پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۴
ص. ۷۰۷ - ۶۸۹

ارائهٔ مدلی برای ناحیه‌بندی پهنه‌های شهری به‌کمک الگوریتم ناحیه‌بندی خودکار (AZP)

حسنعلی فرجی سبکبار* – دانشیار دانشکدهٔ جغرافیا، قطب برنامه‌ریزی روستایی
علیرضا رحمتی – کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و GIS دانشگاه تهران
اسماعیل تازیک – کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و GIS دانشگاه تهران
عبدالله خرم‌بخت – دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
محسن احدنژاد روشتی – دانشیار دانشگاه زنجان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۷/۲۶ تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۰۶/۱۶

چکیده

دو مسئلهٔ اساسی در منطقه‌بندی شهرها مطرح است. به‌دلیل پیچیدگی‌های محیط‌های شهری، روش‌های مرسوم راهگشای این مسائل نیستند؛ بنابراین، در پژوهش حاضر، با استفاده از الگوریتم AZP به ارائهٔ راهکاری برای این مسائل و پیاده‌سازی آن در یک منطقهٔ شهری (زنجان) پرداخته می‌شود. روش‌های خوشه‌بندی فضایی (مانند AZP) در سال‌های طولانی توسعه یافته‌اند و با ترکیب و معاوضهٔ واحدهای پایهٔ فضایی (مانند محله‌های شهری، همسایگی‌ها، واحدهای مصنوعی چهارگوشه و...)، به‌همراه بهینه‌سازی توابع هدف، همگنی نواحی و فشردگی شکل فیزیکی، ناحیه یا منطقه را شکل می‌دهند. برای آزمودن بهینگی منطقه‌بندی حاصل، از لحاظ همگنی و فشردگی، پارامترهای فشردگی و همگنی برای چندین شاخص، به‌عنوان نمونه یک‌بار برای منطقه‌بندی حاصل از الگوریتم AZP و یک‌بار برای منطقه‌بندی طرح تفصیلی شهر زنجان محاسبه شدند. برای ارزیابی همگنی در سطح سراسری، از آمارهٔ موران I و برای ارزیابی شکل فیزیکی ناحیه‌بندی‌ها از پارامتر فشردگی استفاده شد. مطابق نتایج، از ۱۳ شاخص مورد استفاده، ۱۲ مورد دارای الگوی توزیع تصادفی‌اند و تنها یک شاخص، الگوی اولیه را حفظ کرده است. همچنین ناحیه‌بندی از لحاظ ایجاد مناطق همگن، کارایی مناسبی دارد؛ علاوه‌بر این‌ها، نواحی ایجادشده، بسیار فشرده‌تر از نواحی منطقه‌بندی‌شده در طرح تفصیلی شهر زنجان است.

کلیدواژه‌ها: الگوریتم AZP، خوشه‌بندی با محدودیت پیوستگی فضایی، مرزبندی نواحی برنامه‌ریزی، منطقه‌بندی.

* نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۲۵۳۵۹۲۱۷
Email: hfaraji@ut.ac.ir

مقدمه

در انسجام‌بخشی به حیات شهر، محله‌های اجتماعی، نقشی چشمگیر دارند. به‌بیان دیگر، با نگاهی ژرف به شهر می‌توان تبیین کرد که شهر در طول تاریخ رشد می‌کند، متحول می‌شود و ساختار آن متأثر از جریان‌های اقتصادی، اجتماعی و عوامل طبیعی دچار تغییرهای گوناگون می‌شود. برای تولید یک برنامهٔ مشکل‌سو، باید در فرایند تولید برنامه، مشکل‌ها تعیین و تبیین شوند. تحلیل ساختار فضایی شهر، یکی از مسیرهایی است که برای تعیین و تحلیل مشکل‌های منطقه استفاده می‌شود. پدیدهٔ شهری و مناطق مختلف شهر، از نظر ویژگی‌های مختلف، متفاوت‌اند. به‌عبارت دیگر، قسمت‌های مختلف یک شهر همگن نیستند. به‌همین‌سبب، تجویز یک برنامهٔ یکسان برای همهٔ مناطق، کاری بی‌نتیجه است. درنتیجه، برای ارائهٔ راهبرد و سیاست‌های متناسب با نواحی برنامه‌ریزی، شناخت نواحی برنامه‌ریزی بسیار اهمیت دارد.

نواحی دارای ویژگی‌های همگن اجتماعی، اقتصادی، کارکردی، اداری و سنتی را می‌توان نواحی برنامه‌ریزی نامید. تعیین نواحی برنامه‌ریزی[1]، یعنی رسیدن به یک الگوی تقسیم‌بندی در شهر، متشکل از نواحی خرد دارای شرایط همگن از لحاظ فضایی و اجتماعی که یکی از اساسی‌ترین محورهای برنامه‌ریزی فضایی است و بر بنیادهای اجتماعی، اقتصادی و کالبدی، تأکید ویژه‌ای دارد. تحلیل نواحی خرد درون‌شهری در این جهت است که با شناخت مشکل‌ها و ارائهٔ اهداف و راهبردهای متفاوت برای هریک از نواحی خرد، تفاوت‌ها و تمایزهای اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی ساکنان درنظر گرفته شود. از آنجاکه نواحی مختلف در ویژگی‌های مختلف با یکدیگر متفاوت‌اند، با تشکیل نواحی همگن از لحاظ فضایی، به ارائهٔ راهبردها و سیاست‌های متفاوت و متناسب با نواحی برنامه‌ریزی پرداخته می‌شود. نواحی برنامه‌ریزی، از تلفیق نواحی زیر تعیین می‌شوند:

- نواحی اجتماعی
- نواحی کارکردی
- نواحی اداری
- محله‌بندی سنتی (محمدی و مرادی، ۱۳۹۰)

همگن‌بودن نواحی شهر از ابعاد مختلف اجتماعی، اقتصادی و کالبدی- که برنامه‌ریزی و ارائهٔ خدمات بر آن استوار است- رکن اصلی تعیین واحدهای برنامه‌ریزی است. همگنی و یکرنگی نواحی، تأثیرگذاری برنامه‌ریزی‌ها را افزایش می‌دهد و سبب می‌شود برنامه‌ریز با چشم بازتری به امر تخصیص امکانات و رفع مشکل‌ها بپردازد. همچنین از بعد تخصیص امکانات و جمعیت، مهم‌ترین مؤلفه درنظر گرفته می‌شود.

فضا دارای سلسله‌مراتبی است که در مطالعات و برنامه‌ریزی شهری درنظر گرفته می‌شود. شهر به منطقهٔ شهری، ناحیه، حوزه و... تقسیم می‌شود که مفاهیم و تعاریف کاربردی خاصی در مطالعات و برنامه‌ریزی و مدیریت شهری دارند و وجه مشترک همهٔ آن‌ها همگنی است. در تحلیل‌های فضایی، روش‌هایی برای تعیین مناطق همگن وجود دارد که بر مجموعه‌ای از معیارها و روش‌ها بنا شده است و فارغ از سطح و مقیاس تحلیل می‌توان برای ناحیه‌بندی و تعیین حوزه‌های همگن، از روش‌های مشابه استفاده کرد. در این پژوهش نیز با این رویکرد، هدف ارائهٔ مدلی برای تفکیک سطح شهر به واحدهای فضایی همگن و فشرده برمبنای شاخص‌های اجتماعی، اقتصادی و کالبدی است و این روش را می‌توان در مقیاس‌های بزرگ‌تر یا کوچک‌تر نیز بسط داد؛ بنابراین، این روش موضوع‌هایی مانند منطقه‌بندی، تعیین نواحی برنامه‌ریزی و ناحیه‌بندی را پوشش می‌دهد و کاملاً در راستای تحقق‌بخشیدن به استفاده از روش‌های کمی نو در برنامه‌ریزی شهری گام برمی‌دارد.

به‌این‌ترتیب، در این پژوهش به‌دنبال پاسخگویی به این پرسش‌ها هستیم:

۱. آیا روش‌های خوشه‌بندی فضایی، قابلیت ساخت نواحی برنامه‌ریزی همگن و فشرده را دارند؟

۲. آیا با این روش‌ها می‌توان کارایی بیشتری در ترسیم نواحی برنامه‌ریزی داشت؟

1. Planning areas

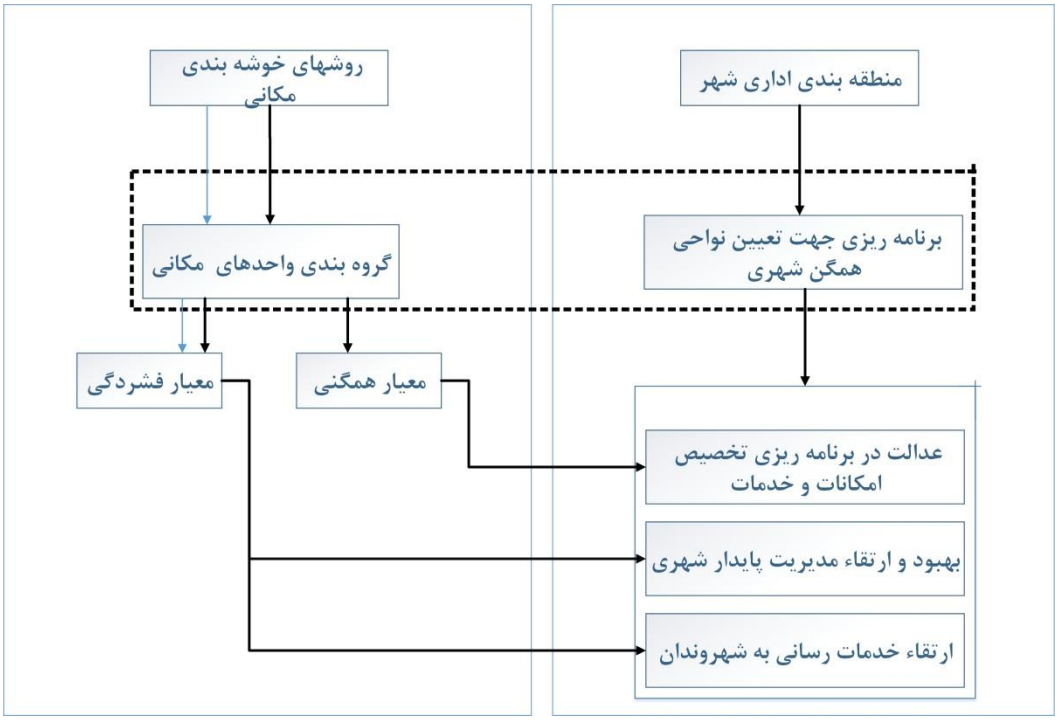
مبانی نظری

برنامه‌ریزی شهری با واحدهای فضایی مجردی سروکار دارد. درنتیجه، به جنبه‌های گوناگونی از اطلاعات دربارهٔ آن‌ها نیازمند است تا به توصیف و تحلیل فضاهای شهری بپردازد. تقسیمات فضایی شهر، نظم و رابطه‌ای را بین عناصر کالبدی و کاربری‌های مناطق شهری نشان می‌دهد. برحسب اینکه منطقهٔ مورد مطالعه دارای چه مقیاسی باشد، از نظریه‌ها و روش‌های مختلفی می‌توان برای شناخت و تجزیه و تحلیل سازمان یا ساختار تقسیم‌بندی موجود استفاده کرد. واحد شهری که براساس جمعیتی متناسب با یک دبیرستان تشکیل می‌شود، ناحیهٔ شهری نامیده می‌شود که جمعیتی حدود ۲۰،۰۰۰ تا ۳۰،۰۰۰ نفر را دربرمی‌گیرد. همچنین واحد شهری براساس جمعیت متناسب با یکی از بیمارستان‌های منطقه، جمعیتی حدود ۱۵۰ هزار نفر را شامل می‌شود (مهندسین مشاور آرمانشهر، ۱۳۸۶). طبیعی است که این ارقام مطلق نیستند و در زمینهٔ ویژگی‌های اجتماعی، اقتصادی، طبیعی و سیاسی ممکن است تغییر یابند. کوچک‌ترین عنصر کالبدی شهر، واحد مسکونی است. از مجموع واحدهای مسکونی، کوچه یا مجتمع مسکونی تشکیل می‌شود (۹۰ تا ۲۰۰ واحد). سه تا پنج مجتمع مسکونی، کوی یا واحد همسایگی را به‌وجود می‌آورند و از ترکیب دو تا سه واحد همسایگی، محله تشکیل می‌شود. همچنین از ترکیب دو محله، برزن، از ترکیب دو برزن، یک ناحیهٔ شهری و از ترکیب چند ناحیه، یک منطقه به‌وجود می‌آید. تعیین نواحی برنامه‌ریزی، مبتنی‌بر ساختاری است که برای جلوگیری از تداخل غیرضروری و نامناسب کارکردها، کاربری‌ها و فعالیت‌ها و ارتقای کیفیت و کارایی محیط شهری، نظام یافته است. ناحیه‌بندی روشی است برای اطمینان از اینکه استفاده از زمین در نقاط مختلف شهر و در یک ناحیهٔ شهری، به‌نحوی منطقی و هماهنگ و به‌تناسب نیاز به عملکردهای مختلف شهری انجام شده است و فضاهای شهری، خدمات رفاهی و تأسیسات عمومی به بهترین شکل توزیع شده‌اند. بدین‌ترتیب، ناحیه‌بندی شهر باید وسعتی را برای هر ناحیه تأمین کند که در آن، امکان ایجاد خدمات رفاهی و ارتباطی، تأسیسات و تجهیزات عمومی را به شایسته‌ترین صورت عملی سازد. همچنین ضوابط ناحیه‌بندی، یکی از ابزارهای قانونی برای کنترل نحوهٔ استفاده از زمین است. از طریق ناحیه‌بندی ارتفاعی ساختمان‌ها، وسعت ساخت‌وسازها، درصد سطح اشغال، نسبت فضاهای باز و بسته، کنترل تراکم جمعیتی و ساختمانی، تعیین نوع استفاده از اراضی و... را می‌توان انجام داد. به‌کمک ناحیه‌بندی می‌توان برای نهادها، مؤسسه‌ها و دستگاه‌های اجرایی شهر- که برای ارائهٔ خدمات خود به ناحیه‌بندی و به‌نوعی تقسیم‌بندی شهر براساس ضوابط، استانداردها و سرانه‌های مربوط نیاز دارند- نظام هماهنگ و یکپارچه‌ای ارائه کرد. اهمیت ناحیه‌بندی در اثنای قرن گذشته، اقدامی مهم برای کنترل و نظم بهره‌گیری از زمین تلقی شده است. ناحیه‌بندی، اساس و مبانی برنامه‌ریزی جامع شهری را تعیین کرده است؛ زیرا این الگو در برنامه‌ریزی شهری بیشتر کشورهای جهان به‌کار رفته است. ناحیه‌بندی بخش‌های مختلف، شهر را برای مقاصد خاص آماده می‌کند. نواحی نمونهٔ مسکونی، صنعتی، تجاری و... ایجادشده و توزیع فضایی بهینهٔ جمعیت، براساس مقررات ناحیه‌بندی به‌وجود می‌آید. ناحیه‌بندی، با طرح‌های از پیش‌اندیشیده‌شده، آیندهٔ توسعهٔ شهر را تضمین می‌کند (زیاری، ۱۳۸۸: ۳۲).

برنامه‌ریزان شهری و جغرافیدانان، مسئولیت عمده‌ای در طرح‌های راهبردی برعهده دارند؛ به‌طورکلی، اقتصاددانان و جامعه‌شناسان، نقش عمده‌ای در فرایند برنامه‌ریزی ندارند (کولینگ‌وورث، ۱۹۹۷: اوانز، ۲۰۰۳). علی‌رغم این نقش اندک، پژوهش‌های اخیر (کومبس[1]، ۲۰۰۰: اوسالیوان و تونی اسکاتلند، ۲۰۰۴: جونز و دیگران، ۲۰۰۵) بر جنبه‌هایی تأکید دارند که در تعریف مناطق شهری به برنامه‌ریزان کمک کنند. روش‌های سنتی تقسیم‌بندی فضاهای شهری، مبتنی‌بر تعیین شاخص‌های تأثیرگذار و سپس وزن‌دهی سادهٔ خطی این شاخص‌ها هستند. به‌ازای هریک از شاخص‌ها، لایه‌ای ایجاد می‌شود و پس از ترکیب لایه‌ها با یکدیگر با تکنیک هم‌پوشانی، مرزها برحسب امتیاز کلی ترسیم می‌شوند، اما روش‌های بسیار دیگری نیز برای انجام این تقسیم‌بندی‌ها وجود دارد. بسته به نوع اطلاعات، روش‌های متنوعی در ناحیه‌بندی شهر وجود دارد که عبارت‌اند از: الگوریتم‌های مبتنی‌بر رفت‌وآمد شهری، روش‌های مبتنی‌بر قانون جاذبه، مقیاس‌گذاری چندبعدی، روش‌های خوشه‌بندی و تجزیه و تحلیل محیط سیاسی و اجتماعی برمبنای معیارهای مدیریتی (رویلا و

1. Coombes

دیگران، ۲۰۰۹؛ های و لیتهولد ، ۲۰۰۵؛ کیم و دیگران، ۲۰۱۳). یکی از رویکردهایی که می‌توان در زمینهٔ تعریف نواحی برنامه‌ریزی یا ناحیه‌بندی شهری به‌کار گرفت، خوشه‌بندی فضایی است. در این روش‌ها، از یک‌سو تأکید بر همگونی فضایی درون هر ناحیه و حداکثرسازی ناهمگنی بین نواحی است و از سوی دیگر بر فشردگی شکل فیزیکی نواحی شهری تأکید می‌شود؛ بنابراین، می‌توان از این روش‌ها در این حوزه استفاده کرد.



شکل ۱. مدل مفهومی کاربرد روش‌های خوشه‌بندی مکانی در تعیین نواحی برنامه‌ریزی
منبع: نگارندگان

روش‌های خوشه‌بندی درواقع، همان روش منطقه‌بندی[1]، روش‌های ترکیب با محدودیت مکانی[2] یا مرزبندی ناحیه[3] هستند (داکو و دیگران، ۲۰۰۷) که برای ترکیب واحدهای فضایی اولیه در قالب مناطق، نواحی و خوشه‌ها ارائه شده‌اند؛ به‌نحوی‌که از طریق آن‌ها بتوان بعضی از توابع هدف را بهینه کرد (منیس و گو، ۲۰۰۹). در اینجا باید تأکید کرد که این روش‌ها محدود به مقیاس نیستند و در هر مقیاسی می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. به‌همین‌دلیل، نام‌های متفاوت و گاه متناقضی دارند.

تنوع رویکردهای موجود در این زمینه، ارائهٔ تعریفی مشخص از منطقه‌بندی[4] را دشوار می‌کند. رویکردهایی مانند ساخت واحدهای فضایی برای انجام تحلیل اکتشافی فضایی داده‌ها (وانگ و دیگران، ۲۰۱۲؛ گو و وانگ ، ۲۰۱۱؛ رومانو، ۲۰۱۰؛ سانتوز و دیگران، ۲۰۱۰)، استفاده از الگوریتم‌های خوشه‌بندی غیرمکانی و استفاده از کنترلگرهای پیوستگی مکانی نواحی شکل‌گرفته (کریستیانا و کوماثی ، ۲۰۱۳) در این زمینه به‌کار گرفته شده است.

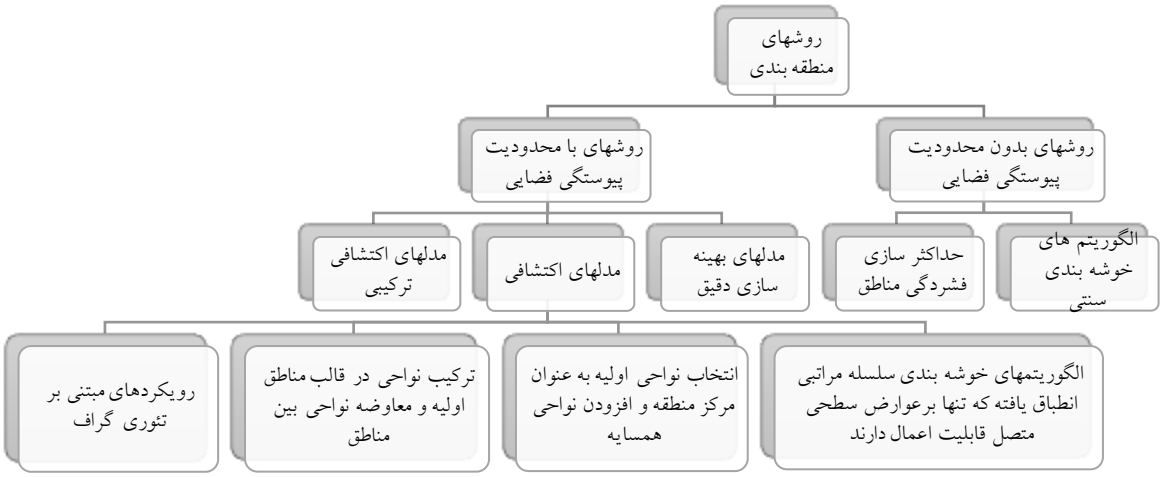
به‌طورکلی می‌توان به این ویژگی‌ها اشاره کرد که در اغلب رویکردها وجود دارند:

۱. تمامی روش‌ها، عمل ترکیب نواحی جغرافیایی را در تعداد معینی از مناطق، همزمان با بهینه‌سازی تابع خاصی انجام می‌دهند؛

1. Regionalization methods
2. Spatially constrained aggregation methods
3. Zone design
4. Regionalization

۲. نواحی درون یک منطقه باید از لحاظ جغرافیایی متصل باشند (محدودیت پیوستگی فضایی)؛
۳. تعداد نواحی باید بزرگ‌تر یا مساوی تعداد مناطق باشد؛
۴. هر ناحیه باید تنها به یک منطقه تخصیص یابد؛
۵. هر منطقه باید حداقل دارای یک ناحیه باشد.

ویژگی دیگر این روش‌ها، قابلیت نظارت بر آن‌هاست؛ چراکه باید دانش اولیه‌ای درمورد فرایند ترکیب، مانند تعداد نواحی، معیارهای مورد استفاده برای ترکیب، توابع هدف (جمعیت برابر برای تمامی مناطق، حداکثر همگنی درون مناطق و حداکثر ناهمگنی بین مناطق، فشردگی یا پیوستگی درونی مناطق) و محدودیت پیوستگی فضایی داشته باشیم (داکو و دیگران، ۲۰۰۷). شکل ۲ گویای رویکردهای موجود در این زمینه است:



شکل ۲. روش‌های مورد استفاده در زمینهٔ منطقه‌بندی
منبع: داکو و دیگران، ۲۰۰۷

پژوهش‌های بسیاری در زمینهٔ به‌کارگیری این روش‌ها برای مرزبندی‌های گوناگون، تعیین مقیاس تحلیل فضایی، ساخت واحدهای پایهٔ مطالعاتی و... انجام شده است. داکو و دیگران (۲۰۱۲) با استفاده از الگوریتم MAX-P برای تعیین مقیاس فضایی مناسب تحلیل فضایی، به منطقه‌بندی مناطق حاشیه‌نشین پرداختند. رویوئلا و دیگران (۲۰۱۱) با هدف ایجاد نواحی شهری چندبعدی با استفاده از شاخص‌های کیفیت زندگی از قبیل اشتغال، تحصیلات، خریدوفروش، بهداشت، فرهنگ و گذران اوقات فراغت، به منطقه‌بندی شهر کاتالونیا پرداختند. جیمنز و مورولون (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به‌دنبال ساخت نواحی مستعد برای انجام تحلیل‌های فضایی بازار کار بودند که نواحی تحلیلی آن‌ها بسیار کارآمدتر از تقسیم‌بندی‌های اداری باشد. در پژوهش دیگری، دراکلی و دیگران (۲۰۱۱) با استفاده از الگوریتم درخت به تعیین مرزهای فضایی واحدهای همسایگی مبتنی‌بر عوامل اجتماعی پرداختند تا به تحلیل داده‌های سلامت بپردازند. در ایران نیز در زمینهٔ منطقه‌بندی، هادی‌پور و دیگران (۱۳۸۵) به بررسی معیارهای ناحیه‌بندی شهر پرداختند و تأکید کردند که اعمال تقسیمات شهری به‌منظور مدیریت غیرمتمرکز شهر باید مبتنی‌بر اسلوب و شاخص‌های متناسب باشد. ضرابی و رحمتی (۱۳۸۶) به تحلیل آثار منفی تنوع منطقه‌بندی موجود در شهرها پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در شهرها باید یک سیستم منطقه‌بندی واحد به‌کار گرفته شود.

رویکرد پژوهش حاضر اکتشافی، به‌صورت ترکیب واحدهای اولیه در قالب مناطق و معاوضهٔ این واحدهاست؛ زیرا در بسیاری از پژوهش‌ها، بهره‌برداری از این روش کارساز بوده است (اوپن‌شو، ۱۹۷۷a؛ ۱۹۷۸b؛ ۱۹۷۹) و با تلاش محققان دانشگاه سوث‌همپتن انگلستان، نرم‌افزارهایی برای حل این مسئله توسعه یافته است (رالفس و دیگران، ۲۰۰۹).

الگوریتم این پژوهش، ناحیه‌بندی اتوماتیک[1] یا AZP است که اولین‌بار اوپن‌شو و سپس دیگران آن را توسعه دادند (اوپن‌شو و رائو ، ۱۹۹۵). درواقع، این الگوریتم برای کاهش اثر مسئلهٔ واحدهای فضایی متغیر[2] ارائه شد (اوپن‌شو، ۱۹۷۷b).

مسئلهٔ ناحیه‌بندی اتوماتیک[3] در اینجا شرح داده می‌شود و سپس راه‌حل مناسب ارائه می‌شود. واحدهای فضایی پایه[4] را می‌توان کوچک‌ترین عوارضی تعریف کرد که داده در سطح آن‌ها منتشر می‌شود (مانند بلوک‌های سرشماری مرکز آمار) و نواحی، از ترکیب یک یا تعداد بیشتری از واحدهای پایهٔ فضایی تشکیل می‌شوند. همچنین پارتیشن را مجموعه‌ای از نواحی– که منطقهٔ مورد مطالعه را کاملاً پوشش می‌دهند– تعریف می‌کنیم. حال می‌توان $x_1, x_2, \dots, x_N$ را N بردار nبعدی نشان‌دهندهٔ واحدهای فضایی پایه نامید:

$$X = \left[x_1^T, x_2^T, \dots, x_N^T \right]$$

ماتریس C (ماتریس وزن‌های مکانی[5])، ماتریسی N*N است که هر مؤلفهٔ آن $c_{ij} = 1$ است، اگر واحدهای فضایی پایهٔ i و j دارای مجاورت (مرز مشترک) باشند یا در ناحیهٔ واحد قرار گیرند. درغیر این‌صورت، $c_{ij} = 0$ است:

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & \cdots & c_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{N1} & \cdots & c_{NN} \end{bmatrix}$$

هدف ترکیب N بردار مجموعهٔ X در قالب K ناحیه (به‌صورت $1,2,\dots,K$ در اینجا) آن است که سطح منطقه به نحوی پوشش داده شود که $1 \le K \le N-1$ باشد. w_i ناحیه است که x_i به آن تعلق می‌گیرد و $w_i \epsilon [1,2,\dots,K]$ است.

آرایهٔ طبقه‌بندی W به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_N]^T$$

هر واحد فضایی پایه را می‌توان به هر ناحیهٔ K تخصیص داد، اگر هیچ واحد دیگری به آن ناحیه متعلق نباشد یا j برحسب ماتریس C حداقل با یکی از اعضای آن ناحیه مجاورت داشته باشد.

درنهایت، فرض بر آن است که مدلی با m متغیر مستقل $p_1, p_2, \dots, p_N$ با داده‌های ناحیه به‌کار رفته است:

$$P = [p_1, p_2, \dots, p_m]^T$$

حال تابع هدفی به‌منظور اندازه‌گیری سطح کارایی هریک از ترکیبات محتمل واحدهای پایه در قالب نواحی برحسب مدل و مقدار از پیش‌تعیین‌شده تعریف می‌شود. درنتیجه، با بهینه‌سازی این تابع، ناحیه‌بندی بهینه‌ای حاصل خواهد شد؛ بنابراین، تابع $F(W; X,C, P)$، تابع اسکالر متشکل از متغیر مستقل W و متغیرهای ثابت P، C و X است. مثالی از تابع $F(W;X,C,P)$، اندازه‌گیری نیکویی برازش یک مدل است. درنتیجه، با بهینه‌سازی این تابع می‌توان ترکیبی از نواحی را حاصل کرد که تأثیر MAUP را به حداقل برساند. مسئلهٔ ناحیه‌بندی، شامل یافتن ترکیب بهینهٔ W به‌ازای مقادیر ثابت P، C و X است؛ به‌نحوی‌که:

$$F(W^*; X, C, P) = \min. \text{ or } \max. F(W; X, C, P)$$

معمولاً وابستگی P و داده‌های ناحیه‌ای تولیدشده توسط ترکیبات مختلف W وجود دارد. درواقع، روابط متقابلی بین پارامترهای مدل و پارتیشن‌های مختلف دیده می‌شود که ویژگی ذاتی مدل‌سازی مکانی است. مطابق همین ویژگی، شکل عمومی مسئلهٔ ناحیه‌بندی بهینه به‌صورت زیر است:

$$F(W^*, P; X, C) = \min. \text{ or } \max. F(W, P; X, C)$$

1. Automated Zoning Procedure (AZP)
2. Modifiable Areal Unit Problem (MAUP)
3. Automatic Zoning Problem
4. Basic Spatial Units (B.S.U)
5. Spatial weights matric

درحالی‌که $P^* = F(W^*; X)$ است، به‌دلیل استفاده از تکنیک‌های تخمین خطی پارامتر، همزمان با تغییرهای مداوم ترکیبات W، مقدار P نیز تغییر می‌کند که سبب پیچیدگی‌های زیادی می‌شود. در مطالعات مرسوم مکانی، متغیر مستقل P^* به‌ازای مقادیر ثابت W و X فقط یک‌بار تخمین زده می‌شد. در اینجا P^* به‌ازای هر تغییر در ترکیبات W دوباره تخمین زده می‌شود. با حل این مسئله می‌توان سیستم ناحیه‌بندی را در بستر داده‌های ترکیب‌شده ایجاد کرد که مدل مورد نظر را بهینه سازد (اوپن‌شو، ۱۹۷۷).

راه‌حل اوپن‌شو و رائو (۱۹۹۵) به شکل ملموس‌تری بیان می‌شود:

الگوریتم اولیه از مجموعهٔ N واحد اولیهٔ ورودی (بلوک‌های سرشماری، محله، ناحیه و...) آغاز می‌شود. این واحدهای اولیه، a_1 تا a_N هستند. فرایند اجرایی این الگوریتم، شامل مراحل زیر است:

مرحلهٔ اول: ایجاد ترکیب تصادفی اولیه از واحدهای اولیهٔ ورودی درون M ناحیهٔ خروجی Z_1 تا Z_M، به‌طوری‌که تمامی واحدهای نواحی به هم متصل باشند، شرط M<N برقرار باشد و هر واحد تنها به یک ناحیه منتسب شود. مقدار تابع هدف برای این ترکیب اولیه محاسبه می‌شود.

مرحلهٔ دوم: یک ناحیه (z_m) از مجموعهٔ تصادفی اولیه به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شود. سپس لیستی از همهٔ واحدهای اولیه که دارای مرز مشترک با آن‌اند، ولی در آن ناحیه قرار نمی‌گیرند، تهیه می‌شود که خود آن B و اعضای آن a_{B1} تا a_{Bn} نامگذاری می‌شوند. در شکل ۳، ناحیهٔ z_5 به‌عنوان z_m انتخاب شده است و تمامی واحدهای اولیهٔ مجاور آن در لیست B قرار گرفته‌اند.

مرحلهٔ سوم: از لیست B یک واحد اولیه به‌صورت تصادفی انتخاب (a_{B12}) و مجزا می‌شود.

مرحلهٔ چهارم: ناحیه‌ای که این واحد متعلق به آن است، تعیین (z_7) و با z_q مشخص می‌شود.

مرحلهٔ پنجم: اگر دیگر واحدهای متعلق به z_q کاملاً به هم متصل باشند، مرحلهٔ ششم آغاز می‌شود. درغیر این‌صورت، واحد اولیهٔ انتخابی به ناحیه‌ای که متعلق به آن بود (z_7)، بازگردانده می‌شود و این فرایند مجدداً از مرحلهٔ سوم آغاز می‌شود. در شکل ۳، جداکردن a_{B12} از ناحیهٔ z_q موجب از بین‌رفتن پیوستگی یا اتصال درونی واحدهای آن نمی‌شود؛ بنابراین، مرحلهٔ بعدی اجرا می‌شود.

مرحلهٔ ششم: واحد a_{B12} به ناحیهٔ z_m اختصاص می‌یابد و مقدار تابع هدف برای این ترکیب جدید محاسبه می‌شود.

مرحلهٔ هفتم: اگر مقدار تابع هدف از مقدار آن در مرحلهٔ اول بیشتر باشد، مرحلهٔ هشتم آغاز می‌شود. درغیر این‌صورت، طبقه‌بندی مرحلهٔ قبل به حالت اولیهٔ آن بازگردانده و الگوریتم از مرحلهٔ سوم آغاز می‌شود.

مرحلهٔ هشتم: اکنون که تابع هدف بهبود یافت، لیست B گسترش می‌یابد و تمامی واحدهای اولیهٔ مجاور با a_{B12}– که متعلق به z_m نیستند– انتخاب و به لیست B افزوده می‌شوند. اگر لیست خالی نباشد، به مرحلهٔ سوم بازمی‌گردد. درغیر این صورت، مرحلهٔ نهم آغاز می‌شود.

مرحلهٔ نهم: هنگامی‌که لیست همهٔ واحدهای اولیهٔ مجاور ناحیهٔ z_m به‌اتمام رسید، مرحلهٔ دوم اجرا می‌شود.

مرحلهٔ دهم: مراحل اول تا هشتم تا زمانی‌که الگوریتم همگرا شود– یعنی بهبود در مقدار تابع هدف از تولرانس مشخصی کمتر باشد–اجرا می‌شود.

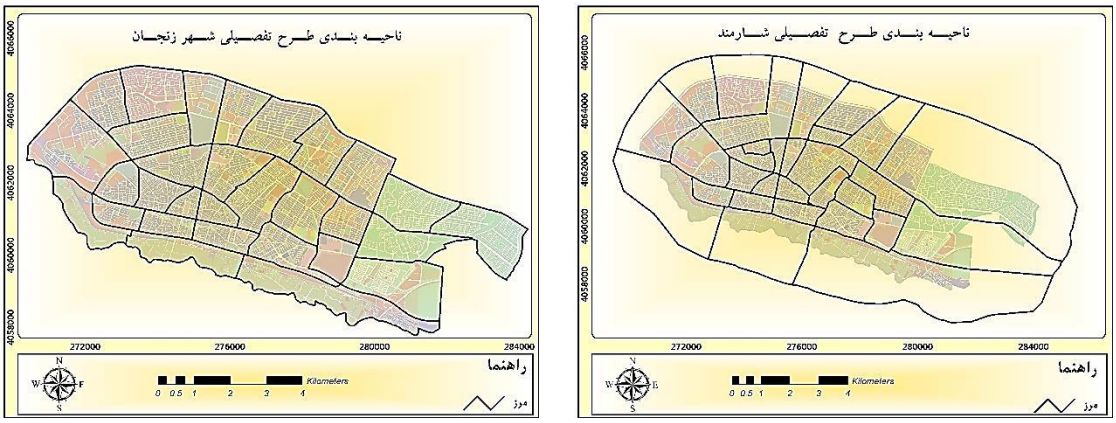
شکل ۳. روند اجرای الگوریتم AZP
منبع: رالفس و دیگران، ۲۰۰۹

این الگوریتم درواقع، یک فرایند جست‌وجوی محلی را در واحدهای اولیهٔ انتخابی اجرا می‌کند و عضویت این واحدها را تا زمان کسب بهترین مقدار برای تابع هدف تغییر می‌دهد. درحالی‌که الگوریتم‌های با جست‌وجوی گلوبال لیست، تمامی حرکات قابل‌اجرا برای M ناحیهٔ موجود را ایجاد و بهترین آن‌ها را انتخاب می‌کنند. این نوع جست‌وجو، کارایی کمتری در مقایسه با AZP دارد؛ زیرا پیش از هر انتساب واحد اولیه، تعداد زیادی از قالب‌های ناحیه‌بندی باید ارزیابی شوند (اوپن‌شو و رائو ، ۱۹۹۵). به‌دلیل جست‌وجوی محلی برای حل مسئله، ممکن است الگوریتم دچار مشکل شود و مسئله را حل نکند. از سوی دیگر، قابلیت حل مسئله، با افزایش نسبت N/M و بی‌قاعدگی در اندازه و شکل واحدهای اولیه کاهش می‌یابد. مهم‌ترین مسئله در منطقه‌بندی، تعیین تابع هدف است؛ زیرا بیانگر نوع محدودیتی است که قصد داریم بر داده‌ها اعمال کنیم. سیستم‌های منطقه‌بندی درواقع، کاشف الگوهای مکانی‌اند و نوع الگوی کشف‌شده بستگی به تابع هدف بهینه دارد. الگوریتم AZP توانایی اعمال هرگونه تابعی را دارد؛ برای نمونه می‌توان از توابعی نام برد که به طورمستقیم از داده‌ها استخراج می‌شوند (مجموع مربع انحرافات از متوسط اندازهٔ نواحی) یا توابعی که نیکویی برازش مدل را نشان می‌دهند (برازش مدل رگرسیون خطی، سطح کارایی مدل‌های تقابل‌های مکانی). توانایی بهینه‌سازی توابع بسیار

مهم است؛ زیرا اهداف سه‌گانه‌ای از ایجاد این الگوریتم وجود دارد: ۱. شناسایی تأثیرهای ترکیب[1] داده‌ها بر آماره‌ها و مدل‌های گوناگون از طریق حداکثرسازی و حداقل‌سازی مقدار آماره‌ها یا پارامترهای مدل با تغییر سیستماتیک تابع هدف؛ ۲. برای اثبات اینکه تأثیرهای MAUP ذاتی است و بر نتایج تمامی مطالعه‌های داده‌های ترکیب‌شده تأثیر می‌گذارد و مهم‌تر از همه ۳. مبنایی برای توسعهٔ رویکردهای نو در حل مسئلهٔ ترکیب داده‌ها.

روش پژوهش

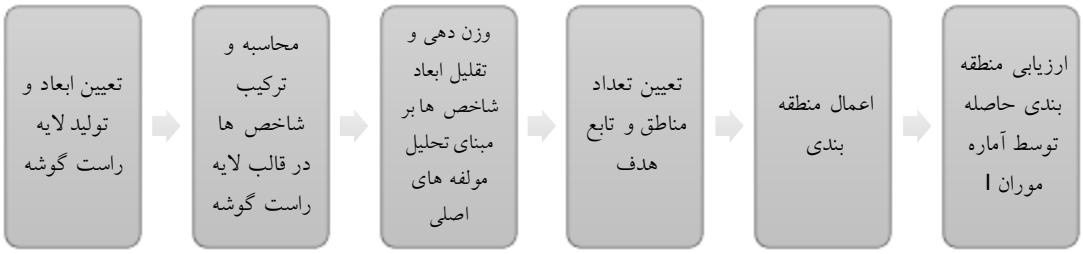
در شهر زنجان، منطقه‌بندی‌های مختلفی مطرح است (شکل ۴). در مطالعات طرح جامع امکو مصوب ۱۳۵۷، شهر به ۱۱ منطقه تقسیم شده است که ظاهراً معیار خاصی برای این منطقه‌بندی وجود ندارد و تمامی مطالعه‌های اجتماعی–اقتصادی براین‌اساس صورت گرفته است (شارمند، ۱۳۶۷). منطقه‌بندی شهرداری زنجان درحال‌حاضر، ملاک عمل شهرداری زنجان است و شهر را به سه پهنه تقسیم کرده است. در منطقه‌بندی طرح تفصیلی مصوب سال ۱۳۶۳ نیز درجهت رسیدن به اهداف زیر تلاش شده است: ۱. نیاز منطقی به عملکردهای خدماتی پیش‌بینی‌شده ۲. دسترسی مناسب، ۳. تمرکز خدماتی، ۴. مطلوبیت اجتماعی و ۵. سیمای خوشایند شهری. بدین‌ترتیب، شهر زنجان به ۴ منطقه و ۳۲ ناحیه تقسیم‌بندی شد. در مطالعه‌های بازنگری طرح تفصیلی ۱۳۸۶، شهر زنجان به ۶ منطقه و ۳۰ ناحیه تقسیم شد (حبیبی و دیگران، ۱۳۸۷: ۱۱۶).



شکل ۴. منطقه‌بندی‌های طرح‌های شهری زنجان
منبع: نگارندگان

داده‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر، لایهٔ رقومی بلوک‌های آماری شهر زنجان در سرشماری سال ۸۵ و لایهٔ رقومی کاربری اراضی زنجان است که در هنگام تهیهٔ طرح تفصیلی شهر در سال ۸۶ ایجاد شده است. داده‌های مذکور، از ارگان‌های شهرداری زنجان و مرکز آمار ایران تهیه شد و پیش‌پردازش‌های مربوط در محیط ArcGIS 10 برای آماده‌سازی لایه‌های رقومی انجام گرفت. مراحل آماده‌سازی و ترکیب داده‌ها در قالب شبکهٔ راست‌گوشه[2] و اعمال الگوریتم منطقه‌بندی در شکل ۵، به‌طورکلی ارائه شده است.

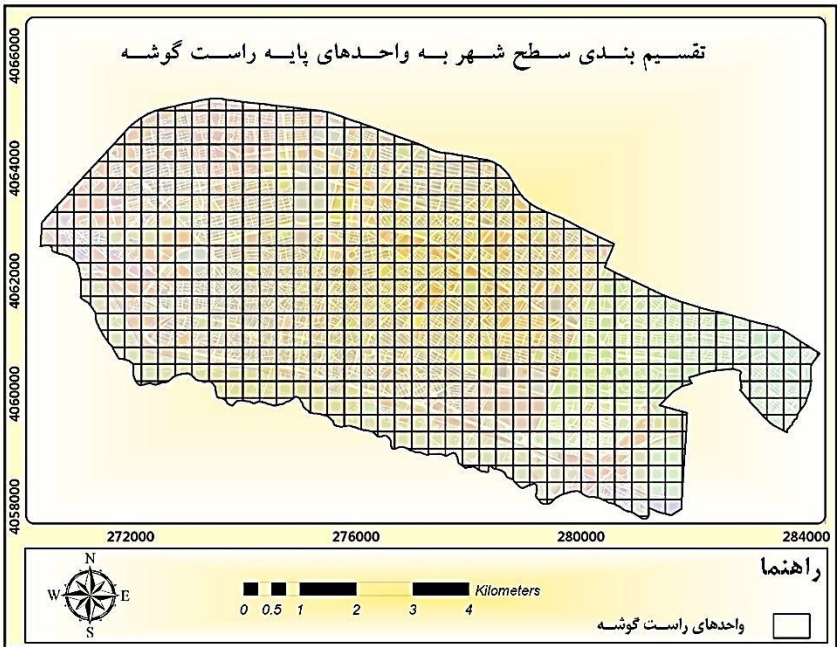
1. Aggregating
2. Fishnet



شکل ۵. فرایند منطقه‌بندی اجتماعی برمبنای الگوریتم AZP
منبع: نگارندگان

در بسیاری از پژوهش‌ها، شبکهٔ راست‌گوشه به‌عنوان واحد پایه برای ترکیب داده‌های اولیه به‌کار گرفته شده است؛ زیرا شبکهٔ راست‌گوشه را می‌توان مجدداً در هر زمانی در همان اندازه و در همان مختصات دقیق ایجاد کرد و مرزهای آن در طول زمان تغییر نمی‌کند. از سوی دیگر، عامل عمده برای انتخاب این واحد پایه، اجتناب از بروز انحراف[1] در داده، هنگام ترکیب آن‌ها در واحدهای فضایی بزرگ‌تر است (سابل و دیگران، ۲۰۱۲: آربیا، ۱۹۸۹: آمرهین، ۱۹۹۵). ابعاد سلول‌های لایهٔ راست‌گوشه برمبنای متوسط فاصلهٔ مرکز ثقل عوارض سطحی در لایه‌های کاربری اراضی و بلوک‌های آماری تا مرکز ثقل هشت نزدیک‌ترین همسایگی آن‌ها تعیین شد. این مقدار برای لایهٔ کاربری اراضی، ۲۹ متر و برای لایهٔ بلوک‌های آماری ۱۴۲ متر است؛ بنابراین، مقدار ۲۰۰ متر برای ابعاد سلول‌ها انتخاب شد (شکل ۶).

برای انتخاب شاخص‌ها در این گام باید با درنظرگرفتن معیارهایی مانند دردسترس‌بودن اطلاعات، تناسب با روش‌های برنامه‌ریزی، جامعیت و همه‌شمول‌بودن، شاخص‌هایی انتخاب شدند که در جدول ۱ قابل‌مشاهده‌اند. شاخص‌های اجتماعی پس از ترکیب لایه‌های رقومی کاربری اراضی (به‌صورت لایهٔ عوارض نقطه‌ای) و بلوک‌های آماری (به‌صورت لایهٔ عوارض سطحی) در قالب شبکهٔ راست‌گوشه با استفاده از تحلیل هم‌پوشانی و خلاصه‌سازی[2] و اتصال این خلاصه‌سازی‌ها با شبکهٔ راست‌گوشه برای هر سلول محاسبه شد.



شکل ۶. واحدهای پایهٔ حاصل برای ترکیب داده‌ها برمبنای شبکهٔ راست‌گوشه
منبع: نگارندگان

1. Bias
2. Summarizing

تحلیل مؤلفه‌های اصلی به‌کمک چند ترکیب خطی از شاخص‌های اصلی، به تبیین ساختار واریانس- کوواریانس می‌پردازد. اهداف کلی این تحلیل، کاهش حجم داده‌ها و تعبیر و تفسیر آن‌هاست (نیرومند، ۱۳۷۸: ۴۳۱). تحلیل مؤلفه‌های اصلی، به‌منظور حداکثرکردن مجموع مجذورات همبستگی‌ها انجام می‌شود. وزن‌های اختصاص‌یافته به شاخص‌ها توسط اولین عامل، به همبستگی آن‌ها بستگی دارد؛ به‌طوری‌که هرچه همبستگی یک شاخص با سایر شاخص‌ها بیشتر باشد، وزن بالاتری به آن تعلق می‌گیرد (کلانتری، ۱۳۹۱: ۶۴). تحلیل مؤلفه‌های اصلی، به دو دلیل انجام می‌شود: کاهش تعداد شاخص‌ها و تعیین اهمیت آن‌ها (جدول ۱). رویکردها و روش‌های متفاوتی برای تعیین تعداد مناطق بهینه ارائه شده است. در این پژوهش، تعداد مناطق برمبنای توزیع داده‌ها حول میانگین، به‌اندازۀ یک انحراف معیار برابر ۵ منطقه و دو تابع هدف همگنی مناطق و فشردگی تعیین شد. در هنگام اعمال الگوریتم، دو شاخص برای بهینه‌سازی دو تابع همگنی و فشردگی به‌کار رفت.

جدول ۱. شاخص‌ها و وزن‌های اختصاص‌یافته به آن‌ها برمبنای تحلیل مؤلفه‌های اصلی

ویژگی ها اجتماعی	• تراکم جمعیت • شاخص پیری • تعداد خانوار در واحد مسکونی • تراکم مسکونی خالص • شاخص جوانی جمعیت • بعد خانوار • ساختار جنسی • نرخ بی سوادی • ضریب محصلین • ضریب زنان خانه دار • بار تکفل
ویژگی های اقتصادی	• ضریب وابستگی خالص • اندازه جمعیت • بار جمعیت • نسبت اشتغال زنان • درصد اشتغال خالص • نرخ بیکاری مردان • جمعیت فعال بالفعل • نرخ بیکاری
ویژگیهای کالبدی	• سرانه زمین و زیر بنای مسکونی • درصد ساختمانهای نوساز • درصد ساختمانهای تخریبی • تراکم ساختمانی • تعداد واحد مسکونی در هکتار • متوسط ابعاد قطعات مسکونی • سهم برخورداری از کاربردهای خدمات رفاه عمومی و گذران اوقات فراغت(فضای سبز و فضاهای ورزشی)

منبع: نگارندگان

همبستگی درون‌ناحیه‌ای[1] به‌طورمستقیم، قابلیت اندازه‌گیری همبستگی درونی طبقات متعلق به یک ناحیه را دارد که براساس:

$$IAC = \frac{1}{k-1}\sum_{k=1}^{k}(1-pk)\delta k$$

$$\delta k = \frac{\frac{1}{M-1}\sum_{g=1}^{M} Ng\left(pkg-pk\right)^2}{\left(N^*-1\right)pk\left(1-pk\right)} - \frac{1}{\left(N^*-1\right)}$$

M تعداد واحدهای سطحی، N^* میانگین مقدار متغیر در واحدهای سطحی، Ng مقدار متغیر در واحد سطحی g، pk نسبت کلی متغیر در طبقه (واحد سطحی اولیه) k و pkg نسبت متغیر در طبقهٔ k متعلق به واحد سطحی g است (سابل و دیگران، ۲۰۱۲). این شاخص، نسبت واریانس بین‌گروهی به واریانس درون‌گروهی را نشان می‌دهد. پژوهش‌ها نشان داده است که اگر $IAC > 0.5$ باشد همگنی درون نواحی بسیار مطلوب است (کوکینگ و هارفوت ، ۲۰۱۱: گریدی و اناندر، ۲۰۰۹). معیار دیگر فشردگی است که از نسبت مربع محیط با مساحت نواحی حاصل می‌شود و عبارت است از:

$$P2A = \sum\left(\frac{1}{4\pi} \times \frac{qk^2}{Ak}\right)$$

q محیط و A مساحت ناحیهٔ K است. این مقدار برای ناحیه‌ای با شکل دایره‌ای، ۱ است. اهمیت فشردگی شکل نواحی شکل‌گرفته به‌دلیل کاهش فاصله از نواحی حاشیه‌ای ناحیه به‌سمت مرکز ثقل ناحیه است (برنابل و دیگران، ۲۰۰۸). در پژوهش‌های اخیر بر این معیار تأکید بسیار شده است و در بسیاری از پژوهش‌ها به بهینه‌سازی‌های مکانی در این زمینه با الگوریتم ژنتیک (داتا و دیگران، ۲۰۱۲) و الگوریتم کلونی موچگان (میمیس و دیگران، ۲۰۱۲) پرداخته شده یا از مفاهیم فیزیکی مانند مماس اینرسی برای بهینه‌سازی این بعد از مسئله استفاده شده است (لی و دیگران، ۲۰۱۳).

درنهایت، با استفاده از آمارهٔ مکانی I موران، الگوی توزیع مؤلفه‌ها در سطح گلوبال بررسی شد (رویلا و داکو ، ۲۰۱۲). مقدار آمارهٔ موران، بین ۱+ و ۱− متغیر است. مقدار ۱− نشان‌دهندهٔ الگوی توزیع پراکنده، ۱+ نشانگر الگوی توزیع خوشه‌ای و ۰ نشانهٔ الگوی توزیع تصادفی است.

بحث و یافته‌ها

در بررسی ساختار فضایی منطقه، مسئلهٔ مهم، بررسی و تحلیل نواحی همگن برنامه‌ریزی در سطح منطقه است. محله-بندی و تقسیمات اداری، اجتماعی یا سنتی موجود، جوابگوی نیازهای فعالیت برنامه‌ریزی نیست؛ زیرا برنامه‌ریزی نیازمند ناحیه‌بندی‌ای است که نمایانگر ابعاد متفاوت مکانی اجتماع ساکن و الگوهای مکانی ساختار شهر باشد. شاخص‌ها پس از استخراج از منابع و اسناد کتابخانه‌ای و محاسبه در قالب واحدهای پایهٔ فضایی راست‌گوشه، برای کاستن پیچیدگی داده‌ها و گویاسازی روندهای کلی، در تحلیل‌عاملی به‌کار گرفته شدند. نتایج تحلیل‌عاملی، ایجاد پنج عامل است که ۷۶ درصد تغییرات را توجیه می‌کنند (جدول ۲). مقدار آمارهٔ KMO، ۰/۸۹۳ و آزمون بارتلت نیز نشان‌دهندهٔ مطلوبیت تحلیل‌عاملی است. شاخص‌ها در قالب عامل‌ها ترکیب شدند (جدول ۳) و درنهایت، پنج عامل ایجادشده برای منطقه‌بندی به‌کار رفتند.

جدول ۲. عامل‌ها، مقادیر ویژه و درصد تغییرات تحت کنترل هر عامل

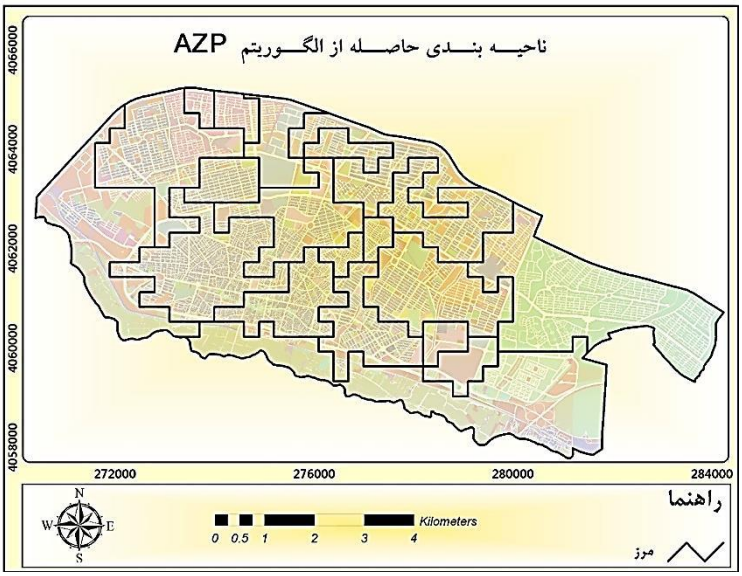
عامل‌ها	مقدار ویژهٔ کل	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۱۴/۲۰	۵۴/۶۰	۵۴/۶۰
۲	۲	۷/۷۱	۶۲/۳۰
۳	۱/۴۶	۵/۶۲	۶۷/۹۲
۴	۱/۰۹	۴/۱۸	۷۲/۱۰
۵	۱/۰۲	۳/۹۳	۷۶/۰۳

منبع: نگارندگان

1. Intra-Area Correlation (IAC)

پس اعمال منطقه‌بندی، ۲۰ ناحیه خرد برنامه‌ریزی ایجاد شد (شکل ۷). این نواحی، ساختار فضایی شاخص‌های به‌کاررفته را نشان می‌دهند.

فرض اصلی در ایجاد این نواحی، همگنی آن‌ها برمبنای شاخص‌هاست؛ بنابراین، از آمارهٔ I موران به‌عنوان سنجه‌ای برای شناسایی این اصل استفاده شد (شکل ۸). برای مقایسهٔ ناحیه‌بندی حاصل با ناحیه‌بندی طرح تفصیلی شهر زنجان در سال ۱۳۸۵، ۱۳ شاخص در قالب هردو ناحیه‌بندی ترکیب شدند. از ۱۲ شاخص ناحیه‌بندی طرح تفصیلی، ۱۰ شاخص دارای الگوی توزیع خوشه‌ای هستند؛ درحالی‌که در ناحیه‌بندی حاصل از AZP، از ۱۲ شاخص مورد نظر تنها یک شاخص، الگوی خوشه‌ای دارد؛ بنابراین، الگوریتم AZP این قابلیت را دارد که در گروه‌بندی واحدهای اولیه، الگوی توزیع شاخص را از حالت خوشه‌ای به حالت تصادفی تبدیل کند؛ بنابراین، می‌توان شاهد ایجاد نواحی‌ای بود که از لحاظ شاخص‌های اجتماعی، اقتصادی و کالبدی، الگوی توزیع همگن دارند.



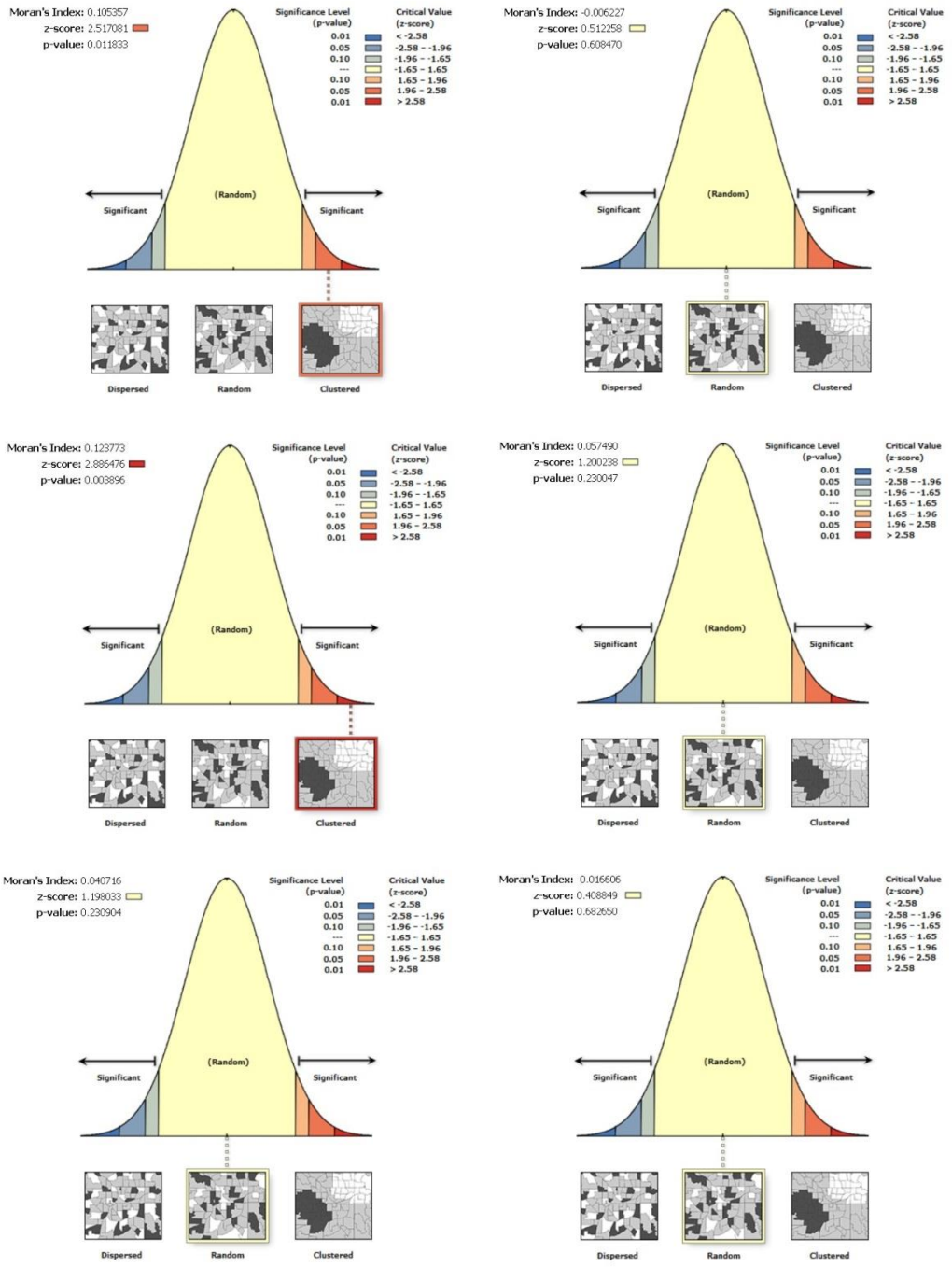
شکل ۷. نواحی برنامه‌ریزی حاصل از AZP

منبع: نگارندگان

جدول ۳. مقادیر خودهمبستگی مکانی شاخص‌های منتخب برای اعتبارسنجی ناحیه‌بندی ایجادشده

	مقدار آمارهٔ موران	
	ناحیه‌بندی ایجادشده	ناحیه‌بندی طرح تفصیلی
بار جمعیت	۰/۰۱۰۶۷	۰/۰۷۱۲۳
بعد خانوار	۰/۰۰۶۰۸	۰/۰۷۹۲۲
جمعیت بالقوهٔ فعال	-۰/۰۱۶۶۱	۰/۰۴۰۷۲
شاخص پیری	۰/۲۴۶۹۵	۰/۰۵۷۴۸
شاخص جوانی	-۰/۰۱۵۲۵	۰/۰۷۱۲
ضریب زنان خانه‌دار	۰/۰۱۰۷۵	۰/۰۸۲۹۵
ضریب محصلان	۰/۰۴۸۹۸	۰/۱۰۷۲۶
نسبت اشتغال زنان	۰/۰۵۸۵۵	۰/۱۴۰۵۹
نسبت بی‌سوادی	-۰/۰۱۹۰۱	۰/۱۱۶۸۵
نسبت بیکاری	-۰/۰۰۹۰۶	۰/۰۴۰۳۲
نسبت جنسی	-۰/۰۰۶۲۳	۰/۱۰۵۳۶
نسبت وابستگی	۰/۰۵۷۴۹	۰/۱۲۳۷۷

منبع: نگارندگان



شکل ۸. نمونه‌هایی از نتایج آمارهٔ موران برای نواحی خرد برنامه‌ریزی AZP (راست) و ناحیه‌بندی طرح تفصیلی (چپ). از بالا به پایین به‌ترتیب: نسبت جنسی، نسبت وابستگی، شاخص جوانی
منبع: نگارندگان

علاوه بر همگنی، نواحی ایجادشده باید فشردگی کافی نیز داشته باشند تا از لحاظ مدیریتی و دسترسی به خدمات و امکانات و... در سطح یکسانی باشند؛ بنابراین، فشردگی این نواحی با استفاده از نسبت سادهٔ مساحت به محیط، با ناحیه‌بندی طرح تفصیلی مقایسه شد که از این بعد نیز نواحی ایجادشده فشردگی مناسبی دارند. انحراف معیار مقادیر فشردگی نواحی، از ۰/۳۲ در ناحیه‌بندی طرح تفصیلی، به ۰/۱۷ در ناحیه‌بندی حاصل از الگوریتم AZP کاهش یافت که افزایش همگونی در شکل نواحی ایجادشده را نشان می‌دهد؛ علاوه‌براین، حداقل فشردگی در ناحیه‌بندی طرح تفصیلی ۰/۰۰۰۱۳ است که در ناحیه‌بندی حاصل از الگوریتم به ۰/۰۹۹ می‌رسد؛ بنابراین، در جواب سؤال‌های اول و دوم از بعد

همگنی و فشردگی نواحی ایجادشده می‌توان گفت استفاده از الگوریتم‌های خوشه‌بندی- که نمونهٔ آن الگوریتم AZP است- در فرایند ناحیه‌بندی مؤثر واقع می‌شود و کارایی نواحی ایجادشده را افزایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

شهرهای امروزی محیط‌هایی بسیار پیچیده و دارای ابعاد گوناگون‌اند که تحلیل آن‌ها به روش‌های سنتی، پاسخگوی واقعیت‌های موجود نیست. یکی از مراحل اولیه در هر نوع برنامه‌ریزی برای شهر، تعیین تقسیم‌بندی‌های فضایی آن است. این مرحله معمولاً به روش‌های سنتی و گردآوری پارامترهای اجتماعی، اقتصادی و کالبدی صورت می‌گیرد. سپس هریک از این پارامترها به‌صورت بسیار ساده و خطی وزن‌دهی می‌شوند و نقشه‌های مربوط به هر پارامتر استخراج می‌شود. مرحلهٔ بعدی در این فرایند، هم‌پوشانی لایه‌های مربوط به پارامترهای مورد نظر و ترسیم مرزهای نواحی شهری است. در روش‌های مرسوم ناحیه‌بندی شهری، مجاورت و همسایگی به مفهوم مکانی آن درنظر گرفته نمی‌شود. از سوی دیگر، شاید هیچ معیار و شاخصی برای ارزیابی بهینگی و مناسب‌بودن ناحیه‌بندی انجام‌یافته تعیین نمی‌شود؛ برای نمونه، شاخصی مانند فشردگی شکل نواحی ایجادشده که دسترسی سریع به مرکز ناحیه را فراهم می‌سازد یا معیاری مانند همگنی ناحیه که سبب می‌شود اجتماعات همسانی (از نظر اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی) در واحدهای فضایی در مجاورت یکدیگر و در یک ناحیه قرار بگیرند.

هدف این پژوهش، ارائهٔ رویکردی برای ایجاد تغییرهای اساسی در پهنه‌بندی یا گروه‌بندی فضایی در محیط‌های شهری با استفاده از الگوریتم‌های ناحیه‌بندی مانند AZP بوده است. تقسیم‌بندی فضا در مقیاس‌های مختلف، دارای عناوین متفاوت از جمله ناحیه‌بندی، منطقه‌بندی و... است که اصل اساسی در همهٔ آن‌ها، ترکیب واحدهای فضایی پایه در قالب سطوح فضایی بالاتر مانند ناحیه و منطقه است؛ بنابراین، با وجود نام‌های متفاوت، ماهیت کار یکسان است.

در این پژوهش، ابتدا ابعاد مسئله شناسایی شدند. سپس رویکردهای متفاوت، ارزیابی شدند و معیارهای متناسب با آن‌ها استخراج شد. این معیارها به‌تنهایی کافی نیستند و برای انطباق بیشتر با واقعیت، باید ابعاد بیشتری درنظر گرفته شود. از سوی دیگر، تحلیل‌عاملی، روال‌های کلی را نشان می‌دهد و ممکن است روندهایی جزئی وجود داشته باشند که چشم‌پوشی از آن‌ها مشکل‌ساز باشد. در این پژوهش، با استناد به یافته‌های پژوهش‌های پیشین، از واحدهای فضایی راست‌گوشه استفاده شد و این واحدها به‌دلیل انطباق‌نداشتن با شبکهٔ معابر ممکن است مرزبندی دقیقی ارائه ندهند. همچنین به‌دلیل محدودیت فضای پردازشی سیستم‌های کامپیوتری و افزونگی داده‌ها- که فضای توصیفی داده‌ها را بسیار تار می‌ساخت- از واحدهای فضایی بسیار کوچک‌تر استفاده نشد. با درنظرگرفتن واحدهای پایهٔ بسیار کوچک، به‌دلیل افزونگی داده و پیچیدگی حاصل از آن و با درنظرگرفتن همهٔ روندهای فضایی، الگوریتم توان حل مسئله را ندارد و باید از واحدهای پایهٔ قابل‌اعتمادتری استفاده کرد. به‌طورکلی، انتخاب واحدهای پایهٔ فضایی برای هرگونه پژوهشی، مستلزم ارزیابی تأثیر مسئلهٔ واحدهای فضایی متغیر است. این مسئله بیانگر آن است که در هر مقیاسی، گاهی نتایج تحلیل‌های فضایی، بسیار متفاوت است؛ بنابراین، باید واحدهایی را به‌عنوان واحدهای پایهٔ تحلیل‌های فضایی برگزید که تغییرات آن‌ها نیز از بعد شکل فیزیکی و ابعاد، کمترین تأثیر را در نتایج تحلیل داشته باشد. همین مسئله سبب شد که اوپن‌شو روش ناحیه‌بندی اتوماتیک AZP را ارائه کند تا واحدهای فضایی مصنوعی و بی‌تأثیر را در نتایج پژوهش ایجاد کند.

براساس نتایج پژوهش حاضر، می‌توان از روش‌های نوین برای حل نظام‌مند مسائل بهره برد؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود برای انتخاب بهترین روش منطقه‌بندی، در پژوهش‌های آینده، ابعاد دیگر روش‌های منطقه‌بندی و قابلیت آن‌ها سنجیده شود. در بطن فضای شهر، الگوهای نهان اجتماعی، اقتصادی و کالبدی وجود دارند که کشف آن‌ها دغدغهٔ اصلی برنامه‌ریزان و جغرافیدانان است. این روش‌ها قابلیت شناسایی مقیاس تحلیل فضایی و گویاسازی الگوهای فضایی را دارند و ابزاری کارآمد برای برنامه‌ریزان و جغرافیدانان به‌شمار می‌روند. شایسته است در پژوهش‌های آینده، الگوریتم‌هایی غیر از الگوریتم AZP نیز در پاسخگویی به این مسئله به‌کار گرفته شود و مقایسه‌ای تطبیقی برای ارزیابی کارایی هریک از

آن‌ها در این زمینه انجام گیرد. هریک از این الگوریتم‌ها دارای ویژگی خاصی هستند که کاربرد آن‌ها را در مسئله‌ای مشخص افزایش می‌دهد؛ برای مثال، الگوریتم Max-P قابلیت بالایی در ارائهٔ واحدهای فضایی با جمعیت برابر دارد و به‌همین‌سبب، برای تحلیل فضایی واحدهای پایهٔ بهینه، اغلب از آن استفاده می‌شود (داکو و دیگران، ۲۰۱۱؛ داکو و دیگران، ۲۰۱۲). از جمله مسائل اساسی در ناحیه‌بندی، تعیین تعداد نواحی است که هنوز در این زمینه مطالعات عمیقی از بعد فضایی انجام نشده است. اغلب برای تعیین تعداد نواحی، از روش‌های داده‌کاوی استفاده می‌شود که بدون درنظرگرفتن پراکنش فضایی شاخص‌ها به‌کار می‌روند.

منابع

۱. هادی‌پور، حلیمه‌خاتون، فرهودی، رحمت‌اله و احمد پوراحمد، ۱۳۸۵ ، **معیارهای مؤثر در مرزبندی نواحی شهری (مورد مطالعه: منطقهٔ یک شهرداری تهران)**، پژوهش‌های جغرافیایی، شمارهٔ ۵۶، صص ۹۳- ۱۱۱.

۲. حبیبی، کیومرث، پوراحمد، احمد و ابوالفضل مشکینی، ۱۳۸۷، **از زنگان تا زنجان (سیری تاریخی بر تحولات کالبدی - فضایی بافت کهن شهر)**، دانشگاه زنجان، زنجان.

۳. کلانتری، خلیل، ۱۳۹۳، **مدل‌های کمی در برنامه‌ریزی (منطقه‌ای، شهری و روستایی)**، فرهنگ صبا، تهران.

۴. مرادی، داوود، ۱۳۹۱، **جزوهٔ تحلیل نواحی اجتماعی**، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان.

۵. زیاری، کرامت‌اله، ۱۳۸۸، **برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری**، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۶. ضرابی، اصغر و رحمتی، صفر قائد، ۱۳۸۶، **تحلیل پیامدهای ناشی از تنوع منطقه‌بندی درون‌شهری (نمونهٔ موردی: منطقه‌بندی شهر اصفهان)**، مجلهٔ پژوهشی دانشگاه اصفهان، شمارهٔ ۶، صص ۳۳-۴۳.

۷. ویچرن، دین دبلیو و ریچارد آرنولد جانسون، ۱۳۹۲، **تحلیل آماری چندمتغیری کاربردی**، ترجمهٔ حسینعلی نیرومند، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

۸. فرهودی، رحمت‌اله، قالیباف، محمدباقر، چهارراهی، ذبیح‌اله، جواهری، احمد، ۱۳۸۸، **تحلیل تقسیمات کالبدی شهری براساس مدیریت یکپارچهٔ شهری (نمونهٔ موردی: شهر شیراز)**، نشریهٔ جغرافیا، شمارهٔ ۱۹ و ۱۸، صص ۲۷- ۴۴.

9. Amrhein, C., 1955, **Searching For the Elusive Aggregation Effect: Evidence from Statistical Simulations**, Environment and Planning- Part A, 27, PP. 105-119.

10. Arbia, G., 1989, **Spatial Data Configuration in Statistical Analysis of Regional Economic and Related Problems**, Kluwer Academic, Dordrecht.

11. Bernabe, L., Duque, C., Ramirez, R. and Osorio, L., 2008, **Classification over Geographical Zones: A Combinatorial Optimization Approach to the Regional Partitioning Problem**, Electronics, Communications and Computers, 18th International Conference on IEEE, PP. 70-74.

12. Christina, J. and Komathy, K., 2013, **Analysis of Hard Clustering Algorithms Applicable to Regionalization**, Information and Communication Technologies (ICT), 2013 IEEE Conference on IEEE, PP. 606-610.

13. Cockings, S., Harfoot, A., Martin, D. and Hornby, D., 2011, **Maintaining Existing Zoning Systems Using Automated Zone-Design Techniques: Methods for Creating the 2011 Census Output Geographies for England and Wales**, Environment and Planning-Part A, 43, 2399.

14. Cullingworth, J. B. 1997. **British Land-Use Planning: A Failure to Cope with Change, Urban Studies**, Vol. 34, No. 5-6, PP. 945-960.

15. Datta, D., Malczewski, J. and Figueira, J. R., 2012, **Spatial Aggregation and Compactness of Census Areas with a Multiobjective Genetic Algorithm: A Case Study In Canada**, Environment and Planning-Part B, 39, P. 376.

16. Drackley, A., Newbold, K. B. and Taylor, C., 2011, **Defining Socially-Based Spatial Boundaries in The Region of Peel, Ontario, Canada**, International Journal of Health Geographics 10, 38.

17. Duque, J. C., Anselin, L. and Rey, S. J., 2012, **THE MAX-P-REGIONS PROBLEM***, Journal of Regional Science, 52, PP. 397-419.

18. Duque, J. C., Artís, M. and Ramos, R., 2006, **The Ecological Fallacy in a Time Series Context: Evidence From Spanish Regional Unemployment Rates**, Journal of Geographical Systems, 8, PP. 391-410.

19. Duque, J. C., Church, R. L. and Middleton, R. S., 2011, **The P-Regions Problem**, Geographical Analysis, 43, PP. 104-126.

20. Duque, J. C., Ramos, R. and Suriñach, J., 2007, **Supervised Regionalization Methods: A Survey**, International Regional Science Review, 30, PP. 195-220.

21. Duque, J. C., Royuela, V. and Noreña, M., 2012, **A Stepwise Procedure to Determinate a Suitable Scale for the Spatial Delimitation of Urban Slums**, Defining the Spatial Scale in Modern Regional Analysis, Springer, PP. 237-254.

22. Evans, A. W., 2003. **Shouting Very Loudly: Economics, Planning and Politics,** Town Planning Review, Vol. 74, No. 2, PP. 195-212.

23. Farhoodi, R., Ghalibaf, M. B., Chaharrahi, Z., Javaheri, A., 2009, **Analysis of Urban Physical Divisions Based on Sustainable Management (Case Study: Shiraz City)**, Geography (Iranian Geographic Association Publication), No. 18-19, PP. 27-44. (*In Persian*)
24. Grady, S. and Enander, H., 2009, **Geographic Analysis of Low Birth-weight and Infant Mortality in Michigan Using Automated Zoning Methodology,** International Journal of Health Geographics, Vol. 8, No. 10.
25. Guo, D. and Wang, H., 2011, **Automatic Region Building for Spatial Analysis**, Transactions in GIS 15, PP. 29-45.
26. Habibi, K., Poorahmad, A. and Meshkini, A., 2010, **From Zangan to Zanjan (A Review of Physical-Spatial Transformation of Old Town Texture**), Zanjan University Press, Zanjan. *(In Persian)*
27. Hadipoor, H., Farhoodi, R. and Poorahmad, A., 2006, **Effective Criterions in Delimitation of Urban Areas (Case Study: 1st District of Tehran Municipality),** Journal of Geographical Researches, No. 56, PP. 93-111. *(In Persian)*
28. Heye, C. and Leuthold, H., 2005, **Theory-Based Social Area Analysis: An Approach Considering The Conditions of a Post-Industrial Society'**, 14th European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography, PP. 9-13.
29. Jiménez, A.V. and Morollón, F. R., 2011, **An Analytical Regions Proposal for the Study of Labour Markets: An Evaluation for the Spanish Territory,** Documentos de Trabajo FUNCAS, 1.
30. Vechern, D. W. and Janson, R. A., 2011, **Applied Multivariate Statistical Analysis**, Translated by: Niroomand, H., Ferdowsi University Press, Mashhad. *(In Persian)*
31. Kalantari, K., 2012, **Quantitative Models in Planning (Regional, Urban and Rural)**, Farhang-e-Saba Publications, Tehran. *(In Persian)*
32. Kim, H., Chun, Y. and Kim, K., 2013, **Delimitation of Functional Regions Using a P-Regions Problem Approach**, International Regional Science Review.
33. Jones, C., Leishman, C. and Watkins, C., 2005, **Housing Market Processes, Urban Housing Submarkets and Planning Policy**, Town Planning Review, Vol. 76, No. 2, PP. 215-233.
34. Li, W., Goodchild, M. F. and Church, R., 2013, **An Efficient Measure of Compactness for Two-Dimensional Shapes and its Application in Regionalization Problems,** International Journal of Geographical Information Science, PP. 1-24.
35. Mennis, J. and Guo, D., 2009, **Spatial Data Mining and Geographic Knowledge Discovery- An Introduction**, Computers, Environment and Urban Systems, 33, PP. 403-408.
36. Mimis, A., Rovolis, A. and Stamou, M., 2012, **An AZP-ACO Method for Region-Building, Artificial Intelligence: Theories and Applications**, Springer, PP. 81-89.
37. Moradi, D., 2012, **Analysis of Social Areas Booklet**, Isfahan Art University, Isfahan. *(In Persian)*
38. Openshaw, S., **A Geographical Solution to Scale and Aggregation Problems in Region-Building, Partitioning and Spatial Modeling**, Transactions of the Institute of British Geographers, Vol. 09, No. 1977a, PP. 459-472.
39. Openshaw, S., 1977, **Optimal Zoning Systems for Spatial Interaction Models**, Environment and Planning- A, b 9, PP. 169-184.
40. Openshaw, S. and Baxter, R., 1977, **Algorithm 3: A Procedure to Generate Pseudo-Random Aggregations of N Zones Into M Zones, Where M is Less Than N**, Environment and Planning- A, 9, PP. 1423-1428.
41. Openshaw, S. and Rao, L., 1955, **Algorithms for Reengineering 1991 Census Geography**, Environment and planning- A, 27, PP. 425-446.
42. O'Sullivan, T. and Scotland, C., 2004, **Local Housing System Analysis: Good Practice Guide,** Communities Scotland Edinburgh.
43. Ralphs, M., Ang, L. and Zealand, S. N., 2009, **Optimized Geographies for Data Reporting: Zone Design Tools for Census Output Geographies**, Statistics New Zealand.
44. Romano, E., Balzanella, A. and Verde, R., 2010, **A New Regionalization Method for Spatially Dependent Functional Data Based on Local Variogram Models: An Application on Environmental Data**, Atti del 45th Scientific Meeting of the Italian Statistical Society, Padova.
45. Royuela, V. and Duque, J. C., 2012, **HouSI: Heuristic for Delimitation of Housing Submarkets and Price Homogeneous Areas**, Computers, Environment and Urban Systems.

46. Royuela, V., Romaní, J. and Artís, M., 2009, **Using Quality of Life Criteria to Define Urban Areas in Catalonia**, Social Indicators Research, No 90, PP. 419-440.

47. Sabel, C. E., Kihal, W., Bard, D. and Weber, C., 2012, **Creation of Synthetic Homogeneous Neighbourhoods Using Zone Design Algorithms to Explore Relationships Between Asthma and Deprivation in Strasbourg, France**, Soc. Sci. Med.

48. Santos, S. M., Chor, D. and Werneck, G. L., 2010, **Demarcation of Local Neighborhoods to Study Relations Between Contextual Factors and Health**, International Journal of Health Geographics, 9, PP. 34.

49. Wang, F., Guo, D. and McLafferty, S., 2012, **Constructing Geographic Areas for Cancer Data Analysis: A Case Study on Late-Stage Breast Cancer Risk in Illinois**, Applied Geography, 35, PP. 1- 11.

50. Zarabi, A. and Rahmati, S., 2007, **Analysis of Different Intra-Urban Regionalization Outcomes (Case Study: Isfahan City Regionalization),** Isfahan Research Journal, No. 6, PP. 33-42. *(In Persian)*

51. Ziyari, K., 2009, **Urban Land Use Planning**, University Of Tehran Press, Tehran. *(In Persian)*