شناسایی عناصر کلیدی موفقیت در بهینه سازی مصرف انرژی در شهرداری منطقه ۷ تهران

روژین بناء درخشان[۱]، دکتر عباس طلوعی اشلقی[۲]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۹/۱۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۲/۳۰

چکیده:

به منظور بهینه‌سازی و بهبود کارایی انرژی در ساختمان قبل از انجام هر اقدامی لازم است عناصر کلیدی موفقیت در بهینه سازی مصرف انرژی شناسایی شوند.بررسی مولفه های اصلی یکی از ارزشمندترین نتایج جبر خطی است زیرا روش ساده و غیر پارامتری استخراج اطلاعات مربوطه از مجموعه ها گیج کننده است.بدین منظور، سیستم مدیریت انرژی بر اساس استاندارد بین المللی سیستم مدیریت انرژی ISO50001:2011 پیاده سازی و کلیه پارامترهای انرژی بر در ساختمان از طریق انجام ممیزی انرژی اندازه گیری می شوند.در این مقاله با انجام مدل سازی با استفاده از روش های نوین داده کاوی ،عناصر اصلی موثر بر بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان شناسایی می شوند.این راهبرد بر اساس تکنیک های آماری داده کاوی به روش انتخاب ویژگی و مبنی بر منطق فازی بوده و داده ها را از فضایی با بعد بالا به فضایی با بعد کوچک تر تبدیل نموده و به منظور کاهش بعد ویژگی به کار برده می‌شود تا بررسی ویژگیها فضایی با بعد پایین‌تر که ساده تر است انجام گیرد. از طرف دیگر، با استفاده از نتایج حاصل از ممیزی انرژی و متغیرهای شناسایی شده، سهم و میزان تأثیر هر یک از عناصر انرژی بر در اتلاف انرژی به درصد به صورت تفکیک شده مشخص می شود. بر این اساس، راهکارهای صرفه جویی انرژی در سه سطح راهکارهای کم هزینه، هزینه متوسط و پرهزینه تعریف می شوند.

کلمات کلیدی:

عناصر کلیدی موفقیت، بهینه‌سازی مصرف انرژی، داده کاوی

۱) دانشجو کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی-استراتژیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات شاهرود (نویسنده مسئول)
Rojinderakshan@hotmail.com

۲) استاد تمام گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
Toloie@gmail.com

مقدمه

از زمان شروع اولین بحران نفتی در آغاز سال های دهه ۷۰ موضوع صرفه جویی انرژی مورد توجه قرار گرفت به طوری که در مقطع زمانی سال های دهه ۷۰ و ۸۰ احساس مسئولیتی جدی در مصرف بهینه انرژی و در راستای عدم وابستگی به نفت کشورهای صادرکننده نفت (اوپک)، افزایش راندمان آن و مسأله حمایت از محیط زیست ایجاد شد. (حسن گل شیرازی، ۱۳۸).از سال ۲۰۰۹ میلادی سازمانISO به سفارش سازمانUNIDO و با همکاری موسسات استاندارد کشورهای پیشرفته نظیر ANSI و ABNT تدوین استاندارد بین المللی سیستم مدیریت انرژی ISO50001 را آغاز نمود[۳]. این استاندارد الزامات مرتبط با سیستم‌های مدیریت انرژی را تشریح می‌نماید و به صورت نظام‌مند سازمان‌ها را در خصوص مدیریت مصرف حامل‌های مختلف انرژی توانمند می‌سازد و در بهبود مصرف انرژی نقش اساسی ایفا می‌نماید. در همین راستا، دولت ایران با تصویب بندهای قانونی "و" (تبصره ۱۹) برنامه دوم، بند "الف" ماده ۱۲۱ قانون برنامه سوم، ماده ۲۰ تنفیذی برنامه چهارم، مواد ۱۳۳ و ۱۳۴ برنامه پنجم و ماده ۱۱ قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی به شماره ۱۷۷۰ ، حرکت در جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی و گسترش مصرف منطقی منابع انرژی را به صورت وظیفه‌ای برای کلیه مسئولان درآورد و معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو در راستای همین قانون و با هدف منطقی کردن و بهینه سازی مصرف انرژی برنامه ریزی گسترده ای را آغاز کرد [۲].

مدیریت انرژی به مجموعه روش ها و اقداماتی اطلاق می شود که در سیستم های مختلف با هدف مصرف صحیح انرژی و حداکثر نمودن منافع یا حداقل سازی هزینه ها بدون کاهش کیفیت محصولات یا خدمات انجام می شود.مدیریت انرژی باید به اهداف عملی سازمان متصل گردد نه اینکه در یک مسیر منفک و جدا افتاده حرکت کند. فعالیت‌های موفقیت آمیز مدیریت انرژی باید یک راهبرد کاهش مصرف را نیز شامل می شود به نحوی که تصمیمات اخذ شده از طرف کلیه طرف های درگیر فعالیت های اقتصادی مؤسسه به صورت پیوسته در پرتو مفاهیم انرژی مورد ملاحظه قرار گیرند[۴].

بهبود کارایی انرژی یکی از بهترین شیوه های کاهش هزینه ها و افزایش سود می باشد.بهبود کارایی انرژی اغلب با بازدهی بالا همراه است. در صورتی که یک راهبرد مدیریت انرژی در سطوح بالای مدیریتی اعمال نگردد، پیاده نمودن آنچه با هدف به حداکثر رساندن نتایج تدوین گردید شکست سرمایه گذاری و طرح های ذینفع را در پی خواهد داشت[۴].

بهره وری انرژی در حقیقت بهره گیری معقول و اصولی از منابع انرژی می باشد و نسبت به نتایج بدست آمده در فرایند تولید کالا و خدمات به میزان انرژی مصرفی است. [۸].

آن بخش از انرژی که به مصرف کننده نرسد و به نوعی در طول مسیر تلف شده باشد.تلفات از دیدگاه ملی به تمام کارکردهای غیرمفید و غیرکارا از انرژی اطلاق می شود [۱۰].

امروزه مدیریت انرژی ساختمان، ارزیابی فراگیر تمام سیستم های انرژی ساختمان را در بر می‌گیرد. لذا ممیزی انرژی باید از مسائل کلیدی انرژی نظیر تعرفه تأسیسات برق و آخرین فناوری کارایی انرژی ساختمان و کاربردهایش آگاهی داشته باشند [۳].

مدیریت انرژی

مدیریت انرژی باید به اهداف عملی سازمان متصل گردد نه اینکه در یک مسیر منفک و جدا افتاده حرکت کند. (شعبانزاده،۱۳۸۲).تنظیم و بهینه سازی استفاده از سیستم های انرژی یکی از راهکارها و ابزارهای مهم مدیریت انرژی در سازمان ها، صنایع، مصارف خانگی و تجاری می باشد. مدیریت انرژی در این بخش شامل روش های کنترلی برای سیستم‌های مصرف کننده انرژی می باشد[۷].

تکنیک های نوین داده کاوی

تعداد متغیرهایی که برای هر مشاهده باید اندازه گیری شود، ابعاد داده نامیده می‌شود[۵]. عبارت "متغیر"[1] بیشتر در آمار استفاده می‌شود در حالی که در علوم رایانه و یادگیری ماشین بیشتر از عبارات "ویژگی"[2] و یا "صفت"[3] استفاده می‌گردد.[۲] .در حالت کلی فقط یک جستجوی جامع می تواند یک راه حل بهینه را تضمین کند.تعداد کمی تکنیک انتخاب ویژگی[4] برپایه نظریه مجموعه فازی پیشنهاد شده است[۵]،[۴] . شبکه های عصبی خود ثابت کرده‌اند که ابزاری قوی در سطح متنوعی از کاربردهای تشخیص الگو هستند. شبکه های عصبی توانایی ترکیب فرایندهای یادگیری, استخراج ویژگی، انتخاب ویژگی و طبقه بندی را در طول یادگیری دارند[۱]. فرایند انتخاب ویژگی معمولا مبتنی بر انتخاب برجسته[5] است که منجر به حذف ویژگی‌های غیرمرتبط می شود[۱].

بهینه سازی مصرف انرژی

توجه زیاد به بهینه سازی مصرف انرژی و مدیریت و نگهداری آن در سطح بین المللی بعد از بحران نفتی ۱۹۷۰ میلادی شروع شد.بسیاری از مطالعاتی که در زمینه انرژی و استفاده بهینه از آن انجام شده هر یک به موضوعی خاص در صنعت متمرکز شده است. در این مطالعات، شاخص‌های کارایی انرژی، سنجش انرژی و برنامه و سیاست های انرژی مورد

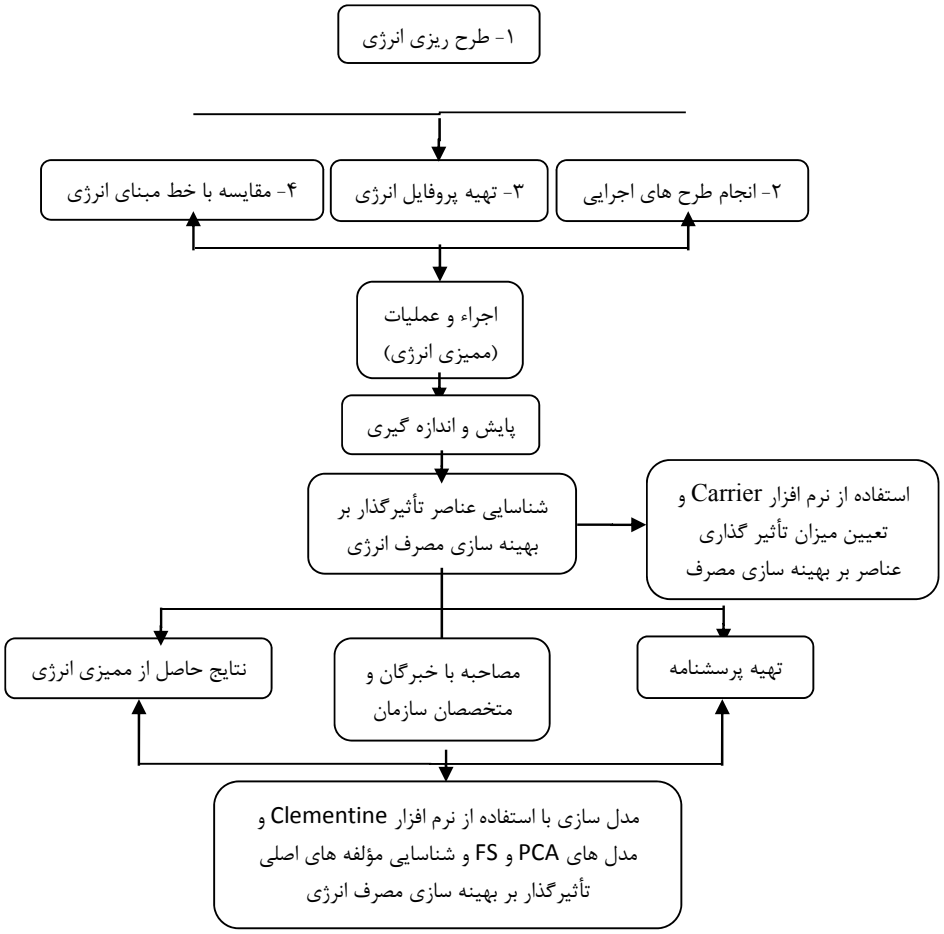
1) Variable
2) Feature
3) Attribute
4) Feature selection
5) Saliency

بحث قرار گرفته است.بوسبویف و همکاران (۱۹۹۷) شاخص های انرژی را در صنایع مختلف کشورهای اروپایی مورد مطالعه قرار دادند. ورل و همکاران (۱۹۹۷) به مقایسه شاخص های اقتصادی و فیزیکی مربوط به شدت انرژی در صنایع فلز و استیل پرداخته اند.موریس و همکاران (۲۰۰۰) در یک مطالعه تطبیقی مصرف انرژی را در فرایندهای مختلف خمیر کاغذسازی تجزیه و تحلیل کرده اند.افرادی همچون مارلیک و صدیقی (۱۹۹۶) و پاول و همکاران نیز به ارائه مدل های ریاضی و اقتصادی در زمینه استفاده بهینه از تجهیزات در راستای صرفه جویی اقدام نموده اند.در ایران نیز مطالعات مختلفی در زمینه انرژی و مدیریت آن انجام گرفته است که می توان به اقدامات عباسی نژاد و وافی نجار (۱۳۸۳) که بررسی بهره وری و کارایی مصرف انرژی بخش های اقتصادی طی دوره سال های ۱۳۷۹-۱۳۵۰ پرداخته‌اند، اشاره نمود. علاوه بر این، حیدری و صادقی (۱۳۸۳) کارایی مصرف نهایی انرژی در صنایع بزرگ ایران را با استفاده از یک تابع تقاضای تعدیل جزئی برآورد و مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند.حمیدی و پایاپ (۱۳۸۴) به مدل سازی و بررسی افزایش تولید و کاهش مصرف انرژی در صنایع فولاد اقدام کرده اند[۸].

روش انجام تحقیق

در این مقاله به منظور بهینه‌سازی و بهبود کارایی انرژی در ساختمان قبل از انجام هر اقدامی عناصر کلیدی موفقیت در بهینه‌سازی مصرف انرژی شناسایی شده و بدین منظور همانگونه که در شکل (۱) نیز مشخص است، سیستم مدیریت انرژی بر اساس استاندارد بین المللی ISO50001:2011 با رویکرد دمینگ[1] پیاده سازی و پس از شناسایی شاخص‌های کلیدی عملیات[2] و تهیه پروفایل انرژی پارامترهای انرژی بر در ساختمان از طریق انجام ممیزی انرژی[3] اندازه‌گیری می‌شود[۶]. سپس با استفاده از نتایج حاصل از ممیزی انرژی، کلیه عناصر مؤثر بر بهینه سازی مصرف انرژی شناسایی شده و در مرحله بعد با استفاده از نتایج ممیزی انرژی و تهیه و توزیع پرسشنامه بین متخصصان و نیز مصاحبه با خبرگان که بمنظور صحه گذاری[4] بر نتایج ممیزی انرژی استفاده می شود و با بکارگیری تکنیک های نوین داده کاوی و مدل سازی به روش انتخاب ویژگی ، عناصر اصلی موثر بر بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان ها شناسایی شدند. از طرف دیگر، با استفاده از نتایج حاصل از ممیزی انرژی و پس از اندازه گیری کلیه پارامترهای انرژی بر و متغیرهای شناسایی شده، سهم و میزان تأثیر هر یک از عناصر انرژی بر در اتلاف انرژی از طریق نرم افزار Carrier HAP 4.5 به درصد به صورت تفکیک شده مشخص شده است.

1) PDCA (Plan,Do,Check,Act)
2) Performance Indicator
3) Energy Audit
4) Validation



شکل ۱) فرایند تحقیق

پیاده سازی و اجرای مدل

این مقاله در ساختمان مرکزی شهرداری منطقه ۷ و ۵ ساختمان ناحیه آن انجام شده است. به علت قرار گرفتن این ساختمان ها در مرکز شهر تهران و قابل تعمیم بودن مشخصات جغرافیایی و اقلیمی این منطقه به کل شهر تهران، شهرداری این منطقه به عنوان نمونه موردی برای این مقاله انتخاب شده است. به طور کلی، در این مقاله به منظور شناسایی عوامل کلیدی مؤثر و همچنین تعیین میزان تأثیر این عوامل بر بهینه سازی مصرف انرژی به ترتیب مراحل زیر عمل شده است :

جمع آوری اطلاعات از طریق استقرار سیستم مدیریت انرژی

در مرحله اول، جمع‌آوری اطلاعات از طریق پیاده سازی سیستم مدیریت انرژی بر اساس استاندارد بین المللی ISO50001:2011 انجام شده و سپس با استفاده از روش های مشاهده، مصاحبه ، پرسشنامه و مطالعه اسناد و مدارک شامل تصویر قبوض مصرف برق و گاز ساختمان طی ۲ سال گذشته، نقشه‌های معماری ساختمان، نقشه‌های جانمایی و چیدمان روشنایی فضاها (داخلی و محوطه)، نقشه‌های جانمایی و چیدمان تأسیسات و موتورخانه مرکزی، فهرست کلیه تجهیزات مصرف کننده انرژی داخلی ساختمان، مشخصات فنی تجهیزات مرکزی (شامل تأسیسات سرمایشی، گرمایشی و روشنایی) که به منظور جمع آوری داده در این مقاله از آن استفاده شده، اطلاعات اولیه ساختمان ها جمع آوری شده است.در مرحله بعد با توجه به اطلاعات جمع آوری شده نسبت به تهیه پروفایل انرژی و شناسایی شاخص های کلیدی اندازه گیری شده در حین عملیات ممیزی انرژی اقدام شده است.

شناسایی کلیه شاخص های عملکردی انرژی (متغیرهای مقاله)

در مرحله اول از اجرای طرح، ممیزی انرژی با استفاده از تیم ممیزی انرژی انجام می شود.در این مرحله تمامی پارامترهای مرتبط با انرژی از قبیل سیستم های الکتریکی ساختمان،سیستم تولید حرارت، سیستم تولید برودت،میزان مصرف انرژی(آب،برق،گاز) اندازه گیری و مدل سازی می شوند.

بعد از اندازه گیری و تعیین کلیه پارامترهای انرژی بر و انجام مساحی و تهیه نقشه و شمای کلی ساختمانها، داده ها و اطلاعات بدست آمده به عنوان ورودی در نرم افزار کریر وارد شده است.در این نرم افزار با وارد نمودن اطلاعات مربوط به طرح ساختمان و سایر داده های مربوط به حامل های مصرف انرژی می‌توان حداکثر مورد نیاز میزان مصرف انرژی[1] و بار حرارتی و برودتی[2] و الگویی از مصرف انرژی در ساختمان و تاسیسات به دست آورد. سپس با توجه به نتایج حاصل از ممیزی انرژی انجام شده، کلیه عناصر کلیدی تأثیرگذار بر بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان های شهرداری که متغیرهای فرعی پژوهش می باشند شناسایی و طی فهرستی طبقه بندی شده اند.

1) Peak Demand
2) Heating & Cooling Load

شناسایی عناصر کلیدی مؤثر بر بهینه سازی مصرف انرژی از طریق مدل سازی به روش انتخاب ویژگی

به منظور صحه گذاری بر نتایج ممیزی انرژی و همچنین به علت بالا بودن تعداد متغیرها شناسایی عناصر کلیدی از طریق توزیع پرسشنامه بین خبرگان و متخصصان سازمان و همچنین انجام مصاحبه نیز صورت پذیرفته است.

پرسشنامه حاوی طرح سوالاتی از کلیه شاخص های عملکردی انرژی، وضعیت مصرف انرژی و میزان تأثیر و نقش پارامترها بر بهینه سازی مصرف انرژی می باشد.متغیرهای شناسایی شده که هم در تعیین و شناسایی مولفه های اصلی و هم در تعیین میزان تأثیرگذاری عناصر کلیدی موثر بر بهینه سازی مصرف انرژی مورد استفاده قرار خواهند گرفت، به عنوان ورودی های پژوهش مطرح شده و پس از شناسایی کلیه متغیرهای مؤثر بر مصرف انرژی در ساختمان های شهرداری منطقه تهران، با استفاده از نرم افزار Clementine و با بکارگیری تکنیک های نوین داده کاوی و مدل سازی به روش انتخاب ویژگی، متغیرهای اصلی به ترتیب درجه اهمیت شناسایی شده اند.

تعیین میزان تأثیر عناصر کلیدی شناسایی شده بر بهینه سازی مصرف انرژی با استفاده از نرم افزار Carrier

همزمان با انجام مدل سازی و شناسایی متغیرهای کلیدی، با استفاده از نرم افزار کریر مشخصات ساختمان ها و نتایج حاصل از ممیزی انرژی به عنوان ورودی به نرم افزار کریر وارد شده و میزان تأثیر گذاری این متغیرها بر بهینه سازی مصرف انرژی تعیین شده است.منظور از میزان تأثیرگذاری، تعیین سهم اتلاف انرژی از طریق این متغیرها می باشد که به عنوان خروجی نرم افزار تعیین می شوند.

نتایج

شهرداری منطقه ۷ دارای ۵ ناحیه و ۱۶محله بوده که از شمال با مناطق ۳ و ۴، از شرق با منطقه ۸، از غرب با منطقه ۶ و از جنوب با مناطق ۱۲و ۱۳ همجوار می‌باشد. مرز شمالی بزرگراه رسالت،مرز شرقی خیابان سبلان ، مرز جنوبی خیابانهای انقلاب و دماوند و مرز غربی آن بزرگراه مدرس و خیابان شهید دکتر مفتح را پوشش می دهد. وسعت منطقه معادل ۱،۵۳۶،۸۰۰متر مربع می باشد.(۱/۲٪ مساحت کل شهر تهران). میزان بارندگی سالانه آن بین ۲۰۰ الی ۴۰۰ میلیمتر و بیشترین مقدار بارندگی ماهانه درطی دوره آماری تهران برابر ۳۸/۹ میلیمتر در اسفند ماه و کمترین بارندگی به مقدار یک میلیمتر در شهریور ماه گزارش گردیده است. متوسط سالانه رطوبت نسبی هوا ۴۰ درصد بوده و جهت وزش باد غالب در تهران غربی (۲۷۰ درجه) و متوسط سرعت وزش باد ۵/۵ متر بر ثانیه است.

پس از تبیین مدل و تعریف متغیرهای ورودی و متعیرهای هدف، در ادامه مراحل انجام پژوهش به شرح گام های ذیل انجام خواهد شد.

جمع آوری اطلاعات

طی بررسی های میدانی صورت گرفته و اطلاعات جمع آوری شده درخصوص ساختمان ها، جمعا ۶ ساختمان مورد بررسی قرار گرفته که مشخصات آنها مطابق جدول (۱) می‌باشد:

جدول ۱) مشخصات کلی ساختمان ها

ساختمان/مشخصات	مرکزی	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ٤	ناحیه ٥
مساحت (m2)	۱۳۰۰۰	۱۸۰۰	۲۰۰۰	۱۸۰۰	۲۰۰۰	۱۸۰۰
تعداد طبقات	۷	_	۵	۳	۳	۳
ساعات بهره برداری	۸–۱۶:۳۰	۸–۱۶:۳۰	۸–۱۶:۳۰	۸–۱۶:۳۰	۸–۱۶:۳۰	۸–۱۶:۳۰
اسکلت ساختمان	فلزی	بتنی	فلزی	بتنی	بتنی	بتنی
پوشش خارجی	شیشه ای وکامپوزیت	سنگ مرمر نرم	سنگ	سنگ گرانیت	سنگ گرانیت و شیشه	سنگ گرانیت وشیشه
هسته اصلی دیوار	بلوک سفالی	بلوک سفالی	آجر توپر	آجر	بلوک سفالی	بلوک سفالی
بام ساختمان	تیرچه بلوک	تیرچه بلوک	طاق ضربی	تیرچه بلوک	تیرچه بلوک	تیرچه بلوک
پنجره ها	شیشه دوجداره با قاب PVC	شیشه دوجداره با قاب PVC	شیشه دوجداره با قاب PVC	شیشه تک جداره با قاب آلومینیومی	شیشه تک جداره با قاب آلومینیومی	شیشه تک جداره با قاب آلومینیومی
درب ها	اتوماتیک	اتوماتیک	معمولی	اتوماتیک	معمولی	معمولی
عایق بندی	نامناسب	مناسب	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد

نتایج حاصل از انجام ممیزی انرژی درخصوص تحلیل احتراق محصولات موتورخانه ها به شرح جدول (۲) مشاهده شد:

جدول ۲) نتایج حاصل از اندازه گیری پارامترهای انرژی بر در موتورخانه ها

ساختمان مرکزی	دیگ شماره ۱	دیگ شماره ۲	چیلر شعله مستقیم شماره ۱	چیلر شعله مستقیم شماره ۲
Date/time	ب.ظ 2011/10/1 12:48:04	ب.ظ 2011/10/15 01:17:35	ب.ظ 2011/10/1 01:05:07	ب.ظ 2011/10/15 01:09:52
O_2 %	۶,۲۰	3.50	14.29	17.26
ppm CO	13825	44281	8	28
ExAir %	41.9	20.0	213.0	461.6
^{o}C FT	225.6	214.5	67.3	65.1
CO_2 %	7.31	6.48	3.80	2.12
hPa Δp^2	--	--	--	--
mbar Drght	--	-0.16	--	-0.11
m/s Speed	--	--	--	--
M^3/h Flow	--	--	--	--
Kg/h MCO	--	--	--	--
M^3/S Flow	--	--	--	--

ساختمان مرکزی	دیگ شماره ۱	دیگ شماره ۲	چیلر شعله مستقیم شماره ۱	چیلر شعله مستقیم شماره ۲
% Effg	72.4	62.1	85.9	83.0
ناحیه ۱	ب.ظ 2011/10/15 03:58:28	ب.ظ 2011/10/15 04:01:33	ندارد	
O_2 %	13.77	16.67		
ppm CO	26	72		
ExAir %	190.4	385.1		
°C FT	116.3	109.8		
CO_2 %	4.10	2.45		
hPa Δp^2	--	--		
mbar Drght	--	-0.37		
m/s Speed	--	--		
M^3/h Flow	--	--		
Kg/h MCO	--	--		
M^3/S Flow	--	--		
% Effg	81.8	77.8		
ساختمان ناحیه ۳	**دیگ شماره ۱**	**دیگ شماره ۲**	ندارد	
Date/time	ب.ظ 04:48:05	ب.ظ 2011/10/15 05:14:48		
O_2 %	5.83	9.86		
ppm CO	37	651		
ExAir %	38.4	88.6		
°C FT	247.7	132.8		
CO_2 %	8.59	6.26		
hPa Δp^2	--	--		
mbar Drght	--	-0.11		
m/s Speed	--	--		
M^3/h Flow	--	--		
Kg/h MCO	--	--		
M^3/S Flow	--	--		
% Effg	79.4	83.2		
ساختمان ناحیه ٤	**دیگ شماره ۱**	**دیگ شماره ۲**	ندارد	
Date/time	ب.ظ 03:12:49	ب.ظ 2011/10/15 03:08:43		
O_2 %	14.10	14.67		
ppm CO	1544	2052		
ExAir %	204.4	231.8		
°C FT	118.9	525.5		
CO_2 %	3.79	3.43		
hPa Δp^2	--	--		
mbar Drght	-0.05	-0.05		
m/s Speed	--	--		
M^3/h Flow	--	--		
Kg/h MCO	--	--		
M^3/S Flow	--	--		
% Effg	79.3	32.9		
ناحیه ۵			ندارد	

ساختمان مرکزی	دیگ شماره ۱	دیگ شماره ۲	چیلر شعله مستقیم شماره ۱	چیلر شعله مستقیم شماره ۲
Date/time	04:31:03 ب.ظ			
O_2 %	12.71			
ppm CO	106			
ExAir %	153.4			
°C FT	111.2			
CO_2 %	4.69			
hPa Δp^2	--			
mbar Drght	-0.05			
m/s Speed	--			
M^3/h Flow	--			
Kg/h MCO	--			
M^3/S Flow	--			
% Effg	83.2			

نتایج بدست آمده از اندازه گیری پارامترهای انرژی بر در ساختمان ها به شرح جدول (۳) مشاهده شد:

جدول شماره۳) نتایج اندازه‌گیری شرایط داخلی ساختمان ها

ساختمان مرکزی			
نام (شماره) اتاق	درجه حرارت (°C)	درصد رطوبت (٪)	میزان روشنایی (Lux)
کارمند دفتری شهردار(لابی ابتدایی)	۲۶.۷	۲۲.۲	۱۳۹.۵
دفتر شهردار(لابی)	۲۴.۵	۲۳.۵	۱۹۷-۲۳۳
مدیر دفتر شهردار	۲۴.۹	۲۲.۳	۲۰۴
سالن کنفرانس	۲۴	۲۲.۴	۳۹۶.۸
دفتر قائم مقام	۲۴.۷	۲۳.۴	۸۷
قائم مقام شهردار	۲۴.۵	۲۱.۸	۲۷۷.۴
اتاق استراحت	۲۵.۳	۲۲.۱	
پیگیری دفتر شهردار	۲۵.۵	۲۱.۵	۶۲۵-۳۱۶-۲۸۲
مشاور عالی شهردار	۲۵.۷	۲۴	۴۷۳
اتاق مجاور مشاور	۲۶	۲۳.۴	۳۵۵- ۴۴۰
کارشناسان بازرسی	۲۴.۲	۲۴.۹	۴۰۷-۲۸۵.۲-۳۵۴-۳۷۱.۴
رئیس بازرسی	۲۵.۵	۲۳.۸	۴۹۹
دفتر حراست	۲۵.۶	۲۴.۷	۴۰۵-۲۸۰
حراست	۲۵.۵	۲۶.۱	۳۱۶
رئیس حراست	۲۵.۶	۲۵.۲	۳۰۹.۹
دفتر سرمایه گذاری و مشارکت مردمی	۲۵.۱	۲۵.۲	۱۲۰
سرمایه گذاری و مشارکت مردمی	۲۵.۶	۲۴.۴	۲۴۳
ناحیه ۱			
مدیر شهرسازی و کنترل ساخت و ساز	۲۵.۲	۲۶.۹	۶۵۹-۶۲۸-۴۵۳
اداره فنی و عمران و ترافیک	۲۵.۷	۲۴.۷	۵۴۲-۵۸۶-۵۸۸-۴۶۳-۲۰۷
کارشناسان شهرسازی	۲۵.۸	۲۴.۲	۴۹۳-۵۶۷-۵۵۰
اداره اجتماعی و فرهنگی	۲۵.۱	۲۲.۳	۳۷۳-۴۲۱-۴۶۲-۵۴۷
زیباسازی،ساماندهی، مسیلها و قنوات	۲۳.۸	۲۴.۸	۳۲۷-۴۴۸-۳۵۵-۲۳۰-۱۸۱-۲۰۵

ساختمان مرکزی			
اداره خدمات شهری	۲۴	۲۲.۶	۵۱۶
کارشناسان اجتماعی	۲۴.۵	۲۲.۷	۵۵۰-۷۹۸-۷۸۰
اجرای احکام	۲۴.۸	۲۶.۱	۲۶۶
ناحیه ۲			
مدیر فنی	۲۳	۳۲	۱۶۰۰
حقوقی	۲۲	۳۴	۱۸۰۰
کارشناسان	۲۲	۳۴	۸۸۸
ناحیه ۳			
اداره خدمات شهری	۲۳.۳	۲۰.۸	۲۱۲
کارشناس ساماندهی، کارشناس شهرسازی	۲۴.۱	۲۰.۱	۳۶۶-۴۴۸-۳۳۸-۳۶۸
واحد سد معبر	۲۴.۲	۱۸	۳۹۴
واحد فنی و ترافیک	۲۳.۱	۲۰.۲	۲۱۸-۲۵۵-۳۲۳-۴۳۳
کارشناس مالی و اداری	۲۴.۲	۱۸.۴	۵۱۶-۱۱۵۶-۷۳۶-۴۳۸
واحد مالی و اداری	۲۵.۹	۱۶.۶	۳۰۶۴
واحد شهرسازی	۲۴.۱	۱۸.۱	۴۳۸-۴۲۲-۳۴۵-۴۷۶-۴۹۳
ناحیه ٤			
اتاق ۲	۲۵	۵۰	۶۲۰
اتاق ۳	۲۴	۵۰	۱۵۰
اتاق۱	۲۵	۵۰	۱۰۰۰
اتاق ۵	۲۵	۵۰	۱۱۰۰
اتاق ۶	۲۵	۵۰	۲۷۰
ناحیه ۵			
اداره خدمات شهری	۲۷.۸	۲۹.۱	۳۴۴-۵۳۳-۵۸۱-۶۹۴-۹۰۹-۱۰۷۴-۵۹۴
اداره شهرسازی و کنترل ساخت و ساز	۲۷.۱	۳۱.۶	۷۲۲-۸۵۳-۱۱۰۰-۲۳۹۰
رییس اداره شهرسازی و کنترل ساخت و ساز	۲۷.۲	۳۳.۲	۹۲۶
اداره اجتماعی و فرهنگی	۲۵.۲	۳۷.۹	۴۵۰-۲۲۶-۱۶۷-۴۷۹-۵۰۷-۶۰۳-۶۵۰
دفتر فنی و ترافیک ۱	۲۵.۷	۲۸	۲۷۴-۵۱۱
دفتر فنی و ترافیک ۲	۲۶.۵	۲۴.۶	۴۳۸-۴۶۴-۴۵۵

شناسایی کلیه شاخص های عملکردی انرژی (متغیرهای مقاله)

در این مرحله، کلیه متغیرهای مؤثر بر بهینه سازی مصرف انرژی با استفاده از نرم افزار کریر و از طریق بکارگیری نتایج ممیزی انرژی که بخش اصلی (۵۰٪) این مقاله را شامل می شود و توزیع ۱۰۰ پرسشنامه و مصاحبه با ۴ نفر از متخصصان و خبرگان در هر ساختمان شناسایی شدند.در این مقاله تعداد ۳۸ متغیر با توجه به نتایج ممیزی انرژی، پرسشنامه ها و مطالعات میدانی انجام شده به شرح جدول (۴) شناسایی شده اند :

جدول ٤) متغیرهای شناسایی شده

۱	مصرف برق	۱۴	ضرایب انتقال حرارت کف	۲۷	تلفات انرژی برودتی از پنجره
۲	مصرف آب	۱۵	ضرایب انتقال حرارت پنجره	۲۸	تلفات انرژی برودتی از بام
۳	مصرف گاز	۱۶	ضرایب انتقال حرارت در	۲۹	تلفات انرژی برودتی از دیوار
۴	مصرف کاغذ	۱۷	درصد اکسیژن (O_2 %)	۳۰	تلفات انرژی برودتی از طریق تابش
۵	ضخامت کل دیوار	۱۸	درصد دی اکسید کربن (CO_2 %)	۳۱	تلفات انرژی برودتی از طریق نفوذ هوا
۶	ضخامت دیوار خالص	۱۹	غلظت مونواکسید کربن (ppm CO)	۳۲	تلفات انرژی حرارتی از طریق نفوذ هوا
۷	ضخامت پنجره	۲۰	روشنایی اتاق ها (لوکس)	۳۳	تلفات انرژی حرارتی از کف
۸	درب ها	۲۱	درصد رطوبت	۳۴	تلفات انرژی حرارتی از دیوار
۹	جدار کنترل نشده	۲۲	درجه حرارت	۳۵	تلفات انرژی حرارتی از بام
۱۰	جداره بام	۲۳	تلفات انرژی برودتی از تجهیزات	۳۶	تلفات انرژی حرارتی از پنجره
۱۱	جداره کف	۲۴	تلفات انرژی برودتی از لامپ ها	۳۷	ضرایب انتقال حرارت پوسته
۱۲	ضرایب انتقال حرارت دیوار	۲۵	تلفات انرژی برودتی توسط انسان	۳۸	ضرایب انتقال حرارت نفوذ هوای سرد
۱۳	ضرایب انتقال حرارت بام	۲۶	تلفات انرژی برودتی از در	_	___

شناسایی عناصر کلیدی مؤثر بر بهینه سازی مصرف انرژی از طریق مدل سازی به روش انتخاب ویژگی

در مرحله بعد با توجه به نتایج حاصل از ممیزی انرژی، نتایج بدست آمده از پرسشنامه ها و مصاحبه با خبرگان از میان متغیرهای شناسایی شده، ۲ متغیر نیاز انرژی حرارتی و نیاز انرژی برودتی به عنوان ۲ متغیر هدف برای نرم افزار درنظر گرفته شده و برای هر کدام یک بار مؤلفه های اصلی با استفاده از نرم افزار Clementine و از طریق مدل سازی به روش انتخاب ویژگی، انجام و متغیرهای با اهمیت به ترتیب شناسایی شدند.

متغیرهای ورودی برای متغیر "نیاز انرژی حرارتی" شامل ۲۱ متغیر به شرح زیر و مطابق جدول (۵) می باشند :

جدول ۵) متغیرهای ورودی برای نیاز انرژی حرارتی

۱	مصرف برق	۸	درب ها	۱۵	روشنایی اتاق ها (لوکس)
۲	مصرف آب	۹	جدار کنترل نشده	۱۶	درجه حرارت
۳	مصرف گاز	۱۰	جداره بام	۱۷	تلفات انرژی حرارتی از طریق نفوذ هوا
۴	مصرف کاغذ	۱۱	جداره کف	۱۸	تلفات انرژی حرارتی از کف
۵	ضخامت کل دیوار	۱۲	درصد اکسیژن (O_2 %)	۱۹	تلفات انرژی حرارتی از دیوار
۶	ضخامت دیوار خالص	۱۳	درصد دی اکسید کربن (CO_2 %)	۲۰	تلفات انرژی حرارتی از بام
۷	ضخامت پنجره	۱۴	غلظت مونواکسید کربن (ppm CO)	۲۱	تلفات انرژی حرارتی از پنجره

و خروجی های تعیین شده برای متغیر "نیاز انرژی حرارتی" تعداد ۷ متغیر مطابق جدول (۶) می‌باشد:

جدول ٦) متغیرهای خروجی برای نیاز انرژی برودتی

۱	ضرایب انتقال حرارت دیوار	۵	ضرایب انتقال حرارت در
۲	ضرایب انتقال حرارت بام	۶	ضرایب انتقال حرارت پوسته
۳	ضرایب انتقال حرارت کف	۷	ضرایب انتقال حرارت نفوذ هوای سرد
۴	ضرایب انتقال حرارت پنجره	۸	ــــ

پس از وارد کردن متغیر ها به صورت ورودی به نرم افزار Clementine و انجام مدل سازی به روش انتخاب ویژگی برای متغیر خروجی "نیاز انرژی حرارتی" تعداد ۱۶ متغیر از ۲۱ متغیر ورودی به شرح جدول (۷) اولویت بندی گردیدند:

جدول ۷) عناصر کلیدی شناسایی شده متغیر نیاز انرژی حرارتی

ردیف	عنوان متغیر	درجه اهمیت	اولویت بندی
۱	جدار کنترل نشده	۱/۰۰۰	Important
۲	ضخامت دیوار	۰/۹۹۹	Important
۳	جدار بام	۰/۹۹۹	Important
۴	ضخامت پنجره	۰/۹۸۴	Important
۵	ضخامت دیوار خالص	۰/۹۷۹	Important
۶	تابش انرژی حرارتی از پنجره	۰/۹۱۳	Marginal
۷	مصرف برق	۰/۸۱۶	Unimportant
۸	جدار کف	۰/۸۱۳	Unimportant
۹	تابش انرژی حرارتی از دیوار	۰/۷۰۵	Unimportant
۱۰	تابش انرژی حرارتی از بام	۰/۶۵۵	Unimportant
۱۱	روشنایی اتاق ها	۰/۶۳۳	Unimportant
۱۲	تابش انرژی حرارتی از کف	۰/۵۳۱	Unimportant
۱۳	مصرف آب	۰/۵۱۵	Unimportant
۱۴	مصرف گاز	۰/۴۳۷	Unimportant
۱۵	تابش انرژی حرارتی از طریق نفوذ هوا	۰/۴۳۰	Unimportant
۱۶	درب ها	۰/۰۶۶	Unimportant

در توضیح نحوه اولویت بندی این متغیرها توسط نرم افزار می توان بیان نمود که در این نرم افزار متغیرهای با وزن بالای ۰,۹۵۰ در اولویت اول و در گروه متغیرهای Important قرار می گیرد. متغیرهایی که در رده $۰,۹۵۰ \leq X \leq ۰,۹۰۰$ قرار دارند در حاشیه قرار گرفته و در گروه Marginal طبقه بندی می گردند و آن دسته از متغیرهایی که وزن آن‌ها کمتر از ۰,۹۰۰باشند در اولویت های آخر و در گروه Unimportant قرار می گیرند. چهار متغیر باقیمانده به علت ایجاد خطا (Error) بنابه دلایلی از قبیل انحراف معیار بالا در فرایند مدل سازی به صورت خودکار توسط نرم افزار حذف شده اند.

متغیرهای ورودی برای متغیر "نیاز انرژی برودتی" شامل ۱۹ متغیر بوده که مطابق جدول (۸) می‌باشند:

جدول ۸)متغیرهای ورودی برای نیاز انرژی برودتی

۱	مصرف آب	۸	ضخامت کل دیوار	۱۴	ضخامت دیوار خالص
۲	ضخامت پنجره	۹	درب ها	۱۵	جدار کنترل نشده
۳	جداره بام	۱۰	جداره کف	۱۶	درصد رطوبت
۴	درجه حرارت	۱۱	تلفات انرژی برودتی از تجهیزات	۱۷	تلفات انرژی برودتی از لامپ ها
۵	تلفات انرژی برودتی توسط انسان	۱۲	تلفات انرژی برودتی از در	۱۸	تلفات انرژی برودتی از پنجره
۶	تلفات انرژی برودتی از بام	۱۳	تلفات انرژی برودتی از دیوار	۱۹	تلفات انرژی برودتی از طریق تابش
۷	تلفات انرژی برودتی از طریق نفوذ هوا			_	___

و خروجی های تعیین شده برای متغیر "نیاز انرژی برودتی" تعداد ۵ متغیر به شرح جدول (۹) می باشد:

جدول ۹) متغیرهای خروجی برای نیاز انرژی برودتی

۱	ضرایب انتقال حرارت دیوار	۴	ضرایب انتقال حرارت پنجره
۲	ضرایب انتقال حرارت بام	۵	ضرایب انتقال حرارت در
۳	ضرایب انتقال حرارت کف	۶	___

پس از وارد کردن متغیر ها به صورت ورودی به نرم افزار Clementine و انجام مدل سازی به روش انتخاب ویژگی برای متغیر خروجی "نیاز انرژی برودتی" تعداد ۱۷ متغیر از ۱۹ متغیر ورودی به شرح جدول (۱۰) اولویت بندی گردیدند:

جدول ۱۰- عناصر کلیدی شناسایی شده متغیر نیاز برودتی

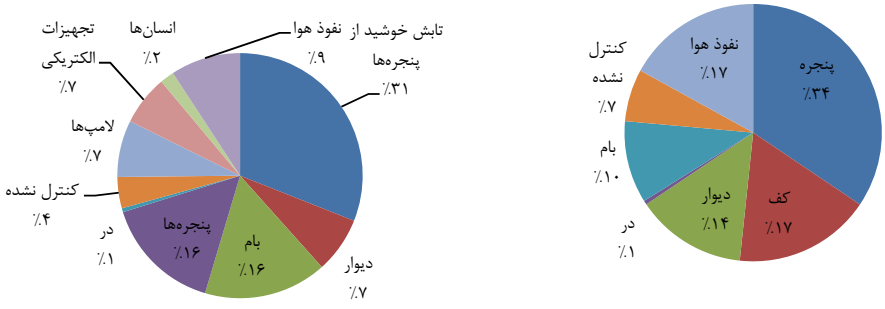
ردیف	عنوان متغیر	درجه اهمیت	اولویت بندی
۱	جدار کنترل نشده	۱/۰۰۰	Important
۲	ضخامت دیوار	۱/۰۰۰	Important
۳	جدار بام	۰/۹۹۹	Important
۴	تابش انرژی برودتی از پنجره	۰/۹۹۴	Important
۵	ضخامت پنجره	۰/۹۸۴	Important

ردیف	عنوان متغیر	درجه اهمیت	اولویت بندی
۶	ضخامت خالص دیوار	۰/۹۸۱	Important
۷	جدار کف	۰/۸۰۹	Unimportant
۸	تلفات انرژی برودتی توسط انسان	۰/۶۱۱	Unimportant
۹	تلفات انرژی برودتی از لامپ ها	۰/۵۹۶	Unimportant
۱۰	تلفات انرژی برودتی از دیوار	۰/۴۸۳	Unimportant
۱۱	تلفات انرژی برودتی از در	۰/۳۳۹	Unimportant
۱۲	تلفات انرژی برودتی توسط نفوذ هوا	۰/۲۸۷	Unimportant
۱۳	تلفات انرژی برودتی توسط نفوذ هوا	۰/۲۶۹	Unimportant
۱۴	درصد رطوبت	۰/۱۷۳	Unimportant
۱۵	تلفات انرژی برودتی از تجهیزات	۰/۱۶۸	Unimportant
۱۶	تلفات انرژی برودتی از بام	۰/۱۵۷	Unimportant
۱۷	درب ها	۰/۰۲۵	Unimportant

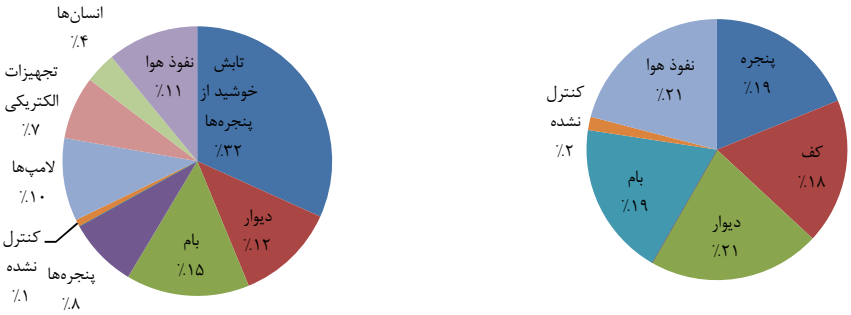
متغیر درجه حرارت و مصرف آب به علت ایجاد خطا بنابه دلایلی از قبیل انحراف معیار بالا در فرایند مدل‌سازی به صورت خودکار توسط نرم افزار حذف شدند.

تعیین میزان تأثیر عناصر کلیدی شناسایی شده بر بهینه سازی مصرف انرژی با استفاده از نـرم افـزار Carrier

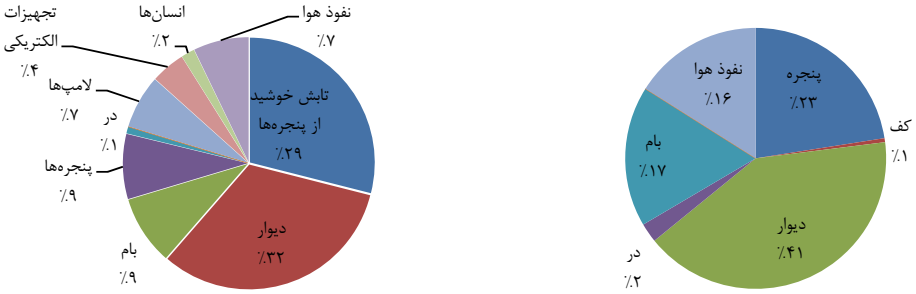
میزان تأثیر عناصر کلیدی شناسایی شده بر بهینه سازی مصرف انرژی توسط نرم‌افزار کریر مورد بررسی قرار گرفته که نتایج آن به شرح ذیل و مطابق شکل های ۷-۲ می باشد :



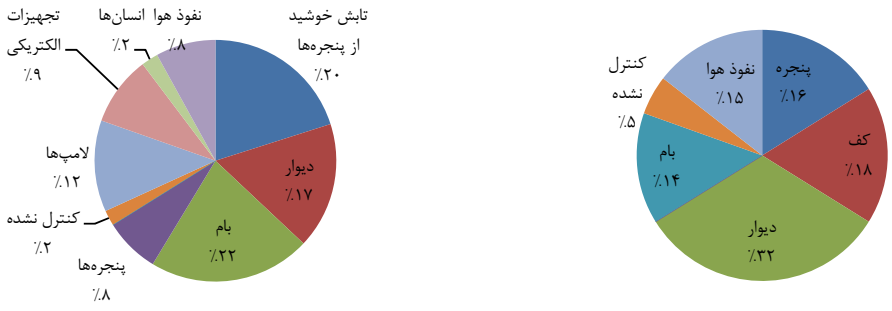
شکل ۲) سهم اتلاف انرژی حرارتی و برودتی در ساختمان مرکزی (از راست به چپ)



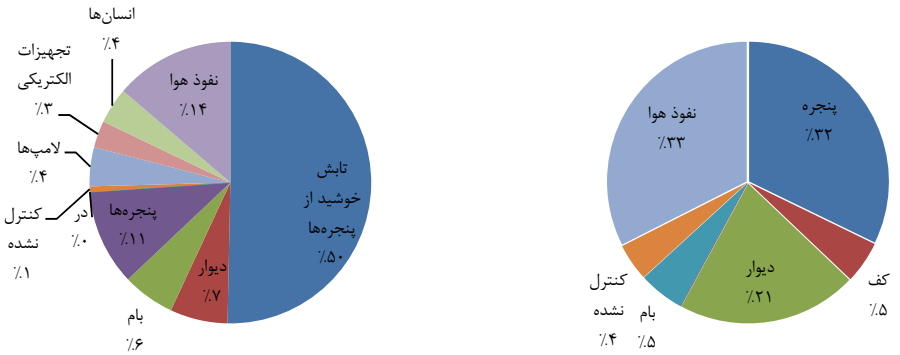
شکل ۳) سهم اتلاف انرژی حرارتی و برودتی در ساختمان ناحیه۱ (از راست به چپ)



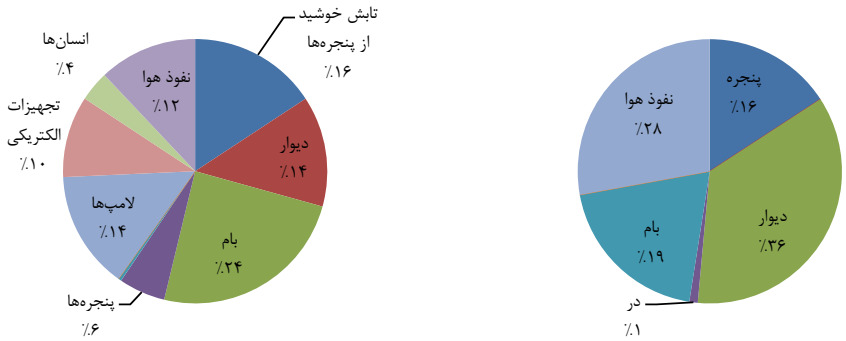
شکل ٤) سهم اتلاف انرژی حرارتی و برودتی در ساختمان ناحیه۲ (از راست به چپ)



شکل ٥) سهم اتلاف انرژی حرارتی و برودتی در ساختمان ناحیه۳ (از راست به چپ)



شکل ٦) سهم اتلاف انرژی حرارتی و برودتی در ساختمان ناحیه٤ (از راست به چپ)



شکل ۷) سهم اتلاف انرژی حرارتی و برودتی در ساختمان ناحیه۵ (از راست به چپ)

بررسی درجه اهمیت متغیرهای کلیدی مؤثر بر بهینه سازی مصرف انرژی

نخستین سئوال این مقاله درخصوص شناسایی عناصر کلیدی مؤثر بر بهینه سازی مصرف انرژی مطرح شد.با بررسی نتایج ممیزی انرژی و مطالعات صورت گرفته در این زمینه مدلی جامع تدوین و پرسشنامه تهیه شده مشتمل بر شاخص‌های فرعی سئوالات جهت دریافت نظرات کارشناسان و متخصصان شهرداری منطقه ۷ توزیع و جمع آوری گردید. سپس با تحلیل داده های جمع آوری شده حاصل از نتایج ممیزی انرژی و اطلاعات و نظرات دریافت شده از پرسشنامه ها با استفاده از تکنیک های داده کاوی و مدل سازی به روش انتخاب ویژگی و از طریق بکارگیری نرم افزار Clementine مؤلفه های اصلی مؤثر بر بهینه سازی مصرف انرژی شناسایی شدند. عناصر کلیدی شناسایی شده در این پژوهش به شرح زیر می باشد :

در بخش مربوط به متغیر خروجی "نیاز انرژی حرارتی" متغیرهای بااهمیت به ترتیب درجه اهمیت به شرح زیر اولویت بندی گردیدند:

۱- جداره کنترل نشده با درجه اهمیت ۱/۰۰۰
۲- ضخامت دیوار با درجه اهمیت ۰/۹۹۹
۳- جداره بام با درجه اهمیت ۰/۹۹۹
۴- ضخامت پنجره با درجه اهمیت ۰/۹۸۴
۵- ضخامت دیوار خالص با درجه اهمیت ۰/۹۷۹

متغیر تابش انرژی حرارتی از پنجره با درجه اهمیت ۰/۹۱۳ در حاشیه قرار گرفته و مابقی متغیرها در اولویت های بعدی اهمیت می باشند.

در بخش مربوط به متغیر خروجی "نیاز انرژی برودتی" متغیرهای بااهمیت به ترتیب درجه اهمیت به شرح زیر اولویت بندی گردیدند:

۱- جداره کنترل نشده با درجه اهمیت ۱/۰۰۰
۲- ضخامت دیوار با درجه اهمیت ۱/۰۰۰
۳- جداره بام با درجه اهمیت ۰/۹۹۹
۴- تابش انرژی برودتی از پنجره با درجه اهمیت ۰/۹۹۴
۵- ضخامت پنجره با درجه اهمیت ۰/۹۸۴
۶- ضخامت دیوار خالص با درجه اهمیت ۰/۹۸۱

به طور کلی می توان به این جمع بندی رسید که از میان شاخص های شناسایی شده مؤثر بر بهینه سازی مصرف انرژی حاصل از نتایج ممیزی انرژی، تحلیل پرسشنامه ها و مصاحبه با متخصصان، شاخص های جداره کنترل نشده ،ضخامت دیوار ، جداره بام، ضخامت پنجره و ضخامت دیوار خالص از اهمیت بیشتری نسبت به سایر مؤلفه ها بر بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان های شهرداری منطقه ۷ برخوردار بوده و می‌توانند مؤلفه‌های اصلی مؤثر بر بهینه سازی مصرف انرژی محسوب شوند.

بررسی میزان تأثیر عناصر کلیدی بر بهینه سازی مصرف انرژی

با استفاده از نرم افزار Carrier ، سهم اتلاف انرژی در بخش های مختلف ساختمان های شهرداری مطابق جدول زیر شناسایی گردیدند :

جدول ۱۱) میزان تأثیر عناصر کلیدی بر بهینه سازی مصرف انرژی

ساختمان	نتایج
ساختمان مرکزی	میزان ۱۷٪ از کل اتلاف انرژی حرارتی و ۹٪ از کل اتلاف انرژی برودتی مربوط به نفوذ هوا می باشد که علل این امر با بررسی های صورت گرفته نصب نامناسب دریچه فن کویل، درزبندی نامناسب در محل اتصال پنجره و دیوار، نصب نامناسب سقف کاذب و درزبندی نامناسب سرامیک های کف است.
ناحیه ۱	میزان ۱۴٪ از کل اتلاف انرژی حرارتی و ۷٪ از کل اتلاف انرژی برودتی مربوط به اتلاف انرژی از دیوارها می باشد که علت این امر عدم عایق کاری مناسب دیوارهای ساختمان می باشد.همچنین بیشترین سهم اتلاف انرژی برودتی مربوط به ورود اشعه خورشید از پنجره ها و تبادل حرارتی از طریق پنجره ها و بام می باشد.

ساختمان	نتایج
ناحیه ۲	همانطور که در نتایج بدست آمده مشاهده شد، بیشترین سهم اتلاف حرارت از ساختمان، مربوط به دیوارها و پنجره‌ها می‌باشد. همچنین بیشترین سهم در اتلاف انرژی برودتی ساختمان مربوط به تبادل حرارتی از طریق دیوارها و نیز ورود اشعه خورشید از طریق پنجره ها به داخل می‌باشد.
ناحیه ۳	همانطور که در نتایج مشاهده شد، بیشترین سهم اتلاف حرارت از ساختمان، مربوط به دیوارها و کف می باشد.همچنین بیشترین سهم اتلاف انرژی برودتی ساختمان، مربوط به بام و نیز ورود اشعه خورشید از طریق پنجره ها به داخل می باشد.
ناحیه ۴	همانطور که از نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود، بیشترین سهم اتلاف حرارت از ساختمان، مربوط به پنجره‌ها و نفوذ هوای سرد به داخل ساختمان می‌باشد.بیشترین سهم اتلاف انرژی برودتی ساختمان نیز مربوط به ورود اشعه خورشید از طریق پنجره ها می‌باشد.
ناحیه ۵	همانطور که از نتایج مشاهده می‌شود، بیشترین سهم اتلاف حرارت از ساختمان، مربوط به دیوارها و نفوذ هوای سرد به داخل ساختمان می‌باشد و علت اصلی آن تک جداره بودن شیشه‌ها و همچنین وجود درزهای بسیار زیاد در اطراف آنها می‌باشد.

میزان مصرف انرژی، قبل و بعد از بهینه‌سازی و برچسب انرژی ساختمان

بعد از اجرای راهکارهای بهینه‌سازی در ساختمان، میزان مصرف انرژی در واحد سطح کاهش چشمگیری یافت. همانگونه که ذکر شد، این صرفه جویی، حداقل میزان صرفه جویی در ساختمان بوده به طوری که تعداد زیادی از راهکارهای ارائه شده در این صرفه جویی مورد محاسبه قرار نگرفته اند. بعد از انجام راهکارها میزان مصرف انرژی در واحد سطح ساختمان ۲۹۳wh/m^2/year و همچنین میزان تولید دی‌اکسیدکربن با توجه به میزان مصرف انرژی در ساختمان، برابر۷۲kg/year شده است. در کل انرژی مصرفی ساختمان، ۱۶ درصد کاهش مصرف انرژی و همینطور ۱۹ درصد کاهش تولید دی‌اکسید کربن در سال را به دنبال داشته است.

راهکارها و پیشنهادها

با توجه به نتایج بدست آمده، راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان های شهرداری منطقه به ۳ دسته راهکارهای کم هزینه، هزینه متوسط و پرهزینه تقسیم می شوند. صرفه جویی حاصل از اجرای تعدادی از راهکارها در ساختمان ها به همراه میزان صرفه جویی و دوره بازگشت سرمایه به شرح جدول ذیل ارائه شده است :

جدول ۱۲) راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان های شهرداری منطقه ۷

نوع راهکار	عنوان راهکار	میزان گاز صرفه جویی شده در سال (m^3)	هزینه صرفه جویی شده در سال (هزار ریال)	هزینه اجرا (هزار ریال)	بازگشت سرمایه (سال)
کم هزینه	تنظیم دمای داخلی اتاق	۵۰۰	۱۰۰۰	–	–
	درزبندی	۷۰۷	۳,۱۹۷	۲۸۰	۱
هزینه متوسط	تنظیم موتورخانه	۱۲۵۰	۲۵۰۰	۶۰۰۰	۲,۴
	عایق‌کاری بام	۱,۸۱۴	۱,۲۵۲	۱۰۴،۱۸۱	*
	عایق‌کاری دیوار	۵۵۲	۳۸۱	۴۲،۵۶۰	*

نوع راهکار	عنوان راهکار	میزان گاز صرفه جویی شده در سال (m^3)	هزینه صرفه جویی شده در سال (هزار ریال)	هزینه اجرا (هزار ریال)	بازگشت سرمایه (سال)
	جایگزینی شیشه‌های دوجداره	378	1,473	۱۱۴،۵۹۲	*
پرهزینه	استفاده از آبگرم‌کن خورشیدی	۱۱۱۲	۲۲۲۵	۳۰۵۰۰	۱۴
	نصب پنل خورشیدی (در ساختمان مرکزی)	۳۰,۰۰۰	۴۹,۵۰۰	۹۶۰,۰۰۰	۱۹
	نصب پنل خورشیدی (در ساختمان‌های نواحی)	۱۲,۰۰۰	۱۹,۸۰۰	۳۹۶,۰۰۰	۲۰

وضعیت انرژی ساختمان ها قبل و بعد از اجرای راهکارها مطابق جدول ذیل می باشد :

جدول ۱۳) وضعیت مصرف انرژی ساختمان های شهرداری منطقه ۷

	مقدار						
	واحد	ساختمان مرکزی	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ٤	ناحیه ٥
قبل از اجرای راهکارها	kW	۳۵۳,۴	۶۶	۶۰,۹	۶۰,۴	۹۳,۴	۳۵,۴
	kW	۴۳۳,۸	۷۹,۹	۹۱,۱	۷۶,۵	۱۲۴,۴	۵۷,۷
بعد از اجرای راهکارها	kW	۳۱۱,۵	۵۴	۵۲,۴	۵۴,۳	۷۵,۶	۲۸,۷
	kW	۳۹۸,۴	۶۲,۸	۶۸,۵	۶۲,۳	۱۱۵,۵	۶۸,۲

درخصوص محاسبه ضرایب انتقال حرارت در ابتدا می‌بایست ساختمان بهینه بر اساس مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان مورد بررسی قرار گیرد.بر اساس بند ۱۹-۲-۲-۵- مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، گروه‌بندی ساختمان‌ها از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی به شرح زیر می‌باشد:

گروه ۱: ساختمان‌های با (نیاز به) صرفه جویی در مصرف انرژی زیاد

گروه ۲: ساختمان‌های با (نیاز به) صرفه جویی در مصرف انرژی متوسط

گروه ۳: ساختمان‌های با (نیاز به) صرفه جویی در مصرف انرژی کم

گروه ۴: ساختمان‌های بدون (نیاز به) صرفه جویی در مصرف انرژی

شهر تهران در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در رده ساختمان‌های با نیاز به انرژی متوسط قرار دارد به طوری که نیاز به انرژی گرمایی در این شهرستان زیاد ولی نیاز انرژی سرمایی نسبتا کم است. نوع کاربری ساختمان‌ها در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، در گروه (ب) قرار دارد. از طرفی، شهر تهران در رده‌ی شهرهای بزرگ بوده و زیربنای ساختمان نیز بیش از ۱۰۰۰ متر مربع می‌باشد. لذا کلیه ساختمان‌های ناحیه مرکزی و نواحی تابعه، در گروه ۲ میزان صرفه‌جویی مصرف

انرژی قرار می‌گیرد. انرژی مصرفی ساختمان‌های مورد ممیزی عموما از گاز (غیر برقی) مـی‌باشـد و از مجموعـه بـه طـور منقطع استفاده می‌شود. درصورتی استفاده از ساختمان منقطع تلقی می‌شود که بتوان در هر شـبانه روز حـداقل ۱۰ سـاعت کنترل دما را متوقف کرد.جدول (۱۴) ضرایب مورد نیاز برای محاسبه ضریب انتقال حرارت مرجع ساختمان‌های غیر ویلایی (استاندادر مبحث ۱۹)- فضاهای با استفاده منقطع را نشان می‌دهد (ضرایب برحسب W/m2.k هستند، به غیر از ضـریب انتقال حرارت کف ساختمان که بر حسب W/m.k است)

جدول ١٤) ضرایب مورد نیاز برای محاسبه ضریب انتقال

نوع انرژی مصرفی	غیر برقی
گروه ساختمان از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی	گروه ۲
دیوار	۱,۳۹
بام تخت یا شیبدار	۰,۶۹
کف در تماس با هوا	۰۶۹
کف در تماس با خاک	۲,۰۲
جدار نورگذر	۴,۲۸
در	۴,۴۱
فضای کنترل نشده	۰,۸۸

میزان ضرایب انتقال حرارت استاندارد IECC برای منطقه 3C در جدول (۱۵) نشان داده شده است.

جدول ۱۵) ضرایب انتقال حرارت استاندارد IECC (U FACTORS)

منطقه	پنجره	پنجره سقفی	سقف	دیوار	جدار خالص دیوار	کف
3C	۰,۶۵	۰,۶۵	۰,۰۳۵	۰,۰۸۲	۰,۱۴۱	۰,۰۴۷

منابع

[۱] معقولی، کیوان. زنگنه، مرتضی، (۱۳۹۱)، اکتشاف دانش در داده آشنایی با داده کاوی، انتشارات دانشگاه آزاد سلامی واحد علوم و تحقیقات، ۳۳۰.

[۲] ربانی،مسعود، (۱۳۹۰)، طرح ریزی و استقرار سیستم مدیریت انرژی مبتنی بر استاندارد بین المللیISO50001:2011 ، ۱۱.

[۳] ستاری، سورنا. اکرام، عوامی، (۱۳۸۷)، ارزیابی فرصت های صرفه جویی مصرف انرژی در صنعت سیمان، مجله اقتصاد انرژی ، ۳۹-۳۴.

[۴] شعبانزاده، هادی.جوان، افشین، (۱۳۸۲)، استانداردها و برچسب کارایی انرژی کتاب راهنما برای وسایل تجهیزات و وسایل روشنایی، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۶.

[۵] ، شهرابی، جمال، (۱۳۹۲)، داده کاوی با کلمنتاین، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۶۸.

[۶] کاری،بهروز، (۱۳۹۱)، آیین کار ممیزی انرژی ساختمان ها، انتشارات مرکز تحقیقات راه،مسکن و شهرسازی، ۳۴۱.

[۷] محمدیان روشن مسیح (۱۳۸۷) اهمیت و ضرورت مدیریت مصرف انرژی مقاله رسالت ص ۱۸.

[۸] محمدی‌اردهالی مرتضی (۱۳۸۱) مفاهیم بهینه‌سازی مصرف انرژی مجله اقتصاد انرژی،ش ۴۲ ص ۱۷ - ۱۹.

[۹] مینایی بهروز (۱۳۹۰) آموزش گام به گام داده کاوی با کلمنتاین تهران نشر گروه مهندسی پژوهشی ساحر.

[۱۰] ولیداد محمدعلی (۱۳۸۸) طرح ملی کاهش تلفات انرژی گامی در راستای تحقق اصلاح الگوی مصرف،نشریه اقتصاد شماره ۳۳۵.

[11] Carvalho, D. Dubois, 2009, Feature selection using fuzzy objective functions in Proceedings of the IFSA/EUSFLAT, International Fuzzy Systems Association World Congress and 6thEUSFLAT Conference, 73–78.

[12] Hand, D. J., David Hand.Heikki,Mannila, 2001, Padhraic Smyth Principles of data mining,546.

[13] ISO,2011, Energy Management System Based on International Standard ISO50001:2011-Requirement With Guidance for use.11-20.

[14] L.Ladha,T.Deepa,Feature Selection Methods and Algorithms,2011, International Journal onComputer Science and Engineering (IJCSE),87–97.

[15] Singh ,Shailendra.Sanjay,Silakari, 2009, Anensemble approach for feature selection of CyberAttack Dataset,2009 ,(IJCSIS) InternationalJournal of Computer Science and Information Security, 297–302.