

ارزیابی فن‌آوری‌های بهینه‌سازی تولید، تبدیل و مصرف انرژی با ملاحظات محیط‌زیستی

محمدحسن پنجه‌شاهی^۱، محمد سلطانیه^۲، نسیم طاهونی^{۳*}

۱ استاد، دانشگاه تهران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشکده مهندسی شیمی

۲ استاد، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی شیمی و نفت

۳ استادیار، دانشگاه تهران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشکده مهندسی شیمی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۱۹؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۲۴)

چکیده

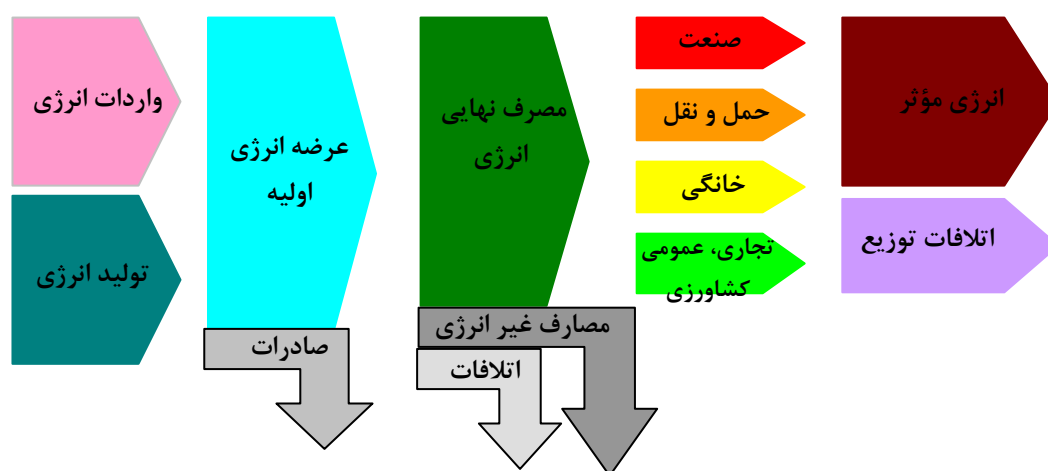
مصرف انرژی به‌طور مستقیم سبب افزایش آلاینده‌های محیط‌زیستی می‌شود که علاوه بر گرمایش زمین و آثار گلخانه‌ای، هزینه‌های اجتماعی فراوانی را به دولت‌ها و جوامع تحمیل می‌نماید. بنابراین، تمامی کشورهای صنعتی در برنامه‌های توسعه‌ای خود، حفاظت از محیط‌زیست را در کنار بهبود کارایی انرژی و بهره‌وری اقتصادی به‌عنوان ضلع سوم توسعه پایدار عنوان نموده و این موضوع را به‌خصوص پس از عقد پیمان کیوتو به شکلی مدون در چارچوب برنامه‌های مصرف انرژی خود تعریف کرده‌اند. باال بودن شدت انرژی و پتانسیل‌های بالای صرفه‌جویی انرژی در بخش‌های مختلف تولید و مصرف انرژی در کشور از یک سو و تعاملات، تسهیلات و اجزای داخلی و بین‌المللی از سوی دیگر، شرایطی را ایجاد نموده است که باید با ساماندهی مناسب و تدوین برنامه‌ای جامع، بیشترین منافع را برای کشور به‌دست آورد تا علاوه بر نفع اقتصادی و اجتماعی، حرکت جامعه در مسیر توسعه پایدار تضمین شود. جهت مدیریت عرضه و تقاضای انرژی در کشور، بازده پایین فناوری‌های تولید و تبدیل حامل‌های انرژی و فرهنگ غیرصحيح مصرف انرژی باید اصلاح شود. در مقاله حاضر، ابتدا مروری بر وضعیت تولید، تبدیل و مصرف انرژی و انتشار گازهای آلاینده در کشور انجام می‌شود. سپس، فناوری‌های انرژی در بخش تولید، تبدیل و مصرف انرژی بررسی شده و نیازهای انتقال فناوری در بخش انرژی کشور اولویت‌بندی می‌شوند.

کلید واژه‌ها: فناوری‌های انرژی، انتقال فن‌آوری، محیط‌زیست، اولویت‌بندی نیازهای فن‌آوری

سرآغاز

مقدار انرژی تولید شده در یک کشور قبل از پالایش و تبدیل را انرژی اولیه می‌گویند که شامل: نفت‌خام، گاز غنی، مایعات گازی، زغال‌سنگ سخت، برق آبی، انرژی هسته‌ای، انرژی خورشیدی، انرژی زمین گرمایی، انرژی باد و سایر انرژی‌های نو و سوخت‌های سنتی است. انرژی نهایی بیان‌گر مصرف انرژی توسط آخرین مصرف‌کننده در بخش‌های مختلف می‌باشد. در هر واحد تولیدی، صنعتی یا کشاورزی، یا سایر بخش‌های

مصرف‌کننده مانند بخش خانگی، تجاری و عمومی انرژی عمدتاً در تامین نیروی محرکه، گرمایش و سرمایش استفاده می‌شود. در تبدیل انرژی نهایی، انرژی مورد نیاز وارد فرآیندی می‌شود که براساس بازده تجهیزات و دستگاه‌های مصرف‌کننده، بخشی از آن تلف شده و باقی‌مانده آن مورد استفاده قرار می‌گیرد (ترازنامه هیدروکربوری، ۱۳۸۸). شکل (۱)، نمودار کلی جریان انرژی را نشان می‌دهد.



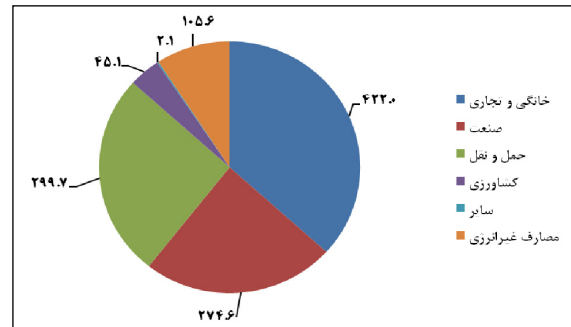
شکل (۱): نمودار کلی جریان انرژی

۰/۴۹ درصد توسط منابع تجدیدپذیر قابل احتراق و ۰/۱۶ درصد توسط زغال‌سنگ صورت پذیرفته است. شکل (۲)، نشان می‌دهد که از کل انرژی مصرف شده در کشور در سال ۱۳۸۹، بخش خانگی و تجاری و بخش حمل و نقل به ترتیب با ۳۶/۷ و ۲۶/۱ درصد بیشترین میزان مصرف را به خود اختصاص می‌دهند (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۹). همچنین، کل مصرف انرژی در بخش بالادستی و تلفات مربوط به آن ۶۲۴/۶ میلیون بشکه معادل نفت‌خام است که با احتساب هر بشکه نفت‌خام معادل ۱۰۰ دلار، ارزش آن ۶۲/۴۶ میلیارد دلار می‌باشد. این مقدار معادل ۵۰ درصد مصرف نهایی انرژی کشور است (ترازنامه هیدروکربوری، ۱۳۸۸/ترازنامه انرژی، ۱۳۸۹).

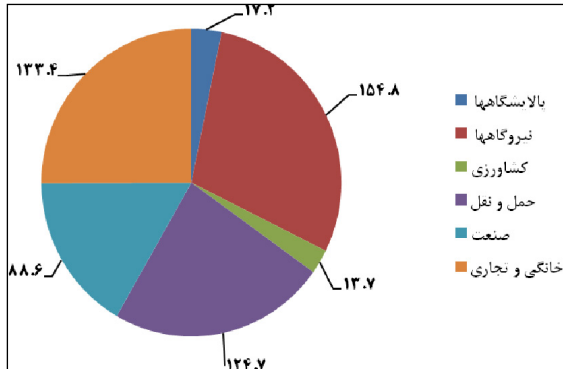
جدول (۱)، سهم هر یک از بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول، بخش حمل و نقل با تولید ۴۸/۳ درصد از کل انتشار NO_x ، ۹۶/۸ درصد CO ، ۴۷/۹ درصد N_2O ، ۷۹/۷ درصد CH_4 و ۸۶/۸ درصد از ذرات معلق دارای بیشترین سهم

تولید انرژی اولیه کشور در سال ۱۳۸۹، به میزان ۲۵۲۷/۶ میلیون بشکه معادل نفت‌خام بوده است که ۶۳/۶ درصد آن به نفت‌خام، مایعات و میعانات گازی و مواد افزودنی، ۳۵/۸ درصد به گاز طبیعی، ۰/۲ درصد به انرژی آبی، بادی و خورشیدی، ۰/۲ درصد به زغال‌سنگ و ۰/۲ درصد به منابع تجدیدپذیر قابل احتراق اختصاص داشته است. مصرف نهایی انرژی در سال ۱۳۸۹، به میزان ۱۰۴۳/۶ میلیون بشکه معادل نفت‌خام با رشدی معادل ۰/۱ درصد نسبت به سال گذشته آن رسیده است. افزایش مصرف انرژی در بخش‌های کشاورزی و صنعت، به ترتیب معادل ۴/۱۴ و ۶/۴۲ درصد و کاهش مصرف انرژی در بخش‌های حمل و نقل، خانگی و عمومی - تجاری به ترتیب معادل ۳/۰۶ و ۱/۸۰ درصد نسبت به سال گذشته مشاهده می‌شود. شکل (۲)، سهم بخش‌های مختلف مصرف‌کننده انرژی را بر حسب میلیون بشکه معادل نفت‌خام نشان می‌دهد. همچنین، تأمین ۴۸/۵۳ درصد از انرژی مصرفی بخش‌های مصرف‌کننده توسط گاز طبیعی، ۴۱/۳۱ درصد توسط فرآورده‌های نفتی، ۹/۵۲ درصد توسط برق،

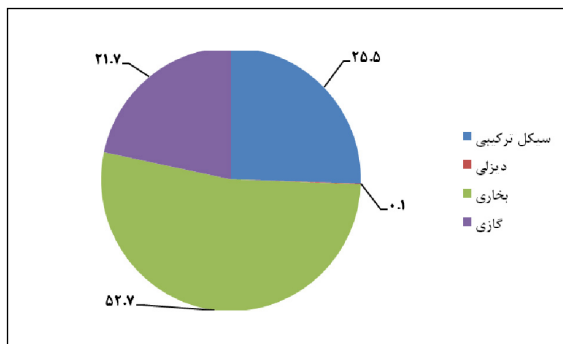
بخاری با ۵۵/۳ درصد است. جدول (۲) نیز نشان‌دهنده آثار محیط‌زیستی نیروگاه‌های تجدیدپذیر می‌باشد.



شکل (۲): سهم بخش‌ها از مصرف نهایی انرژی کشور در سال ۱۳۸۹ (میلیون بشکه معادل نفت خام) (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۹)



شکل (۳): میزان انتشار دی‌اکسید کربن از بخش‌های مختلف انرژی در سال ۱۳۸۹ (میلیون تن) (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۹)



شکل (۴): میزان انتشار دی‌اکسید کربن در نیروگاه‌های حرارتی به تفکیک نوع نیروگاه در سال ۱۳۸۹ (درصد) (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۹)

در انتشار انواع گازها در میان بخش‌های مصرف‌کننده انرژی کشور می‌باشد. لازم به ذکر است که بخش‌های نیروگاهی و حمل و نقل بیشترین میزان انتشار SO₂ و بخش‌های نیروگاهی و خانگی، تجاری و عمومی بیشترین میزان انتشار CO₂ را در سال ۱۳۸۹ به خود اختصاص داده‌اند. بخش‌های نیروگاهی، حمل و نقل و صنعت سهم به سزایی در تولید دی‌اکسید گوگرد (۸۷/۶ درصد) و اکسیدهای ازت (۸۹/۴) داشته‌اند. شکل (۳) میزان انتشار دی‌اکسید کربن به تفکیک بخش‌های مختلف انرژی کشور در سال ۱۳۸۹ را نشان می‌دهد. در بخش پالایشگاهی، گازهای گلخانه‌ای CO₂، CH₄ و N₂O متصاعد می‌شوند که بیشترین میزان انتشار ناشی از مصرف گاز طبیعی در این بخش می‌باشد. در بخش نیروگاهی شکل (۴)، میزان انتشار دی‌اکسید کربن در نیروگاه‌های حرارتی وزارت نیرو را به تفکیک نوع نیروگاه در سال ۱۳۸۹ نشان می‌دهد. بیشترین میزان انتشار مربوط به نیروگاه‌های

جدول (۱): سهم بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای در سال ۱۳۸۹ (درصد) (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۹)

بخش/گاز	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	SPM	CO	SO ₃	SO ₂	NO _x
مصرف نهایی انرژی								
خانگی، تجاری و عمومی	۴/۲	۷/۳	۲۵/۰	۱/۸	۰/۹	۸/۶	۷/۰	۶/۶
صنعت	۲/۶	۴/۱	۱۶/۶	۲/۸	۰/۴	۳۲/۱	۲۲/۲	۹/۳
حمل و نقل	۴۷/۹	۷۹/۷	۲۳/۴	۸۶/۸	۹۶/۸	۳۰/۶	۲۸/۷	۴۸/۳
کساورزی	۴۰/۴	۱/۴	۲/۶	۴/۷	۰/۲	۳/۲	۵/۴	۳/۹
مصرف بخش انرژی								
پالایشگاهی	۰/۴	۰/۷	۳/۲	---	---	---	---	---
نیروگاهی*	۴/۴	۶/۷	۲۹/۱	۳/۹	۱/۷	۲۵/۵	۳۶/۷	۳۱/۸
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

---: مقادیر در دسترس نمی‌باشند.

جدول (۲): میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای ناشی از نیروگاه‌های تجدیدپذیر در سال ۱۳۸۹ (تن) (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۹)

نوع نیروگاه	NOx	SO2	CO2
برق آبی	۳۳	۱۱۹	۵۴۹۷۲
بادی	۹	۱۲	۱۸۱۴
خورشیدی	۰/۰۲	۰/۰۲	۱۰
جمع	۴۲	۱۳۲	۵۶۷۹۶

منطقه مورد مطالعه

ارزبایی فناوری‌های انرژی در بخش تولید و تبدیل

انرژی در ایران و جهان

فناوری‌های انرژی در بخش تولید و تبدیل انرژی، مربوط به سه حوزه تولید انرژی اولیه (بالادستی نفت و گاز)، پالایشگاه‌های نفت و گاز و تولید انرژی الکتریکی در نیروگاه‌های برق می‌باشد.

• تولید انرژی اولیه

این امر غیرممکن است که تمام نفتی که اکتشاف شده است را بتوان بازیافت کرد. با وجود این، با استفاده از فناوری‌های نوین می‌توان در سطح بسیار گسترده‌ای این روند را بهبود بخشید. استفاده از فناوری پیشرفته هزینه‌های تولید را طی دوران رکود قیمت‌ها کاهش می‌دهد. فناوری پیشرفته می‌تواند به شکل بی‌مانندی دسترسی به منابعی که تا کنون کشف شده‌اند ولی بازیافت نشده‌اند را میسر سازد. از نکات قابل توجه در مدیریت مخازن، اتخاذ روش‌هایی برای حفظ و صیانت مخزن، بالا بردن راندمان تولید و سعی بر نگه داشتن آن در حد مطلوب در طول زمان می‌باشد (وزارت انرژی ایالات متحده آمریکا، ۱۳۸۲). در بخش تولید انرژی در بالادستی نفت و گاز، فناوری‌های تولید اولیه، ثانویه و ثالثیه نفت مطرح می‌باشند.

- تولید اولیه نفت (Primary Recovery): برداشت اولیه یا تولید اولیه نفت به استحصال نفت تحت مکانیسم‌های رانش طبیعی موجود در مخزن و بدون استفاده از انرژی خارجی مانند آب و گاز اطلاق می‌شود. البته قدرت این رانش طبیعی هم‌زمان با تولید از مخزن کاسته می‌شود، چنان‌که برای نمونه مخازن ایران به طور متوسط سالانه ۱۰-۸ درصد افت طبیعی فشار مخزن و در نتیجه افت دبی تولید از چاه دارند. با افت مداوم فشار مخزن، دبی تولید رفته‌رفته کم شده تا جایی که دیگر تولید طبیعی از مخزن مقرون به‌صرفه نخواهد بود. این نقطه زمانی

اتفاق می‌افتد که بازیابی نفت از مخزن به نسبت پایین است. این بازیابی برای مخازن ایران حدود ۲۰-۱۵ درصد است. به عبارتی، ۸۵-۸۰ درصد کل نفت مخزن در سازند باقی می‌ماند. در تولید طبیعی از مخزن، رانش نفت به کمک روش‌های خاصی انجام می‌پذیرد که عبارت از انبساط سنگ و سیال، رانش توسط گاز محلول، رانش کلاهک گازی و رانش توسط آب ورودی به مخزن می‌باشد. سهم مشارکت هر یک از این نیروها در رانش نفت متفاوت است و به وضعیت ساختمانی و زمین‌شناسی سنگ مخزن و خواص فیزیکی و ترمودینامیکی سیال‌های موجود در مخزن بستگی دارد (<http://www.assaluyeh.com>).

- تولید ثانویه نفت (Improved Oil Recovery): یک مخزن به دلایل گوناگون ممکن است با تولید بخش کوچکی از نفت درون آن انرژی لازم جهت رانش طبیعی را مانند: برداشت غیر اصولی، بی‌توجهی در امر نگهداری فشار چاه، نداشتن شناخت کافی از شرایط مخزن و غیره از دست بدهد. کاهش و افت نیروهای موافق سبب می‌شود تا بازیافت نهایی کم شود. به همین دلیل، از روش‌هایی تحت عنوان تولید ثانویه نفت برای بالا بردن تولید از مخزن نفتی استفاده می‌شود. به طور معمول، ۳۰ درصد از نفت به طور طبیعی از مخزن برداشت می‌شود و ۷۰ درصد آن نیازمند به‌کارگیری برخی روش‌های ازدیاد برداشت از جمله تزریق آب، تزریق گاز، تزریق متناوب آب و گاز و یا روش حرارتی می‌باشد. بدین ترتیب، با افزودن انرژی‌های خارجی بدون اعمال هیچ‌گونه تغییر در خواص فیزیکی سیالات و سنگ مخزن برداشت بیشتر انجام می‌شود. به زبان ساده‌تر، سیال تزریقی تنها نقش هل‌دهنده و تعقیبی دارد. همان‌طور که ذکر شد، براساس بررسی‌های انجام شده، متوسط سرعت کاهش تولید طبیعی از مخازن مناطق خشکی در کشور معادل ۸ تا ۱۰ درصد در سال است. بدین ترتیب برای حفظ سطح تولید، باید در هر سال تعدادی چاه جدید حفر نمود که این امر با توجه به هزینه بالای حفر هر چاه منطقی به نظر نمی‌رسد. در نتیجه می‌باید این کاهش را با بازیافت ثانویه و روش‌های مناسب ازدیاد برداشت جبران نمود. قبل از به‌کارگیری این روش، باید بررسی‌های دقیقی بر روی مخزن انجام گیرد و سپس با توجه به نوع مخزن، روش مناسب برداشت آن به کار برده شود.

- تولید ثالثیه نفت (Enhanced Oil Recovery): پس از

نیز نیروگاه‌های بخاری، گازی، هسته‌ای، سیکل ترکیبی، تجدیدپذیر و ... را می‌توان بررسی نمود.

- نیروگاه‌های بخاری: این نیروگاه‌ها هزینه احداث بسیار بالایی دارند. با وجود این، به دلیل ویژگی‌های خاص خود از متداول‌ترین انواع نیروگاه‌های حرارتی در سطح جهان و نیز در کشور ایران محسوب می‌شوند. برای تولید انرژی حرارتی در نیروگاه‌های بخار، از سوخت‌های جامد مانند زغال‌سنگ و سوخت‌های مایع مانند مازوت و یا گاز طبیعی استفاده می‌شود. هزینه تولید برق در نیروگاه‌های بخار، در صورتی که با ظرفیت کامل و به طور ثابت مورد بهره‌برداری قرار گیرد، به دلایلی مانند هزینه سرمایه‌گذاری بالا جهت احداث، ارزان بودن نسبی سوخت مصرفی و هزینه بالا جهت راه‌اندازی نیروگاه کمتر می‌باشد. بنابراین، از نقطه‌نظر بهره‌برداری، این نیروگاه‌ها مناسب برای پوشش بار پایه شبکه می‌باشند. اقدام‌های زیادی جهت افزایش راندمان این نیروگاه‌ها می‌توان انجام داد که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: استفاده از چرخه فوق گرمایش: جهت جلوگیری از خروج بخار توربین در حالت مرطوب، بخار خروجی از توربین فشار بالا قبل از آن که به منطقه دوفازی وارد شود، مجدداً در مولد بخار گرم شده و سپس وارد قسمت فشار میانی و ضعیف توربین می‌شود. همچنین، پایین نگه داشتن دمای عمل سیستم خنک کننده نیروگاه بخاری: که سبب بهینه شدن کار توربین و افزایش بازدهی نیروگاه می‌شود (مقدس تفرشی، ۱۳۸۴).

- نیروگاه‌های گازی: در مقایسه با نیروگاه‌های بخار دارای هزینه احداث کمی هستند. با وجود این، به دلیل الزام به مصرف سوخت‌های با کیفیت، هزینه ویژه سوخت مصرفی آن‌ها بالاتر است. این نیروگاه‌ها با توجه به ویژگی‌های فنی و اقتصادی خود برای پوشش بار پیک و نیز زمان‌هایی که نیاز فوری به توان نیروگاهی وجود دارد، مناسب می‌باشند. از جمله ویژگی‌های آن‌ها عبارت از: ساختار ساده و زمان ساخت کوتاه، هزینه سرمایه‌گذاری کمتر نسبت به نیروگاه‌های بخار برای هر واحد توان، ابعاد به نسبت کوچک‌تر نسبت به نیروگاه‌های بخار و نیاز به مکان کمتر برای احداث، سرعت سریع راه‌اندازی، بهره‌برداری آسان و امکان کنترل از راه دور، عدم نیاز به آب خنک‌کننده، سازگاری بیشتر با محیط‌زیست، سرعت زیاد در تغییر توان و هزینه بالای سوخت مصرفی می‌باشد. اساس کار توربین گازی بسیار شبیه توربین بخار است، تنها دو تفاوت

استخراج به کمک روش‌های مرحله دوم، هنوز هم حدود ۳۰ الی ۵۰ درصد نفت می‌تواند به صورت استخراج نشده در مخزن باقی بماند. در این مرحله، که استخراج نفت به کمک روش مرحله سوم یعنی تولید ثالثیه نفت صورت می‌گیرد. در این روش، انرژی خارجی به مخزن اعمال می‌شود و در نتیجه آن تغییرات اساسی فیزیکی و شیمیایی در ویژگی‌های سیال مخزن پدید می‌آید. به زبان ساده‌تر در این جا ماده تزریقی با تغییر دادن ویژگی‌های سیستم سیالی (مانند کم کردن گرانش و یا تغییر چسبندگی میان سنگ و سیال) سبب ازدیاد برداشت خواهد شد. عملیات ثالثیه را می‌توان به موارد زیر تقسیم کرد: استفاده از روش میکروبی، تزریق محلول مایسلار، استفاده از مواد شیمیایی کاهش‌دهنده نیروی کشش سطحی، روش احتراق زیرزمینی، فرایند جابه‌جایی امتزاجی و کاربرد نیتروژن در افزایش بهره‌وری.

(<http://www.assaluyeh.com>)؛ کمالی سروستانی و نعمت‌اللهی، ۱۳۸۴؛ (Ibrahim Khan & Islam, 2007).

در مجموع، از آن‌جا که بیشتر مخازن کشور ما در نیمه دوم عمر خود به سر می‌برند و هر چه از عمر مخزن می‌گذرد برداشت از آن دشوارتر می‌شود، باید با روش‌های خاصی با توجه به شرایط مخزن، برداشت از آن را بهتر و بیشتر کرد. البته این نکته را نباید فراموش کرد که در روش‌های ازدیاد برداشت، باید از میان روش‌های مختلف بهترین آن را از لحاظ عملی و اقتصادی انتخاب کرد.

• پالایشگاه‌های نفت و گاز

در بخش پالایشگاه‌های نفت و گاز تمامی فناوری‌های مربوط به فرایندهای نفت شامل نمک‌زدایی نفت خام، تقطیر در فشار جو، تقطیر در خلأ، گوگردزدایی از نفتای سنگین و تبدیل کاتالیستی، تصفیه گاز با آمین، رفرمینگ، کراکینگ، ایزومراسیون، الکیلاسیون، کاهش گرانشی، ایزوماکس، تولید هیدروژن، ... و تمامی فرایندهای گاز شامل جداسازی اولیه گاز، شیرین‌سازی گاز طبیعی، حذف نیتروژن، حذف جیوه، فرایند نم‌زدایی و تنظیم نقطه شبنم هیدروکربوری، تثبیت میعانات گازی و ... قابل بررسی هستند و جدیدترین فناوری‌های موجود باید با توجه به شرایط به کار گرفته شود.

• نیروگاه‌های برق

در بخش فناوری‌های تولید انرژی الکتریکی در نیروگاه‌های برق

تولید برق به این نتیجه رسیدند که می‌توان با بازیافت حرارتی دود خروجی از این نیروگاه‌ها و تولید بخار جهت استفاده در یک نیروگاه بخار، اقدام به افزایش بازدهی این نیروگاه‌ها نمود. بدین ترتیب، نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به‌عنوان ترکیبی متشکل از نیروگاه‌های توربین گازی مدار باز و بخاری وارد بازار صنعت برق شدند. بازدهی این نیروگاه‌ها بالغ بر ۵۵ درصد می‌باشد که در مقایسه با بازدهی نیروگاه‌های بخاری و یا توربین گازی بسیار بالا می‌باشد. این نیروگاه‌ها علاوه بر داشتن بازدهی و توان بالا، دارای مزایای دیگری از قبیل راه‌اندازی سریع قسمتی از ظرفیت تولیدی خود (قسمت توربین گازی) برای پوشش بارهای پیک و نیز مناسب بودن برای پوشش بارهای پایه می‌باشند. از جمله مشکلات و معایب این نوع نیروگاه‌ها می‌توان به تفاوت طول عمر واحدهای بخار و گازی اشاره نمود. این نیروگاه‌ها، به طور قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به دما و فشار محیط حساس بوده و با گرم شدن هوا قدرت عملی آن‌ها کاهش می‌یابد. به این دلیل، این نیروگاه‌ها به‌ویژه در کشورهای سردسیر و در مناطقی که دارای پیک بار زمستانی هستند، مناسب می‌باشند (مقدس تفرشی، ۱۳۸۴).

- سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت: CHP تولید همزمان برق و انرژی حرارتی مفید از یک منبع انرژی توسط یک سیستم یکپارچه است. راندمان متوسط نیروگاه‌های حرارتی حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد است. به عبارت دیگر، در نیروگاه‌های حرارتی انرژی سوخت مصرفی به شکل حرارت تلف می‌شود. سیستم‌های CHP این حرارت تلف شده را مورد استفاده قرار داده و آن را به انرژی مفید تبدیل می‌کنند. در این سیستم‌ها در مقایسه با سیستم‌های مجزا که تولید برق و حرارتی معادل بنمایند، حداقل ۳۵ درصد سوخت کمتر مصرف می‌شود. بدین ترتیب، چنین سیستم‌هایی علاوه بر صرفه‌جویی در منابع محدود سوخت‌های فسیلی، به کاهش آلودگی محیط‌زیست نیز کمک شایانی می‌کنند. راندمان کلی سیستم‌های CHP، عبارت است از مجموع انرژی الکتریکی و حرارتی مفید تولید شده تقسیم بر مقدار سوختی که توسط سیستم CHP مصرف می‌شود. راندمان کلی سیستم ۸۰ تا ۹۰ درصد است. راندمان تولید برق در این سیستم‌ها عبارت است از خالص انرژی الکتریکی تولید شده تقسیم بر خالص سوخت مصرفی می‌باشد. راندمان تولید برق در این سیستم‌ها ۵۰ تا ۷۰ درصد است که در مقایسه با راندمان نیروگاه‌های حرارتی از برتری قابل

عمده وجود دارد: دمای گاز ورودی به توربین گازی در حدود ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد است که بسیار بیشتر از دمای بخار فوق گرم ورودی به توربین نیروگاه بخاری است. بنابراین، پره‌های توربین گازی باید نسبت به توربین بخار دارای تحمل بیشتری در برابر دماهای بالا باشند. همچنین، در گازهای احتراق ورودی به توربین گازی، عناصر زایدی از قبیل گوگرد، فسفر، سدیم، و انادیم،... وجود دارد که سبب خوردگی شیمیایی و مکانیکی سطح پره‌های توربین می‌شود. بنابراین، پره‌های توربین گازی باید در برابر خوردگی مقاوم‌تر باشند. (مقدس تفرشی، ۱۳۸۴)

- نیروگاه‌های هسته‌ای: بهره‌برداری از نیروگاه‌های هسته‌ای و نیز میزان سهم این نیروگاه‌ها در تأمین انرژی الکتریکی در کشورهای مختلف جهان به دلایل گوناگون اعم از فنی، اقتصادی و سیاسی متفاوت بوده است. توسعه نیروگاه‌های هسته‌ای از نوع گداخت که در طی آن هسته‌های سبک به هم جوش می‌خورند و هسته‌های سنگین‌تر به وجود می‌آورند و در نتیجه انرژی زیادی آزاد می‌نمایند، یکی از گزینه‌های خوب بشر در سالیان آینده برای تأمین انرژی مورد نیاز خود محسوب می‌شود. کیفیت تولید و بهره‌برداری از سوخت هسته‌ای در چهار دهه گذشته، همواره رو به بهبود بوده است. با وجود این پیشرفت‌ها، این نیروگاه‌ها به سه دلیل اساسی زیر مورد تأیید نهایی جوامع علمی و بشری برای تولید برق قرار نگرفته‌اند. ۱. تولید پسماندهای رادیواکتیو که ایجاد مشکلات محیط‌زیستی حاد می‌نمایند. ۲. مشکل تهیه و تأمین سوخت مورد نیاز، زیرا فقط در معدودی از کشورها منابع اورانیم طبیعی وجود دارد و فناوری تهیه سوخت مورد نیاز نیروگاه‌ها تنها در اختیار چند کشور پیشرفته صنعتی قرار دارد. ۳. عدم ایمنی ۱۰۰ درصد در مواقع بحرانی مانند زمین لرزه و یا احیاناً در مواقع جنگ. (مقدس تفرشی، ۱۳۸۴). در ادامه، به فناوری‌های کارآمدی که در تبدیل سوخت‌های فسیلی به کار گرفته می‌شوند، پرداخته خواهد شد که از جمله آن‌ها می‌توان به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، سیستم‌های تولید همزمان حرارت و قدرت، پیل سوختی، گازی کردن زغال‌سنگ و استفاده از منابع تجدیدپذیر اشاره کرد.

- نیروگاه‌های سیکل ترکیبی: با توجه به بازدهی کم نیروگاه‌های توربین گازی که به مقدار زیاد ناشی از تلفات انرژی حرارتی گاز خروجی از دودکش آن‌ها می‌باشد، متخصصان صنعت

دست اقدام است تولید برق از زغال‌سنگ به صورت سیکل ترکیبی راندمان بالایی (۴۳ درصد) در مقایسه با نیروگاه‌های متداول حرارتی دارد (کعبی‌نژادیان، ۱۳۸۷).

– منابع انرژی تجدیدپذیر: محدودیت منابع فسیلی، رشد بالای مصرف سالانه انواع انرژی در ایران، خارج شدن کشورمان از جرگه صادرکنندگان نفت از اواخر قرن حاضر و بالطبع قطع درآمدهای ناشی از صدور نفت سبب می‌شود که در صورت عدم برنامه‌ریزی و پیش‌بینی‌های لازم روند توسعه کشور به طور جدی تحت تأثیر قرار گیرد. برنامه‌های کوتاه مدت بر اساس الگوی تصمیم‌گیری اقتصادی کنونی بزرگ‌ترین مانع در مقابل رشد انرژی‌های تجدیدپذیر است. این انرژی‌ها ظاهراً به سرمایه‌گذاری اولیه بیشتری نسبت به سوخت‌های فسیلی نیاز دارند. در حالی که، به علت عدم نیاز به سوخت در طول کار سیستم فوق در واقع به هزینه‌های جاری نیازی ندارند. طی چند دهه آینده انتظار می‌رود که قیمت انرژی سیستم‌های نوین تجدیدپذیر، بر خلاف سیستم‌های سوخت فسیلی که در آینده با افزایش قیمت مواجه می‌شوند، کاهش یابد. برتری‌های اقتصادی واضحی که اکنون برای سوخت‌های فسیلی وجود دارد با گذشت زمان کاهش یافته و برعکس انرژی‌های تجدیدپذیر کاربردهای فزاینده اقتصادی می‌یابند. در مقایسه، نفت و زغال‌سنگ از نظر حمل و نقل و ذخیره عالی‌ترین انرژی را تشکیل می‌دهد، در حالی که انرژی‌های تجدیدپذیر مانند: انرژی خورشیدی، باد، برق آبی، زمین گرمایی، بیوماس و پسماندها میزان انرژی فوق‌العاده زیاد و نامحدود اما توزیع گسترده و ضعیفی دارند. در ضمن میزان انرژی به‌دست آمده از نظر جغرافیایی و تغییرات آب و هوایی به طور قابل ملاحظه‌ای کم و زیاد می‌شود. بنابراین، برای کاربرد انرژی‌های نو باید از انرژی موجود به طور مؤثر استفاده نمود و این انرژی را با بازده بالا به کار گرفت. با افزایش بازده و توسعه فناوری استفاده، توجیه اقتصادی و تجهیزات مناسب حاصل شده و استفاده از انرژی‌های نو رو به پیشرفت خواهد گذاشت.

ارزیابی فناوری‌های انرژی در بخش مصرف انرژی در ایران و جهان

فناوری‌های انرژی در بخش مصرف انرژی در سه حوزه صنعت، حمل و نقل و خانگی و تجاری، قابل ارزیابی است. (Climate Change, 2007; IPCC, 1996; <http://62.160.8.20/eetkb/technologies>)

ملاحظه‌ای برخوردار است. فرایند تولید همزمان می‌تواند بر اساس استفاده از توربین‌های گاز، توربین‌های بخار یا موتورهای احتراقی بنا نهاده شود و منبع تولید انرژی اولیه نیز شامل دامنه وسیعی است که می‌تواند سوخت‌های فسیلی، زیست توده، زمین گرمایی یا انرژی خورشیدی باشد. حرارت حاصل از تولید همزمان می‌تواند به منظور گرمایش یک ناحیه یا در صنایع فرایندی مورد استفاده قرار گیرد (چیت‌چیان، ۱۳۸۳).

– پیل سوختی: فناوری است که با بازدهی بیشتر و تولید آلودگی کمتر از منابع انرژی سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کند. بنابراین، به نظر می‌رسد جانشینی مناسب برای فرایندهای احتراقی سوخت‌های فسیلی به‌ویژه در سیستم‌های تولید پراکنده انرژی باشد. تولید برق در پیل سوختی به طور مستقیم و از طریق فعل و انفعالات الکتروشیمیایی و بدون نیاز به احتراق سوخت صورت می‌گیرد و علاوه بر بازدهی بالا و تولید انرژی در ابعاد کوچک و بزرگ، دارای مزایای ویژه‌ای چون آلودگی اندک و سر و صدای نامحسوس می‌باشند. پیل‌های سوختی علاوه بر تولید برق، حرارت مورد نیاز برای مصارف گرمایشی را نیز تأمین می‌نمایند. به طوری که، با در نظر گرفتن قابلیت تولید همزمان برق و گرما توسط آن‌ها، بازدهی این سیستم‌ها به حدود ۸۰ درصد می‌رسد (مقدس تفرشی، ۱۳۸۴؛ کعبی‌نژادیان، ۱۳۸۷؛ رشیدی رنجبر، ۱۳۸۰؛ <http://62.160.8.20/eetkb/technologies>).

– گازی کردن زغال‌سنگ: میزان منابع زغال‌سنگ ذخیره شده زمین بسیار زیاد است و پراکندگی مناسب جهانی منابع آن در سراسر دنیا از زغال‌سنگ سوختی در دسترس ایجاد نموده است. خوشبختانه این منبع سرشار کمتر درگیر مسایل امنیتی و استراتژیک مانند نفت می‌باشد. اگرچه به‌جهت رشد تقاضای جهانی انرژی، زغال‌سنگ به‌عنوان منبع مهم انرژی در جایگاه ویژه‌ای قرار خواهد گرفت. اما، برای استفاده از آن باید دو موضوع مهم را مدنظر قرار داد. اول آن که از سوختن زغال‌سنگ، دی‌اکسیدکربن، اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای ازت و خاکستر ایجاد می‌شود که از آلاینده‌های مهم محیط‌زیست هستند. موضوع دوم آن که برای استفاده حداکثر از زغال‌سنگ، موضوع جابه‌جایی و حمل و نقل آن به‌عنوان ماده جامد از اهمیت به‌سزایی برخوردار است و از مهم‌ترین معضلات استفاده از این منبع انرژی می‌باشد. در حال حاضر، فناوری گازسازی و ماب‌سازی زغال‌سنگ به طور جدی در

• بخش صنعت

استفاده از آن باشد و یا ماده با کیفیتی پایین‌تر در فرایندی دیگر که نیازمند ماده با کیفیت مرغوب نیست، به کار رود. امروزه، فناوری‌های جدیدی جهت افزایش کیفیت مواد بازیافت در دست تحقیق است.

- استفاده از فرایندها و فناوری‌های جدید: اگرچه بازدهی فرایندهای صنعتی در طول دو دهه گذشته به طور مؤثری ارتقا یافته است. اما، اصلاح بازدهی انرژی در فرایندها در جهت کاهش تولید آلاینده‌هایی مانند دی‌اکسیدکربن همچنان مدنظر است. در مواقعی که شدت انرژی دو تا چهار برابر بیشتر از متوسط جهانی است، پتانسیل بالایی برای بهبود وجود دارد. محدوده وسیعی از فناوری‌های کاهش تولید آلاینده‌ها وجود دارند که مختص صنایع مختلف هستند.

- جایگزینی سوخت: اگرچه برخی از صنایع فرایندی نیازمند استفاده از سوخت‌های ویژه‌ای هستند، بسیاری از صنایع از سوخت برای تولید بخار و یا تولید حرارت در فرایند استفاده می‌کنند که با توجه به قیمت سوخت، در دسترس بودن سوخت و قوانین محیط‌زیستی سوخت موردنظر را انتخاب می‌نمایند. جایگزینی سوخت با سوخت‌هایی که کربن کمتری دارند مانند گاز طبیعی می‌تواند به طور اقتصادی تولید گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد. جایگزینی گاز طبیعی در صنایع آهن و فولاد، شیمیایی، پالایش نفت، شیشه و صنایع غذایی صورت گرفته است. اما، این مهم باید در نظر گرفته شود که تولید آلاینده‌های ناشی از نشت گاز طبیعی بیشتر از حالت قبل نشود. به علاوه، مواد زاید مانند لاستیک، پلاستیک، روغن‌ها و حلال‌های مستعمل و لجن زهکشی در بسیاری از صنایع مانند آهن و فولاد و صنعت سیمان به کار گرفته می‌شود. اگرچه بسیاری از این مواد از سوخت‌های فسیلی مشتق شده‌اند، باز هم در مقایسه با حالتی که به‌عنوان لندفیل استفاده و یا بدون بازیابی حرارت سوزانده شوند، دی‌اکسیدکربن کمتری تولید می‌کنند. استفاده از زیست توده و بیوگاز در صنعت سیمان، زیست توده و گاز لندفیل در صنعت کاغذ و مقوا و استفاده از بیوگاز در صنایع غذایی انتخاب‌های در دسترس هستند.

- افزایش بازدهی انرژی: در بسیاری از فرایندها، میزان مصرف انرژی بسیار بالاتر از بهترین فناوری‌های موجود است. بنابراین، بهبود بازدهی انرژی فرصتی مناسب برای کاهش آلاینده دی‌اکسیدکربن می‌باشد. راه‌های متفاوتی برای این عمل وجود دارند که عبارت از: Benchmarking، سیستم

- بازیافت حرارت و قدرت: بازیافت انرژی در تمام صنایع بازدهی انرژی را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد. بازیافت انرژی به شکل‌های مختلفی صورت می‌پذیرد: حرارت، برق و بازیافت سوخت. روش‌های بازیافت سوخت در هر یک از بخش‌های صنعتی معین و مخصوص است. فناوری بازیافت حرارت و توان به طور گسترده‌ای در فرایندهای مختلف صنعتی کاربرد دارد. حرارت در دماها و فشارهای معین تولید و تلف می‌شود. این حرارت تلف شده را می‌توان به شیوه‌های متفاوتی بازیابی کرد. برای مثال، با استفاده مجدد از آن در فرایندهای دیگر همان ساختگاه و یا با پیش‌گرم کردن آب و یا هوای احتراق. امروزه مبدل‌های حرارتی با بازده بالا و خوردگی کم توسعه یافته‌اند که می‌توانند بازیافت حرارتی زیادی را به دست دهند. از آن جا که پتانسیل زیادی برای بازیافت حرارت در بیشتر اجزای فرایندی وجود دارد، طراحی سیستم‌های بازیافت حرارت با بازده حرارتی که اقتصادی نیز باشند (مانند یکپارچه‌سازی فرایند) ضروری است. حتی در طراحی‌های جدید روش‌هایی مانند یکپارچه‌سازی فرایند فرصت‌های بیشتری از بهبود بازده انرژی را مشخص می‌کند. در فرایندهایی که در فشارهای بالا عمل می‌کنند، می‌توان برق بازیابی کرد، حتی از یک تفاوت فشار کوچک می‌توان به کمک توربین‌های بازیابی فشار، تولید برق نمود. کوره‌های بلند، کراکرها، کاتالیستی سیال و شبکه‌های گاز طبیعی (جایی که فشار قبل از توزیع و استفاده کاهش می‌یابد) مثال‌هایی از فرصت‌های بازیابی فشار هستند. بازیافت الکتریسیته با استفاده از توربین‌های بازیابی فشار به جای استفاده از شیرهای فشارشکن نیز رایج است.

- جایگزینی مواد و بازیافت: جایگزینی مواد تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای با مواد دیگری که همان عمل را انجام دهند، بسیار مفید است. برای مثال، جایگزینی فلزات با پلاستیک، جایگزینی بتون با چوب یا پلاستیک، استفاده از مواد سوختی سبک‌تر که تولید دی‌اکسیدکربن کمتری می‌کنند و استفاده از مواد گیاهی به‌عنوان منبع شیمیایی. همچنین، در تولید فولاد، مس، شیشه و کاغذ استفاده از مواد اولیه چهار برابر مواد بازیافت شده تولید دی‌اکسیدکربن می‌کند. در صنعت تولید آلومینیوم این نسبت به مراتب بالاتر است. بازیابی مواد می‌تواند به شکل بازگرداندن ماده به حالت اولیه قبل از

زیست توده، هیدروژن یا الکتروسیسته از منابع تولید برق تجدیدپذیر و وسایل نقلیه هیبریدی جایگزین‌های دیگر می‌باشند.

- استفاده از فناوری سیستم حمل و نقل هوشمند: این سیستم یک سیستم ارتباط اطلاعات جدید است که اطلاعات وسیله نقلیه مانند ازدحام ترافیک و قوانین ترافیکی را در یک مرکز اطلاعات بازبینی و پردازش می‌کند و به شکل امواج رادیویی، وسایل نمایش بصری و ... به سیستم‌های هدایت و کنترل ماشین‌ها می‌فرستد.

- بهبود مدیریت ناوگان حمل و نقل با افزایش ظرفیت خودرو: هدف در این فناوری افزایش نسبت بار حمل شده به کل ظرفیت ناوگان حمل و نقل است. این نسبت می‌تواند بر حسب تن یا حجم ون، کامیون، واگن‌های قطار، کشتی و یا هواپیما باشد. افزایش واقعی در نسبت بار، کاهش در تعداد واگن‌های خالی حمل بار و یا افزایش در وزن کالاهای جاگرفته در یک حجم معلوم نمونه‌هایی از این امر است. مدیریت صحیح باید بار حمل و نقل را از حمل توسط کامیون به حمل و نقل ریلی و یا با کشتی هدایت کند.

- جایگزینی حمل و نقل عمومی و غیرموتوری: افزایش در سرعت حمل و نقل عمومی و بهبود زیرساخت‌ها منجر به تشویق رانندگان در استفاده از اتوبوس، مترو، پیاده‌روی، ... می‌شود.

- بهبود در سیستم‌های ارتباط از راه دور: با افزایش کاربرد سیستم‌های ارتباط از راه دور مانند دورکاری، کار در دفتر کار شخصی یا خانه، کنفرانس‌های از راه دور، سیستم‌های حمل و نقل هوشمند و تجارت الکترونیک کاهش قابل توجهی در آثار مخرب محیط‌زیستی به وجود خواهد آمد. این سیستم‌ها ترافیک را روان کرده و کارایی و بهره‌وری در ارتباطات بدون کاغذ را بالا می‌برد. (ترازنامه هیدروکربوری، ۱۳۸۸؛ ترازنامه انرژی، ۱۳۸۹؛ وزارت انرژی ایالات متحده آمریکا، ۱۳۸۲)

• بخش خانگی و تجاری

گرمایش و سرمایش ساختمان‌های مسکونی و تجاری به پوشش ساختمان (اعم از دیوارها، سقف و پنجره‌ها) بستگی دارد. موارد مهمی که باید در نظر گرفته شود، عبارت از: بهبود و اصلاح عایق کانال‌ها، جهت مناسب ساختمان، عایق‌بندی و ایزولاسیون، پنجره‌های دو جداره می‌باشند.

- تجهیزات ساختمانی: با استفاده از تجهیزات ساختمانی پربازده

مدیریت انرژی، استفاده از موتورها، پمپ‌ها، بویلرها، کوره‌ها، روشنایی و گرمایش با بازدهی بالا، تهویه مناسب و بهبود شرایط هوا هستند.

- یکپارچه‌سازی فرایند: این فناوری بر روش‌های یکپارچه‌سازی فرایند و ابزارهایی متمرکز است که استفاده معقول از انرژی در سیستم‌های انرژی فرایندی را برآورد می‌کند. برای مثال، بازیافت حرارت به کمک طراحی بهینه و یا اصلاح شبکه‌های مبدل حرارتی، استفاده بهینه از حرارت اضافی در فرایند، ملاحظه کل ساختگاه، یکپارچه‌سازی فرایند واحدهای عملیاتی کلیدی (مانند: برج تقطیر و تبخیرکننده‌ها)، فناوری‌های تبدیل انرژی با بازدهی بالا (مانند پمپ‌های حرارتی و سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت) و ... از جمله کاربردهای فناوری یکپارچه‌سازی فرایند است. توجه ویژه این روش بر سیستم‌های صنعتی موجود می‌باشد.

• بخش حمل و نقل

بخش حمل و نقل بسیار گسترده و شامل مواردی متعددی است: استفاده‌کنندگان از حمل و نقل خصوصی و عمومی، کارخانجات ساخت وسایل نقلیه، تولیدکنندگان سوخت‌ها، سازندگان جاده‌ها، برنامه‌ریزان و کارکنان سرویس‌های حمل و نقل. در ادامه مهم‌ترین روش‌های کاهش آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای ناشی از بخش حمل و نقل توضیح داده می‌شود:

- کاهش شدت انرژی در وسایل نقلیه: تغییر در طراحی بدنه وسیله نقلیه، تغییر در طراحی موتور، تغییرات در طراحی محفظه احتراق، تغییرات در نسبت ترکیب سوخت و هوا، مدیریت موتور و بهبود عملکرد وسیله نقلیه با استفاده از کامپیوتر و تشویق در ساخت وسایل نقلیه با وزن و توان کمتر از جمله مهم‌ترین راهکارهای کاهش شدت انرژی در وسایل نقلیه است.

- جایگزینی منابع انرژی با آلاینده‌گی کمتر: علاوه بر محدوده وسیعی از اقدام‌های مانند کاهش حجم ترافیک و کاهش تقاضای عمومی در استفاده از اتومبیل، در مکان‌هایی که استفاده از اتومبیل اجتناب‌ناپذیر است، باید از وسایل نقلیه‌ای استفاده شود که کمترین آثار مضر در محیط‌زیست را به جای می‌گذارند. این نوع اتومبیل‌ها باید بر اساس ویژگی‌هایشان در جایی مناسب به کار گرفته شوند. دیزل، CNG، LPG منابع انرژی جایگزین بنزین هستند. سوخت‌های سنتز شده از منابع

تشکیل شده‌اند. در انجام فرایند اولویت‌بندی معیارهای متعددی مدنظر قرار گرفتند که عبارت از: مزایای محیط‌زیستی جانبی (برای مثال تأثیر فناوری در کاهش انتشار سایر آلاینده‌ها)، دسترس بودن فناوری، هزینه‌های فن‌آوری اعم از هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و هزینه به ازای کاهش هر واحد از انتشار گازهای گلخانه‌ای، شرایط فن‌آوری مربوطه در فرایند انتقال فن‌آوری، آثار ورود فن‌آوری به سیستم انرژی بر توسعه اقتصادی (تأثیر بر رشد اقتصادی و اشتغال‌زایی) و سازگاری با برنامه‌های دولت می‌باشند.

• فرایند اولویت‌بندی نیازهای فن‌آوری در کشور بر اساس معیارهای متداول در برنامه‌ریزی‌های کشور

در بخش اول از مطالعه، وزن‌دهی معیارها بر اساس روند متداول در سیاست‌گذاری‌های برنامه‌های توسعه انجام شد. به بیان دیگر، معیارهای در دسترس بودن فن‌آوری، سازگاری با برنامه‌های توسعه‌ای دولت، هزینه، شرایط انتقال فن‌آوری، تأثیر بر توسعه اقتصادی و فواید محیط‌زیستی برای همه زیربخش‌ها یکسان و با توجه به روند تاریخی اهمیت این معیارها در برنامه‌های توسعه‌ای دولت در نظر گرفته شد که نتایج حاصل به صورت خلاصه در شکل (۵)، آورده شده است. توضیح آن که اعداد در کلیه شکل‌ها نشان‌دهنده اهمیت فناوری در مقیاس واحد می‌باشد، بدان معنا که مجموع اعداد مربوط به فن‌آوری‌های مختلف در هر یک از نمودارها برابر یک خواهد بود.

در قسمت دوم انجام مطالعه اولویت‌بندی بر اساس زیربخش‌ها انجام شد که از این طریق اولویت‌های فناوری در بخش‌های مختلف حاصل شد. شکل‌های (۶ تا ۱۰)، اولویت‌های فن‌آوری در بخش‌های مختلف را نشان می‌دهد.

در حال حاضر، انتقال صحیح فن‌آوری در روند توسعه صنعتی کشور به‌عنوان یک ضرورت اساسی محسوب می‌شود. به این جهت مناسب است از توان علمی، فنی متوسط و بعضاً نه چندان گسترده کشور و سرمایه‌های مالی نه چندان کلان در اختیار در جهت انجام صحیح پروژه‌های انتقال فن‌آوری استفاده نمود. لازمه انتقال فن‌آوری موفق، انجام تحقیقات کامل در اطراف موضوع، بومی‌سازی و سپس به‌کارگیری خلاقیت در جهت تعمیم آن می‌باشد. از مهم‌ترین موانع انتقال فناوری به کشور موانع حقوقی، موانع سیاست‌گذاری، موانع ساختار مدیریت و اداری، موانع مالی و سرمایه‌گذاری، موانع موجود در سرمایه‌گذاری

در انرژی مانند استفاده از فناوری‌های کارآمد در گرمایش، سرمایش، گرمایش آب، سرماسازی، پخت و پز، روشنایی، تجهیزات اداری، موتورها و مدیریت انرژی می‌توان به صرفه‌جویی قابل توجهی در انرژی دست یافت. فناوری‌های مختلفی در این زمینه در بخش خانگی و تجاری وجود دارد. که مهم‌ترین آن‌ها در زیر ذکر شده‌اند.

گرمایش: کوره با بازافت حداکثر حرارت از گازهای احتراق، پمپ حرارتی برقی با استفاده از گرمای هوا، پمپ حرارتی با استفاده از گرمای زمین، سیستم حرارت مرکزی؛ سرمایش: سیستم‌های پربازده تهویه هوا؛ گرمایش آب: آب‌گرمکن‌های با راندمان بالا، آب‌گرمکن پمپ حرارتی با استفاده از گرمای هوا، آب‌گرمکن پمپ حرارتی با استفاده از گرمای هوای خروجی، آب‌گرمکن‌های خورشیدی؛ سرماسازی: استفاده از یخچال‌های با راندمان بالا؛ پخت و پز: اجاق‌های زیست توده؛ روشنایی: لامپ‌های فلورسنت متراکم، لامپ‌های هالوژن، لامپ‌های فلورسنت با بازده بالا، بالاست الکترومغناطیسی، سطوح بازتابی، جایگزینی لامپ‌های نفتی، سیستم‌های کنترل روشنایی؛ تجهیزات اداری: کامپیوترهای با بازده بالا، استفاده از تجهیزات در حالت کم مصرف؛ موتورها: دایورهای با سرعت متغیر، موتورهای با بازده بالا؛ مدیریت انرژی: سیستم‌های مدیریت انرژی ساختمان، یکپارچه‌سازی حرارتی ساختمان، استفاده از سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت.

یافته‌ها

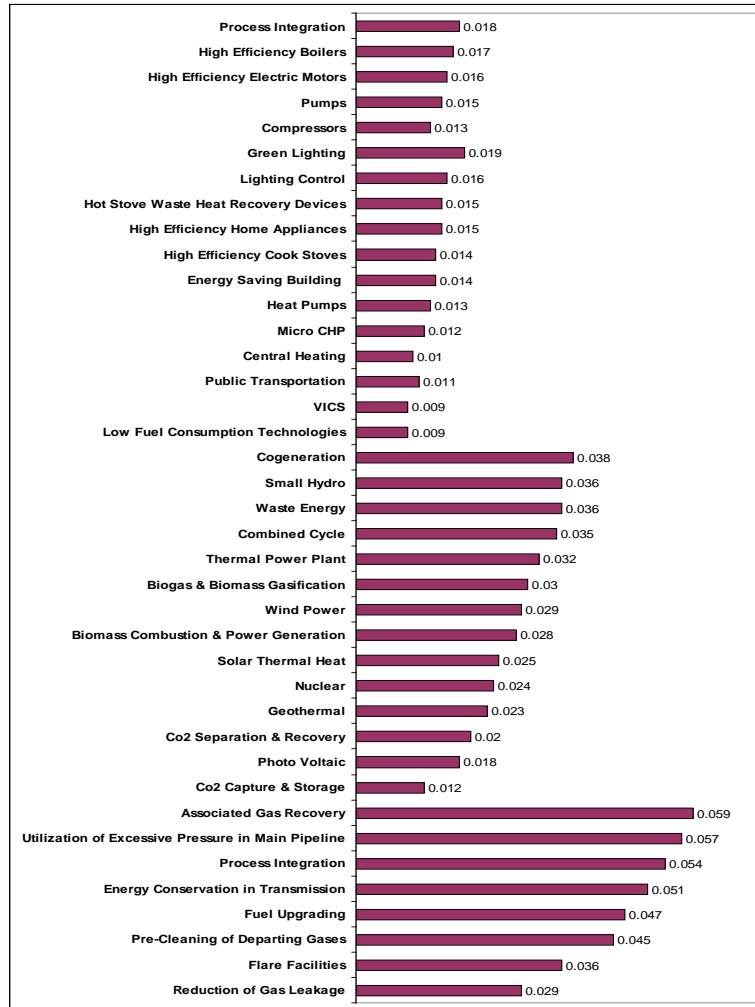
اولویت‌بندی فناوری‌های قابل انتخاب در بخش‌های مختلف انرژی

در بررسی نیازهای فناوری بخش انرژی در راستای کاهش آلاینده‌های محیط‌زیستی در کشور، فناوری‌های متعددی در بخش‌های حمل و نقل، صنعت، نیروگاه‌ها، تجاری- خانگی و نفت و گاز مطرح می‌باشند. در راستای تکمیل مطالعه انجام شده، در این بخش با استفاده از نرم‌افزار اولویت‌بندی AHP، اولویت‌بندی علمی نیازهای فن‌آورانه کشور در بخش انرژی انجام می‌شود.

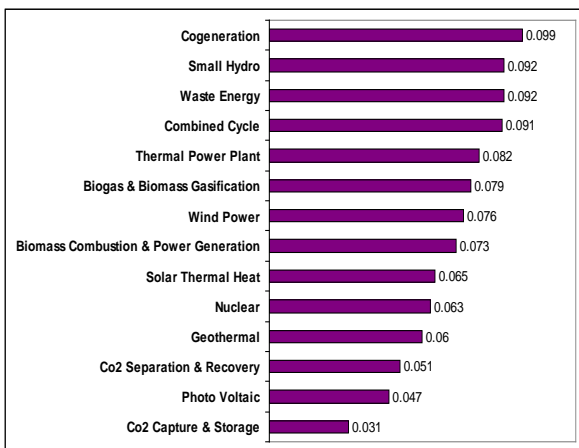
• معیارهای انجام اولویت‌بندی

بخش‌های حمل و نقل، صنعت، نیروگاهی، خانگی و تجاری و نفت و گاز بخش‌های عمده در نظر گرفته شده برای توسعه مدل می‌باشند که هر یک به نوبه خود از زیربخش‌های متعددی

خارجی، کمبود نیروی انسانی متخصص، محدودیت استفاده از منابع انرژی و مواد اولیه، عدم هماهنگی بین فن آوری‌ها در زیر بخش‌های مختلف و تحریم‌های بین‌المللی است (خلیل، ۱۳۸۴).

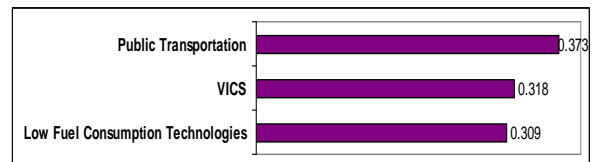


شکل (۵): اولویت‌بندی نیازهای فن آوری کلی کشور در بخش‌های مختلف



شکل (۸): اولویت‌بندی نیازهای فن آوری

در بخش نیروگاهی



شکل (۶): اولویت‌بندی نیازهای فن آوری در

بخش حمل و نقل



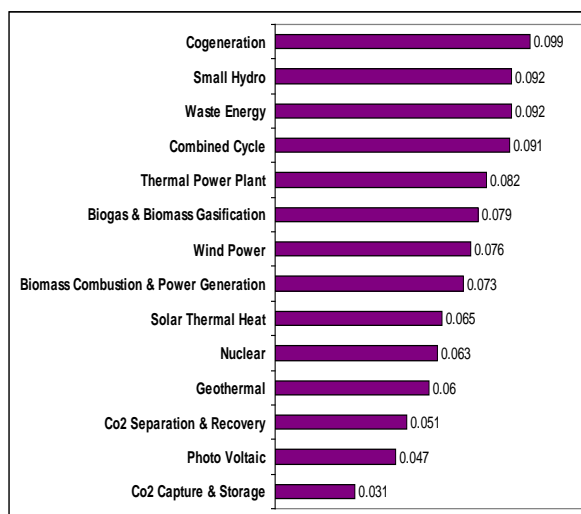
شکل (۷): اولویت‌بندی نیازهای فن آوری در بخش صنعت

تجهیزات، قدیمی بودن فرایندهای تولید، نیروی کار غیرمتخصص، ضعف سیستم‌های آموزش نیروهای انسانی، عدم توجه به فعالیت‌های تحقیقاتی و پژوهشی در واحدهای صنعتی، استفاده از تجهیزات و لوازم خانگی با کارایی کم و فرهنگ ناصحیح استفاده از انرژی در بخش ساختمان و نیز فن‌آوری‌های پایین خودروهای تولیدی در کشور نسبت داد.

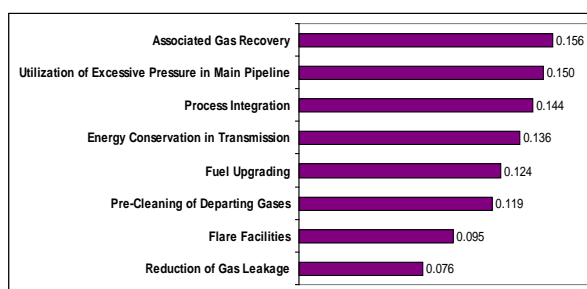
استراتژی توسعه بهینه‌سازی انرژی و کاهش آلاینده‌های محیط‌زیستی در بخش صنعت بر کاهش مصرف ویژه انرژی در فرایندهای تولید با هدف کاهش شدت انرژی جهت رسیدن به توسعه پایدار صنعتی استوار است. بر اساس این استراتژی قوانین و راه‌کارهای در مراجع قانونی تصویب شده‌اند که فعالیت‌های مدیریت انرژی در صنایع را به شکل منظم هدایت نمایند. قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی و استانداردهای مصرف انرژی در فرایندهای صنعتی از مهم‌ترین این قوانین می‌باشند. اگر چه رعایت این قوانین برای واحدهای بزرگ صنعتی الزامی می‌باشد، با وجود این عدم توجه جدی صاحبان صنایع به این مقررات و نبودن ضمانت‌های اجرایی محکم برای آن‌ها از یکسو و ناقص و ضعیف بودن خود مقررات از سوی دیگر سبب شده تا فاصله ایران، نه تنها با کشورهای پیشرو در زمینه انرژی و محیط‌زیست، بلکه با آمار و ارقام متوسط جهانی بسیار زیاد باشد.

افزایش روز افزون و غیرمنطقی مصرف حامل‌های انرژی در دهه اخیر در بخش‌های مختلف کشور و مسایل محیط‌زیستی مرتبط یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی سیاست‌گذاران حوزه انرژی کشور می‌باشد. از یک سو فقدان استراتژی و برنامه مشخص جهت توسعه سیستم انرژی در کشور و نیاز رو به رشد از سوی دیگر شرایط دشواری را جهت مدیریت سیستم انرژی در کشور ایجاد نموده است. جهت پاسخ به نیاز انرژی در کشور دو اقدام ضروری به نظر می‌رسد: مدیریت بخش عرضه انرژی که شامل توسعه کلیه زیرساخت‌های لازم و استفاده از فن‌آوری‌های نوین به منظور ارتقای راندمان تولید حامل‌های انرژی و استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد بود.

فناوری‌های بخش تولید و تبدیل انرژی عبارت از: فناوری‌های تولید اولیه نفت و گاز به طور صیانتی، فناوری‌های تولید ثانویه و ثالثیه از مخازن هیدروکربوری شامل EOR و IOR، فناوری‌های پالایش نفت و گاز، فناوری‌های تبدیل گاز طبیعی به محصولات دیگر، فن‌آوری‌های استفاده پاک از زغال‌سنگ، فن‌آوری‌های پتروشیمی، فن‌آوری‌های نیروگاهی، شامل نیروگاه‌های آبی،



شکل (۹): اولویت‌بندی نیازهای فن‌آوری در بخش خانگی و تجاری



شکل (۱۰): اولویت‌بندی نیازهای فن‌آوری در بخش نفت و گاز

بحث و نتیجه‌گیری

شدت مصرف انرژی ایران بیش از ۴ برابر متوسط جهانی و ترکیه، ۲ برابر چین و ۱۶ برابر ژاپن می‌باشد. شدت مصرف انرژی در کشور در حدود رقم ۸۶۰ می‌باشد و از این لحاظ در دنیا مقام دوم را پس از روسیه دارا می‌باشد. این معیار، رابطه عکس با کارایی انرژی دارد به این معنا که هر چه شدت انرژی بالاتر باشد، کارایی انرژی پایین‌تر خواهد بود. در حال حاضر متوسط شدت انرژی در جهان ۱۸۹ است و ژاپن با عدد ۵۷ پایین‌ترین شدت مصرف انرژی را دارد. این اعداد معادل تناژ نفت خامی است که یک میلیون دلار درآمد ناخالص داخلی را افزایش می‌دهد (سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، ۱۳۹۱). بدیهی است که اختلاف فاحش مصرف انرژی در صنایع ایران در قیاس با میزان متوسط مصرف جهانی را می‌توان به عدم استقرار واحد مدیریت انرژی فعال و نظام‌مند، بازده پایین فناوری‌های تولید، تبدیل و مصرف حامل‌های انرژی، فرهنگ غیرصحیح مصرف، فرسودگی

روشنایی، موتورها، مدیریت یکپارچه انرژی در ساختمان و سیستم‌های تولید همزمان برق، گرمایش و سرمایش. از آنجا که فناوری‌های ذکر شده طیف وسیعی از فناوری‌ها را شامل می‌شود، اولویت‌بندی نمودن آن‌ها برای شریط کنونی کشور ضروری خواهد بود. بنابراین، ابتدا با استفاده از نظر کارشناسان این حوزه معیارهای اولویت‌بندی تدوین و سپس با کمک نرم افزار AHP این فناوری‌ها اولویت‌بندی شد. باید توجه داشت که جهت اجرای موفق سیاست‌های انرژی در یک کشور، مدیریت بخش‌های عرضه و تقاضا باید متعادل، متناسب و هماهنگ باشد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران به جهت حمایت مالی جهت انجام این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

یادداشت‌ها

1. AHP: Analytic Hierarchy Process

حرارتی و هسته‌ای، فن آوری‌های تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر و نوین می‌باشند. مدیریت تقاضای انرژی نیز باید به گونه‌ای که با تاکید بر روش‌های فنی و غیرفنی بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش آلاینده‌های محیط‌زیستی، رشد تقاضا را کند نماید و سبب توسعه پایدار کشور شود.

فناوری‌های بخش تقاضا عبارتند از:

- فن آوری‌های مرتبط با بخش صنعت، شامل: بازیافت حرارت و قدرت، جایگزینی مواد و بازیافت، استفاده از فرایندها و فن آوری‌های جدید، جایگزینی سوخت، افزایش بازدهی انرژی، انتگراسیون فرایندها.

- فن آوری‌های مرتبط با بخش حمل و نقل، شامل: کاهش شدت انرژی در وسایل نقلیه، جایگزینی منابع انرژی با آلاینده‌گی کمتر، استفاده از فن آوری سیستم حمل و نقل هوشمند، بهبود مدیریت ناوگان حمل و نقل با افزایش ظرفیت خودرو، جایگزینی حمل و نقل عمومی و غیرموتوری، بهبود در سیستم‌های ارتباط از راه دور.

- فن آوری‌های مرتبط با بخش خانگی و تجاری، شامل: تجهیزات ساختمانی و تجهیزات اداری، گرمایش و سرمایش محیط، گرمایش آب و سرماسازی، وسایل پخت و پز و وسایل

فهرست منابع

اطلاعات سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت. ۱۳۹۱.

ترازنامه انرژی. ۱۳۸۹. دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، وزارت نیرو.

ترازنامه هیدروکربوری. ۱۳۸۸. مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت منابع هیدروکربوری.

چیت‌چیان، ح. ۱۳۸۳. کاربرد سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت، اولین همایش پیشگیری از اتلاف منابع ملی.

خلیل، ط. ۱۳۸۴. مدیریت تکنولوژی، رمز موفقیت در رقابت و خلق ثروت، نشر پیام متن.

رشیدی رنجبر، ن. ۱۳۸۰. پیل‌های سوختی، انرژی سبز، پژوهشکده مهندسی جهاد کشاورزی، مرکز تحقیقات مهندسی اصفهان، نشر ارکان اصفهان.

کعبی نژادیان، ع. ۱۳۸۷. فناوری انرژی‌های نو، نشر توسط مولف اثر (با همکاری انجمن انرژی خورشیدی ایران).

مقدس تفرشی، م. ۱۳۸۴. منابع تولید انرژی الکتریکی در قرن بیست و یکم، نشر دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

کمالی سروستانی، آ. و نعمت‌اللهی، م. ۱۳۸۴. مبانی مهندسی مخازن نفت و گاز، نشر دانشگاه شیراز.

وزارت انرژی ایالات متحده آمریکا، ترجمه سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، ۱۳۸۲. برنامه‌های تحقیق، توسعه و آمادگی نفت و گاز، نشر ذره.

Technology Knowledge Base, Technologies for Energy Savings and GHG Emissions Reduction, <http://62.160.8.20/eetkb/technologies>.

<http://www.assaluyeh.com>

Ibrahim Khan, M. & Islam, M.R. 2007. The Petroleum Energy Handbook, Sustainable Operations. Technologies, Policies and Measures for Mitigating Climate Change. 1996. IPCC Technical Paper I.