ارائه رویکردی یکپارچه به منظور انتخاب پروژه های بهبود مدیریت طرف تقاضا و تولید انرژی از طریق منابع تجدیدپذیر در مراکز خدمات درمانی

مسعود ربانی*[۱]، محمد زمانیان[۲] و مهدی دولتخواه[۳] و امیر فرشباف گرانمایه[۴]

[۱]استاد، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم ها، پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران؛ mrabani@ut.ac.ir

[۲و۳]دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم ها، پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران ؛ mahdi.dolatkhah@ut.ac.ir

[۴]دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم ها، پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران ؛ afarshbaf@ut.ac.ir

Archive of SID

چکیده

مصرف انرژی یکی از معیارهای مناسب برای تعیین سطح پیشرفت و کیفیت زندگی در یک کشور است که تداومعرضه انرژی و امکان دسترسی بلندمدت به منابع، نیازمند یک برنامه ریزی جامع انرژی بوده و به همین دلیل برنامه ریزی انرژی از ضرورت های غیر قابل انکار اقتصادی، ملی و استراتژیک محسوب می شود. در بخش مصارف خانگی، بیمارستان ها مصرف کنندگان بزرگی از انرژی بوده و در عین حال پتانسیل بالایی در صرفه جویی انرژی دارند. از آنجایی که در بیمارستان ها قابل مدیریت ترین هزینه، هزینه انرژی است، بنابراین می توان دراین حوزه مداخله هوشمندانه انجام داد. مطالعه مدل های موجود در ادبیات موضوع نشان می دهند که در برنامه ریزی انرژی در مراکز درمانی هنوز به نقش و اهمیت مدیریت طرف تقاضا پرداخته نشده است و اهمیت این موضوع در برنامه ریزی انرژی در سطح پراکنده دیده نشده است. از آنجایی که بکارگیری انرژی های تجدیدپذیر در رویکردهای بهبود برنامه ریزی انرژی سبب افزایش کارایی سیستم های موجود، کاهش آلایندگی و سایر عواقب زیست محیطی و به تعویق انداختن سرمایه گذاری های اضافی در بخش تامین می شوند، تلاش ما در این پژوهش بر این بوده است که مدیریت طرف تقاضا را هم در تصمیم گیری های برنامه ریزی انرژی به عنوان رقیبی برای برای تولید انرژی از طریق منابع تجدیدپذیر وارد کنیم. در همین راستا از روش ارزش خالص فعلی برای ارزیابی پروژه های گوناگون استفاده شده و نهایتاً با انجام تحلیل حساسیت بر روی هزینه برق، نقش و اثر اجرای مرحله دوم هدفمندسازی یارانه ها مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه های کلیدی: برنامه ریزی انرژی، مدیریت انرژی در مراکز درمانی، انرژی های تجدید پذیر، مدیریت طرف تقاضا

* نویسنده مسئول: مسعود ربانی، آدرس: خ کارگر شمالی، بالاتر از تقاطع جلال آل احمد، پردیس ۲ دانشکده های فنی دانشگاه تهران، ساختمان مرکزی، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم ها،صندوق پستی: ۴۵۶۳-۱۱۱۵۵، تلفن دفتر: ۸۸۰۲۱۰۶۷، نمابر: ۸۸۰۱۳۱۰۲

www.SID.ir

مقدمه

تغییرات در اقتصادهای جهانی و مطالعه آماری ویژگی های جوامع، یک نیاز مضاعف برای نوآوری در تولید انرژی ایجاد کرده است. واژه «انرژی پاک» جنبه های گوناگونی دارد که از جمله می توان به کارایی بالاتر در استفاده از سوخت های فسیلی، پیشرفت ها در انرژی تجدیدپذیر و کاهش افت در خطوط انتقال نیرو اشاره کرد [۱]. در سال های اخیر، ظرفیت انرژی های تجدیدپذیر به طور چشمگیری در سراسر جهان گسترش یافته و بیش از ۸۵ کشور جهان اهداف سیاست بکارگیری انرژی های تجدید پذیر را تا سال ۲۰۱۰ اتخاذ کرده اند [۲]، به طوریکه مصرف انرژی از منابع تجدیدپذیر انرژی تا سال ۲۰۲۰ به ۱۵٪ از کل میزان مصرف انرژی در دنیا خواهد رسید [۳].

از آنجایی که در سال های اخیر تغییرات آب و هوا، آگاهی جهانی در مور آثار تولید الکتریسیته و مصرف انرژی بر محیط زیست را در پی داشته است، به همین دلیل، تولید محلی گرما و الکتریسیته و استفاده محلی از منابع انرژی تجدیدپذیر به عنوان بهترین گزینه ها برای فراهم کردن یک منبع انرژی ایمن تر، پاک تر و کاراتر در نظر گرفته می شوند [۴]، که بکارگیری انرژی های تجدیدپذیر به کاهش تنش میان تقاضای انرژی و نگرانی های عمومی در رابطه با آلودگی های زیست محیطی کمک می کند [۵].

در مطالعات اخیر، استفاده از انرژی های تجدید پذیر در مراکز درمانی، به کاهش مصرف انرژی های سنتی کمک نموده و سبب دستیابی به اقتصاد کم کربن شده است؛ به همین دلیل، در دهه های گذشته و در سرتاسر دنیا شاهد توسعه های سریعی در بکارگیری انرژی های تجدیدپذیر در این مراکز و ساختمان ها بوده ایم [۶]. تحقیقات انجام شده نشان می دهند که با توجه به سهم بالای مصرف انرژی در مراکز درمانی، بهترین نقطه برای ایجاد صرفه جویی در هزینه ها، همان هزینه های انرژی می باشد و همین موضوع سبب می شود که صرفه جویی در هزینه های مصرفی و مخصوصاً انرژی، تاثیر به مراتب بیشتری نسبت به سایر عوامل می تواند داشته باشد، چه بسا که با کاهش حقوق و دستمزدها ممکن است نارضایتی کارکنان و یا حذف فرصت های شغلی نیز به مرور بوجود آید. از این رو بکارگیری انرژی های نو و تجدیدپذیر برای تامین برق و سیستم های گرمایش و سرمایش در این مراکز، هزینه ها را در بلند مدت به شدت پایین آورده و در حقیقت حرکت به سمت سبز بودن سبب کاهش هزینه ها خواهد شد [۷ و ۸].

مطالعات زیادی در زمینه برنامه ریزی انرژی و مدیریت انتشار گازهای گلخانه ای انجام گرفته است. اولین بار در سال ۱۹۷، یک مدل ساده برای برنامه ریزی انرژی پیشنهاد شد که قادر بود امکان سنجی اقتصادی ایجاد سلول های خورشیدی را انجام دهد [۹]. چند سال بعد، یک مدل پویا برای مدیریت انرژی گرمایی ساختمان ها و با استفاده از انرژی های نو ارائه شد [۱۰]. در همین راستا یک مدل شبیه سازی اقتصاد سنجی انرژی برای سیاست های انرژی کشورهای در حال توسعه، توسط [۱۱] مورد مطالعه قرار گرفت و از این مدل برای پیش بینی بلند مدت تقاضای انرژی در هند استفاده شد. کاربرد مدل های انرژی با در نظرگرفتن تاثیرات محیطی توسط [۱۲] مورد بررسی قرار گرفتند و انواع مدل های جایگزین و کاربرد آنها در آنالیز، سرمایه گذاری های جایگزین و تصمیم های استراتژیک مدل های انرژی نیز ارائه شدند. همچنین رویکردهای اقتصاد مهندسی مختلفی برای توسعه مدل های تقاضای انرژی در [۱۳] مورد بررسی قرار گرفت. همچنین یک روش ارزیابی چند معیاره برای ارزیابی آلترناتیوهای مدل های جدید برنامه ریزی انرژی در تایوان توسط [۱۴] به کار گرفته شد که در آن هم سیستم های سنتی انرژی و هم انرژی های تجدیدپذیر مورد بررسی قرار گرفته اند. در همین سال، یک مدل برنامه ریزی انرژی خطی غیر متمرکز نیز با هدف کمینه کردن هزینه سیستم تامین انرژی شامل منابع انرژی و دستگاه های تبدیل انرژی ارائه شد [۱۵]. در ادامه

Archive of SID

www.SID.ir

مدلی شبیه سازی شد که در آن عملکرد و اقتصاد سنجی یک حالت ترکیبی از انرژی ها، شامل انرژی های بادی، انرژی های آبی، نیروگاه های دیزلی و پمپ های ذخیره توسط [۱۶] مورد بررسی قرار گرفت.

در دهه های گذشته تحقیقات زیادی پیرامون بکارگیری انرژی های های تجدیدپذیر و رویکردها و سیاست های پیشنهادی برای کارایی هر چه بیشتر این نوع سیستم ها و در حوزه های مختلف انجام شده است که از جمله آنها می توان به [۱۷، ۱۸، ۱۹، و ۲۰] اشاره نمود.

بررسی های انجام شده نشان می دهد که شاخص مصرف ویژه انرژی در مراکز درمانی و بهداشتی بین ۳۰ تا ۵۰ درصد بیش تر از مقادیر متوسط جهانی است، که این امر ناشی از بی توجهی به اقدامات مدیریت انرژی شامل استفاده از تکنولوژی های ناکارا، بهره برداری نامناسب از فرآیندها و تجهیزات درمانی و انتخاب نامناسب نوع حامل انرژی است [۲۱]؛ به همین دلیل، در چند سال گذشته محققان پژوهش های بیستری را پیرامون برنامه ریزی و مدیریت انرژی در مراکز درمانی انجام داده اند[۲۲].

در سال ۲۰۰۶ در مطالعه ای تحت عنوان مشوق هایی برای بکارگیری پروژه های بهره وری انرژی ، لیستی از پروژه های بهره وری انرژی در ایالت های مختلف آمریکا ارائه شد،که برای ارتقاء بیمارستان ها بسیار جذاب می باشد. در این مطالعه، عواملی که سبب جذب شدن مراکز درمانی به انجام چنین پروژه هایی می شوند، نظیر نرخ بهره انرژی کارامد، شرایط وام و تخفیفات بکارگیری این پروژه ها، نتایج و صرفه جویی های حاصل از بکارگیری آنها و ... ارائه گشته است [۲۳]. در همین راستا و به منظور دستیابی به بیمارستان هایی کارآمد و مطابق با استانداردهای جهانی، تحقیقاتی انجام شد که در آنها صرفه جویی در انرژی و کاهش آلودگی، به عنوان راهبردهایی برای توسعه پایدار مراکز درمانی مدنظر قرار داده شده است [۲۴ و ۲۵]. به منظور تعیین تعداد منابع تجدیدپذیر مورد نیاز برای برنامه ریزی انرژی در بیمارستان ها نیز مطالعات محدودی انجام شده است، که از جنله آنها می توان به [۲۶] اشاره کرد که با توجه به عدم قطعیت موجود در تقاضا و قیمت برق، از شبیه سازی مونت کارلو نیز بهره گرفته شده است. در پژوهش دیگری یک رویکرد سیستماتیک برای انتخاب مناسب و شناسایی بهترین گزینه جهت بازسازی ساختمان های موجود در بیمارستان ها ارائه شده است [۲۷]. در مقاله دیگری به بررسی تامین انرژی الکتریکی یک مرکز درمانی از دو روش تامین از طریق برق شبکه و همچنین استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر غیرمتمرکز پرداخته شده است. در این مقاله به بررسی هزینه های این دو حالت و مقایسه آنها و تصمیم گیری در مورد مقرون به صرفه بودن این روش ها به تفصیل پرداخته شده است [۲۸]. در سال ۲۰۱۳، مقاله ای با بکارگیری سیستم های مدیریت انرژی، تامین انرژی از طریق منابع تجدیدپذیر نظیر انرژی بیوگاز و منابع زمین گرمایی را برای مراکز درمانی مورد بررسی قرار داده است [۲۹].

با توجه به مرور ادبیات انجام شده، مشاهده می شود که برای تامین انرژی مورد نیاز مراکز درمانی، تنها از روش های سنتی و اخیراً انرژی های تجدیدپذیر استفاده شده است، از این رو می توان با درنظر گرفتن رویکردها و سیایت های بهبود دهنده در برنامه ریزی و مدیریت انرژی و ترکیب آن ها با روش های تامین انرژی، ابعاد تازه ای از برنامه ریزی انرژی در مراکز درمانی را مورد بررسی قرار داد. از سوی دیگر، مطالعه کارهای انجام گرفته در زمینه برنامه ریزی انرژی در مراکز درمانی، حاکی از آن است که همواره قیمت بالای منابع انرژی تجدیدپذیر سبب شده که این منابع از محبوبیت و کاربرد نسبتاً کمی در بین سایر منابع تامین انرژی برخوردار باشند. این در حالیست که با گذشت زمان و افزایش نرخ بهره و تورم، قیمت منابع تامین انرژی سنتی نیز افزایش یافته است و بنابراین هزینه سنگین تری را برای مراکز درمانی ایجاد می کنند؛ در همین راستا، می توان رویکردهای متفاوتی در جهت اجرای پروژه های بهبود در مراکز خدمات درمانی پیشنهاد داد که بررسی سیستم های انرژی تجدیدپذیر و هزینه های ناشی از نصب آنها و مقایسه این هزینه ها با روش های سنتی تامین انرژی و صرفه جویی های ناشی

Archive of SID

www.SID.ir

از بکارگیری این سیستم ها می تواند بسیار جذاب باشد. از این رو، انجام یک بررسی تحلیلی پیرامون تامین انرژی مراکز درمانی از انرژی های تجدیدپذیر و انجام تحلیل های مالی مربوطه و ترکیب آن با سیاست های بهبود دهنده در مصرف انرژی، می تواند افق تازه ای را در این حوزه از انرژی ایجاد نماید. یکی از این سیاست ها، مدیریت طرف تقاضا (Demand Side Management) یا DSM می باشد؛ مدیریت طرف تقاضا فعالیت هایی را شامل می شود که برروی میزان و الگوی مصرف انرژی مشتری نهایی اثر می گذارد و هدف آن کاهش اوج تقاضا می باشد و انتظار می رود که نیاز برای سرمایه گذاری در تامین انرژی را کاهش دهد [۳۰]. DSM می تواند در بخش های مهمی از برنامه ریزی انرژی بکار گرفته شود، که از جمله مزایای اجرای آن می توان به موارد زیر اشاره داشت [۳۱، ۳۲ و ۳۳]:

- ✓ کاهش مبلغ قبض برق مشتریان و در نتیجه هزینه پرداختی
- ✓ افزایش کارایی و بازدهی مصرف انرژی و در نتیجه سرعت بخشیدن به توسعه اقتصادی
- ✓ افزایش رقابت شرکت ها و بنگاه های محلی در ارائه خدمات
- ✓ کاهش سرمایه گذاری در تامین انرژی

در این تحقیق، برای اولین بار از یک رویکرد ترکیبی و نوین جهت تامین انرژی مراکز درمانی استفاده نموده ایم که در آن، علاوه بر بکارگیری انرژی های تجدیدپذیر در جهت تولید انرژی الکتریکی، از سیاست های مدیریت طرف تقاضا نیز به منظور ایجاد یک سناریوی رقابتی و با توجه به وجود محدودیت هایی نظیر حداکثر بودجه بهبود پروژه و حداقل میزان تاثیر در کاهش مصرف برق متصل به شبکه، بهره گرفته ایم؛ هدف از انجام چنین پژوهشی می تواند در راستای تحقق موارد زیر بیان شود:

- ✓ بهینه سازی تولید و مصرف انرژی در مراکز درمانی
- ✓ فراهم نمودن موجبات کاهش آلودگی محیط زیست
- ✓ کاهش هزینه ها و ارائه ارزان تر خدمات
- ✓ ایجاد رقابت در فعالیت های اقتصادی و رفاهی و افزایش امنیت انرژی

در ادامه مقاله و به ترتیب، به تعریف مسأله و بیان مدل ریاضی و چگونگی حل آن می پردازیم. سپس، به حل مسأله نمونه و ارائه نتایج عددی پرداخته و نتیجه گیری و پیشنهادات تحقیقات آتی نیز در انتهای این مقاله بیان خواهند شد.

تجزیه و تحلیل مسأله

تشکیل سیستم انرژی بستری را فراهم کرده است که به کمک آن می توان سناریوهای مختلف در زمینه های تغییر شکل الگوی مصرف، اعمال برنامه های بهبود بازدهی انرژی، جایگزینی استفاده از حامل های مختلف انرژی، تغییر ترکیب تکنولوژی های واسطه ای و کاهش تلفات انتقال و توزیع را مورد بررسی و تحلیل قرار داد. در ادامه، برنامه ریزی انرژی الکتریکی و یکپارچه کردن گزینه ها در سمت عرضه و تقاضا و چگونگی ترکیب تولید و توسعه شبکه برق در یک بیمارستان مورد بررسی قرارگرفته است؛ مدل تهیه شده با کسب اطلاعات مورد نیاز از شکل مصرف نهایی و میزان انرژی الکتریکی مورد نیاز بیمارستان، با حداقل هزینه و با در نظر گرفتن سیاست های مدیریت طرف تقاضا، ارائه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

تعریف مسأله

مسأله تعریف شده در این قسمت در قالب یک مدل برنامه ریزی بیان شده که هدف مسأله در درجه اول کمینه کردن کل هزینه انرژی و سپس افزایش درآمد حاصل از بکارگیری سیاست های DSM و بکارگیری انرژی های تجدید پذیر است. در پایان با محاسبه NPV بر اساس نرخ ها و داده های واقعی، موجه و کاربردی بودن مدل پیشنهادی را ثابت نموده ایم. در ادامه به معرفی پارامترها و متغیرهای مسأله و در نهایت به ارائه مدل ریاضی مربوطه می پردازیم.

الف. مجموعه ها و اندیس ها

i : اندیس مربوط به انواع منابع تجدیدپذیر

j: تعداد دوره های درنظرگرفته شده در شبانه روز

k : تعداد پروژه های مدیریت طرف تقاضا

ب. پارامتر ها

TD_j: تقاضای برق در پیک مصرفی دوره j ام

$MiPTD_j$: حداقل درصدی از تقاضا در دوره j ام که می خواهیم به وسیله منابع تجدیدپذیر برآورده کنیم

$MiDSM_j$: حداقل درصدی از تقاضا در دوره j ام که می خواهیم به وسیله پروژه های مدیریت طرف تقاضا برآورده کنیم

EC_j: هزینه برق مصرفی در دوره j ام به ازای هرکیلووات ساعت

PX_{ij}: متوسط توان تولید منبع تجدیدپذیر نوع i ام در دوره j ام

EX_i: هزینه خرید و نصب منبع تجدیدپذیر نوع i ام

DR : میزان کاهش مصرف برق به ازای اعمال سیاست DSM

$DSMR$: نرخ تعدیل مصرف برق براساس سیاست DSM اعمال شده

TAB : کل بودجه دردسترس برای ایجاد طرح های بهبود

TAA : حداکثر فضای دردسترس برای نصب تجهیزات تولید انرژی

A_i : فضای مورد نیاز برای نصب منبع تجدیدپذیر نوع i ام

PC_k : میزان هزینه اجرای کامل پروژه k ام

NP_k : میزان اثرگذاری اجرای پروژه بهبود k ام در کاهش مصرف برق

Archive of SID

www.SID.ir

IR: نرخ بهره سالیانه

N: دوره بازگشت سرمایه

پ. متغیر ها

P_k: میزان اجرای پروژه k ام

DSM: اعمال یا عدم اعمال سیاست های مدیریت طرف تقاضا

X_i: تعداد منابع تجدیدپذیر نوع i ام

$CDSM$: هزینه اجرای پروژه های مدیریت طرف تقاضا

مدل ریاضی پیشنهادی مسأله

مدل پیشنهادی شامل توابع هدف و محدودیت های زیر می باشد:

Objective Functions:

$$IC_1 = \sum_i (EX_i \times X_i) \quad (۱)$$

$$IC_2 = (DSM \times CDSM) \quad (۲)$$

$$TAS_1 = \sum_i \sum_j (EC_j \times PX_{ij} \times X_i) \quad (۳)$$

$$TAS_2 = \sum_j \left(DR \times DSM \times EC_j \times \left(TD_j - \sum_i (PX_{ij} \times X_i) \right) \right) \quad (۴)$$

$$NPV = \left[(TAS_1 + TAS_2) \times 365 \times \left(P/A, IR, N \right) \right] - (IC_1 + IC_2) \quad (۵)$$

subject to :

$$DSMR = 1 - (DR \times DSM) \quad (۶)$$

$$\sum_i (EX_i \times X_i) + (DSM \times CDSM) \le TAB \quad (۷)$$

$$MiPTD_j \times TD_j \le \sum_i (PX_{ij} \times X_i) \qquad \forall j \in J \quad (۸)$$

$$CDSM = \sum_k (P_k \times PC_k) \quad (۹)$$

$$DR = \sum_k (P_k \times NP_k) \quad (۱۰)$$

$$\sum_i (A_i \times X_i) \le TAA \quad (۱۱)$$

$$\sum_k (P_k \times NP_k) \ge MiDSM \quad (۱۲)$$

در مدل تعریف شده و در قسمت تابع هدف، (۱) بیانگرکل هزینه خرید منابع، (۲) بیامگر میزان هزینه اجرای سیاست های

Archive of SID

www.SID.ir

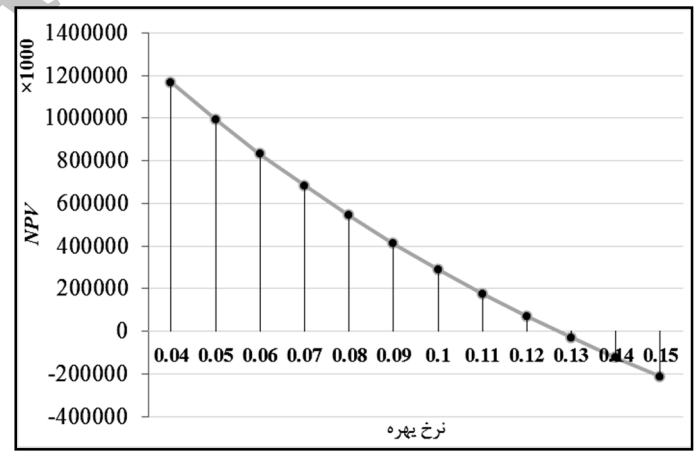
مدیریت طرف تقاضا، (۳) نشاندهنده درآمد بدست آمده از نصب و استفاده از منابع تجدیدپذیر و (۴) درآمد بدست آمده از اجرای پروژه های مدیریت طرف تقاضا می باشد؛ (۵) نیز بیانگر میزان ارزش خالص فعلی بکارگیری منابع و استفاده از سیاست های مدیریت طرف تقاضا می باشد.

در میان محدودیت های تعریف شده (۶) نحوه تاثیرگذاری نرخ تعدیل کننده مصرف برق را براساس سیاست های اجرایی مدیریت طرف تقاضا مشخص می سازد؛ (۷) بیانگر محدودیت بودجه بوده و (۸) تضمین می کند که در هر دوره j ام حداقل سیاست گذاری برای تولید از منابع تجدیدپذیر رعایت گردد. همچنین (۹) نحوه محاسبه هزینه اجرای مقادیر مختلف پروژه های بهبود را نشان داده و (۱۰) نحوه محاسبه نرخ کاهش مصرف بر اساس اجرای مقادیر مختلف پروژه های بهبود را نشان می دهد. بعلاوه، (۱۱) بیانگر محدودیت فضای در دسترس بوده و (۱۲) نیز تضمین می کند که در هر دوره j ام حداقل سیاست گذاری برای استفاده از پروژه های مدیریت طرف تقاضا رعایت گردد.

حل مسأله نمونه و ارائه نتایج عددی

داده های بکار رفته در این مدل بر اساس ارزیابی های صورت گرفته از بیمارستان طالقانی توسط معاونت امور انرژی وزارت نیرو و همچنین قیمت تجهیزات تولید برق از انرژی خورشیدی، توربین های بادی و تجهیزات بهینه سازی تهویه مطبوع و روشنایی نیز بر اساس قیمت های روز شرکت فناوران انرژی سبز تخمین زده شده اند. همچنین قیمت برق و دوره های مصرف در شبانه روز نیز بر اساس اطلاعات شرکت توانیر مشخص شده است. در این تحقیق، سه منبع تجدیدپذیر شامل پنل خورشیدی۲۰ وات، پنل خورشیدی۶۰ وات و توربین بادی۳ کیلووات و شش پروژه بهبود شامل استفاده از لامپ های LED، سنسورهای تهویه خودکار، سنسورهای حساس به افراد، بهبود سیستم اتوماسیون، تعویض وسایل و تجهیزات قبل از به پایان رسیدن عمر اقتصادی آن ها و کلیدهای دارای قابلیت تنظیم روشنایی محیط در نظر گرفته شده است. به عنوان پارامترهای تعیین کننده، حداقل درصد بهبود از طریق پروژه ها ۶٪ در همه بازه های زمانی، حداقل درصد بهبود از طریق منابع تجدیدپذیر ۱۰٪ در همه بازه های زمانی و حداکثر بودجه در دسترس معادل ۱۰میلیارد ریال در نظر گرفته شده است.

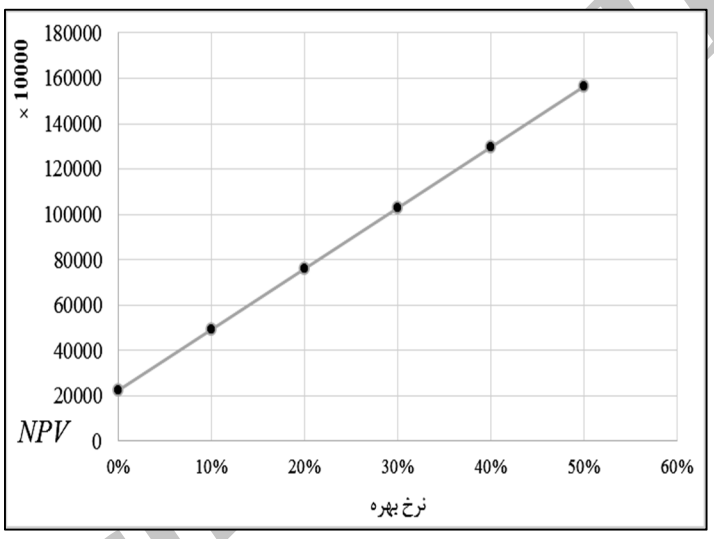
همانطور که اشاره شد، روش استفاده شده برای مقایسه ترکیب طراحی های گوناگون پروژه ها، روش NPV یا همان ارزش خالص فعلی می باشد. درصورتیکه دوره بازگشت سرمایه ۱۰ سال درنظر گرفته شود، حداکثر نرخ بهره قابل قبول برای گرفتن وام حدود ۱۳٪ می باشد که این امر به وضوح در شکل ۱ قابل مشاهده است.



شکل ۱- نمودار NPV برای دوره بازگشت سرمایه ۱۰ سال

Archive of SID
www.SID.ir

حال در صورت وجود حمایت دولت و بسته های تشویقی برای مراکز درمانی و وجود وام های کم بهره ۴٪ به عنوان یکی از این مشوق ها، با ثابت درنظر گرفتن سایر شرایط، دوره بازگشت سرمایه به ۶ سال کاهش پیدا خواهد کرد. مسأله مهمی که در حال حاضر در کشور و بخصوص صنایع تولیدی و خدماتی مطرح می باشد، اجرای مرحله دوم هدفمند سازی یارانه ها می باشد؛ بنابر اظهارات متولیان امر، در مرحله دوم هدفمند سازی یارانه ها، تقریباً ۴۰٪ به قیمت حامل های انرژی افزوده خواهد شد. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از تحلیل حساسیت که در شکل ۲ آورده شده است، با افزایش هزینه های انرژی برق، میزان مطلوبیت اجرای طرح افزایش خواهد یافت. همچنین درصورت اعطای وام های کم بهره پس از اجرای مرحله دوم هدفمندسازی یارانه ها و با توجه به داده های مسئله مورد بررسی، دوره بازگشت سرمایه برابر ۴/۳۵ سال و یا تقریباً ۵۲ ماه می باشد که این نتیجه بیانگر این موضوع است که می توان پروژه های بهبود مصرف انرژی برق را در مراکز خدمات درمانی در سطح استانداردهای جهانی، که دوره بازگشت سرمایه یک پروژه بهبود ۱۰٪ را بین ۴ تا ۵ سال تعیین کرده اند، به اجرا درآورد.



شکل ۲- نمودار NPV با در نظر گرفتن افزایش هزینه های حامل های انرژی براساس اجرای مرحله دوم سیاست هدفمندسازی یارانه ها

نتایج ارائه شده در جدول۱ از حل مدل با استفاده از ابزارهای حل دقیق (نرم افزار GAMS و استفاده از ابزار حل CPLEX) و با توجه به نرخ بهره ۴٪ و دوره بازگشت سرمایه ۸ سال بدست آمده اند. همانطور که مشاهده می گردد توربین بادی بیشترین کاربرد را به دلیل تامین انرژی در تمام شبانه روز خواهد داشت؛ در مورد پروژه های مدیریت طرف تقاضا نیز پروژه های نصب سنسورهای تهویه خودکار و سنسورهای حساس به افراد بطور کامل و استفاده از کلیدهای دارای قابلیت تنظیم روشنایی در حدود ۶۱٪ اجرایی شده اند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- نتایج بدست آمده از حل مسأله های نمونه با استفاده از CPLEX

منابع تجدید پذیر			
توربین بادی ۳ کیلووات	پنل خورشیدی ۶۰ وات	پنل خورشیدی ۲۰ وات	نوع منبع
۴۸	۷	۲	X
پروژه های بهبود			
کلیدهای دارای قابلیت تنظیم روشنایی محیط	سنسورهای حساس به افراد	سنسورهای تهویه خودکار	نوع بهبود
۰/۶۱۱۴۵	۱	۱	P
۶۷۰۴۹۰۵۱۴/۴		$NPV =$	

نتیجه‌گیری و پیشنهادات تحقیقات آتی

در این مقاله برای اولین بار پروژه های مدیریت طرف تقاضا برای کاهش مصرف برق و پروژه های تولید انرژی برق بوسیله منابع تجدیدپذیر بصورت یکپارچه و وجود رقابت بین پروژه‌ها، درنظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهند با داشتن بودجه‌ای محدود می‌توان با استفاده از مدل ارائه شده ترکیب مناسبی از پروژه های بهبود را به منظور حداکثر نمودن میزان ارزش فعلی بدست آورد. این مدل علاوه بر مراکز خدمات درمانی می تواند در سایر ساختمان ها از جمله ادارات و مراکز دولتی و خصوصی و مراکز آموزشی نیز بکار گرفته شود. پیشنهادات ارائه شده برای این مقاله را می توان در قالب دو دسته مجزا شامل پارامترهای مدل و نوآوری های جدید تقسیم بندی نمود. در مبحث مربوط به پارامترهای مدل می توان با درنظر گرفتن تغییرات قیمت برق براساس تغییر ماه های سال، درنظر گرفتن هزینه های تعمیرات و نگه داری و درنظر گرفتن قیمت برق بصورت تصاعدی تحقیقات جدیدی ارائه داد و درخصوص نوآوری های جدید نیز می توان تخصیص بخش بندی پروژه های مدیریت طرف تقاضا به بخش های مختلف بیمارستان ها، استفاده از سیستم ذخیره انرژی برای ذخیره برق در زمان کم باری و استفاده از آن در زمان اوج مصرف بار و استفاده از شبیه سازی مبتنی بر عامل برای بررسی اثر رفتار افراد در میزان مصرف انرژی و پروژه های بهبود را مطرح نمود.

منابع

[1] Siemens, A. G., “Living Energy”, No. 4, pp. 69, January 2011.
[2] Vad Mathiesen, B., Lund, H. and Karlsson, K., “100%Renewable energy systems, climate mitigation and economic growth”, Applied Energy, Vol. 88, pp. 488-501, 2011.
[3] Yuan, X., Wang, X. and Zuo, J., “Renewable energy in buildings in China-A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 24, pp. 1-8, 2013.
[4] Figueiredo, J. and Martins, J., “Energy Production System Management-Renewable energy power supply integration with Building Automation System”, Energy Conversion and Management, Vol. 51, pp. 1120-1126, 2010.R
[5] Lin, Q. G. and Huang, G. H., “Planning of energy system management and GHG-emission control in the Municipality of Beijing-An inexact dynamic stochastic programming model”, Energy Policy, Vol. 37, pp. 4463-4473, 2009.
[6] Ascione, F., Bianco, N., De Masi, R. F. and Vanoli, G. P., “Rehabilitation of the building envelope of hospitals: Achievable energy savings and microclimatic control on varying the HVAC systems in Mediterranean climates”, Energy and Buildings, Vol. 60, pp. 125-138, 2013.

Archive of SID
www.SID.ir

[۷] کاظمی عالیه، محمدرضا مهرگان و حامد شکوری گنجوی، "ارائه مدل عرضه انرژی ایران با هدف کاهش گازهای گلخانه ای"، نشریه تخصصی مهندسی صنایع، دوره ۴۶ ، شماره ۱، فروردین ماه ۱۳۹۱، از صفحه ۶۳ تا ۷۵.

[۸] نظارتی نسترن و اخلاصی سیامک، " مدیریت مصرف انرژی در فضاهای بیمارستانی"، ماهنامه تخصصی مهندسی پزشکی، دی ماه ۱۳۸۹، سال دهم، شماره ۱۱۷.

[9] Landsberg, P. T., “A simple model for solar energy economics in the UK”, Energy, Vol. 2, pp. 149-159, 1977.

[10] Ambrosone, G., Catalanotti, S., Matarazzo, M. and Vicari, L., “A dynamic model for the thermal energy management of buildings”, Apply Energy, Vol. 15, pp. 285-297, 1983.

[11] Rahman, S. H., “Aggregate energy demand projections for India: an econometric approach”, Pacific Asian J Energy, Vol. 2, pp. 32-46, 1982.

[12] Baker, A. B. and Finizza, A. J. “Corporate point of view on modelling”, Energy, Vol. 15, pp. 149-153, 1990.

[13] Reister, D. B., “The hybrid approach to demand modeling”, Energy, Vol. 15, pp. 249-260, 1990.

[14] Tzeng,G-H., Shiau, T-A. and Lin, C-Y., “Application of multicriteria decision making to the evaluation of new energy system development in Taiwan”, Energy, Vol. 17, pp. 983-992, 1992.

[15] Joshi, B., Bhattiand, T. S. and Bansal, N. K., “Decentralized energy planning model for a typical village in India”, Energy, Vol. 17, pp. 869-876, 1992.

[16] Sinha, A., “Modelling the economics of combined wind/hydro/diesel power systems”, Energy Convers Manage, Vol. 34, pp. 577-585, 1993.

[17] Jebaraj, S. and Iniyan, S., “ A review of energy models”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 10, pp. 281-311, 2006.

[18] Cai, Y. P., Huang, G. H., Tan, Q. and Yang, Z. F., “Planning of community-scale renewable energy management systems in a mixed stochastic and fuzzy environment”, Renewable Energy, Vol. 34, pp. 1833-1847, 2009.

[19] Azcárate, C., Blanco, R., Mallor, F., Garde, R. and Aguado, M., “Peaking strategies for the management of wind-H_2 energy systems”, Renewable Energy, Vol. 47, pp. 103-111. 2012.

[20] Fumo, N., Mago, P. and Luck, R., “Methodology to estimate building energy consumption using Energy Plus Benchmark Models”, Energy and Buildings, Vol. 42, pp. 2331-2337, 2010.

[۲۱]صدری زاده فتح الله، "شاخص های ارزیابی مدیریت بخش انرژی"، سومین همایش ملی انرژی ایران ۱۳۸۰.

[۲۲]فتاح حمیدرضا، روشنیان الهام و فلاح زده محمد، "بررسی تاثیر هدفمندسازی یارانه ها بر هزینه های درمانی"، کنفرانس مدیریت مصرف انرژی در مراکز درمانی، ۱۳۹۰.

[23] American Society for Healthcare Engineering (ASHE) of the American Hospital Association (AHA), INSIDE ASHE, http://www.naseo.org/links/ states.html, May-June 2006.

[24] European Council and Parliament. Energy Performance of Building Directive Recast Version 2010/31/EC, 2010.

[25] Bottcher, O., “Energy efficient and sustainable-federal buildings in Germany”, REHVA Journal, No. 3, Vol. 49, pp. 41-45, 2012.

[26] Mavrotas, G., Florios, K. and Vlachou, D., “Energy planning of a hospital using Mathematical Programming and Monte Carlo simulation for dealing with uncertainty in the economic parameters”, Energy Conversion and Management, Vol. 51, pp. 722-731, 2010.

[27] Ma, Z., Cooper, P., Daly, D. and Ledo, L., “Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art”, Energy and Buildings, Vol. 55, pp. 889-902, 2012.

[28] Munuswamy, S., Nakamura, K. and Katta, A., “Comparing the cost of electricity sourced from a fuel cell-based renewable energy system and the national grid to electrify a rural health center in India: A case study”, Renewable Energy, Vol. 36, pp. 2978-2983, 2011.

[29] Kantola, M. and Saari, A., “Renewable vs. traditional energy management solutions - A Finnish hospital facility case”, Renewable Energy, Vol. 57, pp. 539-545, 2013.

[30] Kärkkäinen, S., “Integration of Demand Side Management, Distributed Generation, Renewable Energy Sources and Energy Storages”, Finland : International Energy Agency Demand-Side Management Programme 2008.

[31] Thornley, V., Kemsley, R., Barbier, C. and Nicholson, G., “User perception of Demand Side Management in SmartGrids for Distribution”, IET-CIRED. CIRED Seminar. pp. 1-4, 2008.

[32] Brennan, T. J., “Optimal energy efficiency policies and regulatory demand-side management tests: How well do they match?”, Energy Policy, No. 8, Vol. 38. pp. 3874-3885, 2010.

[33] Moura, P. S. and de Almeida, A. T., “Multi-objective optimization of a mixed renewable system with demand-side management”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, No. 5, Vol. 14, pp. 1461-1468 2010.

Archive of SID

www.SID.ir