

تحلیل عوامل رشد شهر ایلام با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک

صالح آرخی (استادیار سنجش از دور، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران)

arekhi1348@yahoo.com

براتعلی خاکپور (دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران)

khakpoor@um.ac.ir

بهنام عطا (کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، نویسنده مسئول)

b.behnamata@gmail.com

تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۰۲/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۱۸

صص ۱۷-۱

چکیده

این تحقیق با هدف پیش‌بینی پراکنش مکانی رشد شهر ایلام و به منظور ردیابی عوامل مؤثر بر رشد شهر صورت گرفت. در این بررسی تأثیر هفت فاکتور فاصله از جاده‌ها، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از مراکز آموزشی، فاصله از اراضی بایر و فاصله از پارک و باغ، شیب و جهت دامنه بر روی رشد شهر، مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه، برای بررسی تغییرات گستره شهر، داده‌های سنجنده MSS مربوط به سال ۱۳۵۵ و سنجنده TM مربوط به سال ۱۳۸۶ مورد پردازش و طبقه‌بندی قرار گرفتند. تصاویر مورد بررسی به دو کلاس شهر و غیر شهر طبقه‌بندی شدند و به منظور بررسی عوامل رشد، نقشه رشد شهر با متغیرهای مکانی فیزیوگرافی و انسانی وارد مدل شد. برای مدل‌سازی و برآورد پراکنش مکانی رشد شهر مورد مطالعه از روش آماری رگرسیون لجستیک استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که در طول ۳۱ سال حدود ۱۵۱۵ هکتار به سطح شهر اضافه شده است. با توجه به نتایج مدل‌سازی مشخص شد که در مناطق نزدیک به مرز پارک و باغ رشد شهری بیشتری صورت گرفته است. همچنین رابطه رگرسیونی نشان می‌دهد که متغیرهای فاصله از جاده‌ها، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از مراکز آموزشی، فاصله از اراضی بایر با رشد شهری رابطه معکوس داشته‌اند یعنی با افزایش این متغیرها میزان رشد شهر کاهش پیدا می‌کند. در نهایت، یک مدل مکانی ساده که توانایی پیش‌بینی پراکنش مکانی رشد شهر را با استفاده از رگرسیون لجستیک دارد، ارائه شد.

کلیدواژه‌ها: رشد شهری، رگرسیون لجستیک، GIS، شهر ایلام، مدل‌سازی.

۱. مقدمه

جهت ادراک بهتر فرایند تغییر، تعیین عوامل مؤثر و پیش‌بینی مناطق در معرض تغییر فراهم می‌آورد. مدل‌های شبیه‌سازی قانون-محور، مانند مدل شبکه خودکار برای مشارکت دادن آثار متقابل مکانی و بهره‌گیری از پویایی زمانی بسیار مطلوب هستند. اگرچه مدل‌های شبکه خودکار برای شبیه‌سازی الگوهای مکانی و درک فرایندهای مکانی-زمانی رشد شهری مفید هستند، اما وارد کردن متغیرهای اقتصادی-اجتماعی کافی در این مدل‌ها به دشواری انجام می‌شود. مدل‌های برآورد تجربی همانند مدل رگرسیون لجستیک از فنون آماری برای مدل‌سازی ارتباط بین تغییرات کاربری زمین و نیروهای اثرگذار بر اساس داده‌های گذشته استفاده می‌کنند و این توانایی را دارند که با سهولت نسبی متغیرهای بیشتری را وارد فرایند مدل‌سازی کنند. مدل رگرسیون لجستیک سه هدف اصلی را دنبال می‌کند. اول آن که امکان شناسایی متغیرهای مؤثر بر تغییرات مدل شده را فراهم می‌کند، چنانکه در این مطالعه، متغیرهای مستقل به عنوان عوامل اثرگذار بر رشد شهری مطرح می‌شوند. دوم آن که اهمیت نسبی متغیرهای شاخص را برآورد می‌کند و در آخر، مدل رگرسیون لجستیک برای شناسایی موقعیت تغییرات شهری در آینده‌ای نزدیک، مناسب است.

مدل رگرسیون به منزله برآورد تجربی با رویکرد اطلاعات محور امکان انتخاب متغیرهای مستقل متعدد را فراهم می‌آورد و در نتیجه در رفع مشکل استفاده از داده‌های متعدد مؤثر، بسیار کاراست. مدل‌های شبیه‌سازی بر پایه قانون انتقال در حل مسائلی از این

۱.۱. طرح مسئله

شهرها با توسعه فیزیکی خود از عوامل اصلی تغییر کاربری و پوشش اراضی هستند. شهرنشینی با ایجاد گسترده‌ترین دستکاری‌های بشری در چهره طبیعی زمین، شرایط زندگی ساکنان شهری را در معرض تهدید و نابودی قرار داده است. در هر حال، توسعه شهری و تغییرات الگوهای کاربری زمین باعث ایجاد تأثیرات گسترده اجتماعی و زیست‌محیطی می‌گردد. این تأثیرات شامل کاهش فضاهای طبیعی، افزایش تجمع وسایل نقلیه، کاهش اراضی کشاورزی با توان تولید بالا، تأثیر بر زهکشی‌های طبیعی و کاهش کیفیت آب است (پاوچارد و همکاران، ۲۰۰۶، ص. ۲۷۴؛ بلاو و ایروین، ۲۰۰۲، ص. ۲۲۰). این‌ها به نوعی با تغییر الگوهای کاربری زمین بر اثر فعالیت‌های انسانی مرتبطاند، لذا درک چگونگی تغییرات کاربری و پوشش زمین، چه از نظر کمیت تغییرات و چه از نظر الگوی مکانی آن به دلیل اثرات گسترده بر محیط‌زیست، چرخه‌های آبی، زیستگاه‌های طبیعی و مانند این‌ها، حیاتی به نظر می‌رسد. بنابراین درک و مدل‌سازی این تغییرات، موضوع مهمی برای مدیران محیط‌زیست، برنامه‌ریزان و مجریان شهری هست. همچنین رشد فیزیکی شهرها، اراضی مرغوب کشاورزی را بلعیده و از بین می‌برد.

مدل‌ها که نمایشی از دنیای واقعی هستند، در درک این تغییرات بسیار مؤثرند. مدل‌سازی الگوی مکانی تغییرات کاربری اراضی اطلاعات ارزشمندی را

استفاده کردند که در آن موقعیت و کمیت جنگل زدایی در حوزه آبخیز اِپسویچ^۴ پیش‌بینی شد. از تصاویر سال‌های ۱۹۷۱-۱۹۸۵ برای واسنجی و از تصاویر سال‌های ۱۹۸۵-۱۹۹۱ برای صحت‌سنجی مدل استفاده شد. مقدار (ROC)^۵ در مدل ۰/۷ و بالاترین ضریب کاپا ۰/۹۳ به دست آمد. مهم‌ترین متغیر نیز نزدیکی به مناطق مسکونی تشخیص داده شد. فانگ^۶ و همکاران (۲۰۰۵) رشد شهر پوریا^۷ در امریکا را در دوره زمانی هفت ساله با ترکیب رگرسیون لجستیک و سلول خودکار شبیه‌سازی کردند. رگرسیون لجستیک وزن متغیرهای مؤثر در مدل را برای تهیه نقشه پیش‌بینی احتمال تغییرات کاربری سرزمین به دست آورد.

ویو^۸ و همکاران (۲۰۰۶) از ترکیب مدل رگرسیونی و مارکف برای بررسی و مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین در بیجینگ^۹ چین استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان دهنده رشد چشمگیر کاربری شهری و کاهش مراتع طی سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱ بوده است. این تغییرات بیش از همه در مناطق شهری و حومه آن‌ها رخ داده است. هیو^{۱۰} و لو^{۱۱} (۲۰۰۷) از رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی رشد در آلتانتا طی دوره زمانی ۱۹۸۷-۱۹۹۷ استفاده کردند و دو گروه عامل اثر گذار شامل تراکم جمعیت، دسترسی به جاده‌ها و مراکز شهری با نسبت امتیاز کوچک‌تر

دست‌ناتوان هستند. به عنوان روش برآورد تجربی، رگرسیون لجستیک در بخش‌های مختلف کاربری زمین مانند تحلیل جنگل‌زدایی، گسترش کشاورزی استفاده شده است (گیوگین^۱ و همکاران، ۲۰۰۱، ص. ۲۵-۴۶). توسعه کالبدی-فضایی شهر ایلام با توجه به تحولات جمعیتی آن، نشان می‌دهد که این شهر طی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۰ همواره رو به گسترش بوده است. با توجه به این اصل که حداقل در ایران هیچ شهری نمی‌توانست وجود داشته باشد، مگر اینکه منابع بالفعل یا بالقوه محیطی شرایط توسعه آن را فراهم سازد، به دنبال رشد فیزیکی شتابان مجتمع‌های زیستی، بخش وسیعی از بهترین و بالطبع باارزش‌ترین اراضی بالفصل، که از دیرباز شرایط زیست‌محیطی لازم و کافی برای تجمع انسان‌ها در آن‌ها وجود داشته است، در معرض نابودی قرار می‌گیرد (محمدزاده، ۱۳۸۵، ص. ۹۳). شهر ایلام همچون سایر شهرهای ایران به دلیل دخل و تصرف‌های بی‌رویه در دهه‌های اخیر با تغییراتی مواجه بوده است. تعیین میزان تغییرات در طول ۳۱ ساله با استناد به اسناد معتبر و گویا با نام تصاویر ماهواره‌ای هدف این بررسی را تشکیل می‌دهد. در راستای هدف پژوهش، سؤال اصلی تحقیق به شرح ذیل است:

رشد شهر ایلام متأثر از چه عواملی است؟

۱.۲. پیشینه پژوهش و مبانی نظری

شنیدر^۲ و پونتیسوس^۳ (۲۰۰۱) از رگرسیون

لجستیک و ارزیابی چند معیاره برای توسعه مدلی

1. Geoghegan
2. Schneider
3. Pontius

4. Ipswich
5. Relative operative characteristic
6. Fang
7. Peoria
8. Wu
9. Beijing
10. Heu
11. Lu

از یک و فاصله از مراکز بزرگ فروشگاهی، جنگل‌ها، علفزارها را با نسبت امتیازی بزرگتر از یک تشخیص دادند. اونت-والدویسو^۱ و سندرا^۲ (۲۰۱۰) تغییرات کاربری سرزمین در حوزه آبخیز کاتمایا^۳ را با استفاده از رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی مصنوعی مدل‌سازی کردند. آن‌ها از تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۸۶ و ۱۹۹۶ برای مدل‌سازی پوشش زمین سال ۲۰۰۱ استفاده کردند. نتایج به دست آمده با روش رگرسیون لجستیک در مقایسه با روش شبکه عصبی مصنوعی با نقشه واقعیت زمینی سال ۲۰۰۱ مطابقت بیشتری داشت.

رنجبر (۱۳۸۱)، با تجزیه و تحلیل و برآورد تخریب جنگل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و GIS در جنگل‌های ارسباران با هدف ارزیابی و مطالعه میزان جنگل‌های تخریب شده و بررسی مشخصه‌های مختلف بر تخریب جنگل با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، تحقیقی را انجام داد و نتیجه گرفت که عوامل ارتفاع از سطح دریا، فاصله از مراکز جمعیتی و جهت دامنه به عنوان مشخصه‌های مؤثر بر تخریب یا عدم تخریب جنگل می‌باشد. ایشان بیان می‌دارد که با افزایش ارتفاع و فاصله از مناطق مسکونی میزان تخریب کمتر و در جهت جنوبی تخریب بیشتری مشاهده شد. همکاران (۱۳۸۵)، به بررسی روند تغییرات گستره جنگل و ارتباط آن با عوامل فیزیوگرافی و انسانی در جنگل‌های غرب کشور پرداخت. به این منظور از روش همبستگی اسپیرمن و مدل رگرسیون لجستیک استفاده شد. نتایج روش

همبستگی اسپیرمن نشان داد فاصله از جاده رابطه عکس با پدیده تخریب داشته است. نتایج بررسی با مدل رگرسیون لجستیک با ضریب تبیین ظاهری و تطبیق شده برابر با ۰/۳۷ نشان داد که فاصله از جاده، مؤثرترین عامل تخریب در منطقه است. ارسنجانی و همکاران (۲۰۱۳) مدل‌سازی رشد، توسعه شهر تهران را برای سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۶ با استفاده ترکیبی شامل رگرسیون لجستیک، مارکوف و سلول‌های خودکار بررسی کردند. آن‌ها به صحت ۸۹ درصد دست یافتند که نشان‌دهنده دقت بالای مدل بود و همچنین، بیان داشتند که رشد زیادی در دهه‌های آینده در حاشیه غربی تهران رخ خواهد داد. باقری و شتابی (۲۰۱۰) از رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی کاهش گستره جنگل در حوزه آبخیز چهل چای استان گلستان استفاده کردند. برای بررسی ارتباط مکانی کاهش جنگل با عوامل فیزیوگرافی و انسانی از رگرسیون لجستیک با متغیرهای شیب، جهت، ارتفاع و متغیرهای انسانی فاصله از جاده، روستا و مقدار جمعیت استفاده کردند. ضریب ROC در این مطالعه ۰/۷۲ به دست آمد که نشان‌دهنده توافق نسبی مدل به دست آمد با نقشه کاهش گستره جنگل است. کامیاب و همکاران (۲۰۱۰) توسعه شهر گرگان را طی دوره ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱، با استفاده از رگرسیون لجستیک، پیش‌بینی کردند و بیان داشتند که زمین‌های مرتعی و زراعی نقش مهمی در تبدیل به اراضی مسکونی در گرگان دارند.

اکثر شهرهای ایران در مراحل اولیه شکل‌گیری، با هدف استفاده از خاک‌های مرغوب برای زراعت، در کنار و یا در میان اراضی مرغوب زراعی استقرار

1. Oñate-Valdivieso
2. Sendra
3. Caamayo

یافته‌اند و به مرور زمان همراه با گسترش روستاها و تبدیل آن‌ها به شهر و سپس توسعه شهرها، اراضی مرغوب زیر پیکر شهرها مدفون شده و فعالیت‌های زراعی ناگزیر به سمت اراضی نامرغوب عقب نشسته است (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، ص. ۱۹). در سال‌های اخیر در اکثر نقاط جهان، فعالیت‌های انسانی اصلی‌ترین نیروی اثرگذار در تغییرات کاربری و پوشش زمین و توسعه شهری بوده است (پان^۱ و همکاران، ۱۹۹۹؛ جانگمن^۲ و همکاران، ۱۹۹۸). بنابراین، ترکیبی از عوامل انسانی در کنار عوامل زیستی-فیزیکی در استخراج الگوهای توسعه شهری بسیار با اهمیت است (اسلویت^۳ و دی جانگ^۴، ۲۰۰۷). یکی از آثار این توسعه کالبدی، گسترش در حاشیه شهر یا منطقه ده-شهرها و آن سوی مرزهای اداری شهرهاست. این توسعه شهری به سوی مناطق بیرونی پیش رفته و موجب تغییراتی در کاربری اراضی پیرامونی آن می‌شود (شیعه، ۱۳۷۷، ص. ۶۵). توسعه فیزیکی شهر فرایندی پویا و مداوم است که طی آن محدوده شهر و فضای کالبدی آن در جهات عمودی و افقی از حیث کمی و کیفی افزایش پیدا می‌کند و اگر این روند سریع و بی‌برنامه باشد، فضا و کالبد شهر را با مشکل مواجه خواهد ساخت (حیسی و دیگران، ۱۳۸۶، ص. ۱۴). طی چند دهه گذشته جمعیت شهرها و به تبع آن مساحت آن‌ها به سرعت رشد یافته‌اند. تغییرات در محدوده مناطق شهری می‌تواند اثرات زیست‌محیطی در مقیاس محلی،

منطقه‌ای، ملی و حتی بین‌المللی به دنبال داشته باشد. شهرها در مسیر توسعه فیزیکی خود به طور عمده روستاها و اراضی کشاورزی اطراف را مورد هدف قرار می‌داده و در همان جهات رشد سریع‌تری خواهند داشت. از این رو در طی دهه‌های اخیر، در سرشماری‌ها نام تعدادی روستا از فرهنگ آبادی‌ها حذف می‌شود و به‌جز روستاهایی که خالی از سکنه می‌شوند، تعدادی روستا در شهر ادغام شده و هم‌اکنون بخشی از شهر محسوب می‌شوند (محمدی، ۱۳۵۱، ص. ۱۲۹). مدل رگرسیون لجستیک سه هدف اصلی را دنبال می‌کند. اول آن که امکان شناسایی متغیرهای مؤثر بر تغییرات مدل شده را فراهم کند. چنانکه، متغیرهای مستقل به عنوان عوامل اثرگذار بر توسعه شهری مطرح می‌شوند. دوم آنکه اهمیت نسبی متغیرهای شاخص را برآورد می‌کند و در آخر مدل رگرسیون لجستیک برای شناسایی موقعیت تغییرات شهری در آینده‌ای نزدیک، مناسب است.

۲. روش شناسی تحقیق

۱.۲. روش تحقیق

روش تحقیق در پژوهش حاضر توصیفی-تحلیلی است. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای لندست (MSS) به تاریخ ۱۳۵۵/۳/۱۱، لندست (TM) به تاریخ ۱۳۸۶/۴/۸، عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ (۱۳۵۸)، و نقشه کاربری اراضی ۱:۲۵۰۰۰۰ (۱۳۷۷) استفاده شده است. در ضمن، از نرم‌افزارهای ENVI 4.7 و IDRISI Selva 4.7 برای پردازش داده‌ها، بارسازی، مدل‌سازی و خروجی گرفتن و از

1. Pan
2. Jongman
3. Sluiter
4. De jong

نهایت، تصاویر ایجاد شده با نقشه پایه هماهنگی لازم را پیدا نموده‌اند.

۲.۱.۳. تصحیح رادیومتریکی

تصحیح رادیومتریکی در سنجش از دور از ضروریات است. حذف آثار سوء جوی زمانی بیشتر احساس می‌شود که هدف مقایسه تصاویر چند زمانه باشد (مسگری، ۱۳۸۱). در تحقیق حاضر برای تصحیحات رادیومتریکی تصاویر از روش چاوز که عبارت از روش کم کردن ارزش پیکسل‌های تیره^۶ است، استفاده شد و ارزش پیکسل‌های تیره در تصویر کاهش داده شد تا فرایند طبقه‌بندی از صحت بالایی برخوردار باشد (چاوز^۷، ۱۹۹۶، ص. ۱۰۲۵-۱۰۳۶). در ضمن، تصحیح توپوگرافیک^۸ روی این تصویر قبلاً^۹ انجام گردیده است.

۲.۱.۴. ارزیابی دقت نقشه‌ها

به منظور ارزیابی دقت نقشه‌های تولید شده با توجه به آشنایی با منطقه مورد مطالعه و به کمک تفسیر چشمی تصویر رنگی کاذب (MSS۳۲۱) و (TM۴۳۲) اقدام به جمع‌آوری نمونه‌های تعلیمی با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه (۱:۲۵۰۰۰۰) متعلق به سال‌های ۱۳۵۵ و ۱۳۸۶ گردید و در نهایت با استفاده از روش پیشنهادی دلایان و اسمیت (دلایان^۹ و اسمیت^{۱۰}، ۱۹۹۹، ص. ۱۴۶۱-۱۴۸۶). صحت نقشه‌های تولیدی ارزیابی گردید (رابطه ۱).

روش حداکثر احتمال^۱ برای طبقه‌بندی کاربری‌ها، از مقایسه پس از طبقه‌بندی^۲ برای بررسی تغییرات کاربری‌ها و مدل رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی تغییرات استفاده شده است؛ در حالی که رگرسیون چندگانه و لجستیک ارتباط بین چند متغیر مستقل با یک متغیر وابسته سنجیده می‌شود

۲.۱.۲. تصحیح هندسی تصاویر

در مرحله ابتدایی پردازش تصاویر اقدام به اعمال تصحیح هندسی بر روی تصاویر شد و تصویر TM سال ۱۳۸۶ با استفاده از روش نقشه به تصویر با استفاده از تعداد ۳۷ نقطه کنترل زمینی بر روی لایه-های وکتوری جاده‌ها و آبراهه‌های استخراج شده از نقشه توپوگرافی انتخاب و نقاط متناظر آن‌ها بر روی تصویر تعیین شد و پس از به کارگیری روش ناپارامتری چندجمله‌ای^۳ و حذف نقاط نامناسب، تصحیح هندسی با تعداد ۲۸ نقطه کنترل زمینی و میزان خطای ریشه میانگین مربعات ۰/۳۸ پیکسل صورت گرفت. همچنین عمل نمونه‌گیری مجدد با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه^۴ به منظور جلوگیری از تغییر ارزش‌های طیفی تصاویر به کار گرفته شد. جهت تصحیح هندسی تصویر MSS نیز پس از اصلاح تصویر TM، با استفاده از روش تصویر به تصویر و با ۳۰ نقطه کنترل زمینی و خطای ۰/۴۰ این تصحیح انجام گرفت است. در ضمن، جهت یکسان‌سازی قدرت تفکیک مکانی تصاویر، از گزینه ریسایز^۵ در نرم‌افزار ENVI استفاده گردیده است. در

6. Dark object subtraction
7. Chavez
8. Orthorectification
9. Dellepian
10. Smith

1. Maximum Likelihood
2. Post Classification
3. Nonparametric Polynomial
4. Nearest Neighbor
5. Resize

از اتوکد ۲۵۰۰:۱ تهیه شده، استفاده شد و این نقشه‌ها به ساختار رستری تبدیل گردید تا برای استفاده در تجزیه و تحلیل‌های مکانی مناسب باشند. لازم به یادآوری است که با استفاده از توابع فاصله‌ای^۱ لایه‌های فاصله از جاده‌ها، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از آموزشی، فاصله از اراضی بایر و فاصله از پارک و باغ تهیه و به طبقات معین طبقه‌بندی گردیدند.

۲.۱.۶. تجزیه و تحلیل داده‌های با رگرسیون

لجستیک

مدل رگرسیونی مدلی آماری است که در آن رابطه بین یک پدیده (متغیر وابسته) و برخی از عوامل آن (متغیرهای مستقل) بر مبنای یک سری از مقادیر مشاهداتی تعریف می‌گردد. مدل رگرسیون لجستیک نوع خاصی از مدل‌های رگرسیونی است که در آن متغیر وابسته دو حالتی است و فقط مقادیر صفر یا یک را اختیار می‌کند (مسگری و رنجیر، ۲۰۰۳، ص. ۳). فرض اساسی رگرسیون لجستیک این است که احتمال این که متغیر وابسته مقدار یک (پاسخ مثبت) بپذیرد از منحنی لجستیک تبعیت می‌کند و مقدار این احتمال را می‌توان از رابطه زیر (رابطه ۳) برآورد نمود (استمن^۲، ۲۰۰۲، ص. ۱۶۵).

$$P(Y) = 1/X = \frac{\exp \sum BX}{1 + \exp \sum BX}$$

که در آن:

P: احتمال این که متغیر وابسته یک شود

1. Distance
2. Eastman

$$O.A = \frac{\sum_{i=1}^c E_{ii}}{N}$$

در این رابطه: O.A دقت کل، N تعداد کل پیکسل‌های معلوم، E_{ii} اعضای قطری ماتریس خطا و دقت کلاس طبقه‌بندی است. همچنین ضریب کاپا از رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$K = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} * 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

۲.۱.۵. تهیه نقشه‌های فاکتورهای مؤثر در رشد

شهر

از مهمترین عوامل مؤثر در روند رشد شهر، عوامل طبیعی و انسانی می‌باشد (مسگری، ۱۳۸۱: ۳-۱). در این تحقیق نقشه شیب و جهت دامنه به عنوان عوامل طبیعی مؤثر در تغییرات و فاصله از جاده‌ها، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از مراکز آموزشی، فاصله از اراضی بایر و فاصله از پارک و باغ به عنوان نقش عوامل انسانی در وقوع تغییرات مد نظر قرار گرفت. در این راستا نقشه عوامل فوق با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.3 و IDRISI Selva در محیط GIS تهیه شده و جهت تجزیه و تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. برای تهیه نقشه‌های طبقات شیب و جهت دامنه، مدل رقومی ارتفاع منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. برای تهیه این مدل ارتفاعی ابتدا منحنی میزان‌های ۲۰ متری از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ رقومی شده و وارد محیط GIS گردید. برای تهیه هر یک از نقشه‌های مشخصه‌های انسانی از جمله فاصله از جاده‌ها، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از مراکز آموزشی، فاصله از اراضی بایر و فاصله از پارک و باغ

مدل شدند. سپس با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، مدل پیش‌بینی احتمال رشد شهر به همراه نقشه مقادیر احتمال گسترش شهر (رشد) در شهر (در دامنه ۰ تا ۱) تولید شد.

۲. ۱. ۷. خروجی‌های مدل رگرسیون لجستیک

نقشه احتمال پیش‌بینی: این نقشه میزان احتمال تغییر کاربری را با توجه به متغیر وابسته در آینده بیان می‌کند. در این تصویر هر سلول دارای یک ارزش است که میزان آن مبین احتمال تغییر کاربری آن سلول در آینده است.

شاخص Pseudo-R²: شاخص Pseudo-R² بر مبنای قاعده نسبت احتمال، نیکویی برازش در رگرسیون لجستیک را آزمون می‌کند و مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۵):

$$\text{Pseudo-R}^2 = 1 - (\log(\text{likelihood}) / \log(L0)) \quad (5)$$

که در آن:

likelihood: مقدار تابع احتمال در حالتی که مدل به صورت کامل برازش یابد.

L0: مقدار تابع احتمال در حالتی که تمام ضرایب به غیر از عرض از مبدأ صفر باشند. بر خلاف R² در رگرسیون معمولی، Pseudo-R² بیانگر نسبت واریانس تبیین شده توسط مدل نیست، بلکه این شاخص میزان وابستگی میان داده‌های تجربی و خروجی مدل رگرسیونی را نشان می‌دهد، از این رو مقدار آن عموماً خیلی پایین‌تر از R² است. Pseudo-R² مساوی با یک بیانگر برازش کامل و Pseudo-R² برابر با صفر به معنای عدم وجود رابطه معنادار بین

X: متغیرهای مستقل (X=x₁, x₂, x₃... x_k)
B: ضرایب متغیرهای مستقل (b₁, b₂, b₃... b_k) که با بکارگیری تخمین حداکثر احتمال (MLE)^۱ تعیین می‌گردد.

فرضیات رگرسیون لجستیک عبارت‌اند از: متغیر وابسته (Y) دو حالتی است و فقط مقادیر صفر یا یک اختیار می‌کند، متغیر وابسته (Y) به K متغیر مستقل وابسته است و رابطه بین این دو نوع متغیر غیر خطی است و از منحنی لجستیک تبعیت می‌کند (استمن^۲، ۲۰۰۲، ص. ۱۶۵). به منظور خطی‌سازی رابطه بالا تغییر لگاریتمی روی آن صورت می‌گیرد و به صورت رابطه ۴ حاصل می‌شود.

$$\text{Loge}(P/(1+P)) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + \text{error term} \quad (4)$$

این تغییر لگاریتمی سبب می‌شود احتمال پیش‌بینی شده در دامنه ۰ تا ۱ پیوسته باشد و خروجی مدل به صورت یک نقشه پیش‌بینی مکانی احتمال رشد شهر ارائه شود.

در این مطالعه، به منظور مدل‌سازی افزایش گستره شهر (رشد) و در نهایت تهیه نقشه گسترش احتمال رشد، عوامل‌های فاصله از جاده‌ها، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از مراکز آموزشی، فاصله از اراضی بایر و فاصله از پارک و باغ، شیب و جهت دامنه به عنوان متغیرهای مستقل و پیوسته و مرتبط با رشد (رضایی بنفشه و همکاران، ۱۳۸۶؛ رنجبر، ۱۳۸۱) و مناطق ساخته شده (رشد کرده) به عنوان متغیر وابسته وارد

زاگرس چین خورده قرار گرفته و امتداد ناهمواری‌ها به تبعیت از سیستم زاگرس، شمال غربی - جنوب شرقی است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان ایلام، ۱۳۸۵). میانگین بارش سالانه آن حدود ۶۱۶ میلی‌متر می‌باشد (نجفی، ۱۳۸۹، ص. ۹).

۳. یافته‌های تحقیق

تصحیح هندسی تصاویر با میزان خطای ریشه میانگین مربعات (RMSE) حدود ۰/۳۹ پیکسل ثبت شد و با روی هم‌گذاری لایه‌های خطی رودخانه‌ها بر روی تصویر تطابق یافته، دقت بالای عمل تطابق هندسی مورد تأیید قرار گرفت. نتایج ارزیابی دقت نقشه‌های طبقه‌بندی در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به مقادیر بالای ۹۰ درصد دقت کل، می‌توان از این نقشه‌ها برای تهیه نقشه رشد شهر ایلام استفاده کرد.

جدول ۱. نتایج ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر

تصویر TM		تصویر MSS	
ضریب کاپا	دقت کل	ضریب کاپا	دقت کل
۰/۹۹	٪۹۴	۰/۹۸	٪۸۶

(مأخذ: یافته‌های تحقیق)

پس از پردازش تصاویر ماهواره‌ای، نقشه میزان و موقعیت پراکنش سطوح شهری در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۵۵ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MSS و سال ۱۳۸۶ با استفاده از تصاویر TM تهیه گردید (اشکال ۲ و ۳).

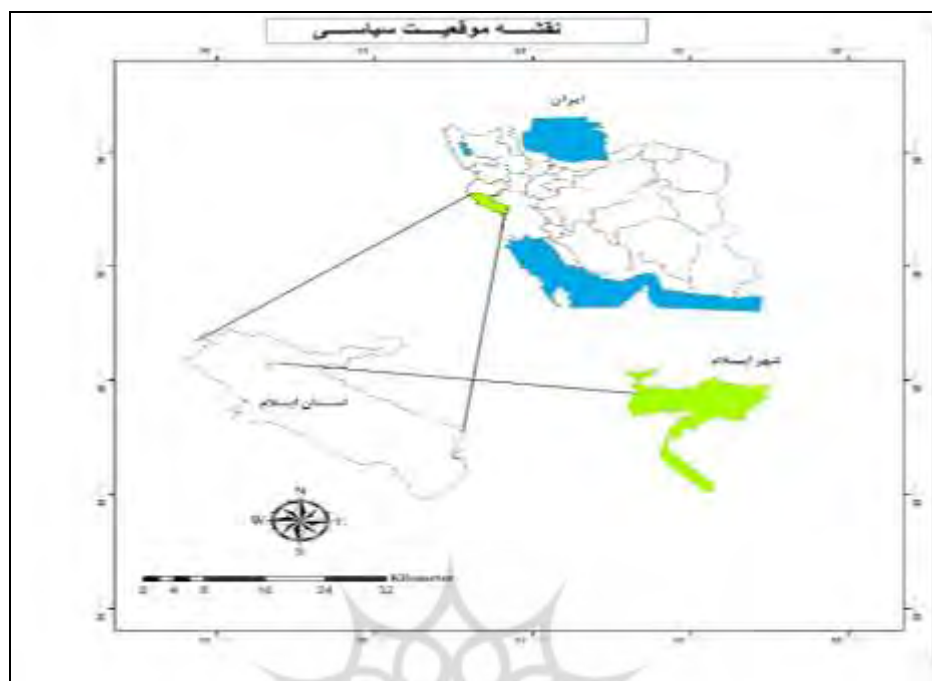
متغیرهای مستقل و وابسته است. در مطالعات مکانی Pseudo-R² بزرگ‌تر از ۰/۲ را می‌توان نشانگر یک برازش نسبتاً خوب دانست (کلارک^۱ و هوسکینگ^۲، ۱۹۸۶، ص. ۵۲۸).

ROC: کارایی مدل رگرسیون لجستیک را می‌توان با شاخص ROC (مشخصه عملکرد نسبی) نیز ارزیابی نمود. این شاخص در ارزیابی مدل‌های اکولوژیک توسط (لیاو و مک گی^۳، ۲۰۰۳) بیان شده و در تحقیقات متعددی از آن در بررسی کارایی مدل‌های تغییر کاربری استفاده شده است (روسیتور و لوزا^۴، ۲۰۱۰، ص. ۱۹). معیار به صورت عددی بین ۰-۱ بیان می‌شود که از منحنی ROC بیان می‌شود. ارزش یک برای میزان ROC نشان دهنده توافق کامل مکانی بین نقشه رشد شهری پیش‌بینی شده و میزان واقعی رشد شهری است. ارزش ۰/۵ برای این معیار بیان‌کننده تصادفی بودن موقعیت است (هی و لو^۵، ۲۰۰۷، ص. ۶۶۷-۶۷۸). و نشان می‌دهد ارزش سلول‌ها در نقشه احتمال پیش‌بینی به صورت موقعیت‌های تصادفی ایجاد گشته است.

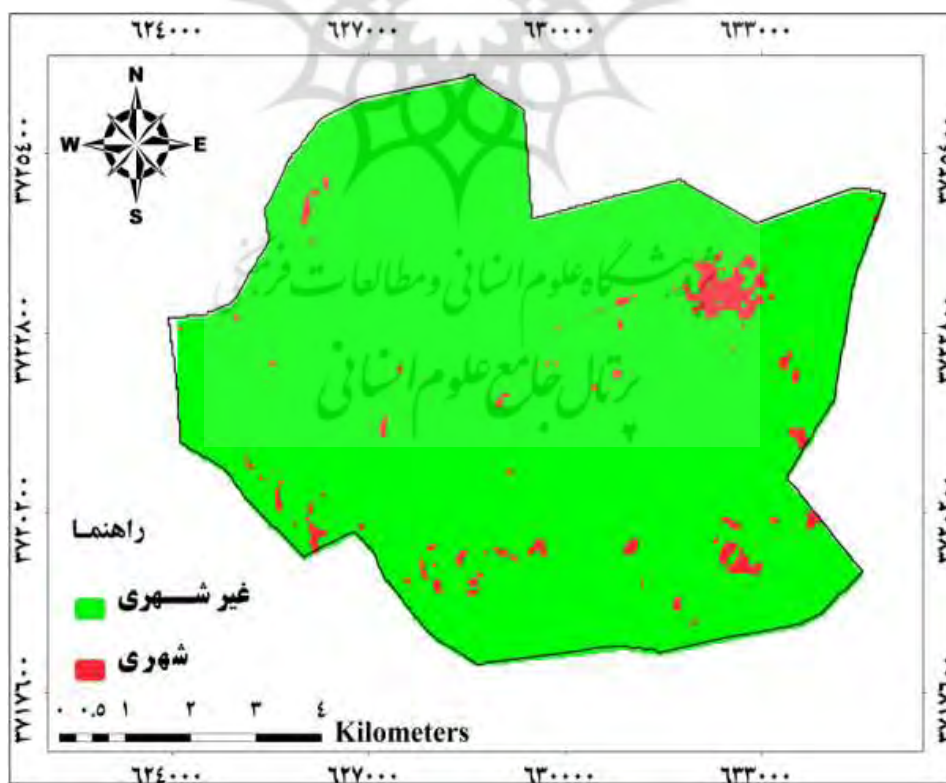
۲.۲. معرفی شهر مورد مطالعه

شهر ایلام در مرکزیت استان ایلام در مختصات جغرافیایی ۲۵' ۴۶" طول شرقی و ۳۸' ۳۳" عرض شمالی واقع شده است. منطقه مورد مطالعه محدوده-ای به وسعت ۶۱۹۳/۷۷ هکتار در استان ایلام و ارتفاع مرکز شهر ۱۴۴۰ متر از سطح دریا می‌باشد (شکل ۱). منطقه ایلام از نظر تقسیمات زمین‌شناسی در بخش

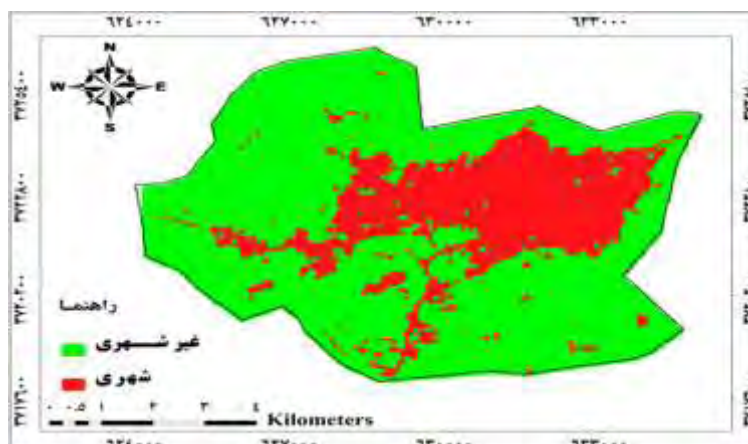
1. Clark
2. Hosking
3. Liao and Mc Gee
4. Rossiter and Loza
- 5" He and Lo



شکل ۱. موقعیت شهر مورد مطالعه در کشور و استان



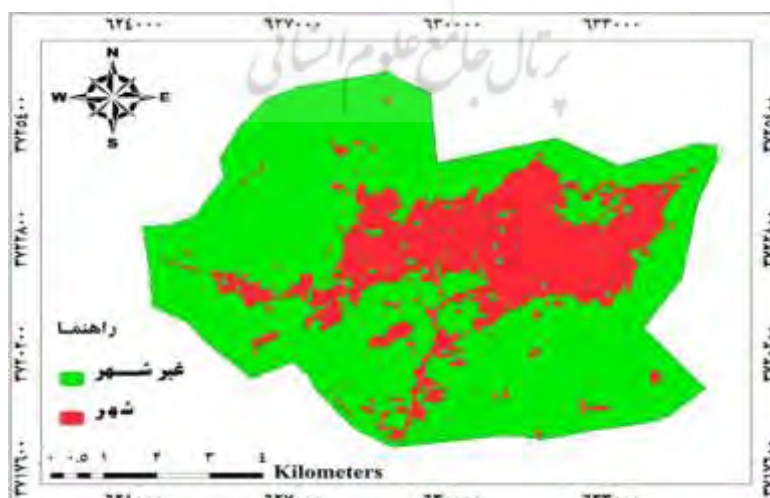
شکل ۲. نقشه گستره شهر و غیر شهر سال ۱۳۵۵ بدست آمده از تصویر MSS مأخذ: (یافته‌های تحقیق)



شکل ۳. نقشه گستره شهر و غیر شهر سال ۱۳۸۶ بدست آمده از تصویر TM مأخذ: (یافته‌های تحقیق)

می‌دهد. در سال ۱۳۸۶ اراضی شهری ۱۶۸۳ هکتار و اراضی غیر شهری حدود ۴۵۱۰ هکتار را پوشش داده‌اند. نتایج مقایسه دو نقشه حاصل از طبقه‌بندی مربوط به ابتدا و انتهای دوره زمانی نشان داد که در طی این دوره ۱۵۱۵ هکتار به سطح شهر افزوده شده است که این افزایش به دلیل ساخت و ساز می‌باشد. میزان و موقعیت رشد شهر در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشهود است، تغییرات بیشتر در مرکز شهر متمرکز شده است (شکل ۴).

در ضمن، به منظور آشکارسازی تغییرات، نقشه‌های کاربری اراضی (شهر و غیر شهری) از دو مقطع زمانی بر یکدیگر قطع داده شدند. خروجی حاصل از اجرای این روش، نقشه آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در شهر ایلام می‌باشد. از این نقشه می‌توان مقدار رشد شهر و مکان این تغییرات را استخراج کرد (شکل ۴). نتایج طبقه‌بندی تصاویر نشان داد که در سال ۱۳۵۵ از کل سطح شهر حدود ۱۶۸ هکتار را مناطق مسکونی پوشانده و اراضی غیر شهری مساحتی حدود ۶۰۲۵ هکتار را تشکیل



شکل ۴. نقشه حاصل از قطع دادن شهر- غیر شهر مربوط به دوره زمانی ۱۳۵۵-۱۳۸۶ مأخذ: (یافته‌های تحقیق)

بر اساس نتایج، مقدار $Pseudo R^2$ برابر $0/2808$ محاسبه شد، بنابراین می‌توان برآزش مدل را نسبتاً خوب در نظر گرفت. میزان ROC نیز $0/8743$ به دست آمد که نزدیکی این عدد به یک، حاکی از قابلیت بالای مدل در توصیف تغییرات و تعیین مناطق مستعد تغییر می‌باشد. بر اساس این معادله نقشه احتمال رشد (تغییر) شهر ایلام به دست آمد (شکل ۵).

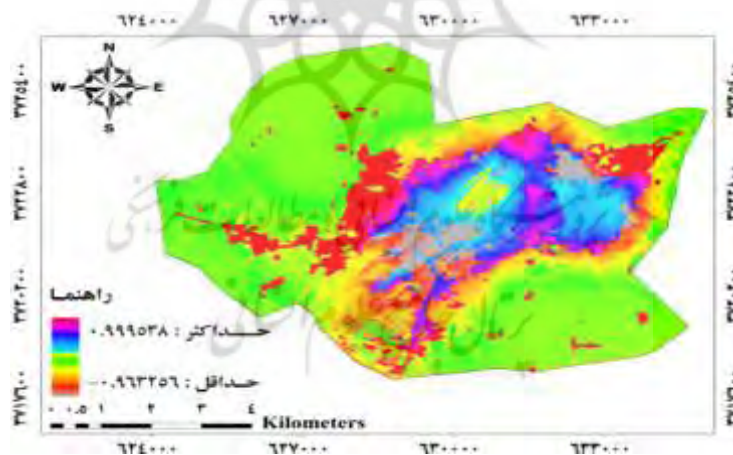
(۶)

رشد شهر احتمال $= 3/4678 - 0/07646+$
 (جهت دامنه -) $(0/02621)$ از مراکز آموزشی (فاصله -)
 $(0/00573)$ فاصله از اراضی بایر - $(0/001067)$ فاصله
 از جاده (+) $(0/00826)$ فاصله از باغ و پارک (-)
 $(0/001665)$ فاصله از مراکز درمانی + $(0/020630)$
 (در صد شیب)

۳.۱. برآورد پراکنش مکانی رشد شهر با

استفاده از مدل رگرسیون لجستیک

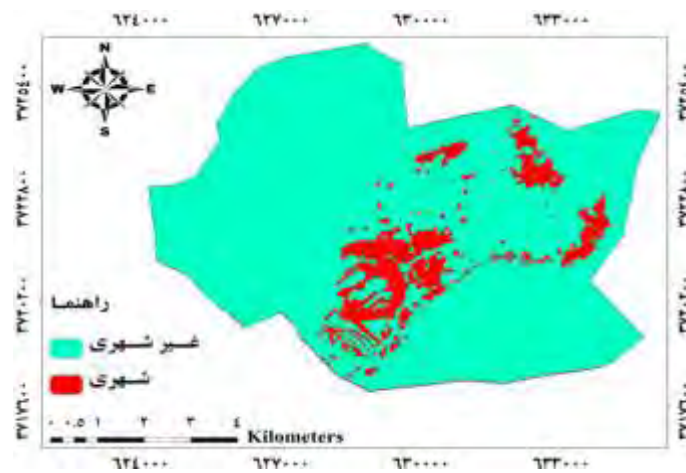
پس از تعیین میزان و موقعیت رشد مناطق مسکونی، از رگرسیون لجستیک برای تعیین ارتباط برخی از عوامل مؤثر با این پدیده استفاده شد. داده‌های رقومی فاصله از جاده‌ها، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از مراکز آموزشی، فاصله از اراضی بایر و فاصله از پارک و باغ، شیب و جهت دامنه به عنوان متغیرهای مستقل مدل رگرسیونی، در محیط GIS تهیه شدند، سپس رابطه رگرسیون لجستیک بین رشد شهر به عنوان متغیر وابسته با پارامترهای ذکر شده برقرار گردید. رابطه ۶ مدل آماری پیش‌بینی احتمال رشد شهر به دست آمده از مدل‌سازی رگرسیون لجستیک با هفت متغیر ذکر شده بالا را نشان می‌دهد.



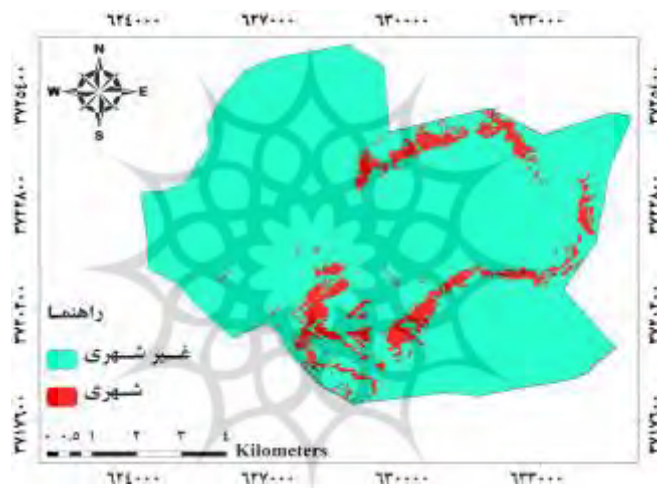
شکل ۵. نقشه احتمال تغییر شهر ایلام مأخذ: (یافته‌های تحقیق)

احتمال خارج می‌شود. نتایج استفاده از این تصویر برای پیش‌بینی در شکل شماره ۶، ۷ و ۸ آمده است.

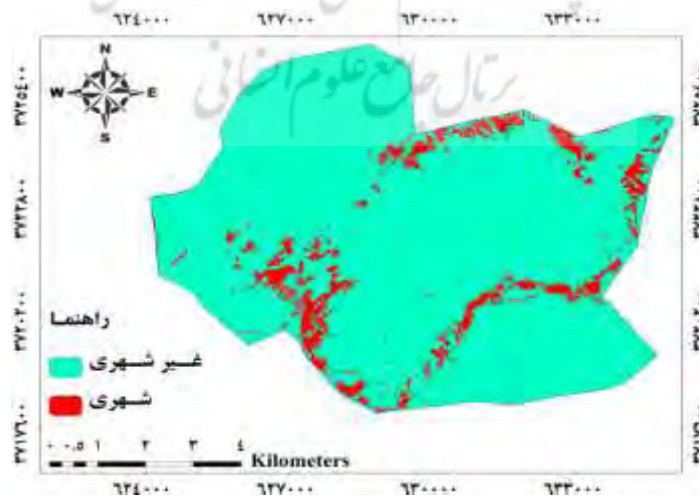
به همراه نتایج مدل، فایل تصویری احتمال پیش‌بینی نیز که از آن پیش‌بینی مناطق رشد شهری در آینده استخراج می‌شود، به دست آمد. برای هر دوره زمانی در آینده، تعداد سلول‌های با بیشترین احتمال برای توسعه، به عنوان مناطق رشد شهری از تصویر



شکل ۶. نقشه پیش‌بینی رشد شهر برای سال ۲۰۲۰ (مأخذ: یافته‌های تحقیق)



شکل ۷. نقشه پیش‌بینی رشد شهر برای سال ۲۰۳۰ (مأخذ: یافته‌های تحقیق)



شکل ۸. نقشه پیش‌بینی رشد شهر برای سال ۲۰۴۰ (مأخذ: یافته‌های تحقیق)

۴. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مدل‌سازی مکانی یک ابزار مناسب برای درک بهتر علت‌های تغییرات کاربری اراضی محسوب می‌شوند. این تحقیق با هدف پیش‌بینی پراکنش مکانی رشد شهر و به منظور ردیابی عوامل مؤثر بر رشد شهر صورت گرفت. در این بررسی تأثیر هفت فاکتور فاصله از جاده‌ها، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از مراکز آموزشی، فاصله از اراضی بایر و فاصله از پارک و باغ، شیب و جهت دامنه بر روی میزان رشد شهر مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه برای بررسی تغییرات گستره شهر ایلام، داده‌های سنجنده MSS مربوط به سال ۱۳۵۵ و سنجنده TM مربوط به سال ۱۳۸۶ مورد پردازش و طبقه‌بندی قرار گرفتند. تصاویر مورد بررسی به دو کلاس شهر و غیر شهر طبقه‌بندی شدند و به منظور بررسی عوامل رشد شهر، نقشه رشد شهر با متغیرهای مکانی فیزیوگرافی و انسانی وارد مدل شد. برای مدل‌سازی و برآورد پراکنش مکانی رشد شهر مورد مطالعه از روش آماری رگرسیون لجستیک استفاده شد. خروجی رگرسیون لجستیک با $Pseudo R^2$ حدود ۰/۲۸ و ROC، ۰/۸۷ نشان دهنده توافق نسبی مدل به دست آمده با رشد واقعی و توانایی به نسبت مناسب مدل در برآورد تغییرات شهر است. نتایج این بررسی نشان داد که در مناطق نزدیک به مرز پارک و باغ، رشد شهری بیشتری صورت گرفته است. همچنین رابطه رگرسیونی نشان می‌دهد که متغیرهای فاصله از جاده‌ها، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از مراکز آموزشی، فاصله از اراضی بایر با رشد شهری رابطه

معکوس داشته‌اند یعنی با افزایش این متغیرها میزان رشد شهر کاهش پیدا می‌کند. می‌توان گفت با کمتر شدن فاصله نسبت به این عوامل، گسترش شهرسازی و توسعه مناطق انسان‌ساخت، جاده‌سازی و افزایش جمعیت نقش مؤثرتری در رشد شهر مورد مطالعه ایفاء می‌کنند.

یکی دیگر از عوامل مستقلی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت و در مدل به آن ضریب تعلق گرفت، فاکتور شیب می‌باشد. در این بررسی در مدل به فاکتور شیب مثبت تعلق گرفت، که نشان دهنده ارتباط معنی‌دار میان تغییرات شیب و رشد شهر است یعنی افزایش شیب مانع رشد شهر است. ضریب جهت دامنه نیز مثبت بوده و طبق بررسی صورت گرفته از منطقه مورد مطالعه، مشاهده شد که تراکم درختان جنگلی در جهت‌های شمالی بیشتر و وجود لکه‌های غیرجنگلی در این مناطق نیز به نسبت کمتر از سایر جهت‌ها می‌باشد. جهت‌های شرقی به دلیل برخورداری از گرما و پوشش علفی بیشتر نسبت به جهت‌های شمالی در طول زمان بیشتر مورد ساخت و ساز قرار گرفته‌اند. در تحقیقات مشابه بسیاری عوامل مؤثر در توسعه شهری عوامل فاصله از جاده و خدمات گوناگون شهری در نظر گرفته شده و بسیاری از تحقیقات به اهمیت زمین‌های باارزش کشاورزی در اطراف شهر پرداخته‌اند از جمله عطا و همکاران در سال ۱۳۹۴ به شبیه‌سازی رشد شهری گنبدکاووس با استفاده از سنجش از دور پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که توسعه بدون برنامه شهر بدون در نظر گرفتن موارد بالا سبب رشد گسسته و بی-

برنامه شهر شده و باعث تخریب منابع طبیعی و زمین‌های بارز کشاورزی شده است. همچنین ماهینی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی با عنوان مدل-سازی توسعه شهری گرگان با استفاده از رگرسیون لجستیک ۱۰ متغیر را در تغییرات رشد شهر در نظر گرفته‌اند و در نهایت متغیرهای کاربری کشاورزی و زمین‌های مرتعی مؤثرترین داده‌ها برای رشد شهری گرگان بوده است.

نتایج تجزیه و تحلیل تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از علم سنجش از دور به همراه روش‌های مدل‌سازی مکانی برای شناسایی و ارزیابی متغیرهای مکانی که روی الگوی موقعیت رشد شهر تأثیر می‌گذارند، می‌توانند مفید واقع شود. مدل‌های رگرسیونی که آنالیز داده‌ها را انجام می‌دهند، می‌توانند به خوبی و با صحت بالا ارتباط بین رشد و متغیرهای

مستقل مکانی را نشان دهند. این مدل‌ها برای پیش‌بینی اینکه کجا رشد شهر اتفاق خواهد افتاد، مناسب بوده و مدیران و مسئولین شهری می‌توانند با اتخاذ استراتژی‌های مدیریتی مناسب از رشد بی‌رویه شهر جلوگیری کنند. با توجه به نتایج تحقیق، پیشنهادهای در قالب موارد زیر ارائه می‌گردد:

- این مدل‌ها برای پیش‌بینی اینکه کجا رشد شهر اتفاق خواهد افتاد، مناسب بوده و مدیران و مسئولین شهری می‌توانند با اتخاذ استراتژی‌های مدیریتی مناسب از رشد بی‌رویه شهر جلوگیری کنند.
- منطقه بندی اراضی اطراف شهر به منظور حفظ اراضی با ارزش از قبیل جنگل و زمین‌های کشاورزی

کتابنامه

۱. امینی، م.ر.، شتابی، ش.، معیری، م.ه.، غضنفری، ه. (۱۳۸۵). بررسی تغییرات گستره جنگل زاگرس و ارتباط آن با عوامل فیزیوگرافی و انسانی با استفاده از GIS و RS، مطالعه موردی: جنگل‌های آمرده بانه. پایان‌نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد جنگلداری، گرگان: دانشگاه گرگان.
۲. بهرام‌سلطانی، ک. (۱۳۷۱). مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی، محیط زیست. مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران
۳. حبیبی، ک و نظری عدلی، س. (۱۳۸۶). پیاده سازی ماتریس‌های همجواری در سیستم اطلاعات مکانی به منظور تعیین و یا تغییر کاربری‌های شهری. تهران: همایش ژئوماتیک ۱۳۸۶.
۴. رضایی، ب.، رستم زاد، ه.، فیضی زاده، ب. (۱۳۸۶). بررسی و ارزیابی روند تغییرات سطوح جنگل با استفاده از سنجش از دور و GIS (مطالعه موردی: جنگل‌های ارسباران ۱۹۸۷-۲۰۰۵). مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۲، ۱۴۳-۱۵۹.
۵. رنجبر، ا. (۱۳۸۱). بررسی و برآورد روند تخریب جنگل‌ها با استفاده از GIS و داده‌های سنجش از دور. پایان‌نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد سنجش از دور، تهران: دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

۶. سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان ایلام. (۱۳۸۵). جایگاه استان ایلام در تحقق جهت گیری های آمایش سرزمین. سالنامه آماری ایلام (جمعیت)، ایلام: سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان ایلام.
۷. شتایی، ش.، حسینعلی زاده، م.، ایوبی، ش.ا. (۱۳۸۶). بررسی قابلیت داده های طیفی سنجنده ETM⁺ در برآورد مقدار ماده آلی سطحی خاک، مجله علمی پژوهشی مرتع، ۱ (۱)، ۶۷-۷۸.
۸. شیعه، ا. (۱۳۷۷). مقدمه ای بر مبانی برنامه ریزی شهری. تهران: انتشارات علم و صنعت تهران.
۹. محمدزاده، ر. (۱۳۸۶). بررسی زیست محیطی توسعه شتابان شهرها با تأکید بر شهرهای تهران و تبریز. مجله توسعه ناحیه ای، ۹، ۹۳-۱۱۲.
۱۰. محمدی، م. (۱۳۵۱). گزارش خاک شناسی نیمه تفصیلی شهر مشهد منطقه قوچان؛ استان خراسان. نشریه مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۳۳۳.
۱۱. مسگری، س. (۱۳۸۱). بررسی تغییرات سطوح جنگل ها با استفاده از GIS و سنجش از دور، تهران: طرح پژوهشی دانشکده فنی، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی.
۱۲. نجفی، ا. (۱۳۸۹). قابلیت ها و محدودیت های ژئومورفولوژیکی توسعه فیزیکی شهر ایلام، پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، تهران: دانشگاه تهران.
13. Allen, J., & Lu, K. (2003). Modeling and prediction of future urban growth in the Charleston Region of South Carolina: A GIS-based integrated approach. *Conservation Biology*, 8(2), 2.
14. Arsanjani, J. J., Helbich, M., Kainz, W., & Darvishi Bolorani, A. (2013). Integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21(10), 265-275.
15. Bagheri, R., & Shataee, S. (2010). Modeling forest areas decreases, using logistic regression (Case study: Chehel-Chay Catchment, Golestan Province. *Iranian Journal of Forest*, 2(4), 243-252.
16. Bella, K. P., & Irwin, E. G. (2002). Spatially explicit micro-level modeling of land use change at the rural urban interface. *Agricultural Economics*, 27(3), 217-232.
17. Braimoh, A., & Vlek, P. L. G. (2003, January). *Modeling land use change in Northern Ghana*. Paper presented at the Conference of Technological and Institutional Innovations for Sustainable Rural Development, Gottingen, Germany.
18. Chavez, P. S. (1996). Image-based atmospheric corrections revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(12), 1025-1036.
19. Clark, W. A., & Hosking, P. L. (1986). *Statistical methods for geographers*. New York: John Wiley and Sons.
20. Dellepian, S. G., & Smith, P. C. (1999). Quality assessment of image classification algorithms for land cover mapping: A review and a proposal for a cost based approach. *International Journal of Remote Sensing*, 20(1), 1461-1486.
21. Eastman, J. R. (2002). *Idrisi for windows, user's guide version 32: Introduction*. Worcester, MA: Clark School of Geography.
22. 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(12), 294-306.
23. Geoghegan, J., Cortina Villar, S., Klepeis, P., Macario Mendoza, P., Ogneva-Himmelberger, Y., Roy Chowdhury, R. R., ... & Vance, C. (2001). Modeling tropical deforestation in the

- Southern Yucatán Peninsular Region: Comparing survey and satellite data. *Agriculture, Ecosystems, and Environment*, 85(1-3), 25-46.
24. He, Z., & Lo, C. (2007). Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression. *Computers, Environment and Urban Systems*, 31(6), 667-688.
 25. Jongman, R. H., Bunce, R. G., & Elena-Rossello, R. (1998). A European perspective on the definition of landscape character and biodiversity. Key concepts in landscape ecology. In J. W. Dover, & R. G. H. Bunce (Eds.), *Proceedings of the 1998 European Congress of the International Association of Landscape Ecology* (pp. 1-35). UK: IALE.
 26. Lambin, E. F., & Strahlers, A. H. (1994). Change-Vector analysis in multi-temporal space: A tool to detect and categorize land cover change processes using high temporal resolution satellite data. *Remote Sensing of Environment*, 48(2), 231-244.
 27. Liao, J. G., & McGee, D. (2003). Adjusted coefficients of determination for logistic regression. *American Statistician*, 57(3), 161-165.
 28. Mesgari, S., & Ranjbar, A. (2003, April). *Analysis and estimation of deforestation using satellite imagery and GIS*. Paper presented at the 6th Annual International Conference and Exhibition, New Delhi, India.
 29. Oñate-Valdivieso, F., & Sendra, J. B. (2010). Application of GIS and remote sensing techniques in generation of land use scenarios for hydrological modeling). *Journal of Hydrology*, 395(12), 256-263.
 30. Pauchard, A., Aguayo, M., Pena, E., & Urrutia, R. (2006). Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepcion, Chile). *Biological Conservation*, 26(6), 553-575.
 31. Rossiter, D. G., & Loza, A. (2016). *Analyzing land cover change with logistic regression in R*. Technical Report ITC, Enschede. Retrieved from http://www.css.cornell.edu/faculty/dgr2/teach/R/R_lcc.pdf
 32. Schneider, L., & Pontius, R. G. (2001). Modeling land use change in the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85(18), 83-94.
 33. Sluiter, R., & De Jong, S. M. (2007). Spatial patterns of Mediterranean land abandonment and related land cover transitions. *Landscape Ecology*, 22(4), 559-576.
 34. WU, F., & Yeh, A. G. (1997). Changing spatial distribution and determinants of land development in Chinese cities in the transition from a centrally planned economy to a socialist market economy: A case study of Guangzhou. *Urban Studies*, 34(11), 1851-1880.