فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۱۱۴-۹۶
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

عنوان مقاله: مدیریت انرژی در ساختمان‌های مسکونی با تاکید بر مصالح مصرفی در استان گلستان
دوره ۷/ شماره ۲ / تابستان ۱۴۰۲/ ص ۱۱۴- ۹۶

مدیریت انرژی در ساختمان‌های مسکونی با تاکید بر مصالح مصرفی در استان گلستان

علی بشارتلو۱، محدثه ممشلی۲ و ایوب قزلسفلی۳
۱.کارشناس شهر سازی در شهرداری مینودشت
۲.کارشناس پیگیری مصوبات شورا در شهرداری مینودشت
۳.کارشناس عمران(تخلفات سازمانی) در شهرداری مینودشت

چکیده

بخش ساختمان سهم بالایی از مصرف انرژی در کشور را به خود اختصاص داده است که از عوامل اصلی آن میتوان بهای پایین انرژی در کشور و عدم عایق کاری حرارتی مناسب ساختمان ها را نام برد. هدف این تحقیق مدیریت انرژی در ساختمان های مسکونی با تاکید بر مصالح مصرفی در استان گلستان است. در بخش کیفی تحقیق و با استفاده از روش دلفی، از نظر متخصصان، مدیران، خبرگان و صاحبنظران حوزه منابع انسانی که با این امر، سروکار دارند، استفاده شده است و در نهایت منجر به استخراج و شناسایی متغیرها، گردید. جامعه هدف این تحقیق مهندسان و پیمانکاران و متخصصان پروژه‌های عمرانی بخش ساختمان در استان گلستان که به تعداد ۲۵ نفر می‌باشند. باتوجه به اینکه جامعه محدود بوده از نمونه‌گیری صرفنظر کرده و تعداد نمونه برابر با جامعه در نظر گرفته شده است. و از روش نمونه‌گیری تمام شماری و در نهایت با استفاده از تکنیک AHP با استفاده از نرم افزار EXPERT CHOICE استفاده شده است. براساس ادبیات پژوهش و نظرات تخصصی خبرگان در مجموع ۶۲ عامل شناسایی شده است. برای غربال شاخص‌ها و شناسایی شاخص‌های نهایی از رویکرد دلفی فازی استفاده شده است و ۵۵ شاخص در گام اول، ۵۱ شاخص در گام دوم و ۴۶ شاخص در گام سوم استخراج شده است. نتایج کلی این پژوهش نشان داد که از بین عوامل اصلی، عامل سرمایشی با وزن نسبی ۰,۴۸۴ در رتبه اول و عامل روشنایی و الکتریکی با وزن نسبی ۰,۳۲۱ در رتبه دوم و عامل گرمایشی با وزن نسبی ۰,۱۹۵ در رتبه سوم اهمیت قرار دارد.

واژگان کلیدی: شناسایی و ارزیابی، مدیریت انرژی ، ساختمان های مسکونی، مصالح مصرفی در استان گلستان

مقدمه

بخش ساختمان سهم بالایی از مصرف انرژی در کشور را به خود اختصاص داده است که از عوامل اصلی آن میتوان بهای پایین انرژی در کشور و عدم عایق کاری حرارتی مناسب ساختمان ها را نام برد با توجه به کیفیت نامناسب اجزای پوسته خارجی ساختمان ، انرژی بیشتری در ساختمان های کشور برای تامین گرمایش و سرمایش در فصل های تابستان وزمستان مصرف میشود و بدلیل پایین بودن بهای انرژی در کشور ، این مصرف بی رویه انرژی چندان مورد توجه قرار نمی گیرد و تمهیدات لازم جهت کاهش مصرف ، در معماری و پوسته ساختمان لحاظ نمی گردد. سیاست های فعلی کشور در زمینه مصرف و اهتمام دولت برای آزادسازی قیمت حامل های انرژی ، اجرای تمهیداتی به منظور کاهش مصرف در ساختمان ها را الزامی مینماید مدیریت انرژی و ملاحظات معماری درپوسته ساختمان به منظور آشنایی با اجزای پوسته ساختمان و تاثیر آن در انتقال حرارت و مصرف انرژی ساختمان میباشد. در دهه های اخیر احساس مسؤولیتی جدی در مصرف بهینه انرژی، افزایش راندمان آن و مسأله حمایت از محیط زیست ایجاد شده و مدیریت انرژی و اصلاح الگوی مصرف به امری اجتناب ناپذیر مبدل گردیده است. به علاوه بر اساس مطالعات انجام شده، بین ۱۵ تا ۲۰ درصد کل انرژی مصرفی هر کشور به مصرف فضاهای مسکونی اختصاص یافته است که این مقدار بیانگر هزینه بسیاری از بین بردن منابع طبیعی و تخریب محیط زیست در ابعاد وسیع است. از سوی دیگر، وابستگی بیش از حد درآمدهای کشورمان ایران، به منابع نفت و گاز، مقوله انرژی را به یکی از مهمترین و استراتژیک‌ترین حوزه ها در سیاستگذاری کلان کشور و دستیابی به توسعه پایدار تبدیل کرده است. آنچه که در این میان حائز اهمیت فراوانی است، مقوله راهبری مصرف حامل های انرژی به دلیل نقش فراینده آنها در سبد انرژی کشور و جهان است (ابراهیم پور و محمدکاری، ۱۳۹۳). تلفات حرارتی ساختمان در دیوار ها و سقف بیشتر از کف مورد توجه است زیرا کف ساختمان عموما روی خاک ، پیلوت ، پارکینگ و یا گربه روها قرا گرفته و انتقال حرارت از طریق کف به مراتب بسیار کمتر از دیوارها و بام ساختمان میباشد . پوسته ساختمان میبایست مطابق ضوابط مبحث ۱۹ مقرارت ملی ساختمان ساخته شود تا مصرف انرژی آن به حداقل برسد . بسیاری از ساختمان های ساخته شده فعلی بدلیل فرسودگی پوسته خود و عدم اجرای عایق کاری دارای مصارف بسیار بالاتری در مقایسه با استانداردهای انرژی میباشند .توپوگرافی مناسب و شرایطی که ساختمان در آن ساخته شده نیز میتواند به بهبود مصرف انژی آن کمک نماید بعنوان مثال وجود تپه یا بلندی اطراف ساختمان به کاهش شدت باد و کاهش نفوذ هوا در ساختمان کمک مینماید قرار گرفتن درختان در مجاورت ساختمان باعث میگردد آفتاب تابستان به جدار ساختمان برخورد نکرده و در زمستان که درختان برگهای خود را از دست میدهند ساختمان از آفتاب زمستان جهت کمک به گرمایش خود بهره مند گردد . مدیریت انرژی درساختمان مصرف انرژی ساختمان به میزان گرمایش ، سرمایش ، تهویه و روشنایی آن وابسته است . پوسته ساختمان روی تمامی این پارامتر ها بصورت مستقیم و غیر مستقیم تاثیر گذار است . همچنین مصرف انرژی در ساختمان به جهت شرایط جغرافیایی و اقلیمی منطقه و اینکه چه فصلی از سال یا چه زمانی از شبانه روز باشد نیز بستگی دارد(رحمانی وهمکاران،۱۳۹۶).

به عقیده کارشناسان، مصالح ساختمانی و روش های ساخت دیوار، در، پنجره، سقف و تقاضای موجود بازار برای پشم شیشه و عایق های رطوبتی و حرارتی نشان دهنده وضعیت نامطلوب عایق کاری و صدابندی و طراحی در صنعت خودرو و ساختمان است. خانوارهای شهری هر روز مقادیر زیادی آلودگی هوا، آلودگی صوتی وهزینه مصرف سوخت و برق را تقبل می کنند ئو خودروها و موتورسیکلت ها عامل ایجاد ۷۰ ٪ آلودگی هوا و ۹۰ ٪ آلودگی صوتی هستند(گیلانی و محمدکاری،۱۳۹۷).

نرخ رشد مصرف حامل های انرژی طی سال های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۶ در جهان ۱۱۹۸ درصد و در ایران ۳ / ۶ درصد بوده است، به عبارت دیگر در مدت زمان مورد اشاره، نرخ رشد مصرف حامل های انرژی در ایران بیش از سه برابر مقدار جهانی آن بوده است. شدت مصرف انرژی نیز در کشور ما بیش از چهار برابر متوسط جهانی آن برآورد شده است. بدین ترتیب با ادامه روند موجود در مصرف انرژی در کشور، در چشم انداز ۱۴۰۴، ایران از صادر کننده خالص انرژی به یک کشور وارد کننده مبدل خواهد شد و مزیت های نسبی درآمدهای سرشار ناشی از صادرات انرژی را نیز از دست خواهد داد. از این رو ضرورت مدیریت مصرف انرژی امری

غیرقابل چشم پوشی است. مدیریت صحیح مصرف انرژی مستلزم شناخت وضعیت موجود و الگوی مصرف، انجام برنامه ریزی و اعمال کنترل برای بهینه سازی و اصلاح الگوی مصرف می باشد (اربابیان، ۱۳۹۰). هدف از مدیریت انرژی، کاهش و منطقی کردن مصرف انرژی به نحوی است که توجیه اقتصادی داشته و در عین حال منجر به بروز تأثیراتی منفی در سطح رفاه و آسایش نگردد. انرژی مورد نیاز جهان در بخش هایی مانند حمل و نقل، صنایع، مسکونی، تجاری، خدمات و غیره مصرف می شود (ابراهیمی‌سالاری،۱۳۹۹).

مطابق آمارهای موجود، ساختمان های مسکونی ایران بزرگترین مصرف کننده انرژی این کشور می‌باشند. از طرف دیگر نه تنها پتانسیل صرفه جویی انرژی در بخش ساختمان و مسکن بطور کلی بیش از بخش های دیگر است، بلکه کاهش مصرف انرژی در این بخش ساده تر و با سرمایه گذاری کمتری نسبت به بخش های دیگر قابل دسترس می باشد (رحمانی ، ۱۳۹۸). از این رو در راستای کاهش مصرف انرژی در جهان و بخصوص ایران، یکی از سیاست های کارا می تواند کاهش مصرف انرژی بخش مسکونی باشد (امدادی و همکاران، ۱۳۹۲)، کاهش مصرف انرژی ساختمان های مسکونی در ایران بویژه در مقیاس وسیع، تأثیر بسزایی بر کل مصرف انرژی کشور خواهد داشت، در این راستا، خوشه بندی رفتار مصرف انرژی ساختمان های مسکونی، حمامی بسیار اثربخش خواهد بود. لذا با توجه به اهمیت موضوع، این پژوهش به مدیریت انرژی در ساختمان های مسکونی با تاکید بر مصالح مصرفی در استان گلستان می‌پردازد.

اهداف تحقیق

هدف اصلی:

شناسایی وارزیابی شاخص های مدیریت انرژی در ساختمان های مسکونی با تاکید بر مصالح مصرفی در استان گلستان .

اهداف فرعی:

شناسایی شاخص های مدیریت انرژی در ساختمان های مسکونی با تاکید بر مصالح مصرفی در استان گلستان با استفاده ازروش دلفی(مصاحبه با خبرگان ومتخصصان) انجام خواهد گرفت.

ارزیابی شاخص های مدیریت انرژی در ساختمان های مسکونی با تاکید بر مصالح مصرفی در استان گلستان با استفاده از تکنیک AHP انجام گرفت.

نوع روش تحقیق

از نظر هدف کاربردی چون نتایج تحقیق در جامعه تحقیق قابل استفاده است و در جوامع دیگر قابل آزمون است. از نظر روش، توصیفی، چون متغیرها در وضع موجود و بدون دستکاری تحلیل می شوند و از نظری جمع آوری اطلاعات، میدانی (پیمایشی)، چون از جامعه نمونه می‌گیریم.

روش گردآوری اطلاعات

روش گردآوری اطلاعات به دو روش کتابخانه ای و میدانی انجام شده است.

ابزار گردآوری اطلاعات

روش گردآوری اطلاعات به دو روش کتابخانه‌ای و میدانی انجام شده است. در این تحقیق با توجه به موضوع مورد بررسی و روش تحقیقی که پیمایشی است، از پرسشنامه به عنوان ابزار تحقیق استفاده می‌شود. در این پژوهش برای سنجش متغیرهای پژوهش از پرسشنامه بر مبنای مولفه‌های مدل پژوهش استفاده شد.

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

روش تجزیه و تحلیل داده ها و اطلاعات در این تحقیق به روش های زیر می باشد:

۱. از آمار توصیفی جهت برآورد مشخصه های مرکزی و تنظیم جداول توزیع فراوانی آماری و رسم نموداری استفاده شد.

۲. در این پژوهش به شناسایی وارزیابی مدیریت انرژی در ساختمان های مسکونی با تاکید بر مصالح مصرفی در استان گلستان باتوجه به تکنیک AHP با استفاده از نرم افزار EXPERT CHOICE پرداخته شد.

جامعه آماری،نمونه وروش نمونه گیری

تحقیق علمی با هدف شناخت یک پدیده در یک جامعه آماری انجام می شود. به این دلیل، موضوع تحقیق ممکن است متوجه صفات و ویژگی ها، کارکردها و متغیرهای آن باشد یا اینکه روابط بین متغیرها، صفات کنش و واکنشی و عوامل تأثیر گذار در جامعه را مورد مطالعه قرار دهد. جامعه آماری به کل گروه افراد، وقایع یا چیزهایی اشاره دارد که محقق می خواهد به تحقیق دربارۀ آن ها بپردازد (سارو خانی، ۱۳۸۷). جامعه هدف این تحقیق مهندسان و پیمانکاران و متخصصان پروژه های عمرانی در بخش ساختمان در استان گلستان می باشند.باتوجه به اینکه جامعه محدود بوده از نمونه گیری صرفنظر کرده وتعداد نمونه برابر با جامعه در نظر گرفته شده است. و از روش نمونه‌گیری تمام شماری استفاده شده است.

پیشینه پژوهش

- گیلانی و محمدکاری (۱۳۹۹)، با هدف بهره گیری از سیستم غیر فعال خورشیدی، عملکرد گلخانه خورشیدی را در شهر اردبیل به عنوان اقلیم سرد شبیه سازی کردند و مناسب ترین جهت را برای کابرد این سیستم مشخص کردند. استفاده از سلول های حرارتی خورشیدی نیز به عنوان تأمین کننده انرژی لازم مطالعه شده است. البته بازدهی سیستم های خورشیدی به پارامترهای محیطی بستگی زیادی دارد و در مناطقی که دمای هوا بالاتر و میزان تابش بیشتر است، بازدهی و میزان سرمایش تولید شده توسط سیستم های تهویه مطبوع فعال خورشیدی بیشتر می شود.

- رحمانی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی به بررسی ارائۀ یک مدل بهینه‌سازی چندهدفه برای افزایش کارایی انرژی در ساختمان‌های مسکونی پرداخته است.در این تحقیق با استفاده از مدل‌سازی ریاضی، راهکاری برای انتخاب ترکیب مناسبی از مصالح ساختمانی و سیستم‌های تهویۀ مطبوع فعال و غیرفعال در ساختمان‌های مسکونی ارائه شده است تا با استفاده از آن، هزینه-ها و همچنین میزان انرژی حرارتی مصالح ساختمان حداقل شود. مدل ارائه شده برای یک ساختمان مسکونی در شهر تهران به اجرا درآمد و ترکیب‌های بهینۀ مصالح، با توجه به الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان مشخص شد.

- ابراهیمی سالاری و همکاران (۱۳۹۶)، مصرف گاز مشترکان شهر مشهد را که از روش های بهینه سازی در ساختمان استفاده کرده اند با ساختمان های فاقد هر گونه بهینه سازی مقایسه کردند. نتایج نشان داد توجه به بهینه سازی سیستم های گرمایشی بدون بهینه سازی و عایق بندی ساختمان ها، نمی تواند در مصرف گاز صرفه جویی چشمگیری به همراه داشته باشد.

- عابدی و خسرویان (۱۳۹۵)، با هدف مقایسه چیلر تراکمی و چیلر جذبی و شرایط ترجیح استفاده از هر نوع، نشان دادند با توجه به تعرفه های برق و گاز مصرفی و هزینه های اولیه چیلرها، استفاده از چیلرهای تراکمی تا ظرفیت ۲۰۰ تن تبرید، از لحاظ اقتصادی با صرفه تر است.

- حسین آبادی، لشکری و سلیمانی مقدم (۱۳۹۴)، با استفاده از داده های اقلیمی ایستگاه هواشناسی سبزوار، نیازهای حرارتی ساختمان، مواقع نیاز و عدم نیاز به آفتاب در مواقع سرد و گرم را مشخص کردند و با استفاده از روش میزان انرژی تابیده شده بر سطوح قائم ساختمان، بهترین جهت گیری ساختمان را نشان دادند.

- عظمتی و حسینی (۱۳۹۲)، تأثیر جهت گیری ساختمان یک واحد آموزشی با شرایط هندسی و فیزیکی یکسان در اقلیم های آب و هوایی مختلف را بر میزان بارهای حرارتی و برودتی بررسی کردند

- دیاکاکی و همکاران[1](۲۰۱۸) در پژوهشی به بررسی بهبود بهره وری انرژی در بخش ساختمان با رویکرد بهینه سازی چندهدفه پرداختند؛ هدف آنها، کاهش مصرف انرژی و کاهش هزینه با استفاده از ترکیب عایق و انرژی خورشیدی در ساختمان بود. نتایج

[1]. Diakaki et al

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۱۱۴-۹۶
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

این بررسی ها نشان داد در این حالت نمی توان به یک جواب بهینهٔ منفرد دست یافت؛ بلکه یک مجموعه جواب پارتو به عنوان حد مطلوب مسئله وجود دارد.

- گریگورودیس وکلو کوتسا[2](۲۰۱۷)، یک مدل برنامه ریزی ریاضی چند هدفه را با در نظر گرفتن معیارهای مصرف انرژی اولیه، میزان انتشار دی اکسید کربن و هزینه سرمایه گذاری اولیه توسعه دادند. خروجی این مدل، اجزای جداره، نوع درها و پنجره ها و سیستم گرمایش، سرمایش و آب گرم را مشخص کرد.

- انتی پوا وهمکاران[3](۲۰۱۶)، یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح چندهدفه برای انتخاب عایق، نوع پنجره و استفاده از پنل های خورشیدی توسعه دادند. معیارهای در نظر گرفته شده شامل معیارهای محیطی و اقتصادی بود.

- ونگ، یوشیدا و اونو[4](۲۰۰۹)، با شبیه سازی انرژی مصرفی سیستمهای سرمایشی و گرمایشی در اوساکای ژاپن نشان دادند که استفاده از بهترین ترکیب سیستم های سرمایشی و گرمایشی، می تواند انرژی مصرفی اولیه و هزینه های انرژی را کاهش دهد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

رویه انجام این تحقیق بر اساس مفهوم AHP، بر سه گام اساسی استوار بوده است.

گام اول

شناسایی و رتبه بندی عوامل موثر بر مدیریت انرژی در ساختمان‌های مسکونی بر اساس مدل AHP (تدوین درخت سلسله مراتبی AHP) مساله تحقیق:

ابتدا با توجه به مرور متون و تحقیقات پیشین صورت گرفته و استفاده از نظرات کارشناسان (خبرگان) پژوهش که اقدام به طراحی و تبیین ایمنی در کارگاه‌های پروژه‌های عمرانی کرده‌اند و بمنظور شناسایی عوامل موثر بر مدیریت انرژی در ساختمان‌های مسکونی با تاکید بر مصالح مصرفی، درخت تصمیم سلسله‌مراتبی بایستی طراحی گردد که حاصل این مرحله ۱۶ عامل موثر در قالب ۳ عامل اصلی می‌باشد که این عوامل موثر در جدول۱ ارائه و دسته بندی شده است و درخت سلسله مراتبی آن در نمودار (۱) ترسیم شده است.

جدول ابعاد، مولفه و شاخص‌های تبیین مدیریت انرژی در ساختمان‌های مسکونی با تاکید بر مصالح مصرفی در استان گلستان

ابعاد	مولفه ها	شاخص ها
عامل سرمایشی	عایق کاری دیواره‌ها	۱. شناسایی مصالح
		۲. دقت انجام کار
		۳. نظارت دقیق
	دوجداره کردن پنجره‌ها	۴. استانداردسازی
		۵. مشارکت در اجرا
	بهینه‌سازی انرژی در موتورخانه	۶. انتقال انرژی
		۷. رعایت اصول
		۸. دقت انجام کار
		۹. بهینه سازی مصالح
		۱۰. متناسب سازی

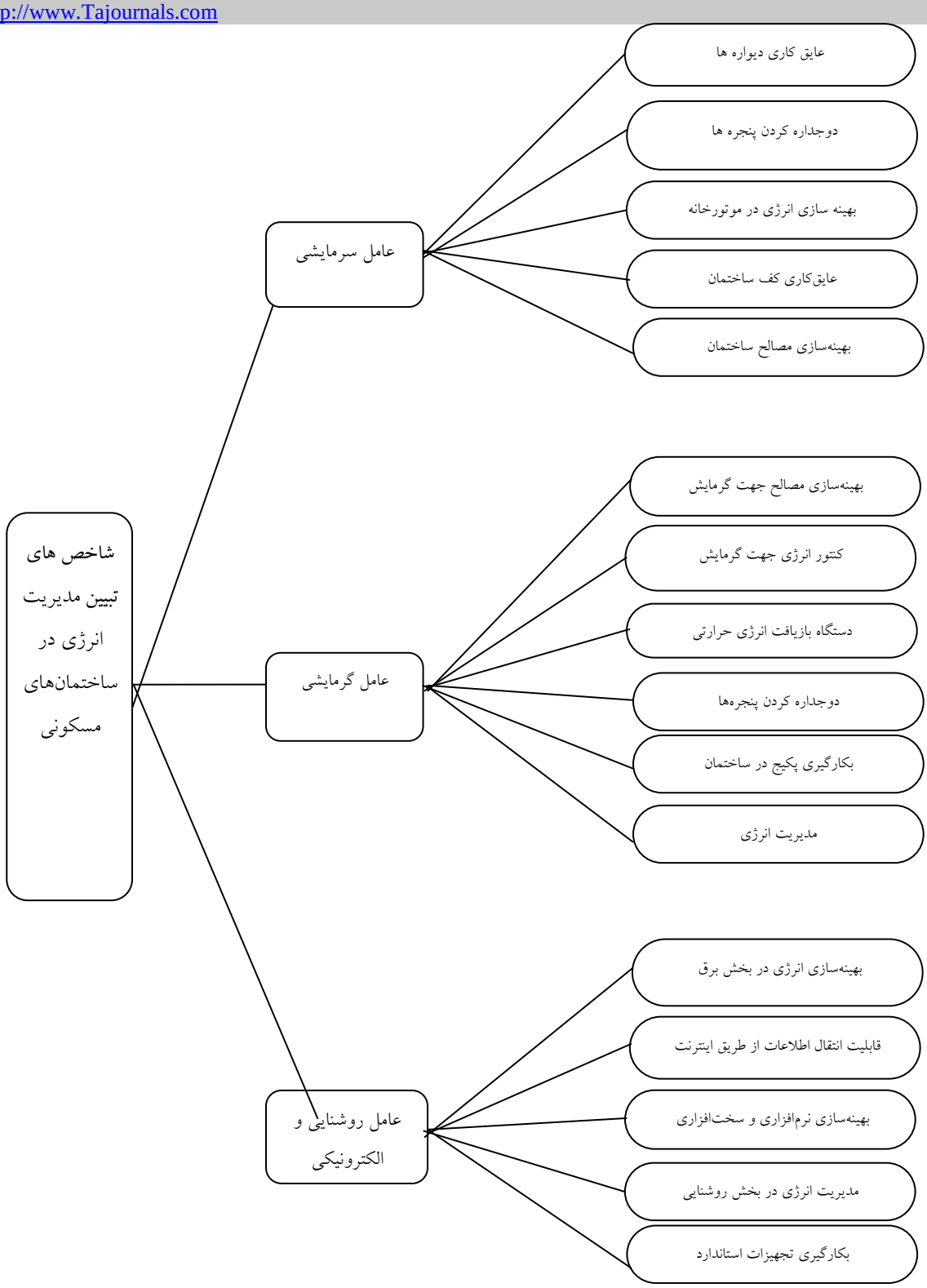
[2]. Gregorodis Veklo Kotsa

[3] . Antipoa et al

[4] . Wong, Yoshida and Ono

	عایق‌کاری کف ساختمان	۱۱. کیفیت مصالح
		۱۲. استانداردسازی
	بهینه‌سازی مصالح ساختمان جهت سرمایش	۱۳. مشارکت کارکنان در بحث نظارت
		۱۴. نظارت در انتخاب مصالح
		۱۵. آگاهی از مصالح ساختمانی
عامل گرمایشی	بهینه‌سازی مصالح جهت گرمایش	۱۶. دقت در انتخاب مصالح
		۱۷. استاندارد سازی
		۱۸. کیفیت مصالح
	کنتور انرژی جهت گرمایش	۱۹. بالا بردن سطح انرزی کنتور
		۲۰. ارتقاء انرزی
		۲۱. استاندارد سازی
	دستگاه بازیافت انرژی حرارتی	۲۲. سرعت فعالیت
		۲۳. کیفیت فعالیت
	دوجداره کردن پنجره‌ها	۲۴. مدیریت انرژی
		۲۵. مصالح استاندارد
		۲۶. کیفیت مواد
		۲۷. دقت انجام کار
	بکارگیری پکیج در ساختمان	۲۸. سرعت انجام کار
		۲۹. پکیج استاندارد
	مدیریت انرژی	۳۰. شناخت موثر
		۳۱. قابلیت اطمینان
		۳۲. بهینه سازی
		۳۳. ارتباط موثر با فعالیت
عامل روشنایی و الکترونیکی	بهینه‌سازی انرژی در بخش برق	۳۴. استاندارد سازی
		۳۵. راهبردهای هدفمند
		۳۶. توانایی تسهیل تغییرات
	قابلیت انتقال اطلاعات از طریق اینترنت	۳۷. انتقال اطلاعات
		۳۸. توجه به نیازهای ساختمان
	بهینه‌سازی نرم‌افزاری و سخت-افزاری	۳۹. ارتباط موثر با هم
		۴۰. توانمندسازی
		۴۱. تعامل
	مدیریت انرژی در بخش روشنایی	۴۲. استاندارد بودن
		۴۳. تقسیم کار
		۴۴. مشابه بودن
	بکارگیری تجهیزات استاندارد	۴۵. افزایش کارایی
		۴۶. کیفیت تجهیزات

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۱۱۴-۹۶
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com



نمودار ۱. نمودار درخت سلسله مراتبی AHP شاخص‌های تبیین مدیریت انرژی در ساختمان‌های مسکونی

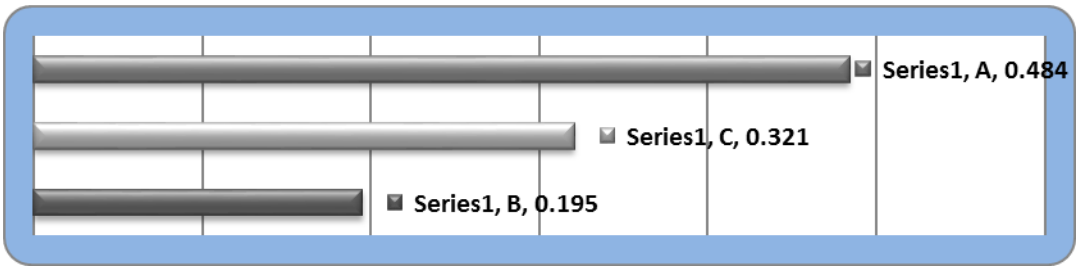
فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۱۱۴-۹۶
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

گام دوم: محاسبه وزن عوامل اصلی

در گام دوم، برای محاسبه اهمیت (وزن) نسبی هریک از عوامل اصلی پرسشنامه‌ای مطابق با فرمت پرسشنامه AHP (مقایسه دو به دو) برای کسب نظرات خبرگان تهیه و توزیع شد. این پرسشنامه شامل یک ماتریس برای مقایسه زوجی عوامل می‌باشد. بنابراین به تعداد مقایسه وجود دارد. با توجه به اینکه سطح یک دارای ۳ عامل بودند تعداد مقایسات و یا سئوالات برابر با : $\frac{n(n-1)}{2}=\frac{3(3-1)}{2}=3$ پس از تکمیل پرسشنامه‌ها نرخ ناسازگاری هریک ازآنها بصورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. سرانجام ۲۵ پرسشنامه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و با استفاده از نرم افزار TEAM EXPERT CHOICE نظرات افراد با یکدیگر تلفیق گردید. این نرم افزار دارای امکانات گسترده‌ای جهت اخذ ماتریس‌های مقایسات زوجی افراد و سپس تلفیق ماتریس-های افراد گوناگون و تبدیل به یک ماتریس واحد است که از طریق میانگین هندسی تک تک عناصر ماتریس‌های افراد بدست می-آید.

جدول ۲ ماتریس تلفیق شده (هندسی) مقایسات زوجی گروهی سطح یک

عوامل اصلی	A	B	C	وزن	رتبه
A	۱	2.217	1.686	0.484	1
B	0.451	۱	0.544	0.195	3
C	0.593	1.838	۱	0.321	2
IR=0.01<0.1(نرخ ناسازگاری)					



نمودار ۴-۲. نمودار وزنی عوامل اصلی

نتایج تحلیل جدول ۲ محاسبه شده وزن عوامل اصلی نشان می‌دهد که عامل سرمایشی با وزن نسبی ۰,۴۸۴ در رتبه اول و عامل روشنایی و الکتریکی با وزن نسبی ۰,۳۲۱ در رتبه دوم و عامل گرمایشی با وزن نسبی ۰,۱۹۵ در رتبه سوم اهمیت قرار دارد.

-تشریح کامل نحوه محاسبات صورت گرفته جدول بالا توسط نرم افزار(Expert Choice)

برای مثال میانگین هندسی درایه a_{12} جدول فوق به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$a_{12}=(3\times....\times 6)^{\frac{1}{25}}=2.217$$

و با توجه به اصل معکوس‌پذیری در روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) عناصر زیر قطر ماتریس معکوس، عناصر بالای قطر می‌باشند. برای مثال درایه a_{21} به صورت زیر بدست می‌آید.

$$a_{21}=\frac{1}{2.217}=0.451$$

بقیه عناصر جدول نیز به این صورت بدست می‌آید که نتایج حاصل به شرح جدول ۴-۹ می‌باشد.

نحوه محاسبه اوزان سطح یک بصورت زیر تشریح می‌گردد. بدین ترتیب پس از محاسبه میانگین هندسی نظرات کارشناسان ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری مسئله را با استفاده از رابطه زیر نرمالیزه می‌نماییم.

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۱۱۴-۹۶
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

$$r_{ij}=\frac{\overline{a_{ij}}}{\sum_{i=1}^{n}\overline{a_{ij}}}$$

بعنوان مثال برای به‌دست آوردن درایه r_{11} و r_{21} ماتریس نرمالیزه شده به صورت زیر عمل می‌کنیم. ابتدا کلیه درایه‌های ستون اول از ماتریس تلفیق شده (هندسی) را با هم جمع می‌کنیم:

$$\sum_{i=1}^{3}\overline{a_{i1}}=1+0.451+0.593=2.044$$

سپس درایه $\bar{a}_{11}$ از ماتریس تلفیق شده(هندسی) را بر جمع کل ستون اول($\sum_{i=1}^{n}\overline{a_{ij}}$)تقسیم می‌کنیم.

$$\overline{a_{11}}=\frac{1}{2.044}=0.489$$

بقیه عناصر ماتریس نرمالیزه شده طبق فرمول بالا محاسبه می‌شود که نتایج آن در جدول ۴-۵ آمده است.

جدول ۳ ماتریس نرمالیزه شده مقایسات زوجی

	A	B	C	جمع سطری	اوزن	رتبه
A	0.489	0.439	0.522	1.450	0.484	1
B	0.221	0.198	0.168	0.587	0.195	3
C	0.290	0.364	0.310	0.963	0.321	2

پس از نرمالیزه نمودن ماتریس تصمیم‌گیری گروهی حالا نوبت به محاسبه وزن‌دهی مؤلفه‌های سطح یک می‌رسد.که در این مرحله با استفاده از روش میانگین سطری که رابطهٔ آن بصورت زیر می‌باشد وزن هریک از آنها را محاسبه می‌نمایم.

.

$$W_i=\frac{\sum_{i=1}^{n}w_{ij}}{n},\ j=1,2,\ldots,n \qquad ,\ \sum_{i=1}^{n}W_i=1$$

بعنوان مثال برای محاسبه وزن A ابتدا کلیه عناصر سطر اول از ماتریس نرمالیزه شده را با هم جمع می‌کنیم و سپس تقسیم بر تعداد کلیه عامل‌های اصلی مورد نظر که ۳ تا می‌باشد می‌کنیم. بنابراین داریم:

بدین ترتیب بقیه اوزان بطریق بالا محاسبه گردیده که نتایج آن در جدول ۴-۵ آمده است.

$$\frac{\sum_{i=1}^{n}w_{ij}}{n}=\frac{0.489+0.439+0.522}{3}=0.483$$

نحوه محاسبه نرخ سازگاری ماتریس تصمیم‌گیری گروهی (جدول۴-۶):

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۱۱۴-۹۶
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

برای اینکه بتوان به رتبه (اولویت) عوامل موثر بر مدیریت انرژی در ساختمان‌های مسکونی با تاکید بر مصالح مصرفی اعتماد کرد بایستی نرخ ناسازگاری (I.R) ماتریس مقایسات زوجی را محاسبه کرد. بدین ترتیب مراحل محاسبه نرخ ناسازگاری بصورت زیر می‌باشد:

گام اول) محاسبه بردار مجموع وزنی(WSV):

$$WSV = D \times W$$

ابتدا ماتریس مقایسه زوجی D (جدول ۴-۹) را در بردار وزن‌های نسبی(W) ضرب می‌کنیم:

$$\mathrm{WSV} = \begin{bmatrix} 1 & 2.217 & 1.686 \\ 0.451 & 1 & 0.544 \\ 0.593 & 1.838 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.484 \\ 0.195 \\ 0.321 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.458 \\ 0.588 \\ 0.966 \end{bmatrix}$$

گام دوم) محاسبه بردار سازگاری(CV):

عناصر بردار مجموع وزنی را بر بردار وزن‌های نسبی تقسیم می‌کنیم. به بردار حاصل، بردار سازگاری گفته می‌شود.

$$\mathrm{CV} = \begin{bmatrix} 1.458 \\ 0.588 \\ 0.966 \end{bmatrix} \div \begin{bmatrix} 0.484 \\ 0.195 \\ 0.321 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.011 \\ 3.015 \\ 3.011 \end{bmatrix}$$

گام سوم) محاسبه بزرگترین مقدار ویژه ماتریس مقایسات زوجی ($\lambda_{\max}$):

$$\lambda_{\max} = \frac{3.011 + 3.015 + 3.011}{3} = 3.012$$

گام چهارم) محاسبه شاخص ناسازگار(II):شاخص ناسازگاری بصورت زیر حساب می‌شود:

$$II = \frac{3.012 - 3}{3} = 0.004$$

گام پنجم) محاسبه نرخ ناسازگاری(IR): به این منظور، به ترتیب زیر عمل می‌شود:

$$IR = \frac{II}{IRI} = \frac{0.004}{0.58} = 0.01 \le 0.1$$

جدول۴-۶. شاخص تصادفی I. RI (Saatey.1980)

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
I.R.I	۰	۰	۰.۵۸	۰.۹	۱.۱۲	۱.۲۴	۱.۳۲	۱.۴۱	۱.۴۵	۱.۵۱

در اینجا IRI (شاخص ناسازگاری تصادفی) مقداری است که از جدول مربوطه استخراج می‌شود. که این مقدار برای ماتریس با بعد n=3 برابر با 0.58 می‌باشد. در نهایت نرخ ناسازگاری ماتریس مورد نظر برابر (IR=۰،۰۱) است و چون این مقدار کمتر از ۰،۱ است ($IR \le 0.1$) بنابراین در مقایسات زوجی، سازگاری وجود دارد.

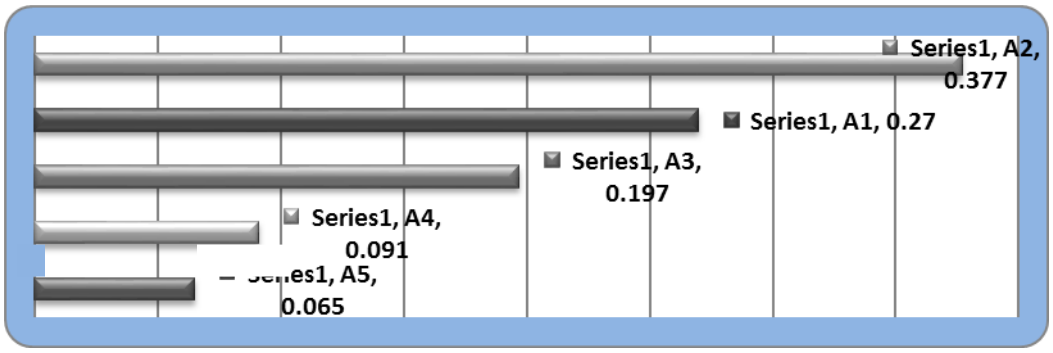
فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۱۱۴-۹۶
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

گام سوم: محاسبه وزن عناصر سطح دو (اوزان محلی)

سومین قدم محاسبه وزن عوامل فرعی موثر در هر زیرگروه می‌باشد که نتایج بشرح جداول زیر می‌باشد:

جدول ماتریس مقایسه زوجی عوامل فرعی عامل سرمایشی

عامل سرمایشی A	A1	A2	A3	A4	A5	وزن	رتبه
A1	۱	۰,۶۸۸	۱,۴۱۴	۳,۳۲۴	۳,۸۷۸	۰,۲۷۰	۲
A2	۱,۴۵۲	۱	۲,۲۸۳	۳,۱۰۷	۶,۱۹۸	۰,۳۷۷	۱
A3	۰,۷۰۷	۰,۴۳۸	۱	۲,۸۵۳	۲,۸۰۷	۰,۱۹۷	۳
A4	۰,۳۰۰	۰,۳۲۱	۰,۳۵۰	۱	۱,۴۵۱	۰,۰۹۱	۴
A5	۰,۲۵۷	۰,۱۶۱	۰,۳۵۶	۰,۶۸۹	۱	۰,۰۶۵	۵
IR=0.01<0.1							



نمودار ۴-۳. نمودار وزنی عوامل فرعی سرمایشی

نتایج تحلیل جدول محاسبه شده اوزان عوامل فرعی سرمایشی نشان می‌دهد که عامل دوجداره کردن پنجره‌ها با وزن نسبی ۰,۳۷۷ در رتبه اول و پس از آن عامل عایق کاری دیواره‌ها با وزن نسبی ۰,۲۷۰ در رتبه دوم و عامل بهینه‌سازی انرژی در موتورخانه با وزن نسبی ۰,۱۹۷ در رتبه سوم و عامل عایق کاری کف ساختمان با وزن نسبی ۰,۰۹۱ در رتبه چهارم و عامل بهینه سازی مصالح ساختمان جهت سرمایش با وزن نسبی ۰,۰۶۵ در رتبه پنجم اهمیت قرار دارد.

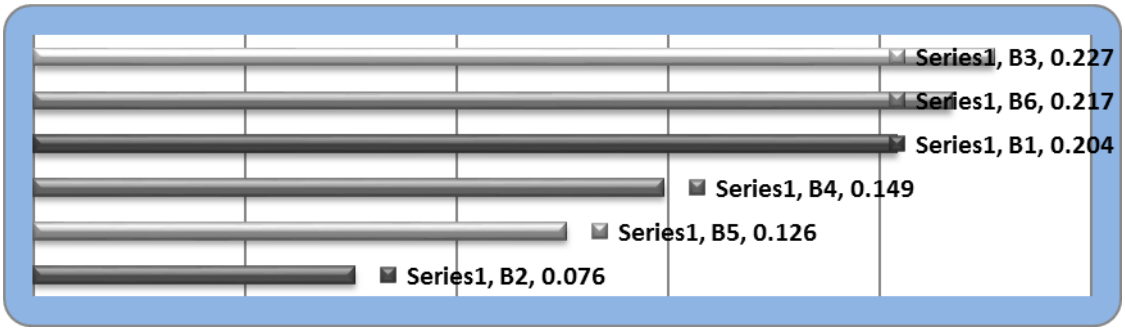
در نهایت نرخ ناسازگاری ماتریس مورد نظر برابر(IR=۰,۰۱) است و چون این مقدار کمتر از ۰,۱ است ($IR \leq 0.1$) بنابراین در مقایسات زوجی ماتریس مورد نظر، سازگاری در قضاوت خبرگان وجود دارد.

جدول ماتریس مقایسه زوجی عوامل فرعی عامل گرمایشی

عامل گرمایشی B	B1	B2	B3	B4	B5	B6	وزن	رتبه
B1	۱	4.653	0.756	1.741	0.759	1.043	0.204	3
B2	0.214	۱	0.468	0.344	0.502	0.686	0.076	6
B3	1.322	2.136	۱	1.250	2.718	1.245	0.227	1

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۱۱۴-۹۶
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

B4	0.574	2.899	0.800	۱	1.346	0.546	0.149	4
B5	1.316	1.991	0.367	0.742	۱	0.301	0.126	5
B6	0.958	1.456	0.803	1.829	3.314	1	0.217	2
IR=0.07<0.1								

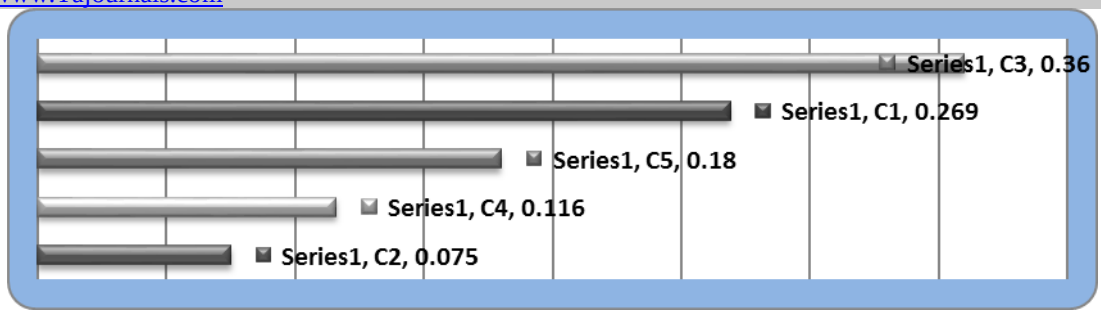


نمودار ۴-۴. نمودار وزنی عوامل فرعی گرمایشی

نتایج تحلیل جدول محاسبه شده اوزان عوامل فرعی گرمایشی نشان می‌دهد که عامل دستگاه بازیافت انرژی حرارتی با وزن نسبی ۰,۲۲۷ در رتبه اول و پس از آن عامل مدیریت انرژی با وزن نسبی ۰,۲۱۷ در رتبه دوم و عامل بهینه‌سازی مصالح جهت گرمایش با وزن نسبی ۰,۲۰۴ در رتبه سوم و عامل دوجداره کردن پنجره‌ها با وزن نسبی ۰,۱۴۹ در رتبه چهارم و عامل بکارگیری پکیج در ساختمان با وزن نسبی ۰,۱۲۶ در رتبه پنجم و عامل کنتور انرژی جهت گرمایش با وزن نسبی ۰,۰۷۶ در رتبه ششم اهمیت قرار دارد. در نهایت نرخ ناسازگاری ماتریس مورد نظر برابر(IR=0.07) است و چون این مقدار کمتر از ۰,۱ است ($IR \leq 0.1$) بنابراین در مقایسات زوجی ماتریس مورد نظر، سازگاری در قضاوت خبرگان وجود دارد.

جدول. ماتریس مقایسه زوجی عوامل فرعی عامل روشنایی و الکترونیکی

عامل روشنایی و الکترونیکی C	C1	C2	C3	C4	C5	اوزان	رتبه
C1	1	3.565	0.803	2.674	1.230	0.269	2
C2	0.280	1	0.201	0.697	0.410	0.075	5
C3	1.245	4.957	1	3.569	1.843	0.360	1
C4	0.373	1.434	0.280	1	0.881	0.116	4
C5	0.813	2.436	0.542	1.134	1	0.180	3
IR=0.01<0.1							



نمودار ۴-۵. نمودار وزنی عوامل فرعی روشنایی و الکترونیکی

نتایج تحلیل جدول محاسبه شده اوزان عوامل فرعی روشنایی و الکترونیکی نشان می‌دهد که عامل بهینه‌سازی نرم‌افزاری و سخت‌افزاری با وزن نسبی ۰,۳۶۰ در رتبه اول و پس از آن عامل بهینه‌سازی انرژی در بخش برق با وزن نسبی ۰,۲۶۹ در رتبه دوم و عامل بکارگیری تجهیزات استاندارد با وزن نسبی ۰,۱۸۰ در رتبه سوم و عامل مدیریت انرژی در بخش روشنایی با وزن نسبی ۰,۱۱۶ در رتبه چهارم و عامل قابلیت انتقال اطلاعات از طریق اینترنت با وزن نسبی ۰,۰۷۵ در رتبه پنجم اهمیت قرار دارد. در نهایت نرخ ناسازگاری ماتریس مورد نظر برابر (IR=۰,۰۱) است و چون این مقدار کمتر از ۰,۱ است ($IR \leq 0.1$) بنابراین در مقایسات زوجی ماتریس مورد نظر، سازگاری در قضاوت خبرگان وجود دارد.

گام چهارم: وزن نهایی عناصر

وزن نهایی عناصر هر گروه برابر است با حاصلضرب وزن محلی عناصر در وزن سر گروه خود (عوامل اصلی) و نهایت رتبه هر یک از عوامل مؤثر بر ایمنی در کارگاه‌های پروژه‌های عمرانی مشخص می‌گردد که نتایج این گام در جدول آمده است.

جدول رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر مدیریت انرژی در ساختمان‌های مسکونی با تاکید بر مصالح مصرفی براساس روش تحلیل سلسله مراتبی AHP

عوامل اصلی	وزن عوامل اصلی	عوامل فرعی	وزن محلی عوامل فرعی	وزن نهایی	رتبه (اولویت)
A	0.484	A1	0.270	0.130	2
		A2	0.377	0.182	1
		A3	0.197	0.095	4
		A4	0.091	0.043	8
		A5	0.065	0.031	12
B	0.195	B1	0.204	0.040	10
		B2	0.076	0.014	16
		B3	0.227	0.044	7
		B4	0.149	0.030	13
		B5	0.126	0.025	14
		B6	0.217	0.042	9
C	0.321	C1	0.269	0.086	5
		C2	0.075	0.024	15

		C3	0.360	0.115	3
		C4	0.116	0.037	11
		C5	0.180	0.057	6

نتایج پژوهش

نتایج تحلیل جدول محاسبه شده وزن عوامل اصلی نشان می‌دهد که عامل سرمایشی با وزن نسبی ۰,۴۸۴ در رتبه اول و عامل روشنایی و الکتریکی با وزن نسبی ۰,۳۲۱ در رتبه دوم و عامل گرمایشی با وزن نسبی ۰,۱۹۵ در رتبه سوم اهمیت قرار دارد.

نتایج تحلیل جدول محاسبه شده اوزان عوامل فرعی سرمایشی نشان می‌دهد که عامل دوجداره کردن پنجره‌ها با وزن نسبی ۰,۳۷۷ در رتبه اول و پس از آن عامل عایق کاری دیواره‌ها با وزن نسبی ۰,۲۷۰ در رتبه دوم و عامل بهینه‌سازی انرژی در موتورخانه با وزن نسبی ۰,۱۹۷ در رتبه سوم و عامل عایق کاری کف ساختمان با وزن نسبی ۰,۰۹۱ در رتبه چهارم و عامل بهینه سازی مصالح ساختمان جهت سرمایش با وزن نسبی ۰,۰۶۵ در رتبه پنجم اهمیت قرار دارد.

نتایج تحلیل جدول محاسبه شده اوزان عوامل فرعی گرمایشی نشان می‌دهد که عامل دستگاه بازیافت انرژی حرارتی با وزن نسبی ۰,۲۲۷ در رتبه اول و پس از آن عامل مدیریت انرژی با وزن نسبی ۰,۲۱۷ در رتبه دوم و عامل بهینه‌سازی مصالح جهت گرمایش با وزن نسبی ۰,۲۰۴ در رتبه سوم و عامل دوجداره کردن پنجره‌ها با وزن نسبی ۰,۱۴۹ در رتبه چهارم و عامل بکارگیری پکیج در ساختمان با وزن نسبی ۰,۱۲۶ در رتبه پنجم و عامل کنتور انرژی جهت گرمایش با وزن نسبی ۰,۰۷۶ در رتبه ششم اهمیت قرار دارد. در نهایت نرخ ناسازگاری ماتریس مورد نظر برابر(IR=0.07) است و چون این مقدار کمتر از ۰,۱ است ($IR \leq 0.1$) بنابراین در مقایسات زوجی ماتریس مورد نظر، سازگاری در قضاوت خبرگان وجود دارد.

نتایج تحلیل جدول محاسبه شده اوزان عوامل فرعی روشنایی و الکترونیکی نشان می‌دهد که عامل بهینه‌سازی نرم‌افزاری و سخت‌افزاری با وزن نسبی ۰,۳۶۰ در رتبه اول و پس از آن عامل بهینه‌سازی انرژی در بخش برق با وزن نسبی ۰,۲۶۹ در رتبه دوم و عامل بکارگیری تجهیزات استاندارد با وزن نسبی ۰,۱۸۰ در رتبه سوم و عامل مدیریت انرژی در بخش روشنایی با وزن نسبی ۰,۱۱۶ در رتبه چهارم و عامل قابلیت انتقال اطلاعات از طریق اینترنت با وزن نسبی ۰,۰۷۵ در رتبه پنجم اهمیت قرار دارد. در نهایت نرخ ناسازگاری ماتریس مورد نظر برابر (IR=۰,۰۱) است و چون این مقدار کمتر از ۰,۱ است ($IR \leq 0.1$) بنابراین در مقایسات زوجی ماتریس مورد نظر، سازگاری در قضاوت خبرگان وجود دارد.

جدول رتبه‌بندی متغیرهای اصلی بر اساس اوزان

رتبه‌بندی	اوزان گزینه‌ها	گزینه‌ها استراتژی
۱	۰/۴۸۴	عامل سرمایشی
۲	۰/۳۲۱	عامل روشنایی و الکتریکی
۳	۰/۱۹۵	عامل گرمایشی

باتوجه به ارزیابی صورت گرفته، مولفه عامل سرمایشی باوزن ۰/۴۸۴ در رتبه اول، و عامل روشنایی و الکتریکی باوزن ۰/۳۲۱ در رتبه دوم و عامل گرمایشی باوزن ۰/۱۹۵ در رتبه سوم قرار گرفت.

جدول رتبه‌بندی متغیرهای فرعی بر اساس اوزان

رتبه‌بندی	اوزان گزینه‌ها	گزینه‌ها استراتژی
۱	۰/۱۸۲	عایق کاری دیواره ها
۲	۰/۱۳۰	دوجداره کردن پنجره‌ها
۳	۰/۱۱۵	بهینه‌سازی انرژی در موتورخانه

۴	۰/۰۹۵	عایق‌کاری کف ساختمان
۵	۰/۰۸۶	بهینه‌سازی مصالح ساختمان جهت سرمایش
۶	۰/۰۵۷	بهینه‌سازی مصالح جهت گرمایش
۷	۰/۰۴۴	کنتور انرژی جهت گرمایش
۸	۰/۰۴۳	دستگاه بازیافت انرژی حرارتی
۹	۰/۰۴۲	دوجداره کردن پنجره‌ها
۱۰	۰/۰۴۰	بکارگیری پکیج در ساختمان
۱۱	۰/۰۳۷	مدیریت انرژی
۱۲	۰/۰۳۱	بهینه‌سازی انرژی در بخش برق
۱۳	۰/۰۳۰	قابلیت انتقال اطلاعات از طریق اینترنت
۱۴	۰/۰۲۵	بهینه‌سازی نرم‌افزاری و سخت‌افزاری
۱۵	۰/۰۲۴	مدیریت انرژی در بخش روشنایی
۱۶	۰/۰۱۴	بکارگیری تجهیزات استاندارد

باتوجه به ارزیابی صورت گرفته، مولفه عایق کاری دیواره ها باوزن ۰/۱۸۲ در رتبه اول، وعامل بکارگیری تجهیزات استاندارد باوزن ۰/۰۱۴ در رتبه شانزدهم و آخر قرار گرفتند.

بحث و تفسیر

باید توجه داشت که توجیه اقتصادی و محدودیت های سرمایه گذاری از مهم ترین عوامل موثر در هر برنامه جایگزینی انرژی می باشند. بنابراین در اولین قدم باید همه منابع تجدید پذیر انرژی به دقت بررسی شده و پتانسیل و چگالی انرژی در محل های مختلف تعیین گردد. به طور خلاصه جایگزینی انرژی به تصمیم گیری، تفکر و برنامه ریزی و نهایتا به سرمایه گذاری نیاز دارد. همچنین ضروری است تا نهادهای بین المللی از برنامه های تبدیل انرژی های نو، پشتیبانی مالی مناسب به عمل آورند. گذشته از این، توسعه نیازمند پیشرفت تکنولوژیکی بیشتر می باشد و این هدف از طریق افزایش برنامه های تحقیقاتی و نیز از طریق همکاری های گسترده فنی در سطح جهان قابل دستیابی است و این امر به تفکر هوشمندانه و ایده های صحیح نیازمند است. با تغییر تکنیک های بهره برداری از ذخایر و منابع تأمین انرژی، قیمت های انرژی استحصال شونده از منابع مختلف در حال نوسان می باشد. با داشتن اطلاعات به روز خصوصاً با سرعت بالای انتقال اطلاعات از طریق اینترنت می توان راه حل های بهینه و منابع تأمین انرژی مناسب را انتخاب و در مسیر تغییر نوع انرژی برای استفاده کارا در ساختمان اقدام نمود. استفاده از انرژی خورشیدی، باد، حرارت زمین و... نه فقط به صورت جداگانه بلکه با ترکیب هم در یک زمان نیز می تواند به کار گرفته شود. نهایتا این که یارانه سوخت های فسیلی، مانعی جهانی در راه توسعه سیستم های تجدید پذیر به شمار می رود. در حال حاضر حذف تدریجی این یارانه در کشور ما پذیرفته شده است و به صورت تدریجی در حال اجرا می باشد. با بررسی سوابق موجود در زمینه مدیریت انرژی تاکنون این امر به صورت مقررات نحوه مهار انرژی در بخش مسکن، صنعت و حمل و نقل با سیاست های تشویقی و استفاده از برچسب های انرژی در وسایل مصرف کننده انرژی و بعلاوه اعمال مالیات به صورت مضاعف در مورد سوخت های فسیلی در برخی کشورها بوده است.گیلانی و محمدکاری (۱۳۹۷)، با هدف بهره گیری از سیستم غیر فعال خورشیدی، عملکرد گلخانه خورشیدی را در شهر اردبیل به عنوان اقلیم سرد شبیه سازی کردند و مناسب ترین جهت را برای کابرد این سیستم مشخص کردند. استفاده از سلول های حرارتی خورشیدی نیز به عنوان تأمین کننده انرژی لازم مطالعه شده است. البته بازدهی سیستم های خورشیدی به پارامترهای محیطی بستگی زیادی دارد و در مناطقی که دمای هوا بالاتر و میزان تابش بیشتر است، بازدهی و میزان سرمایش تولید شده توسط سیستم های تهویه مطبوع فعال خورشیدی بیشتر می شود.

رحمانی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به بررسی ارائۀ یک مدل بهینه‌سازی چندهدفه برای افزایش کارایی انرژی در ساختمان‌های مسکونی پرداخته است.در این تحقیق با استفاده از مدل‌سازی ریاضی، راهکاری برای انتخاب ترکیب مناسبی از مصالح ساختمانی و سیستم‌های تهویۀ مطبوع فعال و غیرفعال در ساختمان‌های مسکونی ارائه شده است تا با استفاده از آن، هزینه-ها و همچنین میزان انرژی حرارتی مصالح ساختمان حداقل شود. مدل ارائه شده برای یک ساختمان مسکونی در شهر تهران به اجرا درآمد و ترکیب‌های بهینۀ مصالح، با توجه به الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان مشخص شد. ابراهیمی سالاری و همکاران (۱۳۹۶)، مصرف گاز مشترکان شهر مشهد را که از روش های بهینه سازی در ساختمان استفاده کرده اند با ساختمان های فاقد هر گونه بهینه سازی مقایسه کردند. نتایج نشان داد توجه به بهینه سازی سیستم های گرمایشی بدون بهینه سازی و عایق بندی ساختمان ها، نمی تواند در مصرف گاز صرفه جویی چشمگیری به همراه داشته باشد. عابدی و خسرویان (۱۳۹۵)، با هدف مقایسه چیلر تراکمی و چیلر جذبی و شرایط ترجیح استفاده از هر نوع، نشان دادند با توجه به تعرفه های برق و گاز مصرفی و هزینه های اولیه چیلرها، استفاده از چیلرهای تراکمی تا ظرفیت ۲۰۰ تن تبرید، از لحاظ اقتصادی با صرفه تر است. حسین آبادی، لشکری و سلیمانی مقدم (۱۳۹۴)، با استفاده از داده های اقلیمی ایستگاه هواشناسی سبزوار، نیازهای حرارتی ساختمان، مواقع نیاز و عدم نیاز به آفتاب در مواقع سرد و گرم را مشخص کردند و با استفاده از روش میزان انرژی تابیده شده بر سطوح قائم ساختمان، بهترین جهت گیری ساختمان را نشان دادند. عظمتی و حسینی (۱۳۹۲)، تأثیر جهت گیری ساختمان یک واحد آموزشی با شرایط هندسی و فیزیکی یکسان در اقلیم های آب و هوایی مختلف را بر میزان بارهای حرارتی و برودتی بررسی کردند. در نهایت با مقایسه این نتایج با پژوهش‌های پیشین و همچنین با واقعیت‌هایی که در کارگاه‌های عمرانی و سازندگی با آن روبرو هستیم، می توان تا حدود زیادی موکد نتایج این تحقیق بود،امید است با رعایت مواردی که مطرح شد، شاهد به حداقل رسیدن حوادث در کارگاه‌های عمرانی و ساختمانی باشیم تا بتوان از خسارات جانی و مالی احتمالی پیشگیری کرد.

پیشنهادات

با توجه به موارد بررسی شده و رتبه بندی عوامل صورت گرفته، پیشنهادات ذیل جهت ارتقاء مدیریت انرژی در ساختمان‌های مسکونی با تاکید بر مصالح مصرفی در استان گلستان ارائه می‌شود:

پیشنهادات پژوهشی و آموزشی

روش شناسایی منابع اتلاف انرژی در ساختمانهای مسکونی

جهت شناخت منابع اتلاف انرژی در ساختمان های مسکونی و تجاری لازم است بررسی انرژی کلی (ممیزی انرژی) در آنها صورت گیرد و نتایج حاصل از آن را با یک الگوی نسبتا ایده آل از یک نمونه کلی ساختمان مقایسه نمود. تا منابع اتلاف انرژی مشخص گردد و در جهت رفع آن اقدامات لازم بعمل آید. بررسی انرژی اگر بصورت درست انجام شود و طبق یک دستورالعمل معین و حساب شده ای صورت پذیرد، می تواند بعنوان یک خط راهنما برای آنهایی که مسئولیت کنترل مصرف انرژی را دارند باشد و آنان را در جهت مسئولیت شان دقیقا راهنمایی کند. برای تامین یک الگوی مناسب و نسبتا ایده آل برای ساختمان ها از نظر مصرف انرژی، باید از تمام زوایا به ساختمان توجه نماید و یا بررسی و مطالعات دقیق نکات مهم از دید اتلاف انرژی در ساختمان ها را مشخص نمود. تا بتوان الگوی مورد نظر را بر مبنای این پارامترها استوار نمود. زوایای مهمی که در تامین الگوی لازم جهت تعیین منابع اتلاف در ساختمان های مسکونی باید مدنظر داشت را می توان چنین پیشنهاد نمود.

تهیه وضعیت کمی مصرف انرژی

با توجه به اینکه مقدار مصرف انرژی (به تفکیک حامل های مختلف انرژی) در فصول مختلف سال متفاوت می باشد. لذا در این بررسی مقدار متوسط ماهانه ساختمان مورد توجه قرار خواهد گرفت. مقایسه مصرف انرژی ساختمان با مقدار استاندارد استانداردهای مصرف حامل های مختلف پتانسیل صرفه جویی را مشخص و با توجه به آن می توان در مورد ممیزی انرژی تصمیم گیری نمود.

دست یابی به اطلاعات کلی ساختمان (مشخصات عمومی ساختمان)

دست یابی به اطلاعات کلی ساختمان ممکن است شامل مواردی چون مواد بکار رفته در ساختمان، اجزاء مختلف هر ساختمان و لوازم و گروه های موجود در ساختمان باشد. برای این منظور توسعه و افزایش درک بهتر از مواد مکانیکی، شیمیایی، ترمودینامیکی، خواص نور و همچنین آشنایی با مواد تازه اختراع شده، مدل های تحلیلی برای بررسی خواص گرمایشی و سرمایشی مواد بکار رفته می تواند مفید باشد.

تحقیقات در مورد روشنایی ساختمان سابقه طولانی داشته و مثلا استفاده از لامپ های تخلیه و فسفری می تواند مفید باشد. گام دیگر در این جهت استفاده از لامپ های بدون الکترود می باشد. بطور کلی جهت دست یابی به اطلاعات کلی ساختمان مواردی شامل پوشش های ساختمان (سقف، دیوارها، کف از نظر نوع و جنس) سطح زیربنا، سطح پنجره ها و دیوارها، سیستم مصرف انرژی از نظر سرمایش و گرمایش (HVAC)، فرم و جهت ساختمان، مشخصات اقلیمی (دما و رطوبت)، اندازه و موقعیت نورگیرها (جهت استفاده بهینه از انرژی خورشیدی)، عمر ساختمان و روشنایی ساختمان باید مورد توجه قرار بگیرد.

پیشنهادات کاربردی

- الزام کارگران به استفاده از تجهیزات ایمنی در حین انجام کار
- ایجاد بسترهای تشویقی و بسط و تشویق همکاری بین کارفرمایان و کارگران
- مطالعه عوامل جسمانی، فیزیولوژیک و روانشناسی که از لحاظ حوادث دارای نقش مؤثری در بروز حوادث می‌باشند.
- آموزش دقیق و کاربردی جهت استفاده از وسایل و تجهیزات موجود در کارگاه
- استقرار سامانه HSE در کارگاه‌های پروژه‌های عمرانی
- آموزش فرهنگ و جوّ ایمنی بین پرسنل و کارگران
- ایمن‌سازی تجهیزات عمومی موجود از نظر اندازه، استاندارد و متناسب باایمنی افراد، وجود نور مناسب در مسیر، رعایت حریم برق و ... در کارگاه‌های پروژه‌های عمرانی
- استخدام، گزینش و به کارگیری کارگرانی با نگرش مثبت نسبت به مسأله ایمنی در کارگاه‌های پروژه‌های عمرانی استان
- بستر سازی لازم برای اعمال اقدامات کنترلی مناسب از طریق برقراری سیستم‌های نظارت و بازرسی
- الزام پیمانکارها به دریافت گواهینامه سیستم مدیریت ایمنی و سلامت شغلی
- برنامه ریزی مناسب برای مدیریت مؤثر و کارا بر فرایند انجام پروژه

محدودیت‌های پژوهش

همواره پژوهشگران در تحقیقات خود با محدودیت هایی مواجه هستند که بخشی از آنها حتی در ابتدای کار نیز خود را نشان می دهند. این تحقیق نیز همانند سایر تحقیقات مبتنی بر روش علمی، دارای یک سری محدودیت‌هایی است که در ذیل به آن ها اشاره می شود:

- محدودیت ذاتی پرسشنامه همواره موجب می شود که پاسخ‌دهندگان نظر واقعی خود را ارائه ندهند و یا درک مشترکی بین آنها نسبت به موضوع پژوهش به وجود نیاید و این محدودیت در نتایج پژوهش اثر می گذارد، لذا این پژوهش نیز مستثنی نبوده و همچنان با این محدودیت مواجه بوده است.
- مدل ارائه شده در تحقیق حاضر به منظور کاربست در مدیریت انرژی در ساختمان‌های مسکونی با تاکید بر مصالح مصرفی در استان گلستان و در تعمیم این مدل به سازمان‌های دیگر باید جانب احتیاط را رعایت نمود.
- طولانی شدن مدت زمان جمع آوری پرسشنامه ها.

- عدم دستیابی به موقع و همزمان به برخی از افراد نمونه

منابع

- ابراهیم‌پور، ع.، معرفت، م. و محمدکاری، ب. (۱۳۹۳). بهینه‌سازی عایق‌کاری در ساختمان‌های با استفاده مداوم در شرایط اقلیمی ایران از لحاظ بارهای حرارتی سالیانه. مجلهٔ علمی پژوهشی مدرس، ۱۷، ۵۲-۳۳.

- ابراهیمی‌سالاری، ت.، محتشمی، م.، ضیایی، ع. و صالح‌نیا، ن. (۱۳۹۶). ممیزی انرژی در ساختمان‌های مسکونی شهر مشهد و مقایسهٔ کارایی مصرف گاز در سیستم‌های گرمایشی متفاوت. اولین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین نگهداشت انرژی، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

- اربابیان، ه. (۱۳۹۰). بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان. سومین همایش ملی انرژی، تهران.

- ارشاد لنگرودی، س.، اکبری، م.، ارشادلنگرودی، ا.، یوسفی، ع. (۱۳۸۲). فناوری‌های نوین در ساخت پنجره‌های با اتلاف انرژی پایین. سومین همایش بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران.

- امدادی، آ. علی‌پور، ن.، نعمتی‌چاری، م. دورمحمدی، ح. (۱۳۹۲). اثرات عایق سازی حرارتی دیوارهای ساختمانی ساخته شده با بتن سبک در کاهش مصرف سوخت و هزینهٔ تمام شده. دومین همایش بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران.

- براتی، ب. (۱۳۹۳). نقش ویژگی‌های اقلیمی ساختمان‌های مسکونی در تأمین بهینهٔ گرمایش و سرمایش. سومین همایش بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران.

- ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۳. (۱۳۹۵). وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی.

- رحمانی ،محمد.حسینی،جواد (۱۳۹۶) بررسی ارائهٔ یک مدل بهینه‌سازی چندهدفه برای افزایش کارایی انرژی در ساختمان‌های مسکونی. دومین همایش بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران.

- حسین‌آبادی، س.، لشکری، ح.، سلیمانی‌مقدم، م. (۱۳۹۴). طراحی اقلیمی ساختمان‌های مسکونی شهر سبزوار با تأکید بر جهت‌گیری ساختمان و عمق سایبان. جغرافیا و توسعه، ۲۷، ۱۱۶-۱۰۳.

- عابدی، ا.، خسرویان، ک. (۱۳۹۵). ارزیابی فنی و اقتصادی انواع چیلر باتوجه به قانون هدفمندشدن یارانه‌ها، نهمین کنفرانس بین‌المللی انرژی، تهران.

- عظمتی، ع.، حسینی، ح. (۱۳۹۲). بررسی تأثیر جهت‌گیری ساختمان‌های آموزشی بر بارهای حرارتی و برودتی در اقلیم‌های مختلف. علوم و تکنولوژی محیط زیست، (۵۷)، ۱۴۷-۱۵۷.

- گیلانی، س.، محمدکاری، ب. (۱۳۹۷). بررسی عملکرد گرمایشی گلخانه‌های خورشیدی در ساختمان‌های مسکونی اقلیم سرد (نمونهٔ موردی: شهر اردبیل). مجلهٔ مهندسی مکانیک مدرس، (۲)، ۱۴۷-۱۵۷.

- Antipova, E., Boer, D, Guillen-Gosalbez, G., Cabeza, L.F. & Jimenez, L. (2016). Multi-objective optimization coupled with life cycle assessment for retrofitting building. *Energy and Buildings*, 82, 92-99.

Abedi, H. & Khosravian, K. (2010). Technical and economical comparison of compression and sbsorption chillers. *The first national conference on chiller and cooling tower*, Iran. (*in Persian*)

Alipour, N., Emdadi, A, Jalili, M. & Sadegh-Azar, M.S. (2002). Technical and economic analysis of different methods for insulation of load-bearing wall concrete buildings, *The second international conference on fuel conservation in building*, Iran. Tehran. (*in Persian*)

Antipova, E., Boer, D, Guillen-Gosalbez, G., Cabeza, L.F. & Jimenez, L. (2014). Multi-objective optimization coupled with life cycle assessment for retrofitting building. *Energy and Buildings*, 82, 92-99.

Arabi, M. & Dehghani, M.R. (2000). Technical and economical study on application of absorption solar chiller in Iran. *Iranian Chemical Engineering Journal*, 9(46), 60-72. (*in Persian*)

ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com
Arbabian, H. (2001). Optimization of energy efficiency in buildings. *The 3rd National Energy Congress*, Iran, Tehran. (*in Persian*)
Asadi, E., Da Silva, M.G., Antunes, C.H. & Dias, L. (2012). Multi-objective optimization for building retrofit strategies: A model and an application. *Energy and Buildings*, 44, 81-87.
Asadi, E., Da Silva, M.G., Antunes, C.H., Dias, L. & Glicksman, L. (2014). Multi-objective optimization for building retrofit: A model using genetic algorithm and artificial neural network and an application. *Energy and Buildings*, 81, 444-356.
Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2009). *ASHRAE Handbook*, Fundamentals.
Azemati, A.A. & Hosseini, H. (2014). Effect of Educational Building's Direction on Cooling and Heating Loads in Different Regions. *Journal of Environmental Science and Technology*, 15(2), 147-157. (*in Persian*)
Banting, D., Li, J., Missios, P., Au, A, N. Currie, B.A. & Verrati, M. (2005). *Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the city of Toronto*. Ryerson University.
Barati, Gh. (2003). The role of climatic characteristics of residential buildings to provide optimal heating and cooling. *The third international conference on fuel conservation in building.* Iran, Tehran. (*in Persian*)
- Diakaki, C., Grigoroudis, E. & Kolokotsa, D. (2018). Towards a multi-objective optimization approach for improving energy efficiency in buildings. *Energy and Buildings*, 40(9), 1747-1754.
- Grigoroudis, E. & Kolokotsa, D. (2017). Performance study of a multi-objective mathematical programming modelling approach for energy decision-making in buildings. *Energy*, 59, 534-542.
- Wang, F., Yoshida, H. & Ono, E. (2009). Methodology for optimizing the operation of heating/cooling plants with multi-heat-source equipments. *Energy and Buildings*, 41(4), 416-425.