

ارزیابی کمی میزان تمرکز توسعه اراضی شهری با استفاده از تابع Ripley's K در GIS

منطقه مورد مطالعه: محدوده شهرهای اسلام‌شهر، رباط کریم، نسیم‌شهر

بابک میرباقری* - مربی گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
علی اکبر متکان - دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

پذیرش مقاله: ۸۷/۸/۲۸ تأیید نهایی: ۸۸/۲/۲۳

چکیده

فرایند توسعه شهرها همواره یکی از مهم‌ترین موضوعات پیش روی پژوهشگران مسائل شهری بوده است. افزون بر میزان رشد شهرها در زمان‌های مختلف، شکل و الگوی توسعه نیز مورد توجه بوده است. در پژوهش حاضر از یکی از توابع تحلیلی سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به نام تابع Ripley's K استفاده گردید. براساس این تابع می‌توان وضعیت تمرکز (خوشه‌ای بودن) نقاط نمونه را نسبت به حالت تصادفی براساس شمارش تعداد نقاط در فواصل مختلف مورد مقایسه قرار داد. در تحقیق حاضر، براساس تابع Ripley's K میزان تمرکز فرایند توسعه شهری به صورت کمی برای سه محدوده شهری حومه جنوب غرب تهران شامل اسلام‌شهر، رباط کریم، نسیم‌شهر و برای دو دوره سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۵ و ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۱ محاسبه و نتایج آن ارائه گردیده است. داده‌های مورد نیاز این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای SPOT استخراج شد. نتایج تحقیق نشان داد که در مجموع تمرکز فرایند توسعه در دوره زمانی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۱ در محدوده شهرستان اسلام‌شهر، افزایش و در محدوده شهرستان‌های رباط کریم و نسیم‌شهر کاهش یافته است. از مزیت‌های روش به کار گرفته شده در این تحقیق، امکان به کارگیری آن در مناطق مختلف و برای دوره‌های زمانی متفاوت و در فواصل (مقیاس‌های) مختلف است.

کلیدواژه‌ها: تابع Ripley's K، فرایند خودبه‌خودی، فرایند خودسازمان‌ده، شبیه‌سازی مونت کارلو.

مقدمه

هر توزیع از عوارض یا صفات آنها در منطقه‌ای تعریف‌شده، سازنده الگویی خواهد بود (Mitchell, 2005, 72). این توزیع می‌تواند الگویی خوشه‌ای^۱، تصادفی^۲ و یا کاملاً پراکنده^۳ داشته باشد. فرایند توسعه اراضی مسکونی نیز از این قاعده مستثنی نیست و می‌توان الگوهای گفته شده را در مورد آن بررسی کرد. بدین ترتیب پژوهشگران می‌توانند میزان تمرکز توسعه اراضی را در اطراف شهرهای مختلف و در دوره‌های زمانی متفاوت مورد ارزیابی کمی قرار دهند.

* E-mail: B_Mirbagheri@sbu.ac.ir

1. Clustered
2. Random
3. Dispersed

تاکنون توابع تحلیلی مختلفی برای شناسایی چگونگی توزیع پدیده‌های جغرافیایی، نظیر میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه^۱، توابع F، G و تابع K معرفی شده‌اند؛ که در این میان تابع K که از آن با عنوان تابع Ripley's K نیز نام برده می‌شود حالت تکامل یافته سه تابع دیگر است. براساس این تابع، چگونگی توزیع یک پدیده جغرافیایی در منطقه مورد نظر در مقایسه با توزیع تصادفی در همان منطقه در فواصل مختلف ارزیابی می‌شود و میزان تمرکز (خوشه‌ای بودن) پدیده در فواصل مختلف با کمک این تابع به دست می‌آید. بر این اساس می‌توان توسعه اراضی شهری را نیز در قالب این تابع ارزیابی کرد و فرایند توسعه را از لحاظ میزان تمرکز، تصادفی و یا پراکنده بودن برای دوره‌های زمانی گوناگون بررسی کرد.

مبانی نظری تحقیق

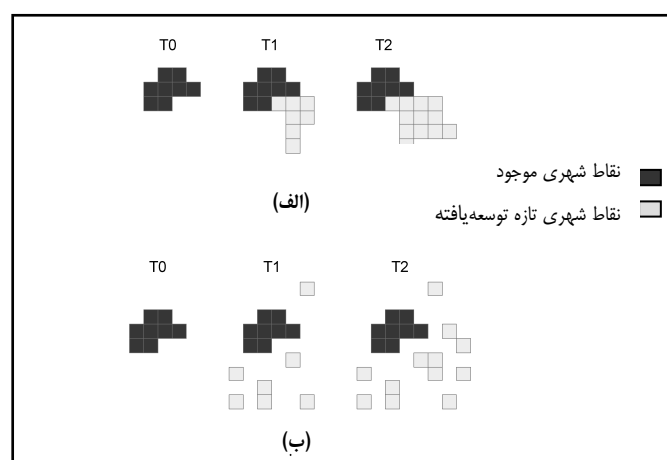
فرایند توسعه اراضی شهری

به طور کلی در نگرش سیستمی، توسعه شهرها را می‌توان به دو فرایند خودبه‌خودی^۲ و خودسازمان‌ده^۳ تقسیم کرد (Wu, 2000). در فرایند خودسازمان‌ده، توسعه در هر مکان براساس توسعه‌ای در زمان گذشته که در نزدیک‌ترین همسایه آن مکان رخ داده است، پدید می‌آید (Wu, 2002)؛ بنابراین همسایگی تأثیر مهمی بر این فرایند دارد. الگوی رشد خودسازمان‌ده اغلب به صورت انباشته^۴ یا متراکم است که تحت تأثیر فعالیت‌های خودسازمان‌ده اقتصادی - اجتماعی قرار گرفته است (Cheng, 2003a). این انباشتگی می‌تواند به صورت خوشه‌های مختلف در اطراف شهرها ظاهر گردد (شکل ۲-ب و ج). البته هر نوع تمرکز توسعه، بیان‌کننده فرایند خودسازمان‌ده نیست، بلکه وجود عاملی خاص در منطقه‌ای مشخص می‌تواند به تنهایی عاملی در جهت تمرکز توسعه باشد. در نتیجه، فرایند دیگری به نام پدیده رشد خودبه‌خودی مطرح می‌گردد. این فرایند تحت تأثیر عواملی فراتر از همسایگی رخ می‌دهد. به دلیل ماهیت چنین عواملی، تمرکز توسعه در مناطقی که بیشتر تحت تأثیر پدیده رشد خودبه‌خودی قرار گرفته‌اند اغلب کمتر است؛ یا به عبارت بهتر در فواصل کوتاه‌تر این تمرکز اغلب کمتر است. این نوع توسعه شهری پراکنده در عمل تأثیرات عمیقی بر پایداری سکونتگاه‌های انسانی و رفاه مردم دارد (Audriac et al., 1990). فرایند خودبه‌خودی نشان‌دهنده توسعه مستقل از تغییرات کاربری متوالی^۵، در منطقه است (Wu, 2002).

دو فرایند توسعه خودسازمان‌ده و خودبه‌خودی به صورت‌های مختلف در مدل‌های شبیه‌سازی توسعه اراضی شهری پیاده‌سازی شده‌اند. کلارک و دیگران در سال ۱۹۹۷ به منظور شبیه‌سازی رشد اراضی شهری مدلی را تحت عنوان SLEUTH ارائه کردند که براساس مدل سلول‌های خودکار^۶ عمل می‌کند و تاکنون در مناطق گوناگونی مانند سواحل سان فرانسیسکو، منطقه واشینگتن - بالتیمور، مکزیکوسیتی و شهرهای لیسبون و پورتوی پرتغال اجرا شده است. در این

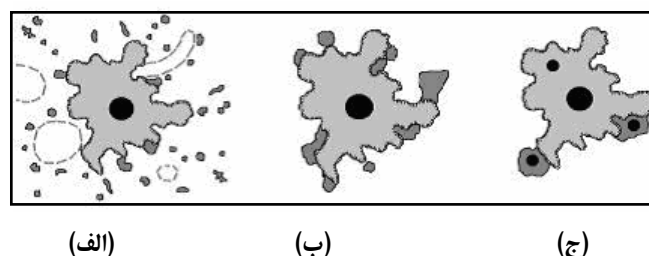
1. Average Nearest Neighbor Distance
2. Spontaneous
3. Self-Organizing
4. Agglomerated
5. Sequential
6. Cellular Automata

مدل، فرایند توسعه اراضی شهری به چهار مرحله تقسیم می‌شود؛ که مرحله اول آن رشد خودبه‌خودی است و دو مرحله بعدی آن تحت عناوین رشد منتشرشونده^۱ و رشد سازمانی^۲ درواقع بیان‌کننده فرایند خودسازمان‌ده هستند. المیدا (Almeida) و دیگران در سال ۲۰۰۲ مدلی را با نام DINAMICA برای شبیه‌سازی تغییرات کاربری‌های مختلف در شهر بورو در ایالت سائوپائولو برزیل ارائه کردند که در آن از دو فرایند گسترش‌دهنده^۳ و قطعه‌کننده^۴ استفاده گردید. فرایند اول در مرز نقاط توسعه‌یافته رخ می‌دهد و فرایند دوم منجر به تولید اراضی توسعه‌یافته کوچک جداگانه می‌گردد. شکل ۱ به صورت شماتیک دو فرایند توسعه خودسازمان‌ده (الف) و توسعه خودبه‌خودی (ب) را در دو زمان T1 و T2 نمایش می‌دهد.



شکل ۱. الف) فرایند توسعه خودسازمان‌ده، ب) فرایند توسعه خودبه‌خودی

همان‌طور که مشاهده می‌شود، فرایند رشد خودسازمان‌ده شکل متمرکزتری در مقایسه با فرایند رشد خودبه‌خودی دارد. توسعه به دو شکل فوق منجر به تولید الگوهای کلی توسعه می‌گردد که نمونه‌هایی از آن را مارشال در سال ۲۰۰۵ ارائه کرده است (شکل ۲).



شکل ۲. سه مدل از الگوهای توسعه

منبع: Marshal, 2005

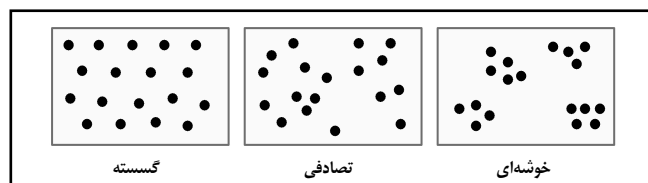
1. Diffusive
2. Organic
3. Expander
4. Patcher

سه الگوی توسعه فوق را می‌توان براساس دو فرایند اصلی اشاره شده مورد بررسی قرار داد. در مدل (الف) فرایند خودبه‌خودی دارای غلبه بیشتری است، لذا توسعه به‌صورت هسته‌های کوچک و پراکنده رخ داده است. در مدل‌های (ب) و (ج) فرایند خودسازمان‌ده دارای غلبه بیشتری است، لذا شکل توسعه به سمت خوشه‌ای شدن (هسته‌های متمرکز بزرگ‌تر) پیش رفته است؛ گرچه شروع توسعه در این مناطق نیز می‌توانست الگوی خودبه‌خودی داشته باشد. با توجه به تعریف فرایند خودسازمان‌ده که اساس آن بر رخداد توسعه در نزدیک‌ترین مکانی است که قبلاً توسعه در آن مکان رخ داده است، می‌توان گفت هرچه توسعه در فواصل نزدیک‌تر متمرکزتر باشد، احتمال اینکه فرایند خودسازمان‌ده در توسعه مؤثر باشد بیشتر است. در اینجا اهمیت ارزیابی تمرکز بر مبنای فاصله‌های مختلف مشخص می‌گردد.

موضوع اصلی در شناسایی میزان تمرکز توسعه، به‌دست آوردن شاخصی است که براساس آن میزان تمرکز یا پراکندگی اراضی توسعه‌یافته در فواصل (مقیاس‌های) مختلف و همچنین به‌طور کلی، به‌صورت کمی مشخص گردد. این اقدام با استفاده از تابع K در GIS انجام‌پذیر خواهد بود.

تحلیل الگوی توزیع نقاط

شکل ۳ توزیع نقاط را در سه حالت خوشه‌ای، تصادفی و پراکنده نشان می‌دهد. در حالت پراکنده، نقاط حداکثر فاصله ممکن را از هم دارند و حالت تصادفی نیز بین این دو حالت قرار می‌گیرد (شکل ۳).



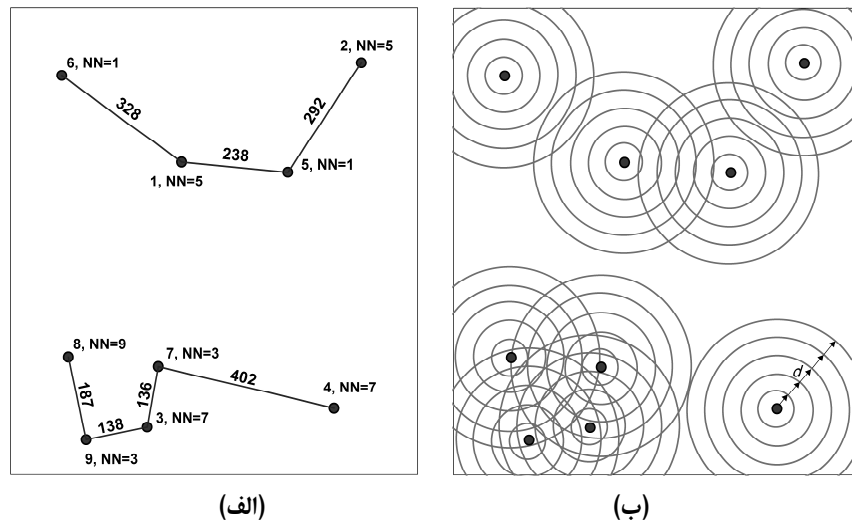
شکل ۳. حالت‌های سه‌گانه توزیع نقاط

به‌طور کلی تحلیل‌های شناخت الگوی توزیع نقاط به دو رده جداگانه یک و دو تقسیم می‌گردد. در رده یک بر موقعیت نقاط به تنهایی تأکید می‌گردد، در صورتی که در رده دو موقعیت نقاط نسبت به یکدیگر نیز مد نظر قرار می‌گیرد. توابعی مانند تراکم^۱ در رده یک و توابعی نظیر میانگین نزدیک‌ترین همسایه و یا تابع K در رده دو قرار می‌گیرند.

تابع محاسبه‌کننده میانگین نزدیک‌ترین همسایه را شاید بتوان ساده‌ترین توابع رده دو نامید. در این تابع برای تمام نقاط موجود در منطقه مورد مطالعه، فاصله هر نقطه با نزدیک‌ترین همسایه آن محاسبه می‌گردد و مجموع این فواصل بر تعداد نقاط تقسیم می‌شود. چنانچه فاصله هر نقطه p_i با نزدیک‌ترین همسایه‌اش را $d_{\min p_i}$ بنامیم آنگاه رابطه تابع فوق بدین شکل خواهد بود:

$$\text{میانگین نزدیک‌ترین همسایه} = \frac{\sum_{i=1}^n d_{\min p_i}}{n} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن n برابر تعداد نقاط موجود در منطقه مورد مطالعه است (شکل ۴-الف).



شکل ۴. الف) محاسبه فاصله نزدیک‌ترین همسایه، ب) مبنای محاسبه تابع K

از معایب این تابع، دور ریختن مقادیر زیادی از اطلاعات مرتبط با الگو است (O'Sullivan & Unwin, 2002, 89)، زیرا خروجی این تابع تنها یک عدد خواهد بود و قضاوتی کلی را در خصوص پراکندگی نقاط در منطقه مورد مطالعه ارائه می‌دهد.

تابع Ripley's K بر پایه شمارش نقاط موجود در تمامی فواصل موجود میان نقاط قرار دارد، در نتیجه مانند حالت قبل از حداقل فاصله استفاده نمی‌شود. همان‌طور که در شکل (۴-ب) مشاهده می‌شود، کلاس‌های فاصله از قبل تعیین شده و به‌صورت حریم‌هایی در اطراف هریک از نقاط ترسیم شده است. شمارش تعداد نقاطی که در هریک از حریم‌ها قرار می‌گیرد، مبنای محاسبه تابع Ripley's K خواهد بود. این تابع را برای اولین بار ریپلی (۱۹۸۱، ۱۹۷۶) براساس رابطه ۲ تعریف کرد.

$$K(d) = \frac{A}{N^2} \sum_i \sum_j w_{ij}^{-1} I(d_{ij}) \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن $K(d)$ مقدار تابع K در فاصله d است و اگر فاصله نقطه i تا j کمتر از مقدار d باشد $I(d_{ij})=1$ خواهد بود و در غیر این صورت $I(d_{ij})=0$ است. A مساحت منطقه و N تعداد کل نقاط موجود در منطقه مورد مطالعه است. W_i نیز در صورتی که تصحیحات لبه‌ای انجام نشود، برابر یک فرض می‌شود. در مراجع و نرم‌افزارهای مختلف از جمله ArcGIS، SPLANCS و Crimestat غالباً به تابع K تبدیل‌یافته^۱ و $L(d)$ اشاره شده است. از این تابع برای شناخت بهتر الگوی توزیع نقاط در مقابل توزیع تصادفی و تسهیل در ترسیم نمودارها استفاده می‌گردد و به‌صورت رابطه ۳ تعریف می‌شود (Mitchell, 2005, 99):

$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_i \sum_j I(d_{ij})}{\pi N(N-1)}} \quad (\text{رابطه ۳})$$

تعریف تابع K تبدیل یافته به شکل رابطه ۳ نیازمند ارائه بحث ریاضی است. چنانچه توزیع N نقطه را در منطقه مورد مطالعه به مساحت A به صورت تصادفی در نظر بگیریم، آن گاه تعداد نقاط موجود در دایره (حریم) به شعاع d برای یک نقطه به نسبت مساحت دایره به مساحت کل منطقه و بدون احتساب خود نقطه خواهد بود؛ در نتیجه:

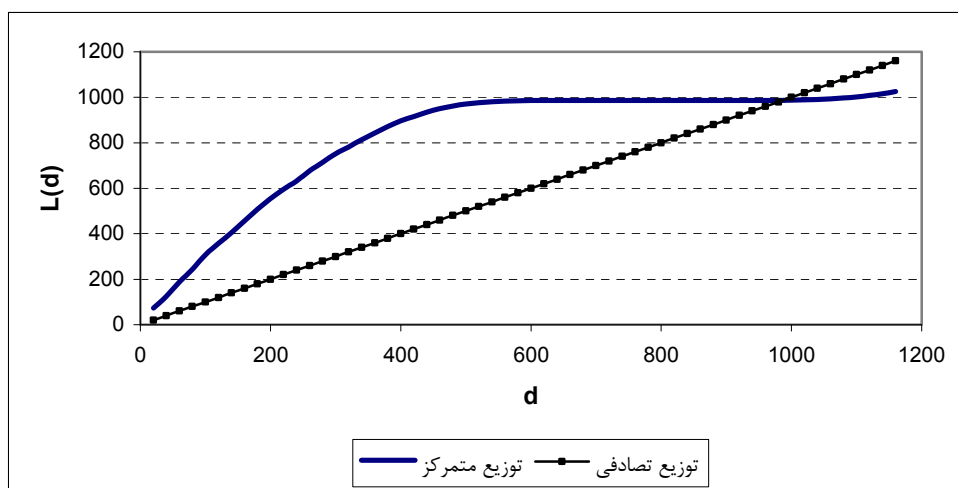
$$(R=d) = \frac{(N-1)\pi d^2}{A} \quad (\text{رابطه ۴})$$

آنگاه مجموع نقاط موجود در شعاع d برای تمام N نقطه موجود در منطقه یعنی $(\sum_i \sum_j I(d_{ij}))$ برابر خواهد بود با:

$$\frac{N(N-1)\pi d^2}{A} \quad \text{در نتیجه:}$$

$$L(d) = \sqrt{\frac{AN(N-1)\pi d^2}{A\pi N(N-1)}} = d \quad (\text{رابطه ۵})$$

پس می توان گفت چنانچه مقادیر $L(d)$ در فواصل مختلف برای نقاط با توزیع تصادفی محاسبه شود، آنگاه در تمامی فواصل مقدار $L(d)=d$ خواهد بود. در نتیجه می توان چنین بیان کرد که اگر نمودار مقادیر $L(d)$ برای هر توزیع دلخواه از نقاط ترسیم گردد، آنگاه شاخص مقایسه توزیع فعلی نقاط با توزیع تصادفی، خط $L(d)=d$ خواهد بود. چنانچه مقادیر $L(d)$ بیشتر از d باشد، آنگاه توزیع نقاط به سمت خوشه ای شدن میل خواهد کرد و چنانچه کمتر از آن باشد به سمت توزیع گسسته متمایل خواهد بود (شکل ۵). در اکثر مراجع و نرم افزارها منظور از تابع $Ripley's K$ همان تابع $L(d)$ است. لذا در ادامه مقاله هرگاه به تابع K اشاره می گردد منظور تابع K تبدیل یافته است.



شکل ۵. مقایسه مقادیر تابع K تبدیل یافته در دو حالت متمرکز و تصادفی

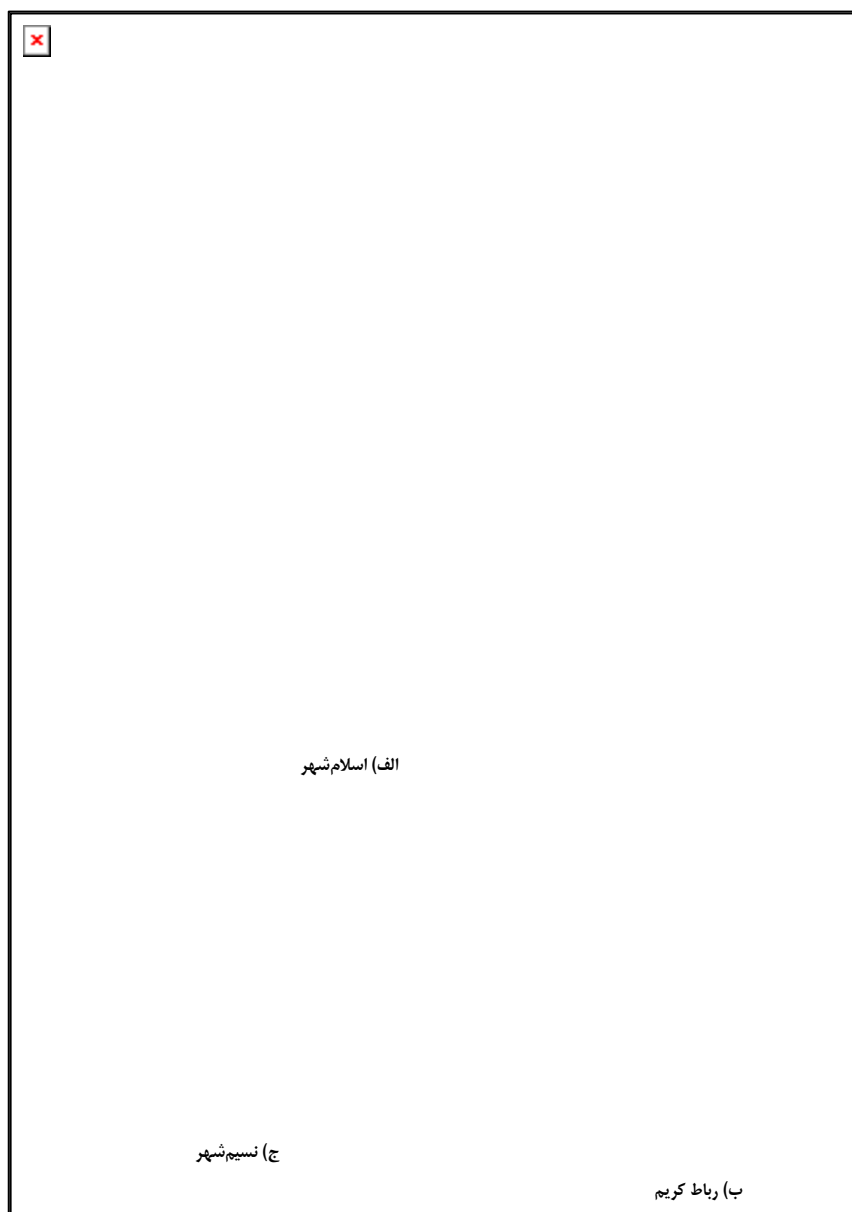
یکی از معایبی که همواره در تابع K به آن اشاره می‌شود، نقاط موجود در نزدیکی مرز منطقه مورد مطالعه و به‌وجود آمدن تأثیرات لبه‌ای^۱ است. به دلیل اینکه قسمتی از مساحت دوایر با شعاع d برای نقاط مرزی در خارج از منطقه مورد مطالعه قرار می‌گیرند، تعداد کمتری از نقاط در داخل محدوده دایره واقع خواهند شد و باعث افت شدید مقدار تابع K می‌گردد. مطمئن‌ترین روش برای حذف تأثیرات لبه‌ای، شبیه‌سازی توزیع تصادفی نقاط نمونه و مقایسه نتایج حاصل از آن با توزیع نقاط به‌صورت فعلی است. این نوع شبیه‌سازی را اصطلاحاً شبیه‌سازی مونت کارلو^۲ می‌نامند. در این شبیه‌سازی با توجه به سطح اطمینان موردنظر مثلاً ۰/۹، ۰/۹۹ و ۰/۹۹۹ به ترتیب ۹، ۹۹ و ۹۹۹ بار شبیه‌سازی صورت می‌گیرد (نقاط نمونه به‌صورت تصادفی توزیع می‌گردند). سپس ماکزیمم و مینیمم مقادیر به‌دست آمده از تابع K برای این شبیه‌سازی‌ها انتخاب می‌گردد و به‌عنوان بازه اطمینان در نظر گرفته می‌شود. آنگاه مقادیر تابع K برای نقاط واقعی موجود در منطقه مورد مطالعه نیز محاسبه می‌شود و چنانچه مقادیر به‌دست آمده در فواصل مختلف d بیشتر از مقادیر ماکزیمم تابع K حاصل از توزیع تصادفی در همان فواصل باشد، با سطح اطمینان مشخص می‌توان گفت که توزیع نقاط به سمت خوشه‌ای شدن میل کرده است و در صورت پایین‌تر بودن از مقادیر مینیمم نیز نقاط توزیع گسسته (پراکنده) خواهد بود.

پیشینه تحقیق

تاکنون از تابع K در موضوعات مختلفی استفاده شده است، از جمله برومن و دیگران در سال ۲۰۰۶ برای بررسی میزان تمرکز نوعی بیماری چشمی در کودکان قبل و بعد از درمان در روستاهای کشور تانزانیا، برین آستین و دیگران در سال ۲۰۰۵ برای ارزیابی تراکم رستوران‌ها در اطراف مدارس شهر شیکاگو و همچنین سوئی و هوگیل در سال ۲۰۰۲ برای یافتن رابطه‌ای میان توزیع مکانی رأی‌دهندگان و نتایج آرای به‌دست آمده در ایالت تگزاس آمریکا از آن بهره‌جسته‌اند. در مباحث اکولوژیک نیز اسکارپ و دیگران در سال ۱۹۸۷ برای بررسی الگوی توزیع مکانی درختان جنگل‌های گرمسیری و استرنر در سال ۱۹۹۱ برای بررسی الگوی توزیع درختچه‌های بیابانی از تابع K بهره‌گرفته‌اند. در پژوهش حاضر برای اولین بار از تابع K برای تعریف شاخصی به‌منظور ارزیابی میزان تمرکز توسعه اراضی شهری استفاده شده است.

منطقه مورد مطالعه

با توجه به رشد فراوان اراضی شهری در حومه جنوب غرب تهران، محدوده شهرهای اسلام‌شهر، رباط‌کریم و نسیم‌شهر به‌طور جداگانه به‌عنوان مناطق مورد مطالعه این تحقیق انتخاب گردیدند و میزان توسعه اراضی شهری در این محدوده‌ها در دو دوره زمانی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۵ و ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۱ مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۶ مناطق مورد مطالعه و مناطق توسعه‌یافته استخراج‌شده در دو دوره زمانی را نمایش می‌دهد.



شکل ۶. نقشه مناطق مورد مطالعه و اراضی توسعه یافته

روش تحقیق

داده‌ها

نقاط نمونه و منطقه مورد مطالعه از ورودی‌های مهم تابع K به‌شمار می‌آیند. بنابراین با توجه به اینکه قرار است از تابع K برای مدل‌سازی توسعه اراضی شهری استفاده شود، لذا نقاط نمونه نیز می‌بایست بر همین اساس استخراج گردد. لذا اراضی شهری توسعه یافته به صورت بصری و با دقت پیکسل از تصاویر ماهواره‌ای استخراج گردید. جدول ۱ مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده را نشان می‌دهد.

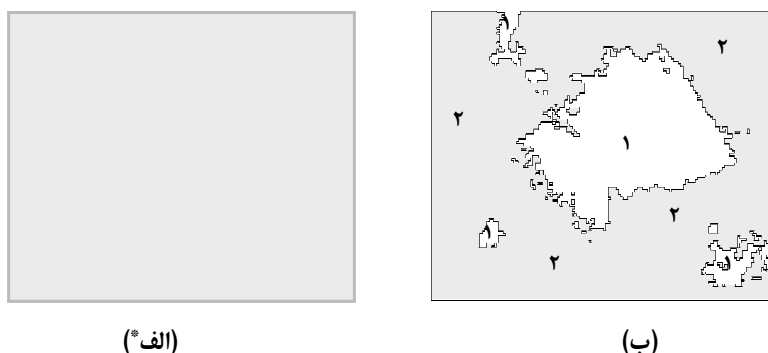
جدول ۱. منابع داده (تصاویر ماهواره‌ای) مورد استفاده

تاریخ دریافت تصویر	نوع تصویر ماهواره‌ای
۱۳۷۱/۴/۰۷	SPOT-2
۱۳۷۵/۳/۳۰	SPOT-3
۱۳۸۱/۴/۲۲	SPOT-4 و ETM+ (فیوز شده)

سپس لایه توسعه اراضی شهری به صورت نقطه‌ای برای سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۱ استخراج شد، که هر نقطه نماینده یک پیکسل توسعه یافته ۲۰ در ۲۰ متر بود. در شکل ۷ به عنوان نمونه، شیوه استخراج نقاط توسعه یافته مربوط به دوره زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۵ در اطراف شهرستان نسیم شهر مشاهده می‌شود، که به عنوان نقاط ورودی تابع K به شمار خواهند آمد.

شکل ۷. تبدیل پیکسل‌های توسعه یافته به نقاط، به منظور استفاده در تابع K

در مورد محدوده مورد مطالعه برای هر شهر باید توجه داشت که این محدوده می‌بایست نشان‌دهنده مناطقی باشد که نقاط نمونه (نقاط توسعه یافته) امکان توزیع در آن مناطق را داشته باشند. در نتیجه، محدوده منطقه برای هر دوره تا جایی خواهد بود که توسعه در اطراف شهر مورد نظر در آن دوره رخ داده باشد. البته تعیین این حد بستگی به نظر محقق دارد که چه محدوده‌ای را برای ارزیابی فرایند توسعه مدنظر دارد. اختلاف در تعیین حدود، ممکن است منجر به اختلاف در نتایج به دست آمده نیز بشود، زیرا با توجه به رابطه (۳) مساحت منطقه نقشی مهم در ارزیابی تمرکز توسعه دارد. از سوی دیگر، پس از تعیین حد^۱ منطقه، می‌بایست مناطق توسعه یافته مربوط به دوره‌های قبل از کل منطقه حذف گردد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که تابع K به طور کلاسیک برای مناطق به شکل مربع یا مستطیل شکل تعریف شده است. این درحالی است که با توجه به ماهیت مطالعه الگوی توسعه، منطقه مورد مطالعه به شکل ساده نخواهد بود (شکل ۸).



شکل ۸. محدوده مورد مطالعه (نسیم شهر)

الف) کلاسیک، ب) پیچیده

(۱). مناطق توسعه یافته قبلی، ۲. مناطقی که امکان توسعه در آنها وجود دارد)
 * محدوده مورد مطالعه کلاسیک در تابع K به صورت یک مستطیل ساده است، زیرا نمونه‌ها در تمام سطح آن امکان وقوع خواهند داشت.

ارزیابی میزان تمرکز

همان‌طور که پیش‌تر اشاره گردید، وجود تأثیرات لبه‌ای باعث می‌گردد که رابطه $L(d)=d$ برای نقاط با توزیع تصادفی - به‌ویژه برای فواصل بزرگ - برقرار نباشد، به‌طوری‌که به‌عنوان نمونه، مقادیر تابع K در فاصله ۱۳۰۰ متری در سال ۱۳۷۵ برای شهرستان اسلام‌شهر ۱۱۹۰ و برای نسیم شهر ۹۳۰ است، در حالی‌که در حالت ایده‌آل هردوی این مقادیر باید برابر ۱۳۰۰ باشد. لذا برای قضاوت صحیح و مقایسه تمرکز توسعه در مناطق مختلف مورد مطالعه باید شاخصی نسبی برای مقایسه توزیع واقعی و توزیع تصادفی نقاط تعریف کرد که اساس آن مقایسه توزیع تصادفی نقاط با واقعیت موجود باشد.

چنانچه $Ls(d)$ را ماکزیمم مقدار تابع K در فاصله معین d در بین شبیه‌سازی‌های تصادفی انجام شده - در این تحقیق شبیه‌سازی تصادفی ۹ مرتبه انجام شد - و $Lo(d)$ را مقدار تابع K برای توزیع مشاهده‌شده (واقعی) نقاط در فاصله d در نظر بگیریم، آنگاه شاخص $\Delta L(d)$ که بیانگر میزان تمرکز توسعه در فاصله مشخص d است، به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Delta L(d) = Lo(d) - Ls(d) \quad (\text{رابطه ۶})$$

رابطه (۶) برای هر محدوده و برای هر فاصله به‌طور جداگانه محاسبه می‌گردد. هرچه شاخص فوق بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده تمرکز بیشتر نقاط توسعه یافته است، و نزدیک‌تر بودن به عدد صفر نشان‌دهنده شباهت نقاط توسعه یافته به توزیع تصادفی است. مقادیر منفی نیز بیانگر توزیع گسسته نقاط است - که البته با توجه به ماهیت توسعه اراضی مسکونی، معمولاً چنین موردی رخ نمی‌دهد. در پژوهش حاضر، مقادیر $Lo(d)$ تا نصف بزرگ‌ترین طول هر محدوده و با بازه‌های ۲۰ متری (برای نسیم شهر و رباط کریم) و ۴۰ متری (برای اسلام‌شهر) محاسبه گردید.

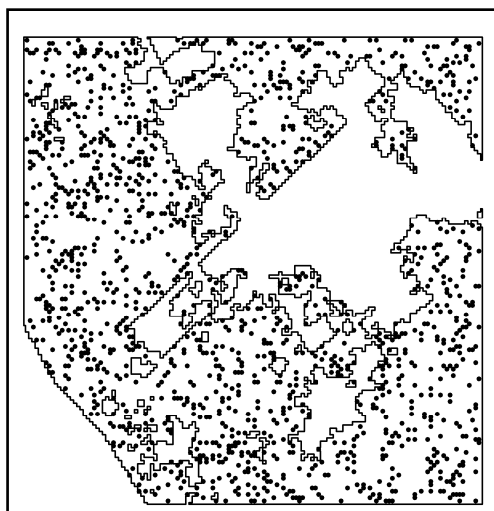
درنهایت، شاخص $\bar{I}_c$ را می‌توان مطابق رابطه (۷) به‌عنوان شاخصی کلی برای ارزیابی میزان تمرکز برآیند توسعه در کل منطقه مورد مطالعه برای هر محدوده شهری تعریف کرد.

$$\bar{I}_c = \frac{\sum \Delta L(d)}{n} \quad (\text{رابطه ۷})$$

که در آن n تعداد بازه‌های در نظر گرفته شده برای اجرای تابع K است. بزرگ‌تر بودن مقدار $\bar{I}_c$ در مجموع نشان از تمرکز بیشتر توسعه در منطقه مورد مطالعه دارد.

در پژوهش حاضر برای محاسبه تابع Ripley's K از نرم‌افزار ArcGIS 9.2 استفاده شد. این نرم‌افزار قابلیت انجام شبیه‌سازی مونت کارلو (ساختن تصادفی نقاط در منطقه مورد مطالعه) را نیز دارد.

تابع K برای نقاط توسعه‌یافته در دو سال ۱۳۷۵ و ۱۳۸۱ برای محدوده هر سه شهر اجرا گردید. همچنین توزیع تصادفی نقاط برای هر شهر در منطقه مورد مطالعه، به تعداد ۹ بار برای رسیدن به ضریب اطمینان ۹۰ درصد شبیه‌سازی گردید و تابع K برای هریک از شبیه‌سازی‌های تصادفی انجام‌شده اجرا شد و به ازای هر فاصله (d) ، مقدار ماکزیمم تابع K انتخاب شد. شکل ۹ نمونه‌ای از شبیه‌سازی توزیع تصادفی نقاط را در محدوده شهرستان رباط کریم نمایش داده است. درنهایت شاخص‌های $L(d)$ ، $Ls(d)$ و $\bar{I}_c$ برای هر منطقه به‌طور جداگانه محاسبه شد.

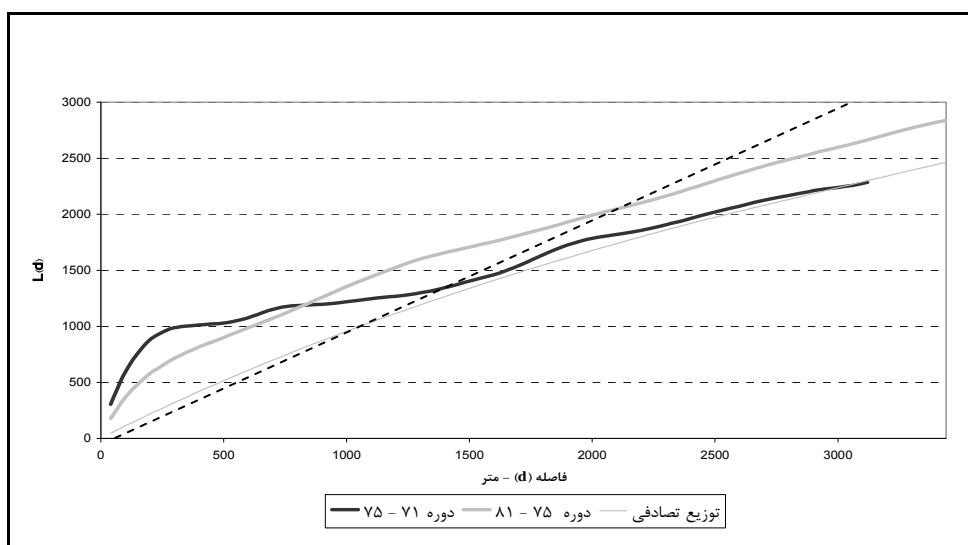


شکل ۹. نمونه‌ای از شبیه‌سازی مونت کارلو برای شهرستان رباط کریم

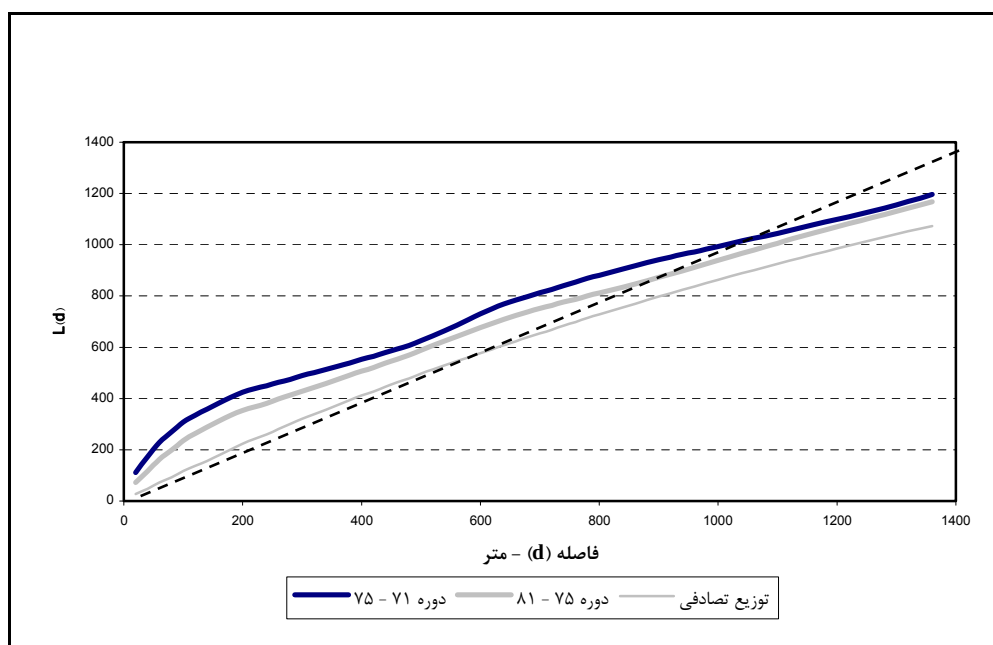
یافته‌های تحقیق

نمودار $L(d)$

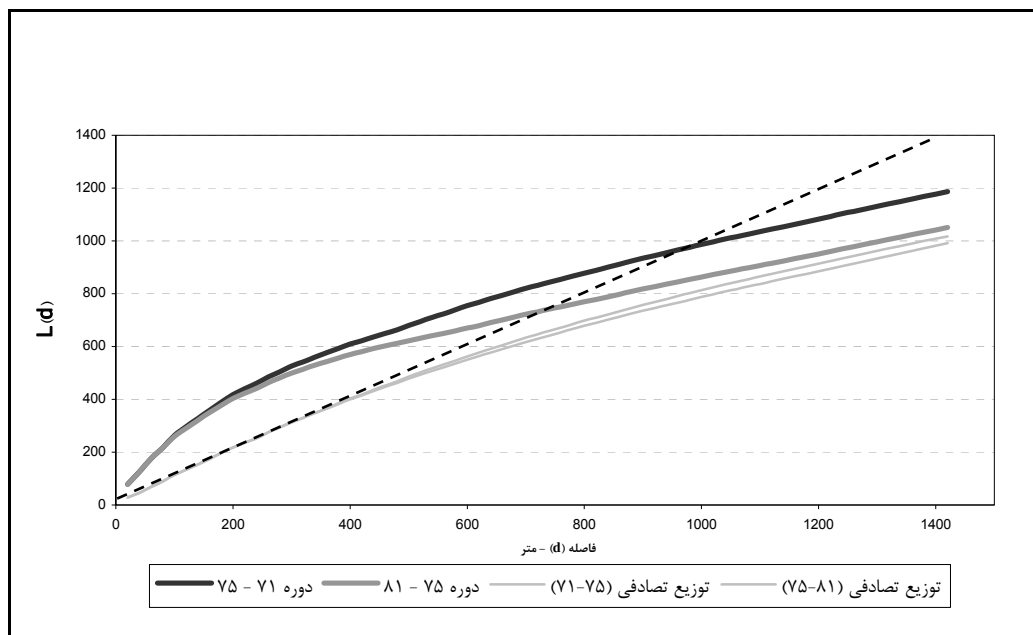
شکل‌های ۱۰ تا ۱۲ نمودار حاصل از اعمال تابع $L(d)$ را بر روی نقاط مشاهده‌شده (توسعه‌یافته) در محدوده اسلام‌شهر در دو دوره و همچنین مقایسه آن را با توزیع تصادفی نقاط ارائه می‌دهد. ضمن اینکه نمودار $L(d)=d$ نیز به‌صورت خط‌چین ترسیم گردیده است.



شکل ۱۰. نمودار مقادیر تابع $L(d)$ - اسلامشهر



شکل ۱۱. نمودار مقادیر تابع $L(d)$ - رباط کریم



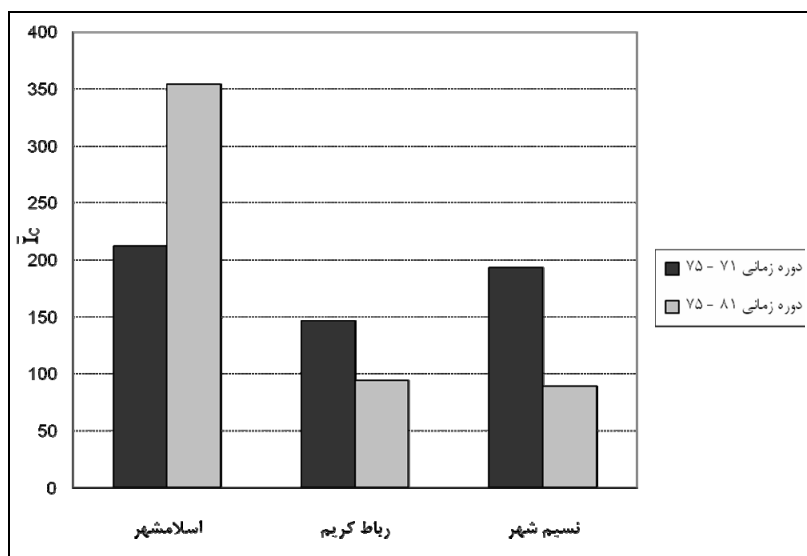
شکل ۱۲. نمودار مقادیر تابع $L(d)$ - نسیم شهر

شاخص $\bar{I}_c$

در نهایت شاخص $\bar{I}_c$ نیز به عنوان شاخصی جهت ارزیابی کلی میزان تمرکز برای تمام مناطق محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۲ و شکل ۱۳ ارائه گردیده است:

جدول ۲. مقادیر شاخص $\bar{I}_c$

دوره زمانی ۱۳۷۵-۱۳۸۱	دوره زمانی ۱۳۷۱-۱۳۷۵	
۳۵۴/۲	۲۱۲/۳	اسلام شهر
۹۳/۸	۱۴۶/۱	رباط کریم
۸۹/۲	۱۹۳/۱	نسیم شهر



شکل ۱۳. نمودار ستونی مقادیر $\bar{I}_c$

نتیجه‌گیری

در بررسی کلی مشخص می‌گردد که در تمامی مناطق، مقادیر تابع $L(d)$ نقاط توسعه‌یافته نسبت به مقادیر تابع $L(d)$ حاصل از توزیع تصادفی نقاط، اختلاف فراوانی دارد که نشان‌دهنده غیرتصادفی بودن فرایند توسعه است.

با توجه به اینکه خط $L(d)=d$ (نمودار تصادفی نقاط در حالت ایده‌آل) به علت تأثیرات لبه‌ای اختلاف شدیدی نسبت به مقادیر $L(d)$ حاصل از شبیه‌سازی واقعی نقاط به صورت تصادفی در منطقه مطالعاتی دارد و مانند حالت ایده‌آل نمی‌توان آن را مبنای قضاوت در مورد چگونگی توزیع نقاط قرارداد، لذا با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو، مقادیر $L(d)$ برای توزیع تصادفی نقاط به طور جداگانه در هر منطقه محاسبه گردید.

در این ارزیابی مشخص گردید که توسعه اراضی شهری در محدوده شهرستان رباط کریم (شکل ۱۱) در دوره زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۵ در کلیه فواصل، متمرکزتر از دوره زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۱ است (مقادیر $L(d)$ بالاتر است). در محدوده شهرستان نسیم شهر (شکل ۱۲)، وضعیت فرایند توسعه در فواصل کوتاه از نظر میزان تمرکز تا حدودی یکسان است، اما در فواصل بیشتر، میزان پراکندگی توسعه در دوره زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۱ افزایش می‌یابد، که نشان می‌دهد در مقیاس فرامحلی میزان تمرکز کاهش یافته است. در محدوده شهرستان اسلامشهر (شکل ۱۰) نیز توسعه تا فاصله ۸۰۰ متری در دوره زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۵ مترکم‌تر از دوره بعدی است. به طور کلی هرچه میزان تمرکز در فواصل نزدیک‌تر بالاتر باشد، به طور نسبی می‌توان گفت که فرایند خودسازمان‌ده در آن منطقه دارای غلبه بیشتری است. اما در فواصل بیش از ۸۰۰ متر چنین برداشت می‌شود که توسعه در دوره ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۱ مترکم‌تر از دوره قبل خود بوده است؛ که با توجه به شکل توزیع نقاط نکته درخور اهمیتی است، زیرا مشخص می‌کند که در مجموع تمرکز هسته‌های جداگانه توسعه شهری در دوره دوم بیشتر از دوره اول بوده است.

همچنین براساس جدول ۲ و شکل ۱۳، مشخص می‌گردد که تمرکز توسعه به طور کلی در دوره زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۱ در هر دو محدوده نسیم شهر و رباط کریم کاهش یافته است. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که فرایند توسعه در

محدوده تعیین شده در تحقیق حاضر برای این دو شهر به سمت پراکندگی بیشتر در مقابل تمرکز بیشتر، پیش رفته است. اما در محدوده شهرستان اسلامشهر، تمرکز توسعه در مجموع بالاتر از دوره قبل خود بوده است. در مجموع می توان گفت که تابع $Ripley's k$ برآورد مناسبی را از میزان تمرکز توسعه اراضی مسکونی در فواصل مختلف و همچنین به صورت کلی ارائه می دهد که می تواند راهنمای پژوهشگران برای ارزیابی گونه های مختلف فرایند توسعه باشد.

منابع

- Almeida, C.M., Pennachin, C.L., Monterio, A.M.V., Câmara, G., Soares-Filho, B.S., Cerqueira, G.C. & Batty, M., 2002, **Stochastic Cellular Automata Modeling of Urban Land Use Dynamics: Computers, Environment and Urban Systems**.
- Audirac I., Shermeyen A.H., Smith M. T., 1990, **Ideal Urban Form and Visions of the Good Life**, Journal of American Planning Association, 56, 470-482.
- Broman, A.T., Shum, K., Munoz, B., Duncan, D., & West, Sh. K., 2006, **Spatial Clustering of Ocular Chlamydial Infection over Time following Treatment, among Households in a Village in Tanzania**, Investigative Ophthalmology and Visual Science, 47: 99-104.
- Bryn, Austin, S., Melly, S.J., Sanchez, B.N., Patel, A., Buka, S. & Gortmaker, L.S., 2005, **Clustering of Fast-Food Restaurants Around Schools: A Novel Application of Spatial Statistics to the Study of Food Environments**, American Journal of Public Health, Vol. 95, No. 9.
- Cheng, J., 2003a, **Modelling Spatial and Temporal Urban Growth**, UPLA, Enschede, NL, ITC: 203.
- Clarke, K.C., Hoppen, S. & Gaydos, L., 1997, **A Self-modifying Cellular Automaton Model of Historical Urbanization in the San Francisco Bay area: Environment and Planning B**, 24, 247-261
- De Smith, M.J. , Goodchild, M.F. & Longley, P. A., 2007, **Geospatial Analysis**, Matador, Leicester, UK.
- Marshall, S., 2005, **Urban Pattern Specification**, Institute of Community Studies, London.
- Mitchell, A., 2005, **The ESRI Guide to GIS Analysis**, Volume 2: Spatial Measurements and Statistics, ESRI Press, Red Lands, CA, USA.
- O'Sullivan, D. & Unwin, D.J., 2003, **Geographic Information Analysis**, J. Wiley, New Jersey.
- Ripley, B.D., 1976, **The Second-order Analysis of Stationary Point Processes**, Journal of Applied Probability, 13:255-266.
- Ripley, B.D., 1981, **Spatial Statistics**, J. Wiley, New York.
- Skarpe, C., 1991, **Spatial Patterns and Dynamics of Woody Vegetation in an Arid Savanna**, J. Veg. Sci., 2: 565-572.
- Sterner, R.W., Ribic, C.A. & Schatz, G.E., 1986, **Testing for Life Historical Changes in Spatial Patterns of Four Tropical Tree Species**, J. Ecol., 74: 621-633.

- Sui, D.Z. & Hugill P.J., 2002, **A GIS-based Spatial Analysis on Neighborhood Effects and Voter Turn-out: A Case Study in College Station, Texas**, Political Geography 21 (2002) 159–173.
- Wu, F., 2000, **A Parameterised Urban Cellular Model Combining Spontaneous and Self-Organising Growth**, Geocomputation: Innovation in GIS 7. P.A. A. D. Martin. London, Taylor & Francis: London: pp. 73-85.
- Wu, F., 2002, **Calibration of Stochastic Cellular Automata: The Application to Rural-Urban Land Conversions: Int**, J. geographical information science, 16(8): 795–818.