

## تأثیر بررسی رفتار حرارتی پوسته بنا در ساختمان‌های مسکونی بر اصلاح ساخت و ساز به منظور کاهش اتلاف انرژی

سمانه خان احمدلو\* - دانشجوی دکترای معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

محسن فیضی - استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

سید مجید مفیدی شمیرانی - استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

### چکیده

در سال‌های اخیر بررسی عملکرد حرارتی ساختمان، به‌ویژه پوسته بنا که حد واسط فضای بیرون و فضای درون ساختمان است، مورد توجه پژوهشگران زیادی قرار گرفته است. ظهور نرم‌افزارهای شبیه‌سازی بنا، به روند رو به رشد این تحقیقات کمک قابل توجهی نموده است. بهره‌گیری از نتایج این تحقیقات می‌تواند سیستم ساخت‌وساز کنونی کشور را در جهت کاهش اتلاف انرژی و به تبع آن ذخیره انرژی در کشور، بهبود ببخشد. هدف از پژوهش حاضر، تحلیل کیفی پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه عملکرد حرارتی پوسته بنا هست. به این منظور با به‌کارگیری روش فراترکیب از میان بیش از ۱۰۰ مقاله انتخاب‌شده، تعداد ۳۵ مقاله به‌صورت اصولی فیلتر و سپس در نرم‌افزار مکس کیو-دی ای کدگذاری شدند. در این پژوهش تعداد ۲۰۸ کد توسط نرم‌افزار شناسایی شدند که از میان تم‌های مشخص‌شده، «پنجره» با ۳۵ ارجاع، «پوسته» با ۲۸ ارجاع، «بام» با ۲۵ ارجاع و «دیوار» با ۲۳ ارجاع در زمره مهم‌ترین تم‌های شناسایی‌شده بودند. همچنین تم اصلاح شیوه ساخت‌وساز با ۱۵ ارجاع دارای کم‌ترین ارجاع در بین مقالات کدگذاری شده بود. از نوآوری‌های مقاله حاضر شناسایی شاخص‌ها و ابعاد بررسی عملکرد حرارتی پوسته بنا از روش پژوهش کیفی فراترکیب و نرم‌افزار مکس-کیودا می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** عملکرد حرارتی پوسته بنا، اصلاح ساخت‌وساز، کاهش اتلاف انرژی، فراترکیب

### The effect of the thermal behavior of the building shell in the modified construction of residential buildings to reduce energy waste

#### Abstract

In recent years to investigate the thermal performance of the building, especially the building shell intermediate outer space and inner space of the building, has been a lot of interest. The emergence of simulation software, has significantly contributed to the growing trend of the investigation. Using the results of this research could be the country's current construction systems to reduce energy consumption and consequently save energy in the country, improve. The aim of this study was to analyze qualitative researches in the field of thermal performance of the building's shell. For this purpose, using meta-synthesis method selected from among more than 100 articles, 35 paper filter and software as MAXQDA11 principles were coded. In this study, 208 were identified by the software code of the specified themes, "window" with 35 references, "shell" with 28 references, "roof" with 25 references and "The Wall" with 23 cases identified among the most important They were. The theme is "correct construction practices" referred to in Articles 5 references least be coded. Innovation research is to identify indicators and measures to evaluate the thermal performance of the building shell meta-synthesis of qualitative research methods and software is Max-Kyoda.

**Keywords:** thermal performance of the building shell, building modification, reducing energy consumption, meta-synthesis

۱- بررسی عملکرد حرارتی پوسته بنا، چه راهکارهایی را برای کاهش اتلاف انرژی در ساختمان‌ها می‌تواند ارائه دهد؟

۲- مطالعات انجام‌شده در زمینه عملکرد حرارتی پوسته بنا، چگونه می‌تواند برای پژوهشگران و طراحان/سازندگان در زمینه اصلاح ساخت‌وساز و کاهش اتلاف انرژی در کشور مؤثر باشد؟

### پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر، مطالعات زیادی در ارتباط با بررسی عملکرد حرارتی پوسته ساختمان‌های مختلف از جمله ساختمان‌های مسکونی به‌منظور دستیابی به راهکارهای بهینه طراحی باهدف کاهش اتلاف انرژی صورت گرفته است. مطالعه تعدادی از پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد، بررسی رفتار و عملکرد حرارتی ساختمان، در دسته‌بندی‌های ذیل انجام‌شده است؛

۱- فضا؛ در این بخش رویکرد بررسی وجود فضاهای مختلف در ساختمان و تأثیر آن بر عملکرد حرارتی ساختمان موردتحقیق قرار گرفته است؛ به‌طور مثال تأثیر وجود پیش ورودی بر رفتار حرارتی ساختمان. ۲- پوسته ساختمان؛ در این دسته‌بندی، قسمت‌های مختلف ساختمان، به‌صورت مجزا موردبررسی قرار گرفته و نتیجه آن در رفتار حرارتی ساختمان بررسی شده است. قسمت‌های مختلف پوسته ساختمان شامل موارد ذیل است؛ ۱. بام و جداره‌های افقی؛ ۲. جداره‌های عمودی (لایه‌های درونی و بیرونی- یک جداره و دوجداره)؛ ۳. بازشوها؛ پنجره‌ها و درب‌ها

۳- مصالح ساختمانی؛ در این قسمت استفاده از مصالح مختلف و تأثیر آن بر عملکرد حرارتی موردتحقیق واقع شده است. به‌طور مثال در یک مقاله برای بام، سه نوع مصالح مورد آزمایش و شبیه‌سازی قرار گرفته و بر اساس نتایج به‌دست آمده، بهترین مصالح متناسب با اقلیم و کاربری ساختمان برای کاهش اتلاف انرژی معرفی شده است.

۴- المان‌های ساختمانی؛ در این بخش تأثیر وجود المان‌های مختلف ساختمانی از جمله دیوار ترومب در رفتار حرارتی ساختمان موردبررسی قرار گرفته است.

امروزه در عرصه پهنای علوم و تکنولوژی و نحوه بهره‌گیری از آن‌ها در معماری و به‌ویژه از لحاظ مصرف انرژی، تحقیقات و نظریه‌های متعددی ارائه شده است. شرایط اقلیمی در طراحی معماری از ابعاد گوناگون قابل بررسی و تعمق است. وجهی از این تحقیقات مرتبط با رفتار حرارتی ابنیه مرتبط با آسایش حرارتی انسان و واکنش بدن می‌باشد که شرایط تجربی است. تعیین شرایط آسایش و راحتی در محدوده‌های اقلیمی مختلف بر محاسبات حرارتی ساختمان، اندازه و قدرت دستگاه‌های حرارتی و برودتی، ضخامت عایق، جنس مصالح، تناسب و ارتباطات فضایی، میزان بازشوها و به‌طور کل بر میزان مصرف و اتلاف انرژی تأثیر مستقیم دارد. با توجه به آهنگ رشد جمعیت، مصرف انرژی در ساختمان‌ها و گسترش بی‌رویه آلاینده‌های زیست‌محیطی، تغییر و اصلاح ساخت‌وساز به‌منظور کاهش اتلاف انرژی ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به سهم عمده اتلاف حرارت در افزایش بی‌رویه مصرف انرژی در ساختمان‌ها به‌ویژه ساختمان‌هایی با کاربری مسکونی، اقدام در جهت شناسایی علل اتلاف انرژی و برنامه‌ریزی برای رفع یا بهبود این عوامل باید جز اولویت‌های طراحان قرار بگیرد. یکی از روش‌های تشخیص عوامل ایجاد اتلاف انرژی در ساختمان، بررسی رفتار حرارتی آن ساختمان است که عمدتاً به‌وسیله روش‌های کمی از قبیل شبیه‌سازی کامپیوتری، مدل‌سازی و بررسی آزمایشگاهی ساختمان‌های واقعی انجام می‌پذیرد. نتایج حاصل از این مطالعات، می‌تواند به‌عنوان پایه‌ای برای توسعه مبانی روش‌شناختی برای بهبود طراحی، ساخت، بهره‌برداری و بازسازی ساختمان‌ها به کار رود.

### سوالات تحقیق

با توجه به مطالب ذکرشده، این تحقیق بر آن است که به تأثیر بررسی عملکرد حرارتی پوسته ساختمان‌ها بر روند اصلاح روش‌های ساخت‌وساز در کشور با هدف کاهش اتلاف انرژی و در نتیجه پایین آمدن میزان مصرف انرژی پردازد و به سوالات زیر پاسخ دهد؛

جدول ۱. دسته‌بندی موضوعی منابع مطالعاتی در رابطه با عملکرد حرارتی ساختمان، مقالات داخلی.

ردیف	عنوان	نویسنده	سال	نوع مقاله	درجه ارتباط	انتشارات
۱	تأثیر وجود پیش ورودی بر رفتار حرارتی فضای اصلی در اقلیم گرم و خشک ایران (بررسی خانه‌های قدیمی شهر یزد)	فاطمه مهدی زاده، هانیه صنایعیان، غلامرضا جاپلغی	۲۰۱۴	علمی پژوهشی	۴	نشریه علمی پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران
۲	تأثیر تعداد جداره‌های لایه درونی و بیرونی نماهای دوپوسته بر میزان مصرف انرژی ساختمان‌های اداری و آموزشی	فاطمه مهدی زاده، هانیه صنایعیان، محمدمهدی دانش	۲۰۱۴	علمی پژوهشی	۴	علوم و تکنولوژی محیط‌زیست
۳	طبقه‌بندی انواع فن‌آوری‌های پوسته‌های ساختمانی بر اساس کارکرد حرارتی در جهت افزایش کارایی و کاهش مصرف انرژی	الهه نجفی، محسن فیضی، محمدعلی خانمحمدی		کنفرانس ملی	۴	سومین همایش ملی اقلیم، ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی
۴	روش‌های ایجاد آسایش حرارتی پوسته بنا در مسکن بومی (اقلیم گرم و خشک)	شیوا ثابتی اشجعی، فاطمه مهدی زاده، سراج، محسن فیضی، امیرسام ظریف	۲۰۱۴	کنفرانس بین‌المللی	۴	
۵	نقش شیشه (پنجره) در رفتار حرارتی ساختمان	علی نمازیان، یحیی سپهری	۱۳۹۴	علمی پژوهشی	۲	مسکن و محیط روستا
۶	بررسی نقش جهت قرارگیری پنجره و انرژی تابشی خورشید بر بار حرارتی ساختمان	محسن فیضی، بهمن بابایی	۱۳۹۳	کنفرانس بین‌المللی	۴	
۷	الگوی انرژی دوستی در ساختمان بر اساس رفتار حرارتی بام	محمدجواد مهدوی نژاد	۱۳۹۲	علمی پژوهشی	۳	نقش جهان
۸	شبیه‌سازی بام‌ها، راهکار بررسی دقیق تأثیرات دمایی در محیطی مجازی	مریم مستندی، شاهین حیدری	۱۳۸۹	علمی پژوهشی	۴	هنرهای زیبا
۹	مطالعه رفتار حرارتی مصالح رایج در ساخت دیوار مطالعه موردی: ساختمان‌های مسکونی شهر تهران	شقایق محمد	۲۰۱۲	علمی پژوهشی	۳	هنرهای زیبا
۱۰	بهسازی حرارتی جدار ساختمان‌های موجود در اقلیم سرد در ایران با بهره‌گیری از ویژگی‌های دیوار ترومب	نوشین ابوالحسنی، ریما فیاض، بهروز محمد اکبری	۲۰۱۵		۳	دو فصلنامه مطالعات معماری ایران

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۴۷ تابستان ۹۶  
No.47 Summer 2017

۴۳۵

پژوهشی معتبر کشور و همچنین مقالات علمی ثبت‌شده در پایگاه‌های معتبر علمی همچون گوگل پژوهشگر، ساینس دایرکت، سیویلیکا و مگیران حدفاصل سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۶ می‌باشد. ملاک اندازه نمونه آماری در این پژوهش ملاک اندازه نمونه؛ کفایت تئوریک است. به این معنی که با بررسی بیشتر مقالات، دیگر شاخص و معیار جدیدی در این حوزه نباشد. در نمونه‌گیری در روش فراترکیب نمونه‌های انتخاب‌شده، ماهیت غیر تصادفی دارند. ابزار گزینش اسناد علمی منتخب با روش ارزیابی و انتخاب حیاتی (کسپ) است؛ بنابراین فرایند نمونه‌گیری در فرا

جدول ۱. نشان‌دهنده چکیده مطالعات انجام‌شده در ارتباط با عملکرد حرارتی ساختمان از مقاله‌های داخلی می‌باشد. جدول شماره ۲ شامل اطلاعات تعدادی از پایان‌نامه‌های انجام‌شده در زمینه طراحی پوسته ساختمان‌ها با رویکرد انرژی می‌باشد. جدول ۳ حاوی اطلاعات تعدادی از مقاله‌های مطالعه شده در زمینه رفتار و عملکرد حرارتی ساختمان است. **روش پژوهش** جامعه آماری؛ جامعه آماری در این پژوهش متشکل از مقالات معتبر علمی چاپ‌شده در نشریات علمی -

جدول ۲. دسته‌بندی موضوعی منابع مطالعاتی در رابطه با عملکرد حرارتی ساختمان، پایان‌نامه؛ منبع: مهدوی نژاد، محمدجواد

Dissertation	Published place	Published year	Research methodology
۱ Effect building morphology on energy and structural performance of High-Rise office buildings (Ph.D).	Univerity Of Massachusetts	۲۰۱۲	Simulation (ecotech-outdoor)
۲ The parametric façade optimization in Architecture through a synthesise of design, analysis and fabrication (Master).	Waterloo	۲۰۱۲	simulation
۳ Mining hidden knowledge from measured data for improving building energy performance (Ph.D).	Concordia University, Montreal, Quebec	۲۰۱۲	Data collection
۴ A study of predictive control strategies for optimally designed solar homes (Ph.D).	Concordia University, Montreal, Quebec	۲۰۱۱	Simulation (ESP, Energy plus)
۵ Investigating the feasibility of establishing a biosphere reserve on the northeast coast of st.lucia (Master).	Waterloo	۲۰۱۰	
۶ Design with energy in mind: toward a low load and high satisfaction civic architecture in the great lake basin (master).	Waterloo	۲۰۰۹	Case study
۷ Life-cycle coast evaluate of building envelope energy retrofits	University of toronto	۲۰۰۹	Simulation (EQuest)
۸ Design and power: defining progamme and typology for T.L.S.E.C development in the bay of fundy (master).	Dalhouse university	۲۰۰۹	Case study
۹ Evaluation of high performance residential housing technology (master).	Waterloo	۲۰۰۸	Computer modeling software
۱۰ Case-based reasoning approach to designing of building envelope(Ph.D)		۱۹۹۹	Case study

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۴۷ تابستان ۹۶  
No.47 Summer 2017

۴۳۶

مطالعات است. به عبارتی، فراترکیب، ترکیب تفسیر داده‌های اصلی مطالعات منتخب است. مراحل انجام فراترکیب؛ فرا ترکیب مستلزم آن است که پژوهشگر بازنگری دقیق و عمیقی را نسبت به سند مورد مطالعه انجام دهد و یافته‌های پژوهش‌های قبلی را با یکدیگر ترکیب کند. در گذر این بررسی، ابعاد و مؤلفه‌های مکنون در مسئله بهتر بازنمایی می‌شود؛ بنابراین فرا ترکیب به بازنمایی نتایجی بیش از هر یک از مطالعات قبلی کمک می‌کند. ساندلوفسکی و باروز الگوی هفت مرحله‌ای را به این منظور ارائه داده‌اند. گام نخست تنظیم سؤال پژوهش: نخستین سؤال برای شروع فرا ترکیب چه چیزی است. در پژوهش حاضر

ترکیب با مقالات حائز اولویت بالاتر در متدولوژی کسپ آغاز شده و با رسیدن به کفایت تئوریک خاتمه می‌پذیرد. روش؛ در این پژوهش روش فرا ترکیب به کار گرفته شده است. فراترکیب اطلاعات و یافته‌های استخراج شده از مطالعات کیفی یا کمی دیگر با موضوع مرتبط و مشابه را به صورت کیفی، بررسی می‌کند. در نتیجه، نمونه‌ی مورد نظر برای فراترکیب، از مطالعات انجام شده منتخب و بر اساس ارتباط آن‌ها با سؤال پژوهش تشکیل می‌شود. فراترکیب، مرور یکپارچه ادبیات کیفی موضوع مورد نظر و تجزیه و تحلیل داده‌های ثانویه و اصلی از مطالعات منتخب نیست، بلکه تحلیل یافته‌های این

جدول ۳. دسته‌بندی موضوعی منابع مطالعاتی در رابطه با عملکرد حرارتی ساختمان، مقالات خارجی منبع نگارندگان

Dissertation	Published place	Published year	Research methodology
۱ Optimization of building envelope design for nZEBs in Mediterranean climate: Performance analysis of residential case study	Elsevier	۲۰۱۶	Case study
۲ Assessment of the Thermal Performance of Complete Buildings Using Adaptive Thermal comfort	Elsevier	۲۰۱۶	
۳ Performance Assessment Protocol for Pre-Engineered Manufactured Self-Sustaining (PEMaSS) Housing to Remote Regions	Elsevier	۲۰۱۵	simulation
۴ Thermal Performance of traditional houses in dry hot arid climate and the effect of natural ventilation on Thermal comfort: a case study in Damascus	Elsevier	۲۰۱۵	Case study
۵ Evaluation of Thermal Performance of Residential Building Envelope	Elsevier	۲۰۱۵	simulation
۶ The difference of Thermal performance between houses with wooden walls and exposed brick walls in tropical coasts	Elsevier	۲۰۱۵	simulation
۷ Thermal performance modeling of residential house wall systems	Elsevier	۲۰۱۲	simulation

## مدیریت شهری

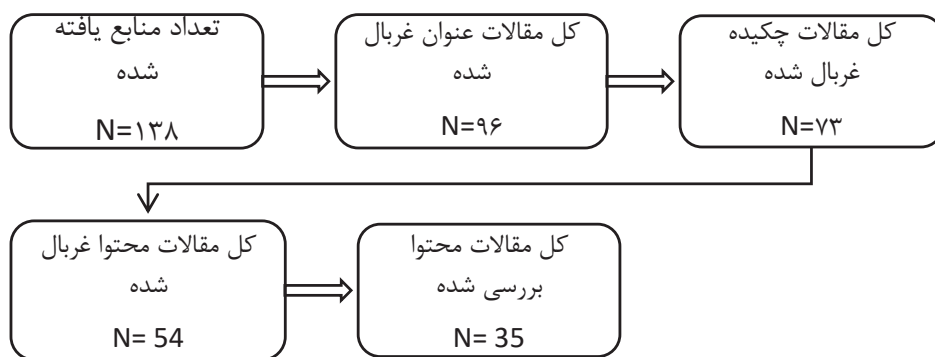
فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۴۷ تابستان ۹۶  
No.47 Summer 2017

۴۳۷

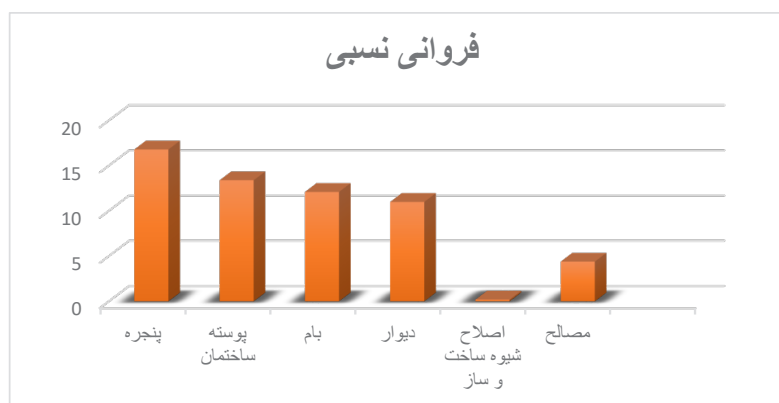
یا خیر. بدین منظور مقالات منتخب چندین بار مورد بازبینی قرار می‌گیرد. در این گام، پژوهشگر در هر بازبینی تعدادی از مقالات را رد می‌کند. ابزاری که معمولاً برای ارزیابی کیفیت مطالعه اولیه پژوهش کیفی استفاده می‌شود روش ارزیابی حیاتی کسپ است. بر اساس شاخص کسپ اهداف پژوهش، منطق پژوهش، طرح پژوهش، نمونه‌برداری، جمع‌آوری داده‌ها، انعکاس‌پذیری، ملاحظات اخلاقی، دقت در تجزیه و تحلیل، بیان روشن یافته‌ها، ارزش پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد. در پژوهش حاضر پس از فیلتر مقالات از طریق ابزار کسپ و بر اساس رسیدن به اشباع تئوریک تعداد نهایی مقاله‌ها به ۳۵ عدد رسید. گام چهارم استخراج نتایج: پس از گزینش اسناد و گزارش‌های برگزیده، نوبت به استخراج کدها از متون است. برای استخراج کدها سؤالات تحقیق، مورد نظر بوده است. در این پژوهش تعداد ۲۰۸ تم/کد توسط نرم‌افزار شناسایی شدند که از میان تم‌های مشخص شده، «پنجره» با ۳۵ ارجاع، «پوسته» با ۲۸ ارجاع، «بام» با ۲۵ ارجاع و «دیوار» با ۲۳ ارجاع در زمره

ابعاد و شاخص‌های عملکرد حرارتی پوسته بنا مورد سؤال قرار گرفته است. در ادامه سؤال‌هایی نظیر چه کسی؟ چه وقت و چگونه می‌تواند مطرح شود. گام دوم بررسی متون به صورت نظام‌مند: در این مرحله پژوهشگر به جستجوی سازمان‌یافته مقالات منتشر شده در مجلات علمی مختلف تمرکز می‌کند. وی کلمات کلیدی مرتبط را گزینش می‌کند. در سرتاسر پژوهش تعاریف واژه‌های مورد جستجو یا چهارچوب زمانی به‌طور مستمر دوباره ارزیابی می‌شود. در انتها، پژوهشگر مجموعه‌ای از جستجوهای بر خط را انجام داده تا مطالعات منتخب را مشخص کند. برای هر مقاله مشخص، او نسخه‌ای را از متن کامل مقاله همراه با فهرستی از تمام منابع دانلود می‌کند. سپس، منابع منتخب دیگری را برای بازنگری بررسی می‌کند. همچنین واژه‌های جستجوی جدیدی را نیز برای جستجو در اینترنت شناسایی می‌کند.

گام سوم جستجو و انتخاب مقالات مناسب: در ابتدای فرایند جستجو پژوهشگر مشخص می‌کند که آیا مقالات یافت شده متناسب با سؤال پژوهش می‌باشد



شکل ۱. فرآیند فیلتر مقالات؛ منبع: نگارندگان.



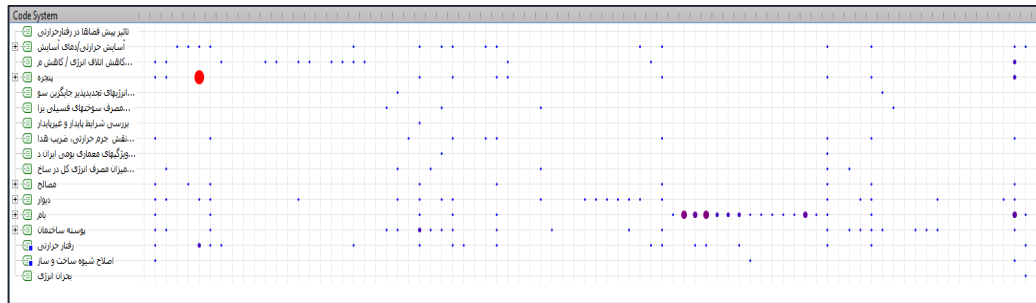
نمودار ۱. فراوانی نسبی مقوله‌ها در مقالات مطالعه شده؛ منبع: نگارندگان

تمام عوامل استخراج شده از مطالعات، به‌عنوان کد در نظر گرفته می‌شود. سپس با در نظر گرفتن مفهوم هریک از کدها، آن‌ها در یک مفهوم مشابه دسته‌بندی می‌شود. به این ترتیب مفاهیم تم‌های پژوهش شکل داده می‌شود. مبنای دسته‌بندی این کدها، برحسب میزان تشابه کدهای مختلف با یکدیگر است. در شکل زیر میزان توافق میان شاخص‌های مختلف در میان اسناد مختلف در نرم‌افزار Maxqda را مشاهده می‌کنید. در واقع این شکل میزان تکرار (فراوانی) هر تم را در هر سند به صورت گرافیکی نمایش می‌دهد. گام هفتم ارائه یافته‌ها: یافته‌های پژوهش حاضر در پایان، در قالب پیشنهادهایی برای پژوهشگران/مجریان و سازندگان، بر اساس فراوانی کدها در نرم‌افزار مکس کیودا، ارائه خواهد شد.

بحث

مهم‌ترین تم‌های شناسایی شده بودند. همچنین تم «اصلاح شیوه ساخت‌وساز» با ۵ ارجاع دارای کم‌ترین ارجاع در بین مقالات کدگذاری شده بود. همچنین از میان کدها «رفتار حرارتی» با ۲۵ ارجاع، «پوسته» با ۱۹ ارجاع و «کاهش اتلاف انرژی/کاهش مصرف انرژی» با ۱۴ ارجاع بیشترین ارجاع را در میان کدهای شناسایی شده داشتند. در نمودار ۱ فراوانی نسبی مقولات مورد تحقیق آمده است. لازم به ذکر است فراوانی ذکر شده با واژه کلیدی عملکرد/رفتار حرارتی مورد تحقیق واقع شده است. ممکن است مطالعات بدون در نظر گرفتن عملکرد حرارتی، در زمینه‌هایی مثل بام با زیر شاخه بام سبز یا دیوار با زیر شاخه های مختلف فراوانی متفاوتی داشته باشد که نیازمند بررسی جداگانه‌ای است.

گام پنجم تجزیه و تحلیل و ترکیب یافته‌های کیفی: ابتدا



شکل ۲. میزان توافق میان شاخص‌های مختلف در میان اسناد مختلف در نرم‌افزار MAXQDA؛ منبع: نگارندگان.

۲- با توجه به عدم دسترسی به نمونه‌های اجرا شده تکنیک‌های مختلف بام، شبیه‌سازی کامپیوتری به‌عنوان روش جایگزین.

۳- مطالعات کتابخانه‌ای و جمع‌بندی از نتایج موجود حاصل از تجربیات سایر پژوهشگران.

همچنین با استناد به مطالعات انجام‌شده تاکنون بررسی عملکرد حرارتی بنا از زوایای ذیل قابل انجام است؛

۱- بررسی تغییر رفتار و عملکرد حرارتی بنا با استفاده از مصالح متفاوت در اجزاء مختلف پوسته بنا.

۲- بررسی تغییر رفتار حرارتی ساختمان با تغییر فرمها و شکل بام.

۳- بررسی عملکرد حرارتی بنا با تکنیک‌های مختلف. (بام‌ها و دیوارهای خاص)

۴- بررسی تغییر عملکرد حرارتی ساختمان با تغییر ضخامت و لایه‌های داخلی و خارجی پوسته.

۵- بررسی تغییر رفتار حرارتی بنا با افزودن یا کاستن فضاهای ساختمانی.

#### مصالح

بررسی عملکرد حرارتی اجزاء مختلف پوسته بنا از جمله بام، دیوارها، پنجره‌ها، درب‌ها و کف، در شرایط اقلیمی یکسان، در زمان‌های یکسان از شبانه‌روز و روزهای یکسان سال، با مصالح مختلف، می‌تواند کمک شایانی به تأمین آسایش حرارتی ساکنین نماید. در این زمینه تحلیل مواردی از قبیل نقش متفاوت جرم حرارتی و عایق حرارتی، تعریف ویژگی‌های حرارتی دینامیک و رفتار دوره‌ای مصالح در مواجهه با شرایط ناپایدار،

در این قسمت از پژوهش، مباحث برگرفته از مقالات مورد مطالعه در قالب تم‌ها و کدهای شناسایی شده در نرم‌افزار مکس کیودا، دسته‌بندی و به‌صورت اجمالی ارائه می‌شود. میزان انرژی مصرفی در ساختمان به عوامل متعددی بستگی دارد که اهم آن‌ها به شرح زیر هستند؛

۱- میزان تعویض و نفوذ هوا؛ ۲- اختلاف دمای بین فضای کنترل‌شده و خارج ساختمان در اوقات مختلف

سال؛ ۳- میزان انرژی رایگان دریافتی در اوقات مختلف سال؛ و ۴- ضریب انتقال حرارت از پوسته خارجی

#### ساختمان

بر این اساس به نظر می‌رسد بررسی متغیرهای مؤثر بر پوسته ساختمانی در میزان انتقال حرارت ساختمان بسیار تأثیرگذار است. پوسته‌ها، کلیه سطوح پیرامونی ساختمان، اعم از دیوارها، کف‌ها، بازشوها و نظایر آن‌ها هستند که از یک‌طرف با فضای خارج و از طرف دیگر با فضای داخل یا کنترل نشده در ارتباط می‌باشند. با بررسی عملکرد حرارتی اجزاء ساختمان و پیگیری تغییرات آن‌ها در ساعات و فصول مختلف می‌توان به راهکارهایی مؤثر در جهت اصلاح طراحی اجزاء دست یافت و متوجه شد که عناصر معماری تا چه اندازه در اتلاف انرژی بنا یا صرفه‌جویی غیرمستقیم انرژی، به‌خصوص در محیط‌های شهری مؤثر است.

بررسی رفتار و عملکرد حرارتی پوسته ساختمان از روش‌های مختلف ذیل قابل انجام است:

۱- بررسی نمونه‌های موردی موجود و محاسبه آزمایشگاهی آن‌ها.

جایگزینی تحلیل رفتار حرارتی مصالح در شرایط ناپایدار بجای تحلیل‌های رایج در شرایط پایدار محیط لازم به نظر می‌رسد. در یک تحقیق صورت گرفته در زمینه رفتار حرارتی مصالح، تحلیل رفتار حرارتی پوسته بنا، به‌طور ویژه دیوارها مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق با شبیه‌سازی کامپیوتری یک ساختمان چهار طبقه دو واحدی که بر روی پیلوت احداث شده است، در نرم‌افزار IES-VE مدل‌سازی شده است و یکی از اتاق‌های داخلی آن به‌عنوان فضای داخلی مورد آزمایش قرار گرفته است. برای مدل‌سازی، از اجزا پوسته بنا، سقف، کف، دیوارهای داخلی و پنجره‌ها ثابت در نظر گرفته شده و تنها مصالح دیوارهای خارجی در تحلیلی رفتار حرارتی بنا، تغییر کرده‌اند. مصالح مورد تحلیل در این شبیه‌سازی شامل بلوک سفالی توخالی با ضخامت ۱۵ سانتیمتر، بلوک لیکا با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر، بلوک لیکا با ضخامت ۱۰ سانتیمتر، بلوک بتنی با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر و بلوک بتنی با ضخامت ۱۰ سانتیمتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همان‌طور که مشخص است مصالح به‌کاررفته در این تحلیل هم از لحاظ ضخامت و هم از لحاظ مواد بکار رفته در آن، متغیر هستند. نتایج زیر حاصل این شبیه‌سازی است؛

۱. محاسبات شرایط پایدار که منجر به محاسبه ضریب هدایت حرارتی شده و در شرایط ثابت آزمایشگاهی صورت می‌گیرد، روش جامعی برای ارزیابی رفتار حرارتی پوسته ساختمان نیست. ۲. عایق حرارتی و جرم حرارتی نقش‌های متفاوتی در رفتار حرارتی کل پوسته ساختمان بازی می‌کنند و شایسته است در محاسبات به‌منظور تحلیلی جامع از رفتار حرارتی پوسته ساختمان نقش هر دو به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرد.
۳. با به‌کارگیری سازه دیوار بهینه که مناسب‌ترین رفتار حرارتی را از خود نشان می‌دهد می‌توان به میزان قابل توجهی در مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی صرفه‌جویی کرد. نتیجه نهایی این تحقیق بیان می‌کند که دیوار ساخته‌شده از دو ردیف بلوک لیکا با ضخامت ۱۰ سانتیمتر، با ۵ سانتیمتر عایق در میانه آن‌ها مناسب‌ترین عملکرد حرارتی را در جهت

ایجاد آسایش حرارتی برای ساکنین در ساختمان‌های مسکونی شهر تهران خواهد داشت. همچنین در پژوهش دیگری با بررسی رفتار حرارتی ساختمان و بررسی یک دوره ۱۲ ماهه در چند نمونه ساختمان آزمایشی با ابعاد ۶\*۶ که هر کدام از این نمونه‌ها با آجرهای متفاوت از قبیل آجر باروکش عایق، آجر باروکش عایق معکوس، آجر حفره‌دار و آجر عایق حفره‌دار، پوشیده شده است، به نتایجی دست‌یافته است. این مدولها در شرایط آب و هوایی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. بیش از ۱۰۰ سنسور برای ثبت رفتار داخلی و خارجی ساختمان، در شرایط مختلف آب و هوایی، روی هر نمونه نصب شده است. نتایج حاصل از این مدل‌سازی نشان داد که مدول آجر عایق حفره‌دار بهترین عملکرد حرارتی را داشت. نتایج بررسی دو پژوهش مطرح‌شده به‌روشنی نقش تأثیر بررسی رفتار حرارتی ساختمان با مصالح مختلف در شرایط یکسان را روشن می‌کند که به انتخاب بهترین مصالح برای اقلیم مورد نظر و در نتیجه اصلاح نواقص شیوه‌های ساخت‌وساز کنونی منجر خواهد شد.

#### بام

بام، یکی از اجزا اصلی ساختمان است که عموماً مورد بی‌مهری طراحان معماری است. بام‌ها قسمتی از پوسته ساختمان هستند که بیشتر از عناصر دیگر در معرض عوامل جوی، تشعشع نامطلوب خورشید، باد، باران و برف قرار دارند. تعاملات حرارتی که بین بام و فضای بیرون صورت می‌گیرد، عبارت است از؛ ۱- دفع گرما، ۲- جذب گرما، و ۳- انعکاس خورشیدی. با توجه به گستردگی بام نسبت به سایر اجزا پوسته خارجی، مطالعه عملکرد حرارتی آن، گامی مهم در جهت دسترسی به راهکارهای مناسب کاهش اتلاف حرارت بنا محسوب می‌شود. در صورت عدم پیش‌بینی راهکار مناسب برای حفاظت بام از تغییراتی که بام در معرض آن قرار دارد، اثرات آن به فضای داخل منتقل خواهد شد و آسایش انسان را مختل خواهد کرد.

همان‌گونه که ذکر شد، بررسی رفتار حرارتی بام‌ها از زوایای مختلفی قابل انجام است. در هر بررسی آنچه

به‌عنوان نتیجه، حاصل می‌شود، یافته آن رویکرد بوده و قابل تعمیم به سایر رویکردها نیست. به نظر می‌رسد برای یافتن نتیجه جامع، تمام زوایای مورد بررسی باید در کنار هم در نظر گرفته شود. از مهم‌ترین موارد تأثیرگذار بر رفتار حرارتی بام‌ها ۱- اقلیم، ۲- مصالح بام، ۳- فرم بام، و ۴- ضخامت و تعداد لایه‌های بام می‌باشد که در نظر گرفتن تمامی این موارد در کنار هم نتیجه دقیق‌تری را در اختیار طراحان قرار خواهد داد. فرم‌های مختلف بام با شرایط متفاوت اقلیمی، رفتار حرارتی مختلفی را در بر خواهد داشت. انواع بام از منظر فرم به دودسته کلی زیر طبقه‌بندی می‌شوند؛

- ۱- بام ساده؛ شامل بام تخت، بام شیب‌دار، بام قوسی که هر سه شامل پوسته‌ای یک‌لایه هستند.
- ۲- بام مرکب؛ شامل بام دوپوسته، حوضچه بام، تشعشع‌کننده سرمایش آبی و هوایی، بام سبز که همگی ساختاری چندلایه دارند.

- بام تخت؛ پوشش نهایی ساختمان که شیبی کمتر از ۱۰ درجه یا مساوی آن، نسبت به افق دارد.
- بام شیب‌دار؛ پوشش نهایی ساختمان که شیبی بیشتر از ۱۰ درجه و کمتر از ۶۰ درجه نسبت به سطح افق دارد. بر روی سطح شیب‌دار، فضای خارج و در زیر آن، فضای کنترل‌شده یا کنترل نشده قرار دارد. اگر شیب جدار بیش از ۶۰ درجه باشد، دیوار تلقی می‌شود.
- بام قوسی؛ این بام برخلاف بام تخت، همیشه در خلال روز در بخشی از سطح خود در سایه خواهند بود. استفاده از سطوح گنبدی باعث می‌شود که مساحت سطح افزایش یابد و این افزایش مساحت، در روند انتقال گرما، تبادل حرارت و از دست دادن تدریجی حرارت تأثیر مثبت گذاشته و موجب کاهش گرمای دریافتی در روز و افزایش باز پس دادن حرارت در شب می‌شود.
- بام دوپوسته؛ در گذشته به‌صورت گنبدهای دوپوسته و شیروانی‌ها بوده و امروزه در بام‌های تخت، به‌صورت سقف کاذب رواج دارد. این بام‌ها به‌صورت دولایه بوده و بین فاصله بام و سقف یک‌لایه هوا قرار می‌گیرد که این خود در رفتار حرارتی تأثیر خواهد داشت.
- حوضچه بام؛ در این سامانه بام آبی، آب در

کیسه‌های پلاستیکی سیاه‌رنگ بر روی یک بام تخت فلزی ذخیره می‌شود. در طول روز زمستان، خورشید کیسه‌های آب را گرم می‌سازد. گرما به‌سرعت از طریق هدایت به پایین جریان یافته و از سقف به سمت فضای نشیمن تابیده می‌شود. در شب، عایق متحرک آب را می‌پوشاند تا مانع دفع گرما به سمت آسمان گردد.

- بام سبز؛ موجب جایگزینی گیاهان از دست‌رفته در فضاهای شهری بوده و در نتیجه کاهش نیاز به حرارت در داخل ساختمان و کاهش مصرف انرژی را در پی خواهد داشت. اجزا آن عبارتند از گیاه، لایه ضدآب، عایق حرارتی، زیرسازی و سازه بام. بررسی‌های انجام‌شده در تحقیقات پیشین نشان می‌دهد دو بام متفاوت با ضریب جذب مختلف در شرایط جوی یکسان، رفتار متفاوتی از خود بروز می‌دهند به این صورت که افزایش دمای سطح تا حد بالاتر از دمای هوای محیط، تابع ضریب جذب خورشیدی سطح است. نقطه اوج تأثیر تابش خورشیدی در ظهر روی سطح بام است. افت دمای سطوح تا حد پایین‌تر از دمای هوای محیط در شب، تأثیر سرمایش تابشی، یعنی اتلاف حرارت ویژه از طریق پرتوهای امواج بلند به آسمان را نشان می‌دهد. در یک پژوهش انجام‌شده با مدل‌سازی یک بام تخت، یک بام دوپوسته، حوضچه بام به‌عنوان یک واسطه، یک بام سبز گسترده و یک بام سبز فشرده در شرایط یکسان اقلیمی و در زمان‌های مشابهی از سال و شبانه‌روز، به بررسی رفتار و عملکرد حرارتی بنا با هر یک از این بام‌ها پرداخته شده است. پس از وارد کردن داده‌های اولیه موردنیاز، نتایجی به‌دست‌آمده که امکان بررسی رفتار حرارتی بام موردنظر و تأثیر آن بر دمای داخل را فراهم آورده است. در نتیجه با یافته‌های حاصل، امکان انتخاب تکنیک مناسب برای بام بنا که راندمان حرارتی قابل قبولی در تمام سال ارائه دهد، فراهم گردیده است. در این پژوهش و بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، بام سبز، تکنیک مناسبی برای شهر تهران بوده و جوابگوی نیاز حرارتی این شهر خواهد بود. در شرایطی که متوسط

## مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۴۷ تابستان ۹۶  
No.47 Summer 2017

۴۴۱

تعداد طبقات در تهران چهار باشد، با فرض بهره‌گیری ۲۵ درصد از بام‌ها از بام سبز، دمای این شهر تا ۳ درجه کاهش خواهد داشت که این مسئله ۲۱ درصد گاه مصرف انرژی را در پی خواهد داشت.

به‌منظور طراحی مناسب سقف‌ها، می‌توان راهکارهایی را به‌منظور کاهش اتلاف انرژی و یا کاهش نیاز به مصرف انرژی ارائه داد. به این معنا که هم تمهیدات اقلیمی و هم آئین‌نامه‌ها و قوانین ساخت را در آن رعایت کرد. به‌طور مثال در یک پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر تغییر فرم سقف در میزان هدر رفت انرژی در طی سال، یک نمونه مدل‌سازی کامپیوتری انجام شده است. این شبیه‌سازی برای چهار نمونه سقف ساده شامل سقف تخت، سقف شیب‌دار، سقف گنبدی با کمان ۹۰ درجه، سقف شیب‌دار (۳۰-۶۰) و سقف شیب‌دار (۴۵) در اوقات سرد و گرم سال به‌طور ویژه شب سرد زمستان و روز گرم تابستان، با عایق و بدون عایق، مدل شده است. هدف پژوهش دستیابی به فرم بهینه سقف در اقلیم گرم و خشک اصفهان است. نتایج حاصل از این پژوهش بدین شرح است؛ ۱- مدل‌های بدون عایق، بار حرارتی بیشتری نسبت به مدل‌های با عایق دارند؛ که این تفاوت بسیار چشمگیر است. ۲- در بین برگه‌های مختلف، بام تخت کمترین و بام نیمکره بیشترین اتلاف انرژی در طول روز را دارد. ۳- در میان فرم‌های شیب‌دار، با شیب ۳۰-۶۰ و با قرارگیری زاویه ۳۰ درجه رو به جنوب کمترین میزان اتلاف انرژی را دارد که به دلیل قرارگیری سطح رو به جنوب است. ۴- بام شیب‌دار ۴۵ نسبت به بام با شیب ۳۰-۶۰ و با قرارگیری زاویه ۳۰ درجه رو به جنوب، اتلاف انرژی بیشتری دارد اما اختلاف بار حرارتی این دو مدل بسیار کم است. ۵- در طول شب، اتلاف حرارتی در بام تخت کمترین و در بام نیمکره بیشترین مقدار است. ۶- در بین بام‌های شیب‌دار بام ۳۰-۶۰ با قرارگیری زاویه ۶۰ درجه رو به جنوب، بیشترین میزان اتلاف انرژی را دارد و پس از آن بام شیب‌دار ۴۵ و بام شیب‌دار ۳۰-۶۰ با قرارگیری زاویه ۳۰ درجه رو به جنوب در میان بام‌های شیب‌دار کمترین میزان اتلاف انرژی را

دارند. بررسی دو پژوهش فوق به‌خوبی نشان می‌دهد که موارد مختلف در طراحی بام از جمله شکل و فرم و تکنیک خاص مورد استفاده در بنا برای سقف، تأثیر مستقیم و قابل توجهی بر بار حرارتی ساختمان و میزان مصرف انرژی بنا دارد. به این معنی که با بررسی رفتار و عملکرد حرارتی بام‌های متفاوت در شرایط اقلیمی و زمان یکسان، تفاوت رفتار بام‌ها به‌خوبی قابل مشاهده و محاسبه بوده و امکان دریافت نتیجه برای تعیین بهترین بام در شرایط اقلیمی مورد نظر وجود دارد و این امر تأثیر مستقیمی بر روی تدوین استانداردهای ساختمانی و تعیین مشکلات وضع موجود و کمک به اصلاح ساختار ساخت‌وساز بنا، خواهد داشت.

### ضخامت و لایه‌های پوسته

یکی از موارد مهم در بررسی رفتار و عملکرد حرارتی پوسته ساختمان، بررسی اجزا مختلف آن از منظر ضخامت اجزا پوسته و همچنین بررسی لایه‌های درونی و بیرونی بنا از لحاظ جنس و تعداد لایه‌ها و تأثیر آن بر بار حرارتی ساختمان و در نتیجه کاهش یا افزایش مصرف انرژی هست. نتایجی که حاصل آن پیشنهادها برای اجرای طراحی معماری و اصلاح استانداردهای ساخت‌وساز و کاهش اتلاف انرژی خواهد بود.

این رویکرد یکی از گسترده‌ترین، بخش‌های بررسی رفتار حرارتی پوسته بوده و مطالعات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است. در پژوهشی که در زمینه بررسی تأثیر تعداد جداره‌های نماهای دوپوسته بر میزان مصرف انرژی صورت گرفته است، ساختمان دانشکده علوم پایه دانشگاه علم و صنعت ایران مورد شبیه‌سازی با نرم‌افزار دیزاین بیلدر قرار گرفته است. در این پژوهش این ساختمان با توجه به تعداد جداره‌های لایه‌های درونی و بیرونی نمای دوپوسته که هر کدام شامل پنجره یک جداره، دوجداره و سه جداره و در مجموع برای ۶ متغیر مستقل، برای هر کدام به‌صورت جداگانه، شبیه‌سازی شده است. در این شبیه‌سازی ضریب انتقال حرارت هر متغیر و میزان انتقال انرژی به داخل بنا و در نتیجه میزان تغییرات

بار سرمایش و گرمایش محاسبه و بر اساس نمودارهای استخراج شده، داده‌ها تحلیل شده‌اند. نتیجه حاصل نشان می‌دهد که در نماهای دوپوسته، وقتی تعداد جداره‌های لایه درونی تغییر کند، تغییر در مصرف انرژی بیشتر می‌باشد. همچنین تغییر در جداره‌های لایه بیرونی در جهت کاهش مصرف انرژی مؤثر نیست. حضور بیشتر تابش در جبهه جنوبی باعث می‌شود که استفاده از نمای دوپوسته در این جبهه مؤثرتر باشد. همچنین نتایج حاصل بیانگر این است که تغییر در جداره لایه درونی از یک جداره به سه جداره، مصرف انرژی را کاهش می‌دهد اما تغییر جداره‌ها در لایه بیرونی نه تنها تغییری در مصرف انرژی ایجاد نمی‌کند بلکه این تغییرات در لایه بیرونی از یک جداره به سه جداره باعث افزایش مصرف گاز جهت گرمایش می‌شود؛ بنابراین از نتایج به دست آمده از تحقیق‌های مشابه، آنچه مشخص است این است که تغییر در لایه‌های درونی ساختمان تأثیر قابل توجهی در کاهش اتلاف انرژی، کاهش بار حرارتی ساختمان و در نتیجه کاهش مصرف انرژی خواهد داشت. همچنین با توجه به پیشنهادها مطرح شده در این دست پژوهش‌ها، طراحان معماری به خوبی می‌توانند با انتخاب درست با توجه به اقلیم منطقه، استانداردها و قوانین، نتایج حاصل از بررسی رفتار حرارتی هر کدام از موارد مطرح شده و کشف راه‌های اتلاف حرارت در ساختمان‌ها و رفع آن، گامی مؤثر در زمینه بهبود ساخت‌وساز بردارند.

### فضاهای ساختمانی

سلسله‌مراتب فضایی در پلان ساختمان‌ها، هر کدام از فضاها به دلیلی ایجاد و ساخته می‌شوند. چگونگی وجود و قرارگیری این فضاها در کنار هم بار حرارتی ساختمان را به گونه‌ای خاص رقم می‌زنند. بررسی عملکرد حرارتی هر کدام از فضاها می‌تواند به طراحان معمار در انتخاب نوع فضا و همچنین چگونگی چینش فضاها در کنار هم کمک نماید. این نوع بررسی به دلیل محدودیت‌های موجود برای آزمایش‌های واقعی، عموماً به روش شبیه‌سازی کامپیوتری انجام می‌شود. یکی از پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، با استفاده از

شبیه‌سازی کامپیوتری، به بررسی وجود پیش فضاها در ساختمان‌های سنتی ایران پرداخته است. در این تحقیق شبیه‌سازی در سه مرحله، یکبار با بررسی رفتار حرارتی فضاهای اصلی با وجود پیش فضا و بار دیگر بدون وجود آن و بار سوم با وجود پیش فضا و تغییر محل قرارگیری آن، برای پنج خانه سنتی در شهر یزد، انجام گرفته است. برای این منظور پس از طبقه‌بندی پلان‌های خانه‌های سنتی یزد با رویکرد گونه‌گونه پلان‌های بسته، واسط و باز و همچنین درصد بازشوهای هر کدام، به ارزیابی رفتار حرارتی آن‌ها بسته به ضرورت وجودی انواع فضاهای مذکور پرداخته شد. سپس بر اساس طبقه‌بندی‌های به دست آمده از گونه‌های متنوع، به صورت موردی نمونه‌ای رایج‌تر در محیط نرم‌افزار design builder شبیه‌سازی شده و نمودارها و اطلاعات مرتبط با اختلاف درجه حرارت فضاهای میانی و فضاهای بسته درونی برای تحلیل و بررسی حرارتی حاصل گردید. بررسی نمودارها بیانگر تأثیر مثبت وجود پیش فضاها، به ترتیب در ایجاد گرمایش و سرمایش در فضاهای اصلی در فصول زمستان و تابستان است. تکرار این نوع بررسی‌ها در مورد فضاهای دیگر ساختمانی و شبیه‌سازی و تحلیل آن‌ها، نتایجی را ایجاد می‌کند که در طراحی ساختمان‌ها تغییرات مثبتی را به وجود خواهد آورد.

### یافته پژوهش

جدول شماره ۴ شامل پیشنهادهایی برای پژوهشگران است که شامل کدها و مقوله‌ها با ارجاع بالا بوده که معرف موضوعاتی است که پیشینه مطالعاتی زیادی داشته و پژوهشگران در گذشته در این زمینه فعالیت مطالعاتی داشته‌اند و همچنین کدها و مقوله‌ها با ارجاع پایین که معرف موضوعاتی است که پیشینه مطالعاتی زیادی نداشته و کمتر مورد توجه پژوهشگران در گذشته بوده است و خلأ مطالعاتی در این زمینه بسیار محسوس است. لذا پژوهشگران می‌توانند با تکیه بر نتایج مطالعات گذشته، از کدها و مقوله‌های پر ارجاع استفاده نموده و مطالعه در زمینه کدها و مقوله‌های کم ارجاع را آغاز نمایند.

## مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۴۷ تابستان ۹۶  
No.47 Summer 2017

۴۴۳

جدول ۴. پیشنهاد مطالعاتی برای پژوهشگران بر اساس مقوله‌ها و کدهای به‌دست آمده از نرم‌افزار مکس کیودا؛ ماخذ:

#### نگارندگان

مقوله‌های دارای پیشینه مطالعاتی (با ارجاع بیشتر)	رفتار حرارتی ساختمان با تغییر در مصالح پنجره و در نتیجه کاهش اتلاف انرژی
	رفتار حرارتی ساختمان با تغییر در ابعاد و جهت پنجره و در نتیجه کاهش اتلاف انرژی
	رفتار حرارتی ساختمان با تغییر مصالح دیوار و در نتیجه کاهش اتلاف انرژی
	رفتار حرارتی ساختمان با تغییر لایه جدارها و جرم حرارتی دیوار و در نتیجه کاهش اتلاف انرژی
	رفتار حرارتی ساختمان با تغییر فرم بام و در نتیجه کاهش اتلاف انرژی
	رفتار حرارتی ساختمان با تغییر مصالح بام و در نتیجه کاهش اتلاف انرژی
مقوله‌ها و کدهایی که کمتر بررسی شده‌اند (با ارجاع کمتر یا بدون ارجاع)	بررسی رفتار حرارتی ساختمان برای کشف دلایل اتلاف انرژی و در نتیجه کاهش اتلاف انرژی
	رفتار حرارتی ساختمان برای تأثیر مصالح و ابعاد کف
	تأثیر فرم کلی بنا بر رفتار حرارتی ساختمان
	تأثیر جهت‌گیری کلی بنا بر رفتار حرارتی ساختمان
	استخراج استانداردها بر اساس نتایج مطالعات قبلی برای اصلاح ساختار ساخت‌وساز در کشور
	استخراج استانداردهای مدون برای طراحی اقلیمی صحیح بر مبنای مطالعات انجام‌شده قبلی (برای هر اقلیم)
تبدیل نتایج کمی مطالعات انجام‌شده به گزاره‌های کیفی قابل استفاده در ساختمان‌سازی	
تدوین اصول طراحی صحیح اقلیمی بر اساس نتایج مطالعات انجام‌شده	

## مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۴۷ تابستان ۹۶  
No.47 Summer 2017

۴۴۴

جدول شماره ۵ شامل کدها و مقوله‌هایی است که طراحان معماری، سازندگان و مجریان ساختمان می‌توانند از آن‌ها استفاده کرده و ساختمان‌های موردنظر خود را بر مبنای آن‌ها طراحی نمایند که نتیجه آن، کاهش اتلاف انرژی، ذخیره انرژی در کشور و کاهش آلاینده‌ها خواهد بود. کدها و مقوله‌های ذکر شده، حاصل مطالعات پژوهشگران در گذشته بوده و بر اساس شبیه‌سازی کامپیوتری، مدل‌سازی واقعی و محاسبات دقیق بوده و در زمینه طراحی معماری قابل استناد و بهره‌برداری است.

**نتیجه‌گیری و جمع‌بندی**

پوسته ساختمان به‌عنوان واسطه بین فضای داخل و خارج و یکی از مهم‌ترین ابزار کنترل حرارتی ساختمان، نقش مهمی را در کاهش یا افزایش بار حرارتی ساختمان داراست. پوسته ساختمان، از نظر عملکرد حرارتی دارای نقص‌های آشکار و پنهان است که نقایص آشکار به‌وسیله مطالعه و نقایص پنهان به‌وسیله ابزار، قابل کشف و ارزیابی است و در این میان نرم‌افزارهای کنترل حرارتی به ما کمک می‌کند که این نقایص را با کنترل حرارت، ارزیابی و رفع نموده و به افزایش عملکرد مثبت حرارتی

پوسته ساختمان کمک کنیم. به این منظور همان‌طور که از پژوهش‌های انجام‌شده تاکنون برمی‌آید، بررسی رفتار و عملکرد حرارتی ساختمان از روش‌های مختلف با رویکردهای متفاوت، نتایجی را حاصل می‌نماید که طراح معماری می‌تواند با توجه به مواردی از قبیل اقلیم ساختمان مورد طراحی، استانداردها و قوانین ساخت‌وساز موجود، نتایج حاصل از تحلیل و شبیه‌سازی عملکرد حرارتی ساختمان و با تسلط کافی بر تعریف پارامترهای محاسبات رفتار حرارتی ساختمان، تسلط بر فرمول‌ها، آشنایی با نرم‌افزارهای موجود و نحوه بهره‌گیری از آن با کمک تسلط بر پارامترها و در نتیجه استنتاج متغیرهای هدف بهترین گزینه برای طراحی را انتخاب نموده و گام مؤثری در زمینه کاهش اتلاف حرارت بردارد. کاهش اتلاف حرارت در ساختمان با اصلاح نقایص رایج پوسته بنا، در ساخت‌وساز کنونی، باعث کاهش بار حرارتی ساختمانی و در نتیجه کاهش مصرف انرژی خواهد شد. استفاده از ابزار بررسی کیفی مکس کیودا و روش فراترکیب، روش قابل اعتمادی برای دسته‌بندی و بررسی اصولی یافته پژوهشگران در گذشته و در نتیجه کمک به پژوهشگران آتی برای

پوسته ساختمان کمک کنیم. به این منظور همان‌طور که از پژوهش‌های انجام‌شده تاکنون برمی‌آید، بررسی رفتار و عملکرد حرارتی ساختمان از روش‌های مختلف با رویکردهای متفاوت، نتایجی را حاصل می‌نماید که طراح معماری می‌تواند با توجه به مواردی از قبیل اقلیم ساختمان مورد طراحی، استانداردها و قوانین ساخت‌وساز موجود، نتایج حاصل از تحلیل و شبیه‌سازی عملکرد حرارتی ساختمان و با تسلط کافی بر تعریف پارامترهای محاسبات رفتار حرارتی ساختمان، تسلط بر فرمول‌ها، آشنایی با نرم‌افزارهای موجود و نحوه بهره‌گیری از آن با کمک تسلط بر پارامترها و در نتیجه استنتاج متغیرهای هدف بهترین گزینه برای طراحی را انتخاب نموده و گام مؤثری در زمینه کاهش اتلاف حرارت بردارد. کاهش اتلاف حرارت در ساختمان با اصلاح نقایص رایج پوسته بنا، در ساخت‌وساز کنونی، باعث کاهش بار حرارتی ساختمانی و در نتیجه کاهش مصرف انرژی خواهد شد. استفاده از ابزار بررسی کیفی مکس کیودا و روش فراترکیب، روش قابل اعتمادی برای دسته‌بندی و بررسی اصولی یافته پژوهشگران در گذشته و در نتیجه کمک به پژوهشگران آتی برای

پوسته ساختمان به‌عنوان واسطه بین فضای داخل و خارج و یکی از مهم‌ترین ابزار کنترل حرارتی ساختمان، نقش مهمی را در کاهش یا افزایش بار حرارتی ساختمان داراست. پوسته ساختمان، از نظر عملکرد حرارتی دارای نقص‌های آشکار و پنهان است که نقایص آشکار به‌وسیله مطالعه و نقایص پنهان به‌وسیله ابزار، قابل کشف و ارزیابی است و در این میان نرم‌افزارهای کنترل حرارتی به ما کمک می‌کند که این نقایص را با کنترل حرارت، ارزیابی و رفع نموده و به افزایش عملکرد مثبت حرارتی

جدول ۵. پیشنهاد برای طراحان معماری، سازندگان و مجریان ساختمانی بر اساس مقوله‌ها و کدهای به‌دست آمده از نرم‌افزار مکس کیودا؛ ماخذ: نگارندگان

پیشنهاد برای طراحان معماری، سازندگان و مجریان ساختمان اصول طراحی معماری بر اساس مقوله‌ها و کدهای برگرفته از نرم‌افزار مکس کیودا	بهره‌گیری از پنجره‌های دوجداره/عدم استفاده از پنجره سه جداره در لایه های بیرونی ساختمان برای کاهش بار حرارتی بنا
	بهره‌گیری از جهت مناسب قرارگیری پنجره‌ها در اقلیم مورد طراحی برای کاهش بار حرارتی بنا
	استفاده از فرم مناسب بام در هر اقلیم
	استفاده از بام‌های مختلف نظیر بام سبز برای کاهش بار حرارتی بنا در ساعات و فصول مختلف طبق نتایج تحقیقات گذشته
	استفاده از دیوارهای مختلف نظیر دیوار ترومب در اقلیم سرد برای کاهش بار حرارتی ساختمان
	بررسی مصالح رایج و مفید در هر شهر و اقلیم و استفاده از آن‌ها برای هر جز از پوسته بنا
	بهره‌گیری از سایه‌اندازی بام برای کاهش بار حرارتی ساختمان
	استفاده از سیستم‌های پویا و لایه‌بندی پوسته برای ساختمان‌ها در اقلیم‌های مختلف
	بهره‌گیری از فناوری‌های نوین نماسازی متناسب با هر اقلیم برای کاهش بار حرارتی
	تلفیق صحیح سیستم‌های مکانیکی با الگوهای طراحی متناسب با هر شهر و اقلیم
استفاده از سایبان‌های آزمایش شده برای هر اقلیم	

## مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۴۷ تابستان ۹۶  
No.47 Summer 2017

۴۴۵

- انتخاب موضوع پژوهش و کمک به طراحان و سازندگان برای طراحی و ساخت یک بنای بهینه خواهد بود. در این بین باید توجه داشت که یافته پژوهش در حوزه معماری بوده و علیرغم استفاده از نرم‌افزارها و پارامترها و اعداد و فرمول‌ها، آنچه به‌عنوان نتیجه ارائه می‌شود، یک نتیجه در حوزه معماری باشد.
- قدردانی: در این موقعیت از راهنمایی‌های آقای دکتر احمدرضا قاسمی و آقای دکتر حمید زاده در زمینه روش تحقیق کیفی و استفاده از نرم‌افزار مکس کیودا و همچنین از زحمات خانم مهندس ملیحه محمدی حسینی نژاد که بدون زحمات ایشان این پژوهش به ثمر نمی‌رسید، قدردانی و تشکر می‌نمایم.
- منابع و ماخذ**
- دیکی، مارک، براون، جی زد، (۱۳۸۹) طراحی اقلیمی خورشید باد نور، ترجمه سعید آقایی، انتشارات پرهام نقش، تهران، ایران.
  - صادقی روش، محمدحسن، (۱۳۸۹) مقایسه میزان آسایش حرارتی انسان در شرایط آب و هوایی خشک و مرطوب (مطالعه موردی شهر یزد و ساری)، فصلنامه خشک بوم، جلد ۱، شماره ۲، تهران، ایران.
  - صفامنش، کامران، (۱۳۸۱) شخصیت شکلی معماری امروز ایران، فصلنامه ما، دوره سوم، تهران، ایران.
  - قاسمی، احمدرضا، رعیت پیشه، محمدعلی، ۱۳۹۴، ارائه مدلی برای ارزیابی پایداری زنجیره تأمین با رویکرد فراترکیب، پژوهشنامه مدیریت اجرایی، سال هفتم، شماره چهاردهم، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.
  - کسمایی، مرتضی، (۱۳۸۲) اقلیم و معماری، انتشارات مرکز معماری ایران، تهران، ایران.
  - لکنر، نربرت، (۱۳۸۵) سرمایه‌گر، گرمایش، روشنایی، رویکردهای طراحی برای معماران، ترجمه رحمان آذری، محمدعلی کی نژاد، انتشارات دانشگاه هنر اسلامی تبریز، چاپ اول، تبریز، ایران.
  - محمد، شقایق، (۱۳۹۲) مطالعه رفتار حرارتی مصالح رایج در ساخت دیوار. مطالعه موردی: ساختمان‌های مسکونی شهر تهران، نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، دوره ۱۸، شماره ۱، تهران، ایران.
  - مسندی، مریم، حیدری، شاهین، (۱۳۸۹) شبیه‌سازی بام‌ها؛ راهکار بررسی دقیق تأثیرات دمایی در محیطی مجازی، هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، شماره ۴۲،

تهران، ایران.

• مهدوی نژاد، محمدجواد، (۱۳۹۲) الگوی انرژی دوستی در ساختمان بر اساس رفتار حرارتی بام، نقش جهان، سال سوم، شماره ۲، تهران، ایران.

• مهدی زاده سراج، فاطمه، جاپلغی، غلامرضا، صنایعیان، هانیه، (۱۳۹۳) تأثیر وجود پیش ورودی بر رفتار حرارتی فضای اصلی در اقلیم گرم و خشک ایران (بررسی خانه‌های قدیمی شهر یزد)، نشریه علمی- پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، شماره ۸، تهران، ایران.

• مهدی زاده سراج، فاطمه، دانش، محمد مهدی، صنایعیان، هانیه، (۱۳۹۳) تأثیر تعداد جداره‌های لایه درونی و بیرونی نماهای دوپوسته بر میزان مصرف انرژی ساختمان‌های اداری و آموزشی، نشریه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره شانزدهم، شماره سه، تهران، ایران.

• مهران، سعید، رضانی، بابک، (۱۳۹۰) آموزش تجزیه و تحلیل شدت تابش انرژی خورشید و ارائه روش‌های بهینه، فصلنامه فن و هنر، تهران، ایران.

• نیلسن، هالگر گوک، (۱۳۸۵) تهویه طبیعی راهنمای طراحی اقلیمی مناطق گرم، ترجمه محمد احمدی نژاد، نشر خاک، تهران، ایران.

• Albatayneh, aiman, Alterman, dariusz, Page, adrian, Moghtaderi, behdad, 2015, Assessment of the thermal performance of complete buildings using adaptive thermal comfort, Elsevier.

• Korniyenko, sergey, 2015, evaluation of thermal performance of residential building envelope, Elsevier.

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۴۷ تابستان ۹۶  
No.47 Summer 2017

■ ۴۴۶ ■