توده	۱- شورای عالی انقلاب فرهنگی ۲- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
انتشار دانش	حمایت و برگزاری کنفرانس‌های ملی و بین‌المللی مرتبط با زیست‌توده	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- پژوهشگاه نیرو
	تدوین نظام مدیریت دانش	۱- شورای راهبردی بخش زیست‌توده ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
	پیاده‌سازی نظام مدیریت دانش	مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
جهت‌دهی به سیستم	تشکیل شورای راهبردی متشکل از ذینفعان و خبرگان بخش زیست‌توده در کشور به منظور حمایت و هدایت فعالیت‌های تحقیق و توسعه‌ای و همچنین ارزیابی، نظارت و به روز رسانی فعالیت‌های انجام شده	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- پژوهشگاه نیرو
	تأسیس مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده	۱- پژوهشگاه نیرو ۲- سانا
	رصد فناوری و ارزیابی سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های زیست‌توده	۱- شورای راهبردی بخش زیست‌توده ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده ۳- پژوهشگاه نیرو

کارکردها		اقدامات غیر فنی	مجری پیشنهادی
		به روز رسانی سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های زیست‌توده	پژوهشگاه نیرو
		تدوین سند توسعه بخش زیست‌توده	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- پژوهشگاه نیرو
		تعیین مکانیزم دقیق انتقال فناوری	۱- شورای راهبردی بخش زیست‌توده ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
		ایجاد بانک اطلاعاتی و شبکه متخصصین، دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های دانش بنیان، آزمایشگاه‌ها در زمینه انرژی زیست‌توده در کشور	مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
تأمین منابع	منابع مالی	تدوین سازوکار مناسب برای تخصیص منابع مالی دستگاه‌های دولتی و شورای آلی عتف و صندوق توسعه ملی در حوزه پژوهش	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا ۳- پژوهشگاه نیرو
		پیاده‌سازی سازوکار مناسب برای تخصیص منابع مالی دستگاه‌های دولتی و شورای آلی عتف و صندوق توسعه ملی در حوزه پژوهش	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- سانا
	منابع و سرمایه‌های انسانی	تدوین سازوکار مناسب برای جذب متخصصین مطرح بین‌المللی برای همکاری در بخش تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده ۳- سانا ۴- مراکز رشد ۵- مرکز توسعه فناوری صنعت برق
		پیاده‌سازی سازوکار مناسب برای جذب متخصصین مطرح بین‌المللی برای همکاری در بخش تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده ۳- شرکت‌های دانش بنیان
		برگزاری دوره‌های فنی و حرفه‌ای تخصصی به منظور تعیین نیروی تکنسین صنعتی و تعمیرات و نگهداری	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی تجدیدپذیر ۲- سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده ۴- سانا
		برگزاری دوره‌های تخصصی مشترک بین‌المللی برای متخصصین و تکنسین‌های داخلی	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی تجدیدپذیر ۲- سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده ۴- سانا ۵- دانشگاه‌ها
		رایزنی با شورای عالی گسترش وزارت علوم جهت تعریف و اجرای دوره‌های تخصصی کارشناسی	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- شورای راهبردی بخش زیست‌توده

کارکردها		اقدامات غیر فنی	مجری پیشنهادی
		ارشد و دکتری در حوزه زیست‌توده	۳- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
	زیرساخت	رایزنی با نهادهای ذیربط جهت تسهیل در اخذ مجوزهای مرتبط	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- شورای راهبردی بخش زیست‌توده ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده ۴- سانا
فاز توسعه			
کارآفرینی		تدوین دستورالعمل شناسایی شرکت‌های دانش‌بنیان در این حوزه و رایزنی با معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و شورای عالی عتف جهت اخذ حمایت‌های مالی و پشتیبانی برای این شرکت‌ها	ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر
		تدوین مکانیزم‌های جذب شرکت‌های بین‌المللی جهت ایجاد واحدهای تحقیق و توسعه خود در داخل کشور	۱- سانا ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
		برگزاری جشنواره‌های ملی به منظور حمایت از محققین و مخترعین	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
		حمایت از اساتید و دانشجویان این حوزه جهت تشکیل و راه‌اندازی شرکت‌های زایشی در دانشگاه‌ها	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده ۳- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ۴- وزارت کشور
توسعه دانش		هدایت تحقیقاتی دانشگاه‌ها به اولویت‌های ملی و نیازمندی‌های شرکت‌های دانش‌بنیان این حوزه	۱- سانا ۲- مراکز رشد ۳- مرکز توسعه فناوری صنعت برق ۴- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده ۵- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر
		برگزاری دوره‌های علمی روش‌های انتقال فناوری در این حوزه و تجربیات موفق داخلی و بین‌المللی	۱- سانا ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
شکل دهی بازار		ایجاد یک بازار مطمئن از طریق خرید دولتی از محصولات با کیفیت ساخت داخل	۱- وزارت نیرو ۲- سانا
		الزام دارندگان منابع اولیه زیست‌توده به تأمین بخشی از برق مورد نیاز خود از فناوری‌های بومی (تولید پراکنده)	۱- وزارت نیرو ۲- سانا
		تدوین مکانیزم‌های حمایتی به منظور ارائه تسهیلات برای احداث کنندگانی که از تجهیزات بومی (با کیفیت استاندارد) استفاده می‌کنند	۱- سانا ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده

کارکردها		اقدامات غیر فنی	مجری پیشنهادی
		بازنگری و تدقیق در تعرفه خرید تضمینی برق توسط دولت	۱- سانا ۲- توانیر
		تدوین و به روز رسانی استانداردهای دقیق، هوشمندانه و جامع در بخش‌های مختلف طراحی، ساخت، بهره‌برداری و تست فناوری‌های اولویت‌دار انرژی زیست‌توده	۱- سازمان ملی استاندارد ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
تأمین منابع	منابع مالی	تأمین وام‌های بلند مدت کم‌بهره برای صنعت‌گران در این حوزه از صندوق توسعه ملی	۱- سانا ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
		تعریف و اجرای مکانیزم هوشمندانه تعرفه گمرکی واردات تجهیزات فناوری‌های اولویت دار متناسب با توان بومی‌سازی آنها	وزارت کشور
		تدوین نظام‌نامه جذب سرمایه‌گذاری خارجی (به شرط انتقال فناوری)	۱- سانا ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
	منابع و مواد اولیه	ایجاد بستر حمایتی مناسب به منظور استفاده از زمین‌های حاشیه‌ای و آب‌های کم کیفیت	۱- سانا ۲- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده ۳- وزارت جهاد کشاورزی
		ترویج زراعت گیاهان مختص انرژی و کشت‌های فراسرزمینی	۱- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده ۲- وزارت جهاد کشاورزی
		وضع قوانین و آئین‌نامه‌های جدید و به روز رسانی قوانین موجود جهت تخصیص منابع زیست‌توده با هدف تولید انرژی	۱- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده ۲- وزارت جهاد کشاورزی ۳- وزارت کشور ۴- شورای راهبردی انرژی زیست‌توده ۵- سازمان مدیریت پسماند ۶- اتحادیه دامداران ایران
	منابع و سرمایه انسانی	تدوین استاندارد مشاغل فنی و حرفه‌ی به منظور تربیت نیروی انسانی فعال در صنعت زیست‌توده	۱- ستاد توسعه فناوری انرژی تجدیدپذیر ۲- سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور ۳- مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده ۴- سانا
مشروعیت‌بخشی		تهیه و انتشار نشریه تخصصی و عمومی در این حوزه	مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
		تهیه و تدوین برنامه آگاه‌سازی، ترویج و اطلاع‌رسانی عمومی	مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
		برگزاری نمایشگاه‌های اطلاع رسانی	مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
		برگزاری جشنواره‌های تقدیر از فعالان این حوزه	ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر – مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده

۴- فصل چهارم : ترسیم ره نگاشت

۴-۱- مقدمه

آخرین گام در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی تدوین ره نگاشت است. ره نگاشت نمایانگر ارکان اساسی فرآیند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی می‌باشد. نمایش کلیه سطوح راهبردی از چشم‌انداز تا فعالیت‌ها، تقدم و تأخر حاکم در سطوح مختلف به‌ویژه در سطح اقدامات، زمان‌بندی تحقق هر سطح به همراه منابع اختصاص یافته و در نهایت معرفی متولیان هر یک از سطوح اجزای تشکیل‌دهنده ره نگاشت می‌باشند.

۴-۲- ره نگاشت و چالش‌های پیش روی آن

همان گونه که در ابتدا عنوان شد تجربه انجام پروژه‌های تدوین برنامه استراتژیک در سازمان‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از این استراتژی‌ها یا هیچگاه پیاده نشده‌اند و یا در مسیر پیاده‌سازی با موانع زیادی روبرو شده‌اند. در بررسی علل این موضوع دو دلیل عمده قابل تأمل است. اول اینکه سازمان‌ها معمولاً با قابلیت‌های مدیریتی اداره می‌شوند.حال آن که پیاده‌سازی استراتژی در کنار توانمندی‌های مدیریتی نیازمند برنامه می‌باشد. دلیل دوم این امر، وجود شکافی است که بین لایه استراتژیک و لایه عملیاتی سازمان‌ها وجود دارد. آن چنان که در بسیاری از موارد، در حالی که استراتژی‌های ارزشمندی بر روی کاغذ آمده‌اند، تصمیمات و برنامه‌های اجرایی بدون توجه به استراتژی‌ها و سیاست‌ها به اجرا گذاشته می‌شود. هرچند این دو عامل تا اندازه زیادی با هم مرتبط است ولی فقدان یک ساز و کار مناسب برای تبدیل استراتژی به برنامه و اهداف عملیاتی و روزمره نیز یک علت اصلی در ایجاد این شرایط به شمار می‌آید. بنابراین مرحله پایانی (و یا یکی از مراحل پایانی) در فرایند برنامه‌ریزی استراتژیک، تدوین برنامه عملیاتی است که یکی از مهم‌ترین دستاوردها در این مرحله، تهیه نقشه راه می‌باشد که نمایانگر ارکان اساسی فرایند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی اصلی فرایند برنامه‌ریزی است. هر چند باید تأکید کرد که هیچ گاه ره نگاشت نمی‌تواند جای راهبر را بگیرد و کلید به کارگیری این الگو در پیاده‌سازی استراتژی قابلیت‌های هنرمندانه راهبری است. آنچنان که استفاده از فن‌ها و متدولوژی‌های تدوین و پیاده‌سازی استراتژی در فقدان قابلیت‌های

راهبری نمی‌تواند به تحول سازمانی منجر شود. نظر به اهمیت تهیه ره نگاشت در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی، در ادامه به ارائه تعاریف دقیق‌تری از ره نگاشت پرداخته و مؤلفه‌ها و شاخص‌های مورد توجه در تهیه ره نگاشت را بیان می‌کنیم.

تعاریف: در تلاش برای توصیف هر چه دقیق‌تر و کاربردی‌تر مفهوم ره نگاشت، تعاریف متعددی ارائه شده است.در تعریفی نسبتاً تفصیلی، ره نگاشت ابزار مناسبی جهت ایجاد ارتباط بین فعالیت‌های استراتژیک و طرح‌های کسب وکار سازمان محسوب می‌شود. همچنین تعاریف ذیل در تفسیر مفهوم ره نگاشت ارائه شده است:

الف) ره نگاشت ابزاری است برای ارتباط بین چشم‌انداز، ارزش‌ها و اهداف با اقدامات استراتژیکی که برای تحقق اهداف مورد نیاز است.

ب) ره نگاشت جدولی زمانی است که بخش‌های مختلف یک برنامه کاری را تعریف نموده و در عین حال سررسیدهایموجود در مسیر را نیز شامل می‌شود.

ج) ره نگاشت برنامه‌ای است برای شناسایی مسیر آینده که آنچه باید در آینده توسعه یابد را در بستر زمان نشان می‌دهد.

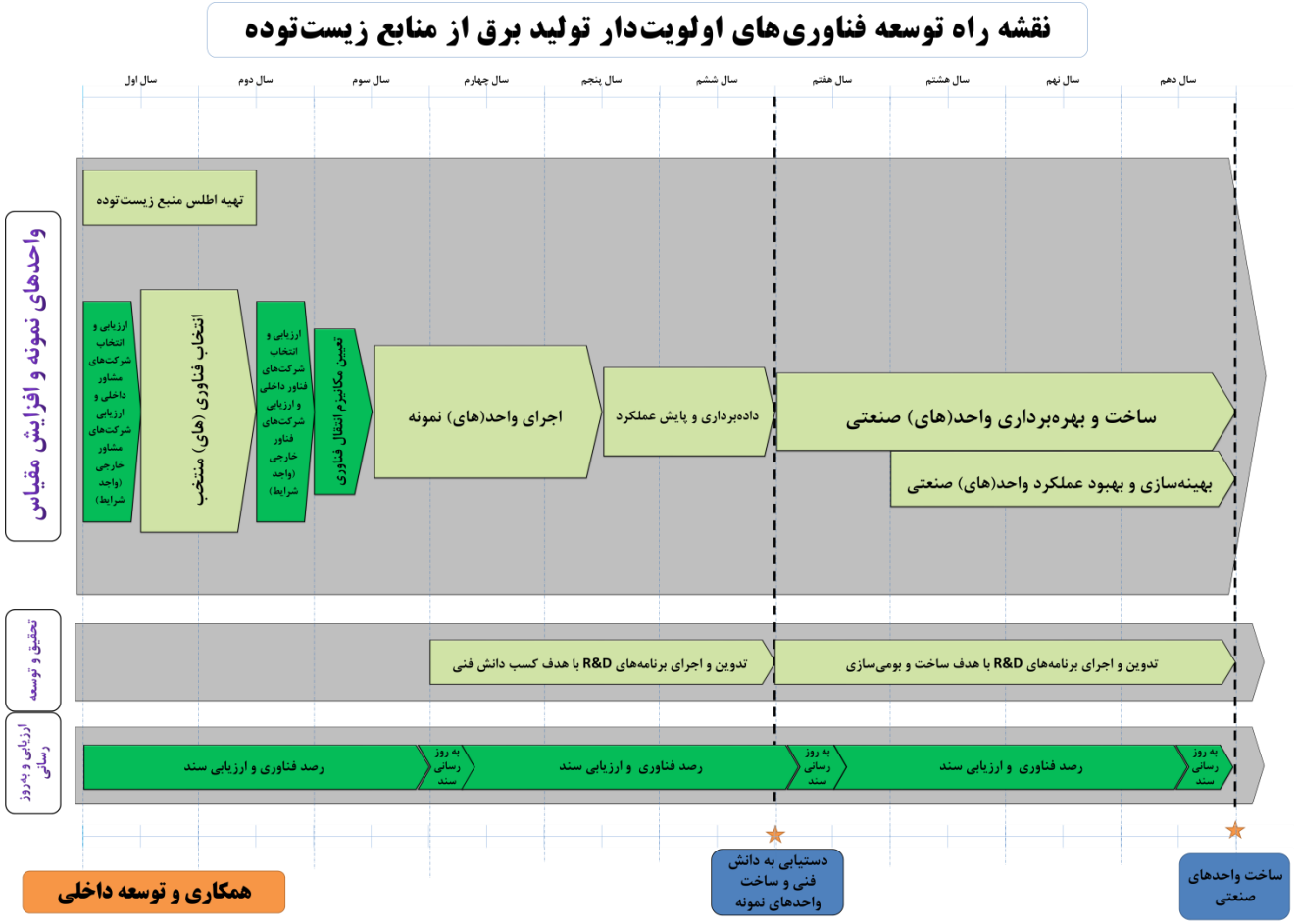
د) ره نگاشت آنچه را که باید در بین زمان‌های سررسید از زمان حال تا زمان تحقق هدف انجام شود نشان می‌دهد.

ه) ره نگاشت مجموعه‌ای است که شامل اهداف کمی و کیفی، استراتژی‌ها و تاکتیک‌ها (اقدامات، فعالیت‌ها و شاخص‌ها) بوده و بازه‌های زمانی و مجریان در نظر گرفته شده برای انجام این اقدامات را نشان می‌دهد.لذا برای رسیدن به هدف، ره نگاشت باید سطح مطلوب و مناسبی از جزئیات را در برگرفته تا در مجموع ابزار توانمندی را برای هدایت فعالیت‌ها در طول زمان در اختیار مدیران سازمان قرار دهد.

اگر چه برخی تعاریف کارکردهایی همچون توجیه اقتصادی اقدامات و معرفی پیچیدگی‌های موجود بین زیرسیستم‌های زیرساخت‌ها را نیز از مؤلفه‌های یک ره نگاشت می‌دانند، اما برخی تعاریف سعی در هر چه واقعی‌تر کردن انتظارات کاربران از کارکردهای ره نگاشت دارند و بیان می‌کنند همان‌طور که ره نگاشت نباید درصدد تشریح استراتژی‌ها برآید، نباید به صورت جزیی به تشریح زیر ساخت‌های فنی لازم در پیاده‌سازی یک فناوری اشاره کنند [۵].

در یک جمع‌بندی، می‌توان این‌گونه بیان نمود که ره نگاشت، نمایش کلانی از روش پیمودن مسیر تحقق اهداف را در زمان مشخص بیان می‌کند. اگر چه استفاده از مشخصه‌هایی همچون شاخص تحقق اقدام، مجری و نقاط خاص موجود در مسیر، به توصیف هر چه روشن‌تر این مسیر کمک می‌کند. لذا به نظر می‌رسد در نخستین گام، ترسیم گام‌های اصلی در مسیر پیاده‌سازی استراتژی لازم و ضروری است.

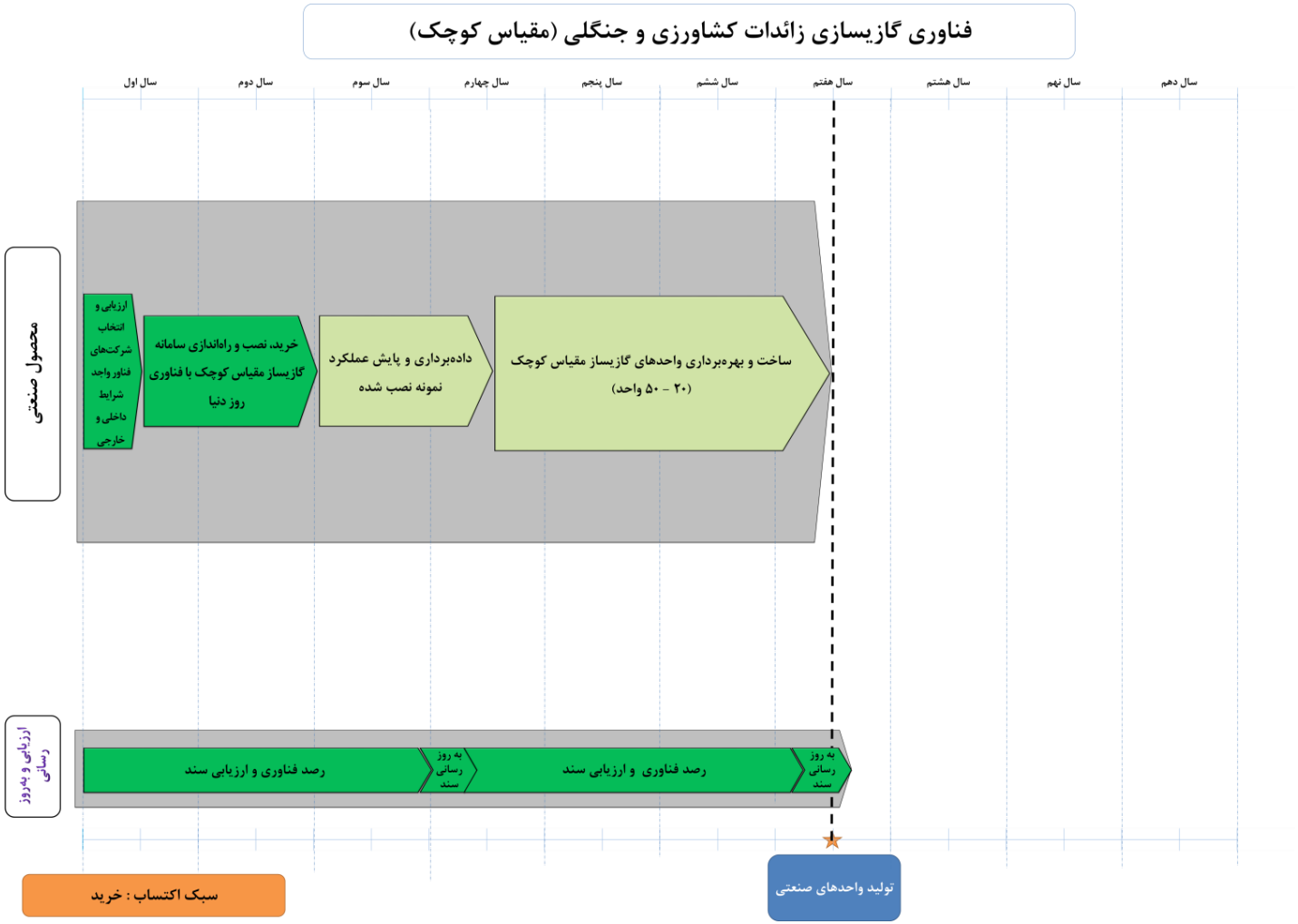
با توجه به موارد ذکر شده در بخش‌های قبل، ره نگاشت‌های توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زیست توده در افق زمانی ۱۰ ساله ترسیم شده است. همچنین شناسنامه پروژه‌ها به تفکیک هر یک از بخش‌ها به پیوست آورده شده است.



شکل ۴-۱ نقشه راه فناوری‌های اولویت‌دار تولید برق از منابع زیست‌توده بر اساس سبک اکتساب همکاری و توسعه داخلی

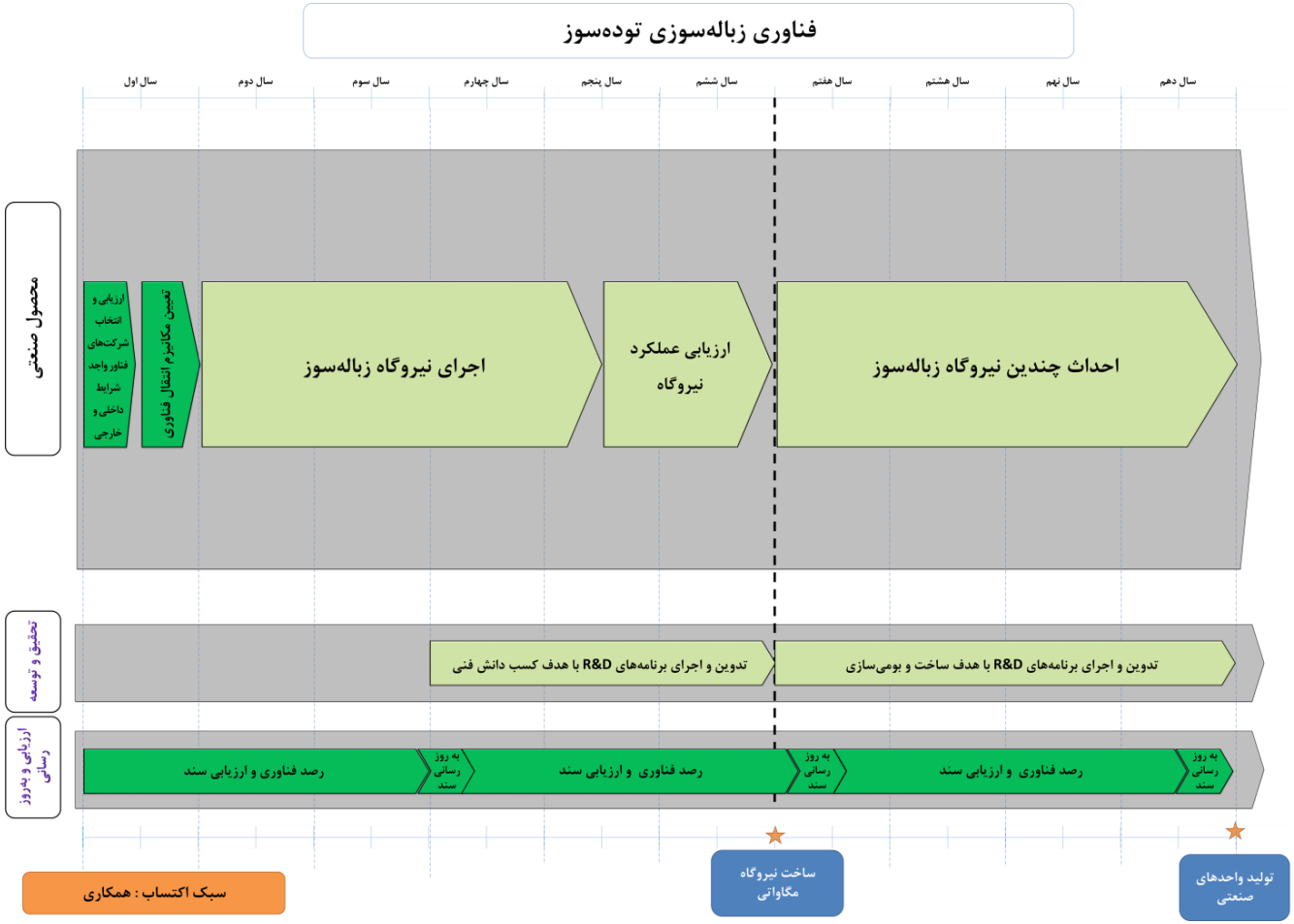
شکل ۴-۲ نقشه راه پروژه‌های تحقیقاتی و تحقیق و توسعه‌ای انواع هاضم بیهوازی

شکل ۴-۳ نقشه راه پروژه‌های تحقیقاتی و تحقیق و توسعه‌ای انواع فناوری گازیسازی

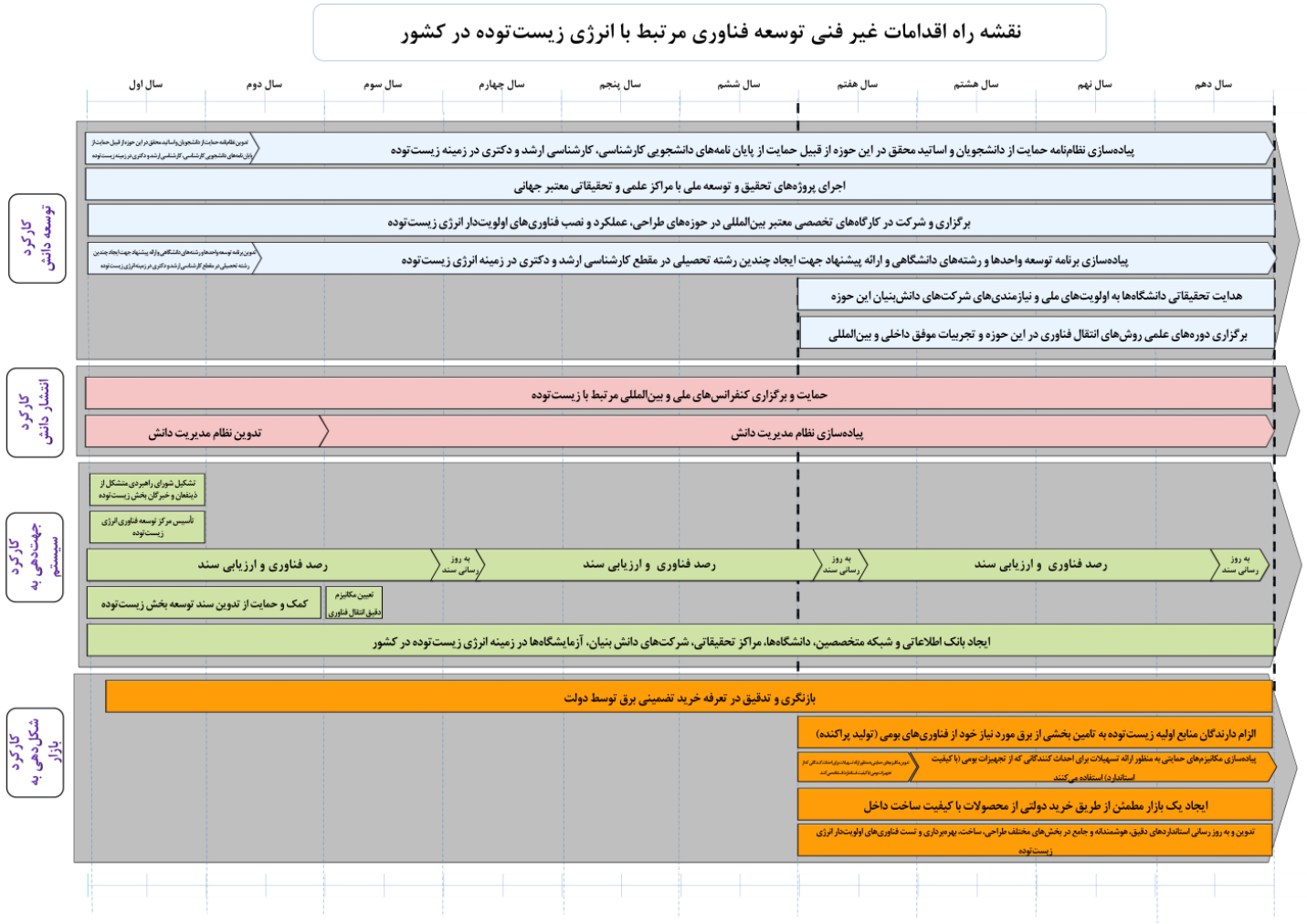


شکل ۴-۴ نقشه راه فناوری گازیسازی زائدات کشاورزی و جنگلی (مقیاس کوچک)

شکل ۴-۵ نقشه راه پروژه‌های تحقیقاتی و تحقیق و توسعه‌ای فناوری زباله‌سوزی



شکل ۴-۶ نقشه راه فناوری زباله‌سوزی توده‌سوز



شکل ۴-۷ نقشه راه اقدامات غیر فنی توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست توده در کشور (کارکردهای توسعه دانش، انتشار دانش، جهت‌دهی به سیستم و شکل‌دهی به بازار)

شکل ۴-۸ نقشه راه اقدامات غیر فنی توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست توده در کشور (کارکردهای تأمین منابع، کارآفرینی و مشروعیت‌بخشی)

منابع

۱- باقریان، محمد؛ مفاهیم و چارچوب مدیریت راهبردی با نگرش‌های بومی. تهران، مرکز آموزش مدیریت دولتی، ۱۳۷۹.

۲- پیرس و رابینسون؛ برنامه‌ریزی و مدیریت راهبردی. ترجمه دکتر سهراب خلیلی شورینی، ۱۳۸۳.

۳- قاضی‌نوری، سپهر؛ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی علم و فناوری (مطالعه موردی نانوفناوری در ایران). کمیته مطالعات سیاست نانوفناوری، دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری، تهران، ۱۳۸۱.

4- Colebatch H.K., 2002.Policy.Second edition, Open University Press, Buckingham.

5- Faulhaber G.R., 2000. Emerging technologies and public policy: in Wharton on managingemerging technologies, ed. G.S. Day, P.J.H. Schoemaker and R.E. Gunther, John Wiley & Sons, Inc., New York.

6- Bemelmans-Videc, M-L., Rist, R., Vedung, E., 2007. Carrots, Sticks & Sermons: Policy instruments and their evaluation, New Jersey: Transaction Publisher, New Brunswick.

7- EU (European Union), 2011. Evaluation-General Issues, Available from www.funduszestrukturalne.gov.pl

8- Klessman, C, 2009. The evaluation of flexibility mechanisms for achieving European renewable energy targets 2020-ex-ant evaluation of principle mechanisms. Energy Policy, 37, pp. 4966-4976.

9- Hiriart, Y., Martimortm, D., Pouyet, J., 2010. The public management of risk: Separating ex ant and ex post monitors. Journal of Public Economic. 94, pp. 1008-1019

فهرست

۱- فصل اول: ارزیابی سیاست و هم‌راستایی ارزیابی با اهداف و برنامه ها ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- ارزیابی سیاست ۳

۱-۳- همراستایی ارزیابی با اقدامات و برنامهها ۵

۲- فصل دوم: قالب‌های ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات ۹

۲-۱- مقدمه ۱۰

۲-۲- مقایسه وضعیت قبل و بعد از برنامه ۱۰

۲-۳- مقایسه روند گذشته و وضعیت بعد برنامه ۱۰

۲-۴- مقایسه وضعیت در دو حالت بود یا نبود برنامه ۱۱

۲-۴-۱- مقایسه وضعیت گروه‌های کنترل و آزمایشی قبل و بعد از اجرای برنامه ۱۱

۳- فصل سوم: گام‌های عمومی ارزیابی سیاست و انواع روشهای ارزیابی ۱۳

۳-۱- مقدمه ۱۴

۳-۱-۱- پیمایش نوآوری ۱۵

۳-۱-۲- مدل‌های اقتصادسنجی: مدلسازی اقتصاد کلان و شبیه‌سازی ۱۸

۳-۱-۲-۱- شرایط استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی کلان ۱۹

۳-۱-۲-۲- مراحل استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی ۲۰

۳-۱-۳- مدل‌های اقتصادسنجی: مدل‌های اقتصادسنجی خرد ۲۲

۳-۱-۳-۱- شرایط استفاده از روش اقتصاد سنجی خرد ۲۳

۳-۱-۳-۲- مراحل پیاده‌سازی مدل ۲۳
۳-۱-۳-۳- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۴
۳-۱-۴- مدل‌های اقتصادسنجی: اندازه‌گیری بهره‌وری ۲۵
۳-۱-۴-۱- روش انجام ۲۵
۳-۱-۴-۲- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۶
۳-۱-۵- ارزیابی توسط خبرگان ۲۶
۳-۱-۵-۱- شرایط استفاده از خبرگان ۲۷
۳-۱-۵-۲- مراحل انجام روش استفاده از خبرگان ۲۷
۳-۱-۵-۳- داده‌های مورد نیاز ۲۸
۳-۱-۵-۴- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۸
۳-۱-۶- مطالعه میدانی و مطالعه موردی ۲۹
۴- فصل چهارم: جمع‌بندی و ارائه روش پیشنهادی برای ارزیابی ۳۰
۴-۱- مقدمه ۳۱
۴-۲- تدوین شاخصهای ارزیابی کارایی و اثربخشی ۳۱
۴-۳- تدوین مکانیزم ارزیابی ۳۲
۴-۴- تدوین ساختار نظارت و به روز رسانی ۳۴
۵- فصل پنجم: فرایند ارزیابی فناوری‌های تولید برق از زیستتوده در کشور ۳۶
۵-۱- مقدمه ۳۷
۵-۲- تدوین شاخصهای عملکردی و اثربخشی ۳۷
5-3- تدوین شاخصهای عملکردی ۵۵

۵-۴- تدوین ساختار نظارت، به روزرسانی و مکانیزم ارزیابی ۵۸

۵-۴-۱- مکانیزم عملکرد ۵۹

۵-۵- نتیجه گیری ۶۰

منابع ۶۱

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ منطق ارزیابی اهداف و سیاست‌ها ۶

شکل ۱-۲ مدل منطقی ارزیابی ۷

شکل ۲-۱ قالب‌های تحلیل تأثیرات سیاست (Dye, 1992) ۱۲

فهرست جداول

جدول ۴-۱ ویژگی‌های روش‌های ارزیابی ۳۲

جدول ۵-۱ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد هاضم فضولات دامی ۳۹

جدول ۵-۲ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فناوری هاضم زباله شهری ۴۰

جدول ۵-۳ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فناوری گازیساز زباله شهری ۴۱

جدول ۵-۴ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فناوری گازیساز بزرگ مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی.... ۴۳

جدول ۵-۵ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فناوری گازیساز کوچک مقیاس زائدات زائدات کشاورزی و جنگلی ۴۴

جدول ۵-۶ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فناوری گازیساز بزرگ مقیاس لجن فاضلاب شهری..... ۴۵

جدول ۵-۷ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فناوری زباله‌سوزی توده‌سوز ۴۷

جدول ۵-۸ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فعالیت‌های تحقیقاتی و تحقیق و توسعه‌ای هاضم بیهوازی ۴۷

جدول ۵-۹ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فعالیت‌های تحقیقاتی و تحقیق و توسعه‌ای گازیسازی ۴۹

جدول ۵-۱۰ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فعالیت‌های تحقیقاتی و تحقیق و توسعه‌ای زباله‌سوزی..... ۵۰

جدول ۵-۱۱ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد اقدامات غیر فنی مشترک ۵۱

جدول ۵-۱۲ شاخص‌های کلیدی اهداف کلان و چشم‌انداز ۵۶

جدول ۵-۱۳ شاخص‌های کلیدی اهداف کلان و چشم‌انداز ۵۷

۱- فصل اول: ارزیابی سیاست و هم‌راستایی ارزیابی با اهداف و برنامه‌ها

۱-۱- مقدمه

"تحلیل تأثیرات[1]" (که در جایگاه پس‌ارزیابی قرار می‌گیرد) حوزه‌ای از مطالعات سیاستی است که به بررسی تأثیرات و پیامدهای واقعی یک سیاست می‌پردازد. تحلیل تأثیرات یا همان پس‌ارزیابی سیاست‌ها و برنامه‌ها را می‌توان به‌صورت زیر تعریف کرد: "تعیین میزان تأثیرات یک مجموعه هدایت شده از فعالیت‌های بشری بر وضعیت اهداف یا پدیده‌های مورد نظر و تعیین علت کم یا زیاد بودن این تأثیرات" [۱]. در نگاهی تخصصی‌تر، پس‌ارزیابی، ارزیابی اثربخشی کلی یک برنامه ملی در راستای اهداف و یا ارزیابی اثربخشی نسبی دو یا چند برنامه است. پس‌ارزیابی سیاست، یک تحقیق عملیاتی، نظام‌مند و هدفمند بر روی تأثیرات یک سیاست، اقدام، برنامه یا پیامدهای آن بر حسب اهدافی است که در جهت رسیدن به آن است.

در همین راستا، به منظور اینکه در یک سند راهبرد ملی توسعه فناوری‌های راهبردی، بتوان به درستی شاخص‌های عملکردی و اثربخشی، مکانیزم ارزیابی و ساختار نظارت و به روز رسانی را تدوین نمود، لازم است تا روش پس‌ارزیابی را پیش‌بینی نمود و بر اساس آن موارد فوق تدوین گردند. لذا در ادامه، ابتدا مفهوم تحلیل تأثیرات و ارزیابی سیاست‌ها تشریح می‌گردد و روش‌های انجام آن‌ها به صورت مختصر توضیح داده می‌گردد و سپس در انتها با ارائه یک جمع‌بندی، روش‌شناسی پیشنهادی برای بخش پایش و ارزیابی ارائه می‌شود.

تحلیل تأثیرات بخشی از حوزه بزرگتری از مطالعات سیاسی یعنی "ارزیابی سیاست[2] " است. ارزیابی سیاست نیز همچون بسیاری از مفاهیم مربوط به مطالعات سیاستی دارای تعاریف مختلف است که در ادامه بدان پرداخته می‌شود. در ادامه مفهوم هم راستایی ارزیابی با اهداف و برنامه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

[1] Impact analysis
[2] Program evaluation

۱-۲- ارزیابی سیاست

تعاریف ارائه شده برای ارزیابی سیاست عبارتند از :

" تلاش برای درک تأثیر رفتار انسان و به ویژه ارزش‌یابی تأثیرات یک برنامه خاص بر جنبه‌هایی از رفتار که به عنوان اهداف این مداخله منظور شده است" [۲].

" ارزیابی اثربخشی یک برنامه ملی در تحقق اهداف خود یا ارزیابی اثربخشی نسبی دو یا چند برنامه در تحقق اهداف مشترک خود" [۳].

" ارزیابی نظام‌مند عملیات و/یا نتایج یک برنامه یا سیاست در مقایسه با مجموعه‌ای از استانداردهای صریح یا ضمنی به عنوان راهی برای کمک به بهبود آن برنامه یا سیاست" [۴].

آنچه در همه تعاریف ارزیابی سیاست مشترک است و آنچه ارزیابی سیاست را از سایر مطالعات سیاستی متفاوت می‌سازد، تمرکز آن بر پیامدهای واقعی ناشی از اجرای سیاست یا برنامه و یا قضاوت در مورد این پیامدها بر مبنای نوعی ملاک (هنجاری) است [۵]. ارزیابی سیاست، یک فعالیت هنجاری است که در آن آنچه هست با آنچه باید باشد مقایسه می‌شود. بنابراین، ارزیابی سیاست به معنای تعیین ارزش یک سیاست یا برنامه بر مبنای تعدادی معیار است؛ و تلاشی سیستماتیک برای تعیین "خوبی" یا "ارزشمندی" آن‌هاست. البته باید توجه داشت که افراد ارزیاب سیاست‌ها و اهداف از تمامی روش‌های علوم اجتماعی (و به‌ویژه روش‌های کمی) استفاده می‌کنند. با این حال، ارزیابی سیاست فاقد ساختار یافتگی است.

تقاضا برای ارزیابی سیاست، امری فراگیر است که هم در بخش عمومی و هم در بخش خصوصی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ارزیابی می‌تواند به شکل‌های مختلفی از مطالعات آکادمیک و گزارش‌های مشاوران مدیریت گرفته تا بازنگری‌های رسمی توسط نهادهای دولتی و مدیران برنامه‌ها انجام شود. بر این اساس، منطقی است که حوزه ارزیابی سیاست بیشتر به عنوان یک حوزه کاربردی تلقی شود تا یک حوزه آکادمیک. بسیاری از مؤلفان به این موضوع اشاره کرده‌اند. مثلاً ویس[1] (۱۹۹۸) به این نکته پرداخته است که جهت‌گیری ارزیابی سیاست بیشتر به سمت بهبود و اصلاح سیاست است تا تولید دانش عمومی و اگر دانشی هم به این ترتیب تولید شود غالباً خاص برنامه و سیاست مورد نظر است و معمولاً قابل تعمیم به سیاست‌ها و برنامه‌های مختلف نیست.

[1] Weiss

هر چند ارزیابی سیاست دارای چند مفهوم محوری است، ولی از سوی دیگر موضوعی متغیر و فاقد مرزهای روشن است که می‌توان برای افراد مختلف معانی متفاوتی داشته باشد. تحت عنوان ارزیابی سیاست چندین رویکرد مفهومی مجزا وجود دارد که از "تحلیل تأثیر" فراتر می‌روند. متأسفانه هیچ تعریفی از قلمرو و زیرشاخه‌های ارزیابی سیاست که مقبولیت عمومی داشته باشد وجود ندارد. البته برخی محققان همچون اسمیت و لیکاری[1] (۲۰۰۷) تلاش کرده‌اند دسته‌بندی‌هایی ارائه کرده و به این موضوع نظم دهند.

تحلیل تأثیرات همیشه حول سه محور انجام می‌شود:

مسئله (یا مشکل)، فعالیت و نتیجه مورد نظر. مسئله عبارت است از نتیجه یا شرایطی که رضایت‌بخش نباشد و انتظار رود که بدون دخالت از طریق یک برنامه یا سیاست عمومی کماکان نامناسب باقی بماند. فعالیت عبارت است از رویدادی که توسط انسان هدایت می‌شود و سیاست را تشکیل می‌دهد؛ یعنی اقداماتی که زیر نظر دولت برای برخورد با یک مسئله انجام می‌شوند. نتیجه مورد نظر عبارت است از متغیری که برای ارزیابی تأثیر (پیامد) یک سیاست عملاً سنجیده می‌شود [۱].

بنابراین، تحلیل تأثیرات با پاسخ نظام‌مند به این سوال که "چه کاری انجام شده است؟" سر و کار دارد و این کار را با شناسایی و سنجش نتیجه مورد نظر و آزمون عملی رابطه آن با سیاست یا برنامه مورد نظر انجام می‌دهد. این موضوع از نظر تئوری ساده به نظر می‌رسد، ولی در عمل می‌تواند دشوار باشد. مثلاً تحلیل تأثیرات به شدت به نحوه انتخاب "متغیر وابسته" بستگی دارد که همان نتیجه مورد انتظار است. نتیجه مورد انتظار باید دو کارکرد کلیدی داشته باشد. اول اینکه باید جنبه‌ای از مسئله را عملیاتی سازد[2] و دوم اینکه باید متغیری باشد که بتوان بین آن و برنامه/ سیاست رابطه علی برقرار کرد.

یکی از مسائلی که سیاست‌گذاری عمومی به‌طور عام و تحلیل تأثیرات به طور خاص با آن رو به رو است، موضوع هنجارها و ملاحظات هنجاری است. در بسیاری از موارد، اهداف سیاست‌های اتخاذ شده چندان روشن نیستند و در نتیجه، ذینفعان مختلف اهداف مختلفی را به یک سیاست واحد نسبت می‌دهند. حتی ممکن است باورهای متفاوتی نسبت به روابط علی بین "وسیله" و "هدف" وجود داشته باشد و این باورهای متفاوت، معانی سیاسی متفاوتی داشته باشند. از سوی دیگر، قضاوت در مورد اینکه سیاستی موفق بوده یا شکست خورده مستلزم این است که ابتدا مشخص شود کدام اهداف سیاست و چگونه باید مورد سنجش قرار گیرند. در بسیاری از موارد، همین انتخاب به تنهایی می‌تواند نتیجه ارزیابی را تغییر دهد. مثلاً اگر در زمینه سیاست‌های آموزشی بخواهیم عملکرد آموزشی را مورد سنجش قرار دهیم و مشخص کنیم که آیا یک سیاست خاص به اهداف خود رسیده

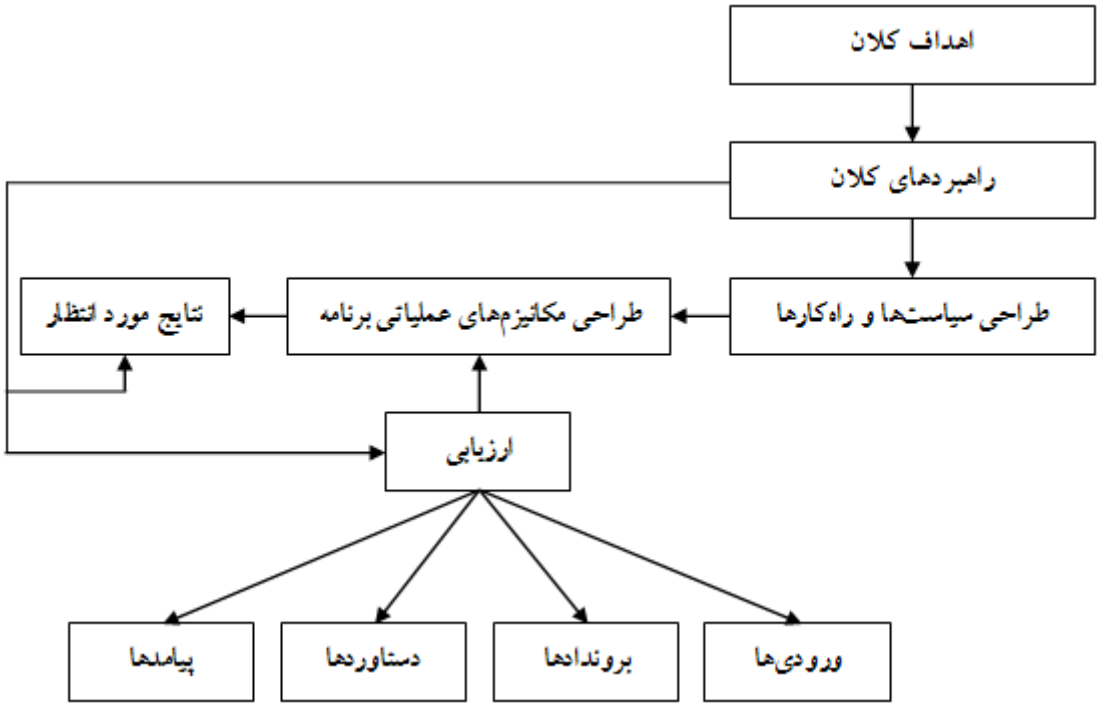
[1] Smith & Licari
[2] Operationalize

است یا خیر، استفاده از روش‌هایی مثل تست‌های استاندارد، نرخ فارغ‌التحصیلان و امثال این‌ها می‌توانند نتایج کاملاً متناقضی را نشان دهند [۶].

۱-۳- هم‌راستایی ارزیابی با اقدامات و برنامه‌ها

ارزیابی هنگامی اثر بخش خواهد بود که هم‌راستا و منطبق با مأموریت و اهداف برنامه انجام پذیرد. همان طور که در شکل زیر دیده می‌شود، ابتدا می‌بایست اهداف کلانی را که برنامه به‌دنبال آن‌هاست، استخراج نمود. سپس باید مشخص شود برنامه از چه راهبردی برای تحقق این اهداف استفاده می‌کند. در طراحی مکانیزم‌های عملیاتی یک برنامه سیاستی، مشخص می‌شود چه ورودی‌هایی به چه برون‌دادها[۱]، دستاوردها[۲] و پیامدهایی[۳] تبدیل می‌شوند. بنابراین تمرکز اصلی ارزیابی بر همین مؤلفه‌ها می‌باشد. بازخوردهای ارزیابی هم می‌تواند به بهبود مکانیزم‌های عملیاتی منجر شود و هم اصلاح راهبردهای برنامه را به دنبال داشته باشد.

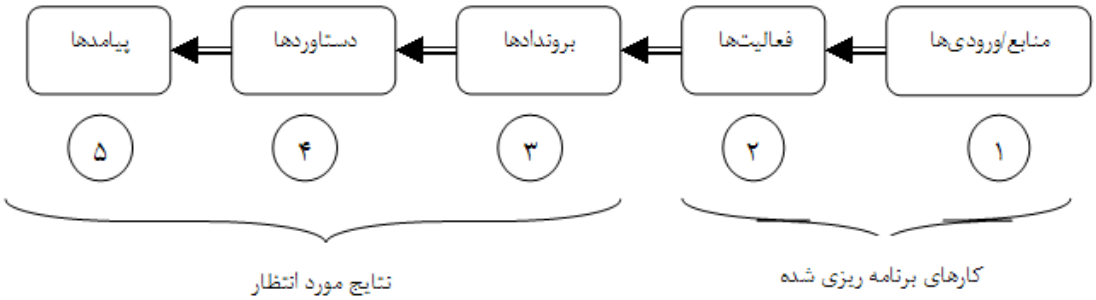
[1]Outputs
[2]Results
[3]Outcomes



شکل ۱-۱ منطق ارزیابی اهداف و سیاست‌ها

یکی از مفاهیمی که در ادبیات سیاست‌گذاری برای رعایت ارتباط ورودی‌ها، برون‌دادها، دستاوردها و پیامدها بـه دفعـات مـورد استفاده قرار می گیرد "مدل منطقی[1]" است. مدل منطقی نه تنها در طراحی سیاست مورد استفاده قرار می‌گیرد، بلکه می توان از آن برای ارزیابی سیاست نیز استفاده نمود. علی‌رغم کاربردهای گسترده، این مدل بر منطقی روشن و ساده استوار اسـت. بـه طور کلی، مدل منطقی روشی نظام‌مند و تصویری[2] است که برای ارائه و انتقال درک از ارتباط میان منابعی که در برنامه مـورد استفاده قرار گرفته، فعالیت‌هایی که برنامه‌ریزی شده و تغییرات و نتایجی که رسیدن به آن‌ها دنبال می‌شود، به‌کار می‌رود.

[1]Logic model
[2]Visual



شکل ۱-۲ مدل منطقی ارزیابی

اغلب مدل‌های منطقی، تصویری است از نحوه کار برنامه. این مدل از کلمات و تصاویر برای تشریح توالی فعالیت‌ها و ارتباط آنها با نتایج مورد انتظار برنامه استفاده می‌کند. مؤلفه‌های اصلی یک مدل منطقی را می‌توان در دو گروه اصلی " کارهای برنامه‌ریزی شده " و " نتایج مورد انتظار " و در پنج گام متوالی شرح داد:

کارهای برنامه‌ریزی شده: به تشریح منابعی که گمان می‌رود برای اجرای برنامه نیاز هستند و فعالیت‌هایی که قصد انجام آنها وجود دارد، می پردازد.

منابع: عبارتند از منابع انسانی، مالی، سازمانی و ارتباطی که برای انجام برنامه مورد نیاز می باشند. در برخی منابع از آنها به عنوان "ورودی" نیز نام برده شده است.

فعالیت‌های برنامه: عبارتند از فرآیندها، ابزارها، رخدادها، فناوری و اقداماتی که بصورت آگاهانه و در راستای نیل به نتایج و یا تغییرات مورد انتظار صورت می پذیرند.

نتایج مورد انتظار: عبارتند از کلیه نتایج مطلوب برنامه شامل برون‌دادها، دستاوردها و پیامدها.

برون‌دادها: محصولات مستقیم فعالیت‌های برنامه‌اند و ممکن است شامل انواع، سطوح و اهدافی از خدمات باشند که توسط برنامه ارائه می شود.

دستاوردها: عبارت است از تغییرات در رفتار، دانش، مهارت، وضعیت و سطح کارکرد افرادی که در برنامه مشارکت دارند. دستاوردها می توانند به دو گروه کوتاه‌مدت و بلندمدت تقسیم شوند. دستاوردهای کوتاه‌مدت در بازه ۱ تا ۳ سال محقق می‌شوند؛ حال آنکه دستاوردهای بلندمدت ۴ تا ۶ سال زمان نیاز دارند. "پیامدهای" دستاوردهای کوتاه مدت در بازه ۷ تا ۱۰ سال خود را نشان می دهند.

پیامدها: عبارتند از خواسته‌های اساسی و یا تغییرات ناخواسته‌ای که در سازمان، جامعه یا سیستم بر اثر اجرای برنامه در مدت ۷ تا ۱۰ سال اتفاق می افتد [۷].

۲- فصل دوم: قالب‌های ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات

۲-۱- مقدمه

ارزیابی نظام‌مند سیاست‌ها و تحلیل تأثیرات آن‌ها مشتمل بر مقایسه است، مقایسه‌ای به منظور یافتن تغییرات به وجود آمده در اثر برنامه‌های سیاستی. این مقایسه در حالت ایده‌آل باید به اندازه‌گیری تفاوت بین اتفاقات به وقوع پیوسته، با اتفاقاتی بپردازد که در صورتی اجرا نشدن برنامه‌ها پدید می‌آمد. اندازه‌گیری اتفاقات به وقوع پیوسته در شرایط بعد از اعمال برنامه‌ها دشوار نیست. مشکل اصلی در برآورد وضعیت در صورت به اجرا درنیامدن برنامه‌ها و مقایسه دو وضعیت باهم است. این تفاوت باید ناظر بر اعمال برنامه‌ها باشد و نه سایر تغییراتی که به طور همزمان در جامعه به وقوع پیوسته است. با توجه به اهمیت این موضوع، چهار قالب کلی برای ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات در نظر می‌گیرند.

۲-۲- مقایسه وضعیت قبل و بعد از برنامه[1]

یکی از رایج‌ترین قالب‌های تحلیل سیاست‌ها و برنامه‌ها، استفاده از نوع مقایسه قبل با بعد است. در این قالب، وضعیت در دو نقطه یکی قبل از اجرای برنامه‌ها و دیگری بعد از اجرای آن‌ها مورد مقایسه با هم قرار می‌گیرند. گروه‌های هدف در تحلیل تأثیرات مقایسه‌ای قبل و بعد جایگاه محوری دارند. در این حالت، اگرچه فرآیند دستیابی به تأثیر سیاست‌ها کوتاه و آسان است، اما نمی‌توان به راحتی و با اطمینان مشخص نمود که تا چه حد نتایج حاصل از اعمال برنامه‌ها و سیاست‌ها ناشی شده‌اند و تا چه اثر سایر تغییرات محیطی هم‌زمان در جامعه بوده‌اند.

۲-۳- مقایسه روند گذشته و وضعیت بعد برنامه[2]

[1]Before-after comparison
[2]Project trend line versus postprogram comparisons

برآورد بهتری از آنچه در اثر اجرای یک برنامه به‌وقوع پیوسته را می‌توان با مقایسه روند وضعیت گذشته در زمان حاضر (پس از اجرای برنامه‌های سیاستی) به دست آورد. سپس با مقایسه این حالت تصویر شده از گذشته با شرایط پدید آمده پس از اجرای واقعی برنامه‌ها می‌توان به تحلیل تأثیرات سیاست‌ها رسید. در این روش لازم است تا برای ترسیم روند وضعیت از گذشته تا به زمان اجرای سیاست‌ها، اطلاعات راجع به گروه‌های هدف در بازه‌های زمانی مختلف گردآوری شود. این قالب از حالت مقایسه قبل و بعد بهتر بوده و نتایج دقیق‌تری را فراهم می‌آورد، اما نیازمند تلاش بیشتر در فرآیند ارزیابی است.

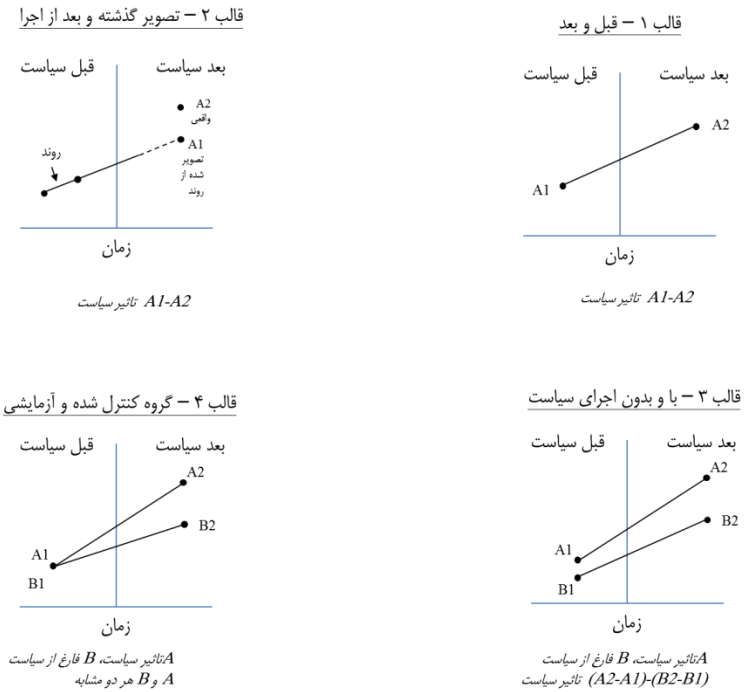
۲-۴- مقایسه وضعیت در دو حالت بود یا نبود برنامه[1]

روش رایج دیگر برای ارزیابی، مقایسه میان وضعیت بخش‌هایی است که تحت تأثیر سیاست مورد نظر قرار گرفته‌اند یا سایر بخش‌ها (شهرها، کشورها) است. در این حالت، مقایسه تنها در زمان بعد از اجرای برنامه‌های سیاستی انجام می‌شود، اما میان دو بخش مختلف (تحت تأثیر سیاست و فارغ از آن). همچنین به‌منظور افزودن بر دقت این قالب، تحلیل تأثیرات می‌توان وضعیت گذشته (قبل اجرای برنامه) را در هر دو بخش مشاهده نمود و تفاوت آن‌ها را درک کرد. سپس با اجرای برنامه و مقایسه دوباره میان وضعیت دو بخش، می‌توان به‌روشنی دریافت که چه حدی از تفاوت میان وضعیت دو بخش به دلیل اعمال برنامه سیاستی بوده و چه حدی مرتبط با تفاوت در ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی بخش‌های مورد مطالعه.

۲-۴-۱- مقایسه وضعیت گروه‌های کنترل و آزمایشی قبل و بعد از اجرای برنامه

این قالب از تحلیل تأثیرات به عنوان یک روش مرسوم مشتمل بر انتخاب دو گروه تحت کنترل و آزمایشی است که از همه لحاظ به هم شبیه هستند، اما در یکی از آن‌ها (گروه آزمایشی) برنامه سیاستی اجرا شده ولی در دیگری خیر. در این حالت، مقایسه وضعیت دو گروه بعد از اجرای سیاست در یکی از آن‌ها می‌تواند به طور دقیق بیان‌کننده تأثیرات سیاست‌ها باشد. این قالب، دقیق‌ترین نتایج ارزیابی سیاست‌ها را در میان سایر روش‌ها به همراه می‌آورد.

[1]Comparsions between jurisdictions with and without programs



شکل ۲–۱ قالب‌های تحلیل تأثیرات سیاست (Dye, 1992)

۳- فصل سوم: گام‌های عمومی ارزیابی

سیاست و انواع روش‌های ارزیابی

۳-۱- مقدمه

فارغ از نوع و روش ارزیابی و درجه پیچیدگی آن، به صورت کلی مراحل انجام یک ارزیابی را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

- تعیین اهداف و مخاطبان (ذینفعان ارزیابی)
- طراحی سؤالات و فرضیات ارزیابی
- مشخص‌کردن منابع در دسترس، زمان لازم و سطح مناسب تلاشی که می‌بایست صورت پذیرد
- انتخاب روش(های) ارزیابی و تجزیه و تحلیل
- انتخاب و یا طراحی مدل مناسب ارزیابی و رویکرد جمع‌آوری اطلاعات
- جمع‌آوری و ترکیب اطلاعات
- تجزیه و تحلیل و تفسیر اطلاعات
- تدوین گزارش ارزیابی
- ارائه و انتشار نتایج

در میان این‌گام‌ها، انتخاب روش ارزیابی و تحلیل به عنوان محور اصلی در ارزیابی و پایش سیاست‌ها و برنامه‌ها قرار می‌گیرد. روش‌های متنوعی برای ارزیابی وجود دارد که در عین داشتن مشابهت‌هایی، هر کدام مزایا و معایب مخصوص به خود را دارا می‌باشند. هر کدام از این روش‌ها برای اهداف خاصی طراحی شده‌اند. به عنوان مثال برخی از آن‌ها برای ارزیابی در مراحل اولیه یک برنامه مناسب‌اند و برخی دیگر برای ارزیابی در مراحل انتهایی برنامه به کار می‌آیند. بنابراین حتی ممکن است برای یک برنامه با گذشت زمان، از روش‌های متعدد ارزیابی استفاده شود.

از منظر زمانی، روش‌های ارزیابی به دو دسته کلی ارزیابی پیش از پیاده‌سازی و ارزیابی در حین و پس از پیاده‌سازی تقسیم می‌شوند. همچنین از منظر روش تحقیق، روش‌های ارزیابی را می‌توان به سه دسته روش‌های کمی، آماری، روش‌های مدلسازی و روش‌های کیفی تقسیم‌بندی کرد. در روش‌های کمی و آماری مانند پیمایش، با انجام تحلیل‌های آماری بر روی داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده، ارزیابی سیاست‌ها انجام می‌پذیرد. در روش‌های مدلسازی مانند روش‌های اقتصادسنجی، با استفاده از توابع و مدل‌های ریاضی/اقتصادی، به ارزیابی تأثیرات سیاست‌ها پرداخته می‌شود. در روش‌های کیفی نیز مانند موردکاوی نیز مشاهدات و داده‌های کیفی مبنای قضاوت ما در مورد اثرات سیاست‌ها می‌باشد [۹].

مجموعه‌ای از روش‌های ارزیابی که می‌توانند برای تحلیل تأثیرات سیاست‌ها و برنامه‌ها در اسناد ملی فناوری مورد استفاده قرار بگیرند به قرار زیر هستند:

۳-۱-۱- پیمایش نوآوری[۱]

در طی سه دهه گذشته تلاش‌های زیادی جهت سنجش و ارزیابی نوآوری صورت گرفته است. سازمان توسعه همکاری‌های اقتصادی (OECD) با انتشار دستورالعمل‌های متعددی در خصوص ارزیابی‌های مرتبط با نوآوری و فناوری که اصطلاحاً به دستورالعمل‌های فراسکاتی[۲] معروفند (دستورالعمل فراسکاتی، دستورالعمل پتنت، دستورالعمل اسلو و غیره) تلاش کرده است تا در زمینه ارزیابی، استانداردهای بین‌المللی را ایجاد کند.

تشریح روش‌های ارزیابی و تفسیر داده‌ها در این دستورالعمل‌ها، در کنار وجود بانک‌های اطلاعات و داده‌های متنوع[۳] باعث شد در دهه ۹۰ کشورهای اروپایی برای ارزیابی سیاست‌ها، از پیمایشی استفاده کنند که به پیمایش نوآوری معروف شد.

روش پیمایش نوآوری در ابتدا، به عنوان ابزاری جهت جمع‌آوری و تفسیر داده‌ها و نه ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گرفت. اما اخیراً محققان زیادی پیمایش نوآوری را به عنوان روشی برای پرداختن به تأثیرات و پیامدهای سیاست‌های تحقیق و توسعه دولتی مورد توجه قرار داده‌اند. به نظر می‌رسد در آینده با توجه به افزایش داده‌های جمع‌آوری‌شده پیرامون موضوعات مرتبط با نوآوری، افزایش استفاده از روش پیمایش برای ارزیابی سیاست‌های نوآوری دولتی به وقوع پیوندد [۱۰].

اولین پیمایش نوآوری در اروپا، در سال ۱۹۹۲ و بر اساس دستورالعمل اسلو صورت گرفت. این پیمایش‌ها مجدداً در سطح اتحادیه اروپا در سال‌های ۱۹۹۶ و ۲۰۰۰ برگزار شد. تجربه این سه پیمایش، ضمن آن که امکان‌پذیری پیمایش نوآوری را ثابت کرد، نشان داد این گونه پیمایش‌ها می‌تواند نتایج قابل توجهی برای سیاست‌گذاران داشته باشد.

در پیمایش نوآوری، نوآوری عبارت است از محصول یا فرایند نو و یک بنگاه در صورتی نوآور معرفی می‌شود که در یک دوره زمانی سه ماهه موفق به طراحی حداقل یک محصول یا فرایند نو و یا بهبود در فرایندها و محصول‌های موجود شده باشد. معیار "نو" بودن، جدید بودن در بنگاه است که لزوماً به معنای جدید بودن در بازار نمی‌باشد. اطلاعات پیمایش از طریق توزیع

[1] Innovation survey
[2] FRASCATY – Family manuals
[۳] از دهه ۷۰، گروه‌های پژوهشی شروع به جمع‌آوری داده‌هایی در مورد وضعیت نوآوری در بنگاه‌ها نمودند که وجود این اطلاعات و داده‌ها یکی از عوامل طراحی دستورالعمل اسلو بوده است.

پرسشنامه در نمونه‌هایی از جامعه آماری جمع‌آوری می‌شود، هرچند در برخی موارد تمام بنگاه‌های بزرگ تحت پوشش پیمایش قرار می‌گیرند. مهم‌ترین موضوعاتی که در یک پیمایش نوآوری مورد بررسی قرار می‌گیرند عبارتند از:

- عوامل مؤثر بر نوآوری فناورانه
  - اهداف نوآوری در بنگاه‌ها
  - منابع اطلاعاتی بنگاه‌ها
  - موانع نوآوری در بنگاه‌ها
- فعالیت‌ها و هزینه‌های نوآوری در بنگاه‌ها
  - فعالیت‌های تحقیق و توسعه
  - همکاری‌های فناورانه
  - خرید و تجهیز ماشین‌آلات
  - محافظت از دانش و فناوری
- ویژگی‌های بنگاه‌های نوآور
  - اندازه بنگاه‌های نوآوری
  - بخش اقتصادی که بنگاه‌های نوآور در آن فعالیت می‌کنند
  - مالکیت بنگاه‌های نوآوری
  - ارتباط با سایر بنگاه‌ها مؤسسات دولتی
  - سرمایه‌گذاری در دارایی‌های نامشهود
- پیامدهای نوآوری
  - فروش ناشی از محصولات نو
  - فروش ناشی از محصولاتی که نه تنها برای بنگاه بلکه در سطح بازار نیز جدید می‌باشند
  - تأثیر نوآوری بر صادرات و رقابت‌پذیری بنگاه‌ها در سطح بین‌المللی
  - تأثیر نوآوری بر اشتغال
  - تأثیر نوآوری بر ساختار مهارتی نیروی کار

اما پیمایش نوآوری چگونه می‌تواند برای ارزیابی برنامه‌ها و سیاست‌های نوآوری مورد استفاده قرار گیرد؟ هر ارزیابی سیاست نیازمند وجود اطلاعات کافی و دقیق در مورد موضوع سیاست مورد تحلیل است. پیمایش نوآوری بخشی از اطلاعاتی که برای ارزیابی برنامه‌ها و سیاست‌های نوآوری دولت‌ها لازم است را فراهم می‌آورد. این اطلاعات می‌تواند تصویر واضحی از وضعیت نوآوری در بنگاه‌ها و میان آن‌ها را به نمایش بگذارد.

در پیمایش نوآوری در خصوص مشارکت بنگاه‌ها در برنامه‌های نوآوری دولتی سؤالاتی طراحی شده است. در سومین پیمایش نوآوری اتحادیه اروپا، این سؤالات در سه سطح سیاست‌های اتحادیه اروپا، سیاست‌های دولتی و سیاست‌های منطقه‌ای و محلی طراحی شده بود. در برخی پیمایش های نوآوری مانند پیمایش نوآوری ایتالیا، سؤالات بیشتر و دقیق‌تری در خصوص سیاست‌های نوآوری دولت طراحی شده است.

با تحلیل نتایج پیمایش نوآوری می‌توان به ارزیابی برخی سیاست‌های نوآوری دولت پرداخت. به عنوان مثال می‌توان فهمید چه کسانی از یارانه‌های تحقیق و توسعه دولت سود برده‌اند؟ بنگاه‌های کوچک و متوسط در مقایسه با بنگاه‌های بزرگ چه سهمی از کمک‌های دولت را دریافت کرده‌اند؟ چه بخش‌های اقتصادی از تسهیلات دولتی منتفع شده‌اند؟

مقایسه پاسخ سؤالاتی از این دست، با اهدافی که برای سیاست نوآوری در نظر گرفته شده است، ارزیابی مناسبی از سیاست ارائه می‌دهد. بایستی توجه داشت هر چند پیمایش برای ارزیابی سیاست نوآوری بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است، اما این ابزار می‌تواند برای ارزیابی سایر سیاست‌ها و حتی سیاست‌های عمومی نیز به کار رود. در واقع پیمایش ابزاری تحلیلی است که از طریق توزیع پرسشنامه و با جمع‌آوری اطلاعات از سایر منابع در یک جامعه یا نمونه آماری و با استفاده از تحلیل‌های آماری به ارزیابی یک سیاست می‌پردازد. مراحل انجام یک پیمایش عبارتند از:

۱. طراحی مدل مفهومی پیمایش (ارتباط و تأثیر متغیرها)؛
۲. تعریف متغیرهای مدل مفهومی؛
۳. شناسایی منابع اطلاعاتی که متغیرها از طریق آن‌ها اندازه‌گیری می‌شوند؛
۴. شناسایی جامعه و یا نمونه آماری؛
۵. طراحی و توزیع پرسشنامه؛
۶. جمع‌آوری پرسشنامه و اطلاعات از سایر منابع؛
۷. تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات جمع‌آوری‌شده؛ و

۸. تفسیر نتایج و ارائه اقدام یا پیشنهاد.

پیمایش مانند هر ابزار دیگری مزایا و معایب متعددی دارد. مهم‌ترین مزایای این روش عبارتند از:

- با توجه به سهولت جمع‌آوری اطلاعات گسترده در روش پیمایش، می‌توان گستره وسیع‌تری از موضوعات را تحت پوشش ارزیابی قرار داد و از نقطه نظرات افراد و شرکت‌های بیشتری بهره جست.
- در پیمایش می‌توان نشانگرها و متغیرهای زیادی راجع به ورودی‌ها، نتایج و پیامدهای یک برنامه را اندازه‌گیری و تحلیل کرد.
- در پیمایش می‌توان علاوه بر استفاده از اطلاعات پرسشنامه‌ها، از اطلاعات سایر بانک‌های داده‌ها و منابع در ارزیابی بهره جست.
- پیمایش قابلیت ترکیب با سایر روش‌ها ازجمله روش‌های ریاضی و اقتصادی را دارا می‌باشد.
- اگر پیمایش با رویکردهای قضاوت خبرگان مانند پنل همراه شود، می‌تواند تحلیل‌های پویاتری از ارزیابی ارائه نماید.

معایب عمده روش پیمایش نیز عبارتند از:

- دقت اطلاعاتی که از پرسشنامه و بر اساس قضاوت ذهنی افراد جمع‌آوری می‌گردد، همواره محل تردید است.
- ارزیابی دقیق و درست ورودی‌ها، پیامدها و نتایج بر اساس سنجش متغیرها همواره ممکن نیست. بسیاری از پیامدها و نتایج قابل تبدیل و اندازه‌گیری از طریق متغیرها نیستند.
- در بسیاری مواقع، مدت زمانی لازم است تا سیاست و یا برنامه، تأثیر و پیامدهای خود را آشکار کند. غالباً در روش پیمایش مدت زمان تأثیرات برنامه در نظر گرفته نمی‌شود.

به هر حال پیمایش بهترین روش ارزیابی سیاست نیست، اما در برخی موارد، مخصوصاً در مواردی که نیاز به ارزیابی سیاست‌های کلان و در سطح وسیعی می‌باشد، این روش می‌تواند روش مناسبی به‌شمار آید.

۳-۱-۲- مدل‌های اقتصادسنجی: مدلسازی اقتصاد کلان و شبیه‌سازی[1]

[1] Econometric models: Macroeconomic modeling and simulation

مدل‌های اقتصادسنجی تلاش می‌کنند به ارزیابی پیامدها و آثار اقتصادی سیاست‌ها و برنامه‌ها بپردازند. در این نوع مدل‌ها، سیاست‌گذاران نتایج مورد انتظار گزینه‌ها و انتخاب‌های سیاستی را تحلیل و مقایسه می‌کنند. این گونه مدلسازی و شبیه‌سازی بر اساس سناریوها با توجه به ماهیت پدیده‌های اقتصادی که غالباً پیچیده، غیرخطی و همراه با بازخوردهای متعدد است، بسیار مناسب می‌باشد.

با توجه به اینکه رفاه اجتماعی، غایت غالب سیاست‌ها و برنامه‌های دولت می‌باشد و وضعیت اقتصادی مهم‌ترین عامل مؤثر بر رفاه اجتماعی به شمار می‌رود، ارزیابی آثار اقتصادی برنامه‌های سیاستی از مهم‌ترین دغدغه‌های سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان می‌باشد.

معمولاً تأثیر اسناد ملی فناوری‌های راهبردی بر متغیرهای اقتصادی مستقیم و ساده نیست، بلکه این تأثیر از طریق سایر متغیرهای واسطه و میانجی و به واسطه روابط علت و معلولی متعدد اعمال می‌شود. به عنوان مثال نمی‌توان به آسانی و بر اساس تجزیه و تحلیل های حاصل از پیمایش در خصوص تأثیر یک سند ملی بر متغیرهای اقتصادی نظیر اشتغال، رشد اقتصادی و یا بهره‌وری قضاوت کرد [۱۰].

یک مدل اقتصادسنجی کلان مجموعه‌ای از معادلات ساختاری است که بر اساس مبانی اقتصادی و برای تشریح اقتصاد و یا برخی از اجزای آن تدوین شده است. در این مدل‌ها دو دسته معادله وجود دارد: رفتاری[1] و فردی[2]. همچنین در این مدل‌ها، دو نوع متغیر وجود دارد: متغیرهای درون‌زا که به ساختار اقتصادی (داخلی) می‌پردازند و متغیرهای برون‌زا که ارتباطات و تأثیرات بین‌المللی را بررسی می‌کنند.

۳-۱-۲-۱- شرایط استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی کلان

باید توجه داشت که استفاده از این مدل‌ها برای ارزیابی برنامه‌هایی بزرگ مقیاسی مناسب است که تأثیرات اقتصادی و اجتماعی کلان و در سطح بین‌المللی دارند. بنابراین استفاده از آن برای برنامه‌های کوچک با سطح تأثیر محدود توصیه نمی‌گردد.

استفاده از این روش نیازمند برخی الزامات است که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- در دسترس بودن حجم زیادی از اطلاعات اقتصادی-اجتماعی

[1] Beharioural
[2] Identities

- درجه بالایی از خبرگی و تخصص
- زمان و هزینه کافی

علاوه بر این الزامات، روش فوق برای مواقعی که برنامه اقدامات و سیاست‌ها پیامدهای اقتصادی مشهود دارد مناسب است.

۳-۱-۲-۲- مراحل استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی

استفاده از این روش‌ها مستلزم پیمودن ۹ گام زیر است:

۱. *تعریف اهداف مدل و امکان‌پذیری سنجش آن*: ابتدا باید مشخص شود آیا سیاستی که قرار است ارزیابی شود، می‌تواند بر متغیرهای کلان اقتصادی تأثیر بگذارد یا نه؟ به عبارتی آیا پیامدهای اقتصادی قابل ملاحظه‌ای از سیاست متصور است یا نه؟ اگر پاسخ به سوال فوق مثبت است، این تأثیر چه میزان پیش‌بینی می‌شود و آیا این تأثیر کل اقتصاد را متأثر می‌سازد و تنها بر بخش و یا بخش‌هایی مؤثر است؟ برای اندازه‌گیری و ارزیابی این تأثیر چه متغیرهایی را می‌بایست اندازه‌گیری کرد و آیا اندازه‌گیری این متغیرها، پاسخ‌هایی را که تحلیل‌گر به دنبال آنها است، ارائه می‌دهند یا نه؟

۲. *بررسی در دسترس بودن داده‌ها*: در این مرحله می‌بایست مشخص کرد چه داده‌هایی برای ارزیابی مورد نیاز است و آیا تمام داده‌های مورد نیاز در دسترس می‌باشد یا نه؟ همچنین در این مرحله می‌بایست نحوه مواجهه با داده‌های ناقص و یا مخدوش را روشن نمود.

۳. *طراحی مدل مفهومی*: در این گام متغیرهای اساسی مدل، روابط علی و معلولی این متغیرها، ابعاد و اجزای اصلی مدل مفهومی، مبانی زیربنایی و مطالعات تجربی صورت‌گرفته در این زمینه مشخص می‌شود. همچنین باید مشخص کرد آیا مدل مفهومی طراحی‌شده متناسب با واقعیت وضعیت موجود می‌باشد و یا نیاز به اصلاحات و تغییرات دارد؟

۴. *جمع‌آوری و تحلیل و تبدیل داده‌ها*: هر چند روش‌های اقتصادسنجی نیاز به حجم عظیمی از داده‌ها دارند، اما داده‌های خام موجود در بانک‌های داده، به ندرت در این معادلات قابل استفاده‌اند. بنابراین معمولاً به یک فرایند تبدیل بر روی داده‌های خام نیاز است تا این داده‌ها قابلیت استفاده در مدل را داشته باشند.

۵. *طراحی معادلات اقتصادسنجی مدل*[1]: در این مرحله معادلات اقتصادسنجی مدل تخمین زده می‌شوند. به عبارتی در این مرحله مدل نظری به مدل اقتصادسنجی تبدیل می‌شود. برای این کار ابتدا سری داده‌های معینی انتخاب می‌شوند که فرض می‌شود مقادیر متغیرهای موجود در مدل را نمایندگی می‌کنند. سپس فرض می‌گردد که متغیرهای نظری بر متغیرهایی که داده‌های انتخاب‌شده را ایجاد کرده‌اند، منطبق هستند، در نتیجه متغیرهای داده‌های واقعی در مدل جایگزین متغیرهای نظری می‌شوند. سپس یک جمله خطای تصادفی به معادله اضافه می‌شود و با تعریف فروضی بر روی جمله خطا، مدل آزمون می‌گردد.

۶. *تست و کالیبره‌کردن مدل*: حتی اگر با تخمین دقیقی، معادلات اقتصادسنجی طراحی شده باشند. ممکن است در عمل این معادلات به علت تأثیر متغیرهای بیرونی، نادیده‌گرفتن برخی پدیده‌ها و یا متغیرها و یا کیفیت نامناسب برخی داده‌ها، عملکرد ضعیفی از خود به نمایش بگذارند. در این مرحله، معادلات اقتصادسنجی مجدداً با داده‌های واقعی تنظیم می‌شوند و در صورت لزوم تغییراتی در معادلات و یا داده‌های مورد استفاده صورت می‌پذیرد. پس از این مرحله معادلات می‌توانند برای شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شرایط مختلف مورد استفاده قرار گیرند.

۷. *شبیه‌سازی وضعیت پایه و تحلیل حساسیت*: برای ارزیابی تأثیر سیاست‌ها بر عملکرد و وضعیت اقتصادی، بهتر است مشخص شود این عملکرد و وضعیت در صورت عدم وجود این سیاست‌ها چه حالتی پیدا می‌کرد. با این اقدام، می‌توان وضعیت پایه را با فرض نبود این سیاست‌ها مدل‌سازی و طراحی کرد. فعالیت دیگری که در این مرحله انجام می‌شود، تحلیل حساسیت[2] است. با تحلیل حساسیت می‌توان متوجه شد که نتایج مدل تا چه حد به تغییرات ارزش متغیرهای مدل حساس‌اند. یعنی در چه بازه‌ای ارزش هر کدام از متغیرهای مدل را می‌توان تغییر داد، بدون آنکه در نتایج مدل تغییری ایجاد شود.

۸. *شبیه‌سازی وضعیت در صورت اجرای سیاست‌ها*: در این حالت مقادیری که برای متغیرهای برون‌زا، ابزارهای سیاستی و سایر متغیرها به‌دست آمده است وارد عمل می‌شود و تأثیرات آن‌ها بر مدل و نتایج مدل اندازه‌گیری می‌گردد.

۹. *تفسیر نتایج*: با مقایسه نتایج مراحل ۷ (شبیه‌سازی وضعیت پایه) و ۸ (شبیه‌سازی وضعیت در صورت اجرای سیاست‌ها) می‌توان به ارزیابی مفیدی از سیاست‌ها پرداخت.

باید توجه داشت با این روش می‌توان ارزیابی‌های پیش از پیاده‌سازی و پس از پیاده‌سازی را انجام داد. در موفق‌ترین تحلیل‌های اقتصادسنجی صورت‌گرفته تاکنون، حجم وسیعی از داده‌های اقتصادی مربوط به یک بازه زمانی قابل توجه (در

[1] Econometric estimationsof equations of the model
[2] Sensitivity analysis

حدود ۲۰ سال و یا حتی بیشتر از آن) جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحلیل‌ها داده‌هایی مربوط به متغیرهای اقتصادی اجتماعی نظیر تولید ناخالص ملی، تولید ناخالص ملی بر سرمایه، رشد بهره‌وری تولید، اشتغال، نرخ واقعی دستمزدها، قیمت‌ها، نرخ بهره، نرخ برابری ارزها و داده‌هایی مرتبط با توسعه فناوری‌های راهبردی باشند هزینه‌های تحقیق و توسعه بخش دولتی و بخش خصوصی، انباشت سرمایه انسانی[1]، سرریز دانش و اطلاعاتی در خصوص ابزارهای سیاستی و برنامه‌های توسعه فناوری مثل معافیت‌های مالیاتی فعالیت‌های تحقیق و توسعه و یارانه‌های این فعالیت جمع‌آوری شده است.

به هر حال در این روش مهم‌ترین ورودی، داده‌های معتبر و دقیق در یک بازه زمانی مشخص می‌باشد و بدون در اختیار داشتن این داده‌ها، روش اقتصادسنجی کارایی لازم را نخواهد داشت.

۳-۱-۳- مدل‌های اقتصادسنجی: مدل‌های اقتصادسنجی خرد[2]

اقتصاد خرد به بررسی عملکرد و وضعیت واحدهای اقتصادی در یک کشور می‌پردازد. واحدها می‌توانند شرکت‌ها (به عنوان مثال وقتی قصد بررسی وضعیت انتقال فناوری وجود دارد) و یا حتی افراد (به عنوان نمونه وقتی قصد مطالعه وضعیت اشتغال وجود دارد) باشند. از لحاظ مبانی نظری، روش اقتصادسنجی خرد مشابه اقتصادسنجی کلان می‌باشد. تفاوت عمده این دو روش سطح تجزیه و تحلیل و نوع متغیرها و داده‌های مورد استفاده آن‌هاست.

از نظر روش‌شناسی، مدل‌های اقتصادسنجی خرد به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند:

- مدل‌هایی که از داده‌های مربوط به وضعیت گذشته بنگاه‌هایی که سیاست‌های مذکور در مورد آن‌ها اعمال شده است و یا از مشوق‌ها و مزایای در نظر گرفته‌شده استفاده کرده‌اند بهره می‌برند و آن را با وضعیت کنونی آن‌ها مقایسه می‌کنند.
- مدل‌هایی که از داده‌های مربوط به وضعیت همزمان بنگاه‌هایی که سیاست مذکور در مورد آن‌ها اعمال شده است و یا از مشوق‌های در نظر گرفته شده استفاده کرده‌اند و بنگاه‌هایی که این سیاست‌ها در مورد آن‌ها اعمال نشده است و یا از این مشوق‌ها استفاده نکرده‌اند بهره‌برداری می‌کنند و ارزیابی‌ها را بر اساس مقایسه وضعیت این دو گروه از بنگاه‌ها انجام می‌دهد.

[1] Human capital stock
[2] Arvanitis and Keilbach, 2002

اگر از داده‌های گذشته بنگاه‌هایی که اهداف سیاست‌ها بوده‌اند استفاده گردد، باید متوجه متغیرهایی بود که خارج از سیاست‌ها، منجر به تغییر وضعیت این بنگاه‌ها از گذشته تاکنون شده‌اند. اگر از این نکته غلفت گردد، علت اصلی تغییر داده‌های گذشته تا حال، سیاست‌های طراحی شده تفسیر می‌شود، حال آنکه ممکن است در واقعیت، علل و دلایل دیگری سبب این تحولات شده باشند که آنها لحاظ نشده‌اند.

همچنین اگر داده‌های مربوط به دو دسته از بنگاه‌های مشمول سیاست و بنگاه‌هایی که در دامنه تأثیر این سیاست قرار نداشته‌اند استفاده گردد، باید متوجه عوامل و دلایلی بود که خارج از سیاست‌های تدوین‌شده منجر به تغییر داده‌های این دو گروه بنگاه‌ها می‌شوند. اگر این نکته مورد توجه قرار نگیرد، تفاوت در داده‌های این دو گروه را ناشی از سیاست‌های طراحی‌شده می‌دانیم. در صورتی که ممکن است این تفاوت‌ها ناشی از سایر عوامل و دلایلی باشید که ارتباطی به این سیاست‌ها نداشته‌اند (مانند ساختار صنعت و بازار).

۳-۱-۳-۱- شرایط استفاده از روش اقتصاد سنجی خرد

روش اقتصادسنجی خرد مواقعی برای استفاده مناسب است که شرایط زیر مهیا باشد:

- دلایل کافی برای تأثیر سیاست‌ها در سطح بنگاه‌ها و سازمان‌ها وجود داشته باشد
- اهداف سیاستی به صورت مستقیم و یا از طریق برخی شاخص‌ها قابل اندازه‌گیری باشند
- ارتباط میان تأثیر و پیامدهای سیاستی در سطح بنگاه‌ها و سازمان‌ها با ابزارهای طراحی‌شده با تئوری‌های اقتصادی موجود توجیه‌پذیر باشد
- داده‌های متغیرهای اندازه‌گیری برای تعداد زیادی از بنگاه‌ها موجود باشد
- داده‌های کافی از وضعیت بنگاه‌ها قبل از پیاده‌سازی سیاست و یا وضعیت موجود بنگاه‌هایی که مشمول سیاست نمی‌باشند وجود داشته باشد.

۳-۱-۳-۲- مراحل پیاده‌سازی مدل

مراحل پیاده‌سازی مدل‌های اقتصادسنجی خرد تا حد زیادی شبیه مراحل اجرای مدل‌های اقتصادسنجی کلان می‌باشد که در بخش قبل توضیح داده شده است. این مراحل به ترتیب عبارتند از:

- تعریف متغیرهای هدف: تعیین متغیرهایی که اهداف سیاست‌های طراحی شده بوده‌اند. این اهداف می‌توانند شامل هدف‌های اولیه، ثانویه و نهایی باشند. با مشخص‌شدن این متغیرها در واقع مدل مفهومی ارزیابی ما مشخص می‌شود.
- طراحی مدل اقتصادسنجی: مدل اقتصادسنجی بر اساس مدل مفهومی مشخص شده و بر مبنای تئوری‌های اقتصادی و با در نظر گرفتن ملاحظاتی در خصوص امکان جمع‌آوری داده‌ها طراحی می‌شود.
- انتخاب روش اقتصادسنجی مناسب: بر اساس مدل اقتصادسنجی و داده‌های جمع‌آوری‌شده، روش مناسب اقتصادسنجی انتخاب می‌شود.
- اجرای مدل اقتصادسنجی: در این مرحله بر اساس داده‌های جمع‌آوری‌شده، مدل اقتصادسنجی اجرا می‌شود و برآوردهایی از متغیرهای مدل ارائه می‌شود.
- تفسیر نتایج: مرحله آخر نیز تفسیر نتایج اقتصادسنجی خرد است.

۳-۱-۳-۳- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

یکی از مهم‌ترین مزایای روش اقتصادسنجی خرد این است، تحلیل ارزیابی بر اساس رابطه علت معلولی میان متغیرهایی صورت می‌گیرد که این رابطه علت معلولی خود ریشه در تئوری‌های اقتصادی دارد. بنابراین از لحاظ نظری، روش کاملاً معتبری است.

همچنین این روش برای ارزیابی تأثیر یک سیاست، بر مجموعه بنگاه‌ها و یا سازمانی که تحت تأثیر مستقیم این سیاست قرار داشته‌اند (مثلاً بنگاه‌هایی که از مشوق‌های پیش‌بینی‌شده استفاده کرده‌اند) بسیار مناسب است. اما هنگامی که منظور ارزیابی، تأثیر غیرمستقیم این سیاست بر سایر بنگاه‌هایی که مشمول این سیاست نبوده‌اند (به عنوان مثال اثرات سرریز دانش، یا ارزیابی تأثیر سیاست بر یک بخش) این روش به تنهایی کافی نیست. در این مواقع می‌توان از ترکیب این روش با سایر روش‌ها مانند اقتصادسنجی کلان استفاده کرد.

مهم‌ترین ضعف مدل‌های اقتصادسنجی وابستگی شدید آن‌ها به حجم انبوهی از داده‌ها در یک بازه زمانی طولانی می‌باشد. از سوی دیگر، حجم زیاد اطلاعات، هزینه و زمان این پروژه‌ها را افزایش می‌دهد. همان گونه که نیاز به تخصص بالا از نقطه ضعف‌های دیگر این نوع ارزیابی است. اختیار و اقتدار لازم برای دسترسی به این حجم از اطلاعات و الزام بنگاه‌ها به ارائه سایر اطلاعات مورد نیاز را نیز باید به فهرست فوق اضافه کرد.

همانطور که مشاهده می‌شود، اغلب نقطه ضعف‌های این روش به نحوه اجرا و مشکلات جمع‌آوری و دسترسی داده‌ها اشاره دارد. در حالی که این روش از لحاظ تئوریک روش بسیار معتبری به شمار می‌رود.

۳-۱-۴- مدل‌های اقتصادسنجی: اندازه‌گیری بهره‌وری

معمولاً بهره‌وری و افزایش بهره‌وری به عنوان یکی از اهداف مهم اغلب سیاست‌ها در نظر گرفته می‌شود. سطح تجزیه و تحلیل در ارزیابی بهره‌وری می‌تواند بهره‌وری نیروی کار، بهره‌وری یک واحد اقتصادی (سطح خرد)، بهره‌وری یک بخش صنعتی (سطح میانی) و یا بهره‌وری در یک منطقه یا کشور (سطح کلان) باشد.

مطالعات صورت‌گرفته نشان می‌دهد بهره‌وری می‌تواند یکی از مهم‌ترین دلایل اختلاف درآمد سرانه کشورهای مختلف باشد. بر همین اساس افزایش بهره‌وری به عنوان هدف نهایی اغلب اسناد ملی فناوری‌های راهبردی در نظر گرفته شده است. اسناد ملی فناوری‌های راهبردی ممکن است افزایش بهره‌وری در سطح خرد، میانی و کلان را هدف گرفته باشند. روش اندازه‌گیری بهره‌وری میزان موفقیت این سیاست‌ها در افزایش بهره‌وری را بررسی می‌کند. مهم‌ترین چالش این روش، تعدد عوامل مؤثر بر بهره‌وری است. به عبارت دیگر، شناسایی متغیرهای کنترلی مهم‌ترین مساله مدل اقتصادسنجی اندازه‌گیری بهره‌وری است. با توجه به اینکه شناسایی و اندازه‌گیری متغیرهای کنترل در سطح میانی و کلان با دشواری‌های فراوانی رو به رو است، این روش در سطح خرد امکان‌پذیری بالاتری دارد.

با این روش پروژه‌های زیادی در سطح خرد انجام شده است که در مهم‌ترین آن‌ها، تأثیر سیاست‌های آزادسازی بر افزایش بهره‌وری در سطح واحدهای تولیدی اندازه‌گیری شده است. برخی پروژه‌ها نیز با این روش سرریزهای فناوری میان بنگاه‌ها را اندازه‌گیری کرده‌اند.

۳-۱-۴-۱- روش انجام

- شناسایی واحدهای نمونه: برای انجام ارزیابی بهره‌وری نیاز به دو گروه نمونه از بنگاه‌ها است. گروه اول بنگاه‌هایی هستند که به نظر می‌رسد سیاست‌های طراحی‌شده تأثیر مستقیمی بر بهره‌وری آن‌ها داشته است و گروه دوم بنگاه‌هایی هستند که سیاست‌های مورد ارزیابی، افزایش بهره‌وری آن‌ها را مد نظر نداشته‌اند.

- طراحی مدل اقتصادسنجی: مدل اقتصادسنجی سنجش بهره‌وری بر اساس تابع تولید طراحی می‌شود. تابع تولید، تابعی است که ارتباط میان ورودی‌ها و برون‌دادهای یک فعالیت اقتصادی را مشخص می‌کند.
- جستجو و جمع‌آوری اطلاعات مناسب: در این مرحله می‌بایست، اطلاعات لازم از ورودی‌ها و برون‌دادهای متناسب با مدل اقتصادسنجی جمع‌آوری شوند.
- اجرای مدل اقتصادسنجی: در این مرحله بر اساس داده‌های جمع‌آوری‌شده، مدل اقتصادسنجی اجرا می‌گردد.
- تفسیر نتایج: بر اساس اطلاعات حاصل از اجرای مدل اقتصادسنجی، تأثیر سیاست‌ها بر افزایش بهره‌وری مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرد.

۳-۱-۴-۲- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

یکی از بزرگ‌ترین محدودیت‌های این روش نحوه سنجش خروجی‌هاست. اندازه‌گیری "ارزش افزوده" کار دشواری است که محاسبه آن همواره با ابهاماتی همراه است. چالش دیگر این روش، تعدد عوامل مؤثر بر بهره‌وری است. پارامترهای متعددی بر بهره‌وری یک واحد تولید مؤثرند که تفکیک میزان تأثیر هر یک از آن‌ها و ارزیابی تأثیر سیاست‌ها به عنوان یکی از این عوامل از مسائل اصلی این روش است.

۳-۱-۵- ارزیابی توسط خبرگان[1]

استفاده از پنل خبرگان[2] و ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی[3] از مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری است که در سال‌های اخیر برای ارزیابی سیاست نیز مورد استفاده قرار گرفته است. ارزیابی توسط خبرگان غالباً بر اساس قضاوت جمعی از متخصصان و صاحب‌نظران صورت می‌گیرد. مبنای قضاوت، اطلاعات و برداشت‌های تجربی و شخصی و/ یا تحلیل و تفسیر شواهد و اطلاعاتی است که ممکن است حاصل ارزیابی از طریق سایر روش‌ها بوده باشند. ارزیابی از طریق خبرگان هم برای ارزیابی سیاست‌ها پس از اجرا و هم برای ارزیابی سیاست‌ها پیش از اجرا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

[1] Expert panels and peer review
[2] Expert panels
[3] Peer review

استفاده از روش "ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی" برای ارزیابی پروژه‌ها قبل از اجرا به منظور تخصیص منابع مالی و حمایت‌ها بسیار معمول است. پنل‌های خبرگان نیز برای ارزیابی سیاست‌ها پس از اجرا بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش‌ها در مواقعی که اطلاعات و شواهد کافی وجود ندارد و ارزیابی پیامدهای اقتصادی اجتماعی برنامه‌ها و پروژه‌ها از سایر روش‌ها قابل اندازه‌گیری نیست، تصویری کلی از کیفیت و تأثیر این سیاست‌ها ارائه می‌دهد. روش پنل به‌خصوص هنگامی که ارزیابان علاقه‌مند به بررسی جنبه‌های جدیدی از تأثیرات سیاستی هستند بسیار مؤثر است. تنوع تخصصی و ذهنیتی گروه خبرگان، منبع بزرگی از ایده‌های نویی است که می‌تواند بر کیفیت ارزیابی مؤثر واقع شود.

گروه خبرگان می‌توانند علاوه بر اظهار نظر مراجع به نتایج و پیامدهای یک سیاست، در مورد روند کلی ارزیابی و مدیریت ارزیابی نیز پیشنهاداتی ارائه کنند که در ارزیابی‌های آینده از آن‌ها استفاده شود. این موضوع مزیتی است که در سایر روش‌ها کمتر به چشم می‌خورد.

۳-۱-۵-۱- شرایط استفاده از خبرگان

استفاده از نظرات خبرگان از منعطف‌ترین روش‌های ارزیابی سیاست است. اما برای استفاده از آن می‌بایست شرایطی مهیا باشد که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- اعضای جامعه علمی با دانش کافی و خبرگان مرتبط با حوزه ارزیابی در دسترس بوده و برای مشارکت در فرایند ارزیابی تمایل داشته باشند.
- توقعات و سؤالات از گروه خبرگان باید در حد دانش و آگاهی آن‌ها باشد. پیش‌فرض روش‌های استفاده از نظرات خبرگان، بهره‌برداری از دانش تخصصی و انباشتی حاصل از تجربه و دانش این افراد است.

۳-۱-۵-۲- مراحل انجام روش استفاده از خبرگان

- مشخص‌شدن موضوعات مورد بحث: در روش‌های استفاده از نظرات خبرگان، قبل از هر چیزی می‌بایست موضوعاتی که خبرگان قرار است راجع به آن‌ها نظر دهند، مشخص شود. معمولاً این موضوعات توسط کارفرما (نهاد ارزیابی‌کننده) تعیین می‌شود.

- انتخاب رئیس پنل یا گروه خبرگان: با توجه به موضوعات مورد بحث، فردی با دانش و تجربه بالای تخصصی و مدیریتی به عنوان رئیس پنل انتخاب می‌گردد.
- انتخاب اعضای پنل با گروه خبره: با هماهنگی و مشارکت کارفرما و رئیس پنل، اعضای خبرگان انتخاب می‌گردند.
- برنامه‌ریزی پنل: زمان‌بندی و نحوه اجرای فرایند ارزیابی توسط اعضا و با مشارکت کارفرما مشخص می‌شود.
- شناسایی و پشتیبانی نیازهای اطلاعاتی پنل: در این مرحله کلیه شواهد، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای قضاوت و تصمیم‌گیری گروه خبرگان شناسایی، تهدید و در اختیار آن‌ها قرار داده می‌شود.
- اجرای ارزیابی: اعضای پنل، مدیریت رئیس پنل در خصوص موضوعات مورد بحث مطابق برنامه‌ریزی انجام‌شده به جمع‌بندی می‌رسند.

۳-۱-۵-۳- داده‌های مورد نیاز

هرچند در این روش، برخلاف روش‌های کمی که پیشتر توضیح داده شد، عملیات خاصی بر روی داده‌ها صورت نمی‌پذیرد. اما داده‌ها به عنوان یکی از ورودی‌های اصلی قضاوت خبرگان اهمیت زیادی دارند. داده‌ها می‌بایست دقیق و کافی بوده و ساختار آن‌ها به گونه‌ای باشد که خبرگان بدون نیاز به انجام عملیات پردازش بتوانند آن را تفسیر و تحلیل کنند.

۳-۱-۵-۴- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

روش‌های استفاده از نظرات خبرگان روش‌های منعطف و اثر بخشی هستند که هم برای ارزیابی‌های پس از پیاده‌سازی و هم برای ارزیابی‌های پیش از پیاده‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

به نسبت سایر روش‌ها، این روش کم هزینه است. هر چند برگزاری پنل در مقایسه با ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی هزینه‌های پشتیبانی بیشتری را می‌طلبد. در موضوعاتی که به حوزه‌های خاص و محدودی از علم و تخصص مربوط می‌شوند بهتر است از روش ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی استفاده گردد و در حوزه‌های کلان‌تر از پنل. استفاده از ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی برای ارزیابی و انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه و حمایت از آن‌ها بسیار معمول است.

استفاده از پنل خبرگان برای ارزیابی سیاست در موضوعات مناقشه برآیند که نیاز به اجماع و توافق گروه‌های متعدد دارد، توصیه می‌شود.

۳-۱-۶- مطالعه میدانی[1] و مطالعه موردی[2]

در مطالعه میدانی به جای مطالعه موضوع تحت شرایط کنترل‌شده، به مشاهده مستقیم در شرایط واقعی پرداخته می‌شود. مطالعه میدانی نیازمند استفاده از طیف وسیعی از روش‌ها و تکنیک‌های مختلف است.

مطالعه موردی یکی از روش‌های مطالعه میدانی است که در ارزیابی سیاست مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مطالعه موردی، ارزیاب به تعامل اجتماعی مستقیم با موضوع ارزیابی می‌پردازد. ارزیابی با این روش مستلزم استفاده از روش‌ها و داده‌های کمی و کیفی از قبیل پیمایش، تحلیل محتوا، تحلیل آماری داده‌های ثانویه و نهایتاً مشاهده مستقیم است. ارزیابی نهایی نوعی از استنتاج تفسیری است که بر اساس این منابع اطلاعاتی و روش‌های تحلیلی متعدد استخراج می‌شود.

مطالعه میدانی و مطالعه موردی از روش‌های تحقیق کیفی در علوم اجتماعی می‌باشند که در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است.

برای ارزیابی سیاست به روش مطالعه میدانی با مطالعه موردی، لازم است ارزیابی با بررسی و مشاهده دقیق شامل گفتگو و مصاحبه با ذینفعان مختلف سیاست، بررسی اسناد و مدارک، تحلیل داده‌های کمی از پیامدها و اثرات سیاست‌ها و سایر روش‌ها به مطالعه سیاست و نتایج آن بپردازد.

[1] Field study
[2] Case study

۴- فصل چهارم: جمع‌بندی و ارائه روش پیشنهادی برای ارزیابی

۴-۱- مقدمه

همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد، ارزیابی سیاست‌ها و اهداف بیش از آن که از ماهیتی نظری برخوردار باشد، متعلق به حوزه اجرا و عملیاتی است. اجرایی بودن این حوزه، ضرورت نوآوری در روش پیشنهادی برای بخش پایش و ارزیابی اسناد ملی فناوری را کم‌رنگ می‌نماید. بنابراین، آنچه در این قسمت لازم است تا به عنوان روش پیشنهادی بر آن تأکید گردد، ارائه یک جمع‌بندی از روش‌ها و قالب‌های موجود ارزیابی و واگذاری تصمیم برای انتخاب روش مناسب به سیاست‌گذار و اجراکنندگان سند است.

تاکنون با مرور ادبیات صورت پذیرفته، تعریف، جایگاه، قالب‌های عمومی و گام‌های ارزیابی و تحلیل تأثیرات مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس این بررسی، پایش و ارزیابی سیاست‌ها و اهداف عبارت است از مطالعه تأثیر مجموعه هدایت‌شده‌ای از راهبردها، سیاست‌ها، اقدامات و برنامه‌ها بر وضعیت اهداف کلان و خرد و تعیین چرایی موفق بودن یا ناکام بودن دستیابی به این اهداف. بر اساس این تعریف، یکی از مهمترین نکاتی که باید در ارزیابی سیاست‌ها مورد توجه قرار بگیرد هم راستایی این ارزیابی با جهت‌گیری‌های بالادستی است.

چارچوب کلی گام‌هایی که باید در مؤلفه برنامه ارزیابی و به‌روزرسانی اسناد ملی توسعه فناوری‌های راهبردی طی شود شامل ۳ مرحله اساسی است که در ادامه تشریح می‌گردد:

۴-۲- تدوین شاخص‌های ارزیابی کارایی و اثربخشی

در این گام، می‌بایست انواع شاخص‌های اندازه‌گیری کننده اهداف خرد و کلان هر یک از فناوری‌ها احصاء شوند. در این گام، می‌بایست شاخص‌های مربوط به راستی‌آزمایی ارکان جهت‌ساز همانند اهداف کلان و هم شاخص‌های مرتبط با برنامه اقدامات و سیاست‌ها مانند اهداف خرد را احصاء و بررسی نمود. نکته مهم و قابل تأمل این است که این شاخص‌ها می‌بایست هم خروجی‌ها و هم پیامدها را ارزیابی کنند. به عبارت دیگر هم شاخص‌های مرتبط با اثربخشی می‌بایست تدوین و ارزیابی گردند و هم شاخص‌های مرتبط با کارایی.

۴-۳- تدوین مکانیزم ارزیابی

روش‌های مختلفی در مرور ادبیات برای ارزیابی و تحلیل تأثیرات نام برده شد که هر کدام آن‌ها ویژگی‌ها و نقاط قوت و ضعف مربوط به خود را داشتند. سیاست‌گذار یا ارزیابی‌کننده یک سند ملی توسعه فناوری لازم است تا با توجه به شرایط خاص مرتبط با موضوع خود، از روش(های) متناسب ارزیابی (پیمایش نوآوری، مدل‌های اقتصادسنجی (کلان، خرد، بهره‌وری)، ارزیابی توسط خبرگان، مطالعات موردی و تحلیل شبکه) بهره گیرد.

به منظور فراهم‌آوری بستر تصمیم‌سازی برای سیاست‌گذاران، می‌توان جدولی مقایسه‌ای از روش‌های مختلف ارزیابی ارائه نمود. جدول (۴-۱) با ارائه خلاصه‌ای از ویژگی‌های هر روش از ابعاد مبنای روش، نقاط ضعف و قوت، جنس داده‌های موردنیاز و شرایط استفاده، سیاست‌گذاران را در انتخاب متناسب‌ترین روش با موضوع سند راهبردی کمک می‌کند.

جدول ۴-۱ ویژگی‌های روش‌های ارزیابی

روش	مبنای نظری	ضعف	قوت	نوع داده‌ها	شرایط استفاده
پیمایش نوآوری	جمع‌آوری و تحلیل گستره‌ی وسیعی از داده‌ها مبتنی بر نظرات خبرگان	وجود خطر جانبدارانه بودن نظرات افراد متخصص - عدم در نظر گیری فاصله زمانی تأثیر سیاست‌ها در ارزیابی	برخورداری از نظرات افراد متخصص و در محوریت قرار دادن موضوع نوآوری	کمی-کیفی	ارزیابی سیاست‌های کلان که اثرگذاری بر شاخص‌های ملی نوآوری دارند
اقتصادسنجی-کلان	معادلات ساختاری بر اساس مبانی اقتصاد و برای توضیح روابط علی معلولی میان اجزا	دشواری در جمع‌آوری حجم زیادی از اطلاعات اقتصادی-اجتماعی معتبر و دقیق در یک بازه زمانی مشخص-زمان و هزینه بالا	دقت بالا و ارائه تحلیل-ها و تنایجی مبتنی بر منطق ریاضی	کمی	ارزیابی تأثیر سیاست‌های کلان بر فاکتورهای رفاه اقتصادی کشور
اقتصادسنجی-خرد	بررسی عملکرد و وضعیت واحدهای اقتصادی بر مبنای معادلات ساختاری	عدم توانایی در در نظر گیری در تأثیرات غیرمستقیم سیاست‌ها مانند اثرات سرریز دانش	دقت بالا و ارائه تحلیل-ها و نتایجی مبتنی بر منطق ریاضی	کمی	ارزیابی تأثیر سیاست‌ها بر مجموعه بنگاه‌ها و یا سازمان (سطح خرد)

روش	مبنای نظری	ضعف	قوت	نوع داده‌ها	شرایط استفاده
		– وابستگی شدید آن‌ها به حجم انبوهی از داده‌ها در یک بازه زمانی طولانی –			
اقتصادسنجی–بهره‌وری	بررسی بهره‌وری واحدهای اقتصادی بر مبنای روش‌های اقتصادسنجی	دشواری در حوزه سنجش خروجی (ارزش افزوده) – تعدد عوامل مؤثر بر بهره‌وری	دقت بالا و ارائه تحلیل-ها و تنایجی مبتنی بر منطق ریاضی	کمی	بررسی تأثیر سیاست‌ها در سطح خرد
گروه کنترل	جمع‌آوری اطلاعات بر مبنای نظرات خبرگان و تحلیل آن‌ها بر اساس روش‌های آماری		تفکیک اثرات سیاستی از سایر عوامل تأثیرگذار بر شاخص‌های رشد بنگاه‌ها	کمی	ارزیابی کارایی و اثربخشی سیاست‌ها در سطح خرد
تحلیل هزینه–فایده	بررسی اثرات مثبت و منفی اجتماعی–اقتصادی ناشی از اعمال سیاست‌ها با استفاده از روش‌های کمی‌سازی	دشواری در محاسبه هزینه‌ها و فایده‌ها در زمانی آینده (عدم قطعیت بالا)	همه جانبه بودن: پوشش کامل هزینه‌ها و فایده-های مشهود و نامحسوس، در افق زمانی حال و آینده، و در گروه‌های هدف و غیر هدف	کمی–کیفی	ارزیابی تعداد محدودی پروژه‌های بزرگ و نه تعداد زیادی پروژه کوچک
ارزیابی توسط خبرگان	جمع‌بندی نظرات متخصصین	کم‌هزینه بودن	دقت کمتر در مقایسه با سایر روش‌ها	کیفی	شرایطی که اطلاعات و داده‌های کافی برای تحلیل‌های کمی وجود ندارد – در شرایط و سیاست‌هایی که اختلاف‌نظر بر سر آن‌ها زیاد است
مطالعات موردی	پیمایش، تحلیل محتوا، تحلیل آماری و مشاهده مستقیم شرایط واقعی و نتیجه‌گیری بر اساس آن	برخورداری از طیف گسترده‌ای از ورودی‌های داده مشتمل بر مشاهده مستقیم	پرهزینه بودن و زمان	کمی–کیفی	در شرایطی که ارزیاب به تعامل اجتماعی مستقیم با موضوع ارزیابی

روش	مبنای نظری	ضعف	قوت	نوع داده‌ها	شرایط استفاده
بهینه گزینی	یادگیری از مقایسه عملکرد یک واحد با نمونه‌های موفق و نا موفق	بهره‌گیری از تجارب موفق و نا موفق سایر کشورها (یا واحدها) در طراحی سیاست‌ها	نادیده گرفتن تمام جنبه-های اثرات سیاست—خطر نا همخوانی مکانی زمانی از مطالعات تطبیقی	کیفی	یادگیری‌های حاصله می‌بایست به عنوان یک ورودی در طراحی و یا ارزیابی سیاست مدنظر سیاست‌گذاران مورد استفاده قرار گیرد

بر مبنای این جدول، سیاست‌گذار می‌تواند نیازهای مسئله خود را با ویژگی‌های بیان شده برای هر روش تطبیق داده و مکانیزم و یا روش مناسب ارزیابی را برگزیند. با توجه به اینکه روش ارزیابی توسط خبرگان نسبت به سایر روش‌ها دقیق تر و کم هزینه تر می باشد، در این سند از این روش برای ارزیابی اهداف کلان و خرد با توجه به شاخص های تعیین شده استفاده می شود.

۴-۴- تدوین ساختار نظارت و به روز رسانی

پس از تدوین شاخص‌های ارزیابی و تدوین مکانیزم ارزیابی، می‌بایست ساختار نظارت و به روز رسانی سند تعیین گردد. عموماً هر سند ملی توسعه فناوری می‌بایست هر چند سال یکبار، مورد بازنگری قرار گرفته و بررسی مجدد شود. این موضوع به دلیل این است که هم خود فناوری در حال تغییر و تحول است، هم شرایط محیطی آن فناوری اعم از محیط اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی آن فناوری در حال تغییر است و هم توانمندی شرکت‌ها و بنگاه‌های داخلی تغییر نموده و متناسب با این تغییرات هم ارکان جهت‌ساز، هم برنامه اقدامات و سیاست‌ها و برنامه عملیاتی می‌بایست بازنگری، اصلاح و تکمیل گردد.

با توجه به موارد فوق، می‌بایست ساختاری متشکل از تمامی ذینفعان و متولیان تولید برق از زیست‌توده در کشور، اعم از سازمان‌ها و ارگان‌های دولتی، دانشگاهیان و پژوهشگران و متخصصین، و همچنین صاحبان صنایع و بنگاه‌های خصوصی تأثیرگذار وظیفه ارزیابی و به روز رسانی را بر عهده داشته باشد. این ارزیابی و به روز رسانی هم می‌تواند موردی و مقطعی بنا به ضرورت بوده و اهداف تعیین شده برای هریک از فناوری ها را بازنگری کند و هم می‌تواند به طور منظم هر ۳ یا ۵ سال یکبار

به منظور بازنگری و اصلاح این اهداف رخ دهد. با توجه به اینکه اهداف تعیین شده در نقشه راه هر یک از فناوری‌ها از نظر زمانی با یکدیگر تفاوت دارند، در نتیجه در این سند ارزیابی به صورت موردی برای هریک از این فناوری‌ها انجام خواهد شد.

۵- فصل پنجم: فرایند ارزیابی فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده در کشور

۵-۱- مقدمه

مکانیزمی که در این سند برای ارزیابی تحقق اهداف کلان و خرد در نظر گرفته شده است شامل مراحل اصلی زیر می‌باشد:

- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی
- شناسایی منابع اطلاعاتی برای اندازه‌گیری شاخص‌ها
- جمع‌آوری اطلاعات و مقایسه با معیارهای کمی تعیین شده
- تفسیر نتایج و ارائه پیشنهاد

مرحله اول از مکانیزم ارزیابی سند که شامل تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد قبل از اجرایی شدن سند صورت می‌پذیرد. در این مرحله برای اهداف کلان و خرد هر یک از فناوری ها تعدادی شاخص تعریف شده است. پس از آغاز اجرایی شدن سند و تشکیل ستاد راهبری سند، منابع اطلاعاتی که می‌توان میزان شاخص‌ها را با کمک آنها تعیین کرد، شناسایی شده و طی دوره‌های زمانی مشخص مقادیر شاخص‌ها اندازه‌گیری شده و نتایج حاصل از آن مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت لزوم بازنگری‌های لازم صورت می‌پذیرد. در ادامه شاخص‌های مورد نیاز جهت توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده و نحوه دستیابی به آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

۵-۲- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

شاخص، استانداردی است که دستیابی به آن نشان دهنده نیل به مقصد می‌باشد. جزئیات شاخص‌ها تعیین‌کننده طرز اندازه-گیری دامنه دستیابی به اهداف عینی در زمان‌های مختلف می‌باشد. اندازه‌گیری‌ها می‌توانند کمی، کیفی و یا رفتاری باشند. شاخص‌ها همان ابزار نظارت بر پیشرفت سطوح راهبردی هستند که ناظر بر طبق آنها میزان تحققان سطح را اندازه‌گیری می نماید. از همین رو شاخص‌ها می‌باید ابعاد مختلف سطوح راهبردی را مورد توجه قرار دهند به شکلی که پیشرفت امور بر اساس شاخص‌ها تضمین‌کننده تحقق کامل اقدامات گردد.

با توجه به موارد مطرح شده، در این بخش شاخص‌ها در دو سطح کلان و خرد طراحی شده‌اند. با پیمایش شاخص‌های کلان می‌توان تحقق اهداف کلان را بررسی کرده و با تعریف شاخص‌های خرد می‌توان میزان تحقق اهداف خرد را ارزیابی نمود. در ادامه شاخص‌های تعیین شده برای بررسی تحقق اهداف کلان و خرد برای هر یک از فناوری‌های اولویت‌دار تولید برق از زیست‌توده آمده است:

جدول ۵-۱ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد هاضم فضولات دامی

پروژه‌های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
تهیه اطلس فضولات دامی کشور	۱- وضعیت تدوین اطلس فضولات دامی برای کل کشور ۲- تهیه اطلس دامداری های بالای ۱۰۰ رأس
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور خارجی (واجد شرایط)	۱- تهیه فهرست شرکت‌های مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط ۲- انتخاب شرکت (های) مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط
مطالعه تفصیلی هاضم تر - لاگن سرپوشیده	میزان دقت تحلیل‌های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی هاضم تر - اختلاط کامل	میزان دقت تحلیل‌های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی هاضم تر - جریان قالبی	میزان دقت تحلیل‌های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی هاضم تر - قشر چسبیده (فیلم ثابت)	میزان دقت تحلیل‌های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی هاضم تر - بستر لجن جریان بالارو	میزان دقت تحلیل‌های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های هاضم تر قابل کاربرد برای فضولات دامی و انتخاب فناوری (های) منتخب	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه و دقت تحلیل های فنی و اقتصادی ارائه شده در پروژه ۲- انتخاب فناوری (های) منطبق با شرایط اقتصادی، اجتماعی و اقلیمی کشور
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	۱- تهیه اسناد مناقصه ۲- تهیه فهرست شرکت های فناور داخلی و خارجی ۳- انتخاب حداقل دو شرکت فناور واجد شرایط داخلی و خارجی
اجرای واحدهای نمونه هاضم بیهوازی فضولات دامی	۱- ساخت حداقل ۳ واحد نمونه و رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه کارکرد واحدهای نمونه ۲- راندمان تبدیل (٪) : ۲۵ تا ۳۰ ۳- بهره بیوگاز ton/m^3 ۳۳ تا ۴۵ ۴- مقیاس واحد نمونه kW ۲۰تا ۵۰ ۵- ضریب ظرفیت : ۷۰٪
داده‌برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده فضولات دامی	۱- میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد سیستم ۲- کارکرد پیوسته پایلوت‌ها به مدت حداقل ۶۰۰۰ ساعت در سال ۳- بررسی میزان انطباق کارکرد واقعی سیستم با ملاحظات فنی مورد انتظار به منظور کسب دانش فنی و رفع مغایرت‌ها در تولید صنعتی
ساخت و بهره‌برداری واحد(های) صنعتی هاضم بیهوازی فضولات دامی	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه ۲- تعداد واحد صنعتی : حداقل ۲ ۳- راندمان تبدیل (٪) : ۳۰ تا ۴۰٪ ۴- بهره بیوگاز ton/m^3 ۴۵ تا ۵۵ ۵- مقیاس صنعتی kW ۱۰۰تا ۲۰۰

پروژه‌های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
	۶- ضریب ظرفیت : ۸۵٪
بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحد(های) صنعتی هاضم بیهوازی فضولات دامی	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه ۲- افزایش راندمان، بهره بیوگاز، ضریب ظرفیت و مقیاس واحد تولیدی ۳- کارکرد پیوسته واحدهای صنعتی به مدت حداقل ۷۵۰۰ ساعت در سال

جدول ۵-۲ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فناوری هاضم زباله شهری

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
تهیه اطلس زباله شهری کشور	۱- وضعیت تدوین اطلس زباله شهری برای کل کشور ۲- برای شهرهای با ظرفیت بالای ۵۰ هزار نفر
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور خارجی (واجد شرایط)	۱- تهیه فهرست شرکت‌های مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط ۲- انتخاب شرکت (های) مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط
مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای تر Wassa	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای تر Wabio	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای تر BIMA	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای خشک DRANCO	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای خشک VALORGA	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی هاضم تک مرحله‌ای خشک KOMPOGAS	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی هاضم دو مرحله‌ای BTA	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی هاضم توده‌ای Biocel	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
مطالعه تفصیلی هاضم توده‌ای Becon	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی هاضم توده‌ای SEBAC	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی هاضم توده‌ای APS	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های هاضم قابل کاربرد برای زباله شهری و انتخاب فناوری (های) منتخب	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه و دقت تحلیل های فنی و اقتصادی ارائه شده در پروژه ۲- انتخاب فناوری (های) منطبق با شرایط اقتصادی، اجتماعی و اقلیمی کشور
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	۱- تهیه اسناد مناقصه ۲- تهیه فهرست شرکت های فناور داخلی و خارجی ۳- انتخاب حداقل دو شرکت فناور واجد شرایط داخلی و خارجی
اجرای واحدهای نمونه هاضم بیهوازی زباله شهری	۱- ساخت حداقل ۲ واحد نمونه و رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه کارکرد واحدهای نمونه ۲- راندمان تبدیل (٪) : ۲۵ تا ۳۰ ۳- بهره بیوگاز ton/m^3 ۹۰ تا ۱۲۰ ۴- مقیاس واحد نمونه kW ۳۰۰ تا ۵۰۰ ۵- ضریب ظرفیت : ٪۷۰
داده‌برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده زباله شهری	۱- میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد سیستم ۲- کارکرد پیوسته پایلوت‌ها به مدت حداقل ۶۰۰۰ ساعت در سال ۳- بررسی میزان انطباق کارکرد واقعی سیستم با ملاحظات فنی مورد انتظار به منظور کسب دانش فنی و رفع مغایرت‌ها در تولید صنعتی
ساخت و بهره‌برداری نیروگاه هاضم بیهوازی زباله شهری	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه ۲- تعداد واحد صنعتی: حداقل ۲ ۳- راندمان تبدیل (٪) : ۳۰ تا ٪۴۰ ۴- بهره بیوگاز ton/m^3 ۱۲۰ تا ۲۰۰ ۵- مقیاس صنعتی kW ۵۰۰تا ۱۰۰۰ ۶- ضریب ظرفیت : ٪۸۰
بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحد نیروگاهی	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه ۲- ۲- افزایش راندمان، بهره بیوگاز، ضریب ظرفیت و مقیاس واحد تولیدی ۳- کارکرد پیوسته واحدهای صنعتی به مدت حداقل ۷۰۰۰ ساعت در سال

جدول ۵-۳ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فناوری گازیساز زباله شهری

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
تهیه اطلس زباله شهری کشور	۱- وضعیت تدوین اطلس زباله شهری برای کل کشور ۲- برای شهرهای با ظرفیت بالای ۵۰ هزار نفر
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور خارجی (واجد شرایط)	۱- تهیه فهرست شرکت‌های مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط ۲- انتخاب شرکت (های) مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فروکشند	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فراکشند	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت جریان متقاطع	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال چرخشی	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال جوشان	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز جریان همزمان	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز هیدروترمال	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز پلاسما	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های گازیسازی قابل کاربرد برای زباله شهری و انتخاب فناوری (های) منتخب	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه و دقت تحلیل های فنی و اقتصادی ارائه شده در پروژه ۲- انتخاب فناوری (های) منطبق با شرایط اقتصادی، اجتماعی و اقلیمی کشور
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	۱- تهیه اسناد مناقصه ۲- تهیه فهرست شرکت های فناور داخلی و خارجی ۳- انتخاب حداقل دو شرکت فناور واجد شرایط داخلی و خارجی
اجرای واحدهای نمونه گازیسازی زباله شهری	۱- ساخت حداقل ۲ واحد نمونه و رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه کارکرد واحدهای نمونه ۲- راندمان تبدیل (٪) : ۳۰ تا ۳۵ ۳- بهره گاز سنتز ton/m^3 ۲۲۰۰ تا ۲۳۰۰ ۴- مقیاس واحدهای نمونه kW ۲۰۰ تا ۵۰۰ ۵- ضریب ظرفیت : ۶۵٪
داده‌برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده زباله شهری	۱- میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد سیستم ۲- کارکرد پیوسته پایلوت‌ها به مدت حداقل ۵۷۰۰ ساعت در سال ۳- بررسی میزان انطباق کارکرد واقعی سیستم با ملاحظات فنی مورد انتظار به منظور کسب دانش فنی و رفع مغایرت‌ها در تولید صنعتی

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
ساخت و بهره‌برداری نیروگاه گازیسازی زباله شهری	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه ۲- تعداد واحد صنعتی: حداقل ۲ ۳- راندمان تبدیل (٪) : ۳۵ تا ۴۰٪ ۴- بهره گاز سنتز ton/m^3 ۲۳۰۰ تا ۲۵۰۰ ۵- مقیاس صنعتی kW ۱۰۰۰تا ۲۰۰۰ ۶- ضریب ظرفیت : ۷۵٪
بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحد نیروگاهی	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه ۲- افزایش راندمان، بهره گاز سنتز، ضریب ظرفیت و مقیاس واحد تولیدی ۳- کارکرد پیوسته واحدهای صنعتی به مدت حداقل ۶۷۰۰ ساعت در سال

جدول ۵-۴ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فناوری گازیساز بزرگ مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
تهیه اطلس زائدات کشاورزی و جنگلی کشور	وضعیت تدوین اطلس زائدات کشاورزی برای کل کشور
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور خارجی (واجد شرایط)	۱- تهیه فهرست شرکت‌های مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط ۲- انتخاب شرکت (های) مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فروکشند	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فراکشند	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت جریان متقاطع	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال چرخشی	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال جوشان	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز جریان همزمان	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز هیدروترمال	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
مطالعه تفصیلی گازیساز پلاسما	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های گازیسازی قابل کاربرد برای زائدات کشاورزی و انتخاب فناوری (های) منتخب	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه و دقت تحلیل های فنی و اقتصادی ارائه شده در پروژه ۲- انتخاب فناوری (های) منطبق با شرایط اقتصادی، اجتماعی و اقلیمی کشور
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	۱- تهیه اسناد مناقصه ۲- تهیه فهرست شرکت های فناور داخلی و خارجی ۳- انتخاب حداقل دو شرکت فناور واجد شرایط داخلی و خارجی
اجرای واحدهای نمونه گازیسازی زائدات کشاورزی	۱- ساخت حداقل ۲ واحد نمونه و رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه کارکرد واحدهای ۲- راندمان تبدیل (٪) :۳۰ تا ۳۵ ۳- بهره گاز سنتز ton/m^3 ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ ۴- مقیاس پایلوت ۲۰۰ kW تا ۵۰۰ ۵- ضریب ظرفیت : ۶۵٪
داده‌برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده زائدات کشاورزی و جنگلی	۱- میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد سیستم ۲- کارکرد پیوسته پایلوت‌ها به مدت حداقل ۵۷۰۰ ساعت در سال ۳- بررسی میزان انطباق کارکرد واقعی سیستم با ملاحظات فنی مورد انتظار به منظور کسب دانش فنی و رفع مغایرت‌ها در تولید صنعتی
ساخت و بهره‌برداری واحد(های) نیمه صنعتی گازیسازی زائدات کشاورزی و جنگلی	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه ۲- تعداد واحد نیمه صنعتی : حداقل ۲ ۳- راندمان تبدیل (٪) : ۳۵ تا ۴۰٪ ۴- بهره گاز سنتز ton/m^3 ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ ۵- مقیاس صنعتی ۱۰۰۰ kW تا ۲۰۰۰ ۶- ضریب ظرفیت : ۷۵٪
بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحدهای نیمه صنعتی	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه ۲- افزایش راندمان، بهره گاز سنتز، ضریب ظرفیت و مقیاس واحد تولیدی ۳- کارکرد پیوسته واحدهای صنعتی به مدت حداقل ۶۷۰۰ ساعت در سال

جدول ۵-۵ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فناوری گازیساز کوچک مقیاس زائدات زائدات کشاورزی و جنگلی

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و خارجی (واجد شرایط)	۱- تهیه اسناد مناقصه ۲- تهیه فهرست شرکت های فناور داخلی و خارجی ۳- انتخاب حداقل دو شرکت فناور واجد شرایط داخلی و خارجی

خرید، نصب و راه‌اندازی سامانه گازیساز مقیاس کوچک با فناوری روز دنیا	۱- وضعیت خرید، نصب و راه‌اندازی ۲- تعداد سامانه تجاری : حداقل ۱ ۳- راندمان تبدیل (٪) : ۳۰ تا ۳۵ ۴- بهره گاز سنتز ton/m^3 ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ ۵- مقیاس پایلوت ۲۰ kW تا ۵۰ ۶- ضریب ظرفیت : ۵۰٪
داده‌برداری و پایش عملکرد پایلوت نصب شده	۱- میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد سیستم ۲- بررسی میزان انطباق کارکرد واقعی سیستم با ملاحظات فنی مورد انتظار به منظور کسب دانش فنی و رفع مغایرت‌ها در تولید صنعتی ۳- کارکرد پیوسته پایلوت‌ها به مدت حداقل ۴۵۰۰ ساعت در سال
ساخت و بهره‌برداری واحدهای گازیساز مقیاس کوچک	۱- میزان تطابق پارامترهای فنی و اقتصادی نمونه اولیه با استانداردها یا نمونه‌های برتر خارجی ۲- تعداد واحد ساخت داخل : ۲۰ تا ۵۰ واحد ۳- راندمان تبدیل (٪) : ۳۵ تا ۴۰٪ ۴- بهره گاز سنتز ton/m^3 ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ ۵- ضریب ظرفیت : ۶۵٪ ۶- مقیاس واحد ساخت داخل ۲۰ kW تا ۵۰ ۷- کارکرد پیوسته پایلوت‌ها به مدت حداقل ۵۷۰۰ ساعت در سال

جدول ۵-۶ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فناوری گازیساز بزرگ مقیاس لجن فاضلاب شهری

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
تهیه اطلس لجن فاضلاب شهری کشور	۱- وضعیت تدوین اطلس لجن فاضلاب شهری برای کل کشور ۲- برای شهرهای با ظرفیت بالای ۲۱۰ هزار نفر
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های مشاور داخلی و ارزیابی شرکت‌های مشاور خارجی (واجد شرایط)	۱- تهیه فهرست شرکت‌های مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط ۲- انتخاب شرکت (های) مشاور داخلی و خارجی واجد شرایط
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فروکشند	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت فراکشند	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر ثابت جریان متقاطع	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال چرخشی	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
مطالعه تفصیلی گازیساز بستر سیال جوشان	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز جریان همزمان	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز هیدروترمال	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی گازیساز پلاسما	میزان دقت تحلیل های فنی و اقتصادی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
مطالعه تفصیلی سایر فناوری‌های گازیسازی قابل کاربرد برای لجن فاضلاب شهری و انتخاب فناوری (های) منتخب	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه و دقت تحلیل های فنی و اقتصادی ارائه شده در پروژه ۲- انتخاب فناوری (های) منطبق با شرایط اقتصادی، اجتماعی و اقلیمی کشور
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و ارزیابی شرکت‌های فناور خارجی (واجد شرایط)	۱- تهیه اسناد مناقصه ۲- تهیه فهرست شرکت های فناور داخلی و خارجی ۳- انتخاب حداقل دو شرکت فناور واجد شرایط داخلی و خارجی
اجرای واحدهای نمونه گازیسازی لجن فاضلاب شهری	۱- ساخت حداقل ۲ واحد نمونه و رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه کارکرد واحدهای نمونه ۲- راندمان تبدیل (٪) : ۳۰ تا ۳۵ ۳- بهره گاز سنتز ton/m^3 ۲۴۰۰ تا ۲۷۰۰ ۴- مقیاس پایلوت kW ۲۰۰ تا ۵۰۰ ۵- ضریب ظرفیت : ٪۶۵
داده‌برداری و پایش عملکرد واحدهای نمونه نصب شده لجن فاضلاب شهری	۱- میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد سیستم ۲- کارکرد پیوسته پایلوت‌ها به مدت حداقل ۵۷۰۰ ساعت در سال ۳- بررسی میزان انطباق کارکرد واقعی سیستم با ملاحظات فنی مورد انتظار به منظور کسب دانش فنی و رفع مغایرت‌ها در تولید صنعتی
ساخت و بهره‌برداری واحد(های) نیمه صنعتی گازیسازی لجن فاضلاب شهری	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه ۲- تعداد واحد نیمه صنعتی : حداقل ۲ ۳- راندمان تبدیل (٪) : ۳۵ تا ٪۴۰ ۴- بهره گاز سنتز ton/m^3 ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ ۵- مقیاس صنعتی kW ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ ۶- ضریب ظرفیت : ٪۷۵
بهینه‌سازی و بهبود عملکرد واحدهای نیمه صنعتی	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه ۲- افزایش راندمان، بهره گاز سنتز، ضریب ظرفیت و مقیاس واحد تولیدی ۳- کارکرد پیوسته واحدهای صنعتی به مدت حداقل ۶۷۰۰ ساعت در سال

جدول ۵-۷ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فناوری زباله‌سوزی توده‌سوز

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
ارزیابی و انتخاب شرکت‌های فناور داخلی و خارجی (واجد شرایط)	۱- تهیه اسناد مناقصه ۲- تهیه فهرست شرکت های فناور داخلی و خارجی ۳- انتخاب حداقل یک شرکت فناور واجد شرایط داخلی و خارجی
اجرای نیروگاه زباله‌سوز	۱- رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه کارکرد نیروگاه ۲- تعداد واحد : ۱ ۳- راندمان تبدیل (٪) : ۱۴ تا ۲۰ ۴- مقیاس واحد : ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلووات
ارزیابی عملکرد نیروگاه	۱- میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد سیستم ۲- کارکرد پیوسته پایلوت‌ها به مدت حداقل ۶۰۰۰ ساعت در سال ۳- بررسی میزان انطباق کارکرد واقعی سیستم با ملاحظات فنی مورد انتظار به منظور کسب دانش فنی و رفع مغایرت‌ها در تولید صنعتی
احداث چندین نیروگاه زباله‌سوز	۱- وضعیت احداث نیروگاه‌های زباله‌سوز ۲- تعداد واحد : حداقل ۲ ۳- راندمان تبدیل (٪) : ۲۰ تا ۲۷٪ ۴- مقیاس صنعتی : ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلووات

جدول ۵-۸ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فعالیت‌های تحقیقاتی و تحقیق و توسعه‌ای هاضم بیهوازی

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
پژوهش در زمینه راهکارهای کشت توده‌های میکروبی پربازده و افزایش بازده فرایند تولید بیوگاز	میزان جامعیت مطالعات و اطلاعات کسب شده در خصوص راهکارهای کشت توده‌های میکروبی پربازده و افزایش بازده فرایند
توسعه آزمایشگاه مرتبط با واحد هضم بیهوازی	۱- میزان رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد آزمایشگاه ۲- میزان توسعه آزمایشگاه هضم بیهوازی
تحقیق و نوآوری در زمینه رفع مشکلات کیفی، بهداشتی و زیست‌محیطی کاربرد خروجی فرایند هضم بیهوازی (فرآورده‌های پایین‌دستی) در بخش کشاورزی و آبزی‌پروری	وضعیت دانش فنی در زمینه بهره‌برداری از فرآورده‌های پایین‌دستی هضم بیهوازی
پژوهش در زمینه هضم هم زمان منابع زیست‌توده و افزایش بازده فرایند تولید بیوگاز	میزان جامعیت مطالعات و اطلاعات کسب شده در زمینه هضم همزمان منابع زیست‌توده
انجام مطالعات ارزیابی چرخه عمر، تراز انرژی و انتشار کربن در فرایند هضم بیهوازی	میزان جامعیت مطالعات و اطلاعات کسب شده در خصوص ارزیابی چرخه عمر، تراز انرژی و انتشار کربن در فرایند

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
پژوهش در زمینه اجرای نظام عادلانه تخصیص برق و انرژی به صنعت دامپروری و صنایع وابسته	وضعیت اجرای نظام عادلانه تخصیص برق و انرژی به صنعت دامپروری و صنایع وابسته
توسعه و بهینه‌سازی روش‌های پیش‌تیمار منابع زیست‌توده با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید	وضعیت توسعه و بهینه‌سازی روش‌های پیش‌تیمار منابع زیست‌توده با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید
توسعه و بهینه‌سازی سامانه‌های مکانیکی کاربردی در آماده‌سازی و پیش‌تیمار پسماندهای جامد با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید	وضعیت توسعه و بهینه‌سازی سامانه‌های مکانیکی کاربردی در آماده‌سازی و پیش‌تیمار پسماندهای جامد با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید
تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پربازده گرمایش و نگهداشت دمای بهینه فرایند در هاضم بیهوازی	وضعیت طراحی تجهیزات پربازده گرمایش و نگهداشت دمای بهینه فرایند در هاضم بیهوازی
ساخت تجهیزات پربازده گرمایش و نگهداشت دمای بهینه فرایند در هاضم بیهوازی	میزان تطابق پارامترهای فنی و اقتصادی نمونه اولیه با استانداردها یا نمونه‌های برتر خارجی
بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پربازده گرمایش و نگهداشت دمای بهینه فرایند در هاضم بیهوازی	میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد تجهیزات
تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پایش فرایند (آنالایزرهای گاز، سنجش دبی، سنجش سریع کیفیت مواد، تصفیه گاز و ...)	وضعیت طراحی تجهیزات پایش فرایند هاضم بیهوازی
ساخت تجهیزات پایش فرایند (آنالایزرهای گاز، سنجش دبی، سنجش سریع کیفیت مواد، تصفیه گاز و ...)	میزان تطابق پارامترهای فنی و اقتصادی نمونه اولیه با استانداردها یا نمونه‌های برتر خارجی
بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پایش فرایند (آنالایزرهای گاز، سنجش دبی، سنجش سریع کیفیت مواد، تصفیه گاز و ...)	میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد تجهیزات
تدوین دانش فنی طراحی انواع پوشش‌های ضدخوردگی و تجهیزات وابسته	میزان تحقق اهداف تعیین شده
ساخت انواع پوشش‌های ضدخوردگی و تجهیزات وابسته	میزان تطابق پارامترهای فنی و اقتصادی نمونه اولیه با استانداردها یا نمونه‌های برتر خارجی
بهره‌برداری و پایش عملکرد انواع پوشش‌های ضدخوردگی و تجهیزات وابسته	میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد تجهیزات
تدوین دانش فنی طراحی موتور بیوگازسوز	وضعیت طراحی موتور بیوگازسوز
شبیه‌سازی فرایندی و عددی موتور بیوگازسوز	میزان دقت تحلیل‌های عددی و انطباق نتایج با مدل‌های تجربی و ایجاد و تجهیز مرکز محاسباتی
ساخت نمونه موتور بیوگازسوز	میزان تطابق پارامترهای فنی و اقتصادی نمونه اولیه با استانداردها یا نمونه‌های برتر خارجی
بهره‌برداری و پایش عملکرد موتور بیوگازسوز	میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد موتور بیوگازسوز
بهینه سازی طراحی و ساخت موتور بیوگازسوز	رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه
تدوین دانش فنی طراحی کمپرسور و دمنده بیوگاز	وضعیت طراحی کمپرسور و دمنده بیوگاز
شبیه‌سازی فرایندی و عددی کمپرسور و دمنده بیوگاز	میزان دقت تحلیل‌های عددی و انطباق نتایج با مدل‌های تجربی و ایجاد و تجهیز مرکز محاسباتی
ساخت نمونه کمپرسور و دمنده بیوگاز	میزان تطابق پارامترهای فنی و اقتصادی نمونه اولیه با استانداردها یا

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
	نمونه‌های برتر خارجی
بهره‌برداری و پایش عملکرد کمپرسور و دمنده بیوگاز	میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد تجهیزات
بهینه سازی طراحی و ساخت کمپرسور و دمنده بیوگاز	رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه
اجرای واحد نمونه هضم همزمان (co-digestion) متناسب با شرایط بومی و اقلیمی کشور	۱- ساخت حداقل ۱ واحد نمونه و رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه کارکرد واحد نمونه ۲- راندمان تبدیل (٪) : ۲۵ تا ۳۰ ۳- بهره بیوگاز ton/m^3 ۳۳ تا ۴۵ ۴- مقیاس واحد نمونه kW ۲۰تا ۵۰ ۵- ضریب ظرفیت : ٪۷۰
داده‌برداری و پایش عملکرد واحد نمونه هضم همزمان	۱- میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد سیستم ۲- کارکرد پیوسته واحدهای نمونه به مدت حداقل ۶۰۰۰ ساعت در سال ۳- بررسی میزان انطباق کارکرد واقعی سیستم با ملاحظات فنی مورد انتظار به منظور کسب دانش فنی و رفع مغایرت‌ها در تولید صنعتی
شبیه‌سازی فرایندی واحد هضم بیهوازی	میزان دقت تحلیل‌های عددی و انطباق نتایج با مدل‌های تجربی و ایجاد و تجهیز مرکز محاسباتی
شبیه‌سازی عددی فرایند هضم بیهوازی	میزان دقت تحلیل‌های عددی و انطباق نتایج با مدل‌های تجربی و ایجاد و تجهیز مرکز محاسباتی

جدول ۵-۹ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فعالیت‌های تحقیقاتی و تحقیق و توسعه‌ای گازیسازی

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
توسعه و بهینه‌سازی سامانه‌های مکانیکی کاربردی در آماده‌سازی و پیش‌تیمار پسماندهای جامد با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید	وضعیت توسعه و بهینه‌سازی سامانه‌های مکانیکی کاربردی در آماده‌سازی و پیش‌تیمار پسماندهای جامد با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید
انجام مطالعات ارزیابی چرخه عمر، تراز انرژی و انتشار کربن در فرایند گازیسازی	میزان جامعیت مطالعات و اطلاعات کسب شده در خصوص ارزیابی چرخه عمر، تراز انرژی و انتشار کربن در فرایند
توسعه آزمایشگاه مرتبط با واحد گازیسازی	۱- میزان رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد آزمایشگاه ۲- میزان توسعه آزمایشگاه گازیسازی
شبیه‌سازی فرایندی واحد نیروگاهی گازیسازی	میزان دقت تحلیل‌های عددی و انطباق نتایج با مدل‌های تجربی و ایجاد و تجهیز مرکز محاسباتی
شبیه‌سازی عددی فرآیند گازیسازی	میزان دقت تحلیل‌های عددی و انطباق نتایج با مدل‌های تجربی و ایجاد و تجهیز مرکز محاسباتی
تحقیق در زمینه روش‌های افزایش راندمان تولید گاز محصول در فرایند گازیسازی (فرایند تحت فشار و ...)	میزان جامعیت مطالعات و اطلاعات کسب شده در خصوص روش‌های افزایش راندمان تولید گاز محصول
تحقیق در زمینه رفع مشکلات کیفی و زیست‌محیطی خروجی فرایند گازیسازی (ضایعات جامد، پساب و آلاینده‌های هوا)	وضعیت دانش فنی رفع مشکلات کیفی، بهداشتی و زیست‌محیطی کاربرد خروجی فرایند گازیسازی

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پالایش گاز محصول	وضعیت طراحی تجهیزات پالایش گاز محصول
ساخت نمونه تجهیزات پالایش گاز محصول	میزان تطابق پارامترهای فنی و اقتصادی نمونه اولیه با استانداردها یا نمونه‌های برتر خارجی
بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پالایش گاز	میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد تجهیزات پالایش گاز محصول
تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پایش فرایند	وضعیت طراحی تجهیزات پایش فرایند گازیسازی
ساخت تجهیزات پایش فرایند	میزان تطابق پارامترهای فنی و اقتصادی نمونه اولیه با استانداردها یا نمونه‌های برتر خارجی
بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پایش فرایند	میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد تجهیزات
تدوین دانش فنی طراحی موتور گازسنتز سوز	وضعیت طراحی موتور گازسنتز سوز
شبیه‌سازی فرایندی موتور گازسنتز سوز	میزان دقت تحلیل‌های عددی و انطباق نتایج با مدل‌های تجربی و ایجاد و تجهیز مرکز محاسباتی
ساخت نمونه موتور گازسنتز سوز	میزان تطابق پارامترهای فنی و اقتصادی نمونه اولیه با استانداردها یا نمونه‌های برتر خارجی
بهره‌برداری و پایش عملکرد موتور گازسنتز سوز	میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد موتور گازسنتز سوز
بهینه‌سازی طراحی و ساخت موتور گازسنتز سوز	رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه

جدول ۵-۱۰ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد فعالیت‌های تحقیقاتی و تحقیق و توسعه‌ای زباله‌سوزی

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
توسعه و بهینه‌سازی سامانه‌های مکانیکی کاربردی در آماده‌سازی و پیش‌تیمار پسماندهای جامد با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید	وضعیت توسعه و بهینه‌سازی سامانه‌های مکانیکی کاربردی در آماده‌سازی و پیش‌تیمار پسماندهای جامد با هدف افزایش بهره‌وری فرایند و بازدهی تولید انرژی مفید
انجام مطالعات ارزیابی چرخه عمر، تراز انرژی و انتشار کربن در فرایند زباله‌سوزی	میزان جامعیت مطالعات و اطلاعات کسب شده در خصوص ارزیابی چرخه عمر، تراز انرژی و انتشار کربن در فرایند
توسعه آزمایشگاه مرتبط با واحد زباله‌سوزی	۱- میزان رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد آزمایشگاه ۲- میزان توسعه آزمایشگاه گازیسازی
تحقیق در زمینه روش‌های افزایش راندمان در فرایند زباله‌سوزی (ارزش حرارتی منبع، نوع فناوری، طراحی کوره و ...)	میزان جامعیت مطالعات و اطلاعات کسب شده در خصوص روش‌های افزایش راندمان
تحقیق در زمینه رفع مشکلات کیفی و زیست‌محیطی خروجی فرایند زباله‌سوزی (ضایعات جامد، پساب و آلاینده‌های خروجی از دودکش)	وضعیت دانش فنی رفع مشکلات کیفی و زیست‌محیطی کاربرد خروجی فرایند زباله‌سوزی

پروژه های فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
شبیه‌سازی فرایندی واحد نیروگاهی زباله‌سوزی	میزان دقت تحلیل‌های عددی و انطباق نتایج با مدل‌های تجربی و ایجاد و تجهیز مرکز محاسباتی
شبیه‌سازی عددی واحد نیروگاهی زباله‌سوزی	میزان دقت تحلیل‌های عددی و انطباق نتایج با مدل‌های تجربی و ایجاد و تجهیز مرکز محاسباتی
مطالعه تفصیلی بازار داخلی کاربرد فناوری زباله‌سوزی	رضایتمندی کارشناسان خبره از نتایج ارزیابی بازار
ارزیابی فنی و زیست محیطی فناوری زباله‌سوزی وارداتی	میزان دقت تحلیل‌های فنی و زیست‌محیطی با توجه به تمامی پارامترهای تاثیرگذار
تدوین استانداردهای زیست محیطی	نظر کارشناسان خبره در خصوص سطح استاندارد و میزان جامعیت آنها
تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پالایش گاز خروجی	وضعیت طراحی تجهیزات پالایش گاز خروجی
ساخت تجهیزات پالایش گاز خروجی	میزان تطابق پارامترهای فنی و اقتصادی نمونه اولیه با استانداردها یا نمونه‌های برتر خارجی
بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پالایش گاز خروجی	میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد تجهیزات
تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات پایش فرایند	وضعیت طراحی تجهیزات پایش فرایند زباله‌سوزی
ساخت تجهیزات پایش فرایند	میزان تطابق پارامترهای فنی و اقتصادی نمونه اولیه با استانداردها یا نمونه‌های برتر خارجی
بهره‌برداری و پایش عملکرد تجهیزات پایش فرایند	میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد تجهیزات
تدوین دانش فنی طراحی کوره زباله‌سوز	وضعیت طراحی کوره زباله‌سوز
شبیه‌سازی فرایندی کوره زباله‌سوز	میزان دقت تحلیل‌های عددی و انطباق نتایج با مدل‌های تجربی و ایجاد و تجهیز مرکز محاسباتی
ساخت نمونه کوره زباله‌سوز	میزان تطابق پارامترهای فنی و اقتصادی نمونه اولیه با استانداردها یا نمونه‌های برتر خارجی
بهره‌برداری و پایش عملکرد کوره زباله‌سوز	میزان دقت داده‌ها و رضایتمندی کارشناسان خبره از عملکرد کوره زباله‌سوز
بهینه سازی طراحی و ساخت کوره زباله‌سوز	رضایتمندی کارشناسان خبره از نحوه انجام پروژه

جدول ۵-۱۱ شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان و خرد اقدامات غیر فنی مشترک

کارکردها	اقدامات غیر فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
فاز پیش توسعه		
توسعه دانش	اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه ملی با مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر جهانی	وضعیت اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه و میزان رضایتمندی کارشناسان خبره از جامعیت پروژه‌ها و نحوه اجرای آنها
	تدوین نظام‌نامه حمایت از دانشجویان و اساتید محقق در این حوزه از قبیل حمایت از پایان نامه‌های دانشجویی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه زیست‌توده	وضعیت نظام‌نامه حمایت از دانشجویان و اساتید محقق در این حوزه
	پیاده‌سازی نظام‌نامه حمایت از دانشجویان و اساتید محقق در این حوزه از قبیل حمایت از پایان نامه‌های دانشجویی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه زیست‌توده	وضعیت پیاده‌سازی نظام حمایت از دانشجویان و اساتید محقق در این حوزه
	برگزاری و شرکت در کارگاه‌های تخصصی معتبر بین‌المللی در حوزه‌های طراحی، عملکرد و نصب فناوری‌های اولویت‌دار انرژی زیست‌توده	۱- برگزاری حداقل یک کارگاه تخصصی سالانه معتبر بین‌المللی در حوزه انرژی زیست‌توده ۲- اعزام تخبگان برای شرکت در کارگاه‌های تخصصی این حوزه
	تدوین برنامه توسعه واحدها و رشته‌های دانشگاهی و ارائه پیشنهاد جهت ایجاد چندین رشته تحصیلی در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه انرژی زیست‌توده	میزان دقت مطالعات و معرفی چند واحد دانشگاهی
	پیاده‌سازی برنامه توسعه واحدها و رشته‌های دانشگاهی و ارائه پیشنهاد جهت ایجاد چندین رشته تحصیلی در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه انرژی زیست‌توده	وضعیت پیاده‌سازی برنامه توسعه واحدها و رشته‌های دانشگاهی
انتشار دانش	حمایت و برگزاری کنفرانس‌های ملی و بین‌المللی مرتبط با زیست‌توده	برگزاری حداقل یک کنفرانس سالانه معتبر بین‌المللی در حوزه انرژی زیست‌توده و اعزام تخبگان برای شرکت در کارگاه‌های تخصصی این حوزه
	تدوین نظام مدیریت دانش	دستیابی به نظام جامع مدیریت دانش در حوزه فناوری‌های انرژی زیست‌توده
	پیاده‌سازی نظام مدیریت دانش	وضعیت پیاده‌سازی نظام مدیریت دانش
جهت‌دهی به سیستم	تشکیل شورای راهبردی متشکل از ذینفعان و خبرگان بخش زیست‌توده در کشور به منظور حمایت و هدایت فعالیت‌های تحقیق و توسعه‌ای و همچنین ارزیابی، نظارت و به روز رسانی فعالیت‌های انجام شده	برگزاری جلسات دوره‌ای کمیته تخصصی راهبردی

کارکردها		اقدامات غیر فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
		تأسیس مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده	اطلاعات ثبت مرکز توسعه فناوری انرژی زیست‌توده
		رصد فناوری و ارزیابی سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های زیست‌توده	گزارشات رصد فناوری و ارزیابی سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری زیست‌توده
		به روز رسانی سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های زیست‌توده	گزارشات به روز رسانی سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری زیست‌توده
		تدوین سند توسعه بخش زیست‌توده	۱- تهیه شرح خدمات سند بخش زیست‌توده ۲- انعقاد قرارداد با مجری پروژه ۳- رضایتمندی خبرگان از کیفیت سند تدوین شده
		تعیین مکانیزم دقیق انتقال فناوری	نظر کارشناسان خبره در خصوص میزان جامعیت استراتژی
		ایجاد بانک اطلاعاتی و شبکه متخصصین، دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های دانش بنیان، آزمایشگاه‌ها در زمینه انرژی زیست‌توده در کشور	راه‌اندازی پورتال جامع متخصصان حوزه فناوری‌های انرژی زیست‌توده
تأمین منابع	منابع مالی	مشخص شدن بودجه تخصیص داده شده به توسعه فناوری انرژی زیست‌توده در برنامه بودجه سالیانه	مشخص شدن بودجه تخصیص داده شده به توسعه فناوری انرژی زیست‌توده در برنامه بودجه سالیانه
		وضعیت بودجه تخصیص داده شده به توسعه فناوری انرژی زیست‌توده در برنامه بودجه سالیانه	وضعیت بودجه تخصیص داده شده به توسعه فناوری انرژی زیست‌توده در برنامه بودجه سالیانه
	منابع و سرمایه‌های انسانی	میزان رضایتمندی خبرگان از سازوکار همکاری با متخصصین بین‌المللی	میزان رضایتمندی خبرگان از سازوکار همکاری با متخصصین بین‌المللی
		وضعیت انعقاد تفاهم نامه همکاری با متخصصین بین‌المللی و رضایتمندی خبرگان از اجرای نتایج انعقاد تفاهم‌نامه	وضعیت انعقاد تفاهم نامه همکاری با متخصصین بین‌المللی و رضایتمندی خبرگان از اجرای نتایج انعقاد تفاهم‌نامه
		۱- برگزاری حداقل یک دوره آموزش تخصصی مشترک بین‌المللی سالانه در حوزه انرژی زیست‌توده ۲- آموزش نیروی انسانی متخصص در زمینه راهبری سیستم‌های هضم بیهوازی	۱- برگزاری حداقل یک دوره آموزش تخصصی مشترک بین‌المللی سالانه در حوزه انرژی زیست‌توده ۲- آموزش نیروی انسانی متخصص در زمینه راهبری سیستم‌های هضم بیهوازی
		شرکت متخصصین و تکنسین‌های داخلی در دوره‌های تخصصی مشترک بین‌المللی در حوزه انرژی زیست‌توده	شرکت متخصصین و تکنسین‌های داخلی در دوره‌های تخصصی مشترک بین‌المللی در حوزه انرژی زیست‌توده

کارکردها		اقدامات غیر فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
		راه‌اندازی و برگزاری دوره‌های تخصصی در حوزه زیست‌توده	راه‌اندازی و برگزاری دوره‌های تخصصی در حوزه زیست‌توده
	زیرساخت	تدوین آیین‌نامه اخذ مجوزهای مرتبط	تدوین آیین‌نامه اخذ مجوزهای مرتبط
فاز توسعه			
کارآفرینی		تدوین دستورالعمل شناسایی شرکت‌های دانش‌بنیان در این حوزه و رایزنی با معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و شورای عالی عتف جهت اخذ حمایت‌های مالی و پشتیبانی برای این شرکت‌ها	وضعیت تدوین دستورالعمل شناسایی شرکت‌های دانش‌بنیان
		تدوین مکانیزم‌های جذب شرکت‌های بین‌المللی جهت ایجاد واحدهای تحقیق و توسعه خود در داخل کشور	تدوین آیین‌نامه‌های جذب شرکت‌های بین‌المللی و ایجاد چند شرکت توانمند در این حوزه
		برگزاری جشنواره‌های ملی به منظور حمایت از محققین و مخترعین	برگزاری حداقل یک جشنواره سالانه معتبر ملی در حوزه انرژی زیست‌توده
		حمایت از اساتید و دانشجویان این حوزه جهت تشکیل و راه‌اندازی شرکت‌های زایشی در دانشگاه‌ها	تدوین مکانیزم حمایت از محققین و ایجاد چند شرکت زایشی در حوزه زیست‌توده در دانشگاه‌ها
توسعه دانش		هدایت تحقیقاتی دانشگاه‌ها به اولویت‌های ملی و نیازمندی‌های شرکت‌های دانش‌بنیان این حوزه	میزان رضایتمندی کارشناسان خبره از عناوین پروژه‌های حمایت شده
		برگزاری دوره‌های علمی روش‌های انتقال فناوری در این حوزه و تجربیات موفق داخلی و بین‌المللی	برگزاری حداقل یک دوره علمی انتقال فناوری سالانه معتبر بین‌المللی در حوزه انرژی زیست‌توده
شکل دهی بازار		ایجاد یک بازار مطمئن از طریق خرید دولتی از محصولات با کیفیت ساخت داخل	تدوین آیین نامه برای دستگاه‌های دولتی به منظور الزام در تامین بخشی از برق مورد نیاز خود از سیستم‌های زیست‌توده
		الزام دارندگان منابع اولیه زیست‌توده به تأمین بخشی از برق مورد نیاز خود از فناوری‌های بومی (تولید پراکنده)	تهیه پیشنهادات، آیین‌نامه‌ها و موارد قانونی مرتبط
		تدوین مکانیزم‌های حمایتی به منظور ارائه تسهیلات برای احداث کنندگانی که از تجهیزات بومی (با کیفیت استاندارد) استفاده می‌کنند	تدوین آیین‌نامه‌های حمایتی
		بازنگری و تدقیق در تعرفه خرید تضمینی برق توسط دولت	میزان دقت مطالعات و رضایتمندی کارشناسان خبره از نتایج
		تدوین و به روز رسانی استانداردهای دقیق، هوشمندانه و جامع در بخش‌های مختلف طراحی، ساخت، بهره‌برداری و تست فناوری‌های اولویت‌دار انرژی زیست‌توده	تکمیل استانداردهای مورد نیاز بخش انرژی زیست‌توده

کارکردها		اقدامات غیر فنی	شاخص تحقق و ارزیابی
تأمین منابع	منابع مالی	تأمین وام‌های بلند مدت کم‌بهره برای صنعت‌گران در این حوزه از صندوق توسعه ملی	وضعیت تأمین وام‌های بلند مدت کم‌بهره برای صنعت‌گران در این حوزه از صندوق توسعه ملی
		تعریف و اجرای مکانیزم هوشمندانه تعرفه گمرکی واردات تجهیزات فناوری‌های اولویت دار متناسب با توان بومی‌سازی آنها	وضعیت تعریف و اجرای مکانیزم هوشمندانه تعرفه گمرکی واردات تجهیزات فناوری‌های اولویت دار
		تدوین نظام‌نامه جذب سرمایه‌گذاری خارجی (به شرط انتقال فناوری)	وضعیت نظام‌نامه جذب سرمایه‌گذاری خارجی
	منابع و مواد اولیه	ایجاد بستر حمایتی مناسب به منظور استفاده از زمین‌های حاشیه‌ای و آب‌های کم کیفیت	تدوین قوانین و آیین‌نامه‌های برای استفاده از زمین‌های حاشیه‌ای و آب‌های کم کیفیت
		ترویج زراعت گیاهان مختص انرژی و کشت‌های فراسرزمینی	تدوین قوانین و آیین‌نامه‌های برای ترویج زراعت گیاهان مختص انرژی و کشت‌های فراسرزمینی
		وضع قوانین و آئین‌نامه‌های جدید و به روز رسانی قوانین موجود جهت تخصیص منابع زیست‌توده با هدف تولید انرژی	وضعیت وضع قوانین جهت تخصیص منابع زیست‌توده با هدف تولید انرژی
	منابع و سرمایه انسانی	تدوین استاندارد مشاغل فنی و حرفه‌ی به منظور تربیت نیروی انسانی فعال در صنعت زیست‌توده	وضعیت تدوین استاندارد مشاغل فنی و حرفه‌ی به منظور تربیت نیروی انسانی فعال در صنعت زیست‌توده
مشروعیت‌بخشی		تهیه و انتشار نشریه تخصصی و عمومی در این حوزه	انتشار حداقل یک نشریه تخصصی سالانه
		تهیه و تدوین برنامه آگاه‌سازی، ترویج و اطلاع‌رسانی عمومی	وضعیت تهیه و تدوین برنامه آگاه‌سازی، ترویج و اطلاع‌رسانی عمومی
		برگزاری نمایشگاه‌های اطلاع رسانی	برگزاری حداقل یک نمایشگاه سالانه اطلاع رسانی
		برگزاری جشنواره‌های تقدیر از فعالان این حوزه	برگزاری حداقل یک جشنواره سالانه تقدیر از فعالان این حوزه

۵-۳- تدوین شاخص‌های عملکردی

شاخص‌های کلیدی شاخص‌های کلانی هستند که هدف غایی سیاست‌گذار از برنامه‌ریزی و تدوین سند را مورد سنجش قرار می‌دهند و عدم تحقق آن ها به منزله عدم تحقق کل یا بخشی از برنامه است. در جدول (۵-۱۲) شاخص‌های کلیدی با توجه به چشم‌انداز و اهداف کلان ارائه شده‌اند. در جدول (۵-۱۳) نیز شاخص‌های کلیدی در فواصل زمانی مشخص برای تعیین میزان قابل قبول تحقق اهداف کلان و چشم‌انداز به صورت جداگانه تعیین شدند.

جدول ۵-۱۲ شاخص‌های کلیدی اهداف کلان و چشم‌انداز

بیانیه چشم‌انداز	شاخص کلیدی تحقق و ارزیابی
با الهام از سند چشم‌انداز بیست‌ساله، نقشه جامع تأمین علمی کشور و در راستای تحقق چشم‌انداز وزارت نیرو و همچنین حفاظت از محیط زیست، آب و امنیت غذایی، جمهوری اسلامی ایران با تکیه بر توانمندی‌های داخلی و متخصصان کارآمد و خلاق در طراحی، اجرا و مدیریت فناوری‌های اولویت‌دار حوزه تولید برق زیست‌توده، به جایگاه دوم در بین کشورهای منطقه در افق ۱۴۰۴ دست یافته است.	افزایش ۱۰ برابری تعداد مقالات
	پرورش سالانه ۴۰ تا ۵۰ دانشجوی متخصص در حوزه انرژی تجدیدپذیر و زیست‌توده با حمایت از پایان‌نامه‌های دانشجویی
	جذب حداقل ۲۰ عضو هیئت علمی توانمند در حوزه انرژی تجدیدپذیر و زیست‌توده
	پرورش ۳۰۰ تکنسین توانمند، خلاق و متخصص در حوزه‌های طراحی، ساخت و راه‌اندازی نیروگاه‌های زیست‌توده
	معرفی دو نمانام معتبر در هر فناوری
	ساخت ۳ واحد نمونه هاضم بیهوازی فضولات دامی با ظرفیت واحد ۲۰ تا ۵۰ کیلووات
	ساخت ۲ واحد نمونه هاضم بیهوازی زباله شهری با ظرفیت واحد ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلووات
	ساخت ۲ واحد نمونه گازیسازی زباله شهری با ظرفیت واحد ۲۰۰ تا ۵۰۰ کیلووات
	ساخت ۲ واحد نمونه گازیسازی بزرگ مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی با ظرفیت واحد ۲۰۰ تا ۵۰۰ کیلووات
	ساخت ۲ واحد نمونه گازیسازی لجن فاضلاب شهری با ظرفیت واحد ۲۰۰ تا ۵۰۰ کیلووات
	نصب و راه‌اندازی ۱ واحد نمونه گازیسازی کوچک مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی با ظرفیت واحد ۲۰ تا ۵۰ کیلووات
	نصب و راه‌اندازی ۱ نیروگاه زباله‌سوزی با ظرفیت واحد ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلووات
	نصب ۲ نیروگاه هاضم بیهوازی فضولات دامی با ظرفیت واحد ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلووات
	نصب ۲ نیروگاه هاضم بیهوازی زباله‌های شهری با ظرفیت واحد ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلووات
	نصب ۲ نیروگاه گازیسازی زباله‌های شهری با ظرفیت واحد ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلووات

بیانیه چشم‌انداز	شاخص کلیدی تحقق و ارزیابی
	نصب ۲ نیروگاه گازیسازی لجن فاضلاب شهری با ظرفیت واحد ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلووات
	نصب ۲۰ واحد گازیساز کوچک مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی با ظرفیت واحد ۲۰ تا ۵۰ کیلووات
	نصب ۲ نیروگاه گازیسازی بزرگ مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی با ظرفیت واحد ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلووات
	نصب ۲ نیروگاه زباله‌سوز با ظرفیت واحد ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلووات
	نصب ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ کیلووات واحد نمونه تولید برق از انرژی زیست‌توده
	نصب ۱۴ تا ۲۸ مگاوات نیروگاه تولید برق از انرژی زیست‌توده
	تدوین اطلس منابع زیست‌توده و اطلاع از پتانسیل موجود در کشور

جدول ۵-۱۳ شاخص‌های کلیدی اهداف کلان و چشم‌انداز

عناوین نقشه راه انرژی زیست‌توده	شاخص کلیدی تحقق و ارزیابی ۱۴۰۰	شاخص کلیدی تحقق و ارزیابی ۱۴۰۴
نقشه راه توسعه فناوری‌های اولویت‌دار تولید برق از منابع زیست‌توده سبک اکتساب همکاری و توسعه داخلی (هاضم فضولات دامی، هاضم زباله شهری، گازیسازی زباله شهری، گازیسازی بزرگ زائدات شهری، گازیسازی لجن فاضلاب شهری)	تدوین اطلس منابع زیست‌توده و اطلاع از پتانسیل موجود در کشور	نصب ۲ نیروگاه هاضم بیهوازی فضولات دامی با ظرفیت واحد ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلووات
	ساخت ۳ واحد نمونه هاضم بیهوازی فضولات دامی با ظرفیت واحد ۲۰ تا ۵۰ کیلووات	نصب ۲ نیروگاه هاضم بیهوازی زباله‌های شهری با ظرفیت واحد ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلووات
	ساخت ۲ واحد نمونه هاضم بیهوازی زباله شهری با ظرفیت واحد ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلووات	نصب ۲ نیروگاه گازیسازی لجن فاضلاب نصب ۲ نیروگاه گازیسازی زباله‌های شهری با ظرفیت واحد ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلووات
	ساخت ۲ واحد نمونه گازیسازی زباله شهری با ظرفیت واحد ۲۰۰ تا ۵۰۰ کیلووات	نصب ۲ نیروگاه گازیسازی لجن فاضلاب شهری با ظرفیت واحد ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلووات
	ساخت ۲ واحد نمونه گازیسازی بزرگ مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی با ظرفیت واحد ۲۰۰ تا ۵۰۰ کیلووات	نصب ۲ نیروگاه گازیسازی بزرگ مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی با ظرفیت واحد ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلووات
	ساخت ۲ واحد نمونه گازیسازی لجن فاضلاب شهری با ظرفیت واحد ۲۰۰ تا ۵۰۰ کیلووات	

عناوین نقشه راه انرژی زیست‌توده	شاخص کلیدی تحقق و ارزیابی ۱۴۰۰	شاخص کلیدی تحقق و ارزیابی ۱۴۰۴
نقشه راه توسعه فناوری‌های اولویت‌دار تولید برق از منابع زیست‌توده سبک اکتساب خرید (گازیسازی کوچک مقیاس زائدات شهری)	تدوین اطلس منابع زیست‌توده و اطلاع از پتانسیل موجود در کشور	
	نصب و راه‌اندازی ۱ واحد نمونه گازیسازی کوچک مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی با ظرفیت واحد ۲۰ تا ۵۰ کیلووات	
	نصب ۲۰ واحد گازیساز کوچک مقیاس زائدات کشاورزی و جنگلی با ظرفیت واحد ۲۰ تا ۵۰ کیلووات	
نقشه راه توسعه فناوری‌های اولویت‌دار تولید برق از منابع زیست‌توده سبک اکتساب همکاری (زباله‌سوز)	نصب و راه‌اندازی ۱ نیروگاه زباله‌سوزی با ظرفیت واحد ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلووات	نصب ۲ نیروگاه زباله‌سوز با ظرفیت واحد ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلووات

۵-۴- تدوین ساختار نظارت، به روزرسانی و مکانیزم ارزیابی

همان طور که اشاره شد، به منظور تحقق اهداف سند لازم است ساز و کاری اندیشیده شده و ساختار نظارتی برای آن تعیین گردد. وزارت نیرو وظیفه سیاست‌گذاری کلان، هماهنگی و نظارت کلان بر اجرای این سند را بر عهده دارد. مرکز توسعه فناوری‌های تولید برق از انرژی زیست‌توده و در صورت عدم تشکیل آن، کمیته راهبری متشکل از اعضاء کمیته راهبری این پروژه و خبرگان دیگر بر نحوه اجرای این سند نظارت می‌کند و بازنگری‌های لازم در سند و گزارش کلان مربوطه را در فواصل زمانی مشخص ارائه خواهد نمود. این ستاد با ایجاد ساز و کارهای لازم و استفاده از نهادهای مختلف، ضمن انجام تصمیم‌گیری‌های لازم، وظیفه نظارت بر تحقق اهداف سند و ارزیابی پیشرفت کار را بر عهده دارد. از جمله وظایف اصلی این ستاد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سیاست‌گذاری اجرایی، راهبری، هماهنگی و ایجاد ارتباطات بین دستگاهی لازم برای به کارگیری فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده با ظرفیت بالا
- نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند
- پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

۵-۴-۱- مکانیزم عملکرد

با توجه به وظایف مطرح شده برای این مرکز، می‌بایست مکانیزمی اندیشیده شود که به عنوان چارچوبی برای انجام فعالیت‌های ارزیابی در نظر گرفته شود. همانطور که اشاره شد، از جمله وظایف اصلی مرکز توسعه فناوری های تولید برق از زیست‌توده نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند و پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد. لذا اعضای مرکز جهت انجام وظایف درنظر گرفته شده می‌بایست جلسات منظم ماهانه را برگزار کرده و در فاصله بین جلسات از طریق همکاری و اخذ آمار و گزارش‌ها از دستگاه‌های متولی حوزه‌های مرتبط، شاخص‌های تعیین شده را ارزیابی کرده و پس از نهایی سازی و تلفیق آنها گزارش آن را در دوره‌های زمانی ۶ ماهه به وزارت نیرو اعلام نماید.

اعضای مرکز (کمیته راهبری) موظفند طبق نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌ها، اقدامات لازم را جهت اطمینان از تحقق سند درافق ۱۰ساله، اتخاذ کنند. ستاد راهبری سند در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و ساز و کارهای نهادی ذیربط، از طریق مراجع ذیصلاح گردش کار را انجام خواهد داد.

همچنین مرکز (کمیته راهبری) موظف است به رصد فناوری‌های مرتبط و در حال توسعه در این حوزه بپردازد و گزارش آن را طی دوره‌های زمانی ۲ ساله ارائه نماید. با توجه به روند تحولات و نیز وضعیت پیشرفت سند، لازم است سند هر ۲ سال یکبار مورد بازبینی و تجدید نظر قرار گیرد.

وضعیت پیشرفت بر اساس شاخص‌های سطح کلان (اهداف کلان) و شاخص‌های سطح خرد (اهداف خرد) مشخص می‌شود. در صورتی که پس از گذشت ۳ سال از آغاز اجرای سند، میزان تحقق هر یک از شاخص‌های در نظر گرفته شده تا آن مقطع زمانی به طور میانگین کمتر از ۳۰ درصد باشد، ستاد راهبری سند باید نسبت به توقف اجرا اقدام نماید و تصمیمات لازم را اتخاذ کند. در صورتی که میزان تحقق شاخص‌ها کمتر از ۷۰ درصد باشد بایستی سند از سوی ستاد راهبری مورد بازنگری و اصلاح قرار گیرد. همچنین در صورت تحقق بیش از ۷۰ درصد شاخص‌های مذکور، ستاد راهبری می‌تواند با بررسی گلوگاه‌ها و موانع موجود بر سر راه تحقق کامل هر یک از اقدامات و برنامه‌ها نسبت به رفع آنها و ادامه اجرای سند اقدام نماید.

۵-۵- نتیجه گیری

مرحله ششم این سند به عنوان آخرین مرحله از طرح "تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زیست توده در ایران" به تدوین برنامه ارزیابی و به روز رسانی این سند پرداخته است. در این مرحله مشخص شد که چه افرادی در چه ساختاری و بر اساس چه شاخص‌ها و معیارهایی باید به ارزیابی پیشرفت اجرایسند در طول بازه زمانی تعریف شده بپردازند. برای این کار ابتدا شاخص‌هایی در سطح کلان (اهداف کلان) و در سطح خرد (اهداف خرد) تعریف شد. سپس ساختار نظارت، به روز رسانی و ارزیابی سند مشخص شد.

در نهایت تعیین گردید که مرکز توسعه فناوری‌های تولید برق از زیست‌توده در بازه‌های زمانی ۶ ماهه به پیگیری و ارزیابی اجرای سند بر اساس شاخص‌های تعریف شده بپردازد و گزارش آن را به وزارت نیرو ارائه کند. همچنین مقرر شد این مرکز با توجه به وضعیت پیشرفت سند نسبت به بازنگری آن اقدام نماید.

منابع

[1] Mohr, Lawrence. 1995. Impact Analysis for Program Evaluation. 2nd ed. Thousand Oaks, CA: Sage.

[2] Haveman, Robert. 1987. Policy Evaluation Research after Twenty Years. Policy Studies Journal 16: 191–218.

[3] Wholey, Joseph S., et al. 1970. Federal Evaluation Policy.Washington, DC: The Urban Institute.

[4] Weiss, Carol H. 1998. Evaluation. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

[5] Lester, J. P and J. Stewart JR. (2000). Public Policy: An Evolutionary Approach 2nd edition. Wadsworth, Belmont.

[6] Smith, Kevin B. and Scott Granberg-Rademacker. 2003. "Money Only Matters If You Want It To? Exposing the Normative Implications of Empirical Research." Political Research Quarterly. 56: 223-232

[7] Kellogg, W. K., 2004. Logic model development guide. Michigan: WK KelloggFoundation

[8] Polt and Rojo, 2002, evaluation methodologies. chapter in RTD evaluation toolbox. IPTS technical report series, EUR 20382 EN.

[9] Licht and Sirilli, 2002, innovation survey, chapter in RTD evaluation toolbox, IPTS technical report series, EUR 20382 EN.

[10] Capron, H., & Cincera, M. 2000. Technological performance. In The National Innovation System of Belgium (pp. 175-198). Physica-Verlag HD.

.