علمی-پژوهشی

تحلیل حضور نور در راسته و چهارسوق قیصریه بازار اصفهان*

Analysis of the Presence of Light in Rasteh and Charsooq of the Grand (Qeysarriyeh) Bazaar of Isfahan

فدرا امینی بدر[۱]، مصطفی مختاباد امرئی[۲] (نویسنده مسئول)، حمید ماجدی[۳]

تاریخ ارسال:	تاریخ بازنگری:	تاریخ پذیرش:	تاریخ انتشار آنلاین:
۱۳۹۷/۰۶/۰۶	۱۳۹۷/۱۱/۲۶	۱۳۹۸/۰۲/۱۳	۱۳۹۹/۰۴/۳۱

چکیده

نور به عنوان فراگیرترین عنصـــرطبیعت، در تجربه مخاطب از فضـــا نقش مهمی را ایفا می‌نماید. یکی از جنبه‌های قدرتمند فضـای معماری تاریخی ایران، به کارگیری خردمندانه نور است. بهره‌برداری از نور روز در معماری سنتی ایران علاوه بر تامین روشنایی، پاسخگوی نیازهای اقلیمی، فیزیکی، روانی و زیبایی‌شناسی بوده است. در راستای این رویکرد، معمار ایرانی تجربه‌های موفقی در بهره‌گیری خلاقانه نور در فضـــاهای داخلی دارد. ترکیبات متنوع از مدخل‌های نوری نشـان این ادعا اسـت. به‌منظور بررسـی جایگاه نورپردازی طبیعی در معماری ایران، پژوهشی در مجموعه بازار قیصریه اصـفهان صـورت پذیرفت. هدف از این پژوهش، بررسـی کمیت و کیفیت نور روز و عملکرد انواع مدخل‌های نور در یک فضای عمومی- تجاری است که بنا بر کاربری خاص، محدودیت‌هایی در بهره‌مندی از انواع روزن‌ها دارد. در این تحلیل، نور طبیعی، در تاریخ‌ها و سـاعت‌های معلوم و نیز به صـورت سـالانه، با استفاده از نرم‌افزارها، شبیه‌سازی و شاخص‌های کمی ارزیابی نور روز اعم از ایسـتا و پویا بررسـی شده است. یافته‌های تحقیق نشان از تبعیت توزیع روشنایی نور روز از الگویی خاص می‌نماید. به‌طوری‌که بازه‌های سـهم روشـنایی در کل سـال تقریبا ثابت اسـت و با تغییر فصـل تفاوت چشـمگیری در سـهم دریافتی دیده نمی‌شود. همچنین میزان نور دریافتی در بیش از ۷۰٪ از مساحت راسته قیصریه و ۵۰٪ از زمان‌های کاربری، بین بازه ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس قرار دارد که نوری مطلوب برای یک فضـا محسـوب می‌شـود. میزان تامین نور کمی و کیفی در بازار قیصریه بر اساس آنالیز یافته‌ها، از اهم نتایج پژوهش حاضر است.

واژه‌های کلیدی:

معماری نور، نور روز، نورپردازی طبیعی، واحدهای کمی ارزیابی نور روز، راسته قیصریه، بازار اصفهان.

۱. دانشجوی دکتری معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. aminibadr@yahoo.com
۲. استاد، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. mokhtabm@modares.ac.ir
۳. استاد، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. majedi_h@yahoo.com

* این مقاله برگرفته از رسـاله دکتری معماری نویسـنده اول با عنوان «تاویل حضـور نور در معماری عصر صفویه برمبنای اندیشه عرفا» می‌باشد که با راهنمایی دکتر مصطفی مختاباد امرئی به عنوان استاد راهنما و دکتر حمید ماجدی و دکتر حسن ستاری ساربانقلی به عنوان اساتید مشاور در دانشگاه علوم تحقیقات تهران تدوین شده است.

۱- مقدمه

خورشید و نور برآمده از آن، جایگاه ویژه در تمدن‌های گذشته داشته است. نور به عنوان تجریدی‌ترین عنصرطبیعت، در تجربه مخاطب از فضا جایگاه ویژه‌ای دارد. نقش مهم این پدیده در علوم مختلف، مذهب، فلسفه و از همه مهم‌تر توانایی آن در ادراک و تاثیرات بصری محیطی کالبد معماری، قابل توجه است. همزمان با ادراک فضاهای معماری فاخر ایرانی در می‌یابیم که حضور نور و دریافت زیباشناسانه از فضا، نشان از دانش وتبحر مولف آن در بهره‌وری از روشنایی دارد. «می‌توان نور را به سبب ایفای نقش چندسویه شامل پدیدار ساختن، تعریف ساختار کالبدی- فضایی، کارا نمودن و نیز کیفیت بخشی به مکان، یکی از بنیادی‌ترین عناصر سازنده و غیر ساختاری معماری برشمرد که وجود و حیات معماری به آن بستگی تام دارد. نور در پایین‌ترین مرتبه سبب پیدایی فیزیکی اثر می‌شود و در گامی پیشتر می‌تواند کارآیی شکلی، فعالیتی و محیطی را بهبود بخشد. نور باعث پیدائی رنگ می‌شود و رنگ فضا را معنا می‌کند» (Mahvash, 2014, 20). مقاله حاضر می‌کوشد تا نقش کیفی و کمی نور را در گونه خاصی از معماری دوره صفویه، تحت عنوان راسته و چهارسوق بازار قیصریه اصفهان و با هدف بازبینی ارتباط بین نور و ریشه‌های آن با اهداف کاربردی، بررسی کند.

اتفاق نظری جهانی مبنی بر شاخص بودن فضای تجارت در رویداد اصلی زندگی روزانه بشر وجود دارد. از این رو بناهایی که این رویداد را در خود جا داده‌اند، از توجه بیشتری برخوردار بوده و هستند. بازارها گونه‌ای معماری توسعه یافته هستند که عملکرد و عناصر ساختاری مصادیق قبلی را ترکیب و در یک طرح مشترک ساماندهی شده‌اند و پلان سلسله مراتب دسترسی به عملکرد تجاری را که همراه با تشریفات دادوستد می‌باشد را، دنبال می‌کنند. فضاها به تدریج با عملکرد آن‌ها مطابقت یافته و نام‌گذاری شده است. «بازارها نمونه کاملی از گونه‌ای معماری است که فرد را از یک سفر حواس عبور می‌دهد و این کار را از طریق آرایش فضایی و اجزاء معماری خود انجام می‌دهد. این فرآیند شامل طاق‌های چشمگیر است که با سایه روشن نور طبیعی و راهروهای پیچ‌درپیچ و قوه تخیل بازی می‌کند و نوعی انتظار در مخاطب خلق می‌کند و او را به تقاطع‌های بزرگ شناور در نورِ تابیده از هورنو گنبد می‌کشاند» (Najdjavadipour, 2011, 36).

به طور کلی نورپردازی در بازارها عمدتا از طریق نور طبیعی تامین می‌شود و نور مصنوعی به عنوان نور کمکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نور روز از طریق بازشوهای زیر طاق و سقف به فضا می‌رسد. تعداد و موقعیت دهانه‌ها در بازار مستقیما با مشخصه‌های فضایی مرتبط است. از این‌رو روزن‌های دیواری چندان رایج نیستند و این نور بازشوها اغلب در ارتفاع بالاتر و توام با حجاب، لحاظ می‌شوند. نورگیرهای سقفی از جمله بخش میانی طاق و سقف یا نورگیرهای دیواری زیرطاق منابع مهم نورگیری در بازار هستند. این روزن‌ها با هندسه مربع، شش و هشت ضلعی و یا به صورت دایره در قالب هورنو و بر اساس ساختار پشت‌بام در اغلب موارد بدون پوشش هستند. گاهی نیز تبدیل به یک عنصر تزئینی شده و با ایجاد نقش‌های مختلف در سطوح فضای داخلی منجر به آفرینش یک فضای خلاق می‌شوند. مطالعات انجام شده بر روی روشنایی بازار عمدتا بر کیفیت، کمیت و دسترسی به نور طبیعی روز در یک فضای داخلی دارد. این واقعیت که روشنایی بازار بر مبنای نور روز بوده است، انتظار می‌رود که تراز و توزیع آن مستقیما با طرح معماری (اندازه، فرم، بافت، تزئینات) و عملکرد فضا در ارتباط باشد.

۲- روش‌شناسی ثبت تراز نور روز در بازار صفوی

مطالعه پیش‌رو بر اساس درک رفتار و بهره‌برداری از نور روز در یک بخش از بازار صفوی صورت پذیرفته است. بخشی از مطالعه توصیفی- تحلیلی و بخشی دیگر تحلیل نرم‌افزاری است. به این منظور، بافت قدیمی تجاری در مجاورت میدان نقش‌جهان تحت عنوان راسته و چهارسوق قیصریه انتخاب و مورد تحلیل قرار گرفته است. در این تحلیل، با استفاده از پلاگین‌های Honeybee و Ladybug، نور طبیعی و شاخص‌های مربوط به آن در تاریخ‌ها و ساعت‌های معلوم، با استفاده از موتور Radiance شبیه‌سازی و بررسی شده است.

۳- هستی شناسی نور و جایگاه آن در معماری

موقعیت یک اثر معماری و نسبت بینابین آن با محیط پیرامونش، زاویه تابش و نیز شدت روشنایی، چگونگی حضور نور در معماری را تعریف می‌کند. «اگرچه وجود نور به مفهوم چیرگی آن بر معماری خارج از مداخله است اما سازگاری معماری و ارائه راهکارهای انطباقی بهینه، ارزش کیفی بنا را در قبال نور مشخص می‌کند. نظام فیزیولوژیک بدن انسان و ابعاد روانی او به گونه‌ای است که تغییرات طبیعی و مدام نور روز به طور ناخودآگاه می‌تواند خواسته‌های او را پاسخ دهد. یکنواختی از عوامل ایجاد خستگی است و فقدان تغییرات نور در تقابل با تمایلات طبیعی انسان دارد» (Evans, 2000, 39). «تغییر روشنائی و درخشش عناصر تشکیل‌دهنده فضا درک از فضا را متغیر و در حقیقت سبب پویائی معماری می‌شود.

به سخن دیگر دگرگونی در شدت و میزان روشنایی سبب روح بخشی به کالبد معماری در طول زمان‌های متناوب تغییرات نوری می‌گردد» (Meiss, 2005, 125). «نور از طریق حرکت و ایجاد سایه روشن توانایی سه‌بعدی بخشی مضاعفی به اجزا و عناصر معماری به طور متناوب برجای می‌گذارد و در ارزیابی مطلوبیت فضا از نظر بهره‌ور و تجربه‌کننده موثر است» (Mahvash, 2014, 236). تمامی شیوه‌ها و مولفه‌های موثر در جهت حضور نور و کیفیت آن، ضمن اینکه لاجرم تامین‌کننده خواست‌های یک معماری است- روشنایی، دید، تهویه، زیبایی‌شناسی- آیینه تمام‌نمای باورهای انسانی محقق شده در یک تجسم است. لائوتسه درباره‌ی رابطه نور و معماری می‌گوید: «معماری تنها چهار دیوار و یک سقف نیست، بلکه فراتر از آن هوای درون این محدوده و فضا نشان‌دهنده‌ی مفهوم این چهار دیواری است و شاید این چرایی وابستگی جاودانه و لاینفک نور و معماری در طول تاریخ بوده است». نور می‌تواند درک انسان را از احساس و بافت فضا دگرگون کند و فضا را دلپذیر، دلگیر و یا اسرارآمیز جلوه دهد. یک نور خوب می‌تواند حس خوبی را در فرد ایجاد کرده و فضایی ماندگارتر، انسانی‌تر و زیباتر ایجاد نماید (Portela, 2009, 72).

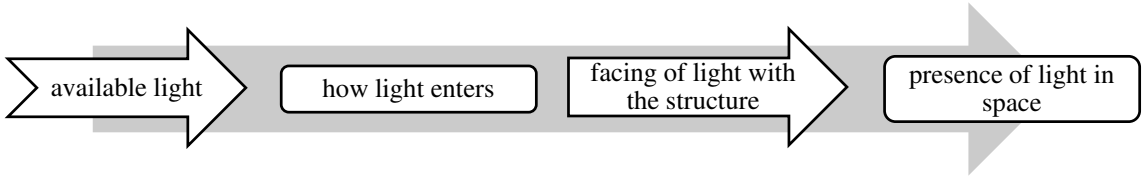


Fig. 1 From the radiation to the presence of light in the architectural context

۴- پیشینه تحقیق

مطالعه در مورد نور طبیعی و شیوه‌های بهره‌مندی از آن یکی از موضوعات مورد توجه معماران در طول تاریخ بوده است. اگرچه با کشف الکتریسیته و دسترسی به انواع نورپردازی‌های مصنوعی، نیاز انسان به نور طبیعی به طور موقت برآورده شد، ولی غیبتِ نور طبیعی، انواع مشکلات جسمی و روانی را در انسان پدید آورده است. در این راستا حرکتی نو در شناخت رفتار نور طبیعی و بهره‌مندی هر چه بیشتر از آن در دنیا دیده می‌شود و سازمان‌هایی نیز در جهت‌دهی به این مطالعات، شروع به فعالیت نموده‌اند[1]. «در چند سال اخیر، با توجه به گسترش سطح دانش علمی در کشور و علاقه مندی برخی از دانشجویان به انجام پروژه‌های تحقیقاتی در زمینهٔ نورپردازی طبیعی در رشتهٔ معماری، تحقیقاتی به صورت تئوریک در زمینهٔ محاسبات نور روز یا به روش پیمایش میدانی در رابطه با شرایط نورپردازی طبیعی در فضاهای آموزشی یا اداری انجام شده است» (Tahbaz, Jalilian, Mousavi & Kazemzadeh, 2014, 89). پیشرفت دانش نرم‌افزاری و ورود آن به مبحث نور نیز، توانسته است افق‌های جدید پژوهشی را در حیطه ارزیابی میزان بهره‌مندی از نور روز، نمایان سازد.

با توجه به عنوان پژوهشِ حاضر، پیشینه تحقیق، به اعتبار تفکیک موضوع تحقیق (بررسی رفتار نور در ابنیه سنتی)، به اعتبار متدلوژی یا همان شیوه تحقیق (استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز نور در ابنیه) و به اعتبار مکان مورد تحقیق (بازار قیصریه اصفهان) دسته‌بندی شده است. بدیهی است برخی از این پیشینه‌ها، در بیش از یک مورد با پژوهش پیش رو مشترک هستند که در جدول مشخص شده است. قابل ذکر است پیش از این، بررسی و تحلیل نور روز در بازار قیصریه انجام نشده است. نگارندگان ضمن بررسی نقش کیفی نور، با بهره‌گیری از نرم‌افزارها و ترکیب قابلیت‌های آن‌ها با یکدیگر، شیوه جدیدی از تحلیل کمی الگوی سالانه سهم فضا در توزیع روشنایی ارائه داده‌اند.

Table 1: Research background

Year	Author	Title	Significant points	Conclusion	*Research validity
2018	Hosseini & et al	Quantitative investigation through climate-based daylight metrics of visual comfort due to colorful glass and orosi windows in Iranian architecture	The effect of color on visual comfort based on daylight indicators - Investigating the effect of stained glass color combination on glare to optimize visual comfort	The direct effect of stained glass on dynamic indicators of light and increase of visual comfort - the difference between the colors used for glasses based on climatic indicators	a b
2017	Turani et al	Evaluating the impact of the atrium inclination angel on visual comfort of students by	Study of the relationship between the angles of atrium and the depth of daylight penetration - Simulation of	Comparative correspondence between the illuminance simulated by software and the illuminance measured in the	b

		the effectiveness of daylight in educational buildings of Tehran (a field study and simulation).	atrium daylight of a school using Daysim and Radiance software - Comparison of the results of simulation and field study.	field study - Verification of research findings (simulation of daylight) with an approximation of 2% - Providing all aspects of illuminance, optimal depth of penetration and uniformity.	
2017	Shirani et al	Spatial resilience In traditional bazaars; case study: Esfahan Qeisariye Bazaar.	Factors affecting urban resilience - spatial resilience - Factors affecting the resilience of physical factors in the bazaar - Factors affecting the resilience of social factors in the bazaar - Investigating the aforementioned factors in the Grand Bazaar of Isfahan.	Reasons for physical resilience: flexible structure, strength, continuous restoration, and functional conformity. Reasons for social resilience: diverse land-uses tailored to contemporary needs, accessibility and movement in space, the existence of environmental comfort, attention to aesthetic factors, unique identity, customers' sense of belonging and sense of attachment	c
2017	Gorji & et al	The analysis of daylight factor and illumination in Iranian traditional architecture, case Studies: Qajar era houses, Qazvin, Iran	Features of Qajar Houses - Modeling of natural lighting in four Qajar houses using different software.	Acceptable level of average daylight illuminance - no need for artificial light in 76% of spaces studied - Visual comfort resulting from balanced light distribution.	a b
2015	Hosseini et al	The role of natural lighting in Islamic architecture (a case study of traditional bazaar)	Bazaar architecture - light in architecture - how to use light in the market - the evolution of using light in architecture - the relationship between light and movement	Sequence of spaces using light - optimal use of natural light according to the function of the market - smart use of daylight is the reason for the survival of commercial spaces	a
2015	Tahbaz et al	Effects of Architectural Design on Daylight Fantasy in Iranian Traditional Houses.	Analysis of daylighting in different spaces of Ameriha's house (useful daylight illuminance)	The use of sky light – orientation of spaces in accordance with the motion of the sun, based on the priorities of functions - controlling the depth of daylight penetration with the shape, size and position of the daylight-catcher	a b
2015	Tahbaz & et al	The effect of architectural details on daylight distribution inside a room	Investigating the level of daylight and daylight distribution in the Shah-Neshin room of Ameriha's House	Designing the space and architectural details in order to receive the best distribution of daylight in all seasons and hours - Providing the pleasant quality of daylight in accordance with the trajectory of the sun. Entrance of light through the Sash window, provision of the right depth of light.	a b
2015	Giovanni Ciampi & et al	Daylighting contribution for energy saving in a historical building	Field study of daylight quality in an old building and validation of Dialux software based on experimental data	Differences between the data obtained from simulation and experimental data – lower level of daylight reported by simulation than the experimental data - Compliance of the changes in the level of daylight with the day and hour assessed	b
2014	Miri Et al	A new method for achieving daylight in working spaces by finding the efficient type and size of windows, shading systems and depth of rooms	Requirements for access to natural light - Natural daylight assessment units - Software used for modeling and analysis of daylight - Design process to achieve the minimum acceptable conditions in the workplace	Provision of an algorithm for calculating the optimal ratio of window area to wall area and optimal room depth based on type, direction, geographical specifications, location in the building and external barriers to space.	b
2014	Nekoui et al	Climatic Architecture of Traditional bazaar a fieldwork of Isfahan Caesarea Bazaar	Field measurement (measurement of temperature, humidity and air velocity) in the part of Qeysarriyeh Bazaar - characteristics of Qeysarriyeh Bazaar - analysis of comfort in specified spaces.	Lower temperature of the Grand Bazaar than the local temperature in summer - Successful control of daily temperature fluctuations and proper ventilation in the Bazaar – the performance of Timcheh likes the performance of Atrium in modern markets – being in accordance with thermal needs - Possibility of long stay in spite of unfavorable climatic conditions.	a b C

2014	Tahbaz et al	Natural lighting in traditional houses of Kashan Case study: Ameri House	Investigation of the daylighting of spaces with sunlight-catcher in terms of illuminance, uniformity of light distribution and control of glare- the relationship between illuminance and the distribution of natural light with the characteristics of daylight-catcher, and geometry of space.	The importance of access to daylight and the share of sky light – provision of more light in the warm season and use of daylight-catcher in the cold season - depth of all spaces less than the depth of light penetration - control of light distribution, contrast between lighting and glare	a b
2013	Humani rad et al	Assessment of daylight role in creating spiritual mood in contemporary mosques.	Investigating the daylight-catchers used in the Gonbad-Khaneh of the mosque - Simulating the daylight in the Qoba Mosque using Readiness software – investigating the daylight distribution in the Karbandi dome – the relationship between the pattern of light distribution and the worship space	Efficiency of Rozan (orifice), the type, location and shape of Rozan affecting the quantitative and qualitative presence of light - the role of the functional presence of light in meeting material and existential needs to fix spiritual needs in the mosque - response to the aesthetic needs and psychological effects of light in the worship space	a b
2013	Kazemzadeh et al	Measurement and analyzing daylight condition in traditional Kerman houses	Investigating and comparing how light is distributed by different daylight-catchers in the rooms of a traditional building (by the directions of south, and west and Shah-Neshin room)	The appropriateness of the lighting of old houses according to their direction and dimensions - the applicability of daylight to provide lighting - adopting the name of Shah-Neshin for spaces with proper lighting due to having better lighting and thermal conditions in all seasons.	a
2013	Seyyed mehdi et al	A study on the design of Iranian traditional bazaars (case study: Qeysarie Bazaar of Isfahan)	Familiarity with spaces in the bazaar - Hierarchy in the bazaar - Features of Qeysarriyeh Bazaar in Isfahan -	Qeysarriyeh Bazaar as a complete body for understanding the sense of space - using the foundations of spatial relationship in today's designs to avoid wasting manpower, energy and capital	a
2013	Nabavi & et al	Daylight Design Strategies: A Lesson from Iranian Traditional Houses	Investigating the form, orientation and design measures for the use of daylight in houses in warm and dry zones - daylight sequence (spatial arrangement) -	Variety of methods of using daylight in Iranian architecture in accordance with climate – use of daylight in space in any possible way	a
2013	Tsikaloudak & et al	Daylighting in historic bathhouses: the case of ottoman hamams	The emergence of Ottoman bath houses - the characteristics of lighting in the bathroom - recording daylight in different spaces of the bathroom in lux	Significant difference between the levels of daylight in different spaces - Strong relationship between daylight and use of spaces - Symbolic role of light - Darkness to light excursion according to Muslim religious rites	a b
2012	Nabavi & et al	Daylight and Opening in Traditional Houses in Yazd, Iran	Functional and physical characteristics of residential houses in Yazd - design strategies for using daylight in the area - characteristics of openings	Enjoying the thermal, visual and psychological benefits of light - 67% of the thirty houses studied are in the best conditions for using natural light in terms of orientation.	a
2010	H.Arjmandi & et al	Application of transparency to increase Day-Lighting level of interior spaces of dwellings in Tehran - a lesson from the past	Design strategies used in the traditional Iranian architecture (public and private) in order to use daylight in the region – studying daylight and transparency in contemporary Iranian architecture.	The confrontation between traditional Iranian architecture and modern architecture in the use of daylight – creation of dark spots and limitedness of daylight-catchers in modern spaces – conversion of public spaces to completely transparent spaces (visual access) - use of artificial light during the day .	a
2010	Reinhart et al	The daylighting dashboard – a simulation- based design analysis for daylit spaces	Software-based daylight analysis techniques – calculation of dynamic light Indicators - residents' behavior and visual comfort – glare analysis - energy efficiency - Functionality of daylight simulation tools.	Architects can use software before designing to purposefully design space in order to use useful daylight, control glare and regulate thermal zones - the possibility of comparing the output data obtained from the simulation of daylight and heat with residents' behavior model.	b

* (It is valid based on the a. research topic, b. research method, and c. case study)

۵- حضور کیفی نور طبیعی در معماری ایران

کشور ایران با بیش از هفت هزار سال سابقهٔ شهرنشینی و وضعیت توپوگرافی و جغرافیایی بسیار متنوع، یکی از گنجینه‌های تاریخ معماری جهان محسوب می‌شود. تنوع اقلیمی از یک سو و سابقهٔ طولانی سکونت از سوی دیگر، موجب شده تا این سرزمین در زمینهٔ معماری و شهرسازی، دستاوردهای درخور توجه و ارزشمندی داشته باشد، از جمله این دستاوردها می‌توان به شیوه‌های نورپردازی طبیعی، در ساختمان و فضاهای شهری اشاره کرد. مطالعه‌ای که چند سال قبل بر روی بناهای تاریخی ایران انجام شد، نشان داد که شش سیستم نورپردازی دیواری و سقفی همراه با ۲۶ نوع نورگیر در معماری ایران وجود داشته است. که هرکدام با توجه به محل استقرار و نوع کاربری فضا، دارای قواعد و معیارهای طراحی و جزئیات اجرایی خاص خود بوده است (Tahbaz and Mousavi, 2009). «دو مولفه در راستای حضور کیفی نور در فضا و تاثیرگذاری ان بر معماری موثر است. نخست کیفیت ورود نور به فضا و دوم حضور و ظهور نور» (Mahvash, 2014, 263).

۵-۱- مدخل نور

مدخل نور، در واقع اولین حجابی است که در سر راه ورود نور به مکان بسته یا نیمه بسته، قرار می‌گیرد. نقش چند سویه این جز مهم کالبدی معماری، علاوه بر اینکه روزنی برای هدایت نور و تامین روشنایی محسوب میشود، می‌تواند تهویه و در مواردی ایجاد تداوم بصری و نیز واسطه‌ای برای تاکید پیوستگی فضای بیرون و درون محسوب گردد. نقش‌های چندسویه ذکر شده برحسب زمان، مکان، ریخت‌شناسی و صد البته کاربرد معماری متغیر است. «ابعاد مدخل یا مجموعه‌ای از مدخل‌ها در تعیین میزان روشنایی در نسبت با ابعاد فضا و عملکرد آن موثر واقع می‌شوند. ساختار شکلی پنجره به لحاظ عمودی یا افقی بودن نوع مدخل به لحاظ میزان دریافت نور، برقراری دید و ارتباط محیطی می‌تواند قابل توجه باشد. به عنوان نمونه نورگیرهای زیرسقفی با نورگیرهای سقفی به مراتب مقدار کمتری از روشنایی را دریافت می‌کند. ایجاد عمق در روزن‌ها نیز سبب ایجاد تضاد نوری کمتری می‌شود. در این حالت دیوارهای جانبی مدخل‌های نوری به صورت صفحات بازتابنده، نور را به طور غیرمستقیم به فضای داخلی وارد می‌کند. این کیفیت در سازه‌های کهن تجربه شده است (Evans, 2000, 88-89). همچنین نورگیرهای سقفی کاهنده سایه روشن و نورگیرهای جانبی فزاینده سایه روشن می‌باشند (Meiss, 2005, 125). انواع شیشه‌ها، مصالح نیمه شفاف، بازتاب‌دهنده‌ها و عبوردهندگان صلب و مجوف را می توان از انواع کنترل‌کننده‌های نور در نسبت با مدخل نور دانست که تعیین کننده کیفیت فضای متاثر از حضور نور می‌باشد (Mahvash, 2014, 239).

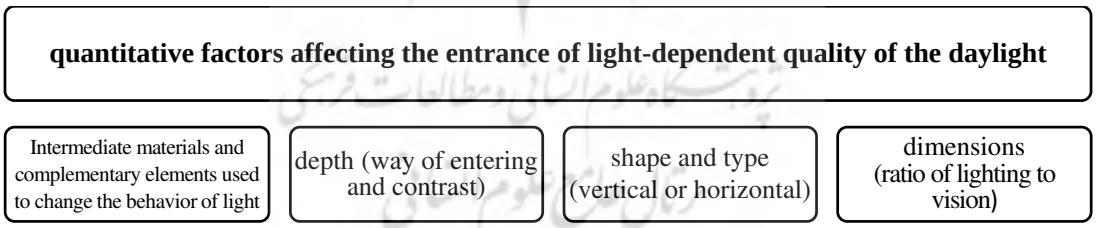


Fig. 2 Quantitative factors affecting the entrance of light-dependent quality of the daylight, (Amini badr, mokhtabad, majedi & sattari, 2017, 40)

۵-۱-۱- انواع مدخل‌های نوری در معماری ایران

با توجه به شکل ظاهری، ابعاد و نیاز خواسته شده از روزن و نقشی که در تمامیت بخشیدن به کالبد یک اثر معماری ایفا می‌کند، روزن‌های نوری در معماری اسلامی ایران را می‌توان دسته‌بندی کرد. نور، گاه به طور مستقیم و گاه به شیوه‌ای غیرمستقیم و از طریق عوامل واسطه وارد فضا می‌شود به گونه‌ای که رویت منبع روشنایی هدف نیست بلکه اثر روشنایی آن ایفاگر نقش نور در معماری می‌شود. آشکار است در حالت دوم تامین دید و برقراری ارتباط مورد نظر نبوده، بلکه اشاره به روشنی‌بخشی و ویژگیهای مربوط، هدف اصلی در این‌گونه از ورود و حضور نور است. «انواع شیشه‌ها (منشوری، مات، رنگی...)، مصالح نیمه شفاف (برخی سنگ‌ها مثل مرمر)، بازتاب‌دهنده‌ها (سایبان‌ها) و عبوردهندگان صلب و مجوف (مشبک‌ها، کرکره‌ها،...) و اجزای ساختاری معماری (سازه‌ای یا غیر) را می‌توان از انواع کنترل‌کننده‌ها و تنظیم‌کننده‌های نور در نسبت با مدخل نور دانست که تعیین کننده کیفیت فضای متاثر از حضور نور می‌باشد» (همان). در معماری سنتی ایرانی از نور به طور یکنواخت استفاده نمی شده، بلکه نور همیشه تعدیل شده و سپس وارد فضا گردیده است. برای این منظور معماران سعی

می‌کرده اند با اسـتفاده از فنون نوآورانه و عناصر بسیار ساده بـه بهترین نحو ممکن از نور روز بهره گیرنـد. عنـاصـر سـاختمانی که برای بهره گیری از نور طبیعی در معماری سـنتی ایران بکار برده شده‌اند از دو جهت مورد مطالعه قرار می‌گیرند. گروه اول، نورگیرها که غالباً وظیفهٔ انتقال نور به فضای داخلی را دارا می‌باشند و گروه دوم، کنترل کننده‌های نورکه نقش تنظیم کنندهٔ نور وارد شـده به داخل بنا را به عهـده دارند مانند انواع سـایه بان‌ها (Nemat Gorgani, 2002, 318). با بررسی مدخل‌های نوری متداول در معماری ایرانی می‌توان آنها را از سه نظر بررسی کرد.

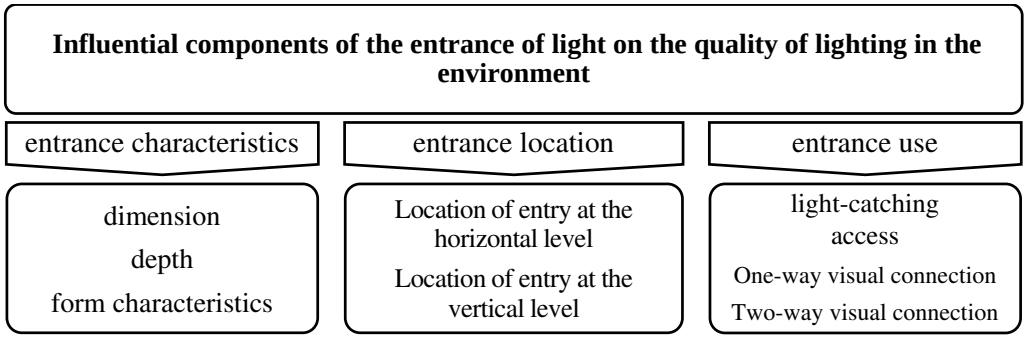


Fig. 3 Influential components of the entrance of light on the quality of lighting in the environment (Amini badr et al, 2017,45)

۵-۲- محضر نور

بعد از شـناسـایی نوع مدخل، بررسـی محدوده کالبدی تاثیرپذیر از نور، مهمترین مولفه تحلیل حضـور نور می‌باشد. در واقع پـدیـده برهم‌کنشـی در مکـانِ اثر معمـاری، بین رفتـارهـای مختلفی نوری و متن اثر رخ می‌دهـد کـه تعیین کننده ماهیت حضـور نور در آن مکان اسـت. «نور به طریق تابش مسـتقیم و غیرمسـتقیم معماری را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تابش مسـتقیم نور با ایجاد سـایه روشن‌های متغیر، احساس خوشایندی را نسبت به زمان و مکان بوجود می‌آورد. اما نور حاضـر در فضـا به تمامی به‌شـیوه دریافت مسـتقیم اشعه‌های نوری، تامین و حس نمی‌شود. بلکه تامین روشنایی به‌طور غالب از طریق سایر رفتارهای نوری به ویژه بازتاب‌های نوری است. در حقیقت نوری که به ما می‌رسد اغلب از طریق بازتاب آن از سـطوح و اشیا است. اگرچه شدت نور در فرایند بازتاب کاسـته می‌شـود اما در همین انتشـار نور با یکنواخت کردن روشنایی فضا موجب سهولت دید و افزایش توانایی آن می‌شـود» (Evans, 2000, 76). ویژگی‌های ماهوی نور در متن معماری به مولفه‌های متعددی وابسـته است. همان‌طور که در بخش پیشین اشاره شد، نحوه ورود و انتشار نور رابطه مستقیم با نوع مدخل دارد . پس از عبور از روزن، با توجه به موقعیـت جغرافیـایی و اقلیم و ... رفتـارهـای انتشـاری نور می‌توانـد متفاوت باشـد که در این راسـتا عوامل معماری واسـطه دخیل می‌باشـند. در نهایت تحت تاثیر عوامل یاد شده، ادراک بصری توسط مخاطب متن معماری رخ می‌دهد.

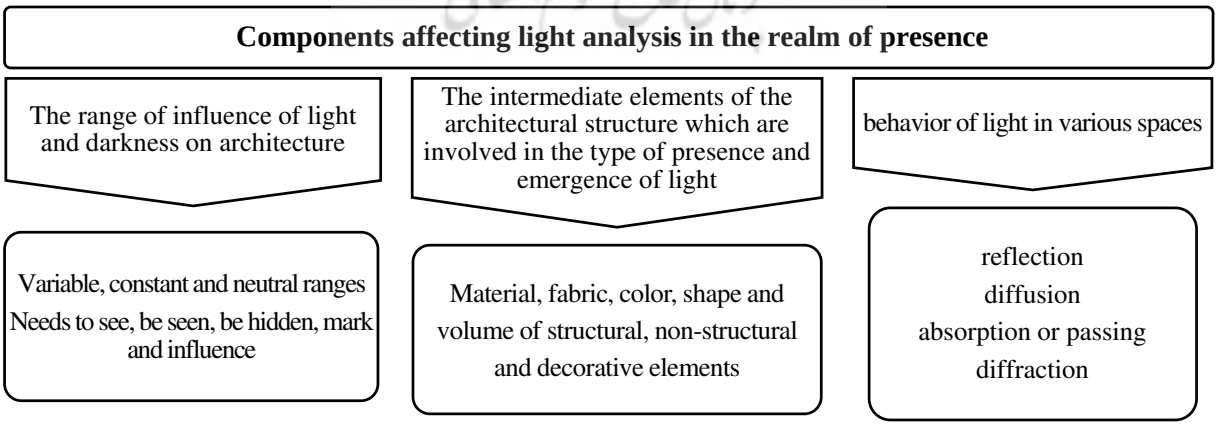


Fig. 4 Components affecting light analysis in the realm of presence, based on (Mahvash,2014)

۶- طبقه‌بندی انواع نورگیری در بازارها

نحوه نورگیری در بـازارهـای ایران از اصـــول و قواعـد نورگیری در ابنیه ســـنتی ایران تبعیت می‌کند، اما به دلیل عملکرد خـاص خود محـدودیـت‌هـایی دارد. ازجملـه اینکـه کـاربری ارتبـاط بصـــری در مدخل‌های نوری بازار به میزان بســیار زیادی، حذف شــده اســت. هرچند، این محدودیت‌ها برای معماران، تبدیل به فرصتی برای خلق فضاهای پویا شده اســت. نورگیری در بازارهای سنتی ایران را می‌توان بر اساس منبع اولیه نور، میزان روشــنایی و طریق دستیابی به نور روز دسته‌بندی نمود.

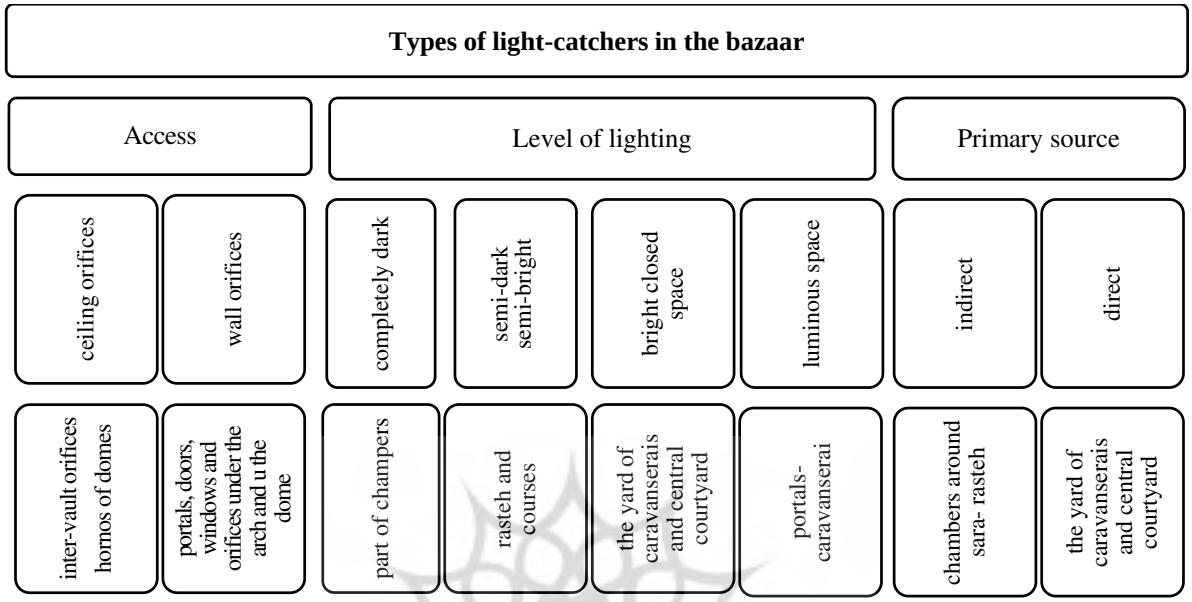


Fig. 5 Types of light-catchers in traditional Iranian markets

۷- معرفی، تحلیل و بررسی راسته و چهارسوق قیصریه اصفهان

بازار اصـفهان یکی از بزرگ‌ترین و جذاب‌ترین بازارهای ایران و جهان اسـلام است.در بین بازارهای شهرهای بزرگ ایران کمتر بازاری از نظر تیپ معماری و عناصر متنوع آن، مانند بازار اصـفهان سـالم مانده اسـت. «واژه قیصـریه در بازارهای سنتی ایران به مهم‌ترین و زیباترین بازارها اطلاق می‌شـد که به دسـتور شـاهان و حکام بنا شـده بود. بازار قیصریه اصفهان به دستور شاه عباس اول و به دست معمار معروف عصـر صـفویه اسـتاد علی اکبر اصـفهانی در سـال ۱۶۰۲ م، ۹۸۱ه.ش، ساخته شده است (Shafaghi, 2000). قیصریه‌ها عمدتاً با طراحی و برنامه‌ریزی قبلی و تا حدودی با توجه به نیازهای اقتصادی شهر و ارتباطش با حوزه نفوذ آن سـاخته می‌شـدند واز این رو نظم کالبدی و فضـایی داشته‌اند. این بخش مسقف نسبت به سایر قسمت‌های بازار از نظر معماری و تزئینات، زیباتر، دلبازتر و بلندتر بوده، در آن کالاهای گران بها ازجمله فرش، منسـوجات یا طلاجات و جواهرات فروخته می‌شده است (Zia Tavana, 2001,59). «بازار قیصـریه (ضـراب‌خانه) ورودی اصـلی میدان در دوره صـفوی بوده اسـت. این بازار شـاهی به صـورت یک شاخه فرعی ازمحور اصـــلی بازار و موازی با آن که از طریق دو راسـته بازار دیگر (بازار زرگرها و بازار دارالشـفا) به راسـته اصـلی بازار مرتبط اسـت دقیقا در راسـتای محور شـمالی جنوبی میدان سـاخته شـد و نقطه اتصال آن با بدنه میدان به صـورت سـردری (سـردر قیصریه) در وسط ضلع شمالی میدان نمود پیدا کرد. در دوره صـــفوی با توجه به آنکه موقعیت میدان نقش‌جهان در جنوب شـهر بود و جمعیت اصلی شهر در شمال میدان مستقر بودند، بنابراین لازم بود که مهم‌ترین ورودی عمومی میدان در بخش شمالی میدان و در ارتباط با بازار که مهم‌ترین عامل ارتباطی شـهر قدیم و توسـعه‌های جدید بود، شـکل بگیرد .بر این اسـاس بازار قیصـریه به عنوان عنصـر محوری میدان در بخش شـمال میدان این نقش مهم را به عهده می‌گیرد» (Shahabinejad & Aminzadeh, 2012, 29). در قسمت وسط بازار قیصریه، دو چهارســـوی زیبا وجود دارد که هر دو از مهم‌ترین و زیباترین چهارســـوهای بازار اصـــفهان و به نام چهارســـوی قیصریه و چیت‌سازها معروفند. قیصریه اصفهان را باید یکی از پرشـــکوه‌ترین و زیباترین قیصـــریه‌های بازارهای ایران دانســـت کـه هنوز کـارکرد خود را حفظ کرده اســـت» (Shafaghi, 2000, 153-155). بازار در دو طبقه ســـاخته شـده و ارتفای بلندتری نسبت به سایر بخش‌ها دارد. طول این راسته از سردر قیصریه تا چهارسوی چیت‌سازها حدود

۱۰۰ متر و عرض متغیر حدود ۶ متر و ارتفاع در چهارسوی قیصـریه حدود ۲۰ متر می‌باشـد. سـازه چهارسوی قیصریه گنبد بر روی پایه هشت ضلعی و سقف راسته طاق و تویزه می‌باشـد. در طرفین چهارسوی قیصریه ۵ دهانه تجاری به سمت سردر قیصریه و ۵ عدد تا تقاطع تیمچه جهانگیر قرار دارد.

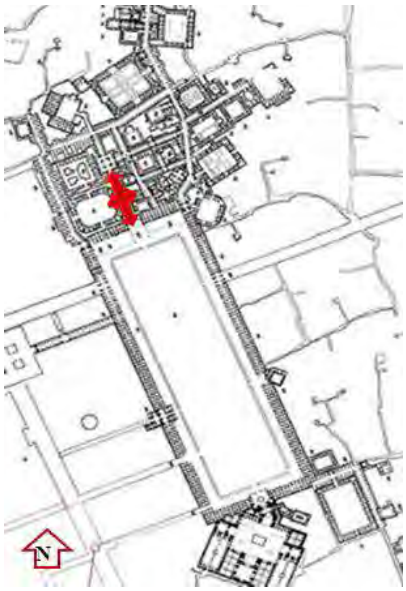


Fig 6. Location of Qeysarriyeh Bazaar in the fabric of Naqshe-Jahan Square

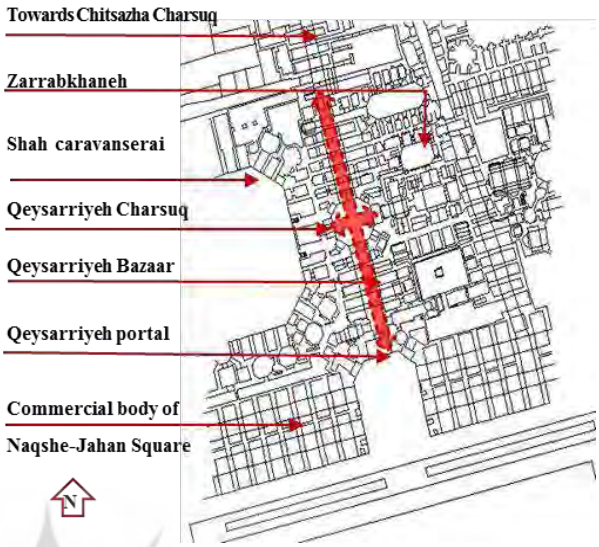


Fig 7. The map of Qeysarriyeh Bazaar in Isfahan and its surroundings

Fig 8. Entrance of Qeysarriyeh Bazaar

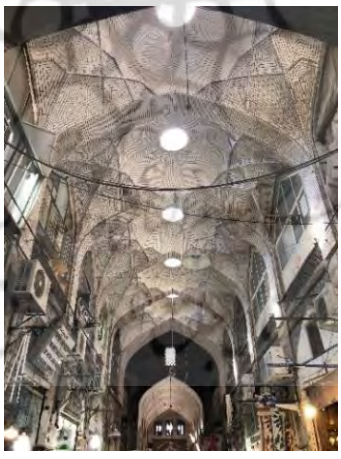


Fig 9. View of ceiling orifices

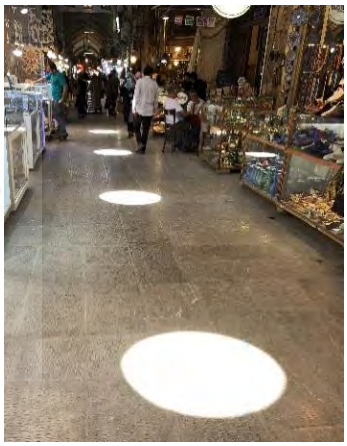


Fig 10. The effect of focal lighting of orifices at noon

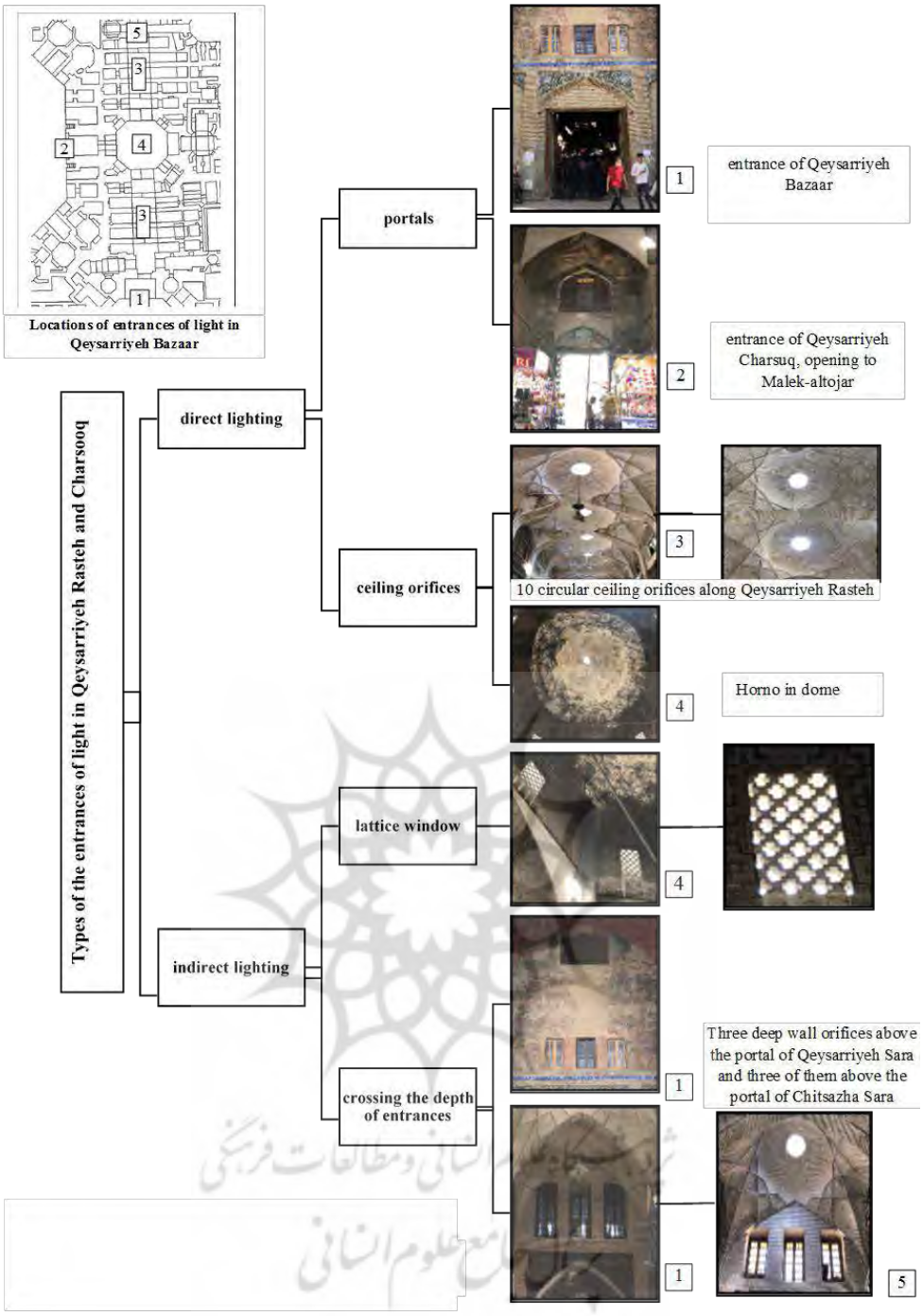


Fig 11. Classification of the entrances of light in Qeysarriyeh Rasteh and Charsooq

۷-۱- واحدهای کمی ارزیابی نور روز

منظور از کیفیت نوری مناسب دستیابی به حالتی است که علاوه بر افزایش کارایی، خوانایی و مصرف بهینه انرژی، جذابیت، شادابی و سلامت ساکنین را نیز مد نظر قرار دهد (Miri & Kompani, 2013, 110). ارزیابی نور روز در بنا برحسب انتخاب تنها یک نوع آسمان (به طور مثال آسمان تمام ابری) و یا مجموعه ای از انواع وضعیت‌های آب و هوایی (با استخراج داده‌های آب و هوایی از فایل آب و هوا) (Mardaljevic, Andersen, Roy & Christoffersen, 2011, 3)، می‌تواند در دو نوع شاخصه‌های ایستا و پویا موردمطالعه قرار بگیرد (Reinhart, Mardaljevic & Rogers, 2006). شاخص‌های ارزیابی نور طبیعی بدین قرار است.

میزان روشنایی نور روز: اندازه‌گیری لحظه‌ای جهت تعیین میزان در دسترس بودن نور در فضاهای داخلی می‌باشد که اغلب از واحد لوکس[۲](لومن برمتر مربع) استفاده می‌گردد و به دو صورت اندازه‌گیری میدانی و لحظه‌ای و یا با استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی، بدست می‌آید.

اتونومی نور روز[۳]: اتونومی نور روز جزو شاخصهای ارزیابی نور روز پویا بوده و برای یک نقطه معین در فضای داخلی، معادل است با درصدی از زمانهای مورد استفاده ساختمان در

سال، که در آن سطح روشنایی مورد نیاز آن فضا که براساس نوع کاربری آن تعیین میگردد به تنهایی توسط روشنایی طبیعی قابل دسترس باشد (Miri & Kompani , 2013, 110).

اتونومی نور روز فضایی[۴]: این واحد ارزیابی روشنایی، درصدی از سطح فضای کاری داخلی که به روشنایی طبیعی کافی دسترسی دارند را تعیین می‌نماید .براساس پیشنهاد جامعه مهندسان روشنایی (IES) به منظورتامین روشنایی کافی در هر نقطه از سطح فضای کاری، حداقل اتونومی نور روز ۵۰ درصد با حداقل روشنایی طبیعی مورد نیاز ۳۰۰ لوکس در زمانهای کاری بین ۸ صبح تا ۱۸ بعد از ظهر تعریف شده است. این شاخص بصورت sDA300/50% تعریف می‌گردد (Andersen et al, 2012, 2).

روشنایی مفید نور روز[۵]: مانند اتونومی نور روز، این شاخص نیز جزو شاخص‌های پویا بوده و همانگونه که از اسم آن بر می‌آید نشان دهنده آن است که روشنایی طبیعی در دسترس در ساختمان، در چه میزان از کل زمانهای مورد اشغال آن مفید و قابل استفاده (بین ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس) و نیز چه درصدی از آن خیلی تاریک (کمتر از ۱۰۰ لوکس) و یا خیلی روشن (بیش از ۲۰۰۰ لوکس) می‌باشد (Nabil & Mardaljevic, 2005, 2).

روشنایی مفید نور روز فضایی[۶]: تعریف روشنایی مفید نور روز فضایی شبیه به اتونومی نور روز فضایی است ولی به منظور تعیین میزان دسترسی یک فضا به روشنایی طبیعی مفید به جای استفاده از اتونومی نور روز می‌بایستی از روشنایی مفید نور روز استفاده نمود .در اینجا این شاخص را می‌توان به صورت sUDI100-2000/50% تعریف نمود (Ibid).

۷-۲- فضا با روشنایی طبیعی کافی

قسمتی از فضای داخلی که دسترسی به میزان کافی و یا مناسبی از روشنایی طبیعی داشته باشد را مکانی با روشنایی طبیعی کافی[۷] می‌نامیم. به این ترتیب می‌توان بقیه فضا را مکانی با روشنایی طبیعی ناکافی[۸] و یا تاریک نامید. با توجه به نوع فضا تعیین حداقلی از شدت روشنایی طبیعی مورد نیاز می‌باشد که به کمک آن بتوان آن نقطه از فضا را مکانی با روشنایی طبیعی کافی و یا ناکافی دانست. به این دلیل که شدت و جهت نور روز همواره در حال تغییر است پس نقطه تلاقی بین قسمت با روشنایی کافی و ناکافی فضا نیز همواره در حال تغییر می‌باشد. حال اگر بخواهیم یک نقطه از فضا را به صورت سالیانه به دو بخش مکانی با دسترسی به روشنایی طبیعی مناسب یا نامناسب تقسیم کنیم می‌بایستی آن فضا را با توجه به شرایط آب و هوایی محل برای تمام طول سال مورد ارزیابی قرار دهیم. جهت ارزیابی، بکارگیری یکی از انواع شاخص‌های ارزیابی نور روز پویا مورد نیاز می‌باشد. (Miri & Kompani , 2013,7).

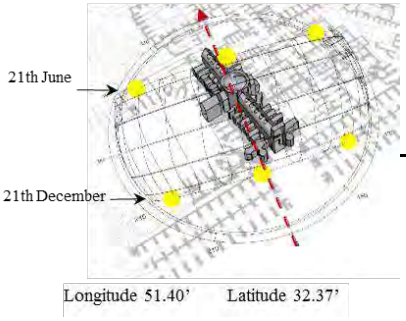
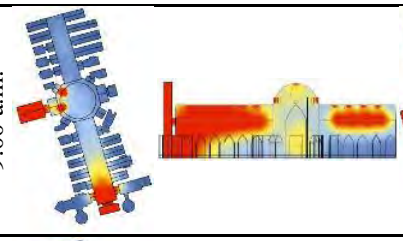
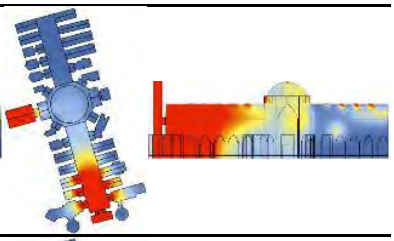
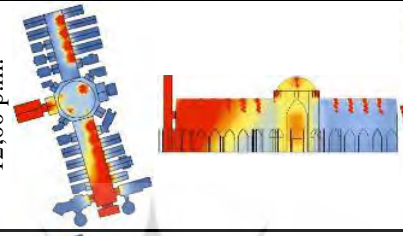
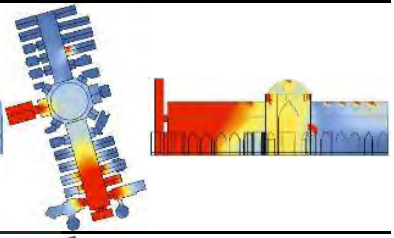
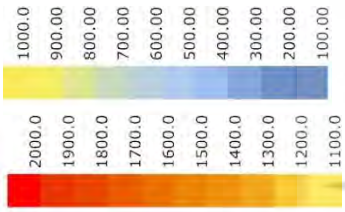
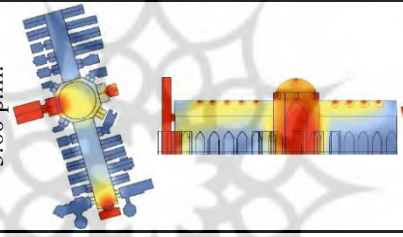
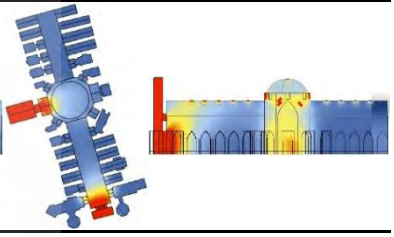
جامعه مهندسان روشنایی آمریکای شمالی (ISENA) برای ارزیابی یک نقطه از فضا از نظر دسترسی به روشنایی طبیعی کافی و یا ناکافی برای فضاهایی به مانند دفاتر کاری، کلاسهای درس، اتاقهای جلسات و نظایر آنها، اتونومی نور روز حداقل ۵۰٪ و یا بیشتر را که بر اساس میزان ۳۰۰ لوکس به عنوان حداقل روشنایی مورد نیاز برای ساعات کاری بین ۸ صبح تا ۱۸ بعدازظهر در نظر گرفته شده را تعریف نموده است (DA300≥50 %) (Reinhart, 2014, 91-93). به علاوه برای تعریف یک نقطه از فضا به عنوان مکانی با دسترسی به روشنایی طبیعی مفید و یا غیرمفید می‌توان به همین منوال عمل نمود و هر مکانی را که شدت روشنایی طبیعی مفید آن برابر و یا بیشتر از ۵۰٪ باشد (UDI100-2000) را به عنوان مکانی بادسترسی به روشنایی طبیعی مفید تلقی نمود. همچنین اگر بخواهیم فضایی را که از نظر دسترسی به روشنایی طبیعی مورد ارزیابی قرار گرفته به عنوان فضایی با روشنایی طبیعی مطلوب[۹] امتیاز دهی نماییم می‌بایستی که حداقل ۷۵٪ از سطح کاری فضای مورد نظر واجد شرایط ذکر شده فوق باشد (DA300≥50 %) برای تعیین فضا به عنوان مکانی با روشنایی طبیعی مناسب و یا UDI100-2000 ≥50 % برای تعیین فضا به عنوان مکانی با دسترسی به روشنایی طبیعی مفید. اگر در فضایی به‌جای ۷۵٪ از سطح کاری فضا تنها ۵۵٪ آن واجد شرایط مذکور باشد، چنین فضایی را مکانی با روشنایی طبیعی قابل قبول می‌نامیم (Andersen et al, 2012, 3).

۸- شبیه‌سازی رفتار نوری با استفاده از نرم‌افزار

در این بخش، شبیه‌سازی رفتارهای نوری نمونه موردی با استفاده از نرم‌افزار ارائه می‌شود. مدخل نور با توجه به ویژگی‌هایی که دارد درصدی از نور را کاسته و بخش دیگری را به سوی فضای داخلی هدایت می‌کند. رفتارهای نوری با توجه به عناصر واسطه پیکر معماری دخیل، می‌تواند شامل، بازتاب، انتشار، جذب یا عبور و انکسار باشد. برآیند این رفتارها و واکنش پوسته‌ها و عناصر معماری داخلی، حدی از سیلان نور را ایجاد می‌کند که منجر به بازخوانی مخاطب از متن معماری می‌گردد. در این بخش پژوهش، با استفاده از پلاگین‌های Honeybee و Ladybug ، نور طبیعی با استفاده از موتور Radiance شبیه‌سازی شده است. ابتدا برای دست یافتن به الگوی ثابتی که بتوان رفتار نوری بنا را شبیه‌سازی کرد، نرم افزار برای دو روزِ مشخص از سال که خورشید در بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع قرار گرفته دارد، برنامه‌ریزی شده

اســـت. اول تیر مـاه و اول دی مـاه تـاریخ‌هـای مورد نظر می‌باشـند. برای تحلیل الگوی تغییرِ نورِ روز در ابنیه، شـبیه سـازی در سـه زمان مقرر از روز انجام پذیرفته اسـت که عبارت‌اند از ۹ صـبح، ۱۲ ظهر و ۳ بعد از ظهر. برش سـطح افقی عمومـا از ارتفاع ۷۰ سـانتی متری[۱۰] و برش عمودی از محور میانی بازار برداشت شده است.

Table 2: Simulation of daylight

The Sun's path in relation to the location of Qeysarriyeh Rasteh and Charsooq	time	21th June	21th December
	9:00 a.m.		
	12:00 p.m.		
	3:00 p.m.		

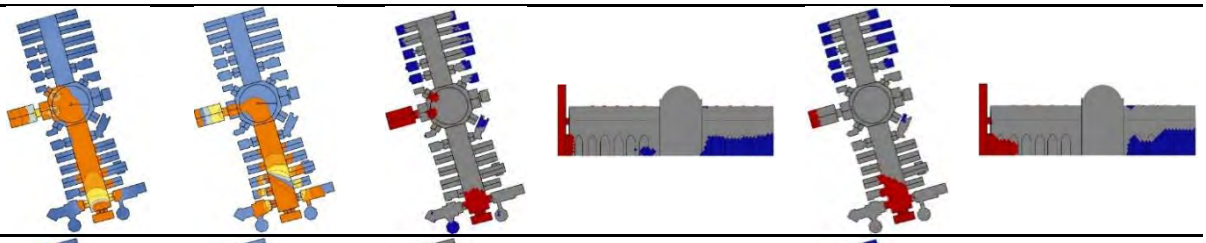
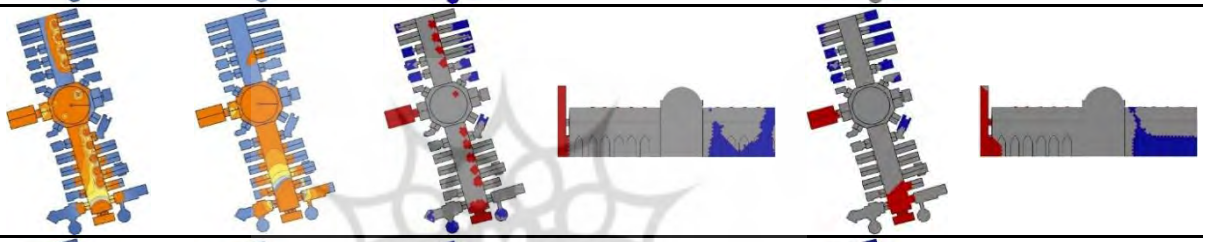
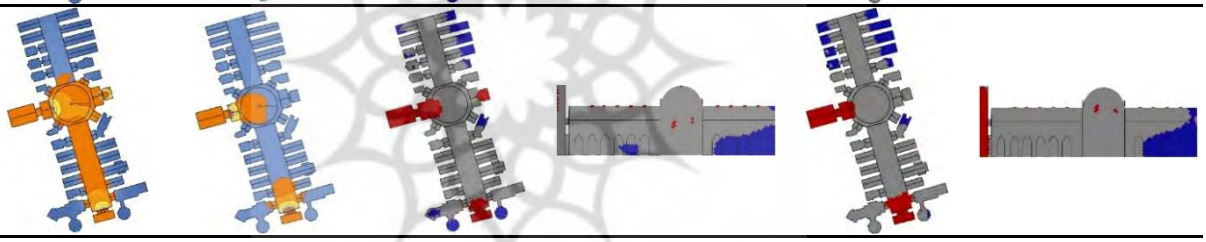
طیف رنگی راهنمـا کـه در ذیل جدول آمده اسـت بر اسـاس نیاز فعالیت‌های بینایی دسـته‌بندی شـده اسـت. روشـنـایی کمتر از ۱۰۰ لوکس (آبی پررنـگ) بـه عنوان روشنایی کم، روشنایی ۱۰۰ تا ۳۰۰ لوکس (آبی کم رنگ)، روشـنـایی مکمل، روشـنایی ۳۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس (آبی آسمانی تا نارنجی پررنگ) روشنایی مکفی و روشنایی بیش از ۲۰۰۰ (قرمز) به عنوان روشنایی بیش‌ازحد و بعضا همراه با خیرگی در نظر گرفته شـده اسـت. این تقسـیم‌بندی بر اساس دامنه‌های قابل قبول و غیرقابل قبول روشنایی روی سـطح کار، به نام روشـنایی مفید روز تعریف شـده است[۱۱] (Nabil and Mardaljevic, 2005). بدیهی است با توجه به این که کاربری فضـای مورد مطالعه در گسـتره فضـای عمومی، تفریح و خرید قرار دارد، از اهمیت روشنایی بینایی کاسته می‌شود[۱۲].

طبق نتایج شـبیه سـازی، فضای داخل حجره‌ها در طول سـال هرگز نور کـافی دریافت نمی‌کند و لزوم اسـتفاده از روشـنایی مصـنوعی در سـاعات کاری وجود دارد. در طول راسـته اصـلی، نور با طیف متغیری شناور است و خیرگی در ورودی‌هـای اصـلی تقریبا بطور دائمی وجود دارد. علاوه بر مجاورت درگاه‌ها، خیرگی بصورت کانونی، پراکنده و لحظه‌ای در طول راسته نیز دیده می‌شود.

این پژوهش در صدد یافتن شیوه‌ها و راه‌کارهایی است که ثـابـت کنـد طراحی و برنـامـه‌ریزیِ چگونگی بهره‌گیری از نور طبیعی در بازار قیصـریه، هدفمند و کاربردی بوده است. از این رو، بعد از تحلیل‌های اولیه و رسـیدن به الگوهای شـناوری نور روز در سـاعات مختلف اول تیر ماه و اول دی ماه، بایسـتی به الویت‌بندی فضـاهای نوردهی شـده و میزان تاثیرپذیری کالبد معماری یا به عبارتی محضـر نور در بنا، توجه نمود. در مرحله بعد خطوط هم‌روشـنایی در پلان ترسـیم گردید. این خطوط نحوه توزیع روشنایی را با دقت بیشتری نشان می‌دهد. در این راسـتا با اسـتفاده از نرم‌افزار ریدینس، ایزولاین روشـنایی با وضـوح دامنه‌های رنگی که نمایانگر شدت مختلف نور دریافتی و محدوده سـایه روشـن با شـاخص راهنما بود، ارائه شـد. مهمترین اطلاعـاتی کـه می‌توان از ایزولاین‌هـا دریـافت کرد، دامنـه بیش‌ترین و کم‌ترین میزان دریـافـت نور و حرکـت نرم روشـنایی به سـایه است. در مرحله بعدی شناسایی مکان‌های روشن، تاریک و آستانه تبدیل این دو به یکدیگر و تطابق آن با مکان و مشـخصـه کالبدی اسـت. شـناسـایی این نقاط از این

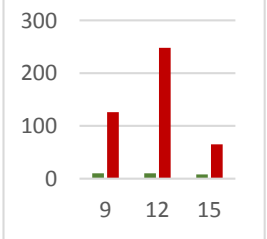
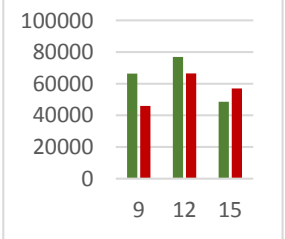
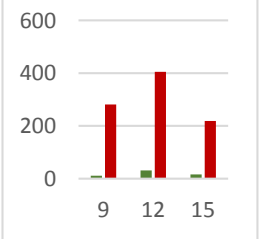
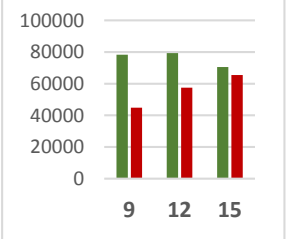
جهت مورد توجه است تا رابطه بین ارزش مکانی و میزان دریافت نور مشخص گردد. مشخصات هندسی، شکل و تناسبات نورگیر و شیوه ترکیب آن‌ها با یکدیگر در نحوهٔ توزیع روشنایی در فضا نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. نحوهٔ توزیع نور در فضا در کیفیت ادراکی فضا مؤثر است. درچنین فضاهایی که فعالیت بینایی (کلاس درس، دفاتر کار) انجام نمی‌شود، ولی نیاز به ارائه و تبلیغ کالایی وجود دارد، هر چه نحوهٔ توزیع نور در فضا یکدست‌تر باشد، فضا از کیفیت روشنایی بهتری برخوردار خواهد بود. «روشنایی کم نورترین نقطهٔ فضا نباید از ۳۰ تا ۴۰ درصد نورانی‌ترین نقطهٔ فضا کمتر باشد. در غیر این صورت، تضاد نوری ایجاد شده در فضا مناسب نبوده و راحتی دید مختل خواهد شد» (Tahbaz et al, 2014,93).

Table 3: Analysis of daylight simulation in Qeysarriyeh Rasteh and Charsooq

time	Daylight simulation (isoline)		Daylight simulation (maximum and minimum amount of light)	
	21th June	21th December	21th June	21th December
9:00 a.m.				
12;00 p.m.				
3:00 p.m.				

بیشترین نور دریافتی حاصل از شبیه‌سازی در منطقه درگاه‌ها رویت می‌گردد و در زمستان به علت مایل بودن خورشید این مقدار بیشتر است. در ظهر تابستان نیز بیشترین مقدار نور بصورت پراکنده از مدخل‌های سقفی دریافت می‌گردد. حجره‌ها، به ویژه حجره‌های انتهای راسته حداقل نور را دریافت می‌نمایند. نتایج به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار اکسل به صورت نمودار داده‌های عددی بیشترین و کمترین میزان دریافت نور در تاریخ یکم تیر ماه و دی ماه و در سه زمان از روز طبق جدول (۴) تنظیم شده است.

Table 4: Numerical analysis of the amount of light received (lux)

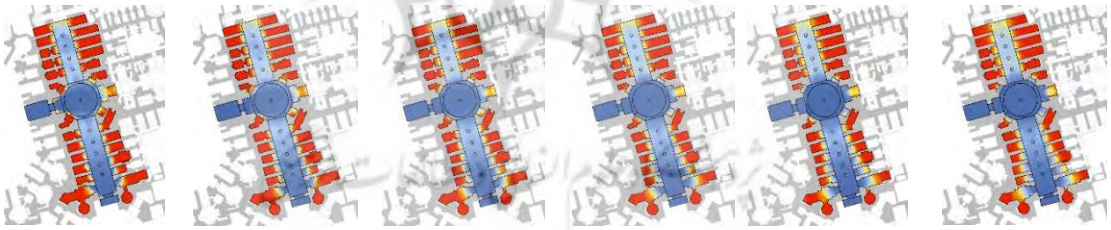
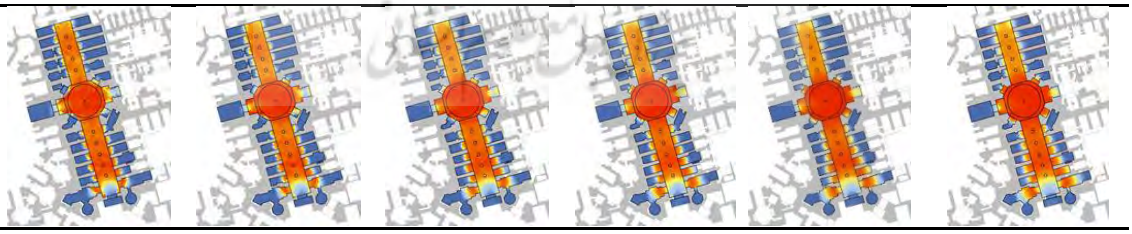
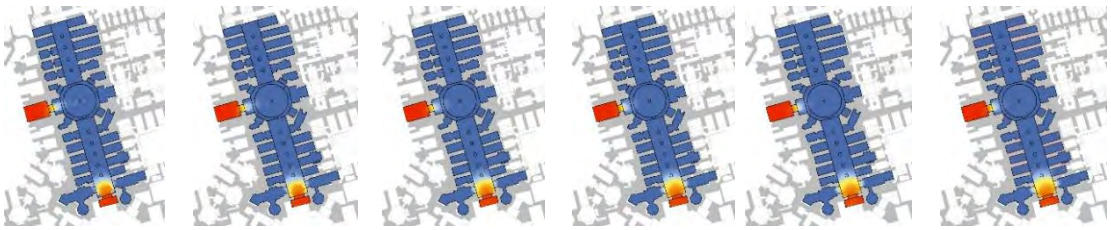
The minimum amount of light received on December 21	The maximum amount of light received on December 21	The minimum amount of light received on June 21	The maximum amount of light received on June 21
			

Horizontal cut vertical cut

از آنجایی که کمیت و کیفیت نور روز به صورت لحظه‌ای متغیر است، بنابراین نوع ارزیابی‌های ایستا با محدودیت مواجه می‌باشد و امروزه شبیه‌سازی پویا بیشتر مورد توجه و استفاده کاربران قرار دارد .در روش شبیه‌سازی پویا پس از انتخاب دوره مشخصی از سال و یا تمام طول سال، نحوه و میزان روشنایی فضا در طول آن دوره (بر اساس تغییرات میزان نور روز وابسته به تغییرات آب و هوایی در طول سال) اندازه گیری می‌شود (Reinhart, Mardaljevic & Rogers, 2006, 7). با توجه به تعاریف واحدهای کمی پویا در ارزیابی نور روز که پیش‌تر اشاره شد، برای ادامه مورد مطالعاتی این پژوهش که در معرض نوسان میزان نور دریافتی قرار داشته (جدول ۴) و بازه دریافتی نور وسیعی دارد، بایستی واحدی مورد سنجش و شبیه‌سازی قرار بگیرد که بتواند بیشترین طیف را در داده‌های خود جای دهد. از این‌رو، واحد «روشنایی مفید نور روز» UDI100-2000 می‌تواند گزینه مناسبی باشد. آن‌چه که واحد UDI100-2000 را به اتونومی نور روز (DA300) مرجح می‌دارد این است که در DA300 سقفی برای حداکثر روشنایی طبیعی قابل قبول که به کمک آن بتوان زمان‌هایی که فضای مورد نظر دچار مشکلات ناشی از ورود بیش از اندازه نور مستقیم خورشید به فضا می‌شود را شناسایی نمود، وجود ندارد. در حالی‌که در UDI100-2000 این فاکتور قبلا مدنظر قرار گرفته و حد آن ۲۰۰۰ [۱۳] لوکس تعیین شده است.

شاخص UDI در سه طیف زیرِ ۱۰۰ لوکس، ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس و بالای ۲۰۰۰ لوکس، بررسی می‌شود. شاخص sUDI نیز درصدی از سطح فضای داخلی که به روشنایی طبیعی کافی دسترسی دارند را مشخص می‌نماید. در این شاخص، به منظورتامین روشنایی کافی در هر نقطه از سطح فضا، حداقل روشنایی مفید نور روز در کل زمانهای مورد اشغال آن بین ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس تعریف شده است و بایستی در بیش از ۵۰٪ ازمواقع این شرط را (sUDI100-2000/50%) تامین نماید. برای اطمینان از تاثیر تعیین تراز برش افقی بر نتایج، این شبیه‌سازی از کف بازار شروع و با ضریب ۰/۷ متر (ارتفاع شبیه‌سازی اولیه) تا تراز ۳/۶۰ که ارتفاع تقریبی حجره‌های همکف راسته بازار است، ادامه یافته است. در این شبیه‌سازی، ساعات کاربری برای محاسبه UDI، ۹ الی ۱۸ در نظر گرفته شده است. در جدول (۵) نتایج شبیه‌سازی UDI در ارتفاعات مختلف راسته بازار نیز دیده می‌شود. به دلیل آن‌که دخیل نمودن مساحت حجره‌ها در شبیه‌سازی بر میزان درصد این فاکتور تاثیر دارد، محاسبات به دو صورت، همراه با فضای حجره‌ها و بدون آن انجام گرفته است.

Table 5: Simulation of the average Useful Daylight Illuminance (UDI) for the whole working time of year at different levels

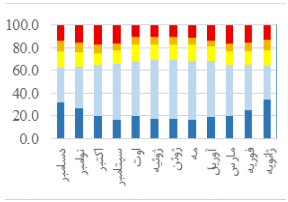
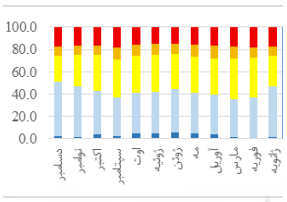
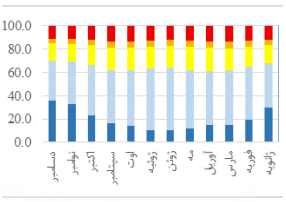
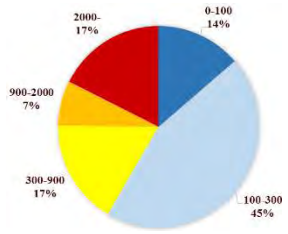
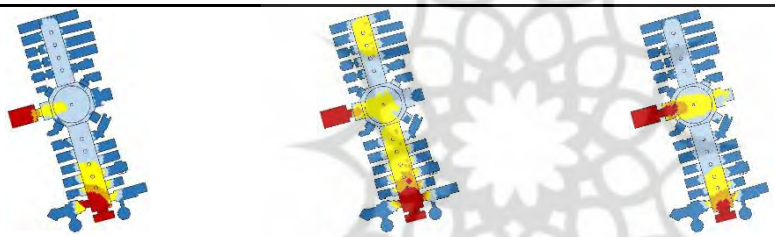
UDI<100						
UDI100-2000						
UDI>2000						
Elevation	+0.00 m	+0.70 m	+1.40 m	+2.10 m	+2.80 m	+3.60 m

sUDI 100-2000*	40%	69%	42.2 %	72.8 %	44.1 %	76.1 %	44.9 %	77.5%	46.4 %	80.1 %	46.9 %	80.9%

* The first and second values of UDI (100-2000lux) in each column are calculated considering and not considering the area of chambers, respectively.

در مرحله بعد با استفاده از نرم‌افزار اکسل میزان روشنایی و میزان توزیع آن در راسته بازار قیصریه و نیز احتمال بروز خیرگی در فضا به تفکیک ماه، بررسی شده است. سپس با استفاده از نرم‌افزار ریدینس و تعریف پنج طیف نوری، الگوی سالانه سهم فضای مورد مطالعه در توزیع روشنایی شبیه‌سازی شد. نتایج این مرحله در جدول (۶) به شرح زیر است.

Table 6: Share of space in the distribution of light by months

9:00 a.m.	12:00 p.m.	3:00p.m.	Share of space in the distribution of annual light (%)
			
Annual pattern of the space share in the distribution of light			
			0-100 100-300 300-900 900-2000 ≥ 2000

نتایج حاصل از نمودار درصد سهم فضا در توزیع روشنایی سالانه در سه زمان از روز، ۹ صبح، ۱۲ ظهر و ۳ بعد ازظهر، نشان می‌دهد، فضا الگوی خاصی جهت بهره‌وری و حفظ بازه‌های نور روز دارد. ترکیب مدخل‌های دیواری و سقفی کمک می‌کند تا در کل سال و با تغییر فصل، نور قابل قبولی طی ساعت‌های کاربری در راسته قیصریه اصفهان جاری گردد.

۹- جمع‌بندی

در راستای بررسی حضور نور در بازار قیصریه عصر صفوی اصفهان، بایستی سه مولفه مورد بررسی قرار گیرد. اولی نور فیزیکی و شرایط وابسته به آن است که با توجه به مکان اثر، موقعیت جغرافیایی، اقلیم و بافت پیرامون به شدت حضور نور را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مولفه بعدی، اثر معماری است. زمانی که از مکان و اثر معماری صحبت می‌شود، منظور نه فقط کالبد بنا از نظر ماهیت و زیبایی‌شناسی، که منظور اثر با تمام جزئیات است. در این‌میان مدخل‌های نوری به دلیل چگونگی هدایت روشنایی به داخل کالبد معماری از اهمیت به سزایی برخوردارند. از طرفی خود اثر و متن معماری به‌عنوان ظرف این پدیده و واکنش‌های چندگانه‌اش با مظروف را نیز نمی‌توان نادیده گرفت. مولفه سوم، چگونگی ادراک مخاطب در محضر نور است که به عوامل مهمی چون مباحث هستی‌شناختی آفریننده و مُدرِک بستگی دارد.

– حرکت، رفتاری جداناپذیر در بافت اقتصادی محسوب می‌شود. ملاصدرا معتقد است زمان، یعنی حرکت در جوهر و می‌توان ادعا کرد بازار یکی از مکان‌هایی است که مفهوم زمان در آن ادراک می‌شود. تحلیل‌های روشنایی راسته و چهارسوق قیصریه نشان می‌دهد، ریتم و زاویه پرتوهای نور در مسیر حرکتی مهم‌ترین عامل هدایت در مکانی است که هیچ ارتباط بصری برای درک زمان و جهت وجود ندارد. نمونه مطالعاتی (راسته و چهارسوق قیصریه) برش کوتاهی از مسیر طولانی بازار اصفهان است که بین یک مکث، حرکت و مکث تعریف می‌شود. مکث اولیه با مدخل نوری که کاربری کسب نور، دسترسی و دید دوسویه دارد آغاز می‌شود. در ادامه راسته نسبتا کوتاهی است که با مدخل‌های سقفی کوچک روشن می‌شود (سیر از درخشندگی به سایه).

این نورهای موضعی در هدایت مخاطب و کشش به سمت جلو نقش مهمی دارد. ریتم نوری در راسته نقش چندسویه‌ای در تبیین و توالی فضا ایفا می‌کند. بارش نوری که در ورودی هر باب مغازه رخ می‌دهد، ذهن عابر را برای لحظه‌ای مکث آماده می‌کند. چهارسوق که از یک سو به حیاط کاروانسرا و از جهات دیگر به شبکه بازار متصل می‌شود و نقطه‌ای است که نیاز به مکث و انتخاب مسیر و جهت یابی در آن حس می‌شود، نور با تاکید بیشتر (چه از سوی حیاط کاروانسرا و چه مدخل‌های هشت‌گانه) فضا را نورانی‌تر می‌کند. البته این اشعه نورانی به تبَع تغییر موقعیت خورشید، بر روی کف و پوسته در حال حرکت است و حضور متنوع نور را قابل لمس می‌نماید. رابطه متعاملی که مدخل‌های نور خارج از دید انسانی با رهگذر ایجاد می‌کند، نوعی حس تعلق، تواضع و تقدس ایجا می‌نماید.

- بیشترین دریافت نور در نمونه مطالعاتی، در ورودی‌ها و چهارسوق و نیز نقاط نوری است که هر چند مسافتی تکرار می‌شود و کم‌ترین دریافت در بخش‌های اندرونی واحدهای اقتصادی قابل رویت است. بقیه فضاها، طی روز در سلسله مراتبی از نور شناورند.
- با آغاز ساعت کار بازار، نور به مقدار مکفی از درگاه‌ها و مدخل‌ها وارد فضا شده و سیلان نور برای فعالیت، کاملا مطلوب است.
- در ساعت ۱۲ ظهر یکم تیرماه، مسیر راسته و چهارسوق قیصریه با انتشار یکنواخت نور کامل از نورپردازی طبیعی بهره‌مند است. هرچند به دلیل وجود دسته نورهای کانونی، امکان ایجاد خیرگی وجود دارد. در برش عمودی راسته، کمترین میزان نوری که در این ساعت دریافت می‌شود، حدود ۴۰۰ لوکس است. قابل ذکر است دریافت نور طبیعی در سطح افقی تا ۳۰ لوکس هم کاهش می‌یابد که به انتهای واحدهای تجاری مربوط می‌شود.
- در ساعت ۳ بعد ازظهر، نور از طریق درگاه حیاط کاروانسرای ملک‌التجار و مدخل‌های هشت‌گانه زیرگنبدی، فضای چهارسوق را کاملا روشن می‌کند، چنان‌که بیشترین نور دریافتی در منطقه چهارسوق به حدود ۶۰۰۰۰ لوکس و کمترین مقدار به حدود ۲۲۰ لوکس می‌رسد. بطورکل مجموعه در معرض روشنایی نور طبیعی روز به میزان مکفی قرار گرفته است.
- در بخش‌هایی از فضا که دارای مدخل دیواری است، نور در تیرماه بیشتر از دی‌ماه است، درحالی‌که بخش‌هایی از فضا که در معرض مدخل نوری سقفی هستند، پرنورترین موقعیت را در دی‌ماه تجربه می‌کنند.
- سهم بیشتر روزن‌های سقفی در روشنایی فضا به‌ویژه در ماه‌های سرد سال کاملا مشهود است.
- مدخل ورودی در ضلع جنوبی و غربی موجب بروز خیرگی به عمق نسبتا کم و به میزان ۱۷ درصد از کل نور دریافتی سالانه شده است.
- در سرتاسر راسته قیصریه و زمان‌های کاربری کل سال، طیف نوری در بازه بالای ۱۰۰ لوکس قرار دارد.
- حدود ۱۷٪ از کل فضا که مساحت حجره‌ها را تشکیل می‌دهد، همیشه نوری معادل کمتر از ۱۰۰ لوکس را دریافت می‌کند.
- بازه‌های سهم روشنایی در کل سال ثابت است و فضا در برابر تغییر این سهم مقاومت نشان می‌دهد.
- در ساعت ۹ صبح و ۳ بعد از ظهر بازه ۳۰۰-۱۰۰ در فصل تابستان بیشتر است و در زمستان کاهش می‌یابد. ولی بازه‌های دیگر ثابت هستند.
- در ماه‌های مختلف تغییر نامحسوسی در الگوی خیرگی در فضا وجود ندارد و درصد آن تقریبا ثابت است.
- مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی UDI در تراز‌های مختلف نشان میدهد با افزایش تراز (از ۰/۰۰+ تا ۳/۶۰ +) تغییر چشمگیری در افزایش SUDI دیده نمی‌شود. این افزایش برای شرایط محاسبه بدون فضای حجره‌ها حدود ۱۱٪ می‌باشد.
- رقم sUDI 100-2000 برای تراز ۰/۷ متر معادل ۷۲/۸٪ می‌باشد. یعنی ۷۲/۸٪ از مساحت راسته قیصریه اصفهان در تراز ۰/۷ متر، در بیش از ۵۰٪ زمان‌های کاربری در بازه ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس قرار دارد.
- در بحث سهم فضا در توزیع روشنایی سالانه، بازه ۳۰۰-۱۰۰ با ۴۵٪ بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است. بازه ۹۰۰-۳۰۰ با ۱۷٪، بازه ۲۰۰۰≤ یا آستانه خیرگی و بالاتر با ۱۷٪، بازه ۱۰۰-۰ با ۱۴٪ و بازه ۹۰۰-۳۰۰ با ۷٪ به ترتیب در این طبقه‌بندی قرار گرفته‌اند.

موارد ذکر شده، آموزه‌های برگرفته از تحلیل حضور نور کمی و کیفی در یک نمونه مورد مطالعاتی از بناهای سنتی ایران می‌باشد. علی‌رغم محدودیت‌هایی که بازار با عملکرد خاص خود، در ارتباط با بهره‌گیری از انواع مدخل‌ها و روزن‌های نوری دارد، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، تامین کمیت و کیفیت نورپردازی از ابتدا مورد توجه طراح بوده است. ایده‌پردازی‌های بکاررفته در این بنا قابلیت معاصرسازی

دارد و می‌توانـد الهـام‌بخش معمـاران در طراحی فضـــاهای عمومی باشد. پژوهش بعدی در این زمینه می‌تواند به رابطه ابعـاد، انـدازه و مکـان قرارگیری مـدخـل‌ها با الگوی رفتاری توزیع نور بپردازد.

پی‌نوشت

۱. انجمن‌های بین‌المللی نظیر CIE انجمن روشـنایی اروپا، IESNA انجمن روشـنایی آمریکا، CIES انجمن روشـنایی چین، ILSE انجمن روشنایی هندوستان و سایر انجمن‌های علمی و تحقیقاتی در استرالیا و کانادا، انجام تحقیقات و تولید استانداردهای نورپردازی، اعم از نور طبیعی و مصنوعی را به عهده گرفته‌اند. در ایران نیز انجمن مهندسی نور و روشنایی ایرانیان، متولی این امر می‌باشد.

۲. لوکس، Lux یکای شـدت روشـنایی در واحد SI است که به صورت شارنوری بر واحد سطح تعریف می‌شود. هر لوکس معادل یک لومن بر متر مربع است. در علوم نورسنجی، لوکس به عنوان مقیاسی برای سنجش شدت نوری که بوسیله چشم انسان درک می‌شود مورد استفاده قرار می‌گیرد.

3. Daylight autonomy
4. Spatial daylight autonomy
5. Useful daylight illuminance
6. Spatial useful daylight illuminance
7. Daylit
8. Non-daylit
9. ”Favorably” or “preferred”

۱۰. هر چند ارتفاع ۷۰ سـانتی‌متری از کف، بیشـتر برای محاسـبات مربوط به نور روز فضای آموزشی و اداری در نظر گرفته می‌شود، در راسته بازارها نیز ارتفاع سکوی ارائه اجناس به مشتری، ارتفاعی نزدیک به ۷۰ الی ۸۰ سانتی‌متر داشت که امروزه تغییر یافته و به شکل ویترین شیشه‌ای درآمده است. محاسبات در ترازهای مختلف در ادامه خواهد آمد.

۱۱. این تقسـیم‌بندی را M ardaljevic and Nabil براساس دامنه‌های قابل قبول و غیرقابل قبول روشنایی روی سطح کار، به نام روشنایی مفید نور روز تعریف کرده اند.

۱۲. در فضـاهایی که انجام فعالیت‌های بینایی در درجهٔ اول اهمیت قرار دارد، مثل فضـاهای صـنعتی، آموزشـی یا اداری، روشنی بینایی اهمیت بیشتری دارد و باید به خوبی تأمین شود .در فضاهایی که فعالیت‌های عمومی در درجهٔ اول است، مثل فضاهای تفریحی، مراکز خرید یا مسکونی جذبهٔ بینایی اهمیت بیشتری دارد و روشنی بینایی می‌تواند با اهمیت کمتری مطرح شود (The SLL lighting Handbook, 2014: 119).

۱۳. در برخی منابع به‌جای ۲۰۰۰ لوکس از ۲۵۰۰ لوکس (Mardaljevic, et al, 2008:11) و یا ۳۰۰۰ لوکس (Mardaljevic, et al, 2011:5) به عنوان حداکثر شدت روشنایی طبیعی قابل قبول برای یک فضای داخلی نام برده شده است.

فهرست منابع **Refrences**

- Amini Badr F, Mokhtabad Amrei M, Majedi H, Sattari Sarbangholi H (2017). An analytical approach to the presence of light in Safavid’s architecture with the theosophical view, Unpublished doctoral thesis, Wits Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
- Heschong Lisa, Wymelenberg Van Den K, Andersen M, Digert N, Fernandes L, Keller A, Loveland J, McKay H, Mistrick R, Mosher B, Reinhart C, Rogers Z, Tanteri M (2012). Approved Method: IES Spatial Daylight, New York, N.Y., IES - Illuminating Engineering Society.
- Arjmandi H, Tahir MM. Shabani MM. Che-ani AI, Abdullah NAG, Usman IMS (2010). Application of transparency to increase Day-Lighting level of interior spaces of dwellings in Tehran - a lesson from the past, Retrieved from: www.researchgate.net.
- Ciampi G, Antonio R, Scorpio M, Sibilio S (2015). Daylighting contribution for energy saving in a historical building, 6th International Building Physics Conference IBPC2015, pp. 1257-1262.
- Evans BH (2000). Daylight in architecture. Translated by Shahrampour Dehimi and Houri Adl Tabatabai. Tehran, Pirooz Publications. (Original work published 1981).
- Gorji Mahlabani Y, Mofrad Boushehri A (2017). The analysis of daylight factor and illumination in Iranian traditional architecture, Case Studies: Qajar era houses, Qazvin, Iran. Armanshahr Architecture & Urban Development, Vol. 10, No. 18, pp. 35-45. Tehran, Iran.
- Hoomani Rad Marzieh, Tahabaz M (2013). Assessment of daylight role in creating spiritual mood in contemporary mosques, Armanshahr Architecture & Urban Development, Special Issue of 1st Lighting Design Conference Selected Articles, Vol. 7, pp. 11-23.
- Hosseini Nejati SE, Tavakoli H (2015). The role of natural lighting in Islamic architecture (A case study of traditional bazaars), International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Infrastructure, Tabriz.
- Hosseini SM, Mohammadi M, Rosemann A, Schröderc T (2018). Quantitative investigation through climate-based daylight metrics of visual comfort due to colorful glass and orosi windows in Iranian architecture, Journal of Daylighting, Vol. 5, No. 2, pp. 21-33. doi: 10.15627/jd.2018.5.
- Kazemzadeh M, Tahabaz M (2013). Measurement and analyzing daylight condition in traditional Kerman houses, Journal of Fine Arts - Architecture and Urban Planning, Vol. 18, No. 2, pp. 17-26.
- Lobell J (1979). Between silence and light, spirit in the architecture of Louis Kahn, Boston, Shambhala.

- Mahvash M (2014). The qualitative presence of light in historical Persian architecture, Tehran, Cultural Research Bureau.
- Mardaljevic J, Andersen M, Roy N, Christoffersen J (2011). Daylighting metrics for residential buildings, Retrieved from www.researchgate.net/publication/313432573.
- Meiss PV (2005). Architectural elements from face to place. (Translated by Farzin Fardanesh). Tehran, Shahid Beheshti Publications, (Original work published 1990).
- Miri M, Kompani Saeed M (2013). Assessing Daylight Access Requirements in Iranian National Building Code (Case Study in Qazvin), Armanshahr Architecture & Urban Development, Journal of Architecture, Urban Design & Urban Planning, Special Issue of the 1st Iran Lighting Design Conference Selected Articles, pp. 109-121.
- Miri M, Company Saeed M (2014). A new method for achieving daylight in working spaces by finding the efficient type and size of windows, shading systems and depth of rooms. Armanshahr architecture & urban development, 8 (Special issue of 1st lighting design conference selected articles), pp. 73-89.
- Nabavi F, Ahmadi Y, Goh AT (2012). Daylight and Opening in Traditional Houses in Yazd, Iran. 28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture, Lima, Perú.
- Nabavi F, Ahmadi Y, Goh AT (2013). Daylight Design Strategies: A Lesson from Iranian Traditional Houses, Mediterranean Journal of Social Sciences. Rome: MCSER Publishing.
- Nabil A, Mardaljevic J (2005). Useful daylight illuminate: A new paradigm for assessing, daylight in buildings, Lighting Research and Technology, Vol. 37, No. 1.
- Najdjavadipour Sh (2011). Using the concept and architectural components of a Bazaar as a means of creating architectural spaces that stimulate and awaken the senses, Unpublished master's thesis, Wits University, Auckland, New Zealand.
- Nekoui S, Tahabaz M, Akhtarkavan M (2014). Climatic Architecture of Traditional bazaar a fieldwork of Isfahan Caesarea Bazaar. International Congress on Sustainability in Architecture and Urbanism. Masdar, UAE.
- Gorgani N, Al-Banin U (2002). History of light in architecture and lighting fixture in Islamic art of Iran, Athar Journal, Vol. 24, No. 35, pp. 316- 323.
- Caesar P (2009). Light as an architectural form. (Translated by Jinet Rostami), Architecture and Culture, Vol. 35, pp. 72-73.
- Reinhart ChF, Mardaljevic J, Rogers Z (2006). Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design, Leukos, Vol. 3, No. 1, pp. 7–31.
- Reinhart ChF (2014). Daylighting Handbook 1, Fundamentals, Designing with the Sun, Building Technology Press.
- Seyed Mehdi A, Ziyamnesh N (2013). A study on the design of Iranian traditional bazaars (Case study: Qeysarie Bazaar of Isfahan), The first national conference on geography, Urban Planning and Sustainable Development, Tehran.
- Shafaghi S (2000). Principles of Isfahan Safavid Urban Planning, Isfahan Culture, Vol. 15, pp. 51-35.
- Shahabinejad A, Aminzadeh B (2012). The landscape of maydan-e naghshe jahan main entrance: values and issues, Journal of Fine Arts - Architecture and Urban Planning, Vol. 17, No. 1, pp. 27- 38.
- Shirani Z, Partovi P, Behzadfar M (2017). Spatial resilience In traditional bazaars; case study: Esfahan Qeisariye Bazaar, Bagh Nazar Magazine, Vol. 14, No. 52, pp. 49-58.
- Tahabaz M, Jalilian Sh, Mousavi F, Kazemzadeh M (2014). Natural lighting in traditional houses of Kashan Case study: Ameri House, Journal of Iranian Architecture Studies, Vol. 4, pp. 87-108.
- Tahabaz M, Jalilian Sh, Mousavi F, Kazemzadeh M (2015) Effects of Architectural Design on Daylight Fantasy in Iranian Traditional Houses, Architecture and Urban Planning of Armanshahr, Vol. 8, No. 15, pp. 71-81.
- Tahbaz M, Djalilian Sh, Mousavi F, Kazemzadeh M (2015). The effect of architectural details on daylight distribution inside a room, CISBAT International Conference, Lausanne.
- Tahbaz M, Moosavi F (2009). Daylighting Methods in Iranian Traditional rchitecture (Green Lighting), CISBAT 2009 Proceedings, Lausanne, pp. 273-278.
- Tourani AR, Mofidi Shemirani SM, Tahabaz M (2017). Evaluating the impact of the atrium inclination angel on visual comfort of students by the effectiveness of daylight in educational buildings of Tehran (A field study and simulation), Journal of Research and Urban Planning, Vol. 8, No. 31, pp. 249-266.
- Katerina T, Cocen ÖN, Tasopoulou K, Milonas I (2013). Daylighting in historic bathhouses: the case of ottoman hamams, METU JFA, Vol. 30, No. 1, pp. 45-55.
- Zia Tavana MH (2001). Lar Qeysarie Bazaar, Tehran: Nashreney.