ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI: 10.22034/AAUD.2020.120085

کاوش ساختار خرد شبکه گذربندی شهر: الگوی آرایش فضایی و مرکزیت*

وحید زمانی[1]- محمود قلعه‌نویی[2]- محمود محمدی[3]**

۱. دکتری شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول).
۲. دانشیار گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.
۳. دانشیار گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۱۸ تاریخ اصلاحات: ۹۷/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۱۲/۲۶ تاریخ انتشار: ۹۹/۰۹/۳۰

چکیده

مطالعه شبکه گذربندی به‌عنوان یکی از عناصر سازنده فرم شهری، و فصل مشترک دو نظام حرکت و فعالیت، نقشی حیاتی در درک رویدادهای پویای شهر و حل مشکلات ناشی از تداخل دو نظام نامبرده دارد. یکی از تأثیرگذارترین ویژگی‌های ساختاری شبکه گذربندی همانا مرکزیت شبکه[1] است که تأثیری قابل توجه بر رخدادهایی همچون چگونگی پراکنش فعالیت‌ها دارد که خود بر چگونگی توزیع ترافیک سواره و پیاده در شهر تأثیرگذار است؛ از سوی دیگر، یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر مرکزیت شبکه، آرایش فضایی شبکه گذربندی[2] است. هدف مقاله حاضر، تبیین ارتباط بین الگوی آرایش فضایی و مرکزیت شبکه گذربندی در مقیاس محلی یا ساختار خرد شبکه است. شهر قم نمونه‌ای از شهرهای قدیمی ایران است که دارای بافت شهری کهن در هسته مرکزی شهر، و طیف متنوعی از آرایش فضایی شبکه گذربندی در بخش‌های میانی و پیرامونی- با ویژگی‌های ساختاری متمایز- می‌باشد که بدین ترتیب، بستر مناسبی برای کاوش ساختار خرد شبکه گذربندی شهری به‌عنوان محدوده مورد مطالعه فراهم می‌آورد. فرآیند پژوهش بدین ترتیب است که پس از مشخص شدن پهنه‌های مرکزی نسبتاً همگن از دیدگاه ریخت‌شناختی در محدوده مورد مطالعه از راه مدل‌سازی شاخص مرکزیت نزدیکی محلی[3] شبکه گذربندی با بهره‌گیری از روش ارزیابی چندگانه مرکزیت[4](MCA) و اعمال شرط‌های مورد نظر، الگوی آرایش فضایی شبکه گذربندی پهنه‌های برگزیده، با بهره‌گیری از شاخص‌های سنجش‌محور شبکه[5] و بلوک‌بندی، مورد ارزیابی قرار گرفته، ارتباط بین شاخص‌های سنجش یاد شده و میانگین شاخص مرکزیت نزدیکی محلی شبکه هر پهنه از راه محاسبه ماتریس همبستگی، با بهره‌گیری از ضریب همبستگی پیرسون، تبیین می‌شود. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد تنها سه شاخص از ۱۰ شاخص برگزیده الگوی آرایش فضایی شبکه گذربندی -که همگی از شاخص‌های سنجش محور شبکه بوده- همبستگی معنادار با میانگین شاخص مرکزیت نزدیکی محلی شبکه داشته، لذا میانگین شاخص مرکزیت نامبرده ارتباط معناداری با شاخص‌های بلوک‌بندی ندارد. ماتریس همبستگی نشان می‌دهد هر چه میزان طول شبکه در سطح بافت محلی و نیز تعداد تقاطع‌های سه‌راهی افزایش باشد، میانگین شاخص مرکزیت نزدیکی محلی شبکه گذربندی افزایش یافته، بافت مرکزی‌تری در مقیاس دسترسی پیاده خواهیم داشت.

واژگان کلیدی: الگوی آرایش فضایی شبکه گذربندی، مرکزیت شبکه گذربندی، ارزیابی چندگانه مرکزیت (MCA)، ضریب همبستگی پیرسون.

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان «تحلیل ریخت‌شناختی الگوی حرکت- فعالیت بافت شهری با تأکید بر مرکزیت شبکه گذربندی؛ مطالعه موردی: شهر قم» به راهنمایی نویسندگان دوم و سوم در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اصفهان می‌باشد که در سال ۱۳۹۸ انجام رسیده است.

** E_mail: zamani.vahid@gmail.com

۱. مقدمه

شبکه گذربندی به‌عنوان عنصر سازنده ساختار و فرم شهری، پیونددهنده فضای همگانی شهر است؛ زیرا فضای همگانی شهر متشکل از زنجیره‌ای به هم پیوسته از خیابان‌هاست. الگوی شبکه گذربندی، به علت نقش ساختاری که در شناخت بافت موجود شهرها و نیز در طراحی قسمت‌های جدید دارد، توجه ویژه‌ای را می‌طلبد (Marshall, 2005). آرایش فضایی شهری به چگونگی چیدمان و پیکربندی عناصر خیابان‌ها، بلوک‌ها و ساختمان‌ها مربوط می‌شود که بیش‌تر در مقیاس خیابان است، همچون الگوهای گذربندی شبکه‌ای یا درختی. آرایش فضایی شبکه گذربندی، همان شکل شبکه گذربندی شهر از نظر الگو و ساختار و نیز ویژگی‌های کمی است. آرایش فضایی شهرهای امروزی تا حد زیادی برآمده از توسعه تاریخی، برنامه‌ریزی و نیز مقررات ساخت و ساز آن‌هاست. پیکربندی شبکه گذربندی، از نظر اندازه بلوک‌های شهری، جانمایی کلی آن‌ها در شهر، و پیوستگی پیاده و سواره، می‌تواند بر کارکرد شهر، به‌طور نمونه بر مکان‌گزینی و شدت فعالیت‌ها، اثرگذار باشد (As Cited in Dempsey et al., 2010, p. 25; Penn, Hillier, Banister, & Xu, 1998; Porta et al., 2009).

آرایش فضایی شبکه گذربندی، یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر مرکزیت یک مکان است. شناخت مکان‌های مرکزی شهر با توجه به آرایش فضایی شبکه گذربندی از راه مطالعه «مرکزیت شبکه گذربندی» قابل انجام است. یک مکان مرکزی به لحاظ ویژگی‌هایش، موقعیتی ویژه را برای مکان زندگی و فعالیت داراست: دسترسی مناسب چه از پیرامون بلافصل و چه مکان‌های دورتر. دسترسی مناسب سبب در معرض دید بودن و محبوبیت نیز می‌شود که برای مکان فعالیت‌های تجاری بسیار شایان توجه است. موقعیت واحدهای تجاری و خدماتی امری مهم در میزان بازدهی و بقای آن‌هاست؛ از این رو این واحدها در مکانی استقرار می‌یابند که موقعیتی مرکزی داشته باشد. از ویژگی‌های مکان‌های مرکزی، ارزش اقتصادی بالاتر و تراکم کاربری و فعالیت است (As Cited in Newman & Kenworthy, 1999; Porta et al., 2010, pp. 107-108; Porta et al., 2009, p. 450). هیلیر[۶] (۱۹۹۹) معتقد است واژه «مرکز» دارای دو جنبه متفاوت است: کارکردی و فضایی. مرکزیت از نظر کارکردی به معنای تمرکز و ترکیب آشکار کاربری‌ها و فعالیت‌ها در یک ناحیه مشخص، و از نظر فضایی به موقعیت مشخص آن ناحیه در سکونت‌گاه به‌عنوان یک کل اشاره دارد (Hillier, 1999, p. 1).

یکی از مشکلات شهرهای امروزی با توجه به استفاده روزافزون از وسایل نقلیه موتوری و حجم بالای سفرهای درون‌شهری، تداخل عملکردی نظام حرکت و نظام فعالیت در شهر است. با نگاهی دقیق‌تر به فضاهای شهری به ویژه خیابان‌های شهر به‌عنوان فصل مشترک دو نظام حرکت و فعالیت و بستر رخداد این تداخل، آشکار است که چگونه ساختار نامناسب شبکه گذربندی شهر می‌تواند سبب اختلال در عملکرد هر دو نظام شود. بنابراین ضرورت دارد تا با مطالعه و بررسی موشکافانه و شناخت ریشه‌ها و عوامل تأثیرگذار، به ساماندهی هدفمند ارتباط دو نظام حرکت و فعالیت در شهر پرداخت. شناخت و تحلیل ارتباط بین آرایش فضایی و مرکزیت شبکه گذربندی، به‌عنوان ویژگی‌های ساختاری شبکه گذربندی شهر، کمک شایانی به تبیین عملکرد نظام حرکت و فعالیت در شهر می‌نماید. شهر قم به‌عنوان یکی از شهرهای کهن ایران همچون سایر شهرهای قدیمی، دارای بافت شهری منحصر به فردی در هسته مرکزی شهر و طیف متنوعی از آرایش فضایی شبکه گذربندی در بخش‌های میانی و پیرامونی است. از این‌رو بستر مناسبی را برای کاوش ساختار خرد شبکه گذربندی شهر فراهم می‌آورد. پژوهش حاضر با هدف تبیین ارتباط بین الگوهای آرایش فضایی و مرکزیت شبکه گذربندی در مقیاس محلی، به دنبال پاسخ‌گویی به این پرسش است که ارتباط بین الگوهای آرایش فضایی و شاخص مرکزیت شبکه گذربندی در مقیاس محلی پهنه‌های مرکزی شهر قم چگونه قابل توضیح است؛ تا بدین ترتیب گامی اولیه اما مؤثر در راستای شناسایی ریشه‌های مشکلات ناشی از تداخل نظام حرکت و فعالیت در این شهر بردارد.

۲. روش و ابزار پژوهش

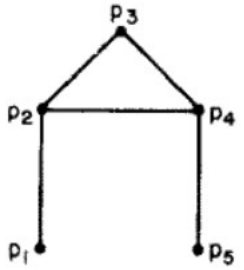
روش و ابزار پژوهش، از ارکان هر پژوهش برای پاسخ به پرسش‌ها و دستیابی به هدف‌های آن است. در ادامه، هر یک از روش‌ها و ابزارهای مورد استفاده برای تحلیل داده‌ها در پژوهش حاضر بیان شده، سپس محدوده مورد مطالعه که شهر قم می‌باشد، معرفی می‌شود.

۲-۱- روش سنجش الگوهای آرایش فضایی و مرکزیت شبکه گذربندی

در حوزه برنامه‌ریزی و طراحی شهری که دارای دیدگاهی فضایی هستند، مفهوم مرکزیت از دو جنبه غالب مورد کاوش قرار گرفته است: کاربری/ تراکم و شبکه گذربندی. در این مقاله به بررسی مرکزیت از دیدگاه شبکه گذربندی پرداخته می‌شود. در این دیدگاه، شناخت و سنجش مرکزیت شهری با توجه به ساختار و شکل شبکه گذربندی شهر است. با رجوع به ادبیات موضوع، دو رویکرد عمده در بررسی آرایش فضایی شبکه گذربندی به‌عنوان یک گراف[۷] (شکل ۱) و در نهایت مرکزیت آن وجود دارد: توپولوژیک[۸] و هندسی[۹] (Hillier, 1996, 1999; Hillier & Hanson, 1984; Hillier et al., 1993; Marshall, 2005; Porta et al., 2005, 2006; Porta et al., 2010; Rashid, 2016). رویکرد توپولوژیک به تحلیل پیکربندی[۱۰] شبکه می‌پردازد، حال آن‌که رویکرد هندسی (متریک)، ترکیب[۱۱] شبکه را مورد ارزیابی قرار می‌دهد (شکل ۲). پیکربندی به صورت

یک دیاگرام خلاصه نمایش داده می‌شود. پیکربندی یکی از مفهوم‌های مرتبط با ساختار شبکه است که مربوط به اطلاعات غیرمتریکی همچون ترتیب قرارگیری (موقعیت نسبی) پیوندها (لبه‌ها) و گره‌ها، اتصال، پیوستگی[۱۲]، امتداد[۱۳] و مجاورت[۱۴] است؛ ولی نه فاصله‌ها، زاویه‌ها و مساحت‌های مطلق (شکل ۲- الف). از دیگر سو، ترکیب،

شکل ۱: گرافی تشکیل شده از پنج گره و پنج لبه



(Freeman, 1979, p. 218)

پورتا و همکاران[۱۵] (۲۰۰۵) بر این باورند که تمامی رویکردهای تحلیل شبکه بر این ایده استوار است که برخی از مکان‌ها یا خیابان‌ها مهم‌تر از بقیه هستند چرا که «مرکزی»تر هستند. در نظریه گراف و مبانی تحلیل شبکه، مرکزیت به معنای مهم‌ترین گره‌ها و پیوندها از نظر قرارگیری در موقعیتی مرکزی نسبت به سایر گره‌ها و پیوندها اطلاق می‌شود. شاخص‌های اصلی مرکزیت شبکه عبارت‌اند از: نزدیکی، میان‌راهی[۱۶]، مستقیمی[۱۷]و اطلاعات[۱۸] (Freeman, 1979; Porta et al., 2005; Porta et al., 2010). با توجه به این‌که پژوهش حاضر به تحلیل پهنه‌های شهری در مقیاس محلی می‌پردازد، از شاخص مرکزیت نزدیکی محلی بهره گرفته می‌شود. مرکزیت نزدیکی (CC) می‌سنجد که تا چه حد یک گره نزدیک به تمامی سایر گره‌ها در طول ژئودزیک‌های شبکه است. شاخص مرکزیت نزدیکی برای یک گره، نسبت معکوس فاصله میانگین آن از تمام سایر گره‌هاست (Porta et al., 2010, p. 110):

$$C_i^C = \frac{N-1}{\sum_{j=1;j\neq i}^{N} d_{ij}} \quad (۱)$$

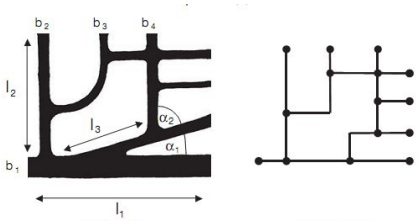
N: تعداد کل گره‌ها

dij: طول ژئودزیک بین گره‌های i و j

از دیدگاه دیگر، در تحلیل و مدل‌سازی گراف شبکه گذربندی شهر، دو رویکرد عمده قابل اتخاذ است: رویکرد اولیه[۱۹] و رویکرد ثانویه[۲۰]. رویکرد اولیه همانا نمایش گراف شبکه به همان صورت واقعی یا جغرافیایی است همان‌طور که از گذشته در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری در بررسی رابطه بین کاربری‌ها و خطوط حمل‌ونقل مورد استفاده بوده است؛ بنابراین در گراف اولیه شبکه گذربندی، هر تقاطع به شکل یک گره و گذرهای پیونددهنده بین تقاطع‌ها به‌عنوان

شکل‌گیری هندسی آرایش فضایی است به همان صورت که در یک پلان مقیاس‌دار موقعیت، طول، مساحت و زاویه‌های امتداد عارضه‌ها مشخص است (شکل ۲- ب) (Marshall, 2005, pp. 86-87). بدیهی است برای تحلیل شبکه با هر کدام از رویکردهای یاد شده، بایستی روش و ابزار تحلیل ویژه‌ای را به کار برد.

شکل ۲: (الف) پیکربندی و (ب) ترکیب شبکه



(Marshall, 2005, p. 86)

یک لبه در نظر گرفته می‌شوند. در مقابل، در گراف ثانویه، هر گذر فارغ از طول آن، به‌عنوان گره و هر تقاطع به صورت یک لبه نمایش داده می‌شود (Porta et al., 2005, pp. 1 & 7-9). با کاربرد گسترده رویکرد ثانویه در مطالعه شبکه گذربندی شهر پس از مطالعه درخور توجه هیلیر و هنسن[۲۱] (۱۹۸۴)، روش چیدمان فضا[۲۲] با به کار گرفتن رویکردی شبکه محور به شهرها، همسایگی‌ها، خیابان‌ها و حتی ساختمان‌ها، همبستگی قابل توجهی بین دسترسی توپولوژیکی خیابان‌ها و پدیده‌های گوناگونی همچون جریان ترافیک پیاده و سواره، مسیریابی، جرم‌خیزی، حیات اقتصادی و زیست‌پذیری اجتماعی برقرار نمود (Hillier, 1996; As Cited in Porta et al., 2006, p. 3).

روش ارزیابی چندگانه مرکزیت (MCA) به‌عنوان روشی برای تحلیل مرکزیت شبکه سامانه‌های فضایی، همچون شبکه گذربندی شهری، با استفاده از رویکرد اولیه و با بهره‌گیری از مفهوم ترکیب، به تحلیل متریک مرکزیت شبکه گذربندی شهر با استفاده از چهار شاخص مرکزیت (نزدیکی، میان‌راهی، مستقیمی و اطلاعات) می‌پردازد و به دلیل‌های زیر از روش چیدمان فضا متمایز می‌شود (Porta et al., 2005, pp. 1 & 16):

۱. روش MCA بر اساس نمایش گرافیکی اولیه الگوی شبکه گذربندی است در مقایسه با نمایش گرافیکی ثانویه به کار رفته در چیدمان فضا؛ رویکرد اولیه روشی جامع‌تر، عینی‌تر و واقعی‌تر برای تحلیل شبکه‌ای مرکزیت در شبکه گذربندی شهری است که با توجه به استفاده از فرمت استاندارد نقشه محور راه‌ها، با در دست داشتن انبوه داده‌های موجود شهرها، این رویکرد، قابلیت پیاده کردن آسان‌تر و سریع‌تری دارد و تا حد زیادی از نظرات فردی در ساخت گراف، با حذف مشکلات مربوط به جنرالیزاسیون[۲۳]، می‌کاهد.

۲. بر خلاف چارچوب توپولوژیکی روش چیدمان فضا، روش MCA چارچوبی کاملا متریک دارد. رویکرد اولیه روش MCA اجازه نگهداری مفهوم متریک و جغرافیایی فاصله را فراهم می‌آورد بدون این‌که توپولوژی سیستم را در نظر نگیرد، در حالی که رویکرد ثانویه مورد استفاده در روش چیدمان فضا، تنها به مفهوم توپولوژیک فاصله گامی[۲۴] منجر می‌شود که سبب خلاصه‌تر شدن شاخص‌ها و فرآیندها شده، بدین ترتیب بسیاری از ابعاد واقعی زندگی انسان را نادیده می‌گیرد.

۳. روش MCA به جای بررسی تنها یک شاخص، مجموعه‌ای از چهار شاخص مرکزیت را بررسی می‌نماید، چرا که مرکزیت نه یک مفهوم مجرد نیست، بلکه مفهومی چندوجهی است که برای درک بهتر و دقیق‌تر باید با چند شاخص مورد سنجش قرار گیرد.

شناخت و سنجش الگوی آرایش فضایی شبکه گذربندی از راه کمی‌سازی و شاخص‌سازی ویژگی‌های ساختاری اجزاء شبکه (گره‌ها، پیوندها، بلوک‌ها و غیره) امکان‌پذیر است چرا که برای شناخت الگوهای کلی به‌عنوان یک کل باید اجزاء سازنده آن را شناخت (Marshall, 2005, p. 97). کمی‌سازی باید بر اساس هر دو ویژگی توپولوژیک و هندسی (متریک) شبکه صورت پذیرد، چرا که ممکن است دو شبکه دارای توپولوژی مشابه ولی هندسه متفاوت باشند (Louf & Barthelemy, 2014, pp. 1-2). مطالعات مختلفی برای تحلیل و سنجش الگوهای شبکه گذربندی صورت گرفته (Buzzetti, 2017; Louf & Barthelemy, 2014; MacDougall, 2011; Marshall, 2005; Rashid, 2016; Strano et al., 2012) که هر یک با توجه به هدف و مقیاس پژوهش، از سنجه‌ها[۲۵] و شاخص‌های[۲۶] سنجش متفاوت و گوناگون توپولوژیک و متریک بهره گرفته‌اند.

سنجش و ارزیابی الگوهای آرایش فضایی و مرکزیت در ساختار خرد شبکه گذربندی شهر باید در پهنه‌های شهری همگن از دیدگاه ریخت‌شناسی صورت پذیرد تا ضمن این‌که انجام تحلیل و سنجش الگوهای آرایش فضایی و مرکزیت شبکه در پهنه‌ها امکان‌پذیر باشد، پهنه‌ها از نظر ریخت‌شناسی قابل مقایسه باشند. تعیین این‌گونه پهنه‌ها با شناخت موانع شهری امکان‌پذیر است. موانع شهری، سطح شهر را به پهنه‌های شهری (سوپر بلوک‌ها) تقسیم‌بندی می‌نمایند. این موانع به دو دسته موانع شهری ردیف اول و ردیف دوم[۲۷] قابل دسته‌بندی می‌باشند. موانع شهری ردیف اول، از نظر کالبدی، بسیار نفوذناپذیر بوده، از ویژگی جداکنندگی بالایی برخوردار بوده، بیشتر مقیاسی منطقه‌ای (فراشهری) دارند؛ در حالی که موانع شهری ردیف دوم (مرزهای شهری[۲۸]) دارای ویژگی جداکنندگی کمتر بوده، در مقیاس شهری (سکونت‌گاهی)، نقش لبه بافت شهری را دارند. موانع شهری ردیف دوم، همان مسیرهای اصلی ترافیکی شهر (شاهراه‌های شهری[۲۹] و یا شریان‌های کارکردی[۳۰]) هستند. موانع شهری ردیف اول نیز به گروه‌های زیر قابل دسته‌بندی هستند (MacDougall, 2011):

الف- موانع طبیعی: رودخانه، زمین‌های پرشیب (بیش از ۱۰ درصد)، دریاچه،

ب- موانع مصنوعی: دیوار (بارو)، کانال، خط راه‌آهن، بزرگراه، خط نیروی فشار قوی و

ج- محدوده‌های تک کارکردی بزرگ: محدوده تأسیسات راه‌آهن؛ پارک؛ فرودگاه؛ خوشه صنعتی/ تجاری.

۲-۲- روش تحلیل همبستگی الگوی آرایش فضایی و مرکزیت شبکه گذربندی

برای تحلیل همبستگی بین شاخص‌های آرایش فضایی و مرکزیت شبکه، از ماتریس همبستگی بهره گرفته می‌شود. ضریب همبستگی خطی ساده (ضریب همبستگی پیرسون[۳۱]) توسط نرم‌افزار SPSS محاسبه می‌شود. ضریب همبستگی پیرسون بین دو متغیر تصادفی برابر با کواریانس آن‌ها تقسیم بر حاصل‌ضرب انحراف معیار هر یک آن‌هاست. مقدار ضریب همبستگی پیرسون بین ۱- و ۱ تغییر می‌کند که نشانگر میزان تناسب مقدار دو متغیر به یکدیگر است (Porta et al., 2009, p. 14; As Cited in Porta et al., 2009, p. 461; Taylor, 1997). ضریب همبستگی مثبت نشانگر رابطه مستقیم بین متغیرهاست بدین معنا که اگر یکی از متغیرها افزایش (کاهش) یابد، دیگری نیز افزایش (کاهش) پیدا می‌کند. ضریب همبستگی منفی نیز بیانگر رابطه معکوس بین متغیرهاست.

۲-۳- محدوده مورد مطالعه

آزمون میزان صحت و چگونگی کارکرد هر نظریه شهری نیازمند کاربرد آن در یک محدوده جغرافیایی است؛ از این رو به مدل‌سازی مرکزیت نزدیکی محلی شبکه گذربندی شهر قم پرداخته می‌شود تا پهنه‌های مرکزی در مقیاس محلی شهر یاد شده از دیدگاه مرکزیت شبکه شناسایی گردیده، الگوی آرایش فضایی شبکه گذرندی در هر پهنه و ارتباط آن با مرکزیت شبکه مورد تحلیل و ارزیابی قرار گیرند. شهر قم در منطقه مرکزی ایران واقع شده و از آنجا که به دلیل موقعیت محل تقاطع چند راه بین شهری است، ادامه این راه‌ها در محدوده شهر سبب ایجاد ساختاری شعاعی در شبکه گذربندی شهر شده است که به مرور زمان با ایجاد خیابان‌های حلقوی و شبکه‌های راست‌گوشه از نظر دسترسی تقویت شده است. در شکل ۳، خیابان‌هایی که ادامه راه‌های برون‌شهری هستند، با رنگ قرمز، و سایر خیابان‌های سازنده ساختار کلان شبکه گذربندی شهر با رنگ بنفش مشخص شده‌اند. عبور راه آهن سراسری و رودخانه فصلی قمرود از داخل شهر (به ترتیب رنگ‌های سبز و آبی روشن در شکل ۳) نیز تأثیر به‌سزایی بر ساختار کلان شهر گذاشته است.

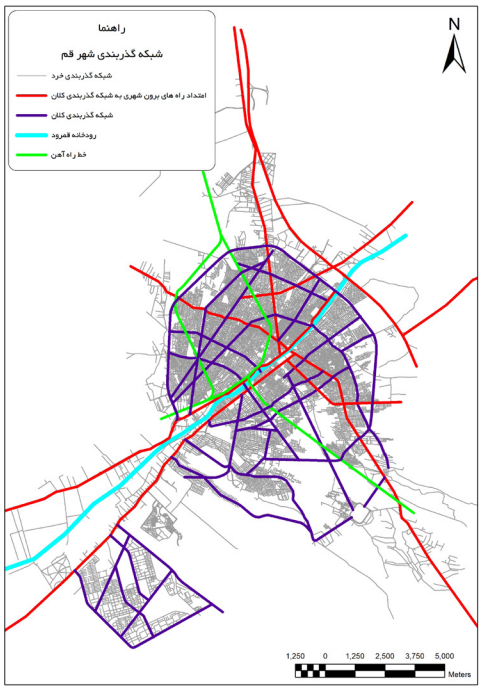
۳. تحلیل داده‌ها و شرح یافته‌های پژوهش

فرآیند دستیابی به یافته‌های پژوهش، به ترتیب زیر است:
۱- تحلیل و مدل‌سازی شاخص مرکزیت «نزدیکی محلی» شبکه گذربندی برای شناسایی پهنه‌های مرکزی در مقیاس محلی؛
۲- تعیین پهنه‌های مرکزی قابل سنجش و ارزیابی الگوهای آرایش فضایی شبکه گذربندی؛
۳- سنجش و ارزیابی الگوی آرایش فضایی شبکه گذربندی در پهنه‌های مرکزی برگزیده و
۴- تحلیل ارتباط بین الگوی آرایش فضایی و مرکزیت شبکه گذربندی در پهنه‌های مرکزی برگزیده.

۳-۱- شناسایی پهنه‌های مرکزی شهر در مقیاس محلی با روش MCA

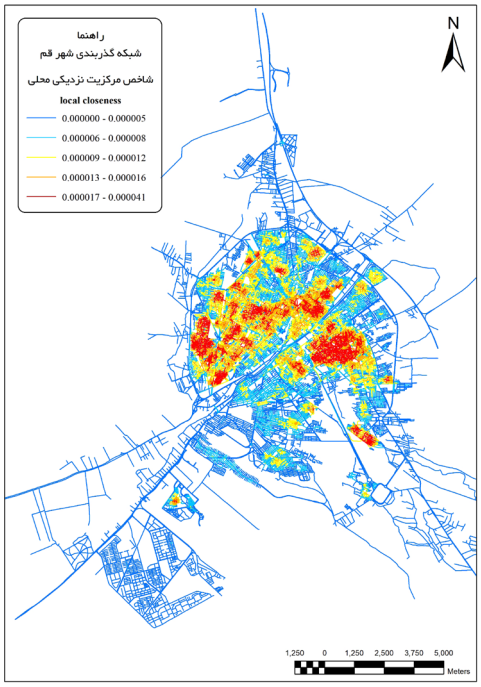
همان‌طورکه گفته شد، در این پژوهش از شاخص مرکزیت شبکه نزدیکی محلی استفاده می‌شود. خروجی مدل‌سازی شاخص نامبرده بر روی شبکه گذربندی شهر قم با استفاده از بسته نرم‌افزاری MCA و نیز نرم‌افزار ArcGIS، در شکل ۴ دیده می‌شود. در مدل تهیه شده، درجه مرکزیت با طیف رنگی از رنگ آبی تیره (کم‌ترین درجه) تا رنگ قرمز (بیش‌ترین درجه) نشان داده شده است. در مدل مرکزیت محلی تهیه شده، شعاع تحلیل، ۴۰۰ متر در نظر گرفته شده که با شعاع واحد همسایگی[۳۲] در نظریه واحد همسایگی کلرنس پری[۳۳] (۱۹۲۹) همخوانی دارد (Cited in Mehaffy, Porta, & Romice, 2015, p. 202). فاصله ۴۰۰ متری به‌عنوان فاصله دسترسی مناسب پیاده و یا با دوچرخه به خدمات در مطالعات دیگری همچون مطالعه رنلند[۳۴] بر روی دسترسی شهرهای سوئدی نیز استفاده می‌شود (Reneland, 2000, p. 133). از این رو، نتیجه تحلیل مرکزیت شبکه نزدیکی محلی انجام شده نشانگر پهنه‌های مرکزی شهر قم در مقیاس محلی (همسایگی) و متناسب با دسترسی پیاده است. در شکل ۴، پهنه‌های مرکزی (پهنه‌های دارای مرکزیت بالاتر)، در مقیاس دسترسی پیاده، با رنگ قرمز قابل مشاهده هستند. این پهنه‌های مرکزی بر اساس پیشینه پژوهش قابلیت بارگذاری تراکم بالاتری از فعالیت‌های تجاری و خدماتی را دارا می‌باشند.

شکل ۳: ساختار شبکه گذربندی شهر قم



(Qom City Municipality)

شکل ۴: مدل مرکزیت نزدیکی محلی شبکه گذربندی شهر قم



۳-۲- تعیین پهنه‌های مرکزی قابل سنجش

پس از مشخص شدن پهنه‌های مرکزی شهر قم از دیدگاه مرکزیت شبکه گذربندی، گام بعدی، فرآیند تعیین پهنه‌های مرکزی قابل تحلیل و سنجش الگوهای شبکه است تا در نهایت الگوهای آرایش فضایی شبکه گذربندی در مقیاس محلی مورد شناسایی و تحلیل قرار گیرند. گزینش پهنه‌های مرکزی قابل تحلیل، گامی بسیار مهم از پژوهش حاضر است چرا که تعیین نادرست پهنه‌های مورد نظر می‌تواند به انحراف در نتایج پژوهش بیانجامد. با توجه به همگونی نسبی هر یک از پهنه‌های مرکزی برگزیده نهایی (پس از پایان فرآیند پیش‌رو) از دیدگاه ریخت‌شناسی، پهنه‌های یاد شده، «پهنه‌های ریخت‌شناختی محلی» نام‌گذاری می‌شوند. فرآیند تعیین پهنه‌های ریخت‌شناختی

محلی، شامل گام‌های زیر است که در ادامه آورده می‌شود:
۱- شناسایی لبه‌های شهری (نفوذپذیر و نفوذناپذیر)؛
۲- شناسایی پهنه‌های شهری غیرقابل تحلیل الگوی شبکه
و
۳- تعیین پهنه‌های ریخت‌شناختی محلی.
فرآیند تحلیل باید در پهنه‌هایی انجام شود که تا حد امکان از نظر ریخت‌شناسی، همگن باشند. با توجه به پیشینه پژوهش، مرز پهنه‌های یاد شده بر موانع شهری ردیف اول (لبه‌های نفوذناپذیر) و موانع شهری ردیف دوم یا مرزهای شهری (لبه‌های نفوذپذیر) منطبق است، چرا که این لبه‌ها، نقش جداکنندگی در بافت شهری داشته، دو بافت متفاوت از نظر ریخت‌شناسی در دو سوی خود را رقم خواهند زد. لبه‌های شهری قم شامل موردهای زیر است که در شکل ۵ نمایش داده می‌شود:

۳-۲-۱- لبه‌های نفوذناپذیر شهری

- لبه‌های طبیعی: رودخانه قمرود؛
- لبه‌های مصنوعی: خط راه‌آهن، بزرگراه (کمربندی، محور پیامبر اعظم (ص)، خلیج فارس)، آزادراه (تهران-قم-کاشان)، تبادل‌ها.

۳-۲-۲- لبه‌های نفوذپذیر شهری

- خیابان‌های شریانی درجه یک
- خیابان‌های شریانی درجه دو

همان‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود، لبه‌های شهری، سطح شهر را به سوپربلوک‌های شهری تقسیم می‌نمایند که در این پژوهش، «پهنه‌های شهری» نامگذاری می‌شوند. شایان ذکر است تمامی پهنه‌های شهری به دست آمده، برای انجام تحلیل و ارزیابی الگوی شبکه و فعالیت مناسب نیستند. پهنه‌های شهری غیر قابل تحلیل الگوی شبکه در شهر قم به ترتیب زیر قابل دسته‌بندی می‌باشند:

۳-۲-۳- پهنه‌های تک کارکردی بزرگ

- پهنه‌های تجهیزات حمل و نقلی (تاسیسات راه‌آهن، پایانه‌ها و غیره)
- پهنه‌های صنعتی-کارگاهی
- پهنه‌های سبز شهری (پارک‌ها و بوستان‌ها، باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی)
- پهنه‌های خاکی شهری (زمین‌های بایر و کوهستانی)
- بلوک‌های تک کاربری بزرگ

۳-۲-۴- پهنه‌های مسکونی کامل شکل نگرفته

- پهنه‌های مسکونی دارای ساخت و ساز پراکنده و شبکه گذربندی ناپیوسته
- پهنه‌های مسکونی دارای شکل هندسی نامناسب و عمق بافت کم

افزون بر موردهای بالا، به لایه نقشه روند تاریخی رشد کالبدی شهر و نیز لایه مرز پلاک‌های ثبتی (زمین‌های کشاورزی و باغات پیشین) نیز توجه شد تا پهنه‌های دارای بافت درونی ناهمگن، به دلیل شکل‌گیری در بیش از یک دوره تاریخی، و یا مربوط به دو یا چند پلاک ثبتی متفاوت و دارای تفکیک نامشابه، جزء پهنه‌های غیرقابل تحلیل قرار گیرند. هرچند به دلیل عدم دسترسی به داده‌های کامل به ویژه در مورد لایه مرز پلاک‌های ثبتی، در همه پهنه‌ها این امر میسر نبود. پس از حذف پهنه‌های غیرقابل تحلیل، که نخستین غربالگری در دستیابی به پهنه‌های برگزیده نهایی است، تعداد ۶۰ پهنه باقی می‌مانند که «پهنه‌های برگزیده اولیه» نامیده می‌شوند که در شکل ۶- الف با رنگ زرد مشخص شده‌اند. این نقشه نشانگر آن است که پهنه‌های یاد شده در بافت مرکزی و میانی شهر قرار گرفته‌اند که بافتی غالباً مسکونی است؛ البته از آنجا که، با توجه به گفته‌های بالا، «پهنه‌های مسکونی کامل شکل نگرفته» از آن‌ها حذف شده‌اند، تمام سطح بافت مرکزی و میانی شهر را پوشش نداده‌اند. بافت پیرامونی شهر نیز افزون بر «پهنه‌های مسکونی کامل شکل نگرفته»، «پهنه‌های تک کارکردی بزرگ» را نیز شامل می‌شود که برای تحلیل الگوی شبکه در مقیاس محلی مناسب نیستند.

شکل ۵: لبه‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیر شهر قم

گام بعدی، تعیین پهنه‌های برگزیده نهایی یا همان «پهنه‌های ریخت‌شناختی محلی» است. پهنه‌های نهایی باید قابلیت تحلیل شبکه را داشته، از دیدگاه شبکه گذربندی، مرکزی بوده، و از دیدگاه ریخت‌شناختی، بافت نسبتاً همگنی باشند. از این‌رو پهنه‌های یاد شده بایستی بر اساس معیارهایی انتخاب شوند تا هدف مورد نظر پوشش داده شود. بدین منظور با توجه به پیشینه و هدف پژوهش، پنج شرط زیر برای سنجش ۶۰ پهنه برگزیده اولیه و تعیین پهنه‌های نهایی در نظر گرفته می‌شوند؛ هر کدام از ۶۰ پهنه یاد شده که دارای همه پنج شرط زیر باشند، به‌عنوان پهنه‌های برگزیده نهایی انتخاب می‌شوند:

شرط ۱: مساحت پهنه، حداقل ۵۰ هکتار باشد (مساحت دایره‌ای با شعاع ۴۰۰ متر) تا شعاع دسترسی در مقیاس محلی تأمین شود.

شرط ۲: پهنای کوچک‌ترین مستطیل محیطی (MBR)[۳۵] پلیگون مرز پهنه، به اندازه‌ای باشد که حداقل شعاع ۴۰۰ متر برای دایره محیط بر هر قسمت MBR یاد شده تأمین شود.

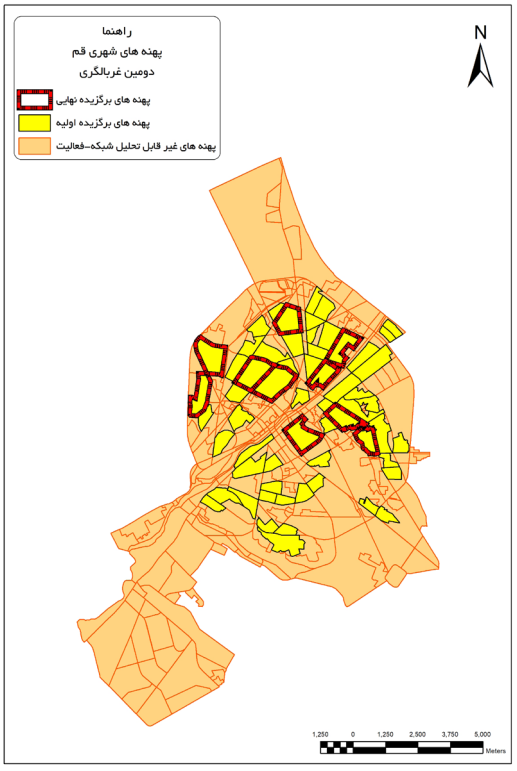
شرط ۳: عامل شکل پلیگون مرز پهنه حداقل ۰.۳ باشد تا پهنه‌های دارای شکل هندسی نامناسب برای تحلیل، حذف شوند.

شرط ۴: شاخص جایگزین مساحت پلیگون مرز پهنه حداقل ۰.۶ باشد (با بررسی نمودار توزیع فراوانی این شاخص در پهنه‌ها) تا پهنه‌های دارای شکل بسیار نامنظم (غیرفشرده) حذف شوند.

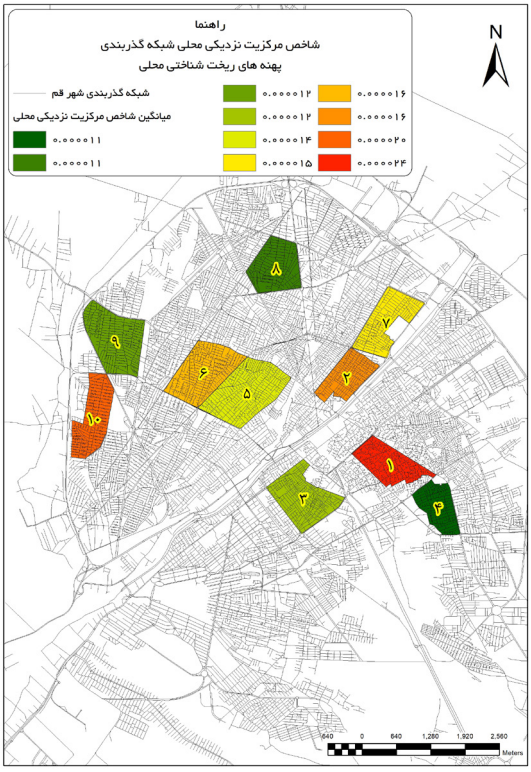
شرط ۵: میانگین شاخص مرکزیت نزدیکی محلی پیوندهای درون پهنه، حداقل برابر با میانگین آن شاخص در کل شهر قم باشد تا پهنه‌های برگزیده، از محدوده‌های مرکزی شهر (دارای مرکزیت بالا) باشند. این شرط، مهم‌ترین شرط از نظر هدف پژوهش حاضر است.

فرآیند تعیین پهنه‌های ریخت‌شناختی محلی با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای SPSS، ArcGIS و Microsoft Excel انجام می‌شود. پس از انجام فرآیند یاد شده، که دومین غربالگری پهنه‌های شهری قم می‌باشد، تعداد ۱۰ پهنه نهایی به‌عنوان «پهنه‌های ریخت‌شناختی محلی» برگزیده می‌شوند (شکل ۶- الف) که برای شناسایی آسان‌تر نام‌گذاری می‌شوند. نام‌گذاری تا حدود زیادی بر اساس بازه تاریخی شکل‌گیری بافت پهنه مورد نظر است. نقشه (۴- ب) نشانگر نام‌گذاری پهنه‌های یاد شده (از شماره ۱ تا ۱۰) و میانگین شاخص مرکزیت نزدیکی محلی شبکه گذربندی هر پهنه است که نشان می‌دهد مرکزیت شبکه لزوماً ارتباط مستقیم با قدمت بافت پهنه ندارد.

شکل ۶: (الف) غربالگری پهنه‌های شهری قم؛ (ب) میانگین شاخص مرکزیت نزدیکی محلی شبکه پهنه‌های ریخت‌شناختی محلی



(الف)



(ب)

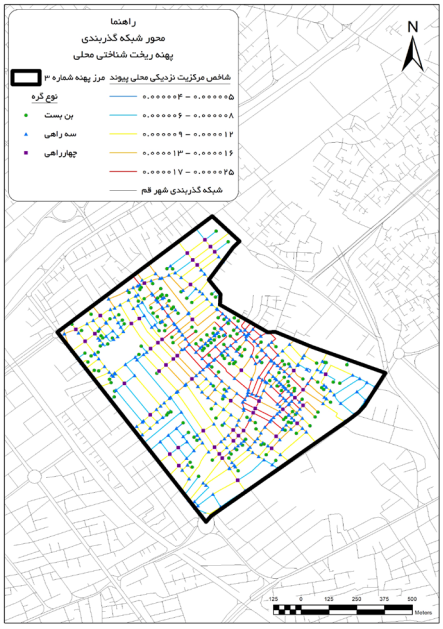
۳-۳- ارزیابی الگوی آرایش فضایی شبکه گذربندی در پهنه‌های ریخت‌شناختی محلی

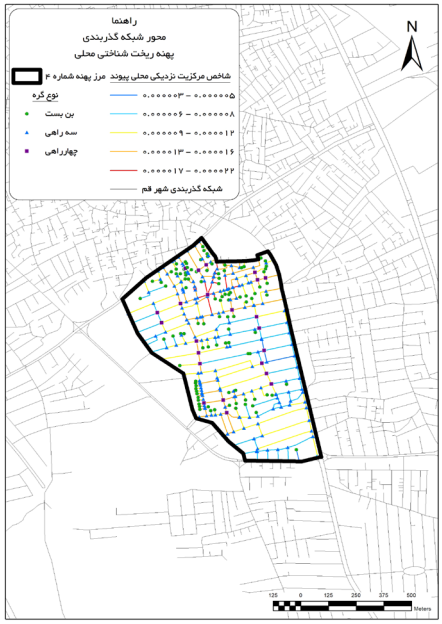
در این بخش به تحلیل ویژگی‌های الگوی آرایش فضایی شبکه گذربندی در ساختار خرد شبکه یا مقیاس محلی پرداخته می‌شود. ویژگی‌های الگوی آرایش فضایی شبکه در دو دسته کلی «محور شبکه گذربندی» و «بلوک‌بندی» مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بر اساس داده‌های مکان‌مبنای در دسترس، لایه‌های نقشه‌های مورد نظر با استفاده از توانمندی‌های نرم‌افزار ArcGIS تهیه می‌شود. نقشه محور شبکه گذربندی هر پهنه نشانگر پیوندهای شبکه و رنگ‌بندی آن‌ها بر اساس مقدار شاخص مرکزیت نزدیکی محلی، و نیز گونه‌های مختلف گره (سه‌راهی، چهارراهی و بن‌بست) است (شکل ۷). نقشه بلوک‌بندی هر پهنه نیز موقعیت بلوک‌های درون پهنه را نشان می‌دهد (شکل ۸). همان‌طور که در شکل ۷ پیداست، با بالا رفتن تعداد بن‌بست‌ها در یک محدوده، تعداد سه‌راهی‌ها هم افزایش می‌یابد- چرا که به طور معمول هر بن‌بست از یک سه‌راهی منشعب می‌شود- و بدین ترتیب تراکم تعداد گره‌ها در آن محدوده افزایش می‌یابد. از آنجا که بلوک‌ها، همچون جزیره‌هایی هستند که مرز آن‌ها، شبکه گذربندی است، نقشه بلوک‌بندی تا حد بسیاری اثرپذیر از نقشه محور شبکه گذربندی هر پهنه است؛ بنابراین هر چه محورهای شبکه گذربندی در یک محدوده، فشرده‌تر و پرتراکم‌تر باشند، بلوک‌ها نیز مساحت کمتری خواهند داشت و برعکس. یافته‌های جامع‌تر و دقیق‌تر، با توجه به هدف پژوهش، از محاسبه مقدار سنجه‌ها و شاخص‌ها و با استفاده از تحلیل همبستگی بین شاخص‌ها به‌دست می‌آید.

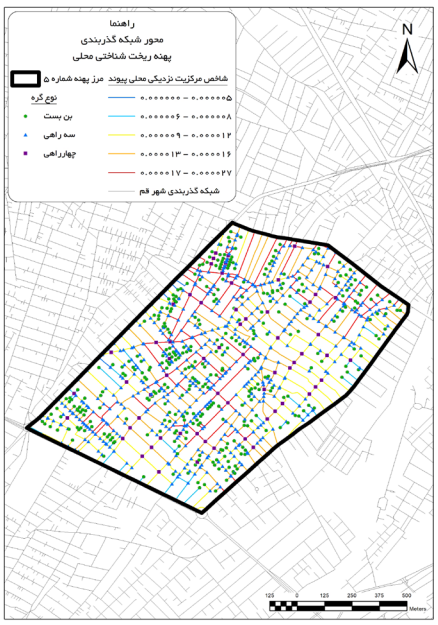
با بررسی پیشینه پژوهش، و نیز داده‌های در دسترس، لیست جامعی از سنجه‌های مرتبط با آرایش فضایی شبکه گذربندی و شاخص‌های محاسبه شده از ترکیب سنجه‌ها تهیه می‌شود. شایان ذکر است، برای این‌که مقایسه بین ویژگی‌های الگوی شبکه پهنه‌ها با یکدیگر معنادار باشد، باید تنها شاخص‌ها در نظر گرفته شوند. تعداد شاخص‌های سنجش آرایش فضایی شبکه گذربندی در مجموع ۳۰ شاخص (۱۹ شاخص محور شبکه گذربندی، و ۱۱ شاخص بلوک‌بندی) هستند که برای فرآیند تحلیل، شماره‌گذاری می‌شوند (جدول ۱). شاخص‌های مرتبط با مرکزیت نزدیکی محلی پیوندها نیز حذف می‌شوند تا سبب انحراف نتایج پژوهش در حین بررسی ارتباط بین مرکزیت و الگوی شبکه نگردند. در ضمن با توجه به این‌که در پهنه‌ها تنها دو گونه تقاطع سه‌راهی و چهارراهی وجود دارد، منظور از «کل تقاطع‌ها» همان «مجموع تقاطع‌های سه‌راهی و چهارراهی» است.

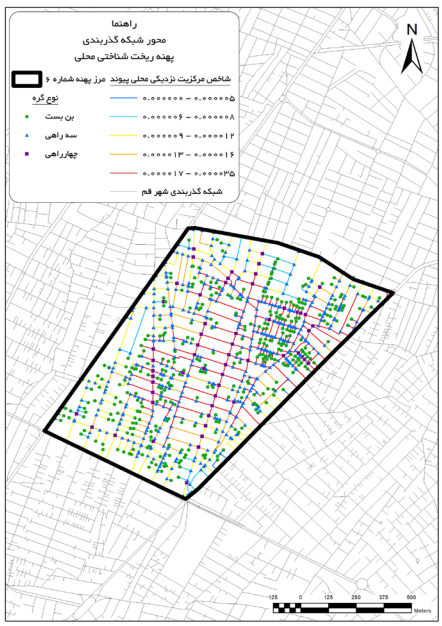
پیش از آنکه به تحلیل شاخص‌ها پرداخته شود، هر دو شاخصی که همبستگی بالا (در سطح معناداری ۰.۰۱) با یگدیگر دارند، شناسایی گردند تا یکی از آن‌ها از فرآیند تحلیل حذف شود تا بدین ترتیب تأکید بیش از حد بر روی یک ویژگی صورت نپذیرد. برای این منظور، با استفاده از ابزارهای تحلیلی نرم‌افزار SPSS، ماتریس همبستگی[۳۶] بین ۳۰ شاخص یاد شده تشکیل می‌شود. پس از بررسی و ارزیابی شاخص‌های دارای همبستگی بالا با توجه به پیشینه و هدف پژوهش حاضر، تعداد ۱۰ شاخص (چهار شاخص محور شبکه و شش شاخص بلوک‌بندی) برای تحلیل نهایی الگوهای شبکه برگزیده شدند که در جدول ۱ به صورت پررنگ مشخص می‌باشند. جدول ۲، آمار توصیفی شاخص‌های برگزیده را نشان می‌دهد.

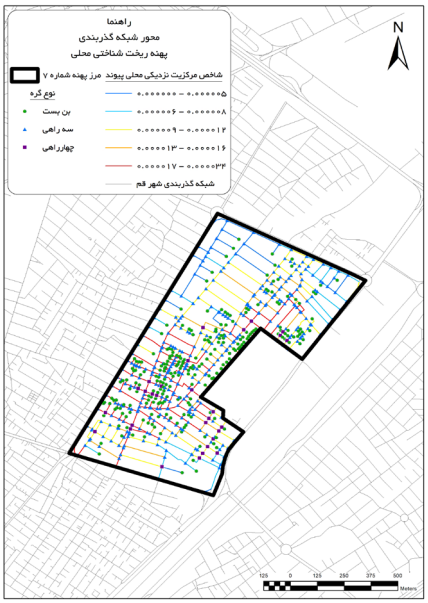
شکل ۷: محور شبکه گذربندی در ۱۰ پهنه ریخت‌شناختی محلی

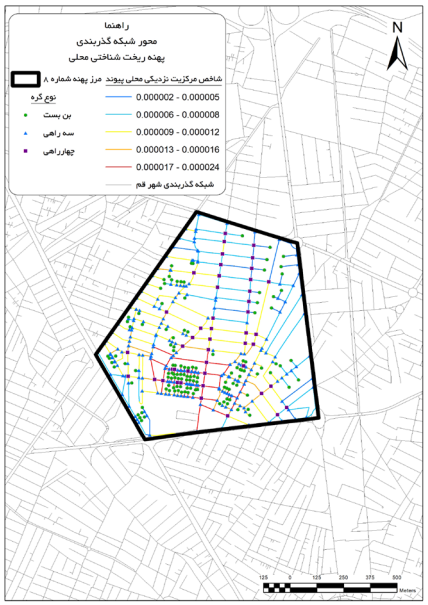

راهنما
محور شبکه گذربندی
پهنه ریخت شناختی محلی
شاخص مرکزیت نزدیکی محلی پیوند
مرز پهنه شماره ۳
نوع گره
بن بست
سه راهی
چهارراهی
شبکه گذربندی شهر قم
N
Meters

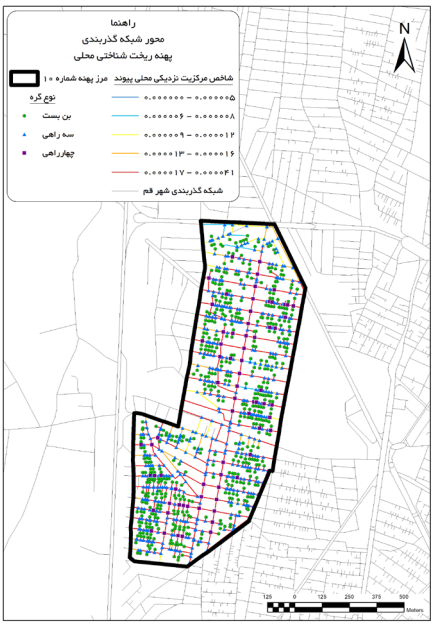

راهنما
محور شبکه گذربندی
پهنه ریخت شناختی محلی
شاخص مرکزیت نزدیکی محلی پیوند
مرز پهنه شماره ۴
نوع گره
بن بست
سه راهی
چهارراهی
شبکه گذربندی شهر قم
N
Meters

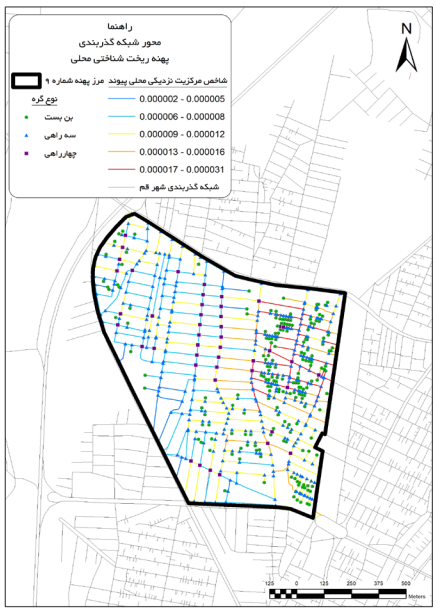

راهنما
محور شبکه گذربندی
پهنه ریخت شناختی محلی
شاخص مرکزیت نزدیکی محلی پیوند
مرز پهنه شماره ۵
نوع گره
بن بست
سه راهی
چهارراهی
شبکه گذربندی شهر قم
N
Meters


راهنما
محور شبکه گذربندی
پهنه ریخت شناختی محلی
شاخص مرکزیت نزدیکی محلی پیوند
مرز پهنه شماره ۶
نوع گره
بن بست
سه راهی
چهارراهی
شبکه گذربندی شهر قم
N
Meters

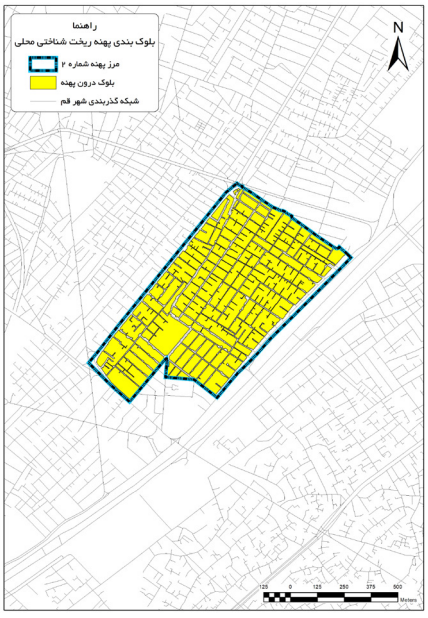

راهنما
محور شبکه گذربندی
پهنه ریخت شناختی محلی
شاخص مرکزیت نزدیکی محلی پیوند
مرز پهنه شماره ۷
نوع گره
بن بست
سه راهی
چهارراهی
شبکه گذربندی شهر قم
N
Meters

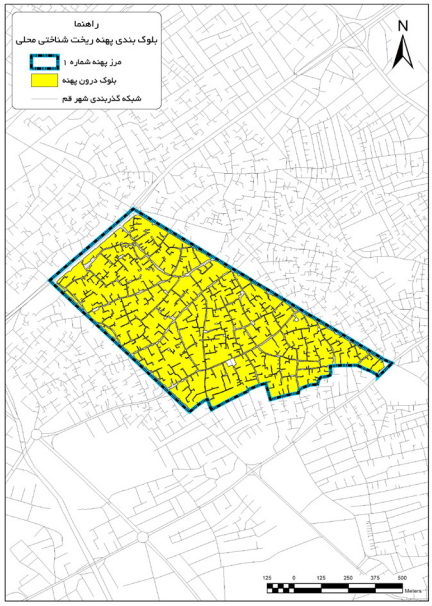

راهنما
محور شبکه گذربندی
پهنه ریخت شناختی محلی
شاخص مرکزیت نزدیکی محلی پیوند
مرز پهنه شماره ۸
نوع گره
بن بست
سه راهی
چهارراهی
0.000002 - 0.000005
0.000006 - 0.000008
0.000009 - 0.000012
0.000013 - 0.000016
0.000017 - 0.000024
شبکه گذربندی شهر قم
N
Meters

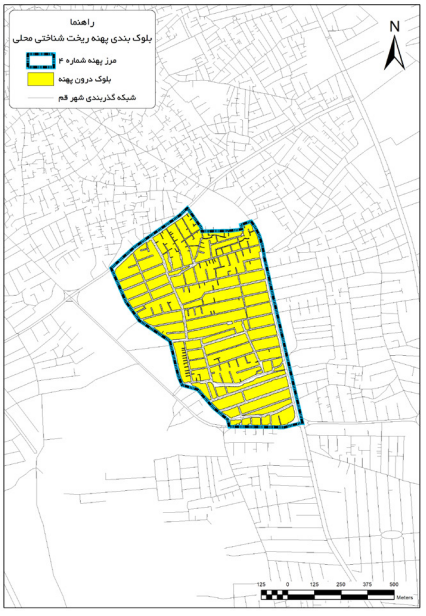


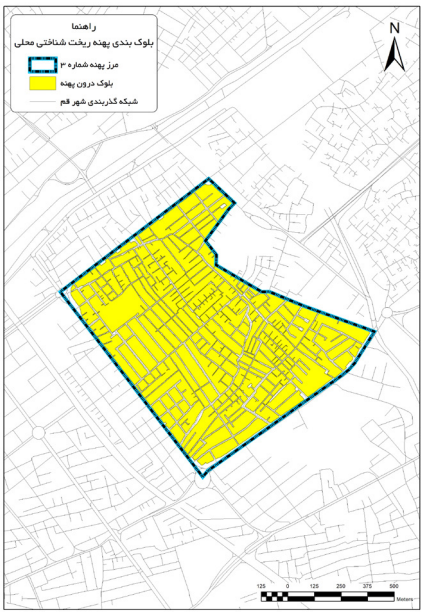


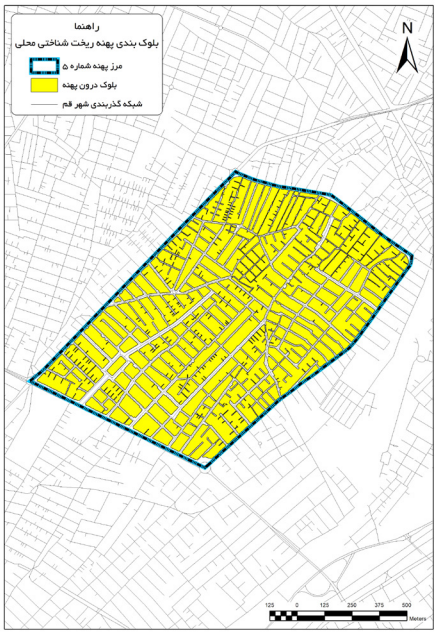
شکل ۸: بلوک‌بندی در ۱۰ پهنه ریخت‌شناختی محلی

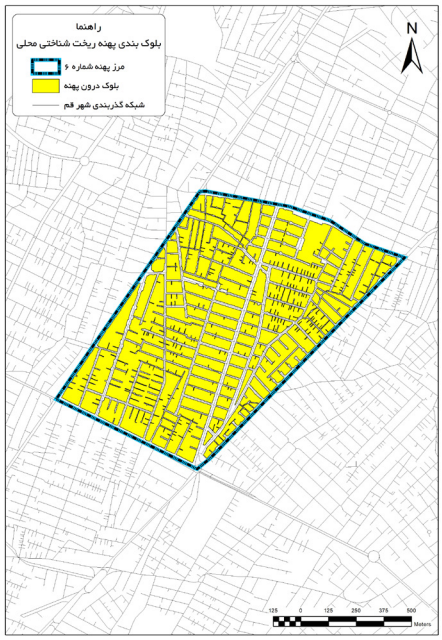


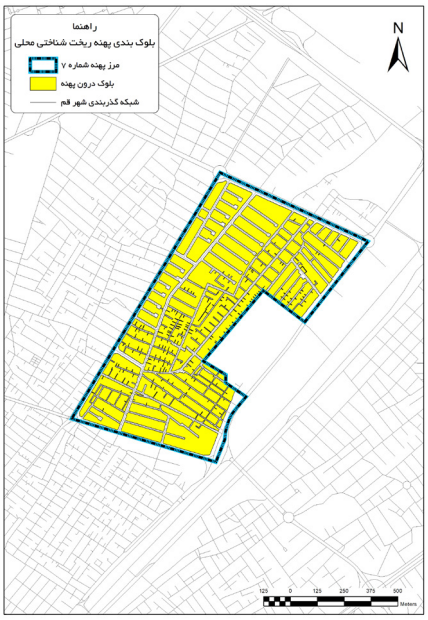


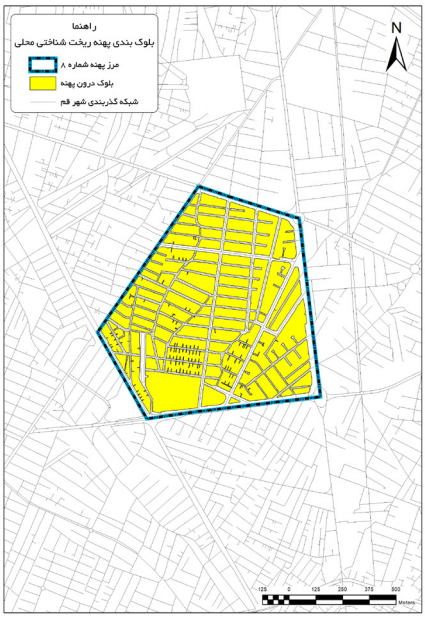


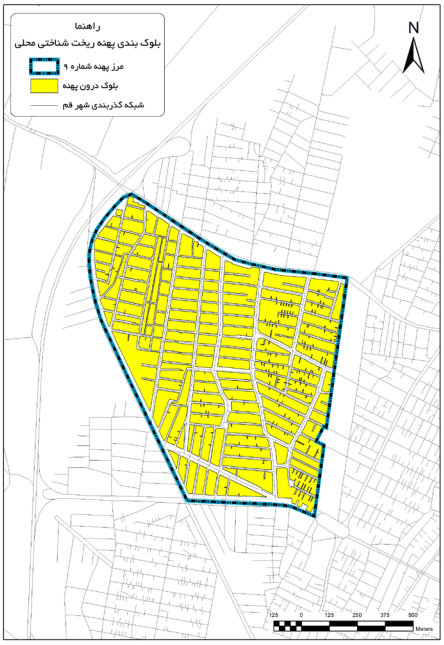


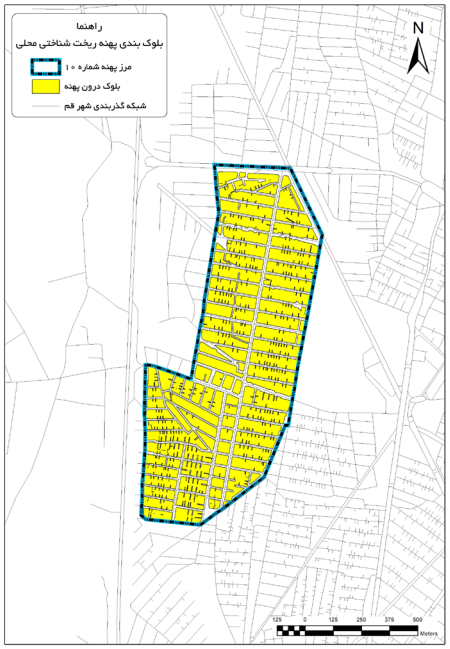












(Qom City Municipality)

جدول ۱: شاخص‌های سنجش آرایش فضایی شبکه گذربندی پهنه‌های ریخت‌شناختی محلی

	شماره	شاخص		شماره	شاخص
شاخص‌های محور شبکه گذربندی	۱	تراکم خطی گره‌ها	شاخص‌های محور شبکه گذربندی	۱۶	پراکندگی نسبی طول پیوندها
	۲	تراکم سطحی گره‌ها		۱۷	تراکم سطحی پیوند
	۳	نسبت سه‌راهی به کل گره‌ها		**۱۸**	**تراکم سطحی طول پیوند**
	۴	تراکم خطی سه‌راهی		**۱۹**	**نسبت پیوند به گره**
	۵	نسبت چهارراهی به کل گره‌ها		۲۰	سهم مساحتی بلوک‌ها از کل پهنه
	۶	**تراکم خطی چهارراهی**		**۲۱**	**تراکم سطحی بلوک‌ها**
	۷	نسبت سه‌راهی به کل تقاطع‌ها		۲۲	میانگین مساحت بلوک‌ها
	۸	نسبت چهارراهی به کل تقاطع‌ها		۲۳	انحراف معیار مساحت بلوک‌ها
	۹	نسبت بن‌بست به کل گره‌ها		**۲۴**	**پراکندگی نسبی مساحت بلوک‌ها**
	۱۰	تراکم خطی بن‌بست		**۲۵**	**میانگین عامل شکل بلوک‌ها**
	۱۱	**نسبت سه‌راهی و بن‌بست به کل گره‌ها**		۲۶	میانگین شاخص جایگزین مساحت بلوک‌ها
	۱۲	نسبت بن‌بست به مجموع بن‌بست و سلول		**۲۷**	**میانگین جهت‌گیری بلوک‌ها**
	۱۳	نسبت سلول به مجموع بن‌بست و سلول		**۲۸**	**میانگین راست‌گوشه بودن بلوک‌ها**
	۱۴	میانگین طول پیوندها		۲۹	سهم مساحتی شبکه از کل پهنه
	۱۵	انحراف معیار طول پیوندها		**۳۰**	**نسبت مساحتی بلوک به شبکه**

جدول ۲: آمار توصیفی شاخص‌های برگزیده الگوی شبکه گذربندی پهنه‌های ریخت شناختی محلی

شاخص	تعداد پهنه	بازه	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
تراکم خطی چهارراهی	۱۰	۱.۹	۰.۴	۲.۳	۱.۵	۰.۵
نسبت سه راهی و بن بست به گره	۱۰	۰.۱۱	۰.۸۸	۰.۹۹	۰.۹۳	۰.۰۳
تراکم سطحی طول پیوند	۱۰	۰.۱۱	۰.۳۰	۰.۴۱	۰.۳۶	۰.۰۴
نسبت پیوند به گره	۱۰	۰.۲۱	۱.۰۶	۱.۲۸	۱.۱۸	۰.۰۷
تراکم سطحی بلوک	۱۰	۱.۱۲	۰.۹۱	۲.۰۳	۱.۴۲	۰.۳۲
پراکندگی نسبی مساحت بلوک‌ها	۱۰	۰.۹۷	۰.۵۸	۱.۵۵	۰.۸۹	۰.۲۷
میانگین عامل شکل بلوک‌ها	۱۰	۰.۰۸	۰.۳۸	۰.۴۶	۰.۴۱	۰.۰۳
میانگین جهت گیری بلوک‌ها	۱۰	۲۱.۰	۷۷.۵	۹۸.۵	۸۸.۹	۶.۶
میانگین راست گوشه بودن بلوک‌ها	۱۰	۰.۲۱	۰.۶۷	۰.۸۸	۰.۸۲	۰.۰۶
نسبت مساحتی بلوک به شبکه	۱۰	۲.۵۹	۲.۰۱	۴.۶۰	۲.۹۱	۰.۸۲

۳-۴- تحلیل ارتباط بین الگوی آرایش فضایی و مرکزیت شبکه در پهنه‌های ریخت‌شناختی محلی

برای ارزیابی ارتباط بین الگوی آرایش فضایی و مرکزیت شبکه گذربندی در مقیاس پهنه‌های ریخت‌شناختی محلی، از روش تحلیل همبستگی پیرسون و نرم‌افزار SPSS بهره گرفته می‌شود. ماتریس همبستگی بین شاخص‌های الگوی آرایش فضایی شبکه و میانگین شاخص مرکزیت، به صورت نزولی مرتب شده، در جدول ۳ دیده می‌شود؛ گفتنی است سه شاخص «تراکم سطحی طول پیوند»، «نسبت سه‌راهی و بن‌بست به گره» و «نسبت پیوند به گره» دارای همبستگی معنادار (در سطح معناداری ۰.۰۱) با میانگین شاخص مرکزیت پهنه می‌باشند که دو شاخص نخست، همبستگی مستقیم و شاخص سوم، همبستگی معکوس دارد.

جدول ۳: همبستگی بین شاخص‌های الگوی آرایش فضایی شبکه و میانگین شاخص مرکزیت پهنه‌ها

شاخص الگوی آرایش فضایی شبکه گذربندی	همبستگی با میانگین مرکزیت پهنه
تراکم سطحی طول پیوند	۰.۸۰۵
نسبت سه راهی و بن بست به گره	۰.۷۸۵
نسبت مساحتی بلوک به شبکه	۰.۵۱۰
میانگین عامل شکل بلوک‌ها	۰.۳۱۱
میانگین جهت گیری بلوک‌ها	۰.۱۶۵
پراکندگی نسبی مساحت بلوک‌ها	-۰.۰۴۳
تراکم خطی چهارراهی	-۰.۳۱۰
تراکم سطحی بلوک	-۰.۳۷۶
میانگین راست گوشه بودن بلوک‌ها	-۰.۵۶۰
نسبت پیوند به گره	-۰.۹۲۹

۴. بحث و تفسیر یافته‌ها

پس از ارزیابی الگوهای آرایش فضایی و تحلیل ارتباط آن‌ها با مرکزیت شبکه، جمع‌بندی یافته‌های حاصل از تحلیل همبستگی نشان می‌دهد تنها سه شاخص از ۱۰ شاخص الگوی آرایش فضایی شبکه گذربندی دارای همبستگی معنادار (در سطح معناداری ۰.۰۱) با میانگین شاخص مرکزیت شبکه می‌باشند (جدول ۳) که به ترتیب زیر قابل تفسیر می‌باشند:

- سه شاخص یاد شده از جنس محور شبکه بوده، میانگین شاخص مرکزیت ارتباط معناداری با شاخص‌های بلوک‌بندی ندارد.
- همبستگی مثبت، بالا و معنادار بین شاخص تراکم سطحی طول پیوند با میانگین شاخص مرکزیت نزدیکی محلی شبکه گذربندی پهنه نشانگر آن است که یکی از راه‌های بالا بردن مرکزیت شبکه، افزایش پوشش طولی شبکه در سطح پهنه مورد نظر است.
- همبستگی مثبت، بالا و معنادار بین نسبت تعداد سه‌راهی و بن‌بست به کل گره‌ها (سه‌راهی، چهارراهی و بن بست)، و همبستگی منفی، بالا و معنادار نسبت پیوند به گره با میانگین شاخص مرکزیت شبکه، نشان می‌دهد هر چه میانگین درجه گره‌ها (نسبت تعداد پیوندهای منشعب از گره‌ها) در یک پهنه کمتر باشد، مرکزیت آن پهنه بالاتر می‌رود. به عبارت دیگر، آنچه سبب بالا رفتن مقدار شاخص مرکزیت نزدیکی محلی شبکه می‌شود، افزایش تعداد گره‌ها (گام‌های تغییر مسیر) با حداقل افزایش تعداد پیوندهاست که راهکار آن افزایش تقاطع‌های سه‌راهی است. با اضافه کردن هر سه‌راهی به گراف شبکه، دو گره و دو پیوند به گراف اضافه می‌شود که با افزایش تعداد سه‌راهی‌ها، نسبت پیوند به گره به تدریج کاهش می‌یابد.

پژوهش حاضر با بررسی و تحلیل الگوهای آرایش فضایی شبکه گذربندی، و تبیین ارتباط بین الگوهای یاد شده با شاخص مرکزیت نزدیکی محلی شبکه گذربندی، از دیدگاهی نو و با تلاش برای همه‌جانبه‌نگری بیشتر، به تحلیل ارتباط الگو و مرکزیت شبکه در مقیاس محلی پرداخته است. گفتنی است در پژوهش‌های پیشین، پرداختن همزمان به موضوع‌های الگوی شبکه و مرکزیت، کمتر یافت می‌شود. بحث در مورد جایگاه، تفاوت‌ها و شباهت‌های پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین، در موارد زیر آورده شده، سپس در جدول ۴ جمع‌بندی می‌شود.

- از نظر مقیاس و محدوده مورد مطالعه، پژوهش حاضر، بررسی الگوهای شبکه را در مقیاس محلی بر روی پهنه‌های مختلف یک شهر انجام داده است که از این دیدگاه، مشابه با پژوهش‌های مک دوگال[۳۷] (۲۰۱۱) و بازتی[۳۸] (۲۰۱۷) است. پژوهش استرانو و همکارانش[۳۹] (۲۰۱۲) در مقیاس فراشهری در محدوده‌ای از منطقه مادرشهری میلان[۴۰] (ایتالیا[۴۱]) صورت پذیرفته است. پژوهش‌های لوف و بارثلمی[۴۲] (۲۰۱۴) و رشید[۴۳] (۲۰۱۶)، به مطالعه بر روی محدوده مرکزی تعداد فراوانی از شهرهای جهان پرداخته‌اند.
- از نظر پارامتر زمان، پژوهش حاضر به صورت تک‌مقطعی انجام شده است که با سایر پژوهش‌های اشاره شده در این بخش مشابه است به غیر از پژوهش استرانو و همکارانش (۲۰۱۲) که در زمان‌های مختلف، روند دگرگونی تدریجی شبکه را مورد کاوش قرار داده است. هیلیر (۱۹۹۹) نیز در مطالعه خود مرکزیت شبکه را به صورت یک فرآیند معرفی نموده، هرچند تحلیل‌های شبکه را در یک مقطع زمانی انجام داده است.
- برای شناسایی پهنه‌های ریخت‌شناختی محلی، پژوهش حاضر از روش مک دوگال (۲۰۱۱) بهره جسته است. از آنجا

که هدف مک دوگال، بررسی اثر موانع و لبه‌های شهری بر فرم شهری بوده، به منظور شناسایی پهنه‌های همگن شهر مونترال[۴۴]- به گفته وی، موزاییک منظر شهری- از مطالعه تفصیلی موانع یا لبه‌های نفوذناپذیر و مرزها یا لبه‌های نفوذپذیر شهری استفاده نموده است. این روش در پژوهش بازتی (۲۰۱۷) نیز به کار گرفته شده است.

- از نظر روش تحلیل و مدلسازی مرکزیت شبکه، پژوهش حاضر از روش MCA بهره می‌گیرد که با پژوهش استرانو و همکارانش (۲۰۱۲) مشابه است در صورتی که پژوهش‌های هیلیر (۱۹۹۹)، رشید (۲۰۱۶) و بازتی (۲۰۱۷) از روش چیدمان فضا استفاده نموده‌اند.

- از نظر روش تحلیل و ارزیابی الگوی آرایش فضایی شبکه، پژوهش حاضر از روش‌های تحلیل فضایی و آماری بهره جسته است؛ مارشال[۴۵](۲۰۰۵) با ترسیم نمودارهایی با نام نمودار مربعی و نمودار گره، روشی گرافیکی برای تحلیل و سنجش الگوهای شبکه ارائه داده است. مک دوگال (۲۰۱۱) با بهره‌گیری از تحلیل‌های آماری (نمودار پراکنش شاخص‌ها نسبت به یکدیگر) به ارزیابی شبکه گذربندی پرداخته است. استرانو و همکارانش (۲۰۱۲)، لوف و بارثلمی (۲۰۱۴) و بازتی (۲۰۱۷) نیز از تحلیل‌های آماری بهره گرفته‌اند. رشید (۲۰۱۶) نیز با بهره‌گیری از روش‌های تحلیل آماری گسترده (تک‌متغیره، دو متغیره و چند متغیره) به تحلیل الگوی شبکه پرداخته است.

- پژوهش حاضر با بهره‌گیری از طیف وسیعی از سنجه‌ها و شاخص‌هایی از دو نوع محور شبکه گذربندی و بلوک‌بندی به تحلیل و ارزیابی الگوی آرایش فضایی شبکه در پهنه‌های ریخت شناختی محلی پرداخته است که بیشتر سنجه‌ها و شاخص‌های پیشنهادی مارشال (۲۰۰۵)، مک دوگال (۲۰۱۱)، استرانو و همکارانش (۲۰۱۲)، لوف و بارثلمی (۲۰۱۴) و بازتی (۲۰۱۷) را شامل می‌شود. مارشال (۲۰۰۵) در فصلی از کتاب که به شناسایی و بررسی الگوی شبکه اختصاص دارد، از شاخص‌هایی از نوع محور شبکه برای تحلیل و سنجش الگوهای شبکه بهره گرفته است. از سوی دیگر، لوف و بارثلمی (۲۰۱۴) و بازتی (۲۰۱۷) از سنجه‌ها و شاخص‌هایی از نوع بلوک‌بندی بهره گرفته‌اند. رشید (۲۰۱۶) به مطالعه گسترده آرایش فضایی شبکه گذربندی با سنجش شاخص‌های متریک، توپولوژیک، و فراکتال[۴۶]مربوط به نقشه محور شبکه گذربندی، نقشه بلوک‌بندی، نقشه محوری، و نقشه پیوندی پرداخته است.

جدول ۴: مقایسه پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین

پژوهش	مقیاس و محدوده مورد مطالعه	پارامتر زمان	روش تحلیل مرکزیت	روش تحلیل الگوی شبکه	نوع شاخص‌ها
پژوهش حاضر	پهنه‌های مختلف یک شهر	تک مقطعی	MCA	فضایی و آماری	محور شبکه بلوک‌بندی
هیلیر (۱۹۹۹)	محورهای مختلف شهر	تک مقطعی	چیدمان فضا	فضایی	محور شبکه
مارشال (۲۰۰۵)	پهنه‌های شهری (بدون محدوده مشخص مورد مطالعه)	تک مقطعی	-	گرافیکی	محور شبکه
مک دوگال (۲۰۱۱)	پهنه‌های مختلف یک شهر	تک مقطعی	-	آماری	محور شبکه بلوک‌بندی
استرانو و همکارانش (۲۰۱۲)	منطقه مادرشهری	دوره زمانی	MCA	آماری	محور شبکه بلوک‌بندی
لوف و بارثلمی (۲۰۱۴)	محدوده مرکزی شهرهای مختلف	تک مقطعی	-	آماری	بلوک‌بندی
رشید (۲۰۱۶)	محدوده مرکزی شهرهای مختلف	تک مقطعی	چیدمان فضا	آماری	محور شبکه بلوک‌بندی
بازتی (۲۰۱۷)	پهنه‌های مختلف یک شهر	تک مقطعی	چیدمان فضا	آماری	بلوک‌بندی

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادهای پژوهشی

برای دستیابی به هدف‌های پژوهش، که همانا تبیین ارتباط الگوی آرایش فضایی و مرکزیت شبکه گذربندی در مقیاس محلی است، پس از مدل‌سازی شاخص مرکزیت نزدیکی محلی و ارزیابی الگوی آرایش فضایی شبکه گذربندی در پهنه‌های ریخت‌شناختی محلی شهر قم، به تحلیل ارتباط بین الگو و مرکزیت شبکه پرداخته شده است. در نهایت، با توجه به تفسیر یافته‌های برآمده از تحلیل همبستگی بین شاخص‌های سنجش الگوی آرایش فضایی و مرکزیت

نزدیکی محلی شبکه گذربندی در پهنه‌های یاد شده، نتیجه‌گیری می‌شود:

- برای تحلیل ارتباط بین آرایش فضایی و مرکزیت نزدیکی محلی شبکه گذربندی، بایستی از شاخص‌هایی از نوع محور شبکه بهره جست که این موضوع با توجه به این‌که شاخص مرکزیت، خود از جنس محور شبکه است، توجیه‌پذیر است.
- هر چه میزان طول شبکه در سطح بافت محلی و نیز تعداد تقاطع‌های سه‌راهی افزایش باشد، میانگین مرکزیت نزدیکی محلی پیوندهای شبکه گذربندی بافت افزایش یافته، بافت مرکزی‌تری در مقیاس دسترسی پیاده خواهیم داشت.

از نتایج این پژوهش می‌توان در ساماندهی و طراحی شبکه گذربندی و برنامه‌ریزی کاربری و ترافیک بافت محلی بهره جست تا به هدف‌های برنامه‌ریزی محله در زمینه پخشایش کاربری‌ها و مدیریت حرکت ترافیک به ویژه حرکت پیاده دست یافت؛ بدین ترتیب که در طراحی شبکه محله‌های شهر می‌توان با زیاد یا کم کردن تراکم طول پیوند در سطح و تعداد تقاطع‌های سه‌راهی، مرکزیت شبکه را افزایش یا کاهش داده، حضور و شدت مکان‌گزینی فعالیت‌های تجاری و خدماتی و مسیر حرکت پیاده را مدیریت نمود.

در خصوص محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به دشواری کار با داده‌های بزرگ با توجه به لزوم آماده‌سازی و به‌روزرسانی، و تحلیل و مدل‌سازی حجم بالای لایه شبکه گذربندی شهر قم، و مشکلات مدل‌سازی مرکزیت شبکه با بسته نرم‌افزاری MCA به دلیل پیچیدگی نرم‌افزار اشاره نمود. در پایان، با توجه به پیشینه و نتیجه‌های پژوهش حاضر، پیشنهادهای زیر برای پژوهش‌های بعدی ارائه می‌شود:

- پژوهش‌های مشابه بر روی الگوهای آرایش فضایی شبکه گذربندی و نیز مدل‌سازی مرکزیت شبکه برای سایر شهرهای ایران و مقایسه یافته‌ها در راستای تهیه الگوی تفصیلی شبکه گذربندی شهرهای ایران؛
- بهره‌گیری همزمان از رویکردهای اولیه و ثانویه برای مدل‌سازی مرکزیت شبکه گذربندی شهر قم، و تحلیل مقایسه‌ای نتیجه‌ها؛
- مطالعه مرکزیت شبکه گذربندی شهر قم با توجه به توسعه شهر در طی زمان و تکامل تدریجی شبکه گذربندی و کاوش نحوه جابجایی و تغییر شکل مسیرها و پهنه‌های مرکزی شهر در گذر زمان.

پی‌نوشت

1. Network Centrality
2. Street Layout
3. Local Closeness Centrality
4. Multiple Centrality Assessment
5. Centerline
6. Hillier

۷. در ریاضیات و علوم رایانه‌ای، گراف (graph) ساختاری ریاضی است که برای مدل‌سازی ارتباطات دوسویه بین اشیاء استفاده می‌شود. هر گراف از مجموعه‌ای از نقطه‌ها یا گره‌ها (nodes) و خط‌ها یا لبه‌ها (edges) تشکیل شده است که هر لبه پیونددهنده دو نقطه است. هر شبکه ارتباطی را می‌توان به صورت یک گراف نمایش داد. در شکل ۱، گرافی متشکل از پنج نقطه و پنج لبه نشان داده شده است. اگر هر نقطه‌ای از گراف از تمامی سایر نقطه‌ها قابل دسترس باشد، گراف، به هم پیوسته (connected) نامیده می‌شود. به طور نمونه شبکه گذربندی شهری، گرافی به هم پیوسته است (Freeman, 1979, pp. 217-218).

8. Topologic
9. Geometric
10. Configuration
11. Composition
12. Continuity
13. Alignment
14. Adjacency
15. Porta et al.
16. Betweenness
17. Straightness
18. Information
19. Primal Approach
20. Dual Approach
21. Hillier & Hanson
22. Space Syntax
23. Generalization
24. Step-Distance
25. Measures
26. Indicators
27. First and Second Order Urban Barriers
28. Urban Boundaries
29. Urban Thoroughfares
30. Functional Arterials
31. Pearson Correlation Coefficient
32. Neighborhood Unit
33. Clarence Perry
34. Reneland
35. Minimum Bounding Rectangle
36. Correlation Matrix
37. Macdougall
38. Buzzetti
39. Strano et al.
40. Milan
41. Italy
42. Louf & Barthelemy
43. Rashid
44. Montreal
45. Marshall
46. Fractal

REFERENCES

- Buzzetti, J. (2017). Street Network Morphologies: On the Characterization and Quantification of Street Systems. A Case Study in Montréal. Concordia University. https://spectrum.library.concordia.ca/982414/
- Dempsey, N., Brown, C., Raman, S., Porta, S., Jenks, M., Jones, C., & Bramley, Glen. (2010). Elements of Urban Form Dimensions of the Sustainable City (21-51). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-8647-2_2
- Freeman, L.C. (1979). "Centrality in Social Networks Conceptual Clarification". *Social Networks*, 1(3), 215-239. https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7
- Hillier, B. (1996). Space Is the Machine: A Configurational Theory of Architecture. Cambridge University Press. Cambridge. https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/3881
- Hillier, B. (1999). "Centrality as a Process: Accounting for Attraction Inequalities in Deformed Grids". *Urban Design International*, 4(3-4), 107-127. https://doi.org/10.1057/udi.1999.19
- Hillier, B., & Hanson, J. (1984). The Social Logic of Space. Cambridge University Press. Cambridge.
- Hillier, B., Penn, A., Hanson, J., Grajewski, T., & Xu, J. (1993). "Natural Movement-or, Configuration and Attraction in Urban Pedestrian Movement". *Environ Plann B*, 20(1), 29-66. https://doi.org/10.1068/b200029
- Louf, R., & Barthelemy, M. (2014). "A Typology of Street Patterns". *Journal of The Royal Society Interface*, 11(101), 20140924. https://doi.org/10.1098/rsif.2014.0924
- MacDougall, K. (2011). The Urban Landscape Mosaic, Assessing Barriers and Their Impact on the Quality of Urban Form: A Montreal Case Study. Concordia University. https://spectrum.library.concordia.ca/35895/
- Marshall, S. (2005). Streets & Patterns. Spon. London ; New York. https://books.google.com/books?id=6rBFKX-3MmcgC&dq
- Mehaffy, M.W., Porta, S., & Romice, O. (2015). "The "Neighborhood Unit" on Trial: A Case Study in the Impacts of Urban Morphology". *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 8(2), 199-217. https://doi.org/10.1080/17549175.2014.908786
- Newman, P., & Kenworthy, J. (1999). Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence. Island Press. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=pjatbiavDZYC&oi=fnd&pg=PR13&dq
- Penn, A., Hillier, B., Banister, D., & Xu, J. (1998). "Configurational Modelling of Urban Movement Networks". *Environment and Planning B-Planning & Design*, 25(1), 59-84. https://doi.org/10.1068/b250059
- Perry, C.A. (1929). "The Neighborhood Unit: A Scheme of Arrangement for the Family-Life Community Regional Plan of New York and Its Environs". New York: Arno Press. 3(4-5).
- Porta, S., Crucitti, P., & Latora, V. (2005). "The Network Analysis of Urban Streets: A Primal Approach". arXiv preprint physics/0506009. https://doi.org/10.1068/b32045
- Porta, S., Crucitti, P., & Latora, V. (2006). "The Network Analysis of Urban Streets: A Dual Approach". *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 369(2), 853-866. https://doi.org/10.1016/j.physa.2005.12.063
- Porta, S., Latora, V., & Strano, E. (2010). Networks in Urban Design. Six Years of Research in Multiple Centrality Assessment Network Science (107-129). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-84996-396-1_6
- Porta, S., Latora, V., Wang, F., Rueda, S., Cormenzana, B., Càrdenas, F., Latora, L., Strano, E., Belli, E., Cardillo, A., Scellato, S., Rabino, G., & Caglioni, M. (2009). "Correlating Densities of Centrality and Activities in Cities: The Cases of Bologna (It) and Barcelona (Es)". https://strathprints.strath.ac.uk/18474/
- Porta, S., Strano, E., Iacoviello, V., Messora, R., Latora, V., Cardillo, A., Wang, F., & Scellato, S. (2009). "Street Centrality and Densities of Retail and Services in Bologna, Italy". *Environment and Planning B: Planning and design*, 36(3), 450-465. https://doi.org/10.1068/b34098
- Rashid, M. (2016). The Geometry of Urban Layouts: A Global Comparative Study. Springer. https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-30750-3
- Reneland, M. (2000). "Accessibility in Swedish Towns". Achieving Sustainable Urban form. E & FN Spon, Taylor & Francis Group, London. 131-138. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=cO_BWyZx8P4C&oi=fnd&pg=PA131&dq
- Strano, E., Nicosia, V., Latora, V., Porta, S., & Barthélemy, M. (2012). "Elementary Processes Governing the Evolution of Road Networks". Scientific Reports. 2. https://doi.org/10.1038/srep00296
- Taylor, J. (1997). Introduction to Error Analysis, the Study of Uncertainties in Physical Measurements. https://books.google.com/books?id=ypNnQgAACAAJ&dq

نحوه ارجاع به این مقاله

زمانی، وحید؛ قلعه‌نویی، محمود و محمدی، محمود. (۱۳۹۹). کاوش ساختار خرد شبکه گذربندی شهر: الگوی آرایش فضایی و مرکزیت. نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ۱۳(۳۲)، ۲۱۹-۲۳۵.

DOI: 10.22034/AAUD.2020.120085

URL: http://www.armanshahrjournal.com/article_120085.html