

معاصر سازی عنصر فخر و مدین جهت کاربرد در معماری شهر کاشان

مهلا باسره*، محمدجواد ابوفاضلی**، مهدی معتمدمنش***

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۵/۳۱ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۹/۰۴

چکیده

نظر به اهمیت نور طبیعی مناسب در معماری، این پژوهش با هدف بازخوانی و به کارگیری الگوی بهینه فخر و مدین در معماری مسکونی معاصر اقلیم گرم و خشک انجام شد. روش تحقیق ترکیبی، و با یکپارچه سازی بررسی های اسنادی و میدانی، تحلیل توصیفی-تحلیلی، و شبیه سازی رایانشی در راینو/گرس هاپر با افزونه های هانی بی و لیدی باگ می باشد. در مدلسازی، شرایط اقلیمی و تابش خورشید شهر کاشان برای یک اتاق مسکونی با ابعاد استاندارد ارزیابی گردید. نتایج نشان می دهد هندسه و درصد پروخالی فخر و مدین، شدت و کیفیت ورود نور در جهات مختلف را تعیین می کند و نیازمند طراحی موضعی است؛ به ویژه، کاربست آن در جبهه جنوبی، در زمستان ها کنترل مطلوب تری فراهم می آورد. در میان الگوهای متداول، الگوی شش ضلعی نامناسب ترین و «هندسه ترکیبی ۲» کاراترین عملکرد را داشت. پژوهش حاضر نشان می دهد باززنده سازی هوشمندانه فخر و مدین علاوه بر تقویت هویت معماری، به بهینه سازی مصرف انرژی و ارتقای آسایش دیداری در ساختمان های معاصر کمک می کند.

واژه های کلیدی

فخر و مدین، نور، اقلیم گرم و خشک، فضای مسکونی، بهینه سازی مصرف انرژی.

* دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

** دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

*** استادیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران (مسئول مکاتبات).

Email: m_basereh@modares.ac.ir

Email: m_aboufazeli@modares.ac.ir

Email: m.motamed@modares.ac.ir

ORCID: 0000-0001-9799-0562

مقدمه

معماری معاصر ایران در میانه میدانی پرتنش، میان هویت غنی بومی-اقلیمی و جذابیت‌های جهان‌شمول مدرن، گرفتار آمده است؛ بحرانی که با ورود مدرنیته شکل گرفت و ابعاد فرهنگی و اجتماعی کشور را نیز تحت تأثیر قرار داد. این چالش در اقلیم گرم و خشک، که بخش وسیعی از کشور ما را در بر می‌گیرد، پیامدهای ملموس‌تری دارد: افزایش نجومی مصرف انرژی در ساختمان‌ها برای تامین سرمایش و روشنایی، و همزمان، افت کیفیات محیطی و دوری از الگوهای آسایشی که روزگاری در کالبد خانه‌های تاریخی‌مان تجسد یافته بود. با این حال، معماری ایرانی همواره توانسته است با تکیه بر الگوهای پایدار و ارزشمند خود، بیان متناسبی با شرایط اقلیمی و نیازهای کارکردی ارائه دهد (امی احمدی و محمودی، ۱۳۹۶). پرسش اساسی این است که تداوم این رویکرد در عصر حاضر چگونه می‌تواند محقق شود؟ در این مسیر، واکاوی اصول بنیادین معماری ایرانی، به ویژه پرهیز از بیهودگی به معنای طراحی براساس نیازها و استفاده بهینه از عناصر (پیوسته‌گر و همکاران، ۱۳۹۶) راهگشا است. در معماری تاریخی ایران، عناصری به چشم می‌خورند که علاوه بر زیبایی ظاهری، واجد کارکردهای فیزیکی مهمی هستند. عناصر مشبک نورگیر، به‌ویژه فخر و مدین، نمونه‌ای درخشان از این تفکر هستند که علاوه بر نقش حیاتی در روشنایی‌بخشی و جنبه معنوی نور (حائری، ۱۳۸۸)، بهینه‌سازی عملکرد بنا را موجب می‌شده‌اند. حضور هوشمندانه نور در معماری سنتی که از طریق ترکیب هنرمندانه این اجزا محقق می‌شد، به ماده معنا می‌بخشید (حمزه‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۹).

با این وجود، فقدان اصلی که این پژوهش قصد پر کردن آن را دارد، دوجبه‌ای است: از یک سو، امروزه شاهد استفاده روزافزون از نورپردازی مصنوعی هستیم و توجه به تأثیر نور طبیعی در فضا و قابلیت‌های بی‌بدیل آن در بهبود کیفیت معماری به فراموشی سپرده شده است (Makani et al., 2012). از سوی دیگر، در پژوهش‌های پیشین مرتبط با عنصر فخر و مدین اگرچه به کارکردهای کالبدی-معنایی آن اشاره شده، اما ارزیابی کمی و مقایسه‌ای نظام‌مند از عملکرد نورگیری الگوهای مختلف آن در جهات جغرافیایی گوناگون و با ابزارهای شبیه‌سازی دینامیک، مغفول مانده است. مداخله این پژوهش، پاسخی مستقیم به این خلأ است. پژوهشگران حاضر به دنبال بازخوانی صرفاً تاریخی یا زیبایی‌شناختی نبوده، بلکه بازطراحی هوشمندانه و اقلیم‌محور این عنصر را با رویکردی فناورانه و کارکردگرا دنبال می‌کنند. پرسش محوری این است: کدام یک از الگوهای هندسی شایع فخر و مدین در خانه‌های تاریخی کاشان و در کدام جهت جغرافیایی، می‌تواند در یک فضای مسکونی معاصر، بهینه‌ترین تعادل را بین تأمین

روشنایی مفید روز^۱ و جلوگیری از نور مزاحم و خیرگی فراهم آورد؟ برای پاسخ به این پرسش، از شبیه‌سازی رایانه‌ای پارامتریک بهره می‌بریم. این مداخله، ما را از پژوهش‌های پیشین متمایز می‌سازد؛ چرا که ما با ارائه یک ماتریس عملکردی، به صورت کمی مشخص می‌کنیم که هر الگو در کدام جهت و فصل، بهترین بازدهی را دارد. پیامد مستقیم این مداخله، فراتر از تأیید تجربی عملکرد این عنصر، ارائه دستورالعملی عملی برای معماران معاصر است تا بر مبنای داده‌های کمی، به بازآفرینی هوشمندانه فخر و مدین بپردازند. این اقدام در نهایت به کاهش مصرف انرژی، ارتقای آسایش بصری ساکنان و تحقق دوباره اصل پرهیز از بیهودگی در معماری معاصر اقلیم گرم و خشک منجر خواهد شد.

شهر کاشان که یکی از مهمترین شهرهای اقلیم گرم و خشک است به‌عنوان نمونه مورد پژوهش انتخاب گردید. این شهر در طول تاریخ به دلایل متعدد همچون موقعیت جغرافیایی و توجه سلاطین بدان، آب و هوای خاص، و بویژه وجود معماران با تجربه، از غنی‌ترین شهرها به لحاظ معماری بوده است (نراقی، ۱۳۷۴). از اینرو شایسته است معماری معاصر این شهر در تداوم این حرکت تاریخی شکل گیرد. خانه‌های تاریخی کاشان همواره در هماهنگی با اقلیم ساخته شده، با هنرهای محلی آراسته می‌گشت، گویی برای زندگی در فصول چهارگانه سال تجهیز شده بود (نراقی، ۱۳۷۴). آثار معماری این شهر به منزله بانکی غنی از دانش معماری پیشینیان به شمار می‌روند که پایداری آن‌ها در گذر سال‌های طولانی و در یک جغرافیای نامساعد می‌تواند نویدبخش کاربردی بودن آن برای آیندگان باشد.

پیشینه پژوهش

بررسی جامع پژوهش‌های پیشین (جدول ۱) در حوزه عناصر مشبک و به‌طور اخص فخر و مدین نشان می‌دهد که این مطالعات را می‌توان در سه دسته اصلی تحلیلی-تاریخی، کاربردی-انرژی و معاصر سازی-فناورانه طبقه‌بندی نمود. این دسته‌بندی امکان درک روشن‌تری از سیر تکامل موضوع و شناسایی دقیق‌تر خلأ پژوهشی حاضر را فراهم می‌آورد.

دسته اول: مطالعات تحلیلی-تاریخی

این دسته از پژوهش‌ها عمدتاً با روش توصیفی-تحلیلی به واکاوی سیر تحول، مفاهیم معنایی و کارکردهای فرهنگی-اجتماعی فخر و مدین پرداخته‌اند. برای نمونه، (بلالی اسکویی و همکاران، ۱۴۰۰) و (نژاد ابراهیمی و توران پور، ۱۳۹۷) به ترتیب، هفت شاخصه کالبدی-معنایی این عنصر در بناهای آرامگاهی و نقش آن در ایجاد حس مکان

را بر شمرده‌اند. اشتراک این تحقیقات، تأکید بر ابعاد هویتی و فراتر رفتن از نگاه صرفاً تزئینی است. با این حال، افتراق اصلی آنها با پژوهش حاضر در عدم پرداخت به ارزیابی کمی عملکرد محیطی (مانند نورگیری) و ارائه دستورالعمل کاربردی برای معماری معاصر است.

دسته دوم: مطالعات کاربردی-انرژی

محوریت این دسته، بررسی عملکرد عناصر مشبک در کنترل عوامل محیطی و بهینه سازی انرژی است. مطالعاتی مانند (قائمی نیا و حکیم زاده، ۱۳۹۶) بر عملکرد بادشکنی، و پژوهش های (اختر کاوان و شفیع، ۱۴۰۲) و (مهیاری و همکاران، ۱۴۰۱) بر کاهش مصرف انرژی متمرکز بوده‌اند. اشتراک این پژوهش ها با کار حاضر، نگاه کارکردگرایانه و توجه به بهینه سازی انرژی است. همچنین، مطالعاتی مانند (Islami & Jafari, 2022) و (Babaei et al., 2013) به طور خاص به رابطه بین هندسه و عملکرد نورپردازی مشبک ها پرداخته‌اند که اشتراک مفهومی عمیقی با هدف این پژوهش دارد. اما افتراق بنیادین آنها در این است که موضوع مورد مطالعه آنها عناصر مشبک به صورت عام بوده و تمرکز تخصصی بر عنصر فخر و مدین با تعریف مشخص و الگوهای هندسی منحصر به فرد آن در معماری تاریخی ایران نداشته‌اند.

دسته سوم: مطالعات معاصر سازی-فناورانه

این دسته از تحقیقات با بهره گیری از فناوری های دیجیتال، به احیای عناصر سنتی می پردازند. برای مثال، (جاوید روزی و شیبانی، ۱۳۹۵)

و (یلدایی و راد، ۱۴۰۰) به باز آفرینی پارامتریک الگوهای آجری توجه کرده‌اند. همچنین، (مهدوی نژاد و کیا، ۱۳۹۸) و (صفایی تبار و همکاران، ۱۳۹۶) به ترتیب به معاصر سازی شبک و طراحی پوسته های پارامتریک برای کنترل نور پرداخته‌اند. اشتراک این تحقیقات با پژوهش حاضر، استفاده از ابزارهای نوین شبیه سازی و نگاه آینده نگر به میراث معماری است. با این حال، افتراق اساسی کار حاضر با این گروه، موضوع محوری و دقت مقایسه ای است. پژوهش های پیشین یا به عنصری غیر از فخر و مدین (مانند شبک) پرداخته‌اند و یا اگر به آجرکاری اشاره کرده‌اند، مقایسه نظام مند عملکردی الگوهای مختلف هندسی فخر و مدین در جهات جغرافیایی گوناگون را در دستور کار قرار نداده‌اند.

با وجود غنای مطالعات پیشین، هیچ پژوهشی یافت نشد که با استانداردهای طراحی شرایط محیطی و با استفاده از مدل سازی رایانه ای دینامیک، به مقایسه کمی میزان و کیفیت نور عبوری از الگوهای مختلف و شایع فخر و مدین در جهات اصلی جغرافیایی بپردازد. بنابراین، این پژوهش نه تنها در پی تأیید تجربی عملکرد این عنصر است، بلکه قصد دارد با پر کردن این خلأ روشی، یک دستورالعمل طراحی مبتنی بر شواهد ارائه دهد. خروجی نهایی این تحقیق، یک ماتریس بهینه یابی خواهد بود که به معماران می گوید برای دستیابی به حداکثر آسایش بصری و بهینه سازی انرژی در یک جهت خاص در اقلیم کاشان، کدام هندسه از فخر و مدین کاراترین گزینه است. این امر، تمایز اصلی و ارزش افزوده این مطالعه در مقایسه با پژوهش های پیشین محسوب می شود.

جدول ۱. مروری بر پیشینه پژوهش
Table 1. An overview of the research background

گروه	نویسندگان، سال انتشار	هدف	روش	نتیجه
مطالعات تحلیلی-تاریخی	بلالی اسکویی و همکاران، ۱۴۰۰	بررسی سیر تحول فخر و مدین در بناهای آرامگاهی در دوره های ایلخانی، تیموری و صفوی	توصیفی-تحلیلی	در بناهای آرامگاهی این دوران ها فخرمدین در قالب هفت شاخصه کالبدی-معنایی تدوین، که شامل موارد ذیل می گردد؛ آسایش محیطی، امنیت، تعامل بصری، معنویت، شفافیت، حریمیت و زیبایی
	نژاد ابراهیمی و توران پور، ۱۳۹۷	استفاده از فخرمدین برای ایجاد حس مکان در بناهای تاریخی	توصیفی-تحلیلی	این عنصر در هر دوره با کارکردی مشخص (ایجاد آسایش محیطی، امنیت، تعامل بصری، حریمیت و زیبایی) کاربرد داشته است.
مطالعات کاربردی-انرژی	قائمی نیا و حکیم زاده، ۱۳۹۶	مقابله با فرسایش بادی با احداث بادشکن های غیرزنده	مدل سازی-بهینه یابی	معرفی الگوی مشبک بهینه جهت استفاده در بادشکن غیر زنده

ادامه جدول ۱. مروری بر پیشینه پژوهش
Continue of Table 1. An overview of the research background

گروه	نویسندگان، سال انتشار	هدف	روش	نتیجه
مطالعات کاربردی - انرژی	Islami & Jafari, 2022	بررسی اهمیت دیافراگم بر شفافیت، عبور نور و کنترل خیرگی	شبیه سازی	هندسه دیافراگم تاثیر بسزایی بر عملکرد مشبک ها دارد و این میان مشبک های با دیافراگم افقی عملکرد بهتری نسبت به مشبک های مربعی و عمودی دارند.
	اخترکاو و شفیعی، ۱۴۰۲	تعیین تناسبات باز شو در مجتمع های مسکونی اقلیم گرم و خشک ایران	توصیفی - تحلیلی بر پایه شبیه سازی	ارائه نسبت مناسب پنجره برای نور گیری بهینه و کاهش مصرف انرژی در اقلیم گرم و خشک
	Babaei et al., 2013	بررسی انواع مشبک ها با رویکرد شفافیت و نور	توصیفی - تحلیلی و بهره مند از شبیه سازی	عوامل تاثیر گزار بر شدت نور عبوری با رویکرد شفافیت را در عناصر مشبک معرفی می نماید.
	مهیاری و همکاران، ۱۴۰۱	معرفی پوسته تطبیق پذیر در نما جهت کاهش مصرف انرژی	توصیفی - تحلیلی بر پایه شبیه سازی	دستیابی به الگوی پوسته ساختمان با الهام از سازگاری موجودات زنده با محیط پیرامونشان بنحوی که با کنترل متغیرهای محیطی بتوان مصرف انرژی را کاهش داد.
مطالعات معاصر سازی - فناوریانه	مهدوی نژاد و کیا، ۱۳۹۸	ارائه راه حلی برای احیای عنصر شبک	توصیفی - تحلیلی بر پایه شبیه سازی	اجرای مجدد شبک با الگوی بهینه در نماهای شهری علاوه بر حفظ ارزش های فرهنگی و معماری که جواب مناسبی به بحران انرژی خواهد بود.
	یلدایی و راد، ۱۴۰۰	معاصر سازی ساختار مدولار الگوهای گذشته در نمای بناهای امروزی	توصیفی - تحلیلی	استفاده از الگوهای تاریخی بافت های آجری شهر تبریز و استفاده از آن ها به صورت مدولار در نماهای معاصر
	صفایی تبار و همکاران، ۱۳۹۶	دستیابی به یک پوسته پارامتریک که ورود نور در فضای مسکونی را بهینه کند.	شبیه سازی	استفاده از پوسته مشبک نور مزاحم را تا میزان زیادی کنترل می کند و سبب دستیابی به نور گیری بهینه و کاهش خیرگی می شود.
	جاویدروزی و شیبانی، ۱۳۹۵	احیای هنر آجر کاری با تکیه بر روش های جدید	شبیه سازی	آجر کاری ایرانی با الگو هندسی مشخص و خاصیت خود متشابهی و مدولار بودن می تواند در قالب فن آوری مدرن باز آفرینی شوند.

روش شناسی پژوهش

کمی، این مدل ها مورد آزمایش قرار گرفته اند. این رویکرد به حداکثرسانی نقاط قوت هر دو روش و دستیابی به درکی عمیق تر و کاربردی تر از موضوع منجر می شود (گروت و وانگ، ۱۳۸۵، -۳۷۰-۳۶۸).

این پژوهش با روش ترکیبی^۲ و در دو فاز کیفی و کمی^۳ انجام شده است. در این طرح، ابتدا داده های کیفی گردآوری و تحلیل شده اند تا چارچوب و مدل های ورودی برای فاز کمی فراهم آیند. سپس در فاز

فاز اول: پژوهش کیفی (استخراج و طبقه‌بندی الگوهای هندسی)

هدف این بخش استخراج، مستندسازی و طبقه‌بندی الگوهای شایع فخر و مدین و محل قرارگیری آن‌ها در خانه‌های تاریخی کاشان است. چهار خانه تاریخی شاخص کاشان (طباطبایی‌ها، بروجرودی‌ها، عامری‌ها و عباسیان) به عنوان نمونه‌های هدفمند انتخاب شدند.

مطالعات اسنادی با بررسی متون و منابع مرتبط با معماری کاشان و عناصر مشبک صورت می‌گیرد. بازدیدهای مستقیم و عکسبرداری حرفه‌ای از کلیه نمونه‌های فخر و مدین موجود در این بناها در غنای کار موثر می‌افتد. داده‌های میدانی با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مرحله، الگوهای هندسی فخر و مدین شناسایی، ترسیم و بر اساس شکل هندسی (شش‌ضلعی، ترکیبی، چلیپا، لوزی) و مصالح (آجر، کاشی) طبقه‌بندی شدند. همچنین، محل استقرار آن‌ها (جهت جغرافیایی، نوع فضا) مستندسازی گردید. خروجی این فاز، پنج الگوی هندسی غالب بود که به مثابه مدل‌های پایه برای ورود به فاز شبیه‌سازی کمی انتخاب شدند.

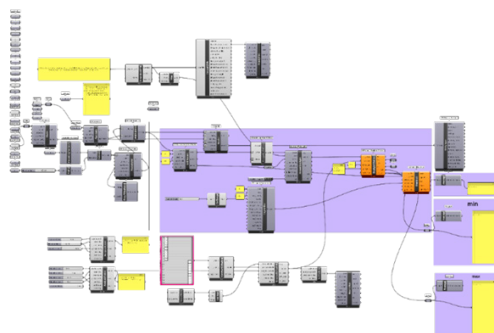
فاز دوم: پژوهش کمی (شبیه‌سازی و ارزیابی عملکرد نورگیری)

هدف ارزیابی کمی و مقایسه عملکرد نورگیری پنج الگوی استخراج‌شده در فاز کیفی، در جهات مختلف جغرافیایی است. این فاز بر پایه روش شبیه‌سازی رایانه‌ای و با رویکرد آزمایشگری عددی انجام شده است.

براساس مباحث ۴ و ۱۹ مقررات ملی ساختمان، یک اتاق مسکونی استاندارد با ابعاد $2/7 \times 4/44 \times 2/6$ متر (عرض $\times$ عمق $\times$ ارتفاع) و مساحت 12 مترمربع به عنوان مدل پایه برای شبیه‌سازی انتخاب شد (دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان، ۱۳۹۶؛ دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، ۱۴۰۴). همچنین، یک بازشوی استاندارد به ابعاد $1/5 \times 1$ متر (عرض $\times$ ارتفاع) در مرکز هر نما در نظر گرفته شد. مدل مجازی در موقعیت جغرافیایی شهر کاشان (طبق تقسیم‌بندی کوپن ۴، اقلیم گرم و خشک) قرار داده شد. چراکه تابش مستقیم آفتاب در این

اقلیم بسیار شدید بوده و آسمان این مناطق در بیش‌تر مواقع از سال بدون ابر است (کسمائی، ۱۳۸۴). داده‌های آب‌وهوایی مورد نیاز برای شبیه‌سازی از پایگاه معتبر climate.onebuilding.org استخراج گردید (فرناد و همکاران، ۱۴۰۲).

برای ایجاد مدل سه‌بعدی فضا و الگوهای فخر و مدین (شکل ۱) از نرم‌افزار مدل‌سازی راینو^۵ استفاده گردید. پلتفرم شبیه‌سازی پارامتریک در محیط گرس‌هاپر^۶ خواهد بود. افزونه‌های تحلیل محیطی در این محیط شامل لیدی‌باگ^۷ برای تبدیل داده‌های اقلیمی و تعریف پارامترهای شبیه‌سازی، و هانی‌بی^۸ برای انجام شبیه‌سازی نور روز با استفاده از موتورهای محاسباتی است (Sadehipour Roudsari et al., 2013). موتورهای محاسباتی شامل ریدیانس^۹ برای شبیه‌سازی نور و دیسیم^{۱۰} برای تحلیل نور روز بر مبنای مدل آسمان کامل و در بازه‌های سالانه (Goharian et al., 2022) است. در این روش، شبیه‌سازی در یک مسیر پارامتریک سیستماتیک انجام می‌گردد (Toutou et al., 2018). شاخص روشنایی مفید نور روز (UDI) در محدوده ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ لوکس به عنوان معیار اصلی عملکرد نورگیری تعیین گردید (Nabil & Mardaljevic, 2006). جهت ایجاد مدل‌های آزمون، هریک از پنج الگوی هندسی فاز کیفی، به صورت پارامتریک بر روی بازشوی مدل پایه اعمال شد. برای هر الگو، شبیه‌سازی به صورت مجزا برای چهار جهت اصلی جغرافیایی (شمال، جنوب، شرق، غرب) انجام شد. شبیه‌سازی سالانه نور روز برای بازه ساعات ۸:۰۰ تا ۱۷:۰۰ اجرا گردید. خروجی به صورت نقشه‌های توزیع نور و داده‌های کمی میانگین UDI برای هر سناریو استخراج شد. در نهایت، عملکرد هر الگو در هر جهت، هم با شرایط بدون فخر و مدین (حالت پایه) و هم با یکدیگر مقایسه گردید تا الگوی بهینه در هر شرایط شناسایی شود. نهایتاً با توجه به تغییر زاویه تابش خورشید و افزایش نور مزاحم در زمستان (بدلیل مایل بودن زاویه تابش و افزایش عمق نفوذ) تاثیر فخر و مدین در جبهه جنوبی در این فصل بررسی می‌گردد.



شکل ۱. الگوریتم شبیه‌سازی نور روز توسط نرم‌افزار رادینس در پلاگین هانی‌بی و لیدی‌باگ

Figure 1. Daylight simulation algorithm by Radiance software in Honeybee and Ladybug plugins

چهارچوب نظری پژوهش

الف) عناصر نورگیری در معماری مناطق گرم و خشک ایران

نور نقش مهمی در خلق فضایی مطلوب در معماری دارد. به منظور تنظیم و هدایت نور طبیعی به داخل فضا، عناصر نورگیری در معماری سنتی ایران، به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: الف) کنترل‌کننده‌های نور شدت و زاویه تابش نور خورشید را تنظیم، به مثابه فیلتری عمل می‌کنند که نور را به صورت مطلوب به فضا هدایت می‌کنند. از جمله آنها می‌توان به انواع سایه‌بان‌ها، رواق‌ها، تابش‌بندها و ساباط‌ها اشاره کرد. ب) نورگیرها به طور مستقیم نور را به داخل فضا می‌آورند و شامل روزن، شبک، در و پنجره‌های مشبک، جامخانه، هورنو، ارسی، روشندان، فریز و خوون، گلجام، پالکانه، فنزر، پاچنگ و تهرانی می‌شوند (نعمت گرگانی، ۱۳۸۱). هریک از این عناصر، با توجه به شرایط اقلیمی و ویژگی‌های معماری هر منطقه، شکل و کارکرد خاصی داشته‌اند. برای نمونه، در مناطق گرم و خشک، از عناصر کنترل‌کننده نور مانند سایه‌بان‌ها و رواق‌ها برای کاهش شدت تابش آفتاب و ایجاد سایه استفاده می‌شده است. در حالی که در مناطق سردسیر، از عناصر نورگیر مانند هورنو و جامخانه برای جذب حداکثر نور استفاده می‌کردند.

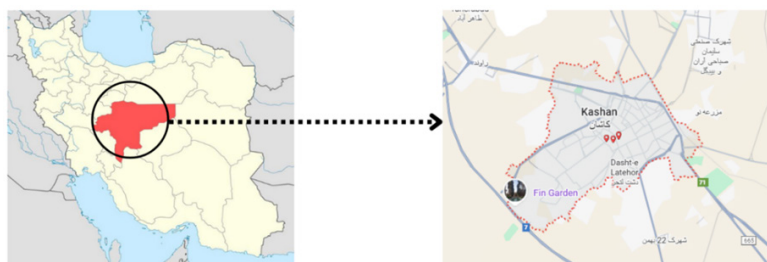
در جهان‌بینی اسلامی همچون بسیاری از دیگر ادیان آسمانی نور روز از جایگاه ارزشمندی برخوردار است. هنرمندان مسلمان کوشیده‌اند تا در آثار خود از نور به عنوان نماد و مظهری که تعامل و نزدیکی با وحدت الهی را ممکن می‌سازد حداکثر بهره را ببرند (بلالی اسکویی و همکاران، ۱۴۰۰). در معماری اسلامی از نور در نقش پدیده‌ای فراتر از ماده بهره گرفته شده، جهت هدایت آن به فضاهای داخلی و ایجاد فضایی معنوی شیوه‌های مختلف بکار بسته می‌شد (بمانیان و نیکودل، ۱۳۹۳). در حقیقت به همان میزان که بهره‌گیری از نور اهمیت داشت، چگونگی امکان حضور آن در فضا مورد توجه قرار داشت. نور مستقیم خورشید مهم‌ترین عامل افزایش دما در فضای داخلی محسوب می‌شود؛ تابش مستقیم خورشید از طریق افزایش حرارت در سقف، کف و دیوارهایی که در معرض تابش هستند با افزایش دمای هوا می‌تواند باعث آزار کاربران شود. استفاده از ساختارهای مشبک که ضمن مسدود نمودن تشعشع مستقیم خورشید در فصول گرم سال امکان نفوذ نور ملایم تا عمق فضا و تامین روشنایی مورد نیاز را فراهم می‌آورد از جمله روش‌هایی است که در معماری ایران کاربرد داشت. یکی از این عناصر، فخر و مدین است. «فخر» در زبان فارسی به معنای «گل (سفال) پخته» است؛ «مدین» به معنای مادگی (فرورفتگی) است. فخر و مدین «به دیواری گفته می‌شود که با گل پخته، سفال یا کاشی ساخته شده و روزن‌های کوچکی در میان آن درمی‌آید» (پیرنیا

و معاریان، ۱۳۷۸؛ فلاسکی و همکاران، ۱۳۹۶). این عنصر علاوه بر عملکرد تزئینی، کارکردهای مهم کالبدی از جمله تهویه هوا و تلطیف نور را در پی داشته است. مفهوم فخر و مدین متأثر از نوع و جنس مصالح، رنگ و یا هندسه به کار گرفته شده در ساخت آن است (بلالی اسکویی و همکاران، ۱۴۰۰). به دلیل بدنه مشبک این عنصر، در حصار باغ‌ها و کالبد ابنیه به منظور نوررسانی، بازی نور و سایه، توجه به مسأله حریمیت و جلوگیری از دید مستقیم به درون فضا، نیز ایمنی و حفاظت از ایوان‌ها و مهتابی‌ها کاربرد داشته است (بلالی اسکویی و همکاران، ۱۴۰۰).

معماران ایرانی با روش‌ها و عناصر مختلف ماده مکعب بنا را تا حد امکان توسط حیاط‌ها، ایوان‌ها، گشادگی‌ها، روزنه‌ها و نورگیرها به فضایی شفاف تبدیل کرده، حداقلی از ماده که برای برپا ماندن بنا لازم بود را باقی می‌گذارند (میرمیران، ۱۳۷۷، ۹۵). در حقیقت شفافیت که از اصول مهم هستی می‌باشد، برجسته‌ترین خصوصیت معماری ایران است که آن را از معماری سایر سرزمین‌ها متمایز می‌کند (میرمیران، ۱۳۷۴). شفافیت کیفیتی از فضا در معماری ایران است که در رابطه با درون و بیرون سطوح ایجاد شده و از صلیبیت آن می‌کاست (دری و طلایچی، ۱۳۹۶). بروز عناصر متنوع مشبک در معماری این سرزمین در پاسخ به این اندیشه بوده است. از سوی دیگر، با توجه به اینکه مسئله حریمیت جزئی لاینفک از فرهنگ و اعتقادات مردم ایران زمین بوده، در معماری نیز مورد توجه طراحان قرار داشته و از دیوارهای متخلخل یا عناصر مشبک به منظور ایجاد حریمیت استفاده می‌شده است (نعمت گرگانی، ۱۳۸۱). این امر، سبب ایجاد فضایی امن و تامین آرامش روانی می‌گردید (نژاد ابراهیمی و توران‌پور، ۱۳۹۷). طارمی‌ها و معجزها نیز با توجه به هندسه متخلخل‌شان، علاوه بر حفظ امنیت و جلوگیری از سقوط به طبقات پایین‌تر، سازگار با شرایط اقلیمی بودند و شرایط مطلوبی را برای تهویه هوا فراهم می‌ساختند (بلالی اسکویی و همکاران، ۱۴۰۰). از اینرو هفت عامل کالبدی-معنایی در کاربست فخر و مدین در معماری پدیدار می‌شوند که عبارتند از آسایش محیطی، تعامل بصری، امنیت و آرامش، معنویت، شفافیت، حریمیت و زیبایی بصری (شکل ۲).

ب) الگوهای مختلف فخر و مدین و محل قرارگیری آن

علی‌رغم تنوع در هندسه الگوهای فخر و مدین در کشور، تعداد محدودی از آن‌ها دارای دامنه تکرار از نظر تاریخی و جغرافیایی‌اند. بر اساس بررسی‌های میدانی نویسندگان، پنج فرم هندسی با مصالح آجر و کاشی که بیشترین تکرار را در خانه‌های تاریخی شاخص کاشان داشته‌اند در پژوهش حاضر بررسی شده‌اند (جدول ۲).



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی شهر کاشان و موقعیت قرارگیری خانه‌های تاریخی مدنظر
Figure 2. Geographical location of Kashan city and location of historical houses

جدول ۲. الگوهای فقر و مدین در خانه‌های تاریخی کاشان
Table 2. Patterns of Fakhr-o-Madin in the historical houses of Kashan

نام خانه / محل قرارگیری	الگو	ابعاد مدول (سانتی‌متر)	مدل سازی	محل قرارگیری در پلان
طباطبایی‌ها جداره‌های اسطبل طبقه اول				
عامری‌ها زیرزمین‌های شرق و غرب حیاط اصلی				
بروجردی‌ها زیرزمین شرقی				
بروجردی‌ها زیرزمین شمالی				
بروجردی‌ها زیرزمین جنوبی				

ج) شاخص‌های ارزیابی نور در آسایش آدمی

آسایش محیطی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت محیط زندگی انسان می‌باشد، زیرا شهر مانند خانه‌ای بزرگ برای زندگی است و باید دارای کیفیات و ویژگی‌هایی برای تأمین آسایش، راحتی و امنیت باشد. آسایش بصری شاخصه دیگر آسایش است؛ انسان همواره تحت تأثیر نور طبیعی قرار دارد و این ریتم بر شرایط زندگی او از جمله خواب، دمای بدن و حتی تغییرات هورمونی تأثیر دارد. نباید فراموش کرد که انسان در طول شبانه روز تحت تأثیر ریتم‌های نوری مختلف قرار دارد (چرمچی، ۱۳۹۷؛ حجازی‌زاده و کربلایی درئی، ۱۳۹۴). آسایش بصری تحت فاکتورهایی نظیر ابعاد فضا، کنترل تابش خورشید، محل قرارگیری روشنایی مصنوعی، عدم وجود خیرگی مستقیم و خیرگی ناشی از بازتاب نور قرار دارد (حقانی و همکاران، ۱۳۹۶؛ سالروند، ۱۳۹۳). آسایش حرارتی به معنی احساس خشنودی از دمای محیط می‌باشد؛ میزان فعالیت بدنی و لباس، عوامل اقلیمی مانند دمای هوا و سرعت باد و رطوبت هوا، از عوامل تأثیرگذار بر آسایش حرارتی محسوب می‌شوند (چرمچی، ۱۳۹۷؛ حجازی‌زاده و کربلایی درئی، ۱۳۹۴). عدم وجود آسایش حرارتی باعث احساس شدید گرما یا سرما در افراد شده، ممکن است به وسیله جریان هوای ناخواسته و اختلاف زیاد دما بین قسمت‌های بدن مشکلاتی پدیدار آید (چرمچی، ۱۳۹۷؛ حجازی‌زاده و کربلایی درئی، ۱۳۹۴). با توجه به تفاوت زاویه تابش خورشید در اقلیم‌های مختلف، شدت نور وارد شده به فضای داخلی متفاوت بوده، موجب ایجاد تغییراتی در عمق نفوذ و گستردگی نور می‌شود (حمزه‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۹). این افزایش یا کاهش بیش از حد نور، آسایش راحتی کاربران را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نورپردازی داخلی ساختمان‌ها و برقراری آسایش راحتی عاملی مهم در استفاده بهینه از انرژی خورشید است. از آنجاکه مقدار زیادی از نور خورشید از طریق پنجره‌ها وارد ساختمان می‌شود، در صورتیکه این نور دارای پخش یکنواخت و گستردگی مناسب در محیط باشد، آسایش تا میزان زیادی تأمین می‌گردد (حمزه‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۹). نور روز می‌تواند موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی، بهره‌وری بالا، آسایش راحتی و حرارتی، نیز برآورده شدن نیازهای فیزیولوژیکی و روانی انسان شود.

د) شناسایی متغیرهای مؤثر در دریافت نور روز

براساس تعریف گروه بین‌المللی نور، در محاسبه نور پردازی مطلوب یک فضا سه پارامتر کمیت نور، کیفیت نور و خیرگی نقش بسزایی دارند. به‌طور کلی آسایش بصری وابسته به دو پارامتر یکنواختی و خیرگی است و درعین حال شدت نور و کنترل نور نیز دو پارامتر تأثیرگذار در مصرف انرژی برای روشنایی هستند (مهدوی‌نژاد و کیا،

۱۳۹۸). نور پراکنده و یکنواخت می‌تواند باعث صرفه‌جویی انرژی و بهبود آسایش بصری شود (سیدالعسکری و نصراللهی، ۱۳۹۴). بازدهی روشنایی نور طبیعی از نور مصنوعی بیشتر است چراکه نور طبیعی، باعث کاهش مصرف انرژی الکتریکی و بار گرمایشی و بار سرمایشی می‌شود، همچنین گرمای به وجود آمده از تابش آفتاب کمتر از گرمایی است که لامپ‌های الکتریکی هنگام تولید مقادیر برابر نور به وجود می‌آورند (Fang, 2017; Mahdavinejad & Nazar, 2017). به جهت کاهش خیرگی و بهبود آسایش بصری در فضاها، باید نور را به‌صورت یکنواخت توزیع کرد، به‌صورتی که حداکثر و حداقل روشنایی در فضا، فاصله اندکی از هم داشته باشند (Lechner, 2001). این امر با استفاده از شبکه‌های مشبک آجری در مقابل بازشوها می‌تواند محقق گردد.

"روشنایی قابل استفاده نور روز (UDI)"، شاخص نسبی از دوره اشغال در طول یک سال است که روشنایی افقی در یک نقطه مشخص، در محدوده معینی باشد (Nabil & Mardaljevic, 2006). مقادیر تعیین شده برای این شاخصه در منابع مختلف متفاوت است، اما معمولاً در بازه بین ۳۰۰-۳۰۰۰ لوکس با عنوان محدوده کفایت نور معرفی می‌شود (Jakubiec, 2014). در تحلیل‌های پژوهش حاضر نیز این محدوده لحاظ گردید.

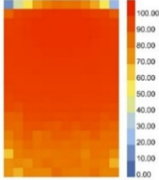
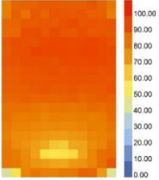
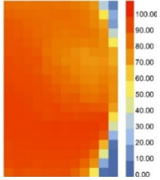
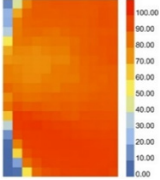
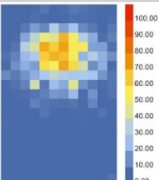
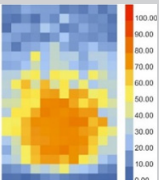
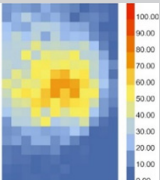
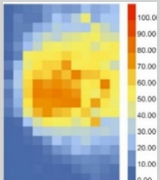
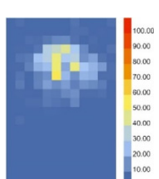
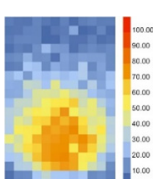
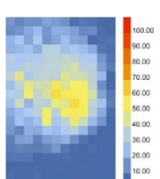
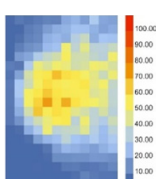
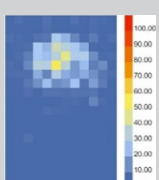
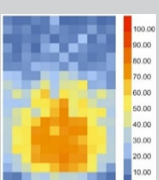
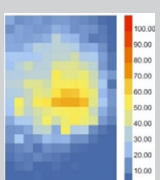
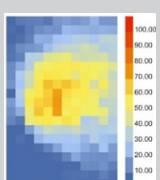
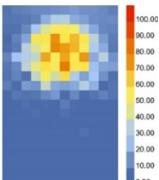
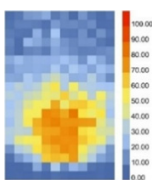
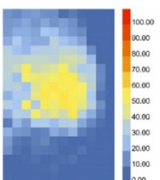
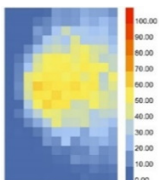
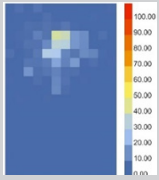
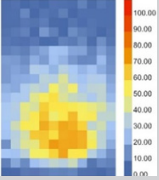
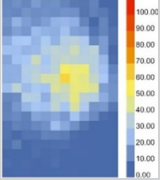
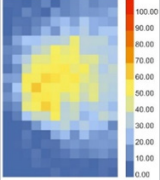
یافته‌ها و بحث

در مرحله اول پژوهش حاضر میزان شدت نور روز عبوری از پنجره بدون وجود عنصر فخر و مدین در هر چهار جهت جغرافیایی تحلیل شده، با افزودن عنصر فخر و مدین و مقایسه نتایج تحلیل‌ها، تأثیر وجود این عنصر نشان داده می‌شود. با مقایسه داده‌ها (جدول ۳) که یافته‌های این تحقیق را نمایش می‌دهد، وجود فخر و مدین در هر چهار جهت جغرافیایی تأثیر معناداری بر میزان ورود نور به داخل فضا و تلطیف آن دارد. همچنین استفاده از این عنصر در سنجش انرژی و بار سرمایش/گرمایش فضا تأثیرگذار خواهد بود. در فضاهای رو به شمال، ظهرهای تابستان نور بیش از سایر زمان‌ها وارد فضا می‌شود. در فضاهایی که رو به جنوب قرار می‌گیرند ظهرهای زمستان پذیرای نور بیشتری به داخل فضا است. استفاده از فخر و مدین در فضاهای رو به شرق و غرب موجب کم نورتر شدن آن‌ها در زمستان می‌شود.

در مرحله دوم، میانگین سالانه روشنایی مفید روز برای پنج هندسه غالب از فخر و مدین بررسی شده است. با فرض اینکه مساحت بازشوهای الگوهای هندسی تقریباً برابر و فاصله آنها در سطح بازشو ثابت در نظر گرفته شود، تحلیل‌های نرم‌افزاری نشان می‌دهد الگوی هندسی شش وجهی تقریباً بیشترین میزان نور را در جهات جنوب،

شرق و غرب عبور داده و بیشتر از چهار الگوی هندسی دیگر در جهت جنوب روشنایی مفید روز را تامین کرده است. الگوی هندسی لوزی نیز کمترین میزان نور را در همه جهات عبور داده است. در جبهه شمالی، به دلیل عدم تابش نور به طور مستقیم، رفتار هر پنج الگوی هندسی مشابه بوده و نور قابل توجهی از آن ها عبور نمی کند (شکل ۳). از این تحلیل ها می توان راهکارهایی برای طراحی دریافت کرد (جدول ۴).

جدول ۳. مدل سازی نور عبوری سالیانه از الگوهای فخر و مدین در جبهه شمالی، جنوبی، شرقی و غربی
Table3. Modeling of annual transient light of Fakhr-o-Madin patterns on the northern, southern, eastern and western fronts

الگوی فخر و مدین	UDI جبهه شمالی	UDI جبهه جنوبی	UDI جبهه شرقی	UDI جبهه غربی
پنجره بدون فخر و مدین				
۱ هندسه شش وجهی				
۲ هندسه ترکیبی				
۳ هندسه ترکیبی ۲				
۴ هندسه چلیپا				
۵ هندسه لوزی				



شکل ۳. میانگین دریافتی نور روز در پنج هندسه فخر و مدین در چهار جهت جغرافیایی در شهر کاشان
Figure 3. average daylight receipt in five geometries of Fakhr-o-Madin in four geographical directions in Kashan city

جدول ۴. پیشنهاد طراحی
Table 4. Design proposal

جهت جغرافیایی	کمترین نور مزاحم MAX	بیشترین UDI	الگوی پیشنهادی	تحلیل و توصیه طراحی
جنوب	لوزی (۱/۲۲)	شش وجهی (۰/۹/۸۲)	ترکیبی ۲ یا چلیپا	اگر کنترل خیرگی اهمیت دارد، ترکیبی ۲ یا چلیپا تعادل خوبی ایجاد می کند.
شمال	همه الگوها بدون خیرگی	همه الگوها نزدیک به صفر	آزاد (براساس زیبایی و فرهنگ)	به دلیل نبود نور مستقیم، می توان الگو را براساس زیبایی شناسی انتخاب کرد.
شرق	لوزی (۰/۵۸)	ترکیبی ۲ (۰/۵/۹)	ترکیبی ۲	ترکیبی ۲ بهترین عملکرد را دارد؛ نور مناسب یا خیرگی قابل قبول.
غرب	لوزی (۰/۵۵)	شش وجهی (۰/۹/۵۳)	ترکیبی ۲	ترکیبی ۲ تعادل بین نور مفید و کنترل خیرگی ایجاد می کند؛ بهتر از شش وجهی.

ولی در فصل زمستان نور در دو سوم میانی اتاق وارد فضا می شود. با مقایسه نتایج آنالیزهای انجام شده در فصل تابستان و زمستان، با بکارگیری عنصر فخر و مدین در اتاق مذکور با ابعاد بازشو مشخص شده، طبق (شکل ۴)، می توان دریافت که نور وارد شده به فضا در فصل تابستان در یک سوم ابتدای نزدیک به پنجره وارد فضا شده، ولی در فصل زمستان نور در دو سوم میانی اتاق وارد فضا می شود.

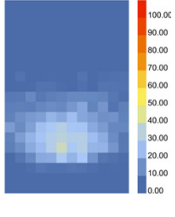
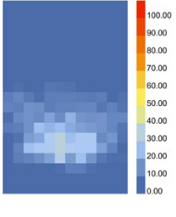
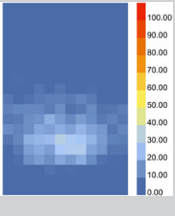
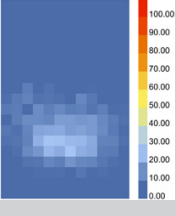
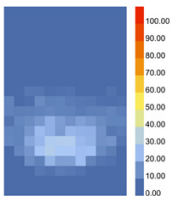
۱. دستورالعمل به کارگیری براساس جهت و عملکرد (چگونگی و کجا)

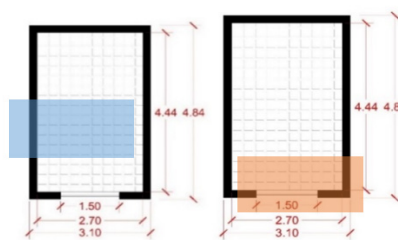
یافته ها به وضوح نشان می دهد که نمی توان یک الگوی هندسی را برای تمامی جهات بهینه دانست. بر این اساس، راهبرد انتخاب هوشمندانه الگو پیشنهاد می گردد. در جبهه جنوبی (ویژه فصول سرد) اولویت با الگوهایی است که در عین تأمین نور مفید، نور مزاحم زمستان

با توجه به مایل بودن زاویه تابش خورشید در زمستان و افزایش عمق نفوذ در این زمان در جبهه جنوبی، پنج هندسه مورد بررسی در این فصل به طور خاص مورد توجه قرار گرفته است. طبق (جدول ۵)، الگوی هندسی لوزی، بدلیل ورود کمترین میزان نور آزاردهنده در مقایسه با چهار هندسه انتخابی دیگر، مناسب ترین الگو از میان پنج هندسه انتخابی خواهد بود. همچنین کاربرد الگوی هندسی شش وجهی، با عبور دادن بیش ترین میزان نور مزاحم (فراتر از ۳۰۰۰ لوکس) بیش ترین میزان خیرگی را در مقایسه با چهار الگوی هندسی دیگر به دنبال دارد.

با مقایسه نتایج آنالیزهای انجام شده در فصل تابستان و زمستان، با بکارگیری عنصر فخر و مدین در اتاق مذکور با ابعاد بازشو مشخص شده، طبق (شکل ۴)، می توان دریافت که نور وارد شده به فضا در فصل تابستان در یک سوم ابتدای نزدیک به پنجره وارد فضا شده،

جدول ۵. تحلیل نور عبوری از الگوهای فقر و مدین در جبهه جنوبی در فصل زمستان
Table5. Analysis of transmitted light from Fakhr-o-Madin patterns on the southern facade in winter

الگوی فقر و مدین	UDI جبهه جنوبی در فصل زمستان	مقدار بیشترین UDI	الگوی فقر و مدین	UDI جبهه جنوبی در فصل زمستان	مقدار بیشترین UDI
هندسه شش وجهی		۴/۸۶	هندسه چلیپا		۳/۹۴
هندسه ترکیبی		۳/۴۵	هندسه لوزی		۲/۶۹
هندسه ترکیبی ۲		۳/۸۱			



شکل ۴. محدوده ورود نور در تابستان، محدوده ورود نور در زمستان
Figure 4. Light penetration range in summer, light penetration range in winter

همزمان نور و دید هستند، ایده آل است. در جبهه شمالی که نور مستقیم و مزاحم وجود ندارد، انتخاب الگو می تواند بیشتر بر مبنای ملاحظات زیبایی شناختی، هویتی و تهویه صورت پذیرد.

۲. مواجهه با مصالح جدید و تفاوت های اجرایی

برای به کارگیری موفق این عنصر در معماری معاصر، تنها تقلید از هندسه کافی نیست؛ بلکه باید با مصالح و تکنولوژی های جدید نیز تلفیق هوشمندانه یابد. الگوهای استخراج شده را می توان با استفاده

را کنترل کنند. الگوی هندسه ترکیبی ۲ به عنوان گزینه اول و الگوی لوزی برای فضاهایی که نیاز به نور بسیار ملایم دارند، پیشنهاد می شود. این الگوها می توانند در ساختمان های مسکونی، اداری و آموزشی که آسایش بصری در طول روز اولویت دارد، به کار روند. در جبهه های شرقی و غربی به دلیل شدت تابش مایل در این جهات، استفاده از الگوهای با تراکم متوسط مانند هندسه ترکیبی و چلیپا که همزمان امکان تهویه نما را نیز فراهم می کنند، توصیه می شود. این راهکار برای ساختمان های مسکونی و هتل ها که نیاز به کنترل

مفید موفق است، اما خطر افزایش بار حرارتی و خیرگی را به همراه دارد. این یافته‌ها به‌طور قاطعانه ردکننده نگاهی تک‌الگویی است و بر ضرورت انتخاب موقعیت‌محور^{۱۵} در طراحی معاصر تأکید می‌ورزد. نوآوری بنیادین این تحقیق، نه در تأیید تجربی عملکرد فخر و مدین، که در تدوین یک ماتریس عملکردی نهفته است. این ماتریس، دانش تلویحی معماران گذشته را به دانش صریح و کاربردی برای معماران امروز تبدیل می‌کند و به آنان می‌گوید برای دستیابی به حداکثر آسایش بصری و بهینه‌سازی انرژی در یک جهت و فصل خاص، کدام هندسه کاراترین گزینه است. در مقیاسی کلان‌تر، این پژوهش نشان می‌دهد که احیای میراث معماری، هنگامی ثمربخش است که از بازتولید صرف فرم فراتر رفته و با بازخوانی منطق عملکردی آن عناصر همراه شود. فخر و مدین معاصرسازی‌شده، در این پارادایم، به‌مثابه یک فیلتر هوشمند نور و انرژی عمل می‌کند که می‌تواند در قالب‌های نوینی مانند پوسته‌های دوگانه، سایه‌بان‌های پویا و یا حتی نماهای مشبک ساختمان‌های بلندمرتبه تجلی یابد. این امر، پاسخی دووجهی به بحران‌های معاصر است: از یک سو، با کاهش وابستگی به نور مصنوعی و سیستم‌های مکانیکی، به سوی معماری پایدارتر گام برمی‌دارد و از سوی دیگر، با بازتعریف عناصری هویت‌ساز در کالبدی نو، به احیای اصالت مکانی معماری ایرانی می‌پردازد.

در خاتمه، می‌توان ادعا کرد که این پژوهش، الگویی پیشنهادی برای تلفیق خلاقانه سنت و فناوری ارائه می‌دهد. این رویکرد را می‌توان به سایر عناصر کارکردی معماری بومی (مانند بادگیر، شباک و حوضخانه) نیز تعمیم داد. آینده این مسیر پژوهشی، توسعه بیشتر این ماتریس با در نظرگیری همزمان معیارهای حرارتی و تهویه، و نیز بررسی قابلیت‌های ساخت دیجیتال برای تولید این الگوها در مقیاس بزرگ خواهد بود. تنها از رهگذر چنین مطالعاتی است که می‌توان به معماری‌ای دست یافت که هم پایدار است، هم کارآمد، و هم واجد هویتی ریشه‌دار در بستر فرهنگی-اقلیمی خود.

پی‌نوشت

1. Useful Daylight Illuminance – UDI
2. Mixed-Method
3. Qualitative and quantitative phases
4. Koopen
5. Rhinoceros 3D
6. Grasshopper
7. Ladybug
8. Honeybee

از دستگاه‌های برش^{۱۱} روی صفحات سنگ نما یا پانل‌های بتنی پیش‌ساخته پیاده‌سازی کرد. این امر دوام بالا، سرعت نصب و قابلیت تولید انبوه را به ارمغان می‌آورد. از دیگرسو، استفاده از کامپوزیت‌های پلیمری مسلح^{۱۲} یا صفحات فلزی مشبک، امکان ساخت قطعات سبک‌وزن با قابلیت نصب بر روی نماهای سبک را فراهم می‌کند. این یک تفاوت اجرایی کلیدی با اجرای سنتی آن با آجر و ملات است. برخلاف پنجره‌های شیشه‌ای بزرگ که اغلب منجر به اتلاف انرژی و خیرگی می‌شوند، فخر و مدین معاصرسازی‌شده، به عنوان یک فیلتر هوشمند عمل می‌کند که نور را پیش از ورود به فضا، کیفیت‌سنجی و تعدیل می‌نماید. این ویژگی، پاسخی مستقیم به بحران انرژی و بحران هویت در معماری معاصر ایران است.

۳. محدوده کارکردی پیشنهادی در بناهای امروزی

کاربرد این عنصر تنها به ساختمان‌های با سبک تاریخی محدود نمی‌شود. این پژوهش کاربرد آن را در گونه‌های مختلف معماری معاصر پیشنهاد می‌دهد. برای نمونه، در ساخت پوسته دوم^{۱۳} می‌تواند به مثابه لایه بیرونی برای کنترل نور و ایجاد سایه‌بان پویا کاربرد داشته باشد. در ساخت نماهای پرمان^{۱۴} نیز این عنصر جایگزینی هوشمندانه‌تر و واجد هویت برای المان‌های سایه‌انداز معمول خواهد بود.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با عینیتی روشمند به بازخوانی و معاصرسازی عنصر فخر و مدین پرداخت تا پاسخی مبتنی بر شواهد به دو بحران هویت و انرژی در معماری معاصر ایران، به‌ویژه در اقلیم گرم و خشک، ارائه دهد. یافته‌ها به وضوح نشان می‌دهند که فخر و مدین صرفاً یک تزئین تاریخی نیست، بلکه سیستمی هوشمند برای مدیریت کیفیت نور است که با بازطراحی آگاهانه، به مؤلفه‌ای کارآمد در پوسته ساختمان معاصر تبدیل می‌شود.

مطالعه حاضر با به‌کارگیری پروتکلی ترکیبی از مستندسازی میدانی و شبیه‌سازی دینامیک رایانه‌ای، موفق به کمی‌سازی عملکرد پنج الگوی هندسی شايع فخر و مدین شد. تحلیل داده‌های شاخص روشنایی مفید روز (UDI) آشکار ساخت که هندسه و جهت، دو متغیر به هم پیوسته و تعیین‌کننده در کارایی این عنصر هستند. به‌عنوان مثال، در جبهه جنوبی که در زمستان پذیرای تابش مایل و عمیق است، الگوهایی با تخلخل متعادل مانند «هندسه ترکیبی ۲» به‌عنوان بهینه‌ترین گزینه شناسایی شدند، چرا که همزمان روشنایی مفید را تأمین و از ایجاد خیرگی و نور مزاحم جلوگیری می‌کنند. در مقابل، «الگوی شش‌ضلعی» با عبور دادن بیشینه نور، اگرچه در تأمین نور

9. Radiance
10. Daysim
11. CNC
12. GFRC
13. Double-Skin Façade
14. Brise-Soleil
15. Site-Specific Selection

نقش نویسندگان

بررسی ادبیات، جمع آوری اطلاعات، مدلسازی، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها و تهیه متن دست نوشته توسط نویسندگان اول و دوم انجام گرفته است. نویسنده سوم طراحی کانسپت و مدیریت پژوهش را برعهده داشته و با باز نویسی متن دست نوشته، نیز تحلیل و صحت سنجی داده‌ها خروجی قابل انتشار را تهیه کرده است.

تعارض منافع نویسندگان

نویسندگان به طور کامل از اخلاق نشر تبعیت کرده و از هرگونه سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد و نویسندگان در قبال ارائه اثر خود وجهی دریافت ننموده‌اند.

فهرست مراجع

۱. نژاد ابراهیمی، احد و توران پور، محیا. (۱۳۹۷). حس مکان در مساجد براساس مطالعه تطبیقی شکل و مکان ساخت و مدین در مساجد تاریخی. پژوهش‌های باستان شناسی ایران، ۲۰، ۱۸۲-۱۶۵.
۲. اختر کاوان، مهدی و شفیعی، سمانه. (۱۴۰۲). بررسی تأثیر ابعاد پنجره بر نورگیری طبیعی و مصرف انرژی در مجموعه‌های مسکونی اقلیم گرم و خشک ایران، مورد مطالعات: شهر اصفهان. معماری و شهرسازی آرمانشهر، ۴۲، ۳۰-۱۷.
۳. آمی احمدی، مهدیه و محمودی، آزاده. (۱۳۹۶). جایگاه هویت در معماری معاصر ایران. در مجموعه مقالات کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری، شهرسازی و مدیریت شهر، شیراز.
۴. بلالی اسکویی، آریتا؛ صداقتی، عاطفه؛ حسن خوشبخت، پریسا؛ کفشدوز سلیمی، صنم. (۱۴۰۰). سیر تحول کالبدی معنایی فقر و مدین در بناهای آرامگاهی به جامانده دوران اسلامی. مطالعات معماری پارسه، ۱۸، ۱۷۹-۲۰۱.
۵. بمانیان، محمدرضا و نیکودل، فهیمه. (۱۳۹۳). بررسی انواع نورگیری و روش‌های تأمین نور در مساجد دوره قاجار تهران. پژوهش‌های معماری

اسلامی، ۳، ۶۰-۷۴.

۶. پیرنیا، محمدرکیم و معماریان، غلام حسین. (۱۳۷۸). آشنایی با معماری اسلامی ایران. تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
۷. پیوسته گر، یعقوب؛ حیدری، علی اکبر؛ اسلامی، مطهره. (۱۳۹۶). بازشناسی اصول پنج گانه استاد پیرنیا در معماری خانه‌های سنتی ایران و تحلیل آن با استناد به منابع اعتقادی اسلامی. شهر ایرانی اسلامی، ۲۷، ۵۱-۶۶.
۸. جاویدروزی، مهیار و شیبانی، پردیس. (۱۳۹۵). بازفرینی الگوهای کهن آجرکاری ایرانی با رویکرد پارامتریک. در مجموعه مقالات کنفرانس سراسری نوآوری‌های اخیر در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی (ص. صفحات). تهران.
۹. چرمچی، شکبیا. (۱۳۹۷). طراحی ساختمان اداری در تهران با هدف بهره‌گیری کیفی از نور روز. پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته معماری، دانشگاه هنر و معماری کردستان.
۱۰. حائری مازندرانی، محمدرضا. (۱۳۸۸). نقش فضا در معماری ایران. تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی.
۱۱. حجازی زاده، زهرا و کربلایی درئی، علیرضا. (۱۳۹۴). آسایش حرارتی در ایران. نشریه جغرافیا، ۴۶، ۳۹-۲۱.
۱۲. حقانی، معصومه؛ محمد کاری، بهروز؛ فیاض، ریما. (۱۳۹۶). بررسی تاثیر سایه بان‌های کرکره‌ای در صرفه جویی انرژی ساختمان‌های اداری تهران. مهندسی مکانیک مدرس، ۴، ۲۸-۱۷.
۱۳. حمزه نژاد، مهدی؛ فدائی، فرامرز؛ ایلدرآبادی، پریا. (۱۳۹۹). ارزیابی آسایش راحتی و بررسی شاخص‌های آسایش حرارتی PPD و PMV بر مبنای نور روز و جهت گیری خانه، در خانه‌های سنتی بافت یزد (نمونه موردی: خانه ملک زاده شهر یزد). معماری اقلیم گرم و خشک، ۱۱، ۱۸۲-۱۵۱.
۱۴. دری، علی؛ طلیسچی، غلامرضا. (۱۳۹۶). تبیین شفافیت ساختار فضایی معماری ایران در دوره صفویه: مطالعه موردی: کوشک هشت بهشت و مسجد امام اصفهان. مطالعات شهر ایرانی اسلامی، ۲۷، ۴۱-۵۰.
۱۵. سالروند، سمیه. (۱۳۹۳). طراحی ساختمان اداری با تمرکز بر استفاده از نور طبیعی به منظور کنترل گرمایشی و شیوه‌های پارامتریک پوسته. پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته معماری، دانشگاه هنر اصفهان.
۱۶. سیدالعسکری، ملیحه و نصرالهی، نازنین. (۱۳۹۴). بررسی اهمیت استفاده از نور روز برای بهینه سازی مصرف انرژی. در مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی معماری و منظر شهر پایدار، مشهد.
۱۷. صفایی تبار، مژده؛ فرحزا، نریمان؛ کوششگران، علی اکبر. (۱۳۹۶). تحلیل و ساخت الگوهای پارامتریک در ایجاد نمای دوم به منظور کنترل نور در فضای داخلی مسکن. معماری و شهرسازی پایدار، ۲، ۲۶-۱۵.
۱۸. فرناد، فرزاد؛ کسمانی کامران، حدیثه؛ خاکزند، مهدی؛ معماریان، غلام حسین. (۱۴۰۲). بررسی اقلیمی کاشان با رهیافت خانه همساز با اقلیم.

- Review, 2, 152-167.
33. climate.onebuilding.org
34. Fang, Y. (2017). Optimization of daylighting and energy performance using parametric design, simulation modeling, and genetic algorithms (Doctoral dissertation). UC Berkeley.
35. Goharian, A., Daneshjoo, K., & Mansour, Y. (2022). Standardization of methodology for optimizing the well aperture as device (reflector) for light-wells: A novel approach using Honeybee & Ladybug plugins. *Energy Reports*, 8, 3096-3114.
36. Islami, S. Y., & Jafari, Z. (2022). The significance of aperture proportion for the lighting behaviour and transparency of Moshabak. *Journal of Daylighting*, 2, 242-256.
37. Jakubiec, J. A. (2014). The use of visual comfort metrics in the design of daylit spaces (Doctoral dissertation). Massachusetts Institute of Technology.
38. Lechner, N. (2001). Heating, cooling, lighting: Design methods for architects. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
39. Mahdavinnejad, M., & Setayesh Nazar, N. (2017). Daylightophil high-performance architecture: Multi-objective optimization of energy efficiency and daylight availability in BSK climate. *Energy Procedia*, 115, 92-101.
40. Makani, V., Khorram, A., & Ahmadipur, Z. (2012). Secrets of light in traditional houses of Iran. *International Journal of Architecture and Urban Development*, 3, 45.
41. Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2006). Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and Buildings*, 7, 905-913.
42. Sadeghipour Roudsari, M., Pak, M., & Viola, A. (2013). Ladybug: A parametric environmental plugin for Grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design. In *Proceedings of the 13th International IBPSA Conference Held in Lyon, France* (Vol. 13, pp. 3128-3135).
43. Toutou Ahmed, F. M., & Waleed, M. (2018). The parametric based optimization framework daylighting and energy performance in residential buildings in hot arid zone. *Alexandria Engineering Journal*, 57, 3595-3608.
- فصلنامه علمی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، ۲، ۱۵۷-۱۳۴.
۱۹. فلامسکی، محمدمنصور؛ خواجه‌نوری، الهام؛ کیودرآهنگی، مینا. (۱۳۹۶). چگونگی‌های شکل‌گیری و تکامل آجر در معماری ایرانی (ساختار فیزیکی-شیمیایی آجرها). *نخبگان علوم و مهندسی*، ۵، ۲۳۵-۲۰۸.
۲۰. قائمی نیا، علی محمد، و حکیم زاده، محمدعلی. (۱۳۹۶). بررسی نقش آرایش تخیل بادشکن غیرزنده در تغییر رفتار جریان باد. *مهندسی اکوسیستم بیابان*، ۶ (۱۶)، ۴۹-۵۸. <https://sid.ir/paper/254493/fa> SID.
۲۱. کسمانی مرتضی. (۱۳۸۴). *اقلیم و معماری*. اصفهان: نشر خاک.
۲۲. گروت، لیندا و وانگ، دیوید. (۱۳۸۵). روش تحقیق در معماری (ترجمه علیرضا عینی‌فر). تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۲۳. مهدوی‌نژاد، محمدجواد؛ کیا، آنوشتا. (۱۳۹۸). معاصر سازی پوسته‌های سنتی (شباک) معماری ایرانی، جهت بهینه‌سازی دریافت نور و انرژی؛ نمونه مطالعاتی: بناهای اداری تهران. *معماری اقلیم گرم و خشک*، ۹، ۸۲-۶۹.
۲۴. مهیاری، حسین؛ زرکش، افسانه؛ مهدوی‌نژاد، محمدجواد. (۱۴۰۱). ارائه یک پوسته تطبیق پذیر هوشمند با رویکرد بیومیمتیک جهت کاهش مصرف انرژی. *هویت شهر*، ۵۲، ۳۸-۲۳.
۲۵. میرمیران، سیده‌ادی. (۱۳۷۴). *اصول معماری ایران*. آبادی، ۱۹، ۳۰-۲۸.
۲۶. میرمیران، سیده‌ادی. (۱۳۷۷). *سیری از ماده به روح*. معماری و شهرسازی، ۴۳-۴۲، ۱۰۰-۹۴.
۲۷. دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان. (۱۳۹۶). *مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث چهارم: الزامات عمومی ساختمان (ویرایش سوم)*. دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان: نشر توسعه ایران.
۲۸. دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان. (۱۴۰۴). *مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث نوزدهم: مدیریت انرژی در ساختمان (ویرایش پنجم)*. دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان: نشر توسعه ایران.
۲۹. نراقی، حسن. (۱۳۷۴). آثار تاریخی شهرستان‌های کاشان و نطنز. تهران: انجمن آثار و مفاخر فرهنگی.
۳۰. نعمت گرگانی، ام البنین. (۱۳۸۱). *پیشینه نور در معماری و وسایل روشنایی در هنر اسلامی ایران*. مجله نور، ۳۵، ۳۲۳-۳۱۶.
۳۱. یل‌دایی، مهدیه؛ راد، عطا. (۱۴۰۰). بررسی نماهای مدولار آجری برای ساختمان‌هایی با نمای مدرن با الگوگیری از نماهای آجری در ساختمان‌های دوره قاجار شهر تبریز. در *مجموعه مقالات کنفرانس ملی معماری، عمران، شهرسازی و افق‌های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب*، تبریز.
32. Babaei, M., Soltanzadeh, H., & Islami, S. Y. (2013). A study of the lighting behaviour of Moshabak in Kashan's houses with emphasis on the notion of transparency. *Architectural Science*



Contemporaryization of the Element of Pride and Modesty for Use in the Architecture of the City of Kashan

Mahla Basere, M .A. Student of Architecture, Faculty of Arts and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Mohammadjavad Aboufazeli, M .A. Student of Architecture, Faculty of Arts and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Mahdi Motamedmanesh*, Assistant Professor of Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Abstract

This study examines the modernization of Fakhr-o-Madin — a perforated brick/tile screen from Iranian architectural heritage — and its adaptation for contemporary residential buildings in hot-dry climates, with Kashan as the reference context. Historically, Fakhr-o-Madin filters daylight, safeguards privacy, and supports natural ventilation. Here, it is reframed not as ornament but as a climate-responsive device capable of addressing current energy and comfort challenges while reinforcing cultural continuity. The core problem addressed is the identity crisis of contemporary Iranian architecture, shaped by the dual pressures of modern Western influences and the undervaluation of indigenous, sustainable solutions. In hot and arid zones such as Kashan, the displacement of passive climate-control elements fosters overreliance on artificial lighting and mechanical cooling. Strategically reviving and redesigning Fakhr-o-Madin can yield meaningful energy savings, improve visual comfort, and renew an architectural identity rooted in place-specific wisdom.

A mixed-method design combined (1) historical-documentary research, (2) field studies in four prominent historic houses in Kashan (Tabatabaei, Boroujerdi, Ameri, Abbasi), and (3) computational daylight simulation. Fieldwork cataloged geometric variants, dimensions, orientations, and prevalence, identifying five dominant geometries: hexagonal, composite, composite-2, cruciform, and diamond. For environmental assessment, a standard 12 m² residential room was modeled in Rhinoceros 3D; simulations employed Grasshopper with Honeybee/Ladybug using Kashan climate data. Useful Daylight Illuminance (UDI, 300–3000 lx) served as the primary metric. A two-stage protocol first established baseline performance (no screen) for north, south, east, and west orientations, and then compared outcomes with each geometry applied.

Results show that Fakhr-o-Madin meaningfully reshapes indoor daylight distribution and glare risk. On south façades — especially in winter with low solar altitude — screens mitigate overexposure to direct sunlight. The hexagonal pattern admits the most light, frequently exceeding comfort thresholds (>3000 lx) and producing glare; the diamond pattern blocks the most light, often limiting beneficial daylight. Across orientations, composite-2 delivers the most balanced performance; on the south side it achieves the highest UDI area percentage (9.53%) while maintaining acceptable levels in east and west orientations. Cruciform and basic composite patterns follow. On north façades, differences among patterns are small, allowing selection on aesthetic or cultural grounds. Seasonally, daylight advances only into the front one-third of the room depth in summer but reaches the middle two-thirds of the room depth in winter, underscoring the need for geometry-orientation tuning. The parametric workflow isolates the effects of aperture ratio and geometry, linking traditional design logic to contemporary, data-driven evaluation. Beyond environmental benefits, Fakhr-o-Madin enhances privacy, spatial depth, and the dynamic play of light and shadow associated with Islamic architectural sensibilities, while contributing to passive cooling by limiting direct solar gains. Based on the findings, design guidance recommends composite-2 for south façades (particularly in winter), composite-2 or cruciform for east and west façades, and pattern-independent selection for north façades. More broadly, a performance-based selection matrix indexed by orientation and season is proposed to integrate Fakhr-o-Madin into contemporary envelopes, advancing sustainability and cultural continuity through parametric, context-sensitive design.

Keywords: Fakhr-o-Madin , Hot-dry Climates , Light , Residential Space , Energy Consumption Optimization.

* Corresponding Author Email: m.motamed@modares.ac.ir