Karafan

Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University

Winter 2023, Vol. 19, No. 4, p. 77-101

Journal homepage: https://karafan.tvu.ac.ir/?lang=en

doi: 10.48301/KSSA.2022.306315.1754

TVU

Original Research

E-ISSN: 2538-4430
ISSN: 2382-9796

Evaluation of Space Syntax Effect on Visual Quality and Daylight Indexes for the Interior Spaces of Residential Units in Isfahan City

Akram Esfandiari[1*], Elham Shokry[2]

[1]Member of faculty, Department of architecture and urban planning, technical and vocational university (TVU), Tehran, Iran.
[2]MSc, Architecture Department, Technology and Engineering Faculty, Ilam University, Ilam, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 10.08.2021
Revised: 05.15.2022
Accepted: 06.25.2022

Keyword:
Isovist Analysis
Residential Units
Visual Quality of Space
Relux Software

***Corresponding Author:**
Akram Esfandiari
Email:
esfandiari.akram@yahoo.com

ABSTRACT

Attention to the perceptual function of residential interiors depends to a large extent on their visual quality, which is a qualitative category, and therefore, its analysis has many complexities. This research seeks to answer the question of how and to what extent the arrangement and design of the interior elements in an architectural space affect the optimal distribution of daylight and visual comfort of space users. In fact, the purpose of this study was to discover the relationship between interior architectural elements and improve the visual quality of residential spaces in order to have the proper distribution of natural light. In this regard, 8 examples of residential spaces were designed, First, the visual quality of the sample of residential interiors was measured and quantitative data extracted through the Isovist tool in Depthmap Software based on the visibility connection indicators, the maximum line of sight radius, and the average depth of vision. Then, daylight indicators of brightness intensity and uniformity rate were also obtained in samples of Isfahan city in Relux software, and then, the relationship between visual quality indicators and daylight indicators was also investigated. Finally, Isovist indicators, which indicate the visual quality of species, were correlated with daylight variables confirming the validity of the proposed method in measuring the visual quality and amount of light received by residential spaces. The results of this study can be potentially effective in simultaneously measuring the visual quality and design of interior spaces of residential units and consequently, the quality of these units and the amount of light received in residential spaces.

©2023 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

This research was conducted to find a solution that not only takes into account the issue of daylight and achieve the minimum amount of energy consumption, but also try to the create a good quality space. The quality of an interior space depends on various variables, and this research specifically attempted to investigate the effect of the arrangement of interior spaces through parameters such as creating visual communication, open visibility, spatial diversity. In order to achieve the research goal, Isovist Analysis and Depthmap Software and the results of studies of space layout theorists were used as tools measuring visual quality. In addition, eight types of residential spaces with different internal space layouts were designed and the correlation between the visual quality indicators obtained from Isovist software and the indicators of daily light distribution in the space were investigated. The correlation between visual quality indicators obtained from Depthmap Software as an Isovist analysis tool, which includes connectivity (C), maximum radial line (RL(L)) and average depth of vision (Visual Mean Depth) were tested with the indicators of daily light distribution, which in this research included Illuminance (Lux) and Uniformity rate (Uo) of residential spaces.

Methodology

In the present research, first, the effective factors in achieving visual quality and solar radiation factors in interior spaces of residential units were determined through library studies. Next, as a case study, eight types of residential spaces in Isfahan city were investigated. These eight models were considered to reduce the role of intervening factors outside the research framework, which were constant in some factors (normalizing the units in order to create comparable conditions in models), and they included the position of the openings (due to the fact that the position of the opening remains constant as a variable in surveys and the effect of the layout of the interior space was an influential variable of the research) and the fixed area of the units (the entrance location was considered fixed and then after passing through the entrance, the four spaces of the bedroom, bathroom, kitchen and reception were located in different positions compared to the entrance). Considering the purpose of the research, after the design of the units, the visual quality of these eight types was analyzed through the Isovist indexes. Daylight indicators were analyzed through Relux Software. Finally, the correlation between Isovist indexes (as independent variables) and daylight indexes (as dependent variables) were tested. For the better understanding of the research process in the current research, each section is explained in Figure 1

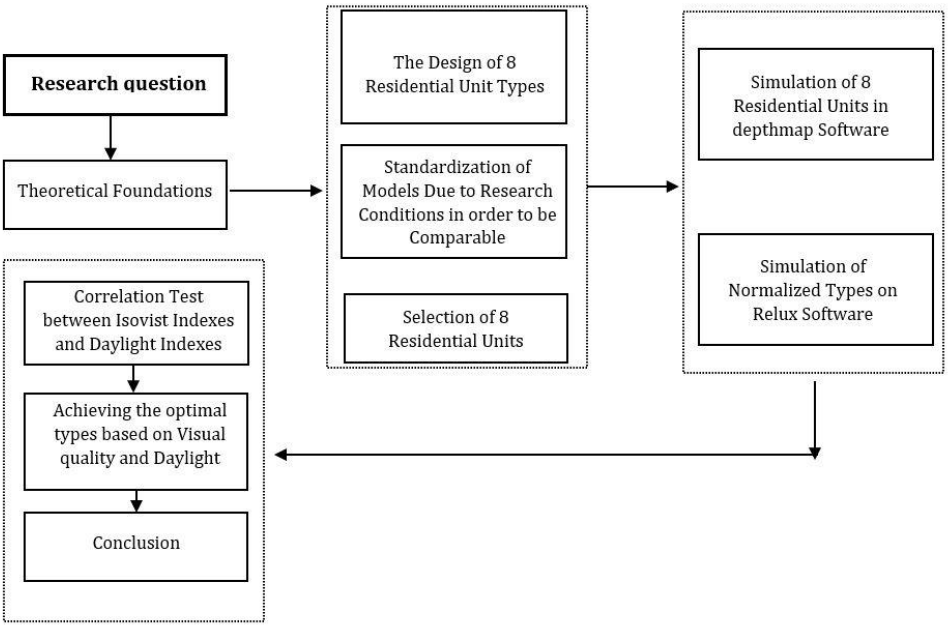


Figure 1. The research processes.

Results and discussion

Table 1 and Figure 2 present a brief summary of the investigation process in this research.

Table 1. Numerical results obtained from the average of Isovist indexes in eight types of residential units.

Index	Type1	Type2	Type3	Type4	Type5	Type6	Type7	Type8
Maximum radial line (RL(L))	6.61	6.85	6.38	6.60	6.6	6.50	6.62	6.24
Connectivity (C)	126.83	142.03	127.09	134.39	131.37	130.82	130.71	121.60
Average depth of vision (Visual Mean Depth)	1.86	1.76	1.89	1.85	1.82	1.87	1.83	1.93

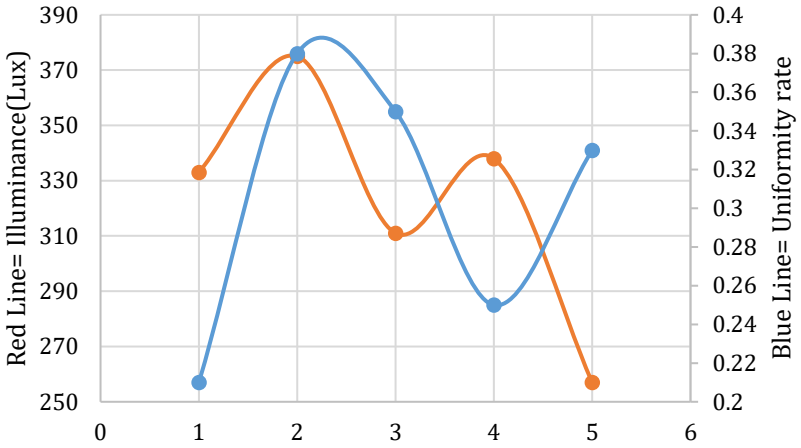


Figure 2. Numerical results of average distribution of Illuminance and uniformity rate at a height of 80 cm from the floor plan of eight residential units.

Conclusion

This research demonstrated that by using the analysis of Isovist indexes, a new approach can be introduced in the measurement of visual quality with focus on daylight indexes in spatial structures. The results showed that in terms of the proper distribution of natural light, the layout of 7 of the residential unit types applied better in terms of natural light distribution and the values of light illuminance (Lux) and uniformity rate (uo) were closer to their standard values. The space pattern modeled at this stage can be presented as an optimal pattern in terms of proper lighting distribution for bright spaces. In terms of visual quality indicators using Isovist analysis in Depthmap software, it was found that the index of the maximum radial line (RL(L)) and connectivity (C) in scenario 2 was the highest and the average depth of view (Visual Mean Depth) index was the lowest. It can be concluded that the change in the arrangement and internal elements of an architectural space can provide better spatial divisions from the point of view of preserving privacy and territory with regard to the residential use of space, as well as the appropriate distribution of daylight and increasing the visual comfort of the environment. The findings of this research illustrated that the layout and arrangement of interior elements is an important and influential element due to the optimal distribution of natural light as well as the quality of the visual comfort of the users. Moreover, the correlation between the indicators studied in this research showed the overlap between variables of visual quality and the amount of daylight received. Thus, in future research, the manner of this correlation can be formulated and compiled.

کارافن
فصلنامه علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای
زمستان ۱۴۰۱، دوره ۱۹، شماره ٤، ۱۰۱-۷۷
آدرس نشریه: https://karafan.tvu.ac.ir/
doi:10.48301/KSSA.2022.306315.1754
شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰
شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶
مقاله پژوهشی

ارزیابی نقش چیدمان فضایی بر شاخص‌های کیفیت بصری و نور روز در فضاهای داخلی واحدهای مسکونی در شهر اصفهان

اکرم اسفندیاری[1*]، الهام شکری[2]

۱- عضو هیئت علمی، گروه معماری و شهرسازی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران.
۲- کارشناسی ارشد معماری گرایش انرژی، دانشگاه ایلام، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۱۶
بازنگری مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۲۵
پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۰۴

کلید واژگان:
تحلیل‌های ایزوویست
فضاهای مسکونی
کیفیت بصری فضا
نرم افزار ریلوکس
دیس مپ

***نویسنده مسئول:** اکرم اسفندیاری
پست الکترونیکی:
esfandiari.akram@yahoo.com

چکیده

کارکرد ادراکی، فضاهای داخلی مسکونی، به میزان زیادی، وابسته به کیفیت بصری آنها است، چیزی که مقوله‌ای کیفی به شمار آمده و از این رو، تحلیل آن، پیچیدگی‌های بسیاری به همراه دارد. هدف این تحقیق یافتن ارتباط تاثیرچیدمان فضاهای معماری داخلی واحدهای مسکونی بر بهبود کیفیت بصری فضاها می‌باشد به گونه‌ای که از نظر توزیع مناسب نور طبیعی نیز بهتر عمل نمایند. همچنین یافتن پاسخ این سوال که نحوهٔ چیدمان فضاهای داخلی یک فضای معماری تا چه میزان و به چه نحوی بر چگونگی توزیع بهینهٔ نور روز و شاخص‌های کیفیت بصری کاربران فضا تاثیر گذار است. در این راستا، ۸ نمونه فضای مسکونی طراحی شده، ابتدا کیفیت بصری، با استفاده از ابزار ایزوویست در نرم افزار دیس مپ (depthmap)، با تکیه بر شاخص‌های بیشترین خط شعاع، دید اتصال دید و میانگین عمق دید، مورد سنجش قرار گرفته و داده‌های کمی، استخراج شده است و در ادامه شاخص‌های نور روز، شدت روشنایی و نیز نرخ یکنواختی نمونه‌ها در شهر اصفهان، توسط نرم افزار ریلوکس (Relux) به‌دست آمده‌اند و در انتها ارتباط شاخص‌های کیفیت بصری و شاخص‌های نور روز بررسی شده است. نتایج نشان می دهد چیدمان فضاهای معماری داخلی در یک فضای مسکونی می‌تواند به توزیع بهینه شدت روشنایی و نرخ یکنواختی نور روزانه و نیز قرار گرفتن در محدودهٔ مناسب شاخص‌های کیفیت بصری کمک نماید. در نهایت، شاخص‌های ایزوویست، که مبین کیفیت بصری گونه‌ها هستند، با متغیرهای نور روز، دارای رابطهٔ همبستگی هستند. این امر، به معنای اعتبار روش پیشنهادی در سنجش کیفیت بصری و میزان نور دریافتی فضاهای مسکونی است. نتایج این تحقیق می‌تواند به صورت بالقوه در سنجش همزمان کیفیت بصری و میزان نور دریافتی در فضاهای مسکونی مؤثر باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند به صورت بالقوه در طراحی فضاهای داخلی واحدهای مسکونی مورد استفاده قرار گرفته و متعاقب آن بر کیفیت طرح‌های مسکونی مؤثر باشد.

©2023 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

معماری تنها با ویژگی مرزهای خود تجربه نمی‌شود. بلکه تنوع در داخل (فضای محصور) و خارج (محفظه) جوهرهٔ معماری است. چندین معمار ازجمله برایان لاوسون [۱] و روانشناسانی مثل برایان تورکی[۲] نشان داده‌اند که تجربه در یک فضای ثابت می‌تواند با تغییر در عناصر طراحی معماری از قبیل رنگ و شفافیت متفاوت باشد. یکی دیگر از جنبه‌های فضای معماری این است که معماران همیشه با توجه به مرزها و روابط بین عناصر و اشکال و فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده خود، فضا را تشکیل می دهند [۳].

از طرفی استفاده حداکثری از نور و انرژی خورشید در داخل ساختمان و پیاده‌روها می‌تواند منجر به فراهم آمدن آسایش بصری، سلامتی، سرزندگی و افزایش کارایی کاربران در فضاهای داخلی می‌باشد. در همین جهت عدم توجه به این منبع انرژی در ساختمان‌ها می‌تواند موجب ناراحتی و عدم آسایش ساکنین فضا گردد[۴; ۵]. همچنین، ساختمان‌ها در مقایسه با سایر مصنوعات، عمر نسبتاً طولانی‌تری دارند و در طول تمام مراحل ساختمان سازی، تجهیزکردن و تخریب یا استفاده دوباره از آنها، در توسعهٔ پایدار تأثیرگذار خواهند بود. بنابراین، هر گونه تلاشی را که در جهت کمک به حفظ محیط زیست، کاهش آلودگی، کاهش مصرف منابع سوختی تجدید ناپذیر، استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر و نیروهای طبیعی نظیر، باد، خورشید و کاهش میزان هزینه‌های مصرفی ساختمان باشد می‌توان در جهت رسیدن به توسعهٔ پایدار تلقی نمود [۴]. به علاوه به‌کارگیری نور و گرمای طبیعی خورشید از طریق راه‌کارهای مناسب می‌تواند به میزان زیادی پاسخ‌گوی نیاز انرژی در بخش سرمایش، گرمایش و به‌ویژه روشنایی و نیز حفظ تعادل در عرصهٔ محیط زیست باشد [۶]. معماری به عنوان یک عامل مهم در این مبحث مطرح است تا جایی که تمامی اجزاء کمی نور روز شامل شدت، زمان و طیف به واسطهٔ فرم سازه‌های مجاور قابل تغییر است. زمان‌بندی دریافت نور روز نیز به واسطه جهت ساختمان و شکل بازشوها قابل تنظیم است. [۷]. از طرفی نیز توجه به پنجره تنها از حیث کارآمدی آن در مصرف انرژی، باعث نادیده گرفتن نقش پنجره در ایجاد یک فضای با کیفیت مطلوب شده و در نتیجه در مواردی کیفیت مطلوب فضای داخلی قربانی دستیابی به کارآمدی انرژی خواهدشد و نمای طراحی شده با کارآمدی انرژی، خوشایندی مطلوب فضای درون را تامین نخواهد کرد، در حالی‌که ممکن است بتوان با طراحی داخلی و چیدمان مناسب فضاها در عین کاهش مصرف انرژی به کیفیت مطلوب فضای درون ساختمان نیز دست یافت[۸]. بر این اساس هدف اصلی این پژوهش، یافتن راه‌حلی است که بتوان ضمن توجه به مبحث نور روز و رسیدن به حداقل میزان مصرف انرژی، به ایجاد یک فضای با کیفیت مطلوب نیز توجه داشت. کیفیت یک فضای داخلی به متغیرهای گوناگونی بستگی دارد، که این پژوهش سعی دارد به طور خاص به بررسی تاثیر چیدمان فضاهای داخلی (از طریق پارامترهای مانند، ایجاد ارتباط بصری، دید باز داشتن، تنوع فضایی) بپردازد. در راستای دستیابی به هدف پژوهش از تحلیل ایزوویست و نرم افزار دیس مپ که حاصل مطالعات نظریه پردازان چیدمان فضا به عنوان ابزاری برای سنجش کیفیت بصری است، استفاده خواهد شد.

هشت نمونه فضای مسکونی را با چیدمان فضایی داخلی متفاوت طراحی و چگونگی ارتباط شاخص‌های کیفیت بصری حاصل از نرم افزار ایزوویست با شاخص‌های توزیع نور روزانه در فضا مورد بررسی قرار خواهد داد. همچنین رابطهٔ همبستگی بین شاخص‌های کیفیت بصری حاصل از نرم افزار دیس مپ را به عنوان ابزار تحلیل ایزوویست که شامل: اتصال دید ((Connectivity(C))، بیشترین خط شعاع دید (Maximum radial line (RL(L)) و میانگین عمق دید (Visual Mean Depth) است، با شاخص‌های توزیع نور روزانه که در این پژوهش شامل: شدت روشنایی ((Illuminance(Lux) و نرخ یکنواختی ((Uniformity rate (Uo) فضاهای مسکونی می شود، مورد آزمون قرار خواهد داد.

پیشینهٔ تحقیق

برای به‌دست آوردن عوامل مؤثر بر کیفیت بصری در داخل فضاهای داخلی مسکونی پژوهش‌هایی انجام شده، در ادامه این پژوهش‌ها بیان می‌شوند. کیفیت فضایی در داخل فضای خانه یک مفهوم پیچیده و گسترده است که تعریف آن حاصل از تعریف فضا و کیفیت است. آکا و ویکمنس (۲۰۱۴) شباهت میان چندین نویسنده را در برداشت تعریف کیفیت فضایی برای خانه به‌دست آورده‌اند که طیف وسیعی را از عوامل کیفیت فضایی در ادبیات این تحقیق مشخص کرده‌اند این محققان عوامل کیفیت فضایی را: دید، حفظ حریم خصوصی، نور، فضاداری، سلسله مراتب فضایی، نحوهٔ انتقال بین فضاهای عمومی و خصوصی، تراکم ساختمان‌های اطراف خانه و میزان شلوغی، می‌دانند [۹]. باز بودن بصری، حفظ حریم خصوصی بصری، و صمیمیت فضایی نمونه‌هایی از کیفیت‌های ادراکی بصری هستند. این کیفیت‌ها در طرح به صورت ذاتی وجود دارند و ذاتی بودن آن به شرط رعایت ضوابط هندسی در طراح بدون تغییر باقی خواهد ماند. از آنجا که آنها در یک طراح به طور ذاتی وجود دارند، آنها را می توان در طراحی به جای ارزیابی پس از آن، پیش از طراحی مورد استفاده قرار داد [۱۰]. کویلی[1] (۲۰۰۱) روش نگاشت روابط بین عناصر معماری و مسیرهای حرکت را با استفاده از تعیین خطوط قلمرو مورد بررسی قرار داده است. در مطالعهٔ او هدف بازنمایی طرح توسط سلسله مراتبی از قلمرو فضایی است و محدودیت مطالعه او در این است که فضاها را عنوان یک نتیجه از عنصر، لبه، و مدل گردش و حرکت در فضا می‌داند. در نهایت نتیجهٔ کار او باز نمایی از سلسله مراتب قلمرو فضایی طرح توسط عناصر نمایشی گرافیکی است[۱۱]. سورا[2] (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای کیفیت فضا را در نقطه دید ناظر و توسط عناصر هندسی می‌سنجد و از مدل فاصله برای طبقه‌بندی سلسله مراتب فضای محصور استفاده می‌کند در این مقاله اندازه‌گیری کیفیت فضایی در موقعیت دلخواه ناظر توسط فاصله نسبت به عناصر مرزی سنجیده می‌شود و نتیجه به صورت عددی نمایش داده می‌شود [۱۲]. فیشر-گیرستمنت[3]، شاچ پینسلی[4] و بورت[5]، باز بودن مکانی و قرار گرفتن در معرض دید بصری به عنوان شاخص‌های از کیفیت فضای مسکونی را در سه نمونه از الگوهای متفاوت مجتمع‌های مسکونی تجزیه و تحلیل کردند. هر دو پارامتر مرتبط با باز بودن بصری و در معرض دید قرار گرفتن، به ارزیابی مبتنی بر متریک محدود شده است [۱۳]. ایندرپستا[6] و شینوزاکی (۲۰۱۵) در مقاله‌ای با عنوان «مدل‌های محاسباتی برای اندازه‌گیری کیفیت فضایی از طراحی داخلی در محیط مجازی» از سه پارامتر مکانی: باز بودن بصری، حفظ حریم خصوصی و در دسترس فیزیکی برای مطالعهٔ کیفیت فضایی استفاده می‌کند، این مقاله بر فضای معماری در طراحی داخلی به عنوان یک نتیجه از آرایش عناصر معماری تمرکز دارد [۳]. مزیت این مدل این است که نقاط بیشتری از یک طرح را برای ارزیابی به طور خاص در ارتباط با پارامترهای کیفیت فضایی مربوط ارائه می‌دهد. در مطالعات قبلی معمولا در ارزشیابی کیفیت فضایی، از یک نقطه مشخص برای نشان دادن طرح ارزیابی استفاده می شود (به عنوان مثال مرکز اتاق و یا هر نقطه دلخواه در اتاق) و خروجی نقشهٔ فضایی است که نشان دهندهٔ رابطهٔ مرز عناصر و فضای گردش در فضایی مستطیل شکل است [۳]. با توجه به این مطالعات، در پژوهش حاضر پارامتر باز بودن بصری به عنوان یکی از پارامترهای اصلی کیفیت بصری در فضای داخلی واحدهای مسکونی انتخاب شده است و سعی این پژوهش برآن است که با ابزارهایی آن را بسنجد. در راستای کاربرد و استفاده نور روز در فضاهای معماری نیز پژوهشگران در یک تحقیق نشان داده‌اند که فراهم آوردن نور روز بیشتر در یک ساختمان نه‌تنها در ذخیره انرژی نقش دارد بلکه کارایی و تندرستی ساکنین را نیز افزایش می‌دهد. هدف این مقاله

[1] Koile
[2] sora
[3] Dafna Fisher-Gewirtzman
[4] Dalit Shach Pinsly
[5] MICHAEL BURT
[6] Indraprastha

بررسی جنبه‌های بنیادی نور روز، راه کارهای کنترل روشنایی، و شاخص‌های نور روز در فضاهای داخلی بوده است [۱۴]. چن و همکاران نیز در در تحقیقی به این نتیجه دست یافتند که استفاده مناسب از نور روز به طور هم‌زمان آسایش بصری و کاهش مصرف انرژی را می‌تواند به ارمغان داشته باشد [۱۵]. در مقالاتی دیگر نیز به‌طورکلی در زمینهٔ نور روز پژوهش‌هایی در خارج از ایران صورت گرفته است که به طور کلی این پژوهش‌ها بررسی شده‌اند [۱۶-۱۹]. تحقیقات دیگر نیز در زمینه‌های تاثیر نورپردازی و به خصوص نور طبیعی بر انسان و راهکارهای کاهش مصرف انرژی در ساختمان صورت گرفته است. این تحقیقات، در زمینهٔ طراحی نما و پنجره صرفا به جنبه‌های فیزیکی ساختمان پرداخته‌اند و در آنها توجه به کارکرد و نقش پنجره‌های نما در ایجاد فضای با کیفیت مطلوب داخلی، دیده نمی‌شود [۲۰]. جمع‌بندی مباحث پیش‌گفته حاکی از آن است که کیفیت بصری واحدهای مسکونی از طریق تکنیک‌هایی که طی پژوهش‌های مستمر و متوالی، بهینه‌سازی شده‌اند (از جمله ایزوویست) قابل سنجش و ارزیابی کمی است. در زمینهٔ اندازه‌گیری شاخص‌های نوروز نیز تحقیقات بررسی شدند، به رغم آن که این دو روش، هر یک به طور جداگانه در پژوهش‌های مختلفی مورد استفاده قرارگرفته‌اند، اما جستجوی نگارندگان برای یافتن پژوهش(هایی) که این دو شیوه را در ترکیب با یکدیگر در تحلیل کیفیت بصری فضای داخلی واحد مسکونی به کار برده باشد، نتیجه‌ای در بر نداشت. بدین‌ترتیب روش این پژوهش در خصوص تحلیل کیفیت بصری در ضمن بررسی شاخص‌های نور روز در فضای داخلی واحدهای مسکونی، مبتنی بر خلأ پژوهشی در این حوزه است. در ادامه لازم است روش پیشنهادی این پژوهش، ابتدا در نمونه‌های منتخب به کار برده شده و سپس روایی و قابلیت اطمینان آن مورد آزمون قرار می‌گیرد، شرایط تحقیق امکان سنجش تحقیق در خصوص روایـی روش بر پایهٔ یک آزمـون همبستگی را ایجاد می‌کند. با انجام چنین پژوهش‌هایی می‌توان فضاهای مسکونی با الگوی طراحی بهتر و مناسب‌تر از نظر کیفیت بصری در ضمن توجه به فاکتورهای توزیع نور روزنه را برای ساکنین فراهم آورد.

پرسش‌های تحقیق

۱- چگونه می‌توان شاخص‌های مؤثر بر کیفیت بصری فضاهای داخلی را که قابل اندازه‌گیری باشد، تبین نمود؟
۲- ارتباط میان شاخص‌های کیفیت بصری فضا و شاخص‌های نور روز در فضاهای داخلی چگونه است؟

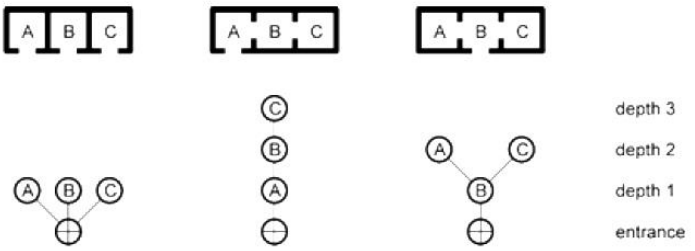
مبانی نظری

ادبیات حوزهٔ معماری، حاکی از تلاش‌های پیوسته و مستمر در راستای دستیابی به روش‌هایی برای تحلیل محیط، از طریق ویژگی‌های کالبدی و فضایی آن است. جستجو برای پیشنهاد ابزاری تحلیلی در این حوزه، در نظریهٔ «چیدمان فضا» به نحو مؤثری به بار نشست. چیدمان فضا یک نظریه و ابزاری تحلیلی درمعماری و شهرسازی است. زمینه‌های آغازین آن را می‌توان در نخستین کتاب بیل هیلیر به نام «منطق اجتماعی فضا» جستجو کـرد. در یک تعریف کلی، چیدمان فضا نظریه‌ای است که وجه ساختاری فضا را در مرکز توجه قرار می‌دهد، در ادامه مبانی نظری تحقیق در دو حوزه: چیدمان فضا و ایزوویست و نور روز بررسی خواهد شد.

– الف) چیدمان فضا و ایزوویست

روش‌های مختلفی برای تحلیل ساختار فضا وجود دارد که هر کدام از آنها دارای ابزارهایی مخصوص به خود هستند. این ابزارها شامل انواع کمی (ریاضی، رایانه ای و ...و کیفی) تشریح و کاربرد انواع نظریه‌ها در زمینهٔ ارائهٔ الگوهای طراحی معماری پیش از ساخت) هستند که نتایج اجرایی تمامی این این ابزارها و روش‌ها، به نوعی به توصیف عملکرد فضا ختم می‌شود و نسبت به داده‌های مربوط به هر کدام، می‌توان تفاسیر اجتماعی خاصی دربارهٔ فضای مورد نظر ارائه کرد. یکی

از ابزارهای تحلیل ساختار فضا در روش نحو فضا، نمودارهای توجیهی است که اساس شکل‌گیری آن برگرفته از نظریهٔ گراف‌ها است. همان‌طور که از شکل ۱ دیده می‌شود، با استفاده از این ابزار، ساختار هر محیط در قالب یک گراف ترسیم می‌شود که در آن هر دایره نماد یک فضا و هر خط نشان دهنده ارتباط میان فضاهای مختلف آن است. با استفاده از این نمودارها، ساختار و جانمایی اجزای مختلف پلان به صورت بسیار ساده و خوانا ترجمه می‌شود [۲۱] دیگر مزیت‌های این نمودارها، امکان نمایش ویژگی‌های ارتباطی در داخل پلان است.



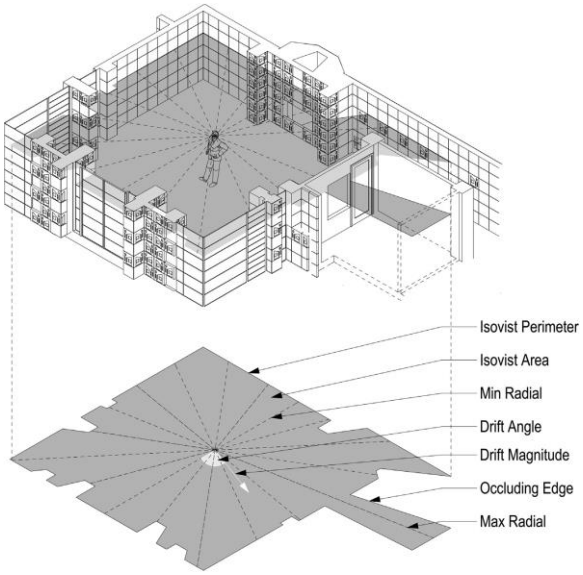
شکل ۱. نمونه نمودار توجیهی سه طرح با ساختار فضایی مشابه [۲۲]

از دیگر ابزارهای مورد استفاده برای تحلیل ساختار پیکره‌بندی فضایی، نرم افزار دیس مپ است. این نرم‌افزار که توسط ترنر و همکارانش در آکادمی علوم لندن تهیه شد، این امکان را در اختیار محققان قرار می‌دهد که با دقت بسیار بالاتر و با شاخص‌های بسیار بیشتر نسبت به روش قبل (نمودارهای توجیهی)، فضا را در همهٔ مقیاس‌های خرد و کلان تحلیل کنند [۲۳-۲۵].

ایزوویست، یک شبکهٔ هندسی منظم در ساختمان ایجاد می‌کند و چند ضلعی ایزوویست، از مرکز هر مربع، شبکه‌ای را تولید می‌کند. که معمولاً در ارتفاع چشم ناظر واقع شده است. خواص ریاضی این چند ضلعی (مقادیر کمی مشخصات پیش‌گفته)، ثبت شده و می‌تواند در مقایسه با مقادیر به دست آمده از ایزوویست مکان‌های دیگر، تجزیه و تحلیل شود. در این تحلیل، دید، شکل و اندازه‌ی ایزویست‌ها با توجه به هندسهٔ فضا و مکان ناظر، یکتاست (شکل ۲) [۲۶; ۲۷]. در راستای یافتن کاربرد ایزوویست در حوزه‌های ادراکی، بندیکت و برنهام تأثیر اجزای ایزوویست را بر ادارک فضا نشان دادند و اثبات کردند که ادارک «فضامندی» با پیچیدگی زمینه‌های بصری فضا رابطه دارد [۲۸]. در همین راستا، طاهر و براون خانه‌های سنتی‌ام زامبیته را تحلیل کرده و نشان دادند که زمینه‌های بصری خانه‌ها (مشخصات ایزوویست آن‌ها) با نیاز خلوت ساکنین وابسته است [۲۹]. همچنین، فرنز و واینر در جستجوی ارتباط میان کیفیت‌های تجربی فضا و زمینه‌های بصری (ایزوویست) آنها برآمده و نشان دادند که بین خواص مکانی و پاسخ ادراکی به فضا، ارتباط معنی داری وجود دارد [۳۰]. ادامهٔ پژوهش‌ها در خصوص کاربرد ایزوویست در حوزهٔ معماری، ابزار تحلیلی قدرتمندی در اختیار پژوهشگران قرار داد. در این راستا، داوز و همکاران، نظریهٔ چشم‌انداز- پناهگاه را با استفاده از ابزار ایزوویست در خانه‌های تکسیل-بلوک[1] فرانک لوید رایت مورد بررسی قرار داده و نشان دادند، به‌رغم آن‌که هیلدبراند این خانه‌ها را الگوی برجسته‌ای از چشم‌انداز- پناهگاه می‌داند؛ اما هیچ مدرک کمی که وجود این الگوی خاص را در آنها نشان دهد، وجود ندارد [۲۷]. در ادامه، دزبیک نشان داد که پاسخ ادارکی شرکت‌کنندگان در آزمایش‌های مجازی، با شاخص‌های مساحت ایزوویست، دارای ارتباط و همبستگی معنی‌دار است. وی همچنین، در پژوهش دیگری نشان داد که مساحت ایزوویست با درک فضامندی دارای همبستگی بوده و تعداد رئوس ایزوویست، با اجتماع‌پذیری، همبستگی منفی دارد [۳۱] در همین

[1] Textile-block

چارچوب، وینر و همکاران، سودمندی تجزیه و تحلیل ایزوویست را تایید کرده و نشان دادند که این روش، ابزاری نویدبخش برای پیش بینی کیفیت تجربی معماری و حرکت بهره‌بردار در فضا است [۳۲; ۳۳].



شکل ۲. نمایش تعدادی از شاخص‌های ایزوویست در یک نقطهٔ ایستگاهی ناظر [۲۷].

به‌علاوه همان‌طور که اشاره شد بسیاری از پژوهشگران در بررسی کیفیت فضای داخل مسکونی، باز بودن بصری به منظررا را مهم دانسته‌اند[۳; ۹; ۱۳]. در حقیقت دید باز داشتن با دسترسی به نور، تهویهٔ فضا و تراکم احساس شده از فضا و حس رضایت از فضا در ارتباط است. کاپلان‌ها و رایان در کتاب «طراحی و مدیریت منظر در طبیعت پیرامون از نگاه مردم» بیان می‌کند که چشم‌انداز اگر وسعت داشته باشد، مطلوب‌تر بنظر می‌رسد، مردم مکان‌های با پنجره را به جای مکان‌های بدون پنجره ترجیح می‌دهند، یک وجود یک منظرهٔ طبیعی به جای یک منظر ساخته شده است در پشت پنجره مطلوب‌تر به‌نظر می‌رسد، که می‌تواند سلامت و رفاه را تحت تاثیر قرار دهد [۳۴; ۳۵]. بنابراین با توجه به مطالعات صورت گرفته در هر نقطه از فضاهای داخلی که سطح وسیع‌تری از فضای بیرون مشاهده شود بر کیفیت و ترجیح بصری محیط داخل می‌افزاید. با توجه به اهداف تحقیق شاخص‌ها در این پژوهش سه شاخص بیشترین خط شعاعی دید، شاخص اتصال دید و شاخص میانگین عمق دید انتخاب شده‌اند.

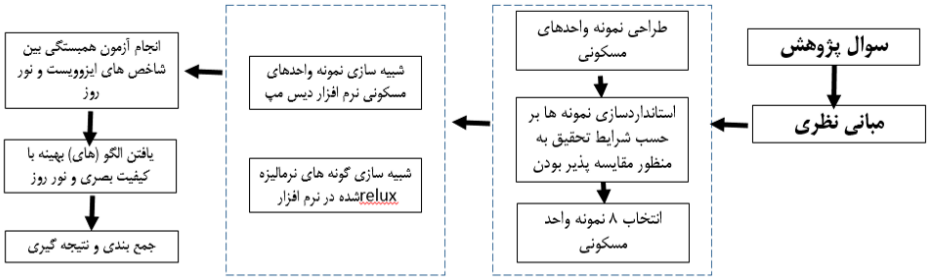
- **ب) نور روز**

شدت روشنایی، **میزان شار نوری است که بر واحد سطح می‌تابد** و واحد آن **لوکس** و علامت اختصاری آن (**E**) است، که برای هر فضای داخلی با توجه به نوع و ماهیت کاربری پیش‌بینی شده در فضا و یا دقت مورد نیاز برای آن کاربری، با مراجعه به جداول طبقه بندی میزان شدت نور مورد نیاز برای کاربری‌های مختلف در استانداردها تعیین می شود [۳۶]. آسایش بصری در یک فضا نیز به‌طور مستقیم با تضاد سطوح و تنوع روشنایی فضا در ارتباط است. شاخصهٔ

دیگری تعیین‌کننده چگونگی توزیع روشنایی در داخل فضا است نرخ یکنواختی[1] می‌باشد. یکنواختی نور محیط (U_0) به میزان پخش یکنواخت نور در محیط یا فضای کار اطلاق شده و از نسبت شدت روشنایی حداقل (E_{min}) به شدت روشنایی متوسط (E_{ave}) بدست می آید [۳۷].

روش تحقیق

در این پژوهش با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای عوامل مؤثر بر دستیابی به کیفیت بصری و فاکتورهای تابش خورشیدی مؤثر در فضاهای داخلی واحدهای مسکونی مشخص شده است. سپس به عنوان نمونهٔ مطالعاتی، هشت مدل فضای مسکونی در شهر اصفهان، در نظرگرفته شده این مدل‌ها بـرای کاهش نقش عوامل مداخله‌گر خارج از چارچوب تحقیق، در برخی از فاکتورها ثابت هستند (نرمالیزه کردن واحدها به منظور ایجاد شرایطی قابل مقایسه در نمونه‌ها)، که شامل: موقعیت بازشوها (به علت این‌که موقعیت بازشو به عنوان یک متغیر در بررسی‌ها ثابت بماند و تاثیر چیدمان فضای داخلی متغیر تاثیرگذار تحقیق باشد)، مساحت ثابت واحدها (محل ورودی ثابت در نظر گرفته شده و بعد از گذر از فضای ورودی، چهار فضای اتاق خواب ، سرویس بهداشتی، آشپزخانه و پذیرایی در موقعیت های متفاوت نسبت به ورودی قرار گرفته اند)، می باشد. پس از طراحی واحدها با در نظر گرفتن هدف تحقیق، کیفیت بصری این مدل‌ها از طریق استخراج شاخص‌های ایزوویست تحلیل می‌شود. در همین حال، شاخص‌های نور روز، از طریق نرم افزار ریلوکس استخراج خواهد شد. در نهایت، رابطهٔ همبستگی بین شاخص‌های ایزوویست (به عنوان متغیرهای مستقل) با شاخص‌های نو روز (به عنوان متغیر وابسته) مـورد آزمـون قـرار خواهد گرفت. برای درک بهتر روش کار در پژوهش حاضر، در شکل ۳ به توضیح هر یک از بخش‌ها پرداخته شده است.



شکل ۳. روند کلی تحقیق در طول پژوهش (نویسندگان)

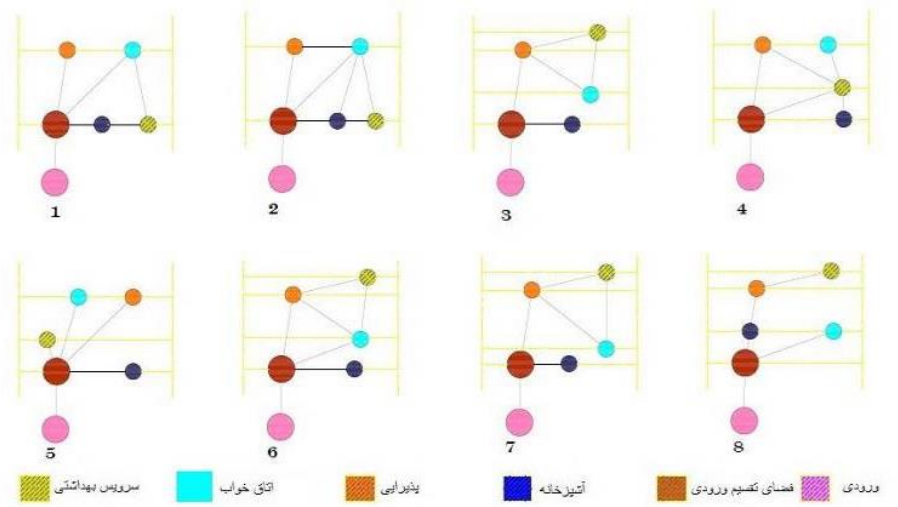
مدل‌های فضای مسکونی شبیه‌سازی شده در شکل ۴ مشخص است و گراف این ۸ مدل نیز در شکل ۵ نشان داده شده است. این ۸ نمونه با توجه به سوال تحقیق و خواستهٔ پژوهش به صورتی در نظر گرفته شده، پوستهٔ خارجی و ابعاد پنجره‌ها در این مدل‌ها یکسان است و همان‌طور که مشخص است تفاوت نمونه‌های مطالعاتی در نوع چیدمان فضا و پارتیشن بندی فضاهای داخلی می‌باشد. در مقالهٔ حاضر نیز به بررسی تاثیر همین چیدمان داخلی فضاها بر چگونگی توزیع نور روز در داخل فضاها و در نهایت به دست آوردن نوع الگوی بهینه از نظر شاخص‌های کیفیت بصری و نور روز می‌باشد.

[1] Uo

تبیین کیفیت بصری ۸ مدل طراحی شده، از طریق استخراج مقادیر کمی شاخص‌های ایزوویست حاصل می‌شود. از میان مجموعهٔ شاخص‌های ایزوویست با توجه به هدف این پژوهش و همچنین نزدیک بودن و هم‌پوشانی برخی از این شاخص‌ها و نیز جلوگیری از تکرار و در نهایت با توجه به نوع تجربهٔ فضایی مرتبط با هر شاخص ایـزوویـسـت، سه شاخص: بیشترین خط شعاعی، شاخص اتصال دید و شاخص میانگین عمق دید به طور مستقیم از نرم‌افزار محاسباتی دیس‌مپ استخراج می‌شود. به منظور اندازه‌گیری این سه شاخص پس از شبکه‌بندی الگوی زمینه ایزوویست به مربع‌های با ابعاد نیم متر در نیم متر، (در مجموع ۲۵۶ نقطه در هر پلان به عنوان مرکز شبکه‌ها در تحلیل‌ها در نظر گرفته شده است) در مرکز هر مربع از شبکه (نقطهٔ فرضی ناظر درون فضا)، مقادیر کمی شاخص‌ها محاسبه و استخراج می‌شود.

در شبیه سازی‌ها به کمک نرم افزار روشنایی ریلوکس مواردی همچون؛ رنگ و ضریب بازتاب همه سطوح، زاویه و جهت تابش خورشید، زمان روز و سال، مدت زمان حضور افراد در فضا ثابت در نظر گرفته خواهد شد و تنها با تغییر چیدمان سطوح داخلی پلان به بررسی متغیر های نور روز پرداخته خواهد شد. در جدول ۱ تمام مشخصات مورد نیاز در مدل سازی‌ها به کمک ابزار ریلوکس آورده شده است. شبیه سازی‌ها در تاریخ بیست و شش دی ماه ساعت یازده و سی دقیقه ظهر انجام شده است به عنوان ساعات پیک که نور روز مورد نیاز بوده و نور نه خیلی کم و نه خیلی زیاد است. در انتخاب سناریوها با توجه به مساحت فضا، همه سناریو با ظرفیت ۳-۴ کاربر در نظر گرفته‌شده است. در شبیه سازی‌ها از لامپ و یا نور مصنوعی استفاده نشده است و همه مراحل در حضور نور طبیعی روز بررسی شده است. سپس داده‌های حاصل برای آزمون آماری به نرم‌افزار SPSS انتقال می‌یابد.

شکل ۴. هندسه هشت نمونه مطالعاتی از الگوی مسکونی با موقعیت ثابت بازشوها (نویسندگان).



شکل ۵. گراف فضایی هشت نمونه مطالعاتی از الگوی مسکونی با موقعیت ثابت بازشوها (نویسندگان)

جدول۱: ویژگی‌ها و مشخصات نمونه‌های مورد مطالعه (نویسندگان)

	مشخصات فضا	محیط مسکونی (Residential area) استاندارد (SN EN 12464-1, 8.2011) 5.36.22
۱	میانگین شدت روشنایی E_m(lx)	۳۰۰
۲	نرخ یکنواختی (Uo)	۰.۶
۳	شاخص رندر رنگ (CRI)	۸۰
۴	ارتفاع در نظر گرفته شده برای تحلیل‌ها (Height of the reference plan(m))	۰.۸
۵	نوع آسمان	ابری (Overcast)
۶	طول جغرافیایی(degree)	۵۰
۷	عرض جغرافیایی(degree)	۳۰
۸	ضریب بازتاب کف (Rho)	۰.۴
۹	ضریب بازتاب دیوارها (Rho)	۰.۷
۱۰	ضریب بازتاب سقف (Rho)	۰.۶
۱۱	ضریب بازتاب فریم آلومینیومی پنجره (Rho)	۰.۸
۱۲	درصد عبور نور پنجره (%Window Transmittance)	۸۰

اعتبار سنجی

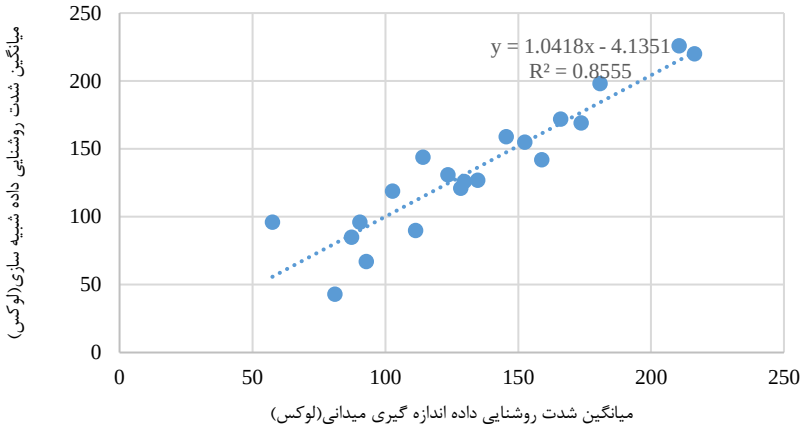
به منظور سنجش اعتبار ابزار ایزوویست و نرم افزار دیس مپ باید بیان کرد که در پژوهشی دزبیک نشان داد که پاسخ ادارکی شرکت‌کنندگان در آزمایش‌های مجازی، با شاخص‌های مساحت ایزوویست، دارای ارتباط و همبستگی معنی‌دار است. وی همچنین، در پژوهش دیگری نشان داد که مساحت ایزوویست با درک فضامندی دارای همبستگی بوده و تعداد رئوس ایزوویست با اجتماع‌پذیری، همبستگی منفی دارد[۲۷]. در همین چارچوب، وینر و همکاران،

سودمندی تجزیه و تحلیل ایزوویست را تایید کرده و نشان دادند که این روش، ابزاری نویدبخش برای پیش‌بینی کیفیت تجربی معماری و حرکت بهره‌بردار در فضا است. با توجه به هم‌پوشانی شاخص‌های ایزوویست در این پژوهش سه شاخص بیشترین خط شعاعی دید، شاخص اتصال دید و میانگین عمق دید از میان شاخص‌های نرم افزار دیس مپ جهت بررسی انتخاب شده‌اند. در جدول ۲ ارتباط شاخص‌های ایزوویست در زمینهٔ تجربهٔ فضایی با توجه به مطالعات صورت گرفته آورده شده است [۳۸].

جدول ۲. شاخص‌های کیفیت بصری در ارتباط با تجربهٔ فضایی [۲۷؛۳۱؛۳۸]

شاخص	تعریف	معادل انگلیسی	تجربهٔ فضایی (از نظر بصری)
بیشترین خط شعاعی	طول طولانی‌ترین خط شعاعی که از نقطه ایستگاهی ناظر دیده می‌شود	Maximum Radial Line (RI(I))	چشم انداز
شاخص اتصال دید	میزان اتصال خطوط محوری دید، تعداد دسترسی های منتهی به نقطه ایستگاهی ناظر (منتهی به فضای مورد نظر)	Connectivity(c)	دسترسی و ارتباط فضایی
شاخص میانگین عمق دید	جدایی گزینی نقطه ناظر از کلیت پیکره بندی	Visual Mean Depth	فضای مجزا گشته

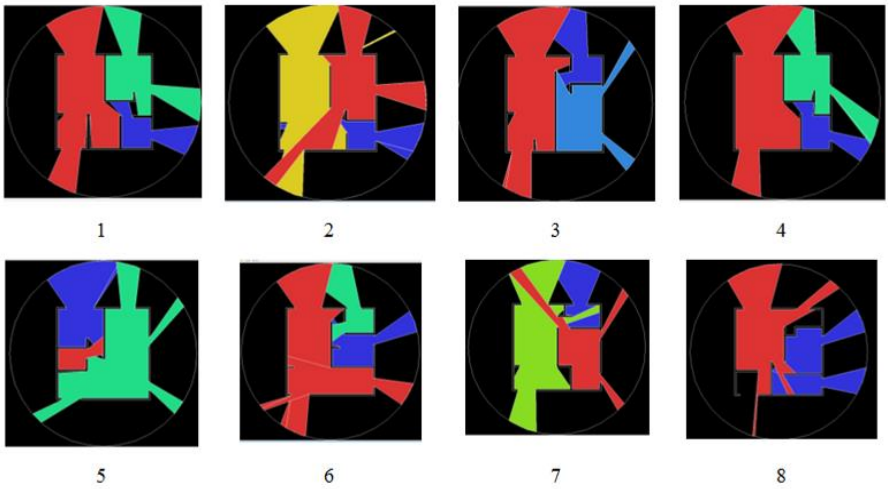
همچنین در راستای اعتبارسنجی نرم افزار روشنایی ریلوکس نیز در به اندازه‌گیری شدت روشنایی در یک نمونهٔ واقعی در شهر اصفهان پرداخته شده است. به این منظور یک فضای معماری واقعی با کمک دستگاه لوکس متر برای اندازه‌گیری شدت روشنایی در نقاط مختلف در نظر گرفته شده است. شکل ۶ مقایسه مقادیر حاصل از شبیه‌سازی و اندازه‌گیری‌ها حاصل اندازه‌گیری در نمونهٔ واقعی و در مدل شبیه سازی شده در نرم افزار را نشان می دهد. نتایج حاصل از این مقایسه نشان می‌دهد که داده‌های برگرفته از اندازه‌گیری های میدانی و داده‌های به دست آمده از شبیه‌سازی رفتار یکسانی نسبت به یکدیگر داشته‌اند و اختلاف کمی در میان آنها دیده می‌شود (شکل ۶).



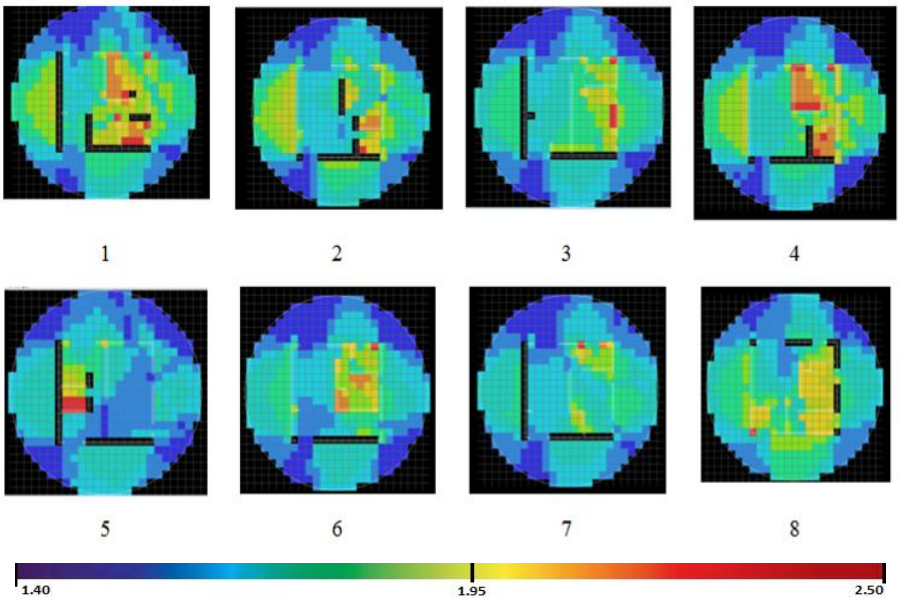
شکل ۶. مقایسهٔ مقادیر شدت روشنایی حاصل از اندازه‌گیری و شبیه‌سازی در نمونه واقعی (نویسندگان)

بحث و تحلیل نتایج

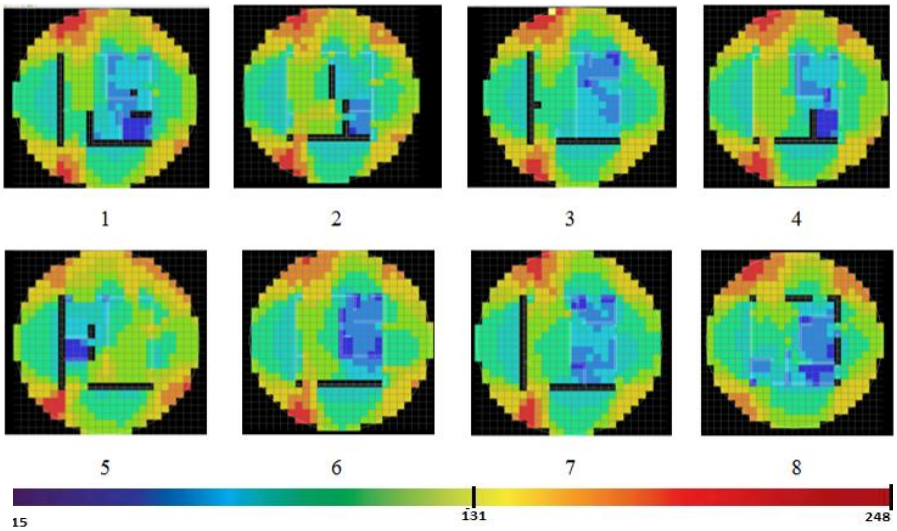
در این مرحله از تحقیق به بررسی و آنالیز مدل‌های مورد نظر در نرم افزار دیس مپ و نیز با ابزار ایزوویست و همچنین بررسی شاخص نور روز در نرم افزار ریلوکس پرداخته شده است. در این راستا معرفی و تحلیل هر یک از شاخص‌های ایزوویست برای هر یک از نمونه فضاهای مسکونی آورده شده است. در این جهت، شاخص بیشترین خط شعاعی دید در ایزوویست شاخصی است که طول طولانی‌ترین خط شعاعی که از نقطه ایستگاهی ناظر دیده می شود را بررسی می‌کند (شکل۷). در این تحقیق با توجه به شبکه بندی فضا ناظر در نقاط مختلف فضای داخلی فرض شده است و میانگین حداکثر شعاع‌های دید او در جدول۲ آورده شده است. سناریو ۲ دارای بیشترین مقدار این شاخص است این امر نشان دهندهٔ این است که این سناریو، ناظر در هر نقطهٔ درونی و تعیین شده فضا و در مجموع بزرگترین شعاع دید بیشتری نسبت به سایر سناریو ها دارد و به تبع آن چشم‌انداز بیشتری به محیط اطراف خواهد داشت. همچنین سناریو ۸ کمترین مقدار این شاخص را دارد این امر نشان می‌دهد که در این سناریو، ناظر در هر نقطهٔ درونی و تعیین شده فضا و در مجموع بزرگترین شعاع دید کمتری نسبت به سایر سناریوها دارد و به تبع آن چشم‌انداز کمتری به محیط اطراف خواهد داشت. شاخص اتصال دید میزان اتصال خطوط محوری دید، تعداد دسترسی‌های منتهی به نقطه ایستگاهی ناظر را نشان می‌دهد که با تجربهٔ فضایی دسترسی فضایی دارای ارتباط است (شکل ۸)، این شاخص در سناریو ۲ بیشترین مقدار و در سناریو ۸ کمترین مقدار خود را دارد این امر نشان دهندهٔ این است که در سناریو ۲، ناظر در هر نقطهٔ درونی و تعیین شده مجتمع در مجموع نقاط کمتری از محیط اطراف را می‌بیند و اتصال دید کمتری خواهد داشت(جدول۳). شاخص میانگین عمق دید جدایی گزینی نقطهٔ ناظر از کلیت پیکره‌بندی را نشان می‌دهد این شاخص با تجربهٔ فضایی، فضای مجزا گشته در ارتباط است این شاخص در سناریو ۸ بیشترین مقدار خود و در سناریو ۲ کمترین مقدار خود را دارد (شکل۹، جدول۳).



شکل ۷. نمایش نحوهٔ تحلیل شاخص بیشترین خط شعاعی دید ایزوویست در یک نقطه ناظر تصادفی درون هریک از هشت نمونه فضای داخلی مسکونی مورد مطالعه (طول بیشترین خط شعاعی دید، واحد اعداد در تحلیل‌ها بر حسب متر است) (نویسندگان)



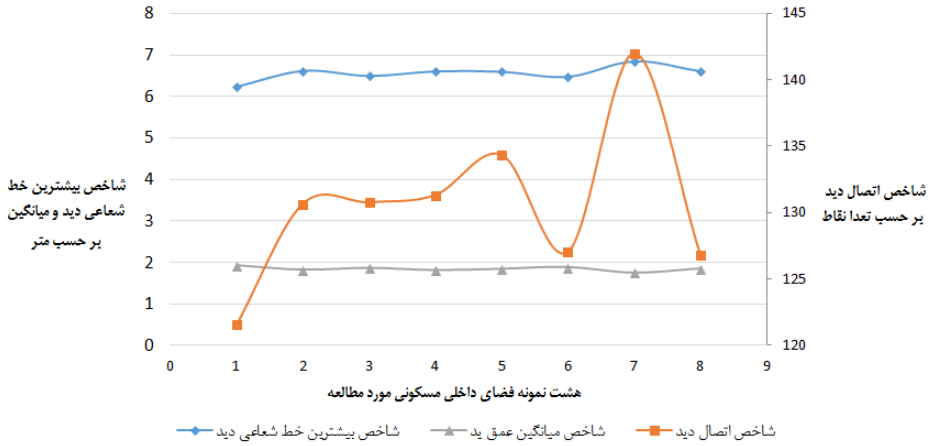
شکل ۸. تحلیل شاخص میانگین عمق دید ایزوویست در هشت نمونه فضای داخلی مسکونی مورد مطالعه (واحد اعداد در تحلیل‌ها بر حسب متر است) (نویسندگان)



شکل ۹. تحلیل شاخص اتصال دید ایزوویست در هشت نمونه فضای داخلی مسکونی مورد (واحد اعداد در تحلیل‌ها بر حسب تعدا نقاط منتهی به نقطه ایستگاهی ناظر است) (نویسندگان)

جدول۳. نتایج عددی حاصل از میانگین شاخص‌های ایزوویست در هشت نمونه فضای داخلی مسکونی مورد مطالعه (نویسندگان)

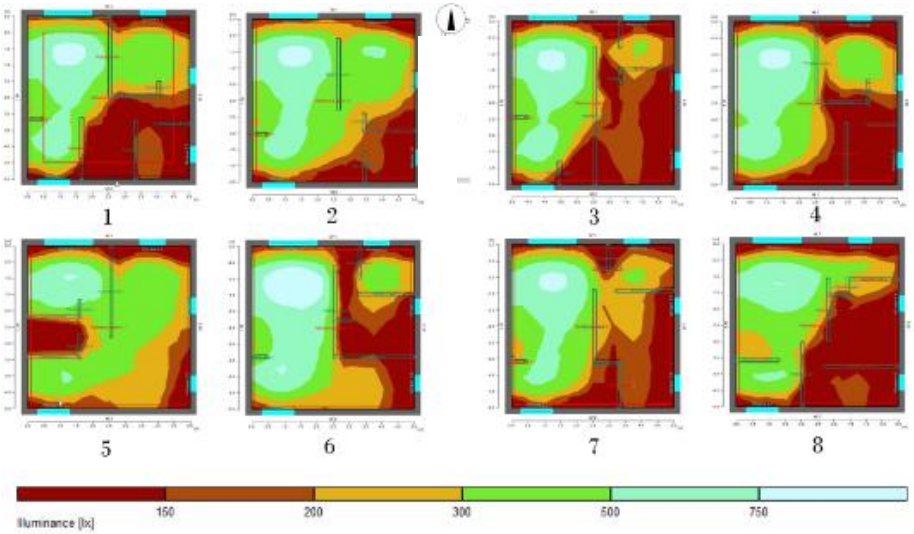
شاخص	نمونه۱	نمونه۲	نمونه ۳	نمونه ۴	نمونه ۵	نمونه ۶	نمونه ۷	نمونه ۸
بیشترین خط شعاعی دید	۶٫۶۱	۶٫۸۵	۶٫۴۸	۶٫۶۰	۶٫۶۱	۶٫۵۰	۶٫۶۲	۶٫۲۴
اتصال دید	۱۲۶٫۸۳	۱۴۲٫۰۳	۱۲۷٫۰۹	۱۳۴٫۳۹	۱۳۱٫۳۷	۱۳۰٫۸۲	۱۳۰٫۷۱	۱۲۱٫۶۰
میانگین عمق دید	۱٫۸۶	۱٫۷۶	۱٫۸۹	۱٫۸۵	۱٫۸۲	۱٫۸۷	۱٫۸۳	۱٫۹۳



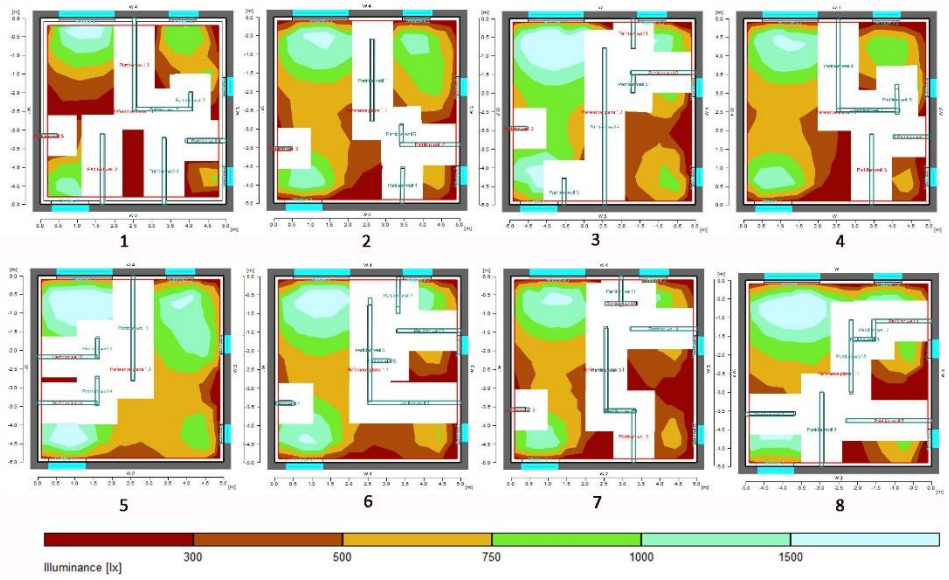
شکل ۱۰. نتایج عددی حاصل از میانگین شاخص‌های ایزوویست در هشت نمونه فضای داخلی مسکونی مورد مطالعه (نویسندگان)

برای بررسی چگونگی توزیع نور روزانه در هشت نمونه فضای مسکونی مورد بررسی در این مرحله از تحقیق با استفاده از نرم افزار روشنایی ریلوکس، شبیه‌سازی نمونه‌ها و نیز آنالیز داده‌ها انجام شده است. شکل ۱۱ و ۱۲ چگونگی توزیع شدت روشنایی و نرخ یکنواختی به عنوان دو شاخص بررسی شده نور روز در این پژوهش برای هر نمونه را نشان می‌دهد. چگونگی توزیع شدت روشنایی در برخی نمونه‌ها به گونهٔ بهتری فراهم شده است و در برخی دیگر نیز محدودهٔ کمی را به خود اختصاص داده است. با بررسی این دو شاخص می‌توان بیان کرد که توزیع شدت روشنایی در نمونه‌های ۱،۳،۴،۸ فضاهای تاریکی را به خود اختصاص داده است که به میزان کمی در محدوده شدت روشنایی استاندارد(۲۰۰-۳۰۰ لوکس) قرار گرفته‌اند. اگرچه با توجه به شکل ۱۲ دیده می‌شود که نمونه‌های ۱،۳،۴، میانگین شدت روشنایی بیشتر از حد استاندارد را دارند، اما وجود فضاهای تاریک در برخی فضاها نیز چشم‌گیر است. در گونهٔ ۵ و ۲ نیز شدت روشنایی بیشتر از محدود استاندارد خود می‌باشد. همچنین در گونهٔ ۶ نیز فضای خواب نور مناسبی را به خود اختصاص نداده است. در نهایت از میان همه گونه‌های مورد نظر گونهٔ ۷ از نظر شدت روشنایی توزیع شده در همه فضاهای داخلی به صورت مناسب‌تری عمل کرده است و می‌توان گفت گزینهٔ بهتری از نظر چیدمان فضاهای داخلی می‌باشد. به علاوه با توجه به شکل ۱۲ شاخص نرخ یکنواختی نیز در گونهٔ ۱،۵ نسبت به میزان استاندارد خود یعنی در بازهٔ ۰-۰.۶، در کمترین میزان است. گونه‌های ۲،۳،۴،۶ در محدود نسبتاً کمی از نظر نرخ یکنواختی قرار دارند. در حالی که برای نمونهٔ ۷ این میزان در محدودهٔ مناسب و نزدیک‌ترین مقدار به ۰.۶ قرار گرفته است. لازم به ذکر است که در شکل ۱۱ در واقع چون در ضلع شمالی بنا دو پنجره و با ابعاد بزرگ تر از پنجره جنوبی قرار دارند میزان نور ورودی در فضا به نسبت کمی بیشتر از یک پنجرهٔ کوچک جنوبی می‌باشد. همچنین با توجه به این‌که در شبیه‌سازی‌ها فاکتور نور روز و شدت روشنایی به‌عنوان متغیر وابسته در نظرگرفته‌شده است و مقدار فاکتور نور روز در هر تاریخ و زمان سال با توجه به یکسان بودن نسبت بین شدت روشنایی در داخل و بیرون فضا (تغییرات هم‌زمان هر دو گزینه) به مقدار اندکی تغییر می‌یابد؛ بنابراین شبیه‌سازی‌ها در یک روز از سال به عنوان نمونه انجام‌شده است. اعداد ذکر شده میانگین شدت روشنایی در زمان اشغال فضا است. همچنین در تصویر ۱۱ بجای قرار دادن فاکتور نور روز به خاطر درک بهتر توزیع نور روز میزان شدت روشنایی در کف فضاهای مسکونی آورده شده است. در شکل۱۲میزان شدت روشنایی در ارتفاع ۸۰ سانتی‌متری از کف فضاها (به

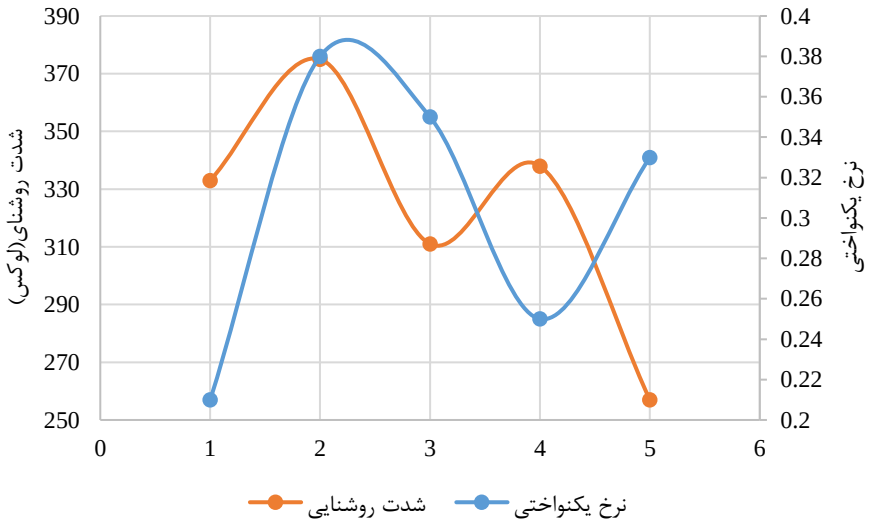
عنوان سطح کار و فعالیت) آورده شده است این نمودار نشان می‌دهد نزدیک پنجره که محدودهٔ رنگ در حدود ۳۰۰ لوکس می‌باشد که به دلیل کوچک بودن ابعاد پنجره و پایین‌تر بودن سطح کار نسبت به okb پنجره (۱۱۰ سانتی‌متر) نشان داده شده است. همچنین در شکل ۱۳ مقدار میانگین شدت روشنایی در کل فضا در ارتفاع ۸۰ سانتی‌متری از کف به صورت یک عدد نمایش داده شده است که این مقدار در بررسی همبستگی شاخص‌های تحقیق استفاده خواهد شد.



شکل ۱۱. چگونگی توزیع میانگین شدت روشنایی در کف فضای داخلی هشت نمونه واحد مسکونی (نویسندگان)



شکل ۱۲. چگونگی توزیع میانگین شدت روشنایی در ارتفاع ۸۰ سانتی‌متری از کف به عنوان پلان مرجع در هشت نمونه واحد مسکونی (نویسندگان)



شکل ۱۳. نتایج عددی میانگین توزیع شدت روشنایی و نرخ یکنواختی در ارتفاع۸۰ سانتی‌متری از کف پلان هشت نمونه مطالعاتی (نویسندگان)

به منظور تشخیص ارتباط بین متغیرهای پژوهش با توجه به ماهیت داده‌ها از آزمون پیرسن در نرم افزار SPSS استفاده شده است. میزان همبستگی و یا عدم همبستگی در سطح معناداری ۰.۰۱= α و ۰.۰۵= α مورد بررسی قرار داده شده است. ضریب همبستگی بین دو متغیر با ρ نمایش داده می‌شود که هرچه مقدار آن به عدد ۱ نزدیکتر باشد میزان همبستگی دو متغیر در جهت مستقیم بیشتر و هرچه مقدار ρ به عدد ۱- نزدیکتر باشد، میزان همبستگی در جهت معکوس بیشتر است. همچنین زمانی که ۰ = ρ باشد، بین دو متغیر هیچگونهٔ رابطهٔ همبستگی وجود ندارد. خروجی آزمون همبستگی رابطهٔ معناداری را در سطح معناداری ۰.۰۱ بین شاخص‌های ایزوویست و شاخص‌های نور روز نشان می‌دهد به طوری که حداکثر شعاع دید با شاخص توزیع شدت روشنایی و نرخ یکنواختی ارتباط مستقیم و همبستگی مثبت و با شاخص عمق دید ارتباط معکوس همبستگی منفی دارد. شاخص اتصال دید با شاخص توزیع شدت روشنایی و نرخ یکنواختی ارتباط مستقیم و همبستگی مثبت و با شاخص عمق دید ارتباط معکوس همبستگی منفی دارد. شاخص میانگین عمق دید نیز با شاخص حداکثر شعاع دید و اتصال دید نرخ یکنواختی و شدت روشنایی ارتباط معکوس و همبستگی منفی دارد (جدول۴).

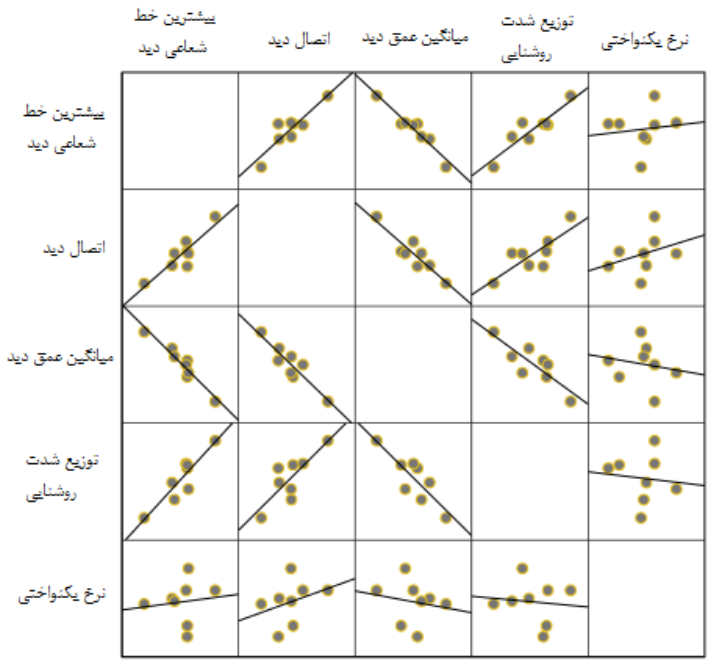
در ادامه رابطهٔ متغیرها با هم در نمودارهای پراکنش نمایش داده شده است. همان‌طور که در ماتریس همبستگی رابطهٔ همبستگی متغیرها با یکدیگر و ضرایب همبستگی آنها بررسی شده است، در این نمودار به صورت قالب‌های گرافیکی ارتباط بین متغیرها دو به دو بررسی شده است و قطر اصلی نمودار ماتریس پراکنش بین چند متغیر خالی است که همان رابطهٔ هر متغیر با خود می‌باشد، در هر نمودار بهترین خط برازش نیز ترسیم شده است (شکل ۱۳).

جدول ۴. نتایج همبستگی شاخص‌های نور روز و کیفیت بصری در هشت نمونه مطالعاتی فضاهای مسکونی مورد نظر (نویسندگان)

	بیشترین خط شعاعی دید	اتصال دید	میانگین عمق دید	توزیع شدت روشنایی	نرخ یکنواختی
بیشترین خط شعاعی دید	۱	۰.۸۹۵**	-۰.۹۶۰**	۰.۹۰۸**	۰.۱۲۶
اتصال دید	۰.۸۹۵**	۱	-۰.۹۱۵**	۰.۸۱۱*	۰.۳۳۴
میانگین عمق دید	-۰.۹۶۰**	-۰.۹۱۵**	۱	-۰.۸۴۸**	-۰.۱۸۰
توزیع شدت روشنایی	۰.۹۰۸**	۰.۸۱۱*	-۰.۸۴۸**	۱	-۰.۱۰۴
نرخ یکنواختی	۰.۱۲۶	۰.۳۳۴	-۰.۱۸۰	-۰.۱۰۴	۱

** همبستگی در سطح ۰.۰۱ معنادار است.

*همبستگی در سطح ۰.۰۵ معنادار است.



شکل۱۴. نمودار پراکنش به همراه بهترین خط برازش در شاخص‌های نور روز و کیفیت بصری در هشت نمونه مطالعاتی فضاهای مسکونی مورد نظر (نویسندگان)

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ابزار ایزوویست برای دستیابی بـه یـک بیان کمی از کیفیت بصری در فضای داخلی واحدهای مسکونی استفاده شـد. داده‌های ایـن ابـــزار بـا داده‌های نرم افزار ریلوکس مـــورد ارزیـابـی و تحلیل قرارگرفته و ضمن تأیید روایی این روش، نشان داده شد که با استفاده از تحلیل شاخص‌های ایزوویست می‌توان رویکردی جدید در سنجش کیفیت بصری در ضمن توجه به شاخص‌های نور روز را در ساختارهای فضایی معرفی کرد.

در این پژوهش، پس از بیان و مرور مفاهیم اولیه تحقیق به بررسی و آنالیز نتایج به دست آمده در مدل سازی‌ها پرداخته شده است. با مدل‌سازی و انجام شبیه‌سازی‌ها برای ۸ مدل مورد نظر در دو مرحله از تحقیق نتایج زیر به دست آمده است؛ از نظر توزیع مناسب نور طبیعی، به دست می‌آید که در گونهٔ چیدمان ۷ فضای مسکونی مقادیر شدت روشنایی (Lux) و نرخ یکنواختی (uo) به میزان استاندارد خود نزدیک‌تر بوده و فضای بهتری را از نظر توزیع نور طبیعی فراهم آورده است. می‌توان گفت که الگوی فضای مدل‌سازی شده در این مرحله به عنوان یک الگوی بهینه ازنظر توزیع مناسب روشنایی برای فضاهای روشن ارائه شده است. از نظر بررسی شاخص‌های کیفیت بصری با استفاده از تحلیل‌های ایزوویست در نرم افزار دیس مپ نیز به دست آمده است که شاخص بیشترین خط شعاعی دید و اتصال دید در سناریو۲ بیشترین مقدار و شاخص میانگین عمق دید در این سناریو از همه کمتر است. در حقیقیت می‌توان استباط کرد که تغییر در چیدمان و عناصر داخلی یک فضای معماری می تواند موجب فراهم آوردن تقسیمات فضایی بهتر از دیدگاه حفظ خلوت و قلمرو با توجه به کاربری مسکونی واحدهای مسکونی و نیز توزیع مناسب نور روز و افزایش آسایش بصری محیط

گردد. در واقع نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که چیدمان و نحوهٔ آرایش عناصر داخلی بر توزیع مناسب نور طبیعی و نیز کیفیت آسایش بصری کاربران محیط، عنصری مهم و تاثیرگذار می‌باشد همچنین همبستگی بین شاخص‌های مورد مطالعه در این تحقیق نشان دهندهٔ هم‌پوشانی متغیرهای کیفیت بصری و میزان دریافت نور روز در سناریوهای مورد مطالعه است به طوری که در تحقیقات آینده می‌توان نحوهٔ این ارتباط را تدوین و ارائه نمود.

References

[1] Lawson, B. (2001). *Language of space*. Architectural Press. https://www.amazon.com/Language-Space-Bryan-Lawson/dp/0750652462

[2] Tversky, B. (1998). Three dimensions of spatial cognition. In M. A. Conway, S. E. Gathercole, & C. Cornoldi (Eds.), *Theories of memory II*. Psychology Press. https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315804507-11/three-dimensions-spatial-cognition-barbara-tversky

[3] Indraprastha, A., & Shinozaki, M. (2012). Computational models for measuring spatial quality of interior design in virtual environment. *Building and Environment*, *49*(1), 67-85. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.09.017

[4] larijani, M., & Razi Kordmahaleh, L. (2017). Explaining the green job identification and prioritization of renewable energy domain: wind energy. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, *14*(2), 15-32. https://karafan.tvu.ac.ir/article_100503.html?lang= en

[5] Van Esch, M. M. E., Looman, R. H. J., & De Bruin-Hordijk, G. J. (2012). The effects of urban and building design parameters on solar access to the urban canyon and the potential for direct passive solar heating strategies. *Energy and Buildings*, *47*, 189-200. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.042

[6] Altomonte, S. (2008). Daylight for energy savings and psycho-physiological well-being in sustainable built environments. *Journal of sustainable development*, *1*(3), 3-16. https://doi.org/10.5539/jsd.v1n3p3

[7] Schmalwieser, A. W., Enzi, C., Wallisch, S., Holawe, F., Maier, B., & Weihs, P. (2010). UV Exposition During Typical Lifestyle Behavior in an Urban Environment. *Photochemistry and Photobiology*, *86*(3), 711-715. https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2010.00714.x

[8] Tahbaz, M., Jalilian, S., Mousavi, F., & Kazemzadeh, M. (2022). Natural Day lighting in Traditional Houses in Kashan, Case Study of Ameri House. *Journal of Iranian Architecture Studies*, *2*(4), 87-108. https://jias.kashanu.ac.ir/article_111717.html?lang=en

[9] Acre, F., & Wyckmans, A. (2015). Dwelling renovation and spatial quality: The impact of the dwelling renovation on spatial quality determinants. *International Journal of Sustainable Built Environment*, *4*(1), 12-41. https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2015.02.001

[10] Bittermann, M., & Ciftcioglu, O. (2006, April 18-22). *Real-time measurement of perceptual qualities in conceptual design.* Sixth Internationl Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering TMCE 2006, Ljubljana, Slovenia. https://www.narcis.nl/publication/RecordID/oai:tudelft.nl:uuid%3Ab1611514-a4a2-4cfb-8579-4abdc629205b

[11] Koile, K. (2001). *The Architect's Collaborator: Toward Intelligence Design Tools for Conceptual Design* [PhD, Dissertation massachusetts institute of technology]. Cambridge, Massachusetts. https://core.ac.uk/download/pdf/4384119.pdf

[12] Key, S., Grosss, M. D., & Do, E. Y-L. (2008, October 31). *Computing spatial qualities for architecture.* Proceedings of the 28th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture, Minneapolis, Minnesota. https://www.researchgate.net/publication/30871556_Computing_Spatial_Qualities_For_Architecture

[13] Shach-Pinsly, D., Fisher-Gewirtzman, D., & Burt, M. (2011). Visual Exposure and Visual Openness: An Integrated Approach and Comparative Evaluation. *Journal of Urban Design*, *16*(2), 233-256. https://doi.org/10.1080/13574809.2011.548979

[14] Alrubaih, M. S., Zain, M. F. M., Alghoul, M. A., Ibrahim, N. L. N., Shameri, M. A., & Elayeb, O. (2013). Research and development on aspects of daylighting fundamentals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *21*, 494-505. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.057

[15] Chen, Y., Liu, J., Pei, J., Cao, X., Chen, Q., & Jiang, Y. (2014). Experimental and simulation study on the performance of daylighting in an industrial building and its energy saving potential. *Energy and Buildings*, *73*, 184-191. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.01.030

[16] Chi, D. A. (2022). Solar energy density as a benchmark to improve daylight availability and energy performance in buildings: A single metric for a single-objective optimization. *Solar Energy*, *234*, 304-318. https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.01.068

[17] Iommi, M. (2019). Daylighting performances and visual comfort in Le Corbusier's architecture. The daylighting analysis of seven unrealized residential buildings. *Energy and Buildings*, *184*, 242-263. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.12.014

[18] Khidmat, R. P., Fukuda, H., Kustiani, Paramita, B., Qingsong, M., & Hariyadi, A. (2022). Investigation into the daylight performance of expanded-metal shading through parametric design and multi-objective optimisation in Japan. *Journal of Building Engineering*, *51*, 104241. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104241

[19] Samiou, A. I., Doulos, L. T., & Zerefos, S. (2022). Daylighting and artificial lighting criteria that promote performance and optical comfort in preschool classrooms. *Energy and Buildings*, *258*(2), 111819. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111819

[20] Mahdavinejad, M. J., & Bemanian, M. R. (2012). Estimation Performance of Horizontal Light Pipes in Deep-Plan Buildings* Case. *Honar-Ha-Ye-Ziba: Memary Va Shahrsazi*, *17*(4), 1-15. https://doi.org/10.22059/jfaup.2012.36364

[21] Mukherjee, S. (2014). CIE standard general Sky type identification for Delhi during winter and summer. *Journal of Optics*, *43*(3), 247-256. https://doi.org/10.1007/s12596-014-0218-5

[22] Kim, G., & Kim, J. T. (2010). Healthy-daylighting design for the living environment in apartments in Korea. *Building and Environment*, *45*(2), 287-294. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.07.018

[23] Ahmad, T., Thaheem, M. J., & Anwar, A. (2016). Developing a green-building design approach by selective use of systems and techniques. *Architectural Engineering and Design Management*, *12*(1), 29-50. https://doi.org/10.1080/17452007.2015.1095709

[24] Heidari, A. A., Ghasemian Asl, I., & Kiaei, M. (2016). Analysis of the spatial structure of traditional Iranian houses using the method of space syntax, a case study: comparison of houses in Yazd, Kashan and Isfahan. *Iranian Islamic City Studies*, *7*(28), 21-33. https://www.sid.ir/paper/505298/en

[25] Wiegand, D. M., Ramsey, J., Burr, G., & Choi, J. (2013). *Lighting, Indoor Environmental Quality Concerns, and Job Stress at a Call Center-California*. Centers for Disease Control and Prevention. https://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/2012-0081-3169.pdf

[26] Dawes, M. J., & Ostwald, M. J. (2014). Prospect-Refuge theory and the textile-block houses of Frank Lloyd Wright: An analysis of spatio-visual characteristics using isovists. *Building and Environment*, *80*, 228-240. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.05.026

[27] Ostwald, M. J., & Dawes, M. (2013). Prospect-refuge patterns in Frank Lloyd Wright's Prairie houses: Using isovist fields to examine the evidence. *The Journal of Space Syntax*, *4*(1), 136-159. https://www.researchgate.net/publication/292771536_Prospect-refuge_patterns_in_Frank_Lloyd_Wright%27s_Prairie_houses_using_isovist_fields_to_examine_the_evidence

[28] Benedikt, M., & Burnham, C. A. (1985). Perceiving Architectural Space: From Optic Arrays to isovists. In W. H. Warren Jr & R. E. Shaw (Eds.), *Persistence and change: Proceedings of the first international conference on event perception*. lawrence erlbaum associates https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=DYh_AAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Perceiving+Architectural+Space:+From+Optic+Arrays+to.+Paper+presented+at+the+Persistence+and+change&ots=QJ-xM6NFZn&sig=7kR5cVL0oJN0S-95X0bHXw6OFwE#v=onepage&q&f=false

[29] Tahar, B., & Brown, F. (2003). *The visibility graph: An approach for the analysis of traditional domestic M'zabite* 4th International Space Syntax Symposium, University College London, London. https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=4ff2ced149c1f43da5a929847dbddf56e7df2dee

[30] Franz, G., Von Der Heyde, M., & Bülthoff, H. H. (2004, July 7-10). *Predicting experiential qualities of architecture by its spatial properties.* 18th International Association for People-Environment Studies, Vienna, Austria. https://pure.mpg.de/rest/items/item_1791384/component/file_3177032/content

[31] Dzebic, V. (2013). *Isovist analysis as a tool for capturing responses towards the Built Environment* [Master, University of Waterloo]. Ontario, Canada. https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/7511/Dzebic_Vedran.pdf?sequence=1

[32] Esfandiari, A., & Tarkashvand, A. (2020). Application of Isovist analysis and sightlines in measuring visual quality of residential complexes (Case Study: Kermanshah City). *Motaleate shahri*, *9*(35), 19-32. https://doi.org/10.34785/J011.2021.105

[33] Wiener, J. M., & Franz, G. (2004). Isovists as a Means to Predict Spatial Experience and Behavior. In C. Freksa, M. Knauff, B. Krieg-Brückner, B. Nebel, & T. Barkowsky (Eds.), *International Conference on Spatial Cognition*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-32255-9_3

[34] Kaplan, R. (1993). The role of nature in the context of the workplace. *Landscape and Urban Planning*, *26*(1-4), 193-201. https://doi.org/10.1016/0169-2046(93)90016-7

[35] Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge university press. https://www.amazon.com/Experience-Nature-Psychological-Perspective/dp/0521349397

[36] De Groot, S., & Gebhard, J. (1952). Pupil size as determined by adapting luminance. *Journal of the Optical Society of America*, *42*(7), 492-495. https://doi.org/10.1364/JOSA.42.000492

[37] Ruggiero, F., Florensa, R. S., & Dimundo, A. (2009). Re-interpretation of traditional architecture for visual comfort. *Building and Environment*, *44*(9), 1886-1891. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.01.006

[38] Meilinger, T., Franz, G., & Bülthoff, H. H. (2012). From isovists via mental representations to behaviour: first steps toward closing the causal chain. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *39*(1), 48-62. https://doi.org/10.1068/b34048t