مطالعات محیطی هفت حصار شماره سی‌ودوم/ سال هشتم/ تابستان ۱۳۹۹
صفحات ۴۰-۲۹

تحلیل الگوی رشد کالبدی- فضایی شهرها از طریق آمار فضایی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهر گرگان)

مهدی خداداد بناب*

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۴/۱۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۹/۱۷

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

مقاله پژوهشی- مورد پژوهی

©: IAUH

ISSN: 2322-5602

[DOR: 20.1001.1.23225602.1399.8.32.5.2]

[DOI: 10.29252/hafthesar.8.32.5]

چکیده

برنامه‌ریزی شهری از گذشته تا به امروز بیشتر بر اساس توجه به عوامل کالبدی پیش رفته است تا جایی که اساس برنامه‌ها و طرح‌های شهرسازی و برنامه‌های شهری را عمران شهر و فضاهای کالبدی, تحت تأثیر خود قرار داده است. شهر محصول روابط و مناسبات پیچیده اقتصادی و اجتماعی است و ناهمگونی‌های فضایی آن بازتاب فرایندهای در هم بافته فرهنگی– اجتماعی و سیاسی– اقتصادی در طی تاریخ در بستر طبیعت بوده است. شناخت الگوی رشد فضایی شهرهای اصلی مناطق و کشورها، برای تدوین سیاست‌های مناسب و دستیابی به توسعه پایدار امری اساسی است. دستیابی به این مهم نیز نیازمند استفاده از روش‌ها و ابزارهای مناسب و پیشرفته می‌باشد. این مقاله باهدف مطالعه رشد و توسعه فضایی شهر گرگان با استفاده از مدل‌های تحلیل فضایی و تکنیک‌های مربوط به خودهمبستگی فضایی با استفاده از GIS نگارش یافته است. بر این اساس به‌منظور تحلیل توسعه فضایی شهر گرگان فرضیه پژوهشی مطرح شد و به روش توصیفی–تحلیلی ارزیابی شد. بر این اساس از روش‌های مختلف آمار فضایی و تکنیک‌های خودهمبستگی فضایی ازجمله تحلیل خوشه‌بندی، ضرایب موران و گری، G عمومی، تحلیل لکه‌های داغ استفاده‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که شهر گرگان، الگوی رشد تصادفی متمایل به خوشه‌ای را با شکل‌گیری دو لکهٔ داغ در بخش جنوب و شرق شهر و یک لکهٔ سرد در بخش شمال تجربه نموده است.

واژگان کلیدی

الگوی رشد فضایی، آمار فضایی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، شهر گرگان

* کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه گلستان، گرگان Khodadadmehdi91@yahoo.com

مقدمه

توسعه شهری در سیر رو بـه تکامـل خـود از زمـان شـروع تـا بـه امـروز دارای رونـد نسـبتاً متعـادلی بـود (حسـینی و سـلیمانی‌مقـدم، ۱۳۸۵: ۲۹-۲۸)؛ امـا تحـولات فرهنگـی-اجتمـاعی و اقتصـادی قـرن ۱۹ و ۲۰ متـأثر از مدرنیسـم، گسـترش سـریع شـهرها و پیـدایش کـلان‌شـهرها را موجـب شـده و تغییـرات بنیـادی را در سـاختار و سـازمان فضـایی- کالبـدی آن‌هـا بـه وجـود آورده اسـت (زیـاری، ۱۳۸۲: ۱۵۱)؛ درواقع یکی از موضوعات حیـاتی قـرن بیسـت و یکـم در ارتبـاط بـا پایـداری شـهر، شـکل شـهر یـا چگـونگی رشـد و توسـعه شـهر در فضـا مـی‌باشـد (لطفـی و همکـاران، ۱۳۹۲: ۱۹۲). در ایـران نیـز تـا زمـانی کـه الگـوی رشـد شـهرها ارگانیـک بـوده و عوامـل درون‌زا و محلی تعیین‌کننده رشد شهری بـوده‌انـد، زمـین شـهری نیـز کفایـت کـاربری‌هـای سـنتی را مـی‌داده اسـت (حسـینی و قـدمی، ۱۳۹۲: ۲). در اثـر رشـد فزاینـده شـهرها، گسـترش فیزیکـی شـهر بـه منـاطق پیرامـون و همچنـین افـزایش تـراکم و انباشـتگی در درون شـهرها اجتناب‌ناپذیر خواهد بود (پنـاهی و زیـاری، ۱۳۸۸: ۲-۱). ایـن رشـد شـهری مشـکلات جـدی و بـی‌شـماری در پـی خواهـد داشـت (شـوگیل، ۱۳۸۲: ۴۳).

الگوها و عواقب ناشی از توسعه شهری در حال طراحی و به دلیل اثرات عمیق خود در سطح جهان موردتوجه بوده و جهت نشان دادن زنـدگی انسان و محیط‌زیست می‌باشند (Zhao, 2015: 1). یکی از مهم‌ترین دلایل رشد سریع این‌گونه شهرها، تمرکز خدمات، صنایع و تسهیلات در آن‌ها بوده که منجر به مهاجرپذیری شدید گردیده، افزایش جمعیت به‌نوبه‌ی خود باعث توسعه فیزیکی و کالبدی بدون برنامه و لجام‌گسیخته، افزایش حاشیه‌نشینی و ایجاد شهرک‌ها در پیرامون شهرها می‌شود (Bazzi et al., 2015: 2). آمار فضایی به مـا کمـک مـی‌کنـد تـا رفتـار پدیده‌های جغرافیایی را بهتر درک نماییم .الگوها و روندهای موجود در پدیده‌ها را شناسایی و دلایـل آن‌هـا را کشـف کنـیم (قـدیری و دسـتا، ۱۳۹۲: ۲)؛ بنابراین، شناخت الگوی رشد فضایی شهرهای اصلی مناطق و کشورها برای تدوین سیاست‌های مناسب و دستیابی به توسعهٔ پایدار امری اساسی است. در این ارتباط، تحلیل‌های آمار فضایی در GIS ازجمله روش‌های توسعه‌یافته در دهه‌های اخیر هستند کـه بـا توجـه بـه دخیل کردن عامل فضا در محاسبات آماری، توانایی بالایی در ارائه الگوهای فضایی رشد و توسعه دارند؛ درواقع در مهروموم‌هـای اخیـر، بـه همراه پیشرفت‌های فن‌آوری در زمینهٔ جمع‌آوری و پردازش داده‌های جغرافیایی و درک خلأهای موجود در زمینهٔ داده‌های فضایی و جغرافیایی، توجه پژوهشگران بیشتری به آمار فضایی جلب شده است و پیشرفت‌های زیادی در این زمینه صورت گرفته است. برای مدت‌ها عدم امکان تحلیل‌های آمار فضایی در نرم‌افزارهای سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نوعی خلأ محسوب می‌گردید و باعث پیدایش نـرم‌افزارهـایی ماننـد GeoDat و Space Stat شده بود که محدودیت‌های خاص خود را داشت؛ اما در سال‌های اخیر افزوده شدن مجموعهٔ ابزارهـای تحلیلـی آمار فضایی به ArcGis توانمندی‌های بسیار خوبی را در این زمینه ایجاد کرده است که می‌تـوان در تحلیـل الگوهـای توزیـع پدیـده‌هـای جغرافیایی به‌خوبی از آن‌ها استفاده نمود (عسگری، ۱۳۹۰: ۱۵-۱۳). شهر گرگان به‌عنوان مرکز استان گلستان مراحـل رشـد و توسـعه خـود را بسیار سریع‌تر از آهنگ طبیعی طی نموده است؛ بطوریکه طبق آخرین سرشماری ۱۳۹۰ جمعیت این شهر در حدود ۴۶۲۴۵۵ نفـر بـوده اسـت (مرکز آمار ایران) (www.sci.org.ir). بر این اساس، سؤال اصلی این است که الگوی رشد کالبدی- فضایی شهر گرگان چگونه بوده است؟

هدف پژوهش

یکی از مشکلات شهر و شهرنشینی گسترش فیزیکی نامتناسب شهرها می‌باشد. این فرآیند عمدتاً پویا و مداوم است که طی آن محدوده‌های فیزیکی شهر و فضاهای کالبدی آن در جهات عمودی و افقی از حیث کمی و کیفی افزایش مـی‌یابـد و درصـورتی‌کـه ایـن رونـد سـریع و بی‌برنامه باشد، باعث بروز مشکلات فراوانی در شهرها می‌شود (طاهری، ۱۳۸۱: ۴). در همین راستا هدف پژوهش بررسی الگوی رشد کالبدی- فضایی شهر گرگان می‌باشد.

روش تحقیق

روش تحقیق در این مقاله توصیفی ـ تحلیلی است و داده‌های آن شامل نقشهٔ شهر گرگان به تفکیک مناطق و نـواحی شـهرداری همـراه بـا پایگاه اطلاعاتی داده‌های جمعیتی بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰ است. از طرفی جهت آزمون فرضیه تحقیـق در چـارچوب روش تحقیـق، داده‌های موردنیاز از طریق روش کتابخانه‌ای گردآوری شد. مطابق مبانی نظری و پیشینهٔ تحقیق، متغیرهای تراکم، مسـاحت و نیـز تجمـع و پراکندگی جمعیت و اشتغال به‌عنوان متغیرهای اساسی سنجش الگوی رشد کالبدی فضایی انتخاب شد؛ لذا در چارچوب روش تحلیل کمـی، جهت آزمون فرضیه از روش‌های مختلف آمار فضایی استفاده شد.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1399.8.32.5.2]
[DOI: 10.29252/hafthesar.8.32.5]

پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر و به‌خصوص در طی دهه اخیر کارهای زیادی در خصوص مکان‌یابی با روش‌های کمی در ایران و جهان انجام‌گرفته است که در زیر به ذکر تعدادی از آن‌ها پرداخته می‌شود:

ابراهیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۸)، در مقاله‌ای به مکان‌یابی بهینه جهات گسترش شهری در شهر مرودشت با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پرداخته‌اند. در این مقاله از ۱۰ شاخص جهت شیب، قابلیت اراضی، اراضی سیلاب خیز، گسل، رود، شبکه‌ی ارتباطی جاده‌ای، شبکه ارتباطی ریلی، صنایع، نقاط روستایی اطراف شهر و خطوط انتقال نیرو استفاده‌شده است که با استفاده از مدل‌ها و توابع تحلیل سیستم اطلاعات جغرافیایی و همپوشانی و ترکیب لایه‌های مذکور مناسب‌ترین جهت را برای گسترش آتی شهر مرودشت انتخاب نموده‌اند.

ضیائیان و همکاران (۱۳۹۰)، در مقاله خود با عنوان تعیین جهت بهینه گسترش شهر مشهد با استفاده از مدل ارزیابی چندعامله GIS و RS پرداخته‌اند.در این مقاله با استفاده از مدل ارزیابی چندعامله و روش وزن دهیCritic و نیز عوامل فاصله از کاربری‌های شهری، فاصله از گسل، فاصله از اراضی مرغوب کشاورزی و باغ‌ها، زمین‌شناسی، قابلیت اراضی و شیب، جهت بهینه گسترش شهر تعیین‌شده است که در این مکان‌یابی، مشخص گردید جهت بهینه گسترش آینده شهر مشهد، شمال غرب و غرب شهر است.

حسینی و همکاران (۱۳۹۰)، در پژوهشی با عنوان ارزیابی و مکان‌یابی جهات توسعه فیزیکی شهر با استفاده از مدل منطق فازی مطالعه موردی :شهر دیواندره»، پرداخته‌اند و درنهایت بر اساس نقشه نهائی طبقه‌بندی نتیجه حاصل شد که پهنه‌های مساعد جهت توسعه فیزیکی آتی شهر دیواندره بیشتر در بخش شرقی تا حدودی نیز بخش شمالی و جنوب شرقی به‌صورت پراکنده وجود دارند.

قدیری و دستا (۱۳۹۲)، در پژوهشی به بررسی تحلیل الگوی رشد کالبدی -فضایی شهرها از طریق آمار فضایی در GIS مطالعهٔ موردی کلان‌شهر تهران، به این نتیجه رسیده‌اند که کلان‌شهر تهران طی سال‌های ۷۵ و ۸۵ الگوی رشد تصادفی متمایل به خوشه‌ای را با شکل‌گیری دو لکهٔ داغ در بخش جنوب شهر و یک لکهٔ سرد در بخش شمال تجربه نموده است.

لطفی و همکاران (۱۳۹۲)، در مقاله‌ای به بررسی الگوی گسترش کالبدی–فضایی شهر مراغه با استفاده از مدل‌های کمی پرداخته‌اند. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش نشان می‌دهد که شهر مراغه از نظر رشد کالبدی و فضایی درگذشته رشدی آرام و فشرده داشته که با شروع شهرنشینی سریع یعنی از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۶۵ رشد شتابان شهری تجربه کرده است به‌طوری‌که مساحت شهر در این دوره ۱۶.۵ برابر افزایش‌یافته است که از این دهه رشد بی‌رویه شهری (Sprawl) رخداده و تا دهه ۱۳۸۵ توسعه و گسترش شهر به‌صورت پراکنده ادامه یافته است.

شمس و همکاران (۱۳۹۳)، در پژوهشی به بررسی گسترش کالبدی–فضایی شهر و تعیین الگوی بهینه و پایدار رشد کالبدی شهر صالح‌آباد با بهره‌گیری از مدل‌های کمی، پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که شهر صالح‌آباد در طی دهه‌های گذشته به‌صورت پراکنده رشد نموده و منجر به پدیده‌ی گسترش افقی یا پراکندگی شهری شده است. بر این اساس باید از الگوی گسترش متمرکز درون بافتی فشرده و درعین‌حال الگوی پیوسته‌ی قطاعی با توسعه سیستم شبکه ارتباطی متقاطع و مورب بهره گرفت تا رشد کالبدی شهر روندی معقولانه‌تر را طی نماید.

مبانی نظری پژوهش

تسریع رشد شهری و استفاده از زمین و تغییر مکان به طور فزاینده فشار بر محیط زیست طبیعی و رفاه انسان و یک نگرانی جهانی تبدیل‌شده‌اند. ایران به‌عنوان یک کشور درحال‌توسعه، نیز دچار رشد مناطق شهری آن در طول چند دهه گذشته نرخ بالای مهاجرت از روستا به شهر همراه با تغییرات اجتماعی و اقتصادی و سیاسی سریع است (Bihamta et al., 2015). از طرفی از مشکلات اساسی ناشی از ساختار فضایی نامناسب که برنامه‌ریزی شهری امروز با آن روبه‌رو می‌باشد، توسعه و رشد بی‌رویه و بی‌برنامه شهرهاست (موحد و همکاران، ۱۳۹۳: ۵۵). شناخت الگوی توسعه کالبدی شهر و ارزیابی درجه پراکندگی و فشردگی آن جهت هدایت آن در راستای توسعه پایدار شهری ضروری است (حسینی و قدمی، ۱۳۹۲: ۲). فرم شهر به‌عنوان الگوی توزیع فضایی فعالیت‌های انسان در برهه خاصی از زمان تعریف می‌شود. رشد شهر به‌صورت یک فرآیند دوگانه گسترش بیرونی و رشد فیزیکی سریع یا رشد درونی و سازمان‌دهی مجدد است. گسترش بیرونی به شکل افزایش محدوده شهر یا به‌اصطلاح گسترش افقی بی‌رویه ظاهر می‌گردد و رشد درونی به‌صورت درون‌ریزی جمعیت و الگوی رشد فشرده نمایان می‌شود (قرخلو و زنگنه شهرکی، ۱۳۸۸: ۲۲-۲۱).

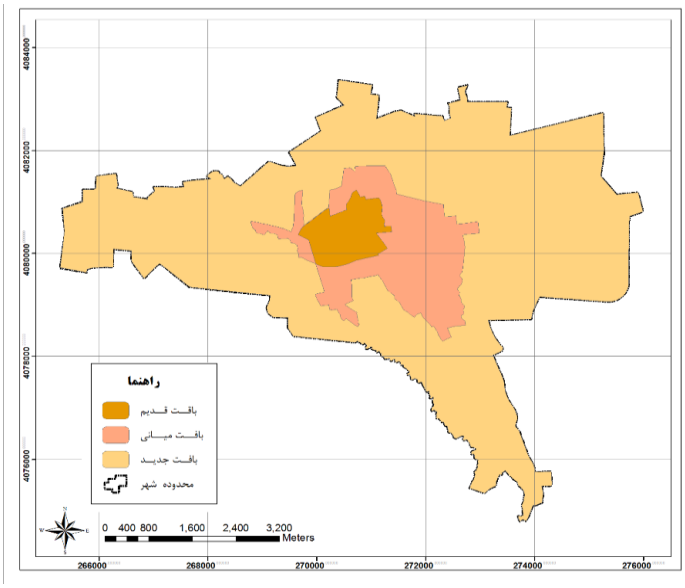
درک، تجزیه‌وتحلیل، نظارت و مدل‌سازی تکامل رشد شهری به‌عنوان یک نیروی محرک اصلی تغییر و تحول پوشش استفاده از زمین، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، از اهمیت زیادی برای مدیران زمین در روند توسعه پایدار است (Sakieh et al, 2015: 8). چند برابر شدن محدوده‌های شهری، شکل‌گیری بافت‌های کم تراکم در حاشیه‌های شهر و دشواری‌های خدمات‌رسانی اشاره کرد (سیف‌الدینی، ۱۳۹۱: ۲).

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1399.8.32.5.2]
[DOI: 10.29252/hafthesar.8.32.5]

الگوی اسپرال، رشد شهری پراکنده و کم بازده (غیر مؤثر) شهری را بیان می‌کند (Hass & Lathrop, 2003: 159). از آنجا که در قرن ۲۱ فرم مسلط زندگی شهری بر اساس اتومبیل شکل‌گرفته است (Glaeser& Kahn, 2004: 2481). الگوی اسپرال ابتدا در کشورهای توسعه‌یافته به علت استفاده زیاد از اتومبیل شخصی و حومه‌نشینی به وجود آمد و هم‌اکنون در بسیاری از هسته‌های شهری کشورهای درحال‌توسعه دیده می‌شود (قرخلو و زنگنه شهرکی، ۱۳۸۸: ۲۲)؛ درواقع شهر اسپرال پدیده‌ای ظالمانه است که سطح هرچه بیشتر زمین را می‌پوشاند (Salingaros, 2006: 100). مناطق شهری تمرکز مردم، زیرساخت‌ها و فعالیت‌های اقتصادی، شهرنشینی را به‌طور هم‌زمان یک فعالیت اقتصادی به‌منظور استفاده از زمین و پدیده تغییر جمعیتی تبدیل کرده است. تأثیرات منفی که اغلب به آن نسبت داده‌شده است، ازدحام ترافیک، فقدان فضای باز و افزایش آلوده‌کننده‌ها به آبراه‌های طبیعی می‌باشد (Sutton, 2003:353). در آمریکا به دلیل اینکه تهدید جدی برای جنگل‌ها و دیگر فضاهای طبیعی این کشور محسوب می‌شود، نگرانی‌های عمومی درباره تأثیرات این الگو افزایش‌یافته است (Bengston, 2005: 745). الگوی دیگر، فرم فضایی فشرده (رشد هوشمند شهری) می‌باشد. رشد هوشمند از نظریات طرح‌شده در دهه پایانی قرن بیستم است که ریشه‌های آن در توسعه پایدار قرار دارد و با مشخصاتی چون؛ تراکم بالا، کاربری‌های مختلط و اتکای بیشتر به پیاده‌روی توصیف‌شده است که راه‌حلی است برای یک برنامه‌ریزی شهری بهتر (Chen and et al., 2008: 28)؛ درواقع رشد هوشمند نوعی استراتژی توسعه می‌باشد که شهر اسپرال را توصیه نمی‌کند (Gabriel and et al., 2006: 212) و یا تراکم بالا و کاربری مختلط، عدالت اجتماعی را گسترش می‌دهد (Burton, 2001: 2). جهت نیل به فرم شهری پایدار می‌بایست ابعاد پراکندگی روشن شود. این ابعاد عبارت‌اند از تراکم، پیوستگی، تمرکز، مجموعه بندی، مرکزیت، قطبی بودن، کاربری ترکیبی، مجاورت (رهنما و عباس زاده ۱۳۸۵: ۱۰۷-۱۰۳).

معرفی منطقه موردمطالعه

شهرستان گرگان مرکز استان گلستان شهری زیبا و نگینی در طبیعت چشم‌نواز شمال ایران با وسعت ۱۶۱۵/۸۱ کیلومترمربع با جاذبه‌های فراوان طبیعی و تاریخی یکی از شهرهای سیاحتی و میعادگاه عاشقان طبیعت و دوستداران تاریخ است. شهرستان گرگان از جنوب به استان سمنان، از شمال به آق‌قلا، از شرق به علی‌آباد کتول و از غرب به کردکوی محدود است. طبق آخرین سرشماری ۱۳۹۰ جمعیت شهر گرگان در حدود ۴۶۲۴۵۵ نفر بوده است (مرکز آمار ایران) (www.sci.org.ir).



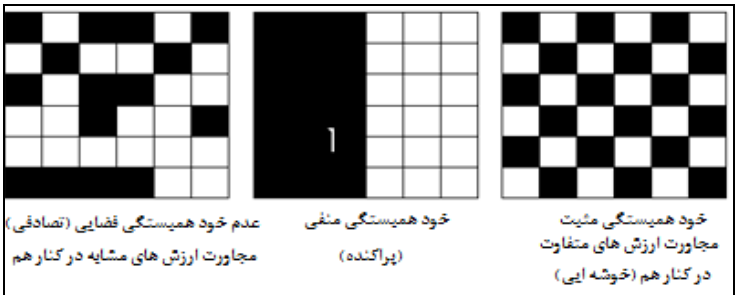
تصویر ۱- نقشه مراحل توسعه کالبدی شهر گرگان

روش‌شناسی و معرفی مدل‌های تحقیق

تحلیل مدل خودهمبستگی فضایی (Spatial Autocorrelation): در طبقه‌بندی الگوهای فضایی ـ خواه خوشه‌ای، پراکنده و تصادفی ـ می‌توان بر چگونگی نظم و ترتیب قرارگیری واحدهای ناحیه‌ای متمرکز شد. می‌توان مشابهت و نبود مشابهت هر جفت از واحدهای ناحیه‌ای مجاور را اندازه گرفت. وقتی این مشابهت و نبود مشابهت‌ها برای الگوهای فضایی تعیین شود، خودهمبستگی فضایی شکل

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1399.8.32.5.2]
[DOI: 10.29252/hafthesar.8.32.5]

می‌گیرد (Lee, 2001: 135). خودهمبستگی یا همبستگی سریالی، به ارتباط باقی‌مانده‌های معادله رگرسیونی اشاره دارد. به‌وسیله خودهمبستگی، وضعیتی را توصیف می‌کنیم که در آن هر باقی‌مانده یا ضریب خطا e_1 مرتبط به ضریب‌های قبلی است (Clark,1997:379). مفهوم خودهمبستگی فضایی این است که ارزش صفت‌های مطالعه شده، خود همبسته‌اند و همبستگی آن‌ها قابل استناد به نظم جغرافیایی پدیده‌هاست. وضعیت‌های زیادی، درجه‌ای از همبستگی فضایی را نمایش می‌دهند. خودهمبستگی فضاییِ قوی، بدین مفهوم است که ارزش صفات پدیده‌های جغرافیایی به‌طور قوی با یکدیگر رابطه دارند (مثبت یا منفی). ضریب ویژگی توزیع پدیده‌های جغرافیایی مجاور، ارتباطات و نظم ظاهری مختلفی دارد که گفته می‌شود دارای ارتباط فضایی ضعیف، قوی و یا دارای الگوی تصادفی می‌باشند (تصویر ۲).



تصویر ۲- انواع خودهمبستگی فضایی

خودهمبستگی فضایی، ابزار ارزشمندی برای مطالعه چگونگی تغییرات الگوهای فضایی در طول زمان است. نتایج این نوع تحقیق به فهم بیشتری از تغییر نحوه الگوهای فضایی گذشته به حال منجر گردیده است. بنابراین، نتایج مفیدی برای فهم عوامل تغییر الگوهای را نشان می‌دهند. علاوه بر این، مطالعه همبستگی فضایی، پیشنهادهای ضمنی مهمی برای کاربرد تکنیک‌های آماری در تحلیل اطلاعات فضایی دربردارد. برای اندازه‌گیری همبستگی فضایی، آماره‌هایی وجود دارد که به ما اجازه می‌دهند با نقاط یا پلی گون‌ها (سطوح نواحی) کار کنیم. برای داده‌های فاصله‌ای نسبی، شاخص موران (Moran's I) و ضریب گری(Gray Ratio) و شاخص محلی G(G-Statistics) به کار می‌روند.

انواع معیارهای تعامل فضایی: مدل‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری آماره‌های تعامل فضایی وجود دارد. اگر صفت‌های فضایی یا متغیرهای موردمطالعه با مقیاس اسمی (Nominal) و دوتایی (Binary) باشند (به‌عنوان نمونه صفت‌ها فقط دو ارزش ممکن صفر و یک دارند)، پس آماره محاسبات عددی، تعداد اتصال‌ها (Joint Count) می‌تواند استفاده شود. اگر متغیرهای فضایی اندازه‌گیری شده، دارای مقیاس فاصله‌ای یا نسبی باشند، آماره‌های ارتباط فضایی مناسب شاخص موران (Moran's I) و ضریب گری (Gary Ratio) می‌باشند و گزینه ممکن دیگر، آماره G عمومی (G-Statistic) است (لی و وانگ، ۱۳۸۱: ۲۳).

همهٔ این معیارها می‌توانند، به‌عنوان معیارهای جهانی همبستگی یا تمرکز فضایی مدنظر قرار گیرند. یک آماره یا ارزش مشتق شده برای تمام ناحیهٔ موردمطالعه، ارتباط فضایی جامع همه واحدهای ناحیه‌ای را توصیف می‌کند. به‌هرحال، دلیلی وجود ندارد باور کنیم که هر فرایند فضایی در درون خودش دارای توزیع همگن است. اندازه خودهمبستگی فضایی می‌تواند به وسیله موقعیت‌ها تغییر کند؛ بنابراین یک توزیع یا یک الگوی فضایی می‌تواند در شرایط مختلف از نظر فضایی ناهمگن باشد. برای توصیف ناهمگنی خودهمبستگی فضایی، باید بر معیارهایی متکی باشیم که می‌توانند خودهمبستگی فضایی را در مقیاس محلی کشف کنند. شاخص محلی تمرکز فضایی (Local Indicator of Spatial Association-LISA) و آمارهٔ G محلی (Local G-Statistics) برای این هدف مورداستفاده قرار می‌گیرد (لی و وانگ، ۱۳۸۱: ۲۸).

شاخص‌های موران و ضریب گری (Moran I & Gary Rtio C): آماره‌های اتصال مشترک معیارهای جهانی سودمند خودهمبستگی فضایی برای متغیرهای با فقط دو نتیجه هستند (اتصال و نبود اتصال). این موقعیت کاملاً محدودکننده است؛ زیرا در اکثر موارد در دنیای واقعی با متغیرهای در مقیاس‌های فاصله‌ای و نسبی نیز سروکار داریم. در این موارد، شاخص موران (Moran's I) و ضریب C گری (Gary Ratio C) قابل‌استفاده خواهند بود.

شاخص‌های موران و گری مشخصه‌های مشترکی دارند؛ اما خواص آماری آن‌ها متفاوت است. اکثر تحلیلگران با شاخص موران موافق‌ترند، که اساساً به خاطر توزیع مشخصاتش، مطلوب‌تر است (Lee and Wong, 2007:174). هنوز هر دو روش بر مقایسه ارزش‌های همسایگی واحدهای ناحیه‌ای متکی هستند. اگر واحدهای ناحیه‌ای همسایگی در طول ناحیه ارزش‌های مشابهی داشته باشند، آماره‌ها (مدل‌ها)

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1399.8.32.5.2]
[DOI: 10.29252/hafthesar.8.32.5]

بر یک خودهمبستگی فضایی قوی دلالت داشته‌اند. اگر واحدهای ناحیه‌ای همسایگی ارزش‌های خیلی نامشابهی داشته باشند، آماره‌ها باید یک خودهمبستگی فضایی منفی خیلی قوی را نشان دهند. به‌هرحال دو مدل، روش‌های متفاوتی را برای مقایسه ضرایب همسایگی‌ها به کار می‌گیرند.

۱. شاخص موران (Moran's I): شاخص موران، به شرح زیر است:

$$I = \frac{n\sum\sum w_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{w\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

Xi ضریب متغیر فاصله‌ای یا نسبی در واحد ناحیه‌ای i، n تعداد واحدهای ناحیه‌ای، wij ضریب موران بین ۱- تا ۱ متغیر است. ۱- برابر تعامل فضایی منفی و ۱ برابر تعامل فضایی مثبت به کار می‌رود. اگر تعامل فضایی وجود نداشته باشد. ضریب‌های مورد انتظار موران، برابر است:

$$E_I = -\frac{1}{(n-1)}$$

وقتی شاخص موران محاسبه می‌شود، ماتریس‌های وزنی فضایی مورداستفاده ماتریس‌های دوتایی (Binary) و تصادفی (Stochastic) می‌باشند. اگر شاخص دوتایی (زوجی) استفاده شود، W در مخرج کسر اساساً دو برابر مرزهای مشترک در کل ناحیه موردمطالعه خواهد بود یا 2J . به‌هرحال، این امکان وجود دارد که انواع دیگری از ماتریس‌های وزنی را به کار ببریم (Getis, 2005: 627).

۲. ضریب «گری» (Geary's Ratio C): مشابه روش شاخص موران برای اندازه‌گیری خودهمبستگی فضایی، ضریب C گری می‌تواند یک عبارت حاصل‌ضرب ضربدری را سازگار کند (Getis,191). ضریب «گری» به‌صورت فرمول زیر است:

$$C = \frac{(n-1)\sum\sum w_{ij}(x_i - x_j)^2}{2W\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

شبیه شاخص موران، ضریب «گری» می‌تواند با هر نوع ماتریس وزنی فضایی به کار رود؛ گرچه عمومی‌ترین آن‌ها، ماتریس‌های دوتایی و تصادفی می‌باشند. با مقایسه این فرمول با فرمول موران، آشکار می‌شود مهم‌ترین تفاوت بین آن‌ها عبارت حاصل‌ضرب در مخرج است. در شاخص موران، عبارت حاصل‌ضرب ضربدری بر انحراف از میانگین ارزش‌های همسایگی‌ها متکی بوده، اما در ضریب «گری»، در عوض مقایسه ارزش‌های همسایگی‌ها با میانگین، ارزش‌های دو همسایگی با یکدیگر، به‌طور مستقیم مقایسه می‌شوند. ضریب «گری» بین ۰ تا ۲ در نوسان است که مقدار صفر دلالت بر خودهمبستگی فضایی کاملاً مثبت دارد (زمانی که ارزش همه همسایگی‌ها مشابه باشند). بنابراین، حاصل‌ضرب ضربدری برابر صفر است و مقدار ۲ بر خودهمبستگی فضایی کاملاً منفی دلالت دارد. مقدار ۱ در ضریب «گری» به مفهوم نبود رابطه فضایی است. در تضاد با شاخص موران، مقدار مورد انتظار ضریب «گری» به‌وسیله اندازه کوچک n متأثر نمی‌شود و غالباً برابر ۱ است (Getis, 2005: 632).

۳. آماره G عمومی (General G-Statistic): شاخص محلی دیگر خودهمبستگی فضایی آمار G عمومی است.

آماره G عمومی محلی برای هر واحد ناحیه‌ای محاسبه می‌شود و بر این دلالت دارد که چگونه ارزش واحد ناحیه موردمطالعه مرتبط به ارزش‌های واحدهای ناحیه‌ای مجاور، از طریق آستانه مسافت (d) تعریف‌شده، می‌باشد. از نظر فرمولی، به شرح زیر است:

$$G_I(d) = \frac{\sum_j w_{ij}(d)x_i}{\sum_j x_j}; \qquad j \neq i$$

عبارت فوق قبلاً تعریف‌شده است. در اینجا نیز بهتراست آماره را در بطن امتیاز استانداردشده تفسیر کنیم. برای به دست آوردن امتیاز استانداردشده، به دانستن ضریب مورد انتظار و واریانس آماره نیاز است. ضریب مورد انتظار به شرح زیر می‌باشد:

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1399.8.32.5.2]
[DOI: 10.29252/hafthesar.8.32.5]

$$E(G_i) = w_i /(n-1),$$
$$w_i = \sum_j w_{ij}(d)$$

تعریف واریانس، مشابه تعریف آماره G عمومی است که به شرح زیر تعریف‌شده است:

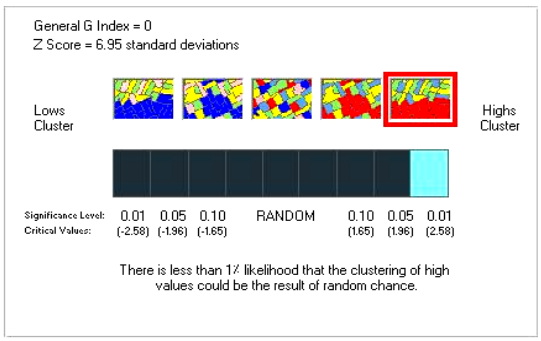
$$Var(G_i) = E(G_i^2) - [E(G_i)]^2$$

$$E(G_i^2) = \frac{1}{(\sum_j x_j)^2}\left[\frac{w_i(n-1-w_i)\sum_j x_j^2}{(n-1)(n-2)}\right] + \frac{w_i(w_i-1)}{(n-1)(n-2)}, \quad j \neq i$$

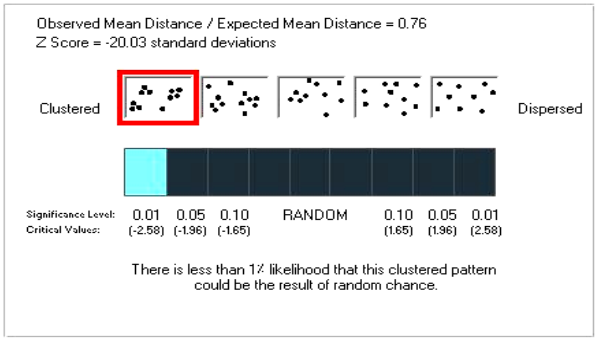
امتیاز استانداردشده Gi(d) از ضریب مورد انتظار و واریانس استفاده می‌کند. یک امتیاز بالا وقتی به دست می‌آید که دسته‌بندی (خوشه‌بندی فضایی) به‌وسیله ضریب‌های مشابه ولی بالا، شکل می‌گیرد. اگر دسته‌بندی فضایی شکل‌گرفته به‌وسیله ضریب‌های پایین امتیاز **Z** تمایل به منفی بالا باشد. یک امتیاز Z برابر ۰ دلالت بر این دارد که هیچ الگوی پیوستگی فضایی وجود ندارد. یک آماره مرتبط، می‌باشد. این آماره تقریباً شبیه GI(d) می‌باشد. به‌استثنای اینکه شامل مواردی است که j=i می‌باشد. به خاطر اینکه این دو آماره خیلی شبیه یکدیگرند، بر Gi(d) متمرکز می‌شویم. ضریب Z بین ۱- و ۱+ متمرکز است، اگر ضریب Z برابر ۰ باشد، نمایانگر نداشتن ارتباط فضایی است (لی و وانگ، ۱۳۸۱: ۳۸).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها: برای تحلیل الگوی رشد کالبدی- فضایی شهر گرگان از روش‌های مختلفی استفاده شد؛ درواقع هر یک از تحلیل‌ها بازگوکننده جنبه‌ای از الگوی رشد شهر گرگان می‌باشد.

۱- میانگین نزدیک‌ترین فاصله همسایگی و تحلیل خوشه‌بندی زیاد/کم تراکم جمعیت در ابتدا لازم بود که الگوی نظام منطقه‌بندی شهر گرگان بررسی شود. اینکه آیا تعداد، وسعت و نحوه استقرار مناطق شهر گرگان در کنار هم از توزیع یکنواخت و متعادلی برخوردار است یا خیر؟ این الگو درصورتی‌که خوشه‌ای باشد، خود می‌تواند در الگوی تجمع و پراکندگی جمعیت و رشد شهر مؤثر باشد. بررسی این موضوع از طریق روش میانگین نزدیک‌ترین فاصله همسایگی و با در نظر گرفتن مختصات y و x مرکز هندسی مناطق انجام می‌شود. حال لازم است بررسی شود که آیا تراکم‌های بالا و یا پایین جمعیت و اشتغال از خوشه‌بندی بالایی برخوردار است یا پایین؟ یعنی اینکه آیا مناطق دارای تراکم پایین‌تر یا بالاتر جمعیت از خوشه‌بندی بالایی برخوردارند یا پایین؟ بدین منظور با استفاده از روش خوشه‌بندی بالا/پایین تراکم جمعیت در شهر گرگان نشان داده‌شده است. در محاسبه میانگین نزدیک‌ترین فاصله همسایگی همچنان که در تصویر ۳ نشان داده‌شده است، شهر گرگان از نظام منطقه‌بندی الگوی پراکنده برخوردار می‌باشد. در محاسبه تحلیل خوشه‌بندی زیاد و تراکم جمعیت همان‌طور که در تصویر ۴ نشان داده‌شده است، شهر گرگان دارای نظام الگوی خوشه‌بندی بالا می‌باشد.

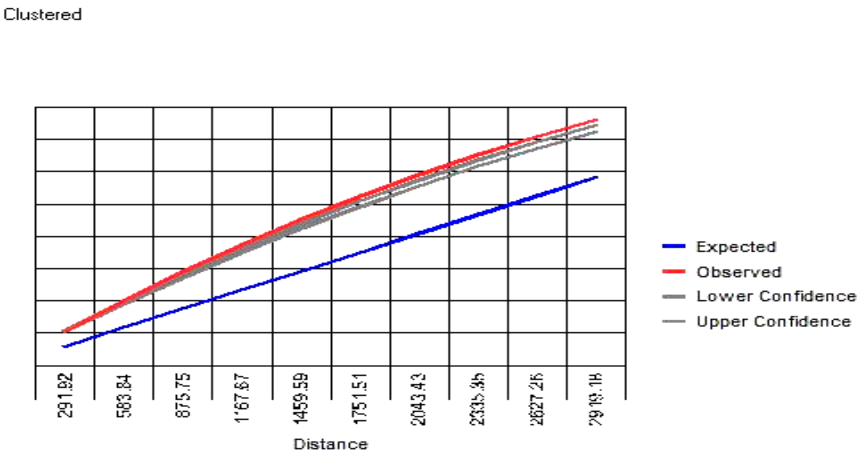


تصویر ۳- محاسبه نزدیک‌ترین فاصله همسایگی



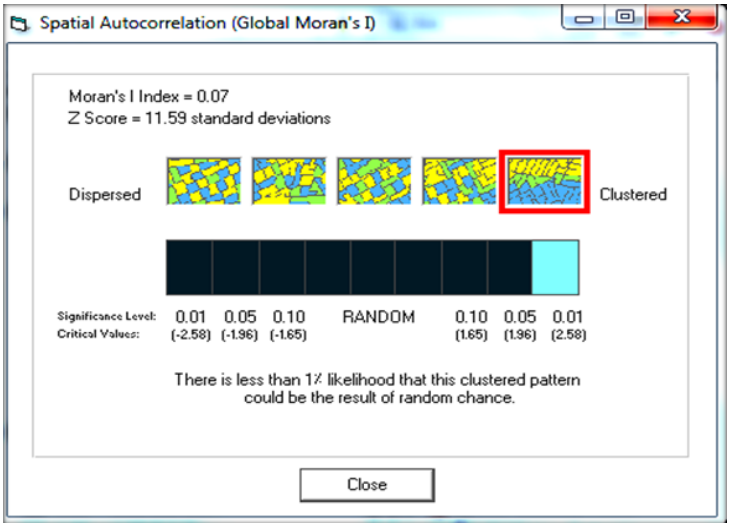
تصویر ۴- محاسبه تحلیل خوشه‌بندی زیاد و تراکم جمعیت

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1399.8.32.5.2]
[DOI: 10.29252/hafthesar.8.32.5]



تصویر ۵- نمودار آنالیز خوشه‌های فضایی با فاصله بالا در آمار فضایی

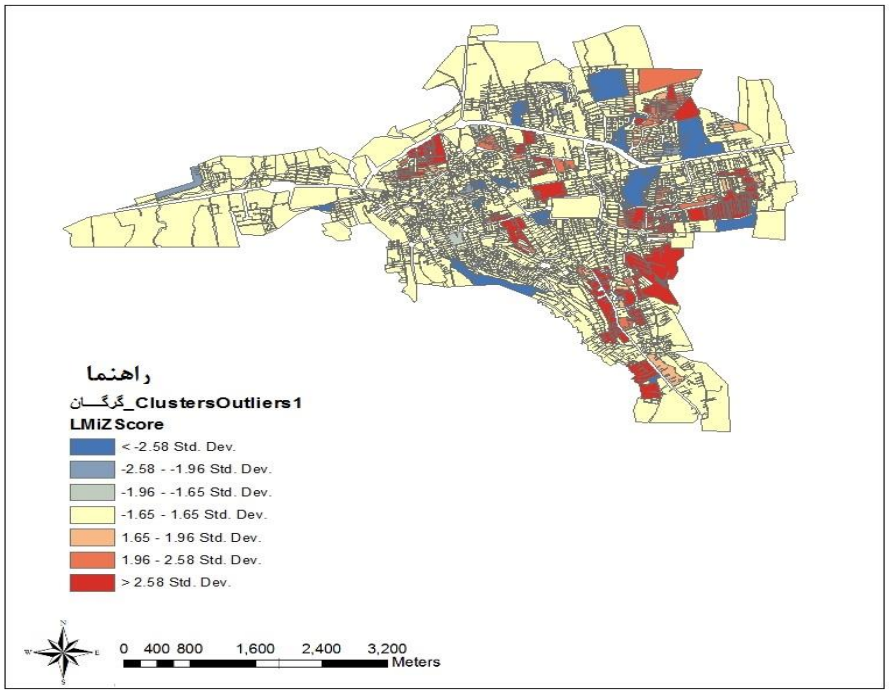
آماره فضایی موران محلی: این آماره عددی را به دست می‌دهد که امتیاز استانداردشده zscore از آن می‌توان درجه پخشی بودن و یا متمرکز بودن عوارض و یا داده‌های فضایی را در فضا اندازه‌گیری کرد. شاخص موران بین مقادیر ۱-تا ۱+ محاسبه می‌شود.۱+ بیانگر الگوی کاملاً تک‌قطبی (خوشه‌ای) مقدار صفر بیانگر الگوی تجمع تصادفی یا چندقطبی و مقدار ۱- بیانگر الگوی پراکنده است. هرچه این ضریب مقدار بالایی داشته باشد، بیانگر تجمع زیاد و هرچه مقدار پایین‌تری داشته باشد، بیانگر پراکندگی است. همچنان که در تصویر ۶ نشان داده‌شده است، ضریب موران محاسبه‌شده ۰.۰۷ می‌باشد که از مقدار ۱ کمتر می‌باشد که الگوی پراکندگی شهر گرگان به‌طرف چندقطبی بودن تمایل دارد.



تصویر ۶- ضریب موران

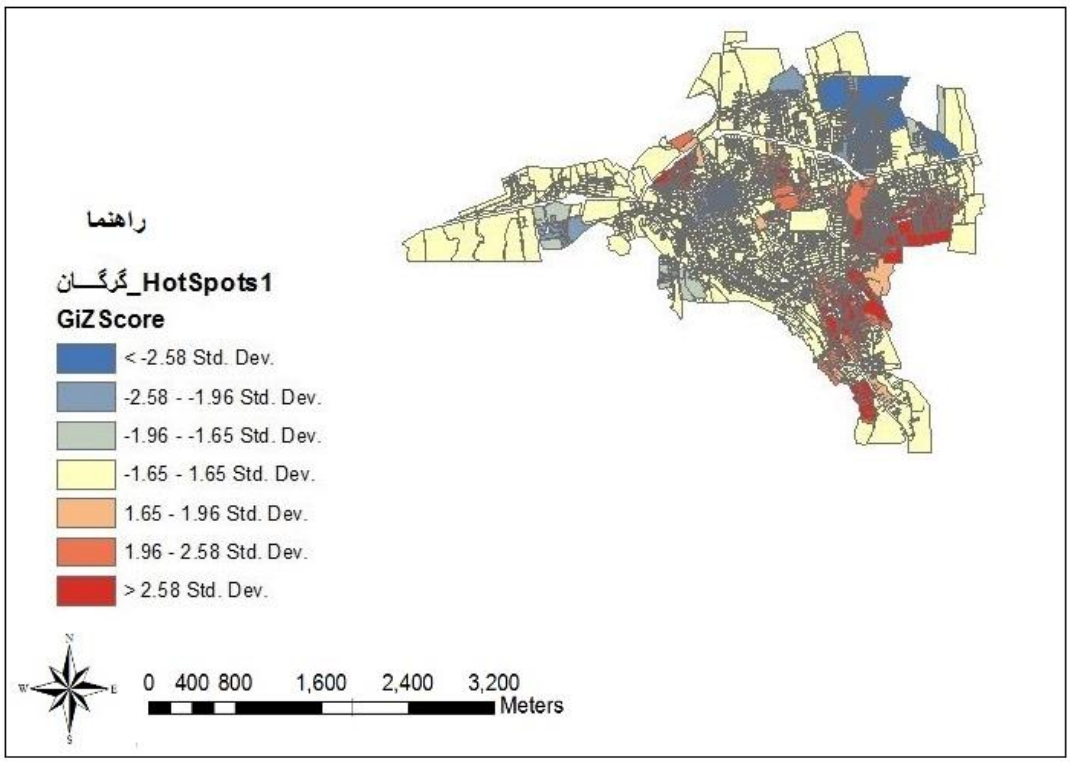
تا اینجا تحلیل توزیع فضایی تراکم جمعیت در مناطق شهرداری گرگان درمجموع الگوی رشد کالبدی- فضایی تصادفی متمایل به خوشه‌ای را نشان داد. در ادامه برای شناسایی موقعیت خوشه‌های دارای تراکم زیاد یا کم‌جمعیت از روش تحلیل خوشه/ ناخوشه (یا همان موران محلی) استفاده شد. برای دقت بیشتر، این تحلیل برحسب محلات شهر گرگان انجام شد. نتایج مطابق شکل ۵ موقعیت خوشه ها را نشان می‌دهد.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1399.8.32.5.2]
[DOI: 10.29252/hafthesar.8.32.5]



تصویر ۷- موقعیت خوشه‌های دارای تراکم زیاد تا کم

موقعیت لکه‌های داغ و سرد: همان‌طور که در تصویر ۸ نشان داده‌شده است، در قسمت شمال شرقی گرگان وجود یک لکه سرد دیده می‌شود که این بیانگر آن است که این محلات دارای تمرکز پایین جمعیتی می‌باشد و از نظر تمرکز بالای جمعیتی و یا همان نقاط لکه داغ پراکندگی بیشتر می‌باشد؛ ولی بیشترین بخش پراکندگی جمعیت در بخش شرق متمایل به جنوب و جنوب شرقی شهر گرگان می‌باشد.



تصویر ۸- لکه‌های داغ و سرد جمعیتی

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1399.8.32.5.2]
[DOI: 10.29252/hafthesar.8.32.5]

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

روش‌های مختلف آمار فضایی در GIS جهت تحلیل رشد کالبدی- فضایی شهر و شناخت الگوها و روندهای آن از کارایی بالایی برخوردار است و با استفاده از آن‌ها می‌توان جنبه‌های مختلف رشد و توسعه شهر و الگو و روندهای حاکم بر آن را تحلیل و شناخت لازم را جهت برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های مربوطه فراهم نمود. روش‌های مذکور در تحلیل مسائل مختلف و متعدد شهری کاربرد دارد. این پژوهش عمدتاً از این روش‌ها در زمینهٔ تحلیل الگوی رشد کالبدی -فضایی شهر استفاده نمود .در صورت داشتن اطلاعات مناسب و لایه‌های فضایی مرتبط برای سال‌ها یا دوره‌های زمانی متعدد و طولانی، با استفاده از روش‌های مذکور می‌توان به‌خوبی تحول الگوها و رفتارهای پدیده‌های جغرافیایی ازجمله الگوی رشد کالبدی را بررسی نمود.

ازآنجاکه الگوی توسعه فیزیکی هر شهر تأثیر اساسی بر پایداری یا ناپایداری توسعه آن دارد، مدیران و برنامه‌ریزان شهری باید به‌منظور هدایت این الگو برای توسعه پایدار شهری از الگوی توسعه فیزیکی و رشد کالبدی موجود شهرها شناخت کافی داشته باشند. در این مقاله برای بررسی الگوی رشد کالبدی و فرم شهر گرگان از روش‌های محاسباتی موران و میانگین نزدیک‌ترین فاصله همسایگی و خوشه‌بندی در شهر گرگان استفاده‌شده است. ضرایب به‌دست‌آمده برای جمعیت نشان‌دهنده پراکنش شهری و رشد فضایی شهر گرگان چندقطبی و پراکنده می‌باشد.

نتایج این پژوهش نشان داد که در مناطق مختلف شهر گرگان چندقطبی و رشد فضایی لجام‌گسیخته و به‌شدت پراکنده‌ای داشته است، چنین گسترش‌ها و ساخت‌وسازهای فاقد برنامه‌ریزی راهبردی و خارج از قاعده، تبعات بلندمدت و متعددی دارد که در حال حاضر قابل‌مشاهده است. چنین رشد بی‌قواره‌ای، علی‌رغم کنترل نسبی آن و افزایش فشردگی شهر گرگان، سازمان فضایی مطلوب شهر را به هم می‌زند. آنچه نتایج تحلیل ضرایب موران و گری به‌نوعی بیانگر آن هستند، توزیع فضایی جمعیت شهر گرگان از الگوی تصادفی پیروی می‌کند و گرایش اندکی به سمت الگوی خوشه‌ای دارد. چنین وضعیتی بیانگر غلبهٔ توسعه‌های بدون برنامه‌ریزی راهبردی بر توسعه برنامه‌ریزی‌شده می‌باشد، که بخش عمده‌ای از آن ناشی از گسترش‌های بی‌قواره دوره‌های قبلی و تداوم بی‌نظمی‌های آن است. بعلاوه، نتایج تحلیل از طریق ضریب G عمومی مطابق روش ۰ و ۱ و روش مرز مشترک، به ترتیب شکل‌گیری نقاط داغ در جنوب و شرق شهر، تراکم و فشردگی بالا را نشان می‌دهد؛ همچنین نقاط سرد در شمال، تراکم و فشردگی پایین را نشان می‌دهد. یعنی اینکه تمایز و تفاوت بین مناطق جنوب و شمال شهر گرگان، در حال افزایش است.

مهم‌تر اینکه الگوی رشد تصادفی متمایل به خوشه‌ای موجود در راستای تشدید تمایزات اجتماعی -فضایی در شهر گرگان می‌باشد، وضعیتی که مطلوب و مناسب نیست.

درمجموع، با توجه به لزوم هدایت شهر به سمت پایداری بیشتر و نیز خصوصیات و الگوی رشد فضایی شهر گرگان، که در فوق ذکر شد، در ادامه پیشنهادهای حاصل از پژوهش به‌صورت موردی ارائه‌شده است:

- لازم است علاوه بر کنترل مساحت و محدوده شهر و افزایش تراکم شهری، الگوی توسعه درونی نیز در قالب برنامه‌ریزی مداوم و سیاست‌گذاری راهبردی هدایت شود.
- پژوهش، برنامه‌ریزی و توسعه با تکیه بر شاخص‌ها و مقادیر رشد و توسعه کلی و در مقیاس شهری کافی نیست .بایستی تفاوت فضایی توسعه و تراکم برحسب قالب‌های فضایی -اجتماعی مناطق و محلات موردتوجه اساسی قرار گیرد.
- پژوهش بر روی شاخصه‌ای کیفی رشد هوشمند شهری و ارزیابی مناطق و محلات مختلف شهر بر اساس میزان دستیابی به آن‌ها از ملزومات توسعه صحیح و پایدار است.
- رشد هوشمند شهری مستلزم نظامی منسجم از مدیریت و کنترل بر اراضی و فعالیت‌های شهری است. جلوگیری از زمین‌خواری و بورس‌بازی زمین و ساختمان از ملزومات آن است.
- کنترل و کاهش فاصله مناطق شمالی و جنوبی شهر از نظر میزان تراکم و تجمع جمعیت و فعالیت‌ها و میزان برخورداری اهمیتی اساسی دارد.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1399.8.32.5.2]
[DOI: 10.29252/hafthesar.8.32.5]

- نظام برنامه‌ریزی شهری و شهرسازی مبتنی بر انسان و فضاهای عمومی و کاهش غلبه اتومبیل محوری از راهکارهای تحقق شهر فشرده و پایدار است.
- تلاش برای تحقیق رشد هوشمند بر اساس تخصیص کاربری به‌صورت منسجم با گرایش به حمل‌ونقل عمومی و توسعه پیاده‌روی.

فهرست منابع

- ابراهیم‌زاده، ع. و رفیعی، ق. (۱۳۸۸). مکان‌یابی بهینه‌ی جهات گسترش شهر با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله جغرافیا و توسعه، ۱۵، ۴۵-۷۰.
- پناهی، ر. و زیاری، ک. (۱۳۸۸). بررسی تأثیر فعالیت‌های کشت و صنعت بر شهر نوبنیاد پارس‌آباد. مجله پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۷۰.
- حسینی، س.ح. و قدمی، م. (۱۳۹۲). تحلیل الگوی توسعه کالبدی-فضایی شهر سبزوار، فضای جغرافیایی، ۱۳، ۴۴، ۲۱۹-۲۴۰.
- حسینی، ه.، کرم، ا.، صفاری، ا.، قنواتی، ع.، و بهشتی جاوید، ا. (۱۳۹۰). ارزیابی و مکان‌یابی جهات توسعه فیزیکی شهر با استفاده از مدل منطق فازی مطالعه موردی: شهر دیواندره، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی،۲۰، ۲۳، ۸۳-۶۳.
- حسینی، س.ه. و سلیمانی مقدم، ه. (۱۳۸۵). توسعه شهری و تضعیف مفاهیم محله‌ای، فصلنامه مسکن و انقلاب، ۱۱۳.
- رهنما، م.ر.، عباس زاده، غ. (۱۳۸۵). مطالعه تطبیقی سنجش درجه پراکنش/ فشردگی در کلان‌شهرهای سیدنی و مشهد. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۶، ۱۰۱.
- زیاری، ک. (۱۳۸۲). تحولات اجتماعی- فرهنگی ناشی از انقلاب صنعتی در توسعه فضایی تهران. مجله جغرافیا و توسعه، ۱.
- سیف‌الدینی، ف.، زیاری، ک.، پوراحمد، ا.، و نیک پور، ع. (۱۳۹۱). تبیین پراکنش و فشردگی فرم شهری در آمل با رویکرد فرم شهری پایدار. مجله پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۸۰، ۱۷۶-۱۵۵.
- شمس، م.، رحمانی، ب.، و رحمانی، ا. (۱۳۹۳). تحلیلی بر گسترش کالبدی-فضایی شهر و تعیین الگوی بهینه و پایدار رشد کالبدی شهر صالح‌آباد با بهره‌گیری از مدل‌های کمی. فصلنامه مطالعات محیطی هفت حصار، ۱، ۳.
- شوگیل، چ. (۱۳۸۲). آینده توسعه شهری برنامه‌ریزی‌شده در جهان سوم: جهت‌گیری‌های نو. ترجمه. شهرزاد مهدوی، مجله هفت شهر، ۳، ۹ و ۱۰.
- ضیائیان، پ.، سلیمانی مقدم، ه. و برزگر، ص. (۱۳۹۰). تعیین جهت بهینه گسترش شهر مشهد با استفاده از مدل ارزیابی چند عامله GIS و RS مجله جغرافیا. فصلنامه علمی- پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران، ۹، ۳۰، ۹۴-۷۷.
- طاهری، غ. (۱۳۸۱). ارزیابی توسعه فیزیکی شهر رامشیر و ارائه الگوی مناسب آن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، استاد راهنما: محمد نجار سلیقه، دانشگاه سیستان بلوچستان.
- عسگری، ع. (۱۳۹۰). تحلیل‌های آمار فضایی با Arc GIS. سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران: چاپ اول.
- قدیری، م. و دستا، ف. (۱۳۹۲). تحلیل الگوی رشد کالبدی- فضایی شهرها از طریق آمار فضایی مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران، پنجمین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، مشهد.
- قرخلو، م. و زنگنه شهرکی، س. (۱۳۸۸). شناخت الگوی رشد کالبدی- فضایی شهر با استفاده از مدل‌های کمی (مطالعه موردی: شهر تهران). مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۳، ۴۰-۱۹.
- لطفی، ص.، منوچهری میاندوآب، ا. و آهار، ح. (۱۳۹۲). تحلیل الگوی گسترش کالبدی-فضایی شهر مراغه با استفاده از مدل‌های کمی. جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، ۱۷، ۴۲.
- لی، ج.، و وانگ، د. (۱۳۸۱). تجزیه‌وتحلیل آماری با Arc Gis. ترجمه: محمدرضا حسین نژاد و فریدون قدیمی عروس محله. دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ اول.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1399.8.32.5.2]
[DOI: 10.29252/hafthesar.8.32.5]

- مرکز ملی آمار ایران، www.sci.org.ir
- موحد، ع.، مصطفوی صاحب، س. و احمدی، م. (۱۳۹۳). تبیین الگوی گسترش فضایی-کالبدی شهر سقز با رویکرد فرم شهری پایدار، فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی شهری، ۲، ۵، ۵۵-۷۵.
- Bazzi, KH., Karami, Sh., Mousazadeh, H., & Zangiabadi, Z. (2015). To Determine Areas Prone to Physical Development of the Analytical Hierarchy Process (AHP nine degree) Poldokhtar studied in Iran, J. Appl. Environ. Biol. Sci., 5, 7s, 190-202.
- Bengston, D., Robert, S., Potts, D., Fan. P., & Edward, G. Goet. (2005). An analysis of the public discourse about urban sprawl in the United States: Monitoring concern about a major threat to forests. Forest Policy and Economics, 7, 5.
- Bihamta, N., Soffianian, A., Fakheran, S., & Gholamalifard. M. (2015). Using the SLEUTH Urban Growth Model to Simulate Future Urban Expansion of the Isfahan Metropolitan Area, Iran. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 43, 2, 407–414.
- Burton. E. (2001). The Compact City and Social Justice. A paper presented to the Housing Studies Association Spring Conference, Housing, Environment and Sustain ability, University of York, 18/19 April 2001.
- Chen, H., Beisi, J., & Lau, S. (2008). Sustainable urban form for Chinese compact cities: Challenges of a rapid urbanized economy. Habitat International, 32, 1.
- Clark, J. (1997). Coastal Zone Management Handbook. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Gabriel, S., José, A., & Moglen, G. (2006). A multi objective optimization approach to smart growth in land development. Socio-Economic Planning Sciences, 40, 3.
- Getis, A. (2005). Spatial Pattern Analysis. Encyclopedia of Social Measurement, 3.
- Glaeser, E., & Matthew, E. (2004). Chapter 56 Sprawl and urban growth. Handbook of Regional and Urban Economics, 4.
- Hasse, J., & Richard, G. (2003). Land resource impact indicators of urban sprawl. Applied Geography, 23, 2-3.
- Lee, J. & Wong, D. (2001). Statistical Analysis with Arc View GIS New York: Wiley, 1st ed. 2001(all page references are to this book), 2nd ed. 2005.
- Sakieh, Y., Jabbarian, B., Amiri, B., Danekar, A., Feghhi, J., & Dezhkam, S. (2015). Simulating urban expansion and scenario prediction using a cellular automata urban growth model SLEUTH, through a case study of Karaj City, Iran. Journal of Housing and the Built Environment, 30, 4, 591–611.
- Salingaros, N. (2006). Compact City Replaces Sprawl. Chapter in: Crossover: Architecture, Urbanism, Technology, Edited by Arie Graafland & Leslie Kavanaugh (010 Publishers, Rotterdam, Holland), 100-115.
- Zhao, Sh., ZhouChao, D., Wenyuan, Zh., Zhao, Q., SunDian, Y.,Wenjia, H., & Liu, W. (2015). Rates and patterns of urban expansion in China's 32 major cities over the past three decades, Landscape Ecology, 30, 8, 1541–1559.
- Sutton Paul C., (2003) , A scale-adjusted measure of "Urban sprawl" using nighttime satellite imagery , Remote Sensing of Environment 86, 3.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1399.8.32.5.2]
[DOI: 10.29252/hafthesar.8.32.5]