

سنجش فرم شهری و تحلیل رابطه آن با ویژگی‌های جمعیتی با استفاده از سنج‌های فضایی

(نمونه موردی: شهر زاهدان)

محمد رضا شجاعی فر (دانشجوی دکتری رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا، واحد زاهدان، دانشگاه آزاد اسلامی، زاهدان، ایران)

mreza.shojaei49@gmail.com

محمود رضا انوری (استادیار رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا، واحد زاهدان، دانشگاه آزاد اسلامی، زاهدان، ایران، نویسنده

مسئول)

mr.anvari@iauzah.ac.i

معصومه حافظ رضازاده (استادیار رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا، واحد زاهدان، دانشگاه آزاد اسلامی، زاهدان، ایران)

rezazadeh2008@gmail.com

چکیده

مطالعات متعددی به بررسی و تحلیل فرم شهری پرداخته‌اند. در این مطالعات مباحث مربوط به فرم شهری به طور کلی بر تقابل بین فرم‌های پراکنده و فشرده متمرکز شده‌است. اگرچه فرم‌های پراکنده و فشرده متمرکز دو الگوی غالب در این خصوص به شمار می‌رود، اما بررسی و تحلیل جامع سایر ابعاد فرم شهری و ارتباط آن با سایر ابعاد شهری مانند ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی به ندرت صورت گرفته است. بنابراین هدف پژوهش سنجش و تحلیل فرم شهری و رابطه آن با ویژگی‌های جمعیتی در محلات شهر زاهدان می‌باشد. با توجه به هدف پژوهش، نوع پژوهش کاربردی با روش توصیفی - تحلیلی است. در این پژوهش از ده سنج فضایی در قالب پنج بعد متمایز فشردگی، تنوع، تخلخل، تراکم و پیچیدگی جهت بررسی و تحلیل فرم شهری استفاده شده‌است و سپس ارتباط بین سنج‌های فضایی فرم شهری و ویژگی‌های جمعیتی محلات شهر زاهدان با استفاده از آزمون آماری پیرسون در محیط نرم افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت. نتایج سنج‌های فضایی نشان می‌دهد که تفاوت‌های قابل توجهی در ابعاد فرم شهری محلات شهری نمونه موردی وجود دارد. فرم شهری زاهدان دارای فشردگی و تراکم بالا، پیچیدگی و تخلخل پایین و تنوع متوسط است. علاوه بر این، نتایج رابطه فرم شهری با ویژگی‌های جمعیتی شهر زاهدان گویای این امر است که اگرچه رابطه مستقیم مثبت و معناداری بین ویژگی‌های جمعیتی و امتیاز ترکیبی سنج‌های فضایی فرم شهری وجود دارد؛ این رابطه در خصوص تمامی سنج‌های فضایی برقرار نیست.

واژگان کلیدی: فرم شهری، ویژگی‌های جمعیتی، سنج‌های فضایی، شهر زاهدان

مقدمه

طی دهه‌های اخیر رشد شهرها سریعتر صورت گرفته است. در سال ۱۹۵۰، تنها ۳۰٪ از کل جمعیت جهان در سکونتگاه‌های شهری زندگی می‌کرد. این درحالی است که اکنون، جمعیت شهرنشین جهان تقریباً ۵۴٪ از کل جمعیت جهان را شامل می‌شود. بر اساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته تا سال ۲۰۵۰، ۶۶٪ از کل جمعیت جهان در شهرها ساکن خواهند شد که شهرهای کشورهای در حال توسعه بیشترین تعداد ساکنان شهر جدید را به خود جذب خواهند نمود. افزایش جمعیت شهرنشین در کشورها باعث ایجاد مسائل مختلفی از جمله عدم تعادل های فضایی، نوسان شدید در قیمت زمین و مسکن، خزش شهری، قطبش اجتماعی (Williams et al., 2000, 229)، توسعه بدون برنامه‌ریزی، افزایش هزینه‌های زیرساخت‌ها، به زیر ساخت و ساز رفتن اراضی مرغوب کشاورزی (رهنما و عباس زاده، ۱۳۸۵، ۲۱) در شهرها شده است. این امر موجب چند برابر شدن محدوده‌های شهری و شکل گیری بافت های کم تراکم در حاشیه‌های شهر گردیده است. آثار منفی این نوع توسعه بر روی حومه شهرها، محدوده شهرها، اقتصاد و محیط زیست شهری سبب گرایش کشور های پیشرفته به فرم فشرده سازی شهر از طریق کاربری ترکیبی، بهره گیری از ساختمان های فشرده و کاهش فواصل محل کار و سکونت و تهیه تنوعی از شیوه های حمل و نقل شده است (رضائیان و رهنما، ۱۳۹۳، ۸۸). بنابراین آگاهی از فرم فضایی و شکل شهر می تواند یکی از عوامل تاثیرگذار برنامه ریزی شهری باشد.

فرم شهری محورهای گسترده ای از موضوعات مرتبط با حوزه شهرسازی از قبیل سیمای طبیعی، جمعیت، تراکم، مراکز فعالیتی، پراکنش کاربری ها، شبکه های ارتباطی را دربردارد و لذا یکی از مهم ترین ابعاد شناخت و تحلیل شهر محسوب می شود (قرائی و همکاران، ۱۳۹۷، ۸۰). فرم شهر شاید مهم ترین وسیله ای باشد که یک شهر به واسطه آن خودش را عرضه می کند (Steadman et al., 2000, 74).

بنابراین لازم است که درک بهتری از رابطه بین فرم شهری و ویژگی های جمعیتی آن صورت پذیرد. امروزه آگاهی از فرم فضایی و شکل شهر می تواند یکی از عوامل تاثیرگذار در میزان موفقیت برنامه ریزان و دست اندرکاران شهری باشد و به بهبود محیط های شهری کمک شایانی بنماید. هدف این پژوهش نیز سنجش و تحلیل فرم شهری و رابطه آن با ویژگی های جمعیتی در شهر زاهدان می باشد که اهمیت مسأله سبب شده روش ها و مدل های چندی برای سنجش فرم شهری به کار گرفته شود و به دنبال پاسخگویی به این سؤالات است که ابعاد فرم شهری در محلات شهر زاهدان به چه صورت است؟ آیا رابطه بین فرم شهری و ویژگی های جمعیتی شهر زاهدان وجود دارد؟

مبانی نظری

فرم شهری^۱

فرم شهری ظرفی است که امکان می‌دهد فعالیت‌های شهری در آن به وقوع بپیوندد. با توجه به ماهیت پیچیده فرم شهری، متخصصان مختلفی از دیدگاه خاص به آن پرداخته‌اند. عده‌ای صرفاً جنبه زیبایی‌شناسی شکل شهر را مد نظر قرار داده‌اند. برخی بر جنبه‌های عملکردی تأکید کرده و برخی دیگر نیز جنبه‌های متافیزیکی، اسطوره‌ای، استعاره‌ای و نمادی شکل شهر را مورد بررسی قرار داده‌اند. بر همین اساس، باید گفت تعریف فرم هیچگاه آسان نبوده و به همین دلیل همیشه متناسب با نوع کاربردش از آن تعریف می‌شود (Anderson et al., 1996). فرم شهری به الگوهای کاربری زمین و فرم فیزیکی توسعه که در آن فعالیت‌های انسانی و تعاملات آنها تسهیل می‌شود، اشاره دارد (Marquez & Smith, 1999, 542). در واقع، فرم شهری محصولی از الگوهای فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی شهر است. به طور کلی فرم شهری شماری از ویژگی‌های فیزیکی و غیرفیزیکی از قبیل اندازه، شکل، مقیاس، تراکم، کاربری‌های زمین، گونه‌های ساخت و ساز، چیدمان بلوک شهری و توزیع فضای سبز را در بر می‌گیرد (Jenks & Jones, 2009, 22-3).

کوین لینچ (۱۹۸۴) فرم شهری را الگوی فضایی عناصر کالبدی بزرگ، ساکن و دائمی در شهر تعریف می‌کند. فرم شهری علاوه بر کاربری زمین متاثر از ساختار فضایی شبکه حمل و نقل است. در مجموع فرم شهری نتیجه گرد هم آمدن مفاهیم و عناصر متعددی از ساختار شهر است. عناصری مانند الگوی خیابان، اندازه و شکل بلوک، طراحی خیابان، شکل بندی قطعات زمین، پارک‌ها و فضاهای عمومی و ... باشد. عموماً فرم شهری تعدادی از خصیصه‌های کالبدی و غیرکالبدی را مانند اندازه، شکل، تراکم، کاربری زمین و مواردی از این دست شامل می‌شود (Lynch, 1984, 47). هندی، فرم شهری را ترکیبی از ویژگی‌های مربوط به الگوی کاربری اراضی، سیستم حمل و نقل و طراحی شهری می‌داند (Handy, 1996, 152-3). از نظر دونالد فولی (۱۹۶۴) فرم شهر همان جنبه کالبدی محیط است که می‌تواند فضایی یا غیر فضایی باشد. اندرسون در تعریفی عام، فرم شهر را الگوی توزیع فضایی فعالیت‌های انسان در برهه خاصی از زمان تعریف می‌کند (Anderson et al., 1996, 8). ویلر فرم شهری فشرده، فرم شهری به هم پیوسته، فرم شهری متصل، فرم شهری متنوع و فرم شهری بوم‌شناسانه را به عنوان پنج فرم اصلی شهری معرفی می‌نماید (Wheeler, 2003, 327-8).

در نهایت می‌توان گفت فرم شهر برآیند نیروهای اجتماعی - اقتصادی در قالب تصمیمات سیاسی، نظامی، معماری و مهندسی است، که به صورت الگوهایی از قبیل الگوی شبکه ارتباطی (دسترسی)، الگوی مراکز شهری، الگوی فضاهای سبز شهری، الگوی تراکم، قطعه بندی زمین، بافت‌های شهری (ریزدانه و درشت دانه) و سطوح پر خالی در مقیاس کلی، ساختار اصلی شهر را پدید می‌آورند (سعیدنیا، ۱۳۷۸، ۶۳).

سنجه‌های فضایی فرم شهری

- سنجه فشردگی فرم شهری

دو روش موران و آماره G جزء معروفترین سنجه‌های فضایی جهت سنجه فشردگی فرم شهری بشمار می‌روند. جتیس و اورد^۱ آماره عمومی G^۲ را در سال ۱۹۹۲ ارائه نمودند که از آن در اندازه‌گیری تمرکز ارزش‌های کم و یا بالا در محدوده مطالعاتی استفاده می‌شود. نتایج این آماره در تفسیر فرض صفر (عدم وجود خوشه‌بندی فضایی ارزش‌ها) مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل شماره ۱). زمانی که مقدار مطلق Z از p-value بزرگتر و p-value بسیار کوچک است، فرض صفر را می‌توان رد نمود. زمانی که فرض صفر رد شود، سطح اطمینان مقدار Z اهمیت پیدا خواهد کرد. مقدار مثبت Z گویای این امر است که ارزش‌های بالا با یکدیگر یک خوشه فضایی را تشکیل داده‌اند. همچنین، مقدار منفی Z نشان‌گر این است که ارزش‌های پایین با یکدیگر یک خوشه فضایی را تشکیل داده‌اند (Getis & Ord, 1992, 189-206). از این آماره در مقایسه الگوهای فضایی در یک زمان مشخص، نتیجه‌گیری در خصوص تغییرات خوشه‌بندی پدیده‌های فضایی در زمان‌های گوناگون مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سال ۱۹۹۵ آماره محلی G^۳ ارائه گردید که مقدار G را برای هر عارضه محاسبه می‌نمود. از طریق نتایج مقدار Z می‌توان عارضه‌های با ارزش‌های کم و یا بالا را که در محدوده مطالعاتی دارای تمرکز فضایی هستند، شناسایی نمود. نتایج این آماره محدوده‌هایی که عارضه‌های دارای ارزش بالا در آن متمرکز هستند (Hot Spot) و محدوده‌هایی که عارضه‌های دارای ارزش پایین در آن متمرکز هستند (Cold Spot) را مشخص می‌نماید (Ord & Getis, 1995, 286-306). آماره محلی G از طریق فرمول شماره ۱ محاسبه می‌گردد.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2]}{n-1}}} \quad (1)$$

که در آن x_j ویژگی (مانند سطح اشغال و ...) عارضه j (مانند قطعات و ...)، $w_{i,j}$ وزن فضایی بین عارضه i و j ، n تعداد کل عارضه‌ها، \bar{X} میانگین ویژگی عارضه‌ها است و S از طریق فرمول شماره ۲ محاسبه می‌گردد.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \quad (2)$$

شاخص موران^۴ توسط پاتریک آلفرد پیرس موران^۵ در سال ۱۹۵۰ ارائه گردید. این شاخص خودهمبستگی فضایی (شبهات عارضه‌ها) را بر پایه موقعیت و ارزش عارضه‌ها مورد سنجه قرار می‌دهد. بعد از حدود ۲۰ سال از چاپ مقاله موران، این شاخص با عنوان Moran's I مورد توجه قرار گرفت (Li et al., 2007, 357-75). نتایج این

- 1 . Arthur Getis and J. Keith Ord
- 2 . Getis-Ord General G
- 3 . Getis-Ord Gi*
- 4 . Moran's I
- 5 . Patrick Alfred Pierce Moran

شاخص در تفسیر فرض صفر (عدم وجود خوشه بندی فضایی ارزش‌ها در ارتباط با عارضه‌های جغرافیایی در محدوده مورد مطالعه) مورد استفاده قرار می‌گیرد. زمانی که مقدار مطلق Z از p-value بزرگتر و p-value بسیار کوچک است، فرض صفر را می‌توان رد نمود. نزدیک بودن مقدار شاخص موران به +1 نشان‌گر فشردگی و خوشه بندی فضایی و نزدیک بودن به -1 نشان دهنده پراکنش فضایی عارضه‌ها است. به عبارتی مقدار مثبت این شاخص گویای الگوی متمرکز فضایی و مقدار منفی آن گویای الگوی فضایی پراکنده است. در سال ۱۹۹۵، لوک انسلین در مقاله‌ای با عنوان «شاخص‌های محلی وابستگی فضایی»^۱ شاخص محلی موران^۲ را ارائه نمود (Anselin, 1995, 93-115). این شاخص خوشه‌هایی از عارضه‌ها را که دارای ارزش‌های مشابه هستند، شناسایی می‌کند. مقدار مثبت این شاخص برای یک عارضه گویای این مطلب است که عارضه مورد نظر توسط عارضه‌های دارای ارزش‌های مشابه احاطه شده است. مقدار منفی این شاخص برای یک عارضه گویای این است که عارضه مورد نظر توسط عارضه‌های دارای ارزش‌های متفاوت احاطه شده است. شاخص محلی موران از طریق فرمول شماره ۳ محاسبه می‌گردد.

$$I_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{X}) \quad (3)$$

که در آن، x_i ویژگی (مانند سطح اشغال، مساحت و تعداد قطعات شهری) عارضه i (مانند قطعات، بلوک‌ها و محلات شهری)، \bar{X} میانگین ویژگی متناظر، $w_{i,j}$ وزن فضایی بین عارضه i و j ، و S_i^2 از طریق فرمول شماره ۴ محاسبه می‌گردد.

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} x_j}{n-1} - \bar{X}^2 \quad (4)$$

همچنین، مقدار Z_1 از طریق فرمول شماره ۵ محاسبه می‌گردد.

$$z_{1i} = \frac{I_i - E[I_i]}{\sqrt{V[I_i]}} \quad (5)$$

شکل شماره ۱: شماتیک خودهمبستگی فضایی



ماخذ: (Bhatta, 2010, 93)

1 . Luc Anselin (1995) : Local Indicators of Spatial Association-LISA
2 . Anselin's Local Moran's I

از این دو سنجه در مطالعات فراوانی جهت سنجش فشردگی فرم شهری استفاده شده است. به عنوان نمونه می توان به تسایی (Tsai, 2005)، پیرا و همکاران (Pereira et al., 2013)، ارالدی و فوسکو (Araldi & Fusco, 2017)؛ ریمبولت (Raimbault, 2017)، پیلی و همکاران (Pili et al., 2017)، انگلفریت و کومن (Engelfriet & Koomen, 2018) و گو و فاست (Guo & Fast, 2019) اشاره کرد. با توجه به ویژگی های این دو سنجه می توان اظهار داشت که شاخص موران در شناسایی الگوهای فضایی ای که ارزش های بالا نزدیک یکدیگر باشند، کارآمد نیست. این شاخص تنها بر خود همبستگی فضایی مثبت نسبتا بالا گرایش دارد. به همین خاطر، نمی توان از طریق این شاخص ارزش های پایین دارای خودهمبستگی مثبت را از ارزش های بالای دارای خود همبستگی مثبت تفکیک نمود. در حالی که آماره G ارزش های بالا و پایین را از هم تفکیک می کند. از این رو از آماره G در تحلیل تمرکز فضایی استفاده شده است.

– سنجش تنوع فرم شهری

شاخص تنوع شانون (SHDI)^۱ در ابتدا برای سنجش تنوع گونه های زیستی ارائه شد (Shannon, 1948) و بعدها در مطالعات شهری به منظور سنجش تنوع کاربری زمین از آن استفاده گردید. شاخص تنوع شانون از طریق فرمول شماره ۶ محاسبه می گردد.

$$SHDI = - \sum_{i=1}^C p_i \ln p_i \quad (۶)$$

که در آن P_i سهم قطعات متعلق به نوع خاصی از کاربری (مانند مسکونی، تجاری و ...) و C تعداد دسته ها و طبقات کاربری زمین است.

شاخص تنوع سیمسون (SIDI)^۲ توسط ادوارد سیمسون در ۱۹۴۹ جهت اندازه گیری تنوع ارائه شد. این شاخص جهت اندازه گیری میزان تمرکز عارضه ها (مانند قطعات و ...) زمانی که این عارضه ها را در ارتباط با یک ویژگی (مانند نوع کاربری زمین و ...) دسته بندی شوند، مورد استفاده قرار می گیرد (Simpson, 1949). شاخص تنوع سیمسون از طریق فرمول شماره ۷ محاسبه می گردد.

$$SIDI = \sum_{i=1}^n P_i^2 \quad (۷)$$

که در آن P_i سهم قطعات متعلق به نوع خاصی از کاربری (مانند مسکونی، تجاری و ...) و n تعداد دسته ها و طبقات کاربری زمین است.

1 . Shannon's diversity index
2 . Simpson's diversity index

در ۱۹۷۵ شاخص تنوع اصلاح شده سیمسون (MSDI)^۱ توسط پیلو ارائه شد (Pielou, 1975). شاخص تنوع اصلاح شده سیمسون از طریق فرمول شماره ۸ محاسبه می‌گردد.

$$MSDI = \frac{-\ln \sum_{i=1}^n P_i^2}{\ln n} \quad (8)$$

زمانی که تعداد دسته‌ها پایین است، شاخص تنوع سیمسون از حساسیت کمتری نسبت به شاخص تنوع شانون برخوردار است (Mcgarigal & Marks, 1995). از مطالعاتی که در آنها از شاخص‌های تنوع جهت سنجش فرم شهری استفاده شده است می‌توان به گوان و رو (Guan & Rowe, 2016)، چوداری و پونیا (Choudhary & Punia, 2017)، گوان (Guan, 2018)، گو و همکاران (Guo et al., 2018) و نیکلس و پالیوال (Nickels & Paliwal, 2018) اشاره کرد.

- سنجش تخلخل فرم شهری

فضاهای باز هم به عنوان فضاهایی جهت راحتی ساکنان و هم برای پایداری شهرها از طریق فضاهای سبز و پوشش گیاهی از اهمیت بالایی در محدوده شهرها برخوردار هستند. سنجه تخلخل فضاهای باز به عنوان مناطق خالی طبقه بندی نشده را در مقایسه با سایر فضاهای شهری اندازه گیری می‌کند. دو سنجه نسبت فضاهای باز به محدوده های شهری (ROS) و نسبت فضاهای باز به قطعات شهری ساخته شده (ROB) از پرکاربردترین سنجه‌ها در این زمینه به شمار می‌روند (Huang et al., 2007, 188) که از طریق فرمول شماره ۹ محاسبه می‌گردند.

$$ROS = \frac{\sum_{i=1}^n A_o}{A_t} * 100 \quad ; \quad ROB = \frac{\sum_{i=1}^n A_o}{\sum_{i=1}^m A_b} \quad (9)$$

که در آن A_o مساحت فضاهای باز، A_t مساحت محدوده، A_b مساحت قطعات ساخته شده، n تعداد فضاهای باز و m تعداد قطعات ساخته شده در محدوده است (Huang et al., 2007; Galster et al., 2001).

- سنجش تراکم فرم شهری

تراکم با مقایسه میزان ویژگی‌هایی مانند مساحت، جمعیت و ... در محدوده های مختلف شهری تراکم فرم شهری را محاسبه می‌کند. اگرچه تنوع بالایی در شاخص‌های تراکم وجود دارد، با این وجود از میان آنها دو سنجه تراکم قطعه (PAD) در مقیاس بلوک‌های شهری، تراکم بلوک (BLD) در مقیاس محدوده های شهری مانند محلات و مناطق شهری دارای قابلیت تفسیر بیشتری است که از طریق فرمول های شماره ۱۰ محاسبه می‌گردند.

$$PAD = \frac{\sum_{i=1}^n A_p}{\sum_{i=1}^m A_b} \quad ; \quad BLD = \frac{\sum_{i=1}^n A_b}{A_t} \quad (10)$$

که در آن A_p مساحت قطعات شهری، A_b مساحت بلوک‌های شهری، A_t مساحت محدوده، n تعداد قطعات شهری و m تعداد بلوک‌های شهری در محدوده است (Guan, 2018, 194).

1. Modified Simpson's diversity index

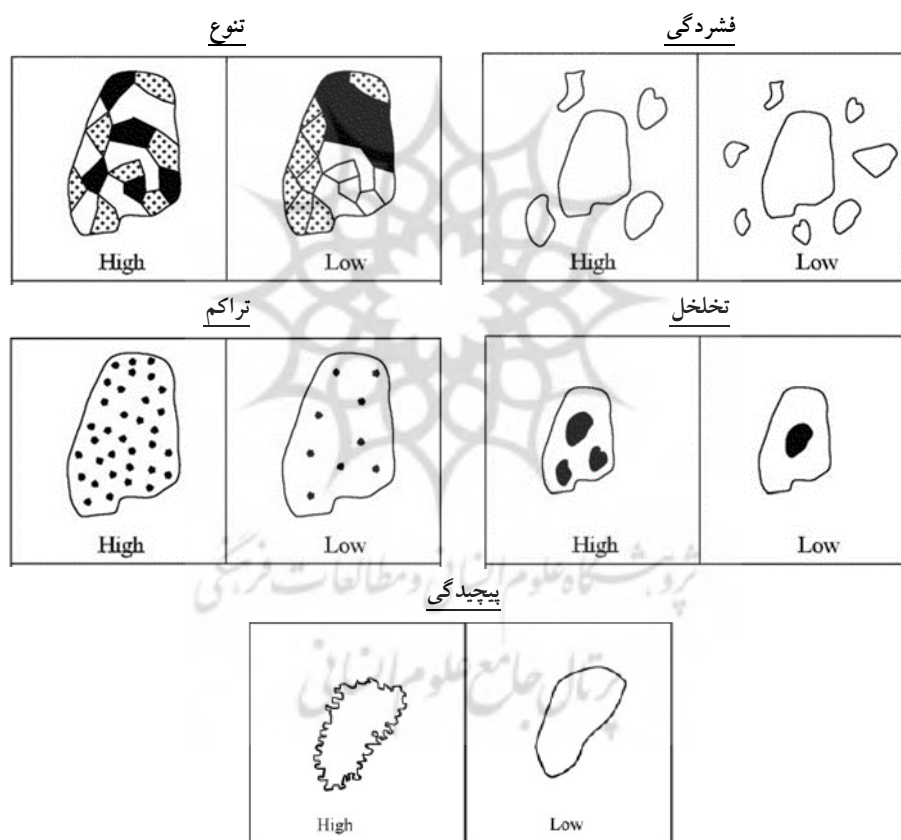
- سنجش پیچیدگی فرم شهری

با سنجش پیچیدگی منظم و یا نامنظم بودن قطعات و بلوک‌های شهری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. دو سنجه پرکاربرد در این زمینه تراکم لبه قطعه (EDP) و تراکم لبه بلوک (EDB) است که از طریق فرمول شماره ۱۱ محاسبه می‌گردد.

$$PED \cdot BED = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (11)$$

که در آن P_i محیط، A_i محیط مساحت قطعه یا بلوک و n تعداد قطعات یا بلوک‌ها است.

شکل شماره ۲: شماتیک سنجه‌های فضایی فرم شهری



ماخذ: (Bhatta, 2010, 98Huang et al., 2007, 187);

روش شناسی

نوع پژوهش کاربردی با روش توصیفی-تحلیلی است. به منظور دست‌یابی به هدف پژوهش، با به‌کارگیری روش جمع‌آوری کتابخانه‌ای و مطالعات اسنادی مبانی نظری تدوین شده و سپس برای تعیین فرم شهری سنجه‌های فضایی سنجش فرم شهری انتخاب گردید. در این پژوهش از ده سنجه‌های فضایی فرم شهری (آماره محلی G ،

شاخص تنوع Shannon، شاخص تنوع Simpson، شاخص تنوع اصلاح شده Simpson، نسبت فضاهای باز به محدوده های شهری (ROS) و نسبت فضاهای باز به قطعات شهری ساخته شده، تراکم قطعه، تراکم بلوک، تراکم لبه قطعه، و تراکم لبه بلوک) و توزیع جمعیت (POP) و تراکم جمعیت (PD) به عنوان شاخص های ویژگی های جمعیتی در محیط GIS استفاده شده است.

پس از جمع آوری و تهیه اطلاعات پایه، پایگاه داده برای سنجش فرم شهری نمونه موردی ایجاد و اطلاعات و داده ها بروزرسانی و اصلاح فضایی صورت گرفت. در ادامه پس از سنجش فرم شهری از طریق هر یک از سنجه ها، امتیاز ترکیبی سنجه های فضایی محاسبه گردید. هدف از استفاده از نمره امتیاز ترکیبی سنجه های فضایی، تحلیل رابطه بین فرم شهری و ویژگی های جمعیتی و شناسایی میزان تعادل فضای شهر زاهدان بدون تاکید بر یک سنجه نسبت به دیگر سنجه ها است. امتیاز ترکیبی در این مطالعه با مجموع ده سنجه های فضایی بر اساس فرمول شماره ۱۲ زیر محاسبه می گردد.

$$CS_i = w_i \sum_{j=1}^n \ln \left(\frac{X_j - \bar{X}_j}{\bar{X}_j} + 1 \right) \quad (12)$$

که در آن CS_i امتیاز ترکیبی محله i ، X_j نمره سنجه فضایی j محله i ، \bar{X}_j میانگین نمره سنجه فضایی j محله i و n تعداد محلات شهری است (Guan, 2018, 194).

در ادامه تراکم جمعیتی به تفکیک محلات محاسبه و نقشه آن تهیه گردید. سپس، ارتباط بین سنجه های فضایی فرم شهری و ویژگی های جمعیتی (تراکم جمعیتی) با استفاده از آزمون آماری پیرسون در محیط نرم افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت.

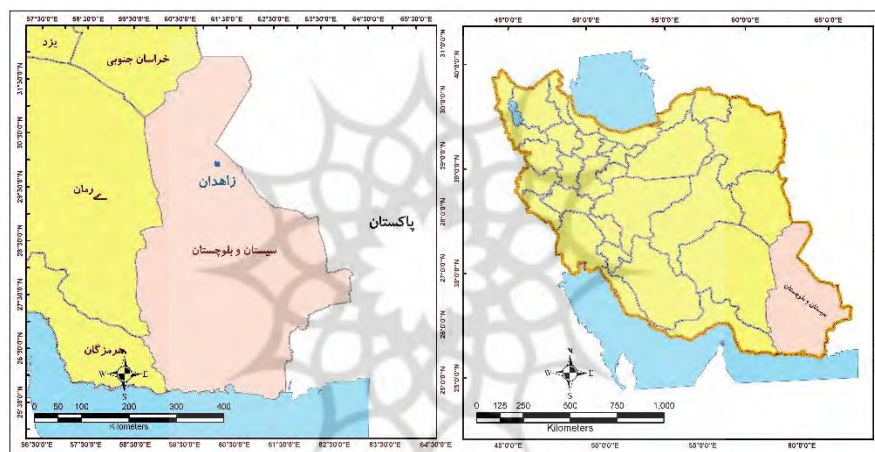
محدوده مورد مطالعه

شهر زاهدان مرکز استان سیستان و بلوچستان در شرق ایران و نزدیک مرز ایران و کشورهای افغانستان و پاکستان قرار دارد. این شهر مرکز شهرستان زاهدان است. این شهر در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۱ دقیقه و ۲۵ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی قرار دارد. پهنه ای که شهر بر روی آن قرار دارد و دارای خصوصیات توپوگرافی یکسان نمی باشد (مهندسين مشاور شهر و خانه، ۱۳۸۵، ۷). این شهر از مهمترین مراکز اداری، سیاسی، تجاری و نظامی در جنوب شرق ایران به حساب می آید (نقشه شماره ۱).

شهر زاهدان پیشینه ای حدوداً صد ساله دارد. اولین نشانه ها و علائم شهرنشینی در زاهدان با احداث خط آهن از شهر کویت به دزداب توسط انگلیسی ها پدیدار شد. در ابتدا هندوها (سیک ها) منازل خود را در کنار ایستگاه راه آهن احداث نمودند. به دنبال آن با شروع موج مهاجرت های داخلی به سمت زاهدان، بسیاری از مهاجرین در مدت زمان کوتاهی شروع به ساخت واحدهای مسکونی خود در قسمت جنوبی ایستگاه راه آهن نمودند. سپس واحدهای تجاری کوچک یکی بعد از دیگری در حاشیه تنها خیابان موجود آن زمان (خیابان شهید مطهری)، احداث می گردد و بدین ترتیب هسته اولیه شهر زاهدان در کنار ایستگاه راه آهن شکل می گیرد (وارثی و همکاران، ۱۳۸۷، ۱۴۶). به

طورکلی هسته اولیه شکل گیری شهر و مراحل توسعه آتی تا سال های ۱۳۵۵ در بخش شمالی دشت و سپس مرکز دشت صورت گرفته، در سال های ۱۳۶۵ توسعه کالبدی شهر بیشتر به سمت شمال غرب، غرب، شرق و جنوب شهر تمایل داشته است که برخی از این توسعه ها نیز بعضاً به صورت خطی و ستاره‌ای در حول سه محور زاهدان-زابل، زاهدان-خاش و زاهدان- میرجاوه دیده می شوند. از سال ۱۳۶۵، طرح جامع برای شهر زاهدان تهیه و تصویب گردید و از آن زمان به بعد رشد و توسعه شهر طبق برنامه از قبل تدوین شده قرار گرفت و زمین هایی که جهت رشد فیزیکی شهر در طرح فوق پیش بینی گردید. از سال ۱۳۷۵ تاکنون ضمن ملاحظه توسعه های منفصل و پراکنده، گسترش بر حول هسته اولیه، با گرایش توسعه‌ی شهر همواره به سمت جنوب شرقی و شمال غربی و غرب می باشد (فردآقائی، ۱۳۸۲، ۷۹)

نقشه شماره ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه (شهر زاهدان) در تقسیمات سیاسی کشور



ماخذ: تقسیمات سیاسی کشور

جمعیت شهر زاهدان در اولین سرشماری عمومی و رسمی کشور (۱۳۳۵) برابر ۱۷۴۹۵ نفر بوده است. در فاصله ده ساله بعدی این شهر (۱۳۴۵) به جمعیتی معادل ۳۹۷۳۲ نفر رسید (مرکز آمار ایران، ۱۳۴۵). در طول دهه بعدی (۱۳۴۵ تا ۱۳۵۵) جمعیت آن به ۹۳۷۴۰ نفر افزایش یافت (مرکز آمار ایران، ۱۳۵۵). دهه ۶۵-۱۳۴۵ را می توان نقطه عطفی در تحولات این شهر دانست. در این دوره جمعیت شهر با بالاترین نرخ رشد به ۲۸۱۹۲۳ نفر در سال ۱۳۶۵ رسید. در دهه بعدی (۷۵-۱۳۶۵) میزان رشد جمعیت شهر کاهش یافته و جمعیت شهر به ۴۱۹۵۱۸ نفر افزایش یافت. در دهه ۸۵-۱۳۷۵ شهر به افزایش جمعیت خود ادامه داده و جمعیت آن به ۵۵۲۷۰۶ نفر در سال ۱۳۸۵ رسید. در سال ۱۳۹۰ جمعیت زاهدان به ۵۷۵۱۱۶ نفر افزایش یافته و در نهایت در سال ۱۳۹۵ جمعیت شهر زاهدان ۵۸۷۷۳۰ نفر اعلام گردیده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۴۵، ۱۳۵۵، ۱۳۶۵، ۱۳۷۵، ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵) (جدول شماره ۱).

این شهر تا پیش از سال ۱۳۹۰، سه منطقه شهری داشته و تعداد مناطق شهر زاهدان بر اساس تصمیمات فضایی جدید، از سه منطقه به پنج منطقه افزایش یافته است. در حال حاضر تعداد محلات رسمی شهر زاهدان ۷۷ محله است.

جدول شماره ۱: روند تحولات جمعیتی و کالبدی شهر زاهدان (۱۳۳۵-۱۳۹۵)

سال	جمعیت	وسعت	تراکم جمعیت (نفر در هکتار)
۱۳۳۵	۱۷۴۹۵	۲۳۹	۷۳
۱۳۴۵	۳۹۷۳۲	۵۴۴	۷۳
۱۳۵۵	۹۳۷۴۰	۱۲۸۵	۷۳
۱۳۶۵	۲۸۱۹۲۳	۳۰۲۲	۹۳
۱۳۷۵	۴۱۹۵۱۸	۴۶۵۰	۹۰
۱۳۸۵	۵۵۲۷۰۶	۶۴۶۸	۸۵
۱۳۹۰	۵۷۵۱۱۶	۸۱۲۳	۷۱
۱۳۹۵	۵۸۱۷۳۰	۸۹۰۰	۶۶

ماخذ: مرکز آمار ایران و محاسبات نگارنده

یافته های پژوهش

جهت تحلیل رابطه بین فرم شهری و ویژگی های جمعیتی شهر زاهدان ابتدا با استفاده از ۱۰ سنجه فضایی فرم شهری زاهدان مورد تحلیل قرار گرفت. در ادامه به تشریح نتایج بدست آمده از این تحلیل ها پرداخته می شود.

- فشردگی فرم شهری زاهدان

• آماره محلی G

در سنجش فشردگی فرم شهری زاهدان از آماره محلی G و نقشه محل های داغ^۱ استفاده شده است. در این تحلیل از ضریب سطح اشغال به عنوان ارزش موردنظر استفاده شده است. این ضریب نسبت مساحت زمین اشغال شده توسط ساختمان و مساحت بلوک ها است. نقشه های مربوط به فشردگی فرم شهری بر اساس آماره G گویای این است که محلات مرکزی شهر زاهدان بیشترین فشردگی را درخصوص سطح اشغال دارا بوده اند. این در حالی است که محلات حاشیه ای و بخصوص محلات جدید جنوبی که به سایر محلات نیز متصل نیستند، دیده می شود. بیشترین میزان ضریب آماره G به ترتیب مربوط به محلات ۳۳، ۳۹ و ۳۷، و کمترین میزان به ترتیب مربوط به محلات ۶۲، ۶۵ و ۷۶ می باشد (نقشه شماره ۲).

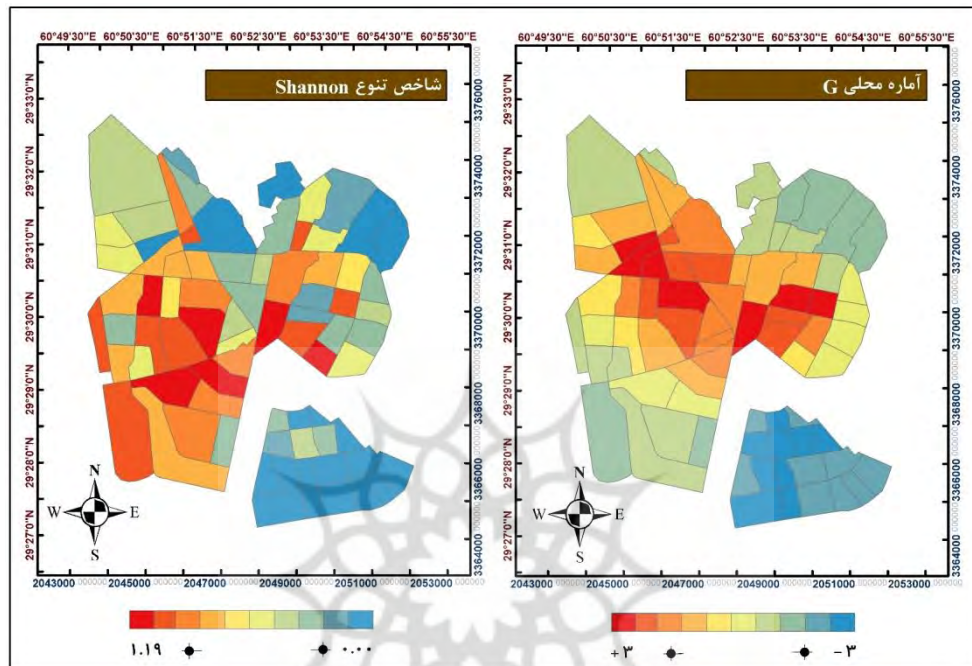
- تنوع فرم شهری زاهدان

• شاخص تنوع شانون (SHDI)

بر اساس شاخص تنوع شانون، محلات نیمه غربی بخصوص محلاتی که در جنوب غربی شهر زاهدان قرار دارند، بیشترین تنوع را داشته اند. در حالی که کمترین میزان تنوع بر اساس این شاخص در محلات شمالی و

محلات جدید جنوبی مشاهده می شود. بیشترین میزان شاخص تنوع شانون به ترتیب مربوط به محلات ۴۷، ۵۱ و ۴۵، و کمترین میزان به ترتیب مربوط به محلات ۶۵، ۷۶ و ۶۶ می باشد (نقشه شماره ۲)

نقشه شماره ۲: نتایج فضایی آماره محلی G و شاخص تنوع شانون



• شاخص تنوع سیمسون (SIDI)

بر اساس نقشه شماره ۳، محلات شمالی و شرقی به همراه بخشی از محلات جدید جنوبی شهر زاهدان از تنوع بالاتری نسبت به سایر محلات برخوردارند. در حالی که کمترین میزان تنوع بر اساس این شاخص مربوط به بخشی از محلات جدید جنوبی و محلات جنوب غربی است. بیشترین میزان شاخص تنوع سیمسون به ترتیب مربوط به محلات ۱۰، ۷۷ و ۱۵، و کمترین میزان به ترتیب مربوط به محلات ۶۶، ۶۹ و ۷۶ می باشد. شاخص تنوع سیمسون (SIDI) الگوی فضای کاملاً متفاوتی را نسبت به شاخص تنوع شانون ارائه نموده است. دلیل این امر همانگونه که در مبانی نظری ذکر شده است، حساسیت پایین شاخص تنوع سیمسون نسبت به شاخص تنوع شانون هنگام پایین بودن تعداد دسته ها است.

• شاخص تنوع اصلاح شده سیمسون (MSDI)

نتایج شاخص تنوع اصلاح شده سیمسون نشان می دهد که محلات نیمه غربی بخصوص محلاتی که در جنوب غربی شهر زاهدان قرار دارند، بیشترین تنوع را داشته اند. در حالی که کمترین میزان تنوع بر اساس این شاخص در محلات شمالی و محلات جدید جنوبی مشاهده می شود. بیشترین میزان شاخص تنوع اصلاح شده سیمسون به ترتیب مربوط به محلات ۴۷، ۵۱ و ۴۵، و کمترین میزان به ترتیب مربوط به محلات ۶۵، ۷۶ و ۶۶ می باشد (نقشه

شماره ۳). برخلاف شاخص تنوع سیمسون، شاخص تنوع اصلاح شده سیمسون همسویی بیشتری با شاخص تنوع شانون دارد.

– تخلخل فرم شهری زاهدان

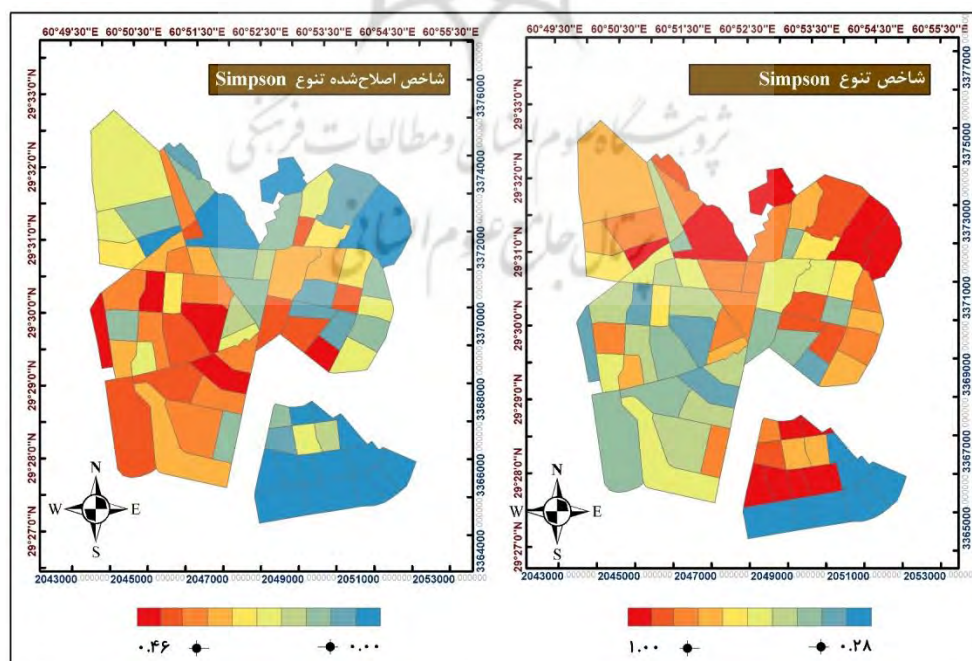
• نسبت فضاهای باز به قطعات شهری ساخته شده (ROB)

بر اساس نقشه شماره ۴، محلاتی که نسبت فضاهای باز به قطعات شهری ساخته شده در آنها بیشتر است، اندک بوده و به صورت پراکنده در سطح شهرزاهدان مشاهده می‌شوند. در حالی که محلاتی که این نسبت در آنها کمتر است، در سطح شهر به وفور دیده می‌شوند. با این وجود براساس این شاخص، کمترین میزان تخلخل در شمال و جنوب غربی شهر دیده می‌شود. بیشترین میزان شاخص نسبت فضاهای باز به قطعات شهری ساخته شده به ترتیب مربوط به محلات ۲۵، ۴۶، ۶ و کمترین میزان به ترتیب مربوط به محلات ۶۶، ۶۹ و ۷۶ می‌باشد.

• نسبت فضاهای باز به محدوده های شهری (ROS)

نقشه مربوط به شاخص نسبت فضاهای باز به محدوده های شهری گویای این است که محلات حاشیه ای بیشترین میزان را در این خصوص دارا بوده اند. این در حالی است کمترین نسبت در محلات مرکزی شهر دیده می‌شود. بیشترین میزان نسبت فضاهای باز به محدوده های شهری به ترتیب مربوط به محلات ۶۴، ۶۷ و ۶۸، و کمترین میزان به ترتیب مربوط به محلات ۶۶، ۶۹ و ۷۶ می‌باشد (نقشه شماره ۴).

نقشه شماره ۳: نتایج فضایی شاخص های تنوع سیمسون و تنوع اصلاح شده سیمسون



- تراکم فرم شهری زاهدان

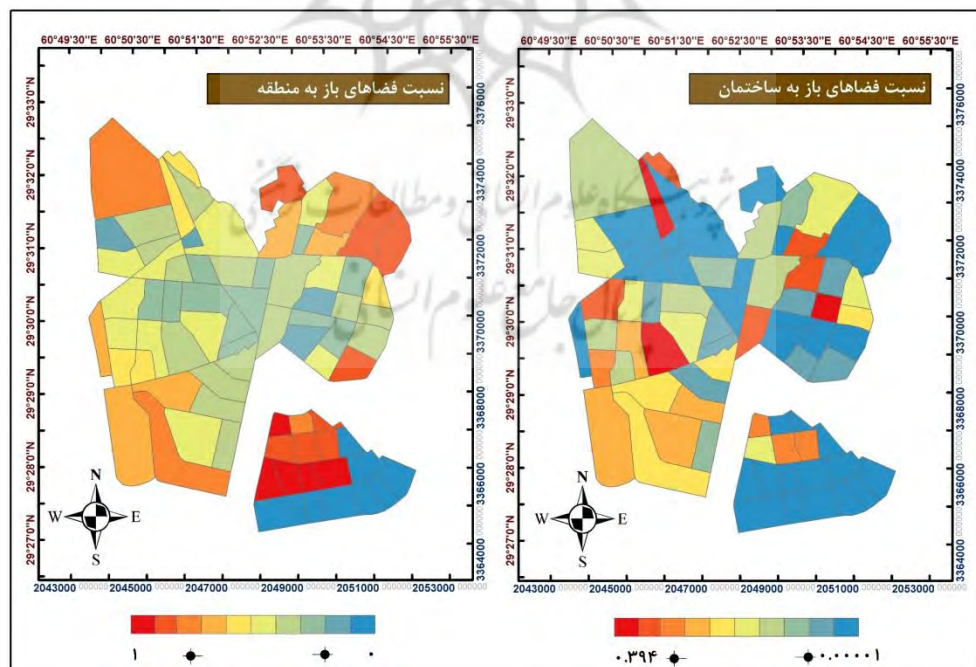
• تراکم قطعه (PAD)

بر اساس سنجه تراکم قطعه درمقیاس بلوک‌های شهری، محلات شمالی و مرکزی بیشترین تراکم را داشته‌اند. در حالی که کمترین میزان تراکم بر اساس این شاخص در محلات نیمه جنوبی بخصوص در محلات جدید جنوبی مشاهده می‌شود. بیشترین میزان سنجه تراکم قطعه درمقیاس بلوک‌های شهری به ترتیب مربوط به محلات ۹، ۴ و ۸، و کمترین میزان به ترتیب مربوط به محلات ۶۶، ۶۹ و ۷۶ می‌باشد (نقشه شماره ۵).

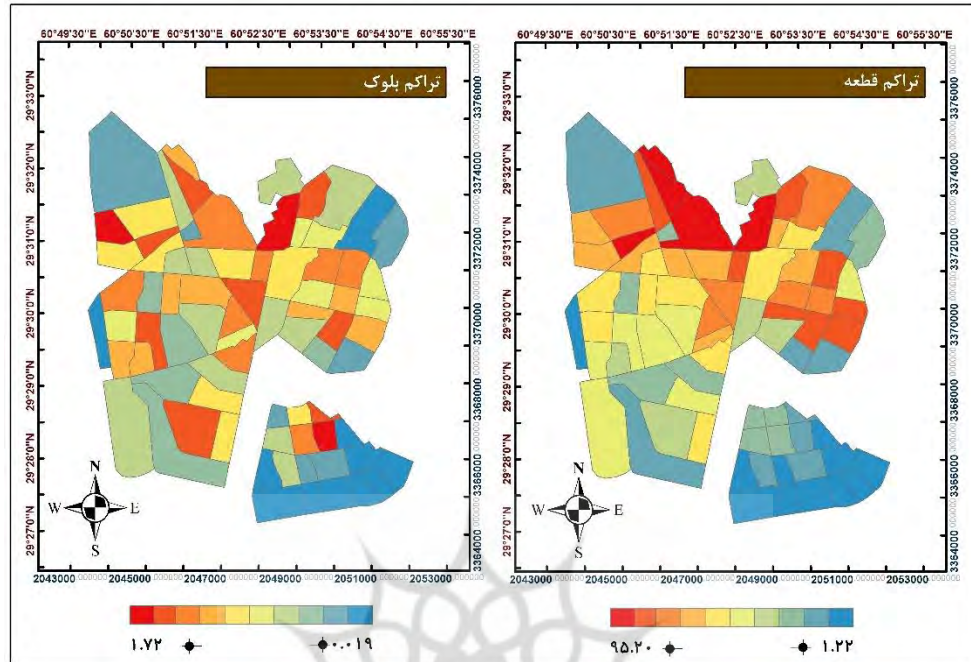
• تراکم بلوک (BLD)

نتایج سنجه تراکم بلوک در مقیاس محدوده‌های شهری نشان می‌دهد، اگرچه الگوی مشخصی در آرایش فضایی محلات شهری در این خصوص مشاهده نمی‌شود. با این وجود محلات مرکزی شهر زاهدان بیشترین تراکم را داشته‌اند. در حالی که کمترین میزان تراکم بر اساس این سنجه عمدتاً در محلات حاشیه‌ای مشاهده می‌شود. بیشترین میزان سنجه تراکم بلوک در مقیاس محدوده‌های شهری به ترتیب مربوط به محلات ۱، ۹ و ۶۳، و کمترین میزان به ترتیب مربوط به محلات ۶۶، ۶۹ و ۷۶ می‌باشد (نقشه شماره ۵).

نقشه شماره ۴: نتایج فضایی شاخص‌های نسبت فضاهای باز به قطعات شهری ساخته شده و محدوده‌های شهری



نقشه شماره ۵: نتایج فضایی سنج‌های تراکم قطعه و تراکم بلوک



- پیچیدگی فرم شهری زاهدان

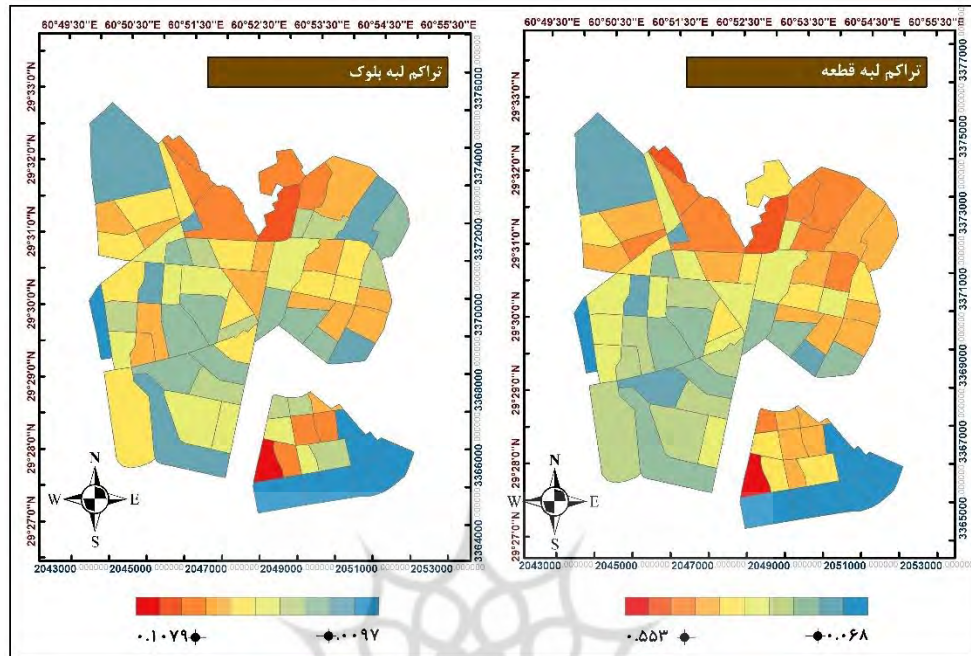
• تراکم لبه قطعه (EDP)

بر اساس نقشه شماره ۶، بخشی از محلات جدید جنوبی به همراه محلات شمالی و شرقی شهر زاهدان از تراکم لبه قطعه بالاتری نسبت به سایر محلات برخوردارند. در حالی که کمترین میزان تراکم بر اساس این شاخص مربوط به بخشی از محلات جدید جنوبی و محلات جنوب غربی است. بیشترین میزان سنج تراکم لبه قطعه به ترتیب مربوط به محلات ۶۴، ۹ و ۴، و کمترین میزان به ترتیب مربوط به محلات ۶۶، ۶۹ و ۷۶ می‌باشد.

• تراکم لبه بلوک (EDB)

نتایج سنج تراکم لبه بلوک نشان می‌دهد که محلات شمالی و بخشی از محلات جدید جنوبی شهر زاهدان بیشترین تراکم لبه بلوک را داشته‌اند. در حالی که کمترین میزان تراکم بر اساس این سنج در بخشی از محلات جدید جنوبی و بصورت پراکنده در سطح شهر مشاهده می‌شود. بیشترین میزان سنج تراکم لبه بلوک به ترتیب مربوط به محلات ۶۴، ۹ و ۱۰، و کمترین میزان به ترتیب مربوط به محلات ۶۶، ۶۹ و ۷۶ می‌باشد (نقشه شماره ۶).

نقشه شماره ۶: نتایج فضایی سنج‌های تراکم لبه قطعه و تراکم لبه بلوک



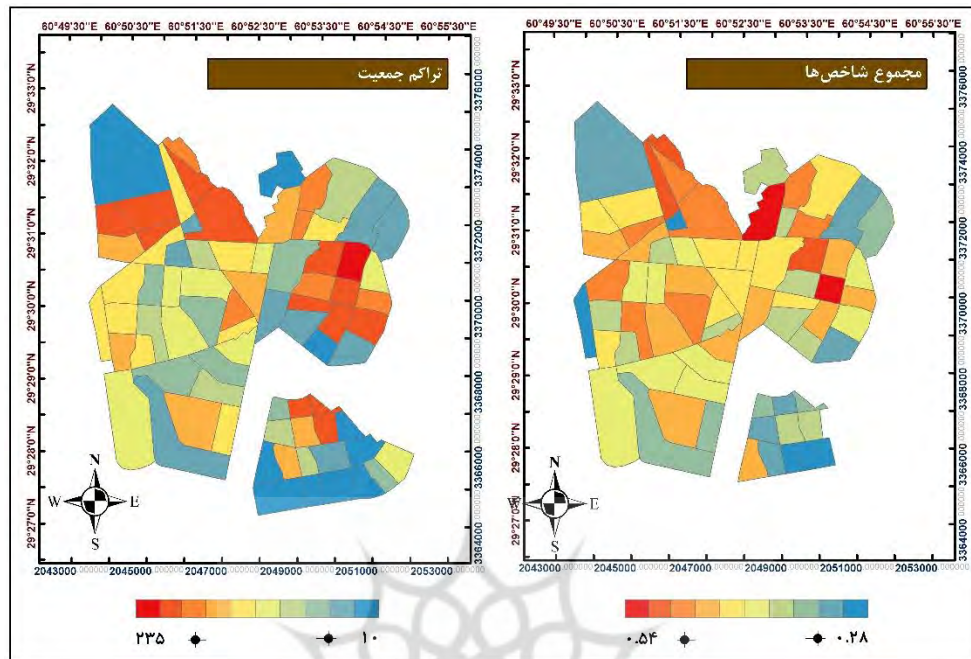
– امتیاز ترکیبی سنج‌های فضایی

به منظور تحلیل رابطه بین فرم شهری و ویژگی‌های جمعیتی شهر زاهدان امتیاز ترکیبی سنج‌های فضایی برای محلات شهری محاسبه گردید. نقشه‌های مربوط به امتیاز ترکیبی سنج‌های فضایی گویای این است که عمدتاً محلات نیمه شمالی و محلات مرکزی شهر بیشترین امتیاز را در این خصوص دارا بوده‌اند. این در حالی است که کمترین امتیاز در محلات حاشیه فضایی شهر دیده می‌شود. بیشترین امتیاز ترکیبی سنج‌های فضایی به ترتیب مربوط به محلات ۲۵، ۹ و ۶ (فشرده ترین محلات شهر زاهدان)، و کمترین میزان به ترتیب مربوط به محلات ۶۶، ۶۹ و ۷۶ می‌باشد (نقشه شماره ۷).

– تراکم جمعیتی شهر زاهدان

طبق سرشماری ۱۳۹۵ شهر زاهدان با جمعیت ۵۸۷۷۳۰ نفر و مساحت کنونی حدوداً ۸۹۰۰ هکتار دارای میانگین تراکم جمعیتی ۶۶ نفر در هکتار است. نقشه تراکم جمعیت نشان دهنده این است که جمعیت در محلات شرقی و نوار شمالی غربی تمرکز بیشتری داشته و به صورت نسبتاً نامتعادل در کل محلات توزیع شده است. تراکم در اکثر مناطق پایین بوده به طوریکه میانگین کل حدود ۱۰۸ نفر در هکتار است. بیشترین تراکم به ترتیب مربوط به محلات ۲۷، ۵ و ۳۷، و کمترین میزان تراکم به ترتیب مربوط به محلات ۶۶، ۶۹ و ۷۰ می‌باشد (نقشه شماره ۷). مقادیر تراکم جمعیتی در محلات رسمی این شهر در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

نقشه شماره ۷: نتایج فضایی امتیاز نهایی سنج‌های فضایی فرم شهری و شاخص تراکم جمعیتی



جدول شماره ۲: تراکم جمعیتی در محلات رسمی شهر زاهدان

محلّه	تراکم	محلّه	تراکم	محلّه	تراکم	محلّه	تراکم	محلّه	تراکم	محلّه	تراکم	محلّه	تراکم	محلّه	تراکم
۱	۱۶۸	۱۱	۱۴۸	۲۱	۶۵	۳۱	۱۲۴	۴۱	۱۲۵	۵۱	۸۸	۶۱	۱۰۲	۷۱	۲۱
۲	۱۸۶	۱۲	۹۵	۲۲	۱۷۸	۳۲	۱۳۸	۴۲	۱۲۹	۵۲	۹۸	۶۲	۱۳۲	۷۲	۲۵
۳	۲۶	۱۳	۱۵۲	۲۳	۱۶۶	۳۳	۵۷	۴۳	۱۱۸	۵۳	۸۹	۶۳	۱۷۰	۷۳	۷۹
۴	۱۵۵	۱۴	۱۲۷	۲۴	۱۵۰	۳۴	۱۰۱	۴۴	۹۴	۵۴	۱۳۶	۶۴	۱۱	۷۴	۱۱۳
۵	۱۹۱	۱۵	۵۱	۲۵	۱۶۵	۳۵	۱۰۵	۴۵	۸۲	۵۵	۱۲۱	۶۵	۱۲۹	۷۵	۱۲۱
۶	۱۲۳	۱۶	۱۰۸	۲۶	۱۷۸	۳۶	۱۱۰	۴۶	۱۰۸	۵۶	۱۰۵	۶۶	۰	۷۶	۱
۷	۶۷	۱۷	۱۵۶	۲۷	۲۳۵	۳۷	۱۸۹	۴۷	۸۲	۵۷	۶۸	۶۷	۹۷	۷۷	۵۷
۸	۱۶۸	۱۸	۱۷۹	۲۸	۸۸	۳۸	۱۳۹	۴۸	۱۴۶	۵۸	۹۱	۶۸	۶۴		
۹	۱۲۹	۱۹	۵۳	۲۹	۵۶	۳۹	۱۲۲	۴۹	۱۲۷	۵۹	۱۶۷	۶۹	۰		
۱۰	۲۸	۲۰	۳۱	۳۰	۱۱۵	۴۰	۱۲۴	۵۰	۱۰۸	۶۰	۱۶۸	۷۰	۰		

ماخذ: مرکز آمار ایران و محاسبات نگارنده

– رابطه بین فرم شهری و ویژگی‌های جمعیتی شهر زاهدان

به منظور تحلیل رابطه بین فرم شهری و ویژگی‌های جمعیتی شهر زاهدان از آزمون آماری پیرسون و در محیط نرم افزار SPSS 25 استفاده شده است. نتایج آزمون نشان می‌دهد که بین شاخص توزیع جمعیت در سطح محلات و شاخص تراکم جمعیت تنها با امتیاز ترکیبی (CS)، آماره محلی G (GST)، تراکم قطعه (PAD)، تراکم بلوک (BKD)، تراکم لبه قطعه (EDP) و شاخص تنوع Simpson (SIDI) رابطه معناداری وجود دارد و با سایر سنج‌ها (شاخص تنوع Shannon، شاخص تنوع اصلاح شده Simpson، نسبت فضاهای باز به محدوده‌های

شهری (ROS) و نسبت فضاهای باز به قطعات شهری ساخته شده (ROB) و تراکم لبه بلوک) و تراکم جمعیت (PD)) ارتباط معناداری وجود ندارد (جدول شماره ۳).

جدول شماره ۳: همبستگی شاخص‌های پژوهش

PD	POP	CS	GST	ROB	MSDI	SIDI	SHDI	ROS	EDB	EDP	BKD	PAD		
												1	P. Sig.	PAD
												.757**	P. Sig.	BKD
										1	.607**	.602**	P. Sig.	EDP
									1	.553**	0.023	0.018	P. Sig.	EDB
								1	.337**	.599**	0.074	-0.103	P. Sig.	ROS
							1	-0.1	-0.11	-0.123	0.134	0.084	P. Sig.	SHDI
						1	-0.181	.647**	.308**	.905**	.611**	.544**	P. Sig.	SIDI
					1	-.305**	.892**	-0.07	-0.118	-.243*	-0.058	-0.074	P. Sig.	MSDI
						0.007	0	0.546	0.305	0.033	0.614	0.523	P. Sig.	ROB
			1	0.201	0.028	.311**	0.09	-0.02	0.119	0.151	0.183		P. Sig.	GST
				0.08	0.807	0.006	0.437	0.863	0.303	0.19	0.11		P. Sig.	CS
			1	0.183	.404**	.298**	.555**	-0.221	-0.041	.272*	.479**	.682**	P. Sig.	POP
				0.112	0	0.008	0	0.054	0.724	0.017	0	0	P. Sig.	PD
				0.002	0.038	0	0	0	0.015	0	0	0	P. Sig.	
	1	.467**	.355**	0.126	0.019	.350**	0.128	0.084	-0.029	.341**	.488**	.506**	P. Sig.	
		0	0.002	0.273	0.873	0.002	0.266	0.466	0.801	0.002	0	0	P. Sig.	
1	.539**	.596**	.344**	0.166	-0.072	.544**	-0.023	0.062	-0.034	.550**	.777**	.709**	P. Sig.	
	0	0	0.002	0.148	0.533	0	0.843	0.595	0.771	0	0	0	P. Sig.	

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

جمع بندی و نتیجه گیری

این مقاله سنجه‌های فضایی شناخت و تحلیل فرم شهری را معرفی نموده است. از میان سنجه‌های فضایی ده سنجه آماره محلی G، شاخص تنوع Shannon، شاخص تنوع Simpson، شاخص تنوع اصلاح شده Simpson، نسبت فضاهای باز به محدوده های شهری، نسبت فضاهای باز به قطعات شهری ساخته شده، تراکم قطعه، تراکم بلوک، تراکم لبه قطعه، و تراکم لبه بلوک برای شهر زاهدان مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج سنجه‌های فضایی نشان‌دهنده فشردگی و تراکم بالا، و پیچیدگی و تداخل پایین و تنوع متوسط در فرم شهری زاهدان است. دلیل این امر در نتایج متفاوت بین سنجه‌های تنوع در این پژوهش بود. شاخص تنوع سیمسون (SIDI) الگوی فضای کاملاً متفاوتی را نسبت به شاخص تنوع شانون ارائه نمود. با این وجود، نقشه مربوط به شاخص تنوع اصلاح شده سیمسون (MSDI) الگوی فضای مشابهی را نسبت به شاخص تنوع شانون نشان می‌دهد. علاوه بر این رابطه فرم شهری با ویژگی‌های جمعیتی شهر زاهدان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج گویای این امر است که اگرچه رابطه مستقیم مثبت و معناداری بین ویژگی‌های جمعیتی (توزیع جمعیت و تراکم جمعیت) و امتیاز ترکیبی سنجه‌های فضایی فرم شهری وجود دارد؛ این رابطه در خصوص تمامی سنجه‌های فضایی برقرار نیست. به

عبارتی در نمونه مورد پژوهش بین تمامی سنجه‌های فشردگی و تراکم فرم شهری و ویژگی‌های جمعیتی رابطه معناداری وجود دارد، و بین تمامی سنجه‌های تخلخل فرم شهری و ویژگی‌های جمعیتی رابطه معناداری وجود ندارد. این در حالی است برخی از سنجه‌های تنوع و پیچیدگی با ویژگی‌های جمعیتی رابطه معناداری دارند. با توجه به نتایج این پژوهش و پژوهش‌های قبلی، می‌توان سنجه‌های فضایی معرفی شده در این پژوهش را در تحلیل فرم شهری بکارگرفت. این سنجه‌ها به محققان انعطاف لازم را جهت بررسی و تحلیل فرم شهری در مقیاس‌های متفاوت می‌دهد.

کتابنامه

- رضائیان، ب. و رهنما، م. (۱۳۹۳)، سنجش میزان پراکنش و فشردگی شکل کلان شهر های ایران با استفاده از مدل های کمی، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۴(۱۶)، ۸۷-۱۰۷.
- رهنما، م. و عباس زاده، غ. (۱۳۸۵)، مطالعه تطبیقی سنجش درجه پراکنش/ فشردگی در کلان شهرهای سیدنی و مشهد، جغرافیا و توسعه ناحیه ای، ۳(۶).
- سعیدنیا، ا. (۱۳۷۸)، شکل شهر، مجله معماری و فرهنگ، سال اول (۱).
- شیخی، ح.، پریرزادی، ط.، رضایی، م. و سجادی، م. (۱۳۹۱)، تحلیل و تعیین فرم کالبدی شهر اصفهان با استفاده از مدل گری و موران، پژوهش و برنامه ریزی شهری، ۳(۹).
- فردآقائی، ف. (۱۳۸۲)، بررسی تأثیر تحولات اجتماعی - اقتصادی بر روند شهرنشینی (نمونه موردی: شهر زاهدان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- قزائی، آ.، زبردست، ا.، و ماجدی، ح. (۱۳۹۷)، تبیین ارتباط میان فرم شهر و پایداری اجتماعی (مطالعه موردی: مناطق ۲۲گانه شهر تهران)، فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه ریزی توسعه کالبدی، ۵(پیاپی ۱۱)، ۷۹-۹۳.
- مهندسین مشاور شهر و خانه، (۱۳۸۵)، طرح جامع شهر زاهدان، مرحله اول، شناخت و بررسی شهر و تجزیه و تحلیل طرح، شماره ۲.
- وارثی، ح.، یغفوری، ح.، زنگی آبادی، ع. (۱۳۸۷)، بررسی تطبیقی توزیع خدمات عمومی از منظر عدالت اجتماعی (نمونه موردی: شهر زاهدان)، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۱.

Anderson, W. P., Kanaroglou, P. S., & Miller, E. J. (1996). Urban form, energy and the environment: a review of issues, evidence and policy. *Urban studies*, 33(1), 7-35 .

Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical analysis*, 27(2), 93-115 .

Araldi, A., & Fusco, G. (2016). Urban form from the pedestrian point of view: spatial patterns on a street network.

Bhatta, B. (2010). Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data: Springer Science & Business Media.

Choudhary, A., & Punia, M. (2017). Urban Form and Regional Development of National Capital Region *Marginalization in Globalizing Delhi: Issues of Land, Livelihoods and Health* (pp. 43-66): Springer.

- Engelfriet, L., & Koomen, E. (2018). The impact of urban form on commuting in large Chinese cities. *Transportation*, 45(5), 1269-95 .
- Foley, D. L. (1964). An approach to metropolitan spatial structure. *Explorations into urban structure*, 21-78 .
- Fusco, G., & Araldi, A. (2017). Significant patterns in urban form-Spatial analysis of morphological indicators. *Revue Internationale de Géomatique*, 27(4), 455-79 .
- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M. R., Wolman, H., Coleman, S., & Freihage, J. (2001). Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. *Housing policy debate*, 12(4), 681-717 .
- Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical analysis*, 24(3), 189-206 .
- Guan, C. (2018). Spatial metrics of urban form: Measuring compact cities in China *Vertical Urbanism* (pp. 189-209): Routledge.
- Guan, C., & Rowe, P. G. (2016). The concept of urban intensity and China's townization policy: Cases from Zhejiang Province. *Cities*, 55, 22-41 .
- Guo, C., Schwarz, N., & Buchmann, C. M. (2018). Exploring the added value of population distribution indicators for studies of European urban form. *Applied spatial analysis and policy*, 11(3), 439-63 .
- Guo, J., & Fast, V. (2019). Growing up, growing out: comparing spatial patterns of urban populations in Canada. *Geomatica*(0), 1-17 .
- Handy, S. (1996). Methodologies for exploring the link between urban form and travel behavior. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 1(2), 151-65 .
- Huang, J., Lu, X. X., & Sellers, J. M. (2007). A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing. *Landscape and urban planning*, 82(4), 184-97 .
- Jenks, M., & Jones, C. (2009). *Dimensions of the sustainable city* (Vol. 2): Springer Science & Business Media.
- Li, H., Calder, C. A & Cressie, N. (2007). Beyond Moran's I: testing for spatial dependence based on the spatial autoregressive model. *Geographical Analysis*, 39(4), 357-75 .
- Lynch, K. (1984). *Good city form*: MIT press.
- Marquez, L. O., & Smith, N. C. (1999). A framework for linking urban form and air quality. *Environmental Modelling & Software*, 14(6), 541-8 .
- Mcgarigal, K., & Marks, B. J. (1995). Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station*, 1-122 .
- Nickels, S. A., & Paliwal, H. B. (2018). Assessment of tree diversity of Urban and rural area at Jaunpur district, Uttar Pradesh. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(3), 1901-4 .
- Ord, J. K., & Getis, A. (1995). Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. *Geographical analysis*, 27(4), 286-306 .
- Pereira, R. H. M., Nadalin, V., Monasterio, L., & Albuquerque, P. H. (2013). Urban centrality: a simple index. *Geographical analysis*, 45(1), 77-89 .
- Pielou, E. C. (1975). *Ecological diversity*.

- Pili, S., Grigoriadis, E., Carlucci, M., Clemente, M., & Salvati, L. (2017). Towards sustainable growth? A multi-criteria assessment of (changing) urban forms. *Ecological Indicators*, 76, 71-80 .
- Raimbault, J. (2017). Modeling the co-evolution of urban form and transportation networks.
- Settlements, U. N. C. f. H. (2019). World Urbanization Prospects (2014 Revision ed.): Department of Economic and Social Affairs.
- Shannon ,C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell system technical journal*, 27(3), 379-423 .
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *nature*, 163(4148), 688 .-
- Steadman, P., Bruhns, H. R., Holtier, S., Gakovic, B., Rickaby, P. A., & Brown ,F. E. (2000). A classification of built forms. *Environment and planning B: Planning and design*, 27(1), 73-91 .
- Tsai, Y.-H. (2005). Quantifying urban form: compactness versus 'sprawl'. *Urban studies*, 42(1), 141-61 .
- Wheeler, S. M. (2003). The evolution of urban form in Portland and Toronto: implications for sustainability planning. *Local Environment*, 8(3), 317-36 .
- Williams, K., Burton, E., & Jenks, M. (2000). Achieving sustainable urban form: an introduction. *Achieving sustainable urban form, 2000*, 1-5 .

