

## سنجش گستردگی شهری و تأثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از RS و GIS، نمونه موردی: شهر کرج طی دوره ۱۳۶۳-۱۳۹۱

تاریخ دریافت: ۹۲/۵/۱۲

تاریخ پذیرش نهایی: ۹۲/۱۲/۱۰

ابوالفضل مشکینی\* - اصغر تیموری\*\*

### چکیده

رشد شتابان شهرنشینی طی چهار دهه اخیر سبب شده است که فضای فیزیکی- کالبدی شهرها گسترش یافته و زمین‌های پیرامونی خود را که اغلب اراضی کشاورزی مرغوب و باغات می‌باشند را از بین ببرد و در بافت و کالبد خود قرار دهند. گسترش تدریجی کالبد شهر به پیرامون و دست‌اندازی شهر به اراضی کشاورزی و باغات، محدودیت‌ها و زیان‌های زیست‌محیطی خاص خود را تحمیل می‌کند. با توجه به اینکه ارزیابی روند گستردگی شهری و آگاهی از الگوهای تغییرات کاربری اراضی و به‌کارگیری نتایج آن در برنامه‌ریزی‌های آینده شهر ضروری می‌باشد، بنابراین ارزیابی اصولی را در این زمینه می‌طلبد که در این تحقیق سعی شده است این کار انجام پذیرد. روش پژوهش توصیفی- تحلیلی بوده و با به‌کارگیری تکنیک‌های به‌روز و کارآمد، گستردگی فضایی کلانشهر کرج مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته است. اطلاعات موردنیاز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و استفاده از اسناد و مدارک، همین‌طور پیمایش‌های میدانی از محدوده مورد مطالعه گردآوری شده است. طبق نتایج حاصله از بررسی تصاویر ماهواره‌ای طبقه‌بندی‌شده مساحت اراضی ساخته‌شده کلانشهر کرج از ۴۹۰۴ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۱۱۳۰۵ هکتار در سال ۱۳۹۱ رسیده است. با این روند رشد طبق پیش‌بینی‌های صورت گرفته بر اساس مدل تلفیقی زنجیره‌های مارکوف و سلول‌های خودکار مساحت اراضی ساخته‌شده تا سال ۱۴۰۱ به ۱۲۹۵۴ هکتار خواهد رسید. نتایج حاصل از بررسی گستردگی شهری کرج با مدل هلدن نشان می‌دهد که عامل جمعیت بیشترین تأثیر را در طی ۲۸ سال گذشته در گسترش فیزیکی شهر کرج داشته است. به طوری که نقش عامل رشد بی‌قواره شهری را خنثی کرده است. همچنین مقدار آنتروپی شانون این شهر که به مقدار حداکثر نزدیک بوده، نشان از رشد بی‌قواره این شهر در مقطع زمانی مورد مطالعه دارد. عواملی چون رشد طبیعی جمعیت به همراه مهاجرت و تبدیل شدن شهر کرج از شهرکی به شهری صنعتی و خدماتی چنین، رشد شتابانی را به این شهر داده است.

**واژگان کلیدی:** سنجش، گستردگی شهری، کلانشهر کرج، تصاویر ماهواره‌ای، آنتروپی شانون.

\* استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

Email: Meshkini@modares.ac.ir

\*\* کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

## مقدمه

با اینکه شهرها در گذشته شاخص‌ها و معیارهای مطلوب توسعه و تمدن را در آغوش خود پروراندند و بارور کرده‌اند، ولی امروزه با افزایش انفجاری جمعیت بر خلاف توسعه و مدنیت گام بر می‌دارند و با گسترش فضایی ناهنجار به ضرر زیرساخت‌های اکولوژیک عمل می‌کنند (Nazarian, 2008, p. 18). در دهه‌های اخیر افزایش سریع جمعیت مشخصه اصلی اغلب شهرهای بزرگ به ویژه کلان‌شهرها می‌باشد. از مهم‌ترین دلایل رشد سریع این‌گونه شهرها، تمرکز خدمات، صنایع و تسهیلات در آن‌ها بوده که منجر به مهاجری پذیری شدید شده است، افزایش جمعیت به نوبه خود باعث توسعه فیزیکی و کالبدی بدون برنامه و لجام گسیخته کلان‌شهرها و شهرهای بزرگ می‌شود (Mohamadi, 2009, pp. 59-60) & (Karam). توسعه فیزیکی شهری به عبارتی دیگر گستردگی شهری عبارت از گستردگی مصرف زمین است که اغلب بدون توجه به اراضی اطراف حادث می‌شود. گستردگی، کاربری اراضی متداول را به نفع توسعه‌های مسکونی و تجاری تکه‌پاره می‌کند، که معمولاً با دسترسی ضعیف به خدمات مرتبط از قبیل مسکن، حمل‌ونقل و خدمات عمومی مشخص می‌شود. گستردگی به مفهوم تکه‌پاره شدن و کنترل غیرمتمرکز بر کاربری اراضی محلی است (Shirkalae, 2008, p. 16). در ایران یکی از مسائل در تمام شهرها، رشد شهرنشینی و به تبع آن گسترش شاخک‌های خزنده شهری بر اراضی پیراشهری است که پیامدهایی چون؛ حاشیه‌نشینی، نابودی اراضی کشاورزی، افزایش جمعیت شهرها، عدم امکان پاسخگویی برخی از خدمات و کاربری‌ها در شهر، گسستگی بافت‌های فیزیکی، مشکلات زیست‌محیطی، خصوصاً آلودگی و نابه‌سامانی سیمای شهری داشته است (Hosseinzadeh & Houshyar, 2006, p. 213). امروزه با فراگیر شدن اثرات گسترش افقی شهرها، پراکنده رویی در اکثر کشورهای جهان با ماهیت و شاخص‌های متفاوتی به کار برده می‌شود و به دلیل اینکه هر یک از کشورها، ویژگی‌ها و زمینه‌های متفاوتی دارند، پراکنده رویی نیز در آن‌ها دلایل و نتایج متفاوتی را به همراه دارد (Zebardast & Habibi, 2009, p. 116). کرج بزرگ که از پیوستن محدوده‌های سه شهرداری کرج، مهرشهر و رجایی شهر و افزودن مناطق فردیس و میان‌جاده به آن شکل گرفته، پس از تهران سریع‌ترین آهنگ رشد را داشته و حتی باعث به وجود آمدن کانون‌های جمعیتی متعددی در حوزه استحفاظی خود، مانند کمالشهر، ماهدشت، محمدشهر و مشکین‌دشت شده است (Bavand Consultants, 2002, p. 3). با توجه به نرخ رشد بالای جمعیت، به ویژه در اثر مهاجرت و به تبع آن گسترش فیزیکی سریع آن، انتظاری رود تا شهر با پیامدهای منفی و نامطلوبی مانند تغییر زمین‌های کشاورزی به کاربری ساخته‌شده و از بین رفتن اراضی کشاورزی مرغوب این منطقه روبه‌رو شود. با توجه به اینکه ارزیابی روند گستردگی شهری و آگاهی از الگوهای تغییرات کاربری اراضی و به‌کارگیری نتایج آن در برنامه‌ریزی‌های آینده شهر ضروری می‌باشد، بنابراین ارزیابی اصولی را در این زمینه می‌طلبید که در این تحقیق سعی شده است این کار انجام پذیرد. در سال‌های اخیر تکنیک‌های مختلفی برای ارزیابی گستردگی شهری و تأثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی به کار گرفته شده است که به‌روزترین آن‌ها استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. در این تحقیق این تکنیک‌ها به کار گرفته شده است. با توجه به موارد ذکر شده در این پژوهش، رسیدن به اهداف زیر مدنظر قرار گرفته است:

- ارزیابی روند گستردگی شهری و تأثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه
- بررسی مهم‌ترین عوامل مؤثر در گستردگی شهری منطقه مورد مطالعه
- پیش‌بینی گستردگی شهری و کمک به برنامه‌ریزی الگوی بهینه کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه
- ارائه پیشنهادات اصولی در رابطه با توسعه فیزیکی پایدار شهر

## ۱. پیشینه تحقیق

تحقیقات متعددی در زمینه‌ی ارزیابی گستردگی شهری و تأثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شده است. که در جدول ۱ نمونه‌ای از تحقیقات در این زمینه به اختصار بیان شده است.

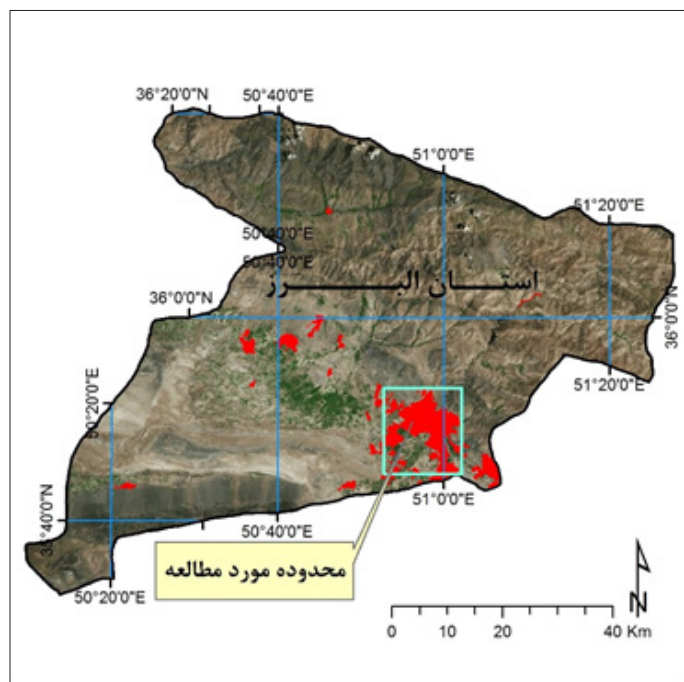
جدول ۱: نمونه‌ای از تحقیقات خارجی و داخلی در زمینه گستردگی شهری و تأثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی

هدف	عنوان	نویسنده (نویسندگان)	
استخراج تغییرات کاربری اراضی شهری در اثر گسترش شهر	ارزیابی گستردگی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی: حیدرآباد هند	Wakode et al., 2013	تحقیقات خارجی
برآورد میزان کمی رشد شهری و کمک به برنامه‌ریزان در استفاده از زمین‌های شهری	کمی سازی میزان رشد و پویایی شهر در شهر گوانژو با استفاده از سنجش از دور	Sun et al., 2013	
ارزیابی پراکنش شهر، نظارت بر استفاده از زمین شهری، ارزیابی تغییرات کاربری اراضی، پیش‌بینی گسترش شهر در آینده	بررسی گستردگی شهری و تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی نمونه موردی: شهر بونسوار <sup>۱</sup>	Mishra, 2012	
تحلیل الگوهای پراکنش شهر و ارناسی <sup>۲</sup> هند و تحلیل تغییرات کاربری‌ها به اراضی ساخته‌شده	بازنمایی گستردگی شهری و شناسایی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی	Ohri, 2012	تحقیقات داخلی
فرا بینی و دیده بانی رشد شهری در شهر اردبیل در چهار دهه گذشته و کمی سازی درجه آزادی رشد شهری، درجه گسترش افقی بی‌رویه شهری و درجه رشد خوب شهری	آنالیز زمانی _ مکانی گسترش فیزیکی و رشد اسپرال شهری با استفاده از داده‌ای چند زمانه سنجش از راه دور و مدل‌های آماری، مطالعه موردی: شهر اردبیل	Masoumi, 2011	
استخراج میزان تغییرات کاربری اراضی در نتیجه گسترش افقی شهر و پیش‌بینی تغییرات آتی	ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در نواحی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی شهر زنجان	Reveshty, 2011	
محاسبه میزان تغییرات کاربری و پوشش اراضی با تأکید بر گستردگی شهری اصفهان	کشف و بازایی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی	Rabiei et al., 2006	

## ۲. محدوده و قلمرو پژوهش

محدوده مورد مطالعه شامل محدوده خدماتی کلان‌شهر کرج با مساحت ۱۷۰ کیلومتر مربع در مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی در استان البرز و شهرستان کرج واقع شده است. این محدوده به لحاظ طبیعی با ارتفاع متوسط ۱۳۲۱ متر از سطح دریا شامل بخش‌هایی از ارتفاعات جنوبی البرز و دشت کرج می‌باشد. در شکل ۱ موقعیت محدوده مورد مطالعه در سطح کشور ارائه شده است.

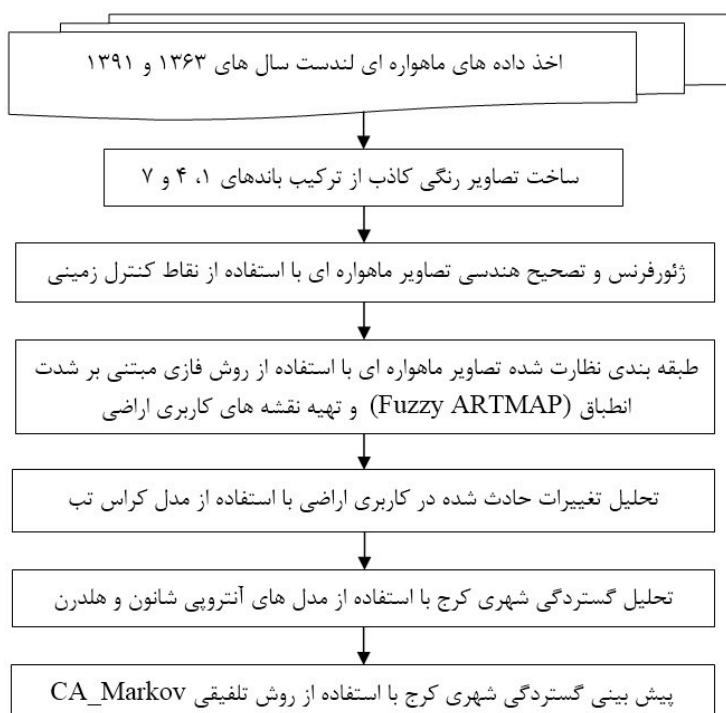
شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان البرز



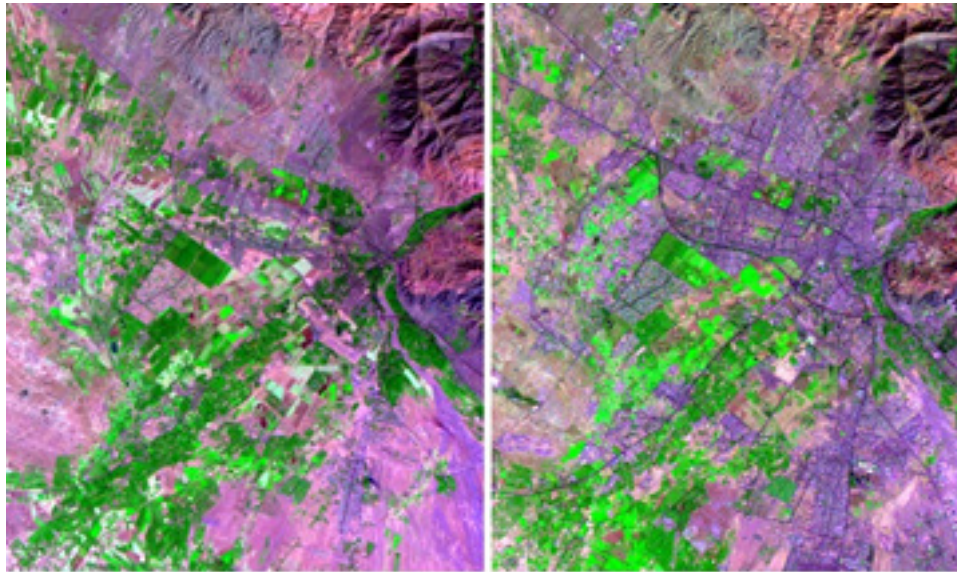
### ۳. مواد و روش‌ها

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۱ منطقه مورد مطالعه استفاده شده است و با روش طبقه‌بندی نظارت شده فازی مبتنی بر شدت انطباق طبقه‌بندی شده و با استفاده از مدل کراس تب<sup>۳</sup>، میزان تغییرات انواع کاربری اراضی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. برای ارزیابی گسترش شهری کرج از مدل هلدن و مدل آنتروپی شانون بهره گرفته شده و در نهایت برای پیش‌بینی گسترده‌تری شهری برای ۱۰ سال آینده، از روش تلفیقی زنجیره‌های مارکوف و سلول‌های خودکار استفاده شده است. فلوجارت در شکل ۲ و تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در این تحقیق در شکل ۳ ارائه شده است.

شکل ۲: فلوجارت تحقیق



## شکل ۳: تصاویر ماهواره‌ای لندست منطقه مورد مطالعه



Karaj City Area- Landsat5- 1984

Karaj City Area- Landsat7- 2012

## ۴. چارچوب نظری تحقیق

اصطلاح پراکنش یا گسترش افقی بی‌رویه شهر که از آن به پراکنده‌رویی شهری یاد می‌شود، امروزه به یکی از بحث برانگیزترین مباحث شهری جهان تبدیل شده است. با توجه به اینکه اکثر شهرهای ایران در چند دهه اخیر این پدیده نامطلوب شهری را تجربه کرده‌اند، تحقیقات زیادی در زمینه این موضوع انجام شده است. این اصطلاح به معانی مختلفی از جمله گسترش افقی شهر، پراکندگی شهری، پراکنش شهری، رشد بی‌رویه و غیره ترجمه شده است (Zanganeh, 2012, p. 174). بسیاری از مردم گستردگی شهری را به عنوان توسعه آشفته و نامرتب حومه‌های شهری می‌دانند، فرهنگ و بستر گستردگی شهری را به عنوان گسترش و توسعه نامنظم تعریف می‌کند (Staley, 1998, p. 5). در مورد پیامدهای مثبت و منفی گستردگی شهری دو دیدگاه وجود دارد: اول دیدگاه مثبت، که گستردگی را عامل ایجاد مزایای اجتماعی می‌دانند و دیدگاه دوم که منفی است گستردگی را عامل افزایش هزینه‌های اجتماعی می‌دانند. به عقیده گروه دوم گستردگی باعث ایجاد هزینه‌های فراوان اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی فراوانی برای ساکنین در محدوده شهری می‌شود (Shirkalae, 2008, p. 27). دو عامل اصلی رقابت کننده در تبیین علل گستردگی شهری وجود دارد: ۱- تقاضای فراوان برای زمین‌های شهری؛ به عبارتی نیروهای جاذبه خانوارها و شرکت‌های عمومی و خصوصی برای استفاده از زمین‌های ارزان اطراف، همچنین عوامل مهمی از قبیل ماشین، میزان درآمد، ثروت و مقایسه هزینه‌های دسترسی و هزینه‌ها برای ساخت و سازها عمل می‌کند. ۲- بیشتر گستردگی‌ها معلول الگو و روش‌ها و سیاست‌های دولت است. به عبارتی کمک‌های مالی عظیم عمومی برای کم تراکم کردن شهر. همچنین تأمین نیازهای عمومی و زیرساخت‌ها مورد نیاز ساکنین حومه که باعث تقویت هرچه بیشتر گستردگی شهری در حومه‌ها می‌شود (Siedentop & Fina, 2010, pp. 23-35). در کشور ما نیز تا زمانی که الگوی رشد شهرها ارگانیک بوده و عوامل درون‌زا و محلی تعیین‌کننده رشد شهری باشند، زمین شهری نیز کفایت کاربری‌های سنتی شهری را دارا بوده و حسب شرایط اقتصادی اجتماعی و امنیتی شهر، فضای شهر را به طور ارگانیک سامان داده است. لیکن از زمانی که مبنای توسعه و گسترش شهرها ماهیتی برون‌زا به خود گرفت و درآمدهای حاصل از نفت در اقتصاد شهری تزریق شد و شهرهای مادر نظام اقتصاد جهانی جای گرفتند سرمایه‌گذاری در زمین شهری تشدید و این نقطه‌ضعف اصلی، بازار خصوصی بدون برنامه زمین، الگوی توسعه بسیاری از شهرهای ایران را دیکته کرده است. این امر باعث نابه‌سامانی بازار زمین شهری و به ویژه بلااستفاده ماندن بخش وسیعی از اراضی داخل محدوده و در نتیجه عارضه منفی گسترش افقی شهرها شده است (Taghvaei & Saraei, 2006, p. 135).



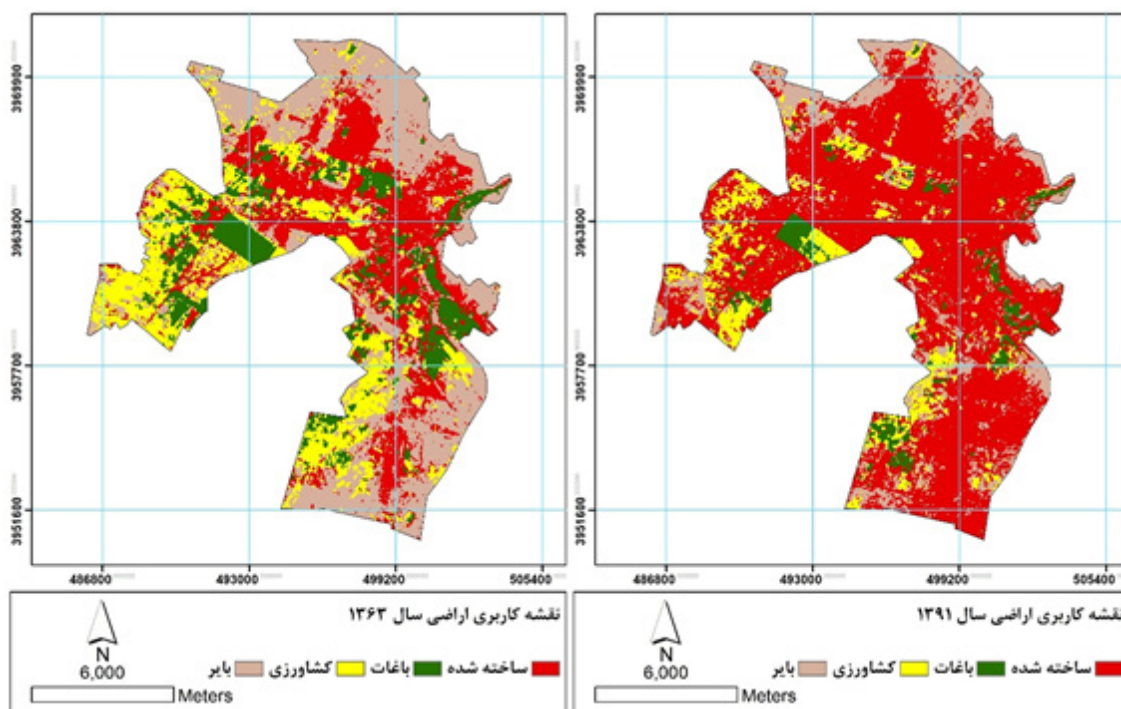
### ۵. طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی

طبق بررسی‌های صورت گرفته بر اساس طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در مقطع زمانی ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۱، مساحت ساخته‌شده شهر کرج از ۴۹۰۴/۳۷ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۱۱۳۰۵/۶۲ هکتار در سال ۱۳۹۱ رسیده است که افزایشی دو و نیم برابری را داشته است. گسترش شتابان این شهر در طی ۲۸ سال سبب از بین رفتن زمین‌های مرغوب کشاورزی و باغی پیرامون شهر شده است. در جدول ۲ مساحت هر یک از کاربری‌ها بیان شده است. همچنین در شکل ۴ نقشه‌های طبقه‌بندی شده کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۱ ارائه شده است.

جدول ۲: مساحت کاربری‌های اراضی در دوره مورد مطالعه

کاربری اراضی	سال ۱۳۶۳	سال ۱۳۹۱
ساخته‌شده	۴۹۰۴/۳۷	۱۱۳۰۵/۶۲
باغات	۲۳۳۰/۰۱	۸۸۲/۴۵
کشاورزی	۳۵۴۶/۹۹	۱۷۳۶/۱۰
اراضی بایر	۶۲۹۷/۷۵	۳۱۵۴/۹۵
مجموع	۱۷۰۷۹/۱۲	۱۷۰۷۹/۱۲

شکل ۴: نقشه کاربری اراضی شهر کرج در سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۱



### ۶. تحلیل تغییرات ایجادشده در کاربری اراضی

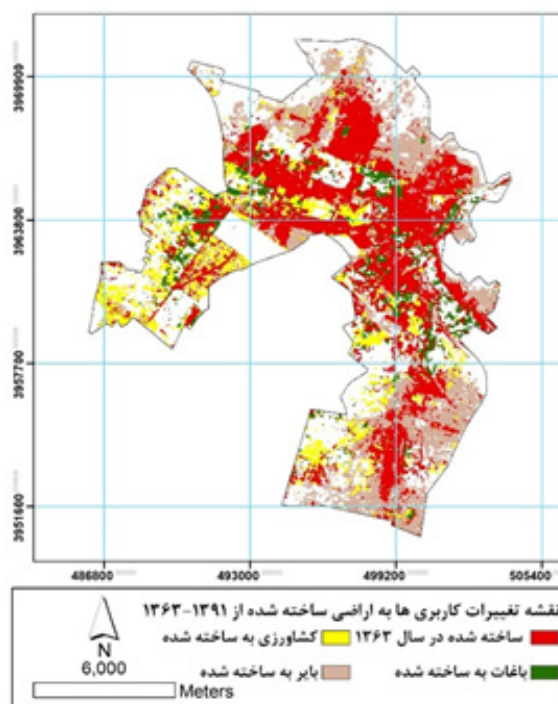
جهت پی بردن به تغییرات ایجادشده در مقطع زمانی مورد مطالعه، تصاویر طبقه‌بندی شده مورد مقایسه قرار گرفتند. برای بررسی و تحلیل دقیق تغییرات روی داده در منطقه مورد مطالعه، از روش کراس تب استفاده شده است. نتیجه بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی به صورت یک جدول ماتریسی که ستون‌های آن نشان‌دهنده تصویر طبقه‌بندی شده سال ۳۶۳ و ردیف‌های آن نشان‌دهنده تصویر طبقه‌بندی شده سال ۱۳۹۱ می‌باشد که در جدول ۳ بیان شده است. در این

روش هم شناسایی پیکسل‌هایی که در بین دو تاریخ تصویربرداری تغییر یافته‌اند، امکان‌پذیر شده و هم می‌توان ماهیت تغییرات کاربری اراضی را مشخص کرد. طبق جدول ماتریسی می‌توان گفت که منطقه مورد مطالعه از لحاظ تغییر و دگرگونی کاربری‌ها در چهار دسته در طی مقطع زمانی مورد مطالعه چه مقدار تغییرات را داشته است. با توجه به اینکه در این تحقیق اثرات گستردگی شهری در تغییرات کاربری اراضی مدنظر است، فلذا در شکل ۵ نقشه تغییرات سایر کاربری‌ها به اراضی ساخته شده که در نتیجه گستردگی شهری روی داده ارائه شده است. در شکل ۶ نیز میزان افزایش و کاهش هر یک از کاربری‌ها در مقطع زمانی مورد مطالعه به هکتار ارائه شده است.

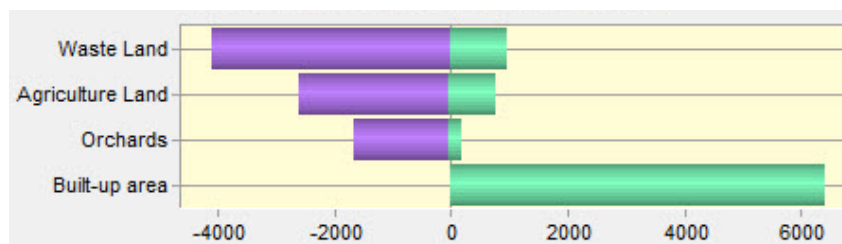
جدول ۳: تغییرات و تبدیلات کاربری اراضی از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۱ بر اساس مدل کراس تب

کاربری اراضی	ساخته شده	باغات	کشاورزی	بایر	جمع ۱۳۶۳
ساخته شده	۴۹۰۴/۳۷	۰	۰	۰	۴۹۰۴/۳۷
باغات	۹۲۸/۹۸	۶۷۰/۲۳	۴۶۶/۷۴	۲۶۴/۰۶	۲۳۳۰/۰۱
کشاورزی	۱۷۷۵/۱۸	۱۶۷/۶۷	۹۳۳/۶۶	۶۹۰/۴۸	۳۵۴۶/۹۹
بایر	۳۷۱۷/۰۹	۴۴/۵۵	۳۳۵/۷۰	۲۲۰۰/۴۱	۶۲۹۷/۷۵
جمع ۱۳۹۱	۱۱۳۰۵/۶۲	۸۸۲/۴۵	۱۷۳۶/۱۰	۳۱۵۴/۹۵	۱۷۰۷۹/۱۲

شکل ۵: نقشه تغییرات کاربری اراضی به اراضی ساخته شده از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۱



شکل ۶: افزایش و کاهش مساحت کاربری‌ها از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۱ به هکتار



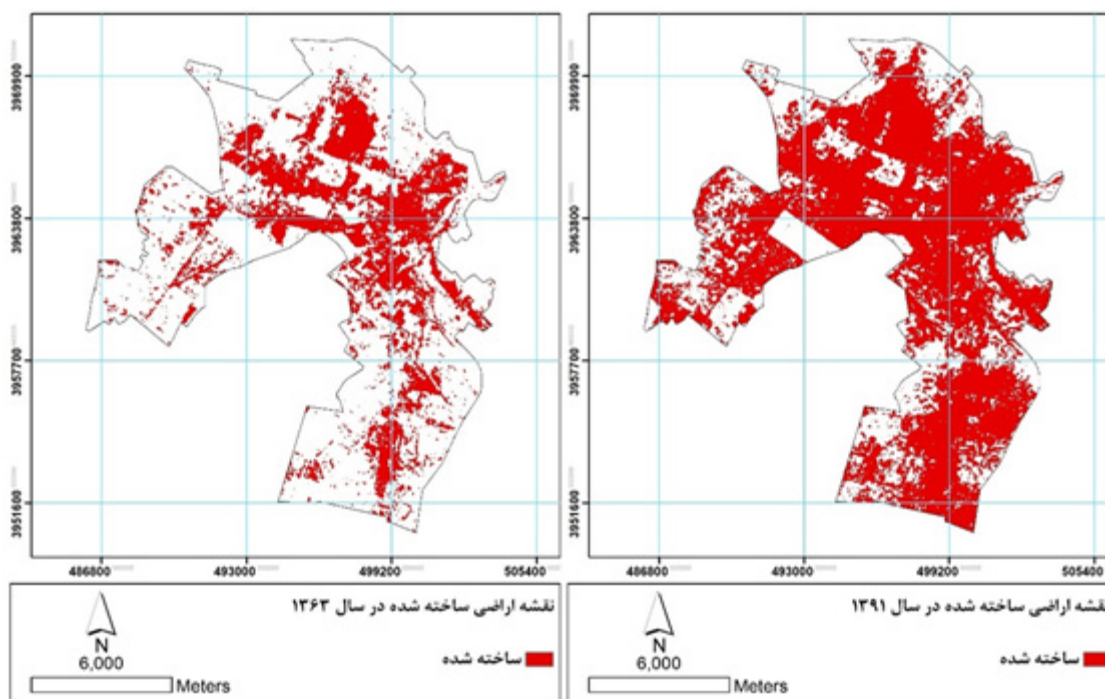
## ۷. تحلیل گستردگی شهری کرج

برای تحلیل گستردگی شهری کرج، نیاز به داده‌های جمعیتی و مساحت اراضی ساخته‌شده می‌باشد. داده‌های جمعیتی از مرکز آمار ایران و مساحت اراضی ساخته‌شده از طریق طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای تهیه شده است (جدول ۴). در شکل ۷ هم اراضی ساخته‌شده در دوره‌های مورد مطالعه ارائه شده است. با توجه به نزدیکی سال پایه و سال نهایی مورد بررسی به سال‌های سرشماری ۱۳۶۵ و ۱۳۹۰ لذا از آمار این دو دوره جهت تحلیل استفاده شده است.

جدول ۴: جمعیت و مساحت اراضی ساخته‌شده در مقطع زمانی مورد مطالعه

سال	جمعیت	سال	مساحت به هکتار
۱۳۶۵	۵۳۷۲۸۱	۱۳۶۳	۴۹۰۴/۳۷
۱۳۹۰	۱۶۱۴۶۲۶	۱۳۹۱	۱۱۳۰۵/۶۲

شکل ۷: نقشه اراضی ساخته‌شده سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۱



### ۷-۱- بررسی گستردگی شهری کرج بر اساس مدل هلدرن

یکی از روش‌های اساسی برای مشخص نمودن رشد بی‌قواره شهری، استفاده از روش هلدرن است. جان هلدرن در سال ۱۹۹۱ روشی را برای تعیین نسبت رشد افقی شهر و رشد جمعیت به کار برد. با استفاده از این روش می‌توان مشخص نمود که چه مقدار از رشد شهر ناشی از رشد جمعیت و چه مقدار ناشی از رشد بی‌قواره شهری بوده است (Beck et al., 2003, p.102). ساختار کلی مدل به این شرح است:

$$a = \frac{A}{P}$$

در این رابطه:  $a$  سرانه ناخالص برابر است با حاصل تقسیم مساحت زمین ( $A$ ) به مقدار جمعیت ( $P$ )





$$\text{Ln} = \left( \frac{\text{جمعیت دوره پایان}}{\text{جمعیت دوره آغاز}} \right) + \text{Ln} \left( \frac{\text{سرتانه ناخالص پایان دوره}}{\text{سرتانه ناخالص آغاز دوره}} \right) = \text{Ln} \left( \frac{\text{وسعت شهر در پایان دوره}}{\text{وسعت شهر در آغاز دوره}} \right)$$

$$\text{Ln} = \left( \frac{1614626}{537281} \right) + \text{Ln} \left( \frac{70.02}{91.28} \right) = \text{Ln} \left( \frac{11305.62}{4904.37} \right)$$

$$\text{Ln} = \text{Ln}(3.00518) + \text{Ln}(0.6296) = \text{Ln}(2.3052)$$

$$1.100337 + (-0.26515) = 0.835173$$

$$\left( \frac{1.100337}{0.835173} \right) + \left( \frac{-0.26515}{0.835173} \right) = \left( \frac{0.835173}{0.835173} \right)$$

$$131.7 + (-31.7) = 1$$

با توجه به نتایج حاصل از مدل هلدن ۱۰۰ درصد از رشد فیزیکی شهر کرج مربوط به عامل جمعیت و صفر درصد مربوط به رشد بی‌قواره شهری می‌باشد. علت منفی شدن اثر رشد بی‌قواره شهری، افزایش حدود ۴ برابری جمعیت این شهر در طول ۲۵ سال می‌باشد که باعث خنثی شدن اثر عامل رشد بی‌قواره شهری در رشد فیزیکی این شهر شده است.

## ۷-۲- بررسی گستردگی شهری کرج بر اساس مدل آنتروپی شانون

از این مدل برای تجزیه و تحلیل و تعیین مقدار پدیده رشد بی‌قواره شهری<sup>۴</sup> استفاده می‌شود. ساختار کلی مدل به شرح زیر است:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i * \text{Ln}(P_i)$$

در این رابطه:

H: مقدار آنتروپی شانون، Pi: نسبت مساحت ساخته‌شده (تراکم کلی مسکونی) منطقه i به کل مساحت ساخته‌شده مجموع مناطق و n: مجموع مناطق  
ارزش مقدار آنتروپی شانون از صفر تا Ln(n) مقدار صفر بیانگر توسعه فیزیکی خیلی متراکم (فشرده) شهر است در حالی که مقدار Ln(n) بیانگر توسعه فیزیکی پراکنده شهری است زمانی که ارزش آنتروپی از مقدار Ln(n) بیشتر شود رشد بی‌قواره شهری (اسپرال) اتفاق افتاده است (Sudhira et al., 2003, pp. 299-311).

جدول ۵: مقدار آنتروپی شانون مناطق شهری کرج و کل شهر در سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۱

مقدار آنتروپی شانون (H)		
سال	۱۳۶۳	۱۳۹۱
منطقه ۱	-۰/۲۲۹	-۰/۲۰۳
منطقه ۲	-۰/۲۷۴	-۰/۲۳۵
منطقه ۳	-۰/۲۳۴	-۰/۲۸۴
منطقه ۴	-۰/۲۴۳	-۰/۲۹۲
منطقه ۵	-۰/۲۵۹	-۰/۲۱۵
منطقه ۶	-۰/۱۶۱	-۰/۱۹۲
منطقه ۷	-۰/۲۳۹	-۰/۲۴۵
منطقه ۸	-۰/۱۶۴	-۰/۱۰۴
منطقه ۹	-۰/۲۰۱	-۰/۱۵۰
منطقه ۱۰	-۰/۲۶۲	-۰/۲۸۸
کل شهر	-۲/۲۶۴	-۲/۲۰۸

طبق جدول ۵ مقدار آنتروپی شهر کرج در سال ۱۳۶۳ برابر با ۲/۲۶۴- بوده است، درحالی که ارزش  $\ln(10)=2.302$  است. نزدیک بودن مقدار آنتروپی به مقدار حداکثر نشانگر رشد پراکنده توسعه فیزیکی شهری است. این مقدار در سال ۱۳۹۱، برابر ۲/۲۰۸- بوده است که نشان می‌دهد طی ۲۸ سال گذشته گستردگی شهری کرج به صورت پراکنده و غیر متراکم بوده است.

## ۸. پیش‌بینی گستردگی شهری و تغییرات کاربری اراضی

روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی وجود دارد. در تحقیق حاضر برای پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری اراضی برای افق زمانی سال ۱۴۰۱، از روش زنجیره‌های مارکوف و روش سلول‌های خودکار استفاده شده است.

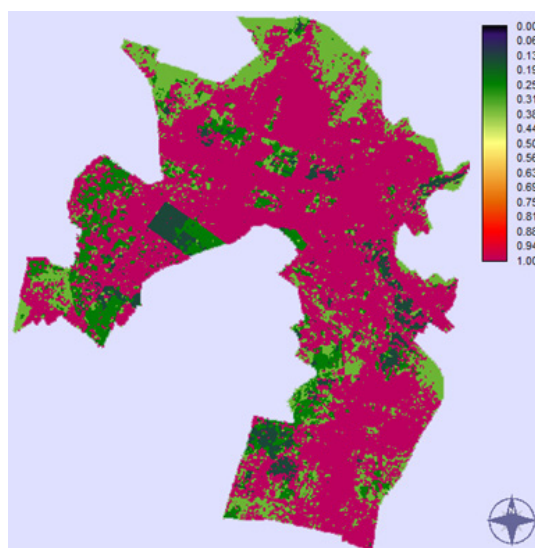
### ۸-۱- پیش‌بینی بر اساس مدل زنجیره‌های مارکوف

با توجه به این که روش زنجیره‌های مارکوف یک روش ریاضی و احتمالاتی می‌باشد. تا حدود زیادی روند تغییراتی که در این تحقیق در چهار دوره متوالی به آن پرداخته شده است، به پیش‌بینی تغییرات برای مقاطع زمانی بعد می‌توان پرداخت. زنجیره‌های مارکوف کاربردهای گسترده‌ای در مدل کردن تغییرات کاربری و پوشش اراضی برای مناطق شهری و غیرشهری داشته‌اند. در این مدل همواره از دو نقشه رستری استفاده می‌شود که ورودی‌های مدل نامیده می‌شود. علاوه بر این دو نقشه، فاصله زمانی بین دو تصویر و فاصله زمانی پیش‌بینی نیز در مدل در نظر گرفته می‌شود. خروجی مدل نیز شامل احتمالات تبدیل وضعیت، ماتریس مساحت‌های تبدیل شده هر کلاس و در نهایت تصاویر احتمالی شرطی برای تبدیل کاربری‌های مختلف است (Mousivand et al., 2007, pp. 5-6). بر اساس نتایج مدل زنجیره‌های مارکوف بیش‌ترین احتمال تغییر از سایر کاربری‌ها به اراضی ساخته‌شده، اراضی بایر و اراضی کشاورزی به ترتیب با احتمال ۲۳/۸۶ و ۲۳/۸۶ درصد و کمترین آن مربوط به باغات با احتمال ۱۳/۹۷ درصد می‌باشد. جزئیات تغییرات احتمالی تغییر کاربری‌ها بر اساس مدل زنجیره‌های مارکوف در جدول ۶ بیان شده است و شکل ۸ نقشه احتمال تغییرات کاربری اراضی به اراضی ساخته‌شده را تا سال ۱۴۰۱ نشان می‌دهد.

جدول ۶: احتمال تغییرات کاربری اراضی تا سال ۱۴۰۱ بر اساس مدل زنجیره‌های مارکوف

کاربری اراضی	ساخته‌شده	باغات	کشاورزی	بایر
ساخته‌شده	۱۰۰	۰	۰	۰
باغات	۱۳/۹۷	۴۹/۶۴	۲۷/۰۲	۹/۳۷
کشاورزی	۲۳/۸۶	۶/۳۸	۴۵	۲۴/۷۶
بایر	۳۵/۲۴	۰/۵۷	۶/۷۹	۵۷/۴۰

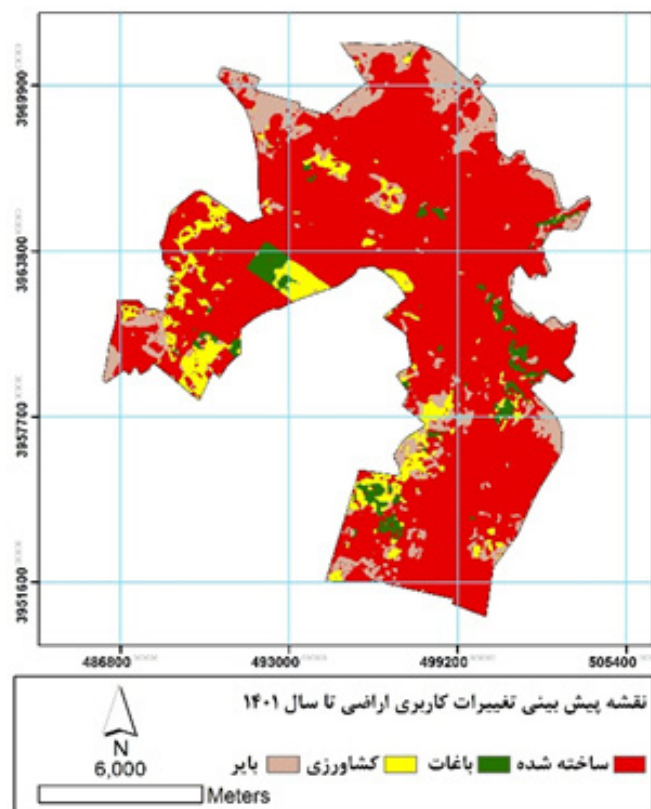
شکل ۸: نقشه احتمال تغییرات کاربری اراضی به اراضی ساخته‌شده تا سال ۱۴۰۱ بر اساس مدل زنجیره‌های مارکوف



## ۸-۲- پیش‌بینی بر اساس مدل سلول‌های خودکار

سلول‌های خودکار یک سیستم دینامیک و گسسته در مکان و زمان است که بر روی یک شبکه منظم از سلول‌ها عمل می‌کند. در این سیستم مقدار یا حالت هر سلول در طول زمان در قالب تابعی از مقادیر سلول‌های همسایه و مقدار خود سلول تغییر می‌کند. مسأله حائز اهمیت در این مدل این است که این تغییرات در قالب زمان و مکان فقط به شکل محلی تغییر می‌کنند و فقط سلول‌های مجاور هستند که در این تغییرات دخیل هستند (Keivanlou, 2012, p.4). شکل ۹ نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه را تا سال ۱۴۰۱ با استفاده از مدل سلول‌های خودکار نشان می‌دهد. در جدول ۷ مساحت کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه بر اساس پیش‌بینی مدل سلول‌های خودکار برای سال ۱۴۰۱ ارائه شده است.

شکل ۹: نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تا سال ۱۴۰۱ بر اساس مدل سلول‌های خودکار



جدول ۷: مساحت کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه بر اساس پیش‌بینی مدل سلول‌های خودکار تا سال ۱۴۰۱ (هکتار)

کاربری اراضی	ساخته شده	باغات	کشاورزی	بایر
مساحت	۱۲۹۵۴/۷۸	۵۶۷/۳۶	۱۲۳۳/۰۹	۲۳۲۳/۸۹

## ۹. نتیجه‌گیری

کلان‌شهرها به جهت ازدیاد جمعیت و همچنین تأثیرات متقابل فضایی و روابط عملکردی، همواره دگرگونی‌ها و تغییرات عمده‌ای را بر نواحی پیرامونی خود تحمیل می‌کنند. تخریب زمین‌های زراعی، نابودی فضاها، سبز، گسترش حاشیه‌نشینی و بالأخص تغییر کاربری اراضی حومه و نیز روستاهای حوزه نفوذ، از جمله آن‌ها است. شهر کرج تا سال ۱۳۴۵ سیمای یک باغ‌شهر را داشته است. لیکن با رشد مهاجرت و تخریب فضای سبز از سویی، و انتقال آب کشاورزی به تهران جهت مصرف و شرب شهروندان تهرانی، متروکه شدن نه‌رهایی که از رودخانه کرج به سمت غرب امتداد دارد، خشکیده شدن باغات به‌صورت عمدی غیرعمدی و سر برآوردن محله‌های جدید شهری به‌صورت منطبق با اصول شهرسازی، همچنین ساخت‌وساز غیراصولی در امتداد جاده مواصلاتی تهران به قزوین، منظومه‌های چندگانه پیرامون روستاهای پراکنده در حاشیه شهر کرج و اتصال این اقمار به یکدیگر شهر امروزی کرج را شکل داده‌اند. عوامل مساعدی را که زمینه‌ساز رشد شتابان شهر کرج بوده‌اند می‌توان به‌صورت زیر برشمرد:

- نزدیکی به مرکز سیاسی و اقتصادی کشور؛
  - کیفیت نسبتاً مناسب و تعداد راه‌های ارتباطی؛
  - موقعیت مکانی بر سر راه‌های ارتباطی مهم کشور با شمال و غرب؛
  - شکل‌گیری مهم‌ترین قطب صنعتی (و در نتیجه اشتغال) در امتداد محور تهران - کرج - قزوین؛
  - وضعیت اقلیمی و توپوگرافی مطلوب؛
  - قیمت‌های نسبتاً پایین تر املاک و اجاره نسبت به شهر تهران.
- پیشنهادهای اصولی که می‌تواند یاری‌رسان برنامه‌ریزان شهری کلانشهر کرج در رابطه با مدیریت گسترده‌ی شهری باشد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
- استفاده از اراضی بایر و خالی داخل شهر جهت مصارف شهری
  - هدایت جهت گسترش شهر به سمت زمین‌های بایر و رهاشده و جلوگیری از ساخت‌وساز در زمین‌های کشاورزی و باغی اطراف شهر
  - بلند مرتبه‌سازی و استفاده از الگوی رشد فشرده شهری
  - جلوگیری از افزایش بی‌رویه محدوده شهر
  - توجه به رویکرد رشد درونزای شهری به جای ایجاد شهرک‌های اقماری
  - بکارگیری رشد هوشمند شهری در زمینه مدیریت گسترش شهر

## پی‌نوشت

1. Bhubaneswar
2. Varanasi
3. Crosstab
4. Urban Sprawl Phenomenon



## References

- Bavand Consultants. (2002). *Revision of Great Karaj Detailed Plan*, The Organization of Housing and Urban Development of Tehran Province.
- Beck, R. H., Kolankiewicz, L. J., & Camarota, S. A. (2003). *Outsmarting Smart Growth: Population Growth, Immigration, and the Problem of Sprawl*. Center for Immigration Studies.
- Hosseinzadeh, D. K., & Houshyar, H. (2006). The Effective Elements and Viewpoints on the Physical Development of Cities in Iran. *Journal of Geography and Regional Development*, 4 (6), 213-226.
- Karam, A. & Mohamadi, A. (2009). Assessment & Zonation of Land Suitability for Physical Development of Karaj City & Suburbs Based on Natural Factors & Analytic Hierarchy Process (AHP) Method, *Journal of Physical Geography*, 1 (4), 59-74.
- Keivanlou, E. (2012). Modeling of Urban Land Use Using Cellular Automata Model; A Case of Isfahan, *The 4th Conference of Urban Management and Planning, Mashhad*.
- Masoumi, M. T. (2011). Analysis of Spatio-Temporal Urban Sprawl Using Multi-temporal Remote Sensing Data and Statistical Models; A Case of Ardebil City, *Journal of Encyclopedia (Geography)*, 82, 89-106.
- Mishra, M., Mishra, K. K., Subudhi, A. P., Phil, M., & Cuttack, O. (2011). *Urban Sprawl Mapping and Land Use Change Analysis Using Remote Sensing and GIS*. In Geospatial World Forum.
- Mousivand, A. J., Alimohammadi Sarab, A., & Shayan, S. (2007). *A New Approach of Predicting Land Use and Land Cover Changes by Satellite Imagery and Markov Chain Model; A Case of Tehran*, MSc Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
- Nazarian, A. (2009). *Dynamics of Iran's Urban System*. Publication of Mobtakeran, Tehran.
- Ohri, A. Poonam. (2012). Urban Sprawl Mapping and Land Use Change Detection Using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Remote Sensing and GIS*, 1(1), 12-25.
- Rabiei, H., Zeaiean, P., & Ali mohammadi, A. (2006). Detection of Land Use/Cover Changes of Isfahan by Agricultural Lands around Urban Area Using Remote Sensing and GIS Technologies. *Journal of Spatial Planning*, 9 (4), 45-54.
- Reveshty, M. A. (2011). The Assessment and Predicting of land Use Changes to Urban Area Using Multi-temporal Satellite Imagery and GIS: A Case Study on Zanjan, IRAN (1984-2011). *Journal of Geographic Information System*, 3(04), 298-305
- Shirkalae, A. (2008). *Measuring of Urban Expansion and its Impact on Land Use Change in Southern Shores of the Caspian Sea Using GIS*, MSc Thesis, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
- Siedentop, S., Fina, S. (2010). Monitoring Urban Sprawl in Germany: Towards a GIS-based Measurement and Assessment Approach. *Journal of Land Use Science*, 5(2), 73-104.
- Statistical Centre of Iran. (2011). *National Population and Housing Census*, Available at <http://www.amar.org.ir/english/Census-2011>.
- Sudhira, H. S., Ramachandra, T. V., Raj, K. S., & Jagadish, K. S. (2003). Urban Growth Analysis using Spatial and Temporal Data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 31(4), 299-311.
- Sun, C., Wu, Z. F., Lv, Z. Q., Yao, N., & Wei, J. B. (2013). Quantifying Different Types of Urban Growth and the Change Dynamic in Guangzhou using Multi-temporal Remote Sensing Data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo Information*, 21, 409-417.
- Taghvaei, M., & Saraei, M. H. (2006). Urban Sprawl and the Available Capacities of the Land in Yazd. *Journal of Geographical Researches*, 38 (2), 133-152.
- *United States Geological Survey*. (2012). Available at <http://glovis.usgs.gov>.
- Wakode, H. B., Baier, K., Jha, R., & Azzam, R. (2014). Analysis of Urban Growth using Landsat TM/ETM data and GIS—a case study of Hyderabad, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(1), 109-121.
- Zanganeh, S. S., Majidi, H. A., & Kaviani, A. (2012). Global Explanation of Effective Causes and Factors on Urban Sprawl. Case Study: Yazd. *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 12 (25), 173-193.
- Zebardast, E., & Habibi, S. (2009). Examining Sprawl and its Causes in Zanjan City. *HONAR-HA-YE-ZIBA (MEMARI-VA-SHAHRSAZI)*, 1(38), 115-123.