طراحی الگوریتمیک «پالکانه» برای افزایش بهره‌مندی از نور روز در ساختمان

ابوالفضل گنجی خیبری* ـ داراب دیبا**
محمد جواد مهدوی‌نژاد*** ـ آزاده شاهچراغی******

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۱۰
تاریخ پذیرش نهایی: ۹۳/۹/۱۰

چکیده

با توجه به اهمیت نقش و مفهوم نور در معماری سنتی ایران، همواره شاهد بهره‌مندی از آن به بهترین نحو با به کارگیری انواع عناصر تلطیف‌کننده نور بوده‌ایم. «پالکانه» به عنوان یکی از این عناصر ارزشمند در معماری سنتی، به عنوان پنجره‌ای پیش‌آمده همراه با نقوش گوناگون گره‌سازی و شیشه‌های رنگین می‌تواند ضمن تأمین بیشترین میزان نورگیری، به عنوان یک تلطیف‌کننده به نحوی طراحی شود که اثرات ناخواسته‌ای چون افزایش حرارت دریافتی را برای فصول گرم به خوبی کنترل نماید. در این مقاله از طریق روش‌های الگوریتمیک رایانه‌ای و به کمک نتایج به دست آمده از ارزیابی‌های مختلف در نرم‌افزار شبیه‌سازی اکوتکت به ارائه شیوه‌ای از طراحی کارایی‌محور «پالکانه» برای جهات مختلف ساختمانی فرضی در شهر تهران می‌پردازیم که ضمن احیای یکی از عناصر ارزشمند معماری سنتی، افزایش بهره‌مندی از نور روز در ساختمان را موجب می‌شود.

واژگان کلیدی: پالکانه، شبیه‌سازی نور روز، طراحی الگوریتمیک، طراحی کارایی‌محور، نقوش هندسی.

* پژوهشگر دکتری تخصصی معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
** استاد دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
Email: dar.diba@iauctb.ac.ir
*** دانشیار معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
**** استادیار معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

مقدمه

تمثیل نور در اعتقادات مردم ایران سابقه‌ای طولانی دارد. در ادیان قبل از ظهور اسلام در ایران، مثل زردشتی و مانوی، تمثیل نور برای تبیین تعالیم این ادیان استفاده می‌شد. در دوره‌ی اسلامی نیز، اندیشه‌ی حکمت اشراق سهروردی بر نور استوار بود که در ایران گسترش بیشتری یافت. همچنین در آرای ابن عربی این توجه به نور بسیار به چشم می‌خورد. به اعتقاد ابن عربی، هر گونه کثرت و تضاد در بین اسماء حق ناشی می‌شود؛ وی این اسماء را در واقع برزخ بین وحدت و کثرت می‌داند و بیان می‌کند که ما فقط با یک وجود سر و کار داریم (Khoshnazar & Rajabi, 2009). این مفهوم به نوعی دیگر در شعر مولانا جلال الدین محمد مولوی (قرن هفتم هجری در مثنوی معنوی) نیز تجلی می‌یابد:

چون به صورت آمد آن نور سره/ شد عدد چون سایه‌های کنگره

کنگره ویران کنید از منجنیق/ تا رود فرق از میان این فریق

معماری اسلامی در ایران نیز تأکید ویژه‌ای بر نور دارد. این معماری همواره بازتاب‌دهنده‌ی مکان مقدس، با کاربرد و حضور نور است. آثار شاخص معماری کهن ایران زمین، نمودی از تعامل فرهنگ و کارآیی بوده است (Mahdavinejad et al., 2012d, p. 44). به عنوان نمونه فضای درون مسجد، اساساً به نحوی ساخته شده است تا حضور خداوند را القاء کند و فرد مؤمن از هر سو خود را در احاطه‌ی این حضور بیابد که: والله من ورائهم محیط (قرآن مجید، سوره بروج، آیه ۲۰). بخشی از تجلی این نور، در نقوش هندسی انتزاعی به صورت «شمسه» متجلی می‌گردد. شمسه با نوعی نقش ستاره‌مانند در هنرهای تزئینی فراوانی چون کاشی‌کاری، گچ‌بری، گره‌چینی بروز و تجلی یافته است (Bolkhari, 2005, p. 8). پرداختن نمادین به نور و جایگاه محوری آن در گره‌چینی و هندسه‌ی زیربنایی هنرهای تزئینی و کاربردی اسلامی به خوبی نمایان است. ترکیب‌بندی‌های متکثر، منتشر و زاینده‌ی آلات گره‌چینی که از شمسه‌ی مرکزی به نام «امّ الگره» آغاز شده و به کل فضای قاب گره منتشر می‌شود که این خود از صفات بارز نور است. نور همچنین در ترکیب با سطوح مفروش با اسلیمی‌های ایرانی روحی به این خطوط انتزاعی می‌بخشد و در ترکیب با حفره‌ها و سایه به سطوح مرده جان می‌دهد.

۱. اثرات نور بر ساکنین

به طور کلی معماری و فعالیت‌های درونی آن عمدتاً از طریق حسّ بینایی تجربه می‌شوند. بینایی، توانایی چشم در درک بخشی از طیفِ تابش است که به صورت نور مرئی تعریف می‌شوند. از این روست که یکی از سه عنصر معماری[۱] یعنی آسایش مستقیماً در رابطه با آن تعریف می‌شود. آسایش بصری[۲]، احساس آسایشی است که مستقیماً به مکانیزم‌های اعضای بینایی و بروز آشفتگی در این اعضا و روحیه‌ی افراد ارتباط دارد. مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که نورپردازی و معماری شبانه تأثیر قابل توجهی بر ساکنان محلات مسکونی دارد (Mahdavinejad et al., 2013b, p. 75). مطالعات فعلی بر روی تأثیر نور بر سلامت افراد نشان می‌دهد که نور و به خصوص تشعشعات ماوراء بنفش[۳] در نور روز موجب تشکیل ویتامین دی[۴] در بدن می‌شود که نقش مهمی در تولید کلسیم دارد. همچنین، نور نقش عمده‌ای در تنظیم ریتم شبانه روزیِ[۵] افراد دارد. هر گونه اختلال در این موارد، موجب بروز سندروم ساد[۶] در افراد می‌شود.[۷] انتخاب پنجره‌ی مناسب بر اساس شاخص‌های روشنایی نور روز تأثیر قابل توجهی بر فرم و کارآیی اثر معماری دارد (Mahdavinejad et al., 2012c, pp. 73-75).

تغییرات فصلیِ نور خورشید نیز می‌تواند اثرات مثبتی در وضع عمومی افراد داشته باشد. با توجه به تحقیقات اخیر طراحی روشنایی‌های مَصنوعی نیز به نحوی اصلاح شده است که اثر تغییرات روزانه و فصلی را نظیر آنچه در نور روز روی می‌دهد را برای محیط‌های بسته بازسازی کند. به علاوه تشعشعات ماوراء بنفش در نور خورشید موجب گشادی مویرگ‌های پوست می‌شوند که می‌تواند در کاهش تدریجی فشار خون مؤثر باشد. این کاهش تدریجی می‌تواند اثرات متعددی از جمله ایجاد احساس نشاط، افزایش ضربان و شور و اشتیاق و تحریک فرد به فعالیت‌های پر انرژی و حتی افزایش کارایی داشته باشد.[۸] آسمان صاف کشور ایران و به خصوص شهر تهران (Mahdavinejad et al., 2012e, pp. 12-15)، فرصتی استثنایی در به کارگیری نور روز در اختیار قرار می‌دهد. تلاش برای هدایت نور روز به درون ساختمان‌های عمیق (Mahdavinejad et al., 2013d) بخشی از تلاش در جهت کیفیت بخشی به بناها و آثار شاخص معماری معاصر ایران محسوب می‌شود.

در راستای تأمین آسایش بصری در فضاهای معماری موضوع دیگری به نام دقت بینایی مطرح می‌شود. دقت بینایی، توانایی بیننده در متمایز ساختن جزئیات ریز از یکدیگر است که با افزایش شدت روشنایی در سطوح محلّ انجام فعالیت، افزایش می‌یابد. امروزه سطوح روشنایی متوسط لازم برای فضاهای مختلف، با توجه به نوع فعالیت انجام گرفته در آن فضاها توسط آئین نامه‌هایی در کشورهای مختلف ارائه شده است. در معماری اسلامی ایران اما کاربرد نور تنها به منظور تأمین روشنایی مورد نیاز برای فعالیت ساکنین نبوده است. معمار ایرانی با شناخت کامل از مکانیزم بینایی، از انطباق چشم با سطوح روشنایی محیط و پدیده‌ی خیرگی، به نحوی هوشمندانه و به نفع فضاسازی بناهای خود بهره برده است. از این نمونه کاربرد هوشمندانه می‌توان به ورودی دالان مانند مسجد شیخ لطف‌الله اصفهان و یا کم نور بودن تعمدی فضای هشتی در خانه‌های سنتی ایران اشاره کرد. بنابراین نور در معماری ایران، جدا از نقشی که در جهت تأمین روشنایی

داخل ساختمان به عهده دارد در ارتباط با تزئینات معماری اسلامی نیز حائز اهمیت است؛ و در موارد متعدد با ابزارهایی آن را تلطیف و کنترل می‌کند تا نسبت به درک و دریافت فرد از کلیت فضا یا جزئیات این تزئینات اطمینان حاصل کند.

۲. نور در معماری سنتی ایران

برای درک نور و مفهوم آن، بازشناسی جایگاه نور در مفاهیم عرفانی و در سنت معماری ایران (Mahdavinejad, 2003, p. 25) از اهمیت به سزایی برخوردار است (Mahdavinejad, 2004). توجه فراوان به نور چه در ساحت اندیشه ایرانیان، چه در حوزه هنرهای کاربردی و معماری موجب شد، معماران ابزار و عناصر مختلفی برای بهره‌گیری مناسب از آن طرح کنند. این عناصر در معماری سنتی ایران در دو دسته‌ی کلی طبقه‌بندی می‌شوند: گروه اول به عنوان گردآورنده‌های نور، امکان ورود نور را به فضای داخل فراهم می‌کنند و دسته‌ی دوم انواع تلطیف‌کننده‌های نور می‌باشندکه با کنترل و پرداخت این نور ورودی، آز آن به نحوی که مناسب آن فضا است بهره می‌گیرند. عناصری که به عنوان گردآورنده‌های نور مطرح می‌شوند عبارتند از: روزن، شباک، در و پنجره مشبک، جام‌خانه، هورنو، ارسی، روشندان، فریز و خوون، گلجام، پالکانه، فنزر، پاجنگ و تهرانی. در مقابل عناصری مانند رواق، پرده، تابش بند، سایه‌بان‌ها، سرادق و ساباط قرار دارد که نقش کنترل نور و تنظیم آن برای ورود به داخل بنا را به عهده دارند. علاوه بر این موارد، عناصری مانند شباک‌ها، ضمن نورگیری نقش کنترل آن را نیز به عهده دارند. عناصر تلطیف‌کننده‌ی نور به دو دسته تقسیم می‌شوند: دسته‌ی اول آن‌هایی که بخشی از پیکره‌ی بنا هستند، مانند رواق و دسته دوم آن‌هایی که آمودی افزون بر بنا هستند و گاهی حالت تزئینی دارند مثل پرده.

با توجه به آثار هنری برجای مانده در تعریف هنرهای کاربردی می‌توان گفت، هنرهای کاربردی به آن دسته از هنرهایی اطلاق می‌شود که افزون بر دارا بودن جنبه‌ی زیبایی و هنر، جنبه‌ی کاربردی و مصرف عمومی نیز داشته باشند. از ویژگی‌های هنرمند ایرانی است که هنر را با زندگی آمیخته و ذوق خود را در ساخت وسایل و لوازم مورد نیاز زندگی به کار برده است. هنرهای کاربردی که در تزئینات بناهای دوره اسلامی به کار برده می‌شوند، معمولاً شامل هنرهای کاشی‌کاری، گچ‌بری، آجرکاری، منبت‌کاری، آینه‌کاری و غیره است که در بخش‌های مختلف بناها و آثار دوره‌های مختلف اسلامی رایج بوده‌اند. نقوش گل و برگ با تنوع بی‌انتها، نقش‌های ظریف و درهم بافته‌ی هندسی که از چند ستاره و انواع نقش‌های هندسی ترکیب می‌شوند و به واسطه‌ی هنرهایِ کاربردیِ یاد شده در آمود و آرایش بناها شکل می‌بندند و شاهکارهایی بی‌بدیل در معماری اسلامی پدید می‌آورند. مقایسه‌ی مفهوم هنر کاربردی سنتی با مفهوم هنر کارایی‌محور در غرب که در ادامه به شرح آن خواهیم پرداخت، ما را به احیای این ایده‌ی سنتی در قالب طرح‌های نوین بر می‌انگیزاند.

۳. پالکانه و نورگیرهای مشبک

مفهوم عینی و ذهنی «کارایی» در نقوش هندسی نورگیرهای مشبک از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. در معماری سنتی ایران کاربرد نقوش هندسی در قالب گره‌چینی قاب‌های پنجره و سطوح مشبک می‌تواند خواست‌های مختلفی اعم از ملزومات اقلیمی و فرهنگی ساکنین را برآورده سازد. در بسیاری از مناطق ایران که نور خورشید شدید است، نورگیرها باید متناسب با شدت نور ساخته شود. بنابراین پنجره‌های مشبک تعادلی بین نور خارج و داخل ایجاد می‌کند؛ تعادلی که وقتی از داخل به آن‌ها نگاه می شود، جلوی نور شدید آفتاب را می‌گیرند و مانع خسته شدن چشم در مقابل نور شدید خارج می‌شوند. طرح هایی که در ساختن پنجره‌های مشبک به کار برده می‌شود اغلب به گونه‌ای است که نور داخل اتاق را تلطیف می‌کند. این پنجره‌ها نور شدید خارج را پخش کرده و شدت آن را تعدیل می‌کنند و وقتی نور بیرون شدید نیست بخش عمده‌ای از آن را به داخل اتاق هدایت می‌کنند. ایجاد سایه بر روی پنجره‌ها و حفظ سطح پنجره و فضای داخل از تابش مستقیم آفتاب از نیازهای اساسی در معماری سنتی ایران بوده است که به خوبی می‌توانسته حرارت ایجاد شده ناشی از تابش آفتاب را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد.کارایی این سایه‌بان‌ها متفاوت بوده و به رنگ، هندسه و محل نصب آن‌ها نسبت به پنجره و همچنین شرایط تهویه طبیعی در ساختمان بستگی داشته و دارد. علاوه بر آب و هوای متغیر و اقلیم سخت، عقاید خاص مذهبی در مناطقی از ایران یا سایر کشورهای اسلامی نیز ایجاب می‌کرده که ساختمان در محلّ گشایش، عنصری برای حفاظت از حریم امن و اندرونی بنا داشته باشد. این شبکه‌ها علی‌رغم تأمین دید به فضای بیرون، مانع مناسبی برای نگاه رهگذران به داخل بوده‌اند.

از عناصر حائز اهمیت در معماری سنتی، پنجره‌ای پیش‌آمده به صورت بالکنی است که اطرافش به صورت مشبک درآمده است و با نام «**پالکانه**» شناخته می‌شود. در بعضی موارد سطوح پالکانه را نیز با نقوش گوناگون گره‌سازی و شیشه‌های رنگین و ساده می‌آراستند و ترکیب‌های بدیع پدید می‌آوردند. پالکانه در خانه‌های بوشهر به صورت پنجره‌ای مشرف بر حیاط یا کوچه، به عنوان عنصری میانجیِ برونگرایی و درونگرایی معماری، با نام **شناشیل** شناخته می‌شود (Hamidi, 2001). کاربرد چنین عناصری در معماریِ امروز می‌تواند در مواردی به احیای هویت ایرانی ـ اسلامی نیز منجر شود (Mahdavinejad et al., 2011, pp. 115-120). مشابه این عنصر را در سایر نقاط ایران اعم از ابیانه، ماسوله، دیگر آبادی‌های گیلان و مازندران، با نام‌هایی چون تلار، تالار پیش و پیشگاه نیز مشاهده می‌کنیم. از این فضا در بعضی از

کشورهای حاشیه‌ی خلیج فارس، عراق، سوریه و مصر به نام مشربیه یاد می‌شود. این فضا دارای چندین کارکرد مهم بوده است که با پیش‌آمدگی در کوچه یا خیابان، ضمن آشتی فضای داخل و خارج خانه، مکانی برای استفاده از نسیم و وزش بادهای مطبوع فراهم می‌کرده است و با ایجاد مانعی مناسب در برابر تابش مستقیم آفتاب ضمن کاهش دریافت حرارات، حریم خانه را نیز از نگاه غریبه محفوظ می‌داشته است. بنابراین برقراری رابطه‌ی فعال با زمینه نیز در کاربرد این عنصر معماری سنتی، در این ساختار قابل تعریف است (Mahdavinejad et al., 2012a, p. 24). به طور کلی می‌توان کارایی نورگیرهای مشبک را در موضوعات زیر دسته‌بندی و تعریف نمود:

ـ **کنترل دید و حفظ محرمیت**: تأمین دید کافی به بیرون بنا و حفظ حریم امن داخل از نگاه رهگذران.

ـ **سایه‌اندازی:**

- داخل بنا را از تابش مستقیم آفتاب و دریافت گرما حفظ می‌کند.
- با خلق سایه و بازی‌های آن به مکان عمق می‌بخشد.

ـ **تأمین جریان باد:** همچون منافذ پوست به پیکره‌ی بنا امکان تنفس می‌دهد.

ـ **خلق زمینه‌ای برای کاربرد شیشه‌های رنگی و منقوش:**

- بازی رنگ بر کف و سقف و دیواره‌ها که ترکیب عنصر زمان با معماری است.
- کاهش دریافت گرمای آفتاب در شیشه‌های رنگی
- راندن حشرات از حریم خانه

بحث از کارایی در آمود بخشی از کاربردی کردن مفاهیم و هندسه معماری سنتی ایران است. در معماری سنتی ایران مجموعه ای از نقوش هندسی در قالب تزئینات گره‌کاری، کاشی‌کاری و آجرکاری به بهترین نحو به کار گرفته شده است. مطالعه‌ی دقیق این آثار در حیطه‌ی هنرهای کاربردی نشان می‌دهد که این نقوش تنها تزئیناتی صرف نیستند، بلکه به لحاظ سیاسی، اجتماعی، اقلیمی و عملکردی نیز در مجموعه‌ی ساختمان حائز اهمیت بوده‌اند. کاربرد موتیف‌های معماری ایرانی و نقوش هندسی به عنوان بزک و پیرایه‌ی بنا انحراف از اصالت این نقوش است. نقوشی که کارایی بالای آن‌ها در عملکردهای مختلف ساختمان به خوبی آن‌ها را در برابر انتقادِ «تزئین، جنایت است!» سربلند می‌سازد. در این میان، توسعه‌ی نقوش با توجه به نیازهای نوین و منحصر به فرد هر بنا، نه تنها بدعتی نامبارک نیست بلکه بازیابی جوهره اصیل این طراحی به حساب می‌آید.

دنیای امروز، دنیای گفتگوی تمدن‌ها و رقابت فرهنگ‌هاست. شبکه‌های اجتماعی درهم تنیده در دنیای مجازی، جهان را با اختلاطِ ناگزیرِ فرهنگی مواجه می‌کند. مبارزه با آسیب‌های جهانی شدن و حفظ هویت فرهنگی دیگر از طریق محدود کردن مرزهای جغرافیایی ممکن نیست. در این میدان تنها مجوزِ باقی بودن، با ارزش بودن است؛ یا به بیانی دیگر چنان که ناصر فکوهی (Fakohi, 2012) می‌گوید، تنها راه مقابله و خنثی‌سازی اثرات منفی نفوذ یک فرهنگ بیگانه بر فرهنگ ما، فرهنگ‌سازی ست. فکوهی (Fakohi, 2012) اعلام می‌کند، چنانچه بخواهیم به هر دلیلی، با زیبایی در فرهنگ بیگانه و نفوذ آن در فرهنگ خودمان مبارزه کنیم، تنها راه عملی، ایجاد یک زیبایی دیگر در مقابل آن است. جستجوی زبانی مشترک، از لوازم اولیه شرکت در این تقابل رقابتی و از مشکلات اساسی است. زبان بصری معماری زبانی مشترک برای کلّ جامعه‌ی انسانی به حساب می‌آید و از این دیدگاه حائز اهمیتی ویژه است. شاید از این روست که قدرت‌های فرهنگی و سیاسی برای تثبیت هویت خود در طول تاریخ از ساخت بناهای باشکوه معماری بهره‌ی بسیار برده‌اند. توجه به همین ضرورت احیای هویت فرهنگی در عصر جهانی شدن است که آثار معماری معاصر را به توجه به هندسه‌ی معماری سنتی ایران در طراحی بیش از پیش مشتاق ساخته است. البته لازم به ذکر است که این مفاهیم علاوه بر جنبه‌ی کالبدی (Mahdavinejad & Nagahani, 2011, p. 22) از جنبه‌های محتوایی نیز برخوردار است.

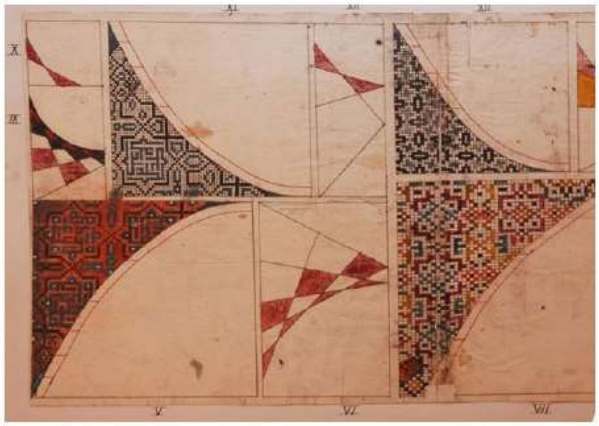
۴. توسعه‌ی الگوریتمیک در طراحی مشبک به روش کارایی‌محور

بر اساس روش‌شناسی پژوهش (Mahdavinejad, 2005, pp. 72-74) تحلیل نمونه‌ها می‌تواند بر اساس روش ساخت و یا نوع سازواره‌ی ترسیم آن باشد. از این رو توسعه‌ی الگوریتمیک در طراحی مشبک به روش کارایی‌محور در اولویت قرار گرفته است. به منظور آشنایی بیشتر با این شیوه‌ی طراحی نخست لازم است که به تعریف برخی عبارات و مفاهیم در فرآیند این طراحی بپردازیم. آشنایی با مفاهیمی چون وردش[۹]، پیکربندی وردشی، پیکربندی کارایی‌محور و زایا و غیره، به عنوان نخستین مرحله ضروری به نظر می‌رسد.

هشت قرن طراحی بر پایه‌ی ریاضیات و هندسه معرف نگاه هندسی به مقوله‌ی فرآیند طراحی معماری است. در طول تاریخ معماری اسلامی، شیوه‌ی ترسیم نقوش هندسی به صورت سینه به سینه نزد معماران نقل شده و از یک نسل به نسل دیگر رسیده است. در مواردی نیز این شیوه‌های منقول به نگارش درآمده و آثار ارزشمندی را در اختیار معماران امروز قرار داده است که از آن نمونه می‌توان به طومار توپقاپی یا طومار میرزا اکبر اشاره کرد. طومار توپقاپی که مجموعه‌ای از نقوش برای آجر و کاشی و طرح برای رسمی‌بندی مقرنس است، توسط معماران ایرانی (تیموری و ترکمانی) در حدود

سال ۸۷۰ هجری (۱۴۷۰ میلادی) تهیه شده و در زیر و بم‌های تاریخ این سرزمین به دست دولت عثمانی می‌افتد و در کاخ معروف توپقاپی محفوظ می ماند (Necipoglu, 1995). نقشه‌های پیچیده‌ی دو بعدی و سه بعدی این طومار بر اساس شبکه‌های زیر نقش هندسی با مرکب و رنگ، و مبتنی بر عملیات گسترش هندسی نظیر تشابه و تقارن و دوران تحت تأثیر دستور زبان اشکال[۱۰] و تفکر طراحی الگوریتمیک ترسیم شده‌اند. با توجه به آنچه گفته شد، شیوه‌ی کار و اهمیت و جایگاه ریاضیات و هندسه در ساختار مرحله به مرحله این ترسیمات آشکار است. ترسیماتی که با شیوه‌های امروزین حل مسئله، قابل مقایسه‌اند و طراح با ترسیم مرحله به مرحله، کار را تدریجاً به نتیجه‌ی نهایی نزدیک‌تر می‌سازد. بنابراین، می‌توان این شیوه‌ی طراحی را نوعی ترسیم وردشی[۱۱] بر پایه‌ی الگوریتم‌های طراحی به حساب آورد.

شکل ۱: بخشی از ترسیمات طومار توپقاپی در توضیح رسمی بندی‌ها

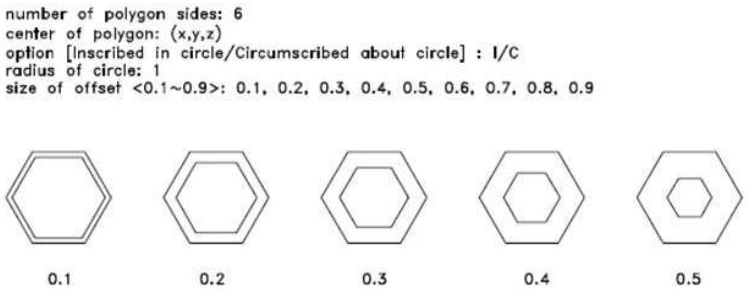


(Necipoglu, 1995)

۵. پیکربندی وردشی[۱۲]

در اینجا لازم است به تعریف مفهوم وردش بپردازیم؛ معنای واژه وَردِش به معنای تغییر کردن و دگرگون گشتن می‌باشد. مصدر آن وردیدن، و ظاهراً ریشه آن به زبان پهلوی می‌رسد.[۱۳] نگارندگان این واژه را به جای واژه‌های پارامتر یا متغیر پیشنهاد می‌کنند. پیکره‌ی کلی یک ساختمان متشکل از اجزای آن و روابط و محدودیت‌های میان این اجزای سازنده است. پیکربندی ساختمان به روش وردشی بر این روابط و محدودیت‌ها تأکید و تمرکز دارد. بنابراین در این شیوه‌ی پیکربندی، ساختمان از تغییر ارتباطات میان اجزای مختلف آن حاصل می‌شود و با تغییر هر وردش، با وضعیتی دیگرگون از کلیت نهایی مواجه می‌شویم.

شکل ۲: در این تصویر پیکره‌ی وردشی یک شش ضلعی منتظم و روابط و محدودیات اجزاء آن نشان داده شده است.

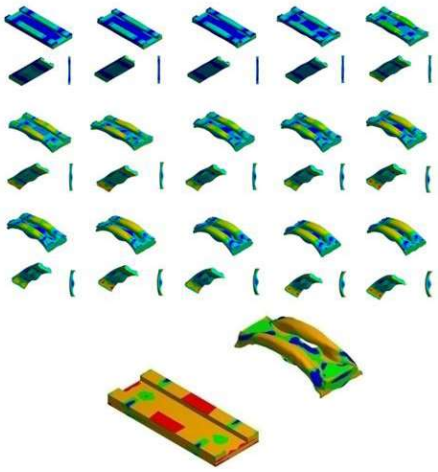


به بیان دیگر یک پیکره‌ی وردشی عموماً توسط تعریف قواعد و محدودیت‌های ویژه به نحوی شکل می‌گیرد که وضعیت ساختمان را براساس روابط متقابل فضایی نمایش دهد. تغییر یکی از این قواعد یا محدودیت‌ها و یا ایجاد تغییر در بخشی از پیکره، در کل آن اثرگذار است. ابزارهای پیکربندی وردشی نظیر نرم‌افزار دیجیتال پراجکت[۱۴] (نرم‌افزاری که بر پایه‌ی کتیا[۱۵] شکل‌گرفته بود و توسط گروه تکنولوژی فرانک گهری برای معماری توسعه یافت)، اجزای زایا[۱۶] (نرم‌افزاری که در سیستم‌های بنتلی[۱۷] و بر پایه‌ی نرم‌افزار مایکرو استیشن[۱۸] شکل گرفته بود) و افزونه‌ی گرس‌هاپر[۱۹] در محیط راینو[۲۰] این امکان را به طراح می‌دهند که در قالب اجزای یک پیکره، روابط را به آسانی تعریف کرده و با تغییر در وردش‌های تعیین‌کننده، سیمای کلی یک پیکره‌ی آفریده و در مواردی اصلاحات لازم را با کنترل وردش‌ها اعمال نماید.

۶. پیکربندی کارایی‌محور

پیکربندی ساختمان تنها به هندسه‌ی آن بنا خلاصه نمی شود، بلکه مطابق با مفهومی که در سال‌های اخیر تحت عنوان پیکربندی اطلاعات محور[۲۱] مطرح شده است، یک پیکره‌ی اطلاعاتی کلیه‌ی اطلاعات ساختمان را اعم از هندسه، نوع مصالح، زمان‌بندی ساخت، هزینه‌ی اجرا و نتایج مربوط به ارزیابی کارایی را نیز در خود حفظ و بازنمایی می‌کند. فرآیند طراحی در روش کارایی‌محور با ریاضیات پیوندی ناگسستنی دارد. موضوع افزایش کارایی[۲۲] ساختمان‌ها مدت‌هاست که به عنوان یک مسئله‌ی اساسی در طراحی معماری از اهمیت زیادی برخوردار است. کارایی در بستر طراحی می‌تواند معانی بسیاری داشته باشد. بر مبنای تعبیر سنتی این اصطلاح در معماری، کارایی وابسته به ارزیابی[۲۳] است. بنابراین ارزیابی به عنوان بخشی از فرآیند شبیه‌سازی[۲۴]، کارایی مورد نظر در گزینه‌ی طرح معماری را بررسی می‌کند (Oxman, 2008). کارایی با این مفهوم، با تحلیل نتایج حاصل از ارزیابی در فرآیند پیش‌طراحی ارتباط پیدا می‌کند و در مسیر فرآیند طراحی زایا[۲۵] (تولیدی) به جستجوی فرم مطلوب منجر می‌شود. در این مدل از فرآیند طراحی معماری، فرم به دست آمده از ارزیابی کارایی منتج می‌شود. این نتایج می‌توانند فرآیندهای آتی تغییرات زایا را نیز مقید خود سازند. به عبارت دیگر، می‌توان این شیوه را با فرآیند متناوب آزمون و خطا یا «تولید کن؛ آزمون کن!» بیان داشت.

شکل ۳: فرآیند طراحی کارایی‌محور که از طریق بررسی شرایط تنش سازه‌ای در یک پل، پس از طی مراحل مختلف به مناسب‌ترین طرح دست می‌یابد.



(Kolarevic & Malkawi, 2005)

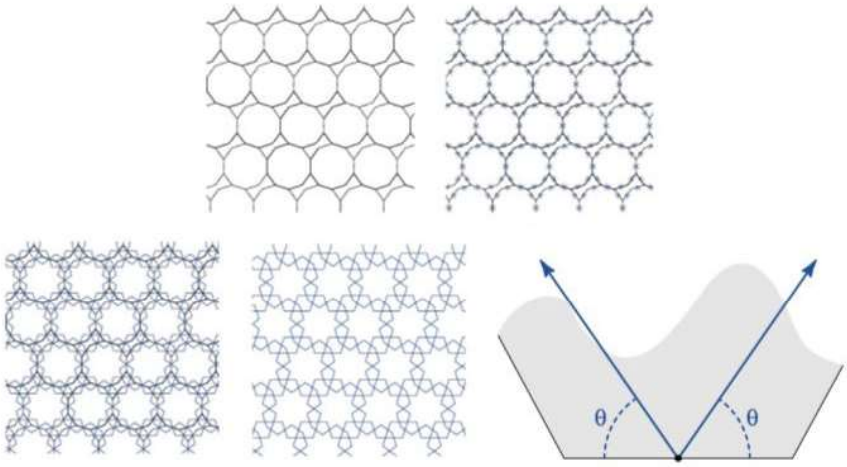
۷. تعریف وردش‌های مربوط به توسعه‌ی هندسی

در این مقاله در بررسی نقوش سنتی معماری ایران در دوره‌ی اسلامی، بر روی نقوش ستاره‌ای اسلامی[۲۶] به عنوان یک موتیف شاخص در نقوش تزئینی ـ هندسی و مدلی برای طراحی وردشی دیجیتال، متمرکز شده‌ایم تا از طریق یک فرآیند الگوریتمی[۲۷] با مفروش ساختن سطوح پالکانه‌های فرضی در چهار وجه شمالی، جنوبی، غربی و شرقی یک ساختمان در تهران، قابلیت این الگوی ستاره‌ای را به منظور سایه‌اندازی و حفاظت فضای داخل از تابش مستقیم بهینه نمائیم. بدین منظور برای بهره‌گیری از روش طراحی کارایی‌محور و جستجو و به کارگیری فرصت‌های جدید جهت طراحی تزئینات کارا نخست به تعریف وردش‌های هندسه برای دستیابی به پیکره‌ی وردشی زایا می‌پردازیم. نقوش ستاره‌ای، طرح‌های زیبایی هستند که منشاء اصلی زایش بوده و چگونگی ساخت آن‌ها به صورت رازهایی پنهان در تاریخ هنر اسلامی نگهداری می‌شود. یکی از روش‌های محتمل برای شیوه‌ی ساخت این الگوها تقسیم‌بندی صفحه‌ی سطوح با قرارگیری شش ضلعی‌های منتظم در کنار هم با استفاده از تقارن شعاع‌وار می‌باشد.

تولید وردشی الگوی ستاره‌ای اسلامی در این مقاله بر پایه‌ی شیوه‌ای است که توسط هانکین[۲۹] و لی[۳۰] تعریف شده و توسط کاپلان[۳۱] به عنوان الگوریتمی محاسبه‌ای[۳۲] به کار گرفته شده است (Kaplan, 2000). با استفاده از این روش یک صفحه به وسیله چند ضلعی‌های منتظم و اشکال غیرمنظم فرش می‌شود به گونه‌ای که نقوش ستاره‌ای درون چند ضلعی‌ها را پرکرده و فضاهای باقی‌مانده را طرح‌های هندسی مشخص دیگر پوشش خواهد داد. توضیحات هانکین در مورد چگونگی پوشش سطوح به وسیله‌ی یک شبکه از چند ضلعی‌ها و ترسیم دو خط از مرکز هر یال چند ضلعی مشابه حرف لاتین x بلافاصله الگوریتمی را به ذهن انسان می‌رساند که بر پایه‌ی رشد این خطوط از میان یال هر یک از اعضای شبکه‌ی چند ضلعی و توقف رشد این لبه‌ها در محل‌هایی که با هم تقاطع دارند، می‌باشد. در این الگوریتم زاویه‌ای که از رشد این لبه‌ها

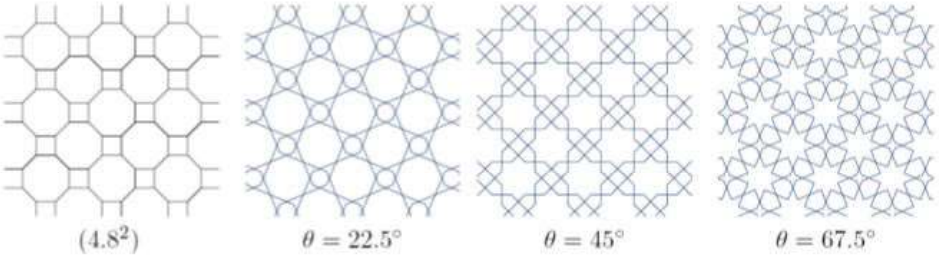
به وجود می‌آید به عنوان زاویه برخورد (θ)[۳۳] شناخته می‌شود که می‌تواند با مقادیری که اختیار می‌کند نقوش ستاره‌ای متنوعی تولید نماید.

شکل ۴: تعریف وردش زاویه‌ی برخورد



(Kaplan, 2000)

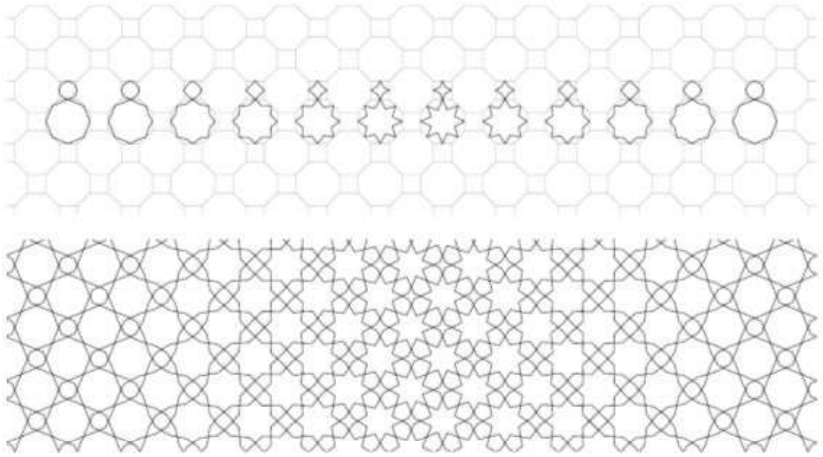
شکل ۵: توسعه‌ی نقوش ستاره‌ای، هر ردیف نشان دهنده‌ی سه طرح مختلف با سه زاویه برخورد مختلف است.



(Kaplan, 2000)

افزون بر این دگردیسی‌های فرمی موجود در نقوش اسلامی در محراب[۳۴] سبک طرح تزئینی و ترسیمات هندسی مشخصی هستند که با تحولی تدریجی در طول مسیر تغییرات قدم به قدمی را به وجود می‌آورند. در هر نوار باریک از الگوی شبکه‌بندی زاویه‌ی برخورد در نقاط برخورد با توجه به موقعیت آن نقطه در طول نوار باریک تعیین می‌شود. تغییر زاویه برخورد در شکل ۶، نتیجه‌ی این تغییرات تدریجی را در طرح هندسی نشان می‌دهد.

شکل ۶: فرش‌بندی نقوش با روش هانکین در طرح محراب



(Kaplan, 2000)

بنابراین ما با یک شبکه‌بندی متناوب[۳۵] که حاوی چند ضلعی‌های منتظم و چند ضلعی‌های غیرمنتظم جهت پر کردن حفره‌های خالی می‌باشد، کار طراحی هر سطح یا پوسته را آغاز می‌کنیم.

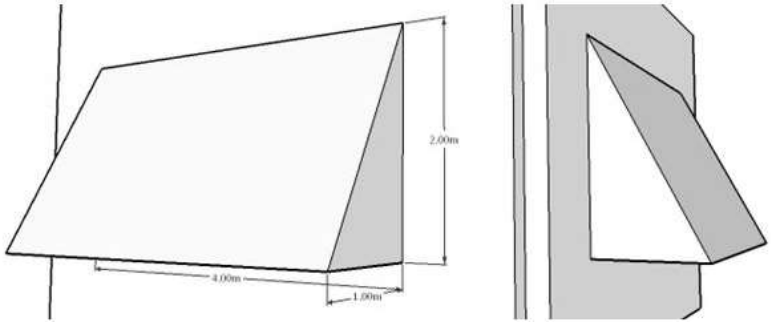
۸. بررسی پیکره‌ی پالکانه

همانطور که پیش‌تر بدان پرداخته شد، پالکانه‌ها با نام‌های مختلف در نقاط مختلف ایران و سایر کشورهای اسلامی، با پیش‌آمدگی در کوچه یا حیاط، ضمن آشتی فضای داخل و خارج خانه، محیط داخل را در مقابل تابش مستقیم آفتاب محافظت می‌کنند. با بررسی فرم پالکانه‌های مختلف در نقاط مختلف، فرم نشان داده شده در شکل ۷، سمت چپ را به عنوان الگوی پایه برای طراحی خود بر می‌گزینیم.

شکل ۷: پیکره‌ی کلی پالکانه‌های مختلف در نقاط مختلف
راست: کالیفرنیا، آمریکا ــ وسط: قاهره، مصر ــ چپ: ابیانه، ایران

لازم به توضیح است که ابعاد مناسب برای بازشوهای یک بنا در وجوه مختلف ساختمان خود موضوع مهمی برای طراحی به حساب می‌آید که ما در این مقاله به آن نمی‌پردازیم و با یکسان در نظر گرفتن ابعاد پنجره‌ها در چهار وجه اصلی ساختمان شرایط را برای بررسی و تمرکز بیشتر بر طرح نقوش هندسی ممکن می‌کنیم. بدین منظور در پیکره‌ی اولیه‌ی بنای فرضی ابعاد پالکانه را به صورت زیر تعریف کرده‌ایم.

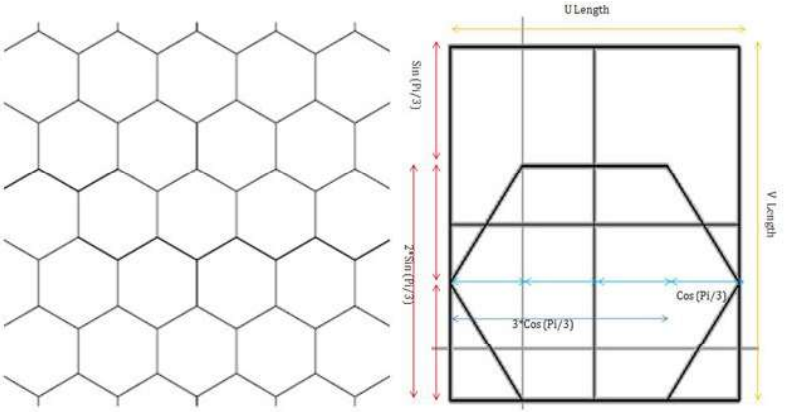
شکل ۸: تعریف وردش‌های کلی مربوط به پیکره‌ی پالکانه در وجوه مختلف ساختمان



۹. هندسه‌ی نقوش مفروش بر جداره‌های مایل پالکانه

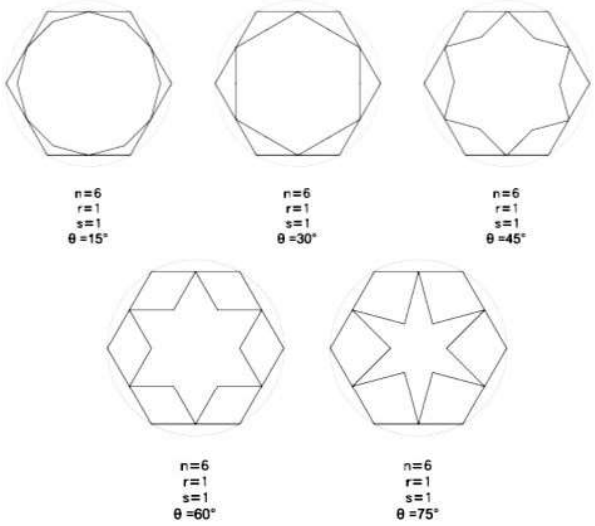
با توجه به توضیحات ارائه شده و مفاهیم موجود در نقش شمسه و نقوش ستاره‌ای و پرداختن نمادین به نور و جایگاه محوری آن در گره‌چینی و هندسه‌ی زیربنایی، نقش ستاره‌ی شش پر را برای مفروش ساختن سطوح مایل (با زاویه‌ی حدود ۶۰ درجه) پالکانه در نظر گرفته‌ایم. بدین منظور، در نخستین مرحله با تعریف وردش‌هایی امکان تقسیم‌بندی سطوح مختلف را با اجزای زمینه‌ی شش ضلعی منتظم فراهم کرده‌ایم.

شکل ۹: تعریف وردش‌هایی برای مفروش ساختن سطوح مختلف با نقش زمینه‌ی شش ضلعی منتظم



حال با بهره‌گیری از این الگوی زمینه می‌توان با روش ارائه شده در ترسیم وردشی نقوش ستاره‌ای، نقش ستاره‌ی شش پر را بر سطوح مورد نظر ترسیم نمود. حال با توجه به مسیر فرآیند طراحی کارایی‌محور، در این مرحله می‌بایست به تعریف وردش‌هایی در زمینه‌ی ارزیابی کارایی این نقوش بپردازیم تا پس از بررسی نتایج، نقش ستاره را به نحوی مناسب در راستای تأمین سایه‌اندازی مناسب بر سطوح مایل مفروش سازیم.

شکل ۱۰: بررسی تغییرات در وردش زاویه‌ی برخورد نقوش ستاره‌ای شش پر بر زمینه‌ی شش ضلعی منتظم



۱۰. تعریف وردش‌های مربوط به ارزیابی کارایی، تعیین موقعیت و شرایط بنا

محیط‌های شبیه‌سازی رایانه‌ای به طور کلی، بسترهای واقعی ساختمان را بازسازی می‌کنند تا با اعمال شرایطی مشابه آنچه در واقعیت در طول یک سال یا چندین سال روی می‌دهد رفتار ساختمان را بازسازی نمایند. در این دوره‌ها رفتار و کارایی ساختمان از طریق بررسی نتایج خروجی تحلیل می‌گردد. بنابراین، در تمایز محیط‌های پیکربندی هندسی با محیط‌های شبیه‌سازی باید به این نکته اشاره کرد که پیکربندی در محیط نخست بدون توجه به ویژگی‌های بستر و زمینه است (Ganji & Diba, 2014)، مانند ساختمانی بدون ماده و وزن، فاقد زمین و اقلیم که نمی‌توان کارایی آن را مورد بررسی قرار داد.

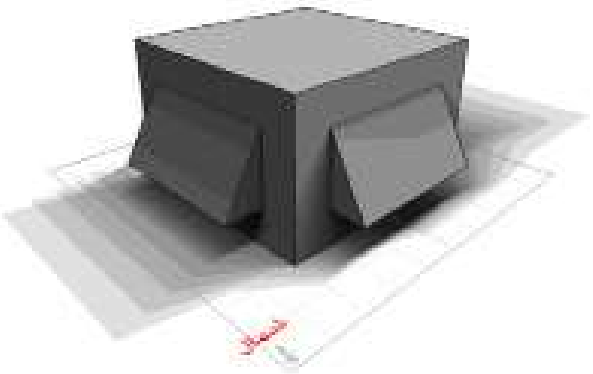
در محیط‌های شبیه‌سازی سازه با اعمال انواع بارهای مرده، زنده و زلزله و بازسازی شرایط مصالحی چون بتن و فولاد عملکرد اجزای سازه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد. در محیط‌های شبیه‌سازی اقلیمی نیز با انتخاب موقعیت جغرافیایی ساختمان و اختصاص اطلاعات مربوط به آب و هوای آن نقطه، رفتار ساختمان در برابر شرایط تابش آفتاب در فصول

مختلف و دیگر خصوصیات اقلیمی بررسی می‌گردد. بنابراین از این خصوصیات می‌توان به عنوان وردش‌هایی اولیه برای تعریف اقلیم نیز یاد کرد.

شکل ۱۱: موقعیت شهر تهران، طول و عرض جغرافیایی آن خود معرف ویژگی‌های اقلیمی و شرایط تابش آفتاب است.

در برخی از این محیط‌ها نظیر محیط شبیه‌سازی اکوتکت[۳۶]، می‌توان پیکره‌ی ساختمان را با کلیه‌ی خصوصیات هندسی آن پیکربندی نمود، تا ضمن اطمینان از بازسازی شرایط واقعی، بتوان در میانجی‌های گرافیکی نمود رفتار ساختمان را مورد ارزیابی دقیق‌تر قرار داد.

شکل ۱۲: پیکربندی حجم بنای مورد بررسی در محیط اکوتکت به منظور مطالعات مربوط به تابش و سایه‌اندازی



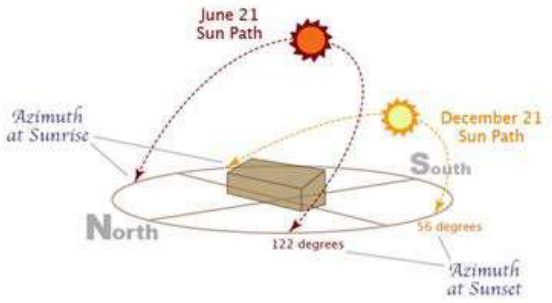
۱۱. معرفی محیط شبیه‌سازی و چگونگی ارزیابی در روش کارایی‌محور

مدل‌های رایج کارایی‌محور بر پایه‌ی چرخه‌های متناوبی از فرآیند «تولید ـ تحلیل ـ ارزیابی ـ اصلاح» استوارند و تا دستیابی به همگرایی در نتایج ادامه پیدا می‌کنند تا فرم بهینه به دست آید. در این شیوه نخستین مرحله‌ی تولید بر پایه‌ی نتایج تحلیل و ارزیابی اولیه است. پس از آن تحلیل و ارزیابی مجدد بر روی نمونه‌ها صورت می‌گیرد و این طراح است که با توجه به سلایق و نظر کلی خود در فرم و هندسه‌ی طرح برای تولید بعدی تغییر و اصلاح ایجاد می‌کند. همین روند را می‌توان برای موضوعات انرژی و بهره‌گیری مناسب از نور خورشید و سایه‌اندازی مناسب یک سطح مشبک در ساختمان با انتقال پیکره‌ی هندسی به نرم‌افزارهایی چون اکوتکت انجام داد.

۱۲. آشنایی با رفتار خورشید و الگوهای تابش خورشیدی

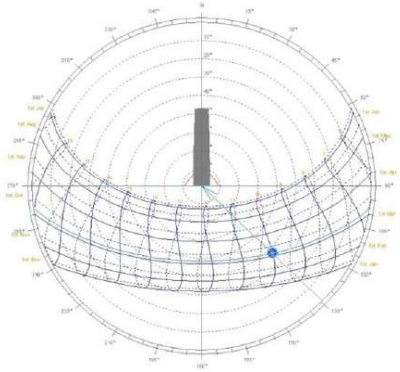
رفتار و مسیر حرکت خورشید در آسمان در طول سال متفاوت است. طول روز در زمستان کوتاه‌تر است و خورشید در آسمان مسیر کوتاه‌تری را می‌پیماید. بنابراین زاویه‌ی جهت نمای خورشیدی[۳۷] هنگام طلوع و غروب بسته‌تر و زاویه‌ی ارتفاع‌نما[۳۸] در ظهر خورشیدی کم‌تر است و خورشید به صورت مایل‌تر به زمین می‌تابد، در تابستان اما زاویه‌ی ارتفاع در ظهر بیشتر است و خورشید در طول روزهای بلند تابستانی با زاویه‌ای نزدیک‌تر به قائم بر زمین می‌تابد.

شکل ۱۳: تفاوت زاویه‌ی تابش آفتاب در زمستان و تابستان



با توجه به این اختلافات برای شناخت بهتر رفتار خورشید، نمودارهای افقی مسیر حرکت خورشید در آسمان برای عرض‌های مختلف جغرافیایی تهیه می‌شود تا با در اختیار داشتن رفتار خورشید به محافظت از بنا در برابر آن یا بهره‌گیری بهتر از اثرات فراوان آن اقدام شود. امروزه نرم‌افزارهای متعددی در رابطه با موقعیت خورشید در آسمان در نقاط مختلف وجود دارند که در این رابطه می‌توان به محیط شبیه‌سازی رایانه‌ای اکوتکت اشاره نمود.

شکل ۱۴: نمودار مسیر حرکت خورشید[۳۹] در محیط اکوتکت، برای شهر تهران که خود گویای چگونگی تابش در فصول مختلف سال است.



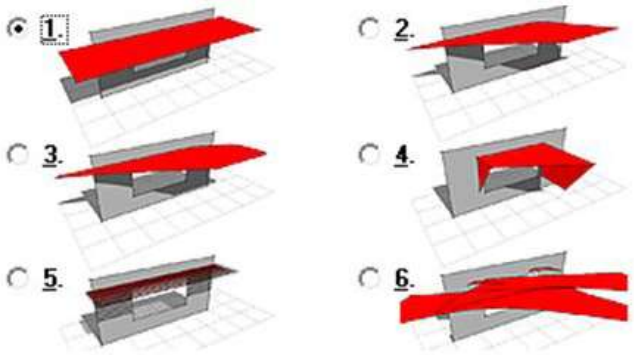
۱۳. مبانی طراحی سایه‌بان در بنا

در مناطق گرمسیر یکی از اهداف طراحی ممانعت از تابش خورشید و ایجاد سایه بر روی بنا و بازشوهای آن بوده و هست. این در حالی است که برای کلیه‌ی مناطق کویری و به خصوص مناطق سردسیر بهره‌مندی بیشینه از آفتاب زمستان اهمیت ویژه‌ای دارد. بدین منظور معمولاً طراحی سایه را برای بحرانی‌ترین ایام سال یعنی کوتاه‌ترین روز سال که بلندترین سایه‌ها را دارد، انجام می‌دهند (Ghiabaklou, 2012). ضریب سایه‌اندازی[۴۰] شاخصی پرکاربرد در ارزیابی عملکرد مؤثر نورگیرها در جلوگیری از ورود نور به داخل ساختمان است. انواع سایه‌اندازها را می‌توان هم در داخل و هم در بیرون ساختمان و هم در داخل جداره‌های شیشه‌ای پنجره قرار داد.

۱۴. معرفی نرم‌افزار اکوتکت در شبیه‌سازی عوامل محیطی و تابش خورشید

این نرم‌افزار قادر است بر پایه‌ی اطلاعات آب و هوایی ورودی، شرایط محیطی و آب و هوایی را برای موقعیت جغرافیایی مورد نظر شبیه‌سازی نماید. بدین وسیله نرم‌افزار از طریق ترسیم مسیر حرکت سالانه خورشید، می‌تواند شرایط هر کدام از بازشوها را در وجوه مختلف ساختمان بررسی کرده و ما را به سوی طراحی بهینه‌ی سایه‌بان برای هر وجه از ساختمان در شرایط مختلف رهنمون سازد. این نرم‌افزار شیوه‌های مختلفی را برای دستیابی به طراحی بهینه‌ی سایبان معرفی می‌کند. در کلیه‌ی روش‌ها ابتدا می‌بایست حجم کلی ساختمان به صورت مدل دیجیتال سه بعدی ترسیم شود و در دیواره‌های مورد نظر مطابق با ابعاد طرح پنجره مناسب تعبیه گردد. حال پس از انتخاب پنجره‌های مورد نظر از منوی محاسبات گزینه‌ی سایه‌اندازی و سپس طراحی سایه‌انداز[۴۱] را انتخاب می‌کنیم. از این طریق می‌توانیم انواع مختلفی از سایه‌بان‌ها را اعم از سطوح سایبان افقی، قایم و یا ترکیب جعبه‌ای برای پنجره‌های مختلف با شکل هندسی مناسب طراحی کنیم.

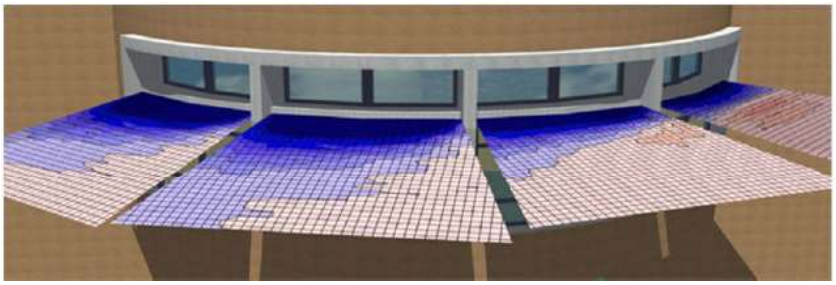
شکل ۱۵: میانجی طراحی سایه‌بان در اکوتکت، در این میانجی امکان طراحی انواع مختلف سایه‌انداز برای یک بازشو با توجه به انتخاب نوع آن فراهم می‌شود: ۱) مسطح افقی ۲) بهینه شده برای روز معین ۳) بهینه شده برای دوره‌ی مشخصی از سال ۴) جعبه‌ای ۵)سایه‌بان کرکره‌ای ۶) مقاطع مرکب.



۱۵. طراحی سایه‌بان به روش قابلیت سایه‌اندازی در محیط شبیه‌سازی اکوتکت

با عنایت به آنچه گفته شد، می‌توان به طراحی سایه‌بان با روش قابلیت سایه‌اندازی در محیط شبیه‌سازی اکوتکت پرداخت. شیوه‌ی یاد شده در طراحی سایه‌بان در این نرم‌افزار مبتنی بر روشی است که به بررسی اثر تابش و بازتابش پرتوهای نوری به صورت متناوب بر روی سطوح تعریف شده و یا شبکه‌های تحلیلی می‌پردازد و بر پایه‌ی «شیوه‌ی سلولی در طرح بهینه‌ی سایه‌انداز»[۴۲] بسط یافته است[۴۳] (Kaftan & Marsh, 2005). بدین منظور تابش‌ها در ساعات مختلف شبانه‌روز در دوره زمانی معین شده بر سطح مورد نظر تابانده می‌شود و اثرات این دریافت تابش را برای هر نقطه یا سلول نمایش می‌دهد.

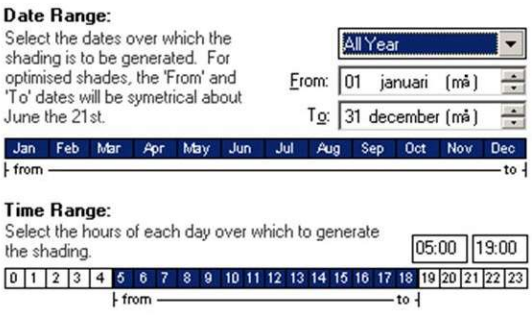
شکل ۱۶: طراحی بهینه‌ی سایه‌بان به کمک شیوه‌ی سلولی، که در آن سلول‌های آبی نیاز به ایجاد مانع و سلول‌های قرمز نیاز به ایجاد تخلخل را نمایش می‌دهند.



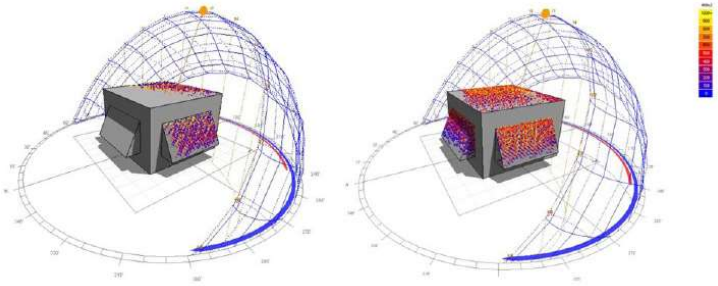
(Kaftan & Marsh, 2005)

بنابراین، در ادامه روند ارزیابی در نخستین گام، بازه‌ی مورد نظر برای طراحی سایه‌بان را تعیین می‌کنیم. در تصاویر زیر این بازه‌ی زمانی را برای ساختمان مورد نظر یک بار دوره‌ی تابستان و یکبار دوره‌ی سالانه تعیین کرده‌ایم.

شکل ۱۷: میانجی کنترل وردش‌های مربوط به تعریف بازه‌ی زمانی طراحی سایه‌بان که در اینجا برای طول سال و بازه‌ی زمانی ساعت ۵ صبح تا ۶ عصر معین شده است.

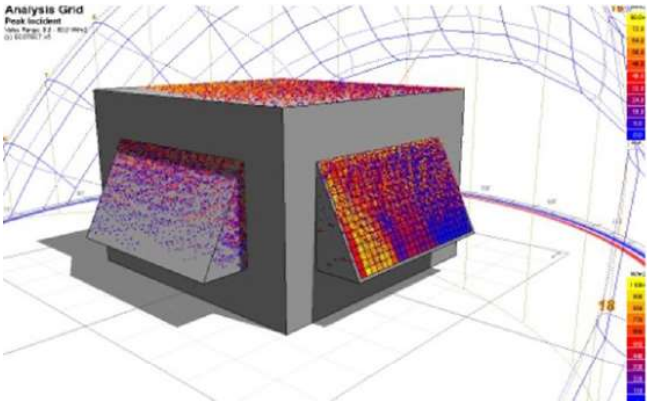


شکل ۱۸: طراحی سایه‌بان به روشِ قابلیت سایه‌اندازی،
سمت راست: تحت خورشید تابستان، سمت چپ: تحت خورشید سالانه

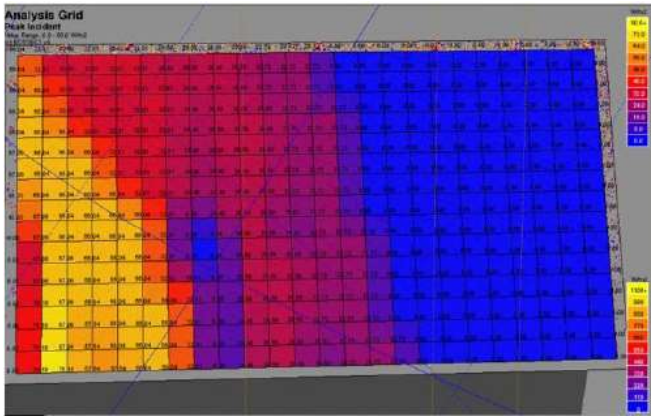


حال با گسترش شبکه‌ی تحلیلی[۴۴] مناسب بر سطوح مورد نظر می‌توان نتایج حاصل از تحلیل را برای هر سلول به صورت نتایج عددی به دست آورد. به عنوان نمونه در مورد پالکانه مستقر بر وجه غربی ساختمان نتایج تحلیل به روش قابلیت سایه‌اندازی در محیط شبیه‌سازی اکوتکت، به صورت زیر به دست آمد که در آن میزان بیشینه‌ی برخورد[۴۵] تابش را با واحد وات بر متر مربع (W/m2) عنوان می‌کند:

شکل ۱۹: نتایج تحلیل به روش قابلیت سایه‌اندازی بر پالکانه‌ی جداره‌ی غربی



شکل ۲۰: نتایج عددی تحلیل به روش قابلیت سایه‌اندازی بر شبکه‌ی تحلیلی گسترده بر پالکانه‌ی جداره‌ی غربی

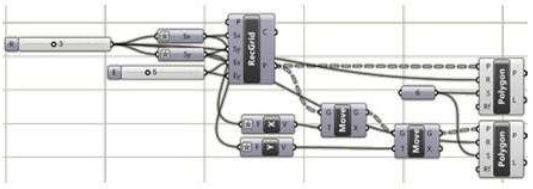


۱۶. تولید پیکره‌ی زایا در افزونه‌ی گرس‌هاپر[۴۶]

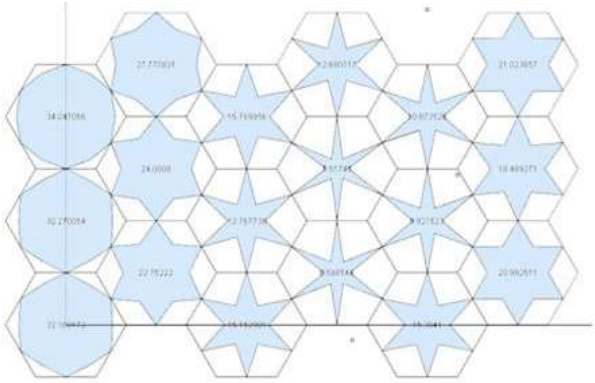
افزونه‌ی[۴۷] گرس‌هاپر، نرم‌افزاری است قدرتمند که می‌تواند امکان طراحی فرم، آنالیز و انجام محاسبات عددی را به صورت وردشی فراهم سازد. مزیت اینکه فرم را با تعریف وابستگی‌هایی به وردش‌های مختلف تعریف کرده و با یک منطق معین ایجاد کنیم این است که تغییر آن فرم به راحتی با اعمال تغییر در وردش‌ها امکان‌پذیر خواهد بود و همچنین می‌توان فرم نهایی کار را به نتایج حاصل از هر تحلیل یا حتی متغیرهای شانسی و تصادفی وابسته نمود. بیان گرافیکی این نرم‌افزار

در ارتباط و توالی فرآیند کار را برای طراحان آسان کرده است، بنابراین در اولین قدم برای دستیابی به پیکره‌ای زایا که بتواند تحت تأثیر نتایج ارزیابی دستخوش تغییر شود، بر پایه‌ی تعریف وردش‌های مختلف (که در بخش‌های قبلی به صورت مفصل شرح داده شد) به تعریف روابط این وردش‌ها در محیط گرس‌هاپر می‌پردازیم.

شکل ۲۱: بیان گرافیکی گراس‌هاپر در ارتباط و توالی وردش‌ها در فرآیند کار طراحی

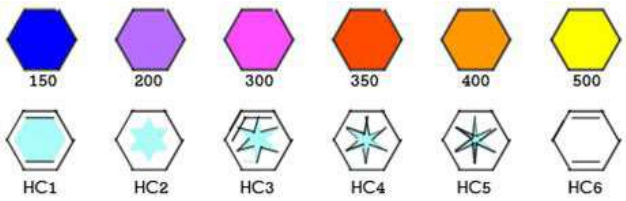


شکل ۲۲: ترسیم نقوش ستاره‌ی شش پر بر زمینه‌ی ۶ ضلعی منتظم و تغییر میزان بسته بودن و گشایش هر سلول در ارتباط با نتایج عددی حاصل از محیط شبیه‌سازی

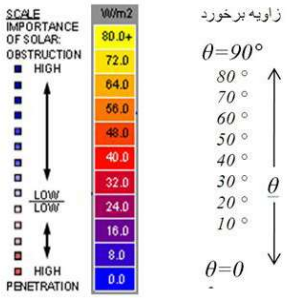


پس از تعریف وابستگی‌های هندسی و فرآیند ترسیم در قالب گره‌ها و مسیرهای گراس‌هاپر نوبت به برقراری ارتباط میان نتایج عددی حاصل از تحلیل تابش در محیط نرم‌افزاری اکوتکت و الگوی هندسه‌ای ستاره‌های شش پر می‌رسد. بدین منظور با توجه به مبانی «شیوه‌ی سلولی در طرح بهینه‌ی سایه‌انداز» و اصول آن در ایجاد تخلخل یا مانع، وردش‌های مربوط به زاویه‌ی برخورد در ستاره‌ها را به صورت زیر با تخلخل و ممانعت مرتبط می‌سازیم:

شکل ۲۳: رابطه‌ی میزان تابش دریافتی بر سطح جداره و مقدار زاویه‌ی برخورد در نقش ستاره‌ای



شکل ۲۴: رابطه‌ی میزان تخلخل در جداره‌ی سایه‌انداز و مقدار زاویه‌ی برخورد در نقوش ستاره‌ای

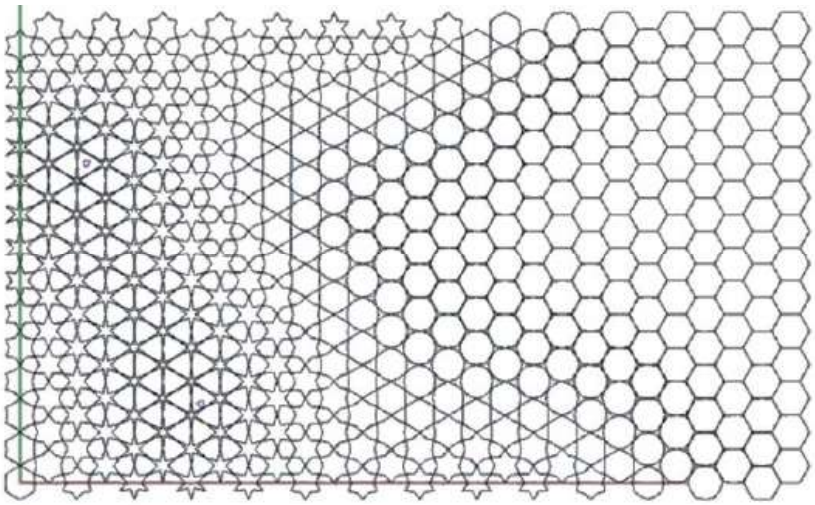


بنابراین، با توجه به نتایج عددی تحلیل‌های به دست آمده از روش قابلیت سایه‌اندازی، در مواردی که بر یک سلول میزان بیشینه برخورد[۴۹] تابش افزایش یابد نیاز به ایجاد مانع در برابر تابش خواهیم داشت و زاویه برخورد در نقش ستاره تا حدی افزایش می‌یابد که بتواند تابش ورودی به داخل فضا را محدود نماید و بالعکس در سلول‌هایی که این بیشینه برخورد ناچیز است، می‌توان با ایجاد گشایش در نقش ستاره دید مناسب را تأمین نمائیم.

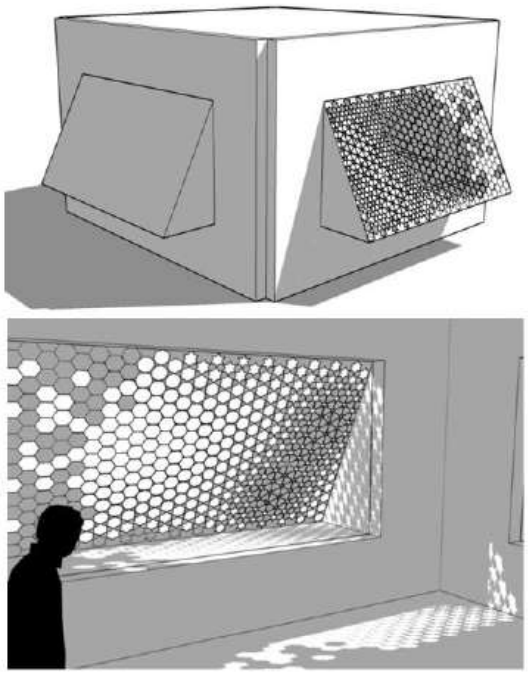
۱۷. نتیجه‌گیری

حاصل فرآیند طراحی کارایی‌محور که در این مقاله به بخشی از آن اشاره شد، در طراحی پالکانه‌ای بر جداره‌ی غربی ساختمانی در تهران به صورت الگوی هندسی زیر به دست آمد که می‌تواند به وسیله مصالح مختلف و شیوه‌های مختلف ساخته و اجرا گردد.

شکل ۲۵: الگوی هندسی نقوش ستاره‌ای به عنوان جداره‌ی پالکانه در وجه غربی ساختمانی در تهران



شکل ۲۶: نمای خارجی و داخلی نقوش ستاره‌ای به عنوان جداره‌ی پالکانه در وجه غربی ساختمانی در تهران



در نهایت به نظر می‌رسد، احیای بخشی از سنت‌های معماری ایران از مسیر جستجوی هندسی برای دستیابی به نقوشی زیبا و بدیع که با توجه به عملکردهای فضا، نیازهای عملکردی ساختمان را نیز به خوبی برآورده سازند، می‌تواند ما را در دستیابی به یک معماری هماهنگ با فرهنگ و هویت ملی و همساز با رشد تکنولوژی و ملزومات کارایی در یک ساختمان نوین رهنمون باشد. کاربرد الگوهای به دست آمده به عنوان فضاهای پر و خالی و مشبک ضمن تأمین نیازهای هویتی و فرهنگی، می‌تواند به خوبی از فضای پوشیده‌ی داخلی با عملکردهای مختلف در مقابل برخی عوامل اقلیمی محافظت نماید. در این جستجوی هندسی و ریاضی کاربرد الگوریتم‌های رایانه‌ای فرصت مناسبی را در اختیار طراح قرار می‌دهد. چنین الگوریتم‌هایی به تدریج در مسیر ارزیابی فضای نامتناهی، پاسخ‌های مناسبی را در می‌یابند و با توجه به شرایط حاکم بر مسئله، گزینه‌های بهتر و مناسب‌تر را در اختیار طراحان قرار می‌دهند. طراحی با کمک این الگوریتم‌ها ضمن همراه کردن خلاقیت مصنوعی با خلاقیت انسانی از آن‌جا که با زبان مشترک انسان و ماشین شکل می‌بندد، برای ابزارهای نوینِ ساخت نیز قابل فهم است. از این رو نقوش به دست آمده از این طراحی هرچند هندسه‌ای پیچیده داشته باشند، اما به کمک ابزارهای صنعتیِ دقیق به بهترین نحو قابل اجرا خواهند بود.

پی‌نوشت

۱. در نظر ویتروویوس، معماری حاصل زیبایی (Beauty)، استحکام و پایداری (Firmness)، آسایش و آسودگی (Convenience) است.

2. Visual Comfort
3. Ultra-Violet
4. Vitamin D
5. Circadian Rhythm
6. SAD: Seasonal Affective Disorder
7. Visual Comfort and Energy Saving. Wilson, Mike. London: University of North London.
8. F. O. Muller, Helmut. Utilizing Daylight, Solar Architecture - Detail Praxis. Detail, 2003.
9. Parameter
10. Shape Grammar
11. Parametric
12. Parametric Modelling

۱۳. سایت لغت‌نامه دهخدا

14. Digital Project
15. CATIA
16. Generative Components
17. Bentley
18. Micro Station
19. Grasshopper
20. Rhino
21. BIM: Building Information Modelling
22. Performance
23. Evaluation
24. Simulation
25. Generative
26. Islamic Star Patterns
27. Algorithmic Procedure
28. Performative Ornamental Designs
29. Hankin (1925)
30. Lee (1995)
31. S.C. Kaplan
32. Computational Algorithm
33. Contact Angle

34. Islamic parquet deformations
35. periodic tiling
36. Autodesk Ecotect Analysis
37. Solar Azimuth
38. Solar Altitude
39. Sun Path Diagram
40. Shadow Coefficient (SC)
41. Shading and Shadows/Design Shading Device
42. Cellular Method for Optimal Shading

۴۳. برای اطلاعات بیشتر می‌توان به سایت http://www.researchanddesign.net مراجعه کرد.

44. Analysis Grid
45. Peak Incident
46. Grasshopper
47. Plug-in
48. Cellular Method for Optimal Shading
49. Peak Incident

References

- Bolkhari, H. (2005). *Expression of Light and Color in Iranian Islamic Art*. Tehran: Soore Mehr Publication, 8.
- Fakouhi, N. (2012). *Art Anthropology: Beauty- Power- Myth*. Tehran: Sales Publication.
- Ganji Kheybari, A., & Diba, D. (2014). Form Follows Data: Contextual Architecture in Digital Age. Proceedings of the International Conference on Advanced Method of Design & Construction in Context-oriented Architecture, Tabriz.
- Ghiabaklou, Z. (2012). *Fundamentals of Building Physics 2: Environmental Control*. Tehran: Publication of Jihad Amirkabir University.
- Hamidi, J. (2001). *Encyclopedia of Bushehr*. Tehran: Iran Ministry of Culture and Islamic Guidance Publication.
- Kaftan, E., & Marsh, A. (2005). Integrating the Cellular Method for Shading Design with a Thermal Simulation. In PALENC Conference.
- Kaplan, C.S. (2000). *Computer Generated Islamic Star Patterns*. In Bridges: Mathematical Connections in Art, Music, and Science. Tarquin Publications.
- Khoshnazar, S.R., & Rajabi, O.M. (2009). Light and Color in Iranian Miniature and Architecture. *Ketab-e-Mah-Honar*, (127), 70-76.
- Kolarevic, B., & Malkawi, A. (Eds.). (2005). *Performative Architecture: beyond Instrumentality*. Routledge.
- Mahdavinejad, M. (2003). Islamic Art, Challenges with New Horizons and Contemporary Beliefs. *HONAR-HA-YE-ZIBA*, (12), 23-32.
- Mahdavinejad, M. (2004). Wisdom of Islamic Architecture: Recognition of Iranian Islamic Architecture Principles. *HONAR-HA-YE-ZIBA*, (19), 57-66.
- Mahdavinejad, M. (2005). Education of Architectural Criticism. *HONAR-HA-YE-ZIBA*, (23) 69-76.
- Mahdavinejad, M., & Nagahani, N. (2011). Expression of Motion Concept in Contemporary Architecture of Iran. *Journal of Studies in Iranian-Islamic City,* 1(3), 21-34.
- Mahdavinejad, M., Bemanian, M., & Khaksar, N. (2011). Architecture and Identity- Explanation of the Meaning of Identity in Pre-Modern, Modern and Post- Modern Eras. *Hoviateshahr*, 4(7) 113-122.
- Mahdavinejad, M., Bemanian, M., & Molaee, M. (2012a). Architecture in Context: Inspiration of Conceptualism in Design. *Naqshejahan*, 1(1), 21-34.
- Mahdavinejad, M., Khabiri, S., & Maleki, K. (2013b). Principles and Criteria of Lighting Urban Squares; Case Study: Tehran Square. *Armanshahr; Special Issue of the 1st Iran Lighting Design Conference Selected Articles*, 67-83.
- Mahdavinejad, M., Matoor, S., & Fayaz, R., (2012e). Vertical illuminance measurement for clear skies in Tehran. *Armanshahr*, 4(8), 11-19.
- Mahdavinejad, M., Matoor, S., Feyzmand, N., & Doroodgar, A., (2012c). Horizontal Distribution of Illuminance with Reference to Window Wall Ratio (wwr) in Office Buildings in Hot and Dry Climate, Case of Iran, Tehran. *Applied Mechanics and Materials*, (110-116), 72-76.

- Mahdavinejad, M., Bemanian, M., & Mashayekhi, M. (2012d). Asbads; the Oldest Windmills of the World. *Naqshejahan*, 2(1), 43-54.
- Mahdavinejad, M., Bemanian, M., & Matoor, S. (2013d). Estimation Performance of Horizontal Light Pipes in Deep-Plan Buildings. *HONAR-HA-YE-ZIBA*, 17(4), 41-48.
- Necipoglu, G. (1995). *The Topkapı Scroll: Geometry and Ornament in Islamic Architecture* (M. Qayyumi, Trans.) Tehran: Rozane Publication.
- Oxman, R. (2008). Performance-based Design: Current Practices and Research Issues. *International journal of Architectural Computing*, 6(1), 1-17.