درخشان ف.
اردیبهشت ۱۴۰۵
اقتصاد و برنامه ریزی شهری
دوره ۷، شماره ۲

مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه با تأکید بر نظریهٔ خط آسمان و توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) (نمونهٔ موردی: شهر همدان)

فاطمه درخشان[1]؛ مهدی بیرق شمشیر[2*]

۱. دانشجوی دکتری معماری، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲. دانشجوی دکتری معماری، پردیس بین‌المللی کیش، دانشگاه تهران، تهران، ایران

پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۲۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۷/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۱

چکیده

پژوهش حاضر با هدف مکان‌یابی بهینهٔ ساختمان‌های بلندمرتبه در شهر همدان، با تلفیق نظریهٔ خط آسمان و توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) انجام شده است. در این راستا، دو دسته معیار شامل معیارهای عملکردی (دسترسی، نزدیکی به حمل‌ونقل عمومی، اختلاط کاربری، پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری، وجود پارکینگ) و معیارهای بصری (دید، تنوع در شکل و ظاهر، و ارتفاع) مورد ارزیابی قرار گرفت. روش تحقیق مبتنی بر مدل تلفیقی تحلیل سلسله‌مراتبی و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (AHP–GIS) است که از طریق آن، داده‌های حاصل از نظرسنجی خبرگان و لایه‌های مکانی تحلیل شد. نتایج نشان داد شهرک بهشتی با وزن ۰/۴۳۱ بیشترین قابلیت را برای توسعهٔ بلندمرتبه دارد، در حالی که محله‌های جولان (۰/۳۱۰) و حاجی (۰/۲۵۸) در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بر اساس یافته‌ها، دسترسی به شبکهٔ حمل‌ونقل عمومی و حفظ دید و منظر شهری مهم‌ترین شاخص‌ها در مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه محسوب می‌شوند. تحلیل‌ها بیانگر آن است که ترکیب دو رویکرد TOD و خط آسمان، ضمن تأمین نیازهای عملکردی شهر، به حفظ هویت بصری و خوانایی سیمای شهری کمک می‌کند. از منظر کاربردی، نتایج می‌تواند مبنای تصمیم‌سازی برای شهرداری و برنامه‌ریزان شهری به منظور کنترل ساخت‌وسازهای بلند و دستیابی به توسعهٔ پایدار شهری در بافت‌های تاریخی و نوین همدان قرار گیرد.

کلمات کلیدی

بلندمرتبه‌سازی
خط آسمان
دسترسی حمل‌ونقل عمومی
معیارهای مکانی
مکان‌یابی شهری
منظر شهری
TOD

* نویسندهٔ مسئول: mahdibeyraghshamshir@gmail.com

COPYRIGHTS
©2025 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

Derakhshan F. Beyraghshamshir M. Locating high-rise buildings with emphasis on skyline theory and transit-oriented development (tod): a case study of hamedan city. *Urban Economics and Planning* 7(2):90-104.

DOI: 10.22034/uep.2025.548168.1717

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، روند فزایندهٔ بلندمرتبه‌سازی در شهرها، هم‌زمان با گسترش افقی و پراکندگی کالبدی، به مصرف بی‌رویهٔ اراضی و بروز چالش‌های زیست‌محیطی و مدیریتی منجر شده است (Rennie, 2013؛ Short, 2013 ;Al-Kodmany et al., 2022). این وضعیت، ضرورت تدوین راهبردهای کارآمد برای مکان‌یابی و طراحی بهینهٔ ساختمان‌های بلند را بیش از پیش نمایان ساخته است. در همین‌راستا، از دههٔ ۱۹۷۰ به بعد، رویکردهایی همچون رشد هوشمند، نوشهرگرایی و توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) به عنوان الگوهای کلیدی برای کنترل گسترش افقی و افزایش کارایی زمین‌های درون‌شهری مطرح شده‌اند (Zarabi et al., 2011). این رویکرد با تمرکز بر پیوند میان کاربری زمین و سامانهٔ حمل‌ونقل، بر تراکم متعادل، اختلاط کاربری و ارتقای دسترسی عمومی تأکید دارد و می‌تواند بستری مناسب برای استقرار ساختمان‌های بلند فراهم آورد (Knowles et al., 2020؛ Wood, 2022).

با این‌حال، گسترش سریع و بدون مطالعهٔ محله‌ها، به تغییرات نامطلوب و از بین رفتن کیفیت و بافت منسجم آن‌ها منجر شده است. توجه به مکان‌یابی و استقرار، برنامه‌ریزی و طراحی بر اساس اصول و ضوابط، هماهنگی با هم‌جواری‌ها و ایجاد فضای شهری فعال و مطلوب، از جمله موارد کلیدی در طراحی ساختمان‌های بلندمرتبه به شمار می‌رود. در این راستا، توسعهٔ شهری با رویکرد توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) به عنوان یک راهکار مؤثر برای بهبود کیفیت زندگی شهری و شناسایی مناطق نیازمند بهبود، مورد توجه قرار گرفته است (Kumar, 2018).

ساختمان‌های بلند نه‌تنها عناصر شاخص سیمای شهری‌اند، بلکه نقش مهمی در بازتعریف ساختار فضایی شهرهای معاصر ایفا می‌کنند. مطالعات نشان می‌دهد کیفیت تعامل این ساختمان‌ها با محیط پیرامون و منظر شهری، عامل تعیین‌کننده‌ای در ادراک بصری و هویت شهری است (Karimimoshaver & Winkemann, 2018). در این‌میان، نظریهٔ «خط آسمان» با تمرکز بر سه بعد زیبایی‌شناختی، بصری و معنایی، چارچوبی مفهومی برای ارزیابی اثرات بلندمرتبه‌سازی بر منظر و خوانایی شهر فراهم می‌آورد (Karimimoshaver et al., 2021; Kheir Al-Kodmany, 2013).

با وجود این، تعریف ساختمان بلند در متون مختلف نسبی است و بسته به شرایط اجتماعی و بافت شهری تغییر می‌کند (Pishgar & Mohammadi, 2020). چنین تفاوتی بیانگر لزوم توجه به ویژگی‌های بومی در تحلیل بلندمرتبه‌سازی است؛ زیرا در حالی که در برخی شهرهای جهان برج‌های مرتفع نماد توسعه به شمار می‌آیند، در بسیاری از شهرهای تاریخی مانند همدان، همین ساخت‌وسازها می‌توانند تهدیدی برای مقیاس انسانی، منظر فرهنگی و عدالت فضایی تلقی شود (Ajzae Shokoohi & Razaghian, 2015). از طرفی، بلندمرتبه‌سازی می‌تواند به ارتقای سرانهٔ خدمات شهری، ایجاد کریدورهای بصری و نشانه‌های شهری کمک کند، اما پیامدهای منفی همچون افزایش تراکم انسانی، اختلال در حمل‌ونقل و مسدود شدن مناظر شهری را نیز در پی دارد (Anabestani et al., 2015).

در سال‌های اخیر، مباحث نوینی همچون عدالت فضایی و شهر هوشمند نیز به ادبیات برنامه‌ریزی شهری افزوده شده‌اند. این رویکردها بر مدیریت بهینهٔ فضا، دسترسی عادلانه و بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند در راستای توسعهٔ پایدار تأکید دارند و می‌توانند به صورت غیرمستقیم در سیاست‌گذاری‌های مربوط به بلندمرتبه‌سازی نیز اثرگذار باشند. از این‌رو، مکان‌یابی ساختمان‌های بلند نه‌تنها باید بر اساس اصول کالبدی و بصری، بلکه با توجه به شاخص‌های عدالت فضایی و کیفیت دسترسی نیز مورد توجه قرار گیرد (Abagheri Mahabadi et al., 2024 & Shirooyehpour et al., 2024 & Soleymani et al., 2024).

انتخاب مکان مناسب برای ساختمان‌های بلندمرتبه، نقشی تعیین‌کننده در پایداری و کیفیت محیط شهری دارد. اگرچه چنین ساختمان‌هایی می‌توانند با جلوگیری از گسترش افقی شهر، ارتقای سرانهٔ خدمات، و ایجاد کریدورهای بصری به سامان‌دهی فضاهای شهری کمک کنند، اما در صورت فقدان مکان‌یابی علمی و ضوابط طراحی دقیق، پیامدهایی همچون تراکم بیش از حد، اختلال در نظام حمل‌ونقل، سایه‌اندازی، اشرافیت، و تخریب منظر شهری را به همراه خواهند داشت (Ali & Al-Kodmany, 2012: 384). بر این‌اساس، توجه هم‌زمان به ابعاد کالبدی، بصری و زیست‌محیطی در فرایند مکان‌یابی ساختمان‌های بلند، پیش‌شرطی اساسی برای دستیابی به توسعهٔ شهری متعادل و پایدار محسوب می‌شود.

در شهر همدان، که با رشد جمعیت و محدودیت اراضی مواجه است، بلندمرتبه‌سازی طی سال‌های اخیر شتاب گرفته و پیامدهایی همچون تراکم بیش از حد، اشرافیت، سایه‌اندازی، و اختلال در منظر شهری را به همراه داشته است (Shafiei Dastjerdi et al, 2022). در واکنش به این وضعیت، ضرورت اتخاذ رویکردی تلفیقی میان اصول TOD و نظریهٔ خط آسمان برای سامان‌دهی ساخت‌وسازهای بلند احساس می‌شود. این پیوند می‌تواند ضمن بهره‌گیری از مزایای توسعهٔ فشرده، از بروز ناهنجاری‌های بصری و فضایی جلوگیری کند و کیفیت زیست‌پذیری شهری را ارتقا دهد.

در چنین شرایطی، ساختمان‌های بلندمرتبه معمولاً در نقاطی از شهر ساخته می‌شوند که دسترسی مطلوبی به شبکهٔ حمل‌ونقل عمومی و مسیرهای پیاده‌روی دارند؛ ویژگی‌ای که با اصول توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) همخوان است و می‌تواند به کاهش ترافیک، آلودگی و مصرف انرژی منجر شود. از این منظر، تلفیق اصول TOD با ملاحظات خط آسمان، راهکاری مؤثر برای دستیابی به تعادلی میان بهره‌وری فضایی، کیفیت بصری و هویت شهری به شمار می‌رود. پژوهش حاضر با تأکید بر این دو چارچوب نظری، در پی شناسایی معیارهای مؤثر در مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه در شهر همدان و اولویت‌بندی نواحی مستعد توسعه بر این اساس است. انتظار می‌رود نتایج این پژوهش ضمن ارائهٔ مدلی تحلیلی برای ارزیابی بلندمرتبه‌سازی شهری، مبنای تصمیم‌گیری دقیق‌تر برای مدیران شهری و برنامه‌ریزان در جهت ارتقای زیست‌پذیری و سیمای شهری باشد. اهداف اصلی تحقیق عبارت‌اند از:

۱) اولویت‌بندی معیارهای مؤثر در بلندمرتبه‌سازی در مناطق مختلف شهر همدان؛

۲) شناسایی مناسب‌ترین نواحی از نظر ویژگی‌های مرتبط با نظریهٔ TOD و خط آسمان برای توسعهٔ بلندمرتبه.

۲. پیشینهٔ پژوهش

بلندمرتبه‌سازی به عنوان یکی از پدیده‌های مهم کالبدی در شهرهای معاصر، همواره موضوع توجه پژوهشگران در حوزه‌های معماری، شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری بوده است. این رویکرد، از

یک‌سو پاسخی به افزایش تراکم جمعیت و محدودیت اراضی شهری است و از سوی دیگر، به واسطهٔ تأثیرات عمیق خود بر سیمای شهری، عدالت فضایی، و کیفیت زیست‌پذیری، چالش‌هایی اساسی در نظام برنامه‌ریزی شهری ایجاد کرده است. مطالعات انجام‌شده در سال‌های اخیر، بلندمرتبه‌سازی را از ابعاد مختلفی همچون اقتصادی، کالبدی، زیست‌محیطی، بصری و اجتماعی بررسی کرده‌اند. با این‌حال، نحوهٔ مکان‌یابی اصولی ساختمان‌های بلند، به‌ویژه در پیوند با نظریهٔ توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) و نظریهٔ خط آسمان، کمتر به صورت هم‌زمان مورد مطالعه قرار گرفته است. در جدول ۱، مروری نظام‌مند بر مهم‌ترین پژوهش‌های داخلی و بین‌المللی انجام‌شده در این حوزه ارائه شده است تا مسیر تکامل مفهومی و رویکردهای تحلیلی موجود مشخص شود و جایگاه و نوآوری پژوهش حاضر در این میان روشن شود.

جدول ۱. مرور پژوهش‌های پیشین مرتبط با مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه با تأکید بر نظریه TOD و خط آسمان

ردیف	پژوهشگر (سال)	محور اصلی	نتیجه گیری	ارتباط مستقیم با پژوهش حاضر
۱	Ali & Al-Kodmany, 2012	بررسی پیامدهای بلندمرتبه‌سازی در مقیاس شهری	بلندمرتبه‌سازی بی‌برنامه به ازدحام، ترافیک و مشکلات زیست‌محیطی منجر می‌شود.	تأکید بر لزوم برنامه‌ریزی مکانی دقیق در ساخت‌وسازهای بلند.
۲	Azizi & Motevaseli, 2012	تأثیر ساختمان‌های بلند بر سیما و منظر مشهد	بلندمرتبه‌ها موجب کاهش خوانایی و ناهماهنگی بصری در منظر شهری شدند.	بیانگر ضرورت کنترل بصری و تناسب خط آسمان در توسعهٔ شهری.
۳	Anabestani et al., 2015	استفاده از روش‌های AHP و ANP در مکان‌یابی بلندمرتبه‌ها در مشهد	شیب زمین و قیمت از عوامل تعیین‌کنندهٔ مکان‌یابی هستند.	الگویی برای کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مشابه پژوهش حاضر.
۴	Kumar, 2018	بررسی نقش TOD در توسعهٔ شهری پایدار	TOD ابزاری برای کاهش وابستگی به خودرو و ارتقای کیفیت زندگی است.	پشتیبان نظری رویکرد توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل در پژوهش حاضر.
۵	Karimimoshaver & Winkemann, 2018	تحلیل خط آسمان از منظر زیبایی‌شناختی و معنایی	بُعد معنایی بیشترین اثر را در ادراک کیفیت منظر شهری دارد.	مبنای نظری برای تلفیق مؤلفه‌های بصری با معیارهای مکانی.
۶	Karimimoshaver et al., 2020	مکان‌یابی بلندمرتبه‌ها با تحلیل شبکه‌ای و دیداری	مؤلفه‌های بصری و ارتفاع مهم‌ترین شاخص‌ها در مکان‌یابی‌اند.	تأکید بر لزوم توجه به ابعاد ادراکی در کنار شاخص‌های عملکردی.
۷	Knowles et al., 2020	مرور تحلیلی نظریهٔ TOD در شهرهای بزرگ	TOD تراکم متعادل، اختلاط کاربری و تحرک پایدار را تسهیل می‌کند.	پشتیبان نظری بخش حمل‌ونقل‌محور پژوهش حاضر.
۸	Tara et al., 2021	بررسی انسداد دید و تغییر شکل خط افق ناشی از برج‌ها	تراکم اطراف بیش از ارتفاع در انسداد دید مؤثر است.	تأیید اهمیت جانمایی دقیق در مکان‌یابی ساختمان‌های بلند.
۹	Puspitasari, 2021	تحلیل دید بصری برج‌ها در جاکارتا با GIS	تراکم دید و فاصلهٔ میان برج‌ها عامل کلیدی در کیفیت منظر هستند.	ارائهٔ مدل برای تحلیل اثر بصری ساختمان‌های بلند در همدان.
۱۰	Dervishi & Sadeghi, 2022	تحلیل بلندمرتبه‌سازی در تبریز با رویکرد عدالت فضایی	برج‌ها به ترافیک، سایه‌اندازی و تضییع حقوق هم‌جواری منجر شدند.	بیانگر ضرورت مکان‌یابی اصولی در بافت‌های متراکم ایران.
۱۱	Ahlfeldt & Barr, 2022	تحلیل اقتصادی ساخت برج‌ها در شهرهای متراکم	قیمت زمین و تراکم بازار اصلی‌ترین محرک‌های توسعه عمودی‌اند.	تقویت بُعد اقتصادی در مدل‌های مکان‌یابی شهری.
۱۲	Al-Kodmany et al., 2022	توسعهٔ مدل TB-TOD (ترکیب بلندمرتبه‌سازی و TOD)	این ترکیب موجب کاهش وابستگی خودرو و افزایش بهره‌وری زمین شد.	پشتوانه نظری تلفیق رویکرد TOD با بلندمرتبه‌سازی در پژوهش حاضر.
۱۳	Shafiei Dastjerdi et al., 2022	تحلیل بلندمرتبه‌سازی در همدان	رشد سریع برج‌ها موجب اختلال در منظر و حمل‌ونقل شده است.	مبنای تجربی بومی برای ضرورت پژوهش در همدان.
۱۴	Ibrahim et al., 2023	مکان‌یابی TOD در اسکندریه با GIS و SMCA	مناطق دارای پتانسیل بالای توسعهٔ پایدار شناسایی شدند.	تأیید کارایی تحلیل‌های فضایی در ارزیابی موقعیت ساختمان‌های بلند.

مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد مطالعات انجام‌شده را می‌توان در سه محور کلی دسته‌بندی کرد:

۱) مطالعات با رویکرد کالبدی و عملکردی: در این دسته از پژوهش‌ها، تمرکز اصلی بر شاخص‌های کمی و فنی بوده است؛ عواملی مانند تراکم، قیمت زمین، شیب، دسترسی و زیرساخت‌های شهری. هرچند این مطالعات در تعیین محدوده‌های مناسب برای بلندمرتبه‌سازی نقش مهمی دارند، اما از ابعاد ادراکی، بصری و هویتی شهر غفلت کرده‌اند. این مسئله سبب شده است که بسیاری

از پروژه‌های بلندمرتبه، با وجود موقعیت مکانی مناسب، به ناهنجاری‌های بصری و کاهش خوانایی شهری منجر شوند.

۲) مطالعات با رویکرد زیبایی‌شناسی و ادراکی: گروهی دیگر از پژوهش‌ها بر تأثیرات بصری و زیبایی‌شناختی ساختمان‌های بلند تمرکز داشته‌اند. این مطالعات مفهوم «خط آسمان» را به عنوان شاخصی برای خوانایی و هویت شهری بررسی کرده‌اند، اما اغلب فاقد پیوند تحلیلی با شاخص‌های عملکردی و کاربری زمین بوده‌اند. به این‌ترتیب، آن‌ها جنبهٔ «چشم‌اندازی» موضوع را پررنگ کرده‌اند، اما پاسخ روشنی به چگونگی ادغام این معیارها در فرایند مکان‌یابی ارائه نداده‌اند.

۳) مطالعات با رویکرد یکپارچه و میان‌رشته‌ای: در سال‌های اخیر، پژوهش‌هایی تلاش کرده‌اند تا رویکردهای توسعه‌محور (TOD) را با ملاحظات بلندمرتبه‌سازی تلفیق کنند. این تحقیقات گامی مهم در جهت همگرایی دو حوزهٔ عملکردی و بصری محسوب می‌شوند، اما اغلب در شهرهایی انجام شده‌اند که از نظر ساختار کالبدی و فرهنگی با شهرهای تاریخی ایران، مانند همدان، تفاوت دارند. از این‌رو، نتایج آن‌ها به صورت مستقیم قابل بومی‌سازی نیست.

با جمع‌بندی سه محور یادشده می‌توان گفت:

- بیشتر پژوهش‌های گذشته، رویکردی تک‌بعدی داشته‌اند؛ یا بر مؤلفه‌های فنی و اقتصادی تمرکز کرده‌اند، یا بر جنبه‌های بصری و ادراکی.
- تلفیق اصول عملکردی توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) با ملاحظات بصری و زیبایی‌شناسی خط آسمان، خلأیی است که در ادبیات موجود به‌ندرت بررسی شده است.
- در سطح ملی نیز، پژوهش‌های مرتبط با مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه عمدتاً در شهرهایی مانند مشهد، تبریز و تهران انجام شده‌اند، در حالی که شهر همدان با ویژگی‌های تاریخی، فرهنگی و توپوگرافی خاص خود، فاقد مدلی بومی برای مکان‌یابی و هدایت بلندمرتبه‌سازی است.

بنابراین، پژوهش حاضر با هدف تلفیق دو دیدگاه کلیدی «TOD» و «خط آسمان» در قالب مدلی تحلیلی برای شهر همدان، در صدد پر کردن این شکاف علمی است. این مطالعه نه‌تنها از نظر روش‌شناسی (ترکیب تحلیل سلسله‌مراتبی و داده‌های فضایی)، بلکه از نظر رویکرد (هم‌زمانی تحلیل عملکردی و بصری) نوآورانه بوده و می‌تواند الگویی بومی و کاربردی برای سایر شهرهای ایران ارائه دهد.

۳. مواد و روش‌ها

این پژوهش بر مبنای تلفیق روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ سلسله‌مراتبی (AHP) و تحلیل چندمعیارهٔ فضایی در محیط سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (AHP–GIS) طراحی شد تا علاوه بر تعیین وزن نسبی معیارها از منظر خبرگان، سنجش مکانی و تولید نقشه‌های سازگاری (suitability) برای مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه در شهر همدان نیز انجام گیرد. فرایند پژوهش شامل سه مرحلهٔ اصلی بود:

۱) شناسایی معیارها و استخراج وزن‌های آن‌ها با روش AHP مبتنی بر گویه‌های پرسشنامه و قضاوت خبرگان؛

۲) تهیه و پیش‌پردازش لایه‌های مکانی متناظر با هر معیار و نرمال‌سازی آن‌ها در محیط GIS؛

۳) ترکیب وزنی لایه‌های نرمال‌شده (weighted overlay) برای تولید نقشهٔ نهایی سازگاری و انجام تحلیل حساسیت و اعتبارسنجی.

۱.۳. شناسایی معیارها و جامعهٔ خبرگان

در گام نخست، بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی‌های مقدماتی، معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه شناسایی شدند. این معیارها در دو گروه اصلی طبقه‌بندی شد: معیارهای مرتبط با نظریهٔ توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی (TOD) شامل دسترسی و قابلیت دسترسی، قابلیت دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی، وجود پارکینگ، اختلاط کاربری و نزدیکی به شبکهٔ حمل‌ونقل عمومی؛ و معیارهای مرتبط با نظریهٔ خط آسمان شامل دید، تنوع شکل و ظاهر، و ارتفاع. انتخاب این شاخص‌ها بر پایهٔ اصول نظری TOD و نظریهٔ خط آسمان و با بهره‌گیری از مطالعات پیشین در حوزهٔ بلندمرتبه‌سازی صورت گرفت.

در مرحلهٔ دوم، برای گردآوری داده‌ها پرسشنامه‌ای با ۲۰ سؤال طراحی شد. تعداد پرسشنامه‌ها با هدف ایجاد تنوع در دیدگاه‌ها، مدیریت بهینهٔ داده‌ها، کاهش محدودیت‌های زمانی و منابع، و نیز ارتقای دقت در جمع‌آوری اطلاعات تعیین شد که در این ۲۰ گویه، معیارهای مرتبط با دو محور اصلی؛ یعنی توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) و نظریهٔ خط آسمان را پوشش می‌داد. جامعهٔ خبرگان این پژوهش شامل ۱۲ نفر از متخصصان حوزه‌های شهرسازی، معماری و برنامه‌ریزی شهری بود که بر اساس روش هدفمند (Purposeful Sampling) و تجربهٔ کاری مرتبط با طرح‌های توسعهٔ شهری در همدان انتخاب شدند. سابقهٔ تخصصی این افراد بین ۱۰ تا ۲۵ سال متغیر بود. روش نمونه‌گیری از جامعهٔ خبرگان، به شیوهٔ دلفی (Delphi) و مبتنی بر قضاوت خبرگان انجام پذیرفت. ارزیابی و مقایسات زوجی معیارها توسط خبرگان با مقیاس ۹ درجه‌ای انجام شد و داده‌ها در نرم‌افزار Expert Choice پردازش و وزن‌های نهایی استخراج شد (تمامی مقایسات زوجی دارای نرخ ناسازگاری کوچک‌تر از ۰/۱۰ بودند).

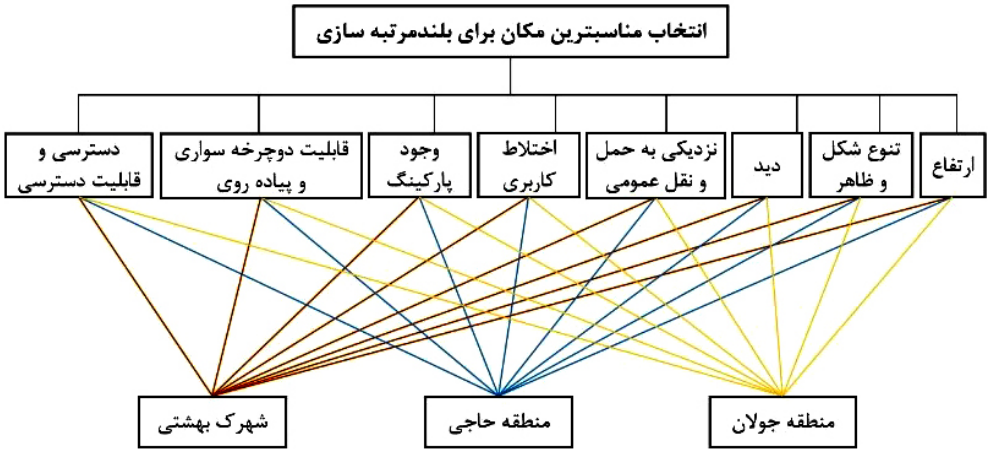
۲.۳. محدودهٔ مطالعاتی و گزینه‌ها

تحلیل به طور مشخص بر سه محله شهر همدان شامل شهرک بهشتی، محلهٔ جولان و محلهٔ حاجی متمرکز بود. انتخاب سه محلهٔ «شهرک بهشتی»، «جولان» و «حاجی» بر مبنای دو معیار کلیدی انجام شد:

۱) تفاوت در ویژگی‌های کالبدی و تاریخی (جدید در مقابل بافت قدیم)،

۲) میزان دسترسی به شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی و زیرساخت‌های شهری.

ساختار سلسله‌مراتبی معیارها و زیرمعیارهای پژوهش که مبنای تحلیل AHP است، در شکل ۱، نمایش داده شده است. در گام بعد، نتایج وزن‌دهی حاصل از این ساختار در مدل تلفیقی AHP–GIS مورد استفاده قرار گرفت تا تحلیل مکانی مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه در شهر همدان تکمیل شود.



شکل ۱. سلسله‌مراتب درختی مورد نظر پژوهش

۳.۳. به‌کارگیری مدل تلفیقی AHP–GIS در فرایند مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه

برای ارتقای اعتبار مکانی تحلیل‌ها، وزن‌های معیارها که از (Expert Choice) AHP استخراج شد، در محیط GIS بر لایه‌های مکانی متناظر اعمال شد. فرایند به صورت زیر اجرا شد:

۱) جمع‌آوری داده‌ها: داده‌های مکانی از منابع آزاد (OpenStreetMap) برای شبکهٔ معابر، نقاط خدمات، کاربری زمین و ایستگاه‌های حمل‌ونقل؛ SRTM/ALOS برای DEM به منظور محاسبهٔ دید و توپوگرافی) استخراج شد. همچنین، مرز شهری از مرجع OSM/طرح تفصیلی گرفته شد.

۲) تبدیل به رستر و هم‌پوشانی: همهٔ لایه‌ها (برداری) به رستر با رزولوشن یکنواخت (۳۰×۳۰ متر) تبدیل شد تا جمع‌پذیری وزنی (additivity) برقرار شود.

۳) تعریف جهت مطلوبیت و نرمال‌سازی: هر لایه بر اساس وضعیت مطلوبیت (higher-is-better یا lower-is-better) نرمال‌سازی خطی شد تا مقدار هر پیکسل در بازه $[0,1]$ قرار گیرد. به‌علاوه، برای معیارهایی که «کمتر بهتر» هستند (مثلاً فاصله تا ایستگاه)، ابتدا فاصله محاسبه و سپس، مقدار معکوس شده و نرمال‌سازی انجام شد.

فرمول نرمال‌سازی خطی:

معیار مثبت: $$\frac{R_{min} - R}{R_{min,max} - R} = R_{norm}$$

معیار منفی: $$R - R_{max} = R'$$

۴) اعمال وزن‌ها و جمع وزن‌دار: وزن‌های استخراج‌شده از AHP به‌ترتیب بر لایه‌های نرمال‌شده اعمال و جمع وزنی محاسبه شد:

$$R_{i,norm}(x,y) \times w_i \sum_{i=1}^{n} = Suitability\,(x,y)$$

در صورتی که تحلیل دو گروه TOD و Skyline به صورت جداگانه انجام می‌شد، ابتدا سازگاری گروهی محاسبه و سپس با وزن گروهی نهایی تلفیق شد:

$$Suitability_{Skyline} \times W_{Skyline} + Suitability_{TOD} \times W_{TOD} = Suitability_{final}$$

۵) طبقه‌بندی و استخراج اولویت‌ها: نقشهٔ Suitability نهایی با روش‌های طبیعی (Jenks) و بازه‌های کیفی (بسیار بالا، بالا، متوسط، کم، بسیار کم) طبقه‌بندی شد. سه محدوده‌ای که بیشترین فراوانی و سطح در کلاس‌های «بالا» و «بسیار بالا» داشتند، به عنوان اولویت‌های پیشنهادی گزارش شدند.

۶) تحلیل حساسیت و اعتبارسنجی: برای بررسی پایداری نتایج، تحلیل حساسیت با تغییر ±۱۰٪ و ±۲۰٪ در وزن معیارهای کلیدی انجام شد و اثر بر رتبه‌بندی مناطق بررسی شد. همچنین، مقایسهٔ همبستگی بین نتایج AHP صرف (غیرمکانی) و میانگین مقادیر Suitability محاسبه‌شده برای هر محدوده با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن (Spearman's rho) انجام شد.

۴.۳. ابزارها و نرم‌افزارها

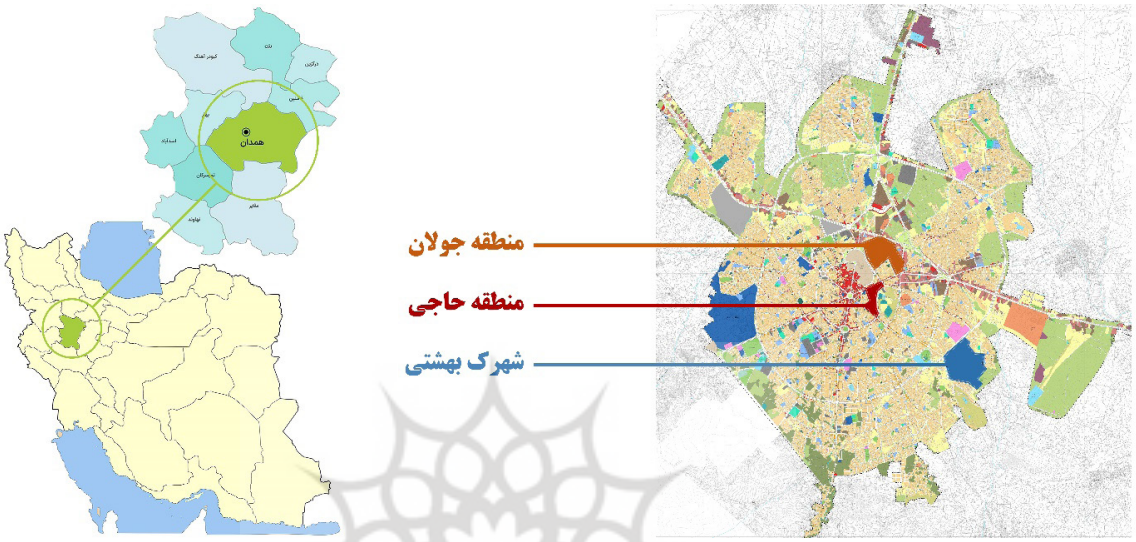
پردازش مکانی و تولید نقشه‌ها با استفاده از QGIS (نسخهٔ x.3) و ابزارهای GDAL/OGR و افزونه‌های مرتبط، و پردازش‌های عددی/اسکریپتینگ با Python (کتابخانه‌های rasterio, numpy, geopandas) انجام شد. محاسبات AHP و استخراج وزن‌ها در Expert Choice صورت پذیرفت.

۵.۳. نمونهٔ موردی مورد مطالعه

استان همدان از لحاظ جمعیت، چهاردهمین و از لحاظ مساحت، بیست و سومین استان کشور محسوب می‌شود. این استان بین مدارهای ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقهٔ عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقهٔ طول شرقی قرار گرفته و شامل ۱۰ شهرستان، ۲۵ بخش، ۳۰ شهر، ۷۳ دهستان و ۱۲۱۰ روستا است. شهر همدان با قرارگیری روی شیب‌های رو به شمال و شرق ارتفاعات الوند، دارای خاک‌های با تراکم زیاد و از رطوبت نسبتا بالایی برخوردار است. همدان قدیمی‌ترین شهر ایران و از کهن‌ترین شهرهای جهان است. در شکل ۲ موقعیت شهر همدان نشان داده شده است (Statistical Center of Iran, 2011).

در این مقاله، سه منطقهٔ حاجی، جولان و شهرک بهشتی به عنوان گزینه‌های اولویت‌دار برای احداث ساختمان‌های بلندمرتبه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این مناطق، به دلیل ویژگی‌های جغرافیایی و پیشینهٔ تاریخی خود، ظرفیت بالایی برای پیاده‌سازی اصول توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) دارند. از منظر جغرافیایی، این نواحی در سطحی پایین‌تر از مناطق پیرامونی واقع شده‌اند؛ موقعیتی که موجب می‌شود این فضاها از نظر دید و منظر شهری، جایگاهی

ممتـاز یافتـه و بـه نقاطـی با چشـم‌انداز مطلوب نسـبت به خط آسـمان و سـیمای شـهر تبدیل شـوند. چنین ویژگـی‌ای در مکان‌یابـی و طراحی برج‌هـا اهمیـت ویـژه‌ای دارد، چراکـه می‌تواند عـلاوه بر ارتقـای کیفیت زندگـی سـاکنان، از شـدت مشـکلاتی همچون سـایه‌اندازی و اشـرافیت ناخواسـته نیـز بکاهـد. در کنار ایـن مزیت‌ها، دو منطقهٔ جـولان و حاجی بـه عنـوان بافت‌هـای تاریخـی شـهر همـدان شـناخته می‌شـوند و بـه سـبب مجاورت با بازار سـنتی شـهر، جایگاهی ویژه در سـاختار اجتماعی و اقتصـادی همـدان دارند. این مناطـق با برخـورداری از میراث فرهنگی و تاریخـی ارزشـمند، مسـتلزم توجهـی مضاعـف در رونـد توسـعهٔ شـهری‌اند. به‌کارگیـری اصـول TOD در ایـن بافت‌هـا نه‌تنهـا می‌توانـد بـه حفـظ هویـت تاریخـی و فرهنگی آن‌ها یاری رسـاند، بلکه زمینه‌سـاز ارتقـای دسترسـی، تقویـت پویایـی شـهری و بهبـود کیفیـت زندگـی سـاکنان خواهـد بـود. شـکل ۲، موقعیـت مکانـی این سـه منطقـه را در ساختار شهری همدان نمایش می‌دهد.



شکل ۲. محدودهٔ مورد مطالعهٔ پژوهش

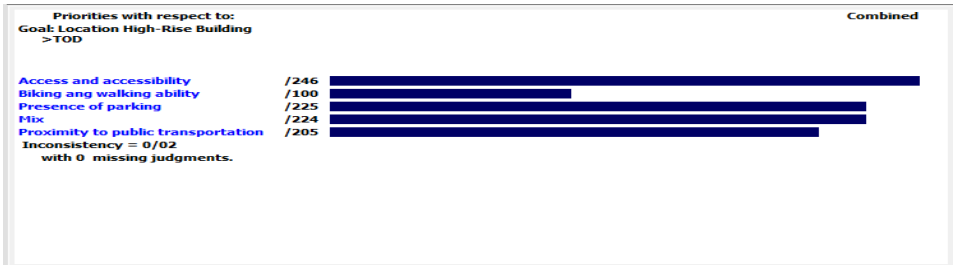
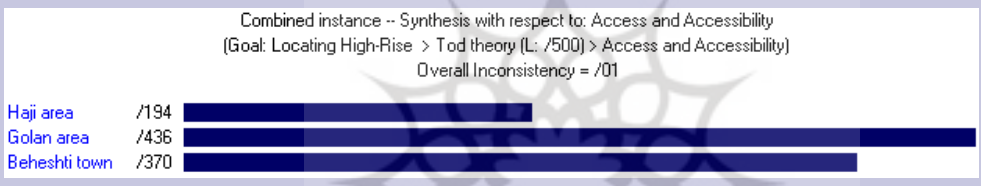
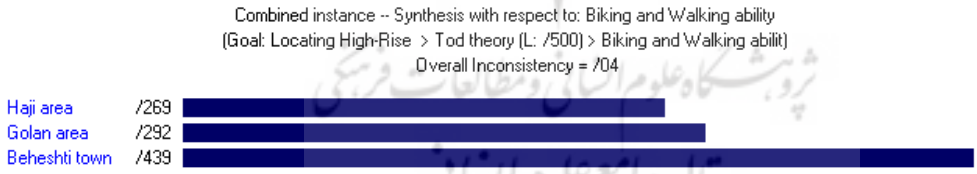
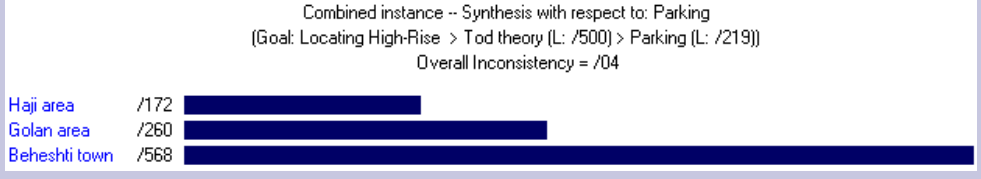
۴. یافته‌ها

یافته‌هـای پژوهـش نشـان می‌دهـد اولویت‌بنـدی مناطـق مـورد مطالعه نه‌تنهـا بـر اسـاس شـاخص‌های کالبـدی و عملکـردی، بلکـه بـا در نظـر گرفتـن عوامـل بصـری و ادراکـی صـورت گرفتـه اسـت. در نتیجـه، تصمیم‌گیـری دربـارهٔ مکان‌یابـی سـاختمان‌های بلنـد، نیازمنـد درک هم‌زمـان از کارایـی فضایـی (نظیـر دسترسـی و اختـلاط کاربری‌هـا) و کیفیـت دیـداری (همچـون دید و ارتفاع) اسـت. بـه این‌ترتیـب، ترکیب نتایـج دو رویکـرد TOD و خـط آسـمان، تصویـری جامـع از قابلیت‌هـای هر محله در اختیار برنامه‌ریزان شهری قرار می‌دهد.

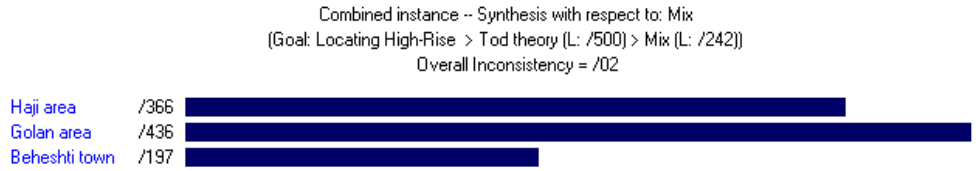
۴.۱. تحلیل نتایج سلسله‌مراتبی (AHP)

توجـه بـه معیارهای منتخب در دو رویکرد توسـعهٔ مبتنـی بر حمل‌ونقل همگانـی (TOD) و نظریـهٔ خـط آسـمان، تحلیـل سلسـله‌مراتبی (AHP) امـکان مقایسـه و وزن‌دهـی دقیق به شـاخص‌ها را فراهم سـاخته اسـت. نتایـج حاصـل از ایـن تحلیـل، مبنایی برای شناسـایی اهمیت نسـبی هر معیـار و اولویت‌بنـدی محـلات مـورد مطالعـه در شـهر همدان به شـمار می‌آیـد. در ایـن مرحلـه، عـلاوه بـر تعییـن وزن هـر شـاخص، سـهم هر یـک از مناطـق منتخب در دسـتیابی بـه الگوی مطلوب بلندمرتبه‌سـازی بررسـی شـده اسـت. جدول ۲، خلاصه‌ای از وزن‌ها و رتبه‌بنـدی معیارها را ارائـه می‌کنـد کـه نقطـهٔ آغـاز تحلیـل تفصیلـی یافته‌هـا در ادامـه محسوب می‌شود.

جدول ۲. خلاصهٔ وزن‌دهی و اولویت‌بندی معیارهای مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه در شهر همدان بر اساس AHP

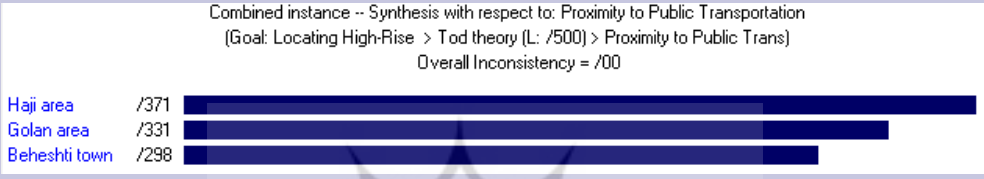
شاخص	توضیحات و شکل
معیارهای نظریه TOD	در شکل ۳ اهمیت هر معیار از نظریه TOD با استفاده از نرم‌افزار Expert choice به دست آمده است. وزن هر معیار نشان‌دهندهٔ اهمیت آن معیار در فرایند تصمیم‌گیری است.
	
	شکل ۳. اولویت‌بندی معیارهای TOD برای مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه
قابلیت دسترسی	نتایج حاصل از تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نشان داد وزن این معیار معادل ۰/۲۴۶ است که بالاترین مقدار در میان شاخص‌های TOD بوده و بر اهمیت حیاتی آن در موفقیت پروژه‌های بلندمرتبه‌سازی تأکید دارد. این امر بیانگر آن است که توجه به کیفیت دسترسی در برنامه‌ریزی و طراحی می‌تواند نقش بسزایی در ارتقای کیفیت زندگی شهری و دستیابی به توسعهٔ پایدار ایفا کند. بر اساس داده‌های استخراج‌شده از نرم‌افزار Expert Choice (شکل ۴)، در میان سه محلهٔ مورد بررسی، محلهٔ جولان با امتیاز ۰/۴۳۶ بالاترین رتبه را از نظر دسترسی کسب کرده و در اولویت نخست قرار دارد. پس از آن، شهرک بهشتی با امتیاز ۰/۳۷۰ در جایگاه دوم، و محلهٔ حاجی با امتیاز ۰/۱۹۴ در رتبهٔ آخر قرار گرفته‌اند.
	
	شکل ۴. اولویت‌بندی مناطق بر اساس معیار دسترسی
قابلیت دوچرخه‌سواری/ پیاده‌روی	نتایج حاصل از تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نشان می‌دهد وزن این معیار در کل مدل برابر با ۰/۱۰۰ بوده است، یعنی در مقایسه با سایر شاخص‌های TOD اهمیت نسبی کمتری دارد؛ با این‌حال، همین سهم اندک نیز در انتخاب مکان مناسب می‌تواند تعیین‌کننده باشد. بر اساس یافته‌های نرم‌افزار Expert Choice (شکل ۵)، شهرک بهشتی با امتیاز ۰/۴۳۹ بهترین شرایط را از نظر قابلیت پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری دارد و در اولویت نخست قرار گرفته است. پس از آن، محلهٔ جولان با امتیاز ۰/۲۹۲ در جایگاه دوم، و محلهٔ حاجی با امتیاز ۰/۲۶۹ در رتبهٔ آخر قرار گرفته‌اند.
	
	شکل ۵. اولویت‌بندی مناطق بر اساس معیار قابلیت دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی
وجود پارکینگ	یافته‌های حاصل از تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نشان می‌دهد در میان گزینه‌های مورد بررسی، شهرک بهشتی با امتیاز ۰/۵۶۸ بالاترین اولویت را از نظر ظرفیت و پتانسیل پارکینگ به خود اختصاص داده است. پس از آن، محلهٔ جولان با امتیاز ۰/۲۶۰ در جایگاه دوم و محلهٔ حاجی با امتیاز ۰/۱۷۲ در رتبهٔ آخر قرار دارند. نرخ ناسازگاری محاسبات در این بخش برابر با ۰/۰۴ بوده که کمتر از آستانهٔ ۰/۱۰ است.
	
	شکل ۶. اولویت‌بندی مناطق بر اساس معیار پارکینگ

شاخص	توضیحات و شکل
اختلاط کاربری	نتایج حاصل از تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نشان می‌دهد در میان گزینه‌های مورد بررسی، محلهٔ جولان با امتیاز ۰/۴۳۶ بالاترین اولویت را از منظر اختلاط کاربری‌ها دارد. پس از آن، محلهٔ حاجی با امتیاز ۰/۳۶۶ در جایگاه دوم قرار گرفته و شهرک بهشتی با امتیاز ۰/۱۹۷ پایین‌ترین رتبه را کسب کرده است. نرخ ناسازگاری این بخش برابر با ۰/۰۲ گزارش شده که به‌خوبی زیر آستانهٔ ۰/۱۰ قرار دارد.



شکل ۷. اولویت‌بندی مناطق بر اساس معیار اختلاط

نزدیکی به حمل‌ونقل عمومی	نتایج حاصل از تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نشان می‌دهد در میان گزینه‌های مورد بررسی، محلهٔ حاجی با امتیاز ۰/۳۷۱ بالاترین اولویت را از منظر نزدیکی به حمل‌ونقل عمومی دارد. پس از آن، محلهٔ جولان با امتیاز ۰/۳۳۱ در رتبهٔ دوم و شهرک بهشتی با امتیاز ۰/۲۹۸ در جایگاه سوم قرار گرفته است. نرخ ناسازگاری این بخش نزدیک به صفر گزارش شده که به‌خوبی زیر آستانهٔ ۰/۱۰ قرار دارد.

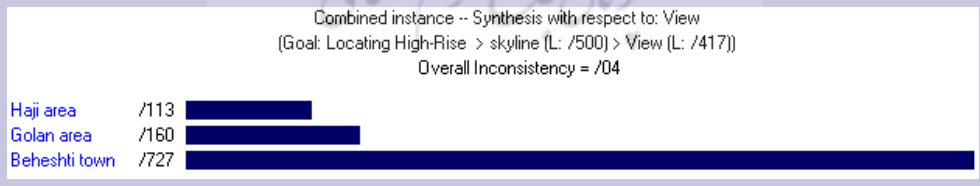


شکل ۸. اولویت‌بندی مناطق بر اساس معیار نزدیکی به حمل‌ونقل عمومی

معیارهای خط آسمان	نتایج تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نشان می‌دهد در میان شاخص‌های بررسی‌شده، دید (View) با امتیاز ۰.۴۵۳ بالاترین اولویت را دارد. پس از آن، تنوع در شکل و ظاهر با امتیاز ۰/۳۴۴ در رتبهٔ دوم و ارتفاع با امتیاز ۰/۲۰۳ در جایگاه سوم قرار گرفته است. نرخ ناسازگاری این بخش برابر با ۰/۰۰۱۷۴ گزارش شده که به‌مراتب کمتر از آستانهٔ ۰/۱۰ است.

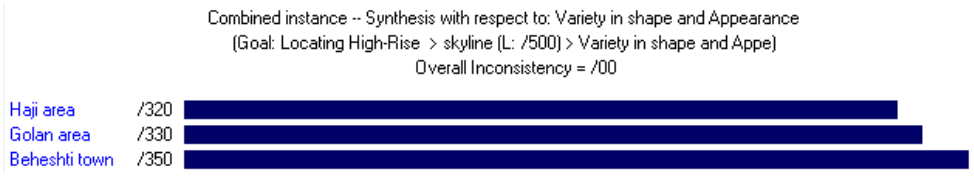
شکل ۹. اولویت‌بندی معیارهای خط آسمان برای مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه

معیار دید	نتایج تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در این بخش نشان می‌دهد در میان مناطق مورد بررسی، شهرک بهشتی با امتیاز ۰/۷۲۷ بالاترین اولویت را به خود اختصاص داده است. پس از آن، محلهٔ جولان با امتیاز ۰/۱۶۰ در رتبهٔ دوم و در نهایت محلهٔ حاجی با امتیاز ۰/۱۱۳ در جایگاه سوم قرار گرفته‌اند. نرخ ناسازگاری این بخش برابر با ۰/۰۴ محاسبه شده که پایین‌تر از آستانهٔ ۰/۱۰ بوده است.



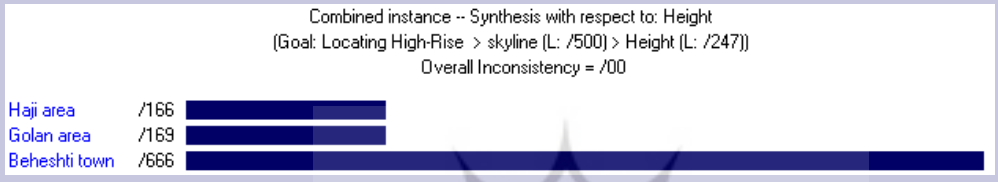
شکل ۱۰. اولویت‌بندی مناطق بر اساس معیار دید

شاخص	توضیحات و شکل
معیار تنوع در شکل و ظاهر	شهرک بهشتی با امتیاز ۰/۳۵۰ بالاترین اولویت را در زمینه «تنوع در شکل و ظاهر» دارد. پس از آن، محلهٔ جولان با امتیاز ۰/۳۳۰ در رتبهٔ دوم قرار گرفته و در نهایت، محلهٔ حاجی با امتیاز ۰/۳۲۰ پایین‌ترین رتبه را به خود اختصاص داده است. نرخ ناسازگاری این بخش برابر با ۰/۰۰ گزارش شده که بسیار کمتر از آستانهٔ ۰/۱۰ است.



شکل ۱۱. اولویت‌بندی مناطق بر اساس معیار تنوع در شکل و ظاهر

ارتفاع	شهرک بهشتی با امتیاز ۰/۶۶۶ بیشترین اولویت را در شاخص ارتفاع به دست آورده است. پس از آن، محلهٔ جولان با امتیاز ۰/۱۶۹ در جایگاه دوم و محلهٔ حاجی با امتیاز ۰/۱۶۶ در رتبهٔ سوم قرار گرفته‌اند. نرخ ناسازگاری این بخش برابر با ۰/۰۰ است که نشان‌دهندهٔ همخوانی کامل قضاوت‌های خبرگان در این مقایسه است.



شکل ۱۲. اولویت‌بندی مناطق بر اساس معیار ارتفاع

اولویت‌بندی محدوده‌ها	سه محدودهٔ مورد بررسی شامل محله حاجی، محلهٔ جولان و شهرک بهشتی از نظر این دو رویکرد تلفیقی مقایسه شدند. نتایج نشان می‌دهد شهرک بهشتی با امتیاز ۰/۴۳۱ بالاترین اولویت را دارد. پس از آن، محلهٔ جولان با امتیاز ۰/۳۱۰ در رتبهٔ دوم و در نهایت، محلهٔ حاجی با امتیاز ۰/۲۵۸ پایین‌ترین رتبه را به خود اختصاص داده است. نرخ ناسازگاری این بخش برابر با ۰/۰۱ گزارش شده که کمتر از آستانهٔ ۰/۱۰ بوده است.

شکل ۱۳. اولویت‌بندی مناطق بر اساس نظریهٔ خط آسمان و TOD جهت مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه

نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد شهرک بهشتی به دلیل برخورداری از دسترسی مطلوب به شبکه‌های حمل‌ونقل، وجود اراضی باز و قابلیت توسعهٔ کالبدی، در صدر اولویت‌های مکانی قرار گرفته است. این یافته با اصول نظریهٔ TOD همخوانی دارد؛ زیرا تمرکز توسعه در محدوده‌هایی با تراکم متعادل و ارتباط قوی با حمل‌ونقل عمومی، به کاهش وابستگی به خودرو و ارتقای پویایی شهری منجر می‌شود (Knowles et al., 2020 ؛Kumar, 2018). از منظر بصری نیز این محله، به سبب قرارگیری در سطحی پایین‌تر از ارتفاعات پیرامونی و برخورداری از دید مناسب به خط آسمان شهر، توانسته است شاخص‌های نظریهٔ Skyline را به شکل مطلوبی برآورده کند. این امر با نتایج پژوهش وینکمن و کریمی مشاور (۲۰۱۸) مبنی بر نقش تعیین‌کنندهٔ بعد بصری در کیفیت منظر شهری هم‌راستا است.

در مقابل، بافت تاریخی جولان و حاجی اگرچه از نظر اختلاط کاربری و نزدیکی به حمل‌ونقل عمومی امتیاز قابل توجهی دارند، اما محدودیت‌های کالبدی، قدمت بافت و تراکم بالای جمعیتی، امکان مداخلهٔ فیزیکی را کاهش داده است. از این‌رو، هرگونه بلندمرتبه‌سازی در این نواحی باید با رویکرد بازآفرینی شهری، رعایت حقوق هم‌جواری و حفظ هویت تاریخی همراه باشد.

مقایسهٔ تطبیقی یافته‌ها نشان می‌دهد مؤلفه‌های عملکردی و بصری به صورت متقابل بر تصمیم‌گیری مکانی تأثیر می‌گذارند؛ به گونه‌ای که تمرکز صرف بر شاخص‌های فنی (نظیر دسترسی یا پارکینگ) بدون توجه به کیفیت بصری، می‌تواند به ناهماهنگی در خط آسمان و کاهش خوانایی منظر منجر شود. این نتیجه با پژوهش‌های الکودمانی و همکاران (۲۰۲۲) و تارا و همکاران (۲۰۲۱) هم‌راستا است که بر ضرورت تلفیق تحلیل‌های کمی و ادراکی در تصمیم‌گیری مکانی تأکید دارند.

بنابراین، یافته‌های پژوهش حاضر ضمن تأیید فرضیه تلفیق دو نظریهٔ TOD و Skyline، بر اهمیت تحلیل چندبعدی مکان‌یابی ساختمان‌های بلند در شهرهای تاریخی همچون همدان تأکید می‌کند؛ شهرهایی که در آن‌ها تعادل میان توسعهٔ کالبدی و هویت فضایی، ضامن پایداری و خوانایی سیمای شهری است.

۲.۴. تحلیل مکانی و تلفیقی (AHP–GIS)

در گام نهایی پژوهش، به منظور ارتقای دقت و قابلیت تفسیر فضایی نتایج حاصل از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای تلفیق و تحلیل مکانی داده‌ها استفاده شد. این ترکیب روشی، ضمن رفع محدودیت‌های تحلیل عددی صرف، امکان نمایش و ارزیابی فضایی اولویت‌های مکانی را فراهم ساخت.

آماده‌سازی داده‌های مکانی

در این مرحله، کلیهٔ معیارهای شناسایی‌شده در دو گروه اصلی نظریهٔ توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) و نظریهٔ خط آسمان، به صورت لایه‌های مجزا در محیط GIS تهیه شدند. لایه‌های مربوط به معیارهای TOD شامل دسترسی و قابلیت دسترسی، قابلیت دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی، وجود پارکینگ، اختلاط کاربری‌ها و نزدیکی به شبکهٔ حمل‌ونقل عمومی بود. داده‌های مکانی این شاخص‌ها از منابع عمومی مانند نقشه‌های پایهٔ شهری همدان، داده‌های شبکه حمل‌ونقل، و برداشت‌های میدانی گردآوری و به فرمت رستری با وضوح یکنواخت تبدیل شدند. در گروه دوم معیارها، یعنی نظریهٔ خط آسمان، لایه‌های دید و منظر، ارتفاع ساختمان‌ها و تنوع شکل و ظاهر شهری در محیط GIS تولید شدند. لایهٔ دید (View) از تحلیل خطوط دید (Viewshed Analysis) بر پایهٔ مدل رقومی ارتفاع (DEM) استخراج شد تا محدوده‌هایی که دارای دید باز و چشم‌انداز شهری مناسب هستند شناسایی شود. لایهٔ ارتفاع نیز از نقشه‌های ساختمانی و داده‌های ثبت‌شده در شهرداری همدان به دست آمد و در بازهٔ نرمال‌شده ۰ تا ۱ طبقه‌بندی شد. در نهایت، لایهٔ تنوع شکل با استفاده از نسبت سطح به حجم بناها و تغییرات ریتم کالبدی در هر محدوده به صورت شاخص تنوع بصری محاسبه شد.

نرمال‌سازی و وزن‌دهی لایه‌ها

به منظور هم‌مقیاس‌سازی داده‌ها، تمامی لایه‌ها در بازهٔ ۰ تا ۱ نرمال شدند؛ به این‌معنا که مقادیر بیشتر بیانگر سازگاری بالاتر برای استقرار ساختمان‌های بلندمرتبه بودند. وزن هر معیار از نتایج تحلیل عددی AHP که پیش‌تر در نرم‌افزار Expert Choice محاسبه شده بود، استخراج و در محیط GIS به لایهٔ متناظر اختصاص یافت. وزن‌دهی نهایی بر اساس دو گروه اصلی معیار انجام شد؛ به طوری که معیارهای مرتبط با TOD درمجموع سهمی معادل ۰/۵۵ و معیارهای مرتبط با خط آسمان سهمی معادل ۰/۴۵ از کل وزن‌ها را به خود اختصاص دادند. این توازن وزنی بیانگر اهمیت هم‌زمان عوامل عملکردی و بصری در مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه است.

تلفیق لایه‌ها و تولید نقشهٔ سازگاری نهایی

پس از وزن‌دهی لایه‌ها، فرایند تلفیق با استفاده از روش Weighted Overlay در محیط ArcGIS انجام گرفت. این روش امکان ترکیب خطی لایه‌های نرمال‌شده بر اساس وزن‌های مشخص را فراهم می‌کند و از متداول‌ترین تکنیک‌های ارزیابی چندمعیاره مکانی (SMCA) محسوب می‌شود. خروجی حاصل، نقشهٔ نهایی سازگاری (Suitability Map) بود که میزان تناسب هر ناحیه از شهر همدان را برای توسعهٔ ساختمان‌های بلندمرتبه نشان می‌دهد. نقشه به پنج طبقهٔ اصلی تقسیم شد: بسیار پایین، پایین، متوسط، بالا و بسیار بالا. شکل ۱۳، توزیع فضایی سازگاری را نمایش می‌دهد.

تحلیل نتایج مکانی

بر اساس نقشهٔ تلفیقی (شکل ۱۳)، توزیع فضایی سازگاری نشان می‌دهد بخش‌های وسیعی از شهرک بهشتی در طبقات «بالا» و «بسیار بالا» قرار دارند؛ در نتیجه این محدوده به عنوان مناسب‌ترین مکان برای توسعهٔ ساختمان‌های بلندمرتبه شناخته می‌شود. پس از آن، محلهٔ جولان با وزن ۰/۳۱۰ در جایگاه دوم و محلهٔ حاجی با وزن ۰/۲۵۸ در رتبهٔ سوم قرار گرفته‌اند. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج عددی حاصل از AHP منطبق است و نشان می‌دهد تلفیق GIS موجب تقویت اعتبار نتایج عددی و شفافیت فضایی یافته‌ها شده است.

از منظر نظریهٔ TOD، شهرک بهشتی با قرارگیری در مجاورت محورهای اصلی حمل‌ونقل عمومی، دسترسی آسان به شبکهٔ معابر و امکان توسعهٔ کاربری‌های مختلط، دارای بیشترین ظرفیت برای استقرار بلندمرتبه‌هاست. از سوی دیگر، بافت تاریخی محله‌های جولان و حاجی به دلیل محدودیت‌های کالبدی، عرض کم معابر و حساسیت‌های فرهنگی و بصری، نیازمند کنترل دقیق ارتفاع و رعایت ضوابط منظر شهری هستند. این یافته‌ها نشان می‌دهد تلفیق شاخص‌های عملکردی (مانند دسترسی و اختلاط کاربری) با شاخص‌های بصری (مانند دید و تنوع فرم) می‌تواند توازنی میان کارایی و هویت شهری ایجاد کند.

تحلیل حساسیت و پایداری نتایج

برای ارزیابی پایداری مدل تلفیقی، تحلیل حساسیت با تغییر ±۱۰ و ±۲۰ درصدی در وزن معیارهای کلیدی انجام شد. نتایج نشان داد با وجود تغییرات جزئی در امتیازهای محلی، ترتیب کلی اولویت‌ها پایدار باقی ماند و شهرک بهشتی همچنان بالاترین میزان سازگاری را حفظ کرد. این پایداری در برابر تغییر وزن‌ها بیانگر انسجام منطقی و قابلیت اعتماد مدل مکانی است. علاوه بر این، مقدار نرخ ناسازگاری کلی (CR) در تمامی مقایسات کمتر از ۰/۱ بود (در تلفیق نهایی برابر با ۰/۰۱)، که نشان‌دهندهٔ دقت بالا در قضاوت‌های کارشناسان و اعتبار فرایند تحلیل است.

جمع‌بندی تحلیلی

به طور کلی، تلفیق روش AHP با GIS توانست ضمن ارتقای دقت و تفسیرپذیری نتایج، ابزاری کاربردی برای تصمیم‌گیری شهری فراهم آورد. نتایج مکانی حاکی از آن است که مکان‌یابی بلندمرتبه‌ها نباید فقط بر مبنای شاخص‌های اقتصادی یا کالبدی انجام شود، بلکه باید اصول نظریه‌های توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) و خط آسمان (Skyline Theory) نیز به صورت هم‌زمان مورد توجه قرار گیرند. یافته‌های این بخش می‌تواند به مدیران شهری همدان در تدوین سیاست‌های توسعهٔ پایدار، کنترل تراکم، مدیریت منظر شهری و جلوگیری از تخریب هویت تاریخی کمک کند.

۵. بحث

در این پژوهش، اولویت‌بندی مکان‌های مناسب برای احداث ساختمان‌های بلندمرتبه در شهر همدان بر اساس ترکیب دو چارچوب نظری توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) و نظریهٔ خط آسمان انجام گرفت. هدف اصلی، شناسایی شاخص‌های مؤثر در ایجاد تعادل میان کارایی عملکردی و کیفیت بصری در توسعه‌های عمودی شهر بود. نتایج حاصل از تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نشان داد در میان معیارهای بررسی‌شده، مؤلفه‌های مرتبط با نظریهٔ TOD از جمله دسترسی، اختلاط کاربری و وجود پارکینگ، بیشترین سهم را در تعیین مکان‌های بهینه برای بلندمرتبه‌سازی داشته‌اند. در مقابل، معیارهای مرتبط با نظریهٔ خط آسمان، از جمله دید، تنوع شکل و ارتفاع، بیشتر در مرحلهٔ ارزیابی منظر شهری و هماهنگی بصری نقش داشته‌اند.

همان‌گونه که در شکل ۳ نشان داده شده است، معیار دسترسی و قابلیت دسترسی با وزن (۰/۲۴۶) بالاترین میزان اهمیت را در میان شاخص‌های ارزیابی به خود اختصاص داده است. این امر نشان می‌دهد دسترسی مستقیم به شبکهٔ حمل‌ونقل عمومی و مسیرهای اصلی شهری، مهم‌ترین پیش‌شرط در مکان‌یابی ساختمان‌های

بلندمرتبه به شمار می‌آید. این یافته با اصول نظری TOD هم‌خوان است، زیرا هرچه میزان دسترسی ساکنان به حمل‌ونقل عمومی، خدمات شهری و مسیرهای پیاده افزایش یابد، وابستگی به خودرو شخصی کاهش می‌یابد و در نتیجه، پایداری زیست‌محیطی و کارایی حمل‌ونقل شهری تقویت می‌شود.

دو معیار وجود پارکینگ (۰/۲۲۵) و اختلاط کاربری (۰/۲۲۴) نیز در رتبهٔ دوم اهمیت قرار دارند و تقریباً وزن مشابهی دارند. نقش پارکینگ در کاهش ازدحام، سامان‌دهی جریان ترافیک و ارتقای کیفیت محیطی شهری مؤثر است. در مقابل، اختلاط کاربری از طریق تجمیع فعالیت‌های مسکونی، تجاری و خدماتی در یک پهنه، زمینهٔ کاهش سفرهای غیرضروری، افزایش تعاملات اجتماعی و ارتقای پویایی شهری را فراهم می‌آورد؛ موضوعی که در نظریهٔ TOD از ارکان اصلی توسعهٔ پایدار محسوب می‌شود.

شاخص نزدیکی به ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی (۰/۲۰۵) نیز از اهمیت بالایی برخوردار است و تأکید دارد که صرفِ دسترسی عمومی به شبکهٔ حمل‌ونقل کافی نیست، بلکه فاصلهٔ فیزیکی کوتاه و ارتباط مستقیم با ایستگاه‌های اصلی، نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت پروژه‌های بلندمرتبه دارد. این معیار، در واقع، بُعد عملیاتی شاخص «دسترسی» محسوب می‌شود و در ادبیات TOD به عنوان «معیار مکان‌محور» شناخته می‌شود.

در مقابل، معیار قابلیت پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری (۰/۱۰۰) کمترین وزن را به خود اختصاص داده است. این یافته بازتابی از شرایط واقعی شهر همدان است که در آن، زیرساخت‌های پیاده‌محور و دوچرخه‌محور هنوز توسعه‌یافته نیستند و فرهنگ استفاده از این شیوه‌های حمل‌ونقل نیز در سطح پایین‌تری قرار دارد. این موضوع نشان می‌دهد اگرچه در چارچوب نظری TOD، پیاده‌مداری از اصول اساسی محسوب می‌شود، اما در بستر محلی همدان، محدودیت‌های کالبدی و رفتاری مانع از تحقق کامل آن شده است.

در مجموع، تحلیل نتایج حاکی از آن است که وزن‌دهی معیارها در همدان بیش از آنکه بازتاب‌دهندهٔ اصول جهانی TOD باشد، متأثر از وضعیت کنونی زیرساخت‌ها و الگوی رفتاری شهروندان است. در ادامه، هر یک از معیارهای اصلی این دو نظریه به تفکیک تحلیل و ارزیابی می‌شود تا چگونگی تأثیر آن‌ها بر مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه تبیین شود.

۱.۵. قابلیت دسترسی

دسترسی به ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی و سایر خدمات شهری، اصلی‌ترین عامل در مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه محسوب می‌شود. یافته‌های حاصل از ترکیب تحلیل‌های AHP و GIS نشان می‌دهد محلهٔ جولان از نظر نزدیکی به شبکهٔ حمل‌ونقل عمومی، ساختار معابر متصل و دسترسی سریع به مراکز خدماتی، بالاترین امتیاز را کسب کرده است. در مقابل، محلهٔ حاجی به دلیل بافت متراکم، عرض کم معابر و فاصلهٔ بیشتر از ایستگاه‌های حمل‌ونقل، ضعیف‌ترین عملکرد را دارد. این تفاوت‌ها بیانگر آن است که دسترسی به زیرساخت‌های حمل‌ونقل نه‌تنها معیار عملکردی، بلکه عامل شکل‌دهنده به کیفیت زندگی شهری و تحقق اصول TOD است. در واقع، هرچه دسترسی آسان‌تر و ارتباطات شبکه‌ای منسجم‌تر باشد، وابستگی به خودروی شخصی کاهش یافته و پویایی اجتماعی ـ اقتصادی در محدوده افزایش می‌یابد. بنابراین، در سیاست‌گذاری شهری همدان، توسعهٔ محورهای حمل‌ونقل عمومی در مجاورت بافت‌های قابل توسعه مانند جولان، باید در اولویت قرار گیرد تا امکان استقرار بهینهٔ ساختمان‌های بلندمرتبه فراهم شود.

۲.۵. قابلیت دوچرخه‌سواری/ پیاده‌روی

نتایج نشان می‌دهد هرچند معیار «قابلیت پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری» وزن پایین‌تری در مقایسه با سایر شاخص‌های TOD دارد، اما در تحقق پایداری شهری و ارتقای کیفیت محیط نقش بنیادین ایفا می‌کند. ترکیب داده‌های AHP و نقشه‌های GIS نشان می‌دهد شهرک بهشتی به دلیل شبکهٔ منظم‌تر معابر محلی و امکان ارتقای زیرساخت‌های پیاده‌محور، بیشترین پتانسیل را برای انطباق با اصول TOD دارد. در مقابل، محلات تاریخی مانند جولان و حاجی به دلیل محدودیت کالبدی و فقدان مسیرهای ایمن برای دوچرخه‌سواری، عملکرد ضعیف‌تری نشان می‌دهند. این نتایج حاکی از آن است که در همدان، هنوز پیاده‌مداری و دوچرخه‌محوری به عنوان مؤلفه‌های کلیدی توسعهٔ شهری نهادینه نشده‌اند. از این‌رو، برنامه‌ریزان شهری باید توسعهٔ شبکه‌های پیاده و مسیرهای ایمن دوچرخه‌سواری را به عنوان بخشی از سیاست‌های بلندمدت TOD در نظر گیرند، تا بلندمرتبه‌سازی‌ها در بستری انسان‌محور و پایدار شکل گیرند.

۳.۵. وجود پارکینگ

بر اساس یافته‌ها، شهرک بهشتی از نظر ظرفیت ایجاد پارکینگ‌های ساختاری و زیرسطحی، عملکرد مطلوب‌تری دارد. این برتری به ساختار بازتر کالبدی و تراکم نسبتاً پایین‌تر آن نسبت داده می‌شود. در مقابل، محله‌های جولان و حاجی به دلیل تراکم بالا، عرض محدود معابر و بافت تاریخی فشرده، در توسعهٔ زیرساخت‌های پارکینگ با محدودیت مواجه‌اند. با وجود این، نتایج نشان می‌دهد معیار پارکینگ، هرچند در نظریهٔ TOD نقش ثانویه دارد، اما در شهرهای متوسطی مانند همدان به دلیل الگوی سفر خودرومحور، هنوز از اهمیت عملکردی بالایی برخوردار است. بنابراین، توصیه می‌شود در پروژه‌های آتی بلندمرتبه‌سازی، از راهکارهای مدیریت هوشمند پارکینگ نظیر پارکینگ‌های طبقاتی مشترک، سامانه‌های رزرو هوشمند و استفاده از فضاهای زیرسطحی بهره گرفته شود تا ضمن تأمین نیاز عملکردی، اصول پایداری شهری نیز رعایت شود.

۴.۵. اختلاط کاربری

اختلاط کاربری از ارکان اساسی نظریهٔ TOD است که به بهبود پویایی شهری و کاهش سفرهای غیرضروری کمک می‌کند. نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد محلهٔ جولان با امتیاز بیشتر، به دلیل هم‌جواری با بازار سنتی، حضور فعالیت‌های تجاری و خدماتی متنوع و تراکم بالای جمعیتی، بیشترین تناسب را با اصول اختلاط کاربری دارد. محلهٔ حاجی با ساختار مشابه اما محدودتر، در رتبهٔ دوم و شهرک بهشتی به دلیل ماهیت عمدتاً مسکونی در جایگاه سوم قرار دارد. از دید تحلیلی، این یافته‌ها بیانگر چالش ناهماهنگی بین سیاست‌های بلندمرتبه‌سازی و الگوی تک‌کاربری در برخی نواحی جدید شهر است. پیشنهاد می‌شود برای همسوسازی پروژه‌های بلندمرتبه با رویکرد TOD، در پهنه‌هایی مانند شهرک بهشتی، سیاست‌های «کاربری مختلط هدایت‌شده» (Guided Mixed-Use) اعمال شود تا ضمن حفظ توازن جمعیتی، فعالیت‌های تجاری و خدماتی مکمل نیز در مقیاس محلی تقویت شود.

۵.۵. نزدیکی به حمل‌ونقل عمومی

نزدیکی به شبکهٔ حمل‌ونقل عمومی از نظر مکانی و عملکردی یکی از شاخص‌های تعیین‌کننده در مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه است. نتایج نشان می‌دهد محلهٔ حاجی به دلیل دسترسی مستقیم‌تر به ایستگاه‌های اتوبوس و تاکسی و مجاورت با محورهای شریانی شهر، بیشترین امتیاز را کسب کرده است. محلهٔ جولان نیز به دلیل دسترسی قابل قبول به شبکهٔ حمل‌ونقل در رتبهٔ دوم و شهرک بهشتی به دلیل فاصله از ایستگاه‌های اصلی در رتبهٔ سوم قرار دارد. این یافته‌ها تأکید می‌کند که استقرار ساختمان‌های بلند در مجاورت ایستگاه‌های حمل‌ونقل می‌تواند موجب کاهش فشار ترافیکی، افزایش استفاده از مدهای حمل‌ونقل پایدار و بهبود ارتباطات شهری شود. بنابراین، توسعهٔ بلندمرتبه‌ها باید هم‌زمان با تقویت شبکهٔ حمل‌ونقل عمومی برنامه‌ریزی شود تا توازن بین تراکم کالبدی و ظرفیت جابه‌جایی شهری برقرار بماند.

۶.۵. معیارهای خط آسمان

در حوزهٔ ارزیابی خط آسمان، سه معیار اصلی «دید»، «ارتفاع» و «تنوع در شکل و ظاهر» به عنوان عوامل تعیین‌کننده شناسایی شدند. تحلیل تلفیقی نشان می‌دهد شاخص دید بیشترین وزن را دارد، زیرا تأثیر مستقیمی بر خوانایی و زیبایی منظر شهری می‌گذارد. پس از آن، تنوع در فرم و ظاهر در رتبهٔ دوم و ارتفاع در رتبهٔ سوم قرار گرفته است. این ترتیب بیانگر تغییر رویکرد از بلندمرتبه‌سازی کمی به کیفی است؛ یعنی نه فقط ارتفاع، بلکه نحوهٔ تعامل ساختمان با خط آسمان اهمیت دارد. این یافته با مبانی نظری خط آسمان همخوان است که بر ضرورت هماهنگی بصری و پرهیز از اغتشاش در سیمای شهری تأکید دارد. در مجموع، تلفیق معیارهای بصری با شاخص‌های عملکردی TOD، زمینه‌ای برای شکل‌گیری توسعه‌های عمودی منسجم و هویت‌دار فراهم می‌کند.

۷.۵. معیار دید

تحلیل معیار دید نشان می‌دهد شهرک بهشتی بیشترین ظرفیت بصری را برای استقرار ساختمان‌های بلندمرتبه دارد. موقعیت توپوگرافی این محدوده، دید گسترده به مناظر طبیعی و فاصله مناسب از محدوده‌های تاریخی، موجب شده است تا اثر منفی بر منظر کلی شهر نگذارد. در مقابل، محله‌های جولان و حاجی به دلیل مجاورت با بافت تاریخی و خطوط دید محدودتر، در اولویت پایین‌تری قرار گرفته‌اند. این نتیجه اهمیت برنامه‌ریزی ارتفاعی هماهنگ را برجسته می‌سازد تا ضمن حفظ دید به محورهای شاخص، از انسداد بصری مناظر تاریخی و طبیعی جلوگیری شود. پیشنهاد می‌شود در طراحی‌های آتی، مطالعات دید و منظر به عنوان بخشی از فرایند صدور مجوز بلندمرتبه‌سازی لحاظ شود تا هماهنگی بصری در خط آسمان شهر همدان حفظ شود.

۸.۵. معیار تنوع در شکل و ظاهر

«تنوع در شکل و ظاهر» بیانگر کیفیت طراحی معماری و هماهنگی احجام در خط آسمان است. یافته‌ها نشان می‌دهد شهرک بهشتی با توجه به اراضی بازتر، نوسازی‌های اخیر و امکان طراحی آزادتر، بالاترین امتیاز را در این معیار کسب کرده است. محلهٔ جولان با اختلاف اندک در جایگاه دوم قرار دارد و محلهٔ حاجی به دلیل بافت تاریخی و محدودیت در تغییر فرم، کمترین تنوع را دارد. این نتایج بیانگر آن است که تنوع کنترل‌شده در طراحی نماها و فرم‌های معماری می‌تواند به افزایش خوانایی بصری و جلوگیری از یکنواختی در خط آسمان کمک کند. در این‌زمینه، توصیه می‌شود ضوابط طراحی شهری برای محدوده‌های جدید مانند شهرک بهشتی بر مبنای اصول «هماهنگی در تنوع» تدوین شود تا هویت بصری شهر تقویت شود.

۹.۵. ارتفاع

معیار «ارتفاع» یکی از عناصر اصلی در تعیین ظرفیت کالبدی و سازمان فضایی شهر است. تحلیل داده‌های ترکیبی نشان می‌دهد شهرک بهشتی از نظر پایداری سازه‌ای، فاصله از محدوده‌های تاریخی و امکان‌پذیری فنی، بالاترین پتانسیل را برای استقرار ساختمان‌های مرتفع دارد. دو محلهٔ جولان و حاجی نیز با اختلاف اندک در رتبه‌های بعدی قرار دارند. یافته‌ها تأکید می‌کند که اگرچه ارتفاع ویژگی ذاتی بلندمرتبه‌سازی است، اما در غیاب ملاحظات بصری و زمینه‌ای، می‌تواند به اغتشاش منظر شهری منجر شود. بنابراین، در سیاست‌های توسعهٔ شهری باید ضوابط ارتفاعی متناسب با ظرفیت دید، فرم زمین و زیرساخت‌های شهری هر منطقه تدوین شود تا تعادل بین کارایی فضایی و هماهنگی بصری برقرار شود.

۱۰.۵. اولویت‌بندی محدوده‌ها

ترکیب دو چارچوب نظری TOD و خط آسمان در این پژوهش، امکان ارزیابی جامع مکان‌های مناسب برای بلندمرتبه‌سازی را فراهم ساخته است. نتایج تحلیل نهایی GIS–AHP نشان می‌دهد شهرک بهشتی با وزن ۰/۴۳۱ در رتبهٔ نخست، محلهٔ جولان با وزن ۰/۳۱۰ در رتبهٔ دوم، و محلهٔ حاجی با وزن ۰/۲۵۸ در رتبهٔ سوم قرار دارند. این اولویت‌بندی بیانگر برتری شهرک بهشتی از نظر ظرفیت کالبدی، دسترسی مطلوب و پتانسیل ایجاد خط آسمان منسجم است. در عین حال، موقعیت محلهٔ جولان نیز با توجه به پویایی تجاری و دسترسی مناسب، در مرحلهٔ بعدی توسعه توصیه می‌شود. در مقابل، محلهٔ حاجی به دلیل محدودیت‌های کالبدی و تاریخی، گزینهٔ کم‌اولویت‌تری است. تلفیق این دو نظریه نشان داد دستیابی به توسعهٔ پایدار تنها در صورت توازن میان کارایی عملکردی و کیفیت بصری امکان‌پذیر است. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود برنامه‌ریزان شهری همدان از الگوی ترکیبی TOD–Skyline به عنوان چارچوب تصمیم‌گیری در پروژه‌های آتی بلندمرتبه‌سازی بهره گیرند.

۱۱.۵.چالش‌های اجرایی در پیاده‌سازی مدل ترکیبی TOD–Skyline در همدان

با وجود آنکه نتایج پژوهش حاضر نشان داد تلفیق نظریهٔ توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) و نظریهٔ خط آسمان می‌تواند چارچوبی جامع برای مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه در شهر همدان فراهم آورد، پیاده‌سازی عملی این مدل در بستر واقعی شهر با چالش‌های اجرایی متعددی روبه‌رو است. این چالش‌ها از ابعاد نهادی، کالبدی، اجتماعی و مدیریتی ناشی می‌شوند و در صورت بی‌توجهی، می‌توانند مانع تحقق اهداف پایداری و انسجام بصری شهر شوند.

چالش نهادی و مدیریتی

یکی از موانع مهم اجرایی، نبود هماهنگی میان نهادهای برنامه‌ریزی شهری، حمل‌ونقل و معماری است. در حال حاضر، سیاست‌های مرتبط با بلندمرتبه‌سازی، ضوابط حمل‌ونقل شهری و ملاحظات منظر شهری در قالب نهادهای جداگانه تدوین می‌شوند و از انسجام ساختاری برخوردار نیستند. این مسئله سبب می‌شود تصمیم‌گیری‌ها در زمینهٔ مکان‌یابی و صدور مجوز ساخت، بدون ارزیابی جامع از ظرفیت حمل‌ونقل و اثرات بصری انجام گیرد. ایجاد سازوکار هماهنگ میان شهرداری، ادارهٔ راه و شهرسازی و سازمان میراث فرهنگی می‌تواند یکی از پیش‌شرط‌های تحقق مدل ترکیبی TOD–Skyline باشد.

چالش کالبدی و زیرساختی

بافت تاریخی و متراکم محلات مرکزی همدان، به‌ویژه در نواحی جولان و حاجی، امکان پیاده‌سازی برخی از شاخص‌های TOD همچون شبکهٔ پیاده‌محور، مسیرهای دوچرخه‌سواری و پارکینگ‌های ساختاری را با محدودیت روبه‌رو کرده است. همچنین، در بسیاری از محلات، ظرفیت شبکهٔ معابر برای جذب ترافیک ناشی از ساختمان‌های بلند وجود ندارد. از سوی دیگر، زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی در برخی نواحی حاشیه‌ای مانند شهرک بهشتی هنوز به سطح مطلوب نرسیده است. بنابراین، توسعهٔ این مدل نیازمند بازنگری در طرح‌های تفصیلی و ارتقای ظرفیت زیرساخت‌های شهری به‌ویژه در محورهای دارای پتانسیل بلندمرتبه‌سازی است.

چالش اقتصادی و سرمایه‌گذاری

اجرای پروژه‌های بلندمرتبه‌سازی مبتنی بر TOD معمولاً مستلزم هزینه‌های بالا برای توسعهٔ زیرساخت‌های حمل‌ونقل و سامان‌دهی فضاهای عمومی است. از سوی دیگر، سرمایه‌گذاران تمایل بیشتری به احداث ساختمان در نواحی دارای بازده اقتصادی سریع دارند، نه الزاماً در مکان‌هایی که از نظر دسترسی یا منظر شهری مطلوب‌ترند. این ناهمخوانی میان منافع اقتصادی کوتاه‌مدت و اهداف توسعهٔ پایدار، یکی از موانع اصلی در تحقق مدل پیشنهادی است. ایجاد مشوق‌های مالی و سیاست‌های حمایتی از سرمایه‌گذاری در محدوده‌های دارای اولویت TOD می‌تواند در کاهش این شکاف مؤثر باشد.

چالش فرهنگی و اجتماعی

یکی از ملاحظات کلیدی در اجرای مدل ترکیبی، پذیرش اجتماعی بلندمرتبه‌سازی در بافت‌های سنتی است. در محلاتی مانند حاجی و جولان، بلندمرتبه‌سازی می‌تواند به تضاد بصری و هویتی با بافت تاریخی منجر شود و واکنش منفی ساکنان را در پی داشته باشد. در چنین شرایطی، تنها طراحی هماهنگ با خط آسمان و احترام به مقیاس انسانی می‌تواند از بروز تعارض‌های اجتماعی جلوگیری کند. بنابراین، لازم است فرایندهای مشارکتی و گفت‌وگو با جامعهٔ محلی به عنوان بخشی از سیاست‌گذاری شهری در پروژه‌های بلندمرتبه‌سازی لحاظ شود.

چالش نظارتی و اجرای ضوابط طراحی شهری

ضعف در نظارت بر اجرای ضوابط طراحی و فقدان استانداردهای دقیق برای کنترل منظر شهری، از دیگر چالش‌های موجود است. هرچند ضوابط ارتفاعی در طرح تفصیلی شهر همدان وجود دارد، اما این ضوابط به‌ندرت بر مبنای مطالعات دید و منظر تدوین شده‌اند. نتیجهٔ آن، شکل‌گیری ساختمان‌هایی است که گاه خط آسمان شهر را مخدوش می‌کنند. در این زمینه، تدوین ضوابط طراحی مبتنی بر شاخص‌های بصری و عملکردی و الزام به ارزیابی منظر پیش از صدور مجوز ساخت، از ضرورت‌های اجرایی به شمار می‌رود.

در مجموع، اجرای مدل ترکیبی TOD–Skyline در همدان نیازمند نگاهی یکپارچه و میان‌رشته‌ای است که فراتر از رویکردهای سنتی برنامه‌ریزی عمل کند. بدون اصلاح ساختار نهادی، ارتقای زیرساخت‌های حمل‌ونقل، مشارکت عمومی و نظارت دقیق بر طراحی شهری، این مدل فقط در حد یک چارچوب نظری باقی خواهد ماند. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود شهرداری همدان با ایجاد کارگروه تخصصی بلندمرتبه‌سازی پایدار متشکل از متخصصان طراحی شهری، حمل‌ونقل، اقتصاد و میراث فرهنگی، مسیر اجرایی تحقق این الگو را در برنامه‌های توسعهٔ شهری آینده ترسیم کند.

۶. نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف مکان‌یابی بهینهٔ ساختمان‌های بلندمرتبه در شهر همدان، بر پایهٔ دو چارچوب نظری «توسعهٔ مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD)» و «نظریهٔ خط آسمان» انجام شد. در این مطالعه، با استفاده از روش سلسله‌مراتبی (AHP) و ترکیب آن با تحلیل‌های فضایی (GIS)، معیارهای عملکردی و بصری مؤثر در استقرار ساختمان‌های بلندمرتبه شناسایی و اولویت‌بندی شدند. یافته‌ها نشان دادند معیارهای مرتبط با دسترسی، اختلاط کاربری، و نزدیکی به حمل‌ونقل عمومی، از ارکان اصلی تحقق اصول TOD محسوب می‌شوند و بیشترین تأثیر را در مکان‌یابی بهینه دارند. در مقابل، معیارهای مرتبط با خط آسمان نظیر دید، تنوع فرم و ارتفاع، در حفظ کیفیت بصری، خوانایی منظر و هماهنگی کالبدی نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کنند.

نتایج نهایی حاصل از تلفیق دو چارچوب نشان داد شهرک بهشتی با وزن ۰/۴۳۱، مناسب‌ترین ناحیه برای توسعهٔ بلندمرتبه‌سازی پایدار در همدان است. این محدوده از نظر ظرفیت کالبدی، دسترسی مطلوب به شبکه‌های شهری و قابلیت طراحی هماهنگ با خط آسمان، شرایط برتری دارد. پس از آن، محلهٔ جولان با وزن ۰/۳۱۰ به دلیل بافت تاریخی ـ تجاری فعال و موقعیت مرکزی در رتبهٔ دوم قرار گرفته است. محلهٔ حاجی نیز با وزن ۰/۲۵۸ به دلیل محدودیت‌های کالبدی، بافت متراکم و کمبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی، در اولویت سوم قرار دارد.

اهمیت این نتایج در آن است که نشان می‌دهد بلندمرتبه‌سازی، در صورتی که با اصول TOD و ضوابط خط آسمان تلفیق شود، می‌تواند از یک تهدید کالبدی به ابزاری مؤثر برای ارتقای کیفیت زندگی، افزایش پایداری شهری و حفظ هویت بصری بدل شود. از منظر نظری، این پژوهش به ادبیات موجود کمک می‌کند تا ارتباط میان عملکرد حمل‌ونقل شهری و کیفیت منظر در تصمیم‌گیری‌های مکانی روشن‌تر شود؛ و از منظر کاربردی، می‌تواند مبنایی برای بازنگری در سیاست‌های بلندمرتبه‌سازی و طراحی شهری در شهرهای با ویژگی مشابه فراهم آورد.

با این‌حال، پژوهش حاضر نیز با محدودیت‌هایی مواجه بوده است. نخست، کمبود داده‌های دقیق فضایی و حمل‌ونقلی در سطح محلات همدان موجب شد تحلیل‌ها بر اساس داده‌های ثانویه و برآوردهای کارشناسی انجام شود. دوم، تعداد محدود مشارکت‌کنندگان در فرایند AHP (۲۰ نفر از متخصصان) ممکن است تنوع دیدگاه‌ها را به‌طور کامل بازتاب ندهد. همچنین، به دلیل ماهیت نظری پژوهش،

ابعاد اقتصادی و اجتماعی بلندمرتبه‌سازی به صورت عمیق بررسی نشده است. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، با استفاده از داده‌های واقعی حمل‌ونقل و مدل‌سازی چندمعیاره در محیط GIS، دقت مکانی تحلیل‌ها افزایش یابد و ابعاد اقتصادی و اجتماعی بلندمرتبه‌سازی نیز به صورت هم‌زمان مورد بررسی قرار گیرد.

در بُعد سیاست‌گذاری، نتایج این پژوهش می‌تواند برای مدیریت شهری همدان و سایر شهرهای مشابه، راهنمایی عملی در جهت یکپارچه‌سازی سیاست‌های بلندمرتبه‌سازی با نظام حمل‌ونقل و ضوابط منظر شهری فراهم آورد. پیشنهاد می‌شود:

۱) شهرداری همدان پهنه‌های دارای اولویت بالا را در طرح تفصیلی بازتعریف کرده و دستورالعمل‌های ویژه طراحی (Urban Design Guidelines) برای کنترل ارتفاع، تراکم و فرم بناها در این مناطق تدوین کند.

۲) سازمان حمل‌ونقل شهری با توسعهٔ شبکه‌های اتوبوس و ایستگاه‌های ترانزیتی در مجاورت مناطق مستعد بلندمرتبه‌سازی، زمینهٔ تحقق اصول TOD را فراهم آورد.

۳) کمیسیون‌های معماری و شهرسازی با الزام به ارزیابی اثرات بصری و دید در صدور مجوزهای ساختمانی، از اغتشاش در خط آسمان شهر جلوگیری کنند.

۴) در نهایت، با ایجاد کارگروه تخصصی بلندمرتبه‌سازی پایدار متشکل از متخصصان طراحی شهری، حمل‌ونقل، اقتصاد شهری و میراث فرهنگی، می‌توان مسیر اجرایی تحقق مدل ترکیبی TOD–Skyline را در سیاست‌های توسعهٔ آتی شهر ترسیم کرد.

همچنین برای تحقیقات آینده نیز توصیه می‌شود پژوهش‌های آتی با استفاده از مدل‌های پیشرفته‌تری همچون (MCDM–GIS)، (Fuzzy–AHP) و (Machine Learning–GIS) یا به تحلیل مکانی بپردازند و سناریوهای مختلف توسعه عمودی در افق زمانی بلندمدت را شبیه‌سازی کنند. همچنین، بررسی تأثیرات اجتماعی ـ فرهنگی بلندمرتبه‌سازی بر ادراک شهروندان از منظر و هویت شهری می‌تواند افق جدیدی در برنامه‌ریزی شهری پایدار بگشاید.

به طور کلی، این پژوهش نشان داد نگاه تلفیقی به بلندمرتبه‌سازی می‌تواند نه‌تنها به بهینه‌سازی عملکرد شهری منجر شود، بلکه با تقویت سیمای بصری، هویت و پایداری شهر نیز هم‌راستا شود. این رویکرد می‌تواند الگویی برای سایر شهرهای ایرانی باشد که در جست‌وجوی توازن میان توسعهٔ عمودی و حفظ ساختار هویتی و فرهنگی خود هستند.

مشارکت نویسندگان

درصد مشارکت نویسندگان در این مقاله، ۵۰٪- ۵۰٪ است.

تشکر و قدردانی

از کلیهٔ کسانی که در این پژوهش نویسندگان مقاله را یاری کرده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود. مقاله حامی مادی و معنوی ندارد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع در این مقاله وجود ندارد.

منابع

Abagheri Mahabadi N., Fathi S., & Zare Z. [2024]. Urban Smartization and Efficient Governance. *Urban Economics and Planning*, 5 (2): 202-217. [In Persian] https://doi.org/10.22034/uep.2024.472170.1527

Ahlfeldt, G. M., & Barr, J. (2022). The economics of skyscrapers: A synthesis. *Journal of Urban Economics*, 129, 103419. https://doi.org/10.1016/j.jue.2021.103419

Ajzae Shokoohi, M., & Razaghian, F. (2015). Evaluation and site selection of urban parks in District 9 of Mashhad Municipality using network analysis. *Geography and Urban Space Development*, 2 (2), 1–14. https://doi.org/10.22067/gusd.v2i2.21202

Ali, M. M., & Al-Kodmany, K. (2012). Tall Buildings and Urban Habitat of the 21st Century: A Global Perspective. *Buildings*, 2 (4), 384-423. https://doi.org/10.3390/buildings2040384

Al-Kodmany, K., Xue, Q. (Charlie), & Sun, C. (2022). Reconfiguring Vertical Urbanism: The Example of Tall Buildings and Transit-Oriented Development (TB-TOD) in Hong Kong. *Buildings*, 12 (2). 197. https://doi.org/10.3390/buildings12020197

Anabestani, A., Javanshiri, M., & Anabestani, Z. (2015). Adaptive Comparison of Multi-Criteria Decision-Making Methods in Optimal Locating of Tall Buildings (Case Study: Region 9 Mashhad Municipality). *Spatial Planning*, 5 (3), 1–24.

Azizi M. M., & Motevaseli M. M. (2012). Strategic Revision of Urban Services Context of Local Management of Iran, Emphasizing the Urban Waste Case Study: Mashhad Metropolitan. *Journal title*, 10 (30):91-112. http://ijurm.imo.org.ir/article-1-179-fa.html

Dervishi, Y., & Sadeghi, K. Z. (2022). Investigating the consequences of high-rise urban construction on horizontal city expansion, neighborhood rights, and land-use issues (Case study: Districts 2 and 4 of Tabriz city). *Quarterly Journal of Geography (Regional Planning)*, 12 (48), 528–546. https://doi.org/10.22034/jgeoq.2022.316187.3428

Ibrahim, Sara M., Ayad, Hany M., Turki, Eslam A., & Saadallah, Dina M. (2023). Measuring Transit-Oriented Development (TOD) levels: Prioritize potential areas for TOD in Alexandria, Egypt, using a GIS-Spatial Multi-Criteria based model. Alexandria Engineering Journal. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:255328292.

Karimimoshaver, M., & Winkemann, P. (2018). A framework for assessing tall buildings' impact on the city skyline: Aesthetic, visibility, and meaning dimensions. *Environmental Impact Assessment Review*, 73, 164–176. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:134725600

Karimimoshaver, M., Hajivaliei, H., Shokri, M., Khalesro, S., & Aram, F. (2020). A Model for Locating Tall Buildings through a Visual Analysis Approach. *Applied Sciences*, 10 (17), 6072. https://doi.org/10.3390/app10176072

Karimimoshaver, M., Parsamanesh, M., Aram, F., & Mosavi, A. (2021). The impact of the city skyline on pleasantness; state of the art and a case study. *Heliyon*, 7 (5).

Kheir Al-Kodmany. (2013). The Visual Integration of Tall Buildings: New Technologies and the City Skyline. *Journal of Urban Technology*, 20 (2), 25-44. https://doi.org/10.1080/10630732.2012.735481

Knowles, R.D., Ferbrache, F., & Nikitas, A. (2020). Transport's historical, contemporary, and future role in shaping urban development: Re-evaluating transit-oriented development. *Cities*, 99, 102607.

Kumar, A. (2018). Transit-Oriented Development: A Strategic Approach to Sustainable Urban Growth. *Journal of Urban Planning and Development*, 144 (3).

Pishgar, E., & Mohammadi, A. (2020). An analysis of housing indicators changes in Tehran metropolis during the period 2009–2019. *Urban Economics and Planning*, 1 (2), 106–118. https://doi.org/10.22034/UE.2020.09.02.05

Puspitasari, A. W., & Kwon, J. (2020). A reliable method for visibility analysis of tall buildings and skyline: a case study of tall buildings cluster in Jakarta. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 20 (3), 356–367. https://doi.org/10.1080/13467581.2020.1787839

Rennie Short, J. (2013). Cities and Nature. Routledge. Yousefi, N., Rahmani, M., Ghorbankhani, A., & Massal, M. (2013). *An Analysis of the Role of High-Rise Buildings in the Spatial Structure of Hamadan City*. Proceedings of the First National Conference on Geography, Urban Planning, and Sustainable Development, Tehran University.

Shafiei Dastjerdi, M., Lak, A., & Ghaffari, A. (2022). Develop an urban form assessment model based on the spatial resilience approach. *Journal of Geographical Urban Planning Research*, 10 (2), 1-27.

Shirooyehpour Sh. Mortazavi S.M., & Bayat R. A. [2024]. Model of Factors Affecting the Future Development of Sustainable Smart Cities with an Emphasis on Optimal Energy Management. *Urban Economics and Planning* Vol 4 (4): 116-130. [In Persian] https://doi.org/10.22034/uep.2024.423160.1424

Soleymani Sh. Tabaiezadeh Fesharaki H., & Eslami M. [2024]. Designing a Conceptual Model for Financing Smart Cities with the Grounded Theory Approach (case study: Tehran Municipality). *Urban Economics and Planning* Vol 4 (4): 74-89. [In Persian] https://doi.org/10.22034/uep.2024.427556.1438

Tara, A., Lawson, G., & Renata, A. (2021). Measuring magnitude of change by high-rise buildings in visual amenity conflicts in Brisbane. *Landscape and Urban Planning*, 205, 103930. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103930

Wood, A. (2022). Problematising concepts of transit-oriented development in South African cities. *Urban Studies*, 59(3), 451-468. https://doi.org/10.1177/00420980211033725

Zarabi, A., Saberi, H., Mohammadi, J., & Varesi, H. (2011). Spatial Analysis of Smart Growth Indicators (Case Study: Isfahan). *Research of Human Geography*, 43 (3).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی