

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۵/۰۱ | تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۱۰/۰۸

نوع مقاله: پژوهشی

شماره صفحه ۵-۲۲

## تبیین شاخص‌ها، کیفیت‌های فرم شهری و توزیع فضایی آنها در سطح محلات کلان‌شهر تهران\*

الناز باقرنژاد

دکتری شهرسازی، دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، استان تهران، شهر تهران

E-mail: ebaghernejhad@ut.ac.ir

اسفندیار زبردست

استاد دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، استان تهران، شهر تهران (نویسنده مسئول مکاتبات)

E-mail: zebardst@ut.ac.ir

محمد مهدی عزیزی

استاد دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، استان تهران، شهر تهران

E-mail: mmazizi@ut.ac.ir

### چکیده

مطالعات پیشین فرم شهری بر اساس کیفیت‌های مختلف فرم شهری، شاخص‌های مختلف مرتبط به آن را سنجیده‌اند. لذا سؤالی که مطرح می‌شود این است که چگونه می‌توان بر اساس شاخص‌های قابل سنجش فرم شهری در سطح محلات، کیفیت‌های فرم شهری را در این مقیاس ارائه کرد. لذا این مقاله با هدف یافتن شاخص‌های اصلی معرف فرم شهری و تبیین کیفیت‌های فرم شهری حاصل از برهم‌کنش و همبستگی شاخص‌های فرم شهری قابل سنجش در سطح محلات، به شناسایی تمامی شاخص‌های فرم شهری قابل دسترس در سطح ۳۶۸ محله کلان‌شهر تهران پرداخته است. سپس با استفاده از اطلاعات ثانویه، شاخص‌های فرم محلات و کیفیت‌های آنها را با استفاده از تحلیل عاملی اکتشافی به دست آورده است. لذا این تحقیق با روش اکتشافی - تجربی و مبتنی بر روش‌های کمی، پس از تبیین کیفیت‌های فرم شهری، محلات کلان‌شهر تهران را خوشه‌بندی کرده است. این مطالعه منجر به شناسایی شاخص‌های نشانگر کیفیت‌های فرم شهری در سطح محلات شده است. به عبارت دیگر، کیفیت‌های فرم شهری در سطح محلات، با شناسایی شاخص‌های آن و درک همبستگی‌های میان آنها به دست آمده است. لذا ۲۲ شاخص و شش مؤلفه متراکم بودن، دسترسی به فضاهای باز و سبز، نفوذناپذیری، تنوع فعالیتی، دسترسی به قطعات و دسترسی به حمل‌ونقل همگانی به عنوان کیفیت‌های فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران معرفی شده‌اند.

**کلیدواژه‌ها:** شاخص‌ها و کیفیت‌های فرم شهری، مقیاس محله، تحلیل عاملی اکتشافی، کلان‌شهر تهران.

\* این مقاله برگرفته از رساله دکتری شهرسازی الناز باقرنژاد با عنوان «تبیین ارتباط میان تاب‌آوری و فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران» به راهنمایی دکتر اسفندیار زبردست و مشاوره دکتر محمد مهدی عزیزی در دانشکده شهرسازی دانشگاه تهران است.

## مقدمه

مطالعات فرم شهری با هدف درک پویایی و پیچیدگی ساختار کالبدی شهرها صورت گرفته‌اند. فرم شهری را می‌توان به‌عنوان نمود فضایی و کالبدی فعالیت‌های انسانی در شهرها دانست که تعاملات پیچیده میان عوامل مختلف اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیست را شامل می‌شود (Sharifi, 2018). شکل‌گیری شهرها در دوران‌های مختلف موجب شکل‌گیری محلات با ویژگی‌های فرمی متفاوت شده است و از سوی دیگر تلاش‌هایی در شهرسازی از جمله رشد هوشمند برای جلوگیری از پراکنده‌رویی شهری و افزایش کیفیت محیطی از طریق تغییر فرم کالبدی واحدهای همسایگی صورت گرفته است. این تلاش‌ها جهت خلق گزینه‌های دیگر برای واحدهای همسایگی، نیاز به درک ویژگی‌های فرم شهری برای ارائه الگوی توسعه مناسب در سطح محله را افزایش داده است (Song et al., 2013). از این رو در چند سال اخیر شاخص‌ها و مؤلفه‌های مختلفی جهت سنجش فرم شهری ارائه شده است.

در مطالعات، فرم محلات با اهداف و رویکردها و شاخص‌های متفاوت مورد سنجش قرار گرفته است. این مطالعات، فرم شهری را یا به منظور مقایسه اجزای آن در چند محله، یا جهت سنجش یکی از کیفیت‌های آن از جمله پراکنده‌رویی و سرزندگی و غیره و یا ارتباط آن با دیگر عوامل از جمله آلودگی هوا، رفتار سفر، امنیت و غیره مورد سنجش و تحلیل قرار داده‌اند. شاخص‌ها و روش سنجش فرم محلات در این مطالعات، بر اساس دیدگاه و هدف پژوهش تعیین شده‌اند. به‌عنوان مثال شاخص‌های فرم شهری با هدف سنجش پراکنده‌رویی در سطح محلات با شاخص‌های فرم شهری در تحلیل ارتباط میان فرم شهری و رفتار سفر در سطح محلات متفاوت‌اند. در واقع انتخاب شاخص‌ها بر اساس هدف پژوهش صورت می‌گیرد و در هر حالت تمامی شاخص‌هایی که نشان‌دهنده فرم محلات هستند، مورد سنجش قرار نمی‌گیرند.

حال با توجه به اینکه برای سنجش فرم شهری بر اساس کیفیت‌های مختلف، شاخص‌های مختلفی به‌کار گرفته می‌شود، سؤالی که مطرح می‌شود این است که آیا جهت تبیین فرم شهری در سطح محلات، باید از ابتدا کیفیت مورد سنجش را مشخص نمود و یا می‌توان از شاخص‌های سنجش فرم محلات به کیفیت‌هایی که در آن مقیاس ارائه می‌کند، دست یافت. به عبارتی دیگر، با رجوع به این اصل و وام گرفتن از نظر تسای که سنجش فرم شهری در هر مقیاسی، به شاخص مختص به خود نیاز دارد (Tsai, 2005)، چگونه می‌توان با تغییر دیدگاه مطالعات مبنی بر انتخاب شاخص‌ها بر اساس هدف و کیفیت مورد سنجش، بر اساس شاخص‌های قابل سنجش فرم شهری در سطح محلات، کیفیت‌های فرم شهری در این مقیاس را نشان داد. یا به دیگر سخن، تنها با مشخص نمودن مقیاس سنجش و انتخاب شاخص‌های قابل سنجش در آن مقیاس، کیفیت‌های ارائه شده از همبستگی این شاخص‌ها را ارائه نمود. البته ذکر این نکته اهمیت دارد که جهت ارائه کیفیت‌های فرم شهری در سطح محلات نیز مشخص شوند. در این زمینه پژوهش حاضر بدون در نظر گرفتن هدف و کیفیتی برای سنجش فرم محلات در پی پاسخ دادن به سؤالات زیر است:

- شاخص‌های تبیین‌کننده فرم شهری در سطح محلات کدام‌اند؟
- کیفیت‌های فرم شهری منتج از شاخص‌ها در سطح محلات کدام‌اند؟

جهت پاسخ دادن به سؤالات فوق، تحقیق حاضر با انتخاب کلان‌شهر تهران (۳۶۸ محله) و شناسایی تمامی شاخص‌های فرم شهری در سطح محلات از رویکردهای مختلف، به تبیین شاخص‌ها و کیفیت‌های فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران می‌پردازد. پس از تبیین شاخص‌های فرم محلات و کیفیت‌های حاصل از همبستگی میان شاخص‌های فرم، محلات کلان‌شهر تهران بر اساس این کیفیت‌ها خوشه‌بندی

می‌شوند تا تفاوت میان محلات بر اساس کیفیت‌های فرم محلات مشخص شوند. در بخش بعدی پیشینه‌ای از مطالعات و رویکردهای مختلف فرم شهری بررسی و با توجه به مقیاس تحقیق، متون مربوط به شاخص‌های فرم محلات ارائه می‌شود. سپس محدوده مورد مطالعه توضیح داده و در بخش بعد روش تحقیق، شاخص‌ها و داده‌ها ارائه می‌شوند. بخش بعدی تحلیل و یافته‌های تحقیق است و در نهایت نتیجه‌گیری صورت می‌گیرد.

### پیشینه نظری تحقیق: مطالعات فرم شهری

شاخص‌های کمی فرم شهری با اهداف مختلف در مطالعات استفاده شده است. برخی مطالعات فرم شهری را با هدف سنجش پراکنده‌رویی و تفاوت محلات با دوره‌های زمانی مختلف ساخت سنجیده‌اند. سانگ و کنپ (2004) جهت سنجش تفاوت‌های واحدهای همسایگی با دوره‌های ساخت مختلف، فرم شهری را در پنج معیار طراحی خیابان‌ها و سیستم‌های حرکتی، تراکم، قابلیت دسترسی، اختلاط کاربری زمین و دسترسی پیاده بررسی کردند. در تحقیق دیگری سانگ و کنپ (2007) متغیرهایی برای سنجش کمی فرم شهری در سطح محله در محدوده کلان‌شهری پرتلند ارائه داده‌اند که ابعادی از جمله طرح شبکه‌های ارتباطی، تراکم، اختلاط کاربری زمین، قابلیت دسترسی به فعالیت‌های تجاری و روش‌های مختلف حمل‌ونقلی را شامل می‌شود. ندویک و همکاران (2016) نیز براساس متغیرهای سانگ و کنپ (2007) از پنج شاخص طرح شبکه ارتباطی که خود مشتمل بر دو شاخص ارتباط درونی و ارتباط بیرونی است، اختلاط کاربری زمین و تراکم مسکونی و تجاری برای تبیین معیارهای فرم شهری استفاده کردند. آنها با تغییر جزئی در سنجش‌های تحقیق قبلی، فرم شهری کلان‌شهر دابلین را در سطح واحدهای همسایگی طی چندسال متمادی (با توجه به اطاعات با تقسیم کلان‌شهر به سلول‌های یک کیلومتری) سنجیدند (Ne-dovic-Budic et al., 2016).

برخی از شاخص‌های کمی فرم شهری جهت اندازه‌گیری پراکنده‌رویی مورد استفاده قرار گرفته‌اند: اوینگ (2002) متغیرهای فرم شهری را جهت سنجش پراکنده‌رویی به چهار دسته تراکم، مرکزیت، قابلیت دسترسی و اختلاط واحد همسایگی تقسیم‌بندی کرد. لوری و لوری (2014) بر اساس این چهار بعد ۱۸ شاخص برای سنجش فرم شهری در سطح محله استفاده کردند. محققان در این تحقیق برای تحلیل فرم شهری و تفاوت‌های آنها در سطح محله، محلات مسکونی را بر اساس دوره زمانی که توسعه یافتند به سه دسته پیش از حومه‌گرایی، حومه‌ها و حومه‌های جدید طبقه‌بندی کردند. همچنین زبردست و حبیبی (۱۳۸۸) بر اساس ۱۰ شاخص مطرح شده توسط اوینگ به بررسی میزان پراکنده‌رویی شهر زنجان (در ۳۲ ناحیه شهری) پرداخته‌اند. در تحقیق دیگری، حامدی و همکاران (۱۳۹۷)، ۲۶ شاخص فرم شهری را جهت اندازه‌گیری پراکنده‌رویی در شهر ارومیه در ۳۹ ناحیه مورد ارزیابی قرار دادند. هفت عامل تراکم، اختلاط کاربری، بی‌قاعدگی ساخت‌وساز، مرکزیت، دسترسی، فضای فعالیت و تمرکز را به‌عنوان عوامل پراکنده‌رویی در این شهر معرفی کرده‌اند.

شاخص‌های کمی فرم شهری در مطالعات مربوط به سنجش ارتباط فرم شهری با دیگر عوامل شهرسازی از جمله مصرف انرژی، آلودگی هوا و رفتار سفر نیز مشاهده می‌شود. بنایی و انتیپوا (Banai & Antipova, 2016) جهت سنجش سرزندگی مراکز خرده‌فروشی و فرم شهری از داده‌هایی در سطح بلوک آماری و اطلاعات GIS استفاده کردند که در آنها کیفیت‌های کالبدی محیط ساخته شده مراکز خرده‌فروشی - نوع و اختلاط کاربری، تراکم، دسترسی از نزدیک‌ترین منطقه مسکونی و زیرساخت‌های جاده‌ای - در

کنار فعالیت‌های تجاری و مشاغل قابل شناسایی باشد. در تحقیقی جهت یافتن ارتباط میان فرم شهری و مصرف انرژی برای زیرساخت‌ها (ساختمان‌ها و راه‌ها) و حمل‌ونقل، تفاوت مصرف انرژی چهار محله که بر اساس تراکم و مکانشان متفاوت بودند را بر اساس معیارهای مختلف فرم شهری سنجیدند (Guhathakurta & Willams, 2015). هلدن و نورلند (Holden & Norland, 2005) جهت یافتن ارتباط میان ویژگی‌های فرم شهری و مصرف انرژی مساکن و حمل‌ونقل، از شاخص‌های تراکم مسکونی، اختلاط کاربری، مکان (فاصله نسبی تا مرکز شهر)، دسترسی به خدمات عمومی / خصوصی و انواع مساکن و اندازه مسکن، قدمت بنا، جهت تبیین فرم شهری استفاده کردند.

در دو دهه اخیر تحقیقات بسیاری جهت یافتن تأثیر محیط انسان ساخت و یا فرم شهری بر رفتار سفر صورت گرفته است. در این تحقیقات میزان تأثیر شاخص‌های عینی محیط ساخته شده بر شاخص‌های مختلف رفتار سفر از جمله انتخاب روش سفر، فراوانی آن، طول و یا زمان سفر مورد بررسی قرار می‌گیرند. این شاخص‌ها عمدتاً در ۵ بعد اصلی تنوع، تراکم، قابلیت دسترسی به مقاصد، فاصله تا ایستگاه‌های حمل‌ونقلی، طراحی آمده‌اند: (Boer *et al.*, 2007; Cervero, 2002; Cervero & Kockelman, 1997; Cervero *et al.*, 2009; Crane & Crepeau, 1998; Frank *et al.*, 2008; Greenwald, 2006; Kockel-man, 1997; Krizek, 2003; Næss, 2006; Rodriguez & Joo, 2004; Zhang, 2004). بوئر و همکاران درخصوص تأثیر اصول فرم شهری واحدهای همسایگی بر پیاده‌روی مدلی را شبیه‌سازی کردند. یافته‌ها نشان می‌دهند که سطح بالای تنوع مشاغل و درصد بالای تقاطع‌های چهارراه رابطه مستقیمی با پیاده‌روی بیشتر دارند. اما تأثیرات متفاوتی از تراکم مسکونی بر پیاده‌روی در تحقیق مشاهده شده است. همچنین طول بلوک، میزان پارکینگ و قدمت بالای مساکن تأثیر مستقیم بر پیاده‌روی نداشته‌اند (Boer *et al.*, 2007). سرورو و همکاران در بوگاتا، کلمبیا تأثیر محیط ساخته‌شده بر رفتار سفر پیاده و دوچرخه را بررسی کرده‌اند. در این زمینه تأثیر معیارهای تراکم شهری، اختلاط کاربری زمین، قابلیت دسترسی و نزدیکی به ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی بر رفتارهای سفر پیاده و دوچرخه با هدف تفریح و غیرکاری بررسی گردید (Cervero *et al.*, 2009). در تحقیقی جهت سنجش ارتباط محیط ساخته شده و رفتار سفر در سه محله در تهران، مؤلفه‌های محیط ساخته شده به دست آمده از تحلیل عاملی شامل محیط مسکونی، دسترسی به بزرگراه، دسترسی به سیستم حمل‌ونقل عمومی، تنوع مقاصد و قابلیت دسترسی به آنها، ترجیحات قابلیت دسترسی و تراکم بوده است که ۳۳ شاخص کاربری زمین را شامل می‌شود (زبردست، باقرنژاد، ۱۳۹۸).

بحث اعیانی‌سازی<sup>۱</sup> محلات از طریق نوسازی در علوم مختلف اجتماعی، جغرافیایی و اقتصادی نشان از ابعاد اجتماعی فرم شهری دارد. ورناندی و همکاران (Venerandi *et al.*, 2016) در مقاله‌ای پنج واحد مسکونی در لندن که در فرایند اعیانی‌سازی بوده‌اند را از لحاظ شاخص‌های فرم شهری تحلیل و ارزیابی کرده‌اند. این پنج محله در شاخص‌هایی از جمله فرم ساخته شده، مکان جغرافیایی راه‌های اصلی و محلی و ارتباط کالبدی میان نمای خیابان و نوع خیابان باهم مشابه بوده‌اند. در مطالعه‌ای، جهت ارزیابی تأثیر مؤلفه‌های فرم شهری بر سرمایه اجتماعی، شاخص‌های نحوه چینش کاربری‌ها، اختلاط کاربری‌ها، الگوی قطعات زمین، نسبت شبکه دسترسی، تراکم ساختمانی و وجود فضاهای باز، نسبت مساحت کاربری‌های عمومی به مسکونی و تراکم فضاهای عمومی در سطح محلات با بافت‌های مختلف، مورد استفاده قرار گرفته است (شکیبائی بیدرونی و طیبیان، ۱۳۹۷). نیک‌پور و همکاران (۱۳۹۶)، برای سنجش فرم شهر از سه شاخص تراکم، اتصال و اختلاط و ۱۰ متغیر مرتبط جهت سنجش ارتباط فرم شهری و میزان دسترسی در سطح محلات بابلسر استفاده کرده‌اند. در تحقیق دیگری از معیار خط آسمان<sup>۲</sup> و نسبت فضاهای باز

برای سنجش فرم شهری استفاده کردند. معیار خط آسمان میزان درجه‌ای که آسمان در هر نقطه قابل مشاهده است تعریف می‌شود و با استفاده از GIS قابل اندازه‌گیری و عددی میان صفر و یک است. نسبت فضاهای باز از تقسیم جمع فضاهای باز به جمع مساحت ساختمان‌های ساخته شده به دست می‌آید (Silva & Monteiro, 2016). در این مطالعات شاخص‌های فرم شهری به‌طور جداگانه با هدف خاصی مورد بررسی قرار داده‌اند.

در سال ۲۰۱۳ سانگ و همکاران روشی را که مربوط به کار ما نیز می‌شود، جهت سنجش فرم شهری ارائه کرده‌اند. آنها با استفاده از شاخص‌های فرم شهری و روش تحلیل عاملی در چند مقیاس مختلف، مهم‌ترین شاخص‌هایی که نشان دهنده فرم شهری در تمامی مقیاس‌ها هستند را معرفی کرده‌اند. آنها (Song et al., 2013) در یک تحقیق جامع در سطح ملی، فرم شهری را با معیارهای نفوذپذیری<sup>۲</sup>، قابلیت دسترسی و سرزندگی، و تنوع با ۲۷ شاخص در سطح واحدهای همسایگی در چهار واحد تحلیل (با بافر ۱ کیلومتری، ۳ کیلومتری، ۵ کیلومتری و ۸ کیلومتری) مورد ارزیابی قرار دادند. محققان پس از تحلیل این معیارها (با استفاده از تحلیل عاملی) به تفکیک چهار بافر، شاخص‌های تنوع کاربری، تراکم راه‌ها، اتصالات، پیچیدگی شکل و نسبت انواع راه‌ها را معرف فرم واحدهای همسایگی دانستند (Song et al., 2013). در نهایت کلیتون و همکاران طبقه‌بندی کلی از رویکردهای سنجش فرم شهری ارائه کرده‌اند (Clifton et al., 2008): اکولوژی منظر، ساختار اقتصادی، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، برنامه‌ریزی شهری و طراحی شهری.

جدول ۱. دیدگاه‌های مختلف جهت سنجش فرم شهری

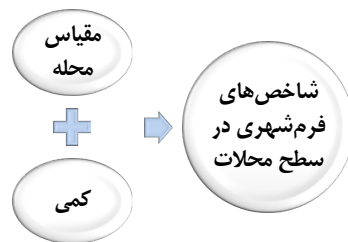
| دیدگاه               | منشأ رشته             | مقیاس                                 | داده‌ها                      | روش        |
|----------------------|-----------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------|
| اکولوژی منظر         | علوم طبیعی            | منطقه‌ای- شهر و اطراف آن              | پوشش زمین                    | عمدتاً کمی |
| ساختار اقتصادی       | اقتصاددانان           | هسته‌ها- منطقه کلان‌شهری              | شاغلین و جمعیت               | کمی        |
| برنامه‌ریزی حمل‌ونقل | برنامه‌ریزان حمل‌ونقل | زون‌های ترافیکی- محله-نواحی کلان‌شهری | اشتغال، جمعیت و شبکه ارتباطی | کمی        |
| طراحی جامعه          | برنامه‌ریزان شهری     | محله-نواحی شهری-کلان‌شهرها            | داده‌های GIS                 | عمدتاً کمی |
| طراحی شهری           | طراحان شهری           | بلوک شهری-محله                        | عکس‌ها، پیمایش و رسیدگی‌ها   | کمی و کیفی |

منبع: برگرفته از Clifton et al., 2008

بررسی مطالعات و دیدگاه‌های مختلف سنجش فرم شهری نشان می‌دهد که تعریف فرم شهری متناسب با نوع کاربردش است. به این معنی که شاخص‌ها و مؤلفه‌هایی که برای سنجش فرم شهری استفاده می‌شود متناسب با هدف تحقیق و دیدگاه آن مورد استفاده قرار گرفته است. این مطالعات یا با در نظر گرفتن شاخص‌های بی‌شمار به دنبال تحلیل یکی از کیفیت‌های فرم شهری هستند و یا فرم شهری را در نسبت با یک موضوع و پدیده دیگر از جمله آلودگی هوا، رفتار سفر و غیره سنجیده‌اند. اما، با وجود اهداف مختلف این دیدگاه‌ها، در هر یک از آنها شاخص‌ها و مقیاس‌های مختلف از سطح بلوک و محله تا شهر و کلان‌شهر مشاهده می‌شود. این چنین می‌توان اذعان داشت، تفاوت دیدگاه‌ها بر مقیاس سنجش فرم شهری تأثیر ندارند و فرم شهری در یک مقیاس خاص با اهداف و دیدگاه‌های مختلف قابل سنجش است. لذا مقیاس سنجش فرم شهری در انتخاب شاخص‌ها و اجزای آن بیشترین نقش را در سنجش فرم شهری

دارد. از سوی دیگر در سال‌های اخیر، روش‌های کمی سنجش فرم شهری مورد توجه محققان این حوزه قرار گرفته است.<sup>۴</sup> به طوری که در تمامی رویکردها و مقیاس‌ها از روش و شاخص‌های کمی برای سنجش فرم شهری استفاده شده است. بنابراین می‌توان گفت، با وجود تفاوت‌های دیدگاه‌ها و اهداف مطالعات، نمی‌توان مرز مشخصی میان دیدگاه‌ها از نظر مقیاس‌های مختلف (از یک تک بنا تا شهر و منطقه) و روش‌شناسی آنها (کمی یا کیفی) تعیین نمود.

از آنجایی که جهت سنجش فرم شهری در هر مقیاسی، شاخص‌های مختص به آن مقیاس مورد نیاز است، مشخص کردن مقیاس سنجش فرم شهری بر انتخاب شاخص‌های سنجش تأثیر می‌گذارد (به‌عنوان مثال الگوی توزیع جمعیت و اشتغال تنها در سطح شهر و کلان‌شهر مفهوم می‌یابد، درحالی که اندازه پنجره‌ها و محصوریت تنها در سطح بلوک قابل سنجش است). لذا تعیین مقیاس سنجش فرم شهری فارغ از هدف و دیدگاه آن، مهم‌ترین نقش را در انتخاب شاخص‌ها و مؤلفه‌ها و سنجش فرم شهری دارد. بنابراین در این پژوهش با توجه به هدف آن مبنی بر یافتن شاخص‌ها و کیفیت‌های معرف فرم شهری در سطح محلات، در بخش بعدی مطالعات و شاخص‌های فرم شهری در سطح محلات بررسی می‌شوند.



شکل ۱. انتخاب شاخص‌های فرم شهری در پژوهش

از سوی دیگر، با وجود مطالعات بی‌شمار در خصوص سنجش فرم شهری، شاخص‌های فرم شهری یا به صورت منفرد و جدا از هم سنجیده می‌شود یا در برخی از مطالعات با هدف سنجش میزان پراکنده‌رویی و یا فشردگی، شاخص‌هایی همسو با هدف پژوهش مشخص شده‌اند. در هر دو حالت، تمامی شاخص‌ها و مؤلفه‌های در برگیرنده فرم شهری در مقیاس مورد نظر تحلیل نمی‌شوند. حال آنکه این پژوهش با شناسایی شاخص‌های کمی قابل سنجش در مقیاس محله (شکل ۱ و جدول ۲)، تلاش می‌کند تا علاوه بر یافتن شاخص‌های معرف فرم شهری از تمامی رویکردها در سطح محلات کلان‌شهر تهران، کیفیت‌های فرم شهری به‌دست آمده از برهم‌کنش و همبستگی شاخص‌های فرم شهری قابل سنجش در سطح محلات را تعیین و بر اساس آنها، محلات را در سطح کلان‌شهر خوشه‌بندی نماید.

### محدوده مورد مطالعه

در ایران و در قانون تقسیمات کشوری، محله به‌عنوان مجموعه ساختمان‌های مسکونی و خدماتی تعریف شده است که ساکنان آن به لحاظ بافت اجتماعی، خود را اهل آن محل می‌دانند. حدود محله تابع تقسیمات شهرداری است (طرح جامع تهران، ۱۳۸۶). در حال حاضر، تهران دارای ۳۶۸ محله است که در دوره‌های تاریخی مختلف شکل گرفته‌اند (شکل ۲). شکل‌گیری در دوره‌های تاریخی مختلف موجب شده تا فرم‌های شهری این محلات باهم متفاوت باشند. اما با وجود نقش بسزای فرم شهری در شهرسازی، مطالعاتی که تفاوت فرم شهری در این محلات را نشان دهد وجود ندارد. لذا در این پژوهش علاوه بر شناسایی شاخص‌های معرف فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران، محلات آن نیز خوشه‌بندی می‌شوند.

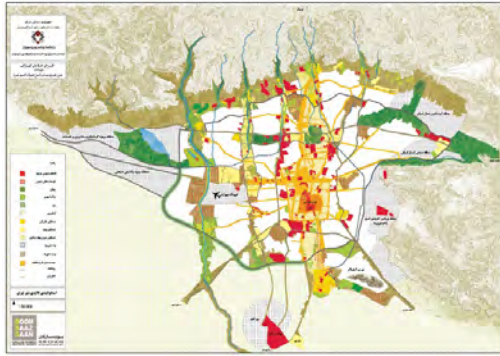


جدول ۲. شاخص فرم شهری جهت یافتن مؤلفه‌های معرف فرم شهری در سطح محلات تهران

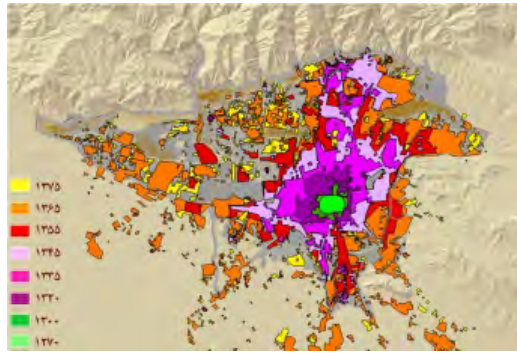
| مؤلفه                                                                 | شاخص                                                                                                                                                                                                             | منطق                                                                                             | منابع                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| تراکم                                                                 | نسبت تعداد واحدهای مسکونی به سطح کل محله                                                                                                                                                                         | تراکم بیشتر واحدها مسکونی، تراکم بیشتر                                                           | ۱۱، ۱۰، ۸، ۷، ۶، ۲، ۱<br>۲۱، ۱۸، ۱۷، ۱۶، ۱۳، ۱۲<br>۲۸، ۲۴، ۲۳ |
|                                                                       | تراکم جمعیتی ناخالص                                                                                                                                                                                              | تراکم جمعیتی بیشتر، تراکم بیشتر                                                                  | ۱۶، ۱۵، ۱۳، ۱۰، ۵، ۳، ۱<br>۲۸، ۲۶، ۲۵، ۲۴، ۲۲۲۳               |
|                                                                       | مساحت خالص زمین‌های خالی                                                                                                                                                                                         | مساحت بالاتر، تراکم کمتر                                                                         | ۲۳، ۱۰                                                        |
| تنوع و قابلیت دسترسی                                                  | تعداد پارک‌ها                                                                                                                                                                                                    | تعداد/ مساحت پارک بیشتر، تنوع و دسترسی بیشتر                                                     | ۱۸، ۱۵، ۱۳، ۱۱، ۵، ۴، ۲<br>۲۳                                 |
|                                                                       | نسبت سطح تجاری- خدماتی به مسکونی                                                                                                                                                                                 | درصد بیشتر، تنوع بیشتر تجاری (فعالیت‌ها) در سطح محله                                             | ۱۸، ۱۵، ۱۳، ۱۱، ۵، ۴، ۲<br>۲۷، ۲۵، ۲۳                         |
|                                                                       | نسبت مساحت قطعات تجاری محله نسبت به کل واحدهای تجاری شهر                                                                                                                                                         | درصد بیشتر، تنوع بیشتر تجاری (فعالیت‌ها) در سطح محله                                             |                                                               |
|                                                                       | نسبت تعداد قطعات تجاری محله نسبت به کل واحدهای تجاری شهر                                                                                                                                                         | درصد بیشتر، تراکم بیشتر تجاری نسبت به کل شهر، دسترسی بیشتر به مراکز تجاری                        | ۲۵، ۲۴، ۲۳، ۲۲، ۱۶، ۱۰، ۵<br>۲۶                               |
|                                                                       | درصد افرادی که دسترسی به مدرسه ابتدایی در فاصله ۵۰۰ متری خود دارند.                                                                                                                                              | درصد بالاتر، دسترسی بیشتر                                                                        | ۲۵، ۲۴، ۲۳، ۱۶، ۱۰، ۵<br>۲۶                                   |
| درصد افرادی که دسترسی به مراکز خرید محلی در فاصله ۲۰۰ متری خود دارند. | درصد بالاتر، دسترسی بیشتر                                                                                                                                                                                        | ۲۵، ۲۳، ۲۲، ۱۵، ۱۳، ۱۰، ۵<br>۲۶                                                                  |                                                               |
| قابلیت دسترسی به حمل‌ونقل عمومی                                       | نزدیکی به ایستگاه مترو: میانگین زمان رسیدن به ایستگاه مترو (دقیقه)                                                                                                                                               | میانگین کمتر، امتیاز بیشتر و دسترسی بیشتر به حمل‌ونقل عمومی                                      | ۱۸، ۱۷، ۱۳، ۱۱، ۹، ۵، ۴<br>۲۳، ۲۲                             |
|                                                                       | نزدیکی به ایستگاه اتوبوس: میانگین زمان رسیدن به ایستگاه اتوبوس                                                                                                                                                   | میانگین کمتر، امتیاز بیشتر و دسترسی بیشتر به حمل‌ونقل عمومی                                      |                                                               |
| طراحی محله                                                            | تعداد زمین‌های خالی                                                                                                                                                                                              | تعداد بیشتر زمین‌های خالی در هر محله، گسستگی بیشتر یافت،                                         | ۱۰                                                            |
|                                                                       | میانگین اندازه قطعه                                                                                                                                                                                              | میانگین بیشتر، تراکم کمتر نحوه نظام قطعه‌بندی                                                    | ۲۶، ۲۵، ۱۰، ۹، ۴                                              |
|                                                                       | نسبت مساحت قطعات بر اساس مساحت آنها به مساحت کل قطعات در هر محله (نسبت مساحت قطعات کمتر از ۵۰، بین ۵۰-۱۰۰، بین ۱۰۰-۲۰۰، بین ۲۰۰-۳۰۰، بین ۳۰۰-۵۰۰، بین ۵۰۰-۱۰۰۰، بالاتر از ۱۰۰۰ متر به مساحت کل قطعات در هر محله) | طول بیشتر بزرگراه‌ها، قابلیت دسترسی بیشتر، تأثیر بر نظام قطعه‌بندی                               | ۲۸، ۲۳، ۱۹، ۱۴، ۱۰                                            |
|                                                                       | طول راه‌ها در یک کیلومتر به تفکیک نوع آنها (طول بزرگراه‌ها/خیابان اصلی/خیابان فرعی /کوچه در یک کیلومتر مربع)                                                                                                     | بالابودن تراکم بزرگراه‌ها، دسترسی بیشتر به بزرگراه‌ها، کاهش پیاده‌مداری، تأثیر بر نظام قطعه‌بندی | ۲۸، ۱۹، ۴                                                     |
|                                                                       | نسبت تعداد راه‌ها به تفکیک نوع آنها (نسبت تعداد بزرگراه‌ها/ خیابان اصلی/خیابان فرعی /کوچه) به کل راه‌ها                                                                                                          | بالابودن تراکم بن‌بست‌ها، کاهش پیاده‌مداری، تأثیر بر نظام قطعه‌بندی                              | ۲۸، ۲۲، ۱۳                                                    |
|                                                                       | پیوستگی راه‌ها: نسبت تقاطع‌ها ۳ و ۴ به مجموع تقاطع‌ها و بن‌بست‌ها                                                                                                                                                | درصد بالا، افزایش نفوذپذیری <sup>۵</sup>                                                         | ۲۲، ۱۹، ۱۸، ۹، ۷، ۴، ۲<br>۲۸                                  |
|                                                                       | تراکم تقاطع‌های ۳ و ۴ در واحد سطح (یک کیلومتر مربع) تعداد بن‌بست                                                                                                                                                 | تراکم بالا، افزایش نفوذپذیری                                                                     | ۲۷، ۱۹                                                        |
|                                                                       | % تقاطع‌های چهارراهی                                                                                                                                                                                             | درصد بالا، کاهش نفوذپذیری                                                                        | ۲۳، ۱۹                                                        |
|                                                                       | درصد بلوک‌های شهری کوچک (کوچک‌تر از ۳۰۰ متر مربع)                                                                                                                                                                | میزان بیشتر نفوذپذیری بیشتر                                                                      | ۹، ۷، ۴، ۲                                                    |
|                                                                       | الفای تقاطع‌ها                                                                                                                                                                                                   | درصد بالاتر، نفوذپذیری بیشتر                                                                     | ۱۸، ۱۳، ۱۲، ۸، ۴، ۵، ۲<br>۲۶، ۲۵، ۲۰                          |
|                                                                       | گامای تقاطع‌ها                                                                                                                                                                                                   | میزان بالا، افزایش نفوذپذیری و مرکزیت <sup>۶</sup> (به معنی اهمیت بیشتر گره‌ها و تقاطع‌ها)       | ۱۹                                                            |
|                                                                       |                                                                                                                                                                                                                  | میزان بالا، افزایش نفوذپذیری و مرکزیت (به معنی اهمیت بیشتر گره‌ها و تقاطع‌ها)                    | ۱۹                                                            |

1- Banai & Antipova, 2016; 2- Boer et al., 2007; 3- Certero, 2002; 4- Certero et al., 2009; 5- Certero & Kockelman, 1997; 6- Frank et al., 2005; 7- Frank et al., 2008; 8- Gil et al., 2012; 9- Greenwald, 2006; 10- Guhathakurta & Willams, 2015; 11- Holden & Norland, 2005; 12- Krizek, 2003; 13- Lowry & Lowry, 2014; 14- Mohajeri & Gudmundsson, 2014; 15- Naess, 2006; 16- Nedovic-budic et al., 2016; 17- Rodriguez & Joo, 2004; 18- Song & Knaap, 2004; 19- Song et al., 2013; 20- Vanderhaegen & Canters, 2017; 21- Venerandi et al., 2016; 22- Zhang, 2004; 23- باقرنژاد و زبردست، ۱۳۹۷؛ ۲۵- حامدی و همکاران، ۱۳۹۷؛ ۲۶- زبردست و حبیبی، ۱۳۸۸؛ ۲۷- شکیبانی بیدرونی و طبیبیان، ۱۳۹۷؛ ۲۸- نیک‌پور و همکاران، ۱۳۹۶.

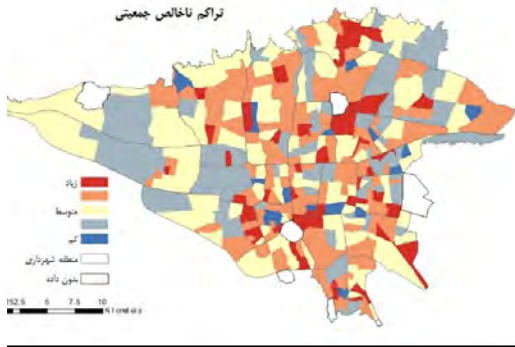
سازمان فضایی شهر



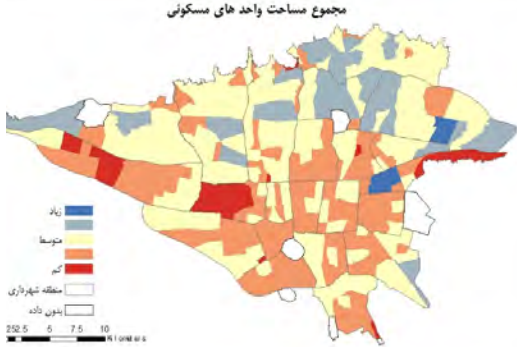
ساختار تاریخی شهر



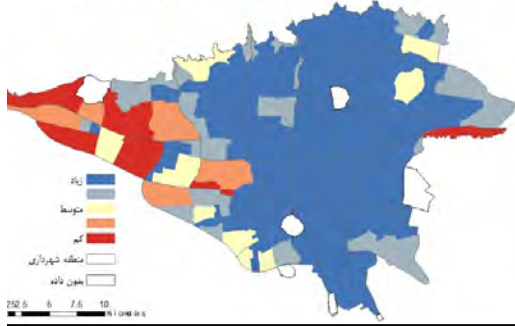
تراکم ناخالص جمعیتی



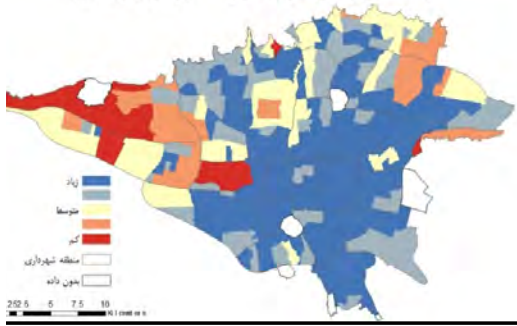
مجموع مساحت واحد های مسکونی



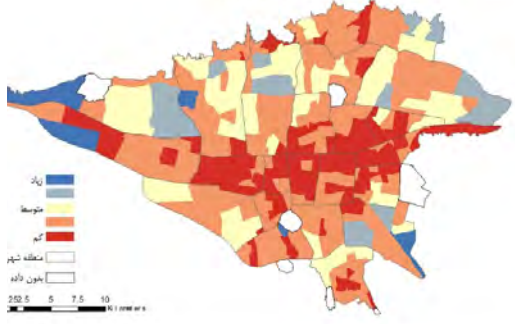
درصد ساکنین در شعاع دسترسی کمتر از ۵۰۰ متر به مدرسه ابتدایی



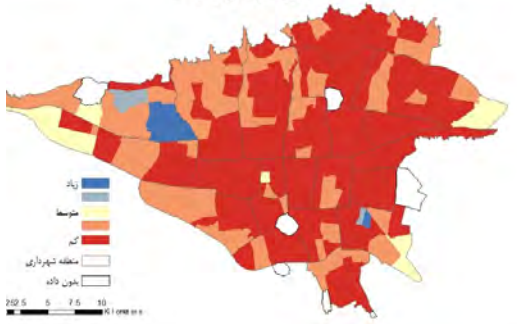
درصد ساکنین در شعاع دسترسی کمتر از ۴۰۰ متر به مراکز خرید محلی



تعداد پارک ها



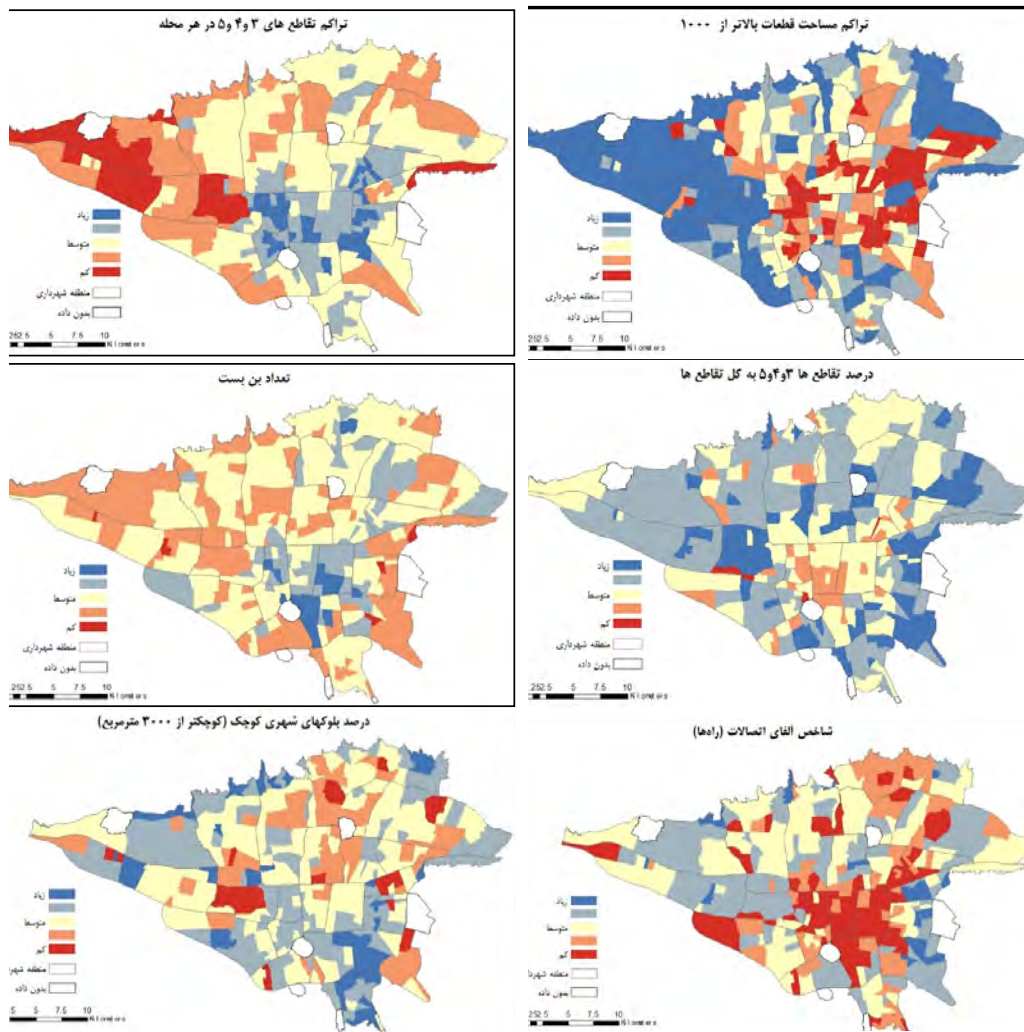
تعداد زمین های خالی در هر محله



تجسین شاخص‌ها، کیفیت‌های فرم شهری و توزیع فضایی آنها در سطح محلات کلان‌شهر تهران

الناز باقرنژاد





شکل ۲. محدوده مورد مطالعه، کلان‌شهر تهران از نظر برخی از شاخص‌های فرم شهری<sup>۷</sup>

## روش‌شناسی پژوهش

با توجه به هدف پژوهش، روش این تحقیق اکتشافی - تجربی و مبتنی بر روش‌های کمی است. برای دستیابی به هدف پژوهش، پس از شناسایی تمامی شاخص‌ها از تمامی رویکردهای سنجش فرم شهری، با استفاده از اطلاعات ثانویه و مکانی GIS قابل دسترس در ۳۶۸ محله کلان‌شهر تهران، شاخص‌های کمی فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران مشخص شده‌اند. جهت تبیین شاخص‌های معرف فرم شهری و کیفیت‌ها منتج از همبستگی آنها، از تحلیل عاملی اکتشافی استفاده گردید. تحلیل عاملی اکتشافی علاوه بر تعیین شاخص‌های اصلی نشان‌دهنده فرم شهری در سطح محلات و دسته‌بندی آنها، تفسیر شاخص‌ها را - که در اینجا کیفیتی از فرم شهری را در هر دسته نشان می‌دهد - ممکن می‌کند. جهت اطمینان از خروجی تحلیل عاملی اکتشافی و تفسیر درست دسته‌ها، در ابتدا همبستگی میان متغیرها بررسی گردید تا شاخص‌هایی که دارای همبستگی بیش از حد هستند و اطلاعات همانندی را در اختیار پدیده مورد بررسی قرار می‌دهند، حذف شوند. پس از تبیین شاخص‌ها و کیفیت‌ها معرف فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران از تحلیل عاملی، در نهایت بر اساس کیفیت‌های فرم شهری خوشه‌بندی شدند و توزیع

فضایی شاخص‌های فرم شهری در سطح محلات ارائه گردید. در ادامه ابتدا شاخص‌ها و داده‌های قابل دسترس در سطح محلات کلان‌شهر تهران و منابع آنها ارائه می‌شود. سپس داده‌ها پردازش می‌گردند تا برای انجام تحلیل عاملی آماده شوند.

### تدوین شاخص‌ها و منابع داده‌ها در سطح محلات کلان‌شهر تهران

در این بخش سعی شده است شاخص‌های ارائه شده تمامی مؤلفه‌های فرم شهری مستخرج از تمامی دیدگاه‌ها در سطح محلات مدنظر قرار گیرد تا پوشش دهنده مسئله باشد. در این صورت بر اساس امکان‌پذیری، عملیاتی‌سازی و همچنین دسترسی به داده‌ها و از سوی دیگر اقتضای جامعه مطالعه شده، شاخص‌هایی از همه ابعاد انتخاب شده است. شاخص‌های فرم شهری بر اساس داده‌ها و اطلاعات مطالعه سنجش عدالت و عوامل مرتبط با آن در شهر تهران (Urban-HEART1) (۱۳۹۰)، سرشماری نفوس و مسکن شهر تهران در سطح بلوک‌های آماری (۱۳۹۰) و نقشه‌های کاربری زمین شهر تهران (۱۳۹۲) جهت تبیین مؤلفه‌های فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران انتخاب شده‌اند.<sup>۸</sup> جدول ۲ شاخص‌های فرم شهری جهت یافتن مؤلفه‌های معرف فرم شهری در سطح محلات تهران را ارائه می‌کند.

### پردازش داده‌ها

پس از جمع‌آوری اطلاعات، فرایند تغییر، استانداردسازی جهت آماده‌سازی داده‌ها صورت گرفت. هدف از تغییر در این پژوهش، تبدیل داده‌های خام به درصد، نرخ رشد، میانگین و نسبت است. به‌عنوان مثال پس از استخراج مساحت پارک‌ها و فضای سبز در هر محله از فایل نقشه کاربری زمین شهر تهران سال ۱۳۹۲، به کل مساحت محله تقسیم شد تا نسبتی از این میزان در هر محله به‌دست آید. استانداردسازی با بی‌مقیاس کردن داده‌ها و استفاده از یک روش برای تمامی داده‌ها، امکان مقایسه اطلاعات با هم را فراهم می‌آورد. در این پژوهش، پس از تغییر تمامی شاخص‌ها جهت بی‌مقیاس شدن و نرمال شدن با استفاده از فرمول ذیل داده‌ها بین صفر تا یک تغییر کرده‌اند. در این روش صفر به کمترین میزان و یک به بیشترین میزان در یک شاخص خاص اختصاص می‌یابد و مقیاس داده‌های دیگر بین صفر تا یک می‌شود.

$$\frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

در اینجا لازم به ذکر است که تبیین مؤلفه‌های فرم شهری به صورت اکتشافی صورت می‌گیرد و از سوی دیگر شاخص‌های فرم شهری بار ارزشی ندارند و افزایش و یا کاهش آنها مبین موضوعی نیستند. لذا همسوسازی آنها معنا نمی‌یابد و شاخص‌ها بدون تغییر تنها استاندارد می‌شوند.

### یافته‌ها

تبیین شاخص‌ها و مؤلفه‌های معرف فرم شهری در سطح محلات تهران با استفاده از روش تحلیل عاملی پس از آماده‌سازی داده‌ها جهت یافتن شاخص‌های معرف فرم شهری در سطح محلات تهران از روش کمی تحلیل عاملی اکتشافی استفاده گردید. در فرایند انجام تحلیل عاملی اکتشافی ابتدا ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها بررسی شده است تا شاخص‌هایی که دارای همبستگی بیش از حد هستند ( $r > 0.8$ ) و اطلاعات همانندی را در اختیار پدیده مورد بررسی قرار می‌دهند، حذف شوند. پس از بررسی همبستگی

شاخص‌ها و حذف برخی از شاخص‌ها، تحلیل عاملی اکتشافی با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. با بررسی‌های مختلف و شاخص‌های برازش خوب مدل در نهایت جهت یافتن شاخص‌های فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران، ۲۲ شاخص از مجموعه شاخص‌های فوق باقی ماندند. این ۲۲ شاخص - با استفاده از روش تحلیل عاملی اکتشافی - تبیین‌کننده شش کیفیت فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران هستند. جهت روایی مدل، ابتدا مقدار آزمون KMO<sup>۱</sup> مورد بررسی قرار گرفت که برابر با ۰.۷۳۳ بود و نشان می‌دهد همبستگی موجود میان داده‌ها برای تحلیل داده‌ها مناسب است. شش مؤلفه بیانگر فرم شهری دارای مقدار ویژه بزرگتر از یک هستند که در مجموع ۷۲.۵۰۳ درصد از تغییرات را توضیح می‌دهند. جدول ۳ درصدی از واریانس را که توسط هر مؤلفه توضیح داده می‌شود و شاخص‌های مرتبط به هر یک از مؤلفه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۳. شاخص‌ها و مؤلفه‌های معرف فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران منتج از تحلیل عاملی اکتشافی

| بارعاملی | شاخص                                                                  | درصد تغییرات | مؤلفه                         |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------|
| ۰.۸۴۳    | تراکم جمعیتی ناخالص                                                   | ۲۵.۰۲۷       | ۱- تراکم بودن                 |
| -۰.۸۲۵   | تراکم مساحت قطعات بالاتر از ۱۰۰۰ به مساحت کل قطعات                    |              |                               |
| -۰.۷۹۴   | تراکم تقاطع‌های ۳ و ۴ و ۵ در یک کیلومترمربع                           |              |                               |
| -۰.۷۷۱   | درصد افرادی که دسترسی به مراکز خرید محلی در فاصله ۲۰۰ متری خود دارند. |              |                               |
| -۰.۷۶۳   | درصد افرادی که دسترسی به مدرسه ابتدایی در فاصله ۵۰۰ متری خود دارند.   |              |                               |
| -۰.۷۵۳   | طول خیابان فرعی در یک کیلومترمربع                                     |              |                               |
| -۰.۶۵۸   | میانگین اندازه قطعات                                                  |              |                               |
| -۰.۵۸۹   | مساحت خالص زمین‌های خالی                                              |              |                               |
| -۰.۷۷۸   | تعداد پارک‌ها                                                         | ۱۳.۲۶۸       | ۲- دسترسی به فضاهای سبز و باز |
| -۰.۶۹۷   | تعداد زمین‌های خالی                                                   |              |                               |
| -۰.۶۱۶   | طول کوچه در یک کیلومترمربع                                            |              |                               |
| -۰.۶۰۱   | مجموع مساحت پارک‌ها                                                   |              |                               |
| -۰.۵۶۱   | طول بزرگراه‌ها در یک کیلومترمربع                                      |              |                               |
| -۰.۸۶۴   | نسبت تقاطع‌های ۳ و ۴ و ۵ به مجموع تقاطع‌ها و بن‌بست‌ها                | ۱۱.۱۶۸       | ۳- نفوذناپذیری                |
| -۰.۸۰۶   | تعداد بن‌بست                                                          |              |                               |
| -۰.۶۴۴   | درصد تقاطع‌های چهارراهی                                               |              |                               |
| -۰.۸۹۵   | نسبت مساحت قطعات تجاری محله نسبت به کل واحدهای تجاری شهر              | ۹.۳۴۰        | ۴- تنوع                       |
| -۰.۸۶۹   | نسبت تعداد قطعات تجاری محله نسبت به کل واحدهای تجاری شهر              |              |                               |
| -۰.۷۴۳   | طول خیابان اصلی در یک کیلومترمربع                                     | ۶.۸۵۷        | ۵- دسترسی به قطعات            |
| -۰.۵۴۹   | نسبت مساحت قطعات کمتر از ۵۰ متر به مساحت کل قطعات                     |              |                               |
| -۰.۷۸۷   | نزدیکی به ایستگاه اتوبوس (برحسب میانگین زمان رسیدن به ایستگاه)        | ۶.۸۴۴        | ۶- دسترسی به حمل‌ونقل همگانی  |
| -۰.۷۲۸   | نزدیکی به ایستگاه مترو (برحسب میانگین زمان رسیدن به ایستگاه)          |              |                               |
|          |                                                                       | ۷۲.۵۰۳       | مجموع                         |

با تکیه بر مقادیر امتیاز شاخص‌های مربوطه در هر مؤلفه، می‌توان به تفسیر و نامگذاری عوامل مربوطه پرداخت.

**مؤلفه اول** که ۲۵.۰۲۷ درصد از تغییرات را نشان می‌دهد، شاخص‌های تراکم جمعیتی ناخالص، تراکم مساحت قطعات بالاتر از ۱۰۰۰ به مساحت کل قطعات، تراکم تقاطع‌های ۳ و ۴ و ۵ در یک کیلومترمربع، درصد افرادی که به مراکز خرید محلی در فاصله ۲۰۰ متری خود دسترسی دارند، درصد افرادی که به مدرسه ابتدایی در فاصله ۵۰۰ متری خود دسترسی دارند، طول خیابان فرعی در یک کیلومترمربع، میانگین اندازه قطعات و مساحت خالص زمین‌های خالی را شامل می‌شود که نشان‌دهنده کیفیت متراکم بودن است.

**مؤلفه دوم:** که شاخص‌های تعداد پارک‌ها، تعداد زمین‌های خالی، طول کوچه در یک کیلومترمربع، مجموع مساحت پارک‌ها طول بزرگراه‌ها در یک کیلومترمربع را شامل می‌شود، ۱۳.۲۶۸ درصد از تغییرات را

نشان می‌دهد و نشان‌دهنده کیفیت دسترسی به فضاهای باز و سبز است.  
**مؤلفه سوم:** شاخص‌هایی از جمله کاهش نسبت تقاطع‌های ۳ و ۴ و ۵ به مجموع تقاطع‌ها و بن‌بست‌ها، افزایش تعداد بن‌بست، کاهش درصد تقاطع‌های چهارراهی بر این کیفیت تأثیر می‌گذارند که کیفیت نفونادپذیری را با ۱۱.۱۶۸ درصد از تغییرات نشان می‌دهد.

**مؤلفه چهارم:** دارای دو شاخص نسبت مساحت قطعات تجاری محله نسبت به کل واحدهای تجاری شهر و نسبت تعداد قطعات تجاری محله نسبت به کل واحدهای تجاری شهر است که ۹.۳۴ درصد از تغییرات را نشان می‌دهد. از آنجا که هرچه میزان این شاخص‌ها افزایش یابد تنوع فعلیتی در محله افزایش می‌یابد، این مؤلفه، کیفیت تنوع فعلیتی را نشان می‌دهد.

**مؤلفه پنجم:** کیفیت دسترسی به قطعات است که ۶.۸۵۷ درصد از تغییرات را نشان می‌دهد. طول خیابان اصلی در یک کیلومتر مربع به صورت مثبت و تراکم مساحت قطعات کمتر از ۵۰ متر به صورت منفی بر آن تأثیر می‌گذارد.

**در نهایت مؤلفه ششم:** دو شاخص نزدیکی به ایستگاه اتوبوس (برحسب میانگین زمان رسیدن به ایستگاه) و نزدیکی به ایستگاه مترو (برحسب میانگین زمان رسیدن به ایستگاه) جزو این مؤلفه هستند که کیفیت دسترسی به حمل‌ونقل همگانی را شامل می‌شود و ۶.۸۴۴ درصد از تغییرات را نشان می‌دهد.

#### سطح‌بندی محلات کلان‌شهر تهران بر اساس مؤلفه‌های فرم شهری

جهت سطح‌بندی مؤلفه‌های فرم شهری، امتیازهای به‌دست آمده در هر مؤلفه، استاندارد شده تا دارای میانگین صفر و واریانس یک شوند. در نهایت بر اساس میزان واریانس محلات در آن مؤلفه در هفت دسته از کم تا زیاد خوشه‌بندی شده‌اند. جدول ۴ دیدی کلی از وضعیت محلات از نظر کیفیت‌های فرم شهری ارائه می‌دهد. چنانکه مشاهده می‌شود اکثر محلات از نظر تمامی کیفیت‌های فرم شهری در سطح متوسط قرار دارند.

جدول ۴. وضعیت محلات کلان‌شهر تهران از نظر مؤلفه‌های فرم شهری

| وضعیت محلات | معیار سطح‌بندی محلات بر اساس میزان واریانس | تراکم بودن | فضای باز و سبز | دسترسی به فضای باز و سبز | نفوذپذیری | تنوع فعلیتی | دسترسی به قطعات | حمل‌ونقل همگانی | دسترسی به حمل‌ونقل همگانی |
|-------------|--------------------------------------------|------------|----------------|--------------------------|-----------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| خیلی کم     | $Std. Dev. > 2.5$                          | ۳          | ۰              | ۰                        | ۰         | ۰           | ۲               | ۲               | ۲                         |
| کم          | $Std. Dev. - 2.5 - -1.5$                   | ۶          | ۳              | ۵                        | ۵         | ۲           | ۴               | ۴               | ۴                         |
| متوسط-کم    | $Std. Dev. - 0.5 - -1.5$                   | ۱۶         | ۳۲             | ۲۸                       | ۲۸        | ۲۹          | ۲۳              | ۲۰              | ۲۰                        |
| متوسط       | $Std. Dev. 0.5 - -0.5$                     | ۳۹         | ۳۶             | ۳۷                       | ۳۷        | ۴۵          | ۴۱              | ۴۳              | ۴۳                        |
| متوسط-زیاد  | $Std. Dev. 1.5 - 0.5$                      | ۳۵         | ۲۲             | ۲۳                       | ۲۳        | ۱۸          | ۲۶              | ۲۹              | ۲۹                        |
| زیاد        | $Std. Dev. 2.5 - 1.5$                      | ۱          | ۶              | ۸                        | ۸         | ۳           | ۳               | ۱               | ۱                         |
| خیلی زیاد   | $Std. Dev. < 2.5$                          | ۰          | ۱              | ۰                        | ۰         | ۳           | ۱               | ۱               | ۱                         |

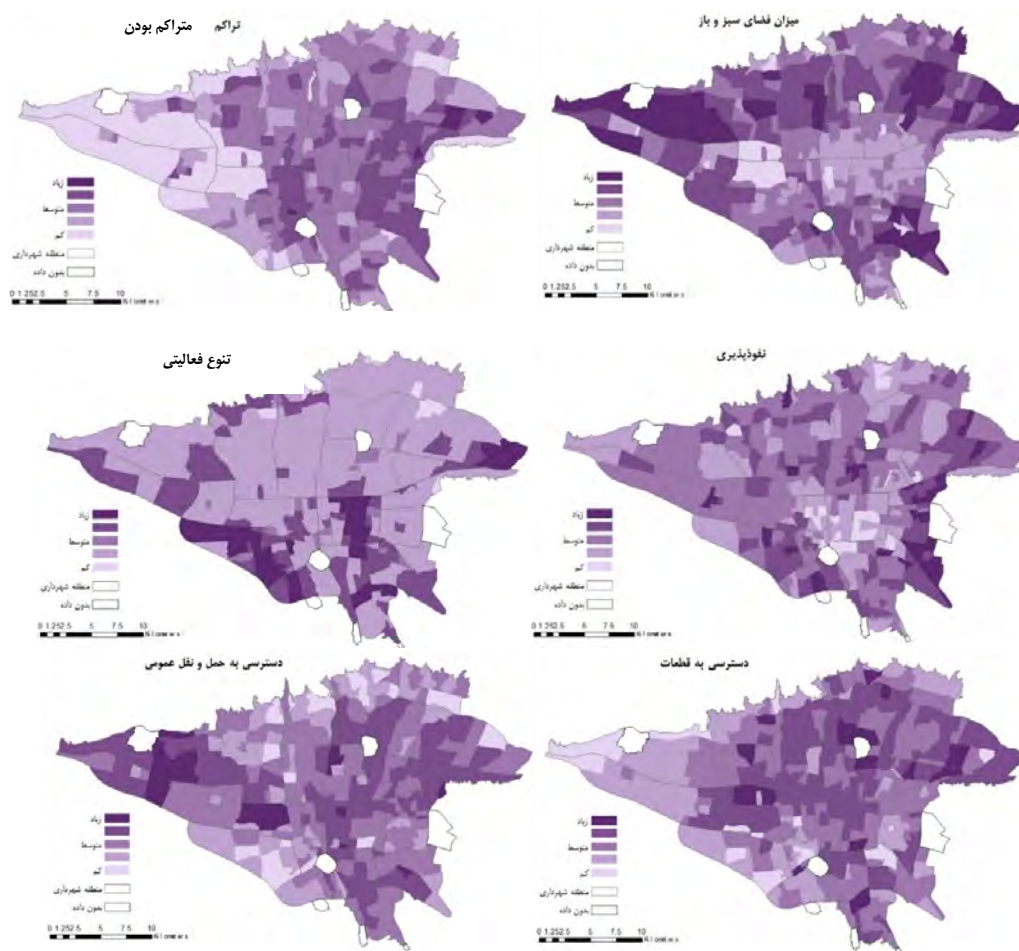
در بخش بعدی توزیع فضایی مؤلفه‌های معرف فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران ارائه می‌شود. با توجه به اختلاف زیاد محلات با واریانس کمتر و یا بیشتر از ۲.۵ با میانگین کل شهر، این محلات در هر بخش مورد بررسی قرار می‌گیرند.



### ترسیم توزیع فضایی محلات کلان‌شهر تهران بر اساس مؤلفه‌های فرم شهری

توزیع فضایی مؤلفه‌های فرم شهری که متراکم بودن، دسترسی به فضای باز و سبز، نفوذناپذیری، تنوع فعالیتی، دسترسی به قطعات و دسترسی به حمل و نقل همگانی را شامل می‌شود، در سطح محلات کلان‌شهر تهران در شکل ۳ بر اساس سطح‌بندی فوق نشان داده شده است.

همان‌طور که در شکل ۳ مشخص است میزان مؤلفه متراکم بودن در محلات غربی کمتر از دیگر محلات است و اکثر محلات (۳۹ درصد) دارای امتیاز متوسط هستند. مؤلفه متراکم بودن در محلات شرقی و برخی از محلات مرکزی از امتیاز بالا برخوردار است. فرودگاه (۳۰۹۵-) دارای کمترین تراکم است. پس از محله فرودگاه، ۹ محله دیگر دارای امتیازی کمتر از ۲۰۵- هستند که بیشتر در منطقه ۲۲ و ۵ و ۹ قرار دارند. در حالی که محلات شرقی از جمله تهرانپارس غربی، گلشن، شورا و ابوذر شرقی به ترتیب دارای بیشترین تراکم در سطح شهر هستند. مؤلفه دسترسی به فضای سبز و باز دومین مؤلفه معرف فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران است که میزان آن در محلات مرکزی به نسبت محلات غربی و شرقی بسیار کم است. پنج محله چیتگر جنوبی، دریاچه، شهرک دانشگاه صنعتی شریف، گلستان غربی، شهرک صدرا که در مناطق ۲۲ قرار دارند، دارای میزانی بالاتر از ۲۰۵ برابر واریانس هستند. در حالی که محلات تقی‌آباد، اکباتان، آپادانا، قصر، مرادآباد، میدان حر، شهرک شهرداری، فرودگاه، تهرانسر مرکزی، مخصوص، بروجردی - دهقان دارای کمترین دسترسی به فضای باز و سبز هستند.



شکل ۳. وضعیت محلات کلان‌شهر تهران از نظر مؤلفه‌های فرم شهری



مؤلفه سوم معرف فرم شهری کیفیت نفوذناپذیری است. بنابراین هرچه امتیاز محله در این معیار بیشتر باشد نفوذپذیری کمتری خواهد داشت. در سطح کلان‌شهر تهران، بیشتر محلات (۳۹ درصد) از نظر نفوذپذیری در سطح متوسط هستند و محلات مرکزی نفوذپذیری کمتری نسبت به سایر محلات دارند. ۱۹ محله کمترین نفوذپذیری را در سطح کلان‌شهر تهران دارند که اکثر آنها در منطقه ۱۲ و ۱۰ قرار دارند. در مؤلفه چهارم، تنوع فعالیتی شامل دو شاخص درصد مساحت قطعات تجاری در محله نسبت به کل واحدهای تجاری در شهر و درصد تعداد قطعات تجاری در محله نسبت به کل واحدهای تجاری در شهر است. برخی از محلات مانند بازار، شهرک امام خمینی، فردوسی، هفده شهریور، ارگ - پامنار، بهارستان، حکیمیه، شهید کاظمی، باغ آذری و شهید رجایی امتیازی بالای ۲۰۵ برابر واریانس گرفته‌اند که نشان می‌دهد این محلات دارای کاربری تجاری هستند و با وجود تنوع فعالیتی بالا، دیگر کاربری‌ها در آنها کم است. این محلات اکثراً در محدوده‌هایی که به‌عنوان مراکز شهر تهران شناخته می‌شود قرار دارند. از سوی دیگر تنها محلات شهرک بوعلی، گلاب دره، لویزان - شیان، زینبیه، کوهسار، المهدی و اراج هستند که دارای میزان کمی از این مؤلفه در سطح شهر هستند. لذا می‌توان نتیجه گرفت که محلات شهر تهران از نظر مؤلفه تنوع فعالیتی در سطح مطلوبی (۹۱ درصد محلات) قرار دارند.

آخرین کیفیت مشخص شده فرم شهری در سطح کلان‌شهر تهران مؤلفه دسترسی به حمل‌ونقل همگانی است. ۹۵ محله امتیاز کمتر از ۰.۵ - دریافت کرده‌اند که از این میان محلات المهدی، کوهسار، امام زاده قاسم، زهتابی، کوهسار، شمس آباد، چیدر و شهرک بوعلی دارای امتیازی کمتر از ۲۰۵ برابر واریانس هستند. این امر وضعیت نامطلوب محلات شهر از نظر دسترسی به حمل‌ونقل عمومی در سطح شهر را نشان می‌دهد. با این حال، محلات زینبیه، دریاچه، امید دژبان، فرودگاه، بروجردی - دهقان، امیرآباد، آذربایجان، شهرک دانشگاه تهران و راه آهن دارای امتیازی بالاتر از ۱۰۵ برابر واریانس هستند. نکته حائز اهمیت این است که این محلات در مناطق مختلفی قرار دارند. این موضوع نشان می‌دهد که شهر از نظر توزیع فضایی کیفیت دسترسی به حمل‌ونقل عمومی در وضع نامطلوبی قرار دارد.

## نتیجه‌گیری

تبیین فرم محلات و ارائه شاخص‌های سنجش آن، نظر محققان بسیاری را به خود جلب کرده است. اما این تحقیقات یا از شاخص‌های محدود که در قالب شاخص‌های مجزا به تحلیل فرم شهری پرداخته‌اند، استفاده کرده‌اند و یا با تعیین هدف سنجش فرم شهری و مشخص نمودن کیفیت مورد سنجش از ابتدا (پراکنده‌رویی، فشردگی، سرزندگی و غیره)، شاخص‌ها را براساس آن هدف/دیدگاه و کیفیت مورد نظر انتخاب نموده‌اند. در هر دو حالت، تمامی شاخص‌ها و مؤلفه‌های دربرگیرنده فرم محلات تحلیل نمی‌شوند. لذا نیاز است مجموعه‌ای از شاخص‌ها که تبیین‌کننده فرم شهری در سطح محلات هستند ارائه شود تا بتوان بر اساس این شاخص‌های محدود و مشخص فارغ از نوع دیدگاه، کیفیت‌هایی که از همبستگی این شاخص‌ها به دست می‌آیند را تفسیر و تبیین نمود. با ارائه مجموعه‌ای از شاخص‌های فرم شهری در سطح محلات علاوه بر اینکه می‌توان کیفیت‌های منتج از آنها را مشخص نمود، می‌توان تفاوت فرم شهری در سطح محلات را سنجید و در مطالعات مختلف در زمینه و مرتبط با فرم شهری بهره جست.

با توجه به اینکه فرم شهری در مقیاس‌های مختلف، کیفیت‌های متفاوتی از خود را نشان می‌دهد و هر مقیاسی به شاخص سنجش مختص به خود نیاز دارد، مقیاس سنجش فرم شهری مهم‌ترین نقش را در انتخاب شاخص‌های آن و کیفیت منتج از آنها دارد. لذا مقیاس بر فرم شهری تأثیر دارد و در این مطالعه با تعیین مقیاس سنجش فرم شهری (که در اینجا محله است) و مشخص نمودن شاخص‌ها و تحلیل آنها،

شاخص‌ها و کیفیت‌های معرف فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران تبیین شد که ۲ یافته اصلی زیر را شامل می‌شود.

**تعیین شاخص‌ها و کیفیت‌های تبیین‌کننده فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران:** جهت تعیین شاخص‌ها و کیفیت‌های تبیین‌کننده فرم شهری در سطح ۳۶۸ محله کلان‌شهر تهران، پس از آماده‌سازی داده‌ها، از روش تحلیل عاملی اکتشافی استفاده گردید. روش تحلیل عاملی اکتشافی این امکان را فراهم می‌کند که علاوه بر مشخص شدن شاخص‌های معرف فرم شهری در سطح محلات، با تفسیر مؤلفه‌ها، کیفیتی که از همبستگی شاخص‌های آن مؤلفه به دست می‌آید نیز مشخص شود. لذا در مجموع ۲۲ شاخص و شش مؤلفه متراکم بودن، دسترسی به فضاهای باز و سبز، نفوذناپذیری (که جهت تحلیل بهتر جهت آن به مؤلفه نفوذپذیری تغییر داده شد)، تنوع فعالیتی، دسترسی به قطعات و دسترسی به حمل‌ونقل همگانی به دست آمد که نمایانگر کیفیت‌های فرم شهری در سطح محلات کلان‌شهر تهران است. این مؤلفه‌ها در مجموع بیش از ۷۰ درصد تغییرات فرم شهری را نشان می‌دهند. تعیین این شاخص‌های کمی و پایه‌ای فرم شهری در سطح محلات می‌تواند مبنای تمامی تحقیقات مرتبط با فرم محلات باشد و نیازی به بررسی فرم محلات کلان‌شهر تهران در هر مطالعه‌ای نیست.

**خوشه‌بندی محلات کلان‌شهر تهران بر اساس کیفیت‌های فرم شهری در سطح محلات:** در نهایت محلات بر اساس میزان برخورداری از این کیفیت‌ها خوشه‌بندی شده‌اند و تفاوت آنها بر اساس مناطق در کلان‌شهر تهران مشخص شد. به‌گونه‌ای که در محلاتی که مؤلفه متراکم بودن زیاد بوده (محلات مرکزی و شرقی)، دسترسی به فضای باز و سبز کمتر است و برعکس. محلات مرکزی و محدوده‌هایی که مراکز شهری تهران محسوب می‌شوند بیشترین میزان از مؤلفه تنوع را به خود اختصاص داده‌اند. از سوی دیگر در محلات مرکزی میزان نفوذپذیری به شدت کم است. در خصوص مؤلفه دسترسی به قطعات، اکثر محلات در سطح متوسط قرار دارند و هیچ الگوی خاصی از نظر توزیع فضایی مؤلفه دسترسی به حمل‌ونقل عمومی مشاهده نمی‌شود. به‌طور کلی نیز می‌توان گفت تفاوت فاحشی میان محلات مرکزی و سایر محلات از نظر کیفیت‌های متراکم بودن، دسترسی به فضای باز و سبز، نفوذپذیری و تنوع با دیگر محلات وجود دارد. خوشه‌بندی محلات بر اساس این کیفیت‌ها و بررسی میزان برخورداری از هر کیفیت در سطح محلات، علاوه بر تحلیل وضع موجود، می‌تواند مبنایی برای تحقیقات مربوط به فرم شهری شود. یافته‌های این مطالعه مبنی بر تبیین شاخص‌های کمی فرم شهری و ارائه کیفیت‌ها منتج از آنها علاوه بر موارد فوق دانشی را به مطالعات فرم شهری افزوده است. اینکه مقیاس تأثیر بسزایی بر سنجش فرم شهری دارد و در سنجش فرم شهری در هر مقیاسی، انتخاب شاخص‌ها و کیفیت فرم شهری تنها می‌تواند بر اساس مقیاس آن صورت گیرد تا بتوان بر اساس آنها کیفیتی که فرم شهری در آن مقیاس ارائه می‌کند را نشان داد. به‌گونه‌ای که در این مطالعه روشی جهت تبیین کیفیت‌های نشان‌دهنده فرم شهری تنها با در نظر گرفتن مقیاس مطالعه ارائه گردید که می‌توان جهت یافتن کیفیت‌های فرم شهری در مقیاس‌های دیگر (از سطح بلوک تا کلان‌شهرها) نیز از آن استفاده نمود.

با وجود یافته‌های فوق و یافتن کیفیت‌های فرم شهری و مشخص نمودن شاخص‌های اصلی فرم شهری در سطح محلات، یکی از محدودیت‌های اصلی این پژوهش دسترسی به داده‌هاست که بازنگری و انجام مطالعه در صورت دسترسی به دیگر متغیرهای فرم محلات و مقایسه آن با نتایج این مطالعه ضروری است. همچنین لازم است مطالعات بیشتری در خصوص فرم شهری صورت گیرد. اولاً با توجه به این که فرم شهری در مقیاس‌های مختلف، کیفیت‌های متفاوتی را ارائه می‌کند و یا به دیگر سخن فرم شهری در مقیاس‌های مختلف بیانگر ویژگی‌های خاصی است و در مطالعه حاضر، سنجش فرم شهری در

سطح محلات صورت گرفته است، لذا پیشنهاد می‌شود فرم شهری با استفاده از روش مناسب در سایر مقیاس‌های خرد و کلان نیز سنجیده شود تا کیفیت‌هایی که فرم شهری در هر مقیاس بیان می‌کند مشخص گردد. ثانیاً، با تبیین فرم شهری در دیگر مقیاس‌ها ارتباط میان مقیاس‌های مختلف و برهم‌کنش شاخص‌ها در مقیاس‌های مختلف نیز مشخص شود.

## پی‌نوشت‌ها

1. gentrification
2. sky view factor
3. permeability measures
۴. این حجم گسترده به دلیل گسترش روش‌های کامپیوتری و دسترسی به اطلاعات مکانی GIS است.
5. connectivity
6. centrality
۷. برگرفته از داده‌ها و اطلاعات مطالعه سنجش عدالت و عوامل مرتبط با آن در شهر تهران (Urban-HEART1) (شهرداری تهران، ۱۳۹۰)، سرشماری نفوس و مسکن شهر تهران در سطح بلوک‌های آماری (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰)، نقشه‌های کاربری زمین شهر تهران (سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، ۱۳۹۲) و سند راهبردی-ساختاری شهر تهران (۱۳۸۶).
۸. با توجه به تنوع و تعدد شاخص‌های پژوهش محققان باید از چند منبع استفاده می‌کرده‌اند. با وجود اینکه منبع‌های مورد استفاده در یک سال مشخص نیستند و این موضوع یکی از محدودیت‌های پژوهش محسوب می‌گردد، ولی از آنجا که شاخص‌های فرم شهری به سرعت دستخوش تغییرات نمی‌شوند امکان استفاده از منابع مختلف در سالهای مختلف بلامانع است، به‌گونه‌ای که این مسئله در اکثر تحقیقات مشاهده شده است.
9. Kaiser-Meyer-Olkin

## فهرست منابع

- حامدی، علیرضا، فرامرزی اصل، مهسا، و درسخوان، رسول (۱۳۹۷). چارچوب عملیاتی تبیین و اندازه‌گیری شاخص‌های پراکنده‌رویی شهری با کاربری تجریبات جهانی، مورد مطالعه شهر ارومیه. صفه، ۸۵، ۱۱۷-۱۴۲.
- زبردست، اسفندیار، و باقرنژاد، الناز (۱۳۹۷). تحلیل رابطه کاربری زمین و رفتار سفر در سطح محلات شهر تهران؛ نمونه مورد مطالعه محله منیریه، کوی بیمه و کوی گلستان. هنرهای زیبا، ۲۳(۴)، ۹۵-۱۰۶.
- زبردست، اسفندیار، و حبیبی، سارا (۱۳۸۸). بررسی پدیده پراکنده‌رویی و علل آن در شهر زنجان. هنرهای زیبا، ۳۸، ۱۱۵-۱۲۴.
- شکیبائی بیدرونی، فاطمه، و طبیبیان، منوچهر (۱۳۹۷). سنجش تطبیقی اثرات فرم کالبدی محله‌های شهری بر سرمایه اجتماعی میان ساکنین، مورد مطالعاتی: شهر قزوین. معماری و شهرسازی آرمان شهر، ۲۳، ۲۹۵-۳۰۶.
- نیک‌پور، عامر، لطفی، صدیقه، و رضازاده، مرتضی (۱۳۹۶). تحلیل رابطه میان فرم شهر و شاخص دسترسی (مورد مطالعه: شهر بابلرس). فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)، ۲۶، ۸۵-۱۰۶.
- Banai, R., & Antipova, A. (2016). Retail-center viability and urban form: a micro analysis. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 26(5), 521-540.
- Boer, R., Zheng, Y., Overton, A., Ridgeway, G. K., & Cohen, D. A. (2007). Neighborhood Design and Walking Trips in Ten U.S. Metropolitan Areas. *American Journal of Preventive Medicine*, 32(4), 298-304. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2006.12.012>
- Cervero, R. (2002). Built environments and mode choice: toward a normative framework.

*Transportation Research Part D*, 7, 265–284.

- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research D*, 2(3), 199–219.
- Cervero, R., Sarmiento, O. L., Jacoby, E., Gomez, L. F., & Neiman, A. (2009). Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogot a. *International Journal of Sustainable Transportation*, 3, 203–226.
- Clifton, K., Ewing, R., Knaap, G. J., & Song, Y. (2008). Quantitative analysis of urban form : a multidisciplinary review. *Journal of Urbanism: International Research on Place making and Urban Sustainability*, 1(1), 17–45. <https://doi.org/10.1080/17549170801903496>
- Crane, R., & Crepeau, R. (1998). Does neighborhood design influence travel? A behaviorial analysis of travel dairy and GIS data. *Transport–D*, 3(4), 225–238.
- Ewing, R., Pendall, R., & Chen, D. (2002). *Measuring sprawl and its impact*. Washington DC: Smart Growth America.
- Frank, L. D., Schmid, T. L., Sallis, J. F., Chapman, J., & Saelens, B. E. (2005). Linking Objectively Measured Physical Activity with Objectively Measured Urban Form Findings from SMARTRAQ. *American Journal of Preventive Medicine*, 28, 117–125.
- Frank, L., Bradley, M., Kavage, S., Chapman, J., & Lawton, T. K. (2008). Urban form, travel time, and cost relationships with tour complexity and mode choice. *Transportation*, 35, 37–54.
- Gil, J., Beirão, J. N., Montenegro, N., & Duarte, J. P. (2012). On the discovery of urban typologies: Data mining the many dimensions of urban form. *Urban Morphology*, 16(1), 27–40.
- Greenwald, M. J. (2006). The relationship between land use and intrazonal trip making behaviors : Evidence and implications. *Transportation Research Part D*, 11, 432–446.
- Guhathakurta, S., & Williams, E. (2015). Impact of urban form on energy use in central city and suburban neighborhoods: lessons from the Phoenix metropolitan region. *Energy Procedia*, 75, 2928–2933.
- Holden, E., & Norland, I. T. (2005). Three Challenges for the Compact City as a Sustainable Urban Form : Household Consumption of Energy and Transport in ... Three Challenges for the Compact City as a Sustainable Urban Form : Household Consumption of Energy and Transport in Eight Residential. *Urban Studies*, 42(12), 2145–2166.
- Kockelman, K. M. (1997). Travel behavior as a function of accessibility, land use mixing and land use balance: Evidence from the San Francisco Bay Area. *Transportation Research Record*, 1607, 116–125.
- Krizek, K. J. (2003). Residential Relocation and Changes in Urban Travel: Does Neighborhood–Scale Urban Form Matter? *Journal of the American Planning Association*, 69(3), 265–281.
- Lowry, J. H., & Lowry, M. (2014). Comparing spatial metrics that quantify urban form. *Computers, Environment and Urban Systems*, 44(March), 59–67.
- Mohajeri, N., & Gudmundsson, A. (2014). The Evolution and Complexity of Urban Street Networks. *Geographical Analysis*, 46, 345–367. <https://doi.org/10.1111/gean.12061>.
- Næss, P. (2006). Accessibility, Activity Participation and Location of Activities: Exploring the Links between Residential Location and Travel Behaviour. *Urban Studies*, 43(3), 627–652.
- Nedovic–budic, Z., Jan, G., Shahumyan, H., Williams, B., & Slaev, A. (2016). Measuring urban form

- at community scale: Case study of Dublin, Ireland. *Cities*, 55, 148–164.
- Rodriguez, D. A., & Joo, J. (2004). The relationship between non-motorized mode choice and the local physical environment. *Transportation Research Part D*, 9, 151–173.
  - Sharifi, A. (2018). *Resilient Urban Form: A Conceptual Framework. Chapter 9 in Lecture Notes in Energy*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-75798-8>
  - Silva, L. T., & Monteiro, J. P. (2016). The Influence of Urban Form on Environmental Quality within a Medium-Sized City. *Procedia Engineering*, 161, 2046–2052.
  - Song, Y., Gordon-Larsen, P., & Popkin, B. (2013). A national-level analysis of neighborhood form metrics. *Landsc Urban Plan*. 116: 73–85. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.04.002>
  - Song, Y., & Knaap, G.-J. (2004). Measuring Urban Form, Is Portland Winning the War on Sprawl? *American Planning Association*, 70(2), 210–225.
  - Song, Y. & Knaap, G.J. (2007). Quantitative classification of neighborhoods: the neighborhoods of new single-family homes in the Portland Metropolitan Area. *Journal of Urban Design*, 12(1), 1–24.
  - Tsai, Y. (2005). Quantifying Urban Form : Compactness versus 'Sprawl'. *Urban Studies*, 43(1), 141–161.
  - Vanderhaegen, S., & Canters, F. (2017). Mapping urban form and function at city block level using spatial metrics. *Landscape and Urban Planning*, 167, 399–409.
  - Venerandi, A., Zanella, M., Romice, O., Dibble, J., & Porta, S. (2016). Form and urban change – An urban morphometric study of five gentrified neighborhoods in London. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 0(0), 1–21.
  - Zhang, M. (2004). The Role of Land Use in Travel Mode Choice, Evidence from Boston and Hong Kong. *Journal of the American Planning Association*, 70(3), 344–360.