

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

شبیهسازی و بهینهسازی عوامل موثر بر مصرف انرژی الکتریکی در مراکز خدمات درمانی با استفاده از روش تاگوچی

مطالعه موردی: مرکز درمانی ۱۶ آذر دانشگاه تهران

مسعود ربانی، مهدی دولتخواه و امیر فرشباغ گرنامایه

دانشکده مهندسی صنایع

دانشگاه تهران

تهران، ایران

mrabani@ut.ac.ir – mahdi.dolatkhah@ut.ac.ir – afarshbaf@ut.ac.ir

واژه‌های کلیدی — شبیه‌سازی پیشامدگسسته مبتنی بر شبکه، روش تاگوچی، بهینه‌سازی مصرف انرژی در مراکز خدمات درمانی، عوامل موثر بر مصرف انرژی

۱. مقدمه

وقوع انقلاب صنعتی در قرن هجدهم سبب افزایش نیاز انسان به منابع ذغال سنگ شد و این نیاز با افزایش جمعیت و توسعه تکنولوژی، روز به روز افزایش پیدا کرد. کشف نفت در سال ۱۸۵۹ و توسعه استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت و استفاده بی‌رویه بشر از سوخت‌های فوق، سبب افزایش دمای کره زمین و نیز تخریب محیط زیست شده‌است. علاوه بر موارد فوق، توجه به اهمیت وجود مراکز خدمات درمانی بعد از جنگ جهانی دوم و ساخت اولین مراکز درمانی تخصصی در دهه ۱۹۵۰ و به تبع آن افزایش سطح بهداشت جهانی نیز رشد جمعیت را شتاب بخشیده و تقاضای انرژی را دوچندان نموده است. ایران نیز که در دسته کشورهای در حال توسعه طبقه بندی می‌شود، از این قاعده مستثنا نبوده و حتی نرخ رشدی فراتر از نرخ رشد جهانی را دار می‌باشد. شکل (۱) رشد مصرف انرژی ایران را در سال‌های اخیر نشان می‌دهد. کلیه کشورها، مصارف انرژی را در بخش‌های مشخصی تقسیم بندی می‌کنند. در ایران این تقسیم بندی شامل بخش‌های خانگی، صنعتی، کشاورزی، عمومی، روشنایی معابر و

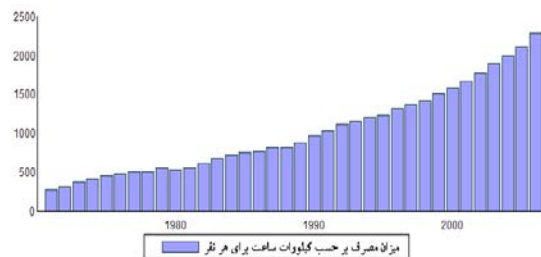
چکیده — افزایش روزافزون مصرف انرژی الکتریکی و صرف هزینه‌های زیاد برای احداث نیروگاه‌های جدید، اهمیت بهینه‌سازی مصرف انرژی را دوچندان نموده است. یکی از بخش‌های مهم مصرف کننده انرژی، مراکز بهداشتی و درمانی می‌باشند. عوامل متعددی بر مصرف انرژی الکتریکی در این مراکز موثر است. از بین کلیه عوامل موثر، عوامل روشنایی و درجه حرارت به عنوان عوامل کنترلی انتخاب شده و در ترکیب با رویه درمان، یک مدل یکپارچه شبیه‌سازی مبتنی بر شبکه را ایجاد نموده‌اند. این مدل شبیه‌سازی بر اساس داده‌های مرکز درمانی ۱۶ آذر دانشگاه تهران ایجاد شده است. سطوح استاندارد این عوامل در بخش‌های مختلف مراکز درمانی با استفاده از استانداردهای بین‌المللی مشخص شده‌است. پس از تعیین سطوح عوامل کنترلی، مجموعه آزمایشگاهی بر مبنای روش تاگوچی طراحی شده و سپس با استفاده از مدل شبیه‌سازی اجرا شده‌اند. در گام آخر با استفاده از روش تاگوچی مقادیر بهینه سطوح عوامل کنترلی تعیین شده‌اند. در این مقاله، رویه درمان بیماران نیز به عنوان عاملی غیر قابل کنترل و موثر بر مصرف انرژی در مدل شبیه‌سازی لحاظ شده است که این امر با توجه به بررسی پیشینه تحقیق، تا کنون انجام نشده است.

بریتانیا^۱ میباشد. هدف اصلی در این مقاله تمرکز بر بهبود مصرف انرژی در بخش عمومی و بخصوص مراکز بهداشتی و درمانی است.

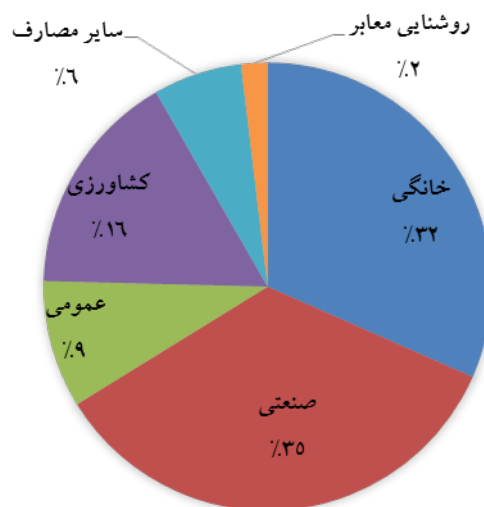
بر اساس گزارش شاخصهای توسعه بانک جهانی در سال ۲۰۱۳ سهم صنعت بهداشت و درمان از تولید ناخالص ملی در جهان بطور متوسط برابر ۴.۲٪ می باشد [3]. این درحالی است که این مقدار برای کشورهای توسعه یافته بیش از ۱۰٪ و برای ایالات متحده آمریکا معادل ۱۷.۹٪ در سال ۲۰۱۱ بوده است. بنابراین کاهش هزینههای بخش بهداشت و درمان میتواند منجر به افزایش تولید ناخالص در کشورهای جهان شود. یکی از مهمترین منابع هزینههای در مراکز بهداشت و درمان هزینههای انرژی میباشد. سازمان بهداشت جهانی برآورد کرده است که تقریباً سهچهارم کل بودجه بهداشت و درمان در کشورهای در حال توسعه، صرف هزینههای بیمارستانی می شود [4]. بر اساس دادههای نشنالگرید در ایالات متحده آمریکا، حداقل ۱۲٪، حداکثر ۲۰٪ و به طور متوسط نزدیک به ۱۴٪ از هزینههای مذکور در بخش روشنایی مراکز درمانی صرف شده است. برنامه‌ریزی و مدیریت انرژی در مراکز خدمات درمانی با سایر ساختمانهای عمومی بسیار متفاوت است. نیاز به کنترل آب و هوا در بخشهای مختلف، نیاز بالا به تغییرات بسیار زیاد هوا در ساختمان به منظور محدود کردن دما و رطوبت در بازهی استاندارد در بخشهای مختلف مراکز خدمات درمانی و نیز کنترل میزان روشنایی در محدوده استاندارد را میتوان از جمله مهمترین عوامل دانست [5].

توجه به مقوله ی انرژی در مراکز خدمات درمانی، موضوعی جدید بوده که زمینه های توسعه فراوانی دارد. یکی از اولین مقاله ها در این حوزه، مقاله الکساندر سلم^۲ [6] می باشد که در آن شاخص های مصرف انرژی الکتریکی و پتانسیل فنی استفاده از سیستم تولید همزمان حرارت و برق^۳ را در یکی از بیمارستانهای برزیل برآورد کرده است. در ادامه، در سال ۲۰۰۷ شو یوشیدا و همکاران^۴ [7] تقاضای انرژی یک بیمارستان را بصورت ساعتی و در مدت یک سال تخمین زدند، سپس با استفاده از انواع سیستم های تأمین انرژی، ۲۵ طرح جایگزین ایجاد کرده و امکانسنجی آن را مطالعه نمودند. از سال ۲۰۰۸ به بعد مجموعه‌های از تحقیقات بر روی موضوع مدیریت و برنامه ریزی انرژی در مراکز خدمات درمانی صورت

سایر مصارف، میباشد. طبق آخرین آمار منتشر شده از سوی شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانیر) در سال ۱۳۹۱، مصرف برق در بخشهای گوناگون مطابق شکل (۲) می باشد.



شکل (۱): نمودار رشد مصرف انرژی در ایران [1]



شکل (۲): نمودار مصرف انرژی در ایران در سال ۱۳۹۱ در بخشهای مختلف مصرف [2]

در میان صورتهای گوناگون انرژی، انرژی الکتریکی به دلیل کاربردهای گسترده در مصارف خانگی و صنعتی و همچنین راحتی تبدیل آن به صورتهای دیگر انرژی نظیر مکانیکی و حرارتی، از اهمیت بالایی برخوردار است. واحد استاندارد گزارشهای بینالمللی انرژی، واحد حرارتی

¹ British thermal unit (BTU or Btu)

² Alexander Salem

³ Combined Heat and Power (CHP)

⁴ Shu Yoshida et al.

۲. روش تحقیق

۲.۱. عوامل کنترلی

عوامل متعددی بر مصرف انرژی الکتریکی در مراکز خدمات درمانی تأثیر گذار هستند. با توجه به بررسی پیشینه تحقیق، این عوامل شامل: تعداد استفاده کنندگان از مراکز درمانی، جنس ساختمان و نوع عایق بندی، میزان رطوبت، میزان دما یا درجه حرارت داخلی، جهت جغرافیایی ساخت ساختمان، نوع ذرات و کیفیت هوا و میزان صدا، می شوند. از میان مجموعه عوامل فوق دو عامل میزان روشنایی و درجه حرارت، به عنوان عوامل کنترلی انتخاب شده اند. دلیل این انتخاب وجود یک رویه مشخص و منطقی به منظور کنترل این عوامل و نیز وجود اطلاعات اولیه لازم، میباشد. در این مقاله از استانداردهای جامعه مهندسين گرمایش و تهویه مطبوع آمریکا¹³ [12] برای عامل درجه حرارت، و استاندارد انرژی روشنایی کارآمد و مقرون به صرفه در بیمارستان ها از سازمان انرژی پایدار ایرلند¹⁴ [13] برای عامل روشنایی، استفاده شده است.

۲.۲. شبیه سازی

سیستم های موجود در بیمارستان ها و سایر مراکز خدمات درمانی به دلیل پیچیدگیهای فراوان ذاتی همچون عدم قطعیت بالای تقاضا و سیستم درمان و مراحل خاص برای انواع بیماریها و بیماران، عملاً بدون وجود فرضیات متعدد برای ساده سازی هر چه بیشتر، قابل مدلسازی نیستند. همین فرضیات سبب میشود که مدل ایجاد شده تفاوت زیادی با واقعیت داشته باشد. همین دلایل کافی است تا استفاده از شبیه سازی در حوزه سلامت دارای اهمیت ویژه ای گردد [14]. از میان انواع نرم افزارهای شبیه سازی، نرم افزار AnyLogic به دلیل تواناییهای بالای نرم افزاری نسبت به سایر نرم افزارها نظیر Arena، و نیز سرعت بالای محاسباتی، انتخاب شده است. این نرم افزار بر پایه زبان برنامه نویسی جاوا نوشته شده و به منظور اجرای شبیه سازی نیازی به ترجمه به زبان های پایهای را ندارد و به همین دلیل دارای سرعت محاسبات و شبیه سازی بالایی است.

گرفته است. عمده این تحقیقات در رابطه با تخمین مصرف انرژی، پیاده سازی و یا ارائه بنچمارکهای انرژی برای مراکز بهداشتی درمانی، بوده است. در سال ۲۰۱۱ جاستو گارسیا سانخالییدو و همکاران⁵ [8] تحقیقی متفاوت انجام داده و اثر تعداد استفاده کنندگان از مراکز درمانی را بر روی بهره‌وری و میزان انرژی مصرفی مراکز درمانی مورد مطالعه قرار دادند. یکی از تحقیقات مهم دیگر در این سال، شبیه سازی مصرف انرژی در یک ساختمان با استفاده از روش عامل بنیان⁶ بوده است. در این تحقیق که توسط تائو ژنگ و همکاران⁷ [9] انجام شده، نحوه رفتار افراد در بخشهای مختلف یک ساختمان و اثر آن بر مصرف انرژی الکتریکی شبیه سازی شده است. سومبونویت و ساهاچایساری⁸ [10] در سال ۲۰۱۲ اثر عوامل محیطی و جنس مواد ساختمان را در مصرف انرژی یکی از بیمارستان های محلی تایلند مورد بررسی قرار دادند. در نهایت مهمترین تحقیق انجام شده در سال ۲۰۱۳، تحقیق فابریزو آسیونه و همکاران⁹ [11] میباشد. در این تحقیق سیستم تهویه مطبوع در بیمارستان ها و کنترل دما و رطوبت به وسیلهی آن - ها مورد مطالعه قرار گرفته است.

در این مقاله، مصرف انرژی الکتریکی در بیمارستان با در نظر گرفتن عوامل کنترلی¹⁰ درجه حرارت¹¹ و میزان روشنایی¹² محیط با هدف کمینه سازی هزینه کل انرژی مصرف شده، مدلسازی شده است. در این مدل درجه حرارت و میزان نور بصورت جداگانه در قسمتهای مختلف یک بیمارستان قابل کنترل میباشد. فرض اصلی در خصوص عوامل کنترلی، استفاده از سیستمهای هوشمند کنترل درجه حرارت و میزان نور محیط، به منظور تنظیم عوامل کنترلی فوق در محدوده استاندارد، میباشد. بنابراین اولین گام در استفاده از روش ارائه شده در این مقاله، خودکار نمودن کنترل میزان روشنایی و درجه حرارت محیط با نصب تجهیزات مربوطه میباشد که مسلماً هزینههایی را به مرکز درمانی تحمیل خواهد کرد. به عنوان نمونه، هزینهی یک عدد از تجهیزات کنترل دمای دیجیتال که در یک اتاق نصب خواهد شد، بین ۳ تا ۴ میلیون ریال است.

⁵ Justo García Sanz-Calcedo et al.

⁶ Agent-Based

⁷ Tao Zhang et al.

⁸ Nuttasit Somboonwit; Nopadon Sahachaisaeree

⁹ Fabrizio Ascione et al.

¹⁰ Controllable Factors

¹¹ Temperature

¹² Illumination

¹³ American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers (ASHAE)

¹⁴ Sustainable Energy Authority of Ireland (SEAI)

۲.۳. طراحی آزمایش‌ها و روش تاگوچی

پس از مدلسازی مسئله با استفاده از مدل شبیه‌سازی، میبایستی سطوح بهینه عوامل کنترلی مشخص شوند. بدین منظور میبایستی مجموعه آزمایش‌هایی طراحی شده و سپس با استفاده از شبیه‌سازی اجرا شوند. در این مقاله از روش تاگوچی^[۱۱] برای طراحی آزمایش‌ها استفاده شده است. تاگوچی یک آزمایش را به عنوان ایجاد تغییر در یک فرایند، جهت مطالعه اثرات آن تعریف میکند. وی موثرترین شیوهی انجام آزمایش‌ها را شیوهی چند عامل در هر زمان میداند. تاگوچی تحلیل میانگین پاسخ را برای هر اجرا در ارایه های بیرونی پیشنهاد میکند و تحلیل تغییرات را با استفاده از نسبت سیگنال به اغتشاش (نسبت S/N) که به طور مناسب انتخاب شده است و در حکم متغیر پاسخ در اجرای این روش است، توصیه میکند. این نسبت‌های سیگنال به اغتشاش از تابع درجه دوم زیان ناشی شده‌اند و سه مورد از آنها که استاندارد در نظر گرفته شده و بیشترین کاربرد را دارند عبارتند از:

$$\frac{S}{N_T} = 10 \log\left(\frac{\bar{y}^2}{S^2}\right) \quad (1) \quad \text{بهترین اسمی:}$$

$$\frac{S}{N_L} = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y^2}\right) \quad (2) \quad \text{بزرگتر، بهتر:}$$

$$\frac{S}{N_S} = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y^2\right) \quad (3) \quad \text{کوچکتر، بهتر:}$$

از S/N_T در صورتی استفاده می‌شود که منظور کاهش تغییرپذیری پیرامون مقدار خاص هدف باشد. از S/N_L در صورتی استفاده می‌شود که بهینگی سیستم وقتی پاسخ تا حد ممکن بزرگ است حاصل شود و بالاخره از S/N_S در صورتی استفاده می‌شود که بهینگی سیستم وقتی پاسخ تا حد ممکن کوچک باشد به دست آید.

۳. نتایج عددی

در گام اول میبایستی سطوح کنترلی روشنایی و درجه حرارت مشخص شوند. با توجه به استاندارد های استفاده شده، سطوح کنترلی استاندارد در جداول (۱) و (۲) نشان داده شده‌اند.

جدول (۱): استاندارد میزان روشنایی برای بخشهای مختلف بیمارستان

نام بخش	بازه استاندارد میزان روشنایی (lx)	استاندارد مبنا
پذیرش و ایستگاه پرستاری	۲۵۰-۳۵۰	۱۱۱۱
راهروها	۱۵۰-۲۰۰	۱۱۱۱
بخش بستری بیماران	۳۰۰-۵۰۰	۱۱۱۱
بخشهای اداری	۳۰۰-۵۰۰	۱۱۱۱
بخشهای تشخیص پزشکی و آزمایشگاهها	۳۰۰-۵۰۰	۱۱۱۱
اتاقهای عمل	۸۰۰-۱۰۰۰	۱۱۱۱

با استفاده از لامپهای استاندارد ۸۰ با ۱۰ وات توان و میزان شار نوری ۱۰۰۰ لومن برای تمامی محلها بجز اتاقهای عمل، و لامپ استاندارد ۵۵ با ۳۹ وات توان و میزان شارنوری ۳۱۰۰ لومن برای اتاقهای عمل، روشنایی محیط تأمین میگردد. با توجه به فضای هریک از بخشها و نیز معادله (۱) می‌توان تعداد لامپها را برای هر بخش محاسبه نمود.

$$(1) \quad \text{میزان روشنایی مورد نیاز بر حسب لوکس} \times \text{مساحت بخش} = \text{تعداد هر منبع} \times \text{میزان روشنایی هر منبع بر حسب لومن}$$

جدول (۲): درجه حرارت بخشهای بیمارستان براساس استاندارد ASHRAE

نام بخش	بازه استاندارد درجه حرارت (سانتیگراد)
اتاق بیماران	۲۰-۲۴
بخشهای تشخیص پزشکی و آزمایشگاهها	۲۰-۲۳
سایر مناطق	۲۱-۲۴

مدل مرکز درمانی ۱۶ آذر با توجه به نقشه دریافت شده از بخش تأسیسات و تعمیرات و نیز رویه پذیرش و درمان که با مصاحبه با کارکنان مرکز بدست آمده است، طراحی و ایجاد شده است. با توجه به وجود اطلاعات تعداد پذیرش شده بیماران از سال ۱۳۸۸ تا سال ۱۳۹۲، تعداد مراجعه کنندگان برای مدل شبیه سازی (برای سال ۱۳۹۳) با استفاده از روش

شبیه سازی و بهینه سازی عوامل موثر بر مصرف انرژی الکتریکی در مراکز خدمات درمانی با استفاده از روش تاگوچی

مطالعه موردی: مرکز درمانی ۱۶ آذر دانشگاه تهران

بیست و نهمین کنفرانس بین‌المللی برق - ۱۳۹۳ تهران، ایران

هزینه‌های مندرج در جدول (۵) بر حسب ۱۰۰۰ ریال میباشند. مبنای محاسبه هزینه بر اساس تعرفه های برق در سال ۱۳۹۳، معادل ۴۴۰ ریال بازای هر کیلووات ساعت می باشد.

تحلیل داده‌های بدست آمده نشان میدهد داده‌ها از توزیع نرمال پیروی میکنند. این موضوع به طور واضح در شکل (۳) قابل مشاهده است.

در صورتیکه داده‌ها از نمودار نرمال پیروی نمی‌کرد، میبایستی توابع تبدیل مختلف بر روی داده‌ها اعمال شود تا داده‌ها شرایط نرمال را پیدا کنند. تا زمانیکه داده‌ها نرمال نباشند نمیتوان تحلیل های تکمیلی را انجام داد.

نحوه تغییرات هزینه انرژی با توجه به تغییرات سطوح کنترلی نیز در شکل‌های (۴) و (۵) نشان داده شده است. همانطور که مشخص است،

زمانیکه درجه حرارت (B) در میانگین حدود استاندارد خود و یا در سطح ۲ قرار دارد، هزینه‌های انرژی نسبت به حالت‌های دیگر کمتر میباشد. اما هزینه‌های انرژی با افزایش سطح روشنایی (A) افزایش خواهد یافت.

تخمین نمو هموار ساده با $\alpha = 0.5$ تعیین شده است. پارامتر تابع توزیع پواسون نیز از تقسیم تعداد تخمینی مراجعین به تعداد دقیق فعال هر بخش بدست آمده است.

رویه درمان در مرکز درمانی ۱۶ آذر بدین شرح می باشد:

در بخش اورژانس، بیماران پس از مراجعه به مرکز در صفت انتظار پذیرش منتظر میمانند. پس از انجام پذیرش به صندوق مراجعه کرده و در انتظار وقت ملاقات با پزشک اورژانس منتظر میمانند. پس از انجام معاینه، در صورتیکه به فرآیندهای تکمیلی نیاز نباشد، به داروخانه مراجعه کرده و در صورت لزوم تزریقات انجام داده و یا مستقیماً از مرکز خارج میشوند. اما در صورتیکه نیاز به فرآیندهای تکمیلی باشد، به بخش مربوطه مراجعه کرده و خدمات لازم را دریافت میکند و سپس نتایج را به پزشک اعلام کرده و بعد از آن نتیجه معاینه مشخص خواهد شد. نتیجه این معاینه میتواند منجر به عمل جراحی شود. در بخش های کلینیکی، بیماران به ایستگاه پرستاری مراجعه کرده و بعد از دریافت نوبت به پذیرش میروند. بعد از انجام پذیرش به صندوق مراجعه کرده و به سالن انتظار مربوطه خواهند رفت. سپس در نوبت مقرر به پزشک مراجعه کرده و بعد از آن به داروخانه مراجعه میکنند. مراجعه به مرکز درمانی ۱۶ آذر طبق برنامه زمانبندی خاصی صورت میگیرد و هر بخش در روزها و ساعات خاصی پذیرای بیماران می باشد.

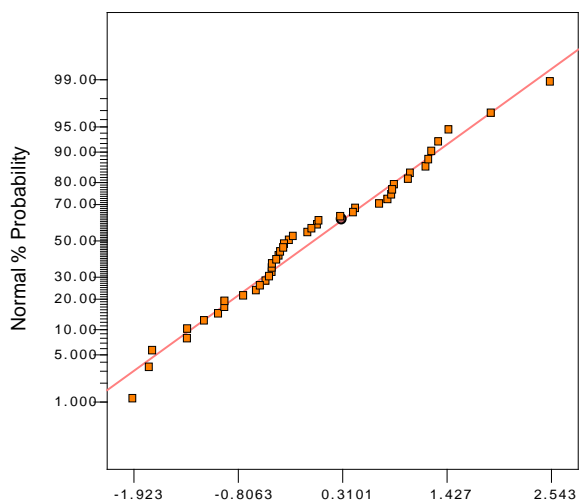
با توجه به سطوح عوامل کنترلی و با استفاده از نرم افزار Design Expert مجموعه آزمایش‌هایی بر مبنای روش تاگوچی طراحی شده است.

این آزمایش ها به همراه نتایج بدست آمده از اجرای هر آزمایش به تعداد ۵ بار به منظور کاهش خطای محاسبات، در جدول (۳) آورده شده است.

جدول (۳): نتایج بدست آمده از اجرای آزمایش ها به وسیله شبیه سازی

آزمایش پنجم	آزمایش چهارم	آزمایش سوم	آزمایش دوم	آزمایش اول	سطح درجه حرارت	سطح روشنایی
9407.9100	9470.2650	9368.0780	9450.3790	9411.6880	1	1
9315.2930	9332.0930	9283.4110	9280.4580	9277.8310	2	1
9334.8040	9406.9540	9339.8530	9359.2810	9345.1320	3	1
10620.7920	10549.9660	10554.0990	10594.6820	10492.3950	1	2
10487.4460	10406.1070	10488.3390	10427.9110	10422.3040	2	2
10450.2770	10481.2320	10489.3330	10552.7620	10620.7920	3	2
11089.5800	10958.5140	11086.6020	11053.9590	10989.1920	1	3
10903.8470	10953.3920	11017.9230	10887.7390	10944.1330	2	3
11024.0260	11008.9090	11059.3690	11007.1260	11022.2850	3	3

بنابراین با توجه به نمودارهای (۴) و (۵) سطح بهینه روشنایی برابر با ۱، یعنی حداقل استاندارد و سطح بهینه درجه حرارت برابر با ۲، یعنی متوسط استاندارد می باشد. نتیجه بدست آمده اینگونه قابل تحلیل است که هنگامیکه سطح نور در حداقل مقدار خود است، تعداد لامپ های کمتری برای روشنایی نیاز است و به همین دلیل میزان مجموع برق مصرفی نیز کاهش پیدا خواهد کرد. درخصوص درجه حرارت نیز، هنگامیکه درجه حرارت در حداقل و یا حداکثر میباشد، سیستم تهویه خودکار زمان بیشتری را به تنظیم درجه حرارت محیط اختصاص میدهد، اما هنگامیکه درجه حرارت محیط بر روی میانگین استاندارد تنظیم شده است، با توجه به کاهش و یا افزایش دمای محیط پس از خاموش شدن سیستم تهویه، سیستم تهویه مدت زمان کمتری را به تنظیم دمای محیط اختصاص خواهد داد.

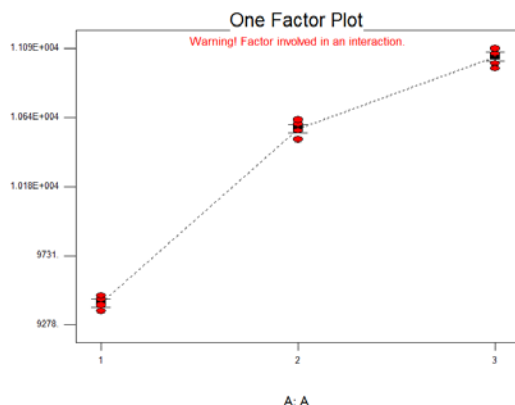


شکل (۳): نمودار نرمال داده های بدست آمده از شبیه سازی

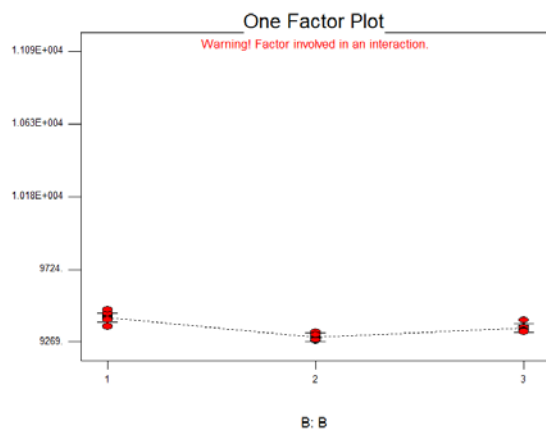
۴. نتیجه گیری و پیشنهادها

هدف اصلی در این مقاله، ارائه ی چارچوبی بر مبنای شبیه سازی بهینه سازی می باشد که بتوان به کمک آن سطوح بهینه عوامل قابل کنترل و موثر بر مصرف انرژی الکتریکی را تعیین نمود. دو عامل میزان روشنایی و درجه حرارت محیط به عنوان عوامل موثر بر مصرف انرژی الکتریکی انتخاب شده و نحوه اثرگذاری آن ها بر مصرف انرژی الکتریکی در مرکز درمانی ۱۶ آذر دانشگاه تهران، با استفاده از نرم افزار AnyLogic مدل سازی شده است. در مدل فوق، رویه درمان بیماران نیز به عنوان عاملی موثر ولی غیر قابل کنترل لحاظ شده است. در ادامه و با تعیین سطوح کنترلی عوامل موثر، مجموعه آزمایشهایی بر مبنای روش تاگوچی طراحی و به وسیله ی شبیه سازی اجرا شده است. نتایج نشان میدهند که تنظیم سنسورهای روشنایی در حداقل استاندارد و سنسورهای درجه حرارت در میانگین استاندارد، موجب حداقل شدن هزینه های انرژی خواهد شد.

استفاده از تابع هزینه به عنوان تابع هدف می تواند و اجرای نتایج بصورت واقعی میتواند تبعاتی نظیر افزایش نارضایتی بیماران و کارکنان را در پی داشته باشد. بدین منظور استفاده از تابع هدف رضایت بیماران و کارکنان و توسعه روشی به منظور ارتباط آن با سطوح کنترلی، می تواند به عنوان یکی از موارد تحقیقات آتی مدنظر باشد. یکی دیگر از راه های کاهش مصرف انرژی، مدیریت طرف تقاضا است. توسعه مدل فوق برای تخمین نحوه اثرگذاری سیاست های مختلف بر مصرف انرژی الکتریکی و تعیین میزان تأثیر هر سیاست بر مصرف انرژی، می تواند به عنوان یک ابتکار



شکل (۴): تغییرات هزینه انرژی با توجه به تغییرات سطح روشنایی



شکل (۵): تغییرات هزینه انرژی با توجه به تغییرات سطح درجه حرارت

Energy Performance Improvement in Thailand. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 50, (2012) 549-562.

[11] Ascione, F., Bianco, N., De Masi, R. F., & 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*, 60, (2013) 125-138.

[12] <http://www.techstreet.com/ashrae/products/1868610>

[13]

http://www.seai.ie/Publications/Your_Business_Publications/Technology_Guides/Hospitals.pdf

[14] Roberts, S. D. (2011, December). Tutorial on the simulation of healthcare systems. In *Proceedings of the Winter Simulation Conference* (pp. 1408-1419). Winter Simulation Conference.

جدید در توسعه مدل فوق مطرح باشد. در نهایت برای شباهت هر چه بیشتر مدل فوق به شرایط واقعی می توان قیمت برق را در ساعات مختلف شبانه روز متفاوت در نظر گرفت و هزینه انرژی را بر این اساس محاسبه نمود، اما باید توجه داشت این امر نیازمند محاسبه لحظه ای هزینهها خواهد بود و سبب طولانی شدن هر اجرای شبیهسازی خواهد شد.

منابع

[1] en.wikipedia.org/wiki/Energy_in_Iran

[2]

http://amar.tavanir.org.ir/pages/report/stat91/sanatebargh/sanat_ebargh%20/index.htm

[3] <http://data.worldbank.org/indicator/SH.XPD.TOTL.ZS>

[4] مهدی دولتخواه. ارائه رویکردی نوین به منظور بهینه سازی

پارامترهای موثر و قابل کنترل بر مصرف انرژی الکتریکی در مراکز خدمات درمانی. تابستان ۱۳۹۳. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، پردیس دانشکده های فنی

[5] Ascione, F., Bianco, N., De Masi, R. F., & 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*, 60, (2013) 125-138.

[6] Salem Szklo, A., Borghetti Soares, J., & Tiomno Tolmasquim, M. (2004). Energy consumption indicators and CHP technical potential in the Brazilian hospital sector. *Energy Conversion and Management*, 45(13), 2075-2091.

[7] Yoshida, S., Ito, K., & Yokoyama, R. (2007). Sensitivity analysis in structure optimization of energy supply systems for a hospital. *Energy Conversion and Management*, 48(11), 2836-2843.

[8] GarcíaSanz-Calcedo, J., CuadrosBlázquez, F., López Rodríguez, F., & Ruiz-Celma, A. Influence of the number of users on the energy efficiency of health centres. *Energy and Buildings*, 43(7), (2011) 1544-1548.

[9] Zhang, T., Siebers, P. O., & Aickelin, U. (2011). Modelling electricity consumption in office buildings: An agent based approach. *Energy and Buildings*, 43(10), 2882-2892.

[10] Somboonwit, N., & Sahachaisaeree, N. Healthcare Building: Modelling the Impacts of Local Factors for Building

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



نوبت آتومس
بررسی مقاله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)



PROPOSAL
پروپوزال

نوبت آتومس
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



ISI
Scopus

نوبت آتومس
آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو