ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI: 10.22034/AAUD.2023.360784.2716

بهینه‌سازی طراحی فضایی ایستگاه‌های مترو شهری با استفاده از روش نحو فضا

مسعود حق‌لسان[1*]

۱. استادیار، گروه معماری و شهرسازی، واحد ایلخچی، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلخچی، ایران (نویسنده مسئول).

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۵ تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۲/۰۴/۲۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۵/۱۹ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۱۳

چکیده

در دهه‌های اخیر به علت کمبود زمین شهری در کلان‌شهرها، استفاده از فضاهای شهری زیرزمینی به عنوان یکی از فضاهای عمومی نوظهور شهری مورد توجه طراحان، سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران شهری قرار گرفت. مسأله اصلی در فضاهای شهری زیرزمینی، نحوه طراحی و بهینه‌سازی ایستگاه‌های مترو شهری به عنوان محل تعاملات اجتماعی افراد می‌باشد که کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین عدم توجه به ساختار و کیفیت فضایی ایستگاه‌های مترو شهری باعث ظهور مشکلاتی در نحوه استفاده مناسب از فضاهای داخلی ایستگاه‌ها شده است. هدف از این مقاله استفاده از روش نحو فضا جهت شناسایی، ارزیابی و بهینه‌سازی ایستگاه‌ها بر اساس مؤلفه‌های مسیریابی، جهت‌گیری و دید در ایستگاه‌های مترو شهری تبریز می‌باشد. در پژوهش پیشِ رو، مؤلفه‌های مسیریابی، جهت‌گیری و دید در دو ایستگاه منتخب شهر تبریز؛ میدان ساعت و میدان کهن مورد بررَسی و آزمون قرار گرفته‌اند. در این پژوهش روش توصیفی و تحلیلی استفاده شده است و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش نحو فضا و بر پایه نقشه‌های گرافیکی و آماری استخراج شده از تحلیل محوری[1]، تحلیل جهت‌گیری[2]، تحلیل ایزوویستی[3]، تحلیل حرکت طبیعی[4] انجام شده است که این تحلیل‌ها در طراحی و بهینه‌سازی فضاها تأثیر به‌سزایی دارند. نتایج و یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که روش نحو فضا سهم ملموسی در طراحی کیفی ایستگاه‌های زیرزمینی شهری داشته است. ایستگاه میدان ساعت نسبت به ایستگاه میدان کهن، با مسیرهای واضح و مستقیم به لحاظ فضایی به خوبی سازماندهی شده و در تحلیل‌ها عملکرد نسبتاً خوبی از حیث نفوذپذیری کالبدی و بصری، انسجام و ساختار فضایی داشته است.

واژگان کلیدی: فضاهای زیرزمینی شهری، طراحی ایستگاه مترو، نحو فضا، بهینه‌سازی فضاهای مترو.

* E-mail: ma.haghlesan@iau.ac.ir

۱. مقدمه

فضای ایستگاه‌های مترو شهری یکی از پرکاربردترین فضاهای عمومی شهری است که پیوستگی عمیقی با بافت شهری و زندگی عمومی دارد و مکانی تأثیرگذار در تعاملات اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، هنری، خدماتی و غیره افراد و گروه‌های مختلف است که باعث شکل‌گیری رفتار و نیازهای خاصی شده است. اهمیت و تأثیر این فضاهای شهری نوظهور در شهرهای ایران اخیراً در حوزه معماری و شهرسازی موردتوجه قرارگرفته است (Transportation Research Board 1999; Durmisevic and Sariyildiz 2001; Peek and Erik 2006; Mardomi and Ghamari 2011). از دهه ۱۹۸۰ میلادی مطالعه مسائل طراحی و مشکلات فضاهای ایستگاه‌های شهری آغاز شد و در آن، تأثیر نحوه پیکربندی فضایی و استفاده نظام‌مند از آن در طراحی و ارزیابی کیفیت فضاهای زیرزمینی و ارتقاء کیفی آن‌ها و حل مسائل مورد تأکید قرار گرفت. در طراحی و ساخت فضاهای ایستگاه‌های زیرزمینی مسیریابی، جهت و دید از مهم‌ترین شاخص‌ها می‌باشند؛ شکل خاص این ایستگاه‌ها توأم با انباشتگی علائم، رسانه‌ها، نمادها، نورها، نمایشگرها و غیره بر نحوه خوانایی فضایی تأثیر می‌گذارد (Carmody et al. 1994; Lopez 1996; Durmisevic and Sariyildiz 2001; Belanger 2006). در این پژوهش شهر تبریز به علت موقعیت خاص و توسعه فضاهای حمل‌ونقل زیرزمینی شهری مورد مطالعه قرار گرفت؛ با توجه به شکل‌گیری ایستگاه‌های مترو شهری، نحوه پیکربندی فضایی و طراحی آن می‌تواند در ارتقاء کیفیت فضایی مؤثر باشد. در این مطالعه دو ایستگاه مترو از یک منطقه شهر مورد پژوهش قرارگرفته‌اند که در آن‌ها برای بهبود و تحلیل فضا به لحاظ مسیریابی، جهت‌یابی و دید، روش نحو فضا به‌کار گرفته شده است. بدین منظور این پرسش‌ها در این پژوهش مطرح شده است:

- چگونه می‌توان از نحو فضا برای ارزیابی مسیریابی، جهت‌گیری و دید در فضای شهری به‌طور مؤثر استفاده کرد؟
- چه اقداماتی را می‌توان برای بهینه‌سازی دو ایستگاه مترو شهر تبریز از لحاظ مسیریابی، جهت‌گیری و دید انجام داد؟
- راهکارهای خاص بررسی و بهبود مسیریابی، جهت‌گیری و دید در این دو ایستگاه و سایر ایستگاه‌ها کدام موارد هستند؟

۲. پیشینه پژوهش

در دهه اخیر پژوهشگران و صاحب‌نظران متعددی به مطالعات سازه‌ای، مدیریتی، اجتماعی، پدافند غیرعامل، فضای شهری، معماری و محیطی در رابطه با فضاهای حمل‌ونقل قطار شهری پرداختند. در این مطالعات از لحاظ سازه‌ای به نشست‌های سطحی ایستگاه‌ها، عملکردهای سازه‌های زیرزمینی و غیره (Bobylev 2010; Rezaei Farei and Ehterami 2019)؛ از لحاظ مدیریتی به تأثیر محیط‌های پیرامونی ایستگاه‌ها برای فعالیت‌های متنوع و مستمر و غیره (Rafiyan and Asgari 2009)؛ از لحاظ اجتماعی به رضایت‌مندی ساکنان محله‌ها بر اساس شاخص‌های مطلوبیت کیفیت اجتماعی، کالبدی، ادراکی و غیره (Abbaszadegan et al. 2010; Hernandez, Monzon, and Ona 2015; Hee Lee et al. 2016; Saygaonkar, Swami, and Parida 2016; Puoravari 2020)؛ از لحاظ پدافند غیرعامل به موقعیت ایستگاه از حیث دسترسی به مراکز امدادی و ارائه الگوهای طراحی در جهت امنیت مترو و غیره (Danainia and Majidi 2019; Salmani, Valizadeh, and Feizizadeh 2018; Carmody, Hute, and Sterling 1994)؛ از لحاظ فضای شهری به نحوه دسترسی و ارتباط با فضاهای شهری و عملکرد آن در منظر شهری و غیره (Kim 2007; Belanger 2006; Broere 2015; Bagher Khosroshahi 2015; Falahati 2015)؛ از لحاظ معماری به تأثیر فیزیکی و روانی طراحی داخلی و غیره (Aghajani and Shahhosseini 2020)؛ از لحاظ محیطی به تأثیر آن در برقراری ارتباط بصری مخاطب و بهبود کیفیت محیطی در فضای شهری و غیره (Durmisevic and Sariyildiz 2001; Samanifar, Khazaei, and Verij Kazemi 2019) پرداخته شده است.

در مطالعات مربوط به به‌کارگیری روش نحو فضا در تحلیل فضاهای زیرزمینی مترو، پژوهش‌هایی در حوزه‌های فضای شهری و معماری انجام شده است که جدول شماره ۱ به‌طور خلاصه به این پژوهش‌ها اشاره می‌کند. متأسفانه در این پژوهش‌ها مطالعات کافی در حوزه فضاهای حمل‌ونقل زیرزمینی شهری ایران و استفاده از روش نحو فضا در تحلیل فضاهای شهری، معماری و محیطی وجود ندارد. ازاین‌رو در پژوهش حاضر، دو ایستگاه مترو میدان ساعت و میدان کهن تبریز به روش نحو فضا از لحاظ بهبود مسیریابی، جهت‌گیری و دید بررسی و تحلیل شده‌اند.

جدول ۱: پژوهش‌های مطالعاتی در نحوه استفاده از روش نحو فضا در مترو

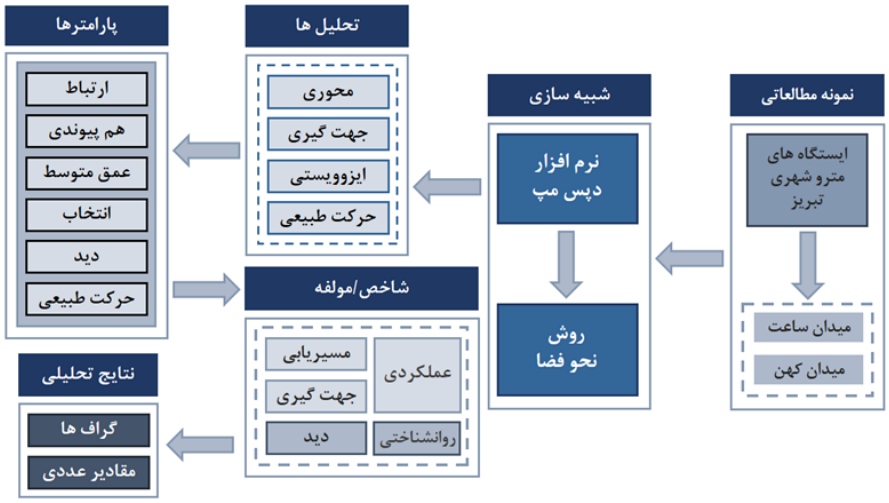
حوزه	پژوهش‌های مطالعاتی در نحوه استفاده از روش نحو فضا در مترو	پژوهشگران
فضای شهری	بررسی میدانی و شمارش عابر پیاده، عوامل متغیر سرزندگی فضایی در توسعه سریع فضای زیرزمینی در منطقه مترو	ژو، بای و چو، ۲۰۱۶

حوزه	پژوهش‌های مطالعاتی در نحوه استفاده از روش نحو فضا در مترو	پژوهشگران
فضای شهری	ارائه یک معیار مکمل مهم برای دسترسی جغرافیایی و کمک به بینش کلی در مورد الگوهای دسترسی شهری به برنامه‌ریزی در مراحل اولیه	مورالس و همکاران، ۲۰۱۶
	تحلیل ادغام فیزیکی شهرها از منظر سیستم حمل‌ونقل شهری	زنگ، دو و وانگ، ۲۰۲۱
معماری	بررسی و مقایسه دو سیستم در زمینه طراحی ایستگاه مترو بر اساس روش نحو فضا و استفاده از مدل نحو فضایی برای تأکید بر تفاوت کیفیت فضایی	ادگو، ۲۰۰۷

۳. روش پژوهش

این پژوهش با استفاده از روش نحو فضا به ارزیابی دو ایستگاه مترو شماره ۱۱ (میدان ساعت)، شماره ۱۲ (میدان کهن) می‌پردازد و در آن از روش کمی مبتنی بر راهبرد توصیفی- تحلیلی استفاده می‌کند. گردآوری داده‌ها به روش کتابخانه‌ای و برداشت میدانی با مطالعه اسناد و نقشه‌های موجود و از طریق مشاهده، ترسیم و شبیه‌سازی نمونه‌های مطالعاتی صورت‌گرفته است. روش پژوهش شامل چهار مرحله ۱. نقشه‌برداری از فضای شهری زیرزمینی، ۲. انجام تحلیل‌های دید، محوری، ایزوویستی و حرکت طبیعی، ۳. ارزیابی نتیجه و ۴. مقایسه پلان‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه می‌باشد و تحلیل داده‌ها با کمک نرم‌افزار دپس مپ[۵] و شبیه‌سازی فضاهای ایستگاه‌ها و غیره انجام می‌شود. نتایج این پژوهش در مورد کاربرد نحو فضا برای ارزیابی و بهبود طراحی فضاهای زیرزمینی شهری (شکل ۱) نشان داده شده است.

شکل ۱: مدل مفهومی پژوهش



۴. مبانی نظری

مبانی نظری، پیرامون موضوع تحقیق، و پایه و مبنای نتایج مطالعاتی برای تحلیل نمونه‌های مطالعاتی و به دست آوردن داده‌هاست که بر اساس دو آیتم نحو فضا و سیستم حمل‌ونقل شهری صورت گرفته است.

۴-۱- نحو فضا

نحو فضا روشی است که بر اساس آن فضاها در پروژه‌های معماری، طرح‌های تفضیلی و پیشنهادهای طراحی تجزیه‌وتحلیل می‌شوند (Hillier and Hanson 1984; Hillier 1996). هدف نحو فضا تحلیل نحوه چیدمان فضایی و ترکیب مدل‌های مختلف براساس قالب، شکل و الگوهای گرافیکی در جهت بهبود تفسیرهای علمی و ریاضی از فضاها و روابط متقابل میان کالبد محیط و رفتار انسان‌هاست (Hillier and Hanson 1984, 294; Barani et al. 2012 Mustafa and Hassan 2013, 445).

به‌منظور تحلیل ساختار فضایی، روش نحو فضا به کمک برخی پارامترها، ویژگی‌های فضایی زیر را فراهم می‌کند: ارتباط[۶]: درجه تعداد خطوطی که به یک گره می‌رسد. هر گره که اتصال بیش‌تری داشته باشد، با گره‌های بیش‌تری مرتبط و ارتباطات فضایی بهتری دارد (Oftadeh 2016). اتصال فضاها به هم برای شناخت فضاهای جمعی و تسهیل در گردش میان فضاها (Young et al. 2015, 2-16).

هم‌پیوندی[۷]: میزان ارتباط یک نقطه، با کل ساختار یک مجموعه و زیرمجموعه‌هایش. اگر برای رسیدن به یک فضا، فضاهای کم‌تری پیموده شود، آن فضا دارای هم پیوندی بیش‌تری است و بالعکس (Jiangl, Claramuntz and Klarqvist 2000). هم‌پیوندی دارای رابطه مستقیم و خطی با ارتباط است؛ هرچه تعداد ارتباط یک فضا بیش‌تر و با گره‌های بیش‌تری متصل باشد، میزان هم پیوندی بیش‌تر است (Heydar, Ghasemian Asl, and Kiaei 2017).

عمق[۸]: این شاخص در روش نحو فضا به دو قسمت تقسیم می‌شود: ۱. عمق متریک یا همان فاصله میان دو گره ۲. تعداد گره‌هایی که باید برای رفتن از گره ۱ به گره ۲ طی شود (Memarian 2002).

انتخاب[۹]: احتمال گزینش مسیرها و حضور افراد در فضاها. این نقشه مسیرهایی که احتمال استفاده از آن‌ها برای رسیدن به مقصد زیاد است را نشان می‌دهد (Khodabandelo, Soltanifard, and Zanganeh 2018).

نظریه «چیدمان فضا» با کمک گراف‌ها و مدل‌سازی فضاهای شهری، نحوه ترتیب فضاهای شهری را نشان می‌دهد. الگوهایی که با نحوه ترتیب و چیدمان فضاهای شهری به دست می‌آید، کمک می‌کند تا ساختارهای شهری و رفتارهای انسانی شناسایی شوند (Jiangl, Claramuntz, and Klarqvist 2001). پیکره‌بندی فضایی (ساختار فضایی) را می‌توان نقطه آغازین در تحلیل پلان ساختمان به روش نحو فضا عنوان کرد اما سرمنشأ تجزیه‌وتحلیل‌ها، شبکه گراف‌هایی هستند که تصاویر انتزاعی از پیکره‌بندی (ساختار) فضایی را نمایش می‌دهند (Bafna 2003).

به‌منظور تحلیل ساختار فضایی به روش نحو فضا با استفاده از نرم‌افزار دپثمپ می‌توان داده‌هایی را به‌صورت گراف، جداول، نمودار و غیره به دست آورد. در ادامه برخی مفاهیم و اصطلاحات کاربردی این داده‌ها (شکل ۲)، به‌اختصار توضیح داده می‌شود:

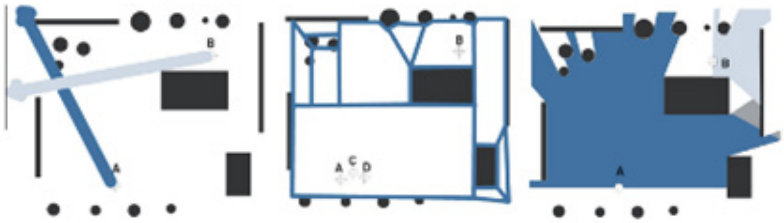
- تحلیل محوری: یک خط محوری نشان‌دهنده طولانی‌ترین خط دید در یک فضا یا ساختمان شهری است. این اصطلاح نشان‌دهنده نحوه حرکت انسان‌ها در خطوط در خیابان‌ها و جاده‌ها یا اتاق‌ها و راهروها است.

تحلیل جهت‌گیری: از نقشه‌های محدب برای تحلیل ساختمان‌ها و فضاهای عمومی بین ساختمان‌ها استفاده می‌شود. فضای محدب به این صورت تعریف می‌شود: «همه نقاط درون یک فضا که می‌توانند بدون عبور از مرز فضا به همه نقاط دیگر متصل شوند».

- تحلیل ایزوویستی: یک میدان ایزوویستی نمایانگر نمای پانوپتیکی است که یک فرد از نقطه‌ای معین در یک فضای شهری دارد. این اصطلاح برای جهت‌یابی یا مسیریابی در بافت شهری استفاده می‌شود (Hillier 1988).

- تحلیل حرکت طبیعی: توسط آنالیز اجنت که مردم در واقع چگونه خود را در ساختمان‌ها و مناطق شهری جهت‌گیری می‌کنند. از طریق آزمایش تجربی نحوه حرکت افراد در محیط‌های مجازی با زوایای عجیب، همبستگی قابل‌توجهی بین رفتار واقعی انسان و نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل تمام خطوط و تجزیه‌وتحلیل عمق نقطه پیدا شد (Conroy Dalton 2001).

شکل ۲: (از چپ) خطوط محوری، فضای محدب، ایزوویست



(Van Nes 2012)

فرضیه اصلی برای تحلیل‌های فضایی بدین‌صورت است که انسان در خطوط حرکت می‌کند، در فضاهای محدب تعامل می‌کند و هنگام حرکت در یک محیط ساخته‌شده، نماهای پانوپتیکی متغیری را تجربه می‌کند. به این‌ترتیب، می‌تواند برای آزمایش الزامات فضاهای شهری زیرزمینی مفید باشد. هدف این مطالعه نتیجه‌گیری در مورد پیکربندی‌های فضایی دو ایستگاه مترو شهری تبریز و یافتن راهکارهایی برای بهینه‌سازی طراحی فضاهای زیرزمینی شهری در تحقیقات آتی است.

۴-۲- سیستم حمل‌ونقل شهری

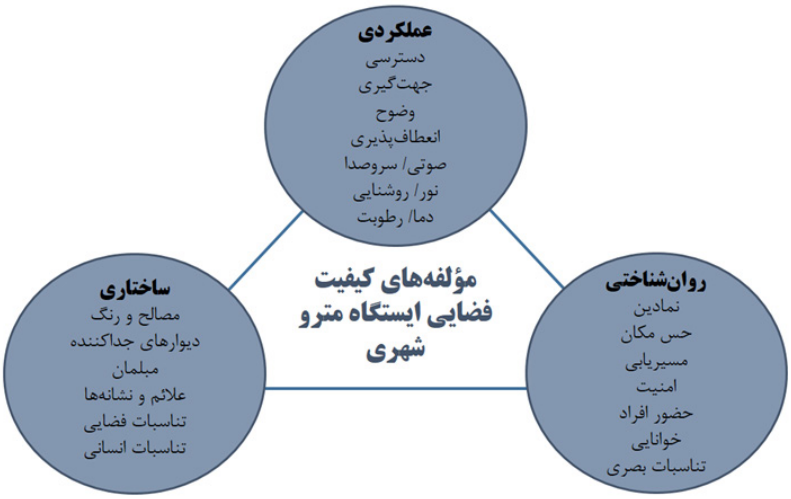
مترو ابزاری برای حمل‌ونقل سریع‌السیر شهری است که تمام یا بخش‌هایی از آن در زیرزمین ساخته شده و از طریق مسیرهای مشخص با ایستگاه‌های ثابت و قابل‌دسترسی از سطح زمین، مسافران داخل شهر را جابه‌جا می‌کند. مترو با کم‌ترین تداخل با سیستم حمل‌ونقل شهری و سرعت و سهولت بالا با بیش‌ترین حجم جابه‌جایی مسافر را داراست (Heydari and Zaemi 2017).

مترو متشکل با دو عنصر کالبدی خطوط و ایستگاه‌ها است و ایستگاه‌ها به دلیل ارتباط نزدیک‌تری با شهروندان و محیط جمعی، نقش پررنگ‌تری دارند. ایستگاه‌ها افزون بر جنبه حمل‌ونقلی، از نظر کالبدی و اثرات اجتماعی نیز مورد توجه قرار می‌گیرند و نقش فضای عمومی را ایفا می‌کنند (Durmisevic and Sariyildiz 2001). به لحاظ

قرار گرفتن در مرکز تبادلات وسایل نقلیه، به‌عنوان یک فضای تبادلی نیز کاربرد دارد (Ranger 2009).
از مؤلفه‌های ارتقای کیفیت فضایی ایستگاه‌های مترو، تسهیل در رفت‌وآمد و طراحی مسیرهاست به‌نحوی که تمام فضاها تحت پوشش قرار گیرد و حق انتخاب مسیر مناسب‌تر را به مسافران بدهد (Sampaio, Neto, and Sampaiom 2008). سهولت دسترسی‌ها و ایمنی نیز در فضاهای ایستگاه‌های مترو بسیار حائز اهمیت است (Tyrinopoulos and Antoniou 2008). طراحی و کیفیت فضاهای ایستگاه‌های مترو بستگی به عوامل زیر دارند:

عملکردی: ارتباطات درونی فضاها، کارآمدی حرکت، شیوه‌های ارتباطی، همجواری، مسیریابی، انسجام فضایی، عایق‌بندی صوتی، نور و روشنایی، دمای فضاها.
روان‌شناختی: بازتابش تجربه استفاده‌کنندگان از فضا. امنیت، آسایش، پدافند عامل در بحران، دید بصری، نور، حضور مردم، مسیریابی، جذابیت و نگهداری.
ساختاری: انعطاف‌پذیری، رنگ، مصالح، دیوارهای جداکننده، ابعاد، مبلمان (Mehrabian 1976; Durmisevic 1999; Dusmisevic and Sariyildiz 2001; Maria Kido 2010).

شکل ۳: دیدگاه نظریه‌پردازان به مؤلفه‌های کیفیت فضایی در ایستگاه‌های مترو



مکانی با ارتباطات و اتصالات قوی به این معنی است که دسترسی عابر پیاده به آن آسان‌تر است، بنابراین عابر پیاده مسیری را با یکپارچگی بالاتر انتخاب می‌کند. روش نحو فضا قادر است یک پیش‌بینی جریان عابر پیاده در ایستگاه مترو شهری را براساس پارامترهای تعیین‌شده، ارائه دهد. این پارامترها به‌خوبی می‌توانند وضعیت واقعی عابران پیاده را در ایستگاه مترو شهری توضیح دهند. حرکت طبیعی عابر پیاده را در محدوده معبر که مشابه وضعیت واقعی محل است -همان‌طوری که بیش‌تر افراد تمایل دارند مسیر نزدیک‌تری را انتخاب کنند- را نشان می‌دهد. از آن‌جایی‌که عابران پیاده تمایل دارند مسیر را با یکپارچگی بالا انتخاب کنند، تجزیه‌وتحلیل نتایج آن به پیش‌بینی نقاط فعال داخل ایستگاه در طول دوره طراحی کمک می‌کند. از طریق تجزیه‌وتحلیل فضای داخلی ایستگاه‌های مترو، می‌توان ثابت نمود که رفتار عابر پیاده در ایستگاه مترو رابطه نزدیکی با پیکربندی فضا دارد، که ما را قادر می‌سازد با بهینه‌سازی پیکربندی فضا، جریان عابر پیاده را بهتر هدایت کرده و با بهبود شاخص‌های طراحی برای کیفیت فضایی که وجود دارد، طراحی فضا مدنظر را تأیید کرد.

۵. نمونه‌های مورد مطالعه

قطار شهری تبریز دارای پنج خط شهری است که خطوط آن از خط ۱ تا ۵ به ترتیب ۱۷.۲ کیلومتر، ۲۲.۴ کیلومتر، ۹.۸ کیلومتر، ۱۵.۴ کیلومتر و ۵.۱ کیلومتر است. ایستگاه‌های مورد مطالعه در خط ۱ قرار دارند که این خط دارای ۱۸ ایستگاه است که از میدان ائل گلی آغاز و به کوی لاله تبریز ختم می‌شود. این مطالعه بر روی قسمت مرکزی خط ۱ بین ایستگاه‌های شماره ۱۱ و ۱۲ تمرکز دارد. دلایل انتخاب این ایستگاه‌ها جهت مطالعه موردی این پژوهش، تشابه پلان ایستگاه‌ها از لحاظ طبقات؛ تشابه تعداد استفاده‌کننده از ایستگاه‌ها به علت موقعیت قرارگیری آن‌ها در مرکز شهر و بازار تبریز، قرارگیری هر دو ایستگاه در خط ۱ مترو شهر تبریز به‌عنوان اولین خط مترو بهره‌برداری شده و قرارگیری ایستگاه شماره ۱۲ (میدان کهن) در مرکز خط ۱ به‌عنوان خط مادر جهت تعویض خطوط می‌باشد.

شکل ۴: موقعیت ایستگاه میدان ساعت (شماره ۱۱) و ایستگاه میدان کهن (شماره ۱۲) در خط ۱ قطار شهری تبریز

(Tabriz Metro Organization)

ایستگاه میدان ساعت، ایستگاه شماره ۱۱ از خط ۱ در خیابان امام خمینی و میدان ساعت (شهرداری تبریز) و ایستگاه میدان کهن، ایستگاه شماره ۱۲ از خط ۱ در خیابان شریعتی شمالی و میدان کهن (میدان عتیق) واقع شده است.

جدول ۲: مشخصات ایستگاه میدان ساعت (شماره ۱۱) و ایستگاه میدان کهن (شماره ۱۲) در خط ۱ قطار شهری تبریز

شماره ایستگاه	۱۱	۱۲
نام ایستگاه	میدان ساعت	میدان کهن
نوع ایستگاه	عمیق	عمیق
تعداد طبقات	۳	۳
تعداد ورودی	۳	۳
مساحت زیربنا (مترمربع)	۱۰۶۸۰	۱۳۱۷۷

(Tabriz Metro Organization)

۶. تحلیل داده‌ها

در حالت ایده‌آل، کاربران حمل‌ونقل عمومی در ایستگاه‌های زیرزمینی می‌توانند به‌راحتی راه خود را از ورودی‌های مختلف به سکوهای زیر و از سکوها به سطح خیابان پیدا کنند. طراحی چنین «ایستگاه»هایی، تعداد تغییر جهت‌ها و انحرافات زاویه‌ای موردنیاز در طول طی مسیر را تا حد امکان کاهش می‌دهد. کاربران حمل‌ونقل عمومی در ایستگاه‌ها طی طول مسیر خود از سطح خیابان تا سکوی زیرزمینی و از فضاهایی که در آن جابه‌جا می‌شوند تجربیات ذهنی خود را درباره مسیرهای اصلی به خاطر می‌سپارند؛ بنابراین چهار پارامتر از نحو فضا در ایستگاه‌های متروی مورد مطالعه، برای ارزیابی وضعیت فعلی از نظر ارتباطات فضایی انجام شد: تجزیه‌وتحلیل محوری، عمق نقطه، قابل‌مشاهده بودن تمام نقاط و حرکت طبیعی افراد. مراحل زیر برای ارزیابی این‌که آیا یک فضای شهری زیرزمینی می‌تواند در مسیریابی، جهت‌گیری و دید، قابل بهبود باشد، انجام گرفت:

۱. نقشه فضای شهری زیرزمینی و ایجاد تمایز بین مناطق قابل‌دسترس عموم و مناطق غیرقابل‌دسترس؛
۲. استفاده از پلان طبقات برای انجام تحلیل‌های محوری، عمق، دید و حرکت طبیعی؛
۳. ارزیابی نتیجه تحلیل‌ها و شناسایی مناطق «قوی» و «ضعیف» فضای زیرزمینی شهری؛
۴. ارزیابی و مقایسه نتایج طرح طبقات هر دو ایستگاه.

۶-۱- تجزیه‌وتحلیل محوری

تجزیه‌وتحلیل محوری بر اساس تمام خطوط پیاده‌روی مستقیم در داخل ایستگاه‌های مترو است. چنین خطوط برای راه رفتن قبل از انجام تجزیه‌وتحلیل به‌صورت خطوط مستقیم در پلان طبقه ترسیم می‌شود. تجزیه‌وتحلیل تمام خطوط، ویژگی‌های دسترسی را نشان می‌دهد. هرچه یک محور یکپارچه‌تر باشد، بیش‌تر به رنگ قرمز درمی‌آید که نشان‌دهنده کم‌ترین تغییر جهت نسبت به تمام محورهای دیگر در ایستگاه است. برعکس، هرچه ادغام کم‌تر باشد،

محور بیش‌تر به رنگ آبی می‌شود.

۶-۱-۱- ایستگاه میدان ساعت

با استفاده از تجزیه‌وتحلیل محوری برای پیکربندی فضایی جهت مسیریابی مسافر در ایستگاه میدان ساعت همان‌طورکه در جدول شماره ۳ نشان داده شده است چهار شاخص کمی ارتباط، هم پیوندی، عمق متوسط و انتخاب مورد تحلیل قرار گرفتند.

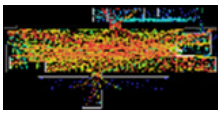
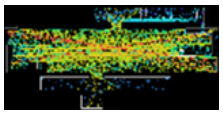
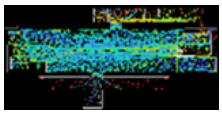
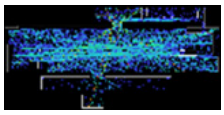
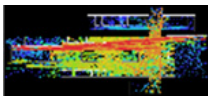
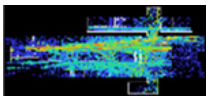
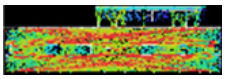
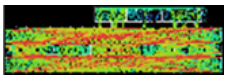
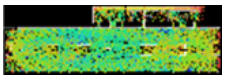
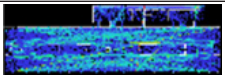
ارتباط: پارامتر ارتباط در طبقه همکف با شاخص عددی ۵۱۴ و در طبقه زیرزمین اول، سالن فروش بلیط با شاخص عددی ۱۵۲۶ ولی طبقه زیرزمین دوم، محل اتصال سکوها با شاخص عددی ۱۵۸۶ دارای بالاترین ارتباط می‌باشد.

هم‌پیوندی: مرکز سالن فروش بلیط در طبقه همکف با شاخص عددی ۲۲.۴۸۷۵ دارای بالاترین پیوستگی فضایی است. در طبقه زیرزمین اول، سالن فروش بلیط و منطقه هدایت مسافر به سمت طبقه پایین (سکوها) با شاخص عددی ۱۹.۵۶۲۸ دارای بالاترین پیوستگی فضایی است و در طبقه زیرزمین دوم، مرکز سکوها و پشت به دسترسی‌ها و محل سوارشدن با شاخص عددی ۲۰.۱۶۸۹ دارای بالاترین پیوستگی فضایی است.

عمق متوسط: کم‌ترین عمق متوسط فضایی در طبقه همکف مربوط به دسترسی‌های عمودی با شاخص عددی ۱.۹۶۹۷۵ است. در طبقه زیرزمین اول، عمق متوسط فضایی مربوط به باجه فروش بلیط با شاخص عددی ۱.۹۸۰۲۳ است و در طبقه زیرزمین دوم، عمق متوسط فضایی مربوط به سکوی جنوبی با شاخص عدد ۱.۹۷۲۶۸ می‌باشد.

انتخاب: پارامتر انتخاب با محور قرمز به‌عنوان بالاترین درجه انتخاب در مرکز طبقه همکف با عدد ۳۲۹۸ توزیع شده است. در طبقه زیرزمین اول، محور قرمز در منطقه شمال غربی که شامل باجه فروش بلیط، سالن فروش بلیط و گیت ورودی مسافران به سمت طبقه دوم با عدد ۱۳۲۳۲ می‌باشد. در طبقه زیرزمین دوم محور قرمز در مرکز سالن و محل سوارشدن مسافرین (سکوها) با عدد ۳۳۳۶۴ است. بیش‌ترین انتخاب در یک فضا یا ایستگاه، نشانگر ارتباط فضایی قوی است. ارتباط بالای فضایی نشانگر هم‌پیوستگی فضایی بالا است. بنابراین انتخاب رابطه مستقیم با ارتباط و هم پیوندی دارد.

جدول ۳: تجزیه‌وتحلیل محوری به روش نحو فضا جهت مسیریابی مسافر در ایستگاه میدان ساعت

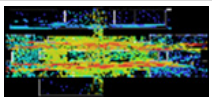
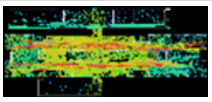
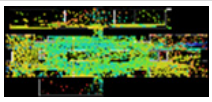
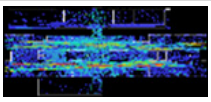
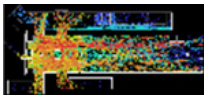
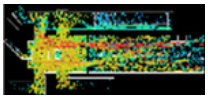
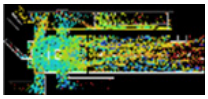
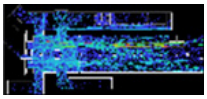
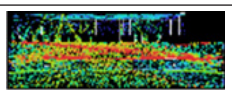
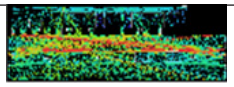
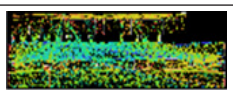
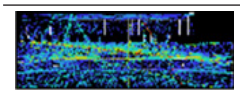
	Connectivity	Integration HH2	Mean Depth R2	Choice R2
همکف				
min	۶	۴.۱۴۸۰۴	۱.۳۱۰۰۷	۰
mean	۲۶۰	۱۳.۳۱۷۷۷	۱.۶۳۹۹۱	۱.۶۴۹
max	۵۱۴	۲۲.۴۸۷۵	۱.۹۶۹۷۵	۳۲۹۸
-۱				
min	۶	۴.۳۳۳۳۳	۱.۴۵۳۲۴	۰
mean	۷۶۶	۱۱.۹۴۸۰۶۵	۱.۷۱۶۷۳۵	۶۶۱۶
max	۱۵۲۶	۱۹.۵۶۲۸	۱.۹۸۰۲۳	۱۳۲۳۲
-۲				
min	۱۰	۴.۰۵۷۵۹	۱.۴۴۰۷۶	۰
mean	۷۹۸	۱۲.۱۱۳۲۴۵	۱.۷۰۶۷۲	۱۶۶۸۲
max	۱۵۸۶	۲۰.۱۶۸۹	۱.۹۷۲۶۸	۳۳۳۶۴

۶-۱-۲- ایستگاه میدان کهن

با استفاده از تجزیه‌وتحلیل محوری برای پیکربندی فضایی جهت مسیریابی مسافر در ایستگاه میدان کهن، همان‌طورکه در شکل ۵ و جدول ۴ نشان داده شده است چهار شاخص کمی ارتباط، هم پیوندی، عمق متوسط و انتخاب مورد تحلیل قرار گرفت.

- ارتباط: بالاترین میزان ارتباط در طبقه همکف با شاخص عددی ۱۰۱۴ در سالن فروش بلیط است. در طبقه زیرزمین اول، سالن فروش بلیط با شاخص عددی ۹۳۱، ولی طبقه زیرزمین دوم، محل سکوها با شاخص عددی ۷۱۶ است.
- هم‌پیوندی: پیوستگی فضایی در طبقه همکف در منطقه دسترسی‌های عمودی با شاخص عددی ۱۸.۶۴۵۷ است، در طبقه زیرزمین اول در منطقه شمالی سالن فروش بلیط با شاخص عددی ۱۹.۶۲۷۲ است و بالاترین پیوستگی فضایی در طبقه زیرزمین دوم، مرکز سکوها و محل سوارشدن با شاخص عددی ۲۰.۶۴۴۴ است.
- عمق متوسط: عمق متوسط فضایی در طبقه همکف مربوط به گالری‌های دسترسی با شاخص عددی ۱.۹۸۷۶۲ است. در طبقه زیرزمین اول، عمق متوسط فضایی مربوط به گالری‌های دسترسی با شاخص عددی ۱.۹۷۲۰۹ است و کم‌ترین عمق متوسط فضایی در طبقه زیرزمین دوم مربوط به جایگاه مترو با شاخص عدد ۱.۹۶۳۹۳ است.
- انتخاب: بالاترین میزان انتخاب در ایستگاه میدان کهن در طبقه همکف با محورهای قرمز در دو منطقه شمالی و جنوبی سالن فروش بلیط مشاهده می‌شود که مقدار آن در قسمت جنوبی در ابتدای ورودی بیش‌تر است و با عدد ۱۴۵۴۶ توزیع شده است. در طبقه زیرزمین اول، محور قرمز در منطقه شمالی که شامل گالری‌های دسترسی، باجه فروش بلیط، سالن فروش بلیط و گیت ورودی مسافران به سمت طبقه زیرزمین دوم با عدد ۱۳۹۳۳ می‌باشد. در طبقه زیرزمین دوم محور قرمز در منطقه شمال غربی و محل سوارشدن مسافرین (سکوی شمالی) با عدد ۶۳۷۸ است.

جدول ۴: تجزیه‌وتحلیل محوری به روش نحو فضا جهت مسیریابی مسافر در ایستگاه میدان کهن

	Connectivity	Integration HH2	Mean Depth R2	Choice R2
همکف				
min	۳	۳.۱۴۷۰۶	۱.۴۳۷۴۶	۰
mean	۵۰۸.۵	۱۰.۸۹۶۳۸	۱.۷۱۲۵۴	۷۲۷۳
max	۱۰۱۴	۱۸.۶۴۵۷	۱.۹۸۷۶۲	۱۴۵۴۶
-۱				
min	۶	۳.۷۳۷۶۴	۱.۴۱۰۰۱	۰
mean	۴۶۸.۵	۱۱.۶۸۲۴۲	۱.۶۹۱۰۵	۶۹۶۶.۵
max	۹۳۱	۱۹.۶۲۷۲	۱.۹۷۲۰۹	۱۳۹۳۳
-۲				
min	۶	۳.۹۸۳۳۹	۱.۳۷۰۲۷	۰
mean	۳۶۱	۱۲.۳۱۳۸۹۵	۳.۳۳۴۲	۳۱۸۹
max	۷۱۶	۲۰.۶۴۴۴	۱.۹۶۳۹۳	۶۳۷۸

۶-۲- تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب (جهت‌گیری)

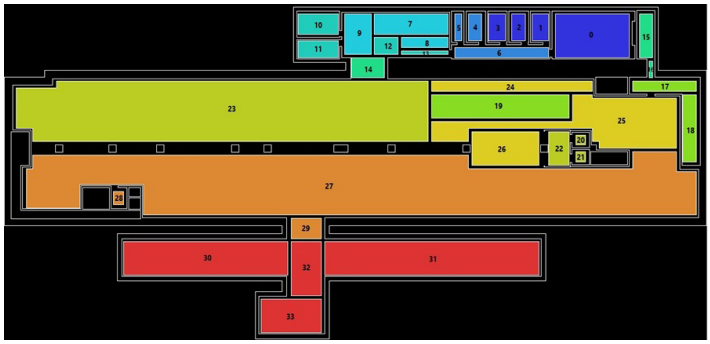
تجزیه‌وتحلیل عمق نقطه، درجه تغییر جهت از هر نقطه در فضای تجزیه‌وتحلیل شده به تمام نقاط دیگر را نشان می‌دهد. اگر کسی بخواهد بر کل ایستگاه نظارت داشته باشد، چند بار باید مسیر خود را از یک موقعیت معین در ایستگاه تغییر دهد؟ تجزیه‌وتحلیل عمق نقطه، یک فضا را به سلول‌های شبکه تقسیم می‌کند و نحوه ارتباط هر سلول با تمام سلول‌های دیگر را در شبکه محاسبه می‌کند (Turner ۲۰۰۷). برای جهت‌یابی بهینه، عمق نقطه کم‌تری موردنظر است. تجزیه‌وتحلیل عمق نقطه برای تعیین اینکه بیش‌ترین و کم‌ترین مناطق جهت‌گیری در حمل‌ونقل زیرزمینی در کجا قرار دارند و اینکه چگونه طرح کلی ایستگاه و همچنین قرار دادن ستون‌ها، دیوارهای اعلامی، حصارها و تبلیغات، بر درجه جهت‌گیری ایستگاه

تأثیر می‌گذارد، مفید است.

۶-۲-۱- ایستگاه میدان ساعت

- ارتباط: در تجزیه‌وتحلیل ارتباط فضایی در طبقه همکف و ۱- با شاخص عددی ۲۴ و ۴۱ مربوط به سالن فروش بلیط و طبقه زیرزمین دوم با شاخص عددی ۲۱ مربوط به سکوهاست. بنابراین سالن فروش بلیط در طبقه زیرزمین اول بالاترین میزان هم پیوندی (پیوستگی) فضایی را داراست.
- هم‌پیوندی: با توجه به تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب، بهترین جهت‌گیری با هم پیوندی بالا در فضاهای منتخب ایستگاه میدان ساعت در طبقه همکف و زیرزمین اول با شاخص عددی ۶.۳۳۴ و ۲۰.۶۴۶ مربوط به سالن فروش بلیط و در طبقه زیرزمین دوم مربوط به سکوها با شاخص عددی ۲۵.۱۲۱ می‌باشد. اما سکوی جنوبی با شاخص عددی ۱۸.۱۸۵ بالاترین میزان هم‌پیوندی (پیوستگی) فضایی را داراست.
- عمق متوسط: در تجزیه‌وتحلیل میانگین عمق متوسط در طبقه همکف و طبقه زیرزمین اول مربوط به گالری‌های دسترسی با شاخص عددی ۲.۹۵ و ۱.۷۲۷ است. میانگین عمق متوسط در طبقه زیرزمین دوم مربوط به سکوها با شاخص عددی ۲.۳۳ است. در نتیجه بالاترین جهت‌یابی مسیر مسافر در طبقه همکف و زیرزمین دوم است و کم‌ترین مسیریابی در طبقه زیرزمین اول مربوط به باجه فروش بلیط و منطقه خروج مسافرین از ایستگاه است.

شکل ۵: تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب به روش نحو فضا برای جهت‌گیری در طبقه همکف ایستگاه میدان ساعت



جدول ۵: تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب به روش نحو فضا برای جهت‌گیری در طبقه همکف ایستگاه میدان ساعت

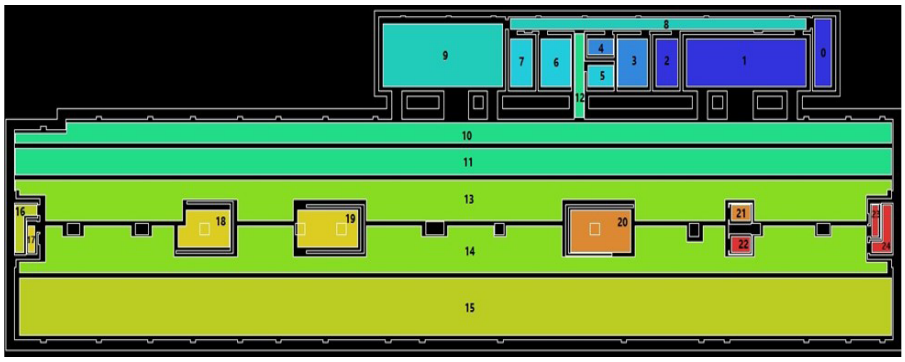
طبقه همکف	گالری‌های دسترسی		سالن فروش بلیط					دسترسی عمودی				
فضاها	۳۲	۳۳	۲۳	۲۴	۲۶	۲۵	۲۷	۱۹	۲۰	۲۱	۳۰	۳۱
پارامتر												
Connectivity	۵				۲۴					۷		
Integration	۴.۱۹۴				۶.۳۳۴					۴.۹۲۴		
Mean Depth	۲.۹۵				۷.۹۷۳					۸.۷۲۵		

شکل ۶: تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب به روش نحو فضا برای جهت‌گیری در طبقه زیرزمین اول ایستگاه میدان ساعت

جدول ۶: تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب به روش نحو فضا برای جهت‌گیری در طبقه زیرزمین اول ایستگاه میدان ساعت

طبقه زیرزمین اول	گالری‌های دسترسی		سالن فروش بلیت						باجه فروش بلیط				دسترسی عمودی							
فضاها	۳۴	۳۰	۳۰	۳۱	۳۸	۳۹	۴۰	۴۱	۴۲	۲۶	۲۹	۲۷	۲۸	۳۲	۳۳	۳۵	۳۶	۳۷
پارامتر																		
Connectivity	۳					۴۱				۲					۷			
Integration	۱.۹۵۸					۲۰.۶۴۶				۲.۷۵					۳.۹۰۵			
Mean Depth	۱.۷۲۷					۱۲.۰۸۷				۳.۷۷۶					۱۱.۸۳			

شکل ۷: تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب به روش نحو فضا برای جهت‌گیری در طبقه زیرزمین دوم ایستگاه میدان ساعت



جدول ۷: تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب به روش نحو فضا برای جهت‌گیری در طبقه زیرزمین دوم ایستگاه میدان ساعت

طبقه زیرزمین دوم	سکو		جایگاه مترو		دسترسی عمودی				
فضاها	۱۳	۱۴	۱۱	۱۵	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲
پارامتر									
Connectivity	۱۰	۱۱	۳				۱۰		
Integration	۶.۹۳۶	۱۸.۱۸۵	۳.۵۲۷				۹.۰۹		
Mean Depth	۱.۲۳۰	۱.۰۸۳	۳.۷۶۶				۹.۱۶۵		

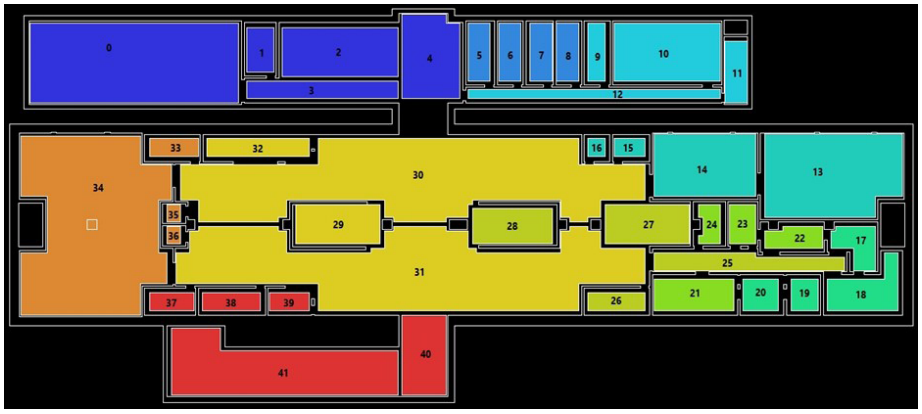
۶-۲-۲- ایستگاه میدان کهن

ارتباط: در تجزیه‌وتحلیل ارتباط فضایی در طبقه همکف و زیرزمین اول با شاخص عددی ۲۵ و ۲۳ مربوط به سالن فروش بلیط و در طبقه زیرزمین دوم با شاخص عددی ۳۸ مربوط به سکوهاست. بنابراین سکوها در طبقه زیرزمین دوم بالاترین میزان هم پیوندی (پیوستگی) فضایی را داراست.

هم پیوندی: با توجه به تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب، بهترین جهت‌گیری با هم پیوندی بالا در فضاهای منتخب ایستگاه میدان کهن در طبقه همکف با شاخص عددی ۱۱,۵۳۰ مربوط به دسترسی‌های عمودی و در طبقه زیرزمین اول با شاخص عددی ۱۰,۲۹۶ مربوط به سالن فروش بلیط است. بالاترین میزان هم پیوندی در طبقه زیرزمین دوم مربوط به سکوها با شاخص عددی ۱۸,۹۳۳ می‌باشد.

عمق متوسط: در تجزیه‌وتحلیل میانگین عمق متوسط در طبقه همکف و طبقه زیرزمین اول مربوط به دسترسی‌های عمودی با شاخص عددی ۱۰,۹۷۰ و ۷,۳۵ است. میانگین عمق متوسط در طبقه زیرزمین دوم مربوط به سکوها با شاخص عددی ۱۱,۳۷۴ است. درنتیجه بالاترین جهت‌یابی مسیر مسافر در طبقه زیرزمین اول است و کم‌ترین مسیریابی در طبقه زیرزمین دوم است.

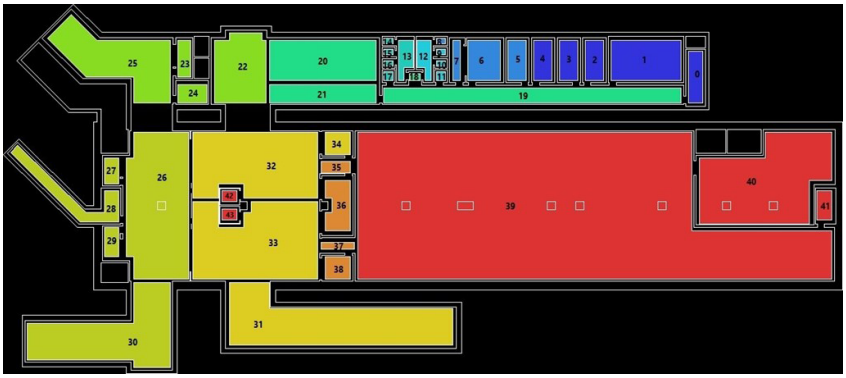
شکل ۸: تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب به روش نحو فضا برای جهت‌گیری در طبقه همکف ایستگاه میدان کهن



جدول ۸: تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب به روش نحو فضا برای جهت‌گیری در طبقه همکف ایستگاه میدان کهن

طبقه همکف	گالری‌های دسترسی	سالن فروش بلیط		دسترسی عمودی					
فضاها	۴۰	۳۰	۳۱	۲۷	۲۸	۲۹	۳۵	۳۶	۴۱
پارامتر									
Connectivity	۲	۲۵				۱۱			
Integration	۱.۸۹۱	۹.۶۳۲				۱۱.۵۳۰			
Mean Depth	۱.۸۴۶	۲.۹۷۲				۱۰.۹۷۰			

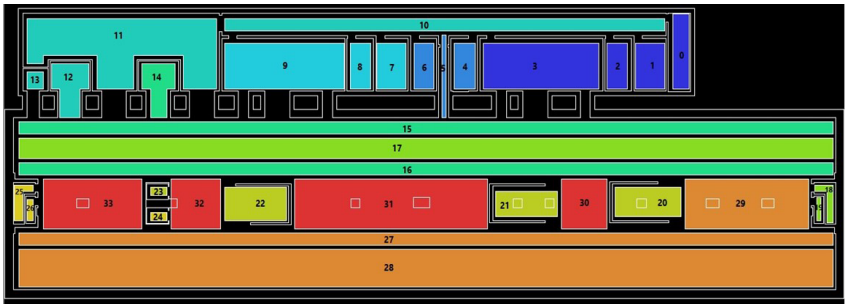
شکل ۹: تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب به روش نحو فضا برای جهت‌گیری در طبقه زیرزمین اول ایستگاه میدان کهن



جدول ۹: تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب به روش نحو فضا برای جهت‌گیری در طبقه زیرزمین اول ایستگاه میدان کهن

طبقه زیرزمین اول	گالری‌های دسترسی		سالن فروش بلیط			باجه فروش بلیط			دسترسی عمودی		
فضاها	۲۵	۳۰	۲۶	۳۲	۳۳	۲۳	۲۷	۲۹	۲۸	۳۱	۴۲	۴۳
پارامتر												
Connectivity	۴		۲۳			۳			۶			
Integration	۲.۹۸۲		۱۰.۲۹۶			۲.۷۹۸			۵.۸۹۶			
Mean Depth	۳.۵۲۳		۴.۷۱۸			۵.۳۸			۷.۳۵			

شکل ۱۰: تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب به روش نحو فضا برای جهت‌گیری در طبقه زیرزمین دوم ایستگاه میدان کهن



جدول ۱۰: تجزیه‌وتحلیل فضاهای محدب به روش نحو فضا برای جهت‌گیری در طبقه زیرزمین دوم ایستگاه میدان کهن

طبقه زیرزمین دوم	دسترسی عمودی						سکو					جایگاه مترو	
فضاها	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۱۶	۲۷	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳	۱۷	۲۸
پارامتر														
Connectivity			۱۱						۳۸				۳	
Integration			۷.۸۹۱						۱۸.۹۳۳				۳.۵۲۶	
Mean Depth			۸.۸۶۵						۱۱.۳۷۴				۳.۷۷	

۶-۳- تجزیه‌وتحلیل دید (Isovist)

ایزویست: «مجموعه همه نقاط قابل‌مشاهده از یک نقطه دید معین در فضا و با توجه به یک محیط» (Benedikt 1979). نرم‌افزار دپثمپ قادر است با استفاده از تحلیل‌های گرافیکی، میزان یکپارچگی هر نقطه یا ریشه ایزویست مربوط به نقاط دیگر را در یک محیط ساخته‌شده محاسبه کند. درحالی‌که تحلیل محوری بر روی خطوط قابل دید در طی مسیر مسافر متمرکز بود، هدف ایزوویستی تجزیه‌وتحلیل سطح قابل‌مشاهده بودن است، یعنی این‌که افراد چگونه می‌توانند یکدیگر را ببینند و دیگران چگونه می‌توانند آن‌ها را ببینند (Van Nes and Yamu 2007). این تفاوت‌ها بین قابلیت دسترسی و دید، تفاوت بین تحلیل عمق/ محوری نقطه و تحلیل ایزوویست را تعیین می‌کنند.

۶-۳-۱- ایستگاه میدان ساعت

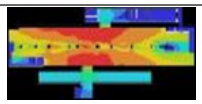
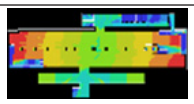
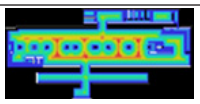
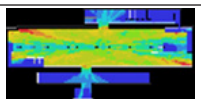
در تجزیه و تحلیل دید با توجه به جدول ۱۱ بالاترین دید بصری مسافر در طبقه همکف با شاخص عددی ۱۶۴۷۳۸۰۰ و کم‌ترین دید در طبقه زیرزمین اول با شاخص عددی ۸۴۷۱۸۷۰ است.

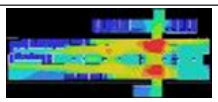
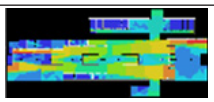
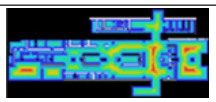
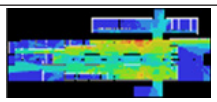
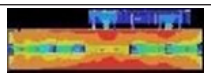
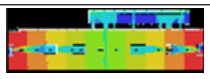
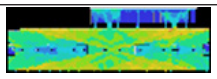
بیش‌ترین ماکزیمم شعاع دید در طبقه همکف با شاخص عددی ۱۰۴۰۰.۷ و کم‌ترین ماکزیمم شعاع دید در طبقه زیرزمین اول با شاخص عددی ۹۹۹۴.۱۲ است. بیش‌ترین مینیموم شعاع دید در طبقه همکف با شاخص عددی ۶۰۵.۴۲۸ است و پایین‌ترین مینیموم شعاع دید در طبقه زیرزمین اول با شاخص عددی ۵۱۷.۴۴۳ است.

بالاترین میزان انسداد دید که مانع دید بصری مسافر گشته و مسیریابی و جهت‌یابی او را مختل می‌سازد مربوط به طبقه همکف با شاخص عددی ۵۶۸۱۸.۷ است.

و کم‌ترین میزان انسداد دید در طبقه زیرزمین دوم با شاخص عددی ۳۷۷۷۲.۶ است.

جدول ۱۱: تجزیه‌وتحلیل فضاهای دید به روش نحو فضا برای دید بصری مسافر در ایستگاه میدان ساعت

	Isovist Area	Isovist Max Redial	Isovist Min Redial	Isovist Occlusivity
همکف				
min	۲۴۴۵۴.۴	۱۳۰.۵۳۵	۱.۳۷۷۴۴	۰
mean	۸۲۴۹۱۲۸	۵۸۷.۶۱۷۵	۳۰۳.۴۰۲۷۲	۲۸۴۱۰
max	۱۶۴۷۳۸۰۰	۱۰۴۰۰.۷	۶۰۵.۴۲۸	۵۶۸۱۸.۷

	Isovist Area	Isovist Max Redial	Isovist Min Redial	Isovist Occlusivity
زیرزمین اول				
min	۳۳۴۹۸.۴	۲۸۷.۵۱۱	۰.۳۱۶۹۱۲	۰
mean	۴۲۵۲۶۸۵	۵۱۴۱	۵۱۸	۲۰۵۴۴
max	۸۴۷۱۸۷۰	۹۹۹۴.۱۲	۵۱۷.۴۴۳	۴۱۰۸۶.۴
زیرزمین دوم				
min	۳۸۶۶۲	۲۰۸.۷۶۱	۰.۰۴۱۶	۱۰۰.۰۱۱
mean	۶۷۳۷۸۸۱	۵۲۶۰	۲۷۹	۱۸۹۳۷
max	۱۳۴۳۷۱۰۰	۱۰۳۱۰	۵۵۷.۶۷۶	۳۷۷۷۲.۶

۶-۳-۲- ایستگاه میدان کهن

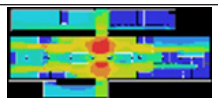
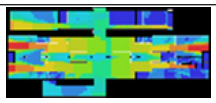
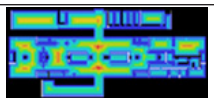
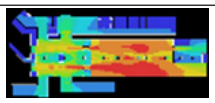
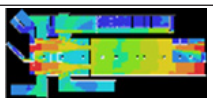
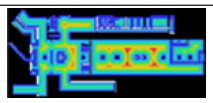
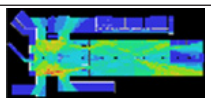
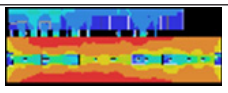
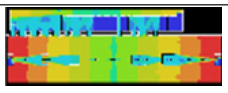
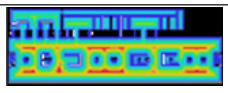
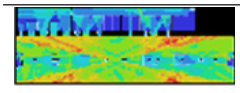
در تجزیه‌وتحلیل دید با توجه به جدول شماره ۱۲ بالاترین دید بصری مسافر در طبقه زیرزمین اول با شاخص عددی ۱۱۰۴۲۰۰۰ و کم‌ترین دید در طبقه همکف با شاخص عددی ۹۰۴۷۳۴۰ است.

بیش‌ترین ماکزیمم شعاع دید در طبقه زیرزمین اول با شاخص عددی ۱۰۳۴۰.۶ و کم‌ترین ماکزیمم شعاع دید در طبقه همکف با شاخص عددی ۹۹۸۰.۴۵ است.

بیش‌ترین مینیموم شعاع دید در طبقه زیرزمین اول با شاخص عددی ۶۰۰.۲۸۴ است و پایین‌ترین مینیموم شعاع دید در طبقه زیرزمین دوم با شاخص عددی ۵۳۸.۹۶۹ است.

انسداد دید که مانع دید بصری مسافر گشته و مسیریابی و جهت‌یابی او را مختل می‌سازد بیش‌ترین انسداد دید مربوط به طبقه زیرزمین اول با شاخص عددی ۵۸۰۱۹.۹ است و کم‌ترین میزان انسداد دید در طبقه زیرزمین دوم با شاخص عددی ۳۳۱۳۷.۱ است.

جدول ۱۲: تجزیه‌وتحلیل فضاهای دید به روش نحو فضا برای دید بصری مسافر در ایستگاه میدان کهن

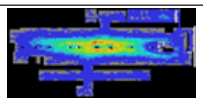
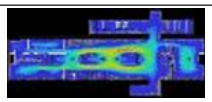
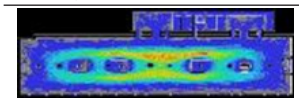
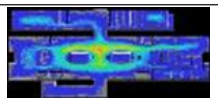
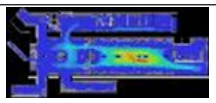
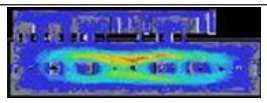
	Isovist Area	Isovist Max Redial	Isovist Min Redial	Isovist Occlusivity
همکف				
min	۵۹۸۰۰	۳۰۶.۷۴۶	۰.۰۹۴۲	۰
mean	۴۵۵۳۵۷۰	۵۱۴۴	۲۸۰	۱۸۶۷۷
max	۹۰۴۷۳۴۰	۹۹۸۰.۴۵	۵۵۸.۸۹	۳۷۳۵۲.۴
زیرزمین اول				
min	۲۳۳۹۹.۹	۱۷۰.۵۴۸	۰.۴۶۵۵	۰
mean	۵۵۳۲۷۰۰	۵۲۵۶	۳۰۱	۲۹۰۱۰
max	۱۱۰۴۲۰۰۰	۱۰۳۴۰.۶	۶۰۰.۲۸۴	۵۸۰۱۹.۹
زیرزمین دوم				
min	۳۹۴۴۰.۸	۲۵۵.۹۶۲	۰.۰۰۹۵	۱۰۰.۰۰۲
mean	۱۳۷۸۲۴۱	۵۱۷۰	۲۷۰	۱۶۶۱۹
max	۱۳۳۸۸۰۰	۱۰۰۸۲.۴	۵۳۸.۹۶۹	۳۳۱۳۷.۱

۶-۴- آنالیزهای اجنت

نتایج حاصل از تحلیل اجنت می‌تواند در تخمین نحوه پیمایش فضاها و ساختمان‌های شهری در آینده علاوه بر نحوه پیمایش در گذشته مفید باشد. می‌توان بررسی

کرد که جمعیت بزرگ در یک منطقه معین چگونه رفتار می‌کند، یا مردم چگونه خود را از یک نقطه معین در بازه‌های زمانی مختلف جهت‌گیری می‌کنند.
با توجه به جدول ۱۳ در تجزیه‌وتحلیل حرکت طبیعی مسافرین در ایستگاه میدان ساعت که نشانگر ارتباط بین فضایی است، بالاترین حرکت طبیعی در طبقه همکف است که میانگین آن عدد ۱۰۲۷۳ است و پایین‌ترین حرکت طبیعی در طبقه زیرزمین اول با عدد ۵۳۰۴ است. در ایستگاه میدان کهن بالاترین حرکت طبیعی در طبقه زیرزمین دوم است که میانگین آن عدد ۸۲۵۹ است و پایین‌ترین حرکت طبیعی در طبقه همکف با عدد ۵۶۷۵ است.

جدول ۱۳: تجزیه‌وتحلیل اجنت به روش نحو فضا برای حرکت طبیعی مسافر در ایستگاه میدان ساعت و میدان کهن

Connectivity	طبقه همکف	طبقه زیرزمین اول	طبقه زیرزمین دوم
ایستگاه میدان ساعت			
min	۳۵	۱۹	۲۳
mean	۵۱۵۴	۲۶۶۲	۴۲۴۱
max	۱۰۲۷۳	۵۳۰۴	۸۴۵۸
ایستگاه میدان کهن			
min	۴۱	۳۰	۱۹
mean	۲۸۵۸	۳۴۶۷	۴۱۳۰
max	۵۶۷۵	۶۹۰۳	۸۲۵۹

۷. بحث و جمع‌بندی

ایستگاه میدان ساعت درجه یکپارچگی با دسترسی عالی در فضای کلی را تشکیل می‌دهد. میزان ارتباطات قوی، پیوستگی فضایی بالا در سالن فروش بلیط طبقه همکف و همچنین سکوی طبقه زیرزمین دوم نشان از دسترسی بالا، یکپارچگی قوی فضاها، ساختار فضایی پیوسته یا انسجام فضایی بالاست که این دلایل، میزان نفوذپذیری را بالابرده و پتانسیل حرکت را افزایش می‌دهند. هم‌پیوندی و اتصال در این ایستگاه بالاتر از ایستگاه میدان کهن است و نشانگر مسیریابی قوی در ایستگاه میدان ساعت است. سکوی جنوبی طبقه زیرزمین دوم در ایستگاه میدان کهن، از درجه انتخاب و ارتباط پایین‌تری را نشان می‌دهد که نشان از اختلال در مسیریابی در این قسمت است.
عواملی همچون فضاهای پراکنده و غیرمتمرکز در پلان، دسترسی‌های متعدد و نحوه چیدمان آن‌ها دخیل در این موضوع هستند. از تجزیه‌وتحلیل گراف‌های دید می‌توان به این نتیجه رسید که قابلیت نفوذپذیری بصری در ایستگاه میدان ساعت نسبت به میدان کهن بالاست، در نتیجه کارکرد فضا توسط کاربران افزایش می‌یابد. میزان حرکت طبیعی کاربران به دلیل نفوذپذیری بصری بالا، ساختار فضایی منسجم، پیوستگی فضاها و ارتباطات کالبدی قوی در ایستگاه میدان ساعت نسبت به میدان کهن، بالاست. حرکت طبیعی در طبقه همکف ایستگاه میدان کهن که مربوط به سالن فروش بلیط، باجه فروش بلیط و گیت‌هاست، بسیار ضعیف و در سکوی جنوبی به‌خصوص در قسمت انتهایی و ابتدایی کاملاً مشهود است.

جدول ۱۴: جمع‌بندی تجزیه‌وتحلیل‌های ایستگاه میدان ساعت و میدان کهن

Egent	Isovist Occlusivity	Isovist Min Redial	Isovist Max Redial	Isovist Area	Choice	Mean Depth	Integration	Connectivity
میدان ساعت	۱۳۵۶۷۷.۷	۱۶۸۰.۵۴۷	۳۰۷۰۴.۱۲	۳۸۳۸۲۷۷۰	۴۹.۸۹۴	۵.۹۲۲۶۶	۶۲.۲۱۹۲	۳۶۲۶
میدان کهن	۱۲۸۵۰۹.۴	۱۶۹۸.۱۴۳	۳۰۴۰۳.۴۵	۲۱۴۲۸۱۴۰	۳۴.۸۵۷	۵.۰۹۲۳۴۶	۵۸.۹۱۷۳	۲۶۶۱

۸. نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات انجام‌یافته توسط پژوهشگران که در بخش پیشینه بدان پرداخته شد در حوزه مطالعات حمل‌ونقل شهری اکثر پژوهش به‌صورت مطالعه ساختمان ایستگاه مترو از نظر سازه‌ای، مدیریتی، اجتماعی، پدافند غیرعامل، فضای شهری، معماری و محیطی و ارتباط آن با مراکز و فعالیت‌های شهری می‌باشد. در پژوهش حاضر مطالعه در رابطه با مسیرهای طراحی برای حرکت پیاده از محل ورود به ایستگاه تا رسیدن به جایگاه سوارشدن با استفاده از روش نحو فضا مورد بررسی قرار گرفت و به تحلیل مسیرهای عابر پیاده، جهت‌گیری‌های مسیرها، نحوه پیمایش کاربران بر روی مسیرها، دید بصری کاربران در زمان پیمایش مسیر و غیره اقدام شد که این نوع تحلیل و مطالعه در رابطه با ایستگاه‌های مترو شهری، تاکنون مورد پژوهش قرار نگرفته است.

روش نحو فضا به‌طور مؤثر برای کشف مسیریابی، جهت‌گیری و دید در فضاهای شهری موردتوجه است. سهولتی که کاربران مترو در ایستگاه زیرزمینی برای پیدا کردن مسیر، جهت‌گیری و آگاهی از دیگران دارند، بین ایستگاه‌های میدان ساعت و میدان کهن متفاوت است. با استفاده از پارامترهای موجود در نحو فضا که شامل ارتباط، هم پیوندی، عمق و انتخاب است، می‌توان فضاهای شهری را ارزیابی کرد. عواملی همچون یکپارچگی فضایی، پیوستگی فضایی، ساختار فضایی و انسجام فضایی باعث بهینه‌سازی در ایستگاه‌های مترو شهری (میدان ساعت و میدان کهن) می‌شوند. عوامل کالبدی و فضایی همچون وجود فضاهای غیرمتمرکز و پراکنده در پلان‌ها، وجود دسترسی‌های متعدد و نحوه چیدمان فضایی، نقش مؤثری در میزان نفوذپذیری و کارکرد فضاها دارند و موجب اختلال در مسیریابی، جهت‌گیری و دید کاربر می‌شوند. با ایجاد سلسله‌مراتب فضایی در طی مسیر کاربر از مبدأ حرکت تا محل سوارشدن (مقصد) و بالعکس می‌توان یکپارچگی، پیوستگی، ساختار و انسجام فضایی را در ایستگاه‌های مترو شهری ایجاد کرد.

با استفاده از روش نحو فضا، فضاهای غیرقابل‌دسترس با ارتباطات ضعیف، کشف و تقویت می‌شوند (بهبود می‌یابند) اما تاکنون در ایستگاه‌های مترو شهری، این فضاها کم‌تر موردتوجه قرارگرفته‌اند و بیش‌تر به جنبه‌های کمی آن‌ها توجه شده است. همچنین از این روش در مطالعات و پژوهش‌های مربوط به کاربری‌های خانه، مراکز تجاری، فضاهای شهری و غیره استفاده می‌شود. عوامل حرکت، مسیریابی، دسترسی و غیره در ایستگاه‌های متروی شهری که فضاهای نوظهور در فضاهای زیرزمینی شهری ایران هستند، کم‌تر موردتوجه قرارگرفته‌اند. با این پژوهش طراحان شهری، سیاست‌گذاران و غیره می‌توانند به نحوه حرکت کاربر در فضاهای زیرزمین شهری، سهولت مسیریابی توسط او و جهت‌گیری قابل‌تشخیص با کم‌ترین علائم و نشانه‌های شهری، کمک و یاری رسانند.

تشکر و قدردانی

این مقاله هیچ حامی مالی و معنوی نداشته است.

تعارض منافع

این مقاله فاقد هرگونه تعارض منافعی است.

تاییدیه اخلاقی

نویسندگان متعهد می‌شوند که کلیه اصول اخلاقی انتشار اثر علمی را براساس اصول اخلاقی COPE رعایت کرده‌اند و در صورت احراز هر یک از موارد تخطی از اصول اخلاقی، حتی پس از انتشار مقاله، حق حذف مقاله و پیگیری مورد را به مجله می‌دهند.

درصد مشارکت

نویسندگان اعلام می‌دارند به‌طور مستقیم در مراحل انجام پژوهش و نگارش مقاله مشارکت فعال داشته‌اند.

پی‌نوشت

1. Axial Map Analysis
2. Convex Map Analysis
3. Isovist Analysis
4. Egent Analysis
5. Depth Map
6. Connectivity
7. Integration
8. Depth
9. Choice

فهرست منابع

- Abbaszadegan, Mostafa, Razieh Rezazadeh, Maryam Mohammadi, and Sajjad Alipour Ashkili. 2010. Measuring the influencing factors on the level of satisfaction with living in the immediate neighborhoods of Tehran metro stations. *Transport* 7(3): 245-260. http://ensani.ir/fa/article/300850. [in Persian]
- Aghajani, Shekoufeh, and Habib Shahhosseini. 2020. The relationship between the visual preferences of metro station passengers and the interior design of their space, case study: Tabriz metro stations. *Armanshahr* 13(33): 15-26. https://www.armanshahrjournal.com/article_127654.html?lang=en. [in Persian]
- Bafna, Sonit. 2003. Space Syntax A Brief Introduction to Its Logic and Analytical Techniques. *Environment and Behaviour* 35(1): 17-29. http://dx.doi.org/10.1177/ 0013916502238863. Sage Publications.
- Bagherzadeh Khosroshahi, Mahdieh. 2015. Bottom-up urban design (conceptual) formulation of the agenda of the participatory urban design process with the SHART approach (case example: the construction plan of the central metro station in Saat Square, Tabriz). *Soffeh* 25(1): 61-84. [in Persian]
- Barani, Pesian, Mohammad Khosrozadeh, and Abbas Mollazadeh. 2012. The use of space arrangement in Waliasr Street in the city. *Urban Management* 10(29): 81-90. [in Persian]
- Bélanger, Pierre. 2006. Underground landscape: the urbanism and infrastructure of Toronto's downtown pedestrian network. *Tunnelling and Underground Space Technology* 22(3): 272-292. http://dx.doi.org/10.1016/j.tust.2006.07.005
- Benedikt, M. L. 1979. To take hold of space: isovists and isovist fields. *Environment and Planning B: Planning and Design* 6: 47-65. http://dx.doi.org/10.1068/ b060047.
- Bobylev, Nikolai. 2010. Underground space in the Alexanderplatz area, Berlin: research into the quantification of urban underground space use. *Tunnelling and Underground Space Technology* 25(5): 495-50. http://dx.doi.org/10.1016/j.tust.2010.02.013
- Broere, Wout. 2015. *Urban underground space: Solving the problems of today's cities*. Tunnelling and Underground Space Technology. http://journal homepage: www.elsevier.com/locate/tust
- Carmody, John, Olivier Huet, and Raymond Sterling. 1994. Life safety in large underground buildings: principles and examples. *Tunnelling and Underground Space Technology* 9(1): 19-29. http://dx.doi.org/10.1016/0886-7798(94)90005-1.
- Conroy Dalton, Ruth. 2001. "The secret is to follow your nose." In *Proceedings Space Syntax* edited by Peponis, J., Wineman, J., Bafna, S. 3rd International Space Syntax Symposium, Atlanta. http://discovery.ucl.ac.uk/1023/.
- Danainia, Ahmad, and Morteza Majidi. 2019. Evaluation of metro station entrance design indicators in the historical context of Tehran based on passive defense considerations. *Urban studies* 9(33): 39-50. https://urbstudies.uok.ac.ir/article_61316.html?lang=en. [in Persian]
- Durmisevic, Sonja. 1999. The Future of the underground space. *Elsevier Science Ltd* 16(4): 245-233. https://doi.org/10.1016/S0264-2751(99)00022-0
- Durmisevic, Sanja, and Sevil Sariyildiz. 2001. A systematic quality assessment of underground spaces – public transport stations. *Cities* 18(1): 13-23. http://dx.doi.org/10.1016/S0264-2751(00)00050-0.
- Edgü, Erincik. 2007. "Comparative Space Syntax Analysis of Design Strategies for Istanbul Underground Railway System." *Proceedings, 6th International Space Syntax Symposium, İstanbul*.
- Falahati, Leila. 2105. Spatial structure of the city and the sense of security among women (case study: Tajrish metro entrance and South Tehran terminal). *Studies of the Iranian Islamic city* 5(20): 61-73.
- Hee Lee, Eun, George I. Christopoulos, Ming Lu, Min Quan Heo, and Chee-Kiong Soh. 2016). Social aspects of working in underground spaces. *Tunnelling and Underground Space Technology* 55: 135-145. https://doi.org/10.1016/j.tust.2015.12.012
- Hernandez, Sara, Andres Monzon, and Rocío de Oña. 2015. Urban transport interchanges: A methodology for evaloating perceived quality. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 1: 1-13. https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.08.008
- Heydari, Ali Akbar, and Nasrin Zaemi. 2017. Prioritization of influential indicators in the sociability of metro stations. *Haft Hasar* 6(19): 7-63. https://hafthesar.iauh.ac.ir/article-1-405-fa.html. [in Persian]
- Heydari, Ali Akbar, Isa GhasemianAsl, and Maryam Kiaei. 2017. Analysis of the spatial structure of traditional Iranian houses using the space syntax method, a case study: comparing the houses of Yazd, Kashan and Isfahan. *Studies of the Islamic Iranian city* 7(28): 21-33. https://www.sid.ir/paper/505298/fa. [in Persian]
- Hillier, Bill, and Julienne Hanson. 1984. *The Social Logic of Space*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hillier, Bill. 1988. Againt enclosure. In *Rehumanising Housing*, edited by Teymus, N., Markus, T., Woaley, T., 63-85. London: Butterworths.
- Hillier, Bill. 1996. *Space is the Machine. A Configurational Theory of Architecture*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Jiang, Bin, Christophe Claramunt, and Björn Klarqvist. 2000. Integration of space syntax into GIS for modelling urban spaces. *JAG* 2(3-4): 161-171. https://doi.org/10.1016/S0303-2434(00)85010-2
- Khodabandelo, Hassan, Hadi Soltanifard, and Yaqoub Zanganeh. 2018. Feasibility of the walkability of the network of urban roads in the central part of Qom using Vicor model and space layout theory. *Urban Planning Geography* 6(2): 427-449. https://jurbangeo.ut.ac.ir/article_69179.html?lang=en . [in Persian]
- Kim, Jaecheol. 2007. Testing the Street Connectivity of New Urbanism Projects and their Surroundings in Metro Atlanta Region. *Proceedings, 6th International Space Syntax Symposium, İstanbul*.
- López, Manuel. 1996. Crime prevention within Metro Systems. *European Journal on Criminal Policy and Research* 4(4): 113-119. http://www.dx.doi.org/10.1007/BF02736717.
- Mardomi, Karim, and Hesaam Ghamari. 2011. Influential Architectural Requirements in the Socialization of Subway Station Space. *City Management* 9(27): 31-40. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=150423. [in Persian]
- Maria Kido, Ewa. 2010. Railway Landscape Design and Relationship with Form, Function and Aesthetic. *Japan Railway & Transport Review* 45: 22-30.
- Mehrabian, Albert. 1976. *Public Places and Private Spaces*. New York: Basic Books.
- Memarian, Qolamhossein. 2002. Architectural space syntax. *Soffeh* 12(35): 74-84. https://soffeh.sbu.ac.ir/article_99829.html. [in Persian]
- Morales, Jose, Johannes Flacke, Javier Morales, and Jaap Zevenbergen. 2019. Mapping Urban Accessibility in Data Scarce Contexts Using Space Syntax and Location-Based Methods. *Appl, Spatial Analysis* 12: 205-228. DOI: 10.1007/s12061-017-9239-1.
- Mustafa, Faris Ali, and Ahmad Sanusi Hassan. 2013. Mosque Layout Design: an Analytical Study of Mosque Layouts in the Early Ottoman Period. *Frontiers of Architectural Research* 2(4): 445-456. https://doi.org/10.1016/j.foar.2013.08.005
- Oftadeh, Javad. 2016. *Analysis of social networks (together with the training of Nodaixal and Gefi network analysis software)*. Tehran: Sanieh. [in Persian]
- Peek, Gert Joost, and Louw Erik. 2006. A Multi-Disciplinary Approach of Railway Station Development. The Architecture Annual: Delft University Of Technology, Amsterdam.
- Rafiyan, Mojtaba, and Hadith Asgari Tafreshi. 2009. Investigating the "land supply pattern" in the areas around the metro station using the audience-oriented perspective, a case study of the Sadeghieh station. *Urban Management* 7(24): 81-93. https://ensani.ir/fa/article/61374. [in Persian]
- Ranger, Kulveer. 2009. *Interchange Best Practice Guidelines*. London: Transport for London.
- Rezaei Farei, Amirhasan, and Aliakbar Ehterami. 2019. Classification of the risk of surface structures and investigation of the performance of in-situ piles in reducing settlements caused by digging subway tunnels in urban areas (case study: Tabriz subway). *Transport* 5(1): 97-119. doi: 10.22075/JTIE.2018.13548.1278. [in Persian]
- Salmani, Saeed, Khalil Vlizadeh Kamran, and Bakhtiar Feizizadeh. 2018. Developing Urban Smart Network Based on OMS Data for Crisis Management in GIS Environment in the Abrasan Subway Station. *Transport* 10(2): 233-243. [in Persian]
- Samanifar, Sousan, Mohammad Khazaei, and Abbas Verij Kazemi. 2019. Investigating the views of Tehran subway passengers regarding the state of its environmental graphics (Case study: Tehran Metro signs and symbols system). *Visual and applied arts* 12(23): 5-24. https://www.sid.ir/paper/375563/en. [in Persian]
- Sampaio, Breno Ramos, Oswaldo Lima Neto, and Yony Sampaio. 2008. Efficiency Analysis of public transport systems: Lessons for institutional Planning. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 42(3): 445-454. https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.01.006
- Saygaonkar, Prathamesh , Mansha Swami, and M. Parida Prof. 2016. Station area design approach for enhancing multimodal urban transport system, New Delhi. *Transportation Research Procedia* 17: 16-31. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.057
- Transportation Research Board. 1999. Transit Capacity and Quality of Service Manual. Kerjcie and Morgan Determining Sample Size for research activities. *Educational and psychological Measurement* 30: 607-610.
- Turner, Alasdair. 2007. "UCL Depthmap 7: From isovist analysis to generic spatial network analysis." In *New Developments in Space Syntax Software* edited by Turner, A. Istanbul Technical University, Istanbul. http://www.vr.ucl.ac.uk/events/syntaxsoftware07/turner.pdf.
- Tyrinopoulos, Yannis, and Constantinos Antoniou. 2008. Public transit user satisfaction: Vriability and policy implications. Transport Policy 15(4): 260-272. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2008.06.002
- Van Nes, Akkelies, and Claudia Yamu. 2007. "Micro scale spatial relationships in urban studies. The relationship between private and public space and its impact on street life." In *Proceedings Space Syntax. 6th International Symposium, Istanbul*. http://www.spacesyntaxistanbul.itu.edu.tr/papers%5Clongpapers% 5C023%20-%20VanNes%20Lopez.pdf.

- Van Nes, Akkelies. 2012. “The one- and two-dimensional isovist analyses in space syntax.” In *Exploring the Visual Landscape; Advances in Physiognomic Landscape Research in the Netherlands* edited by Nijhuis, S., van Lammeren, R., van der Hoeven, F., 163-184. http://dx.doi.org/10.4233/uuid:fe6698ae045c-436b-945b-c61c4b0437e4.
- Xu, YJ., X. Bai, and KF Chu. 2016. “Underground space in metro area: constituent, influencing factors and improving strategies of the spatial vitality.” *17th World Conference ACUUS 2020 Helsinki*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 703 (2021) 012016. IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/703/1/012016.
- Young, K., J. Chung, E. Kong, H. Shin, and J. Heo. 2015. *A study on the design methodologies for activating*. Jiang, Claramunt, Klarqvist.
- Zheng, Wensheng, Nanqiao Du, and Xiaofang Wang. 2021. Understanding the City transport System of Urban Agglomeration through Improved Space Syntax Analysis. I*nternational Regional Science Review* 45(2): 161-187. DOI: 10.1177/01600176211023879.

نحوه ارجاع به این مقاله

حق‌لسان، مسعود. ۱۴۰۲. بهینه‌سازی طراحی فضایی ایستگاه‌های مترو شهری با استفاده از روش نحو فضا. *نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر* ۱۶(۴۴): ۴۹-۶۷.

DOI: 10.22034/AAUD.2023.360784.2716

URL: https://www.armanshahrjournal.com/article_179185.html

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Armanshahr Architecture & Urban Development Journal. This is an open- access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/