فصلنامه علمی-پژوهشی
جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای
سال دوازدهم، شماره ٤، پائیز ١٤٠١
صص: ٨٠٥-٧٩٣

فاکتورهای مبتنی بر مصالح بهینه در اقلیم معتدل و مرطوب در طراحی جداره‌های مسکن پایدار با رویکرد کاهش مصرف انرژی

سید امید فاطمی
دانشجوی دکتری معماری، واحد امارات متحده عربی، دانشگاه آزاد اسلامی، دبی، امارات متحده عربی
وحید قبادیان[1]
دانشیار معماری، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
بهروز منصوری
استادیار معماری، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۵

چکیده

این مطالعه با هدف روشی برای گزینش مصالح ساختمانی بهینه از جنبه انرژی (مطالعه موردی در شهر ساری) انجام گرفت. در این پژوهش، برای بررسی کاهش مصرف انرژی الکتریسیته و سوخت در ساختمان مورد مطالعه برای شهر ساری صورت پذیرفت. سوال اساسی پژوهش عبارت است از اینکه تاثیر فاکتورهای طراحی جداره ها در اقلیم معتدل و مرطوب جهت ارائه مدل طراحی مسکن پایدار از منظر انرژی مبتنی بر مصالح بهینه چیست؟ ساختمانهای مسکونی مسئول بخش قابل توجهی از مصرف انرژی در سراسر جهان هستند. در ساختمانها از مصالح متفاوتی استفاده میشود و ساخت هر مصالح و کاربرد آن در اجرای ساختمان انرژی مصرف میکند. این انرژی مصرف شده همان انرژی نهفته است که در کشور ما کمتر به آن پرداخته میشود. هدف این تحقیق کاهش مصرف انرژی نهان در ساختمان مبتنی بر مصالح بهینه در راستای حفظ محیط زیست و مصرف کم انرژی می باشد. در این مقاله با استناد به پیشینه تحقیق به کاهش انرژی نهفته با راهکارهای طراحی معماری جداره ها پرداخته خواهد شد. یک ساختمان ۴ طبقه ۱۶ واحدی با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر مدل گردیده است. سناریوهای مورد بررسی بر اساس نظر خبرگان استفاده از مصالح ۱- بلوک سفالی ۲- بلوک سیمانی با پوکه ۳- بلوک سیمانی فوم دار ۴- بلوک وال کریت ۵- بلوک بتن هوادار ۶- آکواپنل ۷- پنل سه بعدی ۸- ICF ۹- دیوار بتن مسلح، برای دیواره های داخلی و خارجی می باشد. برای تمامی ۹ سناریوی مورد نظر مصرف انرژی برق و گاز به تفکیک مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصله نشان داد که میزان مصرف برق برای شهر ساری در سناریو بلوک سیمانی با پوکه کمترین مقدار بوده و پس از آن با فاصله بسیار کمی سناریوهای ICF و پنل سه بعدی به ترتیب قرار دارند. در رابطه با میزان گاز مصرفی سالانه برای شهر ساری بلوک سیمانی فوم دار بیشترین میزان مصرف و بلوک سیمانی با پوکه کمترین میزان مصرف را اختصاص داده اند.

کلیدواژگان: مصالح بهینه، اقلیم معتدل و مرطوب، مسکن پایدار، مصرف برق، مصرف گاز

[1]. نویسنده مسئول: rojan.memaran.parsian@gmail.com

مقدمه

با شناخت عوامل تاثیر گذار در طراحی در اقلیم معتدل و مرطوب می توان شکل بهینه تری از ساختمان ها مبتنی بر مصالح بهینه را ایجاد نمود. انرژی نهفته ، مجموع انرژی هایی است که در بازه عمر یک محصول، از مرحله استخراج تا مرحله بازیافت ، مصرف می شود. همچنین ، انرژی نهفته کمتر گویای این است که کربن دی اکسید کمتری در فرآیندهای تولید، حمل و نقل و استفاده از آن مصالح تولید شده است و به اصطلاح ردپای کربن آن کوچک است . در عصر حاضر که توسعه پایدار در دستور کار صنایع مختلف از جمله صنعت ساختمان است ، انرژی نهفته به عنوان شاخص پایداری مصالح در نظر گرفته می شود. ارائه یک مدل همه شمول می تواند در برخورد علمی و منطبق بر بوم و اقلیم منطقه به مسئله ساختمان سازی کمک شایانی کند(Jamaludin, Nazhatulzalkis,2014). این نوع طراحی بنا به اینکه منطبق بر اقلیم منطقه بوده و از مصالح بهینه استفاده می کند،(Markarian eal.,2019) نظریات نظریه پردازان در این حوزه را مد نظر قرار داده و به شیوه علمی با مسئله برخورد می کند و می تواند به عنوان ارائه الگوی فراگیر جهت طراحی در این اقلیم موثر باشد(قیومی بیدهندی و همکار،۱۳۹۱).هدف اصلی این پژوهش شناسایی مصالح بهینه در طراحی مسکونی در اقلیم معتدل و مرطوب(شهر ساری) جهت طراحی مسکن پایدار از منظر انرژی .

روش تحقیق در این پژوهش مبتنی بر روش توصیفی-تحلیلی است.ساختمان مطالعه شده، یک ساختمان چهار طبقه می باشد که در هر طبقه چهار واحد وجود دارد. هر واحد شامل آشپزخانه، پذیرایی، اتاق خواب و سرویس بهداشتی می باشد. نحوه شبیه سازی ساختمان در نرم افزار بدین صورت است که ابتدا مدل سه بعدی ساختمان ایجاد می شود و زون بندی صورت می گیرد(یزدانی و همکاران،۱۳۹۵). سپس ابتدا اطلاعات مربوط به کاربری ساختمان را در قسمت "Activity" نرم افزار وارد می شود(میرزایی و همکاران،۱۳۹٦) . کاربری ساختمان ۲٤ ساعته در نظر گرفته شده است. با این حال فرض می شود که در طول روزهای هفته، تعدادی از ساکنین از صبح تا عصر سرکار هستند و در خانه حضور ندارند. لازم به ذکر است که در ساختمان فضاهایی نظیر راه پله، آسانسور، پارکینگ و نورگیر وجود دارد که فضای تهویه نشده می باشند و هیچ سیستم گرمایشی و سرمایشی برای این فضاها در نظر گرفته نمی شود(خاک زند و همکاران،۱۳۹۵). ست پوینت های گرمایش و سرمایش طبق مبحث ۱۹ برابر با ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شده اند هوای مورد نیاز نیز طبق مبحث ۱٤، ۷.۵ لیتر بر ثانیه در نظر گرفته می شود. در گام بعدی، در سربرگ "Construction"مواد و مصالح موجود در ساختمان تعریف می شود. مصالح به کار رفته طبق نظر نخبگان بلوک سفالی - بلوک سیمانی با پوکه- بلوک سیمانی فوم دار-بلوک وال کریت-بلوک بتن هوادار-آکواپنل-پنل سه بعدی-ICF-دیوار بتن مسلح می باشد.پنجره های ساختمان، شیشه های دو جداره ساده با قاب UPVC در نظر گرفته شده است. در قسمت بعدی، در سربرگ "HVAC" سیستم تهویه مشخص شده است. برای تهویه از فن کویل چهارلوله، برای سرمایش از چیلر و برای گرمایش از بویلر استفاده می شود. گرمایش در ٤ ماه از سال یعنی از نوامبر تا انتهای فوریه فعال می باشد و سیستم سرمایش در ماه های گرم سال یعنی از ماه می تا سپتامبر فعال می باشد. در نهایت، در سربرگ "Lighting"، برای تامین روشنایی ساختمان، از لامپ های LED استفاده می شود(Caldognetto, Abedini& Mattavelli,2021). سایر تنظیمات، پیش فرض نرم افزار در نظر گرفته

می شود زیرا مقادیر آن طبق استانداردهای معتبر می باشد(Abedini etal,2021). همچنین از حل معادله تعادل انرژی معادله زیر بدست می آید که اساس محاسبات نرم افزار انرژی پلاس می باشد.(Shifte eal,2015):

$$Cz\frac{dT_z}{dt} = \sum_{i=1}^{nst} Q_f + \sum_{i=1}^{surface} h_i A_i (T_{si} - T_z) + \sum_{i=1}^{surface} m_i C_p (T_{zi} - T_z) + m_{inf} C_p (T_\infty - T_z) + Q_{sys}$$

مبانی نظری

در دومین اجلاس اسکان بشر (۱۹۹٦) در استانبول مسکن مناسب چنین تعریف شده است :سرپناه مناسب تنها به معنای یک سقف بالای سرهر شخص نیست؛ سرپناه مناسب یعنی آسایش مناسب، فضای مناسب، دسترسی فیزیکی و امنیت مناسب، امنیت مالکیت، پایداری و دوام سازه ای، روشنایی، تهویه و سیستم گرمایی مناسب، زیرساخت های اولیه مناسب از قبیل آب رسانی، بهداشت و آموزش، دفع زباله، کیفیت مناسب زیست محیطی، عوامل بهداشتی مناسب، مکان مناسب و قابل دسترس از نظر کار و تسهیلات اولیه است که همه این موارد باید با توجه به استطاعت مردم تأمین شود.(حبیب و همکار،۱۳۹۳) در خلال نشست مقدماتی برای کنفرانس *شهر قرن ۲۱* در جولای ۲۰۰۰ در برلین، تعریف زیر از توسعه پایدار شهری ارائه شد: "بهبود بخشیدن به کیفیت زندگی در یک شهر شامل بهبود شرایط زیست محیطی، فرهنگی، سیاسی، نهادی، سازمانی و اجتماعی- اقتصادی بدون آنکه فشاری که نتیجه کاهش بیش از حد سرمایه های طبیعی و بدهی های منطقه ای باشد بر نسل های آینده تحمیل شود. هدف ما این است که تعادل بین مواد و انرژی و نیز داده- ستانده مالی را بر قرار سازیم زیرا که این مساله نقشی حیاتی را در تمامی تصمیمات آتی ما در رابطه با توسعه نواحی شهری ایفا می نماید (Sherman,2016)در سال ۲۰۱۸، جمعیت جهانی شهری ٪۵۵ از کل جمعیت را به خود اختصاص داده است و تا سال ۲۰۵۰ انتظار می‌رود که این نسبت به ٪٦۵ برسد (عبدالهی و همکاران،۱۳۹۹). بنابراین شهرها پیش‌زمینه برای توسعه پایدار هستند (کیوانی نژاد وهمکاران،۱۳۹۸) دیدگاه نوین در توسعه شهری، نتیجه عدم موفقیت شهر در امر تأمین سکونت ایدئال بود، چراکه تجارب به‌دست‌آمده در دنیا نشانگر برخی مسائل عمده در این زمینه بود(عبدالهی و همکاران،۱۳۹۹). تخریب محیط‌زیست شهری، فقدان عدالت اجتماعی و عدم مشارکت مردم در امور شهرها، وجود کاربرهای شهری ازجمله معضلات بودند که نیاز به ایده‌ها و روش‌های جدید را در امر توسعه شهری نمایان می‌ساخت (Yu& Yang ,2008)

پیشینه های پژوهش می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

شعیبی و ترکاشوند در سال ۱۳۹۳ ، راهکارهایی را برای کاهش مصرف انرژی در حوزۀ ساختمان پیشنهاد داده اند این راهکارها به طور کلی به دو دسته تقسیم می شوند : راهکارهای فنی و راهکارهای معماری این تحقیق سعی دارد موضوع پایداری را درساختمان سازی و اصول طراحی پایدار را بررسی کند(شعیبی، هدی، ترکاشوند، ۱۳۹۳).

غفاری جباری و همکاران در سال ۱۳۹۲ با بررسی نقاط ضعف ساخت وساز های موجود در شهر تهران پرداخته و با شناخت نقاط ضعف در مرحلۀ طراحی و ساخت ساختمان، راهکارهایی در جهت کاهش مصرف انرژی در ساختمان ارائه داده اند بدین منظور، 25 نوع مختلف ساختمان طراحی و توسط نرم افز ارهای شابیه سازی انرژی، مدل سازی شد و میزان مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی آن ها محاسبه گردید . در حوزۀ بهینه سازی جداره، پوردیهیمی و گسیلی در سال ۱۳۹٤ با بررسی جداره های متداول در معماری بومی و مناطق روستایی اقلیم سرد، نقش پوسته های خارجی بنا در انتقال و اتلاف انرژی حرارتی را مورد بررسی قرار داده اند (پوردیهیمی، شهرام، گسیلی، بهرام۱۳۹٤).

وانگ و همکاران تحقیقی مروری بر پیشینه موضوع ساختمان های هوشمند ارائه نموده اند .آنها فرایند تحلیل سلسله مراتبی را به عنوان ملاحظات سرمایه گذاری و تکنیک های ارزیابی ساختمان هوشمند مورد بررسی قرار دادند(*145 :Wong et al, 2005*). *لی* و همکاران، پژوهشی برای ایجاد مدل شاخص رفاهی انجام داده اند که می تواند برای ارزیابی ساختمان های مسکونی بسیار بلند مورد استفاده قرار گیرد .در مقاله مورد اشاره، از فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHPبه منظور نظام مند کردن شاخص های رفاهی ساختمان بهره گرفته شده است (*Lee et al,,2011*).

رن و همکاران با ترکیب برنامه ریزی خطی مراتبی، طراحی یکپارچه و مدل ارزیابی جهت بهینه نمودن سیستم انرژی ساختمان مسکونی ارائه نمودند و در تحلیل چند معیاری مدل بهینه را وزن دهی نمودند (Ren et al 2009) وانگ و همکاران در سال ۲۰۱٦ در تحقیق خود مکان یابی مراکز آموزشی در شهر کپنهاگ را تحلیل کرده اند آنها در این تحقیق الگویی برای مکان یابی فضاهای آموزشی را که بر مبنای محدوده بندی ثبت نامی فضاها با توجه به مسیرهای انتخابی صورت گرفته است ارائه می دهند.الین وهمکاران[1] در سال ۲۰۰٤ با استفاده از تحقیقات وانگ یک سیستم جدید را که در آن به کارگیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP از طریق کاربرد یک سیستم اطلاعات جغرافیاییGis یکپارچه شده است، برای تعیین مکان به منظور تسهیلات خاص ارائه کردند. این سیستم دو ابزار اصلی GIS و AHP را در روشی به کار می‌گیرد که دخالت کاربر را با هر عنصر دیگر و لیست مهارت مورد نیاز برای کار با کامپیوتر را کاهش میدهد(wang and Zhang,2016).

کابزا و دیگران به نقل از اسلسر می گویند که مقوله "انرژی نهفته " اولین بار در اواخر دهه ۱۹۷۰ میلادی برای اهداف متفاوتی مطرح شد، در مباحث تحلیل انرژی، انرژی ورودی به سیستم از مسیرهای مختلف با هم جمع می شوند تا انرژی نهفته کل یا الزامات انرژی زاید به دست بیاید. کابزا و دیگران به نقل از کراوثر انرژی نهفته را مجموع کل انرژی ای می دانند که در ساخت یک ساختمان استفاده شده است این انرژی شامل انرژی مستقیم بکار رفته در مونتاژ قطعات و ساخت و ساز و همچنین انرژی نهفته مورد نیاز برای تولید مصالح و اجزای ساختمان است . کابزا و دیگران به نقل از ترلور و دیگران بیان می کنند که انرژی نهفته ، انرژی مورد نیاز برای تهیه یک محصول (انرژی مستقیم و غیر مستقیم) در طول همه مراحل تولید است (برای مثال، اگر به صورت وارونه به عقب برگردیم از محصول تولید شده به مصالح خام می رسیم). از خصوصیاتی که کابزا و دیگران به نقل از لانگسون و لانگسون به نقل از بوستد و هانسون به آن اشاره می کنند این است : انرژی نهفته به عنوان انرژی ای که برای ساخت و ساز نیاز است تعریف می شود و شامل فرآیندهایی مانند معدن کاری، سرند کردن، تولید، حمل و نقل ، نصب و... می باشد." به صورت مشابه ، یک تعریف جامع تر توسط کابزا و دیگران به نقل از دینگ ارایه شده است : انرژی نهفته ، انرژی مصرف شده در طی استخراج، فرآوری مصالح خام، حمل و نقل از محل استخراج مصالح خام به محل تولید مصالح و اجزا ساختمانی است . همچنین ، انرژیهای مختلفی که در طول مراحل ساخت یا تخریب ساختمان مصرف شده است نیز انرژی نهفته در نظر گرفته می شود.

انرژی نهفته بخش قابل توجه ای از کل مصرف انرژی ساختمان است ، از این رو ضروری است تا در انتخاب مصالح ساختمانی دقت کنیم.

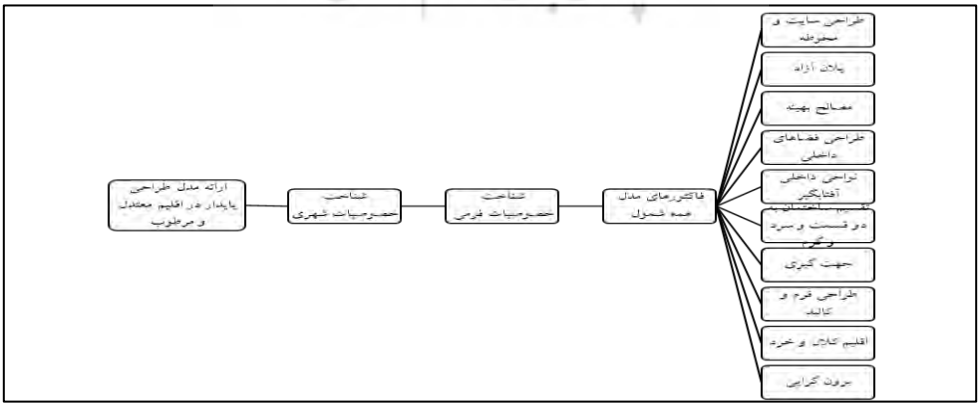
[1] Nelin edlin و eldrandaly

تورمارک نشان داد که انرژی نهفته ، ٤٠٪ از کل نیاز انرژی برای دوره عمر قابل انتظار ۵۰ ساله است ، اما با تعویض مصالح ، انرژی نهفته تا حدود ۱۷٪ کاهش می یابد. انرژی نهفته مصالح ساختمانی به فرآیند تولید، وجود مصالح خام در همسایگی ، کارآمدی تولید و کیفیت مصالح در ساخت و سازها بستگی دارد . بر طبق گفته ردی و جگدیش ، انرژی نهفته مصالح ساختمانی گوناگون به فرآیند تولیدشان وابسته است . البته گاهی این انرژی نهفته بالا به دلیل حجم زیاد این مصالح است نه صرفا فرآیند تولید (سکونی وهمکار،۱۳۹۲).

دیکسیت و دیگران می گویند که ۱۰ پارامتر در دادههای انرژی نهفته دخالت دارند: محدودیت های سیستم ، روش تحلیل انرژی نهفته ، منطقه جغرافیایی تحقیق انجام شده، انرژی اولیه و تحویل داده شده، قدمت منابع دادهها، کامل بودن دادهها، تکنولوژی فرآیند تولید و ساخت ، درنظر گرفتن انرژی مواد خام و نمایندگی زمانی .

آبادگیری در پایان نامه خود انرژی نهفته و هزینه مصالح ساختمانی برای پنج ساختمان را مورد مطالعه قرار داده است. در پایان نامه آبادگیری انرژی نهفته برای تمام ساختمان ها در سطح مواد و سطح پروژه محاسبه شده است .در سطح مواد، کل ساختمان به مصالح ساختمانی تقسیم شده و هزینه این مواد برای محاسبه انرژی نهفته استفاده شد(Abdagiri, 2011). در مقاله باردان، (Bardhan, 2017)انرژی نهفته در یک آپارتمان مسکونی معمولی چند طبقه ، با سازه بتن مسلح در شهر کلکته هند محاسبه و نتایج تجزیه و تحلیل شده است و یافته ها ی گزارش با برخی تحقیقات مشابه در ژاپن و هند مقایسه شده است. مقدار ۹,۳٦ گیگا ژول انرژی نهفته برای هرمتر مربع ساختمان بدست آورده است.

لی و یانگ در سال ۲۰۱۹ در مقاله خود اشاره نموده اند که:"تصمیم در انتخاب محل مناسب بیشتر مورد توجه مراکز آموزشی و یا تجاری در دو دهه گذشته بوده است. این درحالی است که دانش مکانیابی بصورت علمی و امروزین بیش از صدسال عمر ندارد. تاکنون، از دیدگاههای گوناگون به امر مکانیابی توجه کرده اند که هر یک گاهی در جهت تکامل دیگری بوده است .آنها یک مدل تصمیم گیری مکانی مبتنی برAHP و داده های gis به منظور جستجوی یک مکان برای پارکینگ جدید ارائه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که یک مدلAHP و داده های GIS می تواند چارچوب مناسبی برای کمک به تصمیم گیران در تحلیل فاکتورهای مکانی ارزیابی گزینههای مختلف مکانی و انتخاب مکان های نهایی فراهم کند این مدل نیازمند پیشنهاد یک تعداد از مکان های بالقوه می باشد(Lee, Kim, 2010).

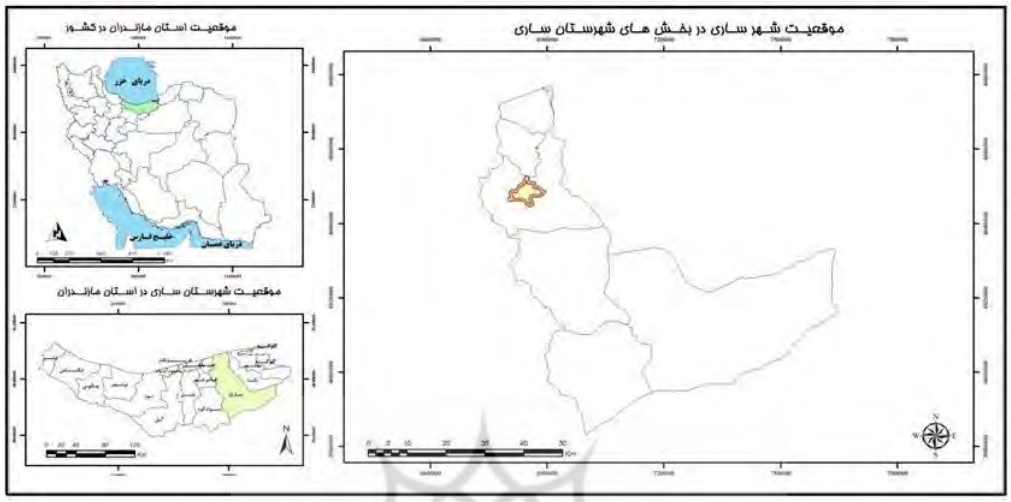


نمودار ۱. فاکتورهای موثر در ارائه مدل طراحی مسکن پایدار از منظر انرژی

منبع: نگارندگان،۱٤۰۱

محدوده مورد مطالعه

شهر ساری به عنوان مرکز استان مازندران و شهرستان ساری با وسعتی حدود ۳۶۸۵.۳ کیلومتر مربع، معادل۱۵.۵۱ درصد مساحت استان را به خود اختصاص داده است .متوسط ارتفاع شهر از سطح دریاهای آزاد۲۱.۵ متر و اختلاف فاصله آن تا ساحل دریای مازندران ۲۷ کیلومتر است .شهر ساری ازلحاظ موقعیت جغرافیایی در نیمه شرق استان استقرار یافته است.



نقشه ۱. موقعیت شهر ساری در استان و کشور

منبع: نگارندگان،۱۴۰۱

شهر ساری از نظر موقعیت طبیعی در منطقه جلگه ای شهرستان واقع و قسمت های جنوب و جنوب غربی آن را کوه ها و تپه ماهوری های کم ارتفاع فرا گرفته است. از لحاظ توپوگرافی عمومی شهر ساری در طبقه ارتفاعی ۰-۱۰۰ استقرار یافته و شیب عمومی شهر از جنوب به شمال و بسیار ملایم است .از ویژگی های شاخص زمین شناسی در این منطقه، قرارگیری در زون زمین ساختی زون های خزر البرز در فرونشینی شدید و مستمر کف گودال جنوبی خزر در اراضی جلگه ای و کوهپایه ای و تغییر خط ساحلی به خوبی مشهود است.

تجزیه و تحلیل داده ها

در این مطالعه، ۹ سناریو بررسی شده است که در این سناریوها مصالح بهینه گوناگون برای جدار ساختمان شبیه سازی شده است. در ادامه به بررسی این سناریوها می پردازیم. در جدول ۱ مشخصات انواع مصالح دیوار و در جدول ۲ مشخصات پوشش های دیوار و اندودها آمده است. سناریوهای در نظر گرفته شده در جدول ۳ نشان داده شده است. می توان این دیوارها را به سه دسته سنتی، نیمه صنعتی و صنعتی تقسیم بندی کرد. متداول ترین سیستم ساختمان سنتی عبارت است از بلوک سفالی و بلوک سفالی با پوکه. فراوان ترین نوع دیوار نیمه صنعتی، وال کریت و بلوک سیمانی فوم دار می باشد و پانل سه بعدی، متدوال ترین نوع دیوار صنعتی می باشد.

جدول ۱. مشخصات مصالح

مصالح	ضریب انتقال حرارت (W/m.K)	چگالی (kg/m^3)	ظرفیت گرمایی ویژه (J/g.°C)
بلوک سفالی تیغه ساده	0.8	540	0.92
بلوک سیمانی با پوکه (لیکا) سه جداره	0.11	669	1

بلوک وال کریت	0.14	850	1
بلوک بتن هوادار	0.23	670	1
بلوک سیمانی فوم دار	0.14	800	1.1
آکواپنل با عایق پلی استیرن	0.36	50	1.4
دیوار بتن مسلح با ۲ درصد میلگرد	2.5	2400	0.84
عایق پلی استایرن منبسط شده	0.035	23	1.47

منبع نویسندگان۱۴۰۱

جدول ۲. مشخصات پوشش داخلی دیوار و اندودها

مصالح	ضریب انتقال حرارت (W/m.K)	چگالی (kg/m^3)	ظرفیت گرمایی ویژه (J/g.°C)
ملات گچ و خاک	1.1	1856	1.09
ملات گچ	0.057	1000	1.09
ملات ماسه سیمان	1.3	1860	0.37
سنگ تراورتن	2.3	2400	0.81

منبع نویسندگان۱۴۰۱

جدول ۳- سناریوهای درنظر گرفته شده و ضخامت لایه ها

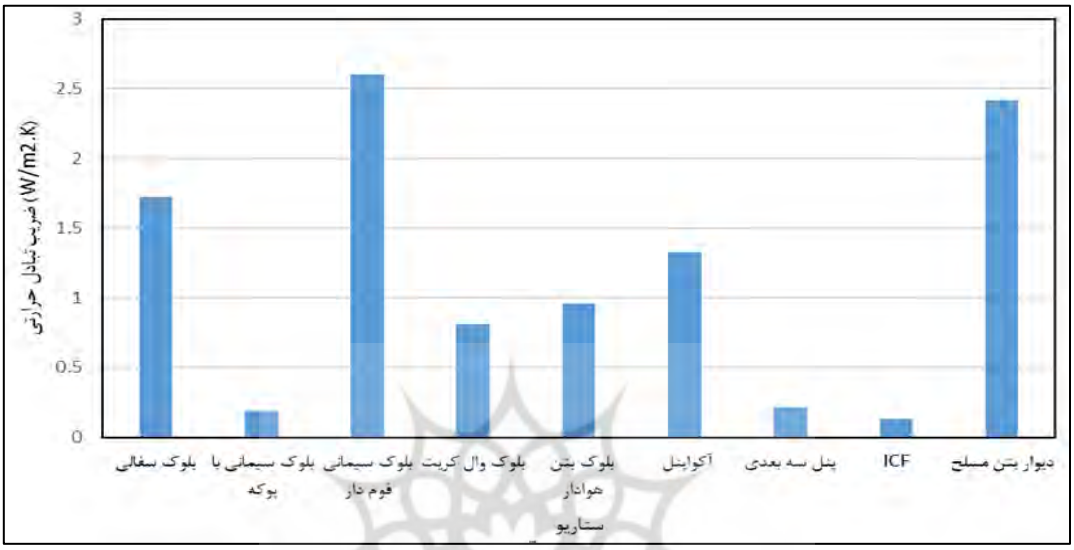
	پوشش داخلی		پوشش خارجی		
	گچ	گچ و خاک	هسته	ماسه سیمان	تراورتن
بلوک سفالی	0.01	0.02	0.15	0.025	0.02
بلوک سیمانی با پوکه	0.22	0.02	0.025	0.025	0.02
بلوک سیمانی فوم دار	0.01	0	0.15	0.025	0.02
بلوک وال کریت	0.01	0	0.12	0.025	0.02
بلوک بتن هوادار	0.01	0.02	0.15	0.025	0.02
آکواپنل	0.01	0	0.143	0	0.02
پنل سه بعدی	0.01	0.02	0.15	0.025	0.02
ICF	0.01	0	0.25	0	0.02
دیوار بتن مسلح	0.01	0	0.15	0	0.02

منبع نویسندگان۱۴۰۱

فاکتورهایی از قبیل حداقل ضخامت اسمی دیوارهای خارجی غیر باربر در ساختمانهای مسکونی طبق "ضوابط و مقررات تهیه و ترسیم نقشه های معماری (در کاربری مسکونی)" و عدم تمایل سازندگان در به کار گیری مصالح بیش از ۲۰ سانتیمتر (به جز ICF) به علت کاهش مساحت آپارتمان در انتخاب ضخامت مصالح بلوکی با ابعاد متنوع در نظر گرفته شده است. از این رو ضخامت بلوکهای سفالی و لیکا در سناریوهای مربوطه ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته می شود تا به همراه ۲ سانتیمتر گچ و خاک، ۰/۵ سانتیمتر گچ در داخل و ۲/۵ سانتیمتر ملات ماسه سیمان در خارج، ۲۰ سانتیمتر شود. در مورد سیستم کمترین ضخامت قابل استفاده (۲۵ سانتیمتر) و در مورد وال کریت بیشترین ضخامت قابل استفاده (۱۲ سانتیمتر) طبق دفترچه سازندگان آنها انتخاب شده است.

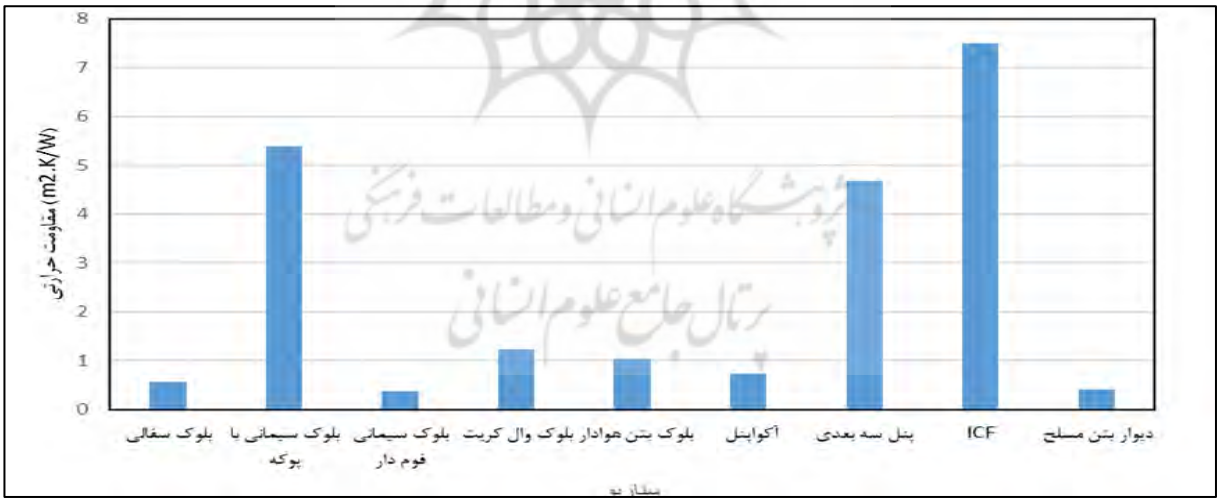
از مواردی همچون بلوک سفالی فوم دار که نقش آن در عایق کردن دیوار در مقایسه با بقیه موارد ناچیز است، بلوکهای سیمانی با پوکه معدنی که انتقال حرارت در آنها با اختلاف بسیار کمی از بلوکهای سیمانی با پوکه صنعتی

می باشد، پانل های بتن هوادار که نسبت به بلوکهای بتن هوادار کمتر رایج می باشند، و همچنین تفکیک اتوکلاوی یا غیر اتوکلاوی بودن آنها که تفاوت مشخصات آن ها در برابر ابعاد بررسی این پژوهش ناچیز است، چشم پوشی شده است. رایج ترین سیستم های پانل سه بعدی و ICF موجود در بازار، پانل سه بعدی با ۱۰ سانتیمتر عایق پلی استایرن و میلگردهای اریب به قطر ۳/۵ سانتیمتر و سیستم ICF با قالب های ۵ سانتیمتری پلی استایرن منبسط شده با رابطه ایی از جنس پلی پروپیلن با دانسیته بالا و ۱۵ سانتیمتر بتن مسلح در میان آن، در نظر گرفته شده است.در شکل۱و ۲به ترتیب ضریب تبادل حرارتی و مقاومت حرارتی در سناریوهای مختلف آورده شده است.



شکل ۱. ضریب تبادل حرارتی در سناریوهای مختلف

منبع: نویسندگان،۱۴۰۱



شکل ۲. مقاومت حرارتی در سناریوهای متفاوت

منبع: نویسندگان،۱۴۰۱

مصرف سالانه انرژی برق و گاز ساختمان برای سناریوهای مختلف بر حسب کیلووات ساعت برای شهر ساری

جدول ٤. سناریوهای درنظر گرفته شده و ضخامت لایه ها

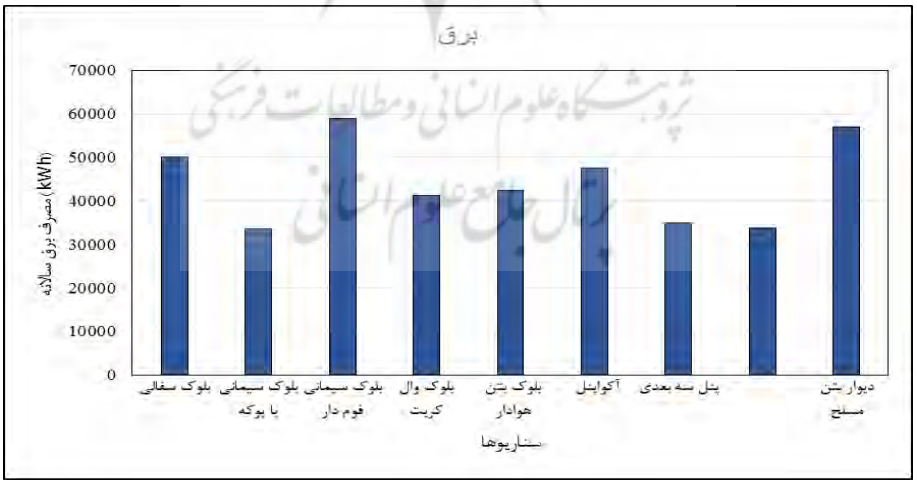
شماره	سناریوها	برق	گاز
۱	بلوک سفالی	50066	90531

2	بلوک سیمانی با پوکه	33493	42430
3	بلوک سیمانی فوم دار	59009	112360
4	بلوک وال کریت	41261	65600
5	بلوک بتن هوادار	42363	69271
6	آکواپنل	47454	81792
7	پنل سه بعدی	34888	45875
8	ICF	33812	42601
9	دیوار بتن مسلح	56898	106819

منبع: نویسندگان۱۴۰۱

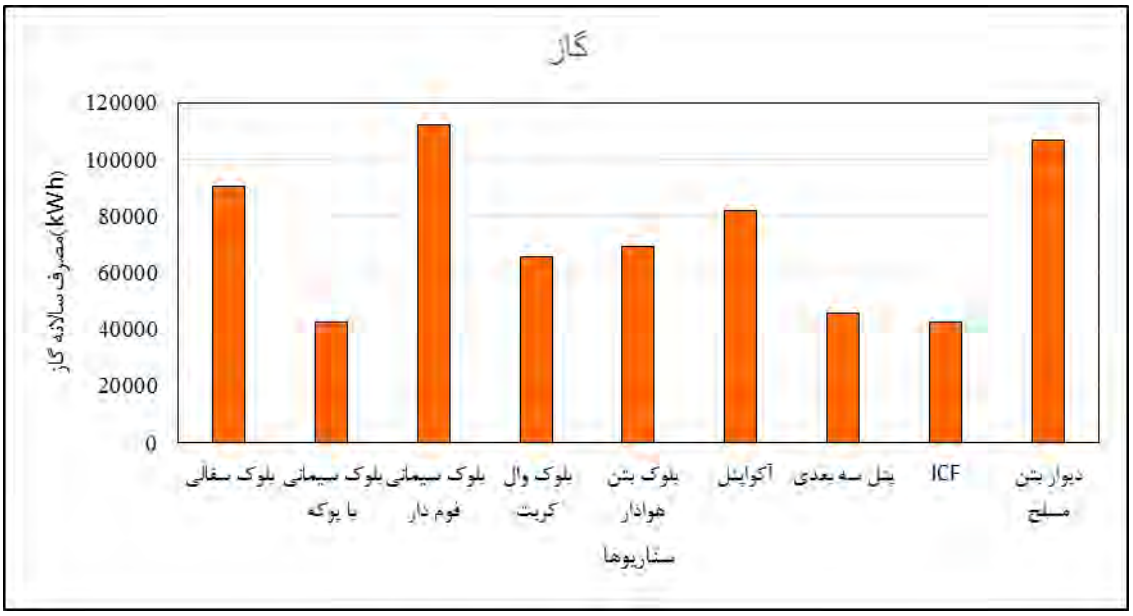
سیستم بلوک سیمانی فوم دار و دیوارهای بتن مسلح، بیشترین میزان مصرف انرژی سوخت را دارا است. دلیل این امر مربوط به کارکرد مقاومت حرارتی و ظرفیت حرارتی آنها در طول زمستان می باشد. از طرفی مقاومت حرارتی ناچیز این دیوار ها در کاهش اتلاف حرارت از داخل ساختمان به بیرون ضعیف عمل نموده و از طرف دیگر به علت اینکه محیط خارج در تمام طول شب و روز سردتر از محیط داخل است، با استفاده از ظرفیت حرارتی بالای خود، سرما را در خود ذخیره کرده و به محیط داخل پس میدهند. در کنار این مسائل، مصرف انرژی برق در این سناریوها نیز بیشترین مقدار می باشد.

در سیستم صنعتی ICF و بلوک سیمانی با پوکه مصرف انرژی سوخت و برق در کمترین مقدار نسبت به سایرین حاصل شده است. در خصوص توجیه این مسئله باید به مشخصات دیوارهای سیستم ICF و بلوک سیمانی با پوکه توجه داشت که شامل ظرفیت حرارتی بالا و همچنین مقاومت حرارتی بالایی هستند. ترکیب این دو عامل در فصول سرد سال باعث کاهش انتقال حرارت از جدارههای ساختمان شده و در نتیجه مصرف انرژی سوخت و برق را به طور مؤثری کاهش داده است.



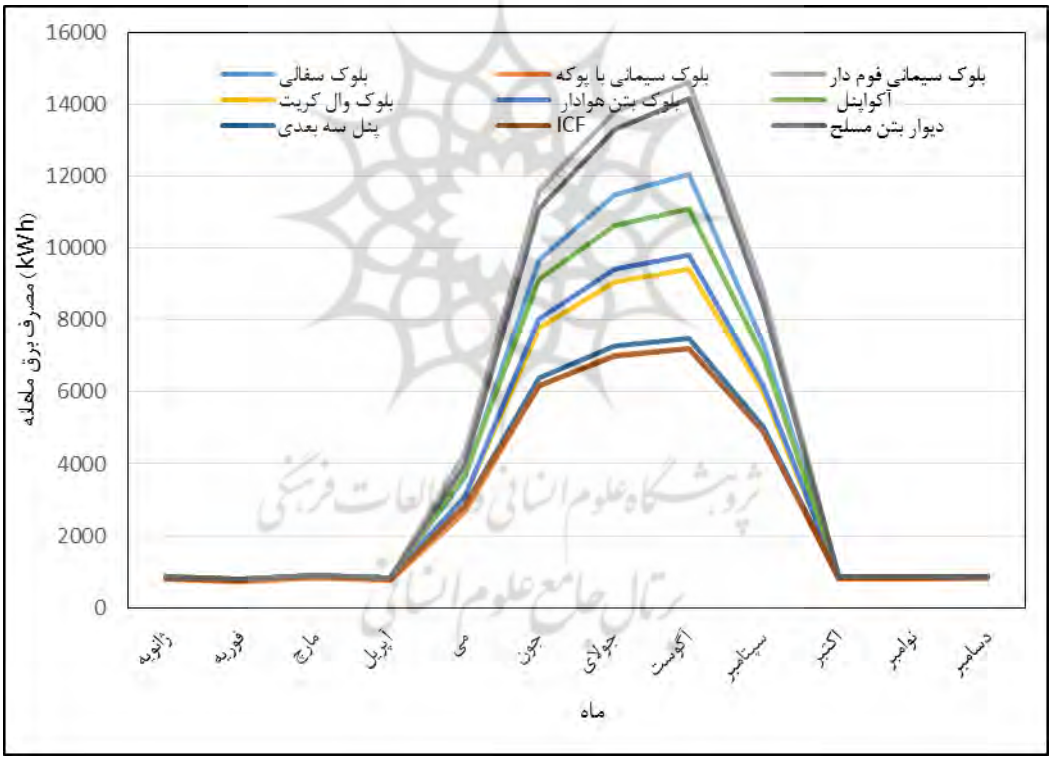
شکل ۳. مصرف سالانه انرژی الکتریکی سناریوهای مورد بررسی برای شهر ساری بر حسب کیلووات ساعت

منبع: نویسندگان،۱۴۰۱



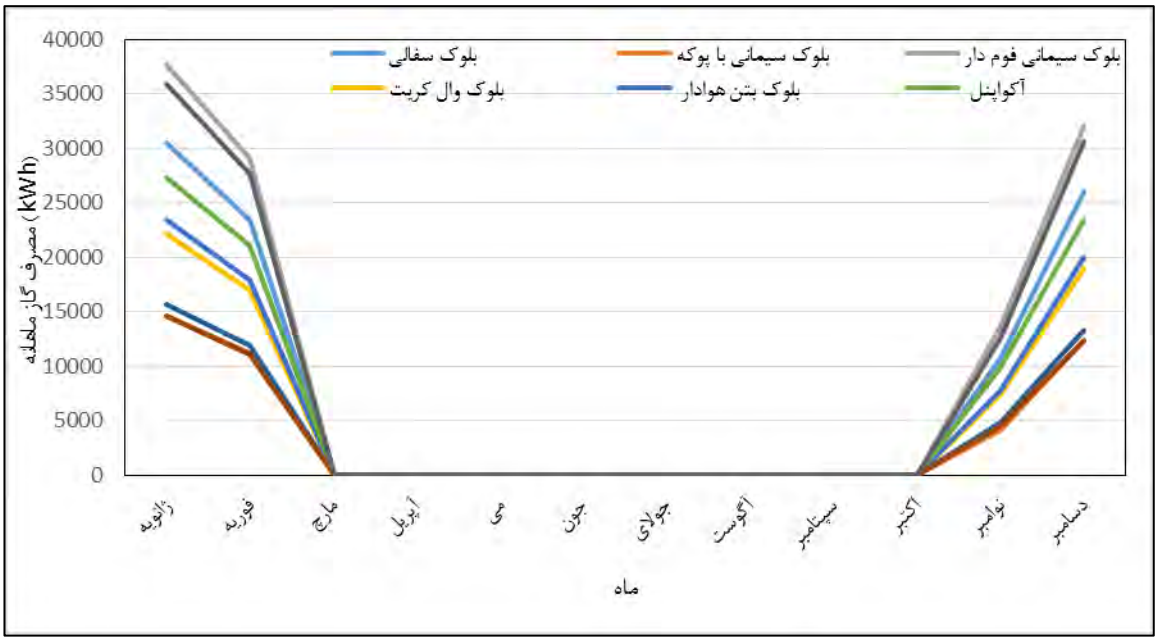
شکل ٤. مصرف سالانه گاز برای سناریوهای مورد بررسی برای شهر ساری بر حسب کیلووات ساعت

منبع: نویسندگان،١٤٠١



شکل ٥. متوسط مصرف ماهانه برق برای سناریوهای مورد بررسی در ساری بر حسب کیلووات ساعت

منبع: نویسندگان،١٤٠١



شکل ٦. متوسط مصرف ماهانه گاز برای سناریوهای مورد بررسی در ساری بر حسب کیلووات ساعت

منبع: نویسندگان،١٤٠١

نتیجه گیری و دستاورد علمی پژوهشی

مصالح ساختمانی پتانسیل زیادی برای کاهش انرژی مصرف شده در ساختمان سازی به ویژه در فرم انرژی نهفته دارند. انرژی نهفته کمتر به معنی مصرف کمتر انرژی در فرآیند استخراج، ساخت ، حمل و نقل و استفاده مصالح است که باعث رها شدن میزان کمتری آلاینده به خصوص کربن دی اکسید به جو کره زمین می شود. به عبارت دیگر، ردپای کربن در این مصالح کمرنگ تر است . بنابراین ، می توان انرژی نهفته را به عنوان یکی از شاخص های ارزیابی مصالح در چهارچوب پایداری دانست (Givoni B) با توجه به هدف گذاریهای ملی و بین المللی برای تحقق توسعه پایدار در بخش ساختمان و مسکن و همچنین برای ساخت ساختمانهای سبز یا پایدار باید به سمت مصالحی پیش برویم که انرژی نهفته کمتری دارند و کربن کمتری در طول فرآیند تولید و به کارگیریشان منتشر می کنند.

در این پژوهش، برای بررسی کاهش مصرف انرژی الکتریسیته و سوخت در ساختمان مورد مطالعه برای شهر ساری ، از ۹ سناریوی مختلف استفاده شده است، این سناریوها شامل استفاده از مصالح مختلف در راستای رسیدن به هدف مربوطه می باشد. یک ساختمان ٤ طبقه ١٦ واحدی با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر مدل گردیده است. سناریوهای مورد بررسی استفاده از مصالح ١- بلوک سفالی ٢- بلوک سیمانی با پوکه ٣- بلوک سیمانی فوم دار ٤- بلوک وال کریت ٥- بلوک بتن هوادار ٦- آکواپنل ٧- پنل سه بعدی ٨- ICF ٩- دیوار بتن مسلح، برای دیواره های داخلی و خارجی می باشد. برای تمامی ۹ سناریوی مورد نظر مصرف انرژی برق و گاز به تفکیک مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصله نشان داد که میزان مصرف برق برای شهر ساری در سناریو بلوک سیمانی با پوکه کمترین مقدار بوده و پس از آن با فاصله بسیار کمی سناریوهای ICF و پنل سه بعدی به ترتیب قرار دارند. بیشترین میزان مصرف برق سالانه نیز مربوط به سناریوی بلوک سیمانی فوم دار با اختلاف زیاد با بقیه سناریوها می باشد. در رابطه

با میزان گاز مصرفی سالانه برای شهر ساری بلوک سیمانی فوم دار بیشترین میزان مصرف و بلوک سیمانی با پوکه کمترین میزان مصرف را به خودشان اختصاص داده اند.

نوآوریهای این پژوهش شامل موارد زیر میباشند که برای اولین بار مورد بررسی به این شکل قرار گرفته اند:

۱. استفاده از مصالح به روز با مشاوره از مجریان با سابقه در راستای کاهش مصرف انرژی ساختمان
۲. استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر برای تحلیل انرژی ساختمان
۳. تحلیل انرژی مصالح نوین مانند بلوک وال کریت، بلوک سیمانی فوم دار
٤. محاسبه میزان تولید آلاینده های زیست محیطی برای تمامی مصالح در نظر گرفته شده

۵. از پیشنهاد تحقیقات آتی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

٦. انجام محاسبات مربوطه با دیگر نرم افزارهای انرژی و مقایسه نتایج به دست آمده برای اعتبار سنجی بیشتر محاسبات.
۷. برآیند تأثیر عواملی مانند شرایط اقلیمی، جهت گیری ساختمان، انواع سیستمهای تهویه و ... درانتخاب مصالح میتواند در آینده مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

حبیب، فرح و برزگر، زهرا و چشمه قصابانی، مریم(۱۳۹۳)، رتبه بندی پارامترهای موثر بر مصرف انرژی ساختمان با کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی، نشریه نقش جهان،۲،٤.

خاک زند، مهدی و حسه زاده، رویا(۱۳۹۵)، تأثیر طراحی فضای باز مجتمع های مسکونی برآسایش حرارتی ساکنین، اولین کنگره بین المللی معماری هدف، ۲۲ و ۲۳ آذر ماه ۱۳۹۵، شیراز.

رضایی، فاطمه، تقدیری، علیرضا(۱۳۹۸)، بررسی راه کارها و استراتژی های همساز با اقلیم معتدل و مرطوب در معماری معاصر بومی، نشریه معماری شناسی، سال دوم، شماره ۷

عبدالهی، ولی، بیگ بابایی، بشیر، عزت پناه، بختیار(۱۳۹۹). بازشناسی قابلیت های بازآفرینی در بافت های ناکارآمد (مطالعه موردی: منطقه چهار شهرداری کلانشهر تبریز .(*فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای*،(4)10 ، 137-151.

عبدالهی، ولی، بیگ بابایی، بشیر، عزت پناه، بختیار. (۱۳۹۹). بازشناسی قابلیت های بازآفرینی در بافت های ناکارآمد (مطالعه موردی: منطقه چهار شهرداری کلانشهر تبریز .(*فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای*،(4)10 ، 137-151.

قیومی بیدهندی، مهرداد، عبداهل زاده ،محمدمهدی(۱۳۹۱)، بام وبوم ومردم بازخوانی ونقداصول پیشنهادی پرنیا برای معماری ایران." دوفصلنامه معماری ایران، شماره ۱

کیوانی نژاد، ملیکا، تاج، شهره، صالحی، هما(۱۳۹۸)، انطباق زبان الگو با معماری بومی روستایی ایران در راستای پایداری محیط (مطالعه موردی، دهستان لفور .(*فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای*،(2-1)10 ،.944-925

میرزایی، علی اصغر و براتی، ابراهیم(۱۳۹٦)، شبیه سازی و تحلیل مصرف انرژی و تاثیرات کاهش دمای طرح داخل، تغییر نوع شیشه و اضافه کردن عایق حرارتی در ساختمان اداری با نرم افزار دیزاین بیلدر، دومین کنفرانس بین المللی مهندسی مکانیک و هوافضا.

یزدانی، حمید و آتش جبین، آمنه(۱۳۹۵)، تاثیر فرم بر میزان مصرف انرژی با تحلیل احجام توسط نرم افزار دیزاین بیلدر در نمونه اقلیمی جزیره کیش، اولین کنفرانس سالانه علمی تخصصی مهندسی عمران، معماری، شهرسازی و علوم جغرافیا در ایران باستان و معاصر

سکونی رواسان سولماز و حضرتی رقیه(۱۳۹۲)، انرژی نهفته و انتشار کربن در مصالح ساختمانی، اولین همایش ملی انرژی های نو وپاک

Sherman, vandy,2016, Application of Hierarchical Analysis Process in Metropolitan Planning, Journal of Urban Studies, No. 12

Yu J, Yang C, Tian L. Low-energy envelope design of residential building in hot summer and cold winter zone in China. Energy Build 2008;40 (8):1536–46

Yu J, Yang C, Tian L. Low-energy envelope design of residential building in hot summer and cold winter zone in China. Energy Build 2008;40 (8):1536–46.

Lee, Y., Kim, K., & Lee, S. (2010). Study on building plan for enhancing the social health of public apartments.Journal of Building and Environment, 45, 1551-1564.

Jamaludin , Nazhatulzalkis, Nurul Izma Mohammeda Mohd Faris Khamidib, Suriani Ngah Abdul Wahaba,2014, Thermal Comfort of Residential Building in Malaysia at Different Micro-Climates, AcE-Bs2014Seoul Asian Conference on Environment-Behaviour Studies Chung-Ang University, Seoul, S. Korea, 25-27 August 2014 "Environmental Settings in the Era of Urban Regeneration", Procedia - Social and Behavioral Sciences 170 (2015) 613 –623

Markarian E, Fazelpour F. Multi-objective optimization of energy performance of a building considering different configurations and types of PCM. Solar Energy. 2019;191:481-96.

Abedini, H., Caldognetto, T., & Mattavelli, P. (2021, October). A per-phase power controller allowing smooth transitions to islanded operation. In 2021 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE) (pp. 973-979). IEEE.

Shifte, C., Abedini, H., Akbarifard, A., & Afjei, S. E. (2015, February). New approach for 6 cylinder diesel electric algorithm control on one cylinder failure. In The 6th Power Electronics, Drive Systems & Technologies Conference (PEDSTC2015) (pp. 103-106). IEEE.

Ellis PG, Torcellini PA. Simulating tall buildings using EnergyPlus. National Renewable Energy Lab., Golden, CO (US); 2005.

Ghada Elshafeia, Abdelazim Negm, Mahmoud Bady, Masaaki Suzuki and Mona G. Ibrahim,2017, Numerical and Experimental Investigations of the Impacts of Window Parameters on Indoor Natural Ventilation in a Residential Building, Energy and Buildings

Givoni B. Passive and low energy cooling of buildings. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994.

Hassan , M.H, 2012. Ventilated courtyard as a passive cooling strstegy in the hot desert climate , 33ndaivcconference Optimising VentilativeCoolongand airtightnessfor (Nearly)Zer- Energy Buildings , IAQ and comfort , Denmark .

Cabeza, L.F. and Barreneche, C. and Miro, L. and Morera, J. M. and Bartolí, E. and, Fernandez, A.I– (2013) wwowcarbon and low emdodied energy materials in buildings: A revie”” Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews, **23** pp 536–542.

Dixit, M. K. and Fernandez-Solis, J. .. and Lavy, S. and Culp C. H. (2010) dentification of parameters for embodied energy measurement: A literature revie”” International Journal of Energy and Buildings, **42** pp 1238–1247.

Abdagiri, P. V. (2017). Relationship Between Embodied Energy and Cost of Building Materials: A Case Study (Doctoral dissertation).51

Bardhan, S. (2011). Embodied energy analysis of multi storied residential buildings in urban India. *WIT Transactions on Ecology and the Environment, 143*, 411-421