نشریه معماری اقلیم گرم و خشک
سال هفتم، شماره نهم، بهار و تابستان ۱۳۹۸

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

محمدجواد مهدوی نژاد[1*]، آنوشا کیا[2]

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 محرمیت 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 درنهایت کدنویسی و بهینه‌سازی با الگوریتم ژنتیک انجام‌شده و شرایط تابش خورشیدی در تهران و برای ساختمانی با کاربری اداری، طراحی و مورد تحلیل قرارگرفته 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 به‌صورت 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

*- نویسنده مسئول: Email: mahdavinejad@modares.ac.ir

پرسش‌های پژوهش

۱. شباک، چه تأثیر اقلیمی در معماری ایرانی داشته است و چه مؤلفه‌هایی در کارایی آن مؤثر است؟

۲. هندسه کلی روزنه‌های شباک، چه تأثیری در میزان نور پذیری آن دارد؟

۳. تغییر در نحوه پراکنش روزنه‌ها 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 درحال‌توسعه 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، موردتوجه قرارگرفته است (Javanroodi, K etal, 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 روزبه‌روز بر اهمیت آن افزوده می‌شود و از دیگر موضوعات حائز اهمیت، گرایش به معاصرسازی فناوری‌های بومی در معماری معاصر جهان است (Mahdavinejad & Matoor, 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 جنبهٔ عملکردی، به‌عنوان عاملی برای روشنایی و حیات‌بخشی به فعالیت‌های روزانه، از جنبه معنوی و در مباحث اعتقادی ادیان نیز همواره موردتوجه و استفادهٔ فراوان بوده است (مهدوی نژاد و دیگران، ۱۳۹۱: ۳۳). به علت کیفیت محسوس بهره‌گیری از نور طبیعی در شرایط آسایش، توجه به استفادهٔ 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). استفادهٔ 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 ازآنجایی‌که ادامه حیات و کمال فرهنگیِ 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

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 ازنظر هدف، کاربردی محسوب می‌شود چراکه می‌توان از نتایج حاصل از تحقیق، جهت ساختار و الگویی جدید برای طراحی و ساخت در حوزه طراحی هوشمند معماری استفاده کرد و ازنظر روش تحقیق به دو صورت انجام‌شده 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 علّی و شبیه‌سازی با نرم‌افزار راینو و پلاگین‌های گرس‌هاپر، لیدی‌باگ و هانی‌بی[1] و درنهایت بهینه‌سازی با الگوریتم ژنتیک[2] (گالاپاگوس)[3] است.

۲- پیشینه تحقیق

طی دهه‌های اخیر بحث موضوع‌های جدید در طراحی نور روز مطرح‌شده است. روشنایی نور روز 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 جانمایی صحیح آن‌ها پرداخته است. ازآنجاکه 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 ارزیابی‌شده و در جهت افزایش کارایی آن، تدابیر لازم صورت پذیرد.

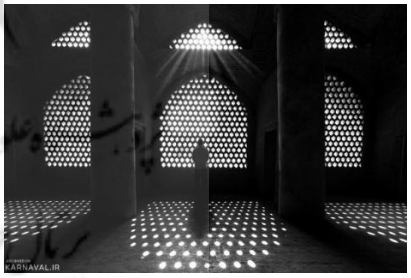
جدول ۱- بررسی مقالات و پژوهش‌های لاتین در حوزه مربوطه - منبع: نگارندگان

	مرجع	رویکرد پژوهش	فاکتورهای اندازه‌گیری شده	ابزار شبیه‌سازی	اقلیم
۱	Mahdavinejad, M; Setayesh Nazar, S; 2017	بهینه‌سازی چند متغیره نور روز و انرژی	- نور روز - مصرف انرژی - زاویه‌ی بهینه انحنا هندسی	-Ladybug & honeybee	گرم و خشک
۲	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

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

۳- عناصر شباک در معماری سنتی ایران

معماریِ 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 استقرارِ 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 تعدیل‌شده 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 بهره گیرند. (نعمت گرگانی، ۱۳۸۱ :۳۱۸). سطح مشبکی که از دو فضای پر و خالی تشکیل‌شده باشد، به‌نحوی‌که از یک‌سو بتوان سوی دیگر آن را دید، شباک نامیده می‌شود (گنجی خیبری 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، شباکی 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)

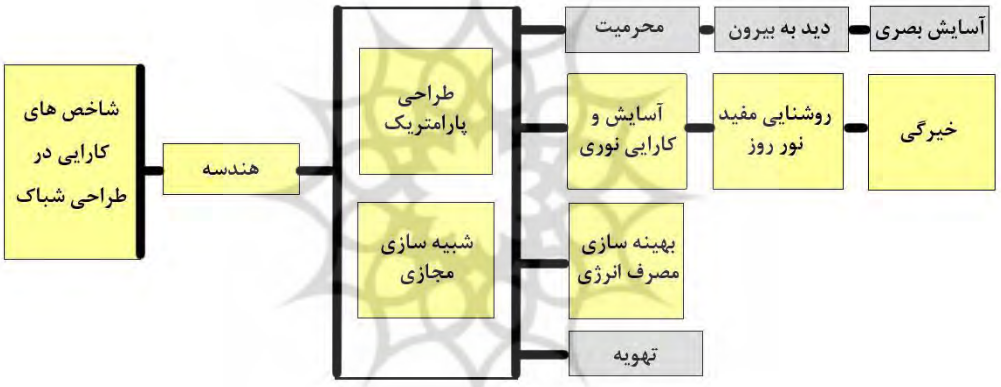


تصویر۱ – مسجد جامع اصفهان منبع: karnaval.ir

تصویر۲– مسجد جامع قزوین منبع: masjed.ir

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

مهم‌ترین کارکرد شباک‌ها، کنترل فضای داخل از شرایط متغیر آب و هوایی در اقلیم گرم و خشک بوده است. به‌طورکلی 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 ازجمله معیارهای زیبایی‌شناسی و اجتماعی نیز در ارتباط با این ابزارها وجود دارد که نمی‌توان آن‌ها را نادیده گرفت (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.

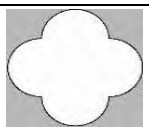
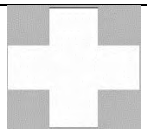
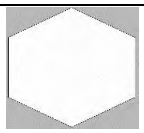
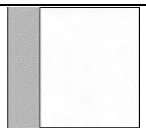
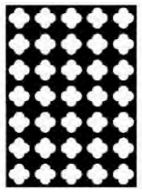
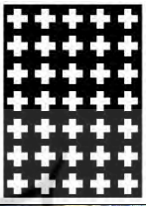
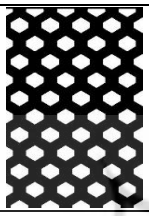
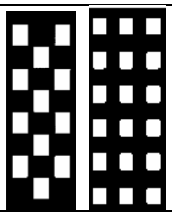
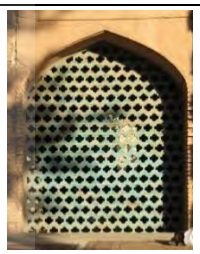
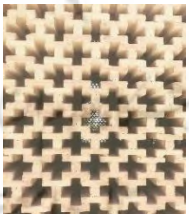
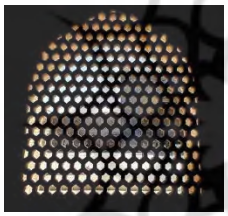


نمودار ۱- بررسی فاکتورهای مؤثر در کارایی شباک- منبع: نگارندگان

٤- 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 قابل‌بررسی است ولی تعداد محدودی از فرم‌های هندسی دارای دامنه تکرار ازنظر تاریخی و جغرافیایی‌اند، بر اساس بررسی‌های میدانی به‌عمل‌آمده توسط نگارندگان، چهار فرم هندسی، که بیشترین تکرار را داشته‌اند موردبررسی قرار گرفت (جدول ۲).

جدول ۲- بررسی هندسه روزنه‌های شباک – منبع: نگارندگان

شکل هندسی پایه	 هندسه ترکیبی منبع: نگارندگان	 هندسه چلیپا: منبع: نگارندگان	 هندسه شش‌وجهی : منبع نگارندگان	 هندسه مستطیل: 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 امکان‌پذیر باشد، مجموع مساحت روزنه‌ها، در هر شباک، برابر در نظر گرفته شد.				
مشبک حاصله				
تصویر شباک اجراشده	 مسجد جامع قزوین: منبع: picbon.com مسجد جامع عتیق قزوین منبع: نگارندگان	مسجد جامع عباسی منبع: stockphoto.ir  خانقاه هارونیه شهر طوس منبع:Picbear.org	 مسجد جامع اصفهان منبع: نگارندگان مسجد سرخی منبع: Pictame.com	کاروان‌سرای 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 به‌شدت نور است. به‌طورکلی دستیابی به آسایش بصری وابسته به دو پارامتر یکنواختی و خیرگی است و درعین‌حال 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،

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 به‌طورکلی 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 قرارگرفته است. افزایش اندازه و ابعاد پنجره سبب کاهش استفاده از نور مصنوعی و به‌تبع 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). ازاین‌رو انتخاب درست ابعاد پنجره در نما یکی از چالش‌های 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، ازنظر حرارتی نیز مناسب باشد (Baker, 2005). به‌منظور کاهش خیرگی و بهبود آسایش بصری در فضاها، می‌بایست نور به‌صورت یکنواخت توزیع گردد، به‌صورتی که حداکثر و حداقل روشنایی در فضا، فاصله کمی باهم داشته باشند. این امر با ایجاد روزنه‌های کوچک غیرمتمرکز و قرارگرفته در ارتفاع بالاتر جداره، می‌تواند محقق گردد. هرچه پنجره‌ها مرکزگرایی کمتری داشته باشند خیرگی حاصله نیز کمتر خواهد بود. (Lechner, 2001,416).

٦-تعریف واژگان

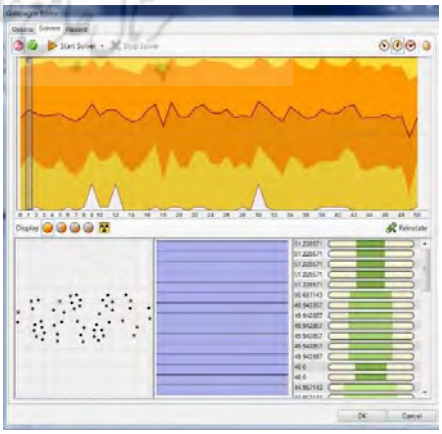
۱-۶-خیرگی نتیجه انعکاس و باز تابش‌های روشن از سطوح درخشان هست. این باز تابش‌ها باعث آسیب به دید می‌گردند. خیرگی می‌تواند به‌وسیله توزیع غیریکنواخت یا بسیار یکنواخت روشنایی در میدان دید فرد، به وجود آید (IEA, 2000)

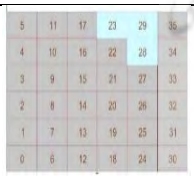
۲-۶-روشنایی مفید نور روز[۹] بر اساس روشنایی بر سطح میز کار محاسبه می‌شود، هدف اصلی در این شاخصه تعیین محدوده‌های است که روشنایی در بازه بین ۱۰۰-۲۰۰۰ لوکس قرار دارد. میزان پایین‌تر از آستانه ۱۰۰ لوکس به معنای احتمال تاریکی فضا و میزان بالاتر از ۲۰۰۰ لوکس به معنای احتمال وقوع پدیده خیرگی است (Nabil & Mardajevic,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

۷- شبیه‌سازی و تحلیل روش انتخابی

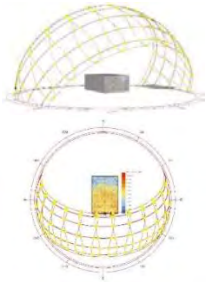
شباک در بناهای عمومی کاربرد بیشتری دارد (پارسا، ۹۰:۸۶) کاربری اداری به علت عمومی بودن، گسترگی فعالیت در بازده زمانی روز، کمتر اهمیت داشتن بُعد محرمیت و پررنگ بودن بعد اقلیم آن، جهت بهینه‌سازی شباک انتخاب‌شده است. بنابراین فضایی با مشخصات استاندارد، عرض ۷ متر، عمق ۱۰ متر و ارتفاع ۴ متر، با جهت‌گیری جنوبی 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 & Matoor et al در سال ۲۰۱۲ انجام‌شده، به بررسی نسبت مساحت بازشو به مساحت دیواری که بازشو برای آن در نظر گرفته‌شده است، در ساختمان‌های اداری تهران پرداخته است، مقادیر ۳۰ ، ۳۵ و ۴۰ درصد به‌عنوان مقادیر موردقبول برای تأمین روشنایی مطلوب در اقلیم تهران پیشنهادشده است. بنابراین برای حداکثر میزان درصد بازشوی کلی مشبک‌ها نتایج این پژوهش ملاک عمل قرارگرفته است. ازآنجاکه ساختمان اداری در شهر تهران در نظر گرفته‌شده است، بنابراین برای انجام تمام مراحل شبیه‌سازی از اطلاعات آب و هوایی تهران که از سایت رسمی انرژی پلاس دانلود شده، استفاده‌شده 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 استانداردی از روشنایی مفید روز باشد و حداقل میزان خیرگی را داشته باشد، مورد بهینه‌سازی قرارگرفته است. نتایج بهینه‌سازی نشان می‌دهد، مناسب‌ترین جانمایی برای پراکنش روزنه‌ها در فضای موردنظر 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 به‌تناسب عملکرد قابل پیش‌بینی‌ست.

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



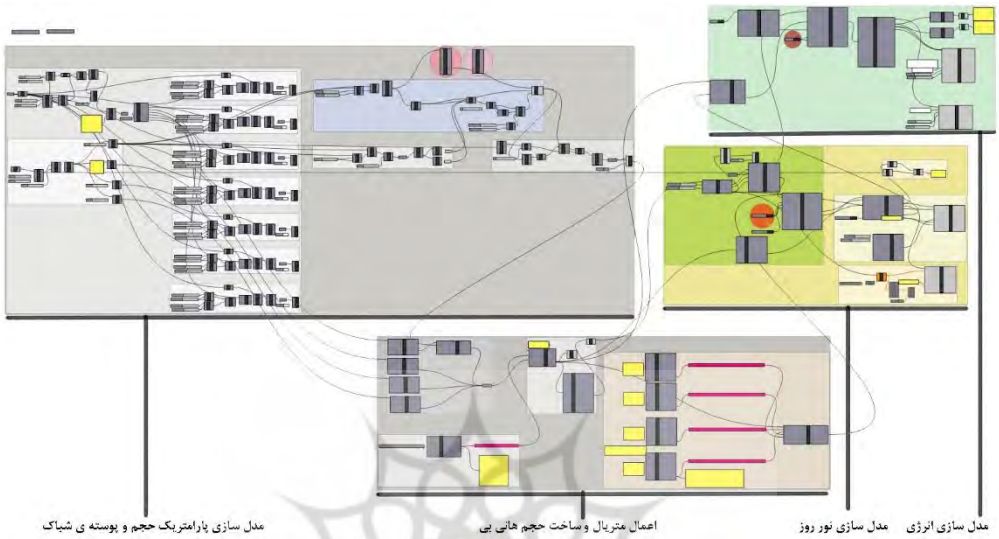


تقسیمات نمای جنوبی برای یافتن مناسب‌ترین جایگیری پنجره



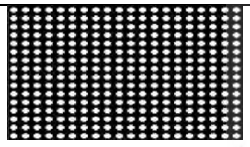
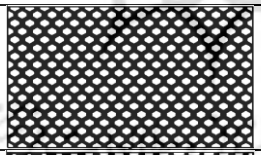
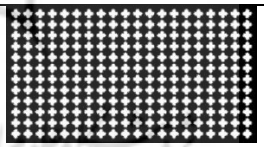
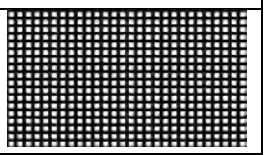
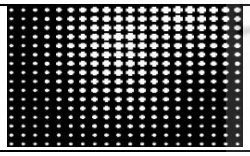
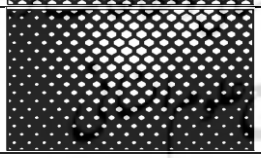
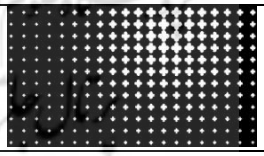
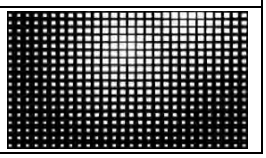
نمودار افقی خورشید و موقعیت فضای موردنظر

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



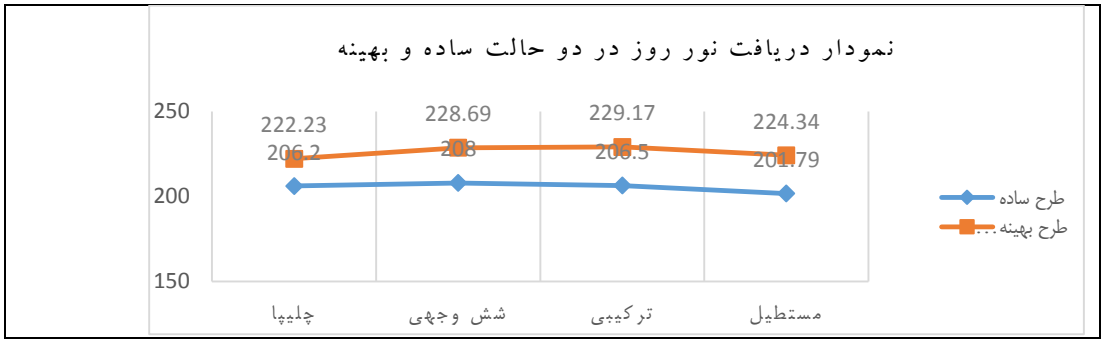
نمودار ۳- الگوریتم بهینه‌سازی نور مفید روز و مصرف انرژی در بازده زمانی یک سال، در فضای طراحی‌شده– منبع: نگارندگان

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				

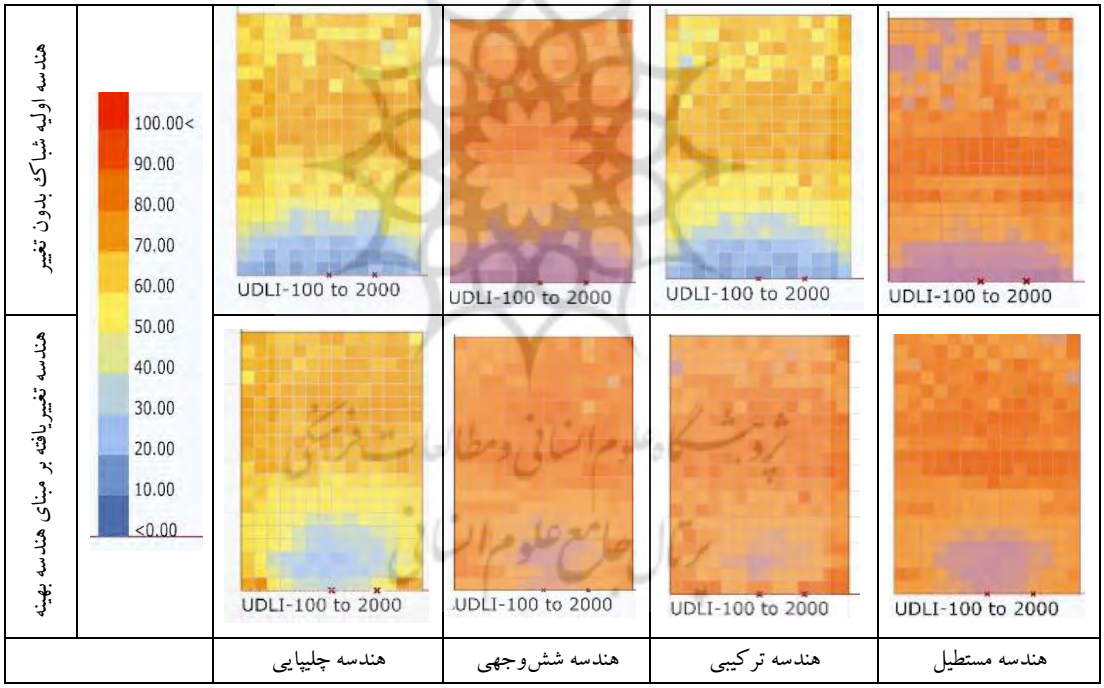
۸- نتایج و یافته‌ها

میانگین سالانه روشنایی مفید روز برای ۴ هندسه انتخابی بررسی‌شده است، به‌صورت کلی، تغییر در ابعاد و گستره حضور روزنه‌ها می‌تواند تا ۱۲ درصد باعث افزایش میانگین دریافت سالانه نور مفید روز شود (نمودار۴).



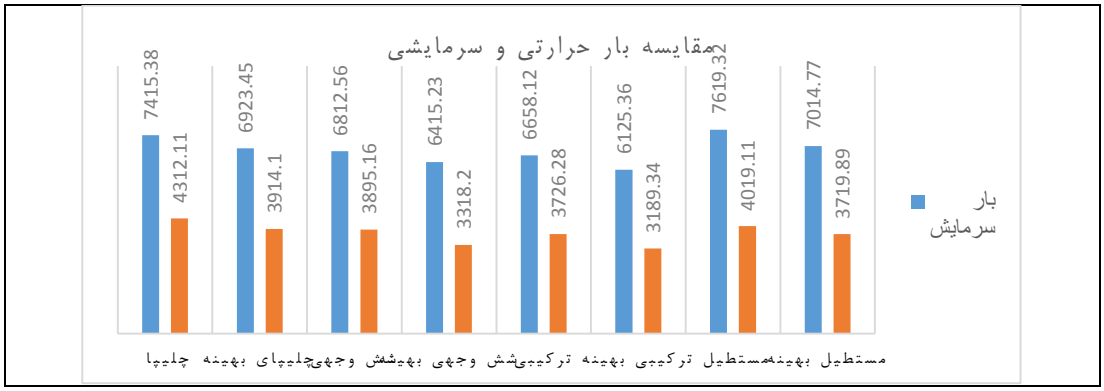
نمودار ۴- بررسی میانگین دریافتی نور روز در شباک با هندسه انتخابی- بدون تغییر و تغییریافته – منبع نگارندگان

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 مهم‌ترین دستاورد این پژوهش به‌حساب می‌آید. بهترین توزیع نور برای هندسه ترکیبی است (جدول ۴).



جدول۴- توزیع نور مفید روز برای هندسه‌های انتخابی

در سنجش بار سرمایش و گرمایشی ساختمان، در هر چهار حالت با تغییر الگوی توزیع روزنه‌ها، کاهش بار سرمایشی و گرمایشی وجود داشته است. در طرح هندسی ترکیبی بهینه، میزان انرژی پایین‌ترین مقدار و در طرح هندسی مستطیل ساده بیشترین کاهش میزان مصرف انرژی وجود دارد. (نمودار۵)



نمودار ۵- سنجش بار حرارتی و بار سرمایشی 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، حضورداشته 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 به‌این‌ترتیب راهنمای خوبی برای تصمیم‌گیری‌ها درروند طراحی است. با بررسی‌های انجام‌شده نتایج زیر حاصل شد:

-طبق مطالعات، شباک درواقع 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 تکرارشونده 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 موردسنجش 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. درصورتی‌که پراکندگی و تغییر ابعاد روزنه‌های شباک بر مبنای این هندسه شکل بگیرد، کارایی آن به‌صورت محسوسی افزایش می‌یابد، بدین‌صورت که علاوه برافزایش میانگین سالانه دریافت نور مفید روز، کاهش بار حرارتی و سرمایشی 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 انجام‌شده در این حیطه، امکان هوشمند سازی شباک‌ها وجود دارد. پوسته ساختمان، از طریق ادغام فناوری‌های هوشمند، تبدیل به یک سیستم تقریباً خودکار برای پاسخ دادن به تغییرات زیست‌محیطی 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. Mahdavinejad & 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. ۷(۱)، 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 بهره وری انرژی در الگوی معماری سرآمد، مورد مطالعاتی: فرم کلی ساختمان های 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. & Mahdavinejad, 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. & Mahdavinejad, 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.
- Mahdavinejad, 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
- Mahdavinejad, M. & Mohammadi, S. (2016). Parametric optimization of daulight and thermal performance through louvers in hot and dry climate of Tehran. Journal of fundamental and applied sciences, 8(3), 1221-1236
- Mahdavinejad, 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.
- Mahdavinejad, M. & Matoor, S. (2012). The Quality of Light Openings in Iranian Domes, Naqshejahan, 2(2), 31-42.
- Mahdavinejad, M., Matoor, 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. & Ahmadipur, Z. (2012). "Secrets of Light in Traditional Houses of Iran", International Journal of Architecture and Urbanism, 2(3), 50-45.
- Motazedian, F. & Mahdavinejad, 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; naghshe 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., Mahdavinejad, 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.