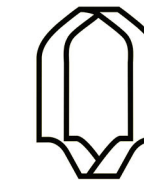


معماری اقلیم گرم و خشک



دوفصلنامه تخصصی معماری اقلیم گرم و خشک

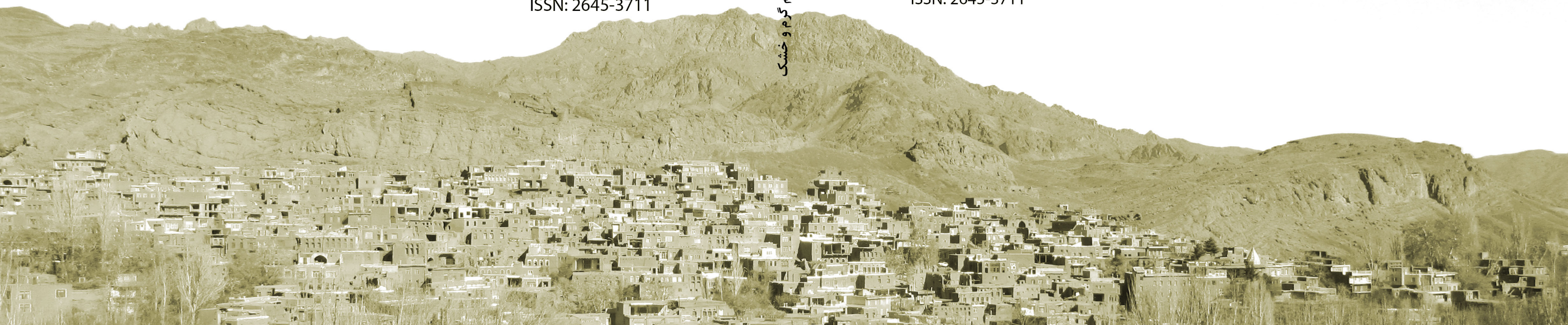
دوفصلنامه تخصصی دانشکده هنر و معماری دانشگاه یزد
سال هفتم - شماره نهم - بهار و تابستان ۱۳۹۸
ISSN: 2645-3711



Yazd University

ARCHITECTURE IN HOT AND DRY CLIMATE

Spring & Summer, Vol. 7, No. 9, 2019
Yazd University- Faculty of Art & Architecture
ISSN: 2645-3711



■ بازنمایی سازه‌های آبی تاریخی در میدان وقت و ساعت یزد؛ علی شهبانی نژاد

■ عناصر و ویژگی‌های محیطی پیرامون باغ‌های مظهرخانه‌ای، براساس مطالعه نمونه‌هایی از باغ‌های حکومتی و رسمی؛ حمیدرضا جیحانی، نغمه اسدی چیمه

■ الگوهای هندسی و تناسب‌های طلایی، زبان مشترک معماری و هنر در روستای تاریخی ایبانه؛ لیدا بلیلان، سعید حسن پور لمر

■ معاصرسازی پوسته‌های سنتی (شباک) معماری ایرانی، جهت بهینه‌سازی دریافت نور و انرژی؛ نمونه مطالعاتی: بناهای اداری تهران؛ محمدجواد مهدوی نژاد، آنوشا کیا

■ بازشناسی ویژگی‌های کالبدی و عناصر طبیعی حیاط‌های مرکزی در خانه‌های تاریخی شهر اصفهان؛ نازنین نیازی مطلق جیونفانی، حسن اکبری

■ ارزیابی وجود مکانیزم طراحی منطبق بر تهویه طبیعی در معماری سنتی شهرهای اقلیم گرم و خشک بدون بادگیر

■ (نمونه موردی: فضای بیرونی بناهای چهارطرفه قاجاری شیراز)؛ آرش پسران، شهاب کریمی نیا، الهام ناظمی، شیرین طغیانی

■ Re-introducing historical water structures in Yazd Vaght o Saat square

■ The elements and features of Gardens Associated with Mazhar-Khaneh, based on examples of formal and royal gardens

■ Geometric patterns and the golden ratio, common language of architecture and arts in the historical village of Abyaneh

■ Contemporarization of traditional facade skins (lattice) in Iranian architecture for optimization of daylight and energy. Case study: Tehran office buildings

■ Recognition of the physical characteristics and natural elements of courtyards in the historical houses of Isfahan

■ Evaluating the Existence of a design mechanism based on natural ventilation in the traditional architecture of cities in hot-arid climate without the use of windcatchers (case study: outer space of four-sided Qajar buildings in Shiraz)

سال هفتم - شماره نهم - بهار و تابستان ۱۳۹۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

راهنمای تهیه و شرایط ارسال نوشتارهای علمی در نشریه معماری اقلیم گرم و خشک

- هدف نشریه "معماری اقلیم گرم و خشک" انتشار نتایج پژوهش‌های علمی در زمینه معماری اقلیم گرم و خشک و موضوعات مرتبط با آن در حوزه‌های معماری سنتی، مرمت، هنرهای وابسته به معماری، شهرسازی، طراحی شهری و انرژی است.
- علاوه بر قرار گرفتن موضوع مقاله در زمینه تخصصی نشریه، مقالات یا بخشی از آن نباید در هیچ مجله‌ای در داخل یا خارج از کشور به طور هم زمان در جریال داوری و یا چاپ باشد. مقالات ارائه شده به صورت خلاصه مقاله درکنگره‌ها، سمپوزیوم‌ها، سمینارهای داخلی و خارجی که چاپ و منتشر شده باشد، می‌تواند در قالب مقاله کامل ارائه شوند.
- نشریه در رد یا قبول، ویرایش، تلخیص یا اصلاح مقاله‌های دریافتی آزاد است.
- اصلاح و خلاصه کردن مطالب با نظر نویسندگان انجام می‌شود و مسئولیت صحت محتوای مقالات به عهده نویسندگان است.
- در صورت استفاده از مطالب دیگران، منبع مورد نظر با شماره و اطلاعات کامل منبع مذکور ارجاع داده شود.
- مقالات مندرج لزوماً نقطه نظرات مسئولین نشریه نبوده و مسئولیت مقالات به عهده نویسندگان است.
- نوشتارهای علمی - پژوهشی پس از داوری و تصویب در هیات تحریریه به چاپ می‌رسند. نشریه از پذیرش سایر نوشتارها نظیر ترجمه، گردآوری، مروری و... معذور است.
- نوشتارهای ارسالی نباید قبلاً در نشریه دیگری به چاپ رسیده و یا بطور همزمان به سایر نشریات و یا سمینارها برای بررسی و چاپ ارائه شده باشد.
- نوشتارها ترجیحاً به زبان فارسی باشد. با وجود این نشریه قادر است نوشتارهای انگلیسی زبان را نیز در صورت تایید به چاپ برساند.
- در تنظیم فایل اصل مقاله، رعایت بخش‌های زیر به ترتیب ضروری است:
 - ✓ صفحه اول: بدون نام و مشخصات نویسنده (نویسندگان) و فقط شامل عنوان مقاله، چکیده فارسی (باید به تنهایی بیان کننده تمام مقاله و شامل بیان مسأله یا اهداف پژوهش، روش پژوهش، مهم‌ترین یافته‌ها و نتیجه‌گیری و حداقل ۳۰۰ کلمه باشد) و واژه‌های کلیدی باشد. واژه‌های کلیدی مربوط به متن و عنوان مقاله بلافاصله بعد از چکیده و بین ۳ تا ۶ کلمه نوشته شود.
 - ✓ پرسش‌های پژوهش (حداکثر ۳ مورد)
 - ✓ مقدمه: شامل بیان مسئله، بیان اهداف یا فرضیه، روش تحقیق (در معرفی روش تحقیق صرفاً به نام روش بسنده نشود و علاوه بر عنوان، مواردی همچون مراحل انجام، روش گردآوری اطلاعات، مراحل انجام و فرآیند پژوهش ذکر گردد)، و ساختار مقاله می‌باشد.
 - ✓ پیشینه تحقیق
 - ✓ بدنه اصلی پژوهش (چارچوب نظری، بحث و بیان یافته‌ها)
 - ✓ نتیجه‌گیری
 - ✓ تشکر و قدردانی: سپاسگزاری از همکاری و راهنمایی کسانی که در تدوین مقاله نقش داشته‌اند (در صورت نیاز)
 - ✓ پی‌نوشت‌ها: شامل معادل‌های لاتین و توضیحات ضروری درباره اصطلاحات و مطالب مقاله، که به ترتیب با شماره در متن و به صورت پی‌نوشت در انتهای مقاله و قبل از فهرست مقاله درج گردد.
 - ✓ منابع فارسی و لاتین شامل صرفاً منابعی که در متن مورد استناد قرار گرفته‌اند، به ترتیب الفبا بر حسب نام خانوادگی نویسنده
 - ✓ چکیده انگلیسی (حداقل ۳۵۰ و حداکثر ۵۰۰ کلمه)



نشریه معماری اقلیم گرم و خشک

زمینه انتشار: معماری

سال هفتم، شماره نهم، بهار و تابستان ۱۳۹۸

ISSN: 2251-8185

صاحب امتیاز: دانشگاه یزد

سردبیر: دکتر علی غفاری

مدیرمسئول: دکتر کاظم مندگاری

مدیر داخلی: دکتر علی شهابی نژاد

ناشر: دانشگاه یزد

هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

- | | |
|--|-------------------------------|
| دانشیار دانشکده هنر و معماری - دانشگاه یزد | ۱. دکتر سیدمحمدحسین آیت اللهی |
| دانشیار دانشکده هنر و معماری - دانشگاه یزد | ۲. دکتر رضا ابوئی |
| استاد دانشکده هنر و معماری - دانشگاه تهران | ۳. دکتر شاهین حیدری |
| دانشیار گروه جغرافیا - دانشگاه یزد | ۴. دکتر محمدحسین سرائی |
| استاد گروه شهرسازی - دانشگاه شهیدبهشتی تهران | ۵. دکتر علی غفاری |
| استاد گروه معماری - دانشگاه شهیدبهشتی تهران | ۶. دکتر هادی ندیمی |
| دانشیار دانشکده هنر و معماری - دانشگاه یزد | ۷. دکتر محمدرضا نقصان محمدی |
| دانشیار - دانشگاه علم و صنعت ایران | ۸. دکتر سیدعباس یزدانفر |

طرح روی جلد و لوگو: مهندس شهابالدین خورشیدی

عکس جلد: دورنمای روستای ابیانه، عکس از علی شهابی نژاد

ویرایش فارسی: سید محمدرضا قدکیان

ویرایش انگلیسی: محمدحسین افشاری

امور رایانه و صفحه‌آرایی: الهام اردکانی

چاپ: انتشارات دانشگاه یزد

نشانی نشریه: یزد، خیابان امام خمینی، کوچه سهل بن علی، دانشکده هنر و معماری، دفتر مجله معماری اقلیم گرم و

خشک، تلفن: ۰۳۵۳۶۲۲۹۸۵

پست الکترونیک: ahdc@journal.yazd.ac.ir

تارنمای نشریه: <http://smb.yazd.ac.ir>

سیستم نشریه معماری اقلیم گرم و خشک دسترسی آزاد بوده و استفاده از مطالب و کلیه تصاویر آن با ذکر منبع بلامانع است.

نشریه معماری اقلیم گرم و خشک پس از چاپ در پایگاه اطلاع‌رسانی مجلات علمی و تخصصی ایران (magiran.com) پایگاه مجلات تخصصی نور (noormags.ir)، ISC و [Google scholar](http://Google Scholar) نمایه می‌شود.



اسامی داوران این شماره:

- دکتر بهاره تدین، دکترای مرمت بناها و بافت های تاریخی
دکتر سید حسن تقوایی، دانشگاه شهید بهشتی
دکتر بیتا حاجبی، دانشگاه هنر اصفهان
دکتر ساناز حائری، دانشگاه شیراز
مهندس حسین سلطان رحمتی، دانشگاه یزد
دکتر علی اصغر سمسار یزدی، مرکز بین المللی قنات
دکتر ابوذر صالحی، دانشگاه هنر اصفهان
دکتر مریم قاسمی سیچانی، دانشگاه آزاد خوراسگان، اصفهان
دکتر سید علی اکبر کوششگران، دانشگاه یزد
مهندس علی مندگاری، دانشگاه تهران
دکتر لیلا موسوی، دانشگاه شهید بهشتی
دکتر ذات الله نیک زاد، پژوهشکده ابنیه و بافت های تاریخی فرهنگی
دکتر عباس یزدان فر، دانشگاه علم و صنعت



| شماره صفحه | فهرست |
|------------|--|
| ۱ | بازنمایی سازه‌های آبی تاریخی در میدان وقت و ساعت یزد علی شهابی نژاد |
| ۱۹ | عناصر و ویژگی‌های محیطی پیرامون باغ‌های مظهرخانه‌ای، براساس مطالعه نمونه‌هایی از باغ‌های حکومتی و رسمی حمیدرضا جیحانی، نغمه اسدی چیمه |
| ۴۵ | الگوهای هندسی و تناسبات طلایی، زبان مشترک معماری و هنر در روستای تاریخی ایبانه لیدا بلیلان، سعید حسن پور لمر |
| ۶۹ | معاصر سازی پوسته‌های سنتی (شباک) معماری ایرانی، جهت بهینه‌سازی دریافت نور و انرژی؛ نمونه مطالعاتی: بناهای اداری تهران محمدجواد مهدوی نژاد، آنوشا کیا |
| ۸۳ | بازشناسی ویژگی‌های کالبدی و عناصر طبیعی حیاط‌های مرکزی در خانه‌های تاریخی شهر اصفهان نازنین نیازی مطلق جونتقانی، حسن اکبری |
| ۱۰۱ | ارزیابی وجود مکانیزم طراحی منطبق بر تهویه طبیعی در معماری سنتی شهرهای اقلیم گرم و خشک بدون بادگیر (نمونه موردی: فضای بیرونی بناهای چهارطرفه قاجاری شیراز) آرش پسران، شهاب کریمی نیا، الهام ناظمی، شیرین طغیان |

معاصر سازی پوسته‌های سنتی (شباک) معماری ایرانی، جهت بهینه‌سازی دریافت نور و انرژی؛ نمونه مطالعاتی: بناهای اداری تهران

محمدجواد مهدوی نژاد^{۱*}، آنوشا کیا^۲

۱- دانشیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- دانشجوی دکتری تخصصی معماری، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۰۸، تاریخ پذیرش نهائی: ۱۳۹۸/۰۶/۱۶)

چکیده

معماری سنتی ایرانی نمونه‌ای از معماری سرآمد و توجه همه جانبه به مسائل فنی و اقلیمی، در کنار سایر مفاهیم بومی و فرهنگی است. به عنوان نمونه عنصر "شباک" نه تنها حافظ حریمیت و پوشش‌دهنده نمای ساختمان بوده، بلکه تأثیر بسزایی در تأمین نور فضای داخلی و بهره‌وری و مصرف هوشمندانه انرژی داشته و ایده‌ای برای دستیابی به معماری سرآمد است. هدف اصلی این پژوهش، تجزیه و تحلیل کارکردهای اقلیمی عنصر شباک، و بهینه‌سازی فرم و شکل آن، بر اساس مشخصات معماری اقلیم گرم و خشک ایران است. در این راستا، پژوهش حاضر، باهدف ارتقا کیفیت و عملکرد شباک، با تغییر ابعاد و نحوه پراکنش روزنه‌ها روی پوسته شباک، به بررسی بهینه‌ترین حالت ممکن برای دریافت نور روز و کاهش مصرف انرژی پرداخته است. روش تحقیق در این پژوهش توصیفی-تحلیلی بوده و علاوه بر مطالعات میدانی، بررسی داده‌ها با نرم‌افزار راینو و پلاگین‌های گرس‌هاپر، لیدی‌باگ و هانی‌بی و در نهایت کدنویسی و بهینه‌سازی با الگوریتم ژنتیک انجام شده و شرایط تابش خورشیدی در تهران و برای ساختمانی با کاربری اداری، طراحی و مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که فرم هندسی روزنه در دریافت نور مؤثر بوده و بیشترین میزان دریافت مربوط به فرم هندسی ترکیبی است؛ از طرفی در تمامی نمونه‌ها، تغییر در پراکنش روزنه‌ها بر مبنای طرح بهینه، موجب افزایش کمیت و کیفیت روشنایی و کاهش مصرف انرژی به صورت سالیانه است. این اطلاعات می‌تواند، در جهت بهره‌برداری بهینه از این سنت، متناسب با معماری امروز راهگشا باشد.

کلید واژه‌ها: بناهای اداری، بهینه‌سازی نور روز، کاهش مصرف انرژی ساختمان، معماری سرآمد

پرسش‌های پژوهش

۱. شباک، چه تأثیر اقلیمی در معماری ایرانی داشته است و چه مؤلفه‌هایی در کارایی آن مؤثر است؟
۲. هندسه کلی روزه‌های شباک، چه تأثیری در میزان نور پذیری آن دارد؟
۳. تغییر در نحوه پراکنش روزه‌ها روی پوسته شباک تا چه حد در دریافت نور مفید روز و بهینه‌سازی مصرف انرژی مؤثر است؟

۱- مقدمه

معماری معاصر جهان به‌طور عام و معماری معاصر کشورهای در حال توسعه به‌طور خاص، با چالش مصرف انرژی مواجه‌اند (Mahdavinijad & Jafari, 2014). توجه به اقلیم و نقش آن در فرایند طراحی معماری در دوران مدرن با تغییرات جدی همراه است (Mahdavinejad et al, 2012). در دوران حاضر، معماری سرآمد، که حاصل برآورد و سنجش طیف بالایی از متغیرهاست، مورد توجه قرار گرفته است (Javanroodi, K et al, 2019). بر اساس مطالعات مهدوی نژاد و معتضدیان^۴ در سال ۲۰۱۴، توجه به جایگاه نور روز در بهره‌وری و مصرف هوشمندانه انرژی، موضوعی است که روزه‌روز بر اهمیت آن افزوده می‌شود و از دیگر موضوعات حائز اهمیت، گرایش به معاصر سازی فناوری‌های بومی در معماری معاصر جهان است (Mahdavinejad & Mator, 2012). معماری سنتی ایران، نمونه‌ای ویژه در استفاده بهینه از منابع و ظرفیت‌های محلی و دانش فنی بومی به شمار می‌رود (Kasraei et al, 2016). در طول دوره‌های

مختلف تاریخی، حضور نور در آثار گوناگون معماری، علاوه بر جنبه عملکردی، به‌عنوان عاملی برای روشنایی و حیات‌بخشی به فعالیت‌های روزانه، از جنبه معنوی و در مباحث اعتقادی ادیان نیز همواره مورد توجه و استفاده فراوان بوده است (مهدوی نژاد و دیگران، ۱۳۹۱: ۳۳). به علت کیفیت محسوس بهره‌گیری از نور طبیعی در شرایط آسایش، توجه به استفاده عاقلانه از این موهبت در فضای معماری، با بهره‌گیری از آموزه‌های گذشتگان، ضروری به نظر می‌رسد (مهدوی نژاد، ۱۳۹۸). از طرف دیگر، از مهم‌ترین اهداف پوسته‌ها در ساختمان ایجاد حالتی بهینه بین آسایش انسان و مصرف انرژی است (Capeluto Guedi, 2017: 57). استفاده روزافزون از نورپردازی الکتریکی که در دسترس و کنترل شدنی است، سبب شده که بسیاری از معماران و طراحان، تأثیر نور طبیعی در ساختمان را به فراموشی بسپارند و قابلیت نور طبیعی را در بهبود کیفیت معماری نادیده بگیرند. کاهش استفاده از نور طبیعی در بناها، ضمن افزایش هزینه‌های مصرف انرژی، بر سلامت، راحتی و کارایی افراد تأثیر می‌گذارد (Makani, 2012). بنابراین، با توجه به الزامات اقلیمی و از آنجایی که ادامه حیات و کمال فرهنگی هر جامعه‌ای منوط به استمرار همراه با تحول این فرایند است (براتی، ۱۳۸۲: ۳۲)، هدف در این پژوهش، ارائه راه‌حلی برای احیای عنصر شباک است. (مهدوی نژاد و مسعودی تنکابنی، ۱۳۹۷) بنابراین، این مهم با ارتقا کیفی و کمی کاربری اصلی شباک (کنترل نور روز و کاهش مصرف

به‌عنوان یک راهبرد انرژی برای صرفه‌جویی انرژی شناخته می‌شود. به‌منظور بهینه‌سازی هم‌زمان طراحی و مفید بودن سیستم روشنایی روز، باید میزان بازده سیستم پیش‌بینی شود (Tsangrassulis. A, Santamouris.M, 2000:43). در پژوهش‌های صورت گرفته تلاش شده، تا، با پیش‌بینی روشنایی نور روز، برای یک موقعیت مشخص در ساختمان، یک‌قدم اساسی در طراحی روشنایی صورت پذیرد. غالب پژوهش‌های صورت گرفته به تعیین ابعاد و هندسه پنجره و نورگیرهای مرکزی و جانبی صحیح آن‌ها پرداخته است. از آنجا که ارزیابی عملکرد نور روز یک‌راه اساسی در طراحی نور روز و مفهوم انرژی است، روش کار در تمامی پژوهش‌ها، برآورد و شبیه‌سازی‌های نرم‌افزاری است (جدول ۱). در همین راستا، در این پژوهش تلاش شد، تا با توجه به کارایی اقلیمی معماری سنتی ایران و کمبود مطالعات کافی در این زمینه، یکی از مهم‌ترین عناصر مرتبط با روشنایی روز، شناسایی و شرایط فعلی آن ارزیابی شده و در جهت افزایش کارایی آن، تدابیر لازم صورت پذیرد.

انرژی) و با حفظ سایر ویژگی‌ها امکان‌پذیر است. هندسه، عامل مهم و تعیین‌کننده ویژگی‌های شباک است، بنابراین فرضیه پژوهش چنین است، که با انتخاب درست فرم هندسی و تغییر در نحوه پراکنش، بهینه‌سازی دریافت نور روز و کاهش مصرف انرژی در کل سال امکان‌پذیر است.

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی محسوب می‌شود چراکه می‌توان از نتایج حاصل از تحقیق، جهت ساختار و الگویی جدید برای طراحی ساخت در حوزه طراحی هوشمند معماری استفاده کرد و از نظر روش تحقیق به دو صورت انجام شده است: کشف، بر اساس روش میدانی- کتابخانه‌ای و ابزار مشاهده، که به شناخت الگوهای رایج شباک و نحوه عملکرد آن می‌پردازد و بررسی داده‌ها بر مبنای پژوهش علی و شبیه‌سازی با نرم‌افزار راینو و پلاگین‌های گرس‌هاپر، لیدی‌باگ و هانی‌بی^۱ و در نهایت بهینه‌سازی با الگوریتم ژنتیک^۲ (گالاپاگوس)^۳ است.

۲- پیشینه تحقیق

طی دهه‌های اخیر بحث موضوع‌های جدید در طراحی نور روز مطرح شده است. روشنایی نور روز

جدول ۱- بررسی مقالات و پژوهش‌های لاتین در حوزه مربوطه - منبع: نگارندگان

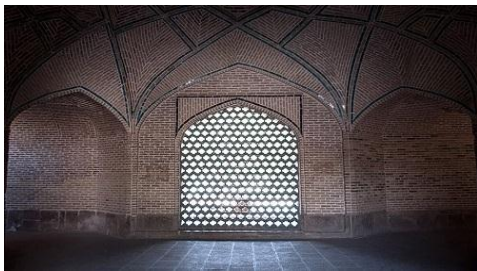
| مرجع | رویکرد پژوهش | فاکتورهای اندازه‌گیری شده | ابزار شبیه‌سازی | اقلیم |
|--|---|---|-------------------------|-----------|
| Mahdavinejad, M; Setayesh Nazar, S; 2017 | بهینه‌سازی چند متغیره نور روز و انرژی | - نور روز - مصرف انرژی - زاویه‌ی بهینه انحنای هندسی | -Ladybug & honeybee | گرم و خشک |
| Mahdavinejad, M. Mohammadi.S, 2016 | طراحی سایبان ثابت بر اساس بهینه‌سازی دریافت نور و انرژی | - بررسی موقعیت سایبان ثابت | - Diva - Energy Plus | گرم و خشک |

| | | | | | |
|----------------|--|---|---|--|----|
| گرم و نیمه خشک | -Ladybug & honeybee | - روشنایی | امکان دریافت نور روز در بدنه‌های جنوبی | Mahdavinejad, M et al, 2012 | ۳ |
| گرم و خشک | -BMC Technique - GH algorithm with the aid of Python script | - بررسی جامع فاکتورهای موثر در بهینه سازی انرژی در ساختمان اداری | فرم یابی برای بهینه سازی مصرف انرژی | Javnroodi, K et al, 2019 | |
| جزیره‌ای | - Design builder - Matlab | - بررسی میزان نفوذ هوا در پانل‌های فلزی سوراخ‌دار - بررسی رفتار حرارتی | بررسی نماهای دوپوسته دارای پانل‌های مشبک | Blanco, Buruaga et al, 2016 | ۴ |
| بیابانی | -Diva | - کیفیت نور ویژه - قرار گرفتن در معرض نور خورشید به صورت سالیانه - خیرگی | بررسی پارامتریک نمای مشبک بر مبنای دریافت نور روز | Wagdy & Fathy, 2015 | ۵ |
| بیابانی | -Grasshopper - Diva | - بررسی نور روز بر مبنای شاخص کارایی متحرک نور روز - کیفیت نور ویژه - قرار گرفتن در معرض نور خورشید به صورت سالیانه | - پیکربندی خاص برای نما بر مبنای اورینگامی | Wagdy et al, 2015 | ۶ |
| گرم و خشک | - DIVA - Python script | - نور روز - نور پیوسته - بیشترین نور روز - نور روز ویژه | طراحی سایبان منطبق بر فاکتورهای نور روز و انرژی | Giovannini, Verso, Karamata & Andersen, 2015 | ۷ |
| چندگانه | -EnergyPlus -Radiance | -مصرف انرژی سالانه -بیشینه دریافت گرمای پنجره‌ها -میزان نور روز داخلی | ارزیابی پتانسیل فنی سیستم پنجره‌ها بر مبنای صرفه‌جویی در مصرف انرژی | Fernan des et al, 2015 | ۸ |
| چندگانه | -Light Solve - Viewer - LSV | - نور روز بر مبنای شاخص کارایی - روشنایی - خیرگی | طراحی هندسه پوسته بر مبنای نور روز | Gagne, Jaime. Andersen, Marilyn; 2012 | ۹ |
| گرم و نیمه خشک | - Grasshopper - LadyBug | - شدت روشنایی - خیرگی - آسایش دیداری | بهینه‌سازی انرژی در حالی که پوسته دارای بالاترین حد آسایش دیداری است. | Valitabar, Mahdi et al, 2010 | ۱۰ |
| چندگانه | -Radiance | - فاکتور نور ویژه | محاسبه نور روز پویا - سالیانه | Reinhart, Christoph F et al, 2006 | ۱۱ |
| چندگانه | - EnergyPlus - Daysim - Radiance | - نور روز - مصرف انرژی | تعیین سایز مناسب روزنه‌ها در فضای آموزشی | Montaser Koohsari et al, 2018 | ۱۲ |

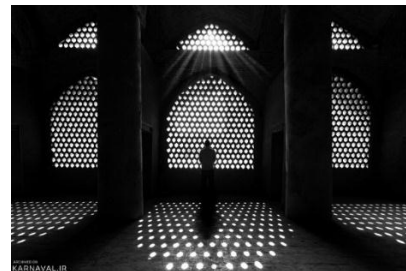
۳- عناصر شباک در معماری سنتی ایران

معماری هر سرزمین و هر فرهنگی، از ویژگی‌های خاصی برخوردار است که آن ویژگی‌ها هویت معماری آن سرزمین را تعریف می‌کنند. عواملی که ویژگی‌های معماری یک سرزمین را حمل می‌کنند، طیف وسیعی از اندام‌ها و عناصر بنا را تشکیل می‌دهند که شامل نحوه سازمان‌دهی فضایی و استقرار کلیت بنا، تا نحوه به‌کارگیری عناصر معماری و جزئیات و طرح عناصر و نحوه به‌کارگیری مصالح می‌شود. در این میان، عنصر پنجره به دلیل اهمیت نقش‌هایی که در رابطه با زندگی انسان دارد، بیشترین تأثیر را از ویژگی‌های زندگی می‌گیرد و یکی از عواملی است که سهم نسبتاً بیشتری در انتقال پیام آن ویژگی‌ها به عهده دارد (پارسا، ۱۳۹۰: ۷۷). در معماری سنتی ایرانی از نور به‌طور یکنواخت استفاده نمی‌شده، بلکه نور

همیشه تعدیل شده و سپس وارد فضا گردیده است. برای این منظور معماران سعی می‌کرده‌اند با استفاده از فنون نوآورانه و عناصر بسیار ساده به بهترین نحو ممکن، از نور روز بهره‌گیرند. (نعمت‌گرگانی، ۱۳۸۱: ۳۱۸). سطح مشبکی که از دو فضای پر و خالی تشکیل شده باشد، به‌نحوی که از یک‌سو بتوان سوی دیگر آن را دید، شباک نامیده می‌شود (گنجی‌خیبری و دیگران، ۱۳۹۴). پیرنیا، ۱۳۸۰، بیان می‌دارد که هوای متغیر ایران، آفتاب تند و روشن، باد، باران، توفان و عقاید مذهبی ایجاب می‌کرده که ساختمان علاوه بر در و پنجره و پرده، شباک برای حفاظت درون بنا نیز داشته باشد (بمانیان، ۱۳۹۳: ۶۲). حضور شباک در معماری ایران، قدمت طولانی داشته و نمونه‌های آن در فضاهایی با کاربری‌ها و اقلیم‌های مختلف به‌چشم می‌خورد. (تصاویر ۱-۲-۳-۴)



تصویر ۲- مسجد جامع قزوین منبع: masjed.ir



تصویر ۱- مسجد جامع اصفهان منبع: karnaval.ir

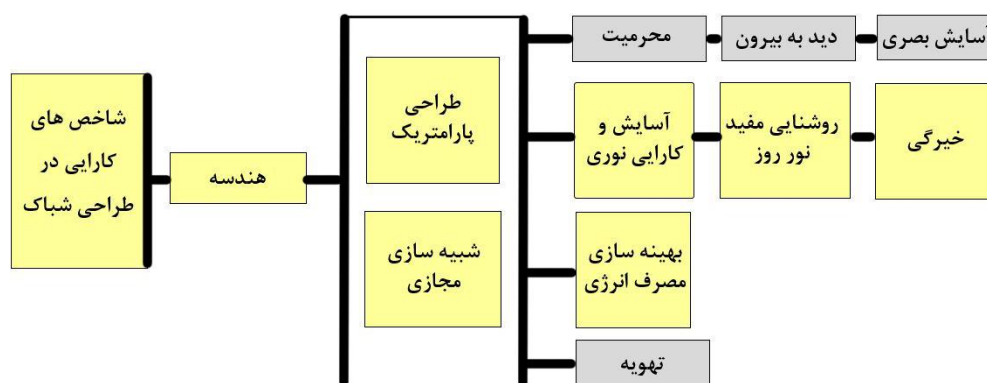


تصویر ۳- خانه یزدان پناه در شهر قم - منبع: armanshahreanahita.ir / تصویر ۴ خانه نقلی کاشان - منبع: noghlhouse.com



(Eskandari.H, etal,2017). این شبکه‌ها شدت نور را گرفته و نور ضعیف‌تری از لابه‌لای آن عبور می‌کند. انحراف پرتوهای نور در اثر برخورد با کنارهای شبکه سبب پخش نور شده و به یکنواختی روشنایی کمک می‌کند (پارسا، ۱۳۹۰: ۸۶). شباک دارای کارایی‌هایی به شرح نمودار ۱، است که در این پژوهش ضمن سعی در حفظ سایر عملکردهای شباک، به بررسی کارکردهای اقلیمی آن، به‌عنوان مهم‌ترین کارایی، پرداخته می‌شود.

مهم‌ترین کارکرد شباک‌ها، کنترل فضای داخل از شرایط متغیر آب و هوایی در اقلیم گرم و خشک بوده است. به‌طور کلی می‌توان گردش هوا، تنظیم درجه حرارت، کنترل ورود نور و حفظ محرمیت را مهم‌ترین کارکردهای این ابزار دانست که متناسب با محل به‌کارگیری آن‌ها، درجه اهمیت هرکدام از عملکردها متفاوت است. (نمودار ۱) شاخصه‌های دیگری از جمله معیارهای زیبایی‌شناسی و اجتماعی نیز در ارتباط با این ابزارها وجود دارد که نمی‌توان آن‌ها را نادیده گرفت



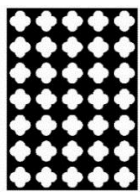
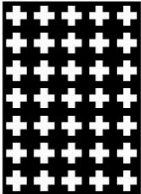
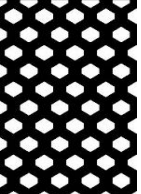
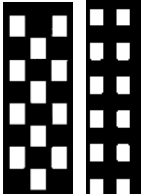


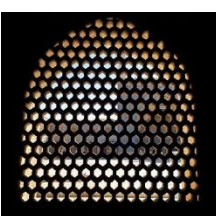


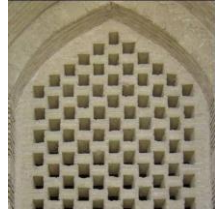
نمودار ۱- بررسی فاکتورهای مؤثر در کارایی شباک- منبع: نگارندگان

محدودی از فرم‌های هندسی دارای دامنه تکرار از نظر تاریخی و جغرافیایی‌اند، بر اساس بررسی‌های میدانی به‌عمل‌آمده توسط نگارندگان، چهار فرم هندسی، که بیشترین تکرار را داشته‌اند مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲).

۴- تقسیم‌بندی هندسی شباک‌ها

بابایی و همکاران در سال ۲۰۱۳، ۹ هندسه را برای شباک در خانه‌های کاشان شناسایی کردند. (Babaei et al, 2013) در ایران شباک با تنوع هندسی بیشتری قابل بررسی است ولی تعداد

جدول ۲- بررسی هندسه روزنه‌های شباک - منبع: نگارندگان

| شکل هندسی پایه | هندسه ترکیبی | هندسه چلیپا: | هندسه شش‌وجهی: | هندسه مستطیل: |
|--|--|--|--|---|
| منبع: نگارندگان | منبع: نگارندگان | منبع: نگارندگان | منبع: نگارندگان | منبع: نگارندگان |
| محاسبه مساحت روزنه | $ab + 4 * \frac{\pi b^2}{2}$ $= \frac{2}{4} * \frac{2}{4} + 4$ $* \frac{3.14 * \frac{1}{16}}{2} = 0.65$ | $1 - 4(b * b)$ $= 1 - 4 \left(\frac{1}{4} * \frac{1}{4} \right)$ $= 0.75$ | $2 \frac{ab}{2} + ab$ $= 2 \frac{\left(\frac{1}{4} * 1 \right)}{2} + 1 * \frac{1}{2}$ $= 0.75$ | $a * b = 1 * \frac{3}{4}$ $= 0.75$ |
| برای اینکه امکان قیاس بین نمونه‌ها امکان پذیر باشد، مجموع مساحت روزنه‌ها، در هر شباک، برابر در نظر گرفته شد. | | | | |
| مشبک حاصله |  |  |  |  |
| تصویر شباک اجرا شده |  مسجد جامع قزوین: منبع: picbon.com |  مسجد جامع عباسی منبع: stockphoto.ir |  مسجد جامع اصفهان منبع: نگارندگان  مسجد سرخی منبع: Pictame.com |  کاروان سرای عباسی  مسجد حکیم اصفهان منبع: محمود ماهرالنقش، معماری مسجد حکیم |

۵- متغیرهای اساسی مؤثر در دریافت نور

روز

در تعریف گروه بین‌المللی نور^۸، سه عامل مهم در نورپردازی خوب باید در نظر گرفته شود، کمیت نور روز، کیفیت نور روز و خیرگی که مربوط به شدت نور است. به‌طور کلی دستیابی به آسایش

بصری وابسته به دو پارامتر یکنواختی و خیرگی است و درعین حال شدت نور و کنترل نور نیز دو عامل کلیدی در مصرف انرژی برای روشنایی هستند. نور پراکنده و یکنواخت می‌تواند صرفه‌جویی بیشتری در انرژی و بهبود آسایش بصری را فراهم آورد (سیدالعسکری و نصر الهی،

طراحی به شمار رفته و باید با دقت و بر اساس آنالیزهای متعدد حرارتی و روشنایی صورت پذیرد، تا علاوه بر پاسخگویی به نیازهای بصری و نور روز کافی، از نظر حرارتی نیز مناسب باشد (Baker, 2005). به منظور کاهش خیرگی و بهبود آسایش بصری در فضاها، می‌بایست نور به صورت یکنواخت توزیع گردد، به صورتی که حداکثر و حداقل روشنایی در فضا، فاصله کمی باهم داشته باشند. این امر با ایجاد روزنه‌های کوچک غیرمتمرکز و قرار گرفته در ارتفاع بالاتر جداره، می‌تواند محقق گردد. هرچه پنجره‌ها مرکزگرایی کمتری داشته باشند خیرگی حاصله نیز کمتر خواهد بود. (Lechner, 2001, 416).

۶- تعریف واژگان

۱-۶- خیرگی نتیجه انعکاس و بازتابش‌های روشن از سطوح درخشان هست. این بازتابش‌ها باعث آسیب به دید می‌گردند. خیرگی می‌تواند به وسیله توزیع غیریکنواخت یا بسیار یکنواخت روشنایی در میدان دید فرد، به وجود آید (IEA, 2000)

۲-۶- روشنایی مفید نور روز^۹ بر اساس روشنایی بر سطح میز کار محاسبه می‌شود، هدف اصلی در این شاخصه تعیین محدوده‌های است که روشنایی در بازه بین ۱۰۰-۲۰۰۰ لوکس قرار دارد. میزان پایین‌تر از آستانه ۱۰۰ لوکس به معنای احتمال تاریکی فضا و میزان بالاتر از ۲۰۰۰ لوکس به معنای احتمال وقوع پدیده خیرگی است (Nabil & Mardajevic, 2006).

۱۳۹۴). مطالعات بیان می‌دارد که بازدهی روشنایی نور طبیعی از نور مصنوعی بیشتر است چراکه نور طبیعی، باعث کاهش مصرف انرژی الکتریکی و بار گرمایشی و بار سرمایشی می‌شود، چراکه گرمای حاصل از نور روز، کمتر از گرمایی است که لامپ‌های الکتریکی به هنگام تولید مقادیر یکسان نور پدید می‌آورند (Mahdavinejad et al., 2017:92; Fang Yuan, 2017:7).

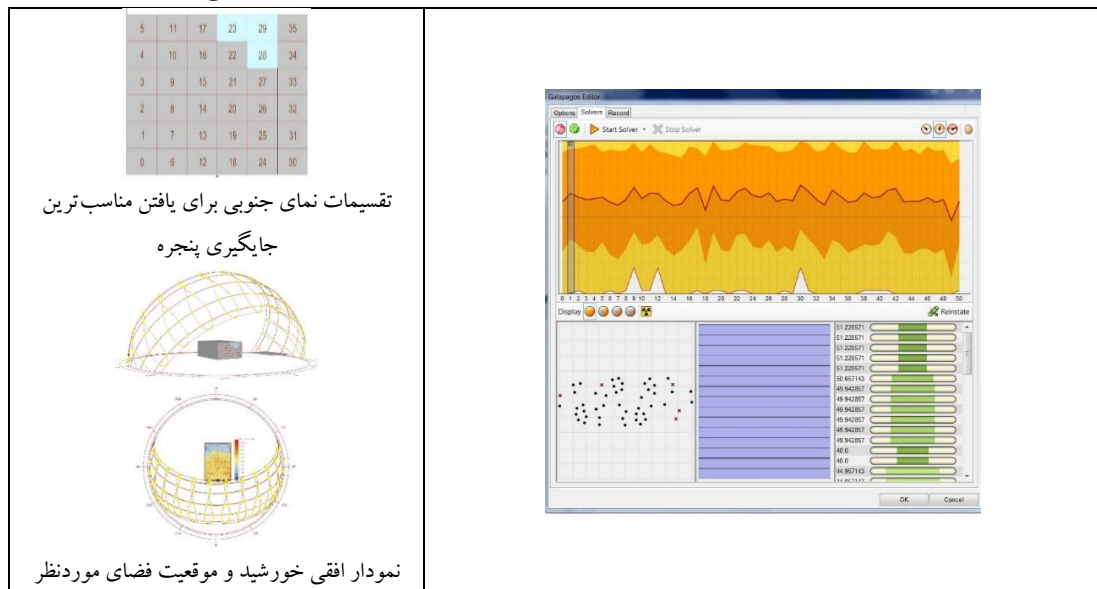
محل قرارگیری پنجره بیشترین نقش را در میزان بهره‌گیری از نور روز و تعیین انرژی الکتریکی حاصل از نور مصنوعی بازی می‌کند و میزان اثرگذاری آن بر کاهش و یا افزایش انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختمان اندک است. اما به‌طور کلی می‌توان گفت با افزایش ارتفاع محل قرارگیری پنجره بر روی دیوار، میزان انرژی مصرفی کاهش می‌یابد (Mahdavinejad et al., 2017). افزایش ارتفاع اکابه سبب افزایش میزان نوردهی در عمق فضا شده و استفاده از نور مصنوعی را کاهش می‌دهد. در این پژوهش تأثیر جانمایی روزنه‌ها روی پوسته‌ساختمانی بر فاکتورهای نور روز و انرژی مورد آنالیز قرار گرفته است. افزایش اندازه و ابعاد پنجره سبب کاهش استفاده از نور مصنوعی و به تبع آن بار الکتریکی حاصل از آن می‌شود. ابعاد پنجره به لحاظ ورود نور تمایل به بزرگ شدن دارد، اما همین پنجره برای مقابله با گرمای ناشی از تابش و افزایش قدرت هدایت حرارت به کوچک شدن تمایل پیدا می‌کند (حیدری، ۱۳۹۲: ۷۶). از این رو انتخاب درست ابعاد پنجره در نما یکی از چالش‌های

۷- شبیه‌سازی و تحلیل روش انتخابی

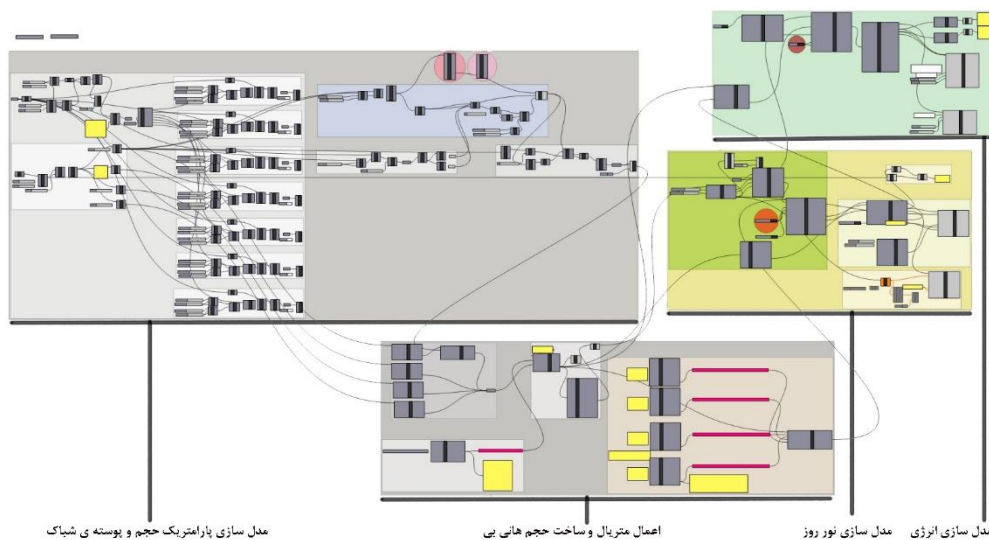
شباک در بناهای عمومی کاربرد بیشتری دارد (پارسا، ۸۶:۹۰) کاربری اداری به علت عمومی بودن، گستردگی فعالیت در بازه زمانی روز، کمتر اهمیت داشتن بُعد محرمیت و پررنگ بودن بعد اقلیم آن، جهت بهینه‌سازی شباک انتخاب شده است. بنابراین فضایی با مشخصات استاندارد، عرض ۷ متر، عمق ۱۰ متر و ارتفاع ۴ متر، با جهت گیری جنوبی در شهر تهران، در نظر گرفته شد و با توجه به مدول‌های شباک، به شبکه شطرنجی مربعی شکل تقسیم شد. در پژوهشی که توسط Mahdavinejad & Mator et al در سال ۲۰۱۲ انجام شده، به بررسی نسبت مساحت باز شو به مساحت دیواری که باز شو برای آن در نظر گرفته شده است، در ساختمان‌های اداری تهران پرداخته است، مقادیر ۳۰ و ۳۵ درصد به عنوان مقادیر مورد قبول برای تأمین روشنایی مطلوب در اقلیم تهران پیشنهاد شده است. بنابراین برای حداکثر میزان درصد بازشوی

کلی مشبک‌ها نتایج این پژوهش ملاک عمل قرار گرفته است. از آنجاکه ساختمان اداری در شهر تهران در نظر گرفته شده است، بنابراین برای انجام تمام مراحل شبیه‌سازی از اطلاعات آب و هوایی تهران که از سایت رسمی انرژی پلاس دانلود شده، استفاده شده است. بعد از تعیین ابعاد فضا، ابتدا با الگوریتم ژنتیک، نور مفید روز و خیرگی در بازه زمانی یک سال، به صورتی که در کل سال دارای سطح استاندارد از روشنایی مفید روز باشد و حداقل میزان خیرگی را داشته باشد، مورد بهینه‌سازی قرار گرفته است. نتایج بهینه‌سازی نشان می‌دهد، مناسب‌ترین جانمایی برای پراکنش روزنه‌ها در فضای مورد نظر در حالتی متمایل به شرق و با ارتفاع بالاتری از کف است (جدول ۳). بر این اساس برای داشتن دید بهینه نیاز به گشودگی‌هایی در ابعاد کوچک‌تر و با توجه به تناسب عملکرد قابل پیش‌بینی است.

جدول ۳- جانمایی پنجره ساختمان بر مبنای بهینه دریافت نور مفید روز با حداقل خیرگی - منبع: نگارندگان



در مرحله بعد، هندسه شباک در گرسهاپر مدل‌سازی شده (نمودار ۳) و بر اساس اطلاعات حاصل از بهینه‌سازی نور روز، دامنه گسترده‌گی روزنه‌ها روی بدنه نما مشخص (جدول ۴) و میزان دریافت نور روز و مصرف انرژی محاسبه و در نهایت باحالت قبلی قیاس می‌گردد.



نمودار ۳- الگوریتم بهینه‌سازی نور مفید روز و مصرف انرژی در بازه زمانی یک سال، در فضای طراحی شده- منبع: نگارندگان

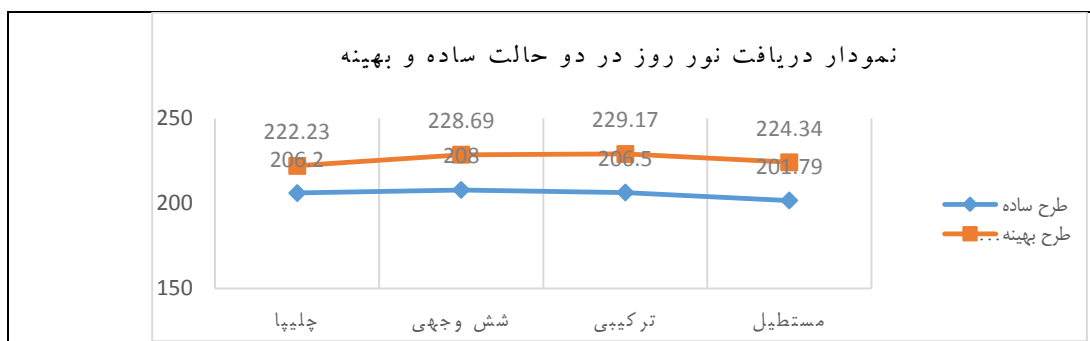
جدول ۴- تغییر در اندازه و پراکنش روزنه‌ها بر مبنای اطلاعات حاصل از بهینه‌سازی نور مفید روز توسط الگوریتم ژنتیک

| | هندسه چلیپا | هندسه شش‌وجهی | هندسه ترکیبی | هندسه مستطیلی |
|-----------|-------------|---------------|--------------|---------------|
| فرم ساده | | | | |
| فرم بهینه | | | | |

ابعاد و گستره حضور روزنه‌ها می‌تواند تا ۱۲ درصد باعث افزایش میانگین دریافت سالانه نور مفید روز شود (نمودار ۴).

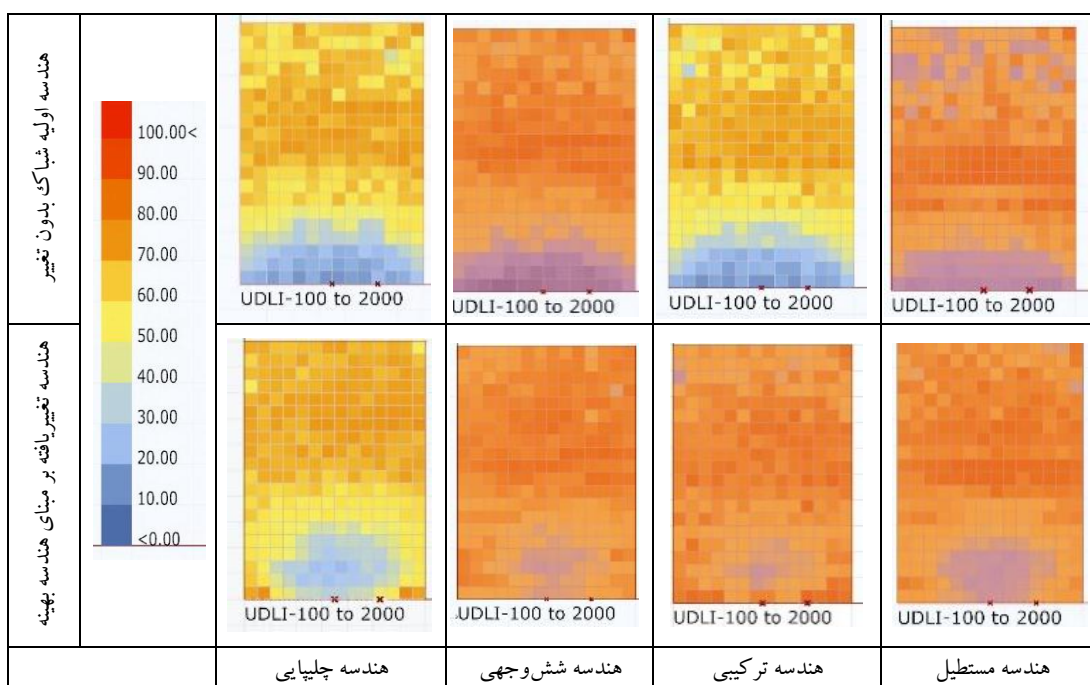
۸- نتایج و یافته‌ها

میانگین سالانه روشنایی مفید روز برای ۴ هندسه انتخابی بررسی شده است، به صورت کلی، تغییر در



نمودار ۴- بررسی میانگین دریافتی نور روز در شباک با هندسه انتخابی- بدون تغییر و تغییر یافته - منبع نگارندگان

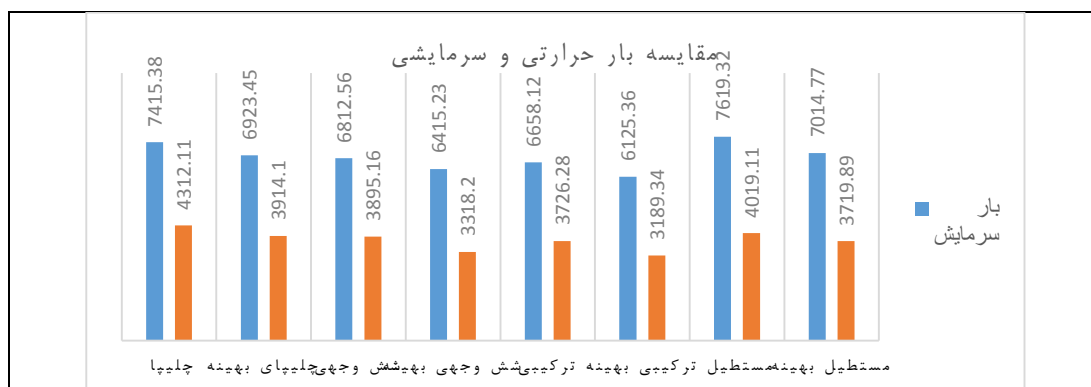
تغییر الگوی هندسی (تطبیق الگوی شباک با جدول ۳)، در تمامی چهار هندسه، با بهبود میزان دریافت سالیانه نور مفید روز و نحوه پخش و یکنواختی آن و کاهش خیرگی، همراه بوده است که مهم ترین دستاورد این پژوهش به حساب می آید. بهترین توزیع نور برای هندسه ترکیبی است (جدول ۴).



جدول ۴- توزیع نور مفید روز برای هندسه های انتخابی

پایین ترین مقدار و در طرح هندسی مستطیل ساده بیشترین کاهش میزان مصرف انرژی وجود دارد. (نمودار ۵)

در سنجش بار سرمایش و گرمایشی ساختمان، در هر چهار حالت با تغییر الگوی توزیع روزه ها، کاهش بار سرمایشی و گرمایشی وجود داشته است. در طرح هندسی ترکیبی بهینه، میزان انرژی



نمودار ۵- سنجش بار حرارتی و بار سرمایه‌ی برای ۸ الگوی موردنظر - منبع نگارندگان

۹- بحث در نتایج و یافته‌ها

در این پژوهش به بازنگری عنصر شباک پرداخته شد تا در دوران معاصر و با توجه به بحران‌های روز معماری، بتواند به‌مانند گذشته و با کارایی بیشتر، حضور داشته باشد. بدین منظور به دنبال راه‌حلی کمی، برای افزایش کارایی شباک‌ها و مطابق با کارایی اصلی آن‌ها، یعنی بهینه‌سازی مصرف انرژی و دریافت مطلوب نور مفید روز است. نتایج حاصل از این معیارهای کمی می‌تواند نشان‌دهنده بدتر یا بهتر بودن آلترناتیوهای مختلف در طول یک طراحی باشد و به‌این ترتیب راهنمای خوبی برای تصمیم‌گیری‌ها در روند طراحی است. با بررسی‌های انجام‌شده نتایج زیر حاصل شد:

-طبق مطالعات، شباک در واقع نوعی سایبان ثابت است که مهم‌ترین کارکرد آن، کنترل فضای داخل از شرایط متغیر آب و هوایی و ورود نور خورشید در اقلیم گرم و خشک بوده است و هندسه روزنه‌ها و جانمایی آن‌ها، دو فاکتور مهم برای کنترل این عنصر است.

- شباک‌ها، بر مبنای هندسه ایرانی شکل گرفته‌اند و دارای هندسه پایه و تکرار شونده هستند. عملکرد

شباک وابسته به نوع هندسه آن بوده است و هرگونه تغییر در فرم، ابعاد و جانمایی هندسه پایه، مستقیماً بر عملکرد نوری آن تأثیرگذار خواهد بود. بنابراین، لازمه رسیدن به هدف بهینه‌سازی نور روز و کاهش مصرف انرژی، تغییر در هندسه شباک است. در این پژوهش، چهار الگوی هندسی که بر اساس بررسی‌های میدانی، بیشترین کاربرد را در طی زمان و در ساختمان‌های عمومی داشته است، شناسایی و مورد سنجش قرار گرفت.

- با شبیه‌سازی نرم‌افزاری، پوسته‌ای با ابعاد و جانمایی دقیق روزنه‌ها، به‌منظور بهینه‌سازی نور روز به‌صورت سالیانه و کاهش مصرف انرژی، برای ساختمان با کاربری اداری در تهران تولید شد. در صورتی که پراکندگی و تغییر ابعاد روزنه‌های شباک بر مبنای این هندسه شکل بگیرد، کارایی آن به‌صورت محسوسی افزایش می‌یابد، بدین صورت که علاوه بر افزایش میانگین سالانه دریافت نور مفید روز، کاهش بار حرارتی و سرمایه‌ی را نیز همراه خواهد داشت؛ بنابراین، اجرای مجدد شباک‌ها در نماهای شهری علاوه بر حفظ ارزش‌های فرهنگی و

معماری می‌تواند، جواب مناسبی به بحران انرژی باشد. با توجه به حد تکامل هندسه ایرانی و تحقیقات پارامتریک انجام شده در این حیطة، امکان هوشمند سازی شباک‌ها وجود دارد. پوسته ساختمان، از طریق ادغام فناوری‌های هوشمند، تبدیل به یک سیستم تقریباً خودکار برای پاسخ دادن به تغییرات زیست محیطی شده است که دارای عملکردی متعادل با سایر سیستم‌ها است. مجموعه این عوامل چارچوب مهمی را برای پژوهش‌های آتی در این زمینه فراهم می‌سازد.

پی‌نوشت‌ها

1. Rhinoceros, Grasshopper, Ladybug, Honeybee
2. Genetic Algorithms
3. Galapagos
4. Mahdavejrad & Motazedian
5. Rhinoceros, Grass hopper, Ladybug, Honeybee
6. Genetic Algorithms
7. Galapagos
8. CIE: Commission internationale de l'éclairage
9. Useful Daylight Illuminance

منابع

- بمانیان، محمدرضا و نیکودل، فهیمه. (۱۳۹۳)، بررسی انواع نورگیری و روش‌های تأمین نور در مساجد دوره قاجار تهران. پژوهش‌های معماری اسلامی. ۳، ۶۰-۷۳.
- پارسا، محمدعلی. (۱۳۹۰) خاستگاه‌های معماری پنجره: جستاری در مفهوم پنجره در زبان فارسی و فرهنگ ایرانی. مسکن و محیط روستا. ۱۳۴، ۷۵-۹۴.
- حیدری، شاهین. (۱۳۹۲)، معماری و روشنایی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- سیدالعسکری، ملیحه و نصر الهی، نازنین. (۱۳۹۴)، بررسی اهمیت استفاده از نور روز برای بهینه‌سازی مصرف انرژی. مشهد: دومین کنفرانس ملی معماری و منظر شهر پایدار.
- گنجی خیبری، ابوالفضل. دیبا، داراب. مهدوی‌نژاد، محمدجواد و شاهچراغی، آزاده. (۱۳۹۴). طراحی الگوریتمیک پالکانه برای افزایش بهره مندی از نور روز در ساختمان. معماری و شهرسازی آرمانشهر. (۱)۷، صص ۳۵-۵۲.
- مهدوی نژاد، محمدجواد؛ بمانیان، محمدرضا و مطور، سها. (۱۳۹۱) تخمین کارایی کانال‌های انتقال نور افقی در ساختمان‌های عمیق: نمونه بناهای اداری تهران. هنرهای زیبا. ۱۷(۴)، ۴۱-۴۸.
- مهدوی نژاد، محمدجواد و مسعودی تنکابنی، ساناز. (۱۳۹۷) خودسایه اندازی و بهره‌وری انرژی در الگوی معماری سرآمد، مورد مطالعاتی: فرم کلی ساختمان‌های میان مرتبه تهران. آرمانشهر. ۱۱(۲۵)، ۲۰۱-۲۰۸.
- مهدوی نژاد، محمدجواد (۱۳۹۸). معماری سرآمد: دستور زبان معماری آینده ایران. تهران: انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.
- نعمت گرگانی، ام البنین. (۱۳۸۱)، پیشینه نور در معماری و وسایل روشنایی در هنر اسلامی ایران. اثر. ۳۵، ۳۱۶-۳۲۳.

- 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*
- Baker, A. Steemers, K. (2005). *Daylighting in Architecture: A European Reference Book*. Published by Earthscan Publications Ltd.
- Blanco, J. M., Buruaga, A., Rojí, E., Cuadrado, J., & Pelaz, B. (2016). Energy assessment and optimization of perforated metal sheet double skin façades through Design Builder; A case study in Spain. *Energy and Buildings*, 111, 326-336.
- Capeluto, G. & Ernesto Ochoa, C. (2017). *Intelligent Envelopes for High-Performance Buildings Design and Strategy*, Springer International Publishing AG.
- Eskandari, H., Saedvandi, M. & Mahdavejad, M. (2017). The impact of Iwan as a traditional shading device on the building energy consumption, *Buildings*, 2-18
- Fang, Y. (2017). *Optimization of Daylighting and Energy Performance Using Parametric Design, Simulation Modeling, and Genetic Algorithms*, A dissertation submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Ph.D. in Design.
- Gagne, J. & Andersen, M. (2012). A generative facade design method based on daylighting performance goals, *Journal of Building performance simulation*, 5(3), 141-154.
- Fernandes, L. L., Lee, E. S., McNeil, A., Jonsson, J. C., Nouidui, T., Pang, X., & Hoffmann, S. (2015). Angular selective window systems: Assessment of technical potential for energy savings. *Energy and Buildings*, 90, 188-206.
- IEA. (2000). *Daylight in building: a source book on daylighting systems and components*, Paris: ECBCS Annex.
- Javanroodi, K., Nik, V. M. & Mahdavejad, M. (2019). A novel design-based optimization framework for enhancing the energy efficiency of high-rise building in urban areas.
- Lechner, N., (2001). *Heating, Cooling, and Lighting: Design Methods for Architects*. Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Mahdavejad, 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
- Mahdavejad, M. & Mohammadi, S. (2016). Parametric optimization of daylight and thermal performance through louvers in hot and dry climate of Tehran. *Journal of fundamental and applied sciences*, 8(3), 1221-1236
- Mahdavejad, M., Bemanian, M., Abolvardi, G. & Elhamian, S.M. (2012). Analyzing the state of seismic consideration of architectural non-structural components (ANSCs) in design process (based on IBC), *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 3(2), 133-147.
- Mahdavejad, M. & Mator, S. (2012). The Quality of Light Openings in Iranian Domes, *Naqshejahan*, 2(2), 31-42.
- Mahdavejad, M., Mator, S., Fayaz, R. & Bemanian, M. (2012). Estimation of Daylight Availability and Illuminance on Vertical South Facing Surfaces in Tehran, *Advanced Materials Research*. 518-523, 1525-1529
- Makani' V., Khorram, A. & Ahmadi, Z. (2012). "Secrets of Light in Traditional Houses of Iran", *International Journal of Architecture and Urbanism*, 2(3), 50-45.
- Motazedian, F. & Mahdavejad, M. (2014). Light Shelves: Typology and Their Characteristics, *Armanshahr Architecture & Urban Development Journal*, 7(1), 91-104.
- Montaser Koohsari, A., Fayaz, R. & Mohammad Kari, B. (2018). Integrating Thermal and Lighting Analysis to Optimize Window Size of Educational Buildings; *naghsh e jahan journal*, Published by TMU (Tarbiat Modares University).
- Nabil, A. & Mardaljevic, J. (2006). Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and Buildings*, 38, 905-913.
- Reinhart CF, Walkenhorst O. (2001). Dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a full-scale test office with outer venetian blinds. *Energy and Buildings* 2001; 33(7), 683-97.
- Tsangrassoulis, A., Santamouris, M. (2000). A method to estimate the daylight efficiency of round skylights", *Energy and Buildings* 32, 41-45.
- Valitabar, M., Moghadami, M., Mahdavejad, M. & Pilechiha, P. (2010). Design optimum responsive façade based on visual comfort and energy performance, *CADDRIA*, 93-102
- Wagdy, A., Elghazi, Y., Abdalwahab, S. & Hassan, A. (2015). The balance between daylighting and thermal performance based on exploiting the kaleidocycle typology in hot arid climate of Aswan, Egypt. Paper presented at the Architectural Engineering National Conference 2015: Birth and Life of the Integrated Building, AEI 2015.