



فصلنامه معماری سبز

سال هشتم، شماره ۱ (پیاپی ۲۸)، بهار ۱۴۰۱، جلد دو

معادل سازی مفاهیم معماری سنتی ایرانی بر طبق فلسفه پرش
کیهانی؛ جهت بکارگیری در دوره معماری پس از انقلاب اسلامی
محمد مهدی احمدی پور، امیر صناعی، حدیثه کامران کسمایی

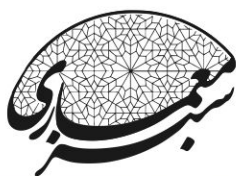
کاربرد ابزار هوش مصنوعی در پیش بینی مصرف انرژی ساختمان
یاسر شهبازی، سحر حسین پور، محسن مختاری کشاور

تأثیر بلوک های بتنی گازدار در صرفه جویی مصرف انرژی
ساختمان؛ نمونه مورد مطالعاتی: ساختمان های مسکونی شهر
اردبیل
هدایت شهبازی، عمار حسن پور

بررسی عملکرد و سازه اندازی شناسی و کاربرد آن در
شکل گیری معماری جنوب ایران با نمونه موردی بوشهر
محمد بهزاد پور، شیما شجاعی

ساختارهای خمشی فعال و انعطاف پذیر راهکاری برای طراحی در
معماری متحرک
هاله حیدر آبادی، فرزین حق پرست، فرهاد احمدنژاد

تغییر در مصرف برق با استفاده از پنل های فتوولتائیک در
ساختمان ها مسکونی؛ نمونه موردی شهر تهران
امیر محمد نیاوندی، ایمان شیخ انصاری



نشریه

تهران، افسریه، ۱۵ متری چهارم، کوچه ۲۸، پلاک ۲۸، واحد ۲۴۸۷ / ۰۲۶۴۴۴۵۳۱۳۱ / ۰۲۱۳۳۲۰۳۴۸۷
نشانی: کرج، آزادگان، ابتدای بلوار مطهری، کوچه شهید سبوحانی، پلاک ۲۸، واحد ۴ کدپستی: ۳۱۴۳۹۵۲۵۹۵
www.NRES.ir @Shij.journals@gmail.com

چاپ

تهران، افسریه، ۱۵ متری اول، کوچه ۲۸، پلاک ۳۹۳
نشانی: تهران، افسریه، ۱۵ متری اول، کوچه ۲۸، پلاک ۳۹۳
انتشارات هنر و علوم دانشگاهی، تلفن: ۰۲۱ ۳۳۸۴۰۷۹۲

صاحب امتیاز و مدیرمسئول: امیرحسین یوسفی

زیر نظر شورای سردبیری

مدیر اجرایی: منیژه ملائی

اعضای شورای علمی و داوری تحریریه: (به ترتیب حروف الفبا)

- دکتر سید محمدحسین آیت‌اللهی، عضو هیئت علمی دانشگاه یزد
- دکتر تقی حمیدی‌منش، عضو هیئت علمی دانشگاه بوعلی سینا همدان
- دکتر محمدامین خراسانی، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
- دکتر حسن دارابی، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
- دکتر سیدعباس رجائی، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
- دکتر غلامرضا شاملو، عضو هیئت علمی دانشگاه بوعلی سینا همدان
- دکتر علی شهابی‌نژاد، عضو هیئت علمی دانشگاه یزد
- دکتر حمیدرضا صارمی، عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس
- دکتر محسن عباسی هرفته، عضو هیئت علمی دانشگاه یزد
- دکتر سارا مهدی‌زاده، عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

فراخوان پذیرش مقاله:

نشریه «معماری سبز» توسط موسسه مطبوعاتی مطالعات کاربردی شباک و با همکاری علمی اساتید برجسته دانشگاه‌های کشور به انتشار مقالات علمی در زمینه معماری و شهرسازی می‌پردازد. از این‌رو از تمام اساتید، صاحب‌نظران، کارشناسان، دانشجویان و پژوهشگران دعوت می‌شود با ارسال مقالات علمی خود از طریق وبسایت نشریه به نشانی www.GreenArchitecture.ir در پربارتر کردن این نشریه، ما را یاری نمایند.

برای ارسال مقاله کافی است تا در وبسایت ثبت‌نام نموده و با ورود به پنل کاربری، مقاله خود را ثبت کنید.

محورها و موضوعات پذیرش مقاله:

- معماری و شهرسازی پایدار
- نقش محیط‌زیست و اقلیم در معماری
- طراحی معماری و مطالعات وابسته
- معماری ایرانی-اسلامی
- بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در معماری
- معماری، پایداری فرهنگی و اجتماعی
- آموزش و پژوهش در معماری
- مطالعات تاریخ معماری
- مطالعات میان رشته‌ای در معماری

فهرست مقالات

صفحه	عنوان مقاله
۱	معادل‌سازی مفاهیم معماری سنتی ایرانی بر طبق فلسفه پرش کیهانی؛ جهت بکارگیری در دوره معماری پس از انقلاب اسلامی محمد مهدی احمدی‌پور، امیر صناعی، حدیثه کامران کسمایی
۱۱	کاربرد ابزار هوش مصنوعی در پیش‌بینی مصرف انرژی ساختمان یاسر شهبازی، سحر حسین‌پور، محسن مختاری کشاور
۱۹	تأثیر بلوک‌های بتنی گازدار در صرفه‌جویی مصرف انرژی ساختمان؛ نمونه مورد مطالعاتی: ساختمان‌های مسکونی شهر اردبیل هدایت شهبازی، عمار حسن‌پور
۳۱	بررسی عملکرد و سایه‌اندازی شناسیر و کاربرد آن در شکل‌گیری معماری جنوب ایران با نمونه موردی بوشهر محمد بهزادپور، شیما شجاعی
۴۳	ساختارهای خمش فعال و انعطاف‌پذیر راهکاری برای طراحی در معماری متحرک هاله حیدرآبادی، فرزین حق‌پرست، فرهاد احمدنژاد
۵۵	تغییر در مصرف برق با استفاده از پنل‌های فتوولتائیک در ساختمان‌ها مسکونی؛ نمونه موردی شهر تهران امیرمحمد نهاوندی، ایمان شیخ انصاری

معادل سازی مفاهیم معماری سنتی ایرانی بر طبق فلسفه پرش کیهانی؛ جهت بکارگیری در دوره معماری پس از انقلاب اسلامی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۴

کد مقاله: ۴۲۳۹۵

محمد مهدی احمدی پور^۱، امیر صناعی^۲،

حدیثه کامران کسمایی^۳

چکیده

تقلید مستقیم و کورکورانه از سبک های روز معماری دنیا که منجر به از بین رفتن وحدت و انسجام معماری خودی می شود، در این برهه از معماری کشور به وضوح دیده می شود. لذا می بایست جهت سوق هوشمندانه مفاهیم معماری سنتی ایرانی با فلسفه علم روز بطوری که ضمن حفظ ساختار، وارد مرحله گذار به مدرنیته شد. در این راستا و در این پژوهش با شناخت شاخصه های مفهومی در معماری ایران و مطابقت با ضوابط موجود در به روز ترین سبک معماری غربی به نام پرش کیهانی که خواه یا ناخواه وارد معماری معاصر در دوره پس از انقلاب اسلامی می شود. در راستای هماهنگی از پیش تعیین شده با این سبک که در واقع برپایه مفاهیم کیهان شناسی و همچنین علم کوانتوم تنظیم گشته است، می بایست به ایجاد ارتباط میان مفاهیم سنتی معماری خودی با این سبک تلاش نمود. در پژوهش حاضر نخست شاخصه های معماری سنتی که قابلیت معادل سازی با فلسفه و مفاهیم سبک پرش کیهانی را داشته اند، استخراج و مورد تحلیل قرار گرفته اند و سپس بطوریکه ساختار درونی معماری ایرانی حفظ و به صورت گذار رو به جهانی شدن سوق داده شود، مورد تطبیق و مقایسه قرار گرفته است تا ضمن رعایت انسجام درونی مفاهیم، برای دوره معماری معاصر به شیوه ای منطقی از معماری روز دنیا بهره مند شد.

واژگان کلیدی: معماری معاصر ایرانی، شاخصه های معماری سنتی، پرش کیهانی، حفظ وحدت و انسجام

۱- دانشجوی دکترای تخصصی، گروه معماری، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران

۲- استادیار، گروه معماری، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران (مسئول مکاتبات) a.sanaee@iau.ac.ir

۳- عضو هیئت علمی تمام وقت، گروه معماری، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران

۱- مقدمه

آنچه بسیاری از مخاطبان، امروزه معماری ایرانی اسلامی می خوانندش، چیزی نیست مگر تقلیدی از شکل و ظاهر گذشته معماری ایران (حجت، ۱۳۸۹). در عرصه بروز و ارائه فضاها و تزئینات معماری ایران عناصر، اجزاء، ترکیبات و نقوشی به چشم می آید که با در نظر گرفتن و توجه به شرایط منطقه ای و اقلیمی، تداوم، اشتراک و همبستگی خیره کننده ای را متبلور کرده است. گویی در تمام آنها رازی است که نتیجه آن جز حرکت از کثرت به وحدت چیزی نیست که برخاسته از تفکر واحدی است که نشأت گرفته از ارزش های اولیه و ارزش های افزوده شده به آن طی قرون و اعصار متمادی است (کریم زاده، ۱۳۸۹). معماری امروزه ایران در میان گذشته و آینده معلق و برای یافتن مسیر خود در تکاپو و در حال گذار است (ابراهیمی، ۱۳۸۹). نگاه به معماری چشم نواز غرب که معماری مدرن نامیده شده در آن، کارکرد با ایده ترکیب می شود و مفاهیم و فرم های تاریخی آن حذف شدند و معماری ایرانی که ایرانی-اسلامی بوده و برپایه وحدت می باشد، با نفوذ تدریجی روند معماری مدرن، این وحدت و انسجام خود را از دست داده است (حجت، ۱۳۸۴). در شکل گیری معماری ایران؛ نظر، جهان بینی و تفکر ارتباط بسیار نزدیک با فضا داشته است. این امر ممکن است در مرحله اول جستجوگر حل مسائل جَوّی و اقلیمی باشد ولی در مراحل تکمیلی، ذهنیتی مشهود است که در آن کلیه تحولات عقلانی و تخیلات معنوی نفوذ کرده اند. همان گونه که پیوند نگاه به دنیا و زندگی در جوشش مکان ها و فضاها در تمامی ساختمان های معماری سنتی به چشم می خورد. در این تحلیل ویژگی هایی قابل استخراج است که تقریباً خاص این مملکت است و طبیعتاً از آنجا که بستر ارزش اصلی آن اسلام است، این ویژگی های کالبدی و فضایی معماری در دیگر کشورهای اسلامی نیز قابل مشاهده است. و نیز شاید مفید باشد که مسیر شکل دهی فضا را با دیگر معماری های جهان مقایسه نمود و حضور فرهنگ را در این پیوند جست. در ضمن کاملاً روشن است که معماری همیشه آینه انسان و آرزوهایش بوده است و در شکل گیری معماری های جهان بدون شک ارزش های فناپذیر و جاویدان حضور دارند که فصل مشترک آن موجودیت انسان در زمین و جهان بینی اوست (صادق پی، ۱۳۸۹).

باتوجه به این مساله که برای معماری سنتی، تعریفی واحد وجود ندارد که به طور مشخص از آن برای شرایط امروزه بهره گرفته شود، در این پژوهش فاکتورهایی از یک بنا که در معماری های گذشته استفاده شده اند، در حوزه های: کارکردنا، مصالح بکار رفته، نوع سازه بنا و فرم بنا در نظر گرفته شده اند جهت رسیدن به مسیر تعالی در معماری امروزه ی این کشور می بایست مفاهیم در لفظ خود مجدداً مطابق با علوم روز باز تعریف و بازنگری شوند و ماهیت مورد نیاز برای رسیدن به الگویی جامع که برای حفظ انسجام و وحدت در معماری پس از انقلاب مورد نیاز است، به درستی استخراج شده و برای ارائه مدلی مفهومی از معماری ایرانی - اسلامی که درخور ویژگی های مدرن هم باشد تلاش نمود. از این رو، بکارگیری ضوابط معماری پرش کیهانی که بر پایه علم روز جهان، فرم از فلسفه حاصل می شود در جهت نیل به معماری ایرانی برای دوره بعد از انقلاب اسلامی مفید می باشد. همچنین باتوجه به این موضوع که در دوره معماری پس از انقلاب اسلامی نمی توان به سبک خاصی اشاره داشت که معماری ایران با چارچوب های آن دنبال شود. تقریباً تمامی سبکهای معماری پس از مدرن تا کنون به گونه ای قابل ملاحظه است.

۲- پرسش های پژوهش

۱. با توجه به نقش علوم جدید در معماری، چگونه می توان از آنها در معماری معاصر ایرانی بهره جست؟
۲. سبک پرش کیهانی و معماری سنتی ایرانی دارای چه مفاهیم مشترکی هستند؟
۳. باتوجه به عدم آگاهی در تقلید از معماری های روز دنیا، جهت نیل به دوره معماری پس از انقلاب اسلامی چه راهکاری پیشنهاد می شود؟

۳- روش پژوهش

روش تحقیق در پژوهش حاضر، روش ترکیبی توصیفی - تحلیلی و تطبیقی می باشد، بطوریکه ابتدا با استفاده از مطالعات اسنادی و کتابخانه ای و مرور نوشته های تخصصی، اطلاعاتی جامع در خصوص شناخت مفاهیم معماری سنتی ایرانی و ضوابط سبک معماری پرش کیهانی که توسط چارلز جنکنز تنظیم شده اند، اطلاعات مورد نیاز تهیه گشته و سپس با تامل و معادل سازی مفاهیم موجود در معماری ایرانی با علم روز که در حقیقت در سبک پرش کیهانی نمود معماری آن دیده می شود، ارتباط معنایی و مفهومی با مقایسه و تحلیل میان فاکتورها برقرار شود تا در جهت سوق مفاهیم معماری سنتی ایرانی با فلسفه علوم روز که در علم معماری به صورت فرم نمایان می شوند بتوان با نگاه جهانی به دوره معماری معاصر پس از انقلاب اسلامی، ضمن حفظ شاخصه های مفهومی در معماری خودی با نگاهی به روز تر و معادل سازی با شاخصه هایی که در معماری معاصر دنیا استفاده می شود، موارد مطابقت کشف و در جهت تازه سازی آن اقدام شود.

۴- پیشینه پژوهش

در پژوهشی که توسط ناهید صادق پی در مورد تعریف جامع از معماری سنتی در مقاله ای تحت عنوان " تاملی در معماری سنتی" صورت پذیرفته است که ابتدا به تعاریف متفاوت از واژه سنت پرداخته شده و سپس سنت و فرهنگ را با شاخصه های معماری سنتی و سپس برای تعریف معنا در این معماری بکار گرفته شده است که در طی آن اذعان می دارد که تعریفی مشخص از معماری سنتی نمی توان بیان داشت چرا که لفظ سنت خود دارای تعابیر متفاوتی است. اما در نهایت پس از جمع بندی آرای نظریه پردازان این حوزه، مشخص می کند که سنت با فرهنگ تعریف می شود که از دست به دست نشدن نسلهای مختلف به آیندگان می رسد و استمرار در آن موجب شکل گیری مفهوم سنتی می شود که در واقع بیانگر تبلور فرهنگ در یک جامعه است. در ادامه نیز به سرچشمه واژه سنت پرداخته شده که در طی آن بیان می کند که این واژه منشا الهی داشته و پرداختن معماری به این حوزه ی سنتی نیز امری مقدس محسوب می شود که ریشه آن به عوالم قدسی و الهی می رسد. پس نتیجه می شود که ارزش معماری سنتی به دلیل مفاهیم عمیق و معنای الهی شاخصه های آن است که آن را متمایز و ارزشمند کرده اس(صادق پی، ۱۳۸۹).

کامبیز حاجی قاسمی در مقاله ای تحت عنوان " شاخصه های معماری اسلامی ایرانی" به توصیف شاخصه های درونی معماری سنتی ایرانی پرداخته و هرکدام از شاخصه ها و ارتباط معنایی و معنوی آن را مورد تبیین قرار داده است، تا جاییکه ارزشهای آن نمایان شود. به بررسی شاخصه هایی چون معماری پرورنده ی نور، نقش و رنگ، تنوع و هماهنگی، فضای بی جهت و چندین مورد دیگر را پرداخته تا ضمن حفظ کیفیت آثار هنری معماری اسلامی ایرانی، جهت استفاده معنایی در دوران امروزی بکار گرفته شوند (حاجی قاسمی، ۱۳۹۱).

در پژوهشی تحت عنوان معماری پرش کیهانی که توسط جزءپیری و همکاران انجام شده است به شناخت سبکهای جدید معماری امروزی از جمله پرش کیهانی پرداخته که در حقیقت رابطه عمیق بین نحوه نگرش و ایدئولوژی بشر نسبت به هستی را مطابق با علم روز، مورد تحلیل قرار داده است و سپس به نیاز کالبدمعماری که متأثر از کیفیات روحی خالق اثر شکل گرفته می شود، پرداخته است تا به نوعی سبک پرش کیهانی که سبکی نو در معماری روز دنیاست را با اصول علمی تبیین کند و از آنجا که این سبک معماری باتوجه به نظریات مختلفی از جمله نظریه آشوب و پیچیدگی در حوزه علوم مختلف تعریف شده است به شناخت مفهوم این سبک توجه کرده است و در نهایت ضوابطی که منجر به شکل گیری این نوع معماری سیال و غیرخطی شده، ارائه گردد (جزءپیری و همکاران، ۱۳۹۴).

پژوهشی در زمینه تاثیر علم کوانتوم در طراحی فضاهای معماری تحت عنوان "بازشناسی تاثیرپذیری تحلیل و نقد فضاهای معماری از علم فیزیک نوین(نظریه عدم قطعیت هایزنبرگ)" صورت پذیرفته که در این پژوهش یکسری ویژگی های فضاهای معماری موجود که منطبق با نظریه عدم قطعیت می باشند، مقایسه شده و سپس با استفاده از نمونه موردی ها، مورد تحلیل قرار گرفته اند تا با استفاده از علوم روز مثل کوانتوم بتوان برای طراحی فضاهای معماری، درک فضایی مناسب باتوجه به نظریه های مورد استفاده در آن علم، راحت تر و با کیفیت بیشتری از سوی معماران انجام شود(خسروی و طهماسبی، ۱۳۹۵).

۵- مبانی نظری

۵-۱- معماری سنتی

نوعی از معماری که بر اساس مفهوم سنت در طی زمان شکل گرفته باشد، دارای منشا الهی بوده که در نتیجه آن از حقایق و اصول قدسی پیروی می کند. معماری سنتی درون یک جامعه سنتی محقق می شود، در واقع جامعه سنتی خود نیز درون یک نظام معنوی شکل می گیرد که از لحاظ کیفی و کمی در پی تناسب کامل و هماهنگی نمود پیدا می کند. آفریده های این نظام، چون معماری، از پارادایم و جهان بینی تام و کامل مایه می گیرد که نیروهای خلاقه انسان را پدید می آورد و سپس بسوی غایتی ازلی رهنمون می شود که جامعه را بصورت کلی واحد، وحدت می بخشد. در این جامعه، انسان بعنوان رکن اصلی این نظام، به مفاهیم هستی و حیات با نگاهی معنوی و عرفانی می نگرد که در این صورت، انسان سنتی نه تنها به ظاهر بلکه به باطن پدیده ها توجه می کند. شخص معماری که در این جامعه سنتی رشد کرده است نیز از چنین نگرشی برخوردار می باشد و نگاهی که به خلق یک پدیده در معماری دارد نیز برگرفته از مفاهیم عمیق و بطن فرهنگ و سنت یک جامعه می باشد(صادق پی، ۱۳۸۹).

۵-۲- مفهوم درونگرایی

درون گرایی مفهومی است که به صورت یک اصل در معماری ایران وجود داشته و با حضوری آشکار، به صورت های متنوع قابل درک و مشاهده است. ویژگی معماری غیرقابل انکار آثار و بناهایی مانند خانه، مسجد، مدرسه، کاروانسرا، حمام و غیره مربوط به خصوصیت درون گرایانه آن است که ریشه های عمیق در مبانی و اصول اجتماعی-فلسفی این سرزمین دارد. با یک ارزیابی ساده می توان دریافت که در فرهنگ این نوع معماری، ارزش واقعی به جوهر و هسته باطنی آن داده شده است و پوسته ظاهری، صرفاً

پوششی مجازی است که از حقیقتی محافظت می‌کند و غنای درونی و سرپسته آن تعیین کننده جوهر و هستی راستین بنا است و قابل قیاس با وجوهای و فضای بیرونی نیست (بمانیان و سیلوایه، ۱۳۹۰). درون‌گرایی در جستجوی حفظ حریم محیطی است که در آن شرایط کالبدی با پشتوانه تفکر، تعمق و عبادت به منظور رسیدن به اصل خویش و یافتن آرامش خاطر اصیل در درون، به نظمی موزون و متعالی رسیده است. به طور عام و بر اساس تفکر شرقی و در سرزمین‌های اسلامی، جوهر فضا در باطن است و حیات درونی، به وجود آورنده اساس فضا است. امر توجه به مسائل درونی بر اساس فرهنگ، نوع زندگی، آداب و رسوم و جهان‌بینی شکل گرفته است که همراه با مسائل محیطی، جغرافیایی و اقلیمی معنای نهایی خود را به دست آورده است. معنایی که از فطرت خود انسان نشأت گرفته است (سلطان زاده، ۱۳۸۸).

۵-۳- مرکزیت

ویژگی موازی با مسأله درون‌گرایی، مرکزیت در فضای معماری است. سیر تحول عناصر پراکنده (کثرت‌ها) به وحدت مرکزی در اغلب فضاهای معماری دنیای اسلام به چشم می‌خورد. حیاط خانه‌ها، مساجد، مدرسه‌ها و کاروانسراها هسته‌های تشکیل دهنده این تفکر و رساندن عناصر عملکردی یا جزئیات میانه و دور به مرکز جمع کننده تنوع‌ها و گوناگونی‌ها می‌باشند. این فضای درونی مرکزی که گاه می‌تواند چیزی غیر از حیاط مرکزی باشد تنظیم کننده تمام فعالیت‌ها بوده و اصل و مرکز فضا را در قسمتی قائل است که نقطه عطف و عروجی استثنایی در آن رخ می‌دهد (بمانیان و سیلوایه، ۱۳۹۰).

۵-۴- نور و انعکاس

در اغلب فضاهای معماری ایران منظره کلی حاصل از شکل‌گیری عناصر کالبدی، به وجود آورنده کلیتی بصری است که اجزای آن در قالب محوربندی‌های حساب شده و منظم، چارچوبی را تشکیل می‌دهند که در آن موضوع شکل و تصویر به کمال می‌رسد. اجزاء ترکیبی در محورهای افقی و عمودی همواره رشد صعودی داشته و به منظور دستیابی به مرکزیت دید (تصویر) خط حرکت عمودی در فضاهای باز به طرف آسمان و نور تنظیم می‌شود که پیوند معماری، نور، آسمان و انعکاس را به عنوان نتیجه بصری به دست می‌دهد. بهترین نمونه‌های این شکل‌گیری منظم از طریق انعکاس را می‌توان در آینه‌های مابعدالطبیعی مساجد چهار ایوانی ایرانی دانست (بختیاری و همکاران، ۱۳۹۳).

انسان در گردش محوری خود به طرف جهات مختلف این کلیت فضایی منسجم را حس می‌کند که گویای نظام فکری منظمی است که در آن، مرکزیت فضا و زمین در مرکزیت (توحید) آشتی دهنده عوامل اتصال زمین و آسمان است (نقی زاده، ۱۳۸۴). در مرکز مساجد چهار ایوانی، سطح آب از لحاظ بصری به عنوان آینه انعکاس دهنده، نه فقط بدنه‌های اطراف را معرفی می‌کند، بلکه به علت موقعیت استثنایی خود (مرکز) تمثیل داستان آسمانی منعکس در تالوهای آب به عنوان تصاویر برگردان حاضر ولی غیرمادی از زندگی انسان‌ها در میل به حقیقتی بالاتر و جاویدان است (خسروشاد، ۱۳۹۴).

۵-۵- پیوند معماری با طبیعت

همدلی و احترام به طبیعت، ریشه‌های عمیق فرهنگی دارد و همزیستی مسالمت‌آمیز انسان، معماری و طبیعت در معماری سنتی ایران کاملاً مشهود است. اشارات فراوان در کتاب آسمانی درباره گیاه، نور و اجزاء طبیعت و در نهایت تمثیل بهشتی آن موجب شده است که در معماری ایران حضور طبیعت به طور همه‌جانبه باشد و فضاهای نیمه‌باز-نیمه‌بسته در یک روند سلسله مراتبی به نحوی در کنار یکدیگر قرار گرفته باشند که گویی همیشه انگیزه احترام و حفظ نعمت‌های الهی را پاس می‌دارند که در قلب طبیعت و اجزاء عناصر آن تجلی کرده است (حاجی قاسمی، ۱۳۹۱).

نمونه عالی این نوع معماری، ساختمان هشت بهشت است. هرگاه از سطح‌های مختلف آن عبور می‌کنیم طبیعت و برشی از آسمان در کنار ما و در زوایای مختلف قرار دارند و تضادهای داخل و خارج همچون گردش روزگار معرف تصاویری است که در آن وقار، آرامش و سکوت طبیعت راه گشای مکث، عبادت و تخیل به ابعاد و گستره جهان است (حاجی قاسمی، ۱۳۹۱). هشت بهشت با مرکزیت اتصال فضاهای کوچک اطراف تمام کانون‌بندی معماری ایران را دارا می‌باشد. برخلاف مساجد چهار ایوانی که مرکزیت با فضای باز تعریف شده است در ساختمان هشت بهشت تصویر معکوسی را مشاهده می‌کنیم که از یک فضای نیمه بسته داخلی به طرف طبیعت حرکت کرده و در انتها افق و بی‌نهایت درک و سپس تصور می‌شود. طبیعت محافظت شده در قالبی مطرح است که عناصر آن در کنار یکدیگر با حکمتی استقرار یافته‌اند که جزء جدایی‌ناپذیر موجودیت معماری به شمار می‌آیند (حاجی قاسمی، ۱۳۹۱).

۵-۶- فضای بی جهت

معماری سنتی ایرانی در بالاترین و جامع ترین مرتبه شامل بی جهتی است. این مساله در طرح حیاط های چهارایوانی در مسجد، مدرسه، کاروانسرا و غیره قابل درک است. وجود نماهای مشابه در چهار جهت داخل گنبدخانه، طاق نماها در چهارسوی یک تالار همه گواهی بر بی جهتی معماری سنتی ایرانی است (حاجی قاسمی، ۱۳۹۱).

۵-۷- راز و ابهام

سادگی و روشنی در عین حال عمیق و غنی، به ظاهر صورتی ساده اما حاوی اطوار پنهانی و لایه های تو در تو و راز و رمزهای بسیار است که جز در سایه همنشینی و الفت با آن درک نمی شود، از مفاهیم عمیق معماری سنتی ایرانی است. با بیگانگان ناآشنا اما با آنان که محرم و مانوس می شوند هر لحظه پیوندی عمیق برقرار می کند و آرامش و آسایش را به ارمغان می آورد. از این رو این نوع معماری در مغایرت با معماری های امروزی است که سعی در القای حس حیرت و شگفتی مخاطبان است. معماری سنتی ایران، دارای سادگی ظاهری اما غنای روحانی می باشد که به عبارتی پایش در زمین و سرش در آسمان است (حاجی قاسمی، ۱۳۹۱).

۵-۸- تعادل موزون

این مفهوم در گرو درک توازن تنوع و هماهنگی می باشد. همه تلاش معمار از یک سو صرف پدید آوردن بنایی می شود که همه اجزای آن از کل به جزء، از نحوه کنار هم نشستن و انتظام فضایی تا معماری جزء فضاها و تک تک عناصر متشکله از طرح تالار و ایوان و هشتی تا شکل ستون و طاق و طاقچه و از در و پنجره تا حتی اجزای ریزتر همه با هم در هماهنگی و تعادل موزون می باشند. و از سوی دیگر، هیچ منظری از نگاه عمیق معمار برای ایجاد تنوع و دگرگونی در دل این هماهنگی دور نمی ماند. وی با اشکال، رنگ ها، مصالح و نقوش بازی کرده و صورت های مختلف اجزا را نمایان می سازد که در دل هماهنگی حتی یکسانی، تنوع می آفریند و این تنوع در تزئینات سقف شبستان ها یا تفاوت رنگ و نقش در لچکی های مشابه یک نما و یا در اسپرهای یکسان نمای یک سر در یا ایوان و همچنین تغییر در تزئینات درونی دو اتاق هم اندازه که منجر به دو فضای متفاوت می شود، آفریده شده است. از این رو، مخاطب در هر لحظه با چهره ای جدید از فضا رو به رو می شود که در عین تنوع، تعادل و هماهنگی را حس می کند (حاجی قاسمی، ۱۳۹۱).

۵-۹- فلسفه معماری پرش کیهانی مطابق با علم روز

از نظر چارلز جنکز معماران باید معلول باشند. معلول دیدگاه انسان از خود و از جهان پیرامون خود. معماری امروز باید معلول شرایط امروز باشد، معلول علم، تکنولوژی و فلسفه کنونی. به عقیده وی اگر در جهان سنت، (فرم تابع سنت) است و در جهان مدرن (فرم تابع عملکرد) بوده است. در جهان کنونی (فرم تابع دیدگاه جهانی) باید باشد. اگر میس وندرووه شعار «کمتر بیشتر است» را در مدرن مطرح کرد، جنکز بر اساس نظریه پیچیدگی شعار «بیشتر متفاوت است» را عنوان می نماید. بدین معنی که پاسخ $2+2=4$ لزوماً نخواهد شد!! معمارانی همچون پیترو آیزمن و دانیل لیبسکیند در آثار خود روند طراحی را بر اساس اتفاقی در یک مقیاس بزرگ یعنی کیهان اتفاق می افتد، قرار می دهند. جنکز معتقد است این نگاه این سبک بر اساس مسائل ارگانیسم استوار است و می بایست نام ارگانیسم بر آن گذاشت اما به جهت اینکه این سبک توسط فرانک لویدرایت نام گذاری شده است، نام «معماری پرش کیهانی» را داده است که به «معماری غیرخطی» نیز معروف است (جزء پیری و همکاران، ۱۳۹۴).

معماران معاصر در دنیا معتقدند که شناخت تنها از طریق علم و تکنولوژی و فلسفه صورت می گیرد و معمار جهت حفظ حضور خود در ورطه تمدن امروز جهان، باید با علم، تکنولوژی و فلسفه روز آشنایی کامل داشته باشد محیط مصنوع را با استفاده از موارد فوق به صورتی خلاق و هنری نشان دهد. لذا تحولاتی که در فیزیک ذرات بنیادین، نجوم، ژنتیک، ریاضی، تکامل، فضا و زمان در سنوات اخیر رخ داده، موضوع معماری امروزه قرار گرفته است. بر اساس فرضیات جدید در ریاضی و فیزیک، عالم مکانیکی نیوتون دیگر نمی تواند شرایط جهان امروز را تبیین کند. اگر گالیله در چهارصد سال قبل اعلان نمود که خداوند جهان را با قوانین ریاضی نگاشته است این نیز بر اساس قوانین جدید فیزیک قابل قبول نیست. آلبرت اینشتین در اوایل قرن اخیر با معرفی نظریه نسبیت، جهان مکانیکی نیوتون را که در آن فضا و زمان مطلق بود در هم شکست. بر اساس این نظریه، جهان ما از بی نهایت قاب های فضا، زمان که به ناظر مشخص بستگی دارد تشکیل شده است. در نتیجه هر ناظر و هر قابی نه تنها در یک ساعت متفاوت، بلکه در یک نقشه متفاوت قرار دارد. بدین معنی که هر ناظر و هر قابی نه تنها در یک ساعت متفاوت بلکه در یک نقشه متفاوت قرار دارد (جزء پیری و همکاران، ۱۳۹۴).

جهان مکانیکی قرن نوزدهم به یک جهان ارگانیک تبدیل شد که در آن فضا زمان و اجسام به صورت متحول، فعال، سیال درگیر با یکدیگر و در ارتباط غیر خطی هستند. بر اساس نظریات می ون هو استاد دانشگاهی انگلستان، ژن های داخل کروموزوم بر یکدیگر و با محیط اطراف خود یک رابطه فعال و دو طرفه دارند، تاثیر گذار و تاثیر پذیر می باشند و انتقال اطلاعات به صورت متحول، سیال و غیرخطی است. لذا دانشمندان جهت تبیین جهان امروز، دیگر اتکا به علوم قرن نوزده و قطعیت جهان بینی ریاضی گون مدرن ندارند، بلکه مباحثی همچون آشفتگی هندسه ناقلیدسی، نظریه پیچیدگی و فیزیک غیر خطی، جهانی متفاوت از گذشته در مقابل انسان پست مدرن گشوده است (نخجوانی و ساربانقلی، ۱۳۹۱).

۵-۹-۱- نظریه هرج و مرج (آشوب)

ادوارد لارنس استاد علوم هواشناسی در دانشگاه M.I.T در آمریکا، نظریه هرج و مرج را در دهه هفتاد میلادی مطرح نمود وی در سال ۱۹۷۲ در مقاله ای به نام «آیا حرکت بال پروانه در برزیل باعث بوجود آمدن گردبادهای عظیم در تگزاس می شود؟» را منتشر نمود. این مقاله به نام اثر پروانه ای شهرت یافت. بر اساس این نظریه، اتفاقات کوچک موجب رخ دادن اتفاقات بزرگ می شود. به نظر لارنس، به دلیل هرج و مرج، تغییرات آب و هوایی را نمی توان پیش بینی کرد و همیشه این پیشبینی ها تقریبی است. از این زمان به تدریج ریاضی هرج و مرج و علم هرج و مرج مطرح گردید. هرج و مرج نحوه مشاهده جهان توسط دانشمندان را تغییر داده است. مرکز این چشم انداز هندسه و دروازه این هندسه، رایانه است. قوانین بی نظمی استثناء نیست، بلکه جهانی می باشد. تشبیه نیوتونی و مدرنیست ها از این جهان به عنوان یک سیستم مکانیکی قابل پیش بینی - همانند ساعت - دیگر صحیح نیست (علم مدرن). بر اساس علوم جدید تشبیه این جهان به یک ابر در حال تحول صحیح تر است (علم پست مدرن). هرج و مرج دنیایی است که در آن نظم و بی نظمی تا ابد در هم آمیخته و محل تولد و خانه علوم جدید است. هرج و مرج نظم قاعده را در یک موضوع در هم می آمیزد (جنکز، ۱۳۹۳).

۵-۹-۲- هندسه ناقلیدسی

واژه فراکتال نخستین بار در سال ۱۹۷۵، از کلمه لاتینی فراکتوس به معنی سنگی که به شکل نامنظم شکسته و خرد شده است، برای اولین بار توسط بنوت مندل بروت مطرح شد. فراکتال ها شکل هایی هستند که بر خلاف شکل های هندسه اقلیدسی، به هیچ وجه منظم نیستند. این شکل ها اولاً سرتاسر نامنظم اند، ثانیاً میزان بی نظمی آن ها در همه مقیاس ها یکسان است. جسم فراکتال از دور و نزدیک یکسان دیده می شود، به تعبیر دیگر خود مشابه است وقتی که به یک جسم فراکتال نزدیک می شویم، می بینیم که تکه های کوچکی از آن از دور همچون دانه های بی شکلی به نظر می رسد، به صورت جسم مشخصی در می آید که شکش کم و بیش مثل همان شکلی است که از دور دیده می شود. در طبیعت نمونه های فراوانی از فراکتال ها دیده می شود. درختان، ابرها، کوه ها، رودها، لبه سواحل دریا، سرخس ها و گل کلم ها اجسام فراکتال هستند. بخش کوچکی از یک درخت که شاخه آن باشد، شباهت به کل درخت دارد. این مثال را می توان در مورد ابرها، گل کلم و سایر اجسام فراکتال عنوان نمود. بسیاری از عناصر مصنوع دست بشر نیز به صورت فراکتال می باشند. تراشه های سیلیکان، منحنی نوسانات بازار بورس، رشد و گسترش شهرها و بالاخره مثلث سرپینسکی را می توان در این مورد مثال زد. مثلث سرپینسکی، یک مثلث متساوی الاضلاع است که نقاط وسط هر ضلع آن به یکدیگر متصل شده اند. اگر این عمل در داخل مثلث های متساوی الاضلاع جدید تا بی نهایت ادامه یابد. همواره مثلث هایی حاصل می شوند که مشابه مثلث اول می باشند (جنکز، ۱۳۹۳).

۵-۹-۳- پیچیدگی

در سال ۱۹۹۵ چارلز جنکز بر اساس یافته های جدید علمی درمورد سیر تکوین کیهان و تطور غیر خطی آن، کتابی به «معماری پرش کیهانی» منتشر نمود. جنکز در این کتاب به نحوه تکوین کیهان به زبان ساده می پردازد و بیان می دارد که نام جهان به صورت خطی و یک سویه گسترش و تکامل نیافته، بلکه این تکامل به صورت گسترش خطی و سپس رسیدن به مرز بحران و هرج و مرج و در نهایت پرش به شرایطی کاملاً متفاوت با گذشته صورت گرفته است. جنکز پیچیدگی در طبیعت را بدین صورت تعریف می کند پیچیدگی نظریه ای است که چگونه ارگانیسم های در حال پیدایش به لحاظ تاثیر متقابل اجزاء آن بر هم از حالت تعادل خارج شده (به واسطه افزایش انرژی، ماده یا اطلاعات) و به مرز بین نظم و هرج و مرج می رسد. این مرز همان مکانی است که سیستم اغلب پرش می کند، تقسیم می شود و یا به صورت خلاقانه ای تاثیر متقابل می گذارد. این کار به صورت غیر خطی و غیر قابل پیش بینی می پذیرد. ارگانیسم جدید ممکن است از طریق واکنش و دادن انرژی به صورت مستمر حفظ شود. در این روند، کیفیت به صورت نظم خودی، معنا، ارزش، باز بودن، طرح جزء به جزء مشابه، شکل های جاذب و اغلب افزایش پیچیدگی (میزان بیشتری از آزادی) به طور همزمان ظاهر می شود. لذا در یک کیهان زنده و ارگانیک، ارگانیسم ها و پدیده های

مختلف خلق می شوند و در یک گسترش خطی به مرز هرج و مرج می رسند و در نهایت به ارگانیسم یا پدیده ای متفاوت با حالت قبل پرش می کنند (خسروی و طهماسبی، ۱۳۹۵).

۶- یافته‌ها

در این پژوهش جهت استفاده آگاهانه از سبک های روز معماری دنیا در معماری ایرانی دوره پس از انقلاب اسلامی، سبک پرش کیهانی که تا کنون مورد استفاده طراحان قرار نگرفته، مورد توجه می باشد. در این سبک طبق اینکه از علم روز تبعیت می شود و در حال گسترش و کامل شدن است، بهتر است تا بجای استفاده کورکورانه و تقلید های صرفا فرمی از این سبک در کشورمان، یک گام جلوتر از تحمیل این سبک به معماری ایرانی حرکت کرد و در پژوهش حاضر سعی شده است تا ضمن بررسی مفاهیم و شاخصه های شکل گیری این سبک، مفاهیم و عناصر سنتی در معماری گذشته ایرانی که ریشه ای مقدس دارند، تطبیق داده شده است تا ضمن ایجاد ارتباط میان مفاهیم این دو سبک معماری، از فاکتورها و شاخصه هایی که ریشه مفهومی مشترکی دارند در ادامه کار طراحان معاصر مورد استفاده قرار گیرد. از این رو بحث پیرامون مقایسه ها و یافته ها در دو بخش: مفاهیم و شاخصه های مشابه در دو سبک معماری عنوان شده، ترتیب داده شده است که نتایج حاصل بصورت جدول و نمودار ارائه گردیده اند.

۶-۱- مفاهیم در معماری سنتی ایرانی و سبک پرش کیهانی

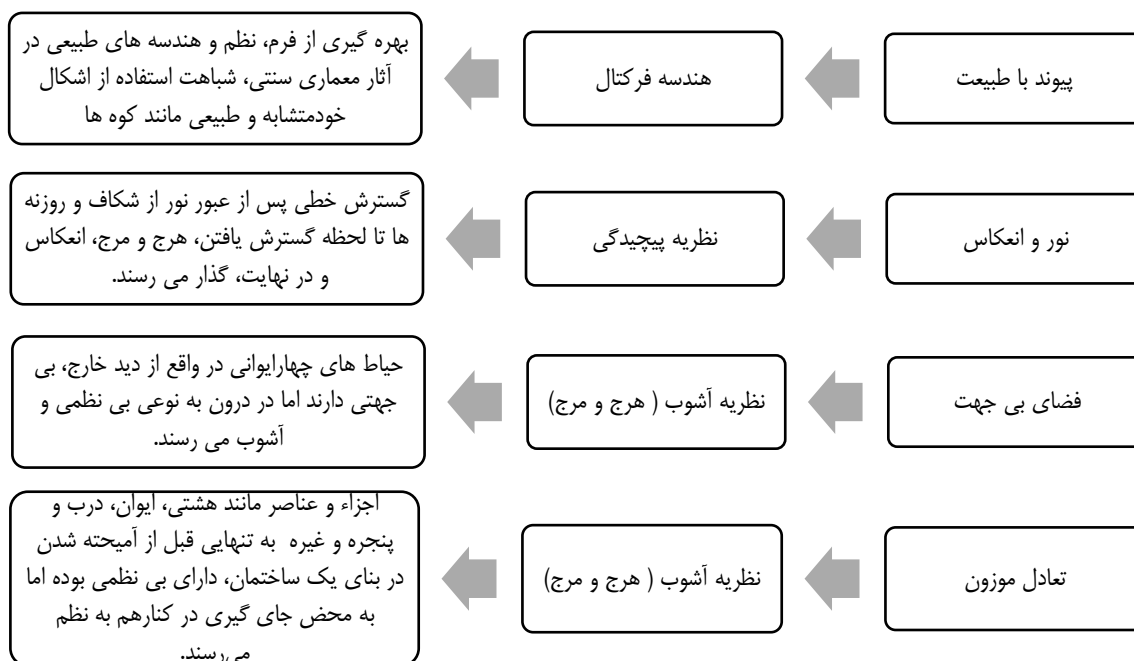
با بررسی و مطابقت مفاهیم موجود در فلسفه دو سبک مذکور، نقطه عطف و تقارن ۷ مفهوم در معماری سنتی ایرانی با ۳ مفهوم بکاربرده شده در سبک پرش کیهانی، در جدول ۱، قابل مشاهده می باشند.

جدول ۱- مقایسه و تطبیق مفاهیم و نظریه های موجود در دو سبک پرش کیهانی و سنتی ایرانی، (منبع: نگارندگان)

نظریه پیچیدگی	هندسه فرکتال	نظریه آشوب (هرج و مرج)
- درونگرایی / - مرکزیت - راز و ابهام / - نور و انعکاس	- پیوند با طبیعت	- تعادل موزون (تنوع و هماهنگی) - فضای بی جهت

همانطور که در طی پژوهش عنوان شده است، ۷ مفهوم از معماری سنتی ایرانی اسلامی و همچنین ۳ نظریه از سبک پرش کیهانی استخراج شده اند که این موارد در سبک های مذکور بخشی از فلسفه شکل گیری را شامل می شوند. نظریه پیچیدگی که توسط چارلز جنکز درباره پدیده های موجود در طبیعت عنوان شد، به چگونگی ارگانیسم ساختارهای طبیعی اشاره می کند که از طریق نیرو و انرژی های موجود در طبیعت دچار پرش به حالتی می شوند که با حالت قبلی متفاوت اند و در این لحظه مرز بین نظم و بی نظمی بسیار بهم نزدیک می شوند که ارگانیسم تمایل به گذار به خود می بیند. این اتفاق دقیقا در طبیعت به وفور دیده می شود و بطور مثال تغییر فصول در روزهای مختلف سال از همین پیچیدگی پیروی می کنند که در عین نظم و برنامه ریزی دقیقی که در لحظه رسیدن به خود دارند اما از نوعی بی نظمی و آشوب درونی اجزاء بهره می برند. این مفهوم که در شکل گیری معماری پرش کیهانی و در فرم و معنای آثار دیده می شود با مفاهیمی چون درونگرایی، مرکزیت، راز و ابهام و نور و انعکاس در معماری سنتی ایرانی مقارن می باشد. نحوه ارتباط و طریقه بررسی این فاکتورها با یکدیگر در نمودار ۱، تبیین گشته اند.

مفاهیم مستخرج از معماری سنتی ایرانی، طبق نمودار ۱، توسط معنا، اجزا و عناصر معماری قابلیت تعریف و انطباق با نظریه ها و فلسفه موجود در سبک پرش کیهانی را پیدا کرده و به نوعی بیان می کند که اگرچه علم در دنیا در مسیر پیشرفت و تعالی سیر می کند اما در واقعیت، فلسفه وجودی و معنای اجزا و واژه ها، گذشته و حال، سنتی و مدرن نمی شناسد و حقیقت معنا بدون تغییر طی ادوار متمادی، دست به دست خواهد شد و فقط شکل و فرم آن دست خوش تغییر می شود و می بایست در جهت شناخت اصولی و مطابقت این مفاهیم، تلاش نمود تا بهره گیری از این شاخصه ها، صرفا نگاه تقلیدی در معماری پیدا نکنند و با دو ابزار، قطعیت و خلاقیت به روز شوند.



نمودار ۱- نحوه ارتباط مفاهیم معماری سنتی با سبک پرش کیهانی، (منبع: نگارندگان)

۲-۶- بررسی شاخصه های متشابه در معماری پرش کیهانی و معماری سنتی ایرانی

باتوجه به اینکه سبک معماری پرش کیهانی مطابق با علم روز در حال شکل گیری و گسترش است در پژوهش حاضر مورد توجه قرار گرفته تا در صورت کشف وجوه مشترک و امکان برقراری ارتباط، مفاهیم و شاخصه های معماری سنتی ایرانی که باتوجه مقدس بودن این نوع معماری که در براساس هستی شناسی الهی شکل گرفته بوده، شاخصه های معماری سنتی اسلامی ایرانی با حفظ ساختار و مفهوم و همچنین به روز شدن توسط ارتباط مفاهیم با علم روز، مورد تطبیق با سبک پرش کیهانی قرار داده شده است. شاخصه های سبک پرش کیهانی در ۸ بند ذیل دسته بندی شده اند (جزء پیری و همکاران، ۱۳۹۴).

- ۱- ساختمان مجاور طبیعت با استفاده از گفتمان طبیعی
- ۲- نمایش مبدا کیهانی، سازماندهی خودی، ظاهرشدن و پرش به یک سطح بالاتر یا پایین تر
- ۳- عمق سازماندهی، چندظرفیتی، پیچیدگی و مرز آشفتگی
- ۴- تجلیل از گوناگونی، خصوصاً از سیستم های تشدید کننده تباین
- ۵- ایجاد گوناگونی از طریق روش های تکه چسبانی (کولاژ)، خوشه چینی انقلابی و روی هم قرار دادن
- ۶- تصدیق زمان و برنامه اجباری آن که شامل ضرورت شناخت چرخه طبیعی و کثرت گرایی سیاسی است.
- ۷- بیان این موضوعات بصورت نشانه های دوگانه یعنی نشانه های زیبایی و نشانه های ایده ها
- ۸- توجه به علم، خصوصاً علم معاصر در مورد مباحث تشابه کیهانی

جدول ۲- شاخصه های متشابه در معماری پرش کیهانی و معماری سنتی ایرانی، (منبع: نگارندگان)

شاخصه های سبک پرش کیهانی	نمود در معماری سنتی ایرانی
ساختمان مجاور طبیعت	پیوند معماری و طبیعت در خانه های ایرانی و باغ ها
نمایش مبدا کیهانی، پرش به سطح بالاتر یا پائین تر	عنصر گودال باغچه و حیاط مرکزی
چندظرفیتی، پیچیدگی، مرز آشفتگی	وجود لایه های تو در تو، سادگی ظاهری و غنای روحانی
ایجاد گوناگونی از طریق تکه چسبانی و روی هم قرار دادن	تنوع، هماهنگی و انتظام فضایی تا معماری جزء فضاها
تقابل های دوگانه یعنی نشانه های زیبایی و ایده ها	بازی با نور و انعکاس از طریق شکاف و روزنه در دیوارها و بازوها
توجه به علم روز	توجه به اقلیم و مسائل بومی در طراحی بناها

در پژوهش حاضر با تامل و بررسی در این موارد و همچنین آثار معماری این سبک، مواردی مشابه با مفاهیم شکل گیری معماری سنتی ایرانی، استخراج و مورد تطبیق قرار داده شده است. در حقیقت هر شاخصه در معماری پرش کیهانی با وجود مفهوم مشابه و یا نمود آن در معماری سنتی ایرانی مقایسه شده است و نتیجه در قالب جدول شماره ۲، ارائه شده است.

۶-۳- بررسی مفاهیم در نمونه های موردی



شکل ۱- هندسه گنبد مسجد شیخ لطف الله (منبع: سیف، ۱۳۹۰)



شکل ۲- موزه گوگنهایم بلبائو، سبک پرش کیهانی (منبع: پایگاه اینترنتی موزه گوگنهایم، ۲۰۱۴)

باتوجه به ارتباط میان مفاهیم دو سبک، بررسی دو نمونه موردی که سرشار از معنی و مفهوم هستند، به درک بهتر مطالب عنوان شده در این پژوهش، کمک شایانی می کند.

الف- هندسه گنبد مسجد شیخ لطف الله

گنبد مسجد شیخ لطف الله مورد انتخاب جهت ارائه مفاهیم متعدد در معماری سنتی ایرانی اسلامی، در پژوهش حاضر قرار گرفته است. چرا که، علاوه بر هندسه مفهومی این اثر، معانی کثرت تا وحدت و مرکزیت به خوبی حس می شود. همچنین کثرت و هرج و مرج تا مرز رسیدن به وحدت در مرکزیت گنبد، نقطه عطف مفهوم در معماری سنتی و پرش کیهانی را به خوبی نمایان می سازد. همچنین مفاهیم راز و ابهام در این اثر توسط پیچیدگی هندسی قابل درک می باشد. و مفهوم بی زمانی و بی مکانی در زیر مرکز این گنبد با مفهوم فضای بی جهت بی ارتباط نبوده و در نهایت نوعی بی نظمی در عین نظم را القا می کند.

ب- فلسفه فرمی موزه گوگنهایم بلبائو

در این اثر سبک پرش کیهانی، شاخصه های بیان شده در این پژوهش به خوبی مشاهده می شود. هرج و مرج و آشوب تا مرز گذار و پرش در فرم بنا مشخص است. گوناگونی ها و روی هم قرارگیری لایه ها که در عین بی نظمی، نوعی نظم و هماهنگی را ایجاد کرده است. همچنین بازی با نور و انعکاس از طریق عنصر آب موجود در سایت مجموعه، تقابل های دوگانه و پیچیدگی های اثر را ارتقا بخشیده است.

۷- جمع بندی

در پژوهش حاضر، ابتدا مفاهیم و فلسفه دو سبک معماری مورد تحلیل و مقایسه قرار گرفتند در جدول ۱، مفاهیم معماری سنتی طبق نظریه های موثر در شکل گیری سبک پرش کیهانی، دسته بندی شدند و ارتباط مفاهیم و نظریه ها در قالب دسته بندی و زیرمجموعه قرار گرفتند. سپس طبق نمودار ۱، نحوه ارتباط و دلیل این دسته بندی ها بسط داده شده و با مثال توضیح داده شده اند. سپس، شاخصه ها و ضوابط سبک معماری پرش کیهانی با نمودهای مشابه در معماری سنتی ایرانی تطبیق داده شده اند. که البته می بایست طبق این مفاهیم، باهم تلفیق شوند و معماری سنتی به روز شده مطابق با علوم روز عرضه گردد. در نهایت موارد بررسی شده در پژوهش توسط دو نمونه موردی گنبد مسجد شیخ لطف الله و فلسفه فرمی موزه گوگنهایم بلبائو، به صورت تحلیلی، مورد تبیین قرار گرفتند. همچنین مفاهیم مستخرج از معماری سنتی ایرانی، توسط معنا، اجزا و عناصر معماری قابلیت تعریف و انطباق با نظریه ها و فلسفه موجود در سبک پرش کیهانی را پیدا کرده و به نوعی بیان می کند که اگرچه علم در دنیا در مسیر پیشرفت و تعالی سیر می کند اما در واقعیت، فلسفه وجودی و معنای اجزا و واژه ها، گذشته و حال، سنتی و مدرن نمی شناسد و حقیقت معنا بدون تغییر و طی ادوار متمادی، دست به دست خواهد شد و فقط شکل و فرم آن دست خوش تغییر می شود و می بایست در جهت شناخت اصولی و مطابقت این مفاهیم، تلاش نمود تا بهره گیری از این شاخصه ها، صرفاً نگاه تقلیدی در معماری پیدا نکنند و با دو ابزار، قطعیت و خلاقیت به روز شوند. در نهایت مسیری روشن طبق قصد پژوهش در استفاده هوشمندانه از سبک پرش کیهانی در معماری معاصر ایران، مفاهیم متشابه با تحلیل و بررسی جهت بکارگیری در معماری پس از دوره انقلاب اسلامی، پیش روی معماران و استفاده کنندگان قرار گرفته است.

منابع

۱. ابراهیمی، سمیه، اسلامی، غلامرضا، (۱۳۸۹)، معماری و شهرسازی ایران در دوران گذر، نشریه هویت شهر، سال چهارم، شماره ۶.
۲. بمانیان، محمدرضا، سیلوايه، سونيا، (۱۳۹۰)، بررسی نقش گنبد در شکل دهی به مرکزیت معماری مساجد، نشریه معماری و شهرسازی آرمان شهر، پاییز و زمستان ۱۳۹۱.
۳. بختیاری، میثم، چهاردولی، میلاد، میرزایی، محسن، گودرزی سروش، محمدمهدی، (۱۳۹۳)، بازشناسی نقش آب در معماری سنتی ایران، اولین همایش ملی آب، انسان، زمین، اصفهان.
۴. جزءپیری، علیرضا، روحی، حمیده، خلیلی ابهری، فاطمه، (۱۳۹۴)، معماری پرش کیهانی، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و زیرساخت های شهری ۲۰۱۵.
۵. جنکر، چارلز، (۱۳۹۳)، پرش کیهانی، ترجمه دکتر وحید قبادیان و دکتر داریوش ستارزاده، دانشگاه آزاداسلامی واحد تبریز.
۶. حاجی قاسمی، کامبیز، شاخصه های معماری اسلامی ایرانی، ۱۳۹۱.
۷. حجت، عیسی، آقالطیفی، آزاده، (۱۳۸۹)، تاملی در نقش مخاطب در کیفیت معماری امروز ایران، نشریه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی، شماره ۴۲، دوره ۲.
۸. حجت، عیسی، (۱۳۸۴)، هویت انسان ساز، انسان هویت پرداز (تاملی در رابطه هویت و معماری)، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۲۴.
۹. خسروشاد، مونا، عطائی همدانی، محمدرضا، (۱۳۹۴)، معنای نمادین انعکاس و نور در معماری مزارهای اسلامی، دومین کنفرانس بین المللی پژوهش در مهندسی، علوم و تکنولوژی.
۱۰. خسروی، شادی، طهماسبی، ارسلان، (۱۳۹۵)، بازشناسی تاثیرپذیری تحلیل و نقد فضاهاى معماری از علم فیزیک نوین (نظریه عدم قطعیت هایزنبرگ)، کنفرانس بین المللی معماری، شهرسازی، عمران، هنر و محیط زیست؛ افق های آینده، نگاه به گذشته، لندن، انگلستان.
۱۱. سلطان زاده، حسین، معماری داخلی خانه های درونگرا در اقلیم گرم و خشک ایران، نشریه معماری و فرهنگ، شماره ۲۸.
۱۲. کریم زاده، جمشید، جهاندار فرد، رسول، (۱۳۸۹)، ویژگی های معماری و شهرسازی ایرانی-اسلامی، همایش ملی معماری و شهرسازی معاصر ایران، بیضاء.
۱۳. سیف، هادی، (۱۳۹۰)، کتاب کاشیکاری داخلی گنبد مسجد شیخ لطف الله، کانون پرورش فکری.
۱۴. صادق پی، ناهید، (۱۳۸۹)، تاملی در معماری سنتی.
۱۵. نخجوانی، نسترن، ساریانقلی، حسن، (۱۳۹۱)، استفاده از مفاهیم زمان کواتوم در طراحی معماری، اولین همایش ملی اندیشه ها و فناوری های نو در معماری.
۱۶. نقی زاده، محمد، (۱۳۸۴)، جایگاه طبیعت و محیط زیست در فرهنگ شهرهای ایرانی، دانشگاه آزاداسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

کاربرد ابزار هوش مصنوعی در پیش‌بینی مصرف انرژی ساختمان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۵

کد مقاله: ۱۲۶۱۷

یاسر شهبازی^{۱*}، سحر حسین‌پور^۲، محسن مختاری کشاور^۳

چکیده

مصرف انرژی در بخش ساختمان‌ها به‌ویژه در ساختمان‌های مسکونی به دلیل توسعه اجتماعی و شهرنشینی، بیشترین سهم را در بین کلیه بخش‌های مصرف به خود اختصاص داده است. از فاکتورهای تعیین‌کننده میزان مصرف انرژی در ساختمان می‌توان به شرایط آب و هوایی و اقلیمی محل احداث ساختمان، مواد و مصالح بکار رفته در پوسته و جدارهای خارجی ساختمان، نوع معماری و سازه ساختمان، تأسیسات مرکزی ساختمان (گرمایش، سرمایش، تهویه مطبوع و روشنایی)، لوازم و تجهیزات مصرف‌کننده (لوازم برقی و تجهیزات اداری) اشاره نمود. از این‌رو استفاده بهینه و ممانعت از هدر رفتن امکانات و گام برداشتن در جهت صرفه‌جویی و افزایش کارایی ساختمان، امری اساسی است. داده‌های بزرگ، منابع محاسباتی قدرتمند و مقرون به‌صرفه و الگوریتم‌های پیشرفته یادگیری ماشین در دهه‌های گذشته مورد تحقیق در بخش ساختمان‌ها بوده‌اند و پتانسیل خود را برای افزایش کارایی ساختمان نشان داده‌اند. اخیراً، هوش مصنوعی و به‌طور کلی تکنیک‌های یادگیری ماشین به‌طور خاص در پیش‌بینی و عملکرد انرژی ساختمان نقش مؤثری داشته و به همین ترتیب می‌توانند در بحث مصرف انرژی، مدیریت، صرفه‌جویی تر مصرف و در نهایت ایجاد راحتی و آسایش نقش بسزایی داشته باشند. هدف از این پژوهش، شناسایی ابزارهای هوش مصنوعی و کاربرد آن‌ها در بررسی مصرف انرژی می‌باشد.

واژگان کلیدی: هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، مصرف انرژی، روش‌های پیش‌بینی

۱- دانشیار دانشگاه هنر اسلامی تبریز (نویسنده مسئول) y.shahbazi@tabriziau.ac.ir

۲- دانشجوی دانشگاه هنر اسلامی تبریز

۳- مدرس دانشگاه هنر اسلامی تبریز

۱- مقدمه

ساختمان‌ها بخش عمده‌ای از مصرف انرژی کشور و انتشار گازهای گلخانه‌ای را نشان می‌دهند. به‌عنوان مثال، بخش‌های مسکونی و تجاری / سازمانی کانادا تقریباً ۳۷/۳ درصد از کل انرژی ثانویه کشور را در سال ۲۰۱۳ مصرف کردند. در بین هر دو بخش، انرژی مورد نیاز برای گرمایش فضا، خنک‌کننده فضا و نیاز به آب گرم ۲۱٪ از کل مصرف انرژی ثانویه را تشکیل می‌دهد (NRCan 2007). در نتیجه، انرژی مورد نیاز برای حفظ شرایط داخلی در ساختمان قسمت قابل‌توجهی از کل مصرف انرژی و انتشار گلخانه را تشکیل می‌دهد. بنابراین، افزایش بهره‌وری انرژی و استفاده در ساختمان‌ها برای پایداری کلی ما از اهمیت زیادی برخوردار است (Handbook 2009). پیش‌بینی مصرف انرژی در یک ساختمان موجود برای پاسخ به تقاضا، تشخیص عیب، کنترل پیش‌بینی مدل، بهینه‌سازی و مدیریت انرژی ضروری است (Handbook 2009). در دو دهه گذشته، از روش‌های مختلف پیش‌بینی برای پیش‌بینی مصرف انرژی ساختمان‌ها استفاده شده است (Ahmad et al. 2014; Biswas, Robinson, and Fumo 2016; Lü et al. 2015) که این روش‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند: روش‌های مهندسی، روش‌های آماری و روش‌های هوش مصنوعی. از این میان، بیشترین استفاده از روش‌های هوش مصنوعی (Chou and Tran 2018) و یادگیری ماشین است. یادگیری ماشین به‌طور کلی برای توصیف الگوریتم رایانه‌ای استفاده می‌شود که از داده‌های موجود درس می‌گیرد. این الگوریتم‌ها معمولاً از مقدار قابل توجهی داده و تعداد نسبتاً کمی از ویژگی‌های ورودی برای فرایند یادگیری استفاده می‌کنند. در سال‌های اخیر، تکنیک‌های زیادی مبتنی بر یادگیری ماشین، در بخش ساختمان برای تخمین بارهای گرمایش و سرمایش، مصرف و عملکرد انرژی برای شرایط مختلف ارائه شده است (Seyedzadeh et al. 2018). روش پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی، استفاده از انرژی ساختمان را با توجه به متغیرهای همبسته آن مانند شرایط محیطی، مشخصات ساختمان و وضعیت اشغال پیش‌بینی می‌کند (Wang and Srinivasan 2017).

۲- پیشینه پژوهش

پیشینه و تاریخچه این پژوهش به صورت خلاصه در جدول ۱ زیر آمده است.

جدول ۱- پیشینه پژوهش (مأخذ: نگارنده)

عنوان پژوهش	نتیجه پژوهش
مروری بر کاربردهای شبکه عصبی مصنوعی ^۱ و ماشین بردار پشتیبان ^۲ و برای پیش‌بینی مصرف انرژی الکتریکی ساختمان (Ahmad et al. 2014)	این مقاله به بررسی پیش‌بینی مصرف انرژی ساختمان با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی می‌پردازد. این روش در حال حاضر در زمینه پیش‌بینی انرژی ساختمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و با توجه به مزیت آن برای مقابله با پیچیدگی سیستم ساختمان‌ها که تحت تاثیر بسیاری از پارامترهای ساختمان است، مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. در میان روش‌های هوش مصنوعی، شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان از جمله مدل‌های پرکاربرد هستند. دقت تحلیل پیش‌بینی در این مطالعه در اولویت قرار دارد هم چنین در این مطالعه، روش ترکیبی پیشنهادی با سایر روش‌های منفرد برای اعتبارسنجی عملکرد روش ترکیبی مقایسه شد.
پیش‌بینی سری‌های زمانی مصرف انرژی با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین بر اساس الگوهای استفاده خانوارهای مسکونی (Chou and Tran 2018)	این تحقیق مروری جامع از تکنیک‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی سری‌های زمانی مصرف انرژی با استفاده از داده‌های واقعی ارائه می‌کند. داده‌های زمان واقعی از یک شبکه هوشمند که در یک ساختمان آزمایشی نصب شده بود جمع آوری شد و برای ارزیابی کارایی و اثربخشی تکنیک‌های آماری و یادگیری ماشینی استفاده شد. تکنیک‌های شناخته شده هوش مصنوعی برای تجزیه و تحلیل مصرف انرژی در سناریوهای منفرد و گروهی استفاده شد. یک بررسی و تحلیل عمیق از مدل ترکیبی که تکنیک‌های پیش‌بینی و بهینه سازی را ترکیب می‌کند، ارائه شده است. مقایسه جامع نشان می‌دهد که مدل ترکیبی دقیق‌تر از مدل‌های تک و مجموعه است.
مروری بر پیش‌بینی مصرف انرژی ساختمان مبتنی بر هوش مصنوعی: تضاد قابلیت‌های مدل‌های پیش‌بینی منفرد ^۳ و گروه ^۴ (Wang and Srinivasan 2017)	این مقاله اصول، کاربردها، مزایا و محدودیت‌های روش‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی را تشریح می‌کند. در این مقاله، یک بررسی کامل از روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی برای پیش‌بینی مصرف انرژی ساختمان با تمرکز ویژه بر روش‌های پیش‌بینی گروه ارائه شده است. روندهای تحقیقاتی فعلی روش‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی از پنج جنبه، یعنی نوع ساختمان، روش‌های مورد استفاده برای پیش‌بینی، نوع انرژی‌های پیش‌بینی‌شده، مقیاس زمانی پیش‌بینی و نوع داده‌های ورودی مورد استفاده برای پیش‌بینی تحلیل می‌شوند. دو دسته اصلی از روش‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی، یعنی روش‌های پیش‌بینی منفرد و روش‌های پیش‌بینی

1 Artificial Neural Networks (ANN)

2 Support Vector Machine (SVM)

3 Singel Model

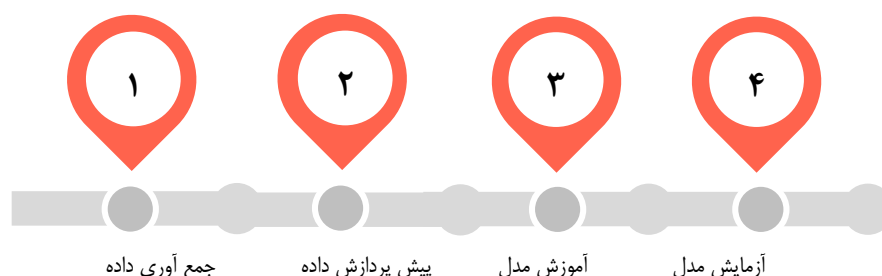
4 Ensemble Model

عنوان پژوهش	نتیجه پژوهش
	گروه مورد بحث و مقایسه قرار می‌گیرند.
مدل‌های مرسوم و مدل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی برای پیش‌بینی مصرف انرژی: مروری (Wei et al. 2019)	این مقاله به بررسی مدل‌های مرسوم و مدل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی مورد استفاده در پیش‌بینی مصرف انرژی می‌پردازد. طبقه‌بندی مدل‌ها در این مقاله انجام شده و آف، منطقه کاربردی و دقت پیش‌بینی مدل‌ها نیز مورد بحث قرار گرفته است. ۶۸ درصد معمولی مدل‌ها برای پیش‌بینی مصرف انرژی سالانه استفاده می‌شوند و ۶۴ درصد آن‌ها در سطح ملی استفاده می‌شود. مدل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در تمام آف‌های پیش‌بینی و حوزه‌های کاربردی قوی و در مقیاس کامل هستند.
یادگیری ماشین برای تخمین مصرف انرژی و عملکرد ساختمان: مروری (Seyedzadeh et al. 2018)	این مقاله مروری اساسی بر روی چهار رویکرد اصلی یادگیری ماشین از جمله شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان، رگرسیون‌های مبتنی بر گاوس و خوشه‌بندی ارائه می‌کند که معمولاً در پیش‌بینی و بهبود عملکرد انرژی ساختمان استفاده می‌شوند. علاوه بر این، چندین تکنیک پیش پردازش به کار رفته در مدل‌ها برای افزایش دقت پیش‌بینی به خوبی مورد بحث قرار گرفت.
روش‌های گروه برای پیش‌بینی سری‌های زمانی (Allende and Valle 2017)	گروه‌ها به عنوان یکی از موفق‌ترین رویکردها برای کارهای پیش‌بینی شناخته می‌شوند. این مقاله نوع جدیدی از مجموعه‌ها را توصیف می‌کند که هدف آن بهبود عملکرد پیش‌بینی این رویکردها در پیش‌بینی سری‌های زمانی است.
پیش‌بینی مصرف انرژی در ساختمان‌ها با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی: مروری (Runge and Zmeureanu 2019)	این مقاله با تمرکز ویژه بر بررسی کاربردها، داده‌ها، مدل‌های پیش‌بینی و معیارهای عملکرد مورد استفاده در ارزیابی‌های مدل، مروری بر مطالعات منتشر شده از سال ۲۰۰۰ ارائه می‌کند که از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی مصرف انرژی و تقاضای ساختمان استفاده کرده‌اند. نتیجه‌گیری نشان می‌دهد که اکثر مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی یک مدل مبتنی بر جعبه سیاه بوده‌اند که از یک شبکه عصبی پیش‌خور استفاده می‌کنند.
معماری و روش‌های یادگیری عمیق ^۱ شبکه‌های عصبی: با استفاده از مدل‌های مبتنی بر مؤلفه در پیش‌بینی انرژی طراحی ساختمان (Singaravel, Geyer, and Suykens 2017)	این مطالعه معماری‌های یادگیری عمیق و روش‌های توسعه را در زمینه مدل‌سازی مبتنی بر مؤلفه برای پیش‌بینی تقاضای انرژی گرمایش و سرمایش ساختمان ارزیابی می‌کند. رویکرد مدل‌سازی مبتنی بر مؤلفه، نوعی مهندسی از یادگیری عمیق است. معماری یادگیری عمیق در مقایسه با شبکه عصبی مصنوعی، ساده بوده و دقت پیش‌بینی بالاتری دارد.
مدل‌سازی و پیش‌بینی مصرف انرژی برای ساختمان‌های ناهمگن با استفاده از رویکرد فیزیکی-آماری (Lü et al. 2015)	این پژوهش یک روش جدید برای پیش‌بینی تقاضای انرژی ارائه می‌کند که به چالش‌های ناهمگنی در مدل‌سازی انرژی ساختمان‌ها می‌پردازد. روش جدید مبتنی بر یک رویکرد فیزیکی-آماری است که برای محاسبه ناهمگونی ساختمان برای بهبود دقت پیش‌بینی طراحی شده است. مدل فیزیکی یک ورودی نظری برای توصیف مکانیسم فیزیکی زیربنایی جریان‌های انرژی فراهم می‌کند. سپس پارامترهای تصادفی به مدل فیزیکی معرفی می‌شوند و مدل سری زمانی آماری برای انعکاس عدم قطعیت‌های مدل و ناهمگنی فردی در ساختمان‌ها فرموله می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که روش پیشنهادی و مدل می‌تواند بهبود قابل توجهی در دقت پیش‌بینی ارائه دهد.
یک روش انتخاب داده مرتبط برای پیش‌بینی مصرف انرژی ساختمان کم انرژی بر اساس ماشین بردار پشتیبان (Paudel et al. 2017)	ساختمان‌های کم انرژی به عنوان یک راه حل امیدوارکننده برای محیط ساخته شده برای برآورده کردن استانداردهای بازده انرژی بالا در نظر گرفته می‌شوند. این کار بر روی مدل هوش مصنوعی برای پیش‌بینی مصرف انرژی این ساختمان‌ها تمرکز دارد. دو نوع رویکرد مدل‌سازی هوش مصنوعی: «همه داده‌ها» و «داده‌های مرتبط» در نظر گرفته می‌شوند. «همه داده‌ها» از تمام داده‌های آموزشی موجود استفاده می‌کند و «داده‌های مرتبط» از یک مجموعه داده کوچک نماینده روز استفاده می‌کند. نتایج عددی نشان می‌دهد که رویکرد مدل‌سازی «داده‌های مرتبط» که بر نماینده کوچک متکی است، دقت بالاتری نسبت به رویکرد مدل‌سازی «همه داده‌ها» دارد.

۳- روش‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی

روش پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی شامل چهار مرحله اصلی است: جمع‌آوری داده‌ها، پیش‌پردازش داده‌ها، آموزش مدل و آزمایش مدل (شکل ۱). دقت پیش‌بینی مدل پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی به انتخاب داده‌های ورودی بستگی دارد. به‌طور کلی، بیشتر داده‌های ورودی تأثیرگذار و بسیار همبسته ممکن است نتایج پیش‌بینی بهتری داشته باشند (Bui et al. 2020). قبل از استفاده از آن‌ها برای آموزش مدل پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی، پیش‌پردازش داده‌ها روی داده‌های جمع‌آوری شده انجام می‌شود تا در قالب مناسب سازماندهی شوند. برای بهبود کیفیت داده‌ها، ممکن است در این مرحله تکنیک‌های پیش‌پردازش داده مانند تحول داده‌ها، عادی‌سازی داده‌ها و درون‌یابی داده‌ها استفاده شود. مرحله سوم آموزش مدل پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی است. برای توسعه مدل نیاز به یک فرایند آموزش است. به‌طور خاص، روند آموزش با هدف انتخاب مناسب‌ترین پارامترهای بهبود عملکرد پیش‌بینی الگوریتم یادگیری است. قابل ذکر است، نوع پارامترها بین الگوریتم‌های مختلف یادگیری

م تفاوت است. جایگزین های پارامتر تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند اندازه داده های آموزش، انتخاب متغیرهای ورودی و شاخص های عملکرد قرار می گیرند (Tran, Luong, and Chou 2020).



شکل ۱- مراحل روش های پیش بینی مبتنی بر هوش مصنوعی

۳-۱- مزایا و معایب

در رابطه با مزایای روش های پیش بینی مبتنی بر هوش مصنوعی، طبق مطالعات مشخص شده است که در مقایسه با روش های مهندسی، روش پیش بینی مبتنی بر هوش مصنوعی به اطلاعات فیزیکی دقیق ساختمان کمتری نیاز دارد و نیازی نیست که توسعه دهنده مدل دانش بالایی از پارامترهای ساختمان فیزیکی داشته باشد، که در عوض باعث صرفه جویی در وقت و هزینه برای انجام پیش بینی می شود. فرآیند کسب اطلاعات و بارگذاری داده ها در این روش ها نسبتاً راحت است، به این معنی که مدل پیش بینی را می توان به راحتی ایجاد کرد. هم چنین، روش های پیش بینی مبتنی بر هوش مصنوعی، هنگامی که مدل به خوبی آموزش داده شود، دقت پیش بینی امیدوارکننده ای را ارائه می دهند. در مقابل مزایا، این روش ها دارای معایبی نیز می باشند. بین پارامترهای فیزیکی ساختمان و ورودی های مدل رابطه صریحی وجود ندارد. استفاده از روش مبتنی بر هوش مصنوعی در مرحله طراحی ساختمان دشوار است زیرا برای آموزش مدل پیش بینی به داده های عملکرد تاریخی ساختمان احتیاج دارد. از دیگر معایب این روش ها، نیاز به داده های آموزش گسترده برای ایجاد مدل و حفظ کیفیت پیش بینی می باشد و پس از ایجاد تغییر در پوشش، سیستم یا عملکرد، مدل پیش بینی مبتنی بر هوش مصنوعی نیاز به آموزش مجدد دارد (Wang and Srinivasan 2017).

۳-۲- انواع

بسیاری از الگوریتم های یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی و مدل های پیش بینی، برای پیش بینی مصرف انرژی ساختمان ها استفاده می شود. مدل های پیش بینی مبتنی بر هوش مصنوعی را می توان به سه دسته تقسیم کرد که براساس اجزای پیش بینی آن ها تک یا منفرد، گروهی و ترکیبی^۱ هستند (Chou and Tran 2018).

مدل های پیش بینی منفرد از یک الگوریتم یادگیری استفاده می کنند. این مدل ها شامل شبکه عصبی مصنوعی، درخت طبقه بندی و رگرسیون^۲، ماشین بردار پشتیبان و رگرسیون خطی^۳ است (Wang and Srinivasan 2017).

مدل های گروه شامل چندین مدل پیش بینی هستند که به روشی مشخص می شوند که داده های خروجی را تعیین می کند. روش های گروه شامل: رای گیری^۴، دسته بندی^۵ می باشد. این روش ها در سال های اخیر مورد توجه بحث یادگیری ماشین و جوامع محاسبات نرم قرار گرفته اند. امروزه به دلیل عملکرد مطلوب در پیش بینی، از روش های یادگیری گروه به طور گسترده استفاده می شود (Allende and Valle 2017; Qiu et al. 2014; Tran, Luong, and Chou 2020).

مدل های ترکیبی شامل: مدل های یک فاز، مدل های چند فاز و پیشنهادی می باشند. این مدل ها دو یا چند تکنیک یادگیری ماشین را ترکیب می کنند. این مدل ها نسبت به بقیه مقاوم هستند و دقت پیش بینی بهتری را ارائه می دهند بر اساس مطالعات، مقایسه جامع نشان می دهد که مدل ترکیبی از مدل های منفرد و گروهی دقیق تر است (Chou and Tran 2018). اما برای پیش بینی استفاده از انرژی ساختمان به طور گسترده از روش پیش بینی منفرد استفاده می شود، یعنی ۹۱٪ از کل پیش بینی های مبتنی بر هوش مصنوعی از یک الگوریتم پیش بینی استفاده کرده اند (Wang and Srinivasan 2017). مدل های منفرد بهترین انتخاب برای کاربران مبتدی است که از مدل هوش مصنوعی در پیش بینی مصرف انرژی ساختمان ها استفاده می کنند. مدل های گروه بهترین انتخاب برای کاربرانی است که اصول و فنون یادگیری ماشین را می دانند اما افرادی که دانش کاملی از تکنیک های

1 Hybrid Model

2 Classification and Regression Tree (CART)

3 Linear Regression (LR)

4 Voting

5 Bagging

هوش مصنوعی دارند و به مدل‌های بسیار دقیق و مؤثر نیاز دارند، باید از مدل‌های ترکیبی مبتنی بر هوش مصنوعی استفاده کنند (Chou and Tran 2018).

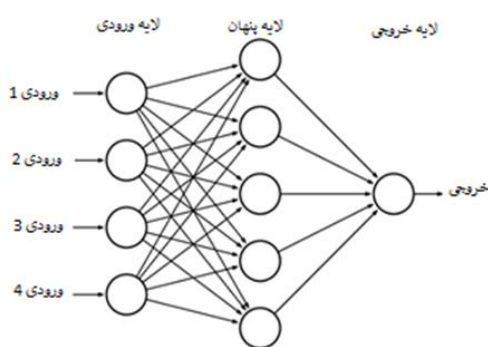
۴- عوامل مهم در روش‌ها یا مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی

یکی از عوامل مهم در روش‌ها یا مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی نوع ساختمان می‌باشد که شامل تجاری، مسکونی، آموزشی و تحقیقاتی و سایر انواع می‌شود. هم چنین انتخاب داده‌های ورودی که دارای همبستگی زیادی می‌باشند، برای پیش‌بینی استفاده از انرژی ساختمان مبتنی بر هوش مصنوعی بسیار مهم است. محققان داده‌های ورودی را براساس دانش خود از مدل پیش‌بینی و در دسترس بودن داده‌ها جمع‌آوری می‌کنند. از آنجایی که شرایط آزمایشی در مطالعات مختلف متفاوت است، ویژگی‌های ورودی مختلفی انتخاب شده‌اند تا به عنوان داده ورودی مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی استفاده شوند. داده‌های ورودی، بر اساس نوع، به سه دسته داده‌های هواشناسی، داده‌های اشغال و سایر موارد طبقه‌بندی می‌شوند. از عوامل مهم دیگر می‌توان به نوع انرژی اشاره کرد. انرژی پیش‌بینی شده می‌تواند به پنج دسته تقسیم شود، یعنی کل انرژی ساختمان / برق، گرمایش و انرژی خنک‌کننده، انرژی گرمایش، انرژی خنک‌کننده و سایر موارد. از طرفی در روش‌های پیش‌بینی مقیاس‌های مختلف زمان پیش‌بینی، به عنوان مثال، دقیقه به دقیقه، ساعتی، روزانه یا سالانه برای پیش‌بینی استفاده از انرژی در ساختمان انتخاب می‌شوند که طبق مطالعات، پیش‌بینی سالانه استفاده از انرژی ساختمان کمتر مورد تمرکز بوده است و تقریباً نیمی از محققان پیش‌بینی ساعتی را به عنوان پیش‌بینی خود انتخاب کرده‌اند (Wang and Srinivasan 2017).

در مورد پیش‌بینی مصرف انرژی، افق پیش‌بینی و منطقه کاربردی نیز تأثیر زیادی دارند که به ترتیب افق سنتی در سه دسته: پیش‌بینی بلند مدت (پیش‌بینی سالانه)، پیش‌بینی میان مدت (به عنوان مثال پیش‌بینی ماهانه و سه ماهه) و پیش‌بینی کوتاه مدت (یعنی زیر ساعتی، ساعتی، روزانه) و پیش‌بینی هفتگی (Tamba et al. 2018; Wang and Srinivasan 2017; Wright,) (Chan, and Laforge 2012; Yezioro, Dong, and Leite 2008) و منطقه کاربردی به شش دسته: سطح جهانی، سطح ملی یا ایالتی، سطح منطقه‌ای یا توزیعی (سیستم توزیع و محدوده شهر)، بخش‌های جداگانه در داخل سطح توزیع و سطح مشتری جداگانه تقسیم می‌شوند (Wei et al. 2019).

۵- تکنیک‌های معمول یادگیری ماشین برای پیش‌بینی انرژی

شبکه‌های عصبی مصنوعی و ماشین‌های بردار پشتیبان از الگوریتم‌های محبوب یادگیری ماشین هستند که برای پیش‌بینی عملکرد انرژی ساختمان استفاده می‌شوند (Dong, Cao, and Lee 2005; Eisenhower et al. 2012; Runge and Zmeureanu 2019; Magalhães, Leal, and Horta 2017; Paudel et al. 2017).



شکل ۲- ساختار کلی یک شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی، یک سیستم پردازش اطلاعات است که از نورون‌های به هم پیوسته سیستم‌های بیولوژیکی الهام گرفته است. شبکه‌های عصبی مصنوعی معمولاً از سه نوع لایه اصلی تشکیل شده‌اند: یک لایه ورودی، یک لایه مخفی و یک لایه خروجی (شکل ۲). یک شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند چندین سطح لایه ورودی و پنهان داشته باشد. لایه ورودی متغیر (های) رگرسور است که برای دستیابی به برآورد متغیر هدف استفاده می‌شود (Runge and Zmeureanu 2019).

شبکه عصبی مصنوعی خود دارای انواعی است که در جدول ۲ آورده شده است.

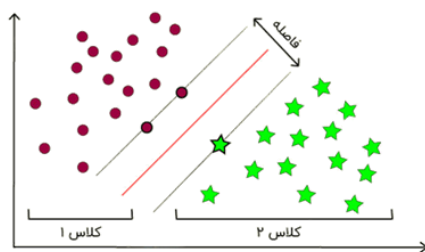
جدول ۲- انواع شبکه عصبی

مشخصات	انواع شبکه عصبی
شبکه عصبی پس از انتشار	شبکه عصبی خوراک ^۱ (Runge and Zmeureanu 2019)
یک شبکه عصبی سه لایه (در پیش‌بینی انرژی ساختمان استفاده شده است)	شبکه عصبی عملکرد شعاعی ^۲ (Runge and Zmeureanu 2019)
یادگیری سریع، تخمین متغیرهای هدف، همگرایی سریع با سطح اصلی	شبکه عصبی رگرسیون عمومی ^۱ (Specht 1991)

1 Feedforward Neural Network (FFNN)

2 Radial bios function Neural Network (RBNN)

رگرسیون	شبکه عصبی خود رگرسیون غیرخطی ^۲ (Runge and Zmeureanu 2019)
به بسیاری از متغیرهای ورودی مختلف نیاز ندارد، زمان آموزش مشابه FFNN، نتایج خوبی ارائه می‌دهد.	



شکل ۳- ساختار کلی مدل ماشین بردار پشتیبان

ماشین‌های بردار پشتیبان، مدل‌های بسیار قوی برای حل مسائل غیر خطی هستند و در تحقیقات و صنایع برای اهداف رگرسیون و طبقه بندی استفاده می‌شوند (شکل ۳). از آنجا که ماشین‌های بردار پشتیبان می‌توانند با تعداد کمی از نمونه داده‌ها آموزش ببینند و راه حل‌های مناسبی برای مدل سازی موارد مطالعه بدون داده‌های تاریخی ارائه دهند (Seyedzadeh et al. 2018).

دیگر الگوریتم‌های بالقوه مورد استفاده در زمینه پیش‌بینی انرژی ساختمان، درخت تصمیم گیری، جنگل تصادفی است (Cheng and Cao 2014; Singaravel, Suykens, and Geyer 2018; Tsanas and Xifara 2012; Yu et al. 2010). این الگوریتم‌ها برای تصمیم‌گیری سریع در طراحی انرژی، بهینه‌سازی طراحی بر اساس پیش‌بینی‌های انرژی و پیش‌بینی‌های انرژی عملیاتی استفاده می‌شوند. یادگیری عمیق از دیگر الگوریتم‌های یادگیری ماشین است که عملکرد بهتری داشته است. با این حال، استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای پیش‌بینی انرژی در ساخت محدود است زیرا یادگیری عمیق، بیشتر در مجموعه داده‌های بسیار بزرگ تاثیر دقتی دارد و عملکرد آن در مجموعه داده‌های کوچکتر، مشابه سایر روش‌های یادگیری ماشین است (Singaravel, Suykens, and Geyer 2018). توجه به تحقیقات، شبکه عصبی ساده می‌تواند پیش‌بینی‌هایی با دقت مشابه مدل‌های یادگیری عمیق ارائه دهد (Singaravel, Geyer, and Suykens 2017).

۶- نتیجه گیری

با نگاهی بر مبانی هوش مصنوعی می‌توان بیان نمود که تمرکز اصلی یادگیری ماشین بر توسعه برنامه‌های رایانه‌ای است که بتوانند به داده‌ها دسترسی پیدا کنند و از آن برای یادگیری خود استفاده کنند. فرآیند یادگیری با مشاهدات یا داده‌ها آغاز می‌شود، مانند مثال‌ها، تجارب مستقیم و یا دستورالعمل‌ها، تا به یک الگو در داده‌ها برسند و بر اساس مثال‌هایی که ارائه می‌شود، تصمیمات بهتری با سرعت بالا بگیرند. روش‌ها و تکنیک‌های هوش مصنوعی با وجود داشتن معایبی، دارای مزیت‌های مهمی است. کسب اطلاعات و بارگذاری داده‌ها نسبتاً راحت می‌باشد بنابراین مدل را میتوان به راحتی ایجاد کرد از طرفی این روش‌ها دقت امیدوار کننده‌ای را ارائه می‌دهند. در رابطه با بررسی تاثیر ابزارهای هوش مصنوعی بر پیش‌بینی مصرف انرژی ساختمان با تمرکز بر رویکردهای اصلی پیش‌بینی انرژی، مدل‌های مبتنی بر یادگیری ماشین حتی در مقایسه با مدل‌های آماری، بالاترین دقت و انعطاف پذیری را ارائه می‌نمایند. در این مقاله، ضمن معرفی ویژگی‌های ابزار هوش مصنوعی، ویژگی کاربردی آن‌ها در ارزیابی مصرف انرژی ساختمان مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

منابع

1. Ahmad, Ahmad S, Mohammad Y Hassan, Md Pauzi Abdullah, Hasimah A Rahman, F Hussin, Hayati Abdullah, and Rahman Saidur. 2014. 'A review on applications of ANN and SVM for building electrical energy consumption forecasting', Renewable and sustainable energy reviews, 33: 102-09.
2. Allende, Héctor, and Carlos Valle. 2017. 'Ensemble methods for time series forecasting.' in, Claudio moraga: A passion for multi-valued logic and soft computing (Springer).
3. Biswas, MA Rafe, Melvin D Robinson, and Nelson Fumo. 2016. 'Prediction of residential building energy consumption: A neural network approach', Energy, 117: 84-92.
4. Bui, Dac-Khuong, Tuan Ngoc Nguyen, Tuan Duc Ngo, and H Nguyen-Xuan. 2020. 'An artificial neural network (ANN) expert system enhanced with the electromagnetism-based firefly algorithm (EFA) for predicting the energy consumption in buildings', Energy, 190: 116370.

1 General regression Neural Network (GRNN)

2 Nonlinear autoregressive Neural Network (NARNN)

5. Cheng, Min-Yuan, and Minh-Tu Cao. 2014. 'Accurately predicting building energy performance using evolutionary multivariate adaptive regression splines', *Applied Soft Computing*, 22: 178-88.
6. Chou, Jui-Sheng, and Duc-Son Tran. 2018. 'Forecasting energy consumption time series using machine learning techniques based on usage patterns of residential householders', *Energy*, 165: 709-26.
7. Dong, Bing, Cheng Cao, and Siew Eang Lee. 2005. 'Applying support vector machines to predict building energy consumption in tropical region', *Energy and Buildings*, 37: 545-53.
8. Eisenhower, Bryan, Zheng O'Neill, Satish Narayanan, Vladimir A Fonoberov, and Igor Mezić. 2012. 'A methodology for meta-model based optimization in building energy models', *Energy and Buildings*, 47: 292-301.
9. Handbook, ASHRAE Fundamentals. 2009. 'American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers', Inc.: Atlanta, GA, USA, 59.
10. Lü, Xiaoshu, Tao Lu, Charles J Kibert, and Martti Viljanen. 2015. 'Modeling and forecasting energy consumption for heterogeneous buildings using a physical-statistical approach', *Applied Energy*, 144: 261-75.
11. Magalhães, Sara MC, Vitor MS Leal, and Isabel M Horta. 2017. 'Modelling the relationship between heating energy use and indoor temperatures in residential buildings through Artificial Neural Networks considering occupant behavior', *Energy and Buildings*, 151: 332-43.
12. NRCan, NEUD. 2007. 'Energy Use Data Handbook Tables (Canada)', Commercial/Institutional Sector, Table, 1.
13. Paudel, Subodh, Mohamed Elmitri, Stéphane Couturier, Phuong H Nguyen, René Kamphuis, Bruno Lacarrière, and Olivier Le Corre. 2017. 'A relevant data selection method for energy consumption prediction of low energy building based on support vector machine', *Energy and Buildings*, 138: 240-56.
14. Qiu, Xueheng, Le Zhang, Ye Ren, Ponnuthurai N Suganthan, and Gehan Amaratunga. 2014. "Ensemble deep learning for regression and time series forecasting." In 2014 IEEE symposium on computational intelligence in ensemble learning (CIEL), 1-6. IEEE.
15. Runge, Jason, and Radu Zmeureanu. 2019. 'Forecasting energy use in buildings using artificial neural networks: A review', *Energies*, 12: 3254.
16. Seyedzadeh, Saleh, Farzad Pour Rahimian, Ivan Glesk, and Marc Roper. 2018. 'Machine learning for estimation of building energy consumption and performance: a review', *Visualization in Engineering*, 6: 1-20.
17. Singaravel, Sundaravelpandian, Philipp Geyer, and Johan Suykens. 2017. "Deep neural network architectures for component-based machine learning model in building energy predictions." In Proceedings of the Digital Proceedings of the 24th EG-ICE International Workshop on Intelligent Computing in Engineering, Nottingham, UK, 10-12.
18. Singaravel, Sundaravelpandian, Johan Suykens, and Philipp Geyer. 2018. 'Deep-learning neural-network architectures and methods: Using component-based models in building-design energy prediction', *Advanced Engineering Informatics*, 38: 81-90.
19. Specht, Donald F. 1991. 'A general regression neural network', *IEEE transactions on neural networks*, 2: 568-76.
20. Tamba, Jean Gaston, Ndjakomo Essiane, Emmanuel Flavian Sapnken, Francis Djanna Koffi, Jean Luc Nsouand, Bozidar Soldo, and Donatien Njomo. 2018. 'Forecasting natural gas: A literature survey', *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8: 216.
21. Tran, Duc-Hoc, Duc-Long Luong, and Jui-Sheng Chou. 2020. 'Nature-inspired metaheuristic ensemble model for forecasting energy consumption in residential buildings', *Energy*, 191: 116552.
22. Tsanas, Athanasios, and Angeliki Xifara. 2012. 'Accurate quantitative estimation of energy performance of residential buildings using statistical machine learning tools', *Energy and Buildings*, 49: 560-67.
23. Wang, Zeyu, and Ravi S Srinivasan. 2017. 'A review of artificial intelligence based building energy use prediction: Contrasting the capabilities of single and ensemble prediction models', *Renewable and sustainable energy reviews*, 75: 796-808.
24. Wei, Nan, Changjun Li, Xiaolong Peng, Fanhua Zeng, and Xinqian Lu. 2019. 'Conventional models and artificial intelligence-based models for energy consumption forecasting: A review', *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 181: 106187.

25. Wright, Connor, Christine W Chan, and Paul Laforge. 2012. 'Towards developing a decision support system for electricity load forecast.' in, Decision Support Systems (IntechOpen).
26. Yezioro, Abraham, Bing Dong, and Fernanda Leite. 2008. 'An applied artificial intelligence approach towards assessing building performance simulation tools', Energy and Buildings, 40: 612-20.
27. Yu, Zhun, Fariborz Haghighat, Benjamin CM Fung, and Hiroshi Yoshino. 2010. 'A decision tree method for building energy demand modeling', Energy and Buildings, 42: 1637-46.

تأثیر بلوک‌های بتنی گازدار در صرفه‌جویی مصرف انرژی ساختمان؛ نمونه مورد مطالعاتی: ساختمان‌های مسکونی شهر اردبیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۸

کد مقاله: ۹۳۹۴۶

هدایت شهبازی^{۱*}، عمار حسن‌پور^۲

چکیده

در کشور ما حدود ۴۰ درصد از اتلاف انرژی در بخش ساختمان به دلایل مختلف مخصوصاً استفاده از مصالح غیراستاندارد انجام می‌گیرد. هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر بلوک‌های گازدار بتنی در صرفه‌جویی مصرف انرژی ساختمان‌ها می‌باشد. بر این اساس توجه به اهمیت مقوله انرژی و لزوم صرفه‌جویی در آن در ساختمان‌ها، می‌توان با استفاده از این نوع بلوک‌ها و تأثیرات آن در رسیدن به ساختمان‌های پایدار دست یافت. نوع روش تحقیق اتخاذ شده در به انجام رسانیدن پژوهش حاضر روش تحقیق توصیفی، تحلیلی می‌باشد که با استفاده از سه استراتژی تبیینی، توصیفی و اکتشافی به معرفی ابعاد مختلف تحقیق پرداخته شده است. برای دستیابی کاربردی به نتایج و یافته‌های تحقیق، دو پرسشنامه در بین مهندسين ناظر معماری با حجم نمونه ۱۵۰ نفر و سازندگان و استفاده‌کنندگان ساختمان‌ها با حجم نمونه ۲۰۰ نفر توزیع که روش نمونه‌گیری به صورت تصادفی و ابزار پرسشنامه با استفاده از مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای انجام شده است. کاهش آلودگی‌های محیطی، افزایش کارایی و پایداری حرارتی، به حداقل رسیدن تبادل گرما و سرما به دلیل داشتن ضریب حرارتی بالا، کاهش هزینه‌های ساخت و انرژی در ساختمان‌ها در حدود ۲۵ درصد از مهم‌ترین دلایل استفاده از بلوک‌های بتنی گازدار در ساختمان‌ها می‌باشد.

واژگان کلیدی: بلوک بتنی گازدار، صرفه‌جویی، انرژی، معماری پایدار، ظرفیت حرارتی

۱- مدرس گروه معماری، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران (نویسنده مسئول) Shahbazi.hedayat@gmail.com

۲- دکترای مهندسی مکانیک، گروه فنی و مهندسی، وزارت راه و شهرسازی، اردبیل، ایران

۱- مقدمه

رشد سریع جمعیت جهانی منجر به افزایش سریع تقاضای جهانی برای انرژی شده است. از این رو برای حفظ استاندارد زندگی در کشورهای صنعتی و بهبود موقعیت در کشورهای در حال توسعه، نمی‌توان جلوی مصرف انرژی را گرفت، بلکه باید منابع انرژی موجود خیلی کارتر مورد استفاده قرار گیرند (هادی و همکاران، ۱۳۹۵، ۴۸). مهم‌ترین بخش از استراتژی انرژی هر کشور صرفه‌جویی در مصرف انرژی است و به دلیل منابع محدود انرژی و افزایش آلودگی محیطی ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی، صرفه‌جویی در انرژی امری لازم و ضروری است (نصراللهی و ابرقوئی، ۱۳۹۵، ۴۱). حدود ۴۰ درصد منابع مختلف انرژی کشور در ساختمان‌های مختلف مصرف می‌شود. به علت طراحی و استفاده نامناسب این ساختمان‌ها و عدم نگهداری مناسب دستگاه‌های گرمایشی و سرمایشی آنها، مقدار زیادی از انرژی ورودی به این ساختمان‌ها تلف می‌گردد (جاجرمی و همکاران، ۱۳۹۶، ۶۷). از چند سال قبل فعالیت گسترده‌ای در کشور توسط سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور در صرفه‌جویی مصرف انرژی در تمام بخش‌های اقتصادی و بویژه در ساخت و بهره‌برداری از ساختمان‌ها شروع شده است (باقرصاد، ۱۳۹۳). استفاده غیر بهینه از حامل‌های انرژی علاوه بر آنکه عمر ذخایر تجدیدناپذیر نفت و گاز را کاهش می‌دهد خسارت‌های جدی نیز به محیط زیست و صدمات جبران‌ناپذیری به فرایند توسعه پایدار، افزایش درآمدهای ارزی و گسترش زیر ساخت‌های اقتصادی ایران وارد می‌نماید (مهدیزاده و همکاران، ۱۳۹۴، ۸۷). استفاده از نرم افزارهای تخصصی در زمینه انرژی، فرهنگ سازی در زمینه استفاده بهینه انرژی، آموزش عمومی از طریق رسانه‌های شنیداری و دیداری و به کارگیری افراد مجرب و متخصص در زمینه انرژی از جمله راهکارهایی است که می‌تواند در رفع مشکل مفید باشد. در ایران از سال ۱۳۷۰ با تصویب میحث ۱۹ توسط هیئت وزیران گام بزرگی در زمینه صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها برداشته شد و اعمال آن برای ساختمان‌های دولتی از سال ۱۳۸۴ اجباری شد. اجرای این میحث، در بعضی بخش‌ها هزینه‌های ساختمان را افزایش می‌دهد ولی در مقابل، ظرفیت سیستم‌های گرمایش و سرمایش را تا ۴۰٪ کاهش می‌دهد (شاه حسینی و همکاران، ۱۳۹۳، ۴۵). از عوامل مهم در کاهش مصرف انرژی نوع مصالح انتخابی در ساخت ساختمان است. استفاده از مصالح مانند بلوک‌های گازدار بتنی در ساخت ساختمان‌ها به دلیل اینکه ظرفیت گرمایی بالایی دارند می‌توانند در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها بسیار تأثیر گذار باشد. بنابر این برای جلوگیری از هدر رفت انرژی در ساختمان‌ها بهتر است تا جایی که ممکن است از مصالحی استفاده شود که گرما را بیشتر در خود نگه دارند و از تغییرات ناگهانی دما جلوگیری نمایند. استفاده از مصالح ساختمانی مناسب تأثیر فراوانی بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان دارد. (ضرغامی و همکاران، ۱۳۹۵، ۱۵) استفاده از بلوک‌های گازی بتنی باعث می‌شود پایداری حرارتی خانه افزایش یابد. هدف از اجرای این پروژه بررسی تأثیر بلوک‌های گازدار بتنی در بناهای مسکونی اردبیل می‌باشد که بر این اساس می‌توان به الگویی مناسب برای استفاده از این نوع بلوک‌ها و تأثیرات آن در ساختمان‌ها رسید. با توجه به اینکه مجتمع‌های مسکونی حجم وسیعی از ساختمان‌ها را در بر گرفته است، رعایت نکات مربوط به بهینه‌سازی انرژی در طراحی این ساختمان‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد تا به این وسیله هم کاربران در محیطی با آرامش و پایدار باشند و هم از اتلاف انرژی جلوگیری شود و مصرف انرژی به حداقل برسد.

۲- سوالات تحقیق

- بلوک‌های گازدار بتنی چگونه می‌توانند در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها موثر باشند؟
- چگونه می‌توان با بلوک‌های گازدار بتنی تبادل حرارتی بین داخل و خارج را به حداقل رساند؟
- بلوک‌های گازدار بتنی چه میزان می‌توانند در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها موثر باشند؟
- تأثیر بلوک‌های گازدار بتنی در سازگاری با محیط زیست و ترویج معماری پایدار چگونه می‌تواند باشد؟

۳- ضرورت انجام تحقیق

مطالعات نشان می‌دهد که بیش از درصد بالایی از مصرف انرژی در ساختمان‌ها مربوط به سرمایش و گرمایش است. وجود محدودیت‌های انرژی در جهان و در پی آن در ایران، اهمیت صرفه‌جویی انرژی را بیش از پیش روشن می‌سازد. با توجه به اینکه بخش عمده فعالیت‌های بشری در داخل ساختمان‌ها انجام می‌شود، ایجاد شرایط مطلوب زیست محیطی در داخل ساختمان‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. استفاده از مصالح نوین و استاندارد و کاهش تبادل هوای داخل و خارج ساختمان می‌تواند از اتلاف مقدار قابل توجهی از انرژی سرمایش در ساختمان‌ها جلوگیری کرد.

۴- روش پژوهش

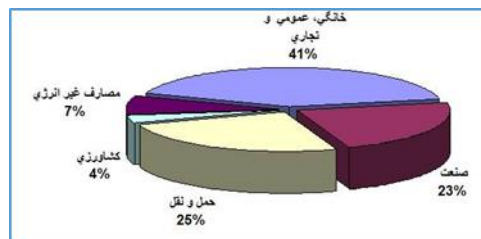


شکل ۱- روند انجام تحقیق
(ماخذ: براساس پردازش نگارنده)

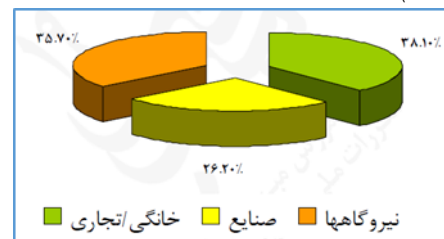
نوع روش تحقیق اتخاذ شده در به انجام رسانیدن پژوهش حاضر روش تحقیق توصیفی، تحلیلی می باشد، که با استفاده از سه استراتژی تبیینی، توصیفی و اکتشافی استفاده می شود. با استفاده از روش شناسی و متدولوژی تحقیق به کشف جنبه های مبهم و مجهول موضوع در دو زمینه مباحث نظری و تاثیر بلوک های بتنی گازدار در کاهش مصرف انرژی و بررسی در ساختمانهای اجرا شده در اردبیل پرداخته شده است تا میزان صرفه جویی در مصرف انرژی به عنوان موضوع اصلی مثل سازگاری با محیط، نقش عایقها در بهبود کارایی این بلوکها، حداقل رسیدن تبادل حرارتی، سبک سازی مورد بررسی قرار گیرد. دو پرسشنامه در بین متخصصان (مهندسين ناظر معماری) با حجم نمونه ۱۵۰ نفر و سازندگان و استفاده کنندگان ساختمان ها با حجم نمونه ۲۰۰ نفر قرار گرفت. روش نمونه گیری بصورت تصادفی و پرسشنامه با استفاده از مقیاس لیکرت ۵ درجه ای انجام و پس از بررسی روایی و پایایی آن در میان جامعه آماری توزیع شد. شماره گذاری مقیاس لیکرت برای هر دو پرسشنامه بصورت خیلی زیاد، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد بود. داده ها با نرم افزار spss، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۵- مصرف انرژی در بخش ساختمان

امروزه معماری و ساخت و ساز یکی از حوزه هایی است که طرفداران توسعه پایدار، برتری آن در عملکردهای زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی هستند. بهره گیری از انواع انرژی از الزامات زندگی بشر در حال حاضر است. بحران های زیست محیطی نقطه عطفی برای تغییر نگرش در عرصه طراحی بود. ظهور معماری سبز با بهره گیری از اصولی چون حفاظت از انرژی، کار با اقلیم، احترام به کاربران گشایش جدیدی در معماری ایجاد کرد (Martin, 2012, 34). طراحی معماری نامتناسب با اقلیم، عایق بندی ضعیف ساختمان ها و تاسیسات، جانمایی نامناسب فضاها، استفاده از مصالح و تجهیزات غیر استاندارد، علاوه بر اینکه هزینه جاری مصرف انرژی ساختمان را به شدت بالا می برد، هزینه های تعمیر و نگهداری هنگفتی را نیز تحمیل می کند (مهدوی نژاد و بهرامی، ۱۳۹۵، ۴۳).



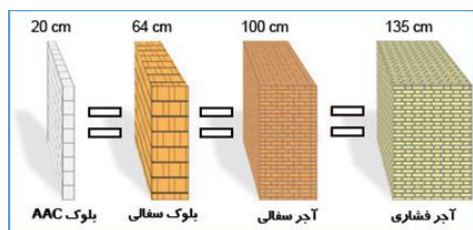
عکس ۳- سهم مصرف انرژی در هر بخش
(ماخذ: شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۴)



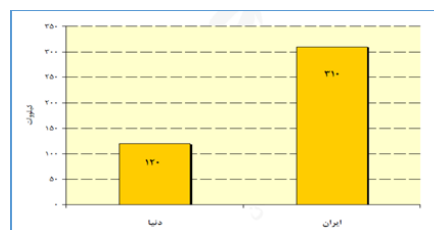
عکس ۲- مصرف گاز طبیعی در بخش های مختلف
سال ۱۳۸۴

۶- اتلاف انرژی

هدر رفت انرژی در ساختمان ها یکی از مواردی است که بخش قابل توجهی از اتلاف انرژی را به خود اختصاص داده و جلوگیری از آن می تواند تاثیر بسیاری در مصرف بهینه انرژی داشته باشد. استفاده از راه های جلوگیری از این موضوع و بهبود آنها می تواند در بهینه سازی مصرف و همچنین کاهش هزینه ها بسیار موثر باشد. در ساختمان ها بهینه سازی مصرف برای تمامی افراد می تواند حائز اهمیت باشد. چرا که کاهش هدر رفت انرژی و جلوگیری از آن موجب کاهش میزان مصرف و در نتیجه کاهش هزینه های مربوطه خواهد شد که برای خانواده ها و مدیریت مخارج زندگی می تواند مورد توجه قرار گیرد. عدم استفاده از مصالح نوین و استاندارد در ساخت و ساز، هدر رفتن انرژی از بخش های زیر در ساختمان، استفاده از وسایل سرمایشی و گرمایشی نامناسب، هدر رفت انرژی از کف خانه ها، نازک بودن دیوار ها و انتقال گرما و سرما از طریق آنها، چارچوب معیوب در و پنجره ها، استفاده از الگوی نامناسب برای گرم کردن خانه، افزایش و کاهش ناگهانی درجه وسایل سرمایشی و گرمایشی، درز در و پنجره ها، عایق نبودن درست پشت بام از جمله عواملی هستند که می تواند در اتلاف در ساختمان ها نقش عمده ای را ایفا نمایند.



شکل ۵- مقایسه انواع در دیوارها در برابر اتلاف انرژی (ماخذ: پایگاه نظام مهندسی اردبیل، ۱۳۹۹)



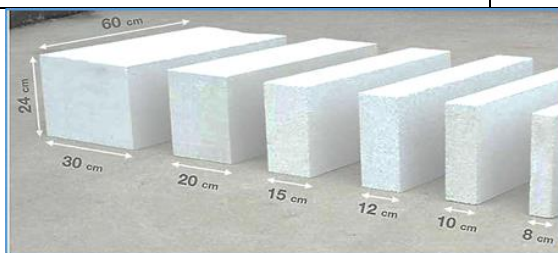
شکل ۴- شاخص مصرف انرژی در بخش خانگی برای گرمایش یک متر مکعب در یک سال (ماخذ: شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۴)

۷- بلوک های بتنی گازدار (AAC)

بتون سبک اتوکلاوی یا بتن اسفنجی گازی یک محصول بتونی با تکنولوژی پیشرفته است که از مخلوط آهک و سیلیس به همراه پودر سیمان و پودر آلومینیوم درست می شود. بدلیل هوازایی در پخت در محیط اتوکلاو طی فرایند تولید، به اختصار AAC نامیده می شود. این نوع بتن سبک بوده و مخلوطی از سنگدانه های درشت ندارد و می توان گفت که بتن سبک هوادهی ملات بتونی است که با تزریق گاز هوادهی می شود سنگدانه های ریزی که می توان برای تولید بتن هوادهی استفاده کرد، به عنوان شن و ماسه سیلیس، شن کوارتزیت، آهک و خاکستر بادی شناخته شده است (مددی و علی اکبری، ۱۳۹۴، ۱۱)، (پایگاه کارخانه هبلکس، ۱۴۰۰).

جدول ۱ - اطلاعات بلوک بتنی گازدار AAC (منبع: براساس یافته های نگارندگان)

سال تولید	۱۹۲۴
سازندگان	جان اکسل اریکسون
ایده تولید	روش عمل آوری به روش اتوکلاو
اسم های مختلف	AAC / هبلکس / ALC / سپورکس
مواد ساخت	سیلیس / سیمان / آهک / پودر آلومینیوم
مقاومت	۳۵ کیلو بر سانتی متر مربع
ضریب هدایت حرارت	۰٫۱۱ الی ۰٫۱۳
عایق صوتی	۴۵ الی ۵۵
ابعاد	طول ۶۰ - ارتفاع ۲۰ و ۲۵ / عرض ۷٫۵ - ۸ - ۱۰ - ۱۲ - ۱۵ - ۱۷٫۵ - ۲۰ - ۲۵ - ۳۰
مزایا	صرفه جویی بالای انرژی، سبک، ذخیره انرژی، مقاومت در برابر آتش، نصب آسان، دارای تخلخل، اقتصادی بودن، قابل برش به اندازه و شکل دلخواه، کاهش پرتی، عایق صدا و حرارت و الکتریسیته، سازگار با محیط زیست، مواد اولیه تجدید پذیر، سرعت اجرای بالا
معایب	مقاومت فشاری پایین نسبت به دیگر محصولات مشابه غیر قابل استفاده به عنوان دیوار باربر جذب آب بالا در لایه اولیه بلوک



شکل ۷ - ابعاد مختلف بلوک های AAC (ماخذ: پایگاه کارخانه هبلکس، ۱۴۰۰)



شکل ۶ - کمترین دورریز در کنار صرفه جویی بالای مصرف انرژی در بلوک AAC از نوع هبلکس

۸- ویژگی‌های شهر اردبیل بر مبنای انرژی

اردبیل جز شهرهای سردسیر کشور به حساب می‌آید که براساس تقسیم بندی جغرافیائی نیاز سالانه انرژی و گرمائی، در حالت زیاد بوده و در بیشتر ماه‌های سال وسایل گرمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. (مبحث ۱۹، ۱۳۹۵)

جدول ۲- ویژگی‌های شهر اردبیل براساس نیاز انرژی (ماخذ: مبحث ۱۹، ۱۳۹۵)

نیاز سالانه انرژی (پیوست ۳ مبحث ۱۹)	شهر بزرگ / کوچک (بند ۱۹-۲-۴)	گروه ساختمانی (پیوست ۴ مبحث ۱۹)	ضریب انتقال حرارت مرجع دیوار برای ساختمان غیر مستقل با استفاده مدام (U_w)
زیاد	بزرگ	گروه ۱	۰.۸

۹- یافته‌های تحقیق

برای دستیابی دقیق و کاربردی به نتایج و یافته‌های تحقیق، دو پرسشنامه در بین متخصصان (مهندسين ناظر معماری عضو نظام مهندسی ساختمان استان اردبیل) با حجم نمونه ۱۵۰ نفر و سازندگان و استفاده کنندگان ساختمان‌ها که با بلوک‌های بتنی گازدار ساخته شده‌اند، با حجم نمونه ۲۰۰ نفر توزیع شد. روش نمونه‌گیری بصورت تصادفی و ابزار پرسشنامه با استفاده از مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای انجام و پس از بررسی روایی و پایایی آن در میان جامعه آماری توزیع شده است. شماره گذاری مقیاس لیکرت برای هر دو پرسشنامه بصورت خیلی زیاد، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد بود. آزمون‌های بکار رفته در این پژوهش برای پرسشنامه سازندگان و استفاده کنندگان مواردی مثل میزان رضایت از آسایش حرارتی از خانه در فصل تابستان، مدت زمان گرم و سرد شدن فضای خانه، مدت زمان گرم و سرد شدن خانه بعد از روشن و خاموش کردن سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، تفاوت هزینه‌های گاز مصرفی در خانه‌های فعلی و قبلی، توجه قرار دادن نوع مصالح مصرفی در ساخت و خرید خانه‌های جدید، پوشیدن لباسهای جدید در داخل خانه، اهمیت بهینه‌سازی مصرف انرژی در خانه‌ها و آزمون‌های بکار رفته برای پرسشنامه مهندسين ناظر معماری موارد مثل شناخت از مصالح بلوک‌های بتنی گازدار، میزان توجه به ضریب انتقال حرارتی و ویژگیهای آن در پوسته‌ها، تلفات انرژی در پوسته‌ها موقع اجرای ساختمان، اهمیت به عایق کاری و درزبندی‌ها، انتخاب مصالح مناسب و پیشنهاد به کارفرما، ملاک قرار دادن استانداردها و تأییدیه‌های سازمان‌های مربوطه و دسته‌بندی ساختمان‌ها براساس برجسب انرژی بعد از اجرا بودند. دلیل انتخاب این دو گروه برای پاسخ دادن به پرسشنامه‌های مطروحه، ارتباط مستقیم ناظران با مقوله انتخاب درست مصالح مطابق با موازین و مقررات برای صرفه‌جویی در انرژی و همچنین سازندگان ساختمان‌ها هم که به عنوان مالک ساختمان در انتخاب مصالح مناسب و عدم سرباز زدن از مقررات مرتبط با انتخاب و هزینه‌کرد اصولی و صحیح و همچنین همکاری با ناظرین معماری می‌باشد. استفاده کنندگان هم از آن جهت در این پرسشنامه مشارکت داده شدند که بتوانند براساس نوع اجرا ساختمان و جزئیات بکار رفته در آن بتوانند پاسخهای مناسب را بدهند. پاسخ‌های داده شده در پرسشنامه‌ها و داده‌ها با نرم افزار SPSS، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج مربوطه با استفاده از جداول و نمودارها برای هر سوال استخراج گردید که در ادامه بهترین سوالات طرح شده در پرسشنامه همراه با جداول فراوانی آنها به همراه تجزیه و تحلیل هر کدام بیان شده است.

۹-۱- شناخت از مصالح بلوک‌های بتنی گاز دار (اتوکلاو شده)

استفاده از بلوک‌های بتنی در دهه‌های اخیر خصوصاً از نیمه دوم قرن بیستم گسترش چشمگیری داشته است. استفاده آسان، وزن سبک، قیمت مناسب و تنوع آنها، موجب رواج بتن سبک در پروژه‌های عمرانی و ساخت و ساز شده است. متخصصین ساختمان‌ها مخصوصاً ناظرین معماری با آگاهی و شناخت از مصالح جدید و بکارگیری آنان مطابق با مقررات و قوانین در ساختمان‌ها می‌توانند گام بزرگ و مهمی در صرفه‌جویی مصرف انرژی داشته باشند.

جدول ۱- شناخت از مصالح بلوک‌های بتنی گاز دار

درصد	فراوانی	مقیاس
10.5	16	خیلی کم
21.1	32	کم
26.3	39	متوسط
31.6	47	زیاد
10.5	16	خیلی زیاد
100.0	150	کل

با توجه به جدول هم می‌توان مشاهده کرد که درصد زیادی از ناظرین از این مصالح شناخت دارند ولی در عین حال حدود یک سوم هم گزارش داده‌اند که خیلی کم یا کم از این مصالح شناخت دارند که بیشتر مربوط به مهندسان کم تجربه هستند که کار نظارت را تازه شروع کردند. با این اوصاف برای دستیابی به نتایج مطلوب در صرفه‌جویی مصرف انرژی باید سازمانهای مربوطه مثل سازمان نظام مهندسی و راه و شهرسازی، آموزش‌های لازم به مهندسان ناظر را در دستور کار خود قرار دهد.

۹-۲- توجه به ضریب انتقال حرارت و ویژگی های آن در پوسته ها موقع انتخاب مصالح

راهکارهای صرفه جویی و بهینه سازی مصرف انرژی به منظور کاهش آلودگی زیستی و بهبود شرایط محیطی، از ضروریات بخش ساختمان می باشد. یکی از بخش های ساختمان که اثر زیادی در مصرف انرژی دارد، پوسته ها هستند. به همین علت بررسی رفتار پوسته ها مخصوصا در اقلیم سرد اردبیل از اهمیت بالایی برخوردار است. هم چنین جریان حرارت از میان پوسته ها عامل اصلی تغییرات دمای هوای داخل است و به طور مستقیم بر بار گرمایشی و سرمایشی و آسایش حرارتی فضای داخلی موثر می باشد. مقاومت کل حرارتی دیوار با دیوارهای بتنی گازدار در حدود ۱,۳۷ متر می باشد که بالاتر بقیه دیوارها و همچنین از حداقل مقاومت حرارتی دیوار در اقلیم اردبیل می باشد که حدود ۱,۲۵ می باشد و این عامل می تواند در کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها موثر باشد. گزارش داده شده از نمودار نشان می دهد توجه ناظران به این مساله در جایگاه نسبتا خوبی ندارد و کمتر از ۵۰ درصد جامعه آماری به این آیت مهم توجه دارند.

جدول ۲- ضریب انتقال حرارت و ویژگی های آن

درصد	فراوانی	مقیاس
5.3	8	خیلی کم
10.5	16	کم
36.8	55	متوسط
26.3	39	زیاد
21.1	32	خیلی زیاد
100.0	150	کل

۹-۳- توجه به اتلاف انرژی در پوسته ها موقع اجرای ساختمان

جدول ۳- اتلاف انرژی در پوسته ها

درصد	فراوانی	مقیاس
10.5	16	خیلی کم
31.6	47	کم
31.6	47	متوسط
26.3	40	زیاد
100.0	150	خیلی زیاد
10.5	16	کل

براساس گزارشات مرکز تحقیقات ساختمان بخاطر عدم رعایت الزامات اجرایی ساختمان ها به لحاظ مصرف انرژی، وجود مصالح غیراستاندارد و غیرمنطبق با شرایط اقلیمی مناطق مختلف کشور منجر به اتلاف ۷۹ درصدی انرژی در ساختمان ها شده است که از این مقدار حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد اتلاف انرژی از دیوارها و پوسته های ساختمان می شود. در این موضوع عوامل مختلفی از جمله استاندارد نبودن ساختمان ها در کشور، عدم رعایت مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، عدم بکارگیری مصالح و تجهیزات ساختمانی عایق و موثر در کاهش اتلاف انرژی در یک ساختمان در خصوص رعایت مباحث مربوط به کاهش مصرف انرژی تاثیرگذار بوده است. مطابق نمودار مربوطه می توان مشاهده کرد که بیش از نصف جامعه آماری به اتلاف انرژی توجه می کنند و البته باید این نکته را توجه کرد که درصد بی توجهی را باید با آموزش های تخصصی برای ناظرین به حداقل رساند تا کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها به بالاترین میزان خود برسد.

۹-۴- برچسب مصرف انرژی ساختمان ها بعد از اجرا

جدول ۴- برچسب مصرف انرژی ساختمان ها

درصد	فراوانی	مقیاس
5.3	8	خیلی کم
5.3	8	کم
15.8	24	متوسط
73.7	110	زیاد
100.0	150	خیلی زیاد
5.3	8	کل

اختصاص برچسب انرژی به ساختمان ها ابزار موثری جهت مقایسه وضعیت مصرف انرژی ساختمان با استانداردهای موجود و تلاش به منظور کاهش مصرف انرژی در آن و گام موثری در بهینه سازی مصرف آنها می باشد. به عنوان مثال، رعایت مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان باعث بهینه شدن مصرف انرژی در ساختمان شده و با صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان ها، سرانه مصرف انرژی در کل کشور کاهش می یابد. هر چقدر درجه برچسب یک ساختمان بالاتر و میزان تحقق اجرای مقررات ملی آن بیشتر باشد، در رتبه بندی و بالا بردن ارزش معاملاتی این ساختمان تاثیر بسزایی داشته و انگیزه کار فرمایان برای رعایت هرچه بیشتر این مبحث در ساختمان ها را بیشتر می کند.

برچسب انرژی، میزان مصرف انرژی ساختمان را با توجه به مشخصات سازه ای، مصالح، درب ها، پنجره ها و غیره مشخص می کند. طراحی و اجرای طرح برچسب انرژی ساختمان، سبب تشدید نظارت و بهبود ساخت و سازها از منظر مصرف انرژی خواهد شد. پیش بینی می شود که با اقدامات فوق، تا ۲۵ درصد ظرفیت کاهش مصرف انرژی در ساختمان های نوساز به وجود آید. در این

میان، سازمان ملی استاندارد، برچسب انرژی ساختمان را طراحی نموده و در تعامل با سازمان نظام مهندسی و شهرداری ها، آن را به مرحله اجرا برساند. گزارشات نمودار نیز استقبال متخصصین و ناظرین را در این زمینه کاملاً نشان می دهد.

۹-۵- میزان اهمیت به عایق کاری و درز بندی در اجرای ساختمان

جدول ۵- میزان اهمیت به عایق کاری

درصد	فراوانی	مقیاس
5.3	8	خیلی کم
5.3	8	کم
31.6	47	متوسط
57.9	87	زیاد
100.0	150	خیلی زیاد
5.3	8	کل

عایق کاری به عنوان یکی از ضروری ترین اقدامات در اجرای یک پروژه ساختمانی بوده و امروزه با توجه به نیاز برای صرفه جویی در انرژی، ضرورت عایق کاری بیش از قبل حس می شود. ساختمان ها باید در عین اقتصادی بودن ساخت، به صورتی طراحی شوند که مصرف انرژی در آنها کاهش یابد. عایق کاری اصولی ساختمان مخصوصاً دیوارها و پوسته های بیرونی با بلوک های بتنی گازدار، که خودشان مانع در تبادل گرما و سرما بین محیط بیرون و داخل هستند، می تواند به میزان قابل ملاحظه ای هزینه مصرف انرژی را کاهش می دهند. از آنجا که ۴۰ درصد اتلاف انرژی در ساختمان ها، از دیوارهای جانبی، ۲۵ درصد از سقف و ۱۰ درصد از کف ساختمان ها و ۲۰ الی ۲۵ درصد از پنجره ها و درها رخ می دهد، هنگام احداث ساختمان با استفاده از مصالح نوین و عایق، این مشکلات تا حد زیادی برطرف می شود.

در واقع، عایق کاری مناسب ساختمان، در مجموع حدود ۷۰ درصد صرفه جویی در مصرف انرژی را موجب می شود. عایق کاری حرفه ای می تواند حدود ۳۵ درصد در اتلاف گرما و حدود ۶۵ درصد در سرمایش سالانه صرفه جویی کند.

۹-۶- انتخاب مصالح استاندارد مثل AAC برای پوسته ها مخصوصاً دیوارها

جدول ۶- انتخاب مصالح استاندارد

درصد	فراوانی	مقیاس
10.5	16	خیلی کم
21.1	32	کم
31.6	47	متوسط
21.1	32	زیاد
15.8	23	خیلی زیاد
100.0	150	کل

یکی از جنبه هایی که اغلب در طراحی یک ساختمان نادیده گرفته می شود انتخاب و مصالح و فرآورده های ساختمانی است. اهمیت انتخاب مصالح مناسب بسیار بالاست و می تواند نقش بسیار مهمی در وجوه مختلف آن مخصوصاً در کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها داشته باشد. مصالح مورد استفاده در پروژه های ساختمانی، اجزاء تشکیل دهنده و مواد اولیه یک محصول تمام شده به نام ساختمان می باشد. با توجه به کاهش ذخایر انرژی بهره گیری از مصالح نوین که موجب کاهش مصرف انرژی در ساختمان شوند از جمله اقدامات ضروری در عرصه ساختمان سازی است و باید مصالحی انتخاب شود که بر اساس محیط قرارگیری، به جلوگیری از افزایش مصرف انرژی کمک کند.

استفاده از مصالح ساختمانی نوین مثل بلوک های بتنی گازدار همراه با عایق کاری مناسب موجب بهینه سازی مصرف انرژی در احداث ساختمان ها می شود و می تواند حداقل ۵۰ درصد کاهش مصرف انرژی در ساختمان را به دنبال داشته باشد.

۹-۷- توجه به استاندارد ها و تاییدیه های سازمانها در انتخاب مصالح ساختمانی مناسب

جدول ۷- توجه به استانداردها و تاییدیه ها

درصد	فراوانی	مقیاس
5.3	8	خیلی کم
5.3	8	کم
57.9	87	متوسط
31.6	47	زیاد
100.0	150	خیلی زیاد
5.3	8	کل

یکی از مهمترین عوامل موثر در کیفیت ساخت و ساز این است که مصالح ساختمانی مورد استفاده در ساختمان دارای استاندارد باشد. جهت تشخیص استاندارد بودن مصالح ساختمانی باید به تاییدیه های سازمانهای مرتبط رجوع شود تا با انتخاب مصالح نوین و به روز شده بتوان گامی مهمی در جهت کیفیت ساخت و ساز مخصوصاً کاهش مصرف انرژی برداشت. حتی در قانون مقررات مربوط به مصالح و فرآورده های ساختمانی مصوبه سال ۶۹ دولت هم آمده است که طراحان و مجریان ساختمان ها باید در نقشه ها یا سایر مدارک مربوط، ویژگی های مصالح مصرفی را بسته به موضوع، مشخص کند.

همچنین در تبصره ۴ این قانون بیان شده است که وزارت صمت تسهیلات و امکانات لازم را جهت انتشار استانداردهای مربوط به مصالح و فرآورده های ساختمانی را فراهم نماید و وزارت راه و شهرسازی برای تدوین و انتشار استاندارد مصالحی که تاکنون برای

آنها مشخصات استاندارد منتشر نشده است، اولویتهای لازم را قائل گردد. بنابراین رجوع به استانداردهای منتشر شده و آگاهی دادن به کارفرما توسط ناظران و طراحان برای انتخاب مصالح با کیفیت می تواند بسیار حائز اهمیت در وجوه مختلف مخصوصا کاهش مصرف انرژی ایفا نماید.

۹-۸- اهمیت تفاوت مقدار بهای مصرف گاز مورد استفاده در خرید خانه جدید

جدول ۸- اهمیت تفاوت مقدار بهای مصرف گاز

درصد	فراوانی	مقیاس
14.3	29	زیاد
85.7	171	خیلی زیاد
100	200	کل

ایران در رتبه های نخستین برخورداری از نفت و گاز قرار دارد اما این وفور نعمت نباید دلیلی بر اسراف منابع و نعمت های طبیعی شود. در سال های اخیر نیز قیمت خدماتی چون لوله کشی آب، برق، گاز خانگی افزایش یافته است. همین مسئله موجب شده است کاربران به فکر کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها باشند تا بتوانند در هزینه ها صرفه جویی کنند. راهکارهای زیادی برای کاهش مصرف انرژی وجود دارد.

انتخاب مصالح نوین و مناسب و استاندارد برای ساخت و ساز، صرفه جویی، توجه به برچسب انرژی، کم کردن درجه از جمله این در ساختمان ها می باشند. علاوه بر کاهش هزینه ها، مسئولیت ما در برابر آیندگان یکی دیگر از دلایلی است که باید به فکر کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها باشیم. آیندگان نیز حق استفاده از این امکانات را دارند و کشور موفق کشوری است که در برنامه ریزی برای توسعه پایدار موفق عمل کنند. از طرفی باید به این نکته توجه کنیم که بسیاری از انرژی ها تمام شدنی هستند و سال های طولانی زمان می برد تا بازسازی شوند و گاهی ممکن است برخی از آنان بعد از پایان ذخایر زیرزمینی دیگر بازتولید نشوند. با به کارگیری برخی از راهکارها و روش های صرفه جویی، می توانیم کاهش مصرف انرژی خانه را به عمل برسانیم و به دنبال آن از بسیاری از هزینه ها کم کنیم. مطابق نمودار بالا می توان گزارش معناداری از توجه به مقدار مصرف گاز مصرفی در ساختمان ها موقع خرید آنها بوده است و این نشان دهنده اهمیت و توجه مصرف انرژی در بین استفاده کنندگان می باشد.

۹-۹- اهمیت نوع مصالح مورد استفاده در خانه جدید برای کاربران

جدول ۹- اهمیت نوع مصالح در خانه جدید

درصد	فراوانی	مقیاس
57.1	114	زیاد
42.9	86	خیلی زیاد
100	200	کل

در ایران بخش ساختمان بیش از یک سوم انرژی کل مصرفی را بر خود اختصاص داده است. در این میان گرمایش و سرمایش مهم ترین عوامل مصرف انرژی محسوب میشوند، بطوریکه حدود ۷۰ درصد گاز طبیعی مصرفی در ساختمان ها صرف گرمایش می شود. یکی از مهمترین مواردی که باعث اتلاف انرژی حرارتی در ساختمان می شود، جداره های ساختمان است. در واقع بخش اعظمی از اعضای حائل بین داخل و خارج ساختمان را جداره ها تشکیل می دهند که در صورت استفاده بجا و صحیح از مصالح مناسب مخصوصاً مصالح جدید می توان مقاومت حرارتی آن ها را تا حد چشم گیری افزایش داده و در نتیجه از اتلاف انرژی به مقدار زیادی جلوگیری نمود.

۹-۱۰- مدت زمان گرم شدن ساختمان در زمستان

جدول ۱۰- مدت زمان گرم شدن ساختمان

درصد	فراوانی	مقیاس
14.3	29	خیلی کم
42.9	86	کم
28.6	56	متوسط
14.3	29	زیاد
100	200	خیلی زیاد
14.3	29	کل

شرایط آسایشی تابعی است از تعداد زیادی از پارامترها که تنها یکی از آنها دما می باشد و انتظار میرود که اگر طراحی تأسیسات گرمایشی و سرمایشی در ساختمان فقط بر اساس توجه به دما انجام پذیرد و سایر پارامترها در نظر گرفته نشوند، مشکلات مدیریت تقاضا و مصرف انرژی به وجود می آید حتی اگر تنها دما در نظر گرفته شود. مطالعات انجام شده در سطح بین المللی نشان میدهد که دمای مطلوب در داخل ساختمان برای ملیت های مختلف فرق میکند و بین ۱۴ تا ۲۱ درجه سانتیگراد متفاوت است و وابستگی به نوع و قیمت حامل های انرژی نیز دارد. استانداردهای ایران دمای راحتی بین ۱۸ تا ۲۲ درجه در فصل زمستان و ۲۲ تا ۲۵ درجه در تابستان است.

با این فرض و حدود واقعی به دست آمده متوجه اتلاف انرژی در کشور خواهیم شد. درحالیکه دمای خنثی تا حدودی مساوی با متوسط دمای ماهیانه است، استاندارد ایران اختلافی نزدیک به ۵/۵ درجه نسبت به آن را نشان میدهد. هر درجه اختلاف مساوی ۷ درصد اتلاف انرژی است.

۱۰- نتیجه گیری

رشد سریع جمعیت جهانی منجر به افزایش سریع تقاضای جهانی برای انرژی شده است. برای حفظ استاندارد زندگی در کشورهای صنعتی و بهبود موقعیت در کشورهای در حال توسعه، نمی توان جلوی مصرف کردن انرژی را گرفت. مهمترین بخش از استراتژی انرژی هر کشوری صرفه جویی در مصرف انرژی است و به دلیل منابع محدود انرژی و افزایش آلودگی محیطی ناشی از استفاده از سوخت های فسیلی، صرفه جویی در انرژی اجباری شده است. بیش از ۴۰ درصد منابع مختلف انرژی کشور در بخش ساختمان مصرف می شود. به علت طراحی و استفاده نامناسب از این ساختمان ها و عدم نگهداری مناسب دستگاه های گرمایشی و سرمایشی آنها، مقدار زیادی از انرژی ورودی به این ساختمان ها تلف می گردد. استفاده از نرم افزارهای تخصصی در زمینه انرژی، فرهنگ سازی در زمینه استفاده بهینه در مصرف انرژی، آموزش عمومی از طریق رسانه های شنیداری و دیداری و به کار گیری افراد مجرب و متخصص در زمینه انرژی از جمله راهکارهایی است که می تواند در رفع مشکل مفید باشد. رعایت نکات مربوط به بهینه سازی انرژی و استفاده از سیستم صفر انرژی در طراحی این ساختمان ها از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد تا به این وسیله هم کاربران در محیطی با آرامش و پایدار باشند و هم به مقدار قابل توجهی از اتلاف انرژی جلوگیری شود و مصرف انرژی به حداقل برسد. ارزان بودن قیمت انرژی در طول سالیان گذشته موجب وابستگی شدید خانوار ها شده است. از این رو کاهش شدت مصرف انرژی نیازمند سرمایه گذاری های کلانی در سطح ملی است. بنابراین پیشنهاد می شود از سیاست های غیر قیمتی مانند آموزش به منظور بهبود روش های استفاده از انرژی، تغییر الگو های مصرف انرژی با تاکید بر بین نسلی بودن انرژی، تشویق به استفاده از مصالح نوین ساختمانی، الزام ساخت و ساز بهینه و با توجه به مقررات وضع شده در این حوزه استفاده شود. عوامل متعددی بر هدر رفت انرژی در بخش ساختمان مخصوصا مسکونی تاثیر میگذارد که از جمله این عوامل می توان به نوع مصالح مصرفی در آنها اشاره کرد. عدم رعایت استانداردهای صحیح، سبب اتلاف انرژی ۳۰ تا ۴۰ درصدی از دیوارهای ساختمان می شود. اگر بحث صرفه جویی در مصرف انرژی باشد باید از مصالحی استفاده کرد که در کل انرژی را هدر نمی دهد و یا از هدر رفت انرژی تا درصد قابل توجهی جلوگیری میکند. از بین مصالحی که مورد مطالعه قرار گرفت بلوک های اتوکلاو شده نسبت به بقیه بلوک ها از نظر جلوگیری از هدر رفت انرژی کمک شایانی میکنند.

بلوک های بتنی گازدار AAC به علت پایین بودن وزن مخصوص اش یک عایق مؤثر در برابر گرما، سرما و صدا است که با توجه به عدم نیاز به عایق کاری اضافی ساختمان این امر سبب کاهش هزینه ساخت و جلوگیری از اتلاف سرمایه های ملی و شخصی می شود. با توجه به مطالب و نتایج پرسشنامه ها، اردبیل طبق پیوست ۳ مبحث ۱۹ جزو ساختمان های با نیاز سالانه انرژی بالایی قرار دارد، در نتیجه بیشترین هدر رفت انرژی در این منطقه اتفاق می افتد زیرا نیاز به تامین گرمایش محیط زندگی از الویت های اصلی این منطقه می باشد. ضریب انتقال حرارت مرجع دیوار برای ساختمان غیر مستقل با استفاده مدام در این منطقه ۰٫۸ تعیین شده که مصالح استفاده شده در این منطقه نباید هدایت حرارتی بالاتر از ۰٫۸ داشته باشند. از بین بلوک های بتنی سبکی که مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته شده بود، بلوک اتوکلاو شده AAC بیشترین و بهترین مصالحی هستند که در اقلیم سرد مخصوصا اردبیل از هدر رفت انرژی جلوگیری میکنند به شرط اینکه هنگام ساخت اصولی ساخته شده و درز حرارتی نداشته باشند. تهیه و استفاده از این نوع بلوک ها اگر چه هنگام خرید نسبت به بلوک های سفالی و یا بتنی عادی برای کارفرما گران تر می باشد اما در طولانی مدت از طریق جلوگیری از هدر رفت انرژی ساختمان علاوه بر کاهش چشم گیری هزینه مصرفی سالانه انرژی در خانه، کاهش هزینه های مصرفی حفظ محیط زیست و همچنین سیو انرژی برای نسل های بعدی را به دنبال دارد. با توجه جدول مقایسه ای مقاومت حرارتی برای مصالح مختلف، بلوک های بتنی گازدار بیشترین مقاومت حرارتی را در بین مصالح دیگر دارد و مناسبترین مصالح برای جداره های بیرونی ساختمان ها در شهر اردبیل می باشد که با توجه به ارزیابیهای انجام شده می تواند حدود ۲۵ درصد در کاهش مصرف انرژی در ساختمانهای مسکونی شود.

ضریب انتقال حرارت مرجع عناصر پوسته خارجی بر اساس نام شرایطی که در جداول ۳ تا ۵ بند ۱۹-۳-۲ مقررات ملی ساختمان درج شده است برای دیوار ساختمان های غیر مستقل با استفاده مداوم به شرح زیر می باشد:

شهر	نیاز سالانه انرژی (پوست ۲ میحت ۱۹)	شهر بزرگ/کوچک (بند ۱۹-۳-۲-۴)	گروه ساختمانی (پوست ۴ میحت ۱۹)	ضریب انتقال حرارت مرجع دیوار برای ساختمان غیرمستقل با استفاده مداوم (U_w)
اردبیل	زیاد	بزرگ	گروه ۱	۰.۸
تبریز	زیاد	بزرگ	گروه ۱	۰.۸
تهران	متوسط	بزرگ	گروه ۲	۱.۰۱

مقاومت حرارتی مرجع (R_w) طبق این فرمول برای اردبیل محاسبه می گردد:

$$R_w = \frac{1}{U_w} = \frac{1}{0.8} = 1.25$$

مقاومت حرارتی دیوار (R) مطابق این فرمول محاسبه می گردد:

$$R = \frac{d}{\gamma} = \frac{\text{ضخامت مصالح شده (m)}}{\text{thermal conductivity ضریب هدایت حرارتی}}$$

حداقل مقاومت دیوار در اقلیم اردبیل ۱.۲۵ می باشد.

طرح عایقکاری	ضخامت (cm)	وضعیت	مقاومت کل دیوار (R)	مقاومت حرارتی		
				R	d	γ
پلوک	۱۷.۳	OK +۱.۰٪	۱.۳۷	۱.۳۵۱	۱۵	۰.۱۱۱
				۰.۰۰۹	۱	۱.۱
				۰.۰۰۵	۰.۳	۰.۵۷
				۰.۰۰۶	۱	۱.۸
دیوار دو جداره AAC	۲۹.۳	OK +۰.۷٪	۱.۳۳	۰.۴	۲۸۲/۲	۵
				۰.۰۱۸	۲	۱.۱
				۰.۰۰۵	۰.۳	۰.۵۷
				۰.۰۱۱	۳	۱.۸
سفال فوم دار	۱۹.۳	NOT OK -۳.۸٪	۰.۷۸	۰.۳	۱۵	۵
				۰.۰۱۸	۳	۱.۱
				۰.۰۰۵	۰.۳	۰.۵۷
				۰.۰۱۱	۳	۱.۸
پلوک سیمانی پوکه ای سبکدانه	۱۹.۳	NOT OK -۸.۵٪	۰.۱۸	۰.۱۴	۱۵	۵
				۰.۰۱۸	۲	۱.۱
				۰.۰۰۵	۰.۳	۰.۵۷
				۰.۰۱۱	۳	۱.۸

⊕ در پوست شماره ۸ بند ۳-۴-۴ میحت ۱۹، مقاومت حرارتی سفال ۱۰ سانتی ۰.۲ و سفال ۱۵ سانتی ۰.۳ درج شده است.

⊕⊕ در پوست شماره ۸ بند ۳-۴-۵ میحت ۱۹، مقاومت حرارتی پلوک سیمانی ۱۵ سانتی ۰.۱۴ درج شده است.

مقادیر ضریب هدایت حرارتی γ برای مصالح جدول فوق از جداول میحت ۱۹ مقررات ملی ساختمان و گواهی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی استخراج شده است.

شکل ۸- جدول ضریب حرارتی و مقاومت در مصالح مختلف برای اقلیم اردبیل (ماخذ: سازمان نظام مهندسی اردبیل، ۱۳۹۹)

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی با عنوان تاثیر بلوک های بتنی گازدار در صرفه جویی مصرف انرژی ساختمان می باشد که طی قرارداد شماره ۳۹۵۵۷ / ۰۰ مورخه ۲۷ / ۹ / ۱۴۰۰ در اداره کل راه و شهرسازی استان اردبیل به انجام رسیده است. همچنین از همکاران محترم طرح خانم ها مهسا شکوری مقدم و لیلا شهبازی که در مراحل مختلف طرح همکاری و کمک های زیادی کردند، تشکر و سپاسگزاری می شود.

منابع

۱. اکرمی؛ غلامرضا؛ علی پور؛ لیلا (۱۳۹۵)، نقش مصالح بومی در معماری پایدار از دیدگاه زیست محیطی، مسکن و محیط روستا، شماره ۱۵۶، صفحه ۲۹
۲. باقرصاد؛ احسان (۱۳۹۳)، استفاده از تکنولوژیهای نوین در سازمانها در جهت بهینه سازی مصرف انرژی، دین همایش ملی اقلیم ساختمان و بهینه سازی مصرف انرژی.
۳. خشنود زرگر؛ صبا؛ فیلی؛ لیدا؛ زیران؛ حمید (۱۳۹۵)، بررسی روش های طراحی واحدهای مسکونی براساس معماری کربن صفر.
۴. جاجرمی؛ حسن؛ به نیا؛ بهنام؛ مظفری؛ تکتیم؛ کوشکی؛ علی (۱۳۹۶)، استفاده از انرژی های طبیعی تجدید پذیر در معماری ساختمان، رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی.
۵. رامین؛ هادی؛ حنفی زاده؛ پدram؛ اخوان بهابادی؛ محمدعلی (۱۳۹۵)، اثر رفتار ساکنین در میزان مصرف انرژی در ساختمان ها، مجله مهندسی مکانیک مدرس، دوره شانزدهم، شماره سیزدهم، صفحه ۴۷-۵۰

۶. شاه حسینی؛ رویا؛ افلاطونیان؛ زین العابدین (۱۳۹۳)، اهمیت بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان، چهارمین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی.
۷. شایانفر؛ محسنعلی؛ مفیدی شمیرانی؛ مجید؛ سید عبدالهی؛ احسان، مصالح ساختمانی با انرژی نهفته و کربن نهفته کم، اینیه پایدار سبز، بهمن ماه ۹۵
۸. ضرغامی، اسماعیل؛ خاکی، علی، سادات، سیده اشرف (۱۳۹۵)، بررسی تطبیقی معماری پایدار و مطابقت آن با معماری بومی خانه های سنتی در شهر ایرانی-اسلامی، مجله معماری شهری پایدار، سال چهارم، شماره اول، بهار و تابستان ۹۵، صفحه ۱۵.
۹. صادقی؛ سیدکمال؛ ابراهیمی؛ سعید (۱۳۹۲)، تاثیر توسعه مالی تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی، فصلنامه اقتصاد انرژی ایران، سال دوم، شماره هفتم، تابستان ۹۲، صفحه ۴۳، تهران.
۱۰. قنبران؛ عبدالحمید؛ حسین پورامین (۱۳۹۴)، بررسی رفتار حرارتی نماهای دو پوسته در اقلیم شهر تهران، معماری شهری پایدار، سال اول، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۴، صفحه ۴۳، تهران.
۱۱. کامران کسمایی؛ حدیثه؛ براتی فرد؛ علیرضا؛ غفاری؛ پریچهر (۱۳۹۰)، نگرشها و اصول در معماری پایدار، همایش ملی عمران معماری و شهرسازی و مدیریت انرژی، تهران.
۱۲. گرجی مهربلانی؛ یوسف؛ حاج ابوطالبی؛ الناز (۱۳۸۸)، مصالح هوشمند و نقش آن در معماری، مسکن و محیط روستا، مهرماه، صفحه ۶۶، تهران.
۱۳. مددی؛ حسین؛ علی اکبری؛ پریا (۱۳۹۴)، رویکرد همه جانبه در طراحی ساختمان های انرژی صفر، فصلنامه علمی-ترویجی انرژی های تجدید پذیر و نو، سال دوم، شماره اول، تابستان ۹۴، صفحه ۱۱، تهران.
۱۴. مهدیزاده؛ بهاره؛ دادرسی؛ حسن؛ سعیدی؛ سیدمهدی؛ ظفری؛ فاطمه؛ گودرزی پور؛ محدثه (۱۳۹۴)، انرژیهای نو در معماری، همایش ملی عمران و معماری.
۱۵. مهدوی نژاد؛ محمدجواد؛ بهرامی؛ منیره (۱۳۹۵)، نسبت یادمانگرایی و پایداری در معماری معاصر ایران، معماری شهری پایدار، سال دوم، شماره اول، بهار و تابستان ۹۵، صفحه ۴۳
۱۶. نصراللهی؛ نازنین؛ اکرمی ابرقویی؛ فاطمه؛ ارزیابی (۱۳۹۵)، اثر بهره وری انرژی ساختمانهای خا کپناه در کاربریهای مختلف، معماری مرمت ایران، سال ششم، شماره یازدهم، بهار و تابستان ۱۳۹۵، صفحه ۴۱.
۱۷. مداحی؛ سیدمهدی؛ عباسی؛ مهسا (۱۳۹۸)، تحلیل رفتار حرارتی پوسته خارجی _نمایی ساختمان با مصالح و تکنولوژیهای اجرای سنتی و نوین با هدف بهینه سازی مصرف انرژی، تحلیل رفتار حرارتی پوسته خارجی، صفحه ۱۶۷.
۱۸. مصطفائی؛ مهدی؛ ریاحی دهکردی؛ غلامحسین؛ عابدی؛ مهرداد (۱۳۹۵)، امکان سنجی طراحی و ساخت انرژی صفر در شهر جدید بینالود.
۱۹. مقصدی؛ محمدامین (۱۳۹۵)، عملکرد ساختمان با مصرف انرژی صفر با رویکرد پایدار، تابستان ۹۵
۲۰. مداحی؛ مهدی؛ عباسی؛ مهسا (۱۳۹۶)، تحلیل رفتار حرارتی پوسته خارجی - نمایی ساختمان با مصالح و تکنولوژی های اجرای سنتی و نوین با هدف بهینه سازی مصرف انرژی، معماری و شهرسازی آرمانشهر، شماره ۲۲، صص ۱۶۷ تا ۱۸۳.
21. Sethy, Dr. Kaliprasanna; Sankar Nayak, Mr. Girija; Rojalin Nanda, Ms. Sushri (2018), Aerated Concrete: A Revolutionary Construction Material, International Journal of Engineering Technology Science and Research IJETS, April 2018.
22. Martina, mandirolo; andrea, penna; guido, magenes; maria, rota (2012), EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE SHEAR RESPONSE OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE (AAC) MASONRY WITH FLAT TRUSS BED-JOINT REINFORCEMENT, Florianópolis - Brazil.

بررسی عملکرد و سایه‌اندازی شناسیر و کاربرد آن در شکل‌گیری معماری جنوب ایران با نمونه موردی بوشهر

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۵

کد مقاله: ۵۶۶۴۹

محمد بهزادپور^۱، شیما شجاعی^{۲*}

چکیده

بیان مسئله: در این تحقیق معرفی و شناخت ارزش‌ها و عناصر کالبدی معماری بومی بوشهر، بافت قدیمی بوشهر در استان بوشهر مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. در معماری سنتی ایران توجه به مسائل اقلیمی حائز اهمیت بوده است و بر کالبد بنا تأثیر بسزایی داشته است در این راستا نمونه‌های با ارزش معماری مسکونی بافت قدیم بوشهر به‌عنوان مجموعه‌های با هویت مورد بررسی قرار گرفته است. ایجاد تراس‌های چوبی یا شناسیرها از جمله تدابیری است که برای سایه‌اندازی بر روی بازشوهای غربی ساختمان‌ها در بافت قدیمی شهر بوشهر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. روش تحقیق: روش تحقیق کیفی و راهبرد نمونه موردی بهره برده شد. در این راستا در گام نخست برای بررسی تاریخچه شناسیر از منابع کتابخانه‌ای برای گردآوری اطلاعات بهره جسته شد. در گام دوم به هدف بررسی سایه‌اندازی شناسیر و اجزای کالبدی آن با بررسی اسناد کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری داده‌ها انجام شد. روش تحقیق حاضر تحقیقات میدانی و شبیه‌سازی رایانه‌ای با کلایمت استودیو^۱ و داده‌ها مربوط به تابش خورشید در طول سال نگاشته شده است. هدف: این مقاله با هدف عملکرد سایه‌اندازی شناسیرهای ضلع غربی و میزان ورود نور به فضای داخل است. نتیجه‌گیری: این تحقیق در بخشی از منطقه گرم و مرطوب ایران انجام شد که معماری بافت قدیمی آن، کاملاً با اقلیم محیط طبیعی پیرامون سازگار بوده و از شناسیرها به‌عنوان آرایه‌های معماری بومی و سیمای شهری یاد می‌شود که به لحاظ عملکردی، وظیفه اصلی آن‌ها سایه‌اندازی بر روی بازشوها است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که عملکرد شناسیرها سایه‌اندازی روی جداره بازشوها خواهد بود و استفاده از آن‌ها را در معماری و سیمای شهری معاصر بوشهر امکان‌پذیر می‌سازد.

واژگان کلیدی: سایه‌انداز، اقلیم، معماری بومی، بافت سنتی، بوشهر

۱- گروه معماری، واحد هشتگرد، دانشگاه آزاد اسلامی، هشتگرد، ایران

۲- گروه معماری، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران (نویسنده مسئول) shimashojaei2020@gmail.com

۱- مقدمه

معماری بومی ایران از ویژگی‌ها و پتانسیل‌های ارزشمندی برخوردار است که امروزه آن طور که باید، از این ویژگی‌ها و پتانسیل‌ها استفاده نمی‌شود که یکی از دلایل آن ناشناخته بودن ماهیت این معماری و عناصر سازنده آن است. به همین دلیل به نظر می‌رسد که شناسایی و تدوین عملکرد آن‌ها به ما در استفاده مجدد این عناصر کمک کند و این امکان را فراهم آورد تا آن‌ها را به منظور حل مشکلات امروز خود باز آفرینی کرده و مورد استفاده مجدد قرار دهیم (بحرانی، اهرمی، ۱۳۹۶، ۷۸). مطالعه فضاهای معماری در سرزمین‌های مختلف نشان دهنده ارتباط متقابل و پیوند بین فرهنگ و محیط زیست می‌باشد که به طور متقابل بر یکدیگر تاثیر می‌گذارند (عبدالرحیم و حریره هاشم، ۲۰۱۲، ۱۴۸). بوشهر یکی از استان‌هایی است که دارای گونه خاصی از معماری به همراه پتانسیل‌های بی شماری است. بوشهر با بافت ساحلی ویژه‌ای در جنوب ایران از ارزش جهانی برخوردار است و این ارزش تاریخی فرهنگی وابسته به معماری بومی و شهرسازی طبیعت گرایانه بافت شهری است که آن را در مقام یک اثر هنری قرار داده است (امیری و دیگران، ۱۳۹۵، ۱). در بافت تاریخی بوشهر دارای عناصری بسیار ارزشمند هستند که به نظر می‌رسد هریک از این عناصر چند بعدی و چند کارکردی هستند و از یک بعد نباید آن‌ها را بررسی کرد. یکی از این عناصر شاخص که در معماری بوشهر می‌توان اشاره کرد شناسیر است که واجد کارکردهای مختلفی بوده است.

شناسیل یک درهم پیچیدگی پیوسته فضای عمومی و خصوصی در استفاده از باد را فراهم آورده و این عملکرد اقلیمی زندگی خصوصی پیوند زده است (رنجبر، دیگران، ۱۳۸۹، ۳۱). یکی از پیامدهای پیشرفت تکنولوژی، یکسان و یکنواخت شدن معماری و شهرسازی نقاط مختلف کشور در دوران معاصر است. ساختمان‌هایی که هم اکنون در تبریز و کرمان، مشهد، یزد، شیراز و همدان بنا می‌شود، تفاوتی با یکدیگر ندارند در حالیکه پیش از این شکل ساختمانها، بافت محله‌ها و ساختار شهرها گویای ویژگی‌های فرهنگی و ذوق‌های بومی ساکنان آنها بود. این ویژگی‌ها از بین رفته و بافت شهرها در روستا‌های ما از تاریخ و فرهنگ خود بریده‌اند (معروفی، خلاق دوست، ۵۰). ضرورت انجام پژوهش عملکرد اصلی شناسیرها به عنوان یکی از اجزا اصلی سایه اندازی و میزان تابش دریافتی شناسیرها بر روی بازشوها در این جبهه بررسی شد. عملکرد اصلی شناسیرها کدامند؟ و میزان ورود نور به داخل چند درصد است؟ و مولفه‌های اقلیمی بندر بوشهر کدامند؟

این مقاله با هدف عملکرد سایه اندازی شناسیرها در ضلع‌های موجود بر نمونه موردی با تکیه بر تحقیقات میدانی و شبیه سازی رایانه و داده‌ها در ساعات مختلف مربوط به تابش خورشید در طول سال نگاشته شده است. در معماری خاورمیانه به ویژه سرزمین‌های عربی از جمله عربستان و مصر به چشم می‌خورد. شناسیر در معماری بومی بوشهر با عملکردهای متنوع اقلیمی، اجتماعی، فرهنگی، زیبایی و بصری به کار برده شده است که در ادامه به آن پرداخته می‌شود. در انتها نیز به عنوان نوآوری این مقاله به چستی شناسیر پاسخ می‌دهیم و این که شناسیر تنها یک عنصر اقلیمی نیست و دلیل دیگری جز اقلیم در شکلگیری آن نقش اساسی داشته‌اند. در نتیجه در این مقاله نگارنده سعی دارد با شناخت تنها یکی از پتانسیل‌های بومی ایران شناسیر که در تکنولوژی‌های بومی نهفته، به بسط و تحلیل اهمیت استفاده از عناصر بومی سنتی هر منطقه از کشور در جهت بهبود کیفیت معماری عصر حاضر بپردازد.

۲- پیشینه تحقیق

پژوهش‌های زیادی در خصوص نقش و عملکرد و شناخت شناسیر در جنوب ایران صورت گرفته ولی در خصوص عملکرد سایه اندازی و تاثیر آن با تکیه بر شبیه سازی رایانه ای تعداد مقالات انجام گرفته اندک می‌باشد. در ادامه خلاصه‌ای از پژوهش‌های صورت گرفته ذکر شده است. سپهری اهرمی و بحرانی (۱۳۹۶) در مقاله تحت عنوان "باز شناسی و تدفین علت وجودی و نقش کارکردی شناسیر در بافت تاریخی بوشهر" در این پژوهش سعی شده بیان شده که اکثراً پژوهش‌های پیشین شناسیر به عنوان فضایی برای استفاده از جریان باد و فضایی برای زیستن معرفی شده است اما در این پژوهش، فرضیه‌هایی بیان و با استفاده از استدلال‌های عقلانی اثبات می‌شوند که نشان می‌دهد شناسیر محل یا مکانی برای گذراندن وقت یا انجام فعالیت نبوده بلکه عنصری که حداکثر جریان هوا را در اتاق‌های ۶ در و ۵ دری به همراه داشتن ایمنی و همچنین حفظ حریمت فراهم می‌کند. معماریان (۱۳۷۵) در کتاب تحت عنوان "آشنایی با معماری مسکونی ایرانی گونه شناسی درونگرا" بیان می‌کند که شناسیر را به دو گونه مسقف و بدون سقف تقسیم می‌کند و می‌گوید شناسیرها معمولاً در یک جبهه خارجی ساختمان و یک، دو، سه و چهار جبهه داخلی بنا قرار دارند. از شناسیر برای متصل کردن فضای دو اتاق یا دو راهرو به یکدیگر و سهولت در رفت و آمد استفاده می‌شود. غلام زاده (۱۳۹۲) در کتاب تحت عنوان "معماری بوشهر در دوره ی زندو قاجار" بیان می‌کند که این بالکن‌های چوبی (شناسیر) در جبهه داخلی (حیاط) و خارجی (کوچه) به منظور سهولت دسترسی به فضاهای مختلف ساختمان و برای ایجاد سایه، فضاهای آزاد و کوران هوا ساخته می‌شود و سبک زیبایی از بدنه ساختمان‌ها بیرون زده است. رنجبر، پور جعفر، خلیجی (۱۳۸۹) در مقاله تحت عنوان "خلاقیت‌های طراحی اقلیمی متناسب با جریان باد در بافت قدیم بوشهر" بیان می‌کند که علاوه بر بازشوها عناصر خاصی نظیر شناسیر نیز متناسب با استفاده بهتر از سایه و باد در بدنه ی فضای شهری شکل گرفته‌اند و حضور این عناصر را مختص استفاده از باد می‌دانند.



شکل ۱- شناسیهای چوبی در نمای غربی یک ساختمان در بوشهر
(مأخذ: نگارندگان)

باتوجه به بررسی های انجام شده در پیشینه لازم است تا نحوه و عملکرد شناسیها و سایه اندازی آنها در فضای داخل بررسی گردد. لذا در این پژوهش سعی می شود تا تاثیر سایه اندازی شناسیها، باز و بسته بودن شناسیها و تاثیر آن در فضای داخل شبیه سازی و تحلیل شود.

۳- روش تحقیق

در این پژوهش در راستای هدف به علت کارکردهای شناسی یک عنصر معماری ایران، بازآفرینی و استفاده مجدد آن در بناهای امروزی برداشت. با در نظر گرفتن تمام شرایط، نتایج حاصل از الگوریتم های محاسباتی، نرم افزار کلایمت استودیو ۱ برای شبیه سازی انتخاب شد. روش تحقیق کیفی و راهبرد نمونه موردی بهره برده شد. در این راستا درگام نخست برای بررسی تاریخیچه شناسیها از منابع کتابخانه ای برای گردآوری اطلاعات بهره جسته شد. در گام دوم به هدف بررسی سایه اندازی شناسیها و اجزای کالبدی آن با بررسی اسناد کتابخانه ای و میدانی جمع آوری داده ها انجام شد. با در نظر گرفتن تمام شرایط، نتایج حاصل از الگوریتم های محاسباتی، نرم افزار کلایمت استودیو ۱ برای شبیه سازی انتخاب شد. برنامه کلایمت استودیو ۱ برای آنالیز میزان ورود روشنائی به فضای داخل شبیه سازی شده است. مراحل این پژوهش عبارتند از مدل سازی یکی از ساختمان های بوشهر با اجزای بالکن چوبی به نام شناسیها، اعمال مشخصات ساختمان بوشهر، وارد کردن داده های آب و هوایی، سپس تحلیل میزان ورود نور به داخل می باشد. گام انتهایی تجزیه تحلیل داده ها اختصاص دارد و بدین منظور، روش های راهبرد منطقی، به منظور استخراج یافته های نهایی و تبیین چارچوب عملی پژوهش حاضر، به کار گرفته خواهد شد.

۳-۱- معرفی نمونه مورد بررسی

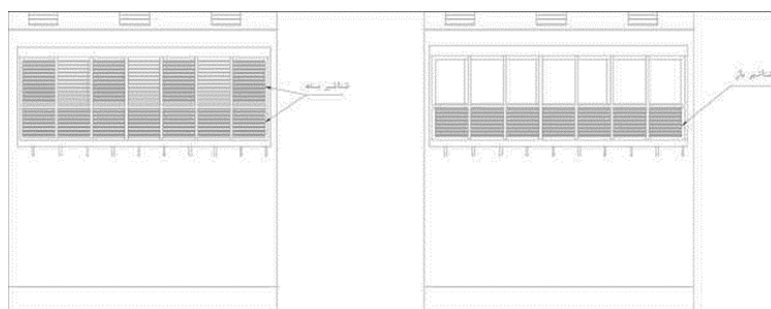
نمونه مورد بررسی شده به منظور دستیابی به اهداف پژوهش برای بررسی تاثیر مدل سازی بر سایه اندازی ساختمان، انتخاب و مدل سازی آن در نرم افزار راینو ۲ توسط نگارندگان، انجام گردید. یکی از ساختمان های بوشهر که به سمت دریا می باشد و در بافت قدیمی آن منطقه قرار گرفته است، آنالیز و بررسی انجام شده است. طبق مطالعه و بررسی صورت گرفته تمامی شناسیها به سمت غرب ساختمان قرار گرفته است. (روبه رو دریا) صرفاً فقط در این نمونه موردی بخش بالکن چوبی (شناسیها) بررسی و شبیه سازی خواهد شد. بررسی شناسیها به دو صورت انجام شده است یکی شناسیها بسته که سرتاسر کرکره های چوبی و دیگری شناسیها نیمه باز که کرکره ها تا ارتفاع جان پناه می باشد، آنالیز بررسی شده است. بازشوهای طبقه فوقانی ضلع غربی ساختمانها در بافت قدیمی بوشهر عمدتاً به شکل درهای دو لنگه چوبی به ارتفاع ۲/۲۰ می باشد.



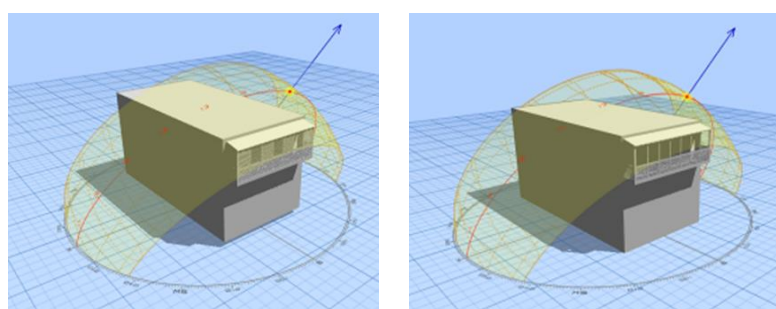
شکل ۲- نمای غربی یک ساختمان در حاشیه ساحل بوشهر، شناسیها باز و بسته
(مأخذ: آرشیو مرکز اسناد اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان بوشهر)

نورخورشید و درجه حرارت: بوشهر در کلان اقلیم حاره ای و از نظر اقلیم میانه در منطقه نیمه حاره ای و نیمه خشک قرار دارد (نیکقدم، مفیدی شمیرانی، ۱۳۹۰). نورخورشید برای ایجاد روشنائی طبیعی ساختمان لازم است که این نور در نهایت به حرارت تبدیل می شود. مطالعات اقلیمی محلی نشان می دهد که در این شهر درجه حرارت در تابستان و زمستان نسبت به سایر شهرها و بنادر حاشیه تفاوت زیادی دارند. بیشترین درجه حرارت گزارش شده بین سال های ۲۰۰ تا ۲۰۰۹ در مرداد ماه و شهریور تا ۳۹ درجه سانتی گراد و کمترین آن در دی و بهمن تا ۹ درجه سانتی گراد می رسد. سالنامه هواشناسی استان بوشهر نشان می دهد که

احساس غالب در خارج ساختمان در بوشهر، از آذرماه تا فروردین ماه مطبوع بوده و از اردیبهشت ماه تا آبان ماه به صورت داغ و بسیار داغ گزارش گردیده است. برای اصلاح عملکرد سایه اندازی شناسیها از نمودار مسیر حرکت خورشید در بوشهر در ضلع غربی طراحی نموده و سایه بان الگو متناسب با آنرا استخراج می نماییم.



شکل ۳- شناسی باز و بسته (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۴- مسیر حرکت خورشید شناسی باز و بسته، شبیه سازی کلایمت استودیو ۱ (مأخذ: نگارندگان)

۴- مبانی نظری

۴-۱- تعاریف شناسی

این تراس ها با سایبان های خود مانع از تابش مستقیم خورشید بر بدنه ها می شوند هم چنین بین فضاهای خارجی و اتاق ها نقش واسطه را بازی می کند و جلوی تبادل حرارتی سریع را می گیرند. شناسی یک درهم تنیدگی پیوسته فضای عمومی و خصوصی در استفاده از باد را فراهم آورده و این عملکرد اقلیمی زندگی خصوصی پیوند زده است (رنجبر، پور جعفر، خلیجی، ۱۳۸۹). در کشورهای عربی خاورمیانه فضاهای مشابه شناسی (مشربیه) وجود دارد. تعبیه کرکره های شناسی طوری است که نور و هوا را به داخل راهرو و یا اتاق هدایت می کند.

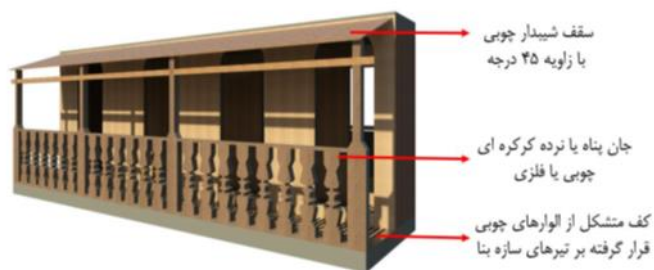
نسبت کرکره از بالا به پایین است به طوری که از بالا به کوچه پایین دیده می شود اما از پایین نمی توان بالا و داخل اتاق را دید (محمدی، ۱۳۹۱). فضا که مختص مناطق جنوبی ایران به خصوص بوشهر است نوعی بالکن به سمت بیرون خانه و روی معبر عمومی است که با چوب ساخته شده و پیرامون آن با نرده های مشبک پوشیده می شود تا هوا به راحتی در آن جریان یابد و ایجاد سایه نمایند (شاطریان، ۱۳۹۰، ۳۹۲).

جدول ۱- واژه معادل شناسی در سرزمین های مختلف (نگارندگان مبتنی بر منابع ذکر شده)

منطقه شکل گیری	ریشه	معنای لغوی ریشه	تلفظ امروزی	منبع
مصر	شرب (shorb)	محل برای نوشیدن	مشربیه	(Yeomans 2006, 182) (Fathy 1986)
	شراب (sharab)	جایی برای نگهداری ظرف آب		(Almerbati 2014, 480)
	الشرافه (ashrafa)	محل که دیده نمی شود		(Vakilinezhad 2013, 105)
عربستان	شربه (sharbah)	نوشیدنی و مراجعه کننده به یک آبخوار	مشربیه	(Mohamed 2015, 3)
	روشدان (Rushandan)	منبع نور	روشنا	(Kamal 2014, 14)
هند	روشنا (rawshana)	محل عبور نور	روشنا	(Al-shareef 1996, 98)
	Jaali	جایی برای نگهداری ظرف آب	Jaali	(Cited in ۱۹۸۳ Ashraf) (Aljofi 2005, 819)
	Jaali	جایی برای نگهداری ظرف آب	Jaali	(Kamath 2016, 98)
عراق	الشنشول (al shanshou)	پوسته ای برای آب سرد	شنشلی	(Mohamed 2015, 3)
طرابلس	-	-	خرآجه (kharaga)	(Wazeri 2014, 95)
ایران	روزن (ruwzan)	شکاف و منفذی که در دیوار	شناسیر	(Almerbati 2014, 481)

جدول ۲- تعاریف از شناسشیر (نگارندگان مبتنی بر منابع ذکر شده)

مقیاس	عملکرد اولیه	عملکرد ثانویه	منبع
معماری	اقلیمی	جلوگیری از نفوذ گرمای شدید به کمک جنبش چوبی شناسشیر	مطالعات میدانی
		جلوگیری از تبادل سریع حرارتی به خاطر واسط بودن بین فضای داخل و بیرون	(Kamath 2016, 98)
		تصفیه نور و جلوگیری از نفوذ نور خیره کننده	(Etman 2013, 460) (Fathy 1986)
		ایجاد سایه روی بازشوها و بدنه‌ها	مشاهده
		کاهش رطوبت در اقلیم گرم و مرطوب و افزایش آن در اقلیم گرم و خشک از طریق کنترل جریان هوا	(Fathy 1986)
	محرمیت	هدایت باد به سمت فضای داخلی	(Yeomans 2006, 182) (حمیدی ۱۳۸۹، ۶۵)
		امکان بهره بردن از تهویه دوطرفه	(رنجبر ۱۳۸۹، ۳۰)
		حفظ حریم خصوصی فضای داخلی	(Headley et al 2015, 1010) (Fathy 1986)
	فضای واسط	محدود کردن دید از فضای شهری به فضاهای داخلی	(Fathy 1986; Othman 2015, 16; Kamath 2016, 98; Yeomans 2006, 182)
		تأمین دسترسی به اتاق‌ها	(رنجبر ۱۳۸۹، ۳۰)
	برقراری ارتباط حرکتی بین فضاهای مختلف در طبقات بالای عمارت‌های چند طبقه	ارتباط دهنده اتاق‌ها	(Vakilneshad et al 2013, 103)
		افزایش مساحت اتاق از طریق گشایش در- پنجره‌ها و افزودن شدن فضای شناسشیر به فضای اتاق	(فلاح‌فر ۱۳۸۷، ۱۶) (حمیدی ۱۳۸۹، ۶۵)
	زیبایی شناسی	داشتن ارزش‌های زیبایی‌شناسانه	(Sidawi 2013, 31)
		ایجاد تنوع در مصالح و رنگ بنا در نمای داخلی و خارجی	مشاهده
		جزئیات هنرمندانه اجزاء کالبدی	(Yeomans 2006, 182)
	دید	بازی با نور در فضای داخلی	مشاهده
		تأمین دید از فضای داخلی به حیاط و بالعکس	(Yeomans 2006, 182)
		تأمین دید از فضای داخلی به فضای شهری	مشاهده
	امنیت	بالا بردن امنیت در گذرها به دلیل وجود دید از شناسشیر به فضای شهری	مصاحبه
		شاخص کردن بنا در بافت شهری پیرامون	مصاحبه و مشاهده
شهری	خوانایی	افزایش خوانایی	مصاحبه و مشاهده
		ایجاد تنوع حجمی در نمای گذر	مشاهده
	نمای شهری	ایجاد تنوع در مصالح و رنگ بنا در نمای خارجی	مشاهده



شکل ۵- شناسشیر در حیاط مرکزی (مأخذ: بحرانی، ۱۳۹۶)

۴-۲- کارکرد شناسی

پنجره ای بیرون آمده و مشبک در جداره ی ساختمان است که در جلو باز شو های نمای خارجی اتاق های طبقه دوم قرار می گیرد (مور، ۱۳۸۲). علاوه بر ایجاد تهویه با استفاده از نسیم در تابستان، برای ایجاد سرمایش بیشتر و پرهیز از نور خورشید، سایه اندازی شده است. شناسیهای داخلی که در یک یا چند جبهه طبقات بالا و مشرف به حیاط ساخته شده اند رابط فضاهای مختلف نیز می باشند. در این حالت می توان از شناسی به عنوان معبری بدون ورود به اتاق ها استفاده کرده است (معماریان ۱۳۸۴، ص ۱۰۰). اتاق هایی که فقط یک دیوار خارجی دارند و دو پنجره کنار هم که با بالکن به هم ارتباط دارند میانگین سرعت کوران هوا شدت می یابد. شناسی به صورت خطی و ال شکل دیده می شود عناصری هستن در عین داشتن عملکردی مهم در نماسازی بیرونی ساختمان ها نقش مهمی ایفا می کنند (طاهباز، جلد اول، ۱۳۷۷) استفاده از سایبان های مشبک ثابت یا متحرک که در کاهش تابش های مستقیم و پراکنده اشعه خورشید نقش به سزایی دارد. (طاهباز، جلیلیان، ۱۳۹۰، ص ۱۷۶).

دو کارکرد مهم آن به شرح زیر است:

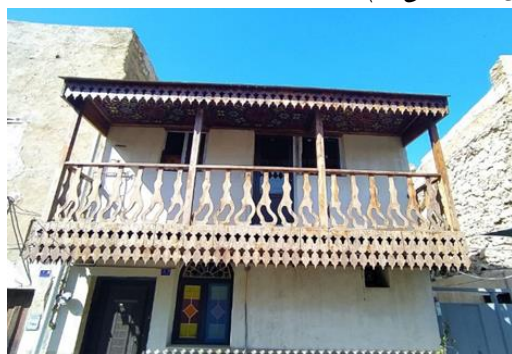
- مکانی برای استفاده از نسیم و بادهای مطبوع و بعضا استفاده از سایه
- استفاده از منظره ی زیبایی دریا (معماریان، ۱۳۸۴: ۱۰۰).

کاهش رطوبت در اقلیم گرم و مرطوب از طریق کنترل جریان هوا و هدایت آن به فضای داخلی از دیگر کارکرد های اقلیمی شناسی است که حسن فتحتی در کتاب خود تحت عنوان (انرژی طبیعی و معماری بومی) به آن اشاره می نماید (فتحتی ۱۹۸۶).

۴-۳- اجزای کالبدی شناسی

شناسیها از سه جز اصلی کف، سقف و بدنه تشکیل شده است که در ادامه به معرفی هریک پرداخته می شود:
کف: کف شناسی عموماً تیرهای چوبی با عرض ۱۰ یا ۲۰ سانتی متر تشکیل می گردد؛ که تیر اصلی بنا کنسول گردیده اند. دستکهای چوبی یا فلزی برای مقاومت بیشتر زیر کف به کار برده می شود. عرض کف معمولاً بین ۹۰ تا ۱۰۰ سانتی متر می باشد (عشرتی، هدایت، ۱۳۹۵، ص ۴۸).

ساختار سازه ای شناسی: بیرون زدگی احجام به صورت کنسول یکی از موارد سازه ای است. به دلیل استفاده از تیرهای چوبی برای اجرای سقف امکان ایجاد کنسول در طبقات به راحتی به وجود آمده است. بدین منظور قسمتی از تیرهای چوبی را از بدنه بنا بیرون می داده اند تا وزن کنسول ها را تحمل نمایند (رضایی، مولوی، ۱۳۹۴، ص ۹۳).



شکل ۶- اجزای کالبدی شناسی چوبی (مأخذ: نگارندگان)

پوشش سقف شناسی: طول شناسی به اندازه ی طول اتاق ها از دو یا سه متر تا حدود بیست متر متغیر است و ارتفاع آن ۱/۵ تا ۲ متر بوده است. پوشش شناسی به دو صورت مسقف و بی سقف است. سقف شناسیها معمولاً به صورت شیبدار با زاویه ی ۴۵ درجه بر روی تعدادی ستون ۴ تراش به سطح مقطع ۱۰ در ۱۰ سانتی متر قرار گرفته است (هدایت، عشرتی، ۱۳۹۵، ص ۴۸).

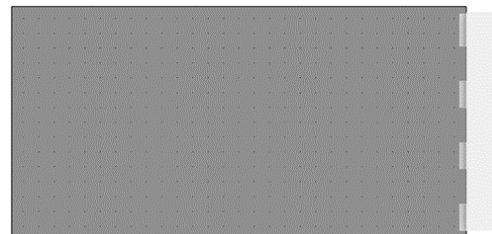
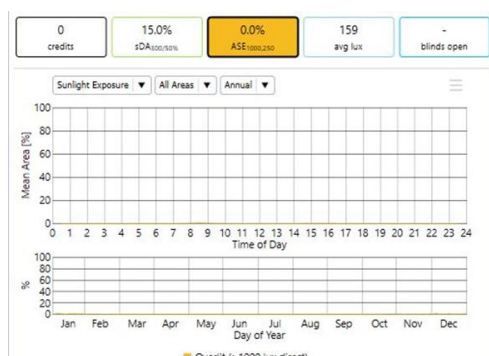
بدنه: هر شناسی چهار بدنه داشته که یکی از آن جداره ی ساختمان است. این جداره دارای بازشوهایی است که شناسی نقش مهمی در جذب باد به درون فضا و ایجاد سایه روی این باز شو ایفا می کند (هدایت، عشرتی ۱۳۹۵، ص ۴۸). برای نرده ها از چوب چهار تراش چوبی و فلزی به شناسی زیبایی خاص به آن داده است. (رضایی، مولوی، ۱۳۹۴، ص ۹۲).

۵- تحلیل یافته ها

الف (آنالیز شناسی بسته

شاخص تحلیل خیرگی ۴: چند درصد از فضا در حداقل ۲۵۰ ساعت از زمان اشغال نور بیشتر از ۱۰۰۰ لوکس را دریافت می کند. تصویر ۱ میزان ASE را در حالتی که شناسی کاملاً باز است (به عبارتی پنجره ها بسته هستند) نشان می دهد. به این دلیل که نور روز دوبار فیلتر شده و مقدار کمی از آن به فضای داخلی راه میابد، مقدار ASE در فضای داخلی صفر است. نمودار ۱ نشان می دهد که به طور میانگین در کدام ساعات روز و ماه های سال، احتمال رخ دادن خیرگی در چند درصد از مساحت فضا وجود دارد. بخش زیرین نمودار نیز بیان کننده روزهایی از سال است که وضعیت خیرگی در حادثترین حالت خود قرار دارد. در این نمودار

نیز واضح است که به علت کمبود نور روز در فضا امکان بروز خیرگی در فضای داخلی، در هیچ ساعتی از روز موجود است و برابری است.



نمودار ۱- بررسی میزان خیرگی در روزها و ماه های سال برای فضای داخلی با استفاده از شاخص ASE (مأخذ: نگارندگان)

شکل ۷- بررسی میزان خیرگی در فضا، با استفاده از شاخص ASE (مأخذ: نگارندگان)

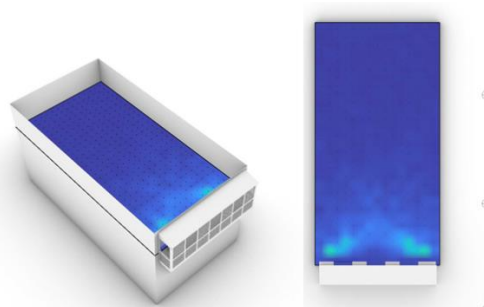
شاخص (SDA): در چند درصد از فضا در حداقل نیمی از ساعات اشغال، مقدار روشنایی ۳۰۰ لوکس که مناسب انجام فعالیت های معمول است تامین شده است. در این مورد به علت وجود دو جداره مانع از ورود نور روز به فضای داخلی تنها در ۲ درصد از فضا در حداقل ۵۰ درصد از زمان اشغال روشنایی ۳۰۰ لوکس تامین می شود (تصویر ۲). همچنین در نمودار ۲ نیز بیان شده است که در چه زمانی از سال و روز وضعیت نوری مناسبی ایجاد شده است. همانطور که مشاهده می شود، تنها در ۲ درصد از فضا در ساعات میانی روز (۸ تا ۱۶)، در ماه های زمستانی سال به علت زاویه کم خورشید این مقدار روشنایی تامین می شود.



نمودار ۲- بررسی میزان SDA در ساعات و ماه های مختلف در طول یک سال (مأخذ: نگارندگان)

شکل ۸- بررسی میزان ورود نور روز به فضای داخلی با استفاده از شاخص ASE (مأخذ: نگارندگان)

میزان روشنایی روز دریافتی در فضای داخلی ۵: در چه بخش هایی از فضا میزان روشنایی دریافتی بیشتر است. این طیف از کمترین مقدار ۰ با رنگ آبی تا بیشترین مقدار ۳۰۰۰ لوکس با رنگ قرمز مشاهده می شود. میانگین روشنایی دریافتی بین همه سنسور های سنجش در فضای داخلی ۸۴ لوکس است. همانطور که در تصویر ۳ دیده می شود، بیشترین مقادیر روشنایی در نزدیکی بازشوهای جداره جنوبی اتفاق افتاده است اگرچه در بیشتر بخش های فضا، نور دریافتی بسیار جزئی است. نمودار ۳ نیز نشان دهنده ساعتی از روز است که فضا بیشترین مقدار روشنایی را دریافت می کند. در بخش پایین نمودار نیز ماه های سال با مقدار دریافت روشنایی وجود دارد که تقریباً در تمامی مدت یک سال روشنایی فضای داخلی بسیار جزئی است.



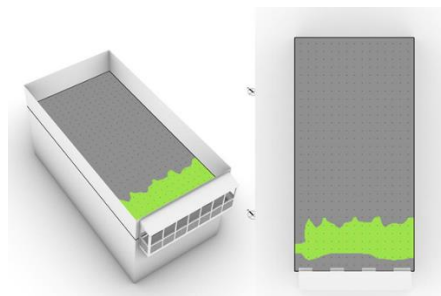
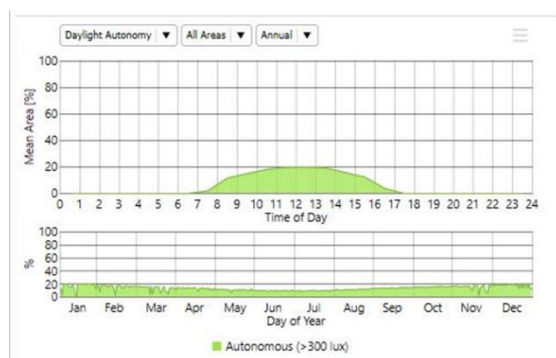
نمودار ۳ - میزان روشنایی روز دریافتی در ساعات روز و ماه های یک سال در فضای داخلی (مأخذ: نگارندگان)

شکل ۹ - میزان روشنایی روز دریافتی در فضای داخلی (مأخذ: نگارندگان)

ب) آنالیز شناسی باز

در شناسی باز بررسی تحلیل خبرگی هیچ تفاوتی با شناسی بسته ندارد تنها فرق آن در میزان ورود نور روز به فضای داخلی با استفاده از شاخص SDA و میزان روشنایی روز دریافتی در فضای داخلی که آن را مشاهده می کنید.

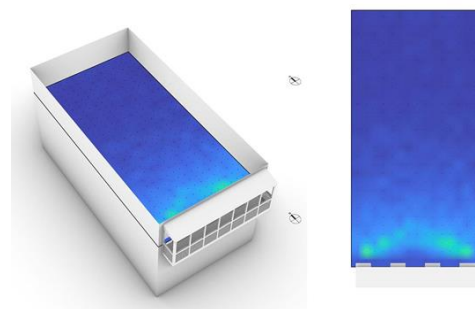
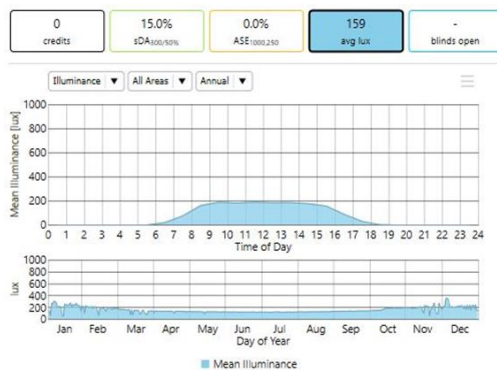
شاخص ۶ (SDA): در چند درصد از فضا در حداقل نیمی از ساعات اشغال، مقدار روشنایی ۳۰۰ لوکس که مناسب انجام فعالیت های معمول است تامین شده است. در این مورد به علت وجود کرکره های پایین درصد بیشتری نسبت به شناسی بسته ورود نور روز به فضای داخل داریم. ورود نور روز به فضای داخلی تنها در ۱۵ درصد از فضا در حداقل ۵۰ درصد از زمان اشغال روشنایی ۳۰۰ لوکس تامین می شود (تصویر ۲). همچنین در نمودار ۲ نیز بیان شده است که در چه زمان هایی از سال و روز وضعیت نوری مناسبی ایجاد شده است. همانطور که مشاهده می شود، تنها در ۲ درصد از فشار در ساعات میانی روز (۸ تا ۱۶)، در ماه های زمستانی سال به علت زاویه کم خورشید این مقدار روشنایی تامین می شود.



نمودار ۴ - بررسی میزان SDA در ساعات و ماه های مختلف در طول یک سال (مأخذ: نگارندگان)

شکل ۱۰ - بررسی میزان ورود نور روز به فضای داخلی با استفاده از شاخص SDA (مأخذ: نگارندگان)

میزان روشنایی روز دریافتی در فضای داخلی ۵: در چه بخش هایی از فضا میزان روشنایی دریافتی بیشتر است. این طیف از کمترین مقدار ۰ با رنگ آبی تا بیشترین مقدار ۳۰۰۰ لوکس با رنگ قرمز مشاهده می شود. میانگین روشنایی دریافتی بین همه سنسور های سنجش در فضای داخلی ۱۵۴ لوکس است. همانطور که در تصویر ۳ دیده می شود، بیشترین مقادیر روشنایی در نزدیکی بازشوهای جداره جنوبی اتفاق افتاده است اگرچه در بیشتر بخش های فضا، نور دریافتی بسیار جزئی است. نمودار ۳ نیز نشان دهنده ساعتی از روز است که فضا بیشترین مقدار روشنایی را دریافت می کند. در بخش پایین نمودار نیز ماه های سال با مقدار دریافت روشنایی وجود دارد که تقریباً در تمامی مدت یک سال روشنایی فضای داخلی بسیار جزئی است.



شکل ۱۱- میزان روشنایی روز دریافتی در فضای داخلی (مأخذ: نگارندگان)

نمودار ۵- میزان روشنایی روز دریافتی در ساعات روز و ماه های یک سال در فضای داخلی (مأخذ: نگارندگان)

شکل ۱۱- میزان روشنایی روز دریافتی در فضای داخلی (مأخذ: نگارندگان)

۶- نتایج و یافته های تحقیق

با توجه به مباحث مطرح شده و از طرفی نتایج حاصل از مطالعه و مقایسه پژوهش های پیشین، می توان چنین نتیجه گرفت که با حفظ هویت بومی و استفاده از دستاورد های علمی معاصر، مشکلات موجود در معماری بومی یک منطقه را برطرف نمود و استفاده از آن را در معماری و سیمای شهرهای معاصر امکان پذیر کرد. در ابتدای تحقیق سوالی که مطرح شد مولفه های اقلیمی بندر بوشهر کدامند؟ در پاسخ به این سوال از نظر صاحب نظران، اهداف معماری مناطق گرم و مرطوب در راستای تدوین مهم ترین مولفه های اقلیمی این منطقه یعنی درجه حرارت و رطوبت بالاست. مطالعات انجام شده نشان داد که الگو های فضای عملکردی در خانه های بندر بوشهر با مولفه های اقلیم محلی این شهر در تطابق هستند. مولفه های اقلیم محلی به موقعیت جغرافیایی بوشهر اول تنوع باد از جهات مختلف و وزش آن در تمام ماه های سال و دوم پایین تر بودن دمای هوا در تابستان و زمستان تفاوت زیاد دمای این دو در این بندر نسبت به بسیاری از مناطق شمالی خلیج فارس دریای عمان نیز هماهنگی دارند (نیکقدم، ۳۲، ۱۳۹۴). در جواب به این سوال میزان ورود نور به داخل چند درصد است؟ در آنالیز شناسیر بسته و باز، تحلیل خیرگی صفر درصد بود. در آنالیز شناسیر بسته میزان ورود نور به فضای داخلی با استفاده از شاخص

sda درصد ولی در شناسیر باز ۱۵ درصد بود که نشان می دهد سایه اندازی بر روی جداره نما و شدت نور کمتری به فضای داخل داریم. در آنالیز بسته میزان روشنایی روز در فضای داخلی به ۸۴ درصد و در شناسیر باز مقدار روشنایی به فضای داخل بیشتر از شناسیر بسته است. عملکرد اصلی شناسیرها کدامند؟ این تحقیق در بخشی از منطقه گرم و مرطوب ایران انجام شد که معماری بافت قدیمی آن، کاملاً با اقلیم محیط طبیعی پیرامون سازگار بوده و از شناسیرها به عنوان آرایه های معماری بومی و سیمای شهری یاد می شود که به لحاظ عملکردی، وظیفه اصلی آنها سایه اندازی بر روی باز شوها است. در این تحقیق عملکرد آنها سایه اندازی بر روی باز شوها در ساعاتی از شبانه روز نشان داده شده است و درصد خیلی کمی شدت نور خورشید به فضای داخل داریم. به طور کلی ارتباط با شناسیر بیان شد: (۱) رابط بین فضاهای خانه در طبقات فوقانی (در تمامی پلان هایی که شناسیر موجود هست مانند تصاویر ۱۲ و ۱۳ اکثراً در در طبقات فوقانی می باشد). (۲) ایجاد ارتباط بین محیط درون و بیرون خانه ها با حفظ حریمیت (همانطور که گفته شد شناسیر دارای از کرکره های چوبی است که از پایین به بالا دید ندارد و از بالا به پایین دید کافی هست برای حفظ حریمیت) (۳) استفاده از شناسیر به منظوره سایه اندازی بر روی جداره های بیرونی و درون حیاط مرکزی به همراه تصفیه نور (که در آنالیز و شبیه سازی بررسی شد سایه اندازی و ورود نور بر روی جداره بیرونی می باشد). (۴) ایجادکننده دید مناسب برای اهالی و ساکنان خانه به سمت دریا (تمامی بناهایی که در حاشیه سواحل بوشهر می باشد به سمت دریا می باشد که دید مناسبی برای ساکنان خانه فراهم می سازد). استفاده از شناسیر در نمای ساختمان ها برای نما موجب سایه اندازی و همچنین کنترل دمای داخل ساختمان ها می شوند و همچنین برای حضور عابر پیاده در سطح شهر در پیاده روها ایجاد سایه می نمایند. به طور کلی شناسیر یک عنصر جدایی ناپذیر از معماری سنتی جنوب کشور است. نیاز تکنولوژی ایران، تلفیق بوم و زمینه است که با توجه به تکنولوژی های بومی به یک معماری بومی با کیفیت و با هویت دست یابیم.



شکل ۱۲- پلان طبقه اول عمارت طاهری (مأخذ: هدایت، عشرتی)



شکل ۱۳- پلان طبقه اول مطب طبیب (مأخذ: هدایت، عشرتی)

قدردانی و تشکر

هنری که در امتداد ارزشهایش حرکت کند هنری است رهایی بخش که سر چشمه در نور و عشق دارد و به دریای عقل و معرفت راه می گشاید. مسئولیت هنرمند تنها در برابر فرهنگ ملی و قومی خودش نیست؛ بلکه مسئولیتی الهی و جهانی دارد. با این مقدمه نیت خود را بر آن می داریم تا از جناب مهندس سید مسعود طبیب غفاری و از جناب دکتر محمد تحصیلدوست و کلیه عوامل و تشکر و قدردانی نمایم از اینکه به ما بنده حقیر اعتماد کرده و اجازه دادید بسیار سپاسگذارم. امیدوارم هرگونه ضعف و کاستی بنده را ببخشید. هر روز که میگذرد تجربه ای؛ خاطره ای و اندوخته ایست برای فردای ما که به آن آینده می گویند. پس دیروز گذشته است و چراغی...

پی نوشت

1. Climate studio
2. Rhino
3. Archdaily
4. ASE - Annual Sunlight Exposure
5. 0Lluminance
6. Special Daylight Autonomy (SDA)

منابع

۱. امیری، سمانه، پورمحمد، سها، کرمی، باقر (۱۳۹۵). بررسی و سنجش مولفه های معماری انعطاف پذیر در طراحی خانه های مسکونی (نمونه موردی: بوشهر)، دومین کنفرانس بین المللی عمران، محیط زیست و مدیریت شهری.
۲. بحرانی، حمیدرضا، سپهری اهرمی، آزاده (۱۳۹۶). بازشناسی و تدفیک علت وجودی و نقش کارکردی شناسایی در بافت تاریخی بوشهر، باغ نظر، سال پانزدهم، شماره ۵۸، ۷۷-۸۸.
۳. رنجبر، احسان، پور جعفر، محمدرضا، خلیجی، کیوان (۱۳۸۹). خلاقیت های طراحی اقلیمی متناسب با جریان باد در بافت قدیم بوشهر، علمی پژوهشی باغ نظر ۷ (۱۳): ۳۴-۱۷.
۴. شاطریان، رضا (۱۳۹۲). اقلیم و معماری، انتشارات سیمای دانش، تهران.
۵. طاهباز، منصوره (۱۳۷۷). مقررات و معیار های طراحی و اجرایی، سازمان برنامه و بودجه، تهران.

۶. طاهباز، منصوره، جلیلیان، شهربانو (۱۳۹۰). اصول معماری همساز با اقلیم در ایران با رویکرد به معماری مسجد، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی تهران.
۷. غلام زاده جعفر، فرامرز (۱۳۹۲). معماری بوشهر در دوره ی زند و قاجار، تهران: آباد بوم.
۸. محمدی، امین (۱۳۹۱). بررسی عملکرد سایه اندازی شناسیها و اصلاح آن به روش نقاب سایه در بوشهر، شهر و معماری بومی، شماره ۲، ۵۲-۶۳.
۹. مور، ف (۱۳۸۲). ساختمانها محیط زیست روشنایی داخلی ترجمه کی نژاد م و آذری ر، دانشگاه هنر تبریز، تبریز.
۱۰. معماریان، غلامحسین (۱۳۷۵). آشنایی با معماری مسکونی ایران (گونه شناسی و برون گرایی) تهران: دانشگاه علم صنعت ایران.
۱۱. معماریان، غلامحسین (۱۳۸۴). آشنایی با معماری مسکونی ایران، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، تهران.
۱۲. معروفی، حسام، خلاق دوست، متین (۱۳۹۷). شناسیل جلوه ای مدرن از عنصری سنتی بهره گیری از تکنولوژی های بومی در معماری مدرن، علمی تخصصی معماری سبز، سال چهارم، شماره یازدهم.
۱۳. مسعود رضایی، مهرناز مولوی. (۱۳۹۴). توسعه پایدار و معماری بومی در ایران. تهران: انتشارات سیمای دانش.
۱۴. نیکقدم، نیلوفر (۱۳۹۵). تاثیر باد و آفتاب در تعدیل شرایط گرمایی خانه های بوشهر، پژوهش انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، ۲۹-۴۶.
۱۵. نیکقدم، نیلوفر (۱۳۹۴). استخراج الگوهای اقلیمی فضاهای عملکردی در خانه های بومی بندر بوشهر با به کار گیری نظریه داده بنیاد، باغ نظر، شماره ۳۲، سال دوازدهم، ۷۷-۹۰.
۱۶. هدایت، اعظم، عشرتی، پرستو (۱۳۹۵). گونه شناسی شکلی و استقرار شناسی در معماری بومی بندر بوشهر، فصلنامه پژوهش های معماری اسلامی، شماره سیزدهم، سال چهارم، ۴۰-۵۹.
17. Abdul Rahim, Zaiton, AhmadHariza Hashim. 2012. Adapting to Terrace Housing Living in Malaysia. In the Proceedings of
18. ASEAN Conference on Environment-Behavior Studies, Bandung, Indonesia, 15-17 June 2011.
19. Almerbati, Nehal, Peter Ford, Ahmad Taki, and Lionel Dean. 2014. From Vernacular to Personalized and Sustainable. In the Proceedings of: 48th International Conference of the Architectural Science Association, Science Association & Genova University Press, 479-490. Available at: https://wp-content/uploads/2014/12/10_38_77.pdf. Accessed September, 2016.
20. Al-Shareef, Faisal Mohammad. 1996. Natural Light Control in Hedjazi Architecture an Investigation of the Rowshan Performance by Computer Simulation. A thesis for the Degree of Ddoctor in Philosophy, University of Liverpool, School of Architecture and Building Engineering.
21. Aljofi, Egal. 2005. The Potentiality of Reflected Sunlight through Rawshan Screens. In the Proceedings of International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment", 817-822. Santorini, Greece.
22. Abdel Gelil Mohamed, Nermine. 2014. Waleed: Traditional Residential Architecture in Cairo from a Green Architecture Perspective. Arts and Design Studies 5(1): 37-44.
23. Etman, Omar, Osama Tolba, Sherif Ezzeldin. 2013. Double-Skin Façades in Egypt between Parametric and Climatic Approaches. In the Proceedings of 31st eCAADe Conference, Vol. 1, 459-465. Faculty of Architecture, Delft University of Technology, Delft, Netherlands.
24. Fathy, Hassan. 1968. Natural Energy and Vernacular Architecture: Principles and Examples with Reference to Hot Arid
25. Climates. Walter and Sultan Abd-el-rahman Ahmad (Eds.), Chicago and London: The University of Chicago Press, Available at:
26. <http://archive.unu.edu/unupress/unupbooks/80a01e/80A01E00.htm>, Accessed October 2016.
27. Kamal, Mohammad Arif. 2014. The Morphology of Traditional Architecture of Jeddah. Climatic Design and Environmental Sustainability. Academic Journal GBER 9 (1):1 4-26.
28. Kamath, Lakshmi, and Srinivas Daketi. 2016. Jaalis: a Study on Aesthetics and Functional Aspects in Built Environment. International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS) 2(2): 98-104.
29. Vakilinezhad, Rosa, S. Majid Mofidi, and Fatemeh Mehdizadeh Seraj. 2013. Shanashil: a Sustainable Element to Balance Light, View, and Thermal Comfort. the International Journal of Environmental Sustainability (8): 101-110.
30. Yeomans, Richard. 2006. The Art and Architecture of Islamic Cairo. Egypt: American University in Cairo Press, Garnet.

31. Wazeri, Yehya. 1999. Mashrabiya, in: Encyclopedia of Elements of Islamic Architecture. Available at: https://archive.org/stream/mwsoat_anaser_al-imara#page/n95/mode/2up.

ساختارهای خمشی فعال و انعطاف پذیر راهکاری برای طراحی در معماری متحرک

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۴

کد مقاله: ۶۲۵۴۱

هاله حیدرآبادی^{۱*}، فرزین حق پرست^۲، فرهاد احمدنژاد^۳

چکیده

در سازه های باز و بسته شونده ی معمول، تغییر شکل براساس ریخت شناسی مفصل ها هستند، درحالی که در سازه های انعطاف پذیر در نتیجه تغییر شکل ارتجاعی عناصر می باشد. می توان از این ویژگی سازه های انعطاف پذیر و خمشی فعال در ساختار های متحرک استفاده کرد. چنین انعطاف پذیری ذاتی که در سیستم های خمشی فعال هست، مکانیسم مهمی برای کشف راه حل های جدید برای ساختارهای سازگار است. در این مقاله به معرفی مکانیزم های انعطاف پذیر به عنوان راهکاری برای معماری سبک و متحرک پرداخته شد. سپس در مورد انواع و ویژگی های ساختارهای انعطاف پذیر توضیح داده شد. دهه گذشته شاهد افزایش علاقه علمی و ساخت ساختارهای انعطاف پذیر و خمشی فعال بوده ایم. این امر منجر به ظهور چندین محیط نرم افزاری شده است که به سوالات مربوط به فرم یابی و ارزیابی ساختارهای خمشی فعال می پردازند، که به توضیح و مقایسه این روش ها پرداخته شد. به دلیل مزایای زیاد این ساختارها و پیشرفت تکنولوژی و ظهور محیط های شبیه سازی پیشرفته در آینده شاهد استفاده روز افزون این ساختار در معماری خواهیم بود.

واژگان کلیدی: مکانیزم های انعطاف پذیر، ساختارهای خمشی فعال، فرم یابی، معماری متحرک

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش معماری دیجیتال دانشگاه هنر اسلامی تبریز (نویسنده مسئول)
h.heidarabadi@tabriziau.ac.ir

۲- استاد دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز (دانشیار)

۳- استاد دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز (استاد)

۱- مقدمه

رویکرد طراحی ساختمانی مبتنی بر انعطاف‌پذیری به جای اعضای سفت و اتصالات متحرک، هنوز خود را تثبیت نکرده است. از نظر صنعت ساختمان امروزی، زمین ناشناخته ای وجود دارد که در آن تجربه و تخصص کم است و الگوهای نقشی کمیاب هستند. با این حال، جالب توجه است که سازه های نرم و انعطاف پذیر در طبیعت بیداد می کنند و پتانسیل امیدوارکننده این اصل ساخت و ساز را نشان می دهند. تحولات اخیر فرصت های بیشتری را برای سیستم های خمشی برای کاوش در راه حل های معماری استاتیک و متحرک ارائه می دهند. می توان گفت در سازه های خمش فعال ارتباط ذاتی بین ویژگی های زیبایی، سازگاری شکل و کارایی سازه وجود دارد. در اینجا، ویژگی بارز، استفاده از عناصر ساختاری با مقطع باریک است، که اجازه می دهد تا مواد را در زیر محدوده الاستیک خود در هنگام اعمال بار که باعث تغییر فرم می شود نگه دارد. این شرایط نه تنها سیستم های خمش فعال را به یک ساختار بسیار سبک تبدیل می کند بلکه همچنین دلالت بر این دارد که در صورت حذف بار تغییر شکل دهنده، آن عناصر می توانند به اندازه اولیه خود و تنظیمات مسطح خود بازگردند. مکانیسم اساسی برای کنترل عملکرد ساختاری این سازه ها از طریق هندسه یا مجموعه هندسی مناسب است. با این حال، پیش بینی اشکال هندسی و آرایش های پیچیده از طریق مدل سازی هندسی خالص تقریباً غیرممکن است زیرا تعادل استاتیک ساختار بر روی حالت تغییر شکل یافته است. این شرایط لزوماً مستلزم استفاده از روش های آنالوگ و عددی یا ترکیبی از هر دو برای یافتن شکل هندسی مناسب است که اکثر اهداف اولیه طراحی از طریق تنظیمات محلی در نیروها، شرایط مرزی و خواص مواد با توجه به روابط متقابل آن برآورده می شود (سزوک و نیپر، ۲۰۱۷). در ابتدا لازم به معرفی عناصر خمش فعال است ابتدا سعی در توضیح روند توسعه این سازه ها داریم، تا با دیگر عناصری که در یک روندی به شکل خم درآمده و یا به شکل تاشده خم شده اند، اما پس از یافتن این فرم هیچ تنشی در آنها ذخیره نمی گردد، قابل تشخیص و تمایز باشند. منظور از سازه های خمش فعال ۲ آنهایی که از عناصر الاستیک تشکیل شده اند است. به طوری که با وارد شدن نیرو شکل منحنی به خود گرفته و با حذف نیرو به دلیل تنشی که در آنها ذخیره شده است، می توانند به فرم اولیه خود را به طور کامل یا نسبی بازگردند. شیوه تحقیق به صورت توصیفی و روش جمع آوری اطلاعات کتابخانه ای میباشد. با هدف افزایش سطح آگاهی طراحان و معماران در این زمینه است تا در صورت نیاز بتوانند از مزایای این مکانیزم در طراحی هایشان بهره گیرند.

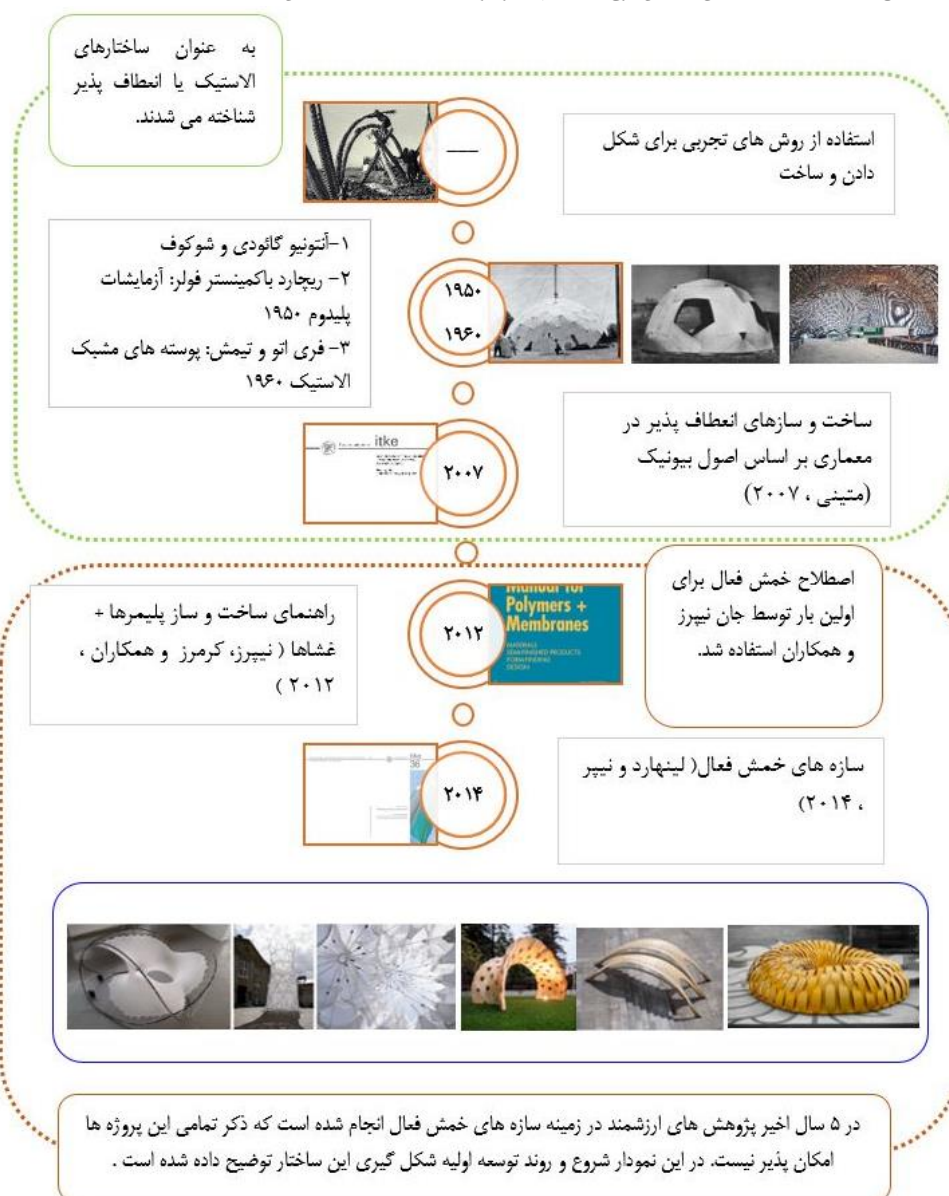
۲- پیشینه تحقیق

روش های تجربی مختلفی از معماری بومی شناخته شده است که از رفتار کشسان مصالح ساختمانی محلی در ساخت و سازها استفاده کرده اند. در معماری قرن بیستم ام استفاده از تغییر شکل الاستیک عمدتاً به عنوان یک روش ساخت اقتصادی برای سازه های پوسته ای با دو انحنا مورد استفاده قرار می گرفت. به منظور تضمین ظرفیت تحمل بار در سازه ای که شامل تنش خمشی متعادل قابل ملاحظه ای است، باید مصالح دارای کرنش شکست بالا انتخاب شود. مصالح ساختمانی سنتی از چوب نرم، بامبو و نی چنین ویژگی هایی را ارائه می دهند که منجر به استفاده گسترده از خم شدن فعال در سازه های معماری بومی در فرهنگ ها و قاره ها مختلف شده بود (لینهارد و نیپر، ۲۰۱۴). با توجه به این واقعیت که چنین سازه هایی عمدتاً در مناطقی یافت می شوند که چوب کمیاب است، جایی که به وفور چوب نرم وجود دارد یا در فرهنگ هایی که هنوز مهارت پردازش قطعات بزرگتر چوب توسعه نیافته است، نشانه هایی از مزیت سبک وزن بودن و استفاده اقتصادی از این سازه مشهود است (اولیور، ۲۰۰۷).

اصطلاح "خمش فعال" ابتدا توسط جان نیپر بیان شد (نیپر، کرمرز^۵ و همکاران، ۲۰۱۲) که قبلاً به عنوان ساختارهای انعطاف پذیر و الاستیک شناخته می شدند، ساختارهای تیر و سطح منحنی را تعریف می کند که هندسه خود را از تغییر شکل الاستیک عناصر اولیه مستقیم یا مسطح بدست می آورند. یکی دیگر از تعریف های ساختارهای خمش فعال توسط لینهارد بیان شد (لینهارد و نیپر، ۲۰۱۴)، به این صورت که طیف وسیعی از سیستم های سازه ای است که از تغییر شکل های بزرگ به عنوان یک استراتژی شکل دهی و خودپایداری استفاده می کنند. مهندسان از مکانیزم های انعطاف پذیر چند دهه ای است که در علوم مختلفی چون رباتیک، مهندسی پزشکی، هوافضا و ... استفاده میکنند، ولی در معماری بکارگیری این مکانیزم ها، به چند سال اخیر باز میگردد و زمان بیشتری برای کاربردی شدن آن به صورت گسترده در صنعت ساختمان سازی لازم است (کتایون تقی زاده و

1 Suzuki and Knippers
2 Bending active
3 Lienhard and Knippers
4 Oliver
5 Cremers

همکاران ، ۲۰۱۹). بسیاری از معماران و طراحان، با مکانیزم‌های انعطاف‌پذیر (عملکرد، کاربرد و مزایای آن‌ها) آشنا نیستند. در حقیقت منابع طبقه بندی شده کمی از این نوع مکانیزم ها وجود دارد که در شناخت این ساختار ها کمک کند.



شکل ۱- خلاصه ای از روند توسعه سازه های خمش فعال و معرفی افراد تاثیر گذار در گسترش دوباره این سازه ها (مأخذ: جمع آوری نگارنده)

از جمله ویژگی های سازه های خمش فعال می توان به این موارد اشاره کرد:

ویژگی کلیدی سازه های خمش فعال پتانسیل آنها در یکپارچه سازی و همگنی است، سختی عنصر به گونه ای انتخاب میشود که تنش خمشی ناشی از آن هرگز به حد الاستیک نرسد. سازه نامشخص با تنش خمشی باقی مانده است. فایده اصلی خمش فعال در سادگی تولید عناصر پیچیده منحنی است. کاهش تعداد اعضای سازه ، کاهش وزن سازه، کاهش چشمگیر تنش در مفاصل ، دقت و تکرارپذیری بالا ، هزینه تعمیر و نگهداری و در نهایت توجه اقتصادی طرح است پیشرفت های اخیر در فنون شبیه سازی ، فرم یابی و آنالیز ، ساختارهایی را که هندسه منحنی پیچیده شان صرفا از فرایند برپایی آنها نشات میگیرد و در این فرایند دچار تغییر شکل الاستیک می شوند را امکان پذیر ساخته است (متینی ۲۰۱۵).



شکل ۳- مطالعات مدل فیزیکی توسط دانشجویان دانشگاه اشتوتگارت در کارگاه ها و کلاس های مختلف مأخذ: (لینهارد و نیپر ، ۲۰۱۴)

شکل ۲- مقیاس مدل نمونه اولیه غرفه با سیستم سازه خمشی فعال (مأخذ: ورکشاپ 3B Option Studio - پارامتری فضا و سیستم های مواد)

۳- طبقه بندی

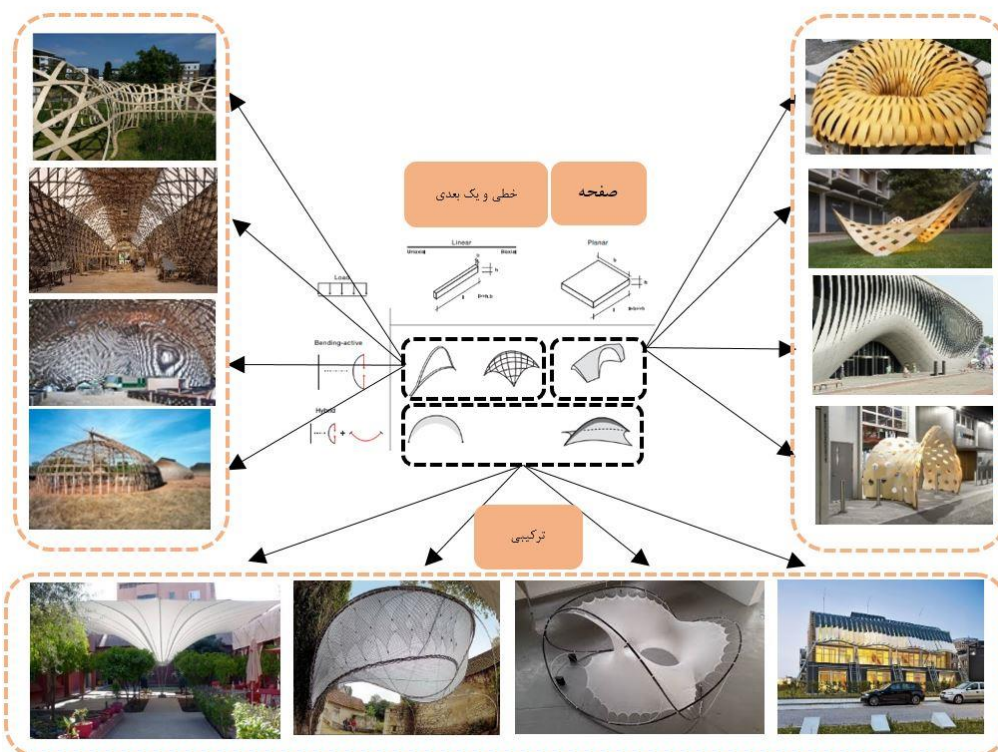
ساختارهای خمشی فعال را می توان بر اساس اصول متفاوت طبقه بندی کرد: ۱) براساس ابعاد هندسی ۲) براساس نوع عناصر ساختاری ۳) طبقه بندی سازه های خمشی فعال براساس تپولوژی^۱ (شکل ۴).



شکل ۴- طبقه بندی سازه خمشی فعال (مأخذ: جمع آوری نگارنده)

۱. یک روش برای طبقه بندی ساختارهای خمشی فعال، که می توان آن را به دو دسته اصلی تقسیم کرد مربوط به ابعاد هندسی عناصر سازنده آنها است. به عنوان مثال ، سیستم های یک بعدی^۲ می توانند با میله های باریک و سیستم های دو بعدی^۳ از صفحات نازک ساخته شوند (نیپر، کرمرز و همکاران ، ۲۰۱۲).
۲. یکی از معیار طبقه بندی به نوع عناصر ساختاری مورد استفاده اشاره دارد. سیستم های خمشی خالص منحصراً عناصر انعطاف پذیری را به کار می گیرند که می توانند قبل از رسیدن به پیکربندی نهایی ، در برابر تغییر شکل های بزرگ مقاومت کنند. چنین عناصری دارای سختی خمشی متوسط تا کم هستند تا بتوانند روند تغییر شکل را انجام دهند. در راستای این تمایز ، دیگر گونه شناسی که می توان در خانواده ساختار خمشی قرار داد ، ساختارهای به اصطلاح ترکیبی^۴ هستند. برخلاف خمشی خالص ، سازه های ترکیبی ویژگی های ساختاری عناصر خمشی را با اثرات تثبیت کننده عناصر غشایی مهارکننده ترکیب می کنند. ایده ساختارهای ترکیبی به دوران باستان باز می گردد و در نمونه های اولیه و ساختارهای تحقیقاتی مورد توجه و کاربرد روزافزونی قرار گرفته است (لا مگنا، ۲۰۱۷).

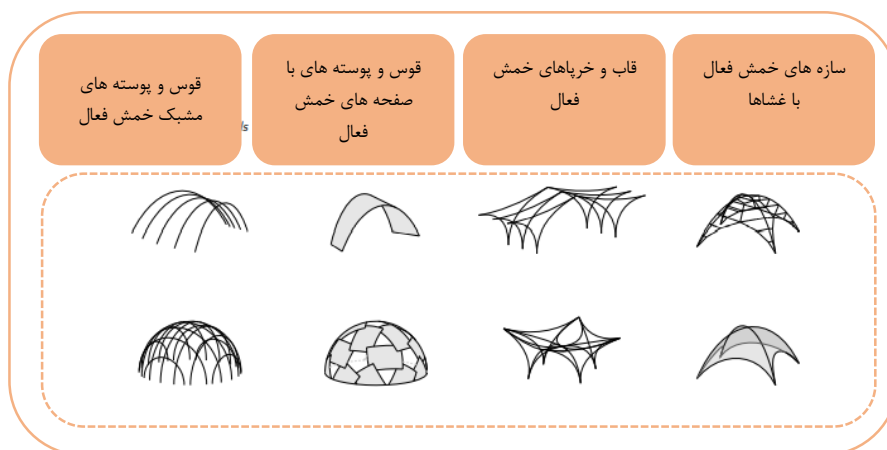
1 Topology
2 1D
3 2D
4 Hybrid
5 La Magna



شکل ۵- تفکیک سازه های خمش فعال براساس ۱- یک بعدی ۲- دوبعدی ۳- ترکیبی همزمان نمونه های ساخته شده (مأخذ: جمع آوری نگارنده)

۳. یکی دیگر از طبقه بندی های سازه های خمش فعال براساس توپولوژی می باشد، به این صورت که خمش فعال به خودی خود به نوع خاصی از سازه ها اشاره نمی کند و گونه های مختلفی را می توان در بین سازه های خمشی فعال تشخیص داد (شکل ۶). بیشتر سازه های خمشی فعال ساخته شده متعلق به گونه شناسی سازه ای کلاسیک شناخته شده مانند قوس ها، پوسته های شبکه ای یا خرپاها هستند. خمش فعال در واقع ثابت کرده است که روشی کارآمد برای ساخت چنین گونه شناسی هایی است، به ویژه با مزایایی در فرآیند ساخت و ساز و استفاده کارآمد از مواد (پولیک، ۲۰۱۹). سازه های قوسی ساده ترین کاربرد خمش فعال به عنوان یک اصل ساخت و ساز هستند و پشت بسیاری از سازه های بومی در سراسر جهان قرار دارند (کاتالدی^۲، ۱۹۹۷). انتخاب عناصر تغییر شکل الاستیک برای ساخت و ساز عمدتاً به دلایل اقتصادی و محدودیت های تولیدی انجام می شود. تکنیک های سنتی برای ساخت کلبه ها و پناهگاه های موقت و متحرک عموماً از ساقه های طبیعی (شاخه ها، ساقه های بامبو، دسته های چمن) استفاده می کنند که برای ساخت طاق ها و همچنین سازه های پوسته شبکه ای به شکل گنبدی خم می شوند (کاتالدی، ۱۹۹۷).

1 Boulic
2 Cataldi



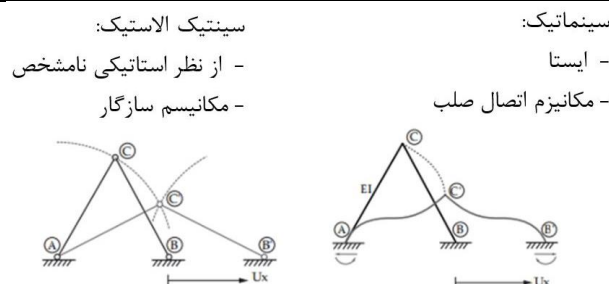
شکل ۶- طبقه بندی براساس تیولوژی (مأخذ: بولیک، ۲۰۱۹)

۴- سینتیک الاستیک^۱

مقوله ساختارهای الاستیک- متحرک با در نظر گرفتن این که فرآیند تغییر شکل نیز می تواند برگشت پذیر باشد، این رویکرد را یک گام جلوتر می برد و بنابراین امکان ایجاد سیستم های تطبیقی و مکانیسم های سازگار را فراهم می کند (لینهارد، پوپینگا^۲ و همکاران، ۲۰۱۰). معماری به عنوان حوضه ای میان رشته ای از علوم دیگر از جمله علم مکانیک بسیار بهره می برد. امروزه در معماری به لطف پیشرفت علم مکانیک ایجاد حرکت و سازگاری با محیط اطراف در عناصر معماری کار دشواری نیست. که علاوه بر زیبایی، در کاهش مصرف انرژی و به حداقل رسیدن استفاده از منابع در حوزه ساخت و ساز نقش بسزایی دارد. در (جدول ۱) به تعریف اصطلاحات مکانیکی پرداختیم و سعی در شفاف سازی طبقه بندی ساختارهای الاستیک در حوزه حرکت داریم.

جدول ۱- نمونه جدول (مأخذ: موسسه شباک، ۱۳۹۹: ۱۰)

نام	توضیح
استاتیک ^۳	مطالعه نیروها بر روی یک جسم صلب ثابت به طور کلی توسط میدان استاتیک محدود می شود.
دینامیک ^۴	دینامیک نیروهای وارد بر جسم صلب را در حال حرکت توصیف می کند
کینتیک ^۵	در حالی که سینماتیک در نظر گرفتن حرکت بدون علل آن و سینتیک مطالعه حرکت شامل جرم و نیروها است.
سینتیک الاستیک	اگر یک سیستم به عنوان علت حرکت خود دچار تغییر شکل الاستیک شود، نمی توان آن را با سینماتیک توصیف کرد، زیرا حرکت و تغییر شکل به خواص مکانیکی سیستم و نیروهای ایجاد کننده حرکت وابسته هستند. بنابراین پیشنهاد می شود که سیستمی که نیروی ورودی یا جابجایی را از طریق تغییر شکل بدنه الاستیک به نقطه دیگری منتقل می کند، در دسته سینتیک یا به طور دقیق تر: سینتیک الاستیک قرار می گیرد.

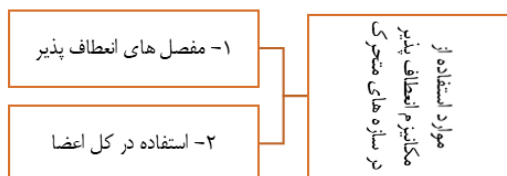


شکل ۷- (چپ) تغییر شکل مکانیزم صلب سینماتیکی. (راست) تغییر شکل مکانیسم سازگار (مأخذ: لینهارد و نیپر، ۲۰۱۴)

1 Elastic Kinetics
2 Poppinga
3 statics
4 Dynamics
5 Kinematics

در مهندسی مکانیک، چنین سیستم‌هایی مکانیزم سازگار^۱ نامیده می‌شوند. یک مکانیزم سازگار همچنین حرکت، نیرو یا انرژی را منتقل یا تغییر می‌دهد. با این حال، برخلاف مکانیزم‌های پیوند صلب، مکانیزم‌های سازگار حداقل بخشی از تحرک خود را از انحراف اعضای انعطاف‌پذیر به‌جای اتصالات متحرک به دست می‌آورند. مکانیزم‌های سازگار همیشه از نظر استاتیک نامشخص هستند. در نتیجه، ممکن است در نظر بگیریم که سینتیک الاستیک و مکانیزم‌های سازگار ساختارهای خمشی فعال هستند که امکان برگشت‌پذیر را فراهم می‌کنند (لینهارد و نیپر، ۲۰۱۴).

۴-۱- انواع استفاده از مکانیزم انعطاف‌پذیر در معماری متحرک



استفاده از مکانیزم‌های انعطاف‌پذیر در معماری متحرک و سازگار در دو بخش مورد استفاده و بررسی قرار می‌گیرند. (۱) مفصل‌های انعطاف‌پذیر (۲) بکارگیری المان‌های انعطاف‌پذیر در کل ساختار معماری. در حالی که سازه‌های باز و بسته شوند معمول، تغییر شکل خود را وامدار ریخت‌شناسی مفصل‌ها هستند، سازه‌های انعطاف‌پذیر بر تغییر شکل ارتجاعی عناصر استوارند.

شکل ۸- انواع استفاده از مکانیزم‌های انعطاف‌پذیر در

معماری (مأخذ: کتابون تقی زاده و همکاران، ۲۰۱۹)

این روش محدودیت‌هایی نیز دارد که نمی‌توان این جایگزینی را در تمامی شرایط انجام داد. به عنوان نمونه در اغلب مواقع مکانیزم‌های انعطاف‌پذیر، بازه حرکتی محدودتری نسبت به مکانیزم‌های صلب-پیکر دارند و طراحی آنها دشواری‌های بیشتری را به دنبال خواهد داشت. به نظر می‌رسد، بیشتر ساختارهای متحرک با ابعاد محدود و مقیاس کوچک، در گسترش این سطح از مکانیزم‌های انعطاف‌پذیر قرار می‌گیرند (کتابون تقی زاده و همکاران، ۲۰۱۹).

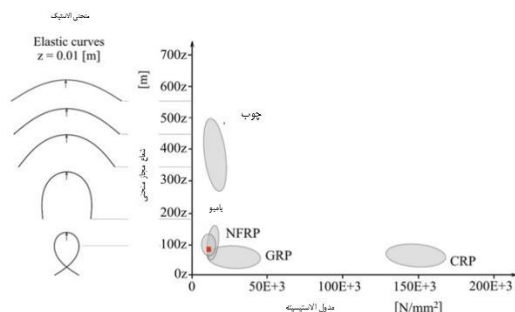
۴-۲- ویژگی مواد و مصالح یک ساختار متحرک الاستیک

وجود موادی با کرنش شکستگی بالا^۲ پیش شرط کار با سازه‌های خمشی فعال است. در مورد سازه‌های فعال خمشی، استفاده از مواد با چگالی کم با نسبت استحکام بالا و سختی خمشی کم مورد نیاز است. سیستم خمشی فعال باید به گونه‌ای طراحی شود که تنش پسماند^۳ هرگز به تنش حد الاستیک مواد استفاده شده نرسد، از این رو، قانون هوک^۴ برای مواد الاستیک خطی همیشه می‌تواند اعمال شود.

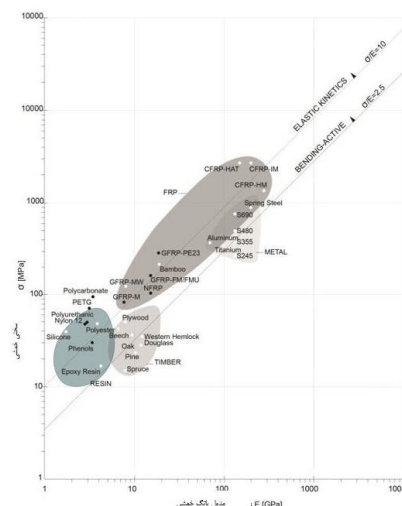
$$\sigma = E\varepsilon$$

- مواد کافی برای سازه‌های خمشی فعال نسبت $\sigma/\varepsilon < 2.5$ ارائه می‌دهند.
- برای سیستم‌های کینتیک الاستیک، الزامات اضافی برای کنترل خستگی بیشتر، تنش الاستیک دائمی مجاز را محدود می‌کند. بنابراین، نسبت‌های $\sigma/\varepsilon < 10$ مورد نیاز است. الزامات اساسی تعیین شده برای کینتیک الاستیک فقط توسط FRP ها^۵ و جالب اینکه بامبو برآورده می‌شود.
- برای سازه‌های فعال خمشی، مهم‌ترین متغیرهایی که باید در نظر گرفت، مدول یانگ^۶ E و تنش خمشی مجاز است.

1 compliant mechanisms
2 high breaking strain
3 Residual stress
4 Hooke's law
5 Flexural Strength
6 Fibre-reinforced plastic
7 Youngs Modulus



شکل ۱۰- خواص مواد برای سازه خمشی فعال
(مأخذ: گنگناگل، هرناندز و همکاران، ۲۰۱۳)

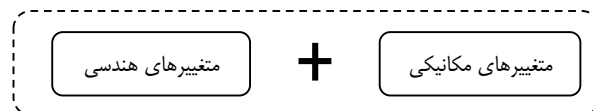


کل ۹- نمودار اشیایی با مقایسه مصالح مناسب و نامناسب
سازه های خمشی فعال (مأخذ: لینهارد و نیپر، ۲۰۱۴)

۵- استراتژی های طراحی و فرم یابی

فرم یابی به طور کلی به عنوان فرآیند توسعه فرم هندسی یک سازه بر اساس رفتار مکانیکی درک می شود. بر خلاف یک فرآیند طراحی رایج، فرم یابی یک فرآیند قطعی است که در آن تنظیم شرایط مرزی فیزیکی به یک راه حل منتهی می شود. از نقطه نظر کاملاً مکانیکی، فرم یابی را می توان به عنوان یک فرآیند بهینه سازی تعریف کرد که در آن یک میدان تنش هدف داده می شود و فرم هندسی مربوطه جستجو می شود. بنابراین در مهندسی سازه، اصطلاح فرم یابی بیشتر به سازه های غشایی کششی و همچنین قوس های زنجیره ای و پوسته ها مرتبط است، که در آنها فرم یابی به طور خودکار شامل بهینه سازی فرم براساس رفتار سازه ای می شود. هندسه سازه های فعال خمشی باید به طور مشابه بر اساس رفتار مکانیکی شکل بگیرد. با این حال، تنش ها متعلق به نتیجه هستند و بنابراین «فرم یابی» به طور خودکار جنبه بهینه سازی ساختاری را شامل نمی شود. فراتر از تعریف محدودیت های مرزی، فرم یابی سازه های خمشی فعال شامل تنظیم متغیرهای بیشتری است که شامل تنظیم طول و خواص مکانیکی عناصر خمشی فعال و معرفی کوپلینگ ها و محدودیت های داخلی مختلف می شود. با این حال، علیرغم داشتن متغیرهای بیشتر از شرایط مرزی فیزیکی، هنوز یک فرآیند قطعی است که به طور عینی مبتنی بر رفتار مکانیکی است، و بنابراین به طور کلی به عنوان "فرم یابی" نامیده می شود (لینهارد و نیپر، ۲۰۱۴).

سازه های فعال خمشی متغیرهای بسیار بیشتری را ارائه می دهند که بر نتیجه فرم یابی تأثیر می گذارد. فرآیند طراحی سازه های خمشی فعال را می توان هم تراز متغیرهای مکانیکی و هندسی خلاصه کرد. جدول زیر متغیرهای طراحی تأثیر گذار را در مقایسه با ساختارهای فرم فعال نشان می دهد:



شکل ۱۱- متغیرهای مهم در سازه های خمشی فعال (مأخذ: نگارنده)

جدول ۱۲- مقایسه متغیرهای ورودی و خروجی هندسی و مکانیکی در دو سازه خمشی فعال و فرم فعال (مأخذ: لینهارد و نیپر، ۲۰۱۴)

متغیرها	خمشی فعال	فرم فعال
هندسه		
• نقاط مرزی و لبه ها	ورودی ←	ورودی
• طول و ابعاد صفحه	ورودی ←	خروجی
• ابعاد مقطع	ورودی ←	در نظر گرفته نمی شود
• انحناى صفحه یا المان	خروجی ←	خروجی
مکانیکی		
• سختی مواد و مصالح	ورودی ←	در نظر گرفته نمی شود
• تنش	خروجی ←	ورودی

دوبرابر شدن مقدار متغیرهای ورودی در فرآیند فرم یابی سازه های فعال خمشی، در مقابل سازه های فرم فعال، فضایی را برای اعمال تأثیرات معماری باز می کند و در نتیجه فرآیند کلی طراحی را به طرز محسوسی پیچیده می کند. به دلیل این ترکیب منحصر به فرد آزادی و پیچیدگی، مشخص شد که یک تکنیک شبیه سازی محاسباتی به تنهایی ابزار لازم برای توسعه ساختارهای خمشی فعال را ارائه نمی دهد. ترکیب و ادغام تکنیک های مختلف مدل سازی در فرآیند طراحی برای توسعه موفقیت آمیز سازه های پیچیده خمشی فعال ضروری است، که شامل مدل سازی فیزیکی، مبتنی بر رفتار، محاسباتی و مبتنی بر المان محدود است (لینهارد و نیپر، ۲۰۱۴).

۵-۱- روش ها و نرم افزار های فرم یابی

بر اساس انتخاب مواد ارائه شده در بالا، تنوع و ترکیب زیادی از سیستم های ساختاری را می توان با تغییر شکل الاستیک ایجاد کرد. با در نظر گرفتن پتانسیل یک رفتار مادی خاص، ساختارهای خمشی فعال به جای یک گونه سازه ای متمایز، یک رویکرد هستند. می توان گفت وجه اشتراک این ساختارها تحمل بار محدود یا تعریف هندسی نیست، بلکه یک فرایند شکل گیری است که طی آن به صورت الاستیک خم می شوند. در نتیجه، تمایز بیشتر ساختارهای خمشی فعال بر اساس رویکردهای طراحی آنها پیشنهاد می شود. رویکرد های طراحی شامل: ۱- مبتنی بر رفتار^۱ - ۲- مبتنی بر هندسه^۲ - ۳- ترکیبی^۳ می شوند.

همانطور که گفتیم در فرم یابی سازه های خمشی فعال از ابعاد عناصر و خواص مواد به عنوان ورودی برای توصیف رفتار عنصر در طول خمشی الاستیک استفاده می کند. تلاش های زیادی برای استفاده از انواع مدل های عددی در مراحل مختلف مورد نیاز در طراحی سیستم های ترکیبی خمشی فعال و غشاها انجام شده است. در این قسمت به طور خلاصه سه رویکرد عددی مختلف را توضیح می دهد که می توانند در فرم یابی سیستم های خمشی فعال استفاده شوند. اگرچه همه این روش ها از عناصر کابل انقباضی برای شبیه سازی خمشی استفاده می کنند، اما روش های محاسبه آنها و در نتیجه نرم افزار مورد استفاده متفاوت است. روش اول اجزای محدود (FEM)^۴، روش دوم با استفاده از آنالیز هم هندسی (IGA)^۵ و روش سوم مبتنی بر سیستم فنر ذرات با آرامش دینامیکی (DR)^۶ است. همه این روش ها از نرم افزار مدل سازی سه بعدی راینو^۷ به عنوان محیط مدل سازی اولیه استفاده می کنند که گاهی اوقات با پلاگین گرس هاپر^۸ برای ورودی پارامتریک ترکیب می شود.

- 1 behaviour based approach
- 2 geometry based approach
- 3 integral approach
- 4 Finite element method
- 5 Isogeometric Analysis
- 6 Dynamic relaxation
- 7 Rhino
- 8 Grasshopper



شکل ۴- جمع بندی رویکردها و روش های فرم یابی سازه های خمشی فعال (مأخذ: جمع اوری نگارنده)

جدول ۲- مجموعه نرم افزارهایی که در فرم یابی سازه های خمش فعال می توان استفاده کرد (مأخذ: جمع آوری نگارنده)

نام نرم افزار	روش	توضیحات
کانگرو 	(DR)	افزونه کانگرو ^۱ یک ابزار فیزیکی پویا برای شبیه سازی تعاملی، فرم یابی، بهینه سازی و حل مسئله با توجه به قیود و محدودیت های تعریف شده در محیط راینو و گرس هاپرمی باشد. این پلاگین شامل یک کتابخانه بهینه ساز و گروهی از کامپوننت ها برای گرس هاپر می باشد.
کیوی تریدی ^۷ 	(IGA)	یک پلاگین جدید برای گرس هاپر ^۲ مبتنی بر تجزیه و تحلیل ایزوژئومتریک (IGA) است که توسط هیوز و همکاران معرفی شده است (هیوز، کوتزل ^۳ و همکاران، ۲۰۰۵). IGA زیرگروه روشهای اجزای محدود است. ویژگی خاص آن در استفاده از بی بی اس پی لاین ^۴ منطقی غیر یکنواخت (نربز ^۵) به عنوان توابع پایه برای عناصر محدود است که معمولاً برای توصیف هندسه درکده استفاده می شود (بائر، لنگست ^۶ و همکاران، ۲۰۱۸).
سافیسیتیک 	(FEM)	نرم افزار تجاری سافیسیتیک ^۸ یک برنامه مبتنی بر اجزای محدود است که تمرکز زیادی روی کاربردهای ساختاری دارد. علاوه بر مازول های تجزیه و تحلیل استاتیک خطی، سافیسیتیک همچنین از طرح های حل هندسی غیر خطی برای شبیه سازی انحراف های بزرگ استفاده می کند (بائر، لنگست و همکاران، ۲۰۱۸).

۶- نتیجه گیری

مکانیزم های خمش فعال با استفاده از خصوصیت ذاتیشان، در کشورهای صنعتی و توسعه یافته نمونه های بیشماری ساخته شده است. استفاده از سازه خمش فعال در زمینه های مختلف مهندسی استفاده می شود ولی در معماری به چندسال اخیر خلاصه می شود. در این مقاله، استفاده از ساختارهای انعطاف پذیر و خمش فعال را به عنوان راهکاری برای ایجاد حرکت با هدف آشنایی معماران و طراحان با عملکرد و کاربرد آنها، مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا به بحث در مورد ساختار خمش فعال و انواع آن پرداخته شد، این بخش در سه سطح (۱) براساس ابعاد هندسی (۲) براساس نوع عناصر ساختاری (۳) طبقه بندی سازه های خمش فعال براساس تپولوژی بررسی شد. در هر سطح با تفکیک و ارایه نمونه های ساخته شده سعی در درک ساده این ساختارهای جدید داشتیم. سپس حوزه استفاده از سازه خمش فعال همانطور که توضیح دادیم در دو صورت در معماری متحرک استفاده می شود (۱) مفصل های انعطاف پذیر (۲) استفاده در کل اعضا مورد ملاحظه قرار گرفت. دهه گذشته شاهد افزایش علاقه علمی و ساخت سازه های ترکیبی خمشی فعال بوده ایم. این امر منجر به ظهور چندین محیط نرم افزاری شده است که به سوالات مربوط به فرم یابی و ارزیابی ساختارهای خمشی فعال می پردازند. باتوجه به عملکرد سازه های خمش فعال از مزایای این سازه به یکپارچگی طرح، کاهش تعداد اعضا و وزن سازه، کاهش چشمگیر تنش در مفاصل و هزینه تعمیر و نگهداری کمتر اشاره کرد.

منابع

۱. تقی زاده، کتابون، متینی، کاکوئی، الناز (۲۰۱۹). "ساختارهای انعطاف پذیر؛ راهکاری در جهت کاهش معضلات عملکردی پوسته های متحرک" نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی ۲۴(۲): ۳۹-۴۸.
۲. متینی (۲۰۱۵). "بهره گیری از الگوهای طبیعت برای طراحی ساختارهای تغییرپذیر خم شو در معماری" نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی ۲۰(۱): ۶۷-۸۰.
3. Bauer, A. M., P. Längst, R. La Magna, J. Lienhard, D. Piker, G. Quinn, C. Gengnagel and K.-U. Bletzinger (2018). Exploring software approaches for the design and simulation of bending active systems. Proceedings of IASS Annual Symposia, International Association for Shell and Spatial Structures (IASS).
4. Boulic, L. (2019). Form-Driven Design of Bending-Active Tensile Structures in Architecture, ETH Zurich.

1 Kangaroo
2 Hughes, Cottrell
3 B-Splines
4 NURBS
5 CAD
6 Bauer, Längst
7 Kiwi3d
8 SOFiSTiK

5. Cataldi, G. (1997). " Structural Types, in P. Oliver (ed.), Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World." Theories and Principles, Cambridge University Press, pp. 644–654., **Volume 1** -.
6. Gengnagel, C., E. Hernández and R. Bäumer (2013). "Natural-fibre-reinforced plastics in actively bent structures." Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Construction Materials **166**: 365-377.
7. Hughes, T. J., J. A. Cottrell and Y. Bazilevs (2005). "Isogeometric analysis: CAD, finite elements, NURBS, exact geometry and mesh refinement." Computer methods in applied mechanics and engineering **194**(39-41): 4135-4195.
8. Knippers, J., J. Cremers, M. Gabler and J. Lienhard (2012). Part A. Polymers and membranes in architecture. Construction Manual for Polymers+ Membranes, Birkhäuser: 8-27.
9. La Magna, R. (2017). Bending-active plates: strategies for the induction of curvature through the means of elastic bending of plate-based structures, Stuttgart: Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen
10. Lienhard, J. and J. Knippers (2014). "Bending-active structures." Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen der Universität Stuttgart, Forschungsbericht **36**.
11. Lienhard, J., S. Poppinga, S. Schleicher, T. Speck and J. Knippers (2010). "Elastic architecture: nature inspired pliable structures." Design and Nature V: 469-477.
12. Matini, M.-R. (2007). Biegsame Konstruktionen in der Architektur auf der Basis bionischer Prinzipien.
13. Oliver, P. (2007). Built to meet needs: Cultural issues in vernacular architecture, Routledge.
14. Suzuki, S. and J. Knippers (2017). "Topology-driven Form-finding-Implementation of an Evolving Network Model for Extending Design Spaces in Dynamic Relaxation."

تغییر در مصرف برق با استفاده از پنل های فتوولتائیک در ساختمان ها مسکونی؛ نمونه موردی شهر تهران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۱

کد مقاله: ۴۲۳۹۵

امیرمحمد نهانودی^{۱*}، ایمان شیخ انصاری^۲

چکیده

انرژی خورشیدی یکی از انرژی های تجدیدپذیر است که رایگان، بدون آلاینده و سازگار با محیط زیست میباشد. شهر تهران با ۳۰۰ روز هوای آفتابی در سال از نظر دریافت انرژی خورشید دارای سطح بالایی است که باید از این موقعیت با تکنولوژی های لازم استفاده کرد. از این رو استفاده از پنل های فتوولتائیک خورشیدی (سیلیکون تک کریستال)، ابزاری برای تبدیل انرژی خورشید به انرژی الکتریکی لازم است. با استفاده از برنامه شبیه سازی راینو ورژن ۷ و پلاگین های climate studio، لیدی باگ، هانی بی و استفاده از فایل اب و هوایی شهر تهران فرودگاه مهرآباد، مقدار تابش انرژی خورشید و میزان دریافت انرژی پنل های فتوولتائیک محاسبه شده است. هدف از این مقاله، محاسبه میزان تولید انرژی الکتریکی پنل های فتوولتائیک و تاثیر آن در میزان مصرف انرژی الکتریکی در خانه های مسکونی شهر تهران میباشد. نتایج این تحقیق نشان میدهد با استفاده از ۴ پنل های فتوولتائیک با بازدهی ۱۹,۲۳ درصدی، میتوان ۱۵۷۶,۷۴ KWH انرژی الکتریکی در سال تولید کرد که باعث کاهش ۴۳ درصد از میزان برق مصرفی خانگی میباشد. کاهش در مصرف برق میتوان تاثیرات بسیاری در کاهش گاز های گلخانه ای داشته باشد.

واژگان کلیدی: پنل فتوولتائیک، انرژی تجدیدپذیر، صرفه جویی، گاز های گلخانه ای

۱- دانشجوی کارشناسی معماری داخلی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

nahavandi21@gmail.com

۲- دانشجوی دکتری دانشگاه هنر اصفهان

۱- مقدمه

با توجه به افزایش تقاضا برای انرژی های مختلف و بحران شدن سوخت های فسیلی در آینده، جهان همواره به دنبال یک جایگزین موثر برای کاهش آلودگی های ناشی از سوخت های فسیلی است. (1) استفاده بهینه از انرژی و استفاده از انرژی های تجدیدپذیر روز به روز از اهمیت بیشتری برخوردار میشود. (2). سوخت های فسیلی فعلی دارای هزینه بالا و آسیب های فراوان آنها به محیط زیست همواره نگرانی های زیادی را به همراه داشته است. به دلیل اثرات مخرب مصرف سوخت های فسیلی روی محیط زیست (3) انسان ها همواره به دنبال راهی برای جایگزین سوخت های فسیلی با سوخت های تجدیدپذیر بوده اند. انرژی های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، انرژی باد و .. که کمترین آسیب را به محیط زیست وارد میکنند جایگزین مناسبی برای سوخت های فسیلی هستند. فناوری های انرژی تجدیدپذیر به دلیل مزایای بالقوه در مقایسه با منبع انرژی فعلی - برق از اهمیت زیادی برخوردار هستند. (4) فناوری های انرژی تجدیدپذیر متعددی مانند سوخت های زیستی، زیست توده، پیل های خورشیدی و توربین های بادی در حال حاضر در بازار موجود هستند. انرژی خورشیدی یکی از بهینه ترین راه های تولید الکتریسیته و سازگار با محیط زیست است که میتواند تأثیرات خوبی در دراز مدت روی محیط زیست داشته باشد. (4)

مزایای انرژی خورشیدی به عنوان منبع جایگزین و امکانات فراوان آن شامل تامین بخش زیادی از منبع برق ساختمان، نیازهای گرمایش آب، بهره برداری با حداقل هزینه، کاهش استفاده از برق یا سوخت های فسیلی و کاهش هزینه انرژی است (3) انرژی های تجدیدپذیر نقش عمده ای در رفع مشکلات منابع زیست محیطی و طبیعی مانند گازهای گلخانه ای و حفاظت از منابع را ایفا می کنند. فن آوری های انرژی تجدیدپذیر برای تولید الکتریسیته ممکن است به طور کلی نسبت به منابع فعلی غیر قابل تجدید انرژی کارآمدتر باشند (4) امروزه با استفاده از روش های تولید مناسب و بالابردن بازدهی سیستم های برق خورشیدی و کاستن هزینه های تولید و نیز افزایش قیمت سوخت های فسیلی، این سیستم ها توانستند هر چه بیشتر جایگاه خود را در بین کشور های تامین انرژی در دنیا بگشایند و در حال حاضر به صورت گسترده در کشورهای اروپای غربی، امریکای و قاره آفریقا و آسیا و دیگر نقاط جهان مورد استفاده قرار میگیرند. (5)

شهر تهران با داشتن سطوح تابش خورشیدی مناسب در بسیاری روز های سال، با میانگین ۴۰۰۰ ساعت تابش در سال دارای موقعیت خوبی از لحاظ دریافت انرژی خورشیدی است. با استفاده از پیل های خورشیدی مناسب و طراحی اصولی میتوان نهایت بهره را از انرژی دریافتی داشت. در این مقاله سعی بر این است که با محاسبه میزان دریافت انرژی خورشید در سطح پیل های خورشیدی در شهر تهران و میزان تبدیل این انرژی به انرژی الکتریکی توسط پیل های فتوولتائیک در مصرف برق خانگی صرفه جویی شود. مقدار مصرف برق فعلی و تأثیر آن در آسیب به محیط زیست و انتشار گاز های گلخانه ای در مقایسه با انرژی بی الاینده و تجدیدپذیر بسیار متفاوت است. در انتها با برنامه شبیه ساز مقدار انرژی الکتریکی تولیدی پیل های فتوولتائیک محاسبه شده و میزان تأثیر این پیل ها در صرفه جویی در مصرف برق قرار داده شده است.

۲- پیشینه پژوهش

با توجه به مصرف بالای سوخت های فسیلی و اهمیت استفاده از انرژی تجدیدپذیر در کاهش سوخت های فسیلی، مطالعات در این زمینه صورت گرفته است. مهدوی عادل و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهش خود به دغدغه اقتصادی پیل های فتوولتائیک در مجتمع مسکونی واقع در شهر مشهد پرداخته اند و به این نتیجه رسیده اند که نرخ بازدهی داخلی در مجتمع مسکونی با متوسط مصرف ۴۰۰ KWH در ماه برای هر واحد برابر با ۲۲/۸۳ درصد است. در ادامه به بازگشت سرمایه ۱۳ سال و نیز ارزش فعلی به میزان تقریبی ۹۶ میلیون ریال میباشد. (۵) در پژوهشی دیگر فرزاد و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی فنی و اقتصادی سامانه خورشیدی پشت بامی شهر تهران پرداخته اند. آنالیز های فنی نشان داد با احداث سامانه خورشیدی فتوولتائیک پشت بامی با ظرفیت ۵ کیلووات در شهر تهران، میتوان طی سال به تور متوسط، به میزان حدود ۹ مگاوات در ساعت انرژی الکتریکی به شبکه سراری برق تزریق کرد. با توجه به محاسبات درآمد سامانه با در نظر گرفتن متوسط ضریب تبدیل سالانه بازگشت سرمایه این سامانه کمتر از ۵ سال با نرخ بازگشت سرمایه حدود ۳۰ درصد خواهد بود. همچنین این سامانه به طور خالص از انتشار بیش از ۱۲۰ تن دی اکسید کربن طی عمر ۳۰ سال خود جلوگیری میکند. (۶)

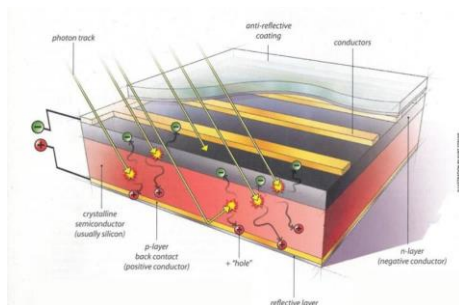
با توجه به ضروری بودن عوامل اقتصادی این موضوع، وی و همکاران (۲۰۱۴) در یک پژوهش انجام شده هزینه اتخاذ یک فناوری انرژی خورشیدی به ویژه سیستم متصل به شبکه خورشیدی با مقایسه هزینه سرمایه گذاری اولیه و استفاده در یک ساختمان مسکونی معمولی سه خوابه با منبع تغذیه برق معمولی پرداخته اند. با استفاده از یک رویکرد تحقیق مطالعه موردی، یافته های تحقیق نشان داد که سیستم فتوولتائیک در دراز مدت در مقایسه با منبع برق تبدیلی مقرون به صرفه تر است. اگرچه پیش سرمایه گذاری در سیستم فتوولتائیک نسبتاً زیاد است، اما در بلندمدت یک سرمایه گذاری قابل اعتماد است. تأکید بر این نکته ضروری است که استفاده از لوازم برقی کم مصرف، روشنایی، عایق و شیشه های دابل، کارایی سیستم را افزایش داده است. (4)

با توجه به پیشینه پژوهش های انجام شده، بیشتر تحقیق ها رویکرد اقتصادی داشته اند و تحقیقات ذکر شده به جنبه های دیگر این موضوع نپرداخته اند. به دلیل عدم انجام تحقیقات در ارتباط با تأثیر پیل های فتوولتائیک در کاهش مصرف برق مسکونی

شهر تهران، این مقاله از اهمیت زیادی برخوردار میباشد. علاوه بر این، در هیچکدام از تحقیق‌های انجام شده از نرم افزار climate studio، راینو و پلاگین هانی بی و لیدی یاگ استفاده نشده است. این مقاله نشان میدهد نرم افزارهای ذکر شده از پتانسیل زیادی برای تخمین انرژی وارده بر ساختمان دارا هستند.

۳- مبانی نظری

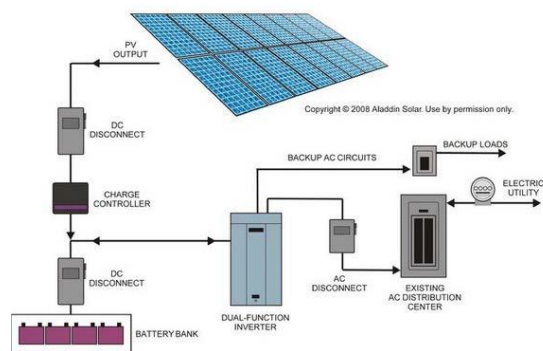
۳-۱- تکنولوژی انرژی تجدیدپذیر - سیستم پنل‌های فتوولتائیک خورشیدی



شکل ۱- طرح کلی از یک سلول خورشیدی (۷)

تکنولوژی پنل فتوولتائیک انرژی تابش خورشید را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل میکند. زمانه که فوتون‌های نور خورشید به پنل فتوولتائیک اثبات میکند، یک جریان الکتریکی توسط الکترون‌های تحریک شده تولید می‌شود. میدان الکتریکی موجود در سلول خورشیدی این الکترون‌ها را به سمت لایه‌های دیگر میکشاند، و با جریان الکترون‌ها از بار منفی به مثبت انرژی الکتریکی تولید می‌شود. (۷)

استفاده از انرژی خورشیدی از طریق سیستم فتوولتائیک کاربردهای زیادی دارد و میتواند در کاهش گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند و پتانسیل صرفه جویی در هزینه‌های انرژی نیز را دارد. یک سیستم فتوولتائیک، انرژی خورشیدی را از خورشید به سلول‌های خورشیدی خود منتقل می‌کند و انرژی را به الکتریسیته تبدیل می‌کند که می‌تواند در داخل ساختمان استفاده شود یا می‌تواند به شبکه برق بازگردانده شود (۴) پنل‌های فتوولتائیک خورشیدی بدون هیچگونه انتشار الاینده، صدا و یا لرزشی نور مستقیم خورشید را به الکتریسیته تبدیل میکنند. انرژی الکتریسیته تولید شده از پنل فتوولتائیک خورشیدی به وسیله دستگاهی به نام اینورتر سیستم برق DC را به برق AC تبدیل میکند. باتری‌هایی برای ذخیره انرژی نیز در نظر گرفته میشود (۸) در مناطق گرم سیر، گرم شدن بیش از حد پنل‌های فتوولتائیک باعث کاهش بهره‌وری آنها می‌شود، برای جلوگیری از این امر می‌توان از یک سیستم خنک کننده که توسط میدل حرارتی ارائه می‌شود که در قسمت زیرین پنل قرار دارد استفاده کرد. (۹) هر گونه برق مازاد تولید شده که در ساختمان استفاده نمی‌شود به شبکه تامین برق صادر می‌شود. (۴) بیشتر سیستم‌های انرژی خورشیدی مانند سیستم فتوولتائیک خورشیدی متصل به شبکه، با مقدار نور خورشید در یک مکان خاص و جهت گیری آن به نور خورشید محدود می‌شوند. برای ذخیره و استفاده از الکتریسیته در دوره‌های غیر اوج نور خورشید، به سیستم‌های شبکه پشتیبان و برق نیاز است. استفاده از یک سیستم ذخیره انرژی اضافی از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا بیشتری مصرف انرژی برق از ساعت ۶ بعد از ظهر تا ۸ صبح است، زمانی که نور خورشید در دسترس نیست. افزایش ظرفیت ذخیره سازی باتری میتواند مشکل در دسترس نبودن خورشید در ساعات مختلف را حل کند. (۴)



شکل ۲- یک سیستم فتوولتائیک معمولی متصل به شبکه با باتری (۱۰)

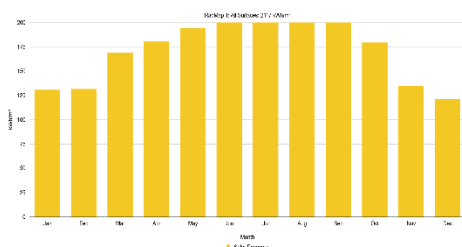
با وجود این، طراحی ساختمان و استفاده از تجهیزات خاص می‌تواند به طور مستقیم عملکرد یک سیستم فتوولتائیک خورشیدی متصل به شبکه را بهبود بخشد. بهبود کارایی سیستم فتوولتائیک خورشیدی از طریق استفاده از روشنایی کارآمد، شیشه‌های دوپل، سیستم‌های گرمایش و سرمایش، و عایق بندی دیوارهای به منظور جلوگیری از اتلاف انرژی امکان پذیر است. (۴) با این وجود عوامل زیادی در عملکرد پنل‌های فتوولتائیک مانند: عوامل محیطی، عوامل نصب سیستم، تاسیسات و هزینه‌های سیستم و عوامل متفرقه دیگر تاثیر دارند. (۱۱)

۴- روش پژوهش

در این مقاله، در ابتدا با استفاده از فایل اب و هوایی شهر تهران، فرودگاه مهراباد و برنامه شبیه سازی راینو و پلاگین climate studio میزان انرژی دریافتی در سطح پنل‌های فتوولتائیک و میزان سطح تابش نور خورشید در شهر تهران محاسبه شده است. با انتخاب نوع پنل فتوولتائیک، نوع عملکرد آن، میزان تاثیر دما و عوامل مربوطه، میزان تولید انرژی الکتریکی پنل‌ها را

میتوان بدست آورد. در انتها با استفاده از داده های بدست آمده، تاثیر میزان تولید انرژی الکتریکی پنل های فتوولتائیک خورشیدی در مقایسه با مصرف انرژی فعلی برآورد میشود.

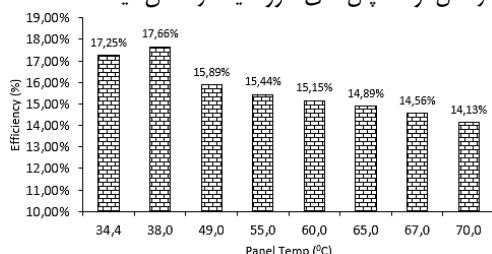
۴-۱- انتخاب نوع پنل فتوولتائیک



نمودار ۱- نمودار دریافت انرژی در سطح پنل ها
فتوولتائیک در برنامه climate studio

پنل های فتوولتائیک سیلیکونی مونوکریستال، قدیمی ترین شکل سلول های فتوولتائیک هستند که بالاترین راندمان تبدیل را در بین پنل های فتوولتائیک موجود داراست. (۷) دلیل انتخاب این نوع پنل بازدهی بالا و در دسترس بودن آن در بازار فعلی می باشد. با استفاده از پنل های خورشیدی با بازدهی ۱۹,۳۳ درصدی و دارای ابعاد ۱۹۵۶×۹۹۲×۴۰ مدل TBM72-375M (جدول ۱) و اینورتر مدل M 5.0.3 SYMO (جدول ۲) با بازدهی ۹۸ درصد میتوان استفاده مطلوبی از انرژی خورشیدی داشت. به دلیل بالاترین نرخ بهره وری و محدودیت های فضا پنل های سیلیکون تک کریستال^۱ در نظر گرفته شده است. (12)

پنل نصب شده در سقف ساختمان با ارتفاع ۱۰ سانتی متر از سطح سقف و زاویه ۳۰ درجه رو به جنوب میباشد (۱۳) که سالیانه ۲۱۱۷ kw/m2 انرژی دریافت میکند. نمودار ۱ سطح دریافت انرژی در سال توسط پنل های فتوولتائیک را نشان میدهد.



نمودار ۱- بازدهی پنل های فتوولتائیک نسبت به افزایش دما (16)

بهترین زاویه قرار گیری پنل های فتوولتائیک بین ۳۰-۳۳ درجه محاسبه شده است و بیشترین میزان دریافت انرژی را دارد. در این زاویه سطح پنل های فتوولتائیک ۹۰-۹۸٪ انرژی خورشید را دریافت میکند. (14) با توجه به تاثیر دما در بازدهی پنل های فتوولتائیک، دمای بین ۲۵-۶۰ درجه سانتیگراد را دما مناسب برای بهره وری از پنل های سیلیکونی تک کریستال در نظر گرفته شده است. (15)

جدول ۲- مشخصه های الکتریکی اینورتر فرونیوس،
مدل M 5.0.3 SYMO (۶)

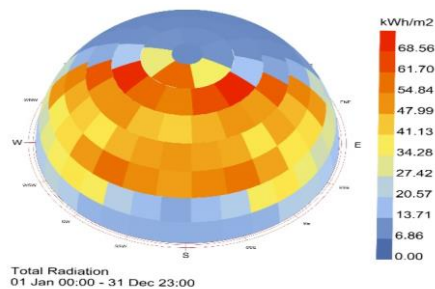
مقدار	مشخصه
۵۰۰۰۰	توان خروجی AC (وات)
۱۶	حداکثر جریان ورودی (آمپر)
۵۹۵	ولتاژ نامی ورودی (ولت)
۵	تعداد MPPT
۵۰	فرکانس خروجی (Hz)
۹۸	حداکثر بازده (درصد)

جدول ۱- مشخصه های الکتریکی پنل خورشیدی
فتوولتائیک تابان، مدل TBM72-375M (۶)

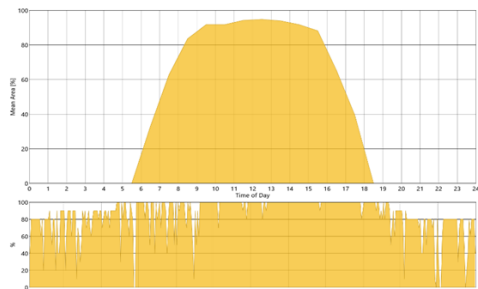
مقدار	مشخصه
۳۷۵	توان نامی (وات)
۹۳,۷۹	ولتاژ حداکثر توان (ولت)
۹,۴۳	جریان حداکثر توان (آمپر)
۴۸,۱۸	ولتاژ مدار باز (ولت)
۹,۱۹	جریان اتصال کوتاه (آمپر)
۱۹,۳۳	بازده مازول (درصد)

۴-۲ مقدار تابش افتاب

کشور ایران با حدود ۳۰۰ روز آفتابی در سال در کمربند خورشیدی است و ۲۲۰۰ kw-h انرژی خورشیدی در متر مربع دریافت میکند. با در نظر گرفتن تنها ۱٪ از کل منطقه و با ۱۰٪ راندمان سیستم برای مهار انرژی خورشیدی، حدود ۹ میلیون مگاوات انرژی می تواند در روز به دست آورد. (17)

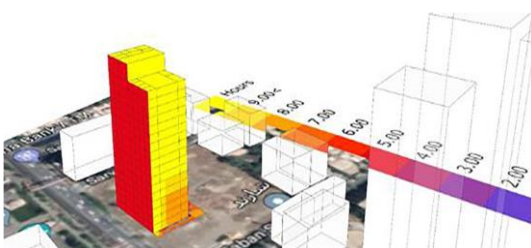


شکل ۳ ماتریکس آسمان (پلاگین لیدی باگ)

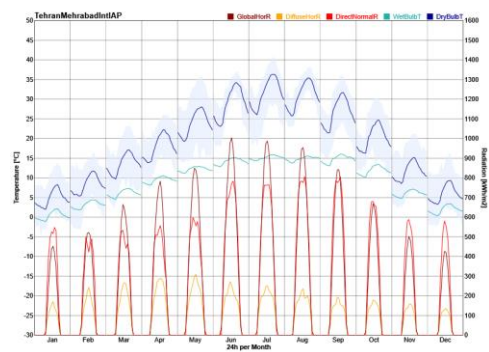


نمودار ۲ نمودار تابش افتاب در هر تهران طبق فایل اب و هوایی فرودگاه مهرآباد با نرم افزار CLIMATE STUDIO

تهران با عرض جغرافیایی ۳۵,۴۱,۳۹ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱,۲۵,۱۷ شرقی از شمال محدود به رشته کوه های البرز و از جنوب هم مرز با دشت های مرکزی ایران است. (18) نمودار ۳ سطح دریافت انرژی خورشیدی در شهر تهران بر اساس فایل اب و هوایی فرودگاه مهرآباد و برنامه شبیه سازی climate studio است. طبق این نمودار شهر تهران دارای سطح دریافت خوبی از انرژی خورشیدی است که استفاده لازمه از این انرژی در سطح شهر صورت نمیگیرد. با استفاده از تکنولوژی های بروز در دریافت این انرژی و تبدیل آن به انرژی الکتریکی و بهره وری آن در خانه های مسکونی میتوان مقدار مصرف قابل توجهی انرژی برق را کاهش داد و انرژی های تجدیدپذیر را جایگزین کرد. استفاده از پنل های فتوولتائیک مناسب برای تبدیل این انرژی و مصرف آن در خانه های مسکونی لازم است.



شکل ۴ میزان ساعت دریافت انرژی خورشید (رنگ زرد: ۹ ساعت، رنگ قرمز ۵ ساعت، رنگ نارنجی ۸ ساعت) (۱۹)



نمودار ۳ نمودار دمای حباب خشک تهران طبق فایل اب و هوایی فرودگاه مهرآباد

۵- یافته ها

با توجه به نوع، جهت گیری و زاویه قرارگیری پنل ها در سقف در راستای بیشترین بهره وری، با قرار دادن ۴ پنل و با بازدهی ۱۹,۲۳ و بازدهی ۹۸ درصدی اینورتر میتوان نتیجه گرفت ۱۵۷۶ kWh انرژی الکتریکی در سال میتوان با این پنل ها تولید کرد.

$$E = N \times E(PV) \times E(INVERTER)$$

E = انرژی الکتریکی تولید شده

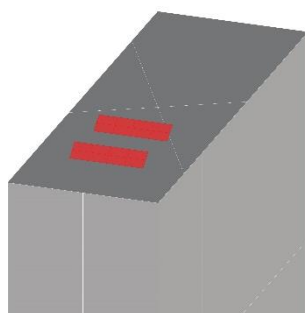
N = تعداد پنل ها

$E(PV)$ = درصد بازدهی پنل های فتوولتائیک

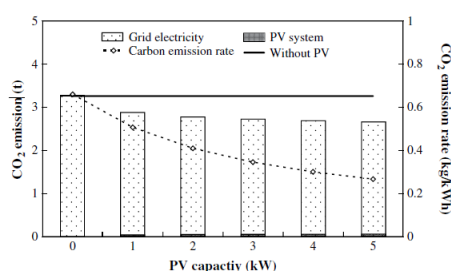
$E(INVERTER)$ = بازدهی اینورتر

$$2117 \text{ kWh} \times 4 \times 0.19 \times 0.98 = 1576.74 \text{ kWh}$$

این فرمول میزان انرژی الکتریکی تولید شده از پنل های فتوولتائیک بدون در نظر گرفتن تاثیر میزان وجود گرد و غبار در پنل ها فتوولتائیک را محاسبه میکند. با در نظر گرفتن مصرف انرژی الکتریکی خانگی در سال ۲۰۰۹ در شهر تهران که ۲۸۰۳ kWh محاسبه شده است این عدد ۴۱ درصد از سال ۱۹۸۹ افزایش یافته است (20) که میزان اهمیت استفاده از انرژی تجدیدپذیر را نشان میدهد.



شکل ۴ موقعیت قرارگیری پنل های فتوولتائیک در سقف ساختمان شبیه سازی نرم افزار راینو (با در نظر گرفتن عدم سایه اندازی روی هم)



نمودار ۴- ساختار انتشار CO₂ و نرخ انتشار برای ظرفیت های مختلف (۲۱)

با در نظر گرفتن میزان تولید انرژی الکتریکی پنل های فتوولتائیک، میتوان نتیجه گرفت با قرار دادن ۴ پنل فتوولتائیک میتوان مصرف انرژی الکتریکی را به ۱۲۲۴ kwh کاهش داد. با کاهش ۴۳ درصد در مصرف برق در خانه های مسکونی میتوان صرفه جویی بسزایی در کاهش سرانه مصرف برق داشت. با در نظر گرفتن قیمت برق این میزان صرفه جویی در انرژی کمک بسیار زیادی در صرفه جویی در هزینه های مربوطه نیز برخوردار است. علاوه بر این با میزان کاهش مصرف برق، کاهش گاز CO₂ نیز کاهش میابد. میزان کاهش CO₂ رابطه مستقیم با میزان کاهش مصرف برق سرانه شهر دارد. (21)

۶- نتیجه گیری

انرژی خورشیدی یک منبع انرژی رایگان، غیر آلاینده و تجدید پذیر است. شهر تهران دارای سطح تابش بسیار خوبی از انرژی خورشیدی در بیشتر روزهای سال میباشد. با این حال این منبع به اندازه کافی مورد توجه قرار نمیگیرد. در این مطالعه با بررسی موقعیت تهران در کمربند خورشیدی میزان دریافت انرژی خورشیدی محاسبه گردید است و در ادامه با توجه به بازدهی ۱۹ درصدی پنل های فتوولتائیک و استفاده از نرم افزار راینو ورژن ۷ و پلاگین climate studio میزان دریافت انرژی خورشیدی در هر یک از سطوح پنل فتوولتائیک محاسبه شده است. با در نظر گرفتن مصرف برق خانه های مسکونی با قرار دادن ۴ پنل فتوولتائیک میتوان حدود ۴۳ درصد در مصرف برق صرفه جویی کرد. کاهش ۴۳ درصدی میزان برق در کاهش تولید گاز های گلخانه ای کمک بسیاری میکند. با توجه به موقعیت اقتصادی در ایران و در نظر گرفتن تورم شاهد افزایش روز افزون قیمت برق در ایران هستیم. با در نظر گرفتن مصرف سرانه انرژی برق در ایران به خصوص زمان پیک مصرف در تابستان برخی از شهر های ایران شاهد قطعی برق در برخی از ساعت پیک مصرف برق بودند، از این رو استفاده از پنل های فتوولتائیک میتواند تاثیر بسزایی در صرفه جویی در هزینه های انرژی الکتریکی در مصارف خانگی و در ابعاد بزرگ تر میتواند کمک زیادی به سرانه مصرف برق کل کشور داشته باشد. به طور متوسط اگر ۵۰ درصد از خانه های شهر تهران از این انرژی تجدید پذیر استفاده کنند میتوان شاهد کاهش ۴۳ درصدی مصرف برق شهر بود.

منابع

1. Potential of Saving. Sangin, Hamed, haghghat, Hamed and Kheiri, Parisa. 2018.
2. Exergy Analysis of Photovoltaic Panels-Coupled Solid Oxide Fuel Cell and Gas Turbine-Electrolyzer Hybrid System. Sadeghi, Saber and Ameri, Mehran. 2014, Journal of Energy Resources Technology.
3. Soak up the sun: Impact of solar energy systems on residential home values in Arizona. Qiu, Yueming, David Wang, Yi and Wang, Jianfeng. 2017, Energy Economics, pp. 328-336.
4. Adoption of Solar Grid-Tied PV-System Adopted in a Residential Building. Wei, Sun and Temitope, Egbelakin. 2014, Australasian Journal of Construction Economics and Building, pp. 80-88.
5. ارزیابی اقتصادی استفاده از انرژی برق خورشیدی (فتوولتائیک) و برق فسیلی در مصارف خانگی (مطالعه موردی مجتمع سه واحدی در شهرستان مشهد). مهدوی عادل، محمد حسین، سلیمی فر، مصطفی و قزلباش، اعظم. ۱۳۹۳، مجله علمی - پژوهشی سیاستگذاری اقتصادی.
6. بررسی فنی و اقتصادی سامانه خورشیدی پش تبامی با ظرفیت ۵ کیلووات در شهر تهران. فرزانه، محسن، زندی، مجید و مسیبی جیرهنده، ابوالقاسم. ۱۳۹۹، فصلنامه اقتصاد و برنامه ریزی شهری، ص. ۲۱۳-۲۰۶.
7. Photovoltaic System Iran (Photovoltaic System Iran). 2014, 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.
8. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. Panwar, N.L., Kaushik, S.C and Kothari, Surendra. 2011, Renewable and Sustainable Energy Reviews, pp. 1513-1524.
9. Energy and Environmental Performance of Solar Thermal Collectors and PV Panel System in Renovated Historical Building. Zukowski, Miroslaw, Kosior-Kazberuk, Marta and Blaszczyński, Tomasz. 2021, MDPI.
10. Thermal-photovoltaic solar hybrid system for efficient solar energy conversion. Vorobiev, Yu., et al. 2006, Solar Energy, pp. 170-176.

11. An integrated review of factors influencing the performance of photovoltaic panels. Fouada, M.M, Shihata, Lamia A and Morgan, ElSayed I. 2017, Renewable and Sustainable Energy Reviews, pp. 1499–1511.
12. Energy, economic and environmental analyses of photovoltaic systems in the energy renovation of residential buildings in Turkey. MANGAN , Suzi Dilara and KOÇLAR ORAL, Gül. 2016, ITU A|Z , pp. 5-22.
۱۳. تحلیل شیب و آزمون بهینه برای نصب پنل فتوولتاییک براساس تابش دریافتی خورشید در شهرستان کاشان. رحیمی، علیرضا، کربلانی درئی، علیرضا و کربلانی، محمدرضا. ۱۳۹۶، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هجدهم، ص. ۷۴-۵۹.
14. The Best Architectural Form for BiPV in Tehran. Farsi Mohammadi Pour, Alireza. 2010, ENVIRONMENTAL SCIENCES, Vol. 3, pp. 43-54.
15. Impact of temperature on performance of series and parallel connected mono-crystalline silicon solar cells. Chandra., Subhash, et al. 2015, Energy Reports, pp. 175-180.
16. The impact of high temperature and irradiance source on the efficiency of polycrystalline photovoltaic panel efficiency of polycrystalline photovoltaic panel in a controlled environment. Ogbulezie, Julie C, et al. 2020, International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), pp. 3942-3947.
17. Solar energy in Iran: Current state and outlook. G. Najafi, et al. 2015, Renewable and Sustainable Energy, pp. 931-942.
18. Economic evaluation of grid-connected photovoltaic systems viability under a new dynamic feed-in tariff scheme: A case study in Iran. Reza Bakhsh and Javad Sadeh. 2017, Renewable Energy.
19. Energy performance of building integrated photovoltaic high-rise building: Case study, Tehran, Iran. Hoseinzadeh, Pegah, et al. 2021, Energy & Buildings, Vol. 235.
20. Estimating and forecasting residential electricity demand in Iran. Pourazarm, Elham and Cooray, Arusha. 2013, Faculty of Business - Papers (Archive).
21. Economic optimization and sensitivity analysis of photovoltaic system in residential buildings. Ren, Hongbo , Gao, Weijun and Ruan, Yingjun . 2008, Renewable Energy, Vol. 34, pp. 883-889.

معادل سازی مفاهیم معماری سنتی ایرانی بر طبق فلسفه
پرش کیهانی؛ جهت بکارگیری در دوره معماری پس از
انقلاب اسلامی

محمد مهدی احمدی پور، امیر صناعی، حدیثه کامران کسمایی

کاربرد ابزار هوش مصنوعی در پیش بینی مصرف انرژی
ساختمان

یاسر شهبازی، سحر حسین پور، محسن مختاری کشاور

تأثیر بلوک های بتنی گازدار در صرفه جویی مصرف انرژی
ساختمان؛ نمونه مورد مطالعاتی: ساختمان های مسکونی
شهر اردبیل

هدایت شهبازی، عمار حسن پور

بررسی عملکرد و سایه اندازی شناسی و کاربرد آن در
شکل گیری معماری جنوب ایران با نمونه موردی بوشهر

محمد بهزاد پور، شیما شجاعی

ساختارهای خمش فعال و انعطاف پذیر راهکاری برای
طراحی در معماری متحرک

هاله حیدر آبادی، فرزین حق پرست، فرهاد احمدنژاد

تغییر در مصرف برق با استفاده از پنل های فتوولتائیک در
ساختمان ها مسکونی؛ نمونه موردی شهر تهران

امیر محمد نهاوندی، ایمان شیخ انصاری