

The Role of Natural Surveillance in Enhancing the Security of Public Spaces: A 3D Isovist Analysis of Sari's 13-Pich Alley

Original Article

Atiyeh Asgari^{1*}, Hanieh Ziaratian², Arezoo Soltani³

1- Department of Urbanism. ST.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- M.Sc. in Architectural Technology, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

3- B.Sc. in Architecture, Department of Architecture, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article History

Received: 2025-05-25

Revised: 2025-07-07

Accepted: 2025-07-13

Keywords

3D Isovist

Natural Surveillance

Urban Security

Visibility Analysis

ABSTRACT

Introduction

In recent decades, the security of urban public spaces has become a significant concern for urban designers, planners, and residents. One of the most important contemporary approaches in this regard is the concept of natural surveillance, which posits that spatial design can enhance visual and observational opportunities for indirect monitoring by citizens. This, in turn, can help prevent criminal activities. Rooted in the theories of Jeffrey Hill and Jane Jacobs, this approach is based on the principle that open and visible spaces are less likely to be misused. However, many urban spaces—particularly those within dense, historic urban fabrics—suffer from low levels of natural surveillance due to their physical structures. This can lead to a reduced sense of safety and increased vulnerability. The present study aims to introduce and apply an innovative approach for analyzing and enhancing natural surveillance in urban spaces. As a case study, it examines Kucheh-ye Sizdah-Pich (Thirteen-Turn Alley), located in the historical fabric of Sari, a city in northern Iran. Owing to its specific spatial characteristics, this alley is a clear example of a space with limited potential for natural surveillance, highlighting the urgent need for urban design interventions.

Materials and Methods

This study adopts a quantitative and analytical-simulation approach. To achieve the research objectives, the following steps were undertaken:

1. 3D Modeling: In the first step, the case study area—Kucheh-ye Sizdah-Pich (Thirteen-Turn Alley) located in the historical fabric of Sari—was modeled in high detail using Autodesk Revit. This precise 3D modeling formed the foundation for subsequent spatial analyses and enabled the examination of visual interactions within a virtual environment.
2. 3D Isovist Analysis: Advanced 3D isovist concepts were employed to conduct multilayer spatial analyses following the modeling phase. Isovists, or visibility maps, are powerful tools for assessing the visual field from a specific point in space. This study used analytical tools from Grasshopper—a powerful plugin within the Rhino software environment—to implement 3D isovist algorithms. These tools enabled precise visibility calculations from any desired point within the modeled space.
3. Programming and Data Analysis: Python was utilized to enhance the accuracy and flexibility of

* Corresponding author: a_asgari@iau.ac.ir

the analyses and automate complex processes. Python scripts were developed to process the data generated from the isovist analyses and perform more advanced computations. This stage included evaluating visibility from stationary and mobile observers (fixed viewpoints) (assessing the continuity of vision along movement paths), thus providing a comprehensive picture of the natural surveillance potential.

4. Visualization of Results: Finally, the outcomes of the spatial analyses and Python computations were graphically presented as heatmaps. These visualizations depict the degree of visibility along pathways from the perspective of observers, using color gradients that correspond to standard human visual ranges. This method of visualization greatly facilitated the interpretation and communication of the findings.

Findings

The analyses conducted through 3D modeling, isovist analysis, Grasshopper algorithms, and Python scripting revealed both the strengths and weaknesses of natural surveillance in Kucheh-ye Sizdah-Pich, located in the historical fabric of Sari. The resulting heatmaps differentiated between high and low visibility areas for both stationary and moving observers.

- **Significant Reduction of Surveillance in Curved and Narrow Segments:** The results clearly demonstrated a substantial decline in visibility—and consequently, in natural surveillance—in the narrow and winding segments of the alley. This reduction stems from visual obstructions caused by tall walls and sharp angles, which eliminate the possibility of visual continuity from one point to another. These areas were marked in red on the heatmaps, indicating minimal visibility.
- **Fragmentation of Open and Limited Viewpoints:** It was observed that even in relatively straight segments of the alley, open viewpoints were scattered and discontinuous due to the limited number and placement of doors, windows, and other openings. This discontinuity prevents the formation of a cohesive and effective natural surveillance network throughout the alley.

Conclusion

By introducing and applying an innovative approach to the analysis of natural surveillance, this study was able to quantitatively and precisely assess the visibility and surveillance potential of Kucheh-ye Sizdah-Pich in Sari as a case study. The results clearly indicated that the current spatial configuration of the alley leads to a low level of natural surveillance. However, these findings provide a solid foundation for proposing practical and evidence-based strategies to enhance both safety and spatial quality in this historic urban space:

- **Increasing Openings and Transparency in Facades:** It is recommended to introduce new openings—such as windows, skylights, or even decorative perforated screens—on the facades of buildings facing the alley. The use of transparent or semi-transparent materials in certain parts of the walls can also enhance visual connections for residents and pedestrians.
- **Designing Open-View Green Spaces:** The use of greenery that does not obstruct visibility—such as tall trees with high canopies or low-growing shrubs—can contribute to visual aesthetics while preserving natural surveillance.
- **Improving Lighting and Nighttime Visibility:** Since visibility naturally decreases at night, enhancing the alley's lighting system can play a crucial role in increasing both surveillance and the perceived sense of safety.
- **Encouraging Social Presence:** Creating spaces for seating, social interaction, and small-scale local activities can encourage greater human presence in the alley, which in turn promotes natural surveillance through everyday social engagement.

This analytical method for enhancing safety is not only applicable to Kucheh-ye Sizdah-Pich, but also transferable to similar spaces within the historic fabrics of other cities. The use of advanced analytical tools such as 3D isovists and Python scripting provides a practical approach for precisely identifying spatial vulnerabilities and generating targeted urban design solutions. Ultimately, such methods hold significant potential for improving safety and vitality in public urban spaces.

COPYRIGHTS

©2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.



HOW TO CITE THIS ARTICLE

Asgari A. Ziaratian H. Soltani A. The Role of Natural Surveillance in Enhancing the Security of Public Spaces: A 3D Isovist Analysis of Sari's 13-Pich Alley. Urban Economics and Planning Vol 6(3):118-129. [In Persian]

DOI: 10.22034/UEP.2025.525849.1649



نقش نظارت‌پذیری طبیعی در افزایش امنیت فضاهای عمومی: تحلیل آیزوویست سه‌بعدی کوچه سیزده‌پیچ ساری

مقاله پژوهشی

عطیه عسگری^{۱*}؛ هانیه زیارتیان^۲؛ آرزو سلطانی^۳

۱- گروه شهرسازی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- کارشناسی ارشد فناوری معماری، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

۳- کارشناسی معماری، گروه معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

مقدمه

در دهه‌های اخیر، امنیت فضاهای عمومی شهری به یکی از دغدغه‌های اصلی شهرسازان، برنامه‌ریزان شهری، و ساکنان تبدیل شده است. از مهم‌ترین رویکردهای نوین در این زمینه، مفهوم نظارت‌پذیری طبیعی (Natural Surveillance) است که بر اساس آن، طراحی فضایی می‌تواند به گونه‌ای باشد که فرصت‌های دیداری و بصری را برای نظارت غیرمستقیم شهروندان بر یکدیگر افزایش دهد و در نتیجه، از وقوع جرائم پیشگیری کند. این رویکرد که ریشه در نظریات جفری هیل (Geoffrey Hill) و جین جکوبز (Jane Jacobs) دارد، بر این اصل استوار است که فضاهای باز و قابل مشاهده، کمتر مورد سوءاستفاده قرار می‌گیرند. با این حال، بسیاری از فضاهای شهری، به‌خصوص در بافت‌های تاریخی و فشرده، به دلیل ساختار کالبدی خود، از سطح پایینی از نظارت‌پذیری طبیعی برخوردارند که این امر می‌تواند به کاهش حس امنیت و افزایش آسیب‌پذیری منجر شود. پژوهش حاضر با هدف معرفی و به‌کارگیری رویکردی نوین در تحلیل و تقویت نظارت‌پذیری طبیعی در فضاهای شهری، به بررسی موردی کوچه سیزده‌پیچ واقع در بافت تاریخی شهر ساری به عنوان نمونه موردی می‌پردازد. این کوچه به دلیل ویژگی‌های کالبدی خاص خود، نمونه‌ای بارز از فضایی با پتانسیل پایین نظارت‌پذیری طبیعی است که نیاز به مداخله طراحی شهری را بیش از پیش نمایان می‌سازد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از یک رویکرد کمی و تحلیلی - شبیه‌سازی بهره می‌برد. برای دستیابی به اهداف پژوهش، مراحل زیر به ترتیب انجام شد:

۱. مدل‌سازی سه‌بعدی: در گام نخست، محدوده مورد مطالعه، یعنی کوچه سیزده‌پیچ در بافت تاریخی ساری، با دقت بالا و جزئیات سه‌بعدی با استفاده از نرم‌افزار اتودسک رایت (Autodesk Revit) مدل‌سازی شد. این مدل‌سازی دقیق، پایه و اساس تحلیل‌های فضایی بعدی را فراهم آورد و امکان بررسی تعاملات بصری در یک محیط مجازی را مهیا ساخت.

۲. تحلیل ایزوویست سه‌بعدی: پس از مدل‌سازی، با بهره‌گیری از مفاهیم پیشرفته ایزوویست سه‌بعدی (Isovist 3D)، تحلیل‌های فضایی چندلایه‌ای صورت گرفت. ایزوویست‌ها (نقشه‌های دید) ابزاری قدرتمند برای سنجش میزان دید از یک نقطه خاص در فضا هستند. در این پژوهش، از ابزارهای تحلیلی گرسه‌اپر (Grasshopper) به عنوان یک پلاگین قدرتمند در محیط نرم‌افزار راینو (Rhino) برای اجرای الگوریتم‌های ایزوویست سه‌بعدی استفاده شد. این ابزارها امکان محاسبه دقیق میزان دید از هر نقطه دلخواه را فراهم آوردند.

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۴/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۲

کلمات کلیدی

آیزوویست سه‌بعدی

امنیت شهری

تحلیل میدان دید

نظارت‌پذیری طبیعی

نتیجه‌گیری

این پژوهش با معرفی و به‌کارگیری رویکردی نوین در تحلیل نظارت‌پذیری طبیعی، توانست میزان دیده شدن و پتانسیل نظارتی در کوچه سیزده‌پیچ ساری (به عنوان یک نمونه موردی) را به صورت دقیق و کمی‌سازی شده آشکار سازد. نتایج به‌وضوح نشان داد طراحی کالبدی فعلی این کوچه، به سطح پایینی از نظارت‌پذیری طبیعی منجر شده است. با این حال، این یافته‌ها بستری برای ارائه راهکارهای عملی و مبتنی بر شواهد به منظور افزایش امنیت و کیفیت فضایی در این کوچه تاریخی فراهم آورد:

- افزایش بازشوها و شفافیت در نماها: پیشنهاد می‌شود با ایجاد بازشوهای جدید (پنجره‌ها، نورگیرها، یا حتی مشبک‌های تزئینی) در نماهای ساختمان‌های مشرف به کوچه، و همچنین استفاده از مصالح شفاف یا نیمه‌شفاف در بخش‌هایی از جداره‌ها، فرصت‌های دیداری برای ساکنان و رهگذران افزایش یابد.

- طراحی فضای سبز با دید باز: استفاده از فضای سبز مناسب که مانع دید نشود (مانند درختان با تنه بلند و شاخ و برگ در ارتفاع بالاتر یا گیاهان بوته‌ای کوتاه) می‌تواند به زیبایی بصری و در عین حال حفظ نظارت‌پذیری کمک کند.

- افزایش روشنایی و نورپردازی مناسب: با توجه به اینکه دید در شب کاهش می‌یابد، بهبود سیستم روشنایی و نورپردازی کوچه می‌تواند نقش مهمی در افزایش نظارت‌پذیری و حس امنیت داشته باشد.

- تشویق به حضور اجتماعی: با ایجاد فضاهایی برای نشستن، تعاملات اجتماعی، و فعالیت‌های کوچک محلی، می‌توان حضور افراد را در کوچه افزایش داد که خود به صورت طبیعی به نظارت‌پذیری بیشتر منجر می‌شود.

این روش تحلیل برای ارتقای امنیت نه تنها برای کوچه سیزده‌پیچ ساری کاربرد دارند، بلکه قابلیت تعمیم به فضاهای مشابه در بافت‌های تاریخی سایر شهرهای کشور را نیز دارند. استفاده از ابزارهای تحلیلی پیشرفته مانند ایزووویست سه‌بعدی و برنامه‌نویسی پایتون، رویکردی کارآمد برای شناسایی دقیق مشکلات فضایی و ارائه راه‌حل‌های طراحی شهری مؤثر ارائه می‌دهد که می‌تواند در آینده به ارتقای امنیت و سرزندگی فضاهای عمومی شهری کمک شایانی کند.

۳. برنامه‌نویسی و تحلیل داده‌ها: برای افزایش دقت و انعطاف‌پذیری در تحلیل‌ها و همچنین، خودکارسازی فرایندهای پیچیده، از زبان برنامه‌نویسی پایتون (Python) استفاده شد. اسکریپت‌های پایتون برای پردازش داده‌های حاصل از تحلیل‌های ایزووویست و انجام محاسبات پیچیده‌تر به کار گرفته شدند. این بخش شامل تحلیل دید از سوی ناظرین ساکن (نقاط ثابت مشاهده) و همچنین، ناظران در حال حرکت (بررسی پیوستگی دید در طول مسیر) بود تا تصویری جامع از میزان نظارت‌پذیری طبیعی ارائه شود.

۴. تصویرسازی نتایج: در نهایت، نتایج حاصل از تحلیل‌های فضایی و محاسبات پایتون به صورت نقشه‌های حرارتی (Heatmaps) گرافیکی ارائه شد. این نقشه‌ها، میزان دیده شدن مسیر از سوی ناظران را در نقاط گوناگون و در سطح استاندارد و طبیعی دید انسان، با استفاده از طیف‌های رنگی، به‌وضوح نمایش می‌دهند. این روش تصویرسازی، فهم و تفسیر نتایج را برای مخاطبان تسهیل کرد.

یافته‌ها

تحلیل‌های صورت‌گرفته با استفاده از مدل‌سازی سه‌بعدی، ایزووویست، گرسه‌پرو و پایتون، ضعف‌ها و قوت‌های نظارت‌پذیری طبیعی در کوچه سیزده‌پیچ ساری را به‌وضوح آشکار ساخت. نقشه‌های حرارتی تولیدشده، مناطق با دید کم و مناطق با دید بالا را به تفکیک برای ناظران ساکن و در حال حرکت نشان دادند.

- کاهش چشم‌گیر نظارت‌پذیری در پیچ‌ها و انحنای کوچه: نتایج به‌وضوح نشان داد میزان دید و در نتیجه، نظارت‌پذیری طبیعی در بخش‌های پیچ‌درپیچ و تنگ کوچه به‌شدت کاهش می‌یابد. این امر به دلیل محدودیت‌های بصری ناشی از دیوارهای بلند و زوایای تند کوچه است که فرصت دید از یک نقطه به نقطه دیگر را از بین می‌برد. نقشه‌های حرارتی این مناطق را با رنگ قرمز نمایش دادند.

- پراکندگی نقاط دید باز و محدود: مشاهده شد که حتی در بخش‌های نسبتاً مستقیم کوچه، به دلیل وجود درها، پنجره‌ها، و بازشوهای محدود، نقاط دید باز به صورت پراکنده و ناپوسته هستند. این ناپوستگی در دید، از ایجاد یک شبکه نظارتی جامع و مؤثر جلوگیری می‌کند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

کردن این شکاف، به دنبال ارائه رویکردی نوین در تحلیل و ارتقای نظارت‌پذیری فضاهای شهری است.

بر این اساس، سؤالات تحقیق اصلی در این پژوهش عبارت‌اند از:

- چگونه می‌توان میزان نظارت‌پذیری طبیعی از پنجره‌های ساختمان‌های مسکونی به مسیر یک کوچه شهری با استفاده از تکنیک‌های ایزووویست سه‌بعدی و ابزارهای مدل‌سازی سه‌بعدی به صورت دقیق و کمی ارزیابی کرد؟

- نتایج حاصل از تحلیل میدان دید سه‌بعدی در یک نمونه موردی با نظارت‌پذیری پایین (مانند کوچه سیزده‌پیچ) چه الگوها و ضعف‌هایی را در میزان دید ناظران مقیم به مسیر کوچه نشان می‌دهد؟

- بر اساس تحلیل‌های سه‌بعدی میدان دید، چه راهکارها و ایده‌هایی می‌توان برای افزایش نظارت‌پذیری طبیعی و در نتیجه بهبود امنیت در کوچه‌های شهری مشابه ارائه داد؟

بنابراین، پژوهش حاضر با تمرکز بر چالش کاهش امنیت در فضاهای عمومی شهری، به‌ویژه در بافت‌های تاریخی و آسیب‌پذیر، آغاز می‌شود. این مطالعه، اهمیت بنیادین مفهوم «نظارت‌پذیری طبیعی» را در ارتقای امنیت این گونه فضاهای برجسته می‌سازد. در راستای حل این معضل و افزایش نظارت‌پذیری، ما به تحلیل عمیق مفاهیم و الگوریتم‌های ایزووویست سه‌بعدی پرداخته‌ایم. سپس، کوچه سیزده‌پیچ ساری، به عنوان یک فضای تاریخی و کم‌امنیت، به‌دقت انتخاب شده تا شاخص نظارت‌پذیری طبیعی در آن با جزئیات کامل تحلیل و سنجیده شود.

پیشینه پژوهش

به منظور تحلیل جایگاه و رویکردهای موجود در زمینه ارتقای حس امنیت در فضاهای شهری، تعداد ۹ مقاله علمی مرتبط با موضوع پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعات، طیفی متنوع از دیدگاه‌های نظری و روش‌شناسی‌های تحلیلی را در بر می‌گیرند و بازه زمانی پنج‌ساله از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۴ میلادی را پوشش می‌دهند. معیار اصلی انتخاب این مقالات، تمرکز آن‌ها بر مفاهیم «امنیت شهری» و «ایزوویست» بوده است؛ به گونه‌ای که به صورت مشخص، نقش نظارت‌پذیری، میدان دید و کیفیت بصری فضاهای شهری را در شکل‌گیری یا ارتقای احساس امنیت مورد بررسی قرار داده‌اند.

در دهه‌های اخیر، مسئله امنیت در فضاهای عمومی شهری به یکی از دغدغه‌های اصلی در طراحی، بازآفرینی و سیاست‌گذاری شهری بدل شده است. در میان شاخص‌های مختلفی که با امنیت ارتباط دارند، مفهوم «نظارت‌پذیری طبیعی» (Natural Surveillance) به عنوان یکی از راهکارهای مؤثر، کم‌هزینه و انسانی ارتقای امنیت مطرح شده است (Félix & Organista, 2015; Jacobs, 1961; Cozens & Love, 2015). این مفهوم بر امکان دیده شدن فضا از سوی کاربران، ساکنان و رهگذران تأکید دارد؛ عاملی که نقشی تعیین‌کننده در پیشگیری از رفتارهای آسیب‌زا و افزایش حس امنیت ایفا می‌کند. نظریه «چشمان ناظر بر خیابان» (Eyes on the Street) جین جیکوبز (Jane Jacobs) و اصول طراحی Crime Prevention Through Environmental Design (CPTED) از جمله مهم‌ترین نظریاتی هستند که به اهمیت حضور ناظر غیررسمی در فضاهای عمومی اشاره دارند (Cozens, 2008; Jacobs, 1961).

در سال‌های گذشته، پژوهشگران با بهره‌گیری از روش‌های گوناگون تلاش کرده‌اند میزان نظارت‌پذیری را در محیط‌های شهری اندازه‌گیری کنند. برخی از آن‌ها با استفاده از الگوریتم‌های چندهدفه مانند NSGA-II، به دنبال ایجاد تعادل میان حفظ حریم خصوصی و ارتقای نظارت طبیعی در طراحی ساختمان‌ها بوده‌اند (Abd-Alhamid, Kent, & Wu, 2022).

دیگر پژوهش‌ها نیز به کمک فناوری‌های نوین مانند ایزووویست سه‌بعدی، تحلیل سینتکس فضا (Space Syntax Analysis)، واقعیت مجازی (Virtual Reality) و شبیه‌سازی دید انسان (Human Vision Simulation)، تلاش کرده‌اند تا میدان دید در فضاهای عمومی را به صورت کمی و کیفی ارزیابی کنند (Fan et al., 2025; Karimi, 2012; Turner, 2001). با این حال، بیشتر این مطالعات در فضاهای باز، نوساز و دارای ساختار ساده صورت گرفته‌اند. پژوهش‌هایی که به بررسی نظارت‌پذیری در بافت‌های تاریخی، متراکم و پیچیده - فضاهایی که به دلیل هندسه بسته، دید محدود و فقدان ناظر دائمی آسیب‌پذیرترند - پرداخته باشند، بسیار اندک هستند (Carmona et al., 2010; Oc & Tiesdell, 1997). بسیاری از مطالعات پیشین بر تحلیل‌های دو بعدی میدان دید متمرکز بوده‌اند که ممکن است نتایج کاملی از دید ناظرین از نقاط مختلف (مانند پنجره ساختمان‌ها) به دست ندهد. این پژوهش با هدف پر

جدول ۱: مرور پژوهش‌های مرتبط با امنیت فضایی و تحلیل نظارت‌پذیری در فضاهای شهری از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۴ (بازه ۵ ساله)

ردیف	نویسنده/نویسندگان	عنوان	نتایج
۱	اکرم اسفندیاری، عباس ترکشوند (۱۳۹۸ هـ.ش - ۲۰۱۹ م)	کاربرد تحلیل‌های ایزووویست و خطوط دید (Line of Sight) در سنجش کیفیت بصری در مجتمع‌های مسکونی (نمونه موردی: شهر کرمانشاه)	نتایج این پژوهش نشان می‌دهد شاخص‌های ایزووویست که مبین کیفیت بصری گونه‌ها هستند، با شاخص‌های اسپیس‌میت (SpaceMate)، دارای رابطه همبستگی هستند. این امر به معنای اعتبار روش پیشنهادی در سنجش کیفیت بصری مجتمع‌های مسکونی بوده و مبین کاربرد نمودارهای اسپیس‌میت در کیفیت بصری مجتمع‌های مسکونی نیز هست. نتایج این تحقیق می‌تواند به صورت بالقوه در طراحی سایت مجموعه‌های مسکونی مورد استفاده قرار گرفته و متعاقب آن بر کیفیت طرح‌های مسکونی مؤثر باشد.
۲	گی‌سوپ کیم، آیونگ کیم، یونگ‌چول کیم (۲۰۱۹ م)	معیار جدیدی از نحو فضا در محیط سه‌بعدی بر پایه ثبت ایزووویست سه‌بعدی در فضای شهری با استفاده از فناوری سنجش از دور	ایزوویست (Isovist) مفهومی در تحلیل فضا است که محدوده دید یک نقطه مشخص را در محیط ساخته‌شده مشخص می‌کند. در تحلیل‌های سنتی، از ایزووویست دوبعدی (۲D) برای بررسی باز بودن فضا استفاده می‌شود، اما این رویکرد نمی‌تواند کاملاً واقعیت سه‌بعدی محیط شهری را نمایش دهد. در این مقاله، نویسندگان یک روش جدید برای تحلیل ایزووویست سه‌بعدی (Isovist3D) پیشنهاد داده‌اند که به طور مستقیم با داده‌های حسگرهای برد سنجشی (مثل LiDAR) ترکیب می‌شود.

ردیف	نویسنده/نویسندگان	عنوان	نتایج
۳	مانیا فرخانی، علیرضا شیخ الاسلامی، میلاد نوروزی (۱۳۹۹ ه.ش - ۲۰۲۰ م)	بازطراحی فضاهای شهری با تأکید بر رویکرد ارتقای احساس امنیت (مطالعه موردی بافت تاریخی و قدیمی شهر خرم‌آباد)	در این پژوهش، احساس امنیت در بافت‌های تاریخی و قدیمی شهر خرم‌آباد به عنوان یک فضای عمومی شهر مورد ارزیابی قرار گرفت. روش تحقیق تحلیلی - تفسیری بوده و از طریق مشاهده میدانی صورت گرفته است. در گام اول پژوهش بعد از شناسایی معیارهای پژوهش، گروهی متشکل از خبرگان مرتبط با پژوهش تشکیل شده است. بر این اساس، ابتدا شاخص‌های بازطراحی فضاهای شهری با تأکید بر رویکرد ارتقای احساس امنیت براساس مدل SWOT استخراج و در اختیار ۱۶ نفر از پاسخ‌دهندگان قرار داده شد در تمامی مراحل میزان اهمیت عوامل در قالب طیف لیکرت و شامل گزینه‌های (تأثیر بسیار کم: ۱)، (تأثیر کم: ۲)، (تأثیر متوسط: ۳)، (تأثیر زیاد: ۴) و (تأثیر بسیار زیاد: ۵) صورت گرفت. طبق اطلاعات به‌دست‌آمده مهم‌ترین مؤلفه‌های کالبدی مؤثر بر ایجاد و ارتقای امنیت در فضاهای شهری براساس پژوهش‌های صورت‌گرفته در این زمینه و همچنین، آرا و تجربیات نظارت، کاربری، مبلان شهری، بافت شهری، شبکه معابر، نور و روشنایی، آسایش، خوانایی و کیفیت بصری و ایمنی بیشترین تأثیر را در ایجاد حس امنیت دارند.
۴	گیدئون اسپانیار، فرانک سورن بروک (۲۰۲۰ م)	ردیابی چشمی شهر: تطبیق طراحی مناظر خیابانی در محیط‌های بلندمرتبه با تجربیات بصری کاربران	این مطالعه نشان داد طراحی مناسب خیابان‌های محیط‌های مرتفع می‌تواند حس مقیاس انسانی را حفظ کرده و تجربه بصری بهتری برای شهروندان ایجاد کند. استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند ردیابی چشم و نورمعماری، راه جدیدی برای ارزیابی تأثیر طراحی شهری بر تجربه شهروندان فراهم می‌کند.
۵	اوسوالدو گرووازی، بنیامینو مورگانت، سانجای میسر، آنا ماریا، کیارا گارو (۲۰۲۰ م)	مدل‌های دیجیتال نظارت شهری و امنیت شهری: ادغام ایزووویست و نحو فضا برای تحقق سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری تطبیقی	امنیت شهری نقشی اساسی در دستیابی به شهرهای پایدار ایفا می‌کند. رویکرد زیست‌محیطی به امنیت، با چندرشته‌ای بودن درونی خود، در مبارزه با جرم و جنایت و ترویج پیشگیری از جرم از طریق طراحی محیطی، مدیریت شهری و استراتژی‌های موقعیت‌محور، که در آن اهمیت نظارت آشکار می‌شود، بسیار مهم و حیاتی است. در این راستا، این مقاله ابتدا نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات را در پیشرفت امنیت شهری بررسی می‌کند و سپس توسعه و اهمیت نظارت را با تمرکز بر نظریه ایزووویست و نحو فضا تا آخرین یافته‌های آن‌ها ردیابی می‌کند. در نهایت، این مقاله یک پیشنهاد شمایک از یک مدل شهر - نظارتی دیجیتال مبتنی بر ادغام این مفاهیم ارائه می‌دهد که می‌تواند برای اهداف تحلیلی، پشتیبانی از تصمیم‌گیری و پیش‌بینی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به اینکه ویژگی‌های نظارت و دید بر جنبه‌های مختلف زندگی شهری تأثیر می‌گذارند - این مدل می‌تواند یک DSS برنامه‌ریزی شهری برای استراتژی‌هایی باشد که فراتر از صرفاً مبارزه با جرم و جنایت است. علاوه بر این، این مدل گامی نخست در توسعه یک مدل مبتنی بر عامل نظارت‌محور است.
۶	هانیه رحیم‌بخش، محمدابراهیم کهنسال، عباس ترکاشوند، محسن فایضی، مرتضی رهبر (۲۰۲۲ م)	بهینه‌سازی چندهدفه نظارت‌پذیری طبیعی و حریم خصوصی در مراحل اولیه طراحی با بهره‌گیری از الگوریتم NSGA-II	مقاله نشان می‌دهد استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی مانند NSGA-II و روش‌های تجزیه و تحلیل بصری مانند Isovist و Isovist می‌تواند به معماران کمک کند تا تعادلی مناسب بین نظارت طبیعی و حریم خصوصی در طراحی اولیه مجتمع‌های مسکونی ایجاد کنند. همچنین استفاده از TOPSIS و نقشه‌های حرارتی، فرایند تصمیم‌گیری را بهینه‌تر می‌کند. این تحقیق نشان می‌دهد روش پیشنهادی می‌تواند به عنوان یک ابزار کمکی طراحی در مراحل اولیه، به معماران و شهرسازان در بهینه‌سازی چیدمان ساختمان‌ها کمک کند.
۷	یشان کیو، هاوژی پان، زهرا کلانتری، مانتو جیستی، شنگ چوان چه (۲۰۲۳ م)	تمرکز طبیعی: ترکیب یادگیری عمیق و ردیابی چشم برای درک ادراک عمومی از زیبایی‌شناسی اکوسیستم شهری	این مقاله به بررسی تأثیر ادراک عمومی از زیبایی‌شناسی اکوسیستم‌های شهری می‌پردازد و روشی جدید را برای تحلیل این ادراکات پیشنهاد می‌کند. محققان در این مطالعه از یادگیری عمیق (Deep Learning) و ردیابی حرکات چشم (Eye-Tracking) برای درک رابطه بین عناصر و ویژگی‌های چشم‌انداز، تمرکز بصری و ادراک زیبایی‌شناختی اکوسیستم‌های فضای سبز شهری (UGS) استفاده کرده‌اند. استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند یادگیری عمیق و ردیابی چشم، می‌تواند به درک عمیق‌تر از ترجیحات بصری انسان کمک کند و راهکارهای بهتری برای بهبود طراحی شهری ارائه دهد.
۸	دنگ آی، هانوفنگ وانگ، دا کوانگ، شیوقی ژانگ، شیاجون رائو (۲۰۲۴ م)	سنجش حرکت عابران پیاده و ساخت نقشه‌ای مبتنی بر جذابیت بصری فضاهای عمومی با استفاده از گوشی‌های هوشمند	این تحقیق از الگوریتم SLAM (مکان‌یابی و نقشه‌برداری همزمان) برای تحلیل میزان مواجهه بصری سب‌بعدی استفاده کرده و در دو میدان عمومی در ماکائو اعمال شده است. با این روش، ارتباط بین تصمیمات مسیریابی عابران پیاده و میزان مواجهه بصری آن‌ها تحلیل شده است. نتایج نشان داده است که میزان مواجهه بصری (آنچه از دید ناظر دیده می‌شود) و میدان ایزووویست (آنچه از دید اشیا قابل مشاهده است) می‌توانند شاخص جذابیت فضایی را نشان دهند. این مطالعه نشان می‌دهد می‌توان با استفاده از تلفن‌های هوشمند و الگوریتم‌های تحلیل بصری، نقشه‌ای از جذابیت فضاهای شهری تهیه کرد. این رویکرد یک گام مهم در جهت تحلیل کمی سرزندگی شهری و بهبود کیفیت فضاهای عمومی است.
۹	کریم زندنیپور، اکرم سروش، احسان خضلولاقدم، هانیه ثنائیان (۲۰۲۴ م)	ادغام GIS، ایزووویست سب‌بعدی و الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه NSGA-II برای خودکارسازی فرایند طراحی در پارک‌های شهری و فضاهای باز عمومی	این تحقیق نشان می‌دهد الگوریتم‌های بهینه‌سازی چندهدفه مانند NSGA-II می‌توانند به عنوان یک ابزار مؤثر در فرایند طراحی پارک‌های شهری مورد استفاده قرار گیرند. این روش امکان بهبود بصری فضاهای سبز را از طریق افزایش دید به پوشش گیاهی و کاهش تأثیر بصری ساختمان‌ها فراهم می‌کند. همچنین، می‌توان از آن در سایر پروژه‌های طراحی شهری و معماری نیز بهره برد.

شده است. با این حال، این مطالعات از نظر رویکردهای مفهومی، ابزارهای تحلیلی و عمق بررسی دارای تفاوت‌های قابل توجهی هستند. برخی پژوهش‌ها

مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد تا کنون پژوهش‌های متعددی در راستای ارتقای حس امنیت از طریق افزایش نظارت‌پذیری در فضاهای شهری انجام

تصمیم‌گیری فضایی مؤثرند (Coburn et al., 2017; Spaniol & Sorrento, 2022). در کنار آن، نظریه‌هایی مانند بوم‌شناسی بصری شهری (Urban Visual Ecology) به عناصر بصری مانند رنگ، نور، بافت و صدا می‌پردازند که بدون آنکه آگاهانه درک شوند، بر ادراک ایمنی فضا اثر می‌گذارند (Nasar, 2015; Jones, 1997; Ellard, 2015). از این منظر، کیفیت بصری یک فضا مستقیم با تجربه روانی امنیت کاربران آن مرتبط است. از منظر تکنولوژیک، ابزارهایی مانند آیزوویست و Space Syntax 3D به تحلیل میدان دید انسان از نقاط مختلف فضا می‌پردازند. این ابزارها با استفاده از داده‌های مکانی و مدل‌سازی هندسی، نواحی کور، مناطق با بیشترین دیده شدن، و مسیرهای پرخطر را شناسایی می‌کنند (Benedikt, 1979; Turner & Penn, 1999; Zhang et al., 2023). در نسخه‌های پیشرفته‌تر، با ترکیب این تحلیل‌ها با نرم‌افزارهایی نظیر گرسهپار و راینو، نقشه‌های حرارتی دید (Visual Heat Map) و مدل‌های دید پویا (Dynamic Visibility Models) تولید می‌شوند که می‌توانند رفتار کاربران را نیز بازسازی کنند (Fan et al., 2025).

در مطالعات اخیر، داده‌های حسگرهای تلفن همراه - نظیر GPS، ژيروسکوپ، زاویه نگاه و حرکت چشم - به عنوان منابعی برای تحلیل میدان دید کاربران و کیفیت تجربه فضایی به کار گرفته شده‌اند. پژوهش هوانگ و همکاران (۲۰۲۲) با به کارگیری از الگوریتم SLAM، نقشه‌هایی از جذابیت دیداری تولید کرده که امکان ارزیابی تجربه امنیت بصری را در فضاهای نیمه‌باز و تاریخی فراهم کرده‌اند. ویژگی‌های کالبدی خاص فضاهای تاریخی مانند جداره‌های بسته، کوچه‌های باریک، یا بناهای متروکه باعث شده تا تحلیل میدان دید و نظارت‌پذیری در این فضاها اهمیت دوچندان بیابد. مطالعه ژوانگ و همکاران در پژوهش خود در سال ۲۰۲۳ نشان می‌دهند استفاده از آیزوویست سه‌بعدی در بافت‌های متراکم، می‌تواند به شناسایی گلوگاه‌های امنیتی و برنامه‌ریزی مداخلات هوشمندانه کمک کند.

در نهایت، آنچه از مرور این ادبیات برمی‌آید، ضرورت ترکیب نگاه‌های انسانی، شناختی و فناورانه برای تحلیل مؤثرتر نظارت‌پذیری طبیعی در فضاهای شهری است - به‌ویژه در بسترهای حساس مانند بافت‌های تاریخی که نه‌فقط به ایمنی کالبدی، بلکه به احیای حیات اجتماعی و اعتماد عمومی نیاز دارند.

روش تحقیق

این پژوهش با ماهیت کاربردی و رویکردی ترکیبی (کمی - کیفی) طراحی شده است و هدف آن، تحلیل مؤلفه «نظارت‌پذیری طبیعی» به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر امنیت فضاهای عمومی شهری است. برای دستیابی به این هدف، از تحلیل میدان دید به روش آیزوویست سه‌بعدی بهره گرفته شده تا ادراک بصری کاربران در محیط‌های شهری پیچیده مورد ارزیابی قرار گیرد. در گام نخست، فرایند مدل‌سازی سه‌بعدی محدوده مورد نظر با استفاده از داده‌های حاصل از Google Maps و برداشت‌های میدانی انجام شد. اطلاعاتی همچون تعداد طبقات ساختمان‌ها، موقعیت پنجره‌ها و ویژگی‌های کالبدی جداره‌ها جمع‌آوری شد و مدل حجمی در محیط نرم‌افزار Autodesk Revit بازسازی شد. سپس، با استفاده از افزونه Inside.Revit، مدل ایجادشده به نرم‌افزار Rhinoceros منتقل شد تا امکان تحلیل پارامتریک در Grasshopper فراهم شود.

در این تحلیل، دو نوع ناظر تعریف شد: ناظرهای ایستا که در مرکز پنجره‌های طبقات اول، دوم و سوم مستقر شدند و نمایانگر ساکنان بالقوه بناها بودند (شکل‌های ۴ تا ۱۰)، و ناظر متحرک که در مسیر گذر حرکت می‌کرد تا ادراک بصری عابر پیاده در طول مسیر مورد بررسی قرار گیرد (شکل ۱۲). در مرحله بعد، با استفاده از زبان برنامه‌نویسی Python در محیط Grasshopper، الگوریتمی مبتنی بر منطق هندسی «مخروط دید» (Vision Cone) طراحی شد. مراحل اجرای این الگوریتم به شرح زیر است:

- دریافت داده‌های اولیه شامل موقعیت ناظر، زاویه و عمق دید، و مدل حجمی محدوده؛

با تکیه بر روش‌های سنتی مانند مشاهده میدانی یا تحلیل کیفی محیط، سعی در شناسایی عوامل مؤثر بر احساس امنیت داشته‌اند، در حالی که برخی دیگر، با بهره‌گیری از رویکردهای نوین نظیر الگوریتم‌های بهینه‌سازی، تحلیل داده‌محور و فناوری‌های هوشمند، افق‌های تازه‌ای در تحلیل فضا گشوده‌اند. در این میان، ابزارهایی نظیر ردیابی دید (Vision Tracking) و مدل‌های آیزوویست دوبعدی در برخی از مطالعات به کار رفته‌اند؛ با این حال، استفاده از مدل‌های آیزوویست سه‌بعدی به دلیل در نظر گرفتن بُعد سوم فضا، به عنوان روشی دقیق‌تر و پیشرفته‌تر شناخته می‌شود. با وجود این، بخش عمده‌ای از مطالعات مبتنی بر آیزوویست سه‌بعدی فقط به تحلیل میدان دید ناظر متحرک در فضاهای شهری بسنده کرده‌اند و تمرکز آن‌ها بر بهینه‌سازی چیدمان بلوک‌ها یا ارزیابی مسیرهای حرکتی بوده است.

در پژوهش حاضر، با نگاهی ترکیبی، هم میدان دید ناظر در حال حرکت در شبکه معابر شهری بررسی شده و هم دید ناظر ساکن (مانند ساکنان بلوک‌های مسکونی) مورد توجه قرار گرفته است. این رهیافت دوگانه به طراحان شهری این امکان را می‌دهد که نقاط دارای بیشترین دیدپذیری ناظر متحرک را به منظور ارتقای کیفیت طراحی و امنیت تقویت کنند و در عین حال، با شناسایی نواحی کم‌دید و نقاط کور از منظر ناظران ساکن، مداخلاتی هدفمند همچون افزایش روشنایی، نصب مبلمان شهری و ارتقای کاربری‌های جمعیت‌پذیر را در دستور کار قرار دهند. چنین ترکیبی از تحلیل‌های ایستا و پویا می‌تواند به درک عمیق‌تری از امنیت ادراک شده و واقعی در فضاهای شهری به‌ویژه در بافت‌های متراکم و تاریخی منجر شود.

مبانی نظری

امنیت در فضاهای شهری، یکی از ارکان بنیادین عدالت فضایی و کیفیت زندگی شهروندان به شمار می‌رود. اسناد بین‌المللی از جمله «راهنمای طراحی برای شهرهای ایمن‌تر» (UN-Habitat, 2023)، به صراحت بر این نکته تأکید دارند که طراحی شهری نه تنها باید در خدمت کارایی عملکردی فضا باشد، بلکه باید زمینه‌ساز کاهش ترس از جرم، تقویت نظارت‌پذیری طبیعی و ارتقای حس تعلق به فضا نیز باشد. این نهاد، «امنیت فراگیر» (Inclusive Security) را در پیوند مستقیم با عدالت اجتماعی و حق به شهر تعریف کرده و ابزارهای طراحی را بخشی جدانشدنی از راهبردهای سیاست‌گذاری شهری می‌داند. در این چارچوب، مفهوم نظارت‌پذیری طبیعی به عنوان یکی از ابزارهای شاخص طراحی ایمن در شهرها شناخته می‌شود. این مفهوم برای نخستین بار در دهه ۱۹۶۰ توسط جین جیکوبز (Jacobs, 1961) و سپس توسط اسکار نیومن (Oscar Newman) در نظریه «فضای قابل دفاع» (Defensible Space) (Newman, 1972) مطرح شد. جیکوبز با تأکید بر حضور مستمر مردم در خیابان‌ها، اصطلاح «چشم‌ان ناظر بر خیابان» را وارد ادبیات شهرسازی کرد؛ در حالی که نیومن بر لزوم طراحی قلمروهای قابل کنترل توسط ساکنان تأکید داشت. در هر دو دیدگاه، دید بصری ساکنان و کاربران فضا بر محیط اطراف، به منزله ابزاری برای بازدارندگی از جرم تلقی می‌شود.

ادامه این نگاه در نظریه پیشگیری از جرم از طریق طراحی محیطی (CPTED) تجسم یافت. این نظریه بر چهار اصل کلیدی شامل: (۱) نظارت طبیعی، (۲) کنترل دسترسی، (۳) تعریف قلمرو و (۴) نگهداشت محیط تأکید دارد و بر این باور است که طراحی هوشمندانه فضا می‌تواند فرصت بروز جرم را به حداقل برساند (Cozens et al., 2005; Armitage & Monchuk, 2020). در دهه‌های اخیر، گسترش علوم شناختی و فناوری‌های دیجیتال باعث شکل‌گیری رویکردهای بینارشته‌ای نوینی شده‌اند. یکی از این رویکردها، معماری عصب‌پایه (Neuro-Architecture) است که با بهره‌گیری از ردیابی چشم، تحلیل EEG، و فناوری‌های شبیه‌سازی، واکنش مغز انسان را به فضاهای مختلف بررسی می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که مغز انسان به طور ناخودآگاه نسبت به ویژگی‌هایی مانند نور، باز بودن میدان دید، و پیچیدگی بصری واکنش نشان می‌دهد که این واکنش‌ها بر احساس امنیت و

ناظر باشد (Karimi, 2012; Dubbeld, 2020).

معرفی محدوده مورد مطالعه: کوچه سیزدهپیچ، ساری

کوچه سیزدهپیچ یکی از گذرگاه‌های تاریخی و منحصر به فرد در مرکز شهر ساری است. این مسیر در گذشته ارتباط میان دو محله با عملکردهای متفاوت - محله بهرام آتور (با کاربری‌های تجاری و مسکونی) و محله امامزاده یحیی (با عملکرد مذهبی و زیارتی) - را برقرار می‌کرد. با گذر زمان و کاهش کارکرد اجتماعی، این کوچه به فضایی نیمه‌متروک با رفت‌وآمد محدود تبدیل شده است. ویژگی‌هایی نظیر عرض کم معبر، جداره‌های بلند و فاقد شفافیت، فقدان نورپردازی شبانه، و وجود خانه‌های مخروبه یا نیمه‌فعال، به کاهش شدید نظارت طبیعی در این فضا منجر شده‌اند. در این پژوهش، بخش میانی کوچه به عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب شده است؛ چرا که این بخش بیشترین پتانسیل تحلیل از منظر بصری و ادراکی را دارد. در نقشه موقعیت (شکل ۱)، مسیر کامل کوچه با رنگ زرد، بخش مورد مطالعه با رنگ کمرنگ، و دو محدوده تاریخی پیرامونی با رنگ قهوه‌ای روشن نمایش داده شده‌اند.

- تعریف میدان دید با محاسبه زوایای افقی و عمودی؛
- تولید سطح مخروط دید و ایجاد شبکه‌ای از نقاط قابل مشاهده؛
- ترسیم خطوط دید، تحلیل تقاطع آن‌ها با موانع فیزیکی؛
- شمارش تعداد برخورد خطوط دید با مسیر؛
- و در نهایت، ارائه نقشه‌های حرارتی که شدت دیده شدن هر نقطه از فضا را در طیفی از رنگ سبز (بیشترین دید) تا قرمز (کمترین دید) نمایش می‌دهد (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).

این تحلیل‌ها امکان شناسایی نقاط کور، نواحی با پوشش بصری ضعیف، و فضاهای مستعد مداخله طراحی را فراهم می‌سازد و می‌تواند مبنایی برای راهکارهای عملی مانند افزایش نورپردازی، تقویت جداره‌های فعال یا استقرار عناصر جذب جمعیت باشد. همچون بسیاری از مدل‌های شبیه‌سازی، پژوهش حاضر نیز با محدودیت‌هایی مواجه بود. از جمله، تنها بخش میانی گذرگاه به دلیل ملاحظات فنی و محدودیت‌های پردازشی مورد تحلیل قرار گرفت. همچنین، فرض ایستایی ناظر و ثبات زاویه دید، بخشی از پویایی طبیعی ادراک انسانی را نادیده می‌گیرد. با این وجود، مدل ارائه شده می‌تواند پایه‌ای برای پژوهش‌های آتی با استفاده از واقعیت مجازی یا مدل‌های مبتنی بر حرکت



شکل ۱: نقشه موقعیت کوچه سیزدهپیچ در بافت مرکزی ساری



شکل ۳: تصویری از کوچه سیزدهپیچ ساری



شکل ۲: تصویری از کوچه سیزدهپیچ ساری

یافته‌ها و تحلیل

می‌رسند.

در قسمت‌هایی از کوچه که پنجره‌ها با تراکم بیشتری حضور داشتند، هم‌پوشانی خطوط دید افزایش یافته و مناطق زرد و سبز گسترده‌تری در نقشه‌ها شکل گرفته است. چنین شرایطی باعث بهبود نظارت طبیعی و افزایش بازدارندگی رفتارهای نامطلوب می‌شود. در مقابل، بخش‌هایی از کوچه با پنجره‌های اندک یا جهت‌گیری نامناسب، دچار افت کیفیت دید و افزایش ریسک امنیتی شده‌اند.

علاوه بر این، فرم فضایی خود کوچه - شامل عرض باریک، جداره‌های بلند و ترکیب هندسی بسته - به عنوان عاملی مستقل و تعیین‌کننده در شکل‌گیری نقاط کور عمل کرده است. صرف‌نظر از نوع کاربری، ساختار فیزیکی فضا نقش بسزایی در تعریف کیفیت نظارت ایفا می‌کند.

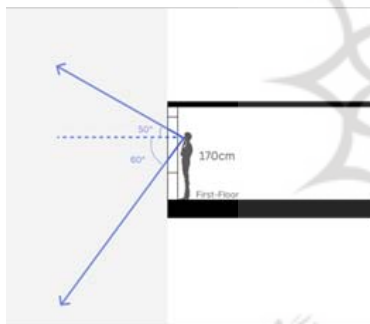
در مدل‌سازی سه‌بعدی خطوط دید، شعاع‌های مستقیم قرمز رنگی از پنجره‌ها ترسیم شد که شبکه‌ای از ارتباطات بصری را شکل می‌داد (شکل ۱۰). این شبکه نشان داد جهت‌گیری مناسب پنجره‌ها نسبت به مسیر عبوری و وجود چند ناظر هم‌زمان، می‌تواند به طور مؤثری میدان دید را گسترش دهد. با این حال، در نواحی انتهایی و نقاط دارای شکست فضایی شدید، این شبکه دچار فروپاشی شد و نظارت طبیعی عملاً به صفر رسید.

در مجموع، این یافته‌ها تأکید دارند که ارتقای امنیت در فضاهای مشابه، مستلزم بازنگری دقیق در فرم فیزیکی، نحوه جانمایی بازسوها و تداوم ادراک دیداری در طول مسیر است.

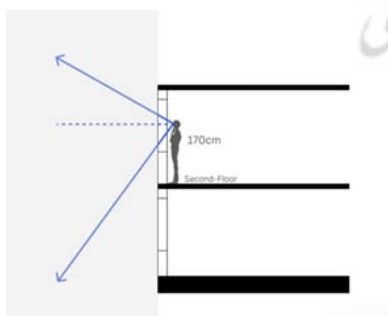
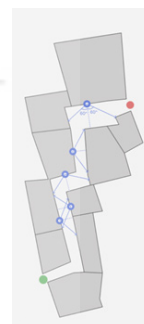
تحلیل‌های انجام‌شده در بخش میانی کوچه سبزه‌پیچ، که بر پایه مدل‌سازی سه‌بعدی دقیق، جانمایی واقع‌گرایانه پنجره‌ها و شبیه‌سازی خطوط دید صورت گرفت، چشم‌اندازی واضح از کیفیت دید، نقاط کور و درک امنیت در این گذرگاه تاریخی به دست می‌دهد. نقشه‌های حرارتی تولیدشده در این پژوهش نشان دادند خمیدگی‌ها و شکست‌های فضایی مسیر، به‌ویژه در زوایای بسته، محل تمرکز نقاط کور هستند؛ نقاطی که از دید ناظران پنجره‌ای خارج می‌مانند و مستعد بروز رفتارهای پرریسک‌اند. این الگو به‌خوبی با نظریه میدان دید پیوسته در طراحی ایمن شهری مطابقت دارد.

در عین حال، ارتفاع ناظر یکی از عوامل تأثیرگذار در افزایش کیفیت نظارت طبیعی بود. پنجره‌های طبقات دوم (شکل ۶) و سوم (شکل ۸) توانستند میدان دید افقی و عمودی گسترده‌تری نسبت به طبقات پایین‌تر (شکل ۴) ایجاد کنند. این یافته بیانگر آن است که با افزایش ارتفاع ناظر، موانع بصری کاهش یافته و پوشش دید تقویت می‌شود، عاملی که مستقیم بر احساس امنیت اثر می‌گذارد.

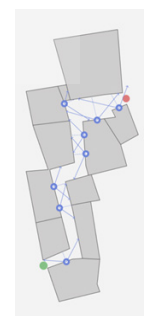
اما نکته قابل توجه دیگر، گسست در پیوستگی دید در طول مسیر بود. لکه‌های پراکنده سبز در نقشه‌های حرارتی، که بیانگر بیشترین سطح دیده شدن هستند، بدون ارتباط فضایی مشخصی در مسیر پخش شده‌اند. این گسست مانع از شکل‌گیری درک یکپارچه امنیت بصری می‌شود و سبب به وجود آمدن فضاهایی می‌شود که از نظر ادراک ناظر، مبهم و ناپایدار به نظر



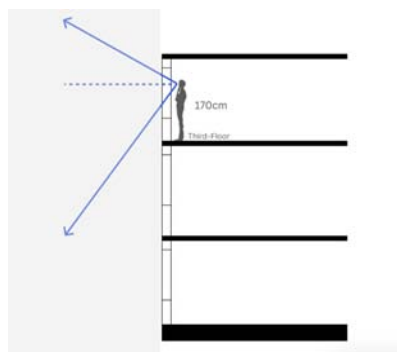
شکل ۴: نمایی از یک ناظر ایستاده در مرکز پنجره‌های طبقه



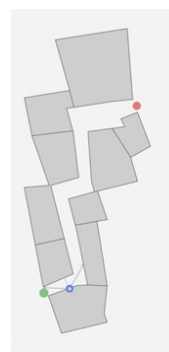
شکل ۷: نمایی از ناظر ایستاده در کنار پنجره‌های طبقه اول



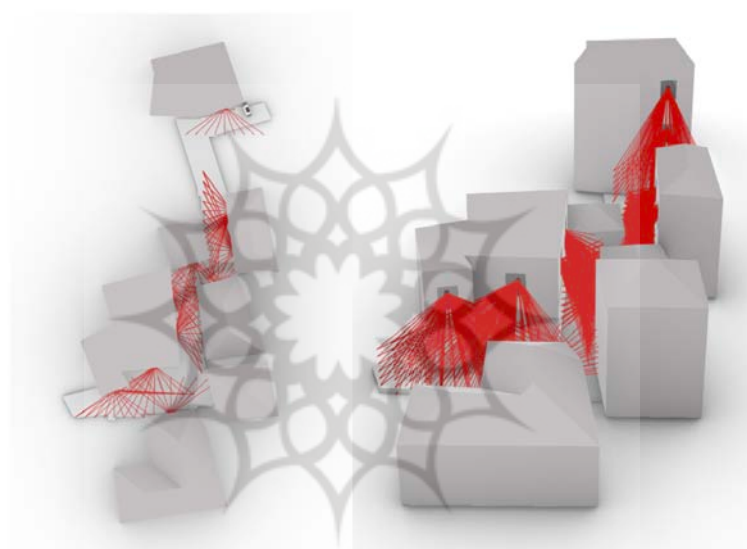
شکل ۶: نمایی از ناظر ایستاده در مرکز پنجره‌های طبقه دوم



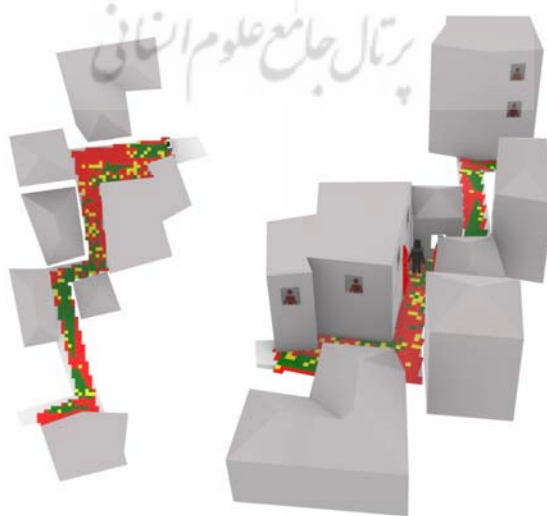
شکل ۹: نمای مقطع از ناظر ایستاده در کنار پنجره‌های طبقه سوم



شکل ۸: نمایی از ناظر ایستاده در مرکز پنجره‌های طبقه سوم



شکل ۱۰: نمای سه بعدی از دیدگاه افراد ایستاده در مرکز پنجره با ارتفاع معمول (۱۷۰ سانتی متر)



شکل ۱۱: نقشه حرارتی نظارت بر فضا



شکل ۱۲: دید ناظر در حال حرکت

• طراحی ترکیبی از ناظرهای انسانی در سطوح مختلف ارتفاعی برای ایجاد همپوشانی میدان دید در فضاهای پرخطر. در نهایت، این پژوهش نشان می‌دهد استفاده از داده‌محوری و فناوری‌های پیشرفته در تحلیل نظارت‌پذیری، نه تنها درک عمیق‌تری از امنیت فضایی به دست می‌دهد، بلکه مسیرهایی نو برای بازآفرینی ایمن و انسانی فضاهای شهری فرسوده فراهم می‌سازد. همچنین، این تحلیل در مکان‌یابی مبلمان شهری به ما کمک می‌کند. پیوند میان تحلیل‌های بصری و سیاست‌گذاری شهری می‌تواند به شکل‌گیری فضاهایی کمک کند که نه تنها ایمن‌تر، بلکه مشارکتی‌تر و قابل زیست‌تر باشند، چراکه امنیت واقعی، از دل دیده شدن، ارتباط انسانی و حضور آگاهانه در فضا متولد می‌شود.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش به روشنی نشان می‌دهند نظارت‌پذیری طبیعی، یکی از مؤلفه‌های کلیدی در ارتقای امنیت محیطی فضاهای عمومی است، به‌ویژه در بافت‌های تاریخی و پیچیده شهری. مطالعه موردی کوچه سیزده‌پیچ در مرکز شهر ساری نشان داد ترکیب مدل‌سازی سه‌بعدی، تحلیل میدان دید و نقشه‌های حرارتی می‌تواند تصویری جامع و دقیق از وضعیت نظارت‌پذیری در یک فضای خاص ارائه دهد. نخست، شکل هندسی فضا، به‌ویژه شکست‌ها و پیچ‌وخم‌ها، نقش تعیین‌کننده‌ای در ایجاد یا محدود کردن میدان دید دارد. نواحی با زوایای بسته، بیشترین تراکم نقاط کور را به خود اختصاص داده‌اند. در مقابل، وجود پنجره‌های منظم و باز - به‌ویژه در طبقات بالا - پوشش دید را افزایش داده و به تقویت حس امنیت کمک کرده است. مدل‌های دید سه‌بعدی همچنین آشکار کردند که در فضاهای متراکم و محدود، اگر امکان دیده شدن فراهم نباشد، فضا به طور بالقوه به محیطی پرریسک تبدیل می‌شود. این یافته بر اهمیت بازتعریف مرزهای بصری، فعال‌سازی جداره‌ها، و افزایش شفافیت بصری در طراحی فضاهای تاریخی تأکید دارد. البته این مطالعه با محدودیت‌هایی نیز همراه بود. نخست آنکه، تحلیل تنها بر بخش میانی کوچه متمرکز بود و به دلیل محدودیت‌های سخت‌افزاری، امکان مدل‌سازی کل مسیر فراهم نشد. دوم، فرض ایستایی ناظر و ثبات زاویه دید در مدل‌سازی، پویایی واقعی ادراک انسانی را بازتاب نمی‌دهد. با این حال، در پژوهش‌های آتی می‌توان با استفاده از فناوری‌هایی مانند واقعیت مجازی و شبیه‌سازی دید متحرک، این ضعف‌ها را برطرف کرد.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول ۳۵ درصد، نویسنده دوم ۳۵ درصد، نویسنده سوم ۳۰ درصد.

تشکر و قدردانی

«این مقاله حاصل مشارکت و دانش‌اندوزی نویسندگان در بوت کمپ ABMs است. از برگزارکنندگان این بوت کمپ و تمامی مربیان و شرکت‌کنندگانی که در تبادل ایده‌ها و داده‌های اولیه نقش داشتند، کمال تشکر را داریم. سپاس ویژه از [مهندس حسین نظری] برای راهنمایی‌های ارزشمندشان.» این تحقیق هیچ نوع منافع تجاری نداشته و نویسندگان بابت ارائه اثر خود هیچ وجهی دریافت نکرده‌اند. همچنین، مقاله از حمایت مالی و معنوی بهره‌مند نبوده و تمامی هزینه‌ها توسط نویسندگان تأمین شده است.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان گزارش نشده است.

پیشنهاد‌های طراحی مبتنی بر یافته‌ها

- افزایش تراکم و تنوع ارتفاع پنجره‌ها به منظور پوشش بهتر دید در طول مسیر؛
- ایجاد مبلمان شهری در نقاط کور برای جذب جمعیت و افزایش امنیت؛
- ایجاد روشنایی بیشتر در نقاط کور برای افزایش جمعیت؛
- ایجاد جذابیت‌های بصری در طراحی نما و یا مبلمان شهری در نقاطی که در محدوده دید ناظر در حال حرکت هستند (شکل ۱۱).
- پرهیز از طراحی مسیرهای دارای شکست‌های تند و زاویه‌دار برای کاهش نقاط کور؛
- بهره‌گیری از شبیه‌سازی‌های سه‌بعدی و نقشه‌های دید در مراحل طراحی اولیه پروژه‌های بازآفرینی؛

- Abd-Alhamid, F., Kent, M., & Wu, Y. (2022). Quantifying window view quality: A review on view perception assessment and representation methods. *Building and Environment*, 227, 109742. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109742>
- Ai, D., Wang, H., Kuang, D., Zhang, X., & Rao, X. (2024). Measuring pedestrians' movement and building a visual-based attractiveness map of public spaces using smartphones. *Computers, Environment and Urban Systems*, 108, 102070. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2023.102070>
- Armitage, R., & Monchuk, L. (2011). Sustaining the crime reduction impact of designing out crime: Re-evaluating the Secured by Design scheme 10 years on. *Security Journal*, 24, 320–343. <https://doi.org/10.1057/sj.2010.6>
- Benedikt, M. L. (1979). To take hold of space: Isovists and isovist fields. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 6(1), 47–65. <https://doi.org/10.1068/b060047>
- Carmona, M., Heath, T., Oc, T., & Tiesdell, S. (2010). *Public places, urban spaces: The dimensions of urban design* (2nd ed.). Routledge.
- Coburn, A., Vartanian, O., & Chatterjee, A. (2020). Buildings, beauty, and the brain: A neuroscience of architectural experience. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 32(11), 2196–2207. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01146
- Cozens, P. M. (2008). New Urbanism, crime and the suburbs: A review of the evidence. *Urban Policy and Research*, 26(4), 429–444. <https://doi.org/10.1080/08111140802084759>
- Cozens, P. M., & Love, T. (2015). A review and current status of crime prevention through environmental design (CPTED). *Journal of Planning Literature*, 30(4), 393–412. <https://doi.org/10.1177/0885412215595440>
- Cozens, P. M., Saville, G., & Hillier, D. (2005). Crime prevention through environmental design (CPTED): A review and modern bibliography. *Property Management*, 23(5), 328–356. <https://doi.org/10.1108/02637470510631483>
- Daneshmandian, M. C. (2020). The efficiency of visual buffer zones in preserving historic open spaces: A case study of Persian gardens. *Journal of Urban Design*, 25(6), 735–755. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101856>
- Dubbeld, L. (2020). Surveillance and the city: Visibilities, infrastructures, and the urban condition. *Surveillance & Society*, 18(4), 426–443. Retrieved from <https://ojs.library.queensu.ca/index.php/surveillance-and-society/article/view/14064> Note: The journal "Surveillance & Society" does not assign DOIs to its articles; hence, this reference is listed without a DOI.
- Ebarat Shomal. (2023, August 22). Photos of 13-Pich Alley in Sari: The oldest urban neighborhood [Photographs]. Retrieved from <https://tinyurl.com/13pich-sari>
- Ellard, C. (2015). *Places of the heart: The psychogeography of everyday life*. Bellevue Literary Press.
- Ellard, C. (2021). Urban design and the science of mental life. In T. P. Andriotis & M. Golemati (Eds.), *Urban design and cognitive science* (pp. 45–68). Springer.
- Esfandiari, K., & Tarkashvand, A. (2020). Application of isovist and sight-line analyses in assessing visual quality in residential complexes: A case study of Kermanshah city. *Journal of Urban Space Design Studies*, 35, 19–32. <https://doi.org/10.34785/J011.2021.105>
- Farrokhani, M., Sheikh-ol-Eslami, A., & Norouzi, M. (2020). Redesigning urban spaces with an emphasis on enhancing the sense of security: A case study of the historical fabric of Khorramabad. *Geography and Human Relations*, 3(1), 187–206. <https://doi.org/10.22034/gahr.2020.230747.1401>
- Morello, E., & Ratti, C. (2010). A digital image of the city: 3D isovists in Lynch's urban analysis. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37(5), 1007–1021. <https://doi.org/10.1068/b36064>
- Fan, Z., Fujiwara, K., Liu, P., Zhang, F., & Biljecki, F. (2025). Image-based visibility analysis replacing line-of-sight simulation: An urban landmark perspective. *arXiv Preprint*, arXiv:2505.11809. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.11809>
- Félix, L., & Organista, M. (2023). Understanding the neighborhoods' in-between spaces through surveillance and safety mapping. *Urban Studies*, 61(2), 235–250. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2023.10.001>
- Gervasi, O., Murgante, B., Misra, S., Maria, A., & Garau, C. (2020). Digital city-surveillance models and urban security: Integrating isovist and space syntax in realising adaptive decision support systems. In *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2020 (Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 12251, pp. 456–471). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58814-4_31
- Huang, C., Tsai, Y., & Cheng, W. (2022). An AI-based pedestrian tracking system using SLAM for real-time urban safety analytics. *Sensors*, 22(8), 2951. <https://doi.org/10.3390/s22082951>
- Jacobs, J. (1961). *The death and life of great American cities*. Random House.
- Karimi, K. (2012). A configurational approach to analytical urban design: 'Space syntax' methodology. *Urban Design International*, 17(4), 297–318. <https://doi.org/10.1057/udi.2012.19>
- Kim, G., Kim, A., & Kim, Y. (2019). A new 3D space syntax metric based on 3D isovist capture in urban space using remote sensing technology. *Computers, Environment and Urban Systems*, 74, 74–87. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2018.11.009>
- Kim, Y. O., & Penn, A. (2004). Linking the spatial syntax of cognitive maps to the spatial syntax of the environment. *Environment and Behavior*, 36(4), 483–504. <https://doi.org/10.1177/0013916503261384>
- López, A., & Zalama, E. (2020). Mobile device data and urban visibility patterns: A new model for real-time surveillance mapping. *Cities*, 96, 102454. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102454>
- Marshall, C., & Rossman, G. B. (2016). *Designing qualitative research* (6th ed.). SAGE Publications.
- Nasar, J. L., & Jones, K. M. (1997). Landscapes of fear and stress. *Environment and Behavior*, 29(3), 291–323. <https://doi.org/10.1177/001391659702900301>
- Newman, O. (1972). *Defensible space: Crime prevention through urban design*. Macmillan.
- Oc, T., & Tiesdell, S. (1997). *Safer city centres: Reviving the public realm*. Paul Chapman Publishing.
- Pazhuhani, M., Azadi, H., López-Carr, D., Barbir, J., Shahzadi, I., & Fürst, C. (2023). Social sustainability of residential squares: Evidence from Narmak neighborhood, Tehran. *Habitat International*, 136, 102811. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2023.102811>
- Penn, A. (2004). Space syntax and spatial cognition: Or why the axial line? *Environment and Behavior*, 36(4), 506–536. <https://doi.org/10.1177/0013916502238864>
- Qiu, Y., Pan, H., Kalantari, Z., Giusti, M., & Che, S. (2023). The natural focus: Combining deep learning and eye-tracking to understand public perceptions of urban ecosystem aesthetics. *Ecological Indicators*, 156, 111181. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111181>
- Rahimbakhsh, H., Kohansal, M. E., Tarkashvand, A., Faizi, M., & Rahbar, M. (2022). Multi-objective optimization of natural surveillance and privacy in early design stages utilizing NSGA-II. *Automation in Construction*, 141, 104328. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104547>
- Spaniol, M., & Sorrento, J. (2022). The rise of neuro-architecture: Brain-based urban design for safer cities. *Frontiers in Psychology*, 13, 875426. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.875426>