

جغرافیا و توسعه شماره ۵۰ بهار ۱۳۹۷

وصول مقاله : ۱۳۹۵/۰۳/۲۹

تأیید نهایی : ۱۳۹۶/۰۷/۲۰

صفحات : ۱۲۷-۱۴۲

## بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه شهر شاندیز (طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۴)

فروزان طاهری<sup>۱</sup>، دکتر محمد رحیم رهنما<sup>۲\*</sup>، دکتر امید علی خوارزمی<sup>۳</sup>، دکتر براتعلی خاکپور<sup>۴</sup>

### چکیده

کاربری اراضی پدیده پویایی است که تغییرات زمانی و مکانی آن ناشی از فشارهای انسانی و توسعه است. آگاهی از نحوه استفاده از تغییرات کاربری و بررسی علل و عوامل آن‌ها در چند دوره زمانی می‌تواند بسیار مورد توجه برنامه‌ریزان و مدیران شهری قرار گیرد. هدف تحقیق حاضر بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه شهر شاندیز طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۴ است. در دهه‌های اخیر تغییرات شدید کاربری اراضی و پوشش زمین در شهر گردشگری شاندیز که در ۳۵ کیلومتری غرب کلانشهر مشهد در دامنه‌های بینالود قرار دارد، با پیامدهای مهمی مانند تخریب منابع طبیعی، آلودگی‌های زیست‌محیطی و رشد نامناسب شهر همراه بوده است. روش تحقیق در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹ می‌باشد که مساحت کاربری‌ها با الگوریتم حداکثر مشابهت، روش نظارت‌شده و مدل زنجیره مارکوف و پیش‌بینی مساحت کاربری‌ها براساس مدل CA مارکوف در افق ۱۴۰۰ مشخص شد. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در طی سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۴ مساحت کاربری‌های محدوده‌های ساخته‌شده اراضی بایر به‌شدت افزایش یافته و از مساحت کاربری‌های باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی و مراتع کاسته شده است و مساحت کاربری‌ها در افق ۱۴۰۰ به نسبت سال ۱۳۹۴ نیز به همین گونه است. به‌طوری مساحت باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی (۶۳٪)، محدوده‌های ساخته‌شده (۱۲۶٪)، اراضی بایر (۹۷٪) و مراتع (۹۶٪) تغییر خواهد کرد. اگر روند ساخت‌وسازهای نامناسب و غیرقانونی و دست‌اندازی و تخریب باغ‌ها و مزارع و زمین‌های کشاورزی همچنان ادامه یابد، شاهد تغییرات کاربری به سمت ناپایداری محیط و ایجاد مشکل در توسعه هماهنگ و پایدار و تأثیرات منفی بر کیفیت زندگی در این شهر گردشگری بیش‌ازپیش خواهیم بود.

واژه‌های کلیدی: تغییرات کاربری اراضی، تصاویر ماهواره‌ای لندست، مدل زنجیره‌ای مارکوف و CA مارکوف، شهر شاندیز.

## مقدمه

در حالی که ۱۰۰ سال قبل حدود ۱۵ درصد از جمعیت جهان در نواحی شهری زندگی می‌کردند، امروزه این مقدار به حدود ۵۰ درصد رسیده و تا ۲۰۰ سال آینده که پیش‌بینی می‌شود جمعیت دنیا ۶ برابر شود، جمعیت شهری ۱۰۰ برابر خواهد شد (Acevedo & al, 1996: 147-161). شهرنشینی یکی از مهم‌ترین تغییرات جهانی است. مراکز جمعیتی جدا و کوچک گذشته تبدیل به عارضه‌های بزرگ و پیچیده به لحاظ فیزیکی، اقتصادی و محیط زیستی شده‌اند. رشد سریع شهرهای دنیا فشارهای سنگینی بر سرزمین و منابع اطراف آن وارد کرده و در نهایت منجر به ایجاد مشکلات جدی اجتماعی و محیط زیستی در این نواحی شده است. در بیشتر موارد این تغییرات سریع کاربری اراضی، بدون درک روشن از اثرات آن اتفاق افتاده است. (Torrens & Sullivan: 2000: 163).

بر این مبنا واحدهای کاربری اراضی تحت تأثیر رویدادهای طبیعی، عملکردهای انسانی، مسائل اجتماعی و اقتصادی به‌ویژه در اطراف شهرهای بزرگ همواره دستخوش تغییر می‌شوند. در این تغییرات، اراضی گوناگون به اراضی ساخته شده اعم از مسکونی، تجاری، صنعتی یا شبکه‌راه‌ها تبدیل شده و در برخی موارد به‌صورت اراضی بایر رها می‌شود (محمد اسماعیل، ۱۳۸۹: ۸۲). با افزایش و پیشرفت این تغییرات در مناطق شهری، گستره‌ای از تغییرات زیست‌محیطی دیده می‌شود که بیشتر در ارتباط با تغییر کاربری زراعی و تخریب پوشش گیاهی در مناطق شهری است (Goward & al, 1985: 131-146).

در واقع آگاهی از پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف آن و به بیان دیگر نحوه استفاده از زمین، به عنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار

است. نقشه‌های پوشش اراضی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای نقش مهمی در ارزیابی منطقه‌ای و ملی ایفا می‌کنند (Khorn & al, 2009: 957-964). تغییرات پوشش کاربری سرزمین در نتیجه فعل و انفعالات پیچیده فاکتورهای ساختاری و عملکردی مرتبط با تقاضا، ظرفیت تکنولوژیکی و ارتباطات اجتماعی، اثرات گسترده‌ای بر سیمای سرزمین دارد (Matsushita & al, 2006: 241). الگوی منظر از استقرار کاربری و پوشش اراضی در کنار هم به وجود می‌آیند و حالت پویا دارند. برای درک بهتر پویایی چشم‌انداز در طول زمان و در جهت برنامه‌ریزی و مدیریت، بررسی الگوهای مکانی کاربری و پوشش اراضی بسیار ضروری است (Yuan & al, 2005: 319). در طول دهه‌های گذشته، داده‌های سنجش از دور به علت تکرار دوره‌ای، تنوع طیفی و رادئومتریک، دید یکپارچه و فرمت رقومی مناسب برای پردازش در کامپیوتر، منبع داده شگرف برای کاربردهای گوناگون از جمله تهیه نقشه‌های پوشش اراضی محسوب می‌شوند (Zhang & al, 2008: 233).

در حال حاضر تکنولوژی سنجش از دور بهترین وسیله برای پایش تغییرات محیطی و استخراج کاربری اراضی بوده که بیشترین سرعت و دقت را دارد. با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجش از دور، با کمترین هزینه می‌توان نسبت به استخراج کاربری‌های اراضی اقدام کرده و سپس با مقایسه آن در دوره‌های زمانی مختلف نسبت تغییرات را ارزیابی کرد (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷: ۶). از سال ۱۹۷۲ که این علم وارد بسترهای استفاده صلح‌آمیز خود شد تا امروز که تقریباً نیم‌قرن از آن زمان می‌گذرد، افزایش شمار ماهواره‌هایی که در مدار قرار می‌گیرند، با تنوعی از سنجنده‌ها و قدرت تفکیک مکانی، رادیو متری، طیفی و زمانی روبه‌رو هستیم. همچنین با بهبود دسترسی به این اطلاعات، بررسی قابلیت‌های

انجام می‌شود که می‌توان به الگوریتم‌های حداکثر احتمال، حداقل، فاصله تا میانگین در این روش ارزش بازتابی هر پیکسل ناشناخته براساس واریانس و کوواریانس آن طبقه واکنش طیفی ویژه تجزیه و تحلیل می‌شود و فرض بر این است که توزیع داده‌های هر طبقه براساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته‌اند. این فرض براساس تجارب حاصل از بازتاب انرژی از اجسام پذیرفته شده است. در عمل واریانس یا کوواریانس و میانگین طبقه‌های مختلف هر تصویر ماهواره‌ای، برای طبقه‌بندی پدیده‌های محاسبه می‌شود تا هر یک از پیکسل‌ها در طبقه‌ای تعلق یابد که حضورش در آن طبقه از احتمال بیشتری برخوردار است

(Tso & Mather, 2009: 349-371).

زنجیره‌های مارکوف یک روش ریاضی و احتمالاتی است. در واقع مدل زنجیره‌ای مارکوف به صورت یک فرایند تصادفی عمل می‌کند که در آن وضعیت آینده یک پیکسل تنها به وضعیت قبلی آن بستگی دارد و براساس آن پیش‌بینی می‌شود. نتیجه مستقیم حاصل از این مدل، ماتریس احتمال انتقال است؛ اما در این مدل هیچ درک جغرافیایی به دست نمی‌آید و در پایان به مدل‌سازی نقشه واحدی که نشان‌دهنده توزیع مکانی کلاس‌ها باشد، تولید نمی‌شود. برای رفع این مشکل در دهه ۱۹۵۰ مدل CA مارکوف توسط جان‌وان نیومن ۸ برای اضافه کردن مشخصه مکانی به مدل مارکوف طراحی شد (Fan & et al, 2008: 127-147). با بررسی منابع موجود در این زمینه ملاحظه می‌شود که مدل زنجیره‌ای CA مارکوف در ترکیب با تصاویر سنجنش از دور برای مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی به طور گسترده در محیط‌های شهری و غیرشهری در مقیاس بزرگ در مناطق مختلف دنیا استفاده شده است (Guan & et al, 2011: 3761-3772).

آن‌ها و ارائه معیارهای مستدل برای انتخاب، پردازش و استخراج اطلاعات مفید از آن‌ها امری اجتناب‌پذیر است؛ بنابراین به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای و پردازش رقومی آن‌ها با الگوریتم‌های مناسب موجب می‌شود، ضمن به حداقل رساندن خطای انسانی جزئیات پدیده‌هایی را که چشم انسان قادر به تمایز آن‌ها نیست، شناسایی و تفکیک شوند. به نظر می‌رسد با استفاده از این تصاویر و تکنیک‌های طبقه‌بندی آن‌ها می‌توان اراضی‌ای را که دارای شباهت‌های سطحی و بازتاب مشابه هستند، در یک طبقه قرار داد و شرایط اولیه را که همان گروه‌بندی اراضی مشابه است، فراهم آورد (علوی‌پناه، ۱۳۸۳: ۴۷۸). به‌طور کلی، سنجنش از دور و علم به دست آوردن اطلاعات درباره یک جسم، منطقه یا پدیده از طریق تجزیه و تحلیل داده‌هایی است که توسط ابزاری، بدون تماس فیزیکی با موضوع به دست آمده‌اند (Gupta, et al, 2003: 655).

در این راستا، به جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و تقسیم‌بندی طبقاتی آن‌ها که دارای رفتار طیفی یکسانی باشد، طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای گفته می‌شود. به عبارتی طبقه‌بندی پیکسل‌های تشکیل‌دهنده تصاویر، اختصاص دادن یا معرفی کردن هر یک از پیکسل‌ها به کلاس یا پدیده خاصی را «طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای» گویند (علوی‌پناه، ۱۳۸۴: ۲۹۱). در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به دو روش نظارت‌شده یا نظارت‌نشده انجام می‌گیرد. در طبقه‌بندی نظارت‌شده برای رده‌بندی پیکسل‌ها از نمونه‌هایی آموزشی استفاده می‌شود (Traning Data)؛ بدین معنی که با تعریف پیکسل‌های مشخصی از تصویر برای هر کدام از کلاس‌ها، عمل طبقه‌بندی در قالب کلاس‌های در نظر گرفته شده انجام می‌شود. سپس با استفاده از الگوریتم خاصی عمل طبقه‌بندی

سال‌های اخیر رشد شهرنشینی، شهرهای بزرگ و کوچک در ایران باعث گسترش ناگهانی و غیرطبیعی این شهرها و تخریب زمین‌های حاصل‌خیز و منابع طبیعی شده و آسیب‌های جبران‌ناپذیری به طبیعت وارد کرده است که به تبع آن شهر گردشگری شان‌دیز در استان خراسان رضوی و در غرب کلان‌شهر مشهد، از این قائده مستثنی نیست. از سال ۱۳۸۴، با نام‌گذاری این شهر به‌عنوان «منطقه نمونه گردشگری» و تخصیص بودجه‌ها و سرازیر شدن محرک‌های پولی و سیل سرمایه‌هایی که به این شهر سرازیر شد که مهم‌ترین و برجسته‌ترین‌شان مجموعه پدیده شان‌دیز است که موجب سرمایه‌گذاری در بخش گردشگری و جذب مخاطبان شهری و فراشهری شد که به طبع آن افزایش خانه‌های دوم و از سویی دیگر الحاق چندین روستا به شهر و گسترش شهر به سمت خطی شدن است. با توجه به روندی که شهر در پیش گرفته است، به‌سادگی می‌توان سرنوشت آن را همچون دیگر شهرهای با اقتصاد تک‌بعدی و نگاه‌های سودمدارانه پیش گرفته است، بیان کرد که در روند کنونی و با توجه به ساخت‌وسازهای شهرک گردشگری پدیده شان‌دیز، شاهد شکل‌گیری یک قطب گردشگری در ناحیه شمال شرقی منطقه خواهیم بود. این خود بر افزایش قیمت زمین، در این نواحی در سال‌های اخیر، اقتصاد پایدار شهر از بخش کشاورزی به بخش خدمات و تخریب محیط زیست تأثیر بسزایی داشته است. باید توجه داشت که در میان گرایش‌های متفاوتی، فعالیتی، فعالیت رده گردشگری وجه غالب فعالیتی شهر و اصلی‌ترین شناسه شهر قلمداد می‌شود و همچنین گرایش شدید برای تفکیک زمین، ایجاد مجتمع‌های مسکونی در قالب شهرک‌ها و مجتمع‌های تجهیز شده برای اقامت موقت در این راستا قرار دارند که مکان‌یابی و نحوه احداث آنها،

با توجه به مطالب ذکر شده، مدل‌های پیش‌بینی کاربری اراضی برای برنامه‌ریزی استفاده از زمین، یک نیاز ضروری است (Mas et al, 2014: 94-111; Sohl & Claggett, 2013: 235-243; Kamusoko et al, 2009: 435-447). به‌علاوه پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و برقراری ارتباط بین این تغییرات با عواقب اقتصادی-اجتماعی حاصل از آن، اهمیت بسیار بالایی برای مدیریت پایدار اراضی دارد (Whitford, 2010: 340). بدین منظور، مدل‌سازی به‌عنوان یک موضوع علمی، در حال رشد سریع است و بیش از یک دهه است که موضوع تحقیقات علمی شده است (Pontius & Chen, 2006: 44).

در زمینه بررسی تغییرات کاربری اراضی مطالعاتی زیادی صورت گرفته است. وانگ و همکاران (۲۰۱۲). تغییرات کاربری اراضی ساگا در ژاپن را برای سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۴۲ با استفاده از مدل زنجیره‌ای CA مارکوف مدل‌سازی کردند. نتایج این مطالعه، افزایش اراضی شهری و کاهش اراضی طبیعی و کشاورزی را نشان داد. این مطالعه بیان کرد که فرایند مدل‌سازی، درک بهتر سیستم‌های پیچیده کاربری اراضی، توسعه و بهبود ابزارهای مدیریتی و در نتیجه تعادل بین توسعه شهری و حفاظت از محیط زیست را برای مدیران منطقه‌ای فراهم می‌کند (Wang & et al, 2012: 1234-1245).

در این مطالعات و مطالعات مشابه دیگر، علاوه بر مشخص شدن وضعیت تغییرات کاربری اراضی در زمان موردنظر با استفاده از مدل مارکوف، کارایی این مدل در مطالعات پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، از گذشته تاکنون تأیید شده است (Sohl & et al, 2013: 235-243, Mas & et al, 2014: 94-111).

از آنجاکه توسعه فضاهای شهری در آینده امری اجتناب‌ناپذیر است؛ لزوم و شناخت صحیح این روند به‌منظور اجرای مدیریتی کارآمد در زمینه حفاظت از محیط زیست شهری، ضروری است. در این راستا در

گرفته شده انجام می‌شود. همچنین لازم به توضیح است که الگوریتم حداکثر مشابهت جهت طبقه‌بندی نظارت مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش ارزش بازتابی و هر پیکسل ناشناخته و براساس واریانس و کوواریانس آن طبقه واکنش طیفی ویژه تجزیه و تحلیل می‌شود و فرض بر این است که توزیع داده‌های هر طبقه براساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته‌اند. در عمل واریانس و کوواریانس و میانگین طبقه مختلف هر تصویر ماهواره‌ای، برای طبقه‌بندی پدیده‌ها محاسبه می‌شود تا هریک از پیکسل‌ها به طبقه‌ای تعلق یابد که حضورش در آن طبقه از احتمال بیشتری برخوردار است. در ادامه برای پی‌بردن به تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه شهر شاندیز که شامل کاربری‌های باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته‌شده، اراضی بایر و مرتع مدنظر قرار گرفته که 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 که موردی‌ها مدل نامیده می‌شوند. علاوه بر این دو نقشه فاصله زمانی بین دو تصویر و فاصله زمانی پیش‌بینی در افق ۱۴۰۰ نیز در مدل CA مارکوف در نظر گرفته می‌شود. خروجی مدل مارکوف نیز شامل احتمال تبدیل وضعیت و ماتریس مساحت‌های تبدیل شده در هر کلاس و درنهایت تصاویر احتمالاً شرطی برای تبدیل کاربری مختلف است. همین‌طور در این پژوهش برای اعتماد به طبقه‌بندی صورت گرفته از شاخص کاپا استفاده شده است، شاخص کاپا از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

$P_0$ : درستی مشاهده شده

$P_C$ : توافق مورد انتظار

ملاحظات مربوط به محیط طبیعی، تأمین زیرساخت‌ها و خدمات وابسته به آن، تأثیر و تأثیرات آن بر سکونتگاه‌های موجود جایی ندارد و حاصل آن دخل و تصرف گسترده در خصوصیات پایه محیطی - شکل زمین، پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی و تخریب آن بوده است. در این پژوهش، تغییرات پوشش زمین در کاربری‌های باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی و محدوده‌های ساخته‌شده، زمین‌های بایر و مراتع مورد توجه قرار گرفته که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۴ و پیش‌بینی مساحت این کاربری‌ها در افق ۱۴۰۰ است.

هدف تحقیق حاضر، مشخص کردن احتمال تغییرات پوشش زمین در کاربری‌های باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته‌شده، اراضی بایر و مرتع در بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹ و پیش‌بینی این تغییرات در افق ۱۴۰۰ است.

#### داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از تصاویر سنجنده TM مربوط به سال‌های (۱۳۷۹) ۲۰۰۰ و ETM مربوط به سال‌های (۱۳۸۹) ۲۰۰۹ و (۱۳۹۴) ۲۰۱۵ از ماهواره لندست استفاده شده است. تاریخ تصاویر به ترتیب در تاریخ ۲۰/۵/۲۰۰۰، ۱۹/۶/۲۰۰۹ و ۱۸/۵/۲۰۱۵ بوده است. در ابتدا تصاویر ماهواره‌ای لندست تصحیح هندسی و رادیو متریک شد تا خطاهای مربوط به تصاویر ماهواره‌ای کاهش یابد. در ادامه محدوده مورد مطالعه از تصاویر جدا کرده و اقدام به طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای شد. روش مورد استفاده در جهت طبقه‌بندی اطلاعات روش نظارت شده است. در این روش برای رده‌بندی پیکسل‌ها از نمونه‌های آموزشی استفاده می‌شود؛ بدین معنی که با تعریف پیکسل‌های مشخص از تصویر برای هریک از کلاس‌ها عمل طبقه‌بندی در قالب کلاس‌های در نظر

### نتایج دقت طبقه‌بندی

یکی از پرکاربردترین روش‌های ارزیابی صحت طبقه‌بندی، محاسبه ماتریس خطاست که در مطالعات زیادی استفاده است. نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی در این مطالعه با صحت کلی از ۸۰ درصد و ضریب کاپای بالاتر از ۰/۸ از محاسبه ماتریس خطا ارزیابی شد. این مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی بالای ۸۰ درصد نشان‌دهنده این است که به‌طور کلی توافق خوبی بین طبقه‌بندی و انواع طبقات کاربری موجود در زمین وجود دارد. جدول شماره (۱) ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را نشان می‌دهد.

جدول ۱: ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

سال	تصویر	شاخص کاپا	ضریب صحت
۲۰۰۰	TM	۰/۸۸	۹۲/۶۶ درصد
۲۰۰۹	ETM	۰/۸۹	۹۲/۴۶ درصد
۲۰۱۵	ETM	۰/۸۷	۸۹/۳۴ درصد

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸

### منطقه مورد مطالعه

منطقه شاندیز واقع در شهرستان بینالود از پهنه‌های گردشگری با قابلیت بالاست که از جاذبه‌های طبیعی، تاریخی، فرهنگی فراوانی برخوردار است. شهر شاندیز با مساحت تقریبی ۱۳۴۹ هکتار در بخش شرقی و غرب شهرستان مشهد در ۳۶،۲۳ درجه عرض جغرافیایی و ۱۸،۵۹ درجه طول شرقی در ۳۵ کیلومتری غرب کلانشهر مشهد در استان خراسان رضوی واقع شده است. این پهنه‌ها دارای رودهای متعدد است که از ارتفاعات سرچشمه گرفته و در مسیر خود به چند شاخه تبدیل می‌شود. محدوده مورد مطالعه دارای شهر (شاندیز) و ۱۰ آبادی (ابرده سفلی، ابرده علیا، ارچنگ، حصار سرخ، خادر، زشک، سر آسیاب، کلاته ابراهیم، کراخک و ویرانی است). (مهندسان مشاور

فرزهاد، ۱۳۹۵: ۱۳). با توجه به آخرین سرشماری، جدول شماره (۲) تحولات جمعیتی شهر شاندیز را طی سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۹۰ نشان می‌دهد.

جدول ۲: تحولات جمعیتی شهر شاندیز را

در طی سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۹۰

سال سرشماری	۱۳۳۵	۱۳۴۵	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۰
جمعیت	۲۱۰۲	۲۰۲۴	۲۶۱۸	۴۱۳۲	۴۰۷۷	۶۵۷۰	۱۰۴۲۸

مأخذ: مرکز آمار ایران، سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۹۰

درواقع شهر شاندیز به‌لحاظ نقش و جایگاه ویژه گردشگری طبیعی، در سطح مجموعه شهری مشهد از اهمیت و جایگاه خاصی برخوردار است و به‌دلیل شرایط و ویژگی‌های خاص طبیعی و استعداد مناسب زمین‌های آن برای توسعه شهری اهمیت دوچندانی می‌یابد (مهندسان مشاور فرزهاد، ۱۳۹۵: ۱).

قابلیت‌های محیط طبیعی شهر شاندیز که از یک‌سو به اراضی شیب‌دار و حاصل‌خیز دامنه بینالود و از سوی دیگر به دشت مشهد متصل می‌شود، موجب ایجاد قابلیت برای پذیرش طیف گسترده‌ای از فعالیت‌ها در محدوده این شهر شده است.

به‌طور کلی ویژگی‌های این شهر گردشگری، دارای ساختار طبیعی و ویژگی‌های اقلیمی بارز، وجود باغ، باغ دره‌ها، فضاهای باز و سبز، جویبارها و چشمه‌ها، اقلیم مناسب کوهستانی با قابلیت تفرج زمستانی و تابستان، مراکز خرید-گردشی، رستوران‌ها و سایر خدمات پذیرایی، قابلیت تاریخی، فرهنگی و مذهبی و شناخته‌شدن این شهر در سطح ملی و حتی بین‌المللی که خود سرمایه‌ای بالقوه برای این شهر اکولوژیک محسوب می‌شود (مهندسان مشاور بافت شهر، ۱۳۸۱: ۱۱۲). شکل شماره (۱) موقعیت جغرافیایی شهر شاندیز را نشان می‌دهد.





شکل ۱: تصویر شهر شاندیز

مأخذ: گوگل ارث

### نتایج و بحث

برداشتی سال ۲۰۱۵ از شهر شاندیز را نشان می‌دهد و شکل شماره (۵) نقشه پوشش زمین است که تغییرات کاربری‌های (باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته‌شده، اراضی بایر و مرتع) در شهر شاندیز در سال ۱۳۷۹، شکل شماره (۶) پوشش زمین در سال ۱۳۸۹ و شکل شماره (۷) پوشش زمین در سال ۱۳۹۴ را نشان می‌دهد.

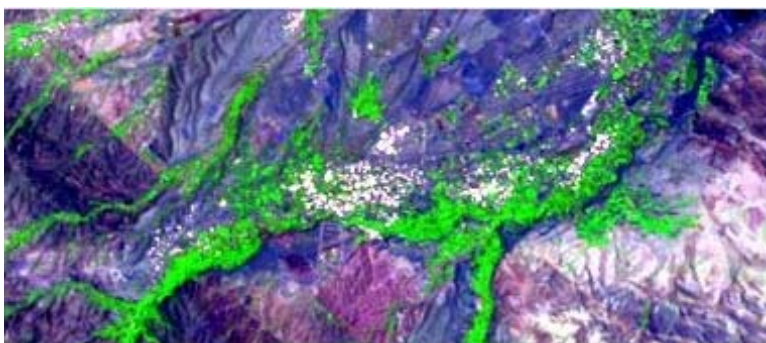
همان‌گونه که ذکر شد، در پژوهش حاضر سعی بر آن است تا تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۴ و پیش‌بینی این تغییرات در افق ۱۴۰۰ مدنظر قرار گرفته شود.

در این راستا شکل شماره (۲) تصویر اولیه برداشتی سال ۲۰۰۰، شکل شماره (۳) تصویر اولیه برداشتی سال ۲۰۰۹، شکل شماره (۴) تصویر اولیه

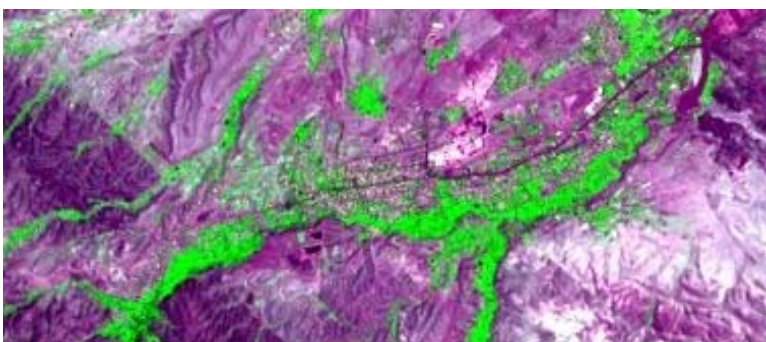


شکل ۲: تصویر اولیه برداشتی سال ۲۰۰۰ از شهر شاندیز

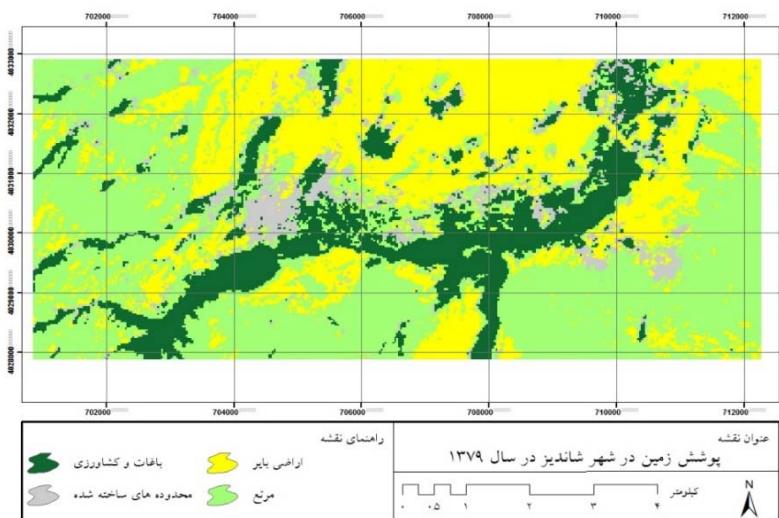
مأخذ: تصویر ماهواره‌ای لندست ۸



شکل ۳: تصویر اولیه برداشتی سال ۲۰۰۹ از شهر شاندیز  
 مأخذ: تصویر ماهواره‌ای لندست ۸

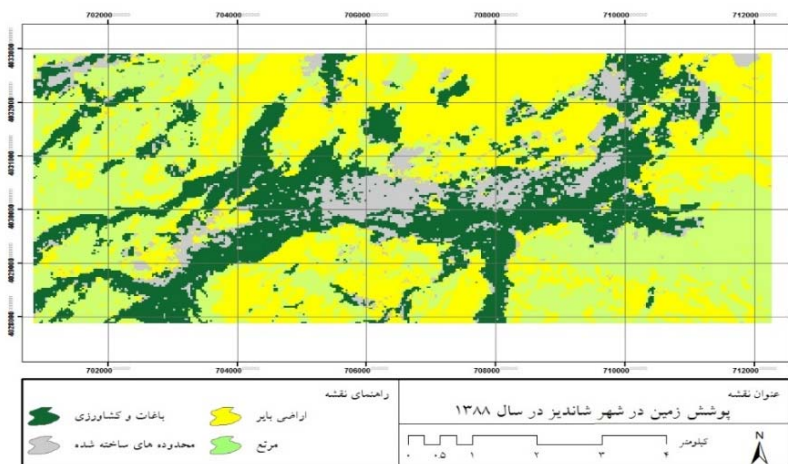


شکل ۴: تصویر اولیه برداشتی سال ۲۰۱۵ از شهر شاندیز  
 مأخذ: تصویر ماهواره‌ای لندست ۸



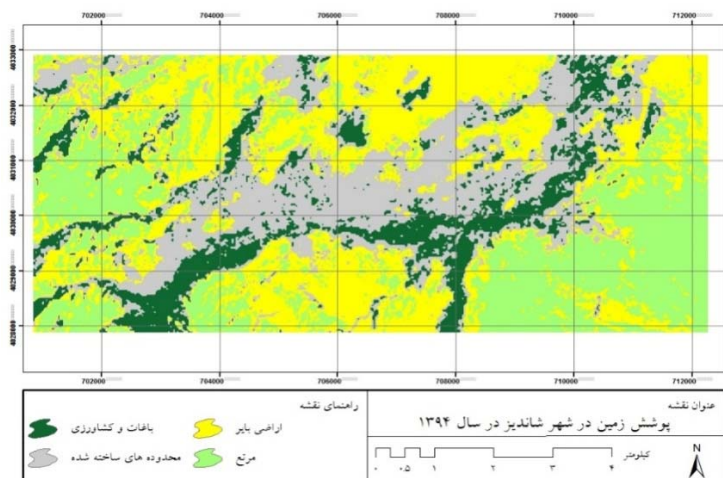
شکل ۵: نقشه پوشش زمین در شهر شاندیز در سال ۱۳۷۹  
 مأخذ: تصویر ماهواره‌ای لندست ۸





شکل ۶: نقشه پوشش زمین در شهر شاندیز در سال ۱۳۸۹

مأخذ: تصویر ماهواره‌ای لندست ۸



شکل ۷: نقشه پوشش زمین در شهر شاندیز در سال ۱۳۹۴

مأخذ: تصویر ماهواره‌ای لندست ۸

پوشش زمین بین دو دوره زمانی محاسبه شده است. از نقشه پوشش سال ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹، ماتریس تبدیل وضعیت اول و از نقشه پوشش سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ محاسبه شده است. این ماتریس‌ها حاوی اطلاعات و تبدیل هر کلاس به سایر کلاس‌هاست و در نهایت مساحت کاربری‌ها در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۴ در شهر شاندیز مشخص شد. ماتریس مساحت انتقال نشان‌دهنده تعداد پیکسل‌هایی است که از هر کلاس به کلاس‌های دیگر تبدیل شوند.

با توجه به خروجی نقشه‌ها در سه بازه زمانی ۱۳۸۹، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۴ مشخص شد که بیشترین تغییرات کاربری مربوط به محدوده‌های ساخته‌شده در اثر ساخت‌وساز بی‌رویه به‌خصوص در دوره ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ در شهر شاندیز است که نتیجه آن باعث از بین رفتن باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی شده است.

### ماتریس تبدیل وضعیت

با استفاده از نقشه‌های پوشش زمین به‌دست‌آمده برای هر دوره ماتریس، تبدیل وضعیت کلاس‌های

جدول ۳: ماتریس مساحت انتقال وضعیت بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۷۹ (به متر مربع)

پوشش زمین	باغات و کشاورزی	محدوده‌های ساخته‌شده	اراضی بایر	مرتع
باغات و کشاورزی	11419979	2203275	123066	209080
محدوده‌های ساخته‌شده	3647614	1017516	367941	869128
اراضی بایر	1035976	1262656	12799223	4093745
مرتع	2122398	1821521	4828408	9785673

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸

است. ماتریس احتمال انتقال که در آن احتمال تغییر هر کلاس به سایر کلاس‌های موجود مشخص شده است.

با توجه به خروجی جدول شماره (۳) مشخص شد که بیشترین تغییر باغات و زمین‌های کشاورزی به سایر کاربری‌ها، مربوط به محدوده‌ای ساخته شده

جدول ۴: ماتریس احتمال انتقال وضعیت بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۷۹ (به متر مربع)

پوشش زمین	باغات و کشاورزی	محدوده‌های ساخته‌شده	اراضی بایر	مرتع
باغات و زمین‌های کشاورزی	0.4993	0.4156	0.0559	0.0292
محدوده‌های ساخته‌شده	0.0438	0.8281	0.1032	0.0249
اراضی بایر	0.0043	0.1145	0.6387	0.2425
مرتع	0.0203	0.1024	0.2637	0.6137

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸

زمین‌های کشاورزی و اراضی بایر و مراتع، به محدوده‌های ساخته شده بوده است.

با توجه به خروجی‌های جدول شماره (۴) مشخص شد که بیشترین احتمال انتقال کاربری‌ها به ترتیب در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۷۹ مربوط به باغات و

جدول ۵: ماتریس مساحت انتقال وضعیت بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۴ (به متر مربع)

پوشش زمین	باغات و کشاورزی	محدوده‌های ساخته‌شده	اراضی بایر	مرتع
باغات و زمین‌های کشاورزی	3837098	3194278	429703	224021
محدوده‌های ساخته‌شده	647050	12244346	1526316	367488
اراضی بایر	79989	2122310	11840942	4496759
مرتع	336445	1699130	4376204	10185120

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸

۱۳۸۹-۱۳۹۴ مربوط به محدوده‌های ساخته‌شده، اراضی بایر، باغات، زمین‌های کشاورزی و مراتع است.

با توجه به خروجی‌های جدول شماره (۵) مشخص شد که بیشترین مساحت انتقال در کاربری‌های ذکر شده به ترتیب در بازه زمانی سال‌های

جدول ۶: ماتریس احتمال انتقال وضعیت بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۴ (به متر مربع)

پوشش زمین	باغات و کشاورزی	محدوده‌های ساخته‌شده	اراضی‌بایر	مرتع
باغات و زمین‌های کشاورزی	0.4993	0.4156	0.0559	0.0292
محدوده‌های ساخته‌شده	0.0438	0.8281	0.1032	0.0249
اراضی‌بایر	0.0043	0.1145	0.6387	0.2425
مرتع	0.0203	0.1024	0.2637	0.6137

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸

محدوده‌های ساخته شده، اراضی‌بایر، باغات و زمین‌های کشاورزی و مراتع است.

با توجه به خروجی‌های جدول شماره (۶) مشخص شد که بیشترین احتمال انتقال کاربری‌ها به ترتیب در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۴ مربوط به

جدول ۷: مساحت کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۴ (به متر مربع)

پوشش زمین	وسعت (مترمربع)		درصد	
	1379	1388	1394	درصد
باغات و زمین‌های کشاورزی	9491400	13955400	7685100	۱۳,۳۴
محدوده‌های ساخته شده	3508200	5902200	14785200	۲۵,۶۶
اراضی‌بایر	17906400	19191600	18540000	۳۲,۱۸
مرتع	26701200	18558000	16596900	۲۸,۸۱

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸

وسعت (۳۲,۱۸) درصد نسبت به سال ۸۸، کاهش یافته است. وسعت مراتع در سال ۷۹ (۴۶,۳۵) درصد بوده که در سال ۸۸ با وسعت (۳۲,۲۱) درصد کاهش یافته است. اما کاهش قابل توجه مراتع در سال ۹۴ با (۲۸,۸۱) درصد، نسبت به سال ۷۹ اتفاق افتاده است و این نشان‌دهنده تخریب اکوسیستم طبیعی در شهر شان‌دیز می‌باشد.

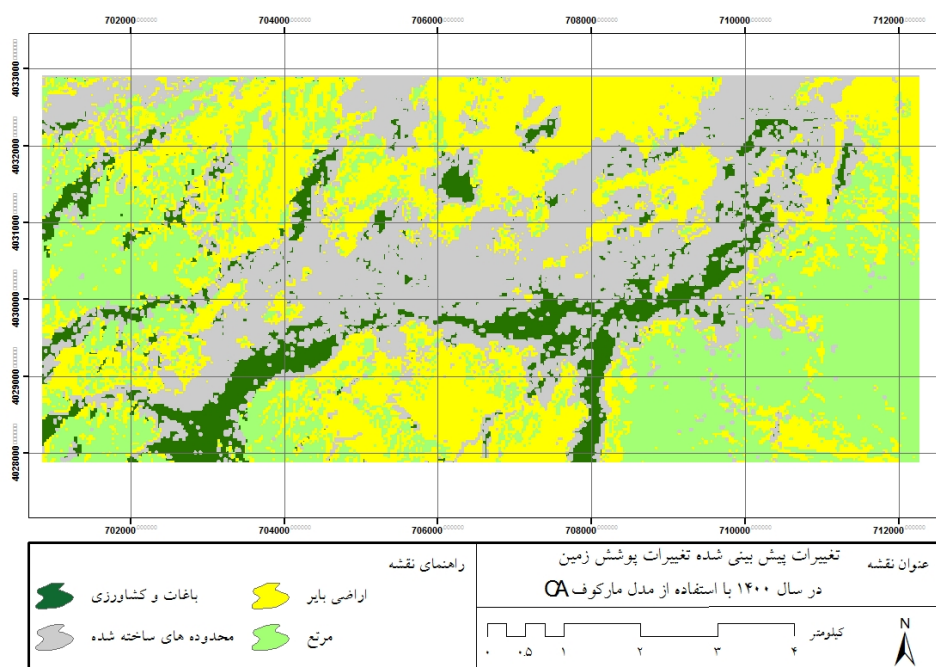
#### مدل‌سازی کلاس‌های کاربری در سال ۱۴۰۰

تغییرات صورت‌گرفته در کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه که شامل کاربری‌های باغات و زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته‌شده، اراضی‌بایر و مرتع از مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. در مدل

باتوجه به خروجی‌های جدول شماره (۷) مشخص گردید، که وسعت باغات و زمین‌های کشاورزی در سال ۷۹ (۱۶,۴۷) درصد بوده در سال ۸۸، با وسعت (۱۳۹۵۵۴۰۰) مترمربع ۲۴,۲۲ درصد افزایش یافته، اما در سال ۹۴ با وسعت (۱۳,۳۴) کاهش چشمگیری داشته است. محدوده‌های ساخته شده در سال ۷۹ با وسعت ۶,۰۸ درصد که وسعت آن در سال ۸۸ با وسعت ۱۰,۲۴ درصد افزایش یافته، اما افزایش چند برابری آن در سال ۹۴ با وسعت ۲۵,۵۵ درصد اتفاق افتاده است که حاکی از ساخت و ساز بی‌رویه در سال ۹۴ نسبت به سال ۷۹ است. اراضی‌بایر در سال ۷۹ با وسعت (۳۱,۰۸) درصد، در سال ۸۸ با وسعت (۳۳,۳۱) درصد افزایش یافته اما در سال ۹۴ با

شکل شماره ۸) پیش‌بینی وضعیت ۴ طبقه پوشش زمین شامل زمین‌های ساخته‌شده، باغات و زمین‌های کشاورزی، زمین‌های بایر، مراتع در شهر شاندیز در افق ۱۴۰۰ را نشان داده شده است. جدول شماره ۸) وسعت کاربری‌ها در سال ۱۳۹۴ و پیش‌بینی تغییرات این کاربری‌ها را در سال ۱۴۰۰ و درصد این تغییرات را نشان می‌دهد و در نهایت نمودار شماره ۱) که از خروجی جدول شماره ۸) گرفته‌شده، مشخص کننده تغییرات کاربری‌های ذکر شده از سال ۱۳۹۴ به سال ۱۴۰۰ می‌باشد

زنجیره مارکوف از کلاس‌های پوشش به‌عنوان حالت یا همان وضعیت‌های زنجیره استفاده شده است و (ماتریس مساحت انتقال که نشان‌دهنده تعداد پیکسل‌هایی که از هر کلاس به کلاس‌های دیگر تبدیل شوند) یا همان مقدار وسعتی که از هر کاربری به کاربری دیگر در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۴ مشخص شد که از خروجی جداول ذکر شده، براساس مدل CA مارکوف، پیش‌بینی مساحت ۴ طبقه پوشش زمین در کاربری‌های ذکر شده در افق ۱۴۰۰ مشخص شد.



شکل ۸: نقشه پیش‌بینی وضعیت پوشش زمین در افق ۱۴۰۰

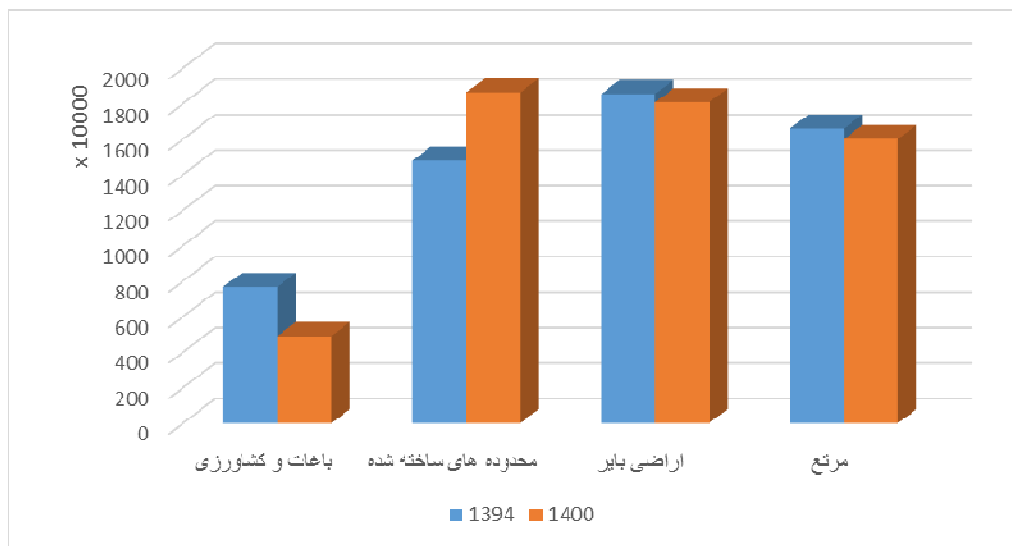
مأخذ: تصویر ماهواره‌ای لندست ۸

جدول ۸: وسعت پوشش زمین در سال ۱۳۹۴-۱۴۰۰ (مترمربع)

پوشش زمین	۱۳۹۴	۱۴۰۰	افزایش تغییرات در افق ۱۴۰۰ (به درصد)
باغات و کشاورزی	7685100	4914231	63%
محدوده‌های ساخته‌شده	14785200	18621597	126%
اراضی بایر	18540000	18061819	97%
مرتع	16596900	16009553	96%

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸





نمودار ۱: تغییرات پوشش زمین از سال ۱۳۹۴ به سال ۱۴۰۰

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸

## نتیجه

در این پژوهش تغییرات پوشش زمین در کاربری‌های باغات و زمین‌های کشاورزی و محدوده‌های ساخته شده، زمین‌های بایر و مراتع با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۴ و الگوریتم حداکثر مشابهت، روش نظارت‌شده و مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. در مدل زنجیره مارکوف از کلاس‌های پوشش به‌عنوان حالت یا همان وضعیت‌های زنجیره استفاده شده است و (ماتریس مساحت انتقال که نشان‌دهنده تعداد پیکسل‌هایی که از هر کلاس به کلاس‌های دیگر تبدیل شوند) یا همان مقدار وسعتی که از هر کاربری به کاربری دیگر در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۴ تغییر یافته است.

بر اساس مدل CA مارکوف، پیش‌بینی مساحت ۴ طبقه پوشش زمین در کاربری‌های ذکرشده در افق ۱۴۰۰ مشخص شد. در این راستا مشخص شد که در طی سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹، و ۱۳۹۴ مساحت کاربری‌های محدوده‌های ساخته و اراضی بایر به شدت

افزایش یافته و از مساحت کاربری‌های باغات و زمین‌های کشاورزی و مراتع کاسته شده است و مساحت کاربری‌ها در افق ۱۴۰۰ به نسبت سال ۱۳۹۴ نیز به همین گونه است؛ به طوری که باغات و زمین‌های کشاورزی (۰/۶۳٪)، محدوده‌های ساخته‌شده (۰/۱۲۶٪)، اراضی بایر (۰/۹۷٪) و مراتع (۰/۹۶٪) تغییر خواهد کرد. در واقع مشخص شد که در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۹ که بیشترین مساحت تغییر باغات و زمین‌های کشاورزی به سایر کاربری‌ها مربوط به محدوده‌ای ساخته‌شده است و بیشترین احتمال انتقال کاربری‌ها به ترتیب در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۹ مربوط به باغات و زمین‌های کشاورزی و اراضی بایر و مراتع به محدوده‌های ساخته‌شده بوده است و بیشترین مساحت انتقال در کاربری‌های ذکرشده به ترتیب در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۴ به ترتیب مربوط به محدوده‌های ساخته‌شده، اراضی بایر، باغات، زمین‌های کشاورزی و مراتع است و بیشترین احتمال

با توجه به اینکه، استفاده نامناسب از زمین‌های موجود و تغییرات شدید کاربری در سال‌های اخیر و از میان رفتن باغات و زمین‌های کشاورزی که خود به ایجاد مشکل در توسعه هماهنگ و پایدار و بروز تأثیرات منفی بر کیفیت زندگی در شهر شاندیز تبدیل شده است؛ بنابراین ضرورت دارد که برای جلوگیری از تغییرات، کاربری و تخریب محیط زیست، به خصوص در سال‌های اخیر تدبیری اندیشیده شود و در حفظ این شهر گردشگری با خصوصیات منحصر به فرد آن اهتمام لازم به عمل آید.

### منابع

- علوی پناه، سید کاظم؛ حمیدرضا متین فر (۱۳۸۳). ارزیابی کاربری داده‌های ماهواره‌ای از نظر صرفه‌جویی وقت، کنفرانس ملی بهره‌وری. فرهنگستان علوم ایران. صفحه ۴۷۸.
- علوی پناه، سید کاظم (۱۳۸۴). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران. صفحه ۲۹۱.
- فیضی زاده، بختیار؛ سید محمود حاجی میر رحیمی (۱۳۸۷). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا (مطالعه موردی: شهرک اندیشه)، نشریه نقشه‌برداری. شماره ۹۹. صفحه ۶.
- محمد اسماعیل، زهرا (۱۳۸۹). پایش تغییرات کاربری اراضی کرج با استفاده از تکنیک سنجش از دور، مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). شماره ۱. صفحه ۸۲.
- مرکز آمار ایران، سال‌های (۱۳۳۵-۱۳۹۰).
- مهندسان مشاور بافت شهر (۱۳۸۱). گزارش طرح راهبردی و گردشگری منطقه طرقله و شاندیز- مشهد.
- مهندسان مشاور فرزند (۱۳۹۵). طرح جامع شهر شاندیز، وزارت مسکن و شهرسازی خراسان رضوی.

انتقال کاربری‌ها به ترتیب در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۴ مربوط به محدوده‌های ساخته شده، اراضی بایر، باغات و زمین‌های کشاورزی و مراتع است و مشخص شد که مساحت باغات و زمین‌های کشاورزی در سال ۱۳۸۹ به نسبت سال ۱۳۷۹ افزایش داشته، اما در سال ۱۳۹۴ کاهش چشمگیری داشته است. مساحت محدوده‌های ساخته شده در طی سال‌های ذکر شده به شدت افزایش یافته، به طوری که در سال ۱۳۹۴ با (۱۴۷۸۵۲۰۰ متر مربع) به بیشترین حد ممکن افزایش یافته است. اراضی بایر نیز روند صعودی را در بازه زمانی این سال‌ها طی کرده است و مساحت آن هر سال به نسبت سال بعد افزایش یافته است و مساحت مراتع در طی این سال‌ها روند نزولی را طی کرده و به شدت کاهش یافته است. با توجه به خروجی نقشه‌ها در سه بازه زمانی ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۴ مشخص شد که بیشترین تغییرات کاربری مربوط به محدوده‌های ساخته شده در اثر ساخت و ساز بی‌رویه به خصوص در دوره ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ در شهر شاندیز می‌باشد که نتیجه آن باعث از بین رفتن باغات و زمین‌های کشاورزی شده است.

اصولی که امروزه در تدوین خط‌مشی‌های مدیریت و برنامه‌ریزی شهر شاندیز به چشم می‌خورد، غالباً حول محور تأمین نیازها و خواسته‌های گروه‌های ذی‌نفع بشری است و آنچه در این بین نادیده گرفته می‌شود، آستانه‌های محیط‌زیستی و ظرفیت تحمل اکوسیستم بستر در مواجهه با خیل عظیم ورود ماده و انرژی و تغییرات کاربری زمین به دنبال تغییر در شرایط و عوامل مؤثر به گسترش و توسعه شهری در دوران اخیر، محله‌های مسکونی انسان‌ساخت جایگاه ویژه‌ای در شکل‌گیری شهر داشته‌اند.

- Pontius, Robert. Gilmore. and Chen, Hao (2006). *Geomod Modeling*, USA: Clark University. P.44.
- Sohl, Terry L. and Claggett, Peter R (2013). Clarity versus complexity: Land-use modeling as a practical tool for decision-makers, *Journal of Environmental Management*, 129, 235-243.
- Torrens, P.M., Sullivan, D.O (2000). Cellular Automata and Urban Simulation: Where do we go from here, *Environment and Planning*, Vol, 28. No, 3. PP: 163-168.
- Tso. B. & P.M. Mather (2009). *Classification Methods for Remotely Sensed Data*. Chapter 2-3. 2nd ed., Taylor and Francis Pub., America
- Upadhyay, Thakur, Solberg, Birger, and Sankhayan, Prem Lall, 2006, Use of models to analyse land-use changes, forest/soil degradation and carbon sequestration with special reference to Himalayan region: A review and analysis, *Forest Policy and Economics*, 9 (4), 349-371.
- Wang, Shi Qing, Zheng, Xizinqi, and Zang, X.B (2012). Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model, *Procedia Environmental Sciences*, 13, 1238-1245.
- Whitford, Walter G., Translated by, Azarnivand, Hossein, and Malekian, Arash (2010). *Ecology of desert systems*, Tehran: University of Tehran. P. 340.
- Yuan, F., K. E, Sawaya. B. C, Loeffelholz & M.E, Bauer (2005) "Land cover lassification and change analysis of the twin Cities (Minnesota).
- Zhang, Zh., V. Lieven, C. Eva De, X. Ou and De.W. Robert (2008). Vegetation change detection using artificial neural networks with ancillary data in Xishuangbanna, Yunnan Province, China. *Chin. Sci. Bull.* 52 (2): 232-243.
- Acevedo, W., Forestman, T. W., Buchanan, J. T (1996). Origins and philosophy of building a temporal database to examine human transformation processes. *Proceedings, ASPRS/ ACSM Annual Convention and Exhibition, Baltimore, Vol, 24. No. 1. PP: 148-161.*
- Fan, Fenglei, Wang, Yunpeng, and Wang, Zhishi (2008). Temporal and spatial change, detecting (1998–2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl 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.
- Gupta, R. P (2003). *Remote Sensing Geology*. Second Edition, Springer-Verlag, Berlin, P.655.
- Goward, S. N., G. D. Cruickshanks, and A. S. Hope (1985). Observed relation between thermal emission and reflected spectral radiance of a complex vegetated landscape, *Remote Sensing of Environment*, 18, 137-146.
- Knorn, J.A. Rabe, C.V. Radeloff, T. Kuemmerle, J. Kozak and Hostert, P (2009). Land cover mapping of large areas using chain classification of neighboring Landsat satellite images. *Remote Sens, Environ.* 113: 957- 964.
- Kamusoko, Courage, Aniya, Masamu, Adi, Bongo and Manjoro, Munyaradzi (2009). R0 ural sustainability under threat in Zimbabwe – Simulation of future land use/cover changes in the Bindura district based on the Markov-cellular automata model, *Applied Geography*, 29 (3), 435-447.
- Matsushita, B. Xu, M. and Fukushima, T. (2006). Characterizing Changes in Landscape Structure in the Lake Kasumigaura Basin, Japan Using a High-Quality GIS Dataset, *Journal of Landscape and Urban Planning*, 78(3), PP: 241-250.
- Mas, Jean-François, Melanie, Kolb, Martin, Paegelow, María Teresa, Camacho Olmedo, and Thoma, Houet (2014). Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages, *Environmental Modelling & Software*, 51 (0), 94-111.

