جغرافیا و توسعه شمارهٔ ۵۱ تابستان ۱۳۹۷
وصول مقاله: ۹۵/۱۰/۰۶
تأیید نهایی: ۹۶/۰۷/۱۹
صفحات : ۶۴-۴۳

مدل‌سازی رشد شهری با استفاده از روش رگرسیون لجستیک مبتنی بر مدل Geomod مطالعهٔ موردی: شهر کردکوی

دکتر کامران شایسته[۱]*، سحر عابدیان[۲]، سمیه گلدوی[۳]

چکیده

مدل‌سازی الگوی رشد شهری فنی مهم برای درک فرایندهای پیچیدهٔ رشد شهری است. تحقیق حاضر نیز درنظر دارد رشد شهری را برای شهر کردکوی از بُعد زمانی و توزیع مکانی، مدل‌سازی کند. بدین منظور، ابتدا با استفاده از تصاویر سری زمانی ماهوارهٔ لندست، نقشه‌های کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۴ طبقه‌بندی و سپس با بهره‌گیری از مدل رگرسیون لجستیک میزان تأثیر متغیّرهای مستقل در رابطه با گسترش شهری به‌صورت ضریب در معادلهٔ رگرسیون محاسبه شده و نقشهٔ پتانسیل گسترش شهری تولید شد. ارزیابی عملکرد رگرسیون لجستیک با استفاده از دو شاخص $Pseudo\ R^2$ و ROC با مقادیر به‌ترتیب ۰/۳۷ و ۰/۹۳، برای دورهٔ اول ۰/۳۱، ۰/۹۲ برای دورهٔ دوم و ۰/۳۹ و ۰/۹۳ برای کل دورهٔ مطالعاتی، نشانگر برازش خوب رگرسیون بوده است. درنهایت با استفاده از مدل ژئومد و با بهره‌گیری از نقشهٔ احتمال توسعهٔ شهری به‌وجود آمده، رشد شهری برای سال ۱۴۲۰ پیش‌بینی شد. نتایج حاصل نشان داد که در کل دورهٔ مورد بررسی، حدود ۳۳۳ هکتار به‌وسعت مناطق شهری و مسکونی افزوده شده است که اراضی کشاورزی و مناطق جنگلی به‌ترتیب با ۳۰۶ و ۲۷ هکتار تبدیل اراضی، بیشترین سهم را در افزایش وسعت اراضی شهری داشته‌اند. همچنین نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و پیش‌بینی پوشش اراضی نیز نشان داد که شهر کردکوی در سال ۱۳۹۴ مساحتی برابربا ۵۱۷ هکتار دارد که تا سال ۱۴۲۰ به‌حدود ۸۶۱ هکتار خواهد رسید. مطابق با نتایج، اقدامات مناسب برای کنترل تغییرات کاربری زمین به‌ویژه رشد شهر به‌منظور حفظ محیط‌زیست و تعادل اکولوژیکی منطقه نیاز است.

واژه‌های کلیدی: کاربری اراضی، مدل ژئومد، رگرسیون لجستیک، رشد شهری، نقشهٔ پتانسیل گسترش شهری.

۱- استادیار برنامه‌ریزی محیط زیست، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران* k.shayesteh@malayeru.ac.ir
۲- مدرس منابع طبیعی، دانشگاه پیام‌نور کرمان و دانشجوی دکتری آمایش محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران sahar.abedian@stu.malayeru.ac.ir
۳- دانشجوی دکتری آمایش محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران s.galdavi@gau.ac.ir

مقدمه

یکی از مخاطرات محیطی و بحران‌های اکولوژیکی که امروزه جهان با آن روبه‌رو است، پدیده تغییر کاربری اراضی می‌باشد. کاربری زمین را می‌توان شامل عمل یا هدفی دانست که زمین به‌منظوری خاص، توسط مردم محلی مورد استفاده قرار می‌گیرد و می‌تواند به‌عنوان بستری برای فعالیت‌های انسانی تعریف شود که به‌طور مستقیم با زمین و استفاده از منابع آن و همچنین اثراتی که برروی آن گذاشته می‌شود، مشخص گردد *(FAO, 1995: 25)*. از میان تمام کاربری‌ها، شهرها با توسعهٔ فیزیکی خود، از عوامل اصلی تغییر کاربری و پوشش زمین هستند که آثار توسعهٔ کالبدی آن، گسترش در حاشیهٔ شهر یا منطقهٔ ده‌شهرها و آن‌سوی مرزهای اداری شهرهاست *(شیعه، ۱۳۷۷: ۶۵)*. این پیشروی به‌سوی فضاهای زیستی اطراف شهر، زمین‌های زراعی و اراضی باغی درنهایت محیط طبیعی را متأثر کرده و موجب شکل‌گیری روستاهای درحال گذار و یا سکونتگاه‌های غیررسمی در پیرامون‌شهر می‌گردد *(Kirk, 2004: 1)*؛ لذا بررسی و نظارت بر تغییرات این دسته از کاربری می‌تواند به‌عنوان عنصر مهمی در تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی شهری و محیط‌زیست مطرح شود؛ زیرا در زمینه‌های ارزیابی توسعه، برنامه‌ریزی کاربری اراضی و الگوهای بهینهٔ آن نقش به‌سزایی دارد *(Liu and Yang, 2014: 42)*.

بدین ترتیب پژوهشگران، طراحان و تصمیم‌گیران در حوزهٔ مدیریت محیط‌زیست و منابع‌طبیعی و همچنین برنامه‌ریزی شهری به‌منظور اتخاذ تصمیم و ارائهٔ طرح‌های کاربردی برای آینده بیش از پیش به اطلاعات دقیق در رابطه با تغییرات کاربری و رشد شهری نیاز دارند. علاوه‌بر اهمیت‌داشتن اطلاعات به‌روز از پوشش اراضی به‌ویژه در مناطق شهری، آگاهی از تغییرات و تحولات آن در طول یک دورهٔ زمانی نیز برای برنامه‌ریزان و مدیران بسیار حائز اهمیت است؛ به همین دلیل استفاده از روش‌های آشکارسازی تغییرات برای مشخص‌کردن روند تغییرات با گذشت زمان ضروری به‌نظر می‌رسد *(کاظم و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۶)*. همچنین، در کنار آشکارسازی تغییرات گذشته یک منطقه، پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات آینده نیز برای آگاهی از کمیت و کیفیت تغییرات رخ داده در طول زمان حائز اهمیت است. مشخص‌کردن تغییرات گذشته به برنامه‌ریزان کمک خواهد کرد تا به جبران خسارت‌ها مبادرت ورزند و اشتباهات گذشته را تکرار نکنند. پیش‌بینی تغییرات آینده نیز برای استفاده در برنامه‌ریزی‌های طولانی و پیشگیری از برخی تغییرات ناخوشایند بر روی محیط دارای اهمیت است که یکی از مهمترین این راهکارها برای تحلیل و درک سیستم‌های پیچیده مانند شهرها، استفاده از مدل‌های گوناگون برای شناسایی، تحلیل و پیش‌بینی رفتار این سیستم‌ها است *(Houet & Hubert-Moy, 2006: 63)* که یکی از مدل‌هایی که برای مدل‌سازی تغییرات پوشش‌گیاهی و کاربری زمین می‌توان استفاده نمود، مدل Geomod است.

Geomod یک مدل تغییر کاربری زمین است که در اصل برای مدل‌سازی کاهش جنگل‌های گرمسیری و برای برآورد خروج دی‌اکسیدکربن از جنگل‌های گرمسیری طراحی شده است.

برطبق تعریف پانتیوس و چن (۲۰۰۶)، ژئومد یک مدل تغییر کاربری زمین است که تغییر یک‌سویه از یک طبقهٔ کاربری زمین به یک طبقهٔ دیگر را پیش‌بینی می‌کند. از مزیت‌های روش ژئومد می‌توان به قابلیت شبیه‌سازی بُعد مکانی، همسازی با سیستم اطلاعات جغرافیایی و داده‌های دورسنجی، دینامیک زمانی، سادگی و قابل‌فهم‌بودن و قابلیت مدل‌سازی پدیده‌های پیچیده اشاره کرد. به‌همین دلایل مدل

ژئومد، یک مدل توصیه‌شده به مدیران و تصمیم‌گیران درجهت مدیریت و پایش تغییرات کاربری اراضی است *(Pontius & Chen, 2006: 2)*. در ایران فرایند تغییر کاربری اراضی کشاورزی و باغی به اراضی ساخته‌شده از دهه‌های ۴۰ و ۵۰ هجری شمسی روبه‌افزایش بوده و منجر به عدم‌تعادل میان کاربری اراضی شهری و طبیعی شده است *(صدرموسوی و رحیمی، ۱۳۹۱: ۱۰۰)*. منتج از روند مذکور، الگوی کاربری اراضی شهرستان کردکوی واقع‌در استان گلستان نیز تحت‌تأثیر همین روند شهرنشینی، گسترش جمعیت و افزایش مهاجرت، تغییرات چشمگیری را طی دهه‌های اخیر در اراضی کشاورزی، باغی و جوامع روستایی واقع‌در حوزهٔ نفوذش تجربه کرده است که بهترین نمونه این مورد، اتصال روستای ولاغوز به شهر کردکوی است که اگرچه در تقسیمات کشوری روستا به‌حساب می‌آید ولی درحال الحاق در محدوده شهری کردکوی است. همچنین با توجه به‌موقعیت ویژه منطقه کردکوی که بر روی بستر مناسب‌ترین و مرغوب‌ترین زمین‌های کشاورزی درجه یک و در حاشیه جنگل‌های متراکم و حفاظت شده جهان‌نما قرار گرفته است، لازم است گسترش کالبدی شهر کردکوی و تأثیر آن بر اراضی پیرامون شهر به‌منظور مدیدیت بحران و پیش‌بینی شرایط آینده، آشکار شود. در همین راستا، در نوشتار حاضر از مدل رگرسیون لجستیک برای تجزیه و تحلیل محرک‌های تغییرات درجهت تهیه نقشه پتانسیل احتمال و از روش ژئومد به‌منظور پیش‌بینی توزیع مکانی گسترش شهری برای سال‌های آتی استفاده گردید.

مبانی نظری

تغییر کاربری زمین شامل تغییر نوع کاربری‌ها و تغییر در نحوهٔ پراکنش و الگوهای فضایی فعالیت‌ها و کاربری‌ها می‌باشد *(Briassoulis, 2009: 129)* که از مؤلفه‌های بسیاری همچون رشد طبیعی جمعیت شهری، افزایش میزان مهاجرت به شهر، افزایش نرخ شهرنشینی و الحاق قلمروهای جدید به شهرهای موجود تأثیر می‌پذیرد *(رهنما و روستا، ۱۳۹۲: ۱۱۴؛ آری‌آگا، ۱۳۷۸: ۳۴۸)*. این رشد سریع جمعیت در نواحی شهری منجر به افزایش تقاضا برای زمین، ساخت‌وسازهای بدون برنامه مدون و گسترش مهارنشدنی مراکز فعالیت در حومه شهرها و درنتیجه تغییر کاربری‌ها و پوشش‌های اراضی طبیعی مثل جنگل و کشاورزی به کاربری‌های شهری همچون مسکونی، صنعتی و جاده‌ها شده است *(خاکپور و همکاران، ۱۳۸۶: ۴۷؛ Sudhira & Ramachandra, 2007: 2)*.

پیش‌بینی و ارزیابی پتانسیل الگوهای کاربری زمین از طریق مدل‌سازی می‌تواند به برنامه‌ریزان محیطزیست و مدیران منابع طبیعی برای تصمیمات آگاهانه‌تر کمک کند *(عزیزی‌قلاتی و همکاران، ۱۳۹۳: ۵۸۵)*. مدل‌های کاربری اراضی، ابزارهایی مفید، تکرارپذیر و مکمل توانایی‌های ذهنی ما برای درک فرایند تغییرات کاربری اراضی هستند که می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای ارزیابی و پایش تأثیرات تغییر کاربری‌ها بر محیطزیست و اکوسیستم در زمان گذشته، حال و آینده در اختیار کاربران قرار دهد *(Verburg et al., 2004: 309; Costanza and Ruth, 1998: 184)*.

مهمترین فرض در این نحوهٔ مدل‌سازی این است که طبیعت توسعه و تغییرات طی زمان، یکسان خواهد بود و تغییرات گذشته می‌توانند تغییرات آینده را براساس سناریوی تاریخی پیش‌بینی کنند *(طاهری و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۰۰)*. در این پژوهش از مدل ژئومد برای شبیه‌سازی الگوهای مکانی-زمانی رشد شهری در سال‌های آتی استفاده گردید. ازآنجایی‌که این مدل در تفسیر متغیّرهای طبیعی-محیطی و اجتماعی-اقتصادی مؤثر در رابطه با تغییرات ناتوان است؛ بنابراین از مدل رگرسیون لجستیک برای تجزیه‌وتحلیل محرک‌های تغییرات، برای ایجاد یک نقشهٔ احتمال رشد شهری استفاده شد.

پژوهش‌های بسیاری در زمینهٔ ارتباط رشد شهری و تغییرات کاربری اراضی صورت گرفته است و درک پویایی رشد شهری را تحت تأثیر تغییرات الگوی کاربری اراضی در زمان و فضا دانسته‌اند *(داداش‌پور و سالاریان، ۱۳۹۴: ۱۴۸)*؛ به‌طورمثال پانتیوس و همکاران (۲۰۰۱)، برای پیش‌بینی روند تخریب اراضی جنگلی کاستاریکا از تصاویر ماهواره‌ای ۱۹۴۰، ۱۹۶۱ و ۱۹۸۳ استفاده کردند و پس از تعیین میزان تغییرات از مدل ژئومد برای پیش‌بینی میزان کاهش اراضی جنگلی برای سال ۲۰۱۰ استفاده نمودند. همچنین آن‌ها برای تعیین اعتبار مدل در پیش‌بینی تغییرات، نقشه واقعی و پیش‌بینی شده سال ۱۹۸۳ را با یکدیگر مقایسه کردند و توانایی مدل با بررسی نقشه صحت پیش‌بینی حاصل از مقایسه دو نقشه واقعی و شبیه‌سازی شده تعیین شد. راماچاندرا و همکاران (۲۰۱۳)، توسعه کالبدی شهر بانگلور در هند را با استفاده از مدل‌های زنجیره مارکوف، مدل‌سازی تغییرات سرزمین[1] و ژئومد برای سال (۲۰۲۰) پیش‌بینی کردند. نتایج آشکارسازی تغییرات نشان داد که مساحت شهر بانگلور از سال (۲۰۰۸) تا سال (۲۰۲۰) براساس مدل‌های زنجیره مارکوف، LCM و ژئومد به‌ترتیب در حدود ۴۵، ۳۶ و ۲۵ درصد رشد خواهد داشت. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که روش ژئومد با توجه به اعتبارسنجی‌های انجام شده دارای توانایی نسبتاً خوبی در مقایسه با دو روش دیگر در پیش‌بینی رشد شهری است. آن‌ها همچنین شبکه جاده‌ای را دارای برجسته‌ترین نقش، در توسعه شهری منطقه و نزدیکی به فرودگاه را به‌عنوان یک عامل محدودیت در منطقه عنوان کردند. استوکیو (۲۰۱۳)، در رسالهٔ دکتری خود به بررسی تغییرات کاربری اراضی بر ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستمی در زمان حال و آینده در شهر بگویو در کشور فیلیپین پرداخته است و برای پیش‌بینی رشد اراضی شهری در آینده از مدل ژئومد بهره گرفته است. وی برای این منظور دو سناریو متفاوت تعریف کرد. در سناریو اول رشد شهری در همهٔ مناطق مجاز است و در سناریوی دوم مناطق جنگلی و حفاظتی به‌عنوان عوامل محدودکننده درنظر گرفته شد. نتایج نشان داد که در طی سال‌های (۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹)، ارزش خدمات اقتصادی از ۵/۳ میلیون دلار در سال (۱۹۸۸) به ۲/۱۵، میلیون دلار در سال (۲۰۰۹) کاهش یافت و در صورت رشد همه جانبه شهر در اراضی در سال ۲۰۲۰ به ۱/۴ میلیون دلار و در سناریوی دوم به ۱/۹۵ میلیون دلار در سال خواهد رسید. وی در بررسی رشد شهری در سال ۲۰۲۰ با استفاده از مدل ژئومد، فاصله از مرکز شهر، جاده اصلی، نقاط گردشگری، ارتفاع، شیب و نرخ رشد جمعیت را عامل‌های اصلی در رشد شهری دانسته است. وی بیان کرد که ژئومد یک ابزار مناسب برای پایش تأثیرات بالقوه تغییرات کاربری اراضی بر خدمات اکوسیستمی است.

داداش‌پور و سالاریان (۱۳۹۴) به تحلیل تأثیر پراکنده‌رویی بر تغییر کاربری اراضی مناطق شهری و پیش‌بینی روند تحولات توسعهٔ اراضی تا سال ۱۴۱۰ در شهر ساری پرداختند. آن‌ها از روش ژئومد برای پیش‌بینی اراضی ساخته شده و از مدل زنجیره مارکوف برای بررسی روند تغییرات کاربری اراضی استفاده کردند و در مرحلهٔ نهایی با تلفیق مدل‌های مذکور در GIS، برهم‌کنش میان اراضی ساخته شده و کاربری اراضی تحلیل شد تا پراکنش و توزیع فضایی کاربری زمین در چشم‌انداز تحقیق مشخص گردد. نتایج یافته‌ها نشان می‌دهد تغییر کاربری اراضی کشاورزی، باغی و مراتع در سال ۱۴۱۰ با نرخ رشد ۱/۴۳-درصدی کاهش خواهد یافت و هم‌راستا با این روند، اراضی ساخته شده با نرخ رشد ۴/۸۵ درصدی افزایش می‌یابد. آن‌ها شبکهٔ ارتباطی را عامل توسعه و ارتفاع را عامل محدودیت توسعه در منطقهٔ شهری ساری معرفی کردند.

1- Land Change Modeler

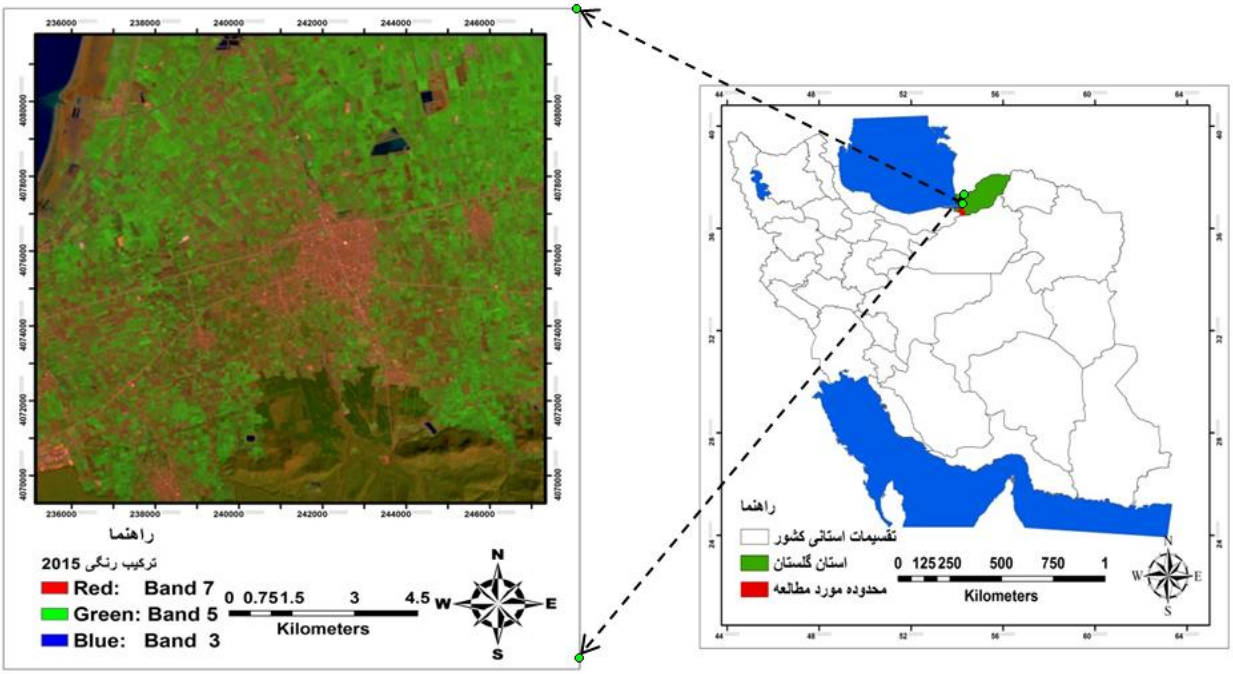
کاظم و همکاران (۱۳۹۴)، در پژوهشی توسعه کالبدی شهر تهران را با استفاده از مدل زنجیره‌های خودکار و روش رگرسیون لجستیک برای سال ۲۰۲۵ مدل‌سازی کرد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که فاصله از نواحی بایر، فاصله از پوشش گیاهی، فاصله از نواحی مسکونی و فاصله از نواحی شهری دارای برجسته‌ترین نقش در توسعه شهری بودند.

احمدی‌ندوشن و سفیانیان (۱۳۸۸)، توسعه کالبدی شهر اراک را با استفاده از مدل ژئومد برای سال ۱۴۰۴ پیش‌بینی کردند. آن‌ها طبقه‌بندی پوشش اراضی شهری را به واسطه روش شبکه عصبی انجام دادند. همچنین جهت پیش‌بینی تغییرات اراضی شهری در سال ۱۴۰۴ از طریق مدل ژئومد، از نقشه‌های شیب، فاصله از جاده و فاصله از مناطق شهری و نقشه پوشش اراضی سال ۱۳۸۵ استفاده کردند. نتایج آشکارسازی تغییرات نشان داد که مساحت شهر اراک طی ۳۴ سال، از ۱۳۲۴ هکتار به ۴۰۱۱ هکتار افزایش یافته و ۳ برابر شده است. ارزیابی اعتبار مدل ژئومد در پیش‌بینی تغییرات نیز نشان داد که این مدل دارای توانایی نسبتاً خوبی در پیش‌بینی تغییرات اراضی شهری در اراک بوده است.

کامیاب و همکاران (۱۳۸۹)، در پژوهشی باعنوان اتخاذ رهیافت اطلاعات محور با کاربرد روش رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی توسعه شهری گرگان از سه گروه متغیّر مستقل شامل متغیّرهای اجتماعی-اقتصادی، بیوفیزیکی و کاربری زمین استفاده کرده و با ده متغیّر مختلف، رشد شهری گرگان را مشخص کردند. در این تحقیق الگوی رشد شهری منطقه مورد مطالعه برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۲۰، ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ استخراج و در مرحلهٔ ارزیابی صحت مدل از روش ROC استفاده نمودند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، از میان متغیّرهای مؤثر، متغیّر کاربری فعلی منطقه و به‌ویژه تبدیل زمین‌های زراعی و مرتعی نقش مهمی در رشد شهر گرگان داشته است. نتایج نشان داد مدل رگرسیون لجستیک به‌خوبی قادر به تعیین تغییرات ایجاد شده در کاربری زمین است. در همین راستا این تحقیق به‌دنبال آن است که در طول دوره مورد مطالعه روند گسترش اراضی ساخته شده چه تأثیری بر اراضی پیرامون مناطق شهری گذاشته است و روند گسترش اراضی ساخته شده در منطقه شهری کردکوی به چه صورت در آینده نمود فضایی می‌یابد.

منطقهٔ مورد مطالعه

شهر کردکوی و در محدوده طول جغرافیایی ۵۴ درجه ۶ دقیقه ۵۳ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه ۴۷ دقیقه ۵۱ ثانیه شمالی و در شرق استان گلستان قرار گرفته است که شامل دو بخش دشتی و کوهپایه‌ای است. در این شهر، ارتفاع از سمت شمال به جنوب افزایش می‌یابد به‌طوری که ارتفاع در قسمت‌های دشتی حدود ۲۱-متر از سطح دریا و در قسمت‌های مرتفع تا ارتفاع ۴۱۹ متری می‌رسد. منطقهٔ شهری مطالعاتی درحال‌حاضر دارای مساحت ۵۴۵ هکتار است و جمعیت آن در سال ۱۳۷۵، ۲۶۴۹۲ نفر بوده که با نرخ رشد ۱/۸ درصدی به ۳۷۳۸۹نفر در سال ۱۳۹۴ رسیده است *(مرکز بهداشت استان گلستان، ۱۳۹۴: ۵)*. نکته حائز اهمیت در توزیع فضایی اراضی ساخته شده محدوده این است که توسعه غالباً در اراضی کشاورزی و باغی صورت گرفته است که این مسأله باعث سیر نزولی بخش کشاورزی در شهر شده است *(خداداد و همکاران، ۱۳۹۳: ۸۸)*، البته در مناطق کوهپایه‌ای که در بخش جنوبی شهر واقع شده است، به دلیل محدودیت‌های قانونی به علت شرایط توپولوژیکی خاص و وجود جنگل‌های جهان‌نما، توسعه فیزیکی در این ناحیه محدودتر است. با معرفی چنین پیشینه‌ای از منطقه مطالعاتی، اهمیت بررسی و تحلیل تغییرات پوشش اراضی نمایان می‌شود. شکل ۱ تصویری از منطقهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

روش تحقیق

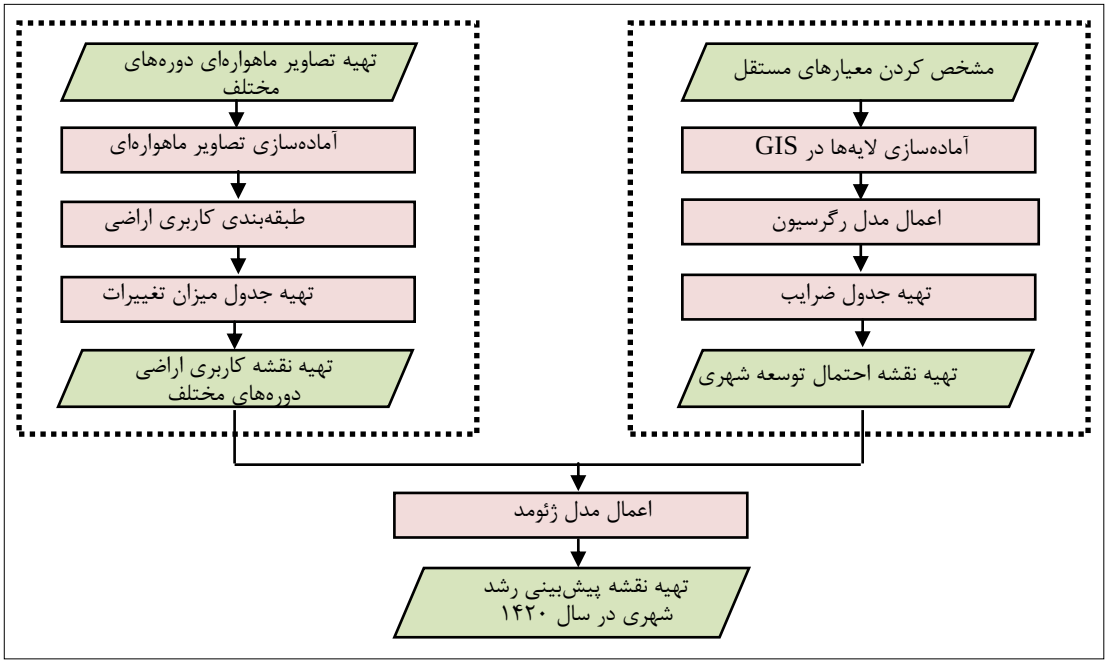
داده‌های مورد استفاده در این تحقیق به‌طور کلی به دو دستهٔ عمده قابل تقسیم می‌باشند که عبارت‌اند از: داده‌های مورد استفاده برای طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات کاربری‌های اراضی در دوره‌های مختلف که این داده‌ها شامل تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه می‌باشند و داده‌هایی که برای تشریح عوامل مؤثر بر گسترش فضای شهریی با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی از آن‌ها استفاده شده که از این داده‌ها با نام نیروهای محرکه تغییرات یاد می‌شود. همچنین، روش‌های به‌کار گرفته‌شده در این تحقیق به سه دستهٔ کلی قابل تقسیم‌بندی می‌باشند که عبارت‌اند از:

۱- روش مورد استفاده برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، که برای این کار از روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال[1] بهره‌گیری شده است

۲- روش مورد استفاده برای بررسی نیروهای محرک در گسترش فضای شهری و تهیهٔ نقشهٔ احتمال رشد شهری، که در این مرحله از مدل رگرسیون لجستیک استفاده شده است

۳- روش به‌کار رفته در پیش‌بینی روند توسعه شهری در دوره‌های آتی که برای این کار از مدل ژئومد استفاده شده است که در شکل ۲ فرایند انجام کار نشان داده شده است.

1-Maximum Likelihood Classification



شکل ۲: چارچوب کلی پیش‌بینی توسعهٔ فیزیکی شهر کردکوی تا افق ۱۴۲۰ براساس مدل ژئومد

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

آماده‌سازی لایه‌ها

تهیهٔ نقشهٔ‌کاربری اراضی و آشکارسازی تغییرات

به‌منظور بررسی و شناخت تغییرات کاربری اراضی، تصاویر ماهواره‌ای لندست در سه دورهٔ زمانی ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ از وبگاه زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا[1] دانلود شد (جدول ۱). همچنین در انتخاب تصاویر سعی شده که فصل برداشت تصاویر در همه دوره‌ها ازنظر زمانِ برداشت به هم نزدیک بوده و درصد ابرناکی منطقه نیز صفر باشد. در مرحلهٔ بعد، با توجه به اینکه تصاویر اولیه و خام داده‌های ماهواره‌ای بنابه دلایل مختلف مانند گردش زمین و تغییر در ارتفـاع مـاهواره ممکن است دارای هندسه ناصحیح باشند *(علـوی‌پنـاه و همکاران، ۱۳۸۳: ۱۴۵)*؛ بنابراین نیاز است که این تصاویر از نظر هندسی تصحیح شوند. استفاده از نقاط کنترل‌زمینی به‌عنوان رایج‌ترین روش غیرپارامتری در تصحیح هندسی تصاویر محسوب می‌شود *(Eastman, 1995: 331)*.

به همین منظور از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تهیه‌شده از سازمان نقشه‌برداری کشور برای تصحیح هندسی استفاده شد و تصویر سنجنده ETM^+ سال ۲۰۰۰ به‌روش نزدیک‌ترین همسایه با ۱۳ نقطهٔ کنترلی به‌صورت تصویر-وکتور تصحیح هندسی گردید. این تصویر به‌عنوان مبنا برای تصحیح هندسی سایر تصاویر لندست استفاده شد. در مرحلهٔ بعد، تصاویر سنجنده‌های TM و OLI سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ نیز به روش تصویربه‌تصویر براساس تصویر سال ۲۰۰۰ با انتخاب ۱۰ نقطه کنترل زمینی تصحیح شد که RMSE[2] حاصل از تصحیح هندسی همه تصاویر کمتر از یک پیکسل به‌دست آمد.

1-https://earthexplorer.usgs.gov/

2- Root Mean Square Error (RMSE)

جدول ۱: اطلاعات داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده در طبقه‌بندی کاربری اراضی

ماهواره	سنجنده	زمان جمع‌آوری		Pass/Row	باندهای مورد استفاده	قدرت تفکیک (متر)	زاویه آزیموت خورشید	زاویه ارتفاع خورشید
		میلادی	شمسی					
لندست ۵	TM	۱۹۸۷-۰۵-۰۱	۱۳۶۶/۰۲/۱۱	۱۶۳/۳۴	۷-۴-۲	۳۰	۱۲۳	۵۴
لندست ۷	ETM	۲۰۰۰-۰۴-۲۲	۱۳۷۹/۰۲/۰۳	۱۶۳/۳۴	۷-۴-۲	۳۰	۱۳۵/۸	۵۷
لندست ۸	OLI	۲۰۱۵-۰۶-۱۸	۱۳۹۴/۳/۱۵	۱۶۳/۳۴	۷-۵-۳	۳۰	۱۴۷/۷	۴۲/۰۵

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

مرحله بعد بایستی نمونه‌های آموزشی که نمایانگر الگوی طیفی پدیده‌ها برروی سطح زمین هستند با دقت زیاد و پراکندگی مناسب تعیین گردد. در این مرحله،نمونه‌های آموزشی جهت استفاده در طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از تفسیر چشمی براساس شکل پدیده‌ها، تصاویر ماهواره‌ای موجود در نرم‌افزار گوگل ارث،اطلاعات نگارندگان از کاربری‌های منطقهٔ و تصاویر رنگی کاذب تهیه گردید. انتخاب این تصاویر رنگی صرفاً به‌منظور شناسایی کلاسه‌های موردنظر و انتخاب بهترین نمونه‌های تعلیمی برای طبقه‌بندی تصاویر است *(آرخی و فتحی‌زاد،۱۳۹۳: ۱۳۸)*. طبقه‌بندی نظارت شده از روش‌های پیکسل‌پایه است. در این طبقه‌بندی کاربر نشانه‌های طیفی کاربری‌های مشخص مثل شهر و جنگل را تهیه نموده و سپس نرم‌افزار هر سلول موجود در تصویر را به آن کاربری که بیشترین شباهت را با نشان طیفی مورد نظر دارد اختصاص می‌دهد. همچنین طبقه‌بندی نظارت شده با الگوریتم حداکثر احتمال صورت گرفت. الگوریتم حداکثر احتمال یکی از متداولترین روش‌های طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور است.

در این روش، احتمال این که هر سلول متعلق به یک کاربری باشد را بررسی نموده و سلول را به کاربری با بالاترین احتمال عضویت اختصاص می‌دهد. این الگوریتم دقیق‌ترین طبقه‌بندی‌کننده در بین روش‌های پیکسل‌پایه است *(سلمان‌ماهینی و کامیاب،۱۳۸۸: ۴۲۴)*.

در نهایت با توجه به پوشش‌های منطقه چهار کلاس کاربری شامل جنگل طبیعی، شهر، زمین کشاورزی و جنگل‌های دست کاشت برای سه دوره زمانی برای منطقه مورد مطالعه طبقه‌بندی گردید.

همچنین لازمهٔ به‌کارگیری هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از میزان صلاحیت و درستی آن است. برای ارزیابی دقت و صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده، با مطابقت‌دادن نقشه‌های طبقه‌بندی شده با نقشه‌های واقعیت زمینی حاصل از مطالعات میدانی، ماتریس خطا تشکیل می‌شود و براساس آن دقت کلی، دقت کاربر، دقت تولید کننده و ضریب کاپا مشخص می‌گردد *(Lillesand et al., 2014: 577)*. برای انجام ارزیابی صحت، نمونه‌های آموزشی برای هر کلاس به‌صورت تصادفی از سطح منطقه جمع‌آوری و سپس ماتریس خطای طبقه‌بندی استخراج گردید. پس از تهیه نقشه‌های نهایی کاربری اراضی و ارزیابی صحت، در پایان کار میزان تغییرات کاربری اراضی بین دوره‌های مختلف محاسبه گردید.

مدل رگرسیون لجستیک

در این پژوهش، پس از طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری اراضی نیاز است که پتانسیل احتمال تبدیل کاربری شهری به کاربری‌های دیگر با مدل رگرسیون لجستیک برآورد شود. رگرسیون لجستیک، یک مدل برآورد تجربی است که ارتباط بین مجموعه‌ای از

متغیّرهای مستقل و یک متغیّر وابسته طبقه‌بندی شده را ارزیابی می‌کند *(Salman Mahiny & Turner, 2003: 3)*.

فرض بنیادی این رگرسیون براین‌اساس است که متغیّر وابسته، گسسته باشد و رابطهٔ آن با متغیّرهای مستقل از منحنی لگاریتمی (منحنی نمایش S شکل) تبعیت کند *(Fang et al, 2005: 294)* که مقدار آن را می‌توان با استفاده از رابطه (۱) برآورد نمود

رابطه ۱:

$$p\,(y=1|X)=\frac{\exp(\sum BX)}{1+\exp\,(\sum BX)}$$

که در این رابطه P احتمال متغیّر وابسته‌ای که مقدار آن یک است، X متغیّرهای مستقل را تشکیل می‌دهد به‌طوری که $X=(X_0,X_1,X_2,\ldots,X_k)$, $X_0=1$ و B پارامترهای برآورد شده می‌باشند، به گونه‌ای که برای خطی‌کردن مدل فوق معمولاً تبدیل زیر اعمال می‌گردد

رابطه ۲:

$$P'=\ln\left(\frac{P}{1-P}\right)$$

از این تبدیل باعنوان تبدیل Logit یا لجستیک یاد می‌گردد. نکته‌ای که بعد از تبدیل P' وجود دارد این است که به‌طور نظری تمامی مقادیر را می‌توان بین مثبت و منفی بی‌نهایت فرض کرد؛ ما می‌توانیم مدل رگرسیون خطی استاندارد را به‌صورت زیر نیز به دست آوریم *(Clark and Hosking, 1986: 528)*.

رابطه ۳:

$$\ln\,(\frac{P}{1-P})=b_0+b_1X_1+b_2X_2+\ldots+b_kX_k$$

همان‌طور که بیان گردید، در رگرسیون لجستیک نیاز به یک متغیّر وابسته گسسته از نوع بولین و چند متغیّر مستقل پیوسته است. متغیّر وابسته در این تحقیق نواحی رشد شهری طی دو دورهٔ مورد مطالعه می‌باشد. به‌عبارت دیگر نواحی که در طول این دو دوره به مناطق شهری تبدیل شده‌اند کد یک و نواحی که رشد شهری در آن اتفاق نیفتاده است کد صفر می‌گیرند. در مرحله دوم، نیاز است که متغیّرهای مستقل پیوسته معرفی گردند که در این پژوهش، یازده متغیّر مستقل (مدل رقومی ارتفاع، شیب، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از جنگل طبیعی، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از نواحی صنعتی، فاصله از جنگل دست کاشت، فاصله از لبه شهر، فاصله از روستا و فاصله از مرکز شهر) به‌عنوان عوامل مؤثر بر رشد شهری تهیه و وارد نرم‌افزار ایدریسی شدند. در مرحلهٔ بعد، با توجه به اینکه در تهیهٔ متغیّرها از دامنه متنوعی از واحدهای اندازه‌گیری استفاده شده، نیاز است که متغیّرهای مستقل استاندارد گردند.

درنهایت، به‌منظور تعیین ارتباط میان متغیّرهای مستقل و متغیّر وابسته، تمامی متغیّرها وارد مدل رگرسیون لجستیک در نرم‌افزار ایدریسی شدند. خروجی این مدل، میزان احتمال تغییر کاربری را با توجه به متغیّر وابسته در آینده را نشان می‌دهد. در این نقشه هر سلول دارای ارزشی بین صفر تا یک است. که میزان آن مبین احتمال تغییر کاربری آن سلول در آینده است (*کامیاب و همکاران، ۱۳۸۹: ۹۱*). هرچقدر ارزش سلول به یک نزدیکتر باشد نشان‌دهنده این است که احتمال تبدیل آن پیکسل برای شهرشدن بیشتر است. معمولاً برای آزمون برازش و معناداری آماری رگرسیون لجستیک از دو آماره $Pseudo\text{-}R^2$ و ROC استفاده می‌شود به‌طوری که اگر مقدار یک باشد، نشانگر برازش کامل و اگر صفر باشد، نشانگر هیچ نوع رابطه‌ای نیست. اگر مقدار بزرگ‌تر از ۰/۲ باشد، نشانگر یک برازش نسبتاً خوب در نظر گرفته می‌شود. همچنین دامنه مقادیر ROC هم بین 0 تا 1 تغییر می‌کند به‌گونه‌ای که عدد 1 نشانگر برازش کامل و عدد ۰/۵ نشان‌دهندهٔ برازش تصادفی است *(Clark and Hosking, 1986: 528)*.

مدل Geomod

Geomod یک مدل تغییرات کاربری زمین است که تغییرات یک‌سویه از یک طبقه کاربری زمین را به طبقه کاربری زمین دیگر مدل‌سازی می‌کند *(Pontius & Chen, 2006: 1)*.

در این مدل دو مؤلفه وجود دارد: مقدار تغییر کاربری زمین و محلی که تغییر کاربری زمین رخ می‌دهد. برای به دست‌آوردن مقدار تغییر کاربری زمین، به‌طورکلی از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه استفاده می‌شود. برای مدل‌سازی محل‌هایی که تغییر کاربری زمین که در گذشته رخ داده است، تعدادی از داده‌های مکانی مربوط به‌عوامل اقتصادی- اجتماعی و بیوفیزیکی را مورد استفاده قرار می‌دهد. این عوامل در اغلب موارد شامل وضعیت توپوگرافی (ارتفاع، شیب و جهت)، فاصله از رودخانه، جاده و مناطق مسکونی می‌باشد *(Brown et al., 2007: 1001)*.

مدل ژئومد محل‌هایی که احتمال تغییر در کاربری زمین آن‌ها وجود دارد، با استفاده از سه دستورالعمل تصمیم‌گیری تعیین می‌کند. این دستورالعمل‌ها شامل:

۱. عواملی که بر تغییرات کاربری زمین اثر می‌گذارند؛

۲. تصویر اشکوب‌بندی‌شده که از تقسیمات ناحیه‌ای مانند تقسیمات کشوری (فرضاً مرز شهرستان‌ها) برای انجام فرایند مدل‌سازی در هریک از مرزها استفاده می‌کند و در این محدوده‌ها وضعیت تغییر کاربری زمین را به‌طور جداگانه تعیین می‌نماید؛

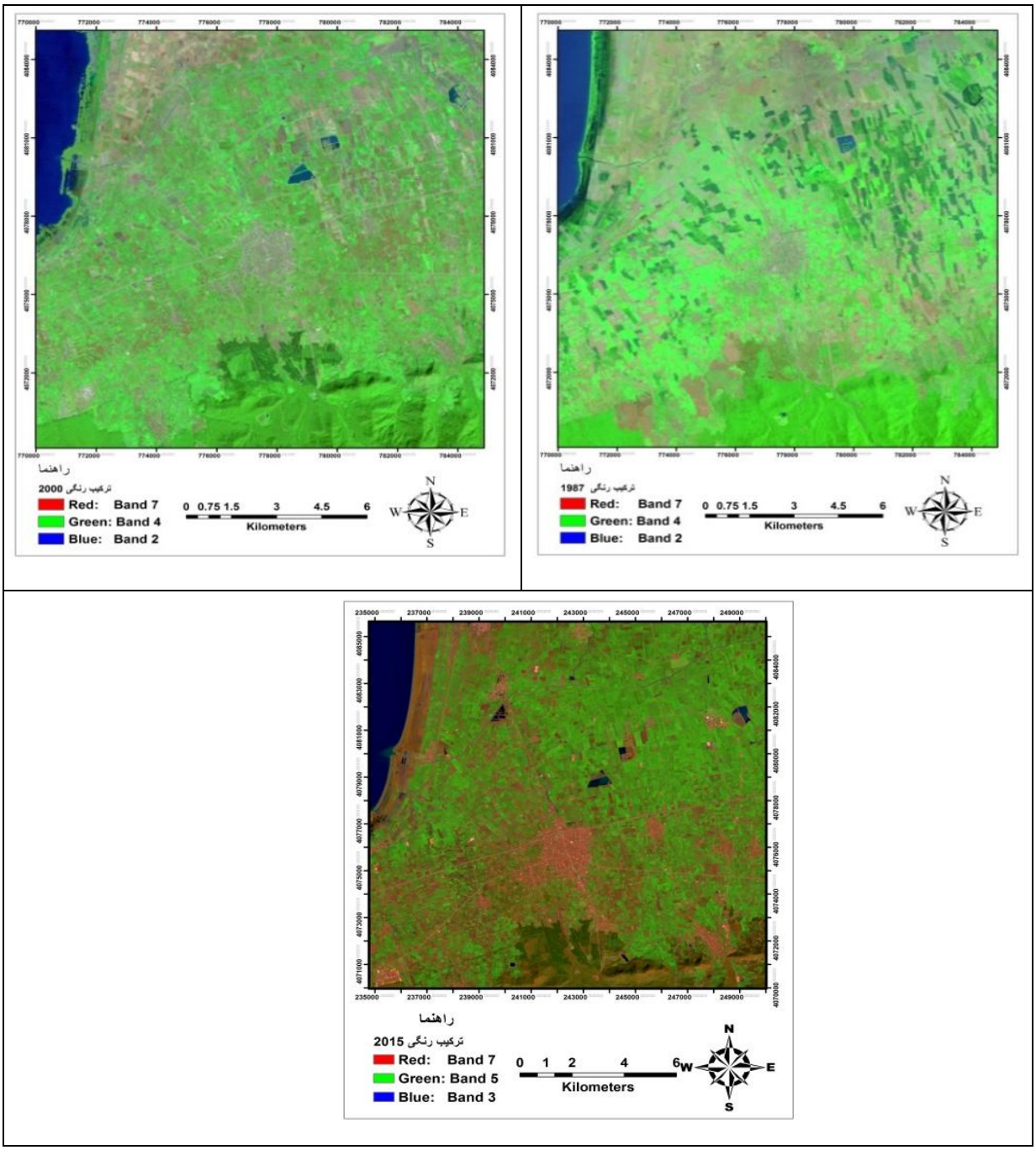
۳.نزدیک‌ترین همسایه که در هر یک از مراحل زمانی، تبدیل کاربری زمین را برای مناطقی که روی مرز است، تعیین می‌کند *(Potious et al., 2001: 1; Echeverria et al., 2008: 444)*.

برای واردنمودن این دستورالعمل‌ها در مدل‌سازی، نقشه‌های کاربری زمین چند زمانه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تهیه و سپس میزان تغییرات ایجاد شده طی دورهٔ زمانی مورد نظر سنجیده می‌گردد *(گلدوی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۸)*. در مرحله بعد رابطه بین عوامل مؤثر بر تخریب با تغییرات کاربری زمین ایجاد شده مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت نقشه احتمال تهیه می‌شود. در نقشه احتمال ارزش‌های بالا در محل‌هایی وجود دارد که باتوجه به عوامل مؤثر بر تغییر کاربری زمین، احتمال زیادی برای تغییر دارند و ارزش پایین در محل‌هایی وجود دارد که باتوجه به عوامل مؤثر بر تغییر کاربری زمین، احتمال زیادی برای تغییر ندارند. سپس مدل ژئومد محل تغییر کاربری زمین را بر مبنای محل‌هایی که بالاترین مقدار تناسب را برای تغییر دارد، مدل‌سازی می‌کند *(Pontius et al, 2001: 5)*.

یافته‌های تحقیق

آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی

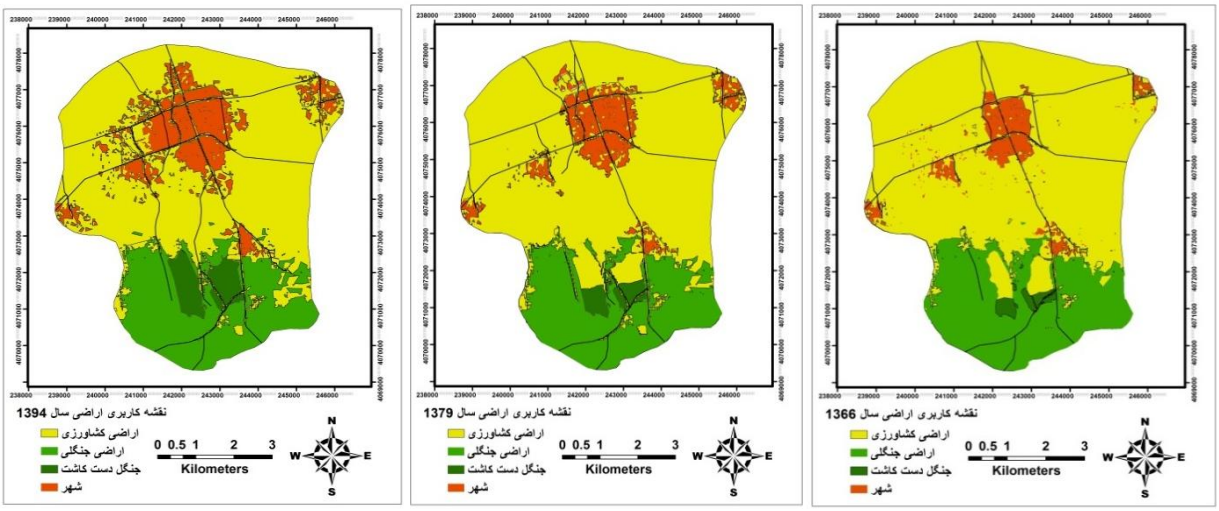
ابتدا با انتخاب سه مقطع زمانی ۱۹۸۷ میلادی (۱۳۶۶ هـ ش)، ۲۰۰۰ میلادی (۱۳۷۹ ه. ش) و ۲۰۱۵ میلادی (۱۳۹۴ هـ ش)، تصاویر ماهواره‌ای مربوط به شهر کردکوی و پیرامون آن تهیه گردید. در مرحله بعد، تصویر سنجنده ETM^{+} با خطای RMSE معادل ۰/۳۷ و تصاویر سنجنده‌های TM و OLI با خطای ۰/۲۶ و ۰/۱۷ تصحیح هندسی شدند. سپس دو ترکیب رنگی کاذب شامل باندهای ۷:۴:۲ برای تصاویر سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۷۹ و یک ترکیب رنگی شامل باند ۷:۵:۳ برای تصویر سال ۲۰۱۵ به‌منظور تفسیر بصری و شناخت کلی از ویژگی‌های واقعی منطقه تهیه شد (شکل ۳).



شکل ۳ : ترکیب رنگی کاذب باندهای مورد استفاده

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

سپس با روش بیشترین احتمال و پردازش بصری، نقشه‌های کاربری اراضی استخراج شد که درنهایت نقشهٔ کاربری اراضی در چهار طبقهٔ اراضی جنگلی، اراضی کشاورزی، جنگل‌های دست‌کاشت و شهر تهیه شد (شکل ۴).



شکل ۴: نقشه‌های کاربری اراضی استخراج شده از تصویر لندست سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۴

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

پس از طبقه‌بندی کاربری‌ها، به ارزیابی صحت پرداخته شد. بدین‌جهت تصاویر طبقه‌بندی شده با نمونه‌های زمینی تهیه شده به نرم‌افزار ادریسی انتقال یافته است و با استفاده از ابزار ERRMAT، با قطع‌دادن هر یک از نقشه‌های طبقه‌بندی شده با نقشه واقعیت زمینی و تشکیل ماتریس خطا، میزان صحت طبقه‌بندی محاسبه شد (جدول ۲). دقت کل در نقشه‌های طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۴ به ترتیب ۸۱/۱۵، ۸۰/۴ و ۸۷/۱۳ درصد و ضریب کاپا کلی به ترتیب ۰/۷۴، ۰/۷۳ و ۰/۸۲ بدست آمد. با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی دقت، میزان تطابق نمونه‌ها با واقعیت زمینی نشان‌دهنده صحت قابل‌قبول برای نقشه‌های تهیه شده می‌باشد که البته این میزان برای جنگل‌های دست‌کاشت کمتر است. سپس مساحت و تغییرات کاربری‌ها در دورهٔ زمانی محاسبه شد که نتایج در جدول ۳ تا ۵ و شکل ۵ نشان داده شده است.

جدول ۲: ارزیابی دقت نقشهٔ کاربری اراضی تهیه‌شده

کاربری	سال ۱۳۶۶		سال ۱۳۷۹		سال ۱۳۹۴	
	دقت کاربر	دقت تولیدکننده	دقت کاربر	دقت تولیدکننده	دقت کاربر	دقت تولیدکننده
اراضی جنگلی	۸۲/۹۸	۹۵/۱۲	۸۲/۲۲	۹۰/۳	۷۹/۶	۹۵/۱
اراضی کشاورزی	۷۱/۶	۸۸/۳۷	۷۱/۷	۹۱/۵	۸۶/۱	۸۷/۸
اراضی جنگلی دست کاشت	۹۳/۱۳	۵۸/۳۳	۹۱/۷	۵۰/۵	۹۳/۵	۸۰/۵
مناطق شهری	۱۰۰	۰/۷۱	۹۶/۹	۷۴/۴۲	۹۵/۱	۸۴/۵
صحت کلی	۸۱/۱۵		۸۰/۴		۸۷/۱۳	
ضریب کاپا کلی	۰/۷۴		۰/۷۳		۰/۸۲	

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

جدول ۳: روند تغییرات پوشش اراضی طی سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۹ برحسب هکتار

کاربری	شهر	جنگل دست کاشت	جنگل طبیعی	اراضی کشاورزی	جمع در سال ۱۳۶۶
شهر	۱۸۴	۰	۰	۰	۱۸۴
جنگل دست کاشت	۰	۵۰	۰	۰	۵۰
جنگل طبیعی	۱۱	۰	۱۰۴۱	۵۴	۱۱۰۶
اراضی کشاورزی	۱۳۷	۳۹	۰	۳۲۲۵	۳۴۰۱
جمع در سال ۱۳۷۹	۳۳۲	۸۹	۱۰۴۱	۳۲۷۹	۴۷۴۱

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

جدول ۴: روند تغییرات پوشش اراضی طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۴ برحسب هکتار

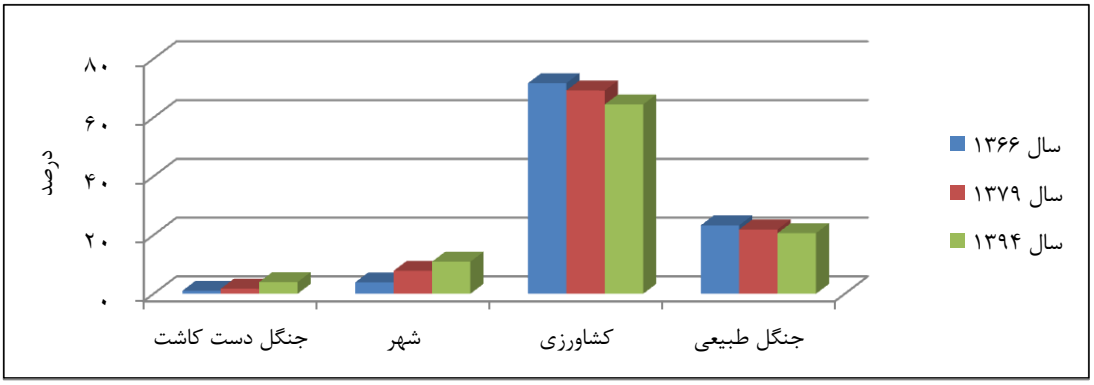
کاربری	شهر	جنگل دست کاشت	جنگل طبیعی	اراضی کشاورزی	جمع در سال ۱۳۷۹
شهر	۳۳۲	۰	۰	۰	۳۳۲
جنگل دست کاشت	۰	۸۹	۰	۰	۸۹
جنگل طبیعی	۱۶	۰	۹۷۹	۴۶	۱۰۴۱
اراضی کشاورزی	۱۶۹	۱۰۰	۰	۳۰۱۰	۳۲۷۹
جمع در سال ۱۳۹۴	۵۱۷	۱۸۹	۹۷۹	۳۰۵۶	۴۷۴۱

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

جدول ۵: مساحت کاربری‌های مختلف اراضی (هکتار) در سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۴ در شهر کردکوی

نوع کاربری	سال ۱۳۶۶	درصد	سال ۱۳۷۹	درصد	سال ۱۳۹۴	درصد	درصد تغییرات ۱۳۶۶-۱۳۷۹	درصد تغییرات ۱۳۷۹-۱۳۹۴
اراضی کشاورزی	۳۴۰۱	۷۱/۷	۳۲۷۹	۶۹/۲	۳۰۵۶	۶۴/۴۶	-۳/۶	-۶/۸
اراضی جنگلی	۱۱۰۶	۲۳/۳	۱۰۴۱	۲۱/۹	۹۷۹	۲۰/۶۴	-۵/۹	-۵/۹
مناطق شهری	۱۸۴	۳/۸۸	۳۳۲	۷/۰۸	۵۱۷	۱۰/۹۲	+۸۰/۴	+۵۵/۷
اراضی جنگلی دست کاشت	۵۰	۱/۰۲	۸۹	۱/۷۲	۱۸۹	۳/۹۸	+۷۸/۱	+۱۱۲/۳

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۵: درصد تغییرات پوشش اراضی شهرستان کردکوی بین سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۴

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

بنابر نتایج آشکارسازی تغییرات، در این منطقه در بازهٔ زمانی موردنظر تغییرات در کاربری شهری در جهت رشد و گسترش مناطق مسکونی بوده است. نتایج نشان داد در دورهٔ زمانی ۱۳۷۹-۱۳۶۶ حدود ۱۴۸ هکتار (۸۰ درصد تغییر) و در دورهٔ زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹ حدوداً ۱۸۵ هکتار (۵۵ درصد تغییر)

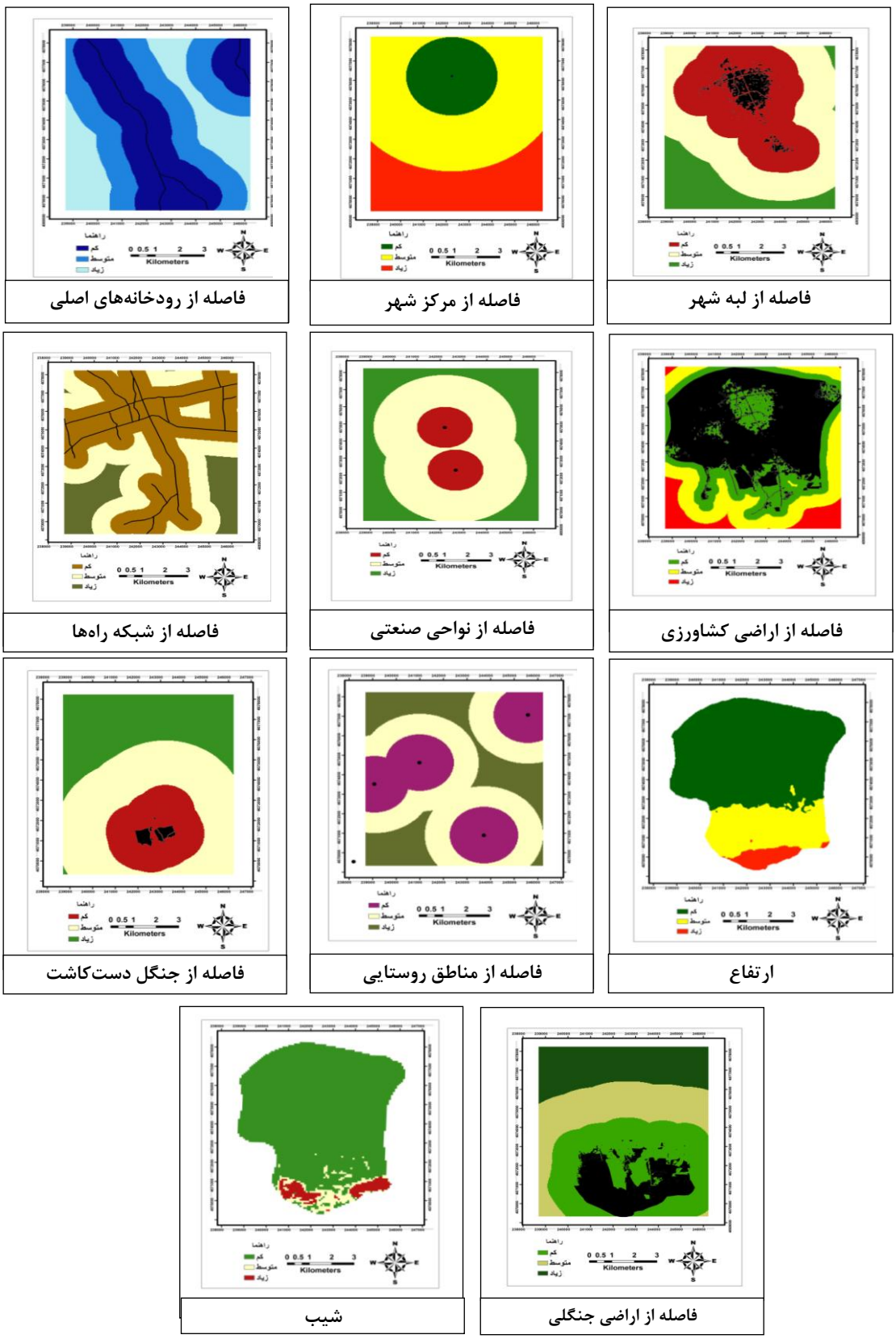
به مناطق مسکونی افزوده شده است که این میزان نشان‌دهندهٔ نرخ بالای رشد در منطقه است. از طرفی این افزایش اراضی شهری، سبب کاهش اراضی کشاورزی و جنگلی شده است؛ به‌طوری که مساحت اراضی کشاورزی از ۳۴۰۱ هکتار در سال ۱۳۶۶ به ۳۰۵۶ هکتار (۳۴۳ هکتار) در سال ۱۳۹۴ و مناطق جنگلی از ۱۱۰۶ هکتار در سال ۱۳۶۶ به ۹۷۹ هکتار (۱۲۷ هکتار) در سال ۱۳۹۴ کاهش یافته است که براساس نتایج، به‌ترتیب ۳۰۶ و ۲۷ هکتار از زمین‌های کشاورزی و مناطق جنگلی به شهر تبدیل شده‌اند. همچنین توزیع مکانی رشد شهری در دوره اول طوری است که، بیشترین میزان رشد شهری به ترتیب در ناحیه شمال شرق و شرق و در دورهٔ دوم این رشد به ترتیب در ناحیهٔ غربی، شمال غربی و بخش‌های جنوبی منطقه رخ داده است.

همچنین، با توجه به نتایج جدول می‌توان بیان نمود که در هر سه دورهٔ مورد مطالعه کمترین وسعت کاربری مربوط به کاربری جنگل‌های دست‌کاشت بوده است که در سال ۱۳۶۶ برابر با ۱/۰۳ درصد (۵۰ هکتار) از مساحت منطقه بوده است و در سال ۱۳۹۴ به مقدار ۳/۹۸ درصد (۱۸۹ هکتار) رسیده است. به‌طور کلی از سال۱۳۶۶ تا سال ۱۳۸۹ کاربری مذکور با روند مشخصی رو به افزایش بوده است. به‌دلیل واگذاری زمین‌های جنگلی در دهه‌های پنجاه و شصت، دولت تصمیم به بازگیری این مناطق کرده و از این سال به بعد شروع به کاشت جنگل‌های سوزنی برگ کرده است که همان‌طور در جدول ۵ نشان داده شده است، در این‌دوران، ۱۴۹ هکتار از زمین‌های کشاورزی به‌جنگل‌های دست کاشت تبدیل شده است. همان‌طور که در جداول مشاهده می‌شود، نرخ تغییر کاربری‌ها برای کاربری‌های جنگل و کشاورزی جهت منفی دارند و شهر و فعالیت‌های اقتصادی مرتبط با آن، با گسترش خود سایر کاربری‌ها را به سود خود تغییر داده است.

بررسی عوامل و نیروهای محرکه رشد شهری

همانطور که در پیشینهٔ تحقیق اشاره شد تحقیقات بسیاری در مورد مدل‌سازی رشد شهر انجام گرفته است که هر یک از آن‌ها به نحوی سعی در کشف ارتباط بین رشد شهر و متغیّرها و مؤلفه‌های مؤثر در آن داشته‌اند، اما با توجه به ماهیت پویایی شهر و وابستگی بسیار زیاد آن به رفتارهای انسانی بررسی آن با بررسی پدیده‌های طبیعی مانند بیابان‌زایی، فرسایش یا خشکسالی بسیار متفاوت است. ضمن آنکه علل رشد هر شهر می‌تواند با سایر شهرها تفاوت‌های قابل تأملی داشته باشد و نمی‌توان برای رشد همه شهرها مدل واحدی ارائه کرد *(کاظم و همکاران، ۱۳۹۴: ۵۳)*.

با این حال، قبل از استفاده از آن‌ها در فرایند مدل‌سازی باید همبستگی متغیّرها با هم بررسی شود و از بین متغیّرهای با همبستگی بالا برخی را حذف و با توجه به‌سایر متغیّرها، اثر آن متغیّرها را هم بررسی نمود. این امر باعث کاهش حجم داده‌ها و کاهش حجم محاسبات مدل‌ها می‌شود. برای بررسی رابطه همبستگی بین متغیّرها از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی و محاسبهٔ کوواریانس بین متغیّرها می‌توان استفاده نمود. کوواریانس دو متغیّر، میزان تغییر آن‌ها را نسبت بیان می‌کند و مقادیر آن در گستره بین ۱- ۰ است که هر چه این عدد به یک نزدیک‌تر باشد، همبستگی بین متغیّرها بیش‌تر خواهد بود *(گلدوی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۷)*. سپس به‌منظور بررسی میزان و نحوهٔ اثر متغیّرها از مدل رگرسیون لجستیک که یک مدل آماری است استفاده گردید (شکل ۶). جدول ۶ و ۷ ضرایب هر یک از متغیّرها و معادله رگرسیون لجستیک را برای تهیه نقشه احتمال نشان می‌دهد. ضرایب مثبت نشان‌دهندهٔ ارتباط مستقیم بین متغیّرهای مستقل و متغیّر وابسته و ضرایب منفی نشان‌دهندهٔ ارتباط معکوس بین متغیّرهای مستقل و متغیّر وابسته‌اند.



شکل ۶: متغیّرهای مؤثر در رابطه با گسترش شهری در دورهٔ ۱۳۹۴-۱۳۷۹

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

جدول ۶: ضرایب متغیّرهای مؤثر در رابطه با گسترش شهری در سه دورهٔ زمانی مورد مطالعه

متغیّر	نام متغیّر	ضرایب متغیّرها		
		دوره ۱۳۷۹-۱۳۶۶	دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۹	دوره ۱۳۹۴-۱۳۶۶
X_1	ارتفاع	۰/۰۰۵	-۰/۰۱۹۹	-۰/۰۰۸
X_2	شیب	۰/۰۰۸۳	-۰/۰۳۰	-۰/۰۰۷
X_3	فاصله از جاده‌ها	-۰/۰۳۲۶	-۰/۰۲۱	-۰/۰۳۱۷
X_4	فاصله از رودخانه‌ها	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۴	-۰/۰۰۲۲
X_5	فاصله از لبه شهر	-۰/۰۱۴۱	-۰/۰۴۲۴	-۰/۰۱۵
X_6	فاصله از اراضی جنگلی	۰/۰۰۳۲	-۰/۰۰۸	-۰/۰۰۴۵
X_7	فاصله از جنگل دست‌کاشت	۰/۰۰۳	۰/۰۴۰۷	۰/۰۳۸۶
X_8	فاصله از اراضی کشاورزی	-۰/۴۴۱	-۰/۸۵۶	-۰/۷۰۷
X_9	فاصله از روستاها	۰/۰۱۳۱	-۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۵۶
X_{10}	فاصله از مرکز شهر	-۰/۰۱۱۵	-۰/۰۰۲	-۰/۰۱۱
X_{11}	فاصله از نواحی صنعتی	-۰/۰۰۵۵	-۰/۰۳۰۷	-۰/۰۲۶۵

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

جدول ۷: معادله‌های حاصل از اجرای مدل رگرسیون لجستیک

دوره زمانی	معادله
۱۳۶۶ -۱۳۷۹	$-۲/۵۹ + ۰/۰۰۵ X_1 + ۰/۰۰۸۳X_2 - ۰/۰۳۲۶X_3 + /۰۰۱۲ X_4 - ۰/۰۱۴۱X_5 + ۰/۰۰۳۲X_6 + ۰/۰۰۳X_7 - ۰/۴۴۱ X_8 + ۰/۰۱۳۱X_9 - ۰ /۰۱۱۵X_{10} - ۰/۰۵۵۵X_{11}$
۱۳۷۹-۱۳۹۴	$-۲/۷۱۸ - ۰/۰۱۹۹ X_1 - ۰/۰۳X_2 - ۰/۰۲۱X_3 + /۰۰۱۴ X_4 - ۰/۰۴۲۴X_5 - ۰/۰۰۸X_6 + ۰/۰۴۰۷X_7 - ۰/۸۵۶ X_8 - ۰/۰۰۰۵X_9 - ۰ /۰۰۲X_{10} - ۰/۰۳۰۷X_{11}$
۱۳۶۶ -۱۳۹۴	$۲/۵۵۴ - ۰/۰۰۸ X_1 - ۰/۰۰۷X_2 - ۰/۰۳۱۷X_3 - /۰۰۲۲ X_4 - ۰/۰۱۵X_5 - ۰/۰۰۴۵X_6 + ۰/۰۳۸۶X_7 - ۰/۷۰۷ X_8 + ۰/۰۱۵۶X_9 - ۰ /۰۱۱X_{10} - ۰/۰۲۶۵X_{11}$

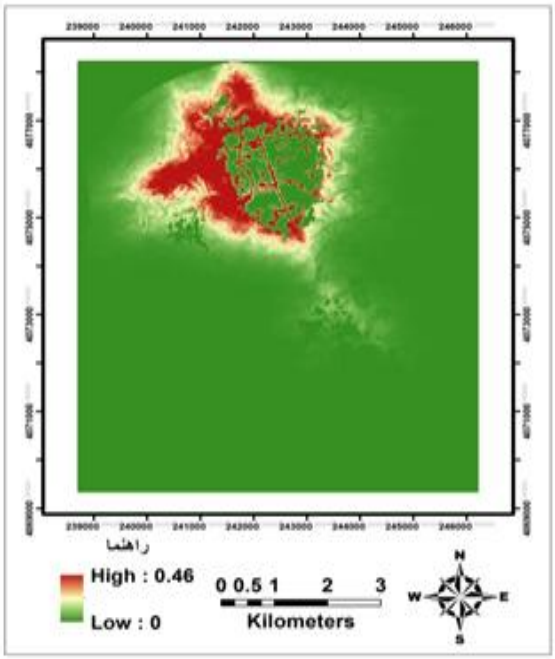
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

نتایج حاصل از مدل رگرسیون لجستیک حاکی از این واقعیت است که در دورهٔ ۱۳۷۹-۱۳۶۶، فاصله از اراضی کشاورزی دارای بیشترین تأثیر در رشد شهری بوده و سه متغیّر فاصله از از شبکه راه‌ها، فاصله از لبه شهر و نواحی روستایی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند که رابطه‌ای منفی با گسترش شهر داشته‌اند. به‌عبارتی دیگر با افزایش فاصله از این متغیّرها، رشد فضایی شهر کاهش یافته است. همچنین در این دوره رشد شهری به سمت شرق و شمال شرقی و تا حدودی شمال غربی در مسیر جاده اصلی گرایش پیدا می‌کند. به‌عبارت ساده‌تر، رشد شهری بیشتر به سمت شمال غربی و شمال شرقی، یعنی مکان‌هایی که در مسیر جاده اصلی ساری-مشهد و تراکم جمعیتی آن نسبت به مرکز شهر کمتر است سوق می‌یابد. همچنین در دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۹ نیز فاصله از اراضی کشاورزی دارای بیشترین ضریب تأثیر در توسعه کلاس شهری بوده و متعاقب آن فاصله از لبهٔ شهر، فاصله از جاده و فاصله از اراضی جنگلی دست‌کاشت قرار دارند. در این دوره رشد شهری بیشتر در جهت غربی سوق پیدا کرده است که این مسئله باعث وصل‌شدن روستای ولاغوز به حاشیه شهر کردکوی شده است. همچنین بررسی متغیّرها در

کل دورهٔ مورد مطالعاتی حاکی از آن است که فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از اراضی جنگلی دست‌کاشت، جاده و نواحی روستایی بیشترین تأثیر را در رشد شهری داشته‌اند. همچنین ارزیابی عملکرد رگرسیون با استفاده از دو شاخص $Pseudo\ R^2$ و ROC با مقادیر ۰/۳۷ و ۰/۹۳ برای دورهٔ اول ۰/۳۱ و ۰/۹۲ برای دوره دوم و ۰/۳۹ و ۰/۹۳ برای کل دورهٔ مطالعاتی، نشانگر برازش خوب رگرسیون و قابلیت تشریحی مناسب آن است.

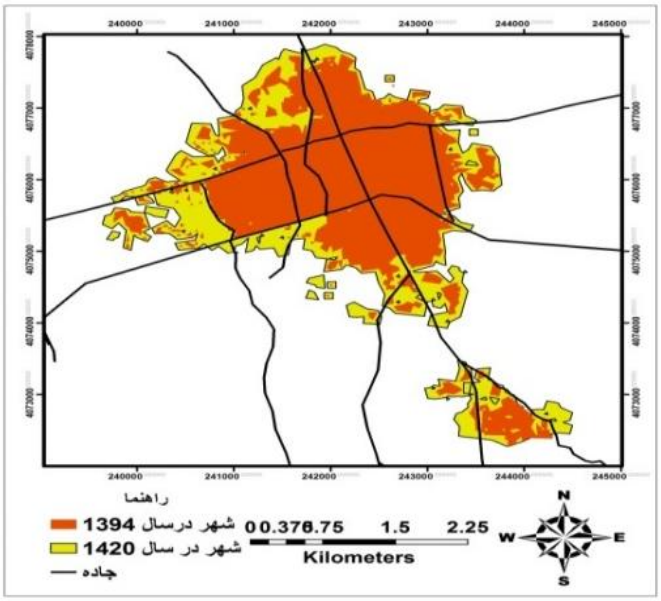
پیش‌بینی رشدشهری برای سال۱۴۲۰ با استفاده از مدل ژئومد

برای پیش‌بینی الگوی آیندهٔ رشد شهری در منطقه، نقشهٔ پیش‌بینی احتمال رشد حاصل از اجرای مدل رگرسیون‌لجستیک که برای دورهٔ زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹ تهیه شده بود، به کار گرفته شد. برای نمونه شکل ۷ نقشهٔ پیش‌بینی احتمالی حاصل از اجرای مدل رگرسیون لجستیک در دورهٔ زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹ را نشان می‌دهند. در این نقشه مقادیر بالا نشان‌دهندهٔ محل‌هایی با احتمال بالا برای تغییر کاربری و تبدیل به کاربری شهر در زمان مورد نظر است. سپس این نقشه با ماژول Rank رتبه‌بندی می‌شود *(گلدوی و همکاران،۱۳۹۴: ۱۰۸)* و پیکسل‌هایی که احتمال زیادی برای تغییر در دوره زمانی دارند، به‌طور جداگانه از این نقشه استخراج می‌شوند و به‌عنوان یکی از ورودی‌های مدل ژئومد برای پیش‌بینی رشد برای شرایط آینده به کار گرفته شدند. در نهایت با استفاده از مدل ژئومد و با بهره‌گیری از نقشه احتمال گسترش شهری به‌وجود آمده از رگرسیون لجستیک که براساس روابط متغیّرهای مؤثر در رابطه با گسترش شهری در دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۴ ایجاد شده است و همچنین وضعیت کلاس‌های کاربری که در اینجا نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۴ می‌باشد، رشد شهری برای سال ۱۴۲۰ پیش‌بینی شد. نتیجهٔنهایی در شکل ۸۹ نمایش داده شده است.



شکل ۷: نقشه پیش‌بینی احتمالی حاصل از اجرای مدل رگرسیون لجستیک در دورهٔ زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹

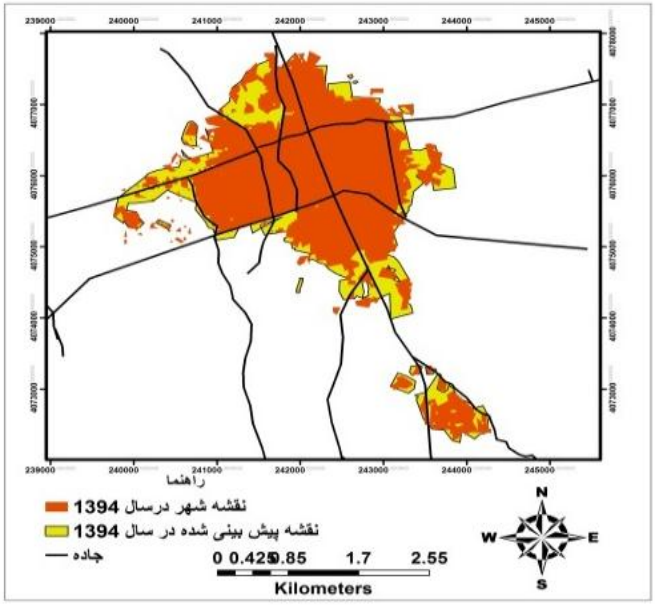
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۸: نقشهٔ پیش‌بینی مدل ژئومد برای کاربری شهر در دورهٔ ۱۴۲۰-۱۳۹۴

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

همچنین برای اعتبارسنجی مدل، پیش‌بینی میزان رشد شهری برای سال ۱۳۹۴ با استفاده از داده‌های سال ۱۳۶۶ و ۱۳۷۹ نقشه براساس مدل ژئومد نیز صورت گرفت. برای این کار، با استفاده از داده‌های سال ۱۳۶۶، نقشه احتمالاتی برای افق سال ۱۳۹۴ استخراج گردید و این نقشه به‌عنوان ورودی به‌مدل ژئومد برای پیش‌بینی شهر در سال ۱۳۹۴ استفاده شد. مقایسهٔ میان نقشه احتمالاتی سال ۱۳۹۴ با نقشه واقعیت‌کاربری زمین سال ۱۳۹۴، نشان‌دهندهٔ مطابقت ۸۱/۴ درصدی بین این دو نقشه است (شکل ۹).



شکل ۹: نقشهٔ پیش‌بینی مدل ژئومد برای کاربری شهر در دورهٔ ۱۳۹۴-۱۳۷۹

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

پیش‌بینی احتمالی مدل ژئومد در سال ۱۴۲۰، نشان‌دهندۀ کاهش اراضی طبیعی (جنگلی و کشاورزی) و درعوض افزایش اراضی ساخته‌شده است (شکل ۹). بدین ترتیب که مساحت اراضی کشاورزی از ۳۰۵۶ هکتار در سال ۱۳۹۴ به ۲۷۶۵ هکتار در سال ۱۴۲۰ و مناطق جنگلی از ۹۷۹ هکتار در سال ۱۳۹۴به ۹۷۴ هکتار در سال ۱۴۲۰ کاهش یافته است و درعوض مساحت شهر کردکوی به ۸۶۱ هکتار رسیده است که براساس نتایج، به ترتیب ۲۹۱ و ۵ هکتار از زمین‌های کشاورزی و مناطق جنگلی به شهر تبدیل شده‌اند. روند تغییرات کاربری نشان می‌دهد که پراکنده‌رویی در پی توسعۀ اراضی رخ داده و هم‌زمان منجر به تغییر کاربری اراضی (بالتبع تغییر کاربری اراضی در زمین‌های کشاورزی و باغات)، در منطقۀ شهری شده است. همچنین توزیع مکانی رشد شهری در دوره ۱۴۲۰-۱۳۹۴ نشان می‌دهد که بیشترین میزان رشد شهری به ترتیب در ناحیۀ غربی و شمال غربی منطقه مورد مطالعه رخ داده است که این مسئله باتوجه به رشد شهر کردکوی به‌طرف روستای ولاغوز و الحاق‌شدن این روستا به حاشیه شهر امری بدیهی و قابل انتظار است. همچنین در قسمت جنوبی منطقه شهری کردکوی نیز به‌علت شرایط آب و هوایی مناسب‌تر و تراکم جمعیتی کمتر، اراضی ساخته شده افزایش یافته است، اما به میزان گسترش اراضی ساخته شده در شمال غربی و غرب نیست. در شمال منطقۀ مطالعاتی نیز روند رشد بسیار آهسته‌ای مشاهده می‌شود که به‌دلیل دور شدن از جاده اصلی و مرکز شهر تنها شامل گسترش سکونت‌گاه‌های فعلی است. بدین ترتیب، روند پراکنده‌رویی در قسمت شمال غربی و غربی منطقۀ شهری کردکوی تأثیر به‌سزایی بر تغییر کاربری منطقه داشته است و متأسفانه تمامی این اراضی پیرامون شهر، از اراضی مستعد کشاورزی می‌باشند که به فضای مسکونی و سازه‌های شهری تبدیل می‌شوند. این مسئله نشان‌دهندۀ عواقب و خطرات زیاد محیط‌زیستی است که می‌تواند در آیندۀ نزدیک متوجه منطقۀ شهری کردکوی شود.

نتیجه

مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین راهی مؤثر جهت کسب اطلاعات در مورد نحوه تغییرات کاربری اراضی در طی زمان و همچنین عوامل مؤثر بر آن است. در این مطالعه، الگوی رشد شهری در منطقۀ کردکوی با مدل رگرسیون لجستیک در بازۀ زمانی ۲۸ ساله مدل‌سازی شد. نتایج حاصل از مدل رگرسیون لجستیک حاکی از این واقعیت است که نرخ رشد اراضی ساخته شده در دورۀ ۱۳۷۹-۱۳۶۶ بالتبع ناشی از فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از شبکه راه‌ها، فاصله از مرکز شهر و فاصله از نواحی روستایی و در دورۀ ۱۳۹۴-۱۳۷۹ نیز فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از لبه شهر، فاصله از جاده و فاصله از اراضی جنگلی دست‌کاشت مؤثر بوده است و در کل دوره مورد مطالعاتی فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از اراضی جنگلی دست‌کاشت، جاده و نواحی روستایی بیشترین تاثیر را در رشد شهری داشته‌اند. در ادامه، برای پیش‌بینی کاربری اراضی احتمالی منطقۀ شهری مطالعاتی، از مدل ژئومد بر پایۀ کاربری اراضی سال ۱۳۹۴ استفاده شد. در این روش بر مبنای تحولات کاربری اراضی در دوره‌های پیشین احتمال تغییر کاربری اراضی در سال ۱۴۲۰ تخمین زده شد. نتایج این مدل با روند تحول در واقعیت کنونی منطقه شباهت فراوانی دارد که براساس آن اراضی کشاورزی با سرعتی زیاد در حال کاهش و متعاقباً اراضی ساخته شده با سرعتی زیاد افزایش خواهد یافت. نتایج یافته‌ها نشان می‌دهد که ۱۷/۶ درصد از کاربری اراضی کشاورزی از سال ۱۳۶۶ تا ۱۴۲۰ به کاربری اراضی ساخته شده تبدیل شده است.

نتایج بر آمده از منطقهٔ شهری حاکی از سازگاری نتایج آن با یافته‌های گلدوی و همکاران (۱۳۹۴)، محمودزاده و خوشروی (۱۳۹۴) و کرم و همکاران (۱۳۸۹) مبنی بر رابطهٔ توسعهٔ اراضی ساخته شده و پراکنده‌رویی مناطق شهری است. براساس بررسی‌های بهرام سلمانی (۱۳۷۱)، اکثر شهرهای ایران، در مراحل اولیه شکل‌گیری باهدف استفاده از خاک‌های مرغوب به‌منظور زراعت، در میان اراضی زراعی استقرار یافته‌اند و به مرور زمان همراه با گسترش روستاها و تبدیل آن‌ها به شهر و سپس توسعهٔ شهرها، اراضی مرغوب زیر پیکر شهرها مدفون شده و درنتیجه بخش وسیعی از بهترین و با ارزش‌ترین اراضی بلافصل شهرها به زیر ساخت‌وساز رفته است که در منطقه مورد مطالعه نیز، روند گرایش‌های فضایی در توسعهٔ اراضی ساخته شده و تغییرات کاربری اراضی منجر به تخریب اراضی کشاورزی حاشیه شهری شده است. از مجموعه مطالب گفته شده می‌توان چنین دریافت که، روند پراکنده‌رویی در منطقهٔ شهری کردکوی تأثیر بسزایی بر تخریب اراضی کشاورزی داشته است. دلیل این امر را می‌توان در افزایش تراکم جمعیت شهری، محدودیت عرصه‌های فضایی شهر و قیمت پایین اراضی پیرامون شهر نسبت‌به اراضی شهری دانست که موجب گرایش افراد به سکونت در این اراضی می‌گردد، اما آنچه اهمیت دارد تأکید بر روند گرایش توسعهٔ فضایی پراکنده در اراضی کشاورزی و جنگلی این منطقهٔ شهری است که می‌تواند در آینده خسارت‌های جبران ناپذیری همچون برهم خوردن تعادل‌های محیط‌زیستی، کالبدی و اقتصادی را بر این منطقه وارد آورد. با توجه به وضعیت موجود و روند پیش‌روی در منطقهٔ شهری کردکوی، پیشنهادهای زیر به منزلهٔ راه‌حل‌های جلوگیری از توسعه فضایی پراکنده شهر در اراضی کشاورزی و جنگلی مطرح می‌شود.

پیشنهادات

با مشخص‌شدن الگوی احتمالاتی توسعه شهر کردکوی و تأثیر آن بر زمین‌های پیرامون، پیشنهاد می‌شود به‌منظور کاهش پراکنش کالبدی-فضایی نامناسب شهری به‌سمت پهنه‌های اکولوژیک و کنترل عطش ادغام نواحی مجاور روستایی در بافت شهری، جهت‌گیری‌های حال حاضر در حوزهٔ برنامه‌ریزی و مدیریت شهری متحول شود. بدین ترتیب، مجموعه‌ای از توصیه‌ها و راهبردهای اجرایی برای بهبود و حتی کاهش سرعت روند تخریب اراضی کشاورزی همچون اعمال روش‌ها و سیاست‌های کارآمد برای عدم ترویج سوداگری در خرید و فروش زمین در منطقهٔ شهری مورد نظر، نظارت سازمان‌های شهری و عدم ارائهٔ مجوز ساخت و پروانهٔ ساختمانی در محدودهٔ اراضی‌جنگلی و کشاورزی و اعمال جریمه‌های سنگین برای افراد متخلف، نوسازی بافت فرسوده به‌منظور افزایش تراکم افزایش مسکونی و استفاده از اراضی بایر و خالی در داخل شهر (توسعه میان‌افزا)، از طریق برنامه‌های مشارکتی و جلب همکاری شهروندان برای پاسخ‌گویی به‌نیاز جمعیت در حال رشد منطقه، پهنه‌بندی و آمایش اراضی حاشیه شهر به‌منظور جانمایی صحیح توسعه‌های آتی در اراضی باارزش کمتر، استفاده از شیوه‌های انبوه‌سازی و بلند مرتبه‌سازی (شهر فشرده) و اطلاع‌داشتن از روند توسعه آتی به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت برای کاهش تأثیرات پراکنده‌رویی بر کاربری زمین پیشنهاد می‌شود. راهکارهای پیشنهادی با افزایش فشردگی کالبدی و ممنوعیت ساخت‌وساز در اراضی کشاورزی و جنگلی سبب می‌گردد که کمترین آسیب‌ها متوجه کاربری باغات و اراضی کشاورزی در دهه‌های آینده گردد و توسعهٔ شهری کردکوی به‌سمت پایداری بیشتر سوق پیدا کند.

منابع

- آرخی، صالح؛ حسن فتحی‌زاد (۱۳۹۳). ارزیابی کارایی چهار روش شبکه عصبی مصنوعی در تهیه نقشه پوشش/کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM^+ (مطالعه موردی: سه منطقه دویرج، مهران و سرابله)، فصلنامه جغرافیا و توسعه. دوره ۱۲. شماره ۳۷. صفحات ۱۴۶-۱۳۳.
- آری‌آگا، ادوارد (۱۳۷۸). روش‌های تحلیل جمعیت، ترجمه فاروق امین مظفری. تبریز. انتشارات احرار.
- احمدی‌ندوشن، مژگان؛ علیرضا سفیانیان (۱۳۸۸). آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی شهر اراک، همایش ژئوماتیک ۸۸. سازمان نقشه برداری کشور. تهران.
- بهرام‌سلطانی، کامبیز (۱۳۷۱). مباحث و روش‌های شهرسازی، محیط‌زیست. مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.
- خاکپور، براتعلی؛ سعدالله ولایتی؛ سیدقاسم کیانژاد (۱۳۸۶). الگوی تغییر کاربری شهر بابل. مجلهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، دوره ۱۸. شمارهٔ ۹. صفحات ۶۴-۴۶.
- خداداد، مهدی؛ مهدیه نخعی؛ هانیه امیدزاده (۱۳۹۳). نقش شهرهای کوچک در برنامه‌ریزی توسعه منطقه‌ای (مطالعه موردی: استان گلستان)، فصل‌نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس. دوره ۶. شمارهٔ ۲۱. صفحات ۹۰-۷۶.
- داداش‌پور، هاشم؛ فردیس سالاریان (۱۳۹۴). تحلیل تأثیر پراکنده‌رویی بر تغییر کاربری زمین در منطقهٔ شهری ساری. پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، دورهٔ ۳. شماره ۲. صفحات ۱۶۳-۱۴۵.
- رهنما، محمدرحیم؛ مجتبی روستا (۱۳۹۲). تحلیل تغییر کاربری اراضی و چگونگی حفظ و نگهداری فضای سبز شهر جهرم درراستای توسعهٔ پایدار. فصل‌نامهٔ تحقیقات جغرافیایی. سال ۲۸. شمارهٔ ۲. صفحات ۱۲۶-۱۱۳.
- سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ حمیدرضا کامیاب (۱۳۸۸). سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم‌افزار ایدریسی. انتشارات مهر مهدیس. ۶۱۰ ص.
- شیعه، اسماعیل (۱۳۷۷). مقدمه‌ای بر مبانی برنامه‌ریزی شهری، انتشارات دانشگاه علم و صنعت. ۲۴۰ ص.
- صدرموسوی، میرستار؛ اکبر رحیمی (۱۳۹۱). تحلیلی بر توسعه کالبدی تبریز و تخریب اراضی کشاورزی و فضاهای سبز شهری. جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای. دورهٔ ۲. شمارهٔ ۴. صفحات ۱۰۹-۹۹.
- عزیزی‌قلاتی، سارا؛ کاظم رنگزن؛ ایوب تقی‌زاده؛ شهرام احمدی (۱۳۹۳). مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش رگرسیون لجستیک در مدل LCM (پژوهش موردی: منطقه کوهمره‌سرخی استان فارس)، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. دورهٔ ۲۲. شماره ۴. ۵۹۶-۵۸۵.
- علوی‌پناه، سیدکاظم؛ امیرهوشنگ احسانی؛ پرویز امیدی (۱۳۸۳). بررسی بیابان‌زایی و تغییرات اراضی پلایای دامغان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه و چندطیفی، مجله بیابان. دورهٔ ۹. شماره ۱. صفحات ۱۵۴-۱۴۳.
- طاهری، محمد؛ مهدی غلامعلی‌فرد؛ علیرضا ریاحی بختیاری؛ شاهین رحیم‌اوغلی (۱۳۹۲). مدل‌سازی تغییرات پوشش سرزمین شهرستان تبریز با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکف. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. سال ۴۵. شماره ۴. صفحات ۱۲۱-۹۷.
- کاظم، امیرحسین؛ فرهاد حسینعلی؛ علی‌اصغر آل‌شیخ (۱۳۹۴). مدل‌سازی رشد شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای متوسط مقیاس و مبتنی‌بر روش خودکاره‌های سلولی(مطالعهٔ موردی: شهر تهران). فصل‌نامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی. دورهٔ ۲۴. شماره ۹۴. صفحات ۵۸-۴۵.
- کامیاب، حمیدرضا؛ عبدالرسول سلمان‌ماهینی؛ سید محسن حسینی؛ مهدی غلامعلی‌فرد (۱۳۸۹). اتخاذ رهیافت اطلاعات محور با کاربرد روش رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی توسعهٔ شهری گرگان. محیط‌شناسی، دورهٔ ۳۶. شمارهٔ ۵۴. صفحات ۹۶-۸۹.
- کرم، امیر؛ شیلا حجه‌فروش‌نیا؛ حمیدرضا حکیمی (۱۳۸۹). مدل‌سازی فضایی گسترش شهری با استفاده از روش رگرسیون لاجستیک، (مطالعه موردی: شهر کرد. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی). دورهٔ ۱۴. شمارهٔ ۱۷. صفحات ۶۴-۴۱.

- گلدوی، سمیه؛ مرجان محمدزاده؛ عبدالرسول سلمان ماهینی؛ علی نجفی‌نژاد (۱۳۹۲). کاربرد مدل Geomod در مدل‌سازی تغییرات پوشش گیاهی و کاربری زمین، محیط زیست و توسعه. سال چهارم. شمارهٔ ۸. صفحات ۲۲-۱۳.
- گلدوی، سمیه؛ مرجان محمدزاده؛ عبدالرسول سلمان ماهینی؛ علی نجفی‌نژاد (۱۳۹۴). پیش‌بینی الگوی رشد شهری با به‌کارگیری مدل رگرسیون لجستیک در منطقهٔ گرگان، مجله آمایش سرزمین. دورهٔ هفتم. شمارهٔ اول. صفحات ۱۱۷-۹۵.
- محمودزاده، حسن؛ قهرمان خوشروی (۱۳۹۴). کاربرد رگرسیون لجستیک در مدل‌سازی توسعه شهری. مطالعه موردی: منطقهٔ شهری بناب، فصل‌نامه مطالعات شهری. دوره ۴. شمارهٔ ۱۴. صفحات ۴۶-۳۱.
- مرکز بهداشت شهرستان گرگان (۱۳۹۴). نتایج سرشماری سال ۱۳۹۴ واحد آمار مرکز بهداشت گرگان.
- Briassoulis, H (2009). Factors influencing land-use and land-cover change. Land cover, land use and the global change. Journal of encyclopaedia of life support systems (EOLSS), 1, 126-146.
- Brown, S., Hall, M., Andrasko, K., Ruiz, F., Marzoli, W., Guerrero, G., Masera, O., Dushku, A., & DeJong, B (2007). Baselines for land-use change in the tropics: application to avoided deforestation projects. Journal of Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 12(6), 1001-1022.
- Clark, W.A., & Hosking, P. L (1986). Statistical Methods for Geographers (Chapter 13). John Wiley & Sons publication, New York. 528 p.
- Costanza, R., & Ruth, M (1998). Using dynamic modeling to scope environmental problems and build consensus. Environmental management, 22(2), 183-195.
- Eastman, R. J 1(995). Idrisi for windows (Version 2) users Guide.Clark University, NewYork. 350P.
- Echeverria, C., Coomes, D. A., Hall, M., & Newton, A. C (2008). Spatially explicit models to analyze forest loss and fragmentation between 1312 and 2020 in southern chile. Ecological Modeling. (212): 439-449.
- Estoque, R. C (2013). Spatial Analysis of Ecosystem Service Value Changes in Baguio City, the Philippines, Based on Land Use/Cover Changes. PhD diss., Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Japan.
- Fang, S., Gertner, G. Z., Sun, Z., & Anderson, A. A (2005). The impact of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl. Landscape and urban planning, 73(4), 294-306.
- FAO (1995). Planning for sustainable use of land resources: towards a new approach. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Land and Water Bulletin 2, Rome. 60 p.
- Houet, T. & Hubert-Moy, L (2006). Modeling and projecting land-use and land-cover changes with a Cellular Automaton in considering landscape trajectories an improvement for simulation of plausible future states. Journal of EARSeL proceedings, 5(1), 63-76.
- Kirk, M (2004). Ensuring efficient land management in peri-urban areas. World Bank Report. *www.Inweb18.worldbank.org/ESSD/essdext.nsf*.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J (2014). Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons, New York, PP. 763.
- Liu, T., & Yang, X (2014). Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics. Journal of Applied Geography, 55, 42-54.
- Pontius Jr, R. G., Cornell, J. D., & Hall, C. A. S (2001). Modeling the spatial pattern of land- use change with GEOMOD2: Application and validation for CostaRica. Journal of Agriculture Ecosystems & Environment, 1775, 1-13.
- Pontius Jr, R. G., & Chen, H (2006). GEOMOD modeling, idrisi Andes help contents, Clark University, Massachusetts.
- Ramachandra, T. V., Bharath, H. A., Vinay, S., Joshi, N. V., Kumar, U., & Rao, K. V (2013). Modelling urban revolution in greater bangalore, India. In 30th Annual In-House Symposium on Space Science and Technology, ISRO-IISc Space Technology Cell, Indian Institute of Science, Bangalore, 7-8 November 2013.
- Salman Mahiny, A., & Turner, B. J (2003). Modeling past vegetation change through remote sensing and GIS: a comparison of neural networks and logistic regression methods. School of Resources, Environment and Society, the Australian National University, Canberra 0200, Australia.
- Sudhira, H.S., & Ramachandra, T.V (2007). Characterising Urban Sprawl from Remote Sensing Data and Using Landscape Metrics; 10th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Iguassu Falls, PR Brazil, July 1-13.
- Verburg, P., Schot, P., Dijst, M., & Veldkamp, A (2004). Land use change modelling: current practice and research priorities. GeoJournal, 61(4), 309-324.

Geography and Development
16nd Year-No.51 – Summer 2018
Received: 26/12/2016 Accepted: 11/10/2017

Urban Expansion Modeling Using Logistic Regression Method based on Geomod Model Case study: Kordkuy city

Dr. Kamran Shayesteh
Assistant Professor of Environmental Sciences
University of Malayer

Sahar. Abedian
Instructor of Agriculture and Natural Resources
University of Payam Noor, Kerman

Somayeh Galdavi
Ph.D Student of Environmental Sciences
University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Gorgan

Introduction

Nowadays, land use change is one of the major challenges that different countries of the world are faced with. Land use can be expressed as how humans use natural resources to meet their needs. Among all land uses, urban land use is considered as the main cause of changes in natural landscapes, which result in devastating environmental effects, such as the loss of agricultural and forest lands, water and air quality reduction, an increase in the volume of runoff, and so on. Therefore, monitoring and evaluating temporal and spatial changes in this land use category can be considered as an important step towards achieving sustainable development goals and reducing destructive effects on ecosystems. In this way, decision makers in the field of natural resources management as well as urban planners to expand sustainable development strategies need to be aware of the extent of land use changes and urban growth in the past, and predict the pattern of land use change in future periods to prevent some unpleasant changes on the environment. One of the most important strategies for understanding and analyzing spatial and temporal dynamics is the use of various models to identify, analyze and predict the behavior of these land uses over time. The Geomod model is one of applied models to predict land use changes.

Methods and Material

Kordkuy city is located between longitude 54° 6′ 53″ E and latitude 36° 47′ 51″ N. In order to simulate land use change using Geomod model, three steps are considered:
Land use change detection; Modeling of Transition Potentials; and Change Prediction and Modeling.

In the first step, Landsat satellite images were prepared in three periods of 1987, 2000, and 2015. Then, the geometric correction method with ground control points was used according to non-parametric method. In the next stage, the training samples were selected with high accuracy and appropriate distribution for the supervised classification based on the maximum likelihood algorithm. Then, the accuracy of the generated maps was determined. In the second step, it was necessary to estimate the potential for the transition of other land use to urban land use according to logistic regression model. Logistic regression is a statistical model that investigates the relationship between

the dependent and independent variables. In this research, the dependent variable is urban growth areas in the two study periods. Independent variables include digital elevation model, slope, distance from agricultural land, distance from natural forest, distance from the road, distance from the river, distance from industrial areas, distance from planting forest, distance from the edge of city, distance from village, and distance from city center. Also, to assess the goodness of fit for logistic regression model, Pseudo-R^2 and ROC statistics were used. In the third step, it is necessary to predict the pattern of urban growth in future periods based on Geomod model. The Geomod is a land use change model that simulates one-way change of a land use category into another land use category. There are two components in this model: the amount of change in land use and where the change in land use occurs. In order to obtain land use change, multi-temporal satellite images are used, and to model the locations of change, the relationship between the effective factors of degradation and land use change is investigated. Then, the Geomod model simulates the land use change location based on places that have the highest probability of transition.

Results and Discussion

In order to produce land use maps of the study area, satellite images were prepared for three periods of 1987, 2000, and 2015. In the next step, ETM^+, TM and OLI sensors are geometrically corrected with RMSE of 0.37, 0.26, and 0.17. Then, land use maps were prepared in four categories including forest land, agricultural land, planting forests, and residential areas using maximum likelihood algorithm. The Kappa coefficient of the land use maps of 1987, 2000, and 2015 was 0.74, 0.73, and 0.82, respectively which was totally acceptable. According to the results of the land use change detection, changes in land use have led to the growth of residential areas in over the studied period, so that 306 hectares of agricultural land and 27 hectares of forests land have changed into the residential areas. Also, the results of logistic regression model showed that in both periods of 1987-2000 and 2000-2015, the distance from agricultural lands had the greatest effect on urban growth. Also, assessment of goodness of fit of model using two Pseudo R^2 and ROC statistics with values of 0.37 and 0.93 for the first period, 0.31 and 0.92 for the second period, and 0.39 and 0.93 for the over studied period indicates a good fit of regression relationship. Then using the probability map of the urban growth in the second period and land use map in 2015, urban growth was predicted for 2040 using the Geomod model. Probable prediction of the Geomod model in 2040 indicates a decrease in forest land (5 hectares) and agricultural land (291 hectares), and increase in urban areas.

Conclusions

In this research, the urban growth pattern in Kordkuy city in 2040 was predicted using the Geomod model. The results of this prediction showed that agriculture land is declining at a rapidly and consequently rate, residential areas will increase with high rates, so that 17.6% of agricultural lands have changed into the residential areas from 1987 to 2040. The results showed that the dispersed trend in Kordkuy city has had a profound effect on the destruction of agricultural lands. The issue can be due to the increase in urban population density, the limitation of the spatial arenas of city, and the low price of city's marginal lands, which makes people tend to inhabit in these lands. But the important issue is that the emphasis on the trend of urban sprawl in the agricultural and forestry lands that could bring environmental and economic irrecoverable damage to the region in the future.

Keywords: Geomod, Land Use, Regression Logistic, Simulation, Land Use Change Detection.

References

- Ahmadi Nadoushan, M., & Soffianian, A (2009). Modelling urban change using Geomod model in Arak, Iran. National Geomatics Conference. National Cartographic Center, Tehran, Iran. (In Persian)
- Alavi Panah, S. K., Ehsani, A. H., & Omidi, P (2003). A study of desertification and change of Damghan playa lands using multi spectral and multi temporal data. Journal of Desert, 9(1), 143-154. (In Persian)
- Arekhi, S., & Fathizadeh, H (2014). A Study of desertification and modeling spatial pattern land use change at Dehloran desert area of Ilam province using Landsat imagery. Geographical Journal of Chashmandaz - e- Zagros, 2(5), 45-68. (In Persian)
- Arriage, E. E (2000). Population analysis with microcomputers. In: Farogh Amin Mozafari. Tabriz: Ahrar publication, 460 p. (In Persian)
- Bahram Sultani, K, (1371). Collection of Subjects and methods of urbanism, environment. Tehran: The Urbanism and Architecture Researches and Studies Center of Iran. (In Persian)
- Briassoulis, H (2009). Factors influencing land-use and land-cover change. Land cover, land use and the global change. Journal of encyclopaedia of life support systems (EOLSS), 1, 126-146.
- Brown, S., Hall, M., Andrasko, K., Ruiz, F., Marzoli, W., Guerrero, G., Masera, O., Dushku, A., & DeJong, B (2007). Baselines for land-use change in the tropics: application to avoided deforestation projects. Journal of Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 12(6), 1001-1022.
- Clark, W. A., & Hosking, P. L (1986). Statistical methods for geographers (Chapter 13). New York: John Wiley & Sons publication. 528 p.
- Costanza, R., & Ruth, M (1998). Using dynamic modeling to scope environmental problems and build consensus. Environmental management, 22(2), 183-195.
- Dadashpoor, H., & Salarian, F (2015). Analysis of the impacts of urban sprawl on land use changes in Sari city. Geographical Urban Planning Research Journal, 3(2), 145-163. (In Persian).
- Doygun, H (2008). Effects of urban sprawl on agricultural land: a case study of Kahramanmara, Turkey. Journal of Environmental Monitoring and Assessment, 158(1-4), 471-478.
- Eastman, R. J (1995). IDRISI for windows (version 2) users Guide. Worcester MA: Clark University. 350P.
- Echeverria, C., Coomes, D. A., Hall, M., & Newton, A. C (2008). Spatially explicit models to analyze forest loss and fragmentation between 1312 and 2020 in southern Chile. Ecological

- Estoque, R. C (2013). Spatial Analysis of Ecosystem Service Value Changes in Baguio City, the Philippines, Based on Land Use/Cover Changes. PhD diss., Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Japan.
- Fang, S., Gertner, G. Z., Sun, Z., & Anderson, A. A (2005). The impact of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl. Landscape and urban planning, 73(4), 294-306.
- FAO (1995). Planning for sustainable use of land resources: towards a new approach. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Land and Water Bulletin 2, Rome. 60 p.
- Galdavi, S., Mohammadzadeh, M., Salman Mahiny, A., & Najafi Nejad, A (2014). Application of Geomod in modelling vegetation and land use changes. Journal of Environment and Development, 4(8), 13-22. (In Persian)

- Galdavi, S., Mohammadzadeh, M., Salman Mahiny, A., & Najafi Nejad, A (2015). Predicting of urban growth pattern using logistic regression model in Gorgan area. Journal of Town and Country Planning, 7(1), 95-117. (In Persian)
- Gorgan Health Center (2016). Census results of Gorgan Health Statistics Center in 2016. (In Persian)
- Houet, T., & Hubert-Moy, L (2006). Modeling and projecting land-use and land-cover changes with a Cellular Automaton in considering landscape trajectories an improvement for simulation of plausible future states. Journal of EARSeL proceedings, 5(1), 63-76.
- Kamyab, H. R., Salman Mahiny, A., Hossini, S. M., & Gholamalifard, M (2010). A knowledge-based approach to urban growth modeling in Gorgan City using logistic regression. Journal of Environmental Studies, 36(54), 89-96. (In Persian)
- Karam, A., Hajjeforoush Nia, S., & Hakimi, H. R (2011). Urban expansion spatial modeling using logistic regression method (Case study: Shahrekord). Journal of Applied Researches in Geographical Science, 14(17), 41-64. (In Persian)
- Kazem, A. H., Hosseinali, f., & Ale Sheikh, A. A (2015). Urban expansion modeling using medium resolution satellite imagery based on cellular automata (Case study: Tehran city). Scientific Research Journal of Geographical Data, 24(94), 45-58. (In Persian)
- Khakpour, B., Velayati, S., & Kianejad, S. GH (2009). Land use change model for the city of Babol from 1982 to 1998. Journal of Geography and Regional Development, 5(9), 46-64. (In Persian).
- Khodad, M., Nakhaei, M., & Omidzadeh, H (2014). The role of small cities in regional development planning (case study: Golestan Province). Geographical Journal of Chashmandaz -e- Zagros, 6(21), 76-90. (In Persian).
- Kirk, M (2004). Ensuring efficient land management in Peri-urban areas. World Bank Report. www. Inweb 18.worldbank.org/ESSD/essdext.nsf.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J (2014). Remote sensing and image interpretation. New York: John Wiley & Sons. 763 p.
- Liu, T., & Yang, X (2014). Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics. Journal of Applied Geography, 55, 42-54.
- Mahmoud Zadeh, H., & Koshravi, GH (2015). Application of logistic regression in urban development modeling: the case study of Bonab urban region. Journal of Urban Studies, 4(14), 31-46. (In Persian).
- Pontius Jr, R. G., Cornell, J. D., & Hall, C. A. S (2001). Modeling the spatial pattern of land- use change with GEOMOD2: Application and validation for Costa Rica. Journal of Agriculture Ecosystems & Environment, 85(1-3), 191-203.
- Pontius Jr, R. G., & Chen, H (2006). GEOMOD modeling, IDRISI Andes help contents. Massachusetts: Clark University.
- Rahnama, M. R., & Rusta, M (2013). The analysis of change in land use and maintaining preserving green spaces of the Jahrom city for a sustainable development. Geographical Researches Journal. 28(2), 113-126. (In Persian).

- Ramachandra, T. V., Bharath, H. A., Vinay, S., Joshi, N. V., Kumar, U., & Rao, K. V (2013). Modelling urban revolution in greater Bangalore, India. In 30th Annual In-House Symposium on Space Science and Technology, ISRO-IISc Space Technology Cell, Indian Institute of Science, Bangalore, 7-8 November 2013.
- Sadrmosavi, M. S., Rahimi, A. (2012). Analysis of spatial expansion in Tabriz city and demolition of agriculture area and urban green spaces. Geography and Territorial Spatial Arrangement, 2(4), 99-109. (In Persian).
- Salman Mahiny, A., & Kamyab, H (2010). Applied remote sensing and GIS with Idrisi. Tehran: Mehr Mahdis publication. 610 p. (In Persian).
- Salman Mahiny, A., & Turner, B. J (2003). Modeling past vegetation change through remote sensing and GIS: a comparison of neural networks and logistic regression methods. School of Resources, Environment and Society, the Australian National University, Canberra 0200, Australia.
- Shieh, E (1999). Introduction to urban planning. Tehran: IUST Press. 240 p. (In Persian).
- Sudhira, H. S., & Ramachandra, T. V (2007). Characterizing Urban Sprawl from Remote Sensing Data and Using Landscape Metrics; 10th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Iguassu Falls, PR Brazil, July 11-13.
- Taheri, M., Gholamalifard, M., Riahi Bakhtiari, A., & Rahimoghli, S (2014). Land cover changes modeling of Tabriz town ship using Artificial Neural Network and Markov chain. Physical Geography Research Journal, 45(4), 97-121. (In Persian).
- Verburg, P., Schot, P., Dijst, M., & Veldkamp, A (2004). Land use change modelling: current practice and research priorities. GeoJournal, 61(4), 309-324.