



## شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در پیراشهر زاهدان

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۱۹

پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۷/۱۷

صفحات: ۱-۱۶

محمد رحیم رهنما؛ استاد گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.  
امیر حمزه شهبازی؛ استادیار گروه جغرافیا، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.  
زینب سرگزی؛ دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

## چکیده

توسعه سریع پیراشهری در دهه‌های اخیر موجب تغییرات وسیعی در الگوی کاربری زمین پیرامون شهرها شده است. هدف این مقاله بررسی تغییرات کاربری اراضی پیراشهری زاهدان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۲۱، ۲۰۱۰، ۲۰۲۱ و پیش‌بینی سال ۲۰۴۰ می‌باشد. بدین منظور تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی (باغات و زمین کشاورزی پیرامون شهر، محدوده‌های ساخته شده، اراضی بایر و مراتع) و پیش‌بینی روند تغییرات تا سال ۲۰۴۰ از مدل زنجیره مارکوف در نرم‌افزار ArcGIS و TerrSet استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد، بیشترین کاهش کاربری، در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ در باغات، اراضی کشاورزی پیراشهر زاهدان ۳۳/۱٪ - و مراتع ۲۷/۱۵٪ - و افزایش کاربری در محدوده ساخته شده ۵/۹٪ و اراضی بایر ۱/۹۸٪ اتفاق افتاده است. در سال‌های ۲۰۲۱ - ۲۰۱۰، مساحت مراتع با ۲۴۰٪، محدوده ساخته شده با ۸۳/۸۲٪ افزایش چشمگیری داشته است، اراضی کشاورزی و باغات ۹/۶۱٪ افزایش و اراضی بایر حدود ۲۸/۲٪ - کاهش یافته است. براساس پیش‌بینی سال ۲۰۴۰ محدوده‌های ساخته شده حدود ۷/۱۱٪ افزایش مساحت خواهد داشت. می‌توان گفت ادامه روند فعلی توسعه شهر و تغییر کاربری اراضی پیراشهر به خسارات جبران ناپذیر منابع طبیعی می‌انجامد. لذا ضروری است مدیریت شهری، رویکردی جامع برای مهار توسعه افقی شهر در پیش گیرد و از گسترش بدون برنامه و خارج از مصوبات طرح جامع جلوگیری نماید.

## واژه‌های

## کلیدی:

تغییر کاربری اراضی، توسعه پیراشهر، لندست، زنجیره مارکوف، زاهدان.

E- Mail: z.sargazi\_ac@yahoo.com

نحوه ارجاع به مقاله:

رهنما، محمد رحیم، شهبازی، امیر حمزه، سرگزی، زینب. ۱۴۰۲. شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در پیراشهر زاهدان. مجله توسعه فضاهای پیراشهری. ۱(۹): ۱-۱۶.



امروزه در آستانه هزاره سوم، شهرنشینی یکی از مهم‌ترین چالش‌های عصر حاضر است. در سطح جهانی در سال ۲۰۰۸ برای نخستین بار، انتقال شهری به وقوع پیوست و بیش از نیمی از جمعیت جهان، در مناطق شهری زندگی می‌کردند، سازمان ملل، این سال (۲۰۰۸) را سال شهرنشینی نامید. همچنین در سال ۲۰۲۰ میلادی، در جهان نسبت شهرنشینی ۵۶/۲ درصد برآورد شده است. (سازمان ملل متحد، بخش جمعیت: براساس برآورد سال ۲۰۱۸). اگرچه شهرنشینی پدیده‌ای جهانی است، اما این پدیده به‌طور چشمگیری در ایران پویاست، بطوریکه طی نیم‌قرن گذشته جمعیت نقاط شهری حدود ۱۰ برابر شده است. نسبت شهرنشینی، از ۳۱ درصد در سال ۱۳۳۵، به حدود ۸۰ درصد در سال ۱۳۹۵ افزایش داشته و مرکز ثقل جمعیت کشور به‌طور کنترل‌ناپذیری از روستاها به شهرها انتقال یافته است (خسروی، ۱۳۹۹: ۴۰). در ایران شهرها، ابتدا به علت رشد ارگانیک، از توسعه فیزیکی آرامی برخوردار بودند اما از زمانی که گسترش شهرها ماهیتی برونزا به خود گرفت، افزایش جمعیت شهرها به علت رشد طبیعی بالا و مهاجرت روستاییان، با سرعت بالایی ادامه یافت و درآمدهای حاصل از نفت، رشد کالبدی شهر را نه بر مبنای نیاز، بلکه بر پایه بورس‌بازی و سوداگری زمین جهت داد، این امر باعث ناسامانی بازار زمین شهری و به خصوص بلااستفاده ماندن بخش وسیعی از اراضی داخل محدوده شهر، عرضه منفی زمین و گسترش پراکنده افقی شهرها شد (خادم نژاد، ۱۳۹۹: ۸۶).

امروزه تغییرات کاربری زمین همگام با رشد شتابان شهری سرعت گرفته و نقش مهمی در تحولات کاربری زمین شهری دارد (آذری و همکاران، ۱۳۳: ۱۴۰۰). علاوه بر این، روندهای مهاجرتی روزافزون به مناطق شهری باعث مشکلاتی از قبیل ناسازگاری و عدم تناسب کاربری‌ها، آشفستگی محیط شهری، شکل‌گیری مناطق حاشیه‌نشین، از بین رفتن اراضی کشاورزی و تغییر کاربری آن شده است (پوراحمد و همکاران، ۱۳۲: ۱۳۹۰). تقاضای روزافزون برای زمین و مسکن از یک طرف و محدودیت اراضی در شهرها از طرف دیگر، مدیران شهری را برای پاسخ به نیاز سکونت‌ی شهروندان تحت فشار قرار می‌دهد که ساده‌ترین راه‌حل دست‌اندازی به زمین‌های، باارزش کشاورزی و فضای سبز پیرامون شهرها می‌باشد (حسین‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۷۰). لذا تغییر کاربری زمین فرایندی است که طی آن فعالیت‌های انسانی چشم‌انداز طبیعی را دگرگون می‌سازد و معمولاً به نقش عملکردی زمین‌بری فعالیت‌های اقتصادی اشاره دارد (Paul, 2017: 184). از آنجا که تغییر کاربری زمین به‌عنوان تغییرات برگشت‌ناپذیر تلقی می‌شود دسترسی به آمار و اطلاعات به‌روز و آگاهی از روند تغییرات از عوامل مهم در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های سازمانی می‌باشد (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۹: ۵۲). در این میان نقشه‌های کاربری اراضی که نمایانگر شرایط فعلی و نحوه استفاده انسان از زمین در فعالیت‌هایی مانند کشاورزی، جنگلداری، شهرسازی و غیره می‌باشند، اهمیت زیادی دارند (سفیانیان و خداکرمی، ۱۳۹۰: ۹۶). سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های سنجش از دور ابزارهای مؤثری در مطالعه و پایش تغییرات کاربری اراضی و پوشش سطح زمین می‌باشند. همچنین مدل‌های پیش‌بینی کاربری اراضی برای برنامه‌ریزی استفاده پایدار از زمین یک نیاز ضروری است (رمضانی و جعفری، ۱۳۹۳: ۸۳). در بین مدل‌های مطرح برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی مدل زنجیره CA مارکوف در ترکیب با تصاویر سنجش از دور برای مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی به‌طور گسترده در محیط‌های شهری و غیر شهری در مقیاس‌های بزرگ، مورد توجه برنامه‌ریزان قرار گرفته است (Guan et al, 2011: 1). با تجزیه و تحلیل تغییر کاربری اراضی نه تنها در گذشته و حال، بلکه برای پیش‌بینی‌های آینده، می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع را تعیین و تغییرات موجود و بالقوه را در جهت

درست هدایت کرد (Rown.Pijanowski , & Duh, 2000). علاوه بر این، با بررسی تأثیرات توسعه شهری بر الگوهای کاربری زمین، می‌توان سیاست‌های کارآمدتری در مدیریت زمین به کار بست (Nourqolipour et al, 2016). رشد پراکنده و گسترده شهر زاهدان در صد سال اخیر نیازمند بررسی و پایش می‌باشد. تا مشخص شود آیا گسترش شهر طبق برنامه و مطالعات انجام شده اتفاق افتاده است (مهندسین مشاور شهر و خانه، ۱۳۸۵: ۷). با توجه به اینکه بازنگری طرح جامع شهر زاهدان در سال ۱۳۹۵، توسعه درون افزا را برای گسترش آینده شهر پیش بینی نموده است. لیکن آنچه به نظر می‌رسد این است که شهر بصورت گسترده ای در اراضی پیرامون و خارج از محدوده رشد یافته است. این پراکنده‌رویی تهدید جدی برای اراضی کشاورزی واقع در شمال شرق و منابع با ارزش آب‌های زیرزمینی در جنوب غرب شهر می‌باشد. همچنین گسترش خارج از ضوابط طرح جامع برای شهری که با مشکل شدید کمبود آب مواجه است چالش‌های زیست‌محیطی و خدمات رسانی را شدت می‌بخشد. در این راستا سؤالات اصلی تحقیق به این صورت می‌باشند: ۱. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه چگونه است؟ ۲. بیشترین تغییرات و انتقال در کدام یک از کاربری‌ها بوده است؟ بنابراین فرضیه اصلی تحقیق بدین صورت ارائه شده است: با استفاده از فناوری سنجش از دور و مدل زنجیره مارکوف طی دو دهه گذشته شهر زاهدان شاهد توسعه فضایی و گسترش فیزیکی در جهات مختلف بوده و تغییرات و انتقال کاربری اراضی آن چشمگیر می‌باشد.

به دنبال اهداف پژوهش در ادامه به بررسی مفهوم شناسی کاربری زمین و تغییر کاربری اراضی و گسترش شهر پرداخته شده است. توسعه فیزیکی شهر و پیراشهرها فرایندی پویا و مداوم است که طی آن محدوده‌های فیزیکی و کالبدی شهر از حیث کمی و کیفی افزایش یافته و شهر در جهت عمودی و افقی گسترش می‌یابد. چنانچه روند توسعه شهر بدون توجه به طرح‌های توسعه، سریع و بی‌برنامه باشد، ترکیب فیزیکی و ساختار کالبدی شهر دچار بی‌نظمی خواهد شد (روستا و دیگران، ۱۳۹۲: ۱۹۵). بنابراین، منظور از نظام کاربری اراضی شهری مشخص کردن نوع مصرف زمین، هدایت و ساماندهی فضای شهر، تعیین ساخت‌ها و چگونگی انطباق آن‌ها با یکدیگر و با سامانه‌های شهری می‌باشد (شیخی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۴۳). در دیدگاه نقش اجتماعی زمین، زمین از نظر ارزش و نقش اجتماعی در آسایش، امنیت، رفاه و کیفیت زندگی بشری تأثیر بسزایی دارد و همواره منشاء تعارضات میان منافع عمومی و خصوصی و نحوه بهره‌برداری از آن بوده است (زیاری، ۱۳۸۴: ۶). بر این اساس شورای کیفیت محیط در سال ۱۹۷۱، نظریه‌ای تحت عنوان انقلاب آرام در کاربری زمین: «لزوم مشارکت و همکاری همه نهادهای ایالتی و منطقه‌ای در تصمیم‌گیری‌ها برای استفاده از منابع محدود زمین را مطرح و مورد تأکید قرار داد». در واقع طی دهه‌های اخیر نظریات متعددی در خصوص تغییر مفهوم حقوقی زمین و اطلاق زمین به مثابه یک کالای عمومی و ثروت همگانی در عرصه جهانی ابراز شده است (مهدی‌زاده، ۲۰۰۰: ۲-۳). نظریه پردازان نقش اقتصادی زمین معتقدند که زمین ثروت ملی محسوب می‌شود. بنابراین بازار زمین و مسکن یک بازار عادی نیست و نایستی با تقاضا تطبیق داده شود. از آنجاکه ارزش افزوده زمین بسیار بالاتر و سریع‌تر از سایر کالاهاست، بنابراین، ارزش اضافی زمین عامل اساسی تغییر فضاهای شهری است (باستیه و دزر، ۱۳۸۲: ۲۹۰-۱۹۳). دیوید هاروی معتقد است، چون زمین از کارکردهای مختلف مصرفی، مبادلاتی، اقتصادی و فناپذیر برخوردار است بنابراین مطلوبیت ویژه‌ای دارد و ضروری است در بهره‌برداری از آن حداکثر کارایی در نظر گرفته شود (هاروی، ۱۳۷۶: ۱۵۹-۱۶۸). به بیان دیگر دخالت در بازار زمین جهت تأمین منافع همگانی و راهبردهای

مناسب کاربری زمین متناسب با راهبردهای محیطی و اجتماعی در طرح‌های شهری ضروری است (زیاری، ۱۳۸۴: ۸). در تحقیقات متعددی که برنامه ریزان شهری بر روی شهرهای مختلف جهان انجام داده‌اند، علل مختلفی در پیدایش پدیده گسترش پیرا شهرها ارائه کرده‌اند که می‌توان آن‌ها را به شرح ذیل تقسیم‌بندی کرد: دیدگاه اقتصادی: علاوه بر اهمیت میزان رشد شاخص‌های اقتصادی و درجه تکامل ساخت اقتصادی در سرعت بخشیدن به توسعه شهرنشینی، زمانی که استقرار خانواده‌ها و بنگاه‌های اقتصادی در حاشیه شهری- روستایی دارای توجیه اقتصادی باشد، توسعه بی‌رویه شهر اتفاق خواهد افتاد (Shafiei Far, 2016: 24). دیدگاه فرهنگی- اجتماعی: مهم‌ترین عامل به وجود آورنده توسعه سریع شهری هستند بطوریکه توسعه شهر در ارتباط تنگاتنگ با میزان رشد جمعیت می‌باشد و در این رابطه افزایش طبیعی جمعیت شهری، میزان مهاجرت خالص، انتقال ساخت جمعیتی جوامع غیرشهری به شهرها از عوامل اساسی به شمار می‌روند (Shafiei Far, 2016: 23). دیدگاه محیطی: محیط فیزیکی (طبیعت)، عنصر عمده سازنده فضای شهر و نخستین بستری است که محیط مصنوع در آن شکل می‌گیرد. کنش متقابل میان جوامع انسانی و محیطشان می‌تواند به دو شکل فضای شهری را متأثر کند. از یک طرف فضای طبیعی بر کیفیت فیزیکی و اجتماعی فضای انسانی اثر می‌گذارد و از سوی دیگر، جوامع انسانی با ساخت و توسعه شهر بر طبیعت اثر گذارده‌اند (Far, 2016: 22). از دیدگاه سیاسی: امروزه، نقش دولت‌ها در فضا‌سازی جغرافیایی، از عوامل تعیین‌کننده است و در تمام زمینه‌های جغرافیایی، به ویژه جغرافیای شهری، بر آن تأکید می‌شود لذا تصمیم‌گیری‌های سیاسی می‌تواند فضای یک شهر را جاذب یا عاری از جذابیت سازند و وضعیتی را که برای سرمایه‌گذاری و همچنین جایگزین‌های دیگر مساعد است، به طور کامل تغییر دهند (خادمی و دیگران، ۱۳۹۹: ۸۷). در ادامه در خصوص پیشینه و سوابق موضوعی پژوهش می‌توان به نمونه‌هایی اشاره کرد: در مطالعات خارجی، رهنما (۲۰۲۱) شبه‌سازی تغییر کاربری اراضی، با استفاده از شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه و مدل زنجیره مارکوف را در کلان شهر ملبورن (۲۰۱۴ تا ۲۰۳۰) بررسی کرده‌اند. های بایرو پهنه‌های آبی کاهش مساحت را تجربه کرده‌اند.

نام وان و همکاران (۲۰۱۷) بررسی و پیش‌بینی گسترش شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای SPOT-5 و مدل زنجیره مارکوف را باهدف شناسایی و پیش‌بینی گسترش منطقه شهری در هانوی ویتنام برای سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۱، مطالعه کرده‌اند. برای این منظور، چهار طبقه پوشش زمین، پهنه‌های آبی، پوشش گیاهی، اراضی بایر و مناطق مسکونی مطالعه شد. نتایج نشان داد که سطوح نفوذناپذیر هانوی از ۸/۲۷٪ در سال ۲۰۱۹ به ۱۴/۰۹٪ کل منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۲۷ افزایش می‌یابد.

می و همکاران (۲۰۱۵)، در مقاله‌ای به ارزیابی تغییرات پوشش زمین در جزیره لامپدوسا (ایتالیا) با استفاده از داده‌های Landsat TM و OLI و تکنیک‌های سنجش از دور پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که چگونه می‌توان از تصاویر سنجش از دور برای تشخیص تغییر جزایر کوچک‌تر و تولید لایه‌های موضوعی برای تجزیه و تحلیل فضایی در ارتباط با پویایی طبیعی و انسانی مانند بیابان‌زایی یا گسترش شهر استفاده کرد. کوی و وانگ (۲۰۱۵) در پژوهشی به بررسی رابطه بین تغییر کاربری زمین و جریان متابولیسم اجتماعی از طریق تجزیه و تحلیل همبستگی متعارف (CCA) در شانگهای چین پرداخته‌اند تا ثابت شود مدیریت زمین شهری می‌تواند به عنوان ابزاری برای متعادل‌سازی جریان متابولیسم اجتماعی تلقی شود. این یافته‌ها ایده‌ها و روش‌های جدیدی را برای برنامه‌ریزی شهری و آمایش سرزمین در اختیار دولت قرار می‌دهد.

در مطالعات داخلی، رهنما (۲۰۲۱) در مقاله‌ای به پیش بینی تغییرات کاربری اراضی، کلانشهر مشهد با استفاده از مدل اتوماسیون سلولی و زنجیره مارکوف (۲۰۱۶-۲۰۳۰) پرداخته است. هدف این مقاله شبیه‌سازی تغییرات کاربری و پوشش زمین در کلانشهر مشهد و پیش‌بینی تغییرات آینده (۲۰۳۰) است. نتایج نشان می‌دهد تغییر کاربری زمین از کشاورزی و پوشش گیاهی به زمین بایر و ساخته شده بیشتر در شمال و شرق شهر رخ داده است. حسین آبادی و دیگران (۱۳۹۹) در پژوهشی ارزیابی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شی گرا و مدل زنجیره مارکوف، شهر بیرجند را در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ و مطالعه کرده‌اند. بر اساس مدل زنجیره مارکوف طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ مساحت محدوده ساخته شده، کشاورزی و باغات افزایش یافته و از مساحت اراضی بایر و مراتع کاسته شده است. بکائیان و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله‌ای با عنوان پایش روند تغییرات کاربری اراضی با تاکید بر توسعه فیزیکی شهر تهران، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، به پایش تغییر و تبدیل اراضی شهر تهران، در سه مقطع زمانی ۱۹۸۸، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ پرداخته‌اند. تصاویر، بر اساس شش طبقه اراضی شهری، کشاورزی، آبی، جنگلی، مرتعی و بایر در نرم افزار ENVI طبقه بندی و تحلیل شدند. نتایج، نشان می‌دهد که اراضی شهری به طور پیوسته با رشد همراه بوده و اراضی بایر نیز در مقیاس بسیار کم و آرام، در حال افزایش است. همچنین اراضی مرتعی در دهه گذشته با کاهش همراه بوده است. در حالی که اراضی کشاورزی علیرغم کاهش نسبت به سال ۱۹۸۸، از سال ۲۰۰۰ روند افزایشی نشان می‌دهد.

منصوری و همکاران (۱۳۹۵) ارزیابی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر چند زمانه و مدل زنجیره MARKOV، شهر ایلام را در سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۷ مطالعه و تغییرات کاربری اراضی با تاکید بر پیش-بینی تغییرات و گسترش فضایی شهر را در سال ۲۰۲۰ بررسی کرده‌اند. نتایج حاکی از افزایش ۳۸۴/۸ هکتاری مناطق مسکونی و تخریب ۲۱۶/۹۴ هکتار باغات و کاهش کاربری اراضی بایر می‌باشد. رضانی و جعفری (۱۳۹۳) آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اسفراین را با استفاده از مدل زنجیره CA مارکوف و تصاویر ماهواره‌ای لندست، در افق ۱۴۰۴ مطالعه کرده‌اند. مرادی و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهشی با بهره‌گیری از تصاویر سنجنده TM، تغییرات کاربری اراضی در شهرستان ورامین را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که در طول دوره مورد نظر حدود ۳۰ درصد به بافت شهری ورامین افزوده شده است. تقریباً نتایج اکثر تحقیقات با استفاده از مدل‌های ذکر شده، روند تغییر کاربری اراضی شهری، بنفع اراضی ساخته شده، گسترش شهر در زمین‌های اطراف، تخریب پوشش گیاهی و اراضی کشاورزی را نشان می‌دهد. در این تحقیق سعی شده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل زنجیره مارکوف تغییر کاربری اراضی شهری را طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ بررسی نماییم. با استفاده از نتایج تحقیقات گذشته در می‌یابیم که علت اصلی گسترش شهر در پیرامون علاوه بر رشد جمعیت و مهاجرت روستاییان، کم توجهی مدیریت شهری به نتایج مطالعات طرح‌های توسعه شهر می‌باشد، اگر گسترش شهر در جهات مشخص و کنترل شده انجام پذیرد، از تخریب اراضی مرغوب کشاورزی و تحمیل هزینه خدمات‌رسانی به شهر جلوگیری می‌شود.

## روش‌شناسی

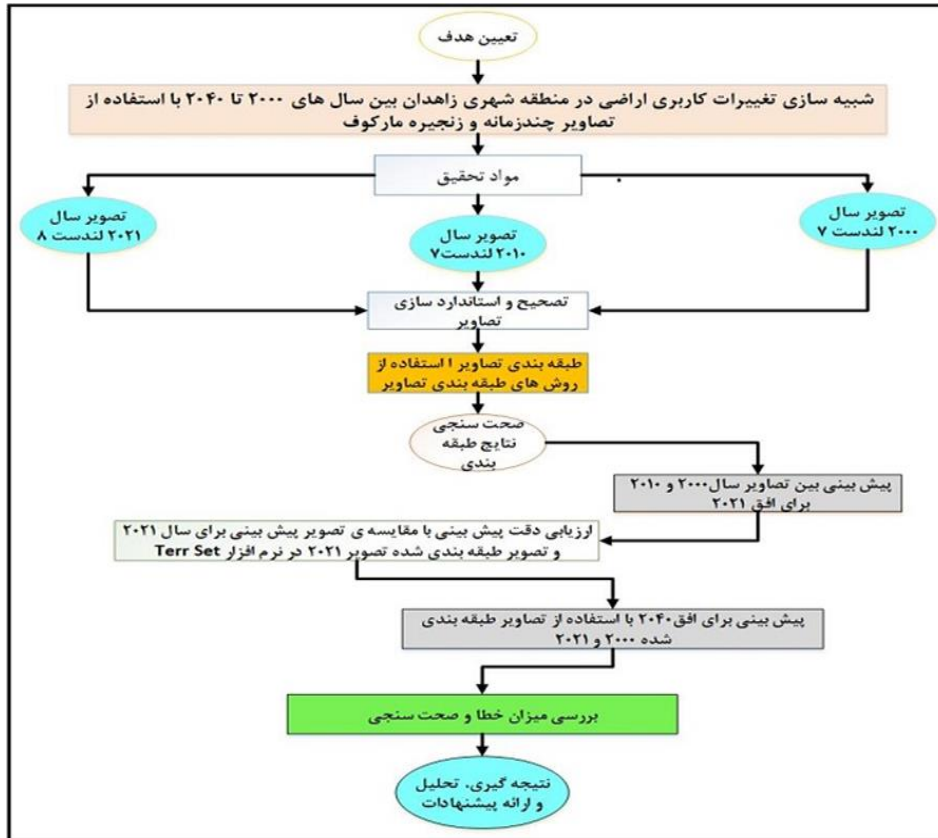
این تحقیق از نظر ماهیت توصیفی و تحلیلی و از نظر روش‌شناسی، تحقیق کمی است. در این تحقیق از تصاویر سنجنده Landsat 7، ETM مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ و سنجنده OLI از ماهواره Landsat 8 در سال ۲۰۲۱ با وضوح ۳۰ متر استفاده شده است (سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS)). تاریخ تصاویر به ترتیب ۲۰۰۰/۷/۱۷، ۲۰۱۰/۷/۱۳، ۲۰۲۱/۵/۱۶ می‌باشد. برای کاهش خطاهای مربوط به تصاویر ماهواره‌ای در ابتدا تصاویر ماهواره‌ای لندست تصحیح هندسی و رادیو متریک شد. محدوده مورد مطالعه از تصاویر جدا شد و اقدام به طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای، با استفاده از روش نظارت شده گردید. همچنین الگوریتم حداکثر مشابهت جهت طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش ارزش بازتابی هر پیکسل شناخته و براساس واریانس و کوواریانس آن طبقه واکنش طیفی ویژه، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و فرض بر این است که توزیع داده‌های هر طبقه براساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته است (علیزاده ربیعی، ۱۳۹۲). در ادامه واریانس و کوواریانس و میانگین طبقات مختلف هر تصویر ماهواره‌ای، برای طبقه‌بندی پدیده‌ها محاسبه می‌شود تا هر یک از پیکسل‌ها به طبقه‌ای تعلق یابد که حضورش در آن طبقه از احتمال بیشتری برخوردار است. جهت سنجش تغییرات صورت گرفته در کاربری زمین پیراشهر زاهدان از مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. در زنجیره مارکوف از کلاس‌های پوشش به‌عنوان حالت یا همان وضعیت‌های زنجیره استفاده شده است. در این تحلیل همواره از دو نقشه رستری استفاده می‌شود. علاوه بر این دو نقشه فاصله زمانی بین دو تصویر و فاصله زمانی پیش‌بینی در افق ۲۰۴۰ نیز در مدل CA مارکوف در نظر گرفته می‌شود. به‌منظور تصویب این مدل‌های طبقه‌بندی کاربری زمین، ضریب کلی کاپا محاسبه شد. شاخص کاپا از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$kappa = \frac{P_0 - P_C}{1 - P_C} * 100$$

(۱) P0: درستی مشاهده شده PC: توافق مورد انتظار

## مدل پیش‌بینی زنجیره مارکوف

زنجیره مارکوف یک روش ریاضی و احتمالاتی می‌باشد و برای نشان دادن تغییرات بین دسته‌های کاربری زمین استفاده می‌شود که در آن وضعیت آینده یک پیکسل تنها به وضعیت قبلی آن بستگی دارد. این یک مدل از پیش‌بینی روند است، نتایج به تدریج در یک روند خاص تغییر می‌کند، تمایل به ثبات در طولانی مدت و در نهایت رسیدن به حالت متعادل دارد (Kumar et al, 2014). مدل زنجیره مارکوف تغییرات کاربری زمین را از دوره‌ای به دوره دیگر توصیف می‌کند و از آن برای پیش‌بینی تغییرات آینده استفاده می‌کند (Noszczyk, 2019). یکی از مؤثرترین روش‌ها برای برآورد هرگونه انتقال کاربری زمین به دلیل الگوریتم کارآمد آن است که از تغییرات ماتریس تصادفی گذار استفاده می‌کند (Kumar et al, 2014). مهم‌ترین اشکال این تکنیک، بی‌توجهی به جنبه فضایی است (Noszczyk, 2019) برای رفع این مشکل در دهه ۱۹۵۰ مدل CA مارکوف توسط جان وان نیومن برای اضافه کردن مشخصه مکانی به مدل مارکوف طراحی شد (Fan & al, 2008: 127-147).



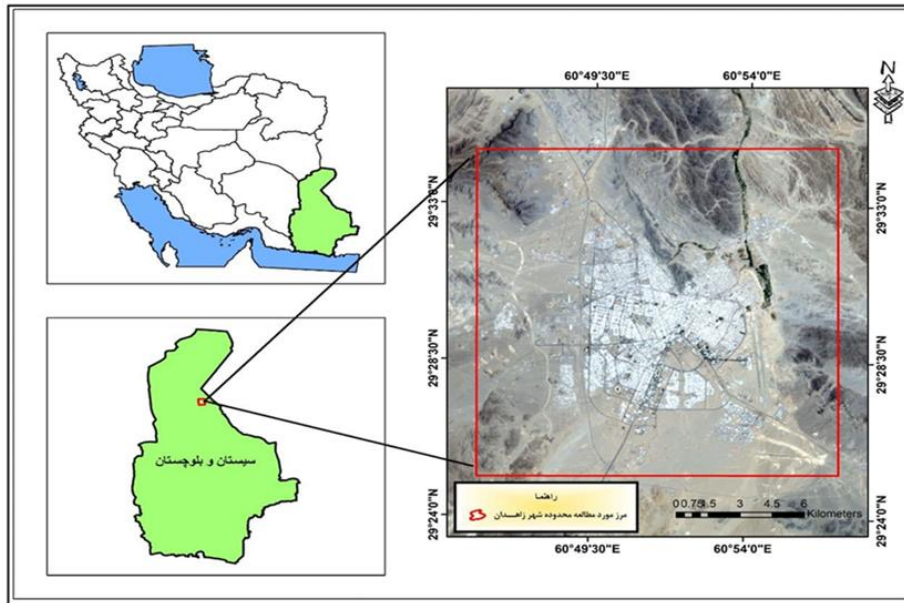
شکل ۱. نمودار روند مطالعه تغییر کاربری اراضی شهر زاهدان

شهر زاهدان در جنوب شرق ایران واقع شده است، از شمال به شهرستان زابل، شمال شرق به کشور افغانستان، از شمال غرب به استان خراسان و غرب به کویر لوت و استان کرمان، از شرق به کشور پاکستان، از جنوب غرب به شهرستان ایرانشهر و از جنوب شرق به شهرستان خاش محدود می گردد. از لحاظ موقعیت ریاضی در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۱ دقیقه و ۲۵ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۳۸۵ می باشد. جمعیت شهر زاهدان از ۱۷۴۹۵ نفر در سال ۱۳۳۵ به حدود ۵۸۷۷۳۰ نفر در سال ۱۳۹۵ افزایش داشته و مساحت آن طبق طرح جامع حدود ۵۸ کیلومتر مربع می باشد (مهندسین مشاور شهر و خانه، ۱۳۹۸).

جدول ۱. تحولات جمعیتی شهر زاهدان طی سال های ۱۳۳۵-۱۳۹۵

سال	۱۳۵۵	۱۳۴۵	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵
جمعیت (نفر)	۱۷۴۹۵	۳۹۷۲۳	۹۳۷۴۰	۲۸۱۹۲۳	۴۱۹۵۱۸	۵۶۷۴۵۰	۵۶۰۷۲۵	۵۸۷۷۳۰
متوسط رشد سالانه	-	۸/۵	۹	۱۱/۶	۴/۰۵	۳/۰۷	-۰/۲۴	۰/۹۵

منبع: مرکز آمار ایران



شکل ۲. نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

### یافته‌های پژوهش

برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی، تصاویر طبقه‌بندی شده با استفاده از نمونه واقعی (نمونه‌هایی که دقت صددرصدی داشتند) در محیط نرم‌افزار، صحت سنجی شد (جدول ۲). صحت سنجی میزان پیش‌بینی از طریق شاخص کاپا به دست آمد. ضریب صحت کاپا بالاتر از ۰/۸۵ ارزیابی گردید. این مقادیر نشان‌دهنده این است که به‌طور کلی توافق خوبی بین طبقه‌بندی و انواع طبقات کاربری موجود در زمین وجود دارد. لذا پیش‌بینی انجام و نتایج آن ارائه گردید.

جدول ۲. ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

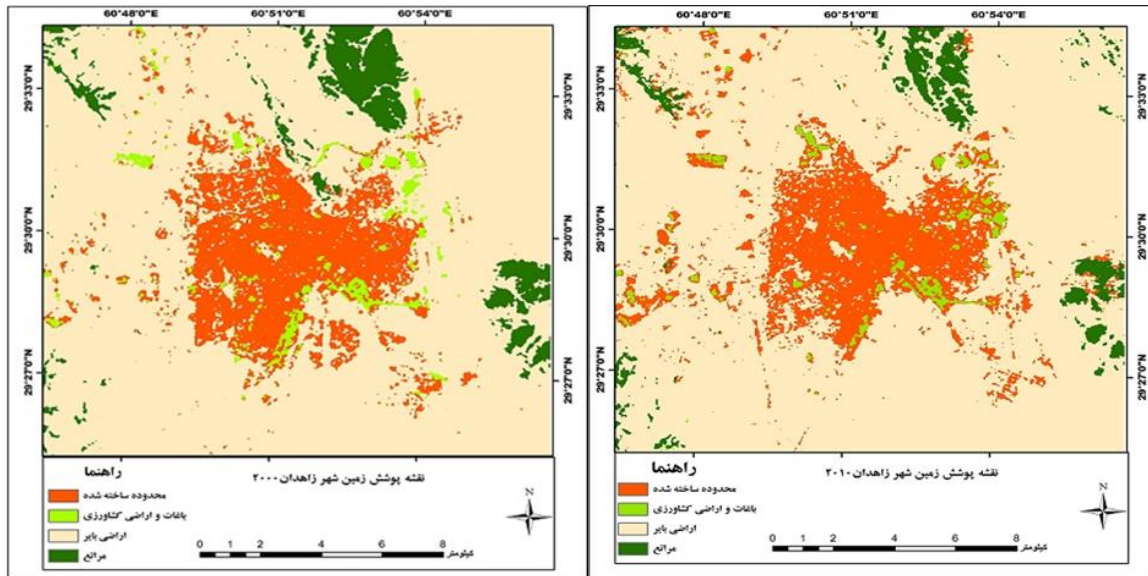
سال	تصویر	شاخص کاپا	ضریب صحت
۲۰۰۰	ETM	۰/۸۶	۸۹/۵۴
۲۰۱۰	ETM	۰/۸۸	۹۱/۴۶
۲۰۲۱	OLI	۰/۸۵	۸۸/۶۵

### تغییرات کاربری اراضی در فاصله ۲۰۲۱-۲۰۰۰

در رابطه با تغییر کاربری اراضی پیراشهر، شکل (۳) تصویر برداشتی پوشش زمین و تغییرات کاربری (باغات و زمین‌های کشاورزی، محدوده ساخته‌شده، اراضی بایر و مرتع) در شهر زاهدان در سال ۲۰۰۰، شکل (۴) تصویر برداشتی، پوشش زمین در سال ۲۰۱۰ و شکل (۵) تصویر برداشتی، پوشش زمین در سال ۲۰۲۱ را نشان می‌دهد. با توجه به نقشه‌های پوشش زمین مشخص گردید که مساحت باغات و زمین‌های کشاورزی در سال ۲۰۱۰ به نسبت سال ۲۰۰۰ کاهش داشته، اما در سال ۲۰۲۱ افزایش حدود ۰/۴ کیلومتر مربع داشته است. اراضی بایر در سال ۲۰۱۰ به نسبت سال ۲۰۰۰ افزایش یافته است اما در سال ۲۰۲۱ نسبت به سال ۲۰۱۰ کاهش یافته است. بیشترین تغییر مساحت، در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ مربوط به مراتع بوده است، به‌طوری‌که مساحت این محدوده به ترتیب در سال ۲۰۰۰ از حدود

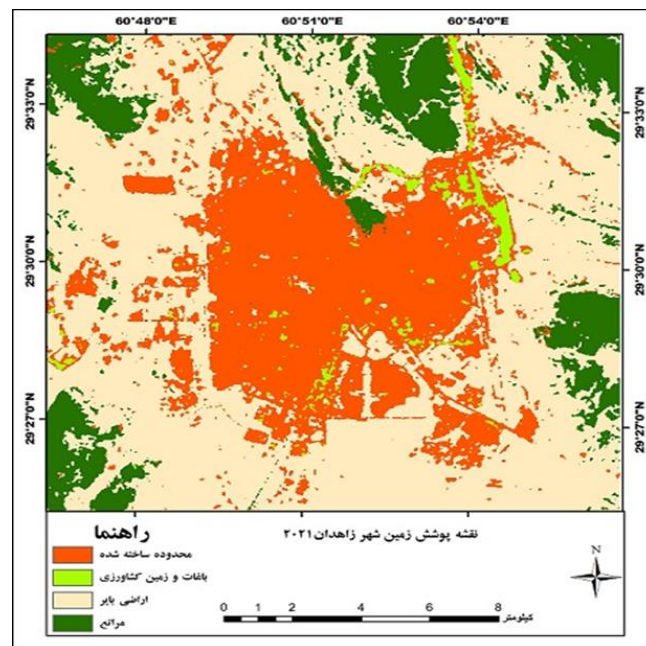


۱۶/۶۱ کیلومتر مربع، به ۱۲/۱ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۰ کاهش داشته، نهایتاً در سال ۲۰۲۱ به حدود ۴۱/۱۴ کیلومتر مربع رسیده که افزایش چندین برابری را شاهد هستیم. ضمناً محدوده ساخته شده شهر نیز از ۴۱/۵۸ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۰ به ۴۳/۷ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۰ و سرانجام با افزایش تقریباً نزدیک به دو برابر به ۸۰/۳۳ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۱ رسیده است. خروجی نقشه‌ها در سه بازه زمانی ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۲۱ تغییر مربوط به محدوده‌های ساخته شده را نشان می‌دهد، طی این دوره ساخت‌وسازها و رشد فیزیکی شهر بیشتر در جهت شمال غرب، غرب، جنوب، جنوب غرب و تا حدودی به سمت شمال شرق بوده است. البته وجود باغات و اراضی کشاورزی واقع در شمال شرق، شهر را با محدودیت توسعه قانونی در این جهت روبرو می‌سازد، اما افزایش ساخت‌وسازهای غیرقانونی پیراشهری، تشدید حاشیه‌نشینی باعث کاهش و تخریب باغات و اراضی کشاورزی در این محدوده شده است.



شکل ۴. نقشه کاربری زمین شهر زاهدان سال ۲۰۱۰

شکل ۳. نقشه کاربری زمین شهر زاهدان سال ۲۰۰۰



شکل ۵. نقشه پوشش زمین شهر زاهدان سال ۲۰۲۱

### ماتریس تبدیل وضعیت

با استفاده از نقشه‌های پوشش زمین به دست آمده برای هر دوره، ماتریس تبدیل وضعیت کلاس‌های پوشش زمین بین دو دوره زمانی محاسبه شده است. از نقشه پوشش سال ۲۰۱۰ و ۲۰۰۰، ماتریس تبدیل وضعیت اول و از نقشه پوشش سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ ماتریس تبدیل وضعیت دوم محاسبه شده است. این ماتریس‌ها حاوی اطلاعات و تبدیل هر کلاس به سایر کلاس‌ها می‌باشند. در نهایت مساحت کاربری‌ها در بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۰ در شهرزاهدان مشخص گردید. ماتریس مساحت انتقال نشان‌دهنده تعداد پیکسل‌هایی که از هر کلاس به کلاس‌های دیگر تبدیل شوند، می‌باشد.

**جدول ۳. ماتریس مساحت انتقال وضعیت بین سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۰ (متر مربع)**

پوشش زمین	محدوده ساخته شده	باغات و کشاورزی	اراضی بایر	مراتع	جمع
محدوده ساخته شده	۳۱۶۲۶	۲۶۵۵	۱۳۶۱۳	۶۸۴	۴۸۵۷۸
باغات و کشاورزی	۵۲۳	۳۱۰۰	۱۱۰۸	۱۲۷	۴۸۵۸
اراضی بایر	۱۴۰۴۷	۱۴۸۸	۲۳۸۶۰۳	۶۲۲۲	۲۶۰۳۶۰
مراتع	۱	۱۷	۱۹۷۸	۱۱۴۲۷	۱۳۴۲۳
جمع	۴۶۱۹۷	۷۲۶۰	۲۵۵۳۰۲	۱۸۴۶۰	۳۲۷۲۱۹

با توجه به خروجی‌های جدول (۳) مشخص گردید که بیشترین مساحت انتقال در کاربری‌های ذکر شده به ترتیب در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۰ مربوط به اراضی بایر، مراتع، محدوده‌های ساخته شده و باغات و زمین‌های کشاورزی می‌باشد. ماتریس احتمال انتقال که در آن احتمال تغییر هر کلاس به سایر کلاس‌های موجود مشخص شده است.

**جدول ۴. ماتریس احتمال انتقال وضعیت بین سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۰ (متر مربع)**

پوشش زمین	محدوده ساخته شده	باغات و کشاورزی	اراضی بایر	مراتع	جمع
محدوده ساخته شده	۰/۰۹۶۵	۰/۰۰۸۱	۰/۰۴۱۵	۰/۰۰۲۱	۰/۱۴۸۲
باغات و کشاورزی	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۹۵	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۴۸
اراضی بایر	۰/۰۴۲۹	۰/۰۰۴۵	۰/۰۷۲۸۱	۰/۰۱۹۰	۰/۷۹۴۵
مراتع	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶۰	۰/۰۳۴۹	۰/۰۴۱۰
جمع	۰/۱۴۱۰	۰/۰۲۲۲	۰/۷۷۹۰	۰/۰۵۶۳	۱/۰۰۰۰

با توجه به خروجی‌های جدول (۴) مشخص گردید که بیشترین احتمال انتقال وضعیت کاربری‌ها به ترتیب در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۰ مربوط به اراضی بایر، محدوده‌های ساخته شده، مراتع، باغات و زمین‌های کشاورزی، می‌باشد.

**جدول ۵. ماتریس مساحت انتقال وضعیت بین سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۰ (متر مربع)**

پوشش زمین	محدوده ساخته شده	باغات و کشاورزی	اراضی بایر	مراتع	جمع
محدوده ساخته شده	۴۰۶۰۲	۳۱۲۵	۴۵۴۶۱	۷۱	۸۹۲۵۹
باغات و کشاورزی	۹۹۹	۱۲۲۳	۳۱۰۴	۰	۵۳۲۶
اراضی بایر	۴۷۹۴	۲۲۱	۱۸۱۸۸۴	۲۳	۱۸۶۹۲۲
مراتع	۲۱۸۳	۲۸۹	۲۹۹۱۱	۱۳۳۲۹	۴۵۷۱۲
جمع	۴۸۵۷۸	۴۸۵۸	۲۶۰۳۶۰	۱۳۴۲۳	۳۲۷۲۱۹

خروجی جدول (۵) نشان می‌دهد، بیشترین مساحت انتقال در کاربری‌ها، در بازه زمانی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۰ مربوط به اراضی بایر، محدوده ساخته شده، مراتع، باغات و اراضی کشاورزی می‌باشد.

**جدول ۶. ماتریس احتمال انتقال وضعیت بین سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۰ (مترمربع)**

پوشش زمین	محدوده ساخته شده	باغات و کشاورزی	اراضی بایر	مراتع	جمع
محدوده ساخته شده	۰/۱۲۳۹	۰/۰۰۹۵	۰/۱۳۸۷	۰/۰۰۰۲	۰/۲۷۲۴
باغات و کشاورزی	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۹۵	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۶۳
اراضی بایر	۰/۰۱۴۶	۰/۰۰۰۷	۰/۵۵۵۰	۰/۰۰۰۱	۰/۵۷۰۴
مراتع	۰/۰۰۶۷	۰/۰۰۰۹	۰/۰۹۱۳	۰/۰۴۰۷	۰/۱۳۹۵
جمع	۰/۱۴۸۲	۰/۰۱۴۸	۰/۷۹۴۵	۰/۰۴۱۰	۱/۰۰۰۰

در خروجی‌های جدول (۶) مشخص گردید که بیشترین احتمال انتقال کاربری‌ها به ترتیب در بازه زمانی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۰ مربوط به اراضی بایر، محدوده‌های ساخته شده، مراتع، باغات و اراضی کشاورزی می‌باشد.

**جدول ۷. مساحت کاربری اراضی در بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۰ (کیلومتر مربع)**

پوشش زمین	سال ۲۰۰۰	سال ۲۰۱۰	سال ۲۰۲۱
محدوده ساخته شده	۴۱/۵۸	۴۳/۷	۸۰/۳۳
باغات و کشاورزی	۶/۵۳	۴/۳۷	۴/۷۹
اراضی بایر	۲۲۹/۷۷	۲۳۴/۳۲	۱۶۸/۲۳
مراتع	۱۶/۶۱	۱۲/۱	۴۱/۱۴

خروجی جدول (۷) نشان می‌دهد که مساحت باغات و زمین‌های کشاورزی در سال ۲۰۱۰ به نسبت سال ۲۰۰۰ کاهش داشته اما در سال ۲۰۲۱ افزایش اندکی حدود ۰/۴ داشته است. مساحت محدوده‌های ساخته شده در طی سال‌های ذکر شده افزایش یافته، اما شدت این افزایش در سال ۲۰۲۱ حدود ۳۶ کیلومتر مربع (۸۳/۸۲٪) نسبت به سال ۲۰۱۰ بیشتر بوده است. مساحت مراتع در سال ۲۰۱۰ به نسبت سال ۲۰۰۰ حدود ۲۷٪- کاهش داشته است اما در سال ۲۰۲۱ نسبت به سال ۲۰۰۰ (۱۴۷/۶۸٪) و نسبت به سال ۲۰۱۰ (۲۴۰٪)، افزایش چشمگیری داشته است.

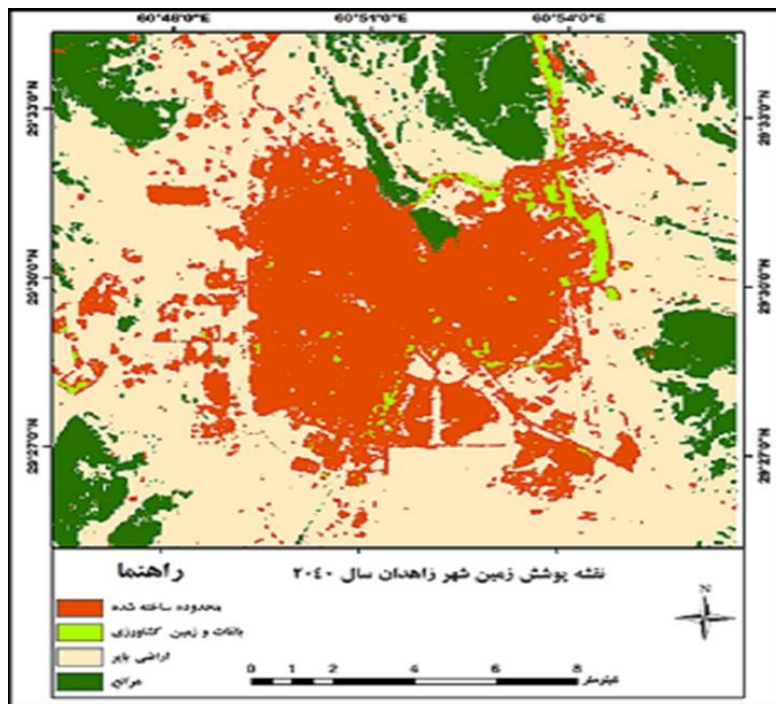
#### نتایج مدل‌سازی کلاس‌های کاربری در سال ۲۰۴۰

جهت سنجش تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه که شامل کاربری باغات و زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته شده، اراضی بایر و مراتع می‌باشد، از مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. در مدل زنجیره مارکوف از کلاس‌های پوشش به عنوان حالت یا همان وضعیت‌های زنجیره استفاده شده است (ماتریس مساحت انتقال نشان‌دهنده تعداد پیکسل‌هایی که از هر کلاس به کلاس‌های دیگر تبدیل می‌شوند) یا همان مقدار وسعتی که از هر کاربری به کاربری دیگر در بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۰ به دست آمد و از خروجی جداول ذکر شده، براساس مدل CA مارکوف، پیش‌بینی مساحت چهار طبقه پوشش زمین در کاربری‌های ذکر شده در افق ۲۰۴۰ مشخص گردید. شکل (۶) پیش‌بینی وضعیت چهار طبقه پوشش زمین شامل زمین‌های ساخته شده، باغات و زمین‌های کشاورزی، زمین‌های

بایر و مراعات شهر زاهدان در افق ۲۰۴۰ را نشان می‌دهد. جدول (۸) وسعت کاربری‌ها در سال ۲۰۴۰ و پیش‌بینی و درصد تغییرات این کاربری‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۸. وسعت پوشش زمین در سال ۲۰۲۱-۲۰۴۰ (کیلومتر مربع)

پوشش زمین	سال ۲۰۲۱	سال ۲۰۴۰	تغییرات در افق ۲۰۴۰ (درصد)
محدوده ساخته شده	۸۰/۳۳	۸۶/۰۴	۷/۱
باغات و کشاورزی	۴/۷۹	۴/۶۸	-۲/۲۹
اراضی بایر	۱۶۸/۲۳	۱۵۸/۶۳	-۵/۷۱
مراعات	۴۱/۱۴	۴۵/۱۴	۹/۷۲



شکل ۶. نقشه پیش‌بینی وضعیت پوشش زمین در افق ۲۰۴۰

### نتیجه‌گیری

تمرکز بیش از نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری تا سال ۲۰۲۱ از یک سوء افزایش چند برابری رشد زمین شهری، از سوی دیگر، تغییر کاربری زمین را به یکی از مهم‌ترین چالش‌ها برای محیط‌زیست تبدیل کرده است. علاوه بر این، گسترش سریع شهرنشینی منجر به افزایش تراکم و حاشیه‌نشینی در نقاط شهری شده است این مطالعه باهدف بررسی تغییر کاربری زمین در شهر زاهدان انجام شد. جمعیت شهر زاهدان از سال ۱۳۹۵ تا ۱۳۳۵، حدوداً ۳۳ برابر و وسعت شهر ۴۳ برابر شده است. آنچه بیش از پیش بر ضرورت تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی آینده آن تأکید می‌کند، توسعه شهر در پیرامون، خارج از روند طرح جامع و حاشیه‌نشینی که تهدید جدی برای آبخوان در جنوب غرب شهر و زمین‌های کشاورزی در شمال شرق شهر می‌باشد. به این منظور مطالعه تغییر کاربری اراضی در سه دوره ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۱ و چهار طبقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 7, 8 با وضوح ۳۰ متر و مدل زنجیره

Markov انجام شد. در نهایت، براساس نتایج، تغییر کاربری آینده در محدوده سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۴۰ در محیط TerrSet و ArcGIS پیش‌بینی شد. نتیجه پیش‌بینی، با نقشه سال ۲۰۲۱ مقایسه شد تا روش ارزیابی، با استفاده از آمار شاخص کاپا معتبر شود. نتیجه ضریب کاپا (۰/۸۵) قابل قبول بود. یافته‌ها نشان می‌دهد، از بین چهار دسته کاربری اراضی، طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۱ در منطقه مورد مطالعه، ۴۰۴۹ هکتار تغییر کاربری زمین (شامل محدوده ساخته شده و زمین‌های کشاورزی) رخ داده، که برابر با حدود ۲۰۲/۴ هکتار در سال است. بیشترین افزایش استفاده از زمین در اراضی بایر، ۶۱۵۴ هکتار (۲۶/۸٪) و سپس مناطق ساخته شده، ۳۸۷۵ هکتار (۹۳/۱۹٪) در همان دوره و بیشترین کاهش زمین مربوط به باغات و اراضی کشاورزی ۱۷۴ هکتار (۲۶/۶٪-) است. همچنین پیش‌بینی می‌شود طی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۴۰ در منطقه مورد مطالعه ۱۵۴۶ هکتار تغییر کاربری زمین، برابر با ۸۱/۳ هکتار در سال، رخ دهد. در این دوره محدوده ساخته شده، ۵۷۱ هکتار (۷/۱٪) و مراتع ۴ هکتار (۰۹/۷۲٪) افزایش و باغات و زمین‌های کشاورزی ۱۱ هکتار (۲/۳٪-)، اراضی بایر ۹۶۰ هکتار (۵/۷٪-) کاهش می‌یابد. نتایج این مطالعه با نتایج سه تحقیق دیگر در شهر ملبورن (۲۰۲۱)، تهران (۱۳۹۹) و بیرجند (۱۳۹۹) (رهنما، بکائیان و همکاران و حسین‌آبادی و همکاران) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 8 و 7 با وضوح ۳۰ متر، نشان از تغییر کاربری و کاهش سطح اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی به نفع زمین‌های ساخته شده می‌دهد. لذا نتایج تمامی مطالعات با اندکی اختلاف، در کاهش یا افزایش سطح اراضی بایر هم‌سو است. بر این اساس، تغییر کاربری زمین در شهر زاهدان با مساحت ۸۵ کیلومتر مربع، نشان می‌دهد که مساحت باغات و زمین‌های کشاورزی در سال ۲۰۱۰ به نسبت سال ۲۰۰۰ کاهش داشته اما در سال ۲۰۲۱ افزایش حدود ۰/۴ داشته است. مساحت محدوده‌های ساخته شده در طی سال‌های فوق افزایش یافته، اما شدت این افزایش در سال ۲۰۲۱ حدود ۳۶ کیلومتر مربع (۸۳/۸۲٪) نسبت به سال ۲۰۱۰ بیشتر بوده است. مساحت مراتع در سال ۲۰۱۰ به نسبت سال ۲۰۰۰ حدود ۲۷٪- کاهش داشته است اما در سال ۲۰۲۱ نسبت به سال ۲۰۰۰ (۱۴۷/۶۸٪) و نسبت به سال ۲۰۱۰ (۲۴۰٪)، افزایش چشمگیری داشته است. بیشترین تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه در اراضی مرتعی و ساخته شده مشاهده شده است که به ترتیب از حدود ۱۶/۶۱ و ۴۱/۵۸ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۰ به ۴۱/۱۴ و ۸۰/۳۳ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۱ افزایش یافته است. طی دوره ۲۰ ساله بخش زیادی از اراضی خارج از محدوده شهر ساخت و ساز شده است. مقایسه تصاویر سال ۲۰۰۰ با سال ۲۰۲۱ این تغییرات را به‌ویژه به نفع زمین‌های ساخته شده و اراضی مرتعی نشان می‌دهد. نتایج تغییرات کاربری زمین برای دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۱ افزایش ۹۳/۲ درصدی زمین‌های مسکونی و کاهش (۲۶/۶٪-) باغات و اراضی کشاورزی می‌باشد. با توجه به اینکه نرخ رشد جمعیت در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ روند کاهشی داشته است. اما شاخص رشد جمعیت در قالب توسعه شهری به سمت مناطق بیرونی و حاشیه اتفاق افتاده است. بطوریکه جمعیت حاشیه‌نشین شهر حدود ۴۲٪ کل جمعیت شهر را شامل می‌شود. این موضوع تهدید جدی برای اراضی کشاورزی محدوده شمال شرق شهر می‌باشد. چنین به نظر می‌رسد، با توجه به پیش‌بینی طرح جامع شهر زاهدان طی سه دوره ۶۴، ۸۴ و ۹۴ تعیین جهات توسعه شهر، الزامات و تأکید ویژه‌ای مبنی بر کنترل توسعه شهر از سوی مدیران مشاهده نمی‌شود چراکه نه تنها با افزایش جمعیت و گسترش حاشیه‌نشینی در شمال شرق شهر شاهد تخریب زمین‌های کشاورزی هستیم. بلکه با توسعه غیرمستولانه و ناشی از رانت سازمان‌های دولتی سهمیم در مدیریت شهری نیز روبرویم که به‌نوعی، پراکنده رویی در خارج از محدوده شهری انجامیده است. افزایش جمعیت و ساخت و ساز پراکنده سبب

گردیده، گسترش شهر در نواحی پیرامون و خارج از محدوده شدت یابد. این روند رشد در سال‌های اخیر، باعث شده تا با الحاق ۴۲۰ هکتار در دو قطعه‌ی تفکیکی (محل رسالت واقع در شمال غرب و مسکن مهر در جنوب شرق زاهدان) در فاصله‌ی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۰ گسترش شهر با سرعت بیشتری اتفاق افتد. در حال حاضر استراتژی توسعه شهر طبق مصوبات طرح جامع توسعه میان‌افزا، در فضاهای خالی درون شهر و توسعه متراکم و ساخت واحدهای آپارتمانی می‌باشد. نتایج بحث نشان می‌دهد با تجزیه و تحلیل تغییر کاربری اراضی نه تنها در گذشته و حال، بلکه برای پیش‌بینی آینده، می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع را شناسایی و الگوهای مکانی-زمانی مناسب استفاده از زمین و هدایت تغییرات احتمالی در جهت درست را تعیین کرد (رهنما، ۲۰۲۱). تغییرات سریع اقتصادی و مکانی در ۲۰ سال گذشته (۲۰۲۱-۲۰۰۰) به ویژه تغییر کاربری، نیازمند مطالعه در برنامه توسعه آینده شهر می‌باشد. بنابراین، شبه‌سازی رشد شهری می‌تواند درک بهتری از اثرات آینده سیاست‌های استفاده از زمین داشته باشد. پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه شهر دارای حدود ۱۶۹۰ هکتار اراضی بایر (۲۳٪ کل اراضی سطح شهر) می‌باشد، همچنین با انتقال و تغییر کاربری (اراضی پادگان، راه آهن و گمرک) به خارج شهر، توسعه درونی و میان‌افزا مورد برنامه‌ریزی قرار گیرد، همچنین با اجرای طرح‌های نوسازی و بهسازی بافت‌های فرسوده از توسعه پراکنده خارج از ظرفیت طبیعی شهر جلوگیری شود، زیرا علاوه بر هزینه بالای تامین تسهیلات و خدمات زیربنایی، محدودیت شدید منابع آب، این امکان را با چالش‌های جدی مواجه می‌سازد.

## منابع

- آذری، مرتضی. فنی، زهره. کوزه‌گر کالجی، لطفعلی و دیگران. ۱۴۰۰. بررسی نقش پیشران‌های کلیدی در تغییر کاربری زمین و تحولات فضایی شهر با رویکرد آینده‌پژوهی، منطقه ۱۲ تهران «فصلنامه برنامه‌ریزی و آمایش فضا، شماره ۲، ۱۴۴-۱۲۱.
- باستیه، ژان و دزر، برنارد. ۱۳۸۲. شهر. ترجمه غلام محمد قره چمنی و علی اشرفی، تهران، انتشارات دانشگاه هنر.
- بکائیان، فاطمه. شمسی‌پور، علی‌اکبر و علی‌خواه‌اصل، مرضیه. ۱۳۹۹. پایش روند تغییرات کاربری اراضی با تأکید بر توسعه فیزیکی شهر تهران. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۲۲(۱)، ۶۱-۷۸.
- بحرینی، سید حسین. ۱۳۷۷. فرآیند طراحی شهری. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- پورمحمدی، محمدرضا. ۱۳۷۴. نیاز به زمین جهت توسعه. نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.
- پوراحمد، احمد. سیف‌الدینی، فرانک و پرنون، زیبا. ۱۳۹۰. مهاجرت و تغییر کاربری اراضی در شهر اسلامشهر. فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۲، شماره ۵، صص ۱۵۰-۱۳۱.
- حسین‌آبادی، سعید. اکبری، ابراهیم و نقدیشی، افسانه. ۱۳۹۹. ارزیابی و شبه‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شی‌گرا و مدل زنجیره مارکوف، مورد مطالعه: شهر بیرجند و پیرامون آن. جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۳۳، ۱۶۹-۱۸۸.
- خادم‌نژاد، علی. عزت‌پناه، بختیار و شمس‌الدینی، علی. ۱۳۹۹. آینده‌نگاری روند توسعه فیزیکی شهرها با رویکرد سناریونویسی نمونه موردی، شهر ماکو. فصلنامه علمی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۱۱(۴۳)، ۸۵-۱۰۰.
- خسروی، فرشاد. ۱۳۹۹. تحلیل فضایی اثرات گسترش فیزیکی کلانشهرها بر روستاهای پیرامون مطالعه موردی: کرمانشاه. فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، شماره ۳۶، صص ۳۹-۵۲.

- رضائی، نفیسه و جعفری، رضا. ۱۳۹۳. آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در افق ۱۴۰۴ با استفاده از مدل زنجیره‌ای CA مارکوف، مطالعه موردی: اسفراین. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴، صص ۸۳-۹۶.
- روستا، زهرا، منوری، سید مسعود. درویشی، مهدی. فلاحتی، فاطمه و مروتی، مریم. ۱۳۹۲. ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر شیراز و تأثیر شرایط فیزیوگرافیک بر روی روند تغییرات کاربری اراضی. فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۴، شماره ۴۹، صص ۲۰۰-۱۸۳.
- زیاری، کرامت‌الله. ۱۳۸۴. برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری. یزد: انتشارات دانشگاه یزد.
- سازمان ملل متحد، بخش جمعیت، براساس برآورد سال ۲۰۱۸.
- سفینیان، علیرضا و خداکرمی، لقمان. ۱۳۹۰. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی فازی، مطالعه موردی سه زیر حوزه آبخیز کبودرآهنگ، رزن- قهاوند و خونجین- تلخاب در استان همدان. فصلنامه آمایش سرزمین، سال سوم، شماره ۴، صص ۹۵-۱۱۴.
- شیخی، محمد. مدیری، مهدی و رضائی، سارا. ۱۳۹۹. شناسایی و طبقه‌بندی عوامل مؤثر بر تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر دماوند با استفاده از روش کیو. فصلنامه برنامه‌ریزی و آمایش فضا، شماره ۲، صص ۱۶۸-۱۴۱.
- عبدالهی، علی اصغر. خبازی، مصطفی و درانی‌زاده، زهرا. ۱۳۹۹. مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون، لاهیجان. فصلنامه برنامه‌ریزی و آمایش فضا، شماره ۱، صص ۷۹-۴۹.
- عزیزداری، حسن. ۱۳۹۲. سنجش‌ازدور: اصول و کاربرد. تهران، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).
- مرادی، فرزاد. مختاری، محمدحسین و اردکانی، علی. ۱۳۹۲. ارزیابی کمی میزان توسعه شهر با استفاده از سنجش‌ازدور مطالعه موردی: شهر ورامین» همایش ملی معماری، شهرسازی و توسعه پایدار با محوریت از معماری بومی تا شهر پایدار.
- منصوری، محمدرضا. آزادبخت، نادر. طهماسبی، لطیف و خداداد، مهدی. ۱۳۹۵. ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر چند زمانه و مدل زنجیره‌ای مارکوف مطالعه موردی: شهر ایلام. اولین کنفرانس بین‌المللی مخاطرات طبیعی و بحران‌های زیست‌محیطی ایران، راهکارها و چالش‌ها، تهران.
- مهدی‌زاده، جواد. ۱۳۷۹. برنامه‌ریزی کاربری زمین از دیدگاه توسعه پایدار. مهندسین مشاور فرهاد، نشریه جستارهای برنامه‌ریزی و طراحی شهری، تهران.
- مهندسین مشاور شهر و خانه. ۱۳۸۵. طرح جامع شهر زاهدان. سازمان مسکن و شهرسازی استان سیستان و بلوچستان. زاهدان.
- مهندسین مشاور شهر و خانه. ۱۳۹۸. بازنگری طرح توسعه و عمران (جامع) شهر زاهدان. بررسی و شناخت وضع موجود و مطالعات کالبدی. زاهدان.
- هاروی، دیوید. ۱۳۷۶. عدالت اجتماعی و شهر. ترجمه فرخ حسامیان و دیگران، تهران، شرکت پردازش و برنامه (وابسته به شهرداری تهران).
- Cui Xuezu & Wang Xuedong . 2015. Urban land use change and its effect on social metabolism: An empirical study in Shanghai China Conventional Correlation Analysis (CCA)" Habitat International, Vol.49 pp.251-259.
- -Fan, F, Yunpeng, & Zhishi,., Wang. 2008. Temporal and spatial change, detecting (1998–2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl River Delta (China) by using TM and ETM+ images. Environmental Monitoring and Assessment pp: 127-147.

- Guan, DongJie, Li, HaiFeng, Inohae, Takuro, Su Weici, Nagaie, Tadashi, and Hokao, Kazunori, 2011. **Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model**. Ecological Modelling, 222 (20–22), 3761-3772.
- Kumar, S., Radhakrishnan, N., & Mathew, S. 2014. **Land use change modelling using a Markov model and remote sensing Geomatics**. Natural Hazards and Risk, 5(2), 145–156.
- Mei, A, Manzo, C .2016. **Assessment of land cover changes in Lampedusa Island (Italy) using Landsat TM and OLI data**. Journal of African Earth Sciences, Volume 122, October 2016, Pages 15-24 .
- Noszczyk, T. 2019. **A review of approaches to land use changes modeling**. Human and Ecological Risk Assessment, 25(6), 1377–1405.
- Nourqolipour, R., Mohamed Shariff, A. B., Balasundram, S., Ahmad, N., Sood, A., & Buyong, T. 2016. **Predicting the effects of urban development on land transition and spatial patterns of land use in Western Peninsular Malaysia**. Applied Spatial Analysis and Policy, 9(1), 1–19.
- Paul, Bimal.2017. **Land Use Change and Coastal Management. in Bimal Kanti Paul and Harun Rashid**. Climatic Hazards in Coastal Bangladesh ,Chapter Six ,Pages 183-207.
- Rahnama ,M,R .2021. **Forecasting land-use changes in Mashhad Metropolitan area using Cellular Automata and Markov chain model for 2016-2030**."Sustainable Cities and Society. Volume 64.
- Rahnama ,M,R.2021. **Simulation of land use land cover change in Melbourne metropolitan area from 2014 to 2030: using multilayer perceptron neural networks and Markov chain model**. Australian Planner. Volume 57.Pages 36-49.
- Rown, G., Pijanowski, B., & Duh, J. 2000. **Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest USA**.Journal of Environmental Management, 59(4). 247–263.
- Shafi'ifar, Mehdi. 2017. **Investigation of the Process of Physical Development and Presentation of Optimal Pattern of Physical Development of Nehbandan City**"Senior Graduate of Geography and Urban Planning, Supervisor- Mehdi Saghafi, Payamour University of Ferdows Center.
- Van et al. 2017. **Detection and Prediction of Urban Expansion of Hanoi Area (Vietnam) Using SPOT-5 Satellite Imagery and Markov Chain Model**, International Conference on Geo- Spatial Technologies and Earth Resources .Application in Geospatial Technology and Earth Resources.pp119-133.