مجله مهندسی زیست سامانه

تدوین مدیریت راهبردی به منظور کاهش گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی با استفاده از روش Leap در شهرک‌های صنعتی(مطالعه موردی شهرک صنعتی لیا)

محمد سعید محمدی [۱]- علیرضا وفایی‌نژاد [۲*] - علی محمدی [۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۱

چکیده:

گرمایش جهانی ناشی از گازهای گلخانه‌ای به عنوان یک مشکل جهانی شناخته شده است. از میان تمامی گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن مهمترین گاز گلخانه‌ای به شمار می‌آید و تقریبا نیمی از تاثیرات گازهای گلخانه‌ای مربوط به وجود این گاز می‌باشد. صنایع مصرف کننده سوخت‌های فسیلی از مهمترین صنایع منتشر کننده گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی‌اکسیدکربن می‌باشد. در این مطالعه تاثیر اعمال سیاست‌های مختلف به منظور کاهش دی اکسیدکربن و صرفه‌جوئی انرژی در صنایع ایران توسط مدل برنامه‌ریزی انرژی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. در راستای این هدف، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در یک سناریوی پایه که منطبق بر ادامه روند موجود (BAU) در صنایع کنونی و همچنین تعیین تقاضای فعلی و آینده صنایع ایران در طی سال‌های ۲۰۱۹ الی ۲۰۳۵ مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین تولیدات فعلی و آینده در صنایع کشور و بررسی مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن در صنایع کشور توسط مدل LEAP در سناریوی پایه تعیین گردید. سپس چهار سناریوی جایگزین فناوری‌های صرفه‌جوئی انرژی و کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن شامل توسعه صنایع و ظرفیت سازی، افزایش احتمالی قیمت سوخت و برق، اجرای استانداردهای مصرف سوخت، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده بیانگر آن است که میزان انتشار کل دی‌اکسیدکربن معادل صنعت از ۶۱ میلیون تن درسناریوی پایه، به ۵۳ میلیون تن در سناریوی کاهش انتشار در سال ۲۰۳۵ می‌رسد.

واژگان کلیدی: انتشار گازهای گلخانه‌ای، صنایع کشور، تحلیل سناریو، مدل LEAP

مقدمه :

با توجه به اهمیت حامل‌های انرژی فسیلی (نفت خام و گاز طبیعی) در فرایند توسعهٔ کشور، مصرف انرژی در کشور ایران بی-رویه بوده و شاخص شدت مصرف انرژی در کشور بسیار نامطلوب است. کل انرژی مصرفی در کشور روزانه حدود ۴/۲ میلیون بشکه معادل نفت خام است که با قیمت‌های جهانی ارزش سالیانهٔ آن حدود ۱۰۰ میلیارد دلار است. این مقدار از مصرف انرژی در ایران (۴/۲ میلیون بشکه معادل نفت خام در روز) بدون صادرات نفت خام بوده در حالی که با صادرات نفت خام به ۶/۸ میلیون بشکه در روز می‌رسد که این میزان مصرف انرژی نسبت به کشورهای صنعتی و حتی کشورهای در حال توسعه بیشتر است.

بخش‌های مختلف صنعتی به‌عنوان یکی از منابع بالقوه انتشار گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌گردند. از این میان صنایع تولیدی مستقر در شهرک‌های صنعتی فرآیندی انرژی بر و مصرف کننده سوخت‌های فسیلی نظیر زغال سنگ و نفت کوره به همراه انتشار مقادیر فراوانی گازهای گلخانه‌ای خصوصا دی‌اکسیدکربن می-باشد. از فاکتورهای مهمی که در صنایع بر شدت انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تاثیرگذار می‌باشد، نوع سوخت مصرفی در فرآیند تولید و نوع فناوری است. جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنایع مستقر در شهرک‌های صنعتی سیاست‌های مختلفی می‌تواند در بخش انرژی بکار گرفته شود که بسیاری از آنها در اکثر کشورها از چندین سال قبل مورد استفاده قرار گرفته است و بعضی دیگر از آنها جدید می‌باشند. از این موارد می‌توان به تدوین استاندارد مصرف انرژی، تدوین نظامنامه واردات فناوری، مدیریت چرخه تقاضا و کلیه سیاست‌هایی که

[۱]- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۲]- گروه مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
[۳] - گروه مدیریت محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
* نویسنده مسؤول: a_vafaei@sbu.ac.ir

در راستای کاهش شدت مصرف نهایی انرژی و بهره‌وری آن باشند اشاره نمود.

استان قزوین از توانائی‌های قابل ملاحظه‌ای در بخش صنعت برخوردار است و همین امر آن را به یکی از قطب‌های صنعتی مورد توجه سرمایه‌گذاران بخش صنعت تبدیل کرده است. بیش از سه هزار واحد صنعتی در استان قزوین استقرار یافته که گویای وجود مزیت نسبی سرمایه‌گذاری در این بخش است انتخاب محل پروژه صنعتی و رغبت سرمایه‌گذاران جهت احداث واحدهای صنعتی از عوامل گوناگونی مانند نزدیکی به بازار، نیروی انسانی و وجود زیربناها می‌باشد.

موضوع مورد بررسی، اکتشافی می‌باشد و مسئله اصلی در این پژوهش که به آن پرداخته می‌شود، بررسی کاهش سهم سوخت‌های فسیلی همچون نفت خام و گاز طبیعی در بخش صنعت و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر است که به‌صورت پرسش‌های زیر مطرح و پاسخ داده شده است.

۱- اندازه‌گیری مقدار تقاضا و عرضه انرژی در سناریو مرجع و افق برنامه

۲- محاسبه میزان صرفه‌جویی در مقدار مصرف سوخت‌های فسیلی تحت سناریوهای مدیریت تقاضا و عرضه، نسبت به سناریو مرجع دیدگاه‌های متفاوتی نسبت به نقش انرژی در رشد اقتصادی وجود دارد. اما به طور کلی می‌توان بین دو دیدگاه در رابطه با جایگاه انرژی در تابع تولید و رشد اقتصادی تمایز قائل شد؛ دیدگاه اول به اقتصاددانان بیولوژیست و دیدگاه دوم به اقتصاددانان نئوکلاسیک مربوط می‌شود. اقتصاددانان بیولوژیست یک مدل بیوفیزیکی برای رشد اقتصادی قائل هستند. این گروه معتقدند انرژی تنها عامل و مهمترین عامل تأثیرگذار بر رشد اقتصادی است و در تبیین دیدگاه خود، از اصل اول ترمودینامیک بهره می‌گیرند. طبق این اصل، انرژی در طبیعت میزان ثابتی دارد و جبران ناپذیر است و می‌تواند به ماده تبدیل شود ولی به هیچ وجه از بین نمی‌رود. تمامی کالاهای تولید شده در اقتصاد از انرژی به دست می‌آیند. به طور کلی آن چه در اقتصاد به کالا تبدیل می‌شود، ناشی از انرژی به کار گرفته شده از طبیعت است. این گروه از اقتصاددانان که نهادهٔ انرژی را در تابع رشد مسلط می‌دانند، اقتصاددانان اکولوژیست یا بوم‌شناس می‌نامند. (اوکول، ۲۰۰۸) اشراقی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعهٔ خود با عنوان "شبیه سازی تقاضا و عرضهٔ" حامل‌های انرژی تا سال ۲۰۳۵ در ایران با استفاده از مدلساز LEAP با طراحی دو سناریو یکی ادامهٔ روند پیشین و دیگری استفاده از ۱۰ گیگاوات ظرفیت نیروگاه‌های حرارتی- خورشیدی CSP تا سال ۲۰۳۵، به این نتیجه رسیدند که نصب این میزان از واحدهای CSP در مجموع سبب جلوگیری از انتشار ۱۵۳ میلیون تن دی‌اکسیدکربن شده و منافعی را از نقطه نظر ایجاد هزینه فرصت صادرات گازوئیل و گاز طبیعی نصیب کشور می‌کند. امامی میبدی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعهٔ خود تحت عنوان بررسی تبدیل نیروگاه‌های گازی ساده به چرخهٔ ترکیبی و تأثیر آن بر میزان مصرف سوخت‌های فسیلی به مقایسهٔ بین مولدهای چرخهٔ ترکیبی با مولدهای گازی ساده پرداخته است. نتیجه این که مولدهای چرخهٔ ترکیبی دارای راندمان بالاتر یا مصرف سوخت کمتری دارند و با فرض تبدیل کلیهٔ مولدهای گازی به چرخهٔ ترکیبی، سالانه تقریباً معادل ۳/۵ میلیارد مترمکعب در مصرف گاز طبیعی صرفه جویی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان قزوین در دامنه‌های سلسله جبال البرز و فلات پهناور ایران واقع شده و شهرک صنعتی لیا در فاصله ۱۴ کیلومتری قزوین و در مسیر جاده قزوین به بوئین زهرا قرار دارد و مساحتی برابر ۳۶۴ هکتار می‌باشد، واحدهای تولیدی شهرک در ۱۱ گروه صنعتی و زون‌های مستقل مستقر می‌باشند. در استان شهرک صنعتی لیا با داشتن بیش از ۳۰۰ واحد صنعتی بیشترین واحدهای به بهره برداری رسیده مستقر در یک شهرک را به خود اختصاص داده است. در این واحدها بیش از شش هزار نفر مشغول به کار می باشند.

جمع‌آوری داده‌ها

در این پژوهش مراحل زیر انجام پذیرفته است:

مرحله نخست: گردآوری داده‌های مصارف حامل‌های انرژی شامل گاز طبیعی، نفت گاز، نفت کوره و برق به تفکیک تک تک صنایع از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ و داده‌های ظرفیت اسمی، نرخ تولید صنعتی و تعداد نیروی کار در بازه زمانی تعریف شده.

مرحله دوم: ایجاد ساختار تقاضای انرژی و انتشار آلایندگی شهرک صنعتی لیا براساس طبقه بندی مشخصی در محیط برنامه LEAP.

مرحله سوم) بررسی، تحلیل، طبقه بندی و پردازش داده‌های مربوط به ظرفیت، مصرف سوخت، برق و آماده سازی جهت ورود به مدل برنامه LEAP.

مرحه چهارم: انجام تنظیمات مقتضی در مدل، تنظیم واحدها، تغذیه داده‌های ظرفیت اسمی، نرخ تولید، حجم فعالیت، شدت مصرف سوخت، شدت مصرف برق و سهم حامل‌های انرژی در دسته های صنایع مختلف

مرحله پنجم: مدل سازی سناریوی مرجع و تغذیه داده‌های

مقتضی در مدل

مرحله ششم: اجرای مدل، خطاگیری و تایید نتایج در سناریوی مرجع

مرحله هفتم: طرح چهار سناریوی محتمل و مدل سازی در محیط LEAP و تغذیه داده‌های مربوطه

مرحه هشتم: اجرای مدل در سناریوهای مختلف و استخراج نتایج همانند مصرف انرژی برق و سوخت در سناریوهای مختلف، انتشار آلاینده‌ها و هزینه‌های زیست محیطی در سناریوها

مرحه نهم: تجزیه و تحلیل نتایج مدل و ارائه سناریوهای برتر

جامعه و نمونه آماری

با توجه به تعداد بالای صنایع در شهرک صنعتی لیا (بیش از ۳۰۰ واحد صنعتی) و عدم امکان مدل‌سازی تک تک صنایع، به ناچار صنایع همسان بر اساس ساختار طبقه بندی ISIC و نوع صنایع انرژی بر و کمتر انرژی بر و مشورت با متخصصان مربوطه چیده شده‌اند. با توجه به اینکه ساختار مدل از روی دسترسی به داده‌ها ایجاد می‌شود. در ابتدا رسته بندی انجام گرفته و کل صنایع موجود در این شهرک صنعتی در قالب ۱۳ گروه صنعتی و ۸۰ زیر گروه طبقه بندی گردید.

نرم افزار مدل‌سازی LEAP

مدل ساز LEAP از جمله مدل‌های شبیه سازی و تحلیل انتشار زیست محیطی بخش انرژی می‌باشد که با توجه به قابلیت‌ها و انعطاف پذیری‌هایی که دارد، امکان شبیه سازی کل سیستم عرضه و تقاضای انرژی و انتشار آلایندگی را فراهم می‌کند. برخی از مشخصه‌های مهم این نرم افزار به شرح ذیل می‌باشد.

۱- به عنوان پایگاه داده، سامانه فراگیری برای ذخیره و نگهداشت اطلاعات انرژی محیط زیست فراهم می‌کند.

۲- به عنوان ابزار پیش بینی و برنامه ریزی، امکان پیش‌بینی عرضه و تقاضای انرژی و انتشار زیست محیطی طی یک افق بلند مدت را دارد.

۳- به عنوان ابزار تحلیل سیاست گذاری، اثرات فیزیکی، اقتصادی و زیست محیطی برنامه‌های انرژی، سرمایه‌گذاری و اقدامات را شبیه سازی و ارزیابی می‌کند.

۴- سناریوها بر اساس محاسبه جامع چگونگی مصرف، تبدیل و تولید انرژی در یک منطقه یا کشور، تحت گستره‌ای از فرضیات در مورد جمعیت، توسعه اقتصادی، قیمت سوخت، فناوری و غیره صورت می‌گیرد.

۵- انعطاف پذیری ساختار داده‌ای آن امکان تحلیل غنی مشخصات فناوری و جزئیات مصارف نهایی را بنا بر انتخاب کاربر فراهم می‌کند.

۶- امتیاز اصلی LEAP انعطاف پذیری و کاربری آسان آن می‌باشد که این امکان را به تصمیم‌گیران می‌دهد به سرعت و بدون درگیر شدن با مدل‌های خیلی پیچیده، ایده‌های مدنظر خود را تحلیل نمایند.

از جمله دلایل انتخاب نرم افزار LEAP در قیاس با سایر ابزارهای موجود می‌توان به امکان مدل‌سازی و تحلیل انرژی و زیست محیطی شهرک صنعتی لیا را فراهم می‌نماید در نرم افزار LEAP، مصرف انرژی از حاصل ضرب سطح فعالیت در شدت مصرف انرژی حاصل می‌شود که در این مدل، سطح فعالیت اشاره به ظرفیت واقعی صنعت داشته و شدت مصرف انرژی نیز از تقسیم کل مصرف برق یا حامل‌های فسیلی بر سطح فعالیت واقعی بدست خواهد آمد. سطح فعالیت واقعی نیز از حاصل ضرب سطح فعالیت اسمی در نرخ تولید حاصل می‌شود.

از طرف دیگر، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز از حاصل ضرب مصرف انرژی در ضریب انتشار حاصل می‌شود که ضرایب انتشار مورد استفاده در این قسمت از ضرایب انتشار IPCC اخذ و ادامه فرمولاسیون اصلی محاسبات مدل آورده شده است. برای محاسبات مصرف انرژی در شهرک صنعتی لیا در سال‌های پایه و سال‌های آتی از رابطه زیر بهره گرفته شده است.

$$E_{i,t} = \sum_{k=1}^{l}\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} Capacity_{i,j,k,t} \times CF_{i,j,k,t} \times EI_{i,jk,t}$$

که در رابطه بالا، $E_{i,t}$ بیانگر مصرف حامل انرژی i (برق، گاز طبیعی و نفت گاز) در سال t، $Capacity_{i,j,k,t}$ بیانگر ظرفیت اسمی صنعت k مصرف‌کننده حامل انرژی i و قرار گرفته در زیربخش صنعتی j در سال t، CF بیانگر نرخ تولید صنعتی و EI شدت مصرف انرژی صنعت می‌باشد. همچنین میزان انتشار آلاینده‌های جوی ناشی از احتراق سوخت از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Emission_{i,p,t} = E_{i,t} \times EF_{i,p,t}$$

که در رابطه بالا، p بیانگر نوع آلایندگی و $EF_{i,p,t}$ بیانگر انتشار آلایندگی p مربوط به حامل انرژی i در سال t می‌باشد.

شناسایی ساختار مدل و پردازش داده‌های مورد نیاز

مدل‌سازی با LEAP برای یک بازه ۱۵ ساله مطابق توافق نامه پاریس انجام خواهد شد که شامل چهار سناریوی مختلف برای توسعه صنایع و ظرفیت سازی، افزایش احتمالی قیمت سوخت و برق، اجرای استانداردهای مصرف سوخت، بهره گیری از فناوری‌های CHP و سایر خواهد بود. در این قسمت به صورت چکیده ساختار مدل آماده شده، نمایش داده خواهد شد و همچنین

تعریف سناریوی مرجع و مدل سازی آن نیز شرح داده خواهد شد.

ساختار مدل تقاضای انرژی از نوع چند سوختی تک بخشی بوده و تنها در بخش صنعت توسعه داده شده است که شامل دسته‌بندی بخش‌های صنعتی بر مبنای داده‌های در دسترس می باشد. اجزای مختلف مدل در جدول ۱ نمایش داده شده است که هرکدام از این اجزا از شاخه‌های متعددی تشکیل شده‌اند و دارای ساختار درختی ویژه‌ای بوده و از دسته بندی-های اصلی تا فناوری ادامه داشته و در انتهای شاخه، انتشار آلایندگی‌های جوی ناشی از احتراق سوخت نمایش داده شده-اند.

جدول۱- فهرست برخی از داده های موردنیاز پژوهش و مدل سازی

ردیف	شرح اطلاعات و داده های موردنیاز	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸
۱	ظرفیت اسمی به تفکیک صنایع موجود	حداقل ۳ سال متوالی		
۲	نرخ تولید تقریبی به تفکیک صنایع موجود			
۳	میزان تولید سالانه بر اساس واحد فیزیکی و به تفکیک صنایع			
۴	نوع سوخت مصرفی (گاز طبیعی، نفت و گاز و نفت کوره)			
۵	کل مصرف سالانه گاز طبیعی شهرک (مترمکعب) به تفکیک صنایع			
۶	کل مصرف سالانه نفت گاز شهرک برای صنایع (لیتر) به تفکیک صنایع			
۷	کل مصارف سالانه نفت کوره به تفکیک صنایع			
۸	مصرف سالانه برق به تفکیک صنایع			
۸	اطلاعات وضعیت موجود بهره گیری از CHP و اجباری شدن استانداردهای مصرف سوخت در صنایع			
۹	گزارش‌های احتمالی موجود و سایر اطلاعات موجود			
	چشم انداز توسعه صنایع			
۱۰	چشم انداز توسعه ظرفیت سازی در شهرک لیا به تفکیک هرکدام از صنایع در ۱۰ سال آینده			
۱۱	چشم انداز بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در شهرک لیا			
۱۲	چشم انداز اجباری کردن استانداردهای زیست محیطی			
۱۳	چشم انداز بهره گیری از فناوری های نوین نظیر CHP، انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشید، باد و زمین گرمایی)، استحصال CO2 و			

ساختار مدل تقاضای انرژی و انتشار آلایندگی و سناریوی مرجع

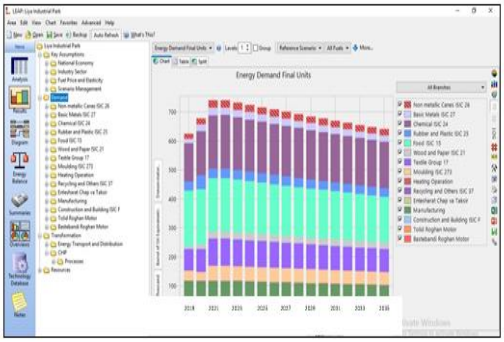
سناریوی مرجع با اسامی دیگری نظیر سناریوی خط مبنا و سناریوی BAU نیز توصیف می‌شود که بیانگر تداوم روند فعلی در آینده می‌باشد و مبنایی برای مقایسه وضعیت‌های بهبود با وضعیت موجود در آینده می‌باشد. با توجه به وجود چهار سناریوی دیگر در این مدل، سناریوهای مذکور با سناریوی مرجع مقایسه شده و بهبودهای ایجاد شده در آنها آشکار خواهد شد.

تنظیمات اصلی مدل انرژی دارای ابعاد زیر می‌باشد:

- سال مبنای مدل: ۱۳۹۶ (۲۰۱۷)
- سال ابتدای شبیه سازی: ۱۳۹۹ (۲۰۲۰)
- افق مدل سازی:۱۴۱۴ (۲۰۳۵)
- روش مدل سازی: تحلیل سطح فعالیت
- تعداد حامل‌های انرژی اصلی: برق، گاز طبیعی، نفت گاز و نفت کوره
- مدل ساخته شده یک مدل انرژی- محیط زیستی است.
- هزینه های زیست محیطی در مدل منعکس شده‌اند.

اجرای مدل در سناریوی مرجع و تحلیل نتایج

بعد از ایجاد ساختار مدل، و تدقیق اجزای آن، داده‌های مربوط به ظرفیت اسمی یا نیروی کار، ضریب ظرفیت، شدت مصرف برق، گاز طبیعی و نفت گاز و ضرایب انتشار زیست محیطی ناشی از احتراق سوخت در مدل وارد شدند. با اجرای مدل خطا-های متعددی آشکار می‌شوند که این خطاها ناشی از آرایش بعضاً اشتباه در ورود داده‌ها و عدم تنظیم اجزا، بدلیل حجم بالای مدل رخ داده بود که این خطاها رفع و مدل بعد از چندین بار اجرا و بررسی دقیق نهایی گردید. در ادامه نتایج اجرای مدل در سناریوی مرجع نمایش داده شده‌اند.

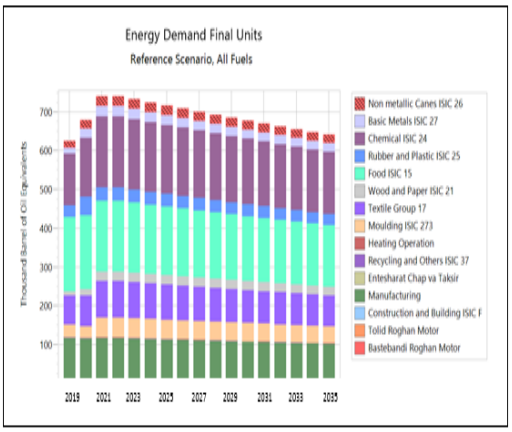


شکل۱- نتایج حاصل از اجرای مدل انرژی- محیط زیست شهرک صنعتی لیا

در ارائه نتایج اجرای مدل، چهار سناریوی ۱- سناریوی مصارف حامل‌های انرژی ۲- کل انتشار آلاینده‌ها ۳- گازهای گلخانه‌ای ۴- هزینه‌های انتشار ناشی از سوخت‌های فسیلی تعریف گردیده است.

سناریوی مصارف حامل‌های انرژی

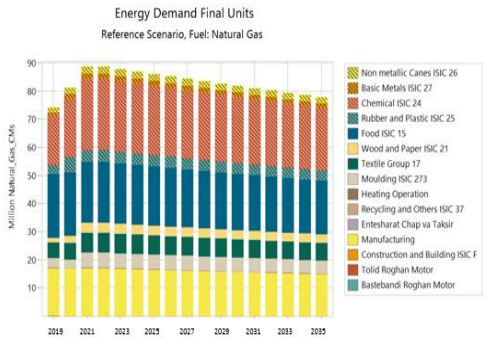
بررسی نتایج حاصل از اجرای مدل نشان می‌دهد که مصرف حامل‌های انرژی این شهرک صنعتی در سال ۱۳۹۶ بالغ بر ۶۲۴۵۰۰ بشکه معادل نفت خام بوده است، همانطور که در شکل ۲ آورده شده است مصرف انرژی ابتدا افزایش و سپس بتدریج کاهش می‌یابد و در نهایت به حدود ۶۴۰۵۰۰ هزار بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۸ بالغ شود. همانطور که در شکل آورده شده است، مصرف انرژی اولیه افزایش یافته و سپس بتدریج کاهش می‌یابد.



شکل۲- روند تقاضای انرژی در شهرک صنعتی لیا در سناریوی مرجع

روند تقاضای گاز طبیعی در شهرک صنعتی لیا

بررسی نتایج مدل بیانگر آن است که کل تقاضای گاز طبیعی در این شهرک صنعتی در سال ۱۳۹۶ بالغ بر ۷۴/۲۱۴ میلیون مترمکعب در سال بوده است که با افزایش اندکی به ۸۸/۷۱۹ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۹۸ رسیده است و انتظار می‌رود این میزان با اندکی کاهش همراه بوده و به مقدار ۷۷/۸۸۹ میلیون مترمکعب در سال ۱۴۱۴ (۲۰۳۵ میلادی) برسد. جزئیات روند تقاضای گاز طبیعی در شکل ۳ نمایش داده شده است. همانطورکه پیداست، بیشترین تقاضای گاز طبیعی در صنایع شیمیایی بوده و صنایع غذایی و تولیدات صنعتی در رتبه بعدی قرار دارند.



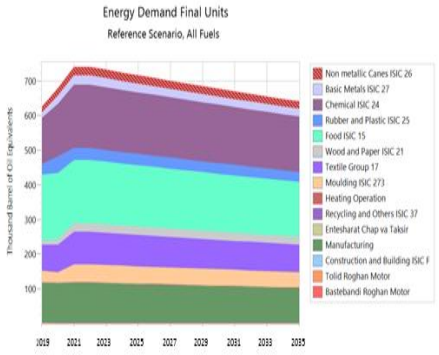
شکل۳- روند تقاضای گاز طبیعی در شهرک صنعتی لیا در سناریوی مرجع (میلیون مترمکعب در سال)

روند تقاضای برق در شهرک صنعتی لیا

تقاضای برق در سال ۱۳۹۶ حدود ۲۰۳/۲۱۵ میلیون کیلو وات ساعت بوده است که با افزایش محسوسی به‌دلیل رشد اقتصادی کشور به ۲۳۱/۳۴۴ میلیون کیلوات ساعت در سال ۱۳۹۸ رسیده است و انتظار می‌رود در سال ۱۴۱۴ میزان کل تقاضای برق این شهرک صنعتی به ۱۹۰/۷۰۸ میلیون کیلووات ساعت کاهش می‌یابد و دلیل کاهش به‌دلیل کاهش شدت مصرف انرژی در نتیجه رشد طبیعی فناوری و حساسیت به مصرف برق به‌دلیل افزایش قیمت و آگاهی فعالان صنعتی می‌باشد.

سناریوی کل انتشارات آلایندگی‌ها

بررسی نتایج مدل نشان می‌دهد که میزان کل انتشار گاز-های گلخانه (با توجه به سهم بالای گاز دی اکسیدکربن در احتراق سوخت) از حدود ۱۶۴ هزار تن معادل دی‌اکسیدکربن در سال ۱۳۹۶ به ۱۷۲ هزار تن در سال ۱۴۱۴ خواهد رسید. همچنین هزینه انتشار گازهای آلاینده اعم از آلاینده‌های محلی و گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۶ بالغ بر ۲۰۰۷/۶ هزار دلار بوده است که این مقدار با افزایش محسوسی به ۲۴۰۳/۹ هزار دلار در سال ۱۳۹۸ رسیده و انتظار می‌رود که در سال ۱۴۱۴ به بیش از ۲۱۰۳/۳ هزار دلار بالغ شود. جزئیات روند هزینه‌های انتشار آلایندگی (Externality cost) شهرک صنعتی لیا در سناریوی مرجع در شکل ۴ نمایش داده شده است.



شکل۴-روند تغییرات هزینه غیرمستقیم انتشار گازهای آلاینده ناشی از احتراق سوخت در شهرک صنعتی لیا در سناریوی مرجع

توصیف سناریوها و اجرای مدل در سناریوها

با بررسی‌های انجام گرفته چهار راهکار محتمل جهت بهبود وضعیت مصرف انرژی و انتشار آلایندگی بر اساس مجموع شرایط سامانه انرژی کشور، شهرک صنعتی لیا و احتمال بالای سخت‌گیری‌ها نسبت به مصرف حامل‌های انرژی (شدت مصرف انرژی) و انتشارات زیست محیطی انتخاب گردید که این راهکار-ها در قالب سناریوهای مختلف در محیط مدل LEAP مدل-سازی گردید. راهکارهای منتخب به ترتیب عبارتند از:

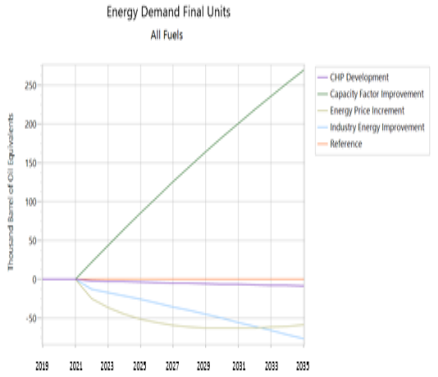
الف- کاهش تدریجی شدت مصرف انرژی به تفکیک برق و سوخت (حرارت) بر اساس هدف گذاری های محافظه کارانه و بر اساس راهکارهای شرح داده شده در فصول قبلی

ب- بهبود نرخ تولید صنعتی از وضعیت فعلی به نرم‌های معمول یک اقتصاد پایدار

ج- بهره‌گیری از فناوری تولید همزمان برق و حرارت در صنایع شایسته و منتخب بویژه صنایع غذایی و شیمیایی

د- احتمال افزایش قیمت حامل‌های انرژی حداقل چهار برابر نسبت به مقدار فعلی تا سال ۱۴۱۴

انتظار می‌رود بیشترین میزان صرفه جویی مصرف انرژی با اجرای راهکارهای غیر قیمتی حاصل شود که جزئیات روندها در شکل ۵ نمایش داده شده است و همچنین با بهبود فضای اقتصادی کشور و افزایش نرخ تولید صنایع به ۷۰ درصد، انتظار می‌رود میزان مصرف انرژی در شهرک صنعتی لیا نسبت به روند خط مبنا با افزایش قابل توجهی همراه باشد.



شکل۵- روند تغییرات تقاضای کل حامل های انرژی در شهرک صنعتی لیا نسبت به سناریوی مرجع

روند تغییرات انتشارات زیست محیطی و Externality Costs در سناریوهای مختلف

انتظار می‌رود بیشترین کاهش انتشار آلایندگی در سناریوی بهینه‌سازی مصرف انرژی به میزان ۲۳/۷ هزار تن معادل دی اکسیدکربن در سال افق مدل‌سازی اتفاق افتاده و بیشترین افزایش نیز در همان سال به میزان ۷۳/۴ هزار تن در سناریو بهبود نرخ تولیدات صنعتی اتفاق افتد. جزئیات بیشتر در جدول ۲ نمایش داده شده است.

جدول۲: روند انتشارات زیست محیطی در سناریوهای مختلف نسبت به سناریوی مرجع (هزار تن در سال)

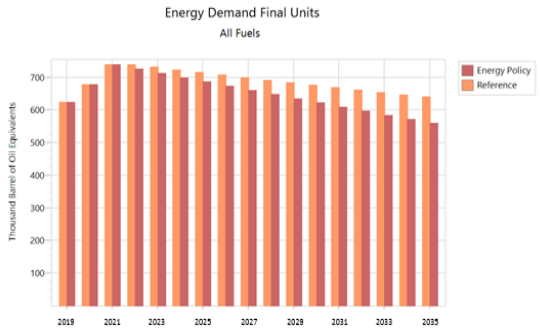
سناریوها (راهکارها)	Scenarios	1396	1397	1398	1399	1404	1409	1414
توسعه و بهره برداری از فناوری CHP		-	-	-	-1.638	-1.707	-2.617	-3.175
بهبود نرخ تولید صنعتی شهرک لیا		-	-	-	5.954	28.691	54.587	73.412
افزایش تدریجی قیمت حامل‌های انرژی		-	-	-	-6.568	-15.535	-18.156	-17.510
اجرای راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی		-	-	-	-3.328	-9.275	-17.118	-23.705

هزینه‌های غیر مستقیم انتشار زیست محیطی رابطه مستقیم با میزان انتشار آلایندگی دارد. بررسی نتایج مدل نشان می‌دهد که هزینه‌های غیرمستقیم زیست محیطی در هرکدام از سناریو-ها به تفکیک جدول ۳ حداکثر به میزان ۸۹۸/۴ هزار دلار نسبت به سناریوی مرجع افزایش یافته و در سناریوی اجرای راهکار-های بهینه سازی مصرف انرژی نسبت به سناریوی مرجع به میزان ۲۹۰,۱ هزار دلار در سال کاهش می‌یابد.

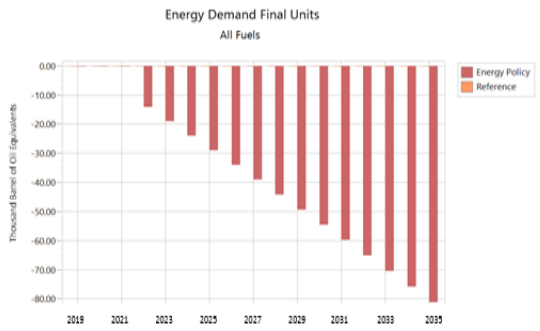
جدول۳- روند هزینه‌های غیر مستقیم زیست محیطی ناشی از احتراق سوخت در سناریوهای مختلف نسبت به سناریوی مرجع (هزار دلار در سال)

سناریوها (راهکارها)	1396	1397	1398	1399	1404	1409	1414
توسعه و بهره برداری از فناوری CHP	-	-	-	-20.044	-20.936	-32.116	-38.973
بهبود نرخ تولید صنعتی شهرک لیا	-	-	-	72.862	351.124	668.036	898.423
افزایش تدریجی قیمت حامل های انرژی	-	-	-	-80.391	-190.300	-222.561	-214.792
اجرای راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی	-	-	-	-40.727	-113.519	-209.507	-290.125

بررسی نتایج مدل بیانگر آن است که در سناریوی مادر یا سیاست گذاری انرژی، کل مصرف حامل‌های انرژی در شهرک صنعتی لیا از مقدار فعلی ۵۵۹،۵ هزار بشکه در سال خواهد رسید که نسبت به وضعیت فعلی ۲۴/۴ درصد کاهش خواهد یافت. روند تغییرات شدت مصرف انرژی در دو سناریو و قیاس آنها در شکل‌های ۶ و ۷ نمایش داده شده است که البته نتایج عددی نیز در جداول منعکس شده‌اند.

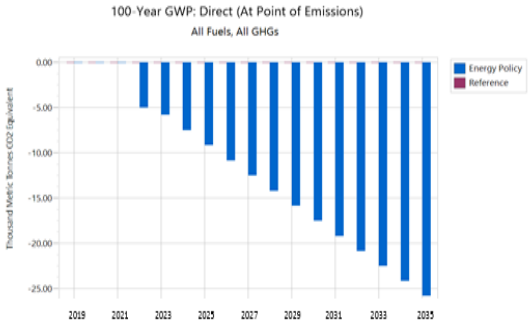


شکل۶- قیاس روند تقاضای انرژی در سناریوی مرجع و سناریوی بهینه سازی مصرف انرژی



شکل۷- میزان صرفه انرژی در سناریوی سیاست‌گذاری انرژی (سناریوی مادر)

جمع بندی نتایج مدل نشان می‌دهد که میزان انتشار کل گاز-های گلخانه‌ای در سناریوی سیاست‌گذاری انرژی۱۴۶/۳ هزار تن در سال ۱۴۱۴ (۲۰۳۰) خواهد رسید که نسبت به وضعیت سال ۱۳۹۶ که ۱۹۶/۷ هزارتن می‌باشد، کاهش ۲۵/۶ درصدی را خواهد داشت. روند صرفه جویی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در سناریوی سیاست‌گذاری انرژی نسبت به سناریوی مرجع در شکل ۷ منعکس شده است.



شکل۸-روند کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در سناریوی سیاستگذاری انرژی

شکل۸-روند کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در سناریوی سیاست‌گذاری انرژی

همچنین روند انتشار هزینه‌های زیست محیطی در سناریوی سیاست‌گذاری انرژی در قیاس با سناریوی مرجع همانند شکل ۸ خواهد بود که بیانگر کاهش ۲۵ درصدی هزینه‌ها افق مدل-سازی نسبت به وضعیت موجود خواهد بود. بنابراین شهرک صنعتی لیا می‌تواند به مثابه مدلی در کشور در جهت تبدیل شدن به یک شهرک نمونه صنعتی با اجرای برخی از راهکارهای کاهش مصرف انرژی و انتشارات زیست محیطی تبدیل شود.

نتیجه‌گیری

با بررسی صنایع موجود در شهرک صنعتی لیا، نحوه استفاده از اصول کاهش مصرف انرژی را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد. ممیزی انرژی برای تحقیق در زمینه مصرف انرژی به وسیله فرآیندهای ویژه و ماشین‌ها و ایجاد نگرش درونی به عملیات انجام می‌شود. بهبود بخشیدن به وضعیت تعمیر و نگهداری در کارخانجات معمولا منجر به صرفه جویی انرژی می‌شود. وسایل و تجهیزات روغن‌کاری شده باعث کاهش تلفات ناشی از اصطکاک انرژی می‌شوند. نظافت سامانه‌های روشنایی باعث انتقال نور بیشتر می‌شود و اعمال مدیریت سبز مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. بدین ترتیب، تجزیه و تحلیل دست در دست ممیزی انرژی حرکت می‌کند تا میزان کارایی تجهیزات در مقابل تغییر یک پارامتر را تعیین کند. تجهیزات کاراتر، اغلب می‌توانند با وسایل مورد نیاز همان عملیات جایگزین شوند.

References

Ahadi, M. S, Soltanieh, M., Shaygan, J. and Rezaradpour, S. 2014. Policymaking of energy resources in the industrial sector with environmental standards, National Climate Change Plan Office, Environmental Protection Organization.

Bahramian, K. 2018. study of greenhouse gas emissions in industry, Master's Thesis

Radpour, S.R. 2013. policy making of energy resources in the industrial sector with environmental standards, Sharif University of Technology

Energy Efficiency Organization of Iran (Saba). 2014. Evaluation of the needs of technology transfer in order to deal with the effects of climate change. Ministry of Energy - Deputy Energy

Environmental Protection Organization in cooperation with the United Nations Development Program. 2003. the first national climate change report, Environmental Protection Organization publication.

Institute of International Energy Studies. 2013. forecasting the country's energy demand by dividing the consumer sectors of energy carriers, Ministry of Oil.

Noorbakhsh, F. 2013. Greenhouse gases, investigation of emission factors and limiting technologies, Environmental Research Office.

Ministry of Energy. 2014. energy balance sheet, deputy of energy affairs.

Eshraghi, H., Maliki, A. and Vakili, A. 2013. Simulation of demand and supply planning researches, LEAP of energy carriers until 2035 in Iran using modeler. 113- and energy policy making, first year, number3, pp. 136.

Statistics of the consumption of energy-generating petroleum products. 1393. Iran's National Petroleum Products Distribution Company

Mohammadi Ardhali. M, Amirenkoi, K and Sadri, A. 1390. review of the work Management methods in demand and supply sectors on long-term energy planning in Iran.

Moradi. M., Ahmadi, S. and Omidpour, M. 2013. Development of energy demand model in energy planning and policy research, LEAP at the national level using the modeler.

Yophy, H., Jeffrey, B.Y., Chieh- Yu, P. 2010. The Long- Term Forcaste of Taiwan's Energy Supply and Demand: LEAP Model Application.

Heap, C. 2011. LEAP User Guide, Stockholm Environment Institute.

IEA. 2012. World Energy Outlook 2011, International Energy Agency, Paris.

Davodpour, H & Ahadi, M.S. 2006. The potential for greenhouse gases mitigation in household sector of Iran , Energy Policy, No. 34, pp. 40-49

EPA,2007,Summary of the Thirteenth Conference of the Parties to the UN Framework Convention on Climate Change and Third Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol.

Heap ,Charlie,2008, LEAP Manual , Stockholm Environment Institute.

IPCC, 1997, Technical Paper 2, Second Assessment Report

Kumar. A. 2003. Greenhouse gas mitigation potential of biomass energy technologies in Vietnam using the long range energy alternative planning system model, Energy Policy No. 28, pp 627-654.

Sangwon. P. 2007. Assessment of CO_2 and reduction potential in Korea petroleum using energy models, Sce

Sangwon. P. 2007. Assessment of CO_2 and reduction potential in Korea petroleum using energy models, Sceince Direct, No. 35, pp. 2419-2420

Development of Strategic Management in Order to Reduce Greenhouse Gases Caused By Energy Consumption Using the Leap Method in Industrial Towns (Case Study Of Lea Industrial Town)

Mohammad Saeed Mohammadi1, Alireza Vafainejad*2, Ali Mohammadi3
1- Ph.D student,, Department of Environmental Management, Science and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Department of Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3- Environmental Management Department, Science and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran
* Corresponding author: a_vafaei@sbu.ac.ir

Received: 13 Apr 2023
Accept:01 Jun 2023

Abstract

Global warming caused by greenhouse gases (GHGs) is recognized as a global problem. Among all the greenhouse gases, carbon dioxide is considered the most important greenhouse gas and almost half of the effects of greenhouse gases are related to the existence of this gas. Fossil fuel consuming industries are among the most important greenhouse gas emitting industries, especially carbon dioxide. In this study, the impact of applying different policies to reduce carbon dioxide and save energy in Iran's industries has been investigated and evaluated by the energy planning model.) in the current industries as well as determining the current and future demand of Iranian industries during the years 2019 to 2035 have been studied. Therefore, the current and future productions in the country's industries and the investigation of energy consumption and carbon dioxide emission in the country's industries were determined by the LEAP model in the base scenario. Then, 4 alternative scenarios of energy saving technologies and reducing carbon dioxide emissions including industrial development and capacity building, possible increase in fuel and electricity prices, implementation of fuel consumption standards were investigated. The obtained results indicate that the total co2 emissions of the industry will increase from 61 million tons in the base scenario to 53 million tons in the emission reduction scenario in 2035.

Keywords: greenhouse gas emissions, country's industries, scenario analysis, LEAP model