علوم زیست محیطی و دانش جغرافیا

بررسی چشم‌انداز مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای با بهره‌گیری از مدل LEAP
(مطالعه موردی: شهر گرگان)

مریم قادریان*،[۱] عبدالرسول سلمان ماهینی[۲]، حمیدرضا کامیاب[۳]

چکیده

در این پژوهش میزان مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از آن در شهر گرگان مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت. بدین منظور مدل تقاضا و عرضه‌ی شهر گرگان براساس سناریوی مبنا و سناریوهای بهبود مصرف انرژی با استفاده از مدل LEAP تا سال ۱۴۱۴ (۲۰۳۵) با درنظر گرفتن سال پایه ۱۳۹۵ (۲۰۱۶) توسعه داده شد. در سال‌های اخیر راه‌کارهای مختلفی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی مطرح شده که ازجمله مهم‌ترین راهبردهای کاهش مصرف انرژی و انتشارهای محیط‌زیستی در مقیاس شهری محسوب می‌شوند. این راهکارها به‌طورکلی عبارتند از: ۱- افزایش تدریجی قیمت حامل‌های انرژی مطابق قانون هدفمندکردن یارانه‌ها، ۲- مدیریت انرژی در سمت تقاضای انرژی شهر، ۳- توسعه‌ی فن‌آوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در سمت تقاضا و ۴- افزایش سهم CNG در بخش حمل و نقل شهری. ابتدا هریک از این راهکارها در قالب یک سناریو در محیط مدل ارزیابی شد و سپس تأثیر آنها بر مصرف انرژی و انتشارهای محیط‌زیستی مورد بررسی قرار گرفت. درنهایت یک سناریوی جدید با نام سیاست‌گذاری انرژی شهر گرگان تعریف شد که حاصل ترکیب چهار سناریوی ذکرشده بوده و بیانگر اجرای همزمان کلیه‌ی راهکارهای بهبود انرژی و انتشارهای محیط‌زیستی شهر گرگان است. در پایان پژوهش پیشنهاداتی درمورد بهینه‌سازی مصرف انرژی براساس سناریوی سیاست‌گذاری انرژی شهر گرگان ارائه شده است.

واژگان کلیدی: سناریو، شهر گرگان، گازهای گلخانه‌ای، مدل‌ساز LEAP، مصرف انرژی

[۱] نویسنده مسئول: فارغ التحصیل کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط زیست، گرایش ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. maryamghaderian2010@gmail.com

[۲] دکترای محیط زیست، استاد و عضو هیئت علمی دانشکده محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. mahini@gau.ac.ir

[۳] دکترای محیط زیست، استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. hrkamyab@gau.ac.ir

۱- مقدمه

انتشارگاز دی‌اکسیدکربن مرتبط با بخش انرژی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای در جهان تداوم دارد. براساس سناریوی تعریف‌شده ازسوی آژانس بین‌المللی انرژی (۲۰۰۹)، رشد سریع انتشار دی‌اکسیدکربن مرتبط با بخش انرژی درنتیجه‌ی رشد تقاضا برای انرژی‌های فسیلی تا سال ۲۰۳۰ ادامه خواهد داشت (خلیلی عراقی و همکاران، ۹۳:۱۳۹۱). شهرها بخش عمده‌ای از انرژی جهان را مصرف می‌کنند و درنتیجه از تولیدکننده‌های اصلی گازهای گلخانه‌ای هستند. با بررسی میزان مصرف انرژی و تولید گاز دی‌اکسیدکربن، مسئولین و مدیران ارشد می‌توانند سیاست‌های لازم را در ارتباط با مصرف انرژی در سطوح مختلف اتخاذ نمایند. انرژی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تولید و ضروری‌ترین محصولات نهایی، جایگاه ویژه‌ای در رشد و توسعه‌ی اقتصادی کشور دارا است. ازسوی دیگر با توجه به گستردگی منابع انرژی در ایران و همچنین تأثیرات سوء مصرف انرژی بر آلودگی هوا و تغییرات آب و هوایی، برنامه‌ریزی برای مصرف انرژی اهمیت فراوان داشته و باید با دقت بسیار انجام گیرد. مصرف انرژی نهایی معمولاً در سه بخش نشان داده می‌شود: صنعت، حمل و نقل و سایر بخش‌ها که شامل ساختمان، بخش کشاورزی و خدمات می‌شوند(Perez-Lombard et al, 2007: 395).

در کشور ایران، صنایع به‌دلیل پایین بودن کارایی مصرف انرژی، توسعه‌ی صنایع انرژی‌بر، پایین بودن قیمت‌های فروش داخلی انرژی، عدم استفاده از تکنولوژی‌های نوین و بهره‌برداری نامناسب از ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی و فرسوده بودن آن‌ها، جزو پرمصرف‌ترین‌های انرژی به‌حساب می‌آیند. گاز ازجمله مهم‌ترین حامل‌های انرژی است که نه‌تنها در تحول جامعه‌ی صنعتی نقش اساسی دارد، بلکه به‌لحاظ محیط‌زیستی نیز حائز اهمیت است. وجود ذخایر عظیم گاز طبیعی در ایران، ارزان‌بودن آن نسبت به دیگر فرآورده‌های نفتی و گستردگی شبکه‌ی گازرسانی در کشور انتخاب این سوخت را به‌عنوان سوخت جانشین، ازلحاظ اقتصادی، توجیه‌پذیر می‌کند. این درحالی است که به‌دلیل سرمایه‌بر بودن این صنعت و مشکلات مالی، امکان افزایش ظرفیت تولید در کشور با محدودیت‌هایی مواجه شده است. ازسوی دیگر، با ایجاد نگرانی‌های فزاینده درمورد اتمام منابع نفتی و احساس خطر نسبت به آلودگی محیط‌زیست، گاز طبیعی به‌عنوان سوخت برتر قرن حاضر مطرح شده است که درصورت توسعه‌ی فن‌آوری و ایجاد زمینه‌ی استفاده‌ی گسترده‌تر از آن در بخش‌های مختلف اقتصادی، اهمیت این منبع انرژی در قرن حاضر دوچندان خواهد شد (دیل و قنبرزاده، ۱۳۹۱: ۱۴۳). حمل و نقل صنعت عظیمی است که بخش عمده‌ای از میزان مصرف انرژی را در جهان به‌خود اختصاص داده است. در کشور ایران، بخش حمل و نقل پس از بخش‌های خانگی، عمومی و تجاری، دومین مصرف‌کننده‌ی عمده‌ی فرآورده‌های نفتی (عمدتاً بنزین، نفت و گاز) است و حدود ۳۰ درصد از کل انرژی مصرفی کشور را به‌خود اختصاص می‌دهد (ترازنامه‌ی انرژی ایران، ۱۳۹۴) و به‌عنوان یکی از اولویت‌های اصلی جهت اجرای اقدامات و فعالیت‌های بهینه‌سازی در کشور به‌حساب می‌آید. این بخش ارتباط تنگاتنگی با محیط‌زیست و به‌ویژه انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای دارد و به‌عنوان دومین بخش عامل انتشار بعد از نیروگاه‌ها شناخته شده است که حدود ۲۵ درصد از دی‌اکسیدکربن بخش نهایی مصرف انرژی را تولید می‌کند. یکی دیگر از بخش‌های مصرف‌کننده‌ی انرژی در ایران، بخش ساختمان است. این بخش بیش از یک سوم انرژی مصرفی کشور را به خود اختصاص می‌دهد (شاه حسینی، افلاطیون، ۱۳۹۳: ۲). بررسی انواع انرژی در بخش ساختمان نشان می‌دهد که عمده‌ی انرژی مصرفی در این بخش به‌ترتیب برق، گاز طبیعی و گازوئیل است که از این میان انرژی برق باتوجه‌به سهولت عرضه، کاربرد بیشتر، کم‌خطربودن و همچنین ملاحظات محیط‌زیستی در رتبه‌ی اول مصرف کشور قرار دارد. بیشتر مصرف انرژی برق در ساختمان‌ها شامل روشنایی، استفاده از لوازم

خانگی و دستگاه‌های گرمایش و سرمایش است (میرزایی، ۱۳۹۶: ۱۷). در بخش کشاورزی ، شدت انرژی هر بخش به‌معنای ارزش‌افزوده در آن بخش است. کشاورزان برای استفاده از ماشین‌آلات و تجهیزات خود به انرژی فراوان و قابل‌دسترس نیاز دارند. هزینه‌های انرژی، به محل موردنظر و نوع محصول و نوع فعالیت‌های کشاورزی در آن منطقه بستگی دارد. استفاده از انرژی در بخش کشاورزی درمقایسه با سابقه انرژی در بخش‌های صنعتی و تجاری چندان بالا نیست. انرژی مورد نیاز بخش کشاورزی شامل زراعت و باغداری، دامپروری، شیلات و جنگل‌داری باید به‌نحوی تأمین شود که پایداری بخش کشاورزی حفظ شود. بررسی روند شدت انرژی طی سال‌های مختلف نشان می‌دهد که بهره‌وری انرژی در بخش کشاورزی کشورمان نسبت به متوسط کشور (متوسط بخش‌های مختلف اقتصادی) بیشتر بوده است؛ بنابراین می‌توان استدلال نمود که عمده‌ی انرژی بخش کشاورزی از فرآورده‌های نفتی حاصل شده و این نوع انرژی جایگاه بالایی در تأمین انرژی موردنیاز بخش کشاورزی دارد؛ در واقع در طول سال‌ها، استفاده از تجهیزات برقی، چاه‌های آب و تجهیزات موردنیاز در بخش کشاورزی بیشتر شده و درنتیجه نیاز به استفاده از انرژی الکتریکی نیز افزایش یافته است. درخصوص تأمین انرژی بخش کشاورزی ضرورت مدیریت انرژی در کشور ایران احساس می‌شود؛ به‌عبارتی، بهینه‌سازی انرژی و به‌کارگیری کارآمدترین فن‌آوری‌ها به‌منظور حصول یک دستاورد مشخص که در بیشتر موارد به کاهش مصرف انرژی منجر می‌شود (میرزائی، ۱۳۹۴: ۵).

۲- پیشینه تحقیق

تاکنون مطالعات بسیاری در زمینه‌ی کاهش مصرف انرژی و درنتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان و همچنین کشور ایران صورت گرفته است، چراکه مدیریت مصرف از مباحث مهم در سطح جهانی است و از بهره‌وری انرژی و مدیریت مصرف به‌عنوان سوخت پنهان یاد شده و در کلیه‌ی بخش‌ها به‌عنوان سوخت پاک درنظرگرفته می‌شود. ارائه‌ی برنامه‌ی مدیریتی راهبردی مناسب درجهت شناخت پتانسیل‌های یک شهرستان در راستای بهره‌وری انرژی امری ضروری است و فعالیت‌های مبتنی بر صرفه‌جویی و اجرای راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی به‌عنوان یک سرمایه‌گذاری مناسب در زمینه‌ی انرژی، موجبات صرفه‌جویی در هزینه‌های عمومی را برای مصرف‌کنندگان فراهم آورده و به رشد و توسعه‌ی شهر و درنهایت کشور کمک می‌نماید. بررسی‌ها نشان می‌دهند که شهرستان گرگان پتانسیل بالایی در بهینه‌سازی انرژی دارد، به‌نحوی‌که در بخش‌های مختلف می‌توان با سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، اجرای هدفمند برنامه‌ها و به‌کارگیری رویکردهای مختلف اقتصادی، حقوقی، فنی، آموزشی و غیره در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرده و میزان انتشار گازهای آلاینده را به‌طور چشمگیری کاهش داد. از ویژگی‌های تحقیق حاضر نسبت به سایر مطالعات در حوزه‌ی انرژی را می‌توان چنین بیان کرد که در مطالعات پیشین، عمده‌ی پیشبینی‌ها در میزان مصرف انرژی و انتشار گازهای آلاینده در مقیاس کشور بوده و مطالعات انجام‌شده در مقیاس شهری نیز تنها محدود به یک بخش خاص بوده است و تاکنون مطالعه‌ی گسترده‌تری در این زمینه در مقیاس شهرستان گرگان نیز انجام نگرفته است. در این پژوهش با استفاده از مدل‌ساز LEAP میزان مصرف انرژی و همچنین مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای شهرستان گرگان تا سال ۲۰۳۵ (۱۴۱۴) در بخش‌های خانگی، تجاری و حمل و نقل مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه خلاصه‌ای از نتایج مهم‌ترین پژوهش‌های داخلی و خارجی ارائه شده‌است.

۲-۱- سوابق داخلی

بزازان و خسروانی (۱۳۹۵)؛ در مقاله‌ای میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن توسط بخش‌های مختلف تولیدی و خانوارها را با رویکرد داده- ستانده محیط‌زیستی مورد سنجش قرار دادند. براساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که سهم خانوارها در انتشار

آلاینده‌ی CO_2 به‌طور مستقیم ۴۱ درصد و به‌صورت غیرمستقیم ۲۹ درصد و همچنین سهم فعالیت‌های اقتصادی در انتشار این گاز آلاینده به‌طور مستقیم ۵۹ درصد و به‌صورت غیرمستقیم ۷۱ درصد است.

حیدرزاده و همکاران (۱۳۹۶)؛ در پژوهشی رابطه‌ی همبستگی میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن با جمعیت، نرخ شهرنشینی و تولید ناخالص داخلی در ایران را با استفاده از مدل رگرسیون چندمتغیره بررسی کردند. نتایج نشان داد که بین متغیرهای مورد مطالعه همبستگی بالایی وجود دارد و باید با تغییر تکنولوژی و جایگزین‌کردن منابع جدید انرژی به‌جای انرژی‌های فسیلی، این همبستگی را کاهش داد.

درودگر و همکاران (۱۳۹۷)؛ در مقاله‌ای با استفاده از رویکرد جدول داده- ستانده، ردپای کربن در بخش حمل و نقل را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که بخش حمل و نقل ۱۱۴/۲۴ میلیون تن در سال دی‌اکسیدکربن تولید می‌کند. همچنین، درمیان زیربخش‌های حمل و نقل، حمل و نقل جاده‌ای بیشترین مقدار دی‌اکسیدکربن را تولید کرده است.

کچویی و عمیدپور (۱۳۹۵)؛ در تحقیقی به تحلیل سناریو درباره‌ی پتانسیل کاهش گازهای گلخانه‌ای در بخش تولید برق ایران با استفاده از مدل‌ساز LEAP پرداختند. افق زمانی این شبیه‌سازی تا سال ۱۴۲۰ و سال پایه‌ی آن ۱۳۹۰ درنظر گرفته شد. نتایج مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد که انتشار گازهای گلخانه‌ای در سناریوی ادامه‌ی روند فعلی رشد متوسط سالانه‌ی ۵/۲ درصد را بین سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۴۲۰ دارد درحالی‌که تقاضای برق به‌طور متوسط سالانه ۶ درصد در این دوره رشد می‌کند. در سه سناریوی دیگر که شامل افزایش بازده تولید برق، انرژی تجدیدپذیر و هسته‌ای و همچنین ترکیبی از سناریوی افزایش بازده‌ی تولید برق و انرژی تجدیدپذیر و هسته‌ای بود با درنظرگرفتن سیاست‌های کنترل گازهای گلخانه‌ای، میزان انتشار این گازها به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش خواهد یافت.

محمدی و همکاران (۱۳۹۷)؛ در پژوهشی به شبیه‌سازی ترازنامه‌ی انرژی ایران تا سال ۱۴۲۰ و طراحی سناریوهای مدیریت طرف تقاضا و عرضه با استفاده از مدل‌ساز LEAP پرداختند. نتایج حاصل از مدل‌سازی در زیربخش‌های مختلف انرژی نشان داد که تقاضای انرژی رشد فزاینده‌ای خواهد داشت که این نتیجه‌گیری حرکت به سمت بهره‌گیری از سیاست‌های مدیریت تقاضا و عرضه‌ی انرژی و همچنین جایگزین کردن انرژی‌های تجدیدپذیر بادی و خورشیدی به‌جای سوخت‌های فسیلی را نمایان می‌سازد.

۲-۲- سوابق خارجی

شرکت بلومبرگ[4] (۲۰۱۸)؛ در یک پژوهش از ابزار CURB جهت بررسی میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌میزان کمتر از ۳۶ درصد تا سال ۲۰۲۰ و همچنین ۸۳ درصد تا سال ۲۰۵۰ نسبت به سال ۲۰۰۵ در شهر اوکلند ایالت کالیفرنیا در آمریکا استفاده کرد. نتایج نشان داد که منبع ۸۶ درصد از گازهای گلخانه‌ای تولید شده، ساختمان‌های مسکونی و بخش حمل و نقل است؛ به‌همین دلیل تجزیه و تحلیل‌ها بر روی این بخش‌ها متمرکز شد.

دو و همکاران[5] (۲۰۱۹)؛ در تحقیقی یک مدل پویای یکپارچه شامل هشت زیرمدل (اقتصادی- اجتماعی، صنایع نوع اول، دوم و سوم، مناطق مسکونی، حمل و نقل، دفع زباله و برق) را با استفاده از نرم افزار Vensim در طی سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۹۱ میلادی در شهر شانگهای چین توسعه دادند تا روند انتشار گازهای کربن را از منظر سیستم برنامه‌ریزی شهری ارزیابی نمایند. نتایج

[4] Bloomberg Associates
[5] Dou et al

تحقیقات روند کلی افزایش مقادیر انتشار گازهای کربن را نشان داد که در سال ۲۰۱۵ به سه برابر در سال ۱۹۹۱ رسیده بود. این پژوهش همچنین نشان داد که تولید و مصرف برق اصلی‌ترین منبع انتشار گازهای کربن در شهر شانگهای است.

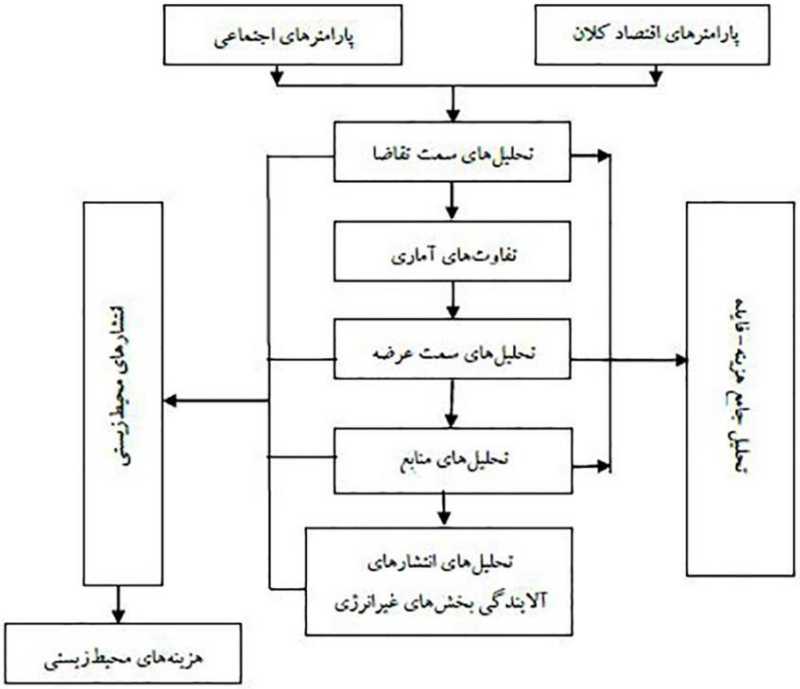
هو و همکاران[6] (۲۰۱۹)؛ در پژوهشی سناریوها و سیاست‌هایی را به‌منظور توسعه‌ی پایدار انرژی شهری براساس مدل LEAP ارائه دادند. این مطالعه در شهر شنژن چین انجام گرفت. در این پژوهش چهار سناریو تعریف شد که به‌وسیله‌ی آن‌ها می‌توان پیشبینی‌های آینده‌ی تولید و مصرف انرژی را از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۰ براساس مدل LEAP انجام داد. نتایج نشان داد که سیاست‌های بهسازی انرژی و ارتقاء ساختار انرژی اعمال شده در منطقه‌ی مورد مطالعه تأثیر قابل‌توجهی در کاهش مصرف انرژی دارند.

چی و همکارانش[7] (۲۰۱۹)؛ روند توسعه‌ی مصرف انرژی و ساختار انرژی شهر پکن را در بازه‌ی زمانی ۲۰۳۵-۲۰۱۷ با استفاده از مدل‌ساز LEAP و براساس پنج سناریوی مهم شامل معیارها، نرخ رشد اقتصادی، ساختارهای مختلف صنعتی، حفاظت و ادغام انرژی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج این مطالعه به این نکته اشاره دارد که مصرف انرژی در صنایع نوع سوم (خدماتی) همچنان درحال افزایش است و بالا بودن نرخ رشد نیز امری بدیهی است.

۳- روش پژوهش

مدل‌های انرژی، ابزاری استاندارد برای برنامه‌ریزی انرژی هستند که هدف از به‌کاربردن این مدل‌ها، صرفه‌جویی و کاهش هزینه‌ها در بخش انرژی و همچنین در بخش‌های مختلف مصرف مانند بخش خانگی، تجاری و عمومی، حمل و نقل، صنعت، کشاورزی و بخش مصارف غیرانرژی به حامل‌های انرژی، برنامه‌ریزی برای مدیریت تقاضا و عرضه در بخش انرژی است. در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی برای فرموله‌کردن و اجرای راهبردهای برنامه‌ریزی انرژی انجام شده و مدل‌های انرژی مختلفی در جهان ارائه شده‌اند. مدل برنامه‌ریزی بلندمدت جایگزین‌های انرژی LEAP یکی از این مدل‌ها است که کاربرد مهمی در زمینه‌ی برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی انرژی دارد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۲: ۶۰) و به‌عنوان مناسب‌ترین مدل برای تخصیص منابع انرژی ایران شناخته شده است (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۹). در این پژوهش از مدل‌ساز LEAP به‌منظور ارزیابی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و مقدار مصرف انرژی در شهر گرگان تا سال ۲۰۳۵ استفاده شده و به‌دلیل اهمیت بخش‌های خانگی، تجاری و حمل و نقل و همچنین دردسترس نبودن داده‌ها و اطلاعات لازم در بخش‌های دیگر، روند تقاضای انرژی در بخش‌های فوق با استفاده از این مدل‌ساز مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است؛ بدین‌منظور ابتدا ساختار مصرف انرژی شهرستان گرگان در سال پایه‌ی ۱۳۹۵ ارزیابی شده و پس از ایجاد چارچوب و روش مدل‌سازی، تقاضای انرژی در بخش‌های ذکرشده بررسی و تشریح شد و درنهایت نتایج حاصل از مدل‌سازی مورد تحلیل قرار گرفت. با استفاده از نرم افزار LEAP، کاربران می‌توانند شبیه‌سازی ساختار داده‌های بسیار پیچیده‌ای را ایجاد نمایند. برخلاف مدل‌های اقتصاد کلان، LEAP سعی نمی‌کند اثر سیاست‌های انرژی را برروی اشتغال یا تولید ناخالص داخلی تخمین بزند، اگرچه این‌چنین ایده‌هایی امکان ساخته‌شدن در پیوند با LEAP را دارند. همچنین، ویرایش جدید مدل‌ساز LEAP به‌طور خودکار ساختار بهینه‌ی مؤلفه‌های عرضه تحت سناریوها را تولید می‌نماید. از این رو از آن به‌عنوان ابزار پیشبینی که کاربران را قادر می‌سازد تا عرضه و تقاضای انرژی را در افق برنامه‌ریزی پیشبینی نمایند، استفاده می‌شود. جریان محاسبات در مدل‌ساز LEAP در (شکل ۱) ارائه شده است.

[6] Hu et al
[7] Chi et al

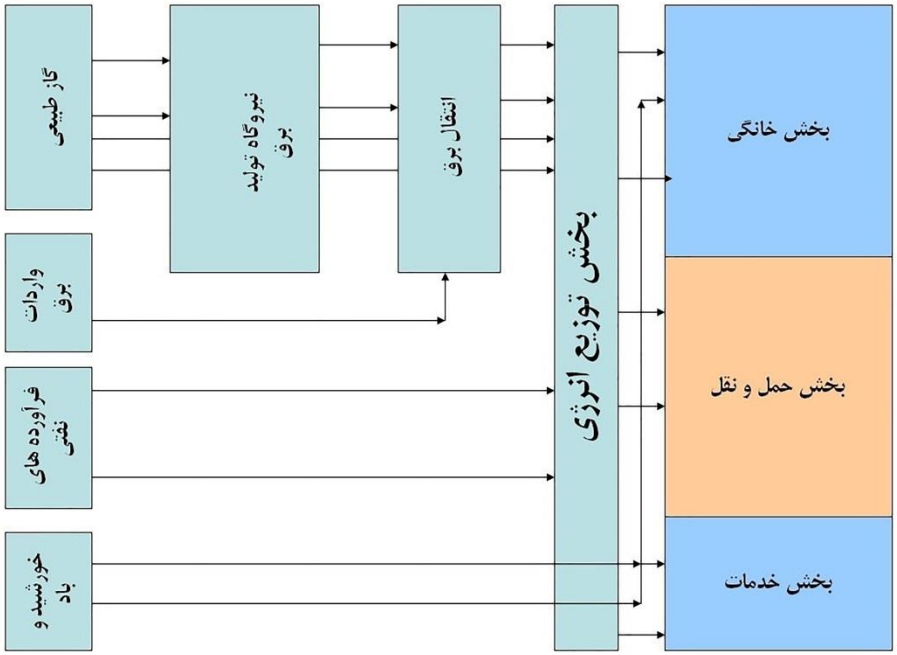


شکل ۱: جریان محاسبات در مدل‌ساز LEAP (منبع: مرادی و همکاران، ۱۳۹۲: ٦١).

۳-۱- توصیف سیستم انرژی شهر گرگان و ترسیم سیستم مرجع جریان انرژی

سیستم انرژی شهرگرگان از دو سمت تقاضا و عرضه- منابع تشکیل شده است که سمت تقاضا بخش‌های خانگی، خدمات و حمل و نقل را شامل می‌شود. بخش خانگی در برگیرنده‌ی هفت زیربخش گرمایش فضا، آب‌گرم مصرفی، پخت و پز، سرمایش فضا، روشنایی، تبرید (یخچال و فریزر) و لوازم برقی خانگی همانند تلویزیون، لباسشوئی و غیره است. بخش خدمات در برگیرنده زیربخش‌های مصرف‌کننده‌ی سوخت و برق است که هرکدام از این زیربخش‌ها خود به زیربخش‌های مختلف تقسیم‌بندی شده‌اند. بخش حرارت شامل زیربخش‌های گرمایش فضا، آب‌گرم مصرفی و پخت و پز بوده و زیربخش برق نیز شامل چهار زیربخش اصلی روشنایی، سرمایش فضا، تبرید و سایر موارد است. لازم به ذکر است که خود این زیربخش‌ها نیز از فن‌آوری‌های موجود و فن‌آوری‌های پربازده تشکیل شده‌اند. همچنین بخش حمل و نقل شهری گرگان نیز از زیربخش‌های ناوگان مسافری و باری تشکیل شده که خود ناوگان مسافری متشکل از زیربخش‌های مسافری سبک و زیربخش مسافری عمومی است که زیربخش مسافری سبک متشکل از زیربخش‌های سواری‌ها، وانت و موتورسیکلت بوده و مسافری عمومی نیز زیربخش‌های دیزلی، سی‌ان‌جی و مدرن را دربر می‌گیرد. باید توجه داشت که دلیل آوردن وانت‌ها در زیربخش مسافری سبک، مصرف بنزین آن‌ها و همچنین به‌طورکلی مشمولیت آن‌ها به‌عنوان ناوگان خودروهای سبک است. ناوگان باری نیز از خودروهای سبک باری، متوسط و سنگین تشکیل شده است. سمت عرضه‌ی مدل انرژی- محیط‌زیست گرگان نیز متشکل از بخش‌های برق و انتقال و توزیع گاز طبیعی بوده که آوردن این سمت به‌دلیل کمک به پوشش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف برق شهری گرگان و همچنین احتساب هزینه‌های زنجیره‌ی عرضه انرژی در فرآیند تحلیل هزینه- فایده‌ی سناریوها

است. منابع نیز در برگیرنده‌ی منابع اولیه و ثانویه بوده که در شهر گرگان با منابع ثانویه سر وکار داریم. سیستم مرجع جریان انرژی شهر گرگان به‌طور خلاصه در (شکل ۲) نشان داده شده است.



شکل۲: سیستم مرجع جریان انرژی شهر گرگان (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۹).

اجزای سیستم انرژی شهر گرگان در (جدول ۱) نمایش داده شده که مدل انرژی و محیط‌زیست این شهر برمبنای دو مؤلفه‌ی سیستم مرجع جریان انرژی و اجزای مختلف سیستم انرژی طراحی شده و در محیط پلت فرم LEAP پیاده‌سازی شده است.

جدول ۱: اجزای مختلف سیستم انرژی شهر گرگان (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۹)

ردیف	بخش اصلی	زیربخش‌های سطح ۱	زیربخش‌های سطح ۲	زیربخش‌های سطح ۳	فن‌آوری‌ها
۱	عوامل اصلی	عوامل اجتماعی	جمعیت، خانوار، اندازه‌ی خانوار، رشد جمعیت		
۲		عوامل اقتصادی	رانه‌های کلان		تولید ناخالص داخلی ایران
۳					ارزش افزوده‌ی ایران
۴					ارزش افزوده‌ی گرگان
۵					رشد اقتصاد ملی
۶					کشش اقتصاد استان گلستان به ملی
۷					نرخ تسعیر ارز
۸			قیمت حامل‌های انرژی	قیمت داخلی	بنزین، نفت‌گاز، نفت سفید، برق و گاز طبیعی
۹				قیمت واقعی بازار (فوب خلیج فارس و مرزی)	نفت خام ، بنزین، نفت‌گاز، گاز طبیعی و برق
۱۰		سایر	شدت مصرف انرژی و سهم زیربخش‌ها از گاز و برق	خانگی و خدمات	زیربخش‌های گرمایش فضا، آب‌گرم بهداشت و پخت و پز
۱۱	سمت تقاضا	خانگی	گرمایش فضا		بخاری، مرکزی، پکیج و انواع پربازده
۱۲			آب‌گرم مصرفی		آب‌گرمکن گازی موجود، پربازده، پکیج و خورشیدی
۱۳			پخت و پز		های موجود و پربازده‌فن‌آوری
۱۴			سرمایش فضا		کولر آبی، کولر گازی، پنکه و سایر
۱۵			روشنایی		LED Wind و LEDPV و LED موجود،
۱۶			تبرید		فن‌آوری موجود و پربازده
۱۷			لوازم خانگی		فن‌آوری موجود و پربازده
۱۸		تجاری	گرما	گرمایش فضا، پخت و پز و آب‌گرم مصرفی	فن‌آوری‌های موجود و پربازده
۱۹			برق	سرمایش فضا، تبرید، روشنایی و سایر	فن‌آوری‌های موجود و پربازده
۲۰		حمل و نقل	مسافری	سبک	سواری شخصی، تاکسی، موتور سیکلت با فن‌آوری‌های موجود، پربازده بنزینی، سی‌ان‌جی و برقی
۲۱				عمومی	دیزلی موجود، دیزلی پیشرفته، CNG و برقی
۲۲			باری		سنگین، متوسط و سبک

۲۳	**عرضه**	انتقال گاز طبیعی شهر	سیستم انتقال	ظرفیت، تلفات، مصرف سوخت، هزینه‌ها، ضریب بهره‌برداری و سایر
۲۴		توزیع برق در شهر	شبکه‌ی توزیع	ظرفیت، تلفات، مصرف سوخت، هزینه‌ها، ضریب بهره‌برداری و سایر
۲۵		انتقال برق	سیستم انتقال	ظرفیت، تلفات، مصرف سوخت، هزینه‌ها، ضریب بهره‌برداری و سایر
۲۶		نیروگاه تولید برق	فن‌آوری‌های توربین گازی و سیکل ترکیبی	ظرفیت، تلفات، مصرف سوخت، هزینه‌ها، ضریب بهره‌برداری و سایر
۲۷	**منابع**	اولیه	نفت خام و گاز طبیعی	–
۲۸		ثانویه		بنزین، نفت‌گاز، برق و سایر

٤- یافته‌ها

داده‌های مورد استفاده در مدل LEAP، طیف وسیعی از داده‌های مصرف حامل‌های انرژی، شدت مصرف انرژی، سطح فعالیت‌ها شامل جمعیت، ارزش افزوده و سایر موارد را دربر می‌گیرند. این داده‌ها عیناً در مدل وارد شدند و در فرآیندهای مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند. لازم به ذکر است که این داده‌ها به‌صورت مستند جمع‌آوری شد و یا مشمول برآوردهای قریب به‌یقین بودند. داده‌های اجتماعی شامل جمعیت، خانوار و اندازه‌ی خانوار در شهر گرگان بوده و داده‌های اقتصادی نیز شامل برآورد ارزش افزوده، تغییرات ارزش افزوده‌ی استان به ملی و سایر موارد بودند.

بررسی‌های انجام‌گرفته نشان می‌دهد که راهکارهای مختلفی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش شهری در کشور در سال‌های اخیر مطرح بوده است که از آن جمله می‌توان به راهکارها و مصوبات شورای عالی اقتصادی و راهکارهای مطرح‌شده در دیگر سازمان‌های مرتبط نظیر بهینه‌سازی مصرف سوخت و ساتبا اشاره کرد. چکیده‌ی این راهکارها شامل موارد زیر است:

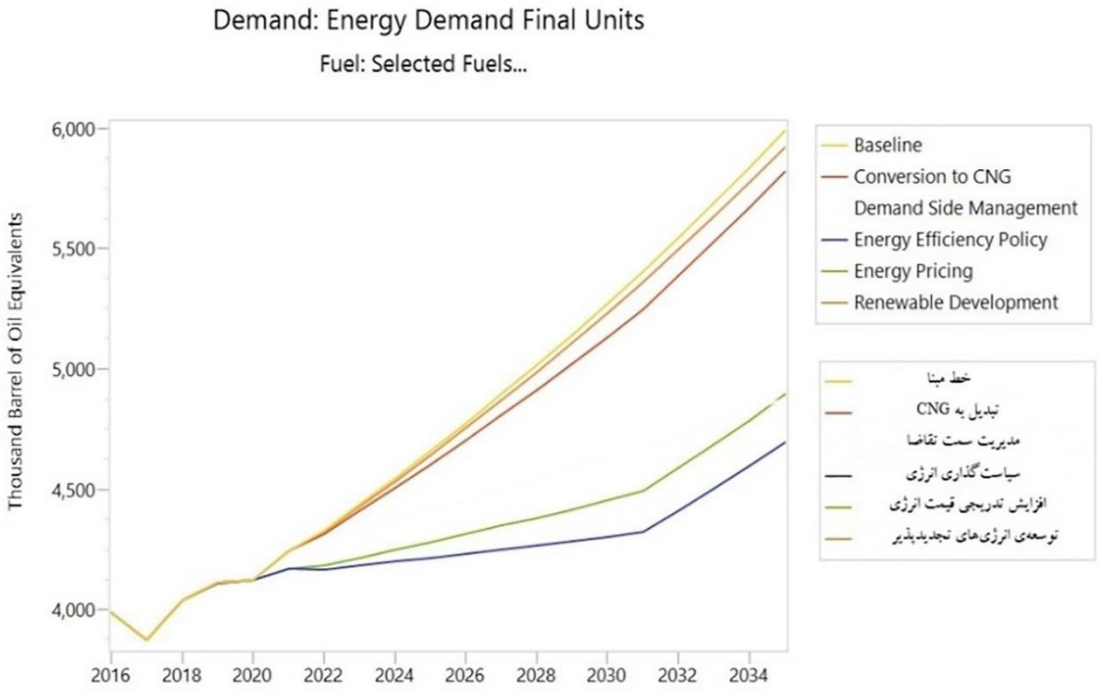
راهکار ۱- افزایش تدریجی قیمت حامل‌های انرژی مطابق قانون هدفمندکردن یارانه‌ها (قانون هدفمندکردن یارانه‌ها، ۱۳۸۸)

راهکار ۲- مدیریت انرژی در سمت تقاضای انرژی شهر گرگان

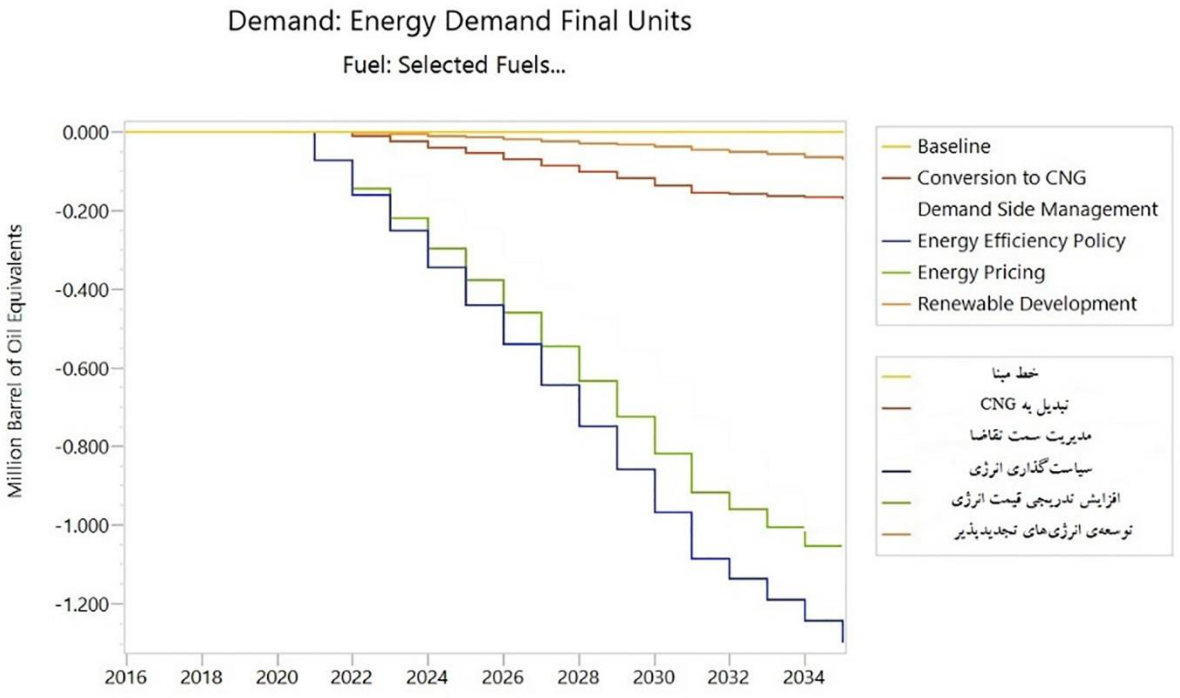
راهکار ۳- توسعه‌ی فن‌آوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در سمت تقاضا

راهکار ۴- افزایش سهم CNG در بخش حمل و نقل شهری گرگان

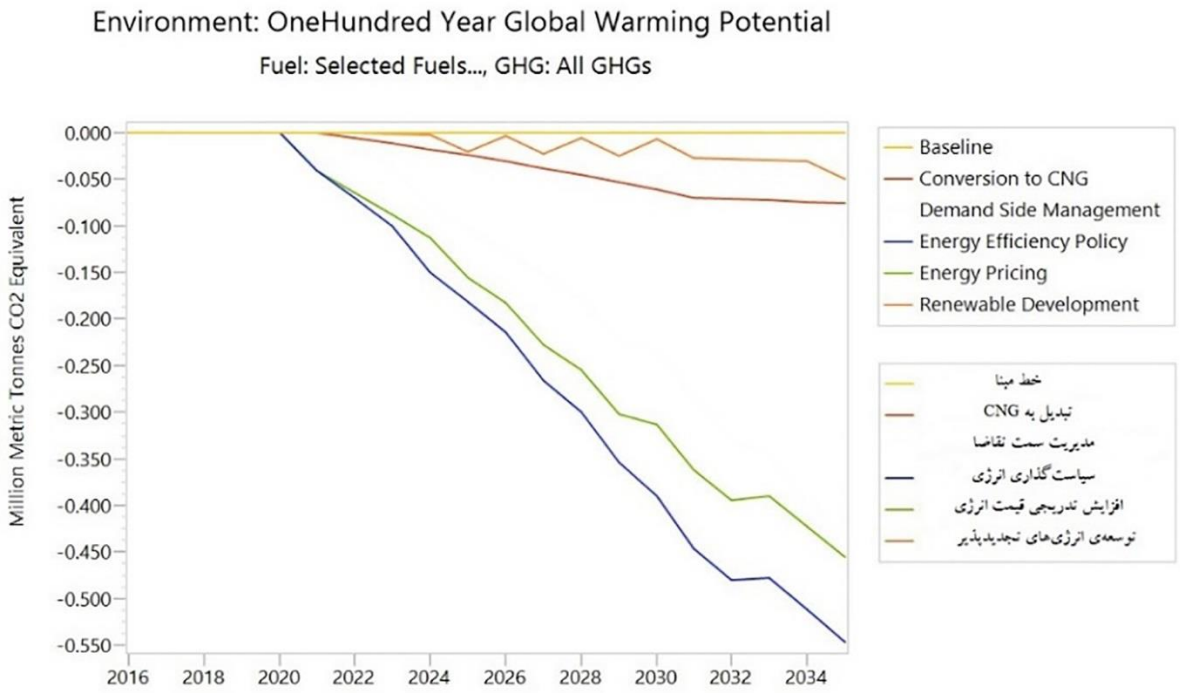
راهکارهای فوق ازجمله مهم‌ترین راهبردهای کاهش مصرف انرژی و انتشارهای محیط‌زیستی در مقیاس شهری محسوب می‌شوند که باید در محیط مدل ارزیابی شده و تأثیر آنها بر مصرف انرژی و انتشارهای محیط‌زیستی ارزیابی شود. برای مدل‌سازی و تحلیل این راهکارها در قالب سناریو، ابتدا داده‌های کلیدی آنها شناسایی شده و به‌صورت میدانی گردآوری شدند. سپس این راهکارها مدل‌سازی شده و نتایج حاصل از تحقق آنها مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل‌های ۳ تا ۶).



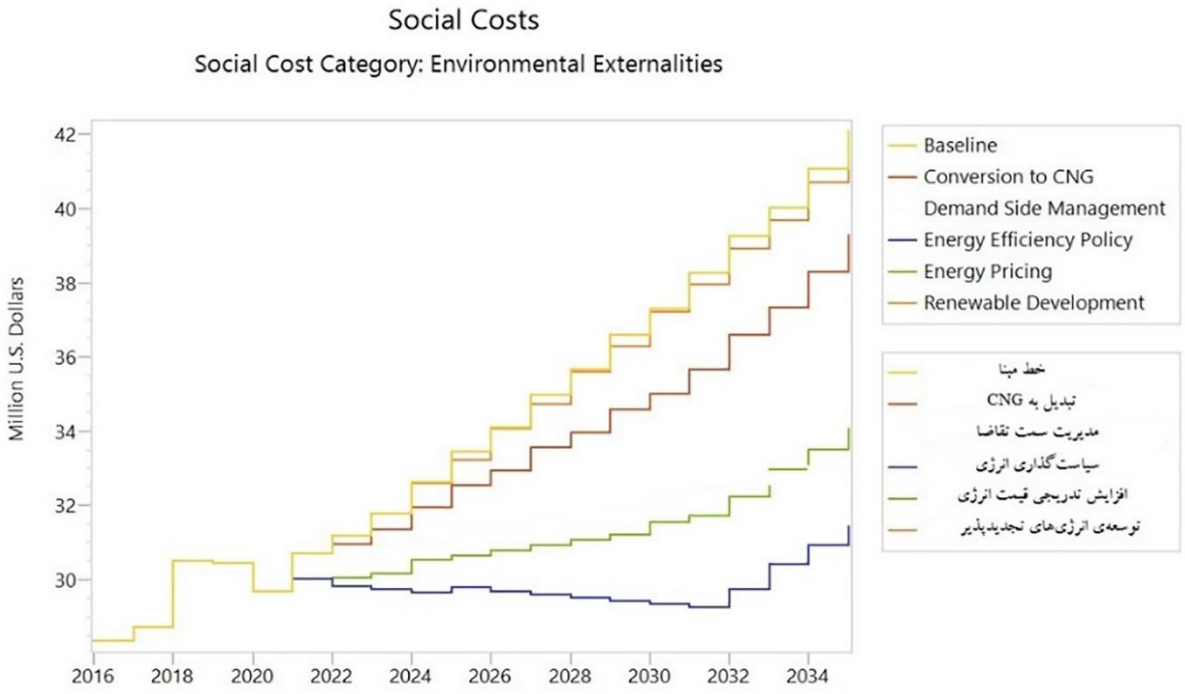
شکل۳: روند و چشم‌انداز تقاضای انرژی شهر گرگان (منبع: نتایج پژوهش، ۱۳۹۹)



شکل٤: روند و چشم‌انداز صرفه‌جویی انرژی شهر گرگان (منبع: نتایج پژوهش، ۱۳۹۹)



شکل۵: روند و چشم‌انداز کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شهر گرگان (منبع: نتایج پژوهش، ۱۳۹۹)



شکل ٦: روند و چشم‌انداز کاهش هزینه‌های انتشارهای محیط‌زیستی شهر گرگان (منبع: نتایج پژوهش، ۱۳۹۹)

نتایج حاصل از اجرای مدل نشان می‌دهد که با تحقق هرکدام از سناریوهای بهبود سیستم انرژی شهر گرگان، تقاضای انرژی نسبت به سناریوی مرجع دچار تغییراتی خواهد شد. به‌طوری‌که انتظار می‌رود میزان کل تقاضای نهایی انرژی شهر گرگان در افق مدل‌سازی ۱۴۱۴ (۲۰۳۵)، در هرکدام از سناریوهای افزایش تدریجی قیمت حامل‌های انرژی، مدیریت انرژی در سمت تقاضا، توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر و عرضه به سوخت CNG در بخش حمل و نقل و نهایتاً سناریوی سیاست‌گذاری انرژی مطابق توصیف سناریوها، به‌ترتیب برابر ۴/۸۹۴، ۴/۸۷۷، ۵/۹۲۱، ۵/۸۲۲ و ۴/۶۹۶ میلیون بشکه معادل نفت خام شود؛ درصورتی‌که مقدار تقاضای انرژی در سال سناریوی مرجع در سال ۱۴۱۴ (۲۰۳۵) حدود ۵/۹۹۲ میلیون بشکه معادل نفت خام برآورد شده است. همچنین انتظار می‌رود میانگین رشد تقاضای انرژی در هرکدام از سناریوهای بالا به‌ترتیب برابر ۱/۰۸، ۱/۰۷، ۲/۱۰، ۲/۰۱ و ۰/۸۷ درصد در سال شود که البته این شاخص در سناریوی خط مبنا برابر ۲/۱۷ درصد در سال بوده است که اثربخشی هرکدام از تحقق بر تقاضای انرژی شهری گرگان را نمایش می‌دهد. یکی دیگر از شاخص‌هایی که برای بررسی اثربخشی هرکدام از راهکارها بر تقاضای انرژی در خط مبنا اهمیت بالایی دارد، مقدار صرفه‌جویی انرژی در هرکدام از سناریوهای بهبود سیستم انرژی شهر گرگان است. بررسی نتایج حاصل از اجرای مدل نشان می‌دهد که میزان صرفه‌جویی انرژی در هرکدام از سناریوهای افزایش تدریجی قیمت حامل‌های انرژی، مدیریت انرژی در سمت تقاضا، توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر و عرضه به سوخت CNG در بخش حمل و نقل و نهایتاً سناریوی سیاست‌گذاری انرژی در سال ۱۴۱۴ (۲۰۳۵) به‌ترتیب برابر ۱/۱۰، ۱/۱۲، ۰/۰۷، ۰/۱۷ و ۱/۳۰ میلیون بشکه معادل نفت خام خواهد شد. همان‌طورکه از شواهد پیداست، بیشترین صرفه‌جویی در سناریوی سیاست‌گذاری انرژی (اجرای همزمان کلیه‌ی راهکارهای بهبود سیستم انرژی) و کمترین صرفه‌جویی نیز در سناریوی توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر اتفاق می‌افتد. یکی دیگر از شاخص‌های مورد بررسی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای بود. نتایج مدل سازی در سناریوهای مختلف نشان داد که تحقق هرکدام از راهکارهای بهبود انرژی و محیط‌زیست شهر گرگان باعث کاهش انتشارهای محیط‌زیستی خواهد شد. انتظار می‌رود میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در هرکدام از سناریوهای افزایش تدریجی قیمت حامل‌های انرژی، مدیریت انرژی در سمت تقاضا، توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر و عرضه به سوخت CNG در بخش حمل و نقل و نهایتاً سناریوی سیاست‌گذاری انرژی در سال ۱۴۱۴ (۲۰۳۵) به‌ترتیب برابر ۰/۴۵، ۰/۴۳، ۰/۰۵، ۰/۰۸ و ۰/۵۵ میلیون تن معادل دی‌اکسیدکربن در سال باشد. لازم به ذکر است که مطابق توافق‌نامه‌ی پاریس، ایران متعهد شده است که بین ۴ تا ۱۲ درصد از انتشارگازهای گلخانه‌ای خود را مشروط به شرایط مختلف نسبت به سناریوی خط مبنا پایین آورد و این راهکارها می‌تواند به بهبود و کاهش انتشار گازهای مخرب گلخانه‌ای یاری رساند. چهارمین شاخص، کاهش هزینه های محیط زیستی است. نتایج نشان داد که میزان کاهش هزینه‌های محیط‌زیستی در هرکدام از سناریوهای افزایش تدریجی قیمت حامل‌های انرژی، مدیریت انرژی در سمت تقاضا، توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر و عرضه به سوخت CNG در بخش حمل و نقل و نهایتاً سناریوی سیاست‌گذاری انرژی در سال ۱۴۱۴ (۲۰۳۵) به‌ترتیب برابر ۸/۰۳، ۸/۷۱، ۰/۵۸، ۲/۸۱ و ۱۰/۶۷ میلیون دلار در سال خواهد بود (جدول ۲).

جدول۲: روند مصرف کل حامل‌های انرژی، میزان صرفه‌جویی انرژی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش خسارت‌های محیط‌زیستی در سناریوهای بهبود سیستم انرژی شهر گرگان

(میلیون بشکه معادل نفت خام) (منبع: نتایج پژوهش، ۱۳۹۹)

شاخص	سناریو	۲۰۱۶	۲۰۱۸	۲۰۲۰	۲۰۲۲	۲۰۲۵	۲۰۳۰	۲۰۳۵
مصرف کل حامل‌های انرژی	عرضه به CNG	۳/۹۸۷	۴/۰۴۱	۴/۱۲۴	۴/۳۱۶	۴/۶۰۴	۵/۱۳۳	۵/۸۲۲
	مدیریت سمت تقاضا	۳/۹۸۷	۴/۰۴۱	۴/۱۲۴	۴/۲۸۵	۴/۴۱۰	۴/۶۳۴	۴/۸۷۷
	افزایش تدریجی قیمت انرژی	۳/۹۸۷	۴/۰۳۹	۴/۱۲۲	۴/۱۸۴	۴/۲۸۱	۴/۴۵۳	۴/۸۹۴
	توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر	۳/۹۸۷	۴/۰۴۱	۴/۱۲۴	۴/۳۲۶	۴/۶۴۳	۴/۲۳۲	۵/۹۲۱
	سیاست‌گذاری انرژی	۳/۹۸۷	۴/۰۳۹	۴/۱۲۲	۴/۱۶۸	۴/۲۱۷	۴/۳۰۳	۴/۶۹۶
صرفه‌جویی انرژی	عرضه به CNG	۰	۰	۰	−۰/۰۱	−۰/۰۵	−۰/۱۴	−۰/۱۷
	مدیریت سمت تقاضا	۰	۰	۰	−۰/۰۴	−۰/۲۵	−۰/۶۴	−۱/۱۲
	افزایش تدریجی قیمت انرژی	۰	۰	۰	−۰/۱۵	−۰/۳۸	−۰/۸۲	−۱/۱۰
	توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر	۰	۰	۰	۰	−۰/۰۲	−۰/۰۴	−۰/۰۷
	سیاست‌گذاری انرژی	۰	۰	۰	−۰/۱۶	−۰/۴۴	−۰/۹۷	−۱/۳۰
کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای	عرضه به CNG	۰	۰	۰	−۰/۰۱	−۰/۰۲	−۰/۰۶	−۰/۰۸
	مدیریت سمت تقاضا	۰	۰	۰	−۰/۰۲	−۰/۱۰	−۰/۲۳	−۰/۴۳
	افزایش تدریجی قیمت انرژی	۰	۰	۰	−۰/۰۶	−۰/۱۶	−۰/۳۱	−۰/۴۵
	توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر	۰	۰	۰	۰	−۰/۰۲	−۰/۰۱	−۰/۰۵
	سیاست‌گذاری انرژی	۰	۰	۰	−۰/۰۷	−۰/۱۸	−۰/۳۹	−۰/۵۵
کاهش خسارت‌های محیط‌زیستی	عرضه به CNG	۰	۰	۰	−۰/۲۱	−۰/۹۱	−۲/۲۹	−۲/۸۱
	مدیریت سمت تقاضا	۰	۰	۰	−۰/۳۷	−۲/۱۲	−۴/۹۵	−۸/۷۱
	افزایش تدریجی قیمت انرژی	۰	۰	۰	−۱/۱۳	−۲/۸۱	−۵/۷۴	−۸/۰۳
	توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر	۰	۰	۰	−۰/۰۱	−۰/۲۵	−۰/۰۸	−۰/۵۸
	سیاست‌گذاری انرژی	۰	۰	۰	−۱/۳۵	−۳/۶۸	−۷/۹۶	−۱۰/۶۷

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش میزان مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از آن در شهر گرگان مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت. بدین منظور مدل تقاضا و عرضه شهر گرگان با استفاده از مدل‌ساز LEAP توسعه داده شد. بخش تقاضا شامل خانگی، خدمات و حمل و نقل و بخش عرضه متشکل از بخش‌های برق و انتقال و توزیع گاز طبیعی است. سال پایه در این مدل سال ۱۳۹۵ (۲۰۱۶) و سال افق مدل‌سازی ۱۴۱۴ (۲۰۳۵) درنظرگرفته شد. ابتدا مدل‌سازی سناریوی خط مبنا (مرجع) انجام شد تا روند میزان تقاضای حامل‌های انرژی در شهر گرگان در گذشته، وضعیت موجود و در سال‌های آینده بدون هیچ‌گونه دخالت در بهبود سیستم انرژی مشخص شود. درواقع سناریوی مرجع پژواک برنامه‌ها، اقدامات، قوانین و مقررات انرژی است که تاکنون

معتبر بوده و فرض براین است که این برنامه‌ها در آینده نیز تداوم داشته باشد. نتایج تحلیل سناریوی مرجع نشان داد که چشم‌انداز تقاضای حامل‌های انرژی طی سال‌های آینده روند افزایشی خواهد داشت. ارزیابی نتایج انتشارهای محیط‌زیستی نیز حاکی از آن است که میانگین رشد انتشار گازهای گلخانه‌ای در طول سال‌های ۱۳۹۵ (۲۰۱۶) تا ۱۴۱۴ (۲۰۳۵) به ۲/۱۷ درصد خواهد رسید که عمده‌ترین انتشار نیز مربوط به گاز دی‌اکسیدکربن خواهد بود. برآورد هزینه‌های مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز نشان داد که در سال افق مدل‌سازی میزان این هزینه‌ها به حدود دوبرابر نسبت به سال پایه خواهد رسید. قدمت سیستم‌های مصرف‌کننده، عدم مدیریت انرژی، عدم رعایت استانداردهای مصرف انرژی، پایین بودن راندمان تجهیزات، ارتقاء نسبی رفاه عمومی، پایین‌بودن قیمت حامل‌های انرژی و فرهنگ نامناسب مصرف، از مهم‌ترین عوامل روند افزاینده‌ی مصرف انرژی در سال‌های آتی خواهد بود. در سال‌های اخیر راهکارهای مختلفی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی مطرح شده که ازجمله مهم‌ترین راهبردهای کاهش مصرف انرژی و انتشارهای محیط‌زیستی در مقیاس شهری محسوب می‌شوند. این راهکارها به‌طورکلی عبارتند از: ۱- افزایش تدریجی قیمت حامل‌های انرژی مطابق قانون هدفمندکردن یارانه‌ها، ۲- مدیریت انرژی در سمت تقاضای انرژی شهر، ۳- توسعه‌ی فن‌آوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در سمت تقاضا و ۴- افزایش سهم CNG در بخش حمل و نقل شهری. ابتدا هریک از این راهکارها در قالب یک سناریو در محیط مدل ارزیابی شد و سپس تأثیر آنها بر مصرف انرژی و انتشارهای محیط‌زیستی مورد بررسی قرار گرفت. درنهایت یک سناریوی جدید با نام سیاست‌گذاری انرژی شهر گرگان تعریف شد که حاصل ترکیب چهار سناریوی ذکرشده بوده و بیانگر اجرای همزمان کلیه‌ی راهکارهای بهبود انرژی و انتشارهای محیط‌زیستی شهر گرگان است. نتایج تحلیل روند تقاضای انرژی در هرکدام از سناریوهای بهبود انرژی نشان داد که روند تقاضای انرژی در همه‌ی سناریوها نسبت به سناریوی مرجع کاهشی خواهد بود و بیشترین کاهش تقاضا در سناریوی سیاست‌گذاری انرژی مشاهده خواهد شد؛ همچنین میزان صرفه‌جویی انرژی نسبت به سناریوی مرجع نیز بررسی شد و مشخص شد که بیشترین صرفه‌جویی در سناریوی سیاست‌گذاری انرژی و کمترین صرفه‌جویی نیز در سناریوی توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر اتفاق می‌افتد. روند انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز در هریک از سناریوها مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که تحقق هرکدام از راهکارهای بهبود انرژی و محیط‌زیست شهر گرگان باعث کاهش انتشارهای محیط‌زیستی خواهد شد و در این مورد نیز بیشترین کاهش در سناریوی سیاست‌گذاری انرژی رخ خواهد داد. ازنظر کاهش هزینه‌های محیط‌زیستی نیز سناریوی سیاست‌گذاری انرژی اختلاف فاحشی با دیگر سناریوها نشان داد.

٦- پیشنهادات

بهینه‌سازی مصرف انرژی علاوه بر کاهش مصرف سوخت و حامل‌های انرژی منافع دیگری نیز دارد. ازجمله‌ی این منافع می‌توان به کاهش نیاز به ظرفیت‌سازی در بخش‌های شبکه‌ی توزیع گاز و برق و احداث جایگاه‌های مواد سوختی نظیر بنزین، نفت‌گاز و CNG اشاره کرد. همان‌طورکه نتایج مدل نشان می‌دهد، با اجرای سناریوی سیاست‌گذاری انرژی، از میزان تقاضای انرژی کاسته شده و صرفه‌جویی انرژی به‌طور قابل‌توجهی صورت می‌گیرد؛ درنتیجه نیاز به سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های انرژی شهر گرگان کمتر خواهد شد. ازجمله منافع مستقیم این سیاست، مصرف کمتر سوخت توسط خانوارها خواهد بود که انتشار کمتر گازهای گلخانه‌ای را نیز به‌دنبال دارد.

- انتظار می‌رود نظام مهندسی ساختمان شهری گرگان با همکاری شهرداری نسبت به تقویت اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در شهر گرگان اقدام نماید. اجبارسازی بهره‌گیری از پنجره‌های دوجداره و استفاده از مصالح با

ویژگی‌های عایق‌بندی نظیر بلوک‌های لیکا و هبلکس که عایق کافی ایجاد می‌کنند و درمقایسه با دیگر عایق‌ها مانند پلی‌یورتان هزینه‌ی کمتری دارند، الزامی کردن برچسب و رتبه‌بندی انرژی در ساختمان‌ها و همچنین اجرایی‌کردن مبحث ۲۲ مقررات ملی حفظ و نگهداری و ارتقای ساختمان‌های موجود با رویکرد بهینه‌سازی انرژی در ممیزی انرژی و اتخاذ راهکارهای منتج از آن در تعمیر و بازسازی، ازجمله اقداماتی است که می‌توان برای صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها انجام داد.

- شرکت توزیع برق استان گلستان می‌تواند با همکاری ساتبا (سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق) نسبت به برچسب‌گذاری لوازم برقی خانگی مانند یخچال و یخچال فریزرهای خانگی، ماشین لباسشوئی، کولرگازی، اتوی برقی، لامپ و سایر وسایل برقی کوچک آشپزخانه اقدام نماید. این برچسب انرژی به خریدار کمک می‌کند که در هنگام خرید وسیله‌ای را انتخاب کند که درمقایسه با سایر وسایل موجود مصرف انرژی کمتر و کارایی بیشتری داشته باشد.
- تخصیص بخشی از بودجه و نقدینگی حاصل از عوارض برق برای موضوع بهینه‌سازی انرژی
- راه‌اندازی بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط‌زیست موضوع آیین‌نامه‌ی شماره‌ی ۹۶/۱۷۴۶۷۱۰ مورخ ۱۹/ ۱۲/ ۱۳۹۶ سازمان برنامه و بودجه با رویکرد کاهش پیک برق
- استفاده‌ی مؤثر از پتانسیل رسانه‌های مختلف و شبکه‌های اجتماعی و بسیج برای آموزش، فرهنگ‌سازی و افزایش مسئولیت‌های اجتماعی مردم به‌ویژه آموزش و بسیج محلی مردم برای کمک به مصرف صحیح انرژی، آب و حفاظت محیط‌زیست
- استفاده از ظرفیت آیین‌نامه‌ی شماره‌ی ۱۳۱۵۶۴/ ت ۵۵۵۳۴ ه مورخ ۱۴/ ۱۰/ ۱۳۹۸ با موضوع جایگزینی محصولات کم‌بازده‌ی صنعتی و پرمصرف با اتخاذ رویکرد بیشترین اثربخشی در پیک بار تابستان
- اجرایی کردن کامل قانون اصلاح الگوی مصرف و اعمال جرایم ماده ۲۶ در صورت عدم رعایت شدت مصرف انرژی صنایع
- استفاده از تکنولوژی‌های جدید و مواد اولیه‌ی بهتر و سازگار با محیط‌زیست
- استفاده‌ی بهینه از مواد و بازیابی آنها در صنایع مختلف

۷- منابع

- بزازان، فاطمه و خسروانی، ندا (۱۳۹۵). سنجش میزان انتشار دی‌اکسیدکربن توسط بخش‌های مختلف تولیدی و خانوارها ناشی از مصرف انرژی در ایران (رویکرد داده – ستانده محیط‌زیستی)، فصلنامه‌ی اقتصاد محیط‌زیست و منابع طبیعی، سال اول، شماره ۱، ۱-۲۵.

- حیدرزاده، حمیده، پوراصغر سنگاچین، فرزام، رمضانی، جواد، و بهرامی، سجاد (۱۳۹۶). بررسی رابطه همبستگی میزان انتشار دی‌اکسیدکربن با جمعیت، نرخ شهرنشینی و تولید ناخالص داخلی در ایران با استفاده از مدل رگرسیون چند متغیره، مطالعات علوم محیط‌زیست، دوره ۲، شماره ۴، ۵۲۶-۵۹۸.

- خلیلی عراقی، منصور، شرزه‌ای، غلامعلی، و برخورداری، سجاد (۱۳۹۰). تحلیل تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در ایران، محیط‌شناسی، سال ۳۸، شماره ۶۱، ۹۳-۱۰۴.
- دیل، فرزانه، و قنبرزاده، مریم (۱۳۹۱). نگاهی به رابطه‌ی مصرف گاز طبیعی در رشد اقتصادی و اولویت‌بندی مصرف گاز در کشور(گزارش)، مجله اقتصادی، شماره ۲، ۱۴۳-۱۴۸.
- شاه‌حسینی، رویا و افلاطیون، زین‌العابدین (۱۳۹۳). اهمیت بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان، چهارمین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی،تهران.
- کاظمی، عالیه، شکوری‌گنجوی، حامد، شکیبا، شیوا، و حسین‌زاده، مهناز (۱۳۹۲). انتخاب مدل مناسب برای تخصیص منابع انرژی در ایران با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، نشریه‌ی انرژی ایران، دوره ۱۶، شماره ۲، ۳۱-۶۰.
- کچویی، محمدصادق، و عمیدپور، مجید (۱۳۹۵). تحلیل سناریو درباره پتانسیل کاهش گازهای گلخانه‌ای در بخش تولید برق ایران با استفاده از مدل‌ساز LEAP، نشریه‌ی انرژی ایران، دوره ۱۹، شماره ۳، ۱۰۱-۱۱۶.
- مرادی، محمدعلی، احمدی، سمیه، و عمیدپور، مجید (۱۳۹۲). توسعه‌ی مدل تقاضای انرژی در سطح ملی با استفاده از مدل‌ساز LEAP، پژوهش‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری انرژی، سال اول، شماره ۳، ۵۱-۸۲.
- میرزایی، رحیم (۱۳۹۶). بررسی انواع اتلاف انرژی و راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش ساختمان، نشریه داخلی سازمان برنامه و بودجه استان آذربایجان شرقی، سال دوم، شماره ۷، ۱۶-۱۹.
- میرزایی، محمد (۱۳۹۴). مدیریت انرژی در بخش کشاورزی، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی، تربت حیدریه.
- وزارت نیرو (۱۳۹۶). معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، ترازنامه‌ی انرژی سال ۱۳۹۴.
- Bloomberg Association, 2018, March. Pathways to Deep GHG Reductions in Oakland: Final Report.
- Chi, Y., Yuan, L., Li, H., Zhang, Y. and Bai, G. 2019. Using LEAP Model to Predict Energy Consumption of Beijing under the Constraint of Low-Carbon Economy. Ekoloji Dergisi. 107.
- Du, L., Li, X., Zhao, H., Ma, W. and Jiang, P. 2018. System dynamic modeling of urban carbon emissions based on the regional National Economy and Social Development Plan: a case study of Shanghai city. Journal of Cleaner Production. 172: 1501-1513.
- Hu, G., Ma, X. and Ji, J. 2019. Scenarios and policies for sustainable urban energy development based on LEAP model–A case study of a postindustrial city: Shenzhen China. Applied Energy. 238: 876-886.
- Pe´rez-Lombard, L., Ortiz, J. and Pout, C. 2007. A review on buildings energy consumption information. Energy and Buildings. 40 (3): 394-398. doi: 10.1016/j.enbuild.2007.03.007.

The prespective investigation of energy consumption and greenhouse gas emissions using the LEAP model (Case Study: Gorgan)

Abstract

This study evaluated and analyzed energy consumption and greenhouse gas emissions in Gorgan. For this purpose, the demand and supply model of Gorgan was developed based on the baseline scenario and scenarios of improving energy consumption using the LEAP model until 1414 (2035). In recent years, various strategies have been proposed to optimize energy consumption, which is among the most important strategies to reduce energy consumption and environmental emissions on an urban scale. These strategies generally include 1- Gradual increase of energy carrier prices according to the law of targeted subsidies, 2- Management of energy in the direction of the energy demand of the city, 3- Development of renewable energy technologies in the direction of demand and, 4- Increase of CNG share in the urban transport sector. First, each of these solutions was evaluated in the form of a scenario in the model environment and then their impact on energy consumption and environmental emissions was investigated. Finally, a new scenario was defined as the energy policy of Gorgan, which is the result of a combination of the four scenarios mentioned and indicates the simultaneous implementation of all strategies to improve energy and environmental emissions in Gorgan. At the end of the research, suggestions on energy consumption optimization based on the energy policy scenario of Gorgan are presented.

Keywords: Scenario, Gorgan, greenhouse gases, LEAP modeling, energy consumption