

## تحلیل کمی الگوی رشد کالبدی - فضایی شهر اراک

فاطمه اسمعیل پور (دانشجوی دکتری برنامه ریزی شهری دانشگاه یزد)

محمدحسین سرائی\* (دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی دانشگاه یزد)

نجما اسمعیل پور (استادیار گروه شهرسازی دانشگاه یزد)

### چکیده

یکی از موضوعات اساسی در ارتباط با توسعه شهری، فرم یا شکل شهر است. شکل شهر به دو نوع اصلی، فشرده و گسترده و انواع اشکال فرعی تقسیم می‌شود. از آنجا که بین شکل شهر و پایداری آن رابطه تنگاتنگی وجود دارد، مدیران شهری بایستی از شکل و الگوی توسعه شهر خود آگاهی داشته باشند تا بتوانند آن را در جهت پایداری بیشتر سوق دهند. بر این اساس، در چارچوب نظریه توسعه پایدار و رشد هوشمند شهری، الگوی رشد فضایی شهر اراک در قالب سه فرضیه پژوهشی طرح و ارزیابی شد. داده‌های مورد نیاز از سرشماری نفوس و مسکن و داده‌های واحد GIS شهرداری اراک جمع‌آوری شد. برای آزمون فرضیات، از تکنیک‌های تحلیلی استفاده شد. همچنین برای آزمون گرایش الگوی رشد شهر از روش هلدرن و شاخص‌های متریک (تراکم، تمرکز و پیوستگی)، برای آزمون نحوه توزیع فضایی جمعیت از ضرایب آنتروپی و جینی و برای تشخیص الگوی رشد کالبدی - فضایی شهر اراک از نظر میزان تجمع و پراکندگی جمعیت از ضرایب موران، میانگین نزدیک‌ترین همسایگی، خوشه‌بندی کم/زیاد، خوشه‌بندی فضایی چندفاصله و تحلیل خوشه/ناخوشه همگی الگوی خوشه‌ای و ضریب G عمومی استفاده شد. نتایج آزمون نشان داد که علی‌رغم رشد اسپیرال شهر طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۶۵، شهر الگوی رشد فشرده را از سال ۱۳۹۰ به بعد آغاز کرده است. از نظر نحوه توزیع فضایی جمعیت، تعادل نسبی در توزیع جمعیت در مناطق پنج‌گانه شهر تأیید شد و همچنین شهر اراک الگوی رشد خوشه‌ای با شکل‌گیری یک نقطه داغ در بخش مرکزی و بافت ارگانیک و یک نقطه سرد در بخش شرق - شمال شرقی دارد. در این راستا لازم است مدیران شهری با تدوین سیاست‌های مناسب از محاسن شهر فشرده بهره برده و از بروز معایب شهر فشرده پیشگیری کنند.

تاریخ دریافت: ۱۹ مرداد ۱۳۹۸

تاریخ پذیرش: ۲۳ اسفند ۱۳۹۸

صفحات: ۶۵-۸۴



کلید واژه‌ها:

شهر اراک، الگوی رشد فضایی، رشد پراکنده، رشد فشرده

\* نویسنده مسئول: دکتر محمدحسین سرائی  
پست الکترونیک: msaraei@yazd.ac.ir

## مقدمه

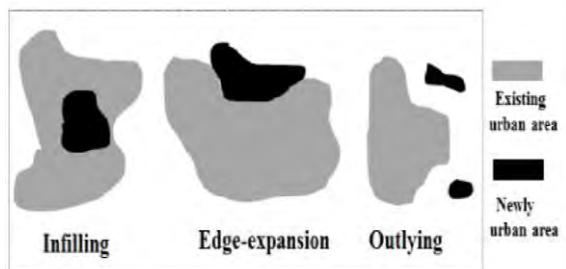
توسعه شهری در سیر رو به تکامل خود از زمان شروع تا به امروز دارای روند نسبتاً متعادلی بود (حسینی و سلیمانی مقدم، ۱۳۸۵: ۹۳)؛ اما تحولات فرهنگی- اجتماعی و اقتصادی قرن ۱۹ و ۲۰، متأثر از مدرنیسم، گسترش سریع شهرها و پیدایش شهرها را موجب شده است. این تحولات تغییرات بنیادی را در ساختار و سازمان فضایی- کالبدی شهرها به وجود آورده است (داداش پور و سالاریان، ۱۳۹۴: ۸۰). پس از جنگ جهانی دوم (۱۹۴۵) عمده ترین الگوی فرم شهری، فرم شهر ماشینی بوده که به صورت کم تراکم و گسترش حومه ای در عرصه های محیطی پخش شده و باعث شده اتومبیل شخصی عمده ترین وسیله حمل و نقل شهری شود (رهنما و عباس زاده، ۱۳۸۵: ۱۱۲)؛ بنابراین گرایش های مربوط به توسعه افقی شهر و جستجوی راه حل مشکلات شهری در خارج از شهرها، نه تنها به حل مشکلات شهرها کمی نکرده است؛ بلکه به مرور زمان خود به مشکل تبدیل شده است. این مسئله نه تنها شهرسازی بلکه مسائل اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی شهرها را نیز تحت تأثیر قرار داده و پیامدهای منفی زیادی به دنبال داشته است (پشمادار فرد و رضایی، ۱۳۹۳: ۲). در واقع آنچه این رشد حومه ای به ارمغان آورد، فاصله گرفتن از یک زندگی شهری و اجتماعی و تعاملات اجتماعی حاصل از آن بود (ابراهیمی، ۱۳۹۳: ۱۱)؛ از این رو الگوی توسعه فضایی اسپیرال، نیازی مبرم به تدوین برنامه ای منسجم و دقیق دارد؛ زیرا با شدت گرفتن توسعه شهر، برنامه ریزی برای توسعه های آتی در جهت کاهش میزان تخریب در زمینه های مختلف، امری با ارزش تلقی می شود (خیرالدین و سالاریان، ۱۳۹۴: ۱۵۴).

آثار منفی پراکنده رویی شهری سبب شد پس از دهه ۷۱ میلادی و جنگ جهانی دوم، واکنش های شدیدی به رشد بی رویه و پراکنده شهرها آغاز شود؛ از این رو در

اکثر کشورها، سیاستمداران و مدیران با کاربرد استراتژی های نوین در جهت توسعه ای گام برمی دارند که در جهت مقابله با این رشد پراکنده باشد، یکی از استراتژی های نوین، استفاده از رشد هوشمند در برنامه ریزی های شهری است. این نوع برنامه ریزی بر رشد متوازن در مرکز شهر تمرکز دارد و این نوع توسعه را راهکاری برای اجتناب از گسترش و تراکم نامعقول با گرایش به سمت جابه جایی مناسب، با تعیین مسیرهایی برای پیاده روی و دوچرخه سواری، توسعه همه جانبه با میزان مناسبی از حق انتخاب محل سکونت برای شهروندان می داند (شیخی و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۲). البته الگوهای رشد شهر هیچ یک فی نفسه بد نیستند؛ بلکه این اثرات آن هاست که الگویی را نامطلوب جلوه می دهد یا مطلوب (اسمعیل پور، ۱۳۹۰: ۸۰). بررسی الگوهای توسعه فضایی یک شهر می تواند آثار وارده الگوی رشد را ارزیابی کرده و برنامه ریزی ویژه ای را برای شهر (یا منطقه مطالعاتی) توصیه کند تا بر پایه آن بتوان به سایر مراحل برنامه ریزی توسعه در محدوده مطالعاتی دست یافت؛ از این رو هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی و تعیین الگوی توسعه فضایی شهر اراک و تعیین فشردگی یا پراکندگی آن برای در نظر گرفتن آثار مثبت یا منفی آن توسط مدیران شهری در برنامه ریزی های آتی است.

در چارچوب نظریه توسعه پایدار و رشد هوشمند شهری فرض های تحقیق بدین شرح ارائه می شود:

- الگوی رشد کلان شهر اراک گرایش به سمت رشد فشرده دارد.
- از نظر نحوه توزیع فضایی جمعیت، الگوی رشد کلان شهر اراک تعادل نسبی دارد.
- الگوی رشد کالبدی- فضایی شهر اراک از نظر میزان تجمع و پراکندگی جمعیت، متمایل به الگوی خوشه ای است.



شکل ۱. طرح انواع گسترش شهری  
منبع: (Qingsong He et al, 2017: 735)

علاوه بر این در سطح جهانی، گالستر و همکاران (۲۰۰۱) پراکنده‌رویی را در چند دسته: توسعه خطی، توسعه پرش قورباغه‌ای و توسعه پیوسته؛ اما پراکنده را بر پایه سطح فشردگی یا گستردگی تقسیم کرده‌اند (Feng, 2009: 54). لینچ و بیکن سنخ‌شناسی الگوهای فضایی پراکنده‌رویی در شهر را شامل توسعه هسته‌ای، خطی، ستاره‌ای و اقماره‌ای می‌دانسته‌اند؛ اما لوتیس و برابرک پراکنده‌رویی را به‌عنوان الگوی پنجم از توسعه در چهار الگوی تعریف‌شده به‌وسیله لینچ و بیکن اضافه کردند (Meeus, 2008: 13).

**الگوی رشد پیرامونی یا گسترش افقی:** این شکل شهری در نیم قرن اخیر در قالب اصلاح «اسپیرال» در ادبیات پژوهش‌های شهری وارد شده و امروزه موضوع محوری اکثر سمینارهای شهری در کشورهای توسعه‌یافته است (تقوایی و سرائی، ۱۳۸۳: ۱۸۹). در ایالات متحده آمریکا به‌عنوان مهد شکل‌گیری مباحث مربوط به اسپرال شهری- رشد جمعیت تنها عامل افزایش کمیت، کاربری زمین نیست؛ بلکه شتاب انضمام زمین به محدوده شهرها بیش از رشد جمعیت شهری تأثیرگذار بوده‌است (حاتمی و رحمانی، ۱۳۹۶: ۱۲۳). توسعه بیرونی که همچنین به‌عنوان "leapfrog" یا جهش قورباغه‌ای نیز شناخته می‌شود، به توسعه جدیدی اشاره دارد که از مناطق ساخته‌شده موجود مجزا شده‌است. مشکلاتی که از توسعه بیرونی به‌وجود می‌آید عبارت‌اند از: تراکم

## مبانی نظری تحقیق

توسعه یا رشد فیزیکی، به افزایش کمی و کیفی کاربری‌ها و فضاهای کالبدی (مسکونی، تجاری، مذهبی، ارتباطی و...) یک شهر در ابعاد افقی و عمودی که در طول زمان انجام می‌گیرد، اطلاق می‌شود.

الگوی رشد شهر به‌عنوان الگوی توزیع فضایی فعالیت‌های انسان در برهه خاصی از زمان تعریف می‌شود (Anderson, 1996: 34). قرخلو و زنگنه‌شهرکی (۱۳۸۸) معتقدند که رشد شهر یک فرایند دوگانه گسترش بیرونی و رشد فیزیکی سریع یا رشد درونی و سازماندهی مجدد است. هر کدام از این دو روش کالبد متفاوت و جداگانه‌ای از دیگری ایجاد می‌کنند. گسترش بیرونی به شکل افزایش محدوده شهر یا به‌اصطلاح گسترش افقی بی‌رویه ظاهر می‌شود و رشد درونی به‌صورت درون‌ریزی جمعیت و الگوی رشد فشرده نمایان می‌شود (قرخلو و زنگنه‌شهرکی، ۱۳۸۸: ۲۵)؛ اما در مقاله علی‌اکبری (۱۳۹۶) و چینگسانگ هی و همکاران (۲۰۱۷) سه شکل رشد برای شهرها آمده‌است (شکل ۱). الف) رشد در بیرون (رشد منفصل): از طریق پیش‌بینی مکانی در خارج از مرزهای محدوده رشد موجود شهر؛ ب) رشد در پیرامون یا توسعه شهر در اراضی ناحیه پیرامون شهر (رشد از لبه). به‌صورت پیوسته یا متصل (اسپیرال) و در مجاورت با محدوده رشد موجود شهر؛ ج) سرانجام رشد از درون یا توسعه درون‌افزا و استفاده از فضاها و اراضی خالی و ساخته‌شده موجود درون شهر یا حلقه داخلی شهر (علی‌اکبری، ۱۳۹۶: ۲).

پدیده‌ای ظالمانه است که سطح زیادی از زمین را می‌پوشاند (Salingarose, 2006:10). کراکایاچی (۲۰۱۶) معتقد است که اسپیرال بار بزرگی بر دولت وارد می‌کند. این پدیده ممکن است باعث وقوع رویدادهای مهم اقتصادی اجتماعی مانند تبعیض اقتصادی - اداری و عدم توازن مالی میان جوامع شود. در برخی مطالعات، ادعاهای مختلفی وجود دارد که هزینه خدمات عمومی و مالیات، تراکم ترافیک و سیل در مناطق شهری را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، متهم است که باعث چاقی، آسم، بی‌حسی و رفتارهای ضد اجتماعی می‌شود (Karakayaci, 2016: 816).

پراکنده‌رویی به دلیل عوامل متعددی چون دگرگونی بنیان اقتصادی شهر و فراهم شدن امکان بورس‌بازی زمین، سیاست‌های سهل‌انگارانه شهرسازی و تصمیم‌گیری‌های ناگهانی برای توسعه مناطق کلان شهری، قوانین و برنامه‌های ناکارآمد شهری و منطقه‌ای شکل می‌گیرد (داداش‌پور و میری‌لواسانی، ۱۳۹۴: ۱۴). لئونتیو و کوچ مجموعه عوامل و نیروهای مؤثر در شکل‌گیری پدیده پراکنده‌رویی را در سه سطح کلان، میانه و خرد مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند. در سطح کلان، کلی‌ترین روندها و الگوهای اقتصادی - سیاسی مانند نظام سرمایه‌داری، جهانی شدن اقتصاد و ایدئولوژی‌های سیاسی و غیره قرار دارند؛ در سطح میانی، عوامل جمعیتی، تحولات و تحرکات جمعیتی، ساختارهای سیاسی و مدیریت محلی، ویژگی‌های جغرافیایی، اقتصادی و اجتماعی محلی مطرح هستند و در سطح خرد، بازیگران و تصمیم‌گیران فردی نظام شهری مانند خانوارها، بنگاه‌ها و غیره قرار دارند (جلالیان و همکاران، ۱۳۹۴: ۷۷).

**الگوی فضایی فشرده (رشد هوشمند شهری):** الگوی دیگر، توسعه از درون و ایجاد فرم فضایی فشرده (رشد هوشمند شهری) است. رشد هوشمند از نظریات طرح‌شده در دهه پایانی قرن بیستم است که ریشه‌های

کم، استفاده ناکارآمد از زمین، فاصله‌های طولانی‌تر، مسافرت‌هایی با سطح بالاتری از وابستگی به اتومبیل و تخریب محیط طبیعی در امتداد جاده‌ها. این الگو که به علت استفاده زیاد از اتومبیل شخصی و حومه‌نشینی، به‌ویژه در کشورهای استرالیا، آمریکا و کانادا به‌وجود آمد، بعدها در بسیاری از کشورهای در حال توسعه نیز رواج یافت. علاوه بر آمریکا، در سال‌های اخیر در آسیای جنوب‌شرقی نیز این الگوی رشد رواج یافته است؛ به‌عنوان مثال، چین یکی از کشورهایی است که پراکنده‌رویی در آن کشور با شدت بیشتری نمود دارد؛ اما تفاوتی که میان پراکنده‌رویی در چین و آمریکا وجود دارد آن است که در آمریکا ثروتمندان با سکونت در حومه‌ها و تخلیه بخش مرکزی شهر به این پدیده دامن‌زده‌اند؛ در صورتی که در چین، بخش مرکزی از اهمیت بالایی برخوردار است و مورد توجه ثروتمندان است. در اینجا گروهی که باعث اسپرال شده‌اند، فقرا بوده که نتوانسته‌اند در مرکز شهر زمین داشته باشند و مجبور به حاشیه‌نشینی و در نتیجه رشد افقی شهرها شده‌اند (Zhang, 2000: 125).

چینگسانگ‌هی معتقد است این نوع رشد در چین در شهرهای با تولید ناخالص داخلی بالا و سطح بالای توسعه اجتماعی - اقتصادی اتفاق افتاده است (Qingsong He et al, 2017:730).

کاراکایانسی (۲۰۱۷) آن را به عنوان رشد با سرطان و یا ویروس تعریف می‌کند (Karakayaci, 2016: 815).

حال، رشد اسپیرال را این‌گونه تعریف کرده است: یک الگوی منطقه‌ای از توسعه املاک و مستغلات است که دارای خصوصیات زیر است: ۱- تراکم کم؛ ۲- گسترش نامحدود و غیرمستقیم بیرونی؛ ۳- تقسیم فضایی استفاده‌های مختلف زمین؛ ۴- مصرف زمین‌های بیرونی حومه و زمین‌های حساس به محیط زیست؛ ۵- تسلط وسیله نقلیه موتوری در سفر؛ ۶- عدم برنامه‌ریزی یکپارچه کاربری زمین (Hall, 2009: 2). شهر اسپرال

سنجش پراکنده‌رویی شهری پیشنهاد شده است (Ji et al, 2008:80). پراکنده‌رویی را می‌توان در مقیاس‌های نسبی و مطلق اندازه‌گیری کرد. اندازه‌گیری‌های مطلق قادر به ایجاد تمایز سیاه و سفید بین یک شهر پراکنده‌رو و یک شهر متراکم است. در مقابل، اقدامات نسبی، کمی کردن ویژگی‌های مختلف رشد شهری است که می‌تواند ابزاری برای مقایسه شهرها یا مناطق مختلف یا در زمان‌های مختلف فراهم آورد. برای کمی کردن پراکنده‌رویی شهری از متریک‌ها و آمارهای زیادی استفاده می‌شود. این متریک‌ها عموماً به‌عنوان متریک‌های فضایی شناخته می‌شوند. متریک‌های فضایی اندازه‌گیری‌های عددی است که الگودهی فضایی قطعات پوشش اراضی یا طبقه‌های پوشش اراضی یا موزاییک‌های منظر در یک منطقه جغرافیایی را کمی می‌کنند (خلیلی، ۱۳۹۵: ۲۵).

برخی از محققان نیز به اندازه‌گیری پراکنده‌رویی از طریق شاخص‌های چندگانه تجزیه و تحلیل با GIS یا تجزیه و تحلیل توصیفی آماری پرداخته‌اند (بتیسانی، یارانال فرانک، جفرین، سوکاپ، هیزو، گالاستر). این شاخص‌ها جنبه‌های مختلفی را پوشش می‌دهند. شاخص‌های مورد استفاده به‌طور معمول عبارت‌اند از: نرخ رشد: مانند نرخ رشد جمعیت یا نرخ رشد منطقه ساخت‌شده؛ تراکم: از جمله تراکم جمعیت یا تراکم مسکونی یا تراکم اشتغال؛ پیکربندی فضایی: مانند قطعه‌قطعه‌شدن، دسترسی، مجاورت و موارد دیگر از جمله مصرف سرانه زمین، کارایی استفاده از اراضی و غیره (خلیلی، ۱۳۹۵: ۲۵).

اولین سنجش چندبُعدی پراکنده‌رویی توسط گالاستر در سال ۲۰۰۱ توسعه داده شد. گالاستر و همکارانش الگوهای کاربری زمین را در ۸ بُعد: تراکم، پیوستگی، مرکزیت، خوشه‌بندی، تمرکز یا مرکزیت، هسته‌ای یا قطبی بودن، عدم‌تجانس (ترکیب کاربری‌ها) و مجاورت تفکیک کردند (جدول ۱).

آن در توسعه پایدار قرار دارد. این نگاه جدید که از سال‌های دهه ۷۰ میلادی رواج یافت، منجر به شکل‌گیری جنبش‌هایی می‌شود که هرچند اسامی آن‌ها متفاوت است؛ اما در ماهیت خود تفاوت چندانی نداشته و هر کدام به جنبه خاصی از توسعه پایدار اشاره می‌کند. رشد هوشمند، نوشهرگرایی شهر فشرده، خلق مکان، شهر سبز و... نمونه‌هایی از این اسامی هستند. این نظریات در سطوح خردتر، برخی از انواع توسعه را پیشنهاد کردند که از آن جمله می‌توان به پشتیبانی از شکل‌گیری برنامه باز توسعه مناطق (RAP)، توسعه حمل‌ونقل (TOD)، توسعه میان‌افزا و توسعه با کاربری مختلط را نام برد که در این توسعه میان‌افزار جایگاه مهمی دارد (فرشچین و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۶۶).

توسعه میان‌افزا جزء کلیدی رشد هوشمند است که معمولاً در شهرهای مرکزی و حومه‌های درونی بر روی سایت‌های متفرق که قطعه زمین‌های خالی را دربرمی‌گیرند، به کار گرفته می‌شود. به‌نظر ادواردج و روتجرز، توسعه میان‌افزا یکی از اجزاء بسیار منظم استراتژی‌هایی است که رشد هوشمند را تشکیل می‌دهند که در ابزار رشد هوشمندکیت (مؤسسه زمین شهری) توسعه میان‌افزا در بین سیاست‌های مختلف و روش‌های موجود برای هدایت رشد آینده دیده می‌شود (Depalma, 2006: 16). خلیلی (۱۳۹۵) معتقد است هنگامی که در اطراف شهر کوه‌های شیب‌دار و ناهموار و رشته‌کوه‌ها وجود داشته‌باشد، در صورتی که شهر نیاز به توسعه داشته‌باشد، توسعه به‌صورت فشرده صورت می‌گیرد (خلیلی، ۱۳۹۵: ۲۰).

**شاخص‌ها و سنجش پراکنده‌رویی یا فشردگی شهری:** مطالعات متعددی در طی سال‌های اخیر در زمینه سنجش پراکنده‌رویی شهری انجام شده‌است و چگونگی سنجش پراکنده‌رویی همیشه در بین محققان متفاوت بوده‌است. شاخص‌های گوناگونی در جهت

جدول ۱. ابعاد پراکنده رویی شهری

تعریف	بُعد
تراکم تعداد واحدهای مسکونی در هر مایل مربع از زمین‌های قابل توسعه نواحی شهری است. تراکم، عمومی‌ترین شاخص مورد استفاده پراکنده‌گی است.	تراکم
پیوستگی درجه‌ای است که زمین‌های قابل توسعه در تراکم‌های شهری بدون فاصله از هم (متصل) ساخته شده‌اند. تعدادی از مفسران ناپیوستگی را به‌عنوان یک ویژگی مهم پراکنش افقی تعیین می‌کنند و آن را به‌صورت توسعه جست‌وجویخته که زمین‌های ساخته‌نشده را پشت سر می‌گذارد و ترکیبی از قطعات ساخته‌شده و ساخته‌نشده (زمین‌های بایر) را ایجاد می‌کند نیز تعریف کرده‌اند.	پیوستگی
مرکزیت و میانگاهی درجه‌ای است که توسعه‌های مسکونی یا غیرمسکونی نزدیک به هم در بخش تجاری مرکزی ناحیه شهری واقع شده‌است. مرکزیت شهر به‌صورت شعاعی است که از مرکز شهر شروع و هرچه نسبت بیشتری از توسعه در مکان کمتری متمرکز شده‌باشد، مرکزیت بالاتر است. فقدان مرکزیت یکی از بدترین حالات پراکنش افقی است.	مرکزیت
خوشه‌بندی یا مجموعه‌بندی درجه‌ای است که توسعه به‌طور شدید دسته‌بندی می‌شود تا مقدار زمین در هر مایل مربع از سرزمین‌های قابل توسعه را که به‌وسیله کاربری‌های مسکونی یا غیرمسکونی اشغال می‌شود، به حداقل برساند.	خوشه‌بندی
مرکز درجه‌ای است که توسعه به جای اینکه در کل ناحیه پراکنش عادلانه داشته باشد، به طور نامناسب تنها در فضاهای محدودی از کل ناحیه شهری واقع شده‌است. یک ناحیه شهری ممکن است به‌طور پیوسته توسعه یابد، اما هیچ ناحیه شهری به‌طور عادلانه توسعه نیافته‌است.	تمرکز
هسته‌ای بودن حدی است که یک ناحیه شهری توسط الگوی یک‌هسته‌ای در مقابل الگوی چندهسته‌ای توسعه مشخص می‌شود. مرکزیت بهترین اندازه مناسب برای نواحی شهری تک قطبی است.	هسته ای یا قطبی بودن
مشخصه دیگر منسوب به شکل شهر، جدایی انواع مختلف کاربری زمین از یکدیگر است. مسئله این است که الگوی کاربری زمین می‌تواند به‌صورت ترکیبی از کاربری‌های مختلف مسکونی، تجاری، شغلی و غیره باشد یا به‌صورت عکس آن، جدایی کاربری‌ها باشد.	ترکیب کاربری‌ها

(منبع: خلیلی، ۱۳۹۵: ۲۶)

### پیشینه تحقیق

رشد می‌کنند؛ ۳- در طول هر دو دوره توسعه شهری و کنترل توسعه شهری، عمدتاً در شهرهای با توسعه اقتصادی بالا اتفاق می‌افتد (Qingsong He et al, 2017: 27).  
 ابیشک و همکارانش (۲۰۱۷) در مقاله‌ای با بررسی رشد شهری در هند به این نتیجه رسیدند که ۸ عامل (اقتصاد کلاسیک و جغرافیای اقتصادی) بر رشد و اندازه شهرها مؤثر است. آن‌ها تأثیر ۸ عامل زیر را بر رشد شهرها با روش رگرسیون تحلیل کرده‌اند: ۱- اندازه شهر (برحسب نفر)؛ ۲- هزینه حمل‌ونقل (فاصله مرکز شهر تا نزدیک‌ترین شهر به‌صورت تأثیر منفی)؛ ۳- اثر فزاینده مراکز ایالات؛ ۴- مراقبت‌های بهداشتی (تخت بیمارستان)؛ ۵- آب و هوا (بالاترین دما)؛ ۶- مدارس ابتدایی (به‌ازای جمعیت)؛ ۷- خدمات عمومی (طول جاده‌ها)؛ ۸- تراکم (Abhishek et al, 2017: 50).  
 فانگ و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله‌ای سیاست‌های توسعه شهری و رشد دینامیک شهرها را بر پایه قانون

برای رسیدن به فرم شهری پایدار که مبتنی بر شهر فشرده است، لازم است الگوی شهر و ابعاد پراکنده‌گی روشن شود. بررسی الگوی رشد شهر در گذشته و حال می‌تواند گام مهمی در راستای برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از منابع در آینده در جهت توسعه پایدار باشد.  
 در راستای پژوهش حاضر مطالعات و پژوهش‌هایی در سطح جهان و کشورمان صورت گرفته‌است؛ از جمله: چینگانگ هی (۲۰۱۷) ۳۶۳ شهر در سطوح بالای چین را انتخاب می‌کند و تغییرات دینامیک آن‌ها را در دو دوره ۲۰۰۵-۱۹۹۵ و ۲۰۱۵-۲۰۰۵ بررسی می‌کند. سه یافته اصلی او عبارت‌اند از: ۱- در هر دو دوره، اکثریت قریب به اتفاق شهرهای چینی از طریق گسترش لبه گسترش می‌یابند؛ ۲- اکثریت شهرهای مناطق غربی (۴۶/۸ درصد) و درصد کمتری از شهرهای مناطق مرکزی از طریق پراکنده‌گی یا تفرق

سال ۱۹۹۸ باعث رشد شهرهای بزرگ بعد از سال ۲۰۰۱ شد؛ یعنی باعث رد شدن قانون گیبرات<sup>۲</sup> شد (Fang & Song, 2017: 322). در داخل کشور نیز پژوهش‌هایی برای بررسی پراکندگی یا فشردگی شهرها و تعیین فرم شهر انجام شده که خلاصه‌ای از آن در جدول ۲ آمده است.

گیبرات<sup>۱</sup> بررسی کردند. آن‌ها دریافتند رشد شهرها در چین متأثر از سیاست‌های شهری دولت‌هاست. سیاست محدودسازی رشد شهرهای بزرگ در طول دهه ۱۹۹۰-۱۹۸۰ باعث رشد شهرهای کوچک و متوسط شد. سیاست کنترل آرام رشد شهرهای بزرگ بعد از

جدول ۲. خلاصه‌ای از پژوهش‌های داخلی در زمینه تحلیل الگوهای فضایی

عنوان پژوهش	محدوده مطالعاتی	پژوهشگران	سال	تکنیک، مدل و روش‌ها	نتایج
تحلیلی بر شکل و روند توسعه فضایی و کالبدی	شهر بجنورد	ضمیری، نسترن و محمدزاده	۱۳۹۲	آنتروپی شانون، ضریب موران و ضریب گری	نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که این مدل و ضرایب می‌تواند به خوبی الگوی کالبدی شهرها را تبیین کرده و آن را به صورت کمی قابل ارزیابی سازند. تا سال ۱۳۸۰ شهر رشد متمرکز و در آستانه تجربه پدیده پراکندگی شهری از سال ۱۳۸۰ به بعد است.
تحلیل الگوی کالبدی- فضایی	شهر آق‌قلا	صحنه، دهداری و معماری	۱۳۹۴	تحلیل خوشه‌بندی، ضریب موران، گری، G عمومی، تحلیل لکه‌های داغ	نتایج، محاسبه الگوی تصادفی متمایل به پراکندگی را نشان می‌دهد.
سنخ‌شناسی الگوهای فضایی پراکنده‌رویی در شهر	منطقه مرکزی مازندران	داداش‌پور و سالاریان	۱۳۹۴	استفاده از نرم‌افزار GIS و ESRI و مدل فرم رشد شهری	در مقیاس خرد، الگوی فضایی پراکنده‌رویی در سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵ خطی بوده که به دلیل توسعه در پیرامون مرزهای سکونتگاه‌های شهری (اراضی پیراشهری) به وجود آمده است؛ اما در بازه ۱۳۸۵-۱۳۷۵ توسعه پراکنده به الگوی میان‌افزا گرایش بیشتری داشته و حاکی از شکل‌گیری الگوی تلفیقی خطی-میان‌افزای پراکنده‌رویی دارد. در بازه ۱۳۹۵-۱۳۸۵ نیز الگوی توسعه به صورت میان‌افزا شکل گرفته است.
تحلیلی فضایی	شهر خوی	سیدرضایی، اکبرزاده، موسی‌پور و ...	۱۳۹۶	شاخص پراکندگی، جینی، هرفیندال، ضرایب ویلیامسون، آنتروپی موران و گری	الگوی شهر اسپیرال و حداکثر رشد از ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۷ بوده و طی این دوره مشکلاتی از قبیل تخریب زمین‌های کشاورزی اطراف شهر، مشکلات زیست‌محیطی و کمبود امکانات زیربنایی ایجاد شده است.
تحلیل نظام توسعه کالبدی با رویکرد پدافند غیرعامل	شهر فیروزآباد	علی‌نژاد طیبی، حسینی امینی	۱۳۹۴	ماتریس CARVER، و مدل SWOT	یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که تمرکزگرایی در استقرار مراکز باعث عدم رعایت اصول و معیارهای پدافند غیرعامل شده است.
تحلیل کمی الگوی رشد کالبدی- فضایی	شهر تهران	دستا، قدیری	۱۳۹۵	روش هلدرن، ضرایب آنتروپی و جینی و موران، گری و G عمومی	کلان‌شهر تهران طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ الگوی رشد تصادفی متمایل به خوشه‌ای را با شکل‌گیری دو نقطه داغ در بخش جنوبی شهر و یک نقطه سرد در بخش شمال- شمال‌غربی تجربه کرده است.
ارزیابی و سنجش تطبیقی میزان فشردگی بافت‌های تاریخی و نوساز	شهر یزد	شریف‌نژاد، نصریان، شکیبیا و بیضائی	۱۳۹۵	روش دلفی و تکنیک AHP و استفاده از نرم‌افزار GIS جهت هم‌پوشانی لایه‌ها	۴۶٫۷ درصد از بافت‌های گاه‌ها واقع در بافت تاریخی از دست‌نخورده و فشرده متوسطه نالت بهره‌مندند؛ ۱۷٫۳۸ درصد است. هم‌پوشانی فشرده‌گی، در سطح بافت تاریخی متعالی‌تر و نزدیک به توزیع نرمال است.

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

2.  $\Delta \ln S_{it} = \theta_0 + \theta_1 \ln S_{it-1} + at + uit$

1. Gibrat's Law

## محدوده پژوهش

شهر اراک مرکز استان مرکزی بر روی نصف النهار  $49^{\circ}16'$  تا  $50^{\circ}19'$  و بر روی مدار  $32^{\circ}33'$  تا  $45^{\circ}34'$  قرار گرفته است. این شهر  $4129/0188$  کیلومتر مربع مساحت دارد. اراک دارای ۵ منطقه شهرداری است (شکل ۲) و در سال ۱۳۹۵ دارای ۵۲۰۹۹۴ نفر جمعیت بوده که نسبت به سرشماری سال ۱۳۹۰ کاهش جمعیت داشته است (رشد  $0/6$  - درصد). شهر اراک از نظر ژئومورفولوژی و زمین شناسی در دره‌ای واقع شده که سه طرف آن را کوه احاطه کرده و یک طرف دیگر نیز به کویر میقان منتهی می‌شود؛ از این رو گسترش شهر با محدودیت‌های طبیعی مواجه است (خلاصه گزارش طرح جامع شهر اراک، ۱۳۸۳: ۱۱)

به‌عنوان متغیرهای اساسی سنجش الگوی رشد کالبدی- فضایی استخراج و انتخاب شدند؛ از این رو در چارچوب روش تحلیل کمی، به منظور نشان دادن درجه توزیع متعادل از دو ضریب جینی و آنتروپی شانون استفاده می‌شود. برای سنجش فشردگی یا پراکندگی الگوی رشد از شاخص‌های متریک (تراکم، پیوستگی و تمرکز) استفاده و درجه تجمع نیز با ضرایب موران، خوشه‌بندی زیاد/کم، تحلیل خوشه‌ای فضایی چندفاصله‌ای، تحلیل خوشه و ناخوشه و تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی استفاده می‌شود. همچنین برای نشان دادن سهم رشد شهر از رشد جمعیت و پراکنش افقی از مدل هلدن استفاده می‌شود که در ذیل به توضیح هر کدام پرداخته می‌شود.

ضریب جینی: ضریب جینی شاخصی برای اندازه‌گیری توزیع نابرابر جمعیت در نواحی مختلف یک شهر است. این ضریب نیز دامنه‌ای بین ۰ و ۱ دارد. ضریب‌های جینی بالاتر (نزدیک به ۱) به این معنی است که تراکم جمعیت تا حد زیادی در نواحی کمتری بالاست (توزیع نامتعادل) و ضریب جینی نزدیک به صفر به این معنی است که جمعیت در متروپل به صورت عادلانه‌ای توزیع شده است. ضریب جینی به شرح رابطه (۱) است:

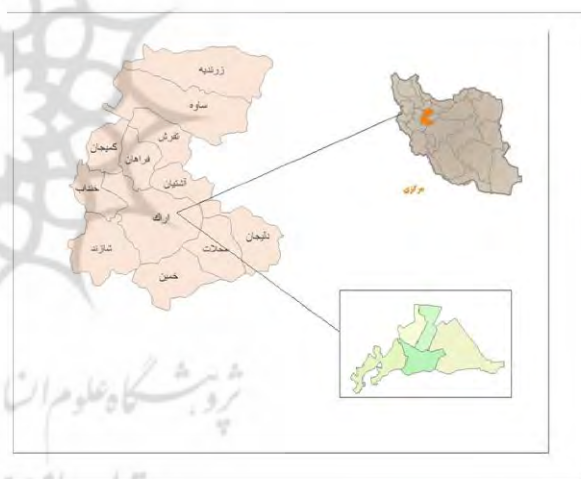
$$\text{رابطه (۱): } \text{Gini} = 0.5 \sum_i^n (x_i - y_i)$$

در این رابطه  $N$  تعداد نواحی،  $x_i$  نسبت زمین در ناحیه  $i$  و  $y_i$  نسبت جمعیت در ناحیه  $i$  است.

آنتروپی شانون: از این مدل برای تجزیه و تحلیل و تعیین پدیده رشد بی‌قواره شهری استفاده می‌شود. ساختار کلی مدل به شرح رابطه (۲) است:

$$\text{رابطه (۲): } H = - \sum_i^n p_i \ln p_i$$

$H$  مقدار آنتروپی شانون، نسبت مساحت ساخته شده (تراکم کلی مسکونی) منطقه  $i$  به کل مساحت ساخته شده مجموع مناطق و  $\Pi$  مجموع مناطق است. ارزش مقدار آنتروپی شانون از صفر تا  $\ln(N)$  است، که در آن مقدار صفر بیانگر توسعه فیزیکی



شکل ۲. موقعیت شهر اراک در استان و کشور، محدوده و مناطق شهر

(منبع: داده‌های واحد GIS شهرداری اراک)

## داده و روش‌ها

برای آزمون فرضیه‌ها در چارچوب روش تحقیق توصیفی- تحلیلی، داده‌های مورد نیاز از طریق روش کتابخانه‌ای گردآوری شد. با توجه به مبانی نظری نظریه‌های الگوهای توسعه، متغیرهای تراکم، مساحت اراضی بایر، توزیع فضایی، تجمع و پراکندگی جمعیت



هلدرن است. با استفاده از این روش می‌توان مشخص کرد که چه مقدار از رشد شهری ناشی از رشد جمعیت و چه مقدار ناشی از رشد اسپرال شهری بوده است. محاسبه آن با استفاده از رابطه (۳) است (سرائی، ۱۳۸۴: ۱۱۸):

$$\text{رابطه (۳): } \text{LN}\left(\frac{\text{سرانه ناخالص پایان دوره}}{\text{سرانه ناخالص آغاز دوره}}\right) = \text{LN}\left(\frac{\text{وسعت شهر پایان دوره}}{\text{وسعت شهر آغاز دوره}}\right) + \text{LN}\left(\frac{\text{جمعیت پایان دوره}}{\text{جمعیت آغاز دوره}}\right)$$

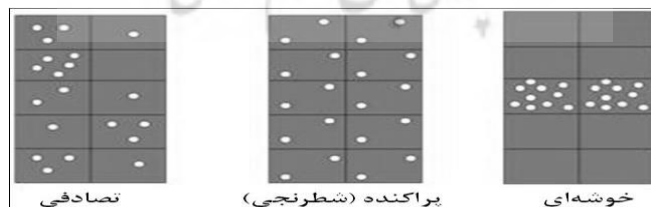
سنجیده می‌شود. در مورد این ابزار فرضیه صفر آن است «که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر خصیصه مرتبط با عوارض جغرافیایی موردنظر وجود ندارد.» حال زمانی که مقدار  $p$  value و بسیار کوچک به مقدار  $Z$  محاسبه شده بسیار بزرگ باشد، آنگاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد (عسگری، ۱۳۹۰: ۶۶). این ضریب به صورت رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$\text{رابطه (۴): } I = \frac{n \sum \sum w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum \sum w_{ij} \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

در این رابطه،  $N$  تعداد مناطق و  $X_i$  جمعیت منطقه  $i$  و  $X_j$  جمعیت منطقه  $j$  و  $X$  متوسط جمعیت و  $w_{ij}$  وزن بین مناطق  $i$  و  $j$  را مشخص می‌کند.

خیلی متراکم (فشرده) است؛ در حالی که مقدار  $\text{LN}(N)$  بیانگر توسعه فیزیکی پراکنده شهری است. در واقع، زمانی که ارزش آنتروپی از مقدار  $\text{LN}(N)$  بیشتر باشد، رشد بی‌قوراء شهری (اسپیرال) اتفاق افتاده است (پوراحمد و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۰). مدل هلدرن: یکی از روش‌های اساسی برای مشخص کردن رشد اسپرال شهری، استفاده از روش

- ضریب موران: یکی از شاخصه‌های جالب آمار فضایی است که به بررسی خود همبستگی فضایی براساس مکان دو مقدار خصیصه موردنظر می‌پردازد. این ابزار نشان می‌دهد که الگوی پراکنش این عوارض با در نظر گرفتن مقداری خصیصه مورد مطالعه از الگوی خوشه‌ای یا پراکنده برخوردار است. این ابزار با استفاده از امتیاز استاندارد  $Z$  و  $p$  value به ارزیابی و معنادار بودن شاخص محاسبه شده می‌پردازد. به‌طور کلی اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد مثبت ۱ باشد، داده‌ها دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای بوده و اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد منفی یک باشد، آن داده‌ها از هم گسسته و پراکنده هستند. البته این مقدار از نظر معناداری آماری



شکل ۳. الگوهای خوشه‌ای، پراکنده و تصادفی گسترش فیزیکی شهر

(منبع: O'SULLIVAN, & Unwin, 2003: 81).

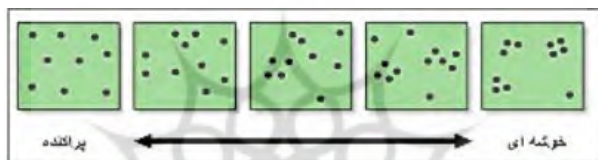
مکانی خوشه‌ای که به‌عنوان نقاط داغ (تمرکز بالا) و نقاط سرد (تمرکز پایین) مطرح می‌شوند، نیستند؛

ضریب  $G$  عمومی: ضریب موران، خودهمبستگی فضایی را نشان می‌دهد، ولی قادر به تشخیص الگوهای

- روش تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی: این ابزار ابتدا فاصله بین نقطه مرکزی هر عارضه را با نقطه مرکزی نزدیک‌ترین همسایه‌اش اندازه‌گیری کرده، سپس میانگین همه این نزدیک‌ترین همسایگی‌ها را محاسبه می‌کند. اگر میانگین فاصله محاسبه‌شده از میانگین توزیع تصادفی فرضی کمتر باشد، آنگاه می‌توان نتیجه گرفت که توزیع پدیده مورد بررسی در فضا به صورت خوشه‌ای است. اگر میانگین فاصله محاسبه‌شده بزرگ‌تر از میانگین توزیع تصادفی فرضی باشد، آنگاه می‌توان نتیجه گرفت که عوارض به صورت پراکنده در فضا توزیع شده‌اند (شکل ۴).

از این رو از ضریب  $G$  عمومی استفاده می‌شود (رهنما و ذبیحی، ۱۳۹۰، ۲۰). ضریب  $G$  عمومی با استفاده از مقدار مورد انتظار تفسیر می‌شود. اگر آماره  $G$  عمومی بزرگ‌تر از مقدار مورد انتظار باشد، یک نقطه داغ و اگر آماره  $G$  عمومی کوچک‌تر از مقدار مورد انتظار باشد، یک نقطه سرد به دست می‌آید. ضریب  $G$  عمومی به صورت رابطه (۵) محاسبه می‌شود که در آن  $d$  فاصله همسایگی و  $W_{ij}$  ماتریس وزنی است (عسگری، ۱۳۹۰: ۸۰).

$$G(d) = \frac{\sum_1^n d \sum_1^n w_{ij}(d) x_i x_j}{\sum_i^n \sum_j^n w_{ij}} \quad \text{رابطه (۵)}$$



شکل ۴. نمایش شماتیک خوشه‌ای یا پراکنده بودن داده‌های فضایی

(منبع: عسگری، ۱۳۹۰: ۴۰)

جغرافیایی چگونه است (عسگری، ۱۳۹۰: ۵۳).  
تحلیل خوشه و ناخوشه: تحلیل خوشه و ناخوشه که به شاخصه انسلین محلی موران نیز شناخته می‌شود، از ابزارهای مفید برای نمایش توزیع آماری پدیده‌ها در فضا است. این ابزار نشان می‌دهد که در کجاها مقادیر زیاد و در کجاها مقادیر کم در فضا به طور خوشه‌هایی توزیع شده‌اند. همچنین کدام عوارض دارای مقادیر بسیار متفاوت از عوارض پیرامونشان هستند. اگر مقدار  $I$  مثبت باشد، به معنی آن است که جمعیت توسط عوارض مشابه خود محاصره شده‌است؛ بنابراین این عارضه مورد نظر بخشی از آن خوشه است و اگر مقدار  $I$  منفی باشد، به معنی آن است که جمعیت توسط خوشه‌های جمعیتی که اصلاً مشابهتی به آن ندارد، محاصره شده‌است. این نوع عارضه در حقیقت ناخوشه نامیده می‌شود (عسگری، ۱۳۹۰: ۷۴).

#### - خوشه‌بندی زیاد/کم (high/low)

**clustering** خوشه‌بندی زیاد کم به اندازه‌گیری میزان توزیع جمعیت و خوشه‌بندی مواد در مقادیر زیاد و کم جمعیت می‌پردازد. ابزار خوشه‌بندی زیاد/کم نوعی آمار استدلالی است و به معنای آن است که نتایج آن با توجه به فرضیه صفر تعبیر و تفسیر می‌شود. فرضیه صفر برای  $G$  عمومی آن است که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی در مقادیر جمعیت برای عوارض موجود در لایه مورد نظر وجود ندارد.

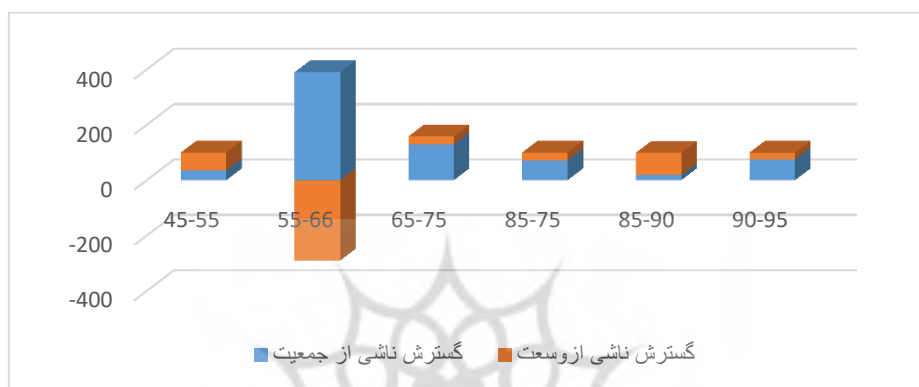
- **تحلیل خوشه‌ای فضایی چندفاصله‌ای:** ابزار تحلیل خوشه‌ای فضایی چندفاصله‌ای که به تابع  $K$  ریپلی نیز مشهور است، یکی دیگر از ابزارهای بسیار مفید برای بررسی آماری الگوهای فضایی پدیده‌ها در فضا و مکان است. برخلاف دو ابزار خوشه‌بندی کم/زیاد و نزدیک‌ترین همسایگی، این ابزار نشان می‌دهد که وضعیت خوشه‌بندی پدیده‌ها در فواصل مختلف

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

#### -تحلیل فشردگی/پراکندگی و الگوی شهر اراک

مدل هلدرن: تحولات مربوط به الگوی رشد کالبدی- فضایی طی سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۵ براساس مدل هلدرن، نشان داد که طی سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۵، میزان رشد ناشی از مساحت نسبتاً زیاد و در حد ۶۵ درصد است. این میزان تا سال ۱۳۶۵ به زیر صفر

می‌رسد. طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۰ شاهد رشد شهر ناشی از افزایش وسعت به میزان ۲۱ درصد هستیم. اوج این رشد و گسترش ناشی از وسعت مربوط به دهه ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ است؛ اما از سال ۱۳۹۰ به بعد گسترش شهر ناشی از وسعت کاهش یافته؛ یعنی الگوی رشد شهر از اسپیرال به سمت رشد درونی تغییر و الگوی رشد شهر فشرده آغاز شده است (شکل ۵).



شکل ۵. مقایسه درصد گسترش ناشی از مساحت و جمعیت در کلان‌شهر اراک در سال‌های مختلف

(منبع: داده‌های شهرداری و محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۸)

#### شاخص‌های متریک

الف) تراکم: تراکم جمعیت اراک در سال ۱۳۴۵، ۱۵۸,۴ نفر در هکتار بوده که بالاترین تراکم در کل دوره بوده است. تا سال ۱۳۵۵، این مقدار کاهش داشته و به پایین‌ترین مقدار در این دوره رسیده (به دلیل

افزایش محدوده شهر) و دوباره در دوره ۱۳۶۵ و ۱۳۷۵ روند افزایشی (به دلیل افزایش جمعیت شهر) و از سال ۱۳۸۵ به بعد روند کاهشی (به دلیل کاهش رشد جمعیت) را تجربه کرده است. از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ تغییرات تراکم چندان چشمگیر نبوده است (جدول ۳).

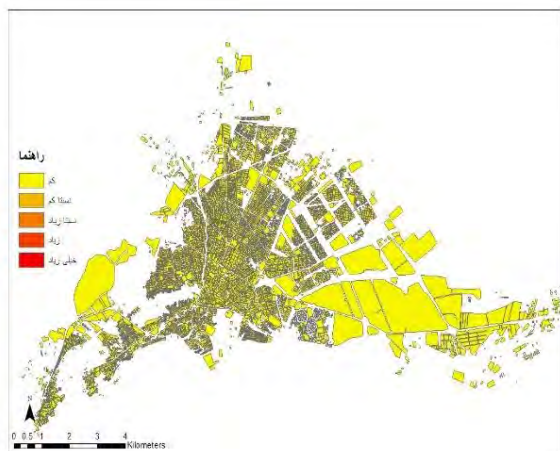
جدول ۳. روند تغییرات تراکم، مساحت و جمعیت اراک طی سال‌های ۱۳۴۵-۱۳۹۵

سال	۱۳۴۵	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵
جمعیت (نفر)	۷۱۹۲۵	۱۱۶۸۳۲	۲۶۵۳۴۹	۳۸۰۷۵۵	۴۴۶۷۶۰	*۴۸۴۲۱۲	۵۲۰۹۹۴
مساحت (هکتار)	۴۵۴	۱۸۲۹,۱	۲۲۵۶,۶	۲۹۸۲,۶	۳۷۱۸,۸	۵۷۳۳	۶۳۲۰
تراکم	۱۵۸,۴	۶۳,۸	۱۱۷,۵	۱۲۷,۶	۱۲۰,۱	۸۴,۴	۸۲,۴
						۹۳,۵	
نرخ رشد جمعیت (درصد)	۳,۴	۸,۵	۳,۶	۱,۶	۰,۸	-۰,۶	
نرخ رشد مساحت (درصد)	۱۴,۹	۲,۱	۲,۸	۲,۲	۴,۴	۹	

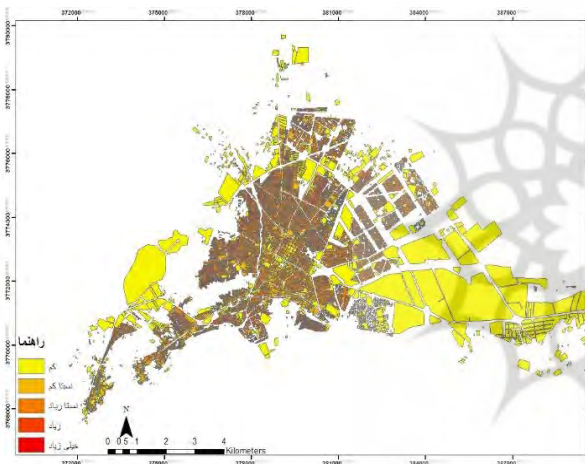
\* بدون احتساب کره‌رود و سنجان \_ \*\* با احتساب کره‌رود و سنجان<sup>۱</sup>

(منبع: واحد GIS شهرداری اراک و محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۸)

۱. با موافقت شورای عالی شهرسازی و معماری ایران (تیر ۱۳۹۱) دو شهر کره‌رود و سنجان به دلیل اتصال کامل نقاط شهری مذکور به شهر اراک ملحق شدند.



شکل ۶. توزیع جمعیت بلوک‌های شهری در اراک در سال ۱۳۸۵  
(منبع: داده‌های واحد GIS شهرداری اراک و محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۸)

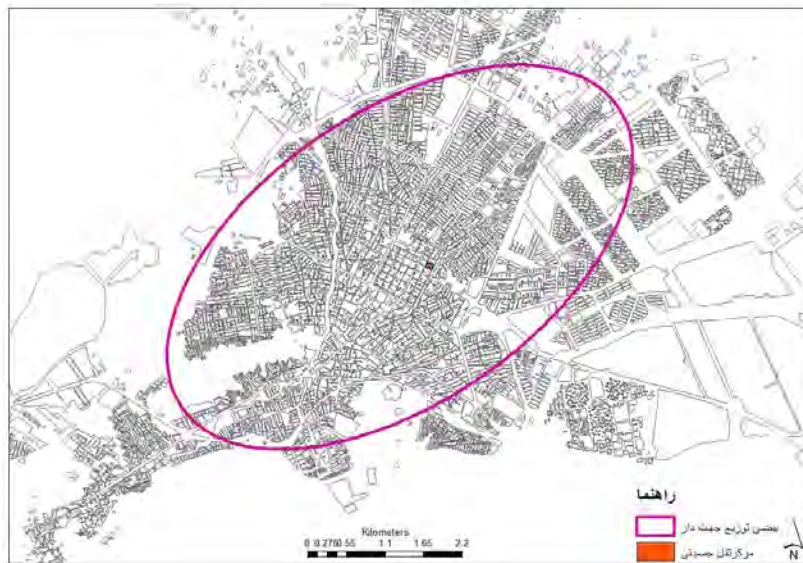


شکل ۷. توزیع جمعیت بلوک‌های شهری در اراک در سال ۱۳۹۵  
(منبع: اطلاعات واحد GIS شهر اراک و محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۸)

ب) تمرکز: انطباق مرکز ثقل جمعیتی با مرکز تاریخی شهر با دستور Central feature در بخش تحلیل الگوها در نرم‌افزار Arc GIS تمایل مردم به بخش مرکزی شهر و تک‌هسته‌ای بودن شهر را تأیید می‌کند (شکل ۸). برای توزیع جمعیت نیز در جهت شمال شرق به جنوب غرب منطبق با جهت شیب شهر است.

این موضوع به یک واقعیت اثبات شده و انکارناپذیر تبدیل شده که روند توسعه شهرهای کشور ما، اعم از شهرهای کوچک، متوسط و بزرگ به گونه‌ای بوده که استفاده از منابع توسعه کالبدی و به‌ویژه زمین به استفاده نامناسب و بیش‌ازحد کشیده شده‌است. شاخص تراکم نفر در هکتار در شهرهای ایران بسیار کم و بین ۶۰ تا ۷۰ نفر بوده و به‌خصوص میزان این شاخص در محدوده بافت‌های فرسوده و مرکزی شهرها، قابل توجه است. مقایسه تراکم جمعیت شهر اراک در سال ۱۳۹۵ با چند شهر هم‌رده جمعیتی‌اش براساس داده‌های سرشماری ۱۳۹۵ (سنندج ۶۴٫۸ و یزد ۵۵٫۴) نشان از بهره‌وری بالاتر زمین در این شهر و گرایش بیشتر به توسعه میان‌افزاست. بررسی تراکم در سطح شهر اراک در دوره زمانی ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ در شکل‌های ۶ و ۷ نشان‌دهنده افزایش تراکم در محلات درونی شهر است. بافت آرگانیک شهر به حد بالایی از تراکم رسیده، اما تقاضای بالایی برای این بافت هنوز وجود دارد و بالاترین قیمت زمین مربوط به بافت‌های میانی یا آرگانیک شهر است.

همان‌گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، توزیع جمعیتی رده تراکم متوسط (۳۶۰-۳۸ نفر) در سال ۱۳۸۵ به صورت بسیار محدود در حاشیه شمال شرقی شهر مشاهده می‌شده، اما در همین رده تراکم در سال ۱۳۹۵ در این مناطق نه تنها افزایش نداشته‌است بلکه رده جمعیتی بالاتر (۳۶۱-۱۶۰۰ نفر) نیز در قسمت بیرونی شهر (حتی در شمال شرقی که در دوره‌های قبلی در جهت گسترش شهر به این سمت بوده) در این دوره اصلاً دیده نمی‌شود (شکل ۷). این در حالی است که در قسمت‌های درونی شهر این رده جمعیتی افزایش داشته‌است؛ بنابراین تعداد و تراکم جمعیت در اطراف مرکز و بافت پیرامون مرکز شهر افزایش بسیار زیادی داشته‌است (تمایل به توسعه درونی).



نقشه ۸. نتایج تحلیل مرکز ثقل جمعیتی و بیضی در جهت توزیع جمعیت شهر اراک (۱۳۹۵)  
(منبع: داده های واحد GIS شهرداری اراک و محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۸)

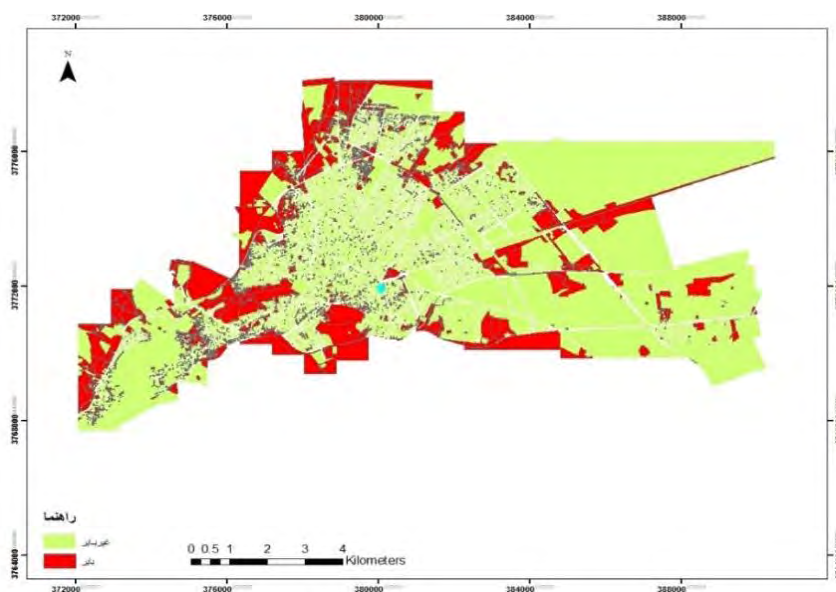
نشان می‌دهد، اکثر قطعات خالی و بایر در بافت‌های حومه‌ای شهر (برنامه‌ریزی‌شده و برنامه‌ریزی‌نشده) وجود دارد. پیوستگی اراضی در بافت‌های درونی و میانی می‌تواند الگوی فشرده را برای شهر تأیید کند.

ج) پیوستگی: در این روش، برای بررسی الگوی پراکنده‌رویی از مؤلفه توسعه اراضی ساخته‌شده و اراضی بایر استفاده می‌شود. کاهش اراضی بایر از سال ۱۳۸۰ به بعد گرایش به توسعه درونی را در شهر نشان می‌دهد (جدول ۴). توزیع زمین‌های بایر در شکل ۹

جدول ۴. مساحت و درصد اراضی بایر در شهر اراک از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۵

سهم و درصد از کل شهر		اراضی بایر	دوره
درصد به کل شهر	مساحت (هکتار)		
۳,۱	۱۴,۲۳	اراضی بایر و فضاهای باز	۱۳۴۵ و قبل
۲۶	۴۸۷	اراضی بایر	۱۳۴۵-۵۵
۵	۱۱۲	اراضی بایر و فضاهای باز	۱۳۵۵-۶۵
۲۱,۸	۸۱۴	اراضی بایر، متروکه و مخروبه	۱۳۶۵-۸۰
۱۹	۱۱۹۵	اراضی بایر، متروکه و مخروبه	۱۳۸۰-۹۵

(منبع: تلخایی، ۱۳۹۱: ۱۰۹)



شکل ۹. توزیع بلوک‌های بایر در شهر اراک (۱۳۹۵)

(منبع: داده‌های واحد GIS شهرداری اراک و محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۸)

توزیع عادلانه جمعیت در مناطق ۵ گانه شهر در سال ۱۳۹۵ می‌باشد (تأیید فرضیه دوم).

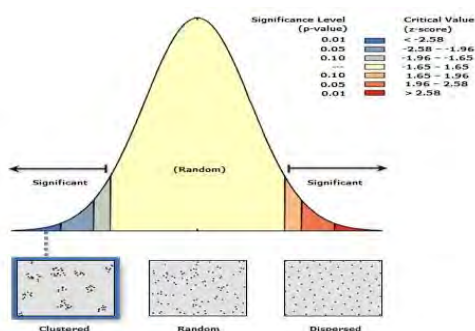
تحلیل فشردگی/پراکندگی و الگوی شهر اراک با مدل هلدرن و شاخص‌های متریک (تراکم، پیوستگی و تمرکز) گرایش به الگوی فشرده و توسعه درونی را برای شهر اراک تأیید کرد (فرضیه اول).

#### تحلیل میزان تجمع و پراکندگی جمعیت

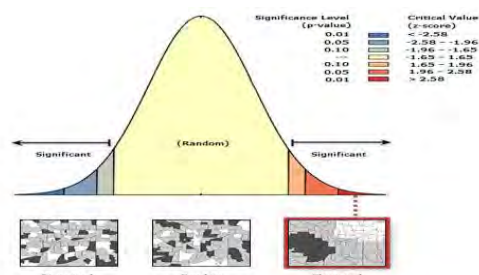
- تحلیل خودهمبستگی فضایی (ضریب موران):  
تحلیل خودهمبستگی فضایی موران در نرم‌افزار ARC GIS، مقدار این شاخص در شهر اراک را مثبت و نزدیک به یک (۰,۱۲۴۳۳۵) نشان می‌دهد. داده‌ها دارای خودهمبستگی فضایی هستند. همچنین با استناد بالابودن امتیاز استاندارد Z (۷۱,۱۳۴۲۸۱) و بسیار کوچک بودن  $p\text{-value} = ۰,۰۰۰۰$  می‌توان فرضیه نبود خودهمبستگی فضایی بین داده‌ها را رد کرد. شکل ۱۰ الگوی خوشه‌ای توزیع جمعیت در شهر اراک را تأیید می‌کند.

#### تحلیل الگوی توزیع فضایی جمعیت

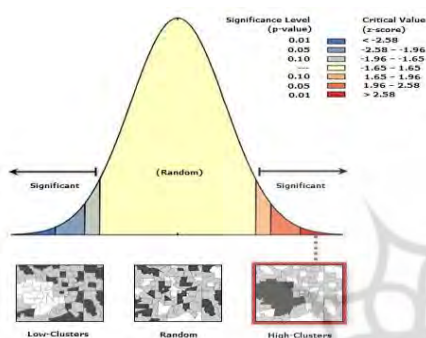
به‌منظور تحلیل الگوی رشد کلان‌شهر اراک از نظر نحوه توزیع فضایی جمعیت، از ضریب آنتروپی استفاده شد. آنتروپی نسبی دامنه‌ای بین صفر و یک دارد و هرچه مقدار آن به یک نزدیک باشد، بیانگر توزیع عادلانه‌تر و هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد، بیانگر درجه توزیع نامتعادل است. به‌طور مشابه، ضریب‌های جینی نزدیک به یک به معنی توزیع نامتعادل و ضریب جینی نزدیک به صفر به این معنی توزیع عادلانه جمعیت است (رهنما و عباس‌زاده، ۱۳۸۵: ۱۱۰). ضریب آنتروپی سال ۱۳۹۵ در کلان‌شهر اراک برابر با ۰,۹۹ است که به عدد ۱ بسیار نزدیک است و ضریب جینی ۰,۲۰ است که به عدد صفر نزدیک است که هر دو بیانگر



شکل ۱۱. تحلیل الگوی میانگین نزدیک ترین فاصله همسایگی  
(منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۸)



شکل ۱۰. الگوی خوشه‌ای - نتیجه تحلیل همبستگی فضایی  
موران در شهر اراک (۱۳۹۵)  
(منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۸)



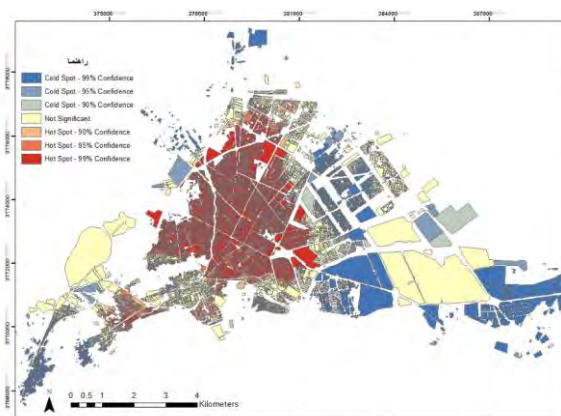
شکل ۱۲. تحلیل الگوی خوشه‌بندی زیاد/کم  
(منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۸)

در تحلیل این ابزار باید اشاره شود که این ابزار می‌خواهد نتیجه بگیرد، آیا تعداد جمعیت در مناطق مختلف شهر دارای لکه‌های داغ هستند یا خیر؟ آمار GI که برای جمعیت محاسبه شد، امتیاز  $Z$  است، هرچه امتیاز  $Z$  بزرگ‌تر باشد، مقادیر بالا به میزان زیادی خوشه‌بندی شده و لکه داغ را تشکیل می‌دهند. در شکل ۱۳ محدوده‌های آبی پررنگ محدوده‌های هستند که در آن مقادیر کم جمعیت تجمع کرده و نواحی قرمز پررنگ محدوده‌هایی هستند که در آن مقادیر بالای جمعیت متمرکز شده‌اند؛ از این رو شهر اراک در مرکز و بافت آرگانیک خود دارای لکه داغ است که تمرکز مقادیر زیاد جمعیت در این بافت و تمایل به توسعه درونی را نشان می‌دهد.

میانگین نزدیک ترین فاصله همسایگی: براساس محاسبات نرم افزار Arc GIS ۱۰,۴ نتایج عددی میانگین فاصله مشاهده شده ۶۱,۹۱۵۸ است. این در حالی است که مقدار میانگین فاصله موردانتظار ۱۰۸,۷۵۷۴ محاسبه شده است. نسبت نزدیک ترین همسایه، ۰,۵۶۹ اندازه گیری شده است. از آنجا که این نسبت کوچک تر از یک است، نشان دهنده خوشه‌ای توزیع شدن جمعیت در شهر اراک است. امتیاز استاندارد محاسبه شده در این مورد برابر با -۶۰,۴۹۷ است که با توجه به مقدار  $p\text{-value} = ۰,۰۰۰۰$  نشان دهنده این است که این خوشه‌ای بودن از نظر آماری معنادار است (شکل ۱۱).

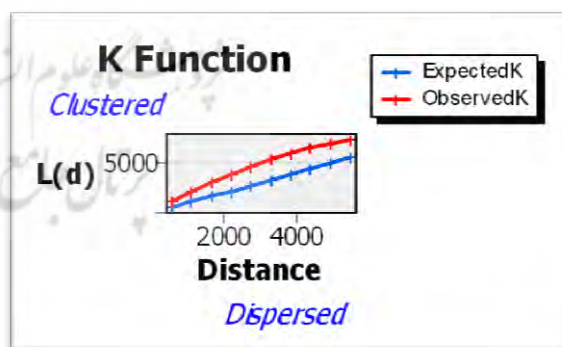
-خوشه‌بندی زیاد/کم (high/low clustering): با توجه به اینکه مقدار  $Z$  محاسبه شده ۲۲,۳۹۵ است که مقداری نسبتاً بالاست و با توجه به مقدار  $p\text{-value}$  که معادل صفر است؛ این نتیجه حاصل می‌شود که داده‌ها خوشه‌بندی شده‌اند. اکنون با توجه به اینکه مقدار  $Z$  علامت مثبت دارد، نتیجه می‌گیریم که این خوشه‌بندی در مقادیر بالا یا زیاد وجود دارد؛ یعنی بیشتر حوزه‌های سرشماری دارای مقادیر بالای جمعیت در کنار هم قرار می‌گیرد (شکل ۱۲ و ۱۳).

-تحلیل خوشه و ناخوشه: این ابزار نشان می‌دهد که در کجاها مقادیر زیاد و در کجاها مقادیر کم در فضا به‌طور خوشه‌هایی توزیع شده‌اند. همچنین کدام عوارض دارای مقادیر بسیار متفاوت از عوارض پیرامونشان هستند. با توجه به نقشه ۱۵، رنگ‌های صورتی و آبی پررنگ ناخوشه و رنگ‌های قرمز و آبی بسیار کم‌رنگ، خوشه است. بر این اساس اکثر مناطق بافت مرکزی و بافت اُرگانیک اطراف آن دارای خوشه‌های تمرکز جمعیت است.



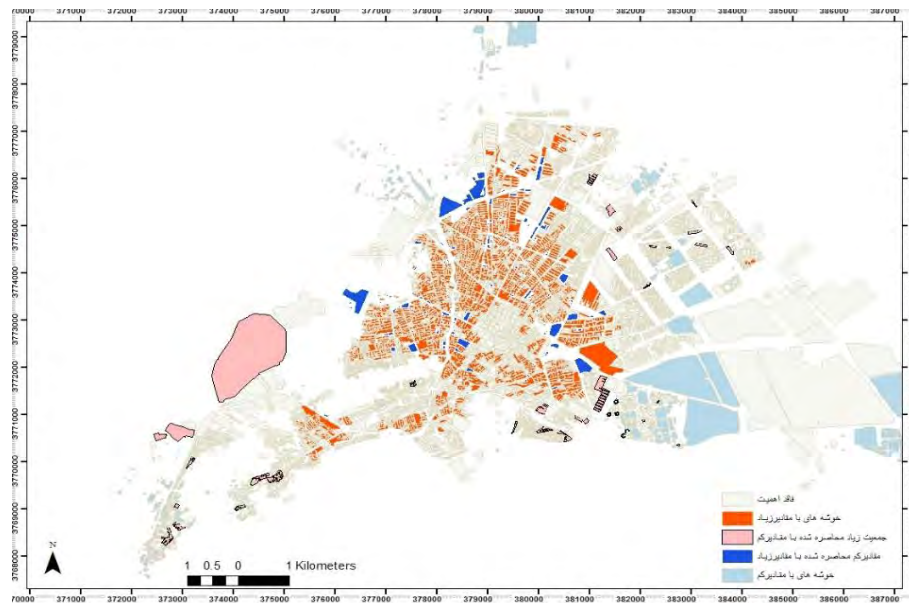
نقشه ۱۳. نتایج تحلیل لکه‌داغ در شهر اراک در سال ۱۳۹۵  
(منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۸)

-تحلیل خوشه‌ای فضایی چندفاصله‌ای: نتایج حاصل از اجرای این تحلیل در نرم‌افزار Arc GIS به‌صورت جدول یا تصویر ارائه می‌شود. براساس منحنی استخراج شده چون نتایج مشاهده‌شده (رنگ قرمز) بالاتر از منحنی نتایج موردانتظار (رنگ آبی) است؛ پس این نتیجه حاصل می‌شود که مشاهدات در آن فاصله خوشه‌بندی شده‌است؛ بدین معنی که جمعیت در فواصل مختلف به‌طور خوشه‌ای توزیع شده‌است (شکل ۱۴).



شکل ۱۴. نمودار نتایج تحلیل خوشه‌ای فضایی چندفاصله‌ای در شهر اراک (۱۳۹۵)  
(منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۸)





نقشه ۱۵. تحلیل خوشه و ناخوشه جمعیت شهر اراک در سال ۱۳۹۵ در نرم افزار Arc GIS

(منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۸)

همگی الگوی خوشه‌ای را در شهر اراک تأیید می‌کند و در نتایج هیچ کدام از روش‌ها الگوی پراکنده حاصل نشد. نتایج همه مدل‌ها یکسو بوده و سازگاری و توافق بین همه روش‌ها وجود دارد. الگوی تجمع جمعیت با توزیع متعادل الگوی توسعه درونی را در سال‌های اخیر از نتایج مدل‌های مورد آزمون بود.

نتایج حاصل از ضرایب  $G$  عمومی (لکه داغ/ سرد) نشان از شکل‌گیری نقاط داغ در مرکز و بافت پیرامون آن (بافت ارگانیک شهر) و لکه‌های سرد در سمت شرق و شمال شرق (در مجاورت کارخانه‌های بزرگ در ورودی شهر) است.

شهر اراک به دلیل موقعیت ژئومورفولوژی خود (محصور بودن شهر از سه طرف توسط کوه‌ها) نیز دارای پتانسیل فشردگی است؛ از این رو به منظور بهره‌برداری از این فرصت اقدامات و دستورالعمل‌های زیر به شرح زیر باید مورد نظر قرار گیرد:

۱- گرایش به بافت میانی در این شهر بالاست و قیمت بالای زمین در این بافت این موضوع را تأیید می‌کند؛ بنابراین باید توجه ویژه‌ای به این بافت در جهت

براساس تحلیل الگوهای خودهمبستگی فضایی (ضریب موران)، خوشه‌بندی زیاد/کم، تحلیل خوشه‌ای فضایی چندفاصله‌ای، تحلیل خوشه و ناخوشه، شهر اراک دارای الگوی تجمع جمعیت (خوشه‌ای) است

### نتیجه‌گیری

برخلاف نتایج بسیاری از پژوهش‌های انجام‌شده در برخی از شهرها که الگوی رشد گسترده در آن‌ها تأیید شده است (جدول ۱)، نتایج این پژوهش نشان داد که شهر اراک اگرچه در دوره‌های خاصی (سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵) رشد فضایی لجام‌گسیخته داشته، اما از سال ۱۳۹۰ به بعد گسترش ناشی از وسعت ۲۵ درصد و گسترش ناشی از افزایش جمعیت ۷۵ درصد بوده و شهر به سمت الگوی توسعه درونی متمایل شده است. تحلیل ضریب آنتروپی و جینی، توزیع متعادل جمعیت در مناطق ۵ گانه شهر اراک را تأیید کرد. نتایج حاصل از تحلیل ضرایب موران، میانگین نزدیک‌ترین همسایگی، ضریب  $G$  عمومی، خوشه‌بندی کم/زیاد، خوشه‌بندی فضایی چندفاصله و تحلیل خوشه/ناخوشه

اسلامی (پژوهشکده فرهنگ، هنر و معماری جهاددانشگاهی)، دوره ۱، شماره ۱، صص ۹۲-۷۳.

<https://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=18469>

تلخابی، حمیدرضا. (۱۳۹۱). توسعه درونی شهر اراک (با تأکید بر بافت‌های فرسوده بخش مرکزی)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی.

تقوایی، مسعود؛ سرائی، محمدحسین. (۱۳۸۳). گسترش افقی شهرها و ظرفیت‌های موجود زمین (مورد شهر: یزد). تحقیقات جغرافیایی (محمدحسین پاپلی یزدی)، دوره ۱۹، شماره ۲، شماره پیاپی (۷۳)، صص ۲۱۰-۱۸۷.

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=14992>

جلالیان، حمید؛ ضیائیان، پرویز؛ دارویی، پرستو؛ کریمی، خدیجه. (۱۳۹۴). تحلیل خزش شهری و تحولات کاربری اراضی (مطالعات تطبیقی شهرهای ارومیه و اصفهان)، فصلنامه برنامه‌ریزی کالبدی- فضایی (دانشگاه پیام نور)، سال دوم، شماره چهارم، صص ۹۸-۷۳.

[http://psp.journals.pnu.ac.ir/article\\_2414.html](http://psp.journals.pnu.ac.ir/article_2414.html)

حاتمی، داود؛ رحمانی، اسماعیل. (۱۳۹۶). تحلیل الگوی رشد فضایی- کالبدی شهر چابهار با رویکرد رشد هوشمند، فصلنامه مطالعات عمران شهری (پاکزاد آزادخانی)، دوره اول، شماره دوم، پاییز ۱۳۹۶، صص ۱۳۹-۱۱۸.

<http://ensani.ir/fa/article/382431>

حسینی، سیدهدای؛ سلیمانی‌مقدم، هادی. (۱۳۸۵). برنامه‌ریزی شهری و تضعیف مفاهیم محله‌ای، مسکن و محیط روستا (پژوهشکده سوانح طبیعی)، شماره ۱۱، صص ۴۱-۲۸.

[https://www.noormags.ir/view/fa/creator/255904/%D9%87%D8%A7%D8%AF%DB%8C\\_%D8%B3%D9%84%DB%8C%D9%85%D8%A7%D9%86%DB%8C\\_%D9%85%D9%82%D8%AF%D9%85](https://www.noormags.ir/view/fa/creator/255904/%D9%87%D8%A7%D8%AF%DB%8C_%D8%B3%D9%84%DB%8C%D9%85%D8%A7%D9%86%DB%8C_%D9%85%D9%82%D8%AF%D9%85)

خلیلی، امین. (۱۳۹۵). ارائه الگوی بهینه جهت رشد هوشمند شهری با تأکید بر توسعه میان‌افزا (نمونه موردی: شهر ارومیه)، پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته برنامه‌ریزی شهری، استاد راهنما: دکتر اصغر عابدینی، دانشگاه ارومیه، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، گروه شهرسازی.

جلوگیری یا کاهش تخلفات انجام گیرد و شهرداری به بهانه بالابودن قیمت زمین در این بافت نباید از ایجاد فضاها و کاربری‌های عمومی چشم‌پوشی کند.

۲- در شهر فشرده امکان تعاملات اجتماعی بیشتر از شهر گسترده است؛ از این رو باید زمینه‌های این تعامل را با ایجاد فضاهای عمومی در محلات فراهم آورد تا به‌مرور همکاری و مشارکت در بین ساکنان شکل گرفته تا مدیران شهری بتوانند پروژه‌های محله‌محور با مشارکت ساکنان اجرا کنند.

۳- در یک شهر فشرده در هنگام بروز مخاطرات تلفات بیشتر و امکان امدادسانی دشوارتر است؛ از این رو لزوم توجه به جایابی مناسب سازمان‌های امدادگران در بافت‌های میانی و آرگانیک شهر ضروری است.

۴- بافت مرکزی شهر اراک بافتی زنده و پویا و پرتراکم است و تقاضای زیادی برای آن وجود دارد. با توجه به شدت گرفتن تخریب واحدهای مسکونی قدیمی و تبدیل آن‌ها به واحدهای بلندمرتبه باید نظارت کافی به عمل آید تا تراکم از حد مجاز بالاتر نرود.

## منابع

ابراهیمی، امین. (۱۳۹۲). توسعه درون‌زا ضرورت توسعه شهری، اولین همایش ملی شهرسازی و معماری در گذر زمان: قزوین. اسمعیل پور، نجما. (۱۳۹۰). بررسی تأثیر رشد پراکنده بر نابودی اراضی کشاورزی صفاشهر و راهبردهای تعدیل آن. مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری (دانشگاه آزاد اسلامی مرودشت)، سال دوم، شماره چهارم، صص ۹۶-۷۳.

[http://jupm.miau.ac.ir/article\\_1555.html](http://jupm.miau.ac.ir/article_1555.html)

پشمدار فرد، زینب؛ رضایی، حسام. (۱۳۹۳). بررسی چگونگی پیاده‌سازی الگوی رشد هوشمند شهری با تأکید بر توسعه میان‌افزا، اولین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی، معماری و شهرسازی، تهران.

پوراحمد، کیومرث؛ حبیبی، احمد؛ کشاورز، مهناز. (۱۳۸۹). سیر تحول مفهوم‌شناسی بازآفرینی شهری به‌عنوان رویکردی نو در بافت‌های فرسوده شهری، مطالعات شهر ایرانی

تاریخی و نوساز شهر یزد، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی (دانشگاه اصفهان)، سال ۲۷، شماره پیاپی ۶۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، صص ۱۸-۱.

<https://www.magiran.com/author/%D9%85%DB%8C%D8%AA%D8%B1%D8%A7%20%D8%A8%DB%8C%D8%B6%D8%A7%DB%8C%DB%8C>

شیخی، حجت؛ ذاکر حقیقی، کیانوش؛ منصور، سحر. (۱۳۹۲). بررسی پراکنده‌رویی شهر بروجرد و راهکارهای توسعه درونی آن، پژوهش و برنامه‌ریزی شهری (دانشگاه آزاد اسلامی مرودشت)، سال چهارم، شماره ۱۵، صص ۵۶-۳۷.

[http://jupm.miau.ac.ir/article\\_347.html](http://jupm.miau.ac.ir/article_347.html)

صحنه، بهمن؛ دهداری، مصطفی؛ معماری، ابراهیم. (۱۳۹۴). تحلیل الگوی کالبدی فضایی شهر آق‌قلا در استان گلستان، مطالعات نواحی شهری (دانشگاه شهید باهنر کرمان)، دوره ۲، شماره ۴ شماره پیاپی ۵، زمستان ۱۳۹۴، صص ۷۹-۹۶.

<https://jusg.uk.ac.ir/?action=article&keywords=%D8%A2%D9%82+%D9%82%D9%84%D8%A7>

ضمیری، محمدرضا؛ نسترن، مهین؛ محمدزاده، حمیده. (۱۳۹۲). تحلیلی بر شکل و روند توسعه فضایی و کالبدی شهر بجنورد، فصلنامه آمایش محیط (دانشگاه آزاد اسلامی ملایر)، شماره ۲۳، صص ۱۸۰-۱۶۷.

[http://ebtp.malayeriau.ac.ir/article\\_528932.html](http://ebtp.malayeriau.ac.ir/article_528932.html)

عسگری، علی. (۱۳۹۰). تحلیل آمار فضایی با Arc GIS، سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران. علی‌اکبری، اسماعیل (۱۳۹۶). عرصه‌های درون‌افزای شهری و کارآمدی سیاست رشد درون‌افزای شهر تهران، پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری (موسسه جغرافیا)، دوره ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، صص ۲۲-۱.

[https://journals.ut.ac.ir/article\\_63988.html](https://journals.ut.ac.ir/article_63988.html)

علی‌نژاد طیبی، کاووس؛ حسینی‌امینی، حسن. (۱۳۹۴). تحلیل نظام توسعه کالبدی شهر فیروزآباد با رویکرد پدافند غیرعامل، برنامه‌ریزی کالبدی-فضایی (دانشگاه پیام نور)، سال دوم، شماره ۴، صص ۱۳۵-۱۲۳.

[http://psp.journals.pnu.ac.ir/article\\_4869.html](http://psp.journals.pnu.ac.ir/article_4869.html)

فرشچین، امیررضا؛ شریفیان، احسان؛ رفیعیان، مجتبی؛ رضانی، راضیه. (۱۳۹۶). تبیین نظری مبانی توسعه میان‌افزا و رویکردهای رویه‌ای آن، جغرافیا و آمایش شهری-

خیرالدین، رضا؛ سالاریان، فردیس. (۱۳۹۴). الگوسازی گرایش‌های فضایی شهرها با استفاده از الگوی رشد خودکار سلولی در جهت امکان‌سنجی و انتظام توسعه فضایی شهر چالوس، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (دانشگاه خوارزمی)، شماره ۳۹، صص ۱۷۶-۱۵۳.

<https://jgs.khu.ac.ir/article-1-2605-fa.html>

داداش‌پور، هاشم؛ سالاریان، فردیس. (۱۳۹۴). تحلیل تأثیر عوامل جمعیتی و توسعه اراضی ساخته‌شده بر پراکنده‌رویی در شهر (منطقه مرکزی مازندران)، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای (دانشگاه فردوسی مشهد)، سال سیزدهم، شماره ۱، شماره پیاپی ۲۴، صص ۱۸۳-۱۵۷.

<https://www.magiran.com/volume/105864>

داداش‌پور، هاشم؛ میری لواسانی، سید امیررضا. (۱۳۹۴). تحلیل الگوهای فضایی پراکنده‌رویی در منطقه کلان‌شهری تهران، برنامه‌ریزی فضایی (دانشگاه اصفهان)، دوره پنجم، شماره اول، شماره پیاپی ۱۶، صص ۱۴۶-۱۲۳.

[http://sppl.ui.ac.ir/article\\_16025.html](http://sppl.ui.ac.ir/article_16025.html)

رهنما، محمدرحیم؛ ذبیحی، جواد (۱۳۹۰). تحلیل توزیع تسهیلات عمومی شهری در راستای عدالت فضایی با مدل یکپارچه دسترسی در مشهد، جغرافیا و توسعه (دانشگاه سیستان و بلوچستان)، شماره ۲، صص ۲۶-۵.

[http://gdij.usb.ac.ir/article\\_543.html](http://gdij.usb.ac.ir/article_543.html)

رهنما، محمدرحیم؛ عباس‌زاده، غلامرضا. (۱۳۸۵). مطالعه تطبیقی سنجش درجه پراکنش/فشرده‌گی در کلان‌شهرهای سیدنی و مشهد، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای (دانشگاه فردوسی مشهد)، شماره ششم، صص ۱۲۸-۱۰۱.

<https://jgrd.um.ac.ir/article/view/3073>

سراتی، محمدحسین. (۱۳۸۴). فرایند عرضه زمین و تأثیر آن بر گسترش شهرها (مورد شهر یزد)، رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان.

سیدرضایی، میرحسین؛ اکبرزاده، محرم؛ حسین‌زاده، عیسی؛ موسی‌پور، حیدر. (۱۳۹۶). تحلیلی بر الگوی گسترش فضایی-کالبدی شهر خوی با استفاده از مدل‌های آنتروپی شانون و هلدرن، کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، مشهد.

شریف‌نژاد، مجتبی؛ نصریان، زهره؛ بیضایی، میترا؛ شکیبا، امین. (۱۳۹۵). ارزیابی و سنجش تطبیقی میزان فشرده‌گی بافت‌های

Hall Jon(2009), The Benefits and Costs of Urban Sprawl or Leapfrogging Urban Development, University of Western Sydney Urban Research Centre, 30th January 2009.

[https://www.researchgate.net/publication/264051273\\_The\\_Benefits\\_and\\_Costs\\_of\\_Urban\\_Sprawl\\_or\\_Leapfrogging\\_Urban\\_Development](https://www.researchgate.net/publication/264051273_The_Benefits_and_Costs_of_Urban_Sprawl_or_Leapfrogging_Urban_Development)

Ji, W., Ma, J., Twibell, R. W., & Underhill, K. (2006). Characterizing urban sprawl using multi-stage remote sensing images and landscape metrics. *Computers, Environment and Urban Systems*, 30(6), 861-879.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971505000633?via%3Dihub>

Karakayaci, Zuhail(2016), "THE CONCEPT OF URBAN SPRAWL AND ITS CAUSES." *Journal of International Social Research*9, no. 45.

[https://www.researchgate.net/publication/307443639\\_THE\\_CONCEPT\\_OF\\_URBAN\\_SPRAWL\\_AND\\_ITS\\_CAUSES](https://www.researchgate.net/publication/307443639_THE_CONCEPT_OF_URBAN_SPRAWL_AND_ITS_CAUSES)

- Meeus, S. J., & Gulink, H. (2008). Semi-urban areas in landscape research: A review. *Living Reviews in Landscape Research*, 2(3), 1-45.

<http://lrlr.landscapeonline.de/Articles/lrlr-2008-3/>

O'SULLIVAN, D., & Unwin, D. J. (2003). *Geographic Information Analysis* Wiley: Hoboken.

Qingsong He, Yan Song, Yaolin Liu, Chaohui Yin (2017), Diffusion or coalescence? Urban growth pattern and change in 363 Chinese cities from 1995 to 2015. *Journal of sustainable cities and society* Volume 35, November 2017, Pages 729-739.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221067071730567X>

Salingarose. Nikos A, 2006, Compact City Replaces Sprawl, Chapter in: *Crossover: Architecture, Urbanism, Technology*, Edited by Arie Graafland & Leslie Kavanaugh (010 Publishers, Rotterdam, Holland), p.p 100-115

Zhang, Tingwei. (2000). "Land market forces and government's role in sprawl: The case of China", *Cities*, Volume 17, Issue 2, April 2000, Pages 123-135.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026427510000007X>

منطقه‌ای (دانشگاه سیستان و بلوچستان)، شماره ۲۳، صص ۱۶۵-۱۸۲

[http://gajj.usb.ac.ir/issue\\_447\\_470.html](http://gajj.usb.ac.ir/issue_447_470.html)

قرخلو، مهدی؛ زنگنه‌شهرکی، سعید. (۱۳۸۸). شناخت الگوی رشد کالبدی فضایی شهر با استفاده از مدل‌های کمی (مطالعه موردی: شهر تهران)، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی* (دانشگاه اصفهان)، شماره ۳۴، صص ۴۰-۱۹.

<https://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=103591>

طرح جامع شهر اراک. (۱۳۸۳). مهندسين مشاور شهر و خانه، وزارت مسکن و شهرسازی.

Abhishek, N., Jenamani, M., & Mahanty, B. (2017). Urban growth in Indian cities: Are the driving forces really changing?. *Habitat International*, 69, 48-57.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0197397517300267>

-Anderson, W.P., Kanaroglou, P.S. and Miller, E.J. (1996). "Urban form, energy and the environment: a review of issues, evidence and policy". *Urban Studies*, 33(1), pp7-35.

<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1080/004209898650012095>

DEPALMA, S. (2006), *Infill Development Standards and Policy Guide*, NEW JERSEY MEADOWLANDS COMMISSION, NEW JERSEY.

-Fang, L., Li, P., & Song, S. (2017). China's urban development policies and city growth dynamics: An analysis based on the Gibrat's Law. *International Review of Economics & Finance*, 52, 322-329.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1059056017300369>

Feng, L. (2009). Applying remote sensing and GIS on monitoring and measuring urban sprawl. A case study of China. *Revista Internacional Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, (4), 47-56.

<https://upcommons.upc.edu/handle/2099/8534>