جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی‌ام، تابستان ۱۳۹۸

صص ۱٦٦- ۱٤۹
DOI: https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.78082

تحلیل و پیش‌بینی گسترش شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و زنجیره مارکوف (طی سال‌های ۱٤۰٤-۱۳۷۹)

ابراهیم اکبری[۱]- کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
رحمان زندی- عضو هیئت‌علمی گروه سنجش‌ازدور و GIS، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
رقیه کلاته میمری- کارشناس ارشد برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۲/۱٤

چکیده

گسترش فیزیکی شهرها یک فرایند پویا و پیوسته است که در آن مرزهای شهر و فضای فیزیکی در جهت‌های عمودی و افقی از نقاط کمی و کیفی افزایش می‌یابد. روش تحقیق حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی و از نظر هدف کاربردی است تحقیق حاضر در پی ارزیابی و گسترش شهر مشهد در طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۵ و سپس پیش‌بینی تغییرات تا سال ۱٤۰٤ است. داده‌های مورد نیاز پژوهش به روش اسنادی؛ و برای پی بردن به نوع و میزان تغییرات رخ داده در منطقه مورد مطالعه از تصاویر ماهواره لندست، سنجنده ETM سال‌های، ۱۳۸۸، ۱۳۷۹ و سنجنده OLI استفاده شده است. پس از عملیات طبقه‌بندی که از روش نظارت شده و الگوریتم حداکثر مشابهت استفاده شده است، در ادامه جهت پی بردن به تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی شهر مشهد که شامل کاربری‌های باغات و زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته شده، اراضی بایر و مراتع مد نظر قرار گرفته از مدل زنجیره مارکوف استفاده شد؛ همچنین برای پیش‌بینی روند تغییرات تا سال ۱٤۰٤ از مدل CA استفاده شده است. همچنین در این پژوهش جهت اعتماد به طبقه‌بندی صورت گرفته از شاخص کاپا استفاده شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بیشترین تغییر، در سال‌های ۷۹ تا ۸۸ مربوط به محدوده باغات و اراضی کشاورزی بوده است، اراضی بایر در سال ۱۳۸۸ به نسبت سال ۱۳۷۹ کاهش یافته است اما در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۸۸ افزایش یافته است. مساحت مراتع در سال ۱۳۸۸ به نسبت سال ۱۳۷۹ کاهش یافته است اما در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۸۸ و ۱۳۷۹ افزایش چشمگیری داشته است. همچنین در طی ۳ بازه زمانی ۱۳۹۵، ۱۳۸۸، ۱۳۷۹ بیشترین تغییر در کاربری‌ها مربوط به محدوده‌های ساخته شده است که بر اساس پیش‌بینی مارکوف در

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۰٤۷٦٤۲۷ Email: E.akbari.2791@gmail.com

افق ۱٤۰٤ این کاربری حدود ۵۷ ۱۲۱٪ دچار تغییر خواهد شد؛ بنابراین نتایج مقاله حاضر می‌تواند به‌عنوان هشدار و تلنگری برای برنامه ریزان و مدیران شهری باشد تا با برنامه‌ریزی مناسب مانند سیاست‌های عمودی سازی و به‌عبارت‌دیگر گسترش در ارتفاع و نه در سطح، از گسترش بی‌رویه شهر به سمت باغات و اراضی کشاورزی جلوگیری نمایند.

کلیدواژه‌ها: توسعه فیزیکی شهر، تغییر کاربری اراضی، زنجیره‌های مارکوف، لندست، مشهد

۱- مقدمه

ناحیه‌های شهری چهار درصد از سطح زمین را دربرگرفته‌اند؛ بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها ساکن‌اند (حسین‌زاده و پناهی،۱۳۹۳) با توجه به رشد شهرنشینی در دهه‌های اخیر بیشتر زمین‌های داخل و اطراف خود را تحت تأثیر تغییر کاربری اراضی قرارداده‌اند. همچنین شهرها همواره تحت تأثیر نیروها و عوامل گوناگونی شکل گرفته و گسترش می‌یابند؛ با تحولات اجتماعی، جابجایی‌های جمعیتی، تغییرات اقتصادی و نوآوری‌های فن شناختی، دگرگون می‌شوند. در زمانی که جمعیت افزایش یابد، فعالیت و سرمایه‌گذاری لاجرم به‌سرعت توسعه می‌یابد و نظام و سازمان کالبدی شهرها دستخوش تغییرات اساسی می‌شوند (واحدیان‌بیگی و همکاران؛۱۳۹۰). رشد روز افزون شهرها و غلبه‌ی شیوه‌ی شهرنشینی در چند دهه اخیر موجب شکل‌گیری روندهای مهاجرتی عظیمی به مناطق شهری در سراسر جهان شده است. ضمن اینکه این مسئله بیش از همه، کشورهای درحال‌توسعه را با مشکلاتی از قبیل ناسازگاری در کاربری‌ها، عدم تناسب کاربری‌ها با استانداردهای شهرسازی، آشفتگی محیط شهری، عدم ارائه خدمات شهری به جمعیت تازه وارد و شکل‌گیری حلبی‌آبادها و مناطق حاشیه‌نشین، از بین رفتن اراضی کشاورزی پیرامون در اثر توسعه فیزیکی شهرها و تغییر کاربری‌های آن به کاربری‌های شهری، دگرگونی روستاهای پیرامونی و واقع در حوزه نفوذ کلان‌شهرها روبه‌رو کرده است (پوراحمد و همکاران؛ ۱۳۹۰). با توجه به روند مهاجرت‌ها و پیچیدگی نظام‌های شهری در جهان معاصر، ارزیابی و تبیین تغییرات آنها را به شیوه‌های سنتی و مرسوم در دنیایی که شهرنشینی از بزرگ‌ترین پدیده‌های قابل توجه آن محسوب می‌شود، امری بسیار مشکل است (پورمحمدی و دیگران؛۱۳۸٦). تغییرات کاربری زمین، فرآیندهای پویای فضایی و کالبدی هستند که توجه برنامه‌ریزان را برای مدیریت منابع از طریق پیش‌بینی رشد آینده و معرفی نواحی زیست‌محیطی در خطر به خود جلب کرده است (پوراحمد و دیگران؛۱۳۹۰). پوشش اراضی به ترکیب و ویژگی‌های اجزا و عوارض روی سطح زمین اشاره دارد. نحوه استفاده از زمین، به‌عنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نقشه کاربری و پوشش اراضی که در آن نوع و الگوی مکانی و طریق استفاده از سرزمین مشخص شده است، یکی از ابزارهای مهم برای برنامه‌ریزی‌های آتی کاربری اراضی است. نقشه‌های کاربری اراضی که نمایانگر شرایط فعلی و توزیع جغرافیایی نحوه استفاده انسان از زمین در فعالیت‌هایی مانند کشاورزی، جنگلداری، شهرسازی و ...، نقش

مهمی ایفا می‌کنند (سفیانیان و خداکرمی،۱۳۹۰). کاربری اراضی شهری جزو مفاهیم پایه و اصلی دانش شهرسازی و در واقع شالوده شکل‌گیری آن است و به‌اندازه‌ای حائز اهمیت است که برخی از صاحب‌نظران برنامه‌ریزی شهری در کشورهای پیشرفته دنیا آن را برابر با برنامه‌ریزی شهری می‌دانند (زمانی و دیگران؛۱۳۹۵). مدل‌های پیش‌بینی کاربری اراضی برای برنامه‌ریزی استفاده پایدار از زمین یک نیاز ضروری است (رمضانی و جعفری؛۱۳۹۳). در بین مدل‌های مطرح برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی مدل زنجیره‌ای CA مارکوف در ترکیب با تصاویر سنجش‌ازدور برای مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی به‌طور گسترده در محیط‌های شهری و غیر شهری در مقیاس‌های بزرگ در مناطق مختلف دنیا مورد توجه برنامه‌ریزان و مسئولین زیادی قرار گرفته است (Guan etal,2011)) استان خراسان رضوی با داشتن شرایط بهتر نسبت به استان‌های مهاجر و وجود حرم امام رضا (ع) در کلان‌شهر مشهد، همواره به‌عنوان یک مقصد جذاب برای مهاجران کشور مورد توجه بوده است (زرقانی و دیگران؛ ۱۳۹۵). همچنین مشهد دومین کلان‌شهر کشور است و به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین شهرهای ایران شاهد روند رو به رشد جمعیت، رشد کالبدی و تغییر کاربری اراضی است؛ بنابراین با توجه به نیاز به برنامه‌ریزی برای این کلان‌شهر، نیاز به پیش‌بینی نوع تغییر کاربری اراضی در مناطق سیزده‌گانه ضروری است. درنتیجه هدف تحقیق حاضر بررسی روند و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی شهری کلان‌شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل زنجیره مارکوف در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۱ است. همچنین در این راستا سؤالات اصلی تحقیق به این صورت می‌باشند: ۱. با استفاده از تصاویر ماهواره چندزمانه تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه به چه شکل است؟ ۲. بیشترین تغییرات و انتقال در کدام‌یک از کاربری‌ها بوده است؟ بنابراین فرضیه اصلی تحقیق بر این مبنا بدین‌صورت ارائه شده است: با استفاده از فناوری سنجش‌ازدور و مدل زنجیره مارکوف طی دو دهه گذشته کلان‌شهر مشهد شاهد توسعه فضایی و گسترش فیزیکی در جهات مختلف بوده و تغییرات و انتقال کاربری‌های اراضی آن چشمگیر است.

در رابطه با تغییر کاربری و پوشش اراضی مطالعاتی چند در خارج و داخل کشور صورت گرفته است که نمونه‌هایی چند از آنها به شرح زیر است:

نام وان[1] و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی با عنوان تشخیص و پیش‌بینی توسعه شهری منطقه هانوی (ویتنام) با استفاده از مدل ماهواره‌ای SPOT-5 و مدل زنجیره مارکوف، هدف اصلی این مطالعه تشخیص و پیش‌بینی گسترش شهر هانوی، یک شهری معمولی در ویتنام است. برای این منظور، ابتدا تصاویر ماهواره SPOT-5 برای سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۰۷، و ۲۰۱۱ به‌منظور طبقه‌بندی چهار طبقه پوشش زمین، آب باز، پوشش گیاهی، بیضوی و مسکونی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که سطوح غیر قابل نفوذ هانوی به ترتیب ۸,۲۷٪ و ۱٤,۰۹٪ از کل منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۷ افزایش خواهد یافت. نتایج این مطالعه اطلاعات ارزشمندی را برای برنامه ریزان شهر

1 Nam van and etal

محلی در برنامه‌ریزی و توسعه شهری ارائه می‌دهند. لامچین[1] و همکاران (۲۰۱٦) تغییرات کاربری اراضی و بیابان زایی را در مغولستان با تکنیک سنجش‌ازدور بررسی کردند. نتایج این تحقیق هیچ رابطه‌ای بین شاخص پوشش گیا هی میزان آلبدو یا شاخص TGSI نشان نداد، اما رابطه زیادی بین میزان TGSI و آلبدو را آشکار ساخت. همبستگی بالا بین دو شاخص TGSI و آلبدو در مناطق فاقد بیابان زایی نیز قابل توجه بود. در تحقیقی که بواسطه سهل و کلاجتی[2] در سال ۲۰۱۳ در مورد منطقه حفاظت شده‌ای در جنوب اسپانیا با استفاده از مدل زنجیره‌ای CA مارکوف انجام شده است؛ این محقیقین توانستند تا تغییرات کاربری اراضی در گذشته و آینده نمایش دهند. در مطالعه‌ای دیگر که توسط وانگ[3] با استفاده از مدل زنجیره‌ای CA مارکوف، تغییرات کاربری اراضی ساگا ژاپن را برای سال‌های ۲۰۱۵-۲۰٤۲ مدلسازی نموده‌اند. پرور و شایسته (۱۳۹٦) در تحقیقی با عنوان پیش‌بینی روند تغییرات و توسعهٔ شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه‌موردی: شهربجنورد) به‌منظور تجزیه و تحلیل و آشکارسازی تغییرات، دو به دو نقشه‌های پوشش سرزمین سال‌های ۲۰۰۱ با ۲۰۰۸، ۲۰۰۸ با ۲۰۱۵ و ۲۰۰۱ با ۲۰۱۵ بررسی شد. افزایش و کاهش، تغییر خالص، مناطق بدون تغییر و انتقال بین دو نقشهٔ کاربری بررسی و ارزیابی شدند. بر این اساس با استفاده از نقشه‌های سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ نقشهٔ کاربری اراضی در سال ۲۰۱۵ با روش زنجیرهٔ مارکوف پیش‌بینی شد و نقشه پیش‌بینی شده با نقشهٔ واقعی این سال مقایسه شد. منصوری و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی با عنوان ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر چند زمانه و مدل زنجیره‌ای MARKOV (مطالعه موردی: شهر ایلام)، با استفاده از تصاویر چندزمانه لندست مربوط به سال‌های ۱۹۷٦،۲۰۰۱ و ۲۰۰۷ و با استفاده از تکنیک پردازش تصاویر ماهوارهای به بررسی تغییرات کاربری اراضی در بازه ۱۹۷٦ تا ۲۰۰۷ و با تاکید بر پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و بالاخص گسترش فضایی شهر ایلام در سال ۲۰۲۰ با استفاده از مدل زنجیرهای مارکوف پرداخته شده است. در نهایت تغییرات کاربری‌ها و سطح کاربری‌های منطقه محاسبه و مورد مقایسه و بررسی قرار گرفتهاند و نتایج طی بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۲۰، افزایش ۳۸٤/۸ هکتاری مناطق مسکونی و تخریب ۲۱٦/۹٤ هکتاری کاربری باغ و کاهش کاربری اراضی بایر را نشان می‌دهد. سپس پس از مطالعات فراوان دیگری در این زمینه، خانم رمضانی و آقای جعفری در سال ۱۳۹۳ تحقیقی تحت عنوان آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در افق ۱٤۰٤ با استفاده از مدل زنجیره‌ای CA مارکوف (مطالعه موردی: اسفراین انجام شده است با استفاده از مدل مارکوف و تصاویر ماهواره‌ای لندست در شهرستان اسفراین استان خراسان شمالی به مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی برای سال ۱٤۰٤ پرداخته شده است. خانم واحدیان بیکی و دیگران در تحقیقی با عنوان اثر توسعه فیزیکی شهر تهران بر تغییر کاربری

1 Lamchin and etal
2 Sohl & Claggety
3 Wang

اراضـی منطقه ۵ که در سـال ۱۳۹۰ انجام شـده است با استفاده از نرم‌افزارهای GIS وENVI به بررسی توسعه فیزیکی منطقـه ۵ شـــهر تهران کـه زمانی جزء اراضـــی پیرامون شـــهر بوده اما در طی دوره‌های مختلف با افزایش جمعیت و مهاجرت به تهران، این اراضـی وارد محدوده شـهری شده، پرداخته شده است. در مطالعه‌ای دیگر آقای مهدی صالحی و دیگران با عنوان بررسـی کارایی مدل زنجیره‌ای مارکوف در برآورد تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصـاویر ماهواره‌ای لندسـت با اسـتفاده از مدل مارکوف و تصـاویر ماهواره‌ای چند زمانه لندسـت به بررسی کارایی مدل زنجیره‌ای مارکوف جهت برآورد تغییرات کاربری اراضـی و پوشـش زمین برای شـهر تهران و حومه آن طی بازه ۳۰ سـاله پرداخته شـده است. مطابق با نتایج بدست آمده در مطالعات پیشین، آنچه که نتایج پژوهش حاضر را متمایز از مطالعات قبلی می‌کند، فرآیند جریان مسـأله در محدوده شـهر مشـهد می‌باشد که علیرغم تجربه‌ی مداوم و تغییرات پی در پی در وضـعیت توسـعه اراضـی شـهری هیچ گونه مطالعه‌ی مدون علمی را در این زمینه و در ابعاد شـهری آن با توجه به ابزارهای تحلیلی پژوهش به خود ندیده اسـت. لذا ارزیابی تغییرات کاربری اراضـی در شـهر مشـهد در بازه‌ی زمـانی بین ســـال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۷ و پیش‌بینی این تغییرات برای افق ۱٤۰٤ اولین پژوهش در این زمینه می‌باشـــد. طبیعتاً این نتایج می‌تواند در برنامه‌ریزی راهبردی توسعه شهری مشهد مثمر ثمر واقع گردد.

۲- منطقه مورد مطالعه

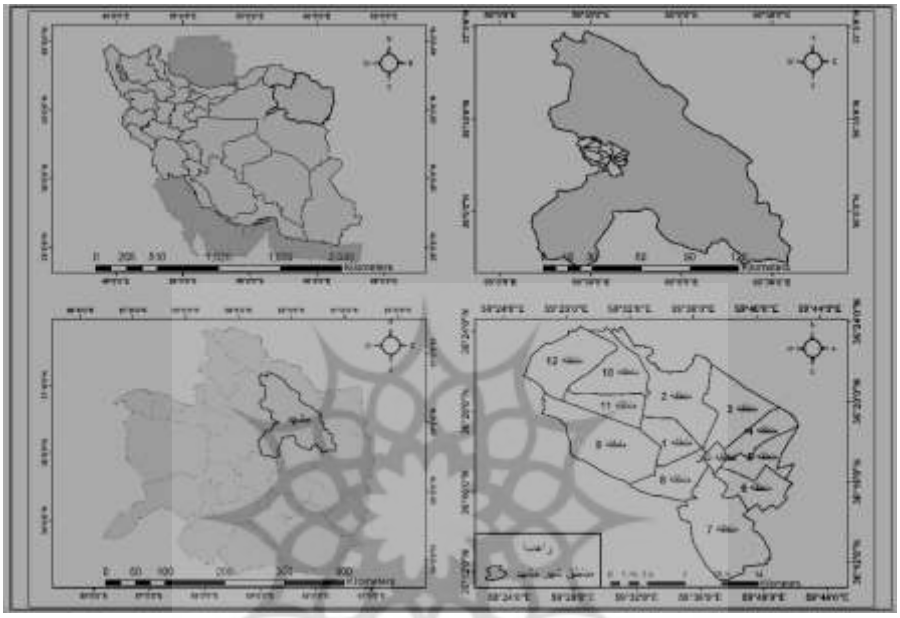
شـهر مشـهد با مسـاحتی بالغ بر حدود ۳۲۸۱۲۱۲٤٤ مترمربع در سال ۹۲ (معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شهرداری مشـهد، ۱۳۹۲) دومین کلان‌شـهر کشور محسوب می‌شود. شهر مشهد، از نظر تقسیمات اداری به ۱۳ منطقه شهرداری و ٤٤ ناحیه و به ۱۵۸ محله در سـال ۹۲ تقسـیم شـده اسـت (معاونت برنامه‌ریزی و توسـعه شـهرداری مشـهد، ۱۳۹۲). موقعیت دشـتی و مکان گزینی این شـهر در زمین‌های مسـطح امکان گسـترش شـهر را در اطراف فراهم آورده است. عامل طبیعی که رشـد این شـهر را محدود می‌کند مناطق مرتفع و کوهستانی رشته کوه بینالود در غرب و جنوب غرب شـهر اسـت. از نظر جمعیتی، در نخسـتین سـرشـماری رسمی ایران (۱۳۳۵) مشهد با جمعیت ۲٤۱۹۸۹ نفر، چهارمین شـهر پرجمعیت ایران بوده اسـت. در سـرشـماری سـال ۱۳۹۵ مشهد دارای جمعیتی معادل ۳۰۰۱۱۸٤ نفر بوده است. مقایسـه نقشـه‌های شهر در دوره‌های اخیر نشان می‌دهد که جهت غالب رشد شهر به سمت شمال غرب بوده است. با بر اسـاس سـرشـماری سـال ۹۰ تعداد این افراد ۲۸۰۷٤٦٤ نفر بوده است (مرکز آمار ایران؛ ۱۳۹۰) و تغییرات جمعیتی این شهر در طی سال‌های ۱۳٦۵-۱۳۹۵ در جدول زیر نمایش داده شده است:

جدول۱- تحولات جمعیتی کلان‌شهر مشهد طی سال‌های ۱۳٦۵-۱۳۹۵

سال	۱۳٦۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵
میزان جمعیت بر اساس نفر	۱٤٦۳۵۰۸	۱۸۸۷٤۱٤	۲٤۲۷۳۱٦	۲۸۰۷٤٦٤	۳۰۱۲۰۹۰
متوسط رشد سالانه به درصد	۸/۲	۲/٦	۲/۵	۱/۷	۲/۸

(منبع: مرکز آمار ایران)

لذا کلان‌شـهر مشـهد با توجه به مرقد امام رضا (ع) و عنوان پایتخت فرهنگی جهان اسلام، به‌عنوان دومین کلان‌شهر مذهبی جهان اسـلام پس از شهر مکه (دیناری، ۱۳۸٤: ۱۹۲) است. این شهر به‌عنوان کلان‌شهر اصلی شرق کشور سالانه علاوه بر رشـد جمعیت سـاکن خود، جمعیت قابل توجهی از روستاها، شهرهای کوچک و حتی کشورهای همسایه را در خود جای می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

۳- مواد و روش

در این تحقیق از تصـاویر سـنجنده ETM مربوط به سـال‌های (۱۳۷۹) ۲۰۰۰ و سال‌های (۱۳۸۸) ۲۰۰۹ و سنجنده OLI(۱۳۹۵) ۲۰۱٦ از مـاهوراه لنـدسـت اسـتفاده شـده اسـت. تاریخ تصـاویر به ترتیب در تاریخ ۲۰۰۰/۵/۲۸، ۲۰۱٦/۵/۲۰۲۵/٦/٦ بوده اسـت. در ابتدا تصـاویر ماهواره‌ای لندسـت تصـحیح هندسی و رادیو متریک شد تا خطاهای مربوط بـه تصـاویر مـاهواره‌ای کـاهش یابد. درادامه محدوده مورد مطالعه ازتصـاویر جدا کرده و اقدام به طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای شـد. روش مورد اسـتفاده جهت طبقه‌بندی اطلاعات روش نظارت شـده می‌باشـد. در این روش برای رده بندی پیکسـل‌ها از نمونه‌های آموزشـی اسـتفاده می‌گردد. بدین معنی که با تعریف پیکسـل‌های مشـخص از تصـویر برای هر یک از کلاس‌ها عمل طبقه‌بندی در قالب کلاس‌های در نظر گرفته شـده انجام شـده اسـت. همچنین لازم به توضـیح اسـت که الگوریتم حداکثر مشـابهت جهت طبقه‌بندی نظارت مورد اسـتفاده قرار گرفته اسـت. در این روش ارزش بازتابی هر پیکسـل ناشـناخته و بر اساس واریانس و کوواریانس آن طبقه واکنش طیفی ویژه، مورد تجزیه

و تحلیل قرار می‌گیرد و فرض بر این است که توزیع داده‌های هر طبقه بر اساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته‌اند (علیزاده ربیعی،۱۳۹۲). در ادامه واریانس و کوواریانس و میانگین طبقه 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 برخودار است. از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$g_i(x) = -\frac{1}{2}(x-\mu_i)^T \cdot \sum_i^{-1} (x-\mu_i) - \frac{1}{2}\ln|\sum_i| + \ln(p(w_i))$$

در ادامه جهت پی بردن به تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه (شهر مشهد) که شامل کاربری‌های باغات و زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته شده، اراضی بایر و مراتع مد نظر قرار گرفته، 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 ۱۴۰۱ 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 در نهایت تصاویر احتمالی شرطی برای تبدیل کاربری مختلف است. همینطور در این پژوهش جهت اعتماد به طبقه‌بندی صورت گرفته از شاخص کاپا استفاده شده است شاخص کاپا از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

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

P0: درستی مشاهده شده

PC: توافق مورد انتظار

مدل پیش‌بینی زنجیره‌ی مارکوف

زنجیره‌های مارکوف یک روش ریاضی و احتمالاتی می‌باشد. در واقع مدل زنجیره‌ای مارکوف به صورت یک فرایند تصادفی عمل می‌کند که دران وضعیت آینده یک پیکسل تنها به وضعیت قبلی آن بستگی دارد و بر اساس 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 نشان دهنده توزیع مکانی کلاس‌ها باشد، تولید نمی‌گردد. برای رفع این مشکل در دهه ۱۹۵۰ مدل CA مارکوف توسط جان وان نیومن ۸ برای اضافه کردن مشخصه مکانی به مدل مارکوف طراحی شد (Fan&et al,2008: 127-147).

٤- نتایج و بحث

٤-١- نتایج دقت طبقه‌بندی

یکی از پرکاربردترین روش‌های ارزیابی صحت طبقه‌بندی، محاسبه ماتریس خطا 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 گردید. این مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی بالای ۸۰ درصد نشان دهنده این است که به‌طور کلی توافق خوبی بین طبقه‌بندی و انواع طبقات کاربری موجود در زمین وجود دارد. جدول (۱) ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را نشان می‌دهد.

جدول۲- ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

سال	تصویر	شاخص کاپا	ضریب صحت
۲۰۰۰	ETM	۰/۸٦	۸۹/٥٤
۲۰۰۹	ETM	۰/۸۸	۹۱/٤٦
۲۰۱٦	OLI	۰/۸٥	۸۸/٦٥

ماخذ: یافته‌های نگارندگان ازتصویر ماهواره ای لند ست

تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵

در این راستا شکل (۱) تصویر اولیه برداشتی سال ۲۰۰۰، شکل (۲) تصویر اولیه برداشتی سال ۲۰۰۹، شکل (۳) تصویر اولیه برداشتی سال ۲۰۱٦ از شهر مشهد را نشان می‌دهد. نقشه (۱) نقشه پوشش زمین که تغییرات کاربری‌های (باغات و زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته شده، اراضی بایر و مرتع) در شهر مشهد در سال ۱۳۷۹، نقشه (۲) پوشش زمین در سال ۱۳۸۸ و نقشه (۳) پوشش زمین در سال ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد.

شکل ۲- تصویر اولیه برداشتی سال ۲۰۰۰ از شهر مشهد

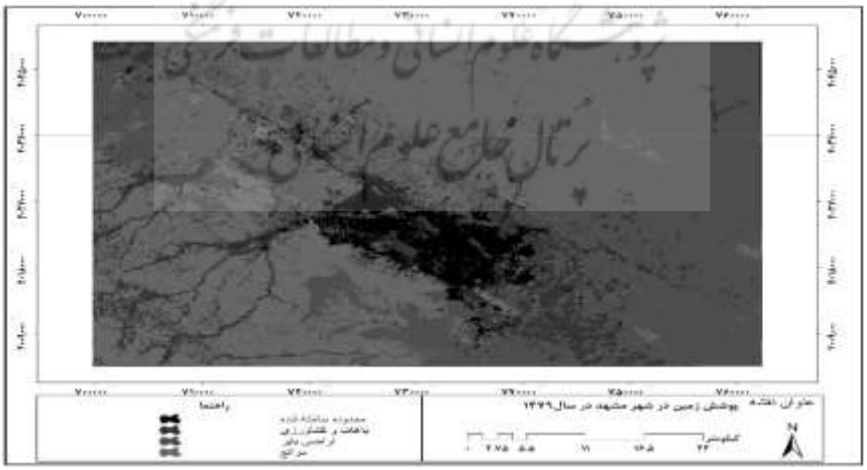
مآخذ: تصویر ماهوره‌ای لندست ۷

شکل ۳- تصویر اولیه برداشتی سال ۲۰۰۹ از شهرمشهد

مآخذ: تصویر ماهوره ای لند ست ۷

شکل ٤- تصویر اولیه برداشتی سال ۲۰۱٦ از شهرمشهد

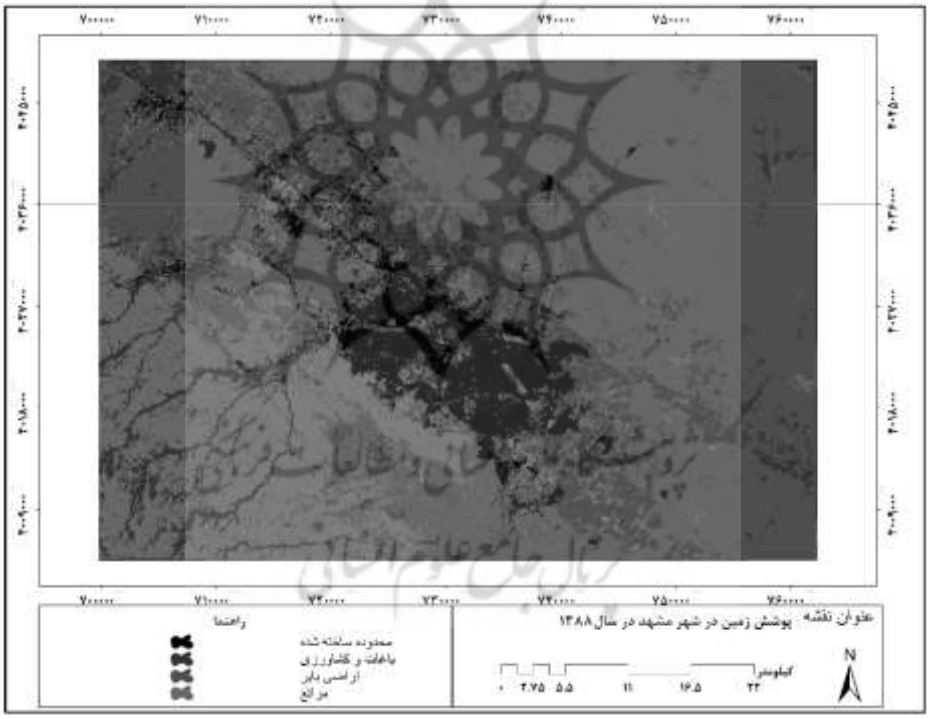
مآخذ: تصویر ماهوره‌ای لندست ۸



شکل ۵- نقشه پوشش زمین شهر مشهد در سال ۱۳۷۹

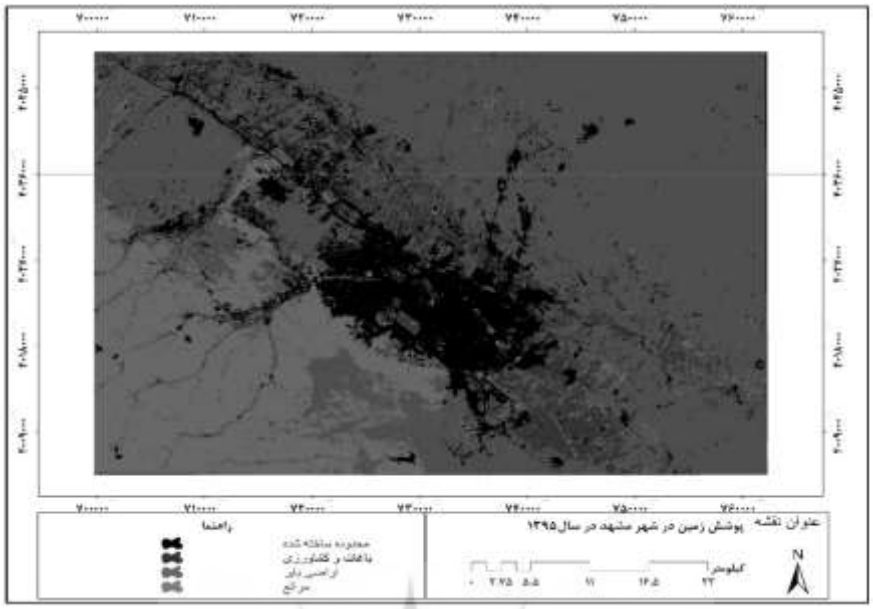
مآخذ: تصویر ماهواره‌ای لند ست ۷، (۲۰۰۰/۵/۲۸)

با توجه به شکل (۵) بیشترین تغییر، در سال‌های ۷۹ تا ۸۸ مربوط به محدوده باغات و اراضی کشاورزی بوده است، به‌طوری که وسعت این محدوده در سال ۷۹ معادل ۱۲۳۵۸۹۴۵ مترمربع بوده و درسال ۸۸ به ۲۴۹۷۸۸۷۵ مترمربع رسیده است (آمارنامه سال ۷۹ و ۸۸)، یعنی تقریباً دو برابر شده است. علت آن اجرای طرح‌هایی همچون: طرح طوبی، طرح بوستان طرق، طرح بوستان وحدت و طرح بوستان نصرت می‌باشد. طرح طوبی یکی از زیرپروژه های طرح ملی نهضت سبز است که به‌منظور توسعه فضای سبز در اطراف مزارع روستاها و شهرها به اجرا درآمده است، این طرح، طرحی استانی بوده و اداره فنی جنگلداری و جنگلکاری استان خراسان رضوی در راستای سیاست‌های سازمانی مقرر از سال ۱۳۷۸ اقدام به اجرای این طرح در عرصه‌های متعدد سطح استان نموده است. طرح بوستان طرق در جنوب شرقی مشهد و توسط شهرداری مشهد در سال‌های ۷۵ تا ۷۷ به اجرا درآمد. همچنین طرح‌های بوستان وحدت و بوستان نصرت نیز به ترتیب در سال‌های ۷۶ تا ۸۰ و ۸۶ تا ۸۸ به اجرا درآمد که تأثیر بسزایی در افزایش باغات و زمین‌های کشاورزی داشته است.



شکل ٦. نقشه پوشش زمین شهر مشهد در سال ۱۳۸۸

مآخذ: تصویر ماهواره ای لند ست ۷، (۲۰۰۹/٦/٦)



شکل ۷. نقشه پوشش زمین شهر مشهد در سال ۱۳۹۵

مآخذ: تصویر ماهواره ای لند ست ۸ (۲۰۱٦/۵/۱٦)

با توجه به خروجی نقشه‌ها در سه بازه زمانی ۱۳۹۵، ۱۳۸۸، ۱۳۷۹ مشخص گردید که در سال‌های ۹۵، ۸۸، ۷۹ بیشترین تغییر مربوط به محدوده‌های ساخته شده است، به‌طوری که در این دوره ساخت وسازها و رشد فیزیکی شهر در جهت شمال غرب بوده است و از طرفی به دلیل اینکه به‌طور معمول ساخت و سازها بر روی باغات و اراضی کشاورزی انجام می‌شود، در این سمت شهر شاهد کاهش باغات و اراضی کشاورزی و به دنبال آن افزایش محدوده‌های ساخته شده هستیم. با توجه به نقشه سال ۹۵ باغات و اراضی کشاورزی در سمت جنوب شرق همچنان باقی است و یکی از دلایل آن می‌تواند عدم توسعه شهر در این جهت باشد.

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 ۱۳۷۹ و ۱۳۸۸، ماتریس تبدیل وضعیت اول و از نقشه پوشش سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹٤ ماتریس تبدیل وضعیت دوم محاسبه شده است. این ماتریس‌ها حاوی اطلاعات و تبدیل هر کلاس به سایر کلاس‌ها می‌باشند؛ و درنهایت مساحت کاربری‌ها در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹٤ در شهر مشهد مشخص گردید. ماتریس مساحت انتقال نشان دهنده تعداد پیکسل‌هایی که از هر کلاس به کلاس‌های دیگر تبدیل شوند، می‌باشد.

جدول۳- ماتریس مساحت انتقال وضعیت بین سال‌های ۱۳۷۹- ۱۳۸۸ (به مترمربع)

مراتع	اراضی بایر	باغات و کشاورزی	محدوده ساخته شده	پوشش زمین
۱۱۹۸۹	۷٤۳۱۳	۱۱۰۷۵	۱۵۲۱۸۸	محدوده ساخته شده
٤۱۹٤۳	۲۵۹٦۱۵	۲۰۹۲۳٤	۳۲۵۸۵	باغات و کشاورزی
۱۱۰۷۵۵	۱٤۷٦۷٤۹	٦۳۰٤۲	۲٤۱۹۵	اراضی بایر
٤٤۸۰۹۷	٦۸۵٤۸	۷۲۵۸۹	۲۱٤۰۸	مراتع

مآخذ: یافته‌های نگارندگان ازتصویر ماهواره ای لند ست

با توجه به خروجی‌های جدول شماره (۳) مشخص گردید که بیشترین مساحت انتقال در کاربری‌های ذکر شده به ترتیب در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۹–۱۳۸۸ مربوط به مراتع، باغات و زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته شده، اراضی بایر می‌باشد. ماتریس احتمال انتقال که در آن احتمال تغییر هر کلاس به سایر کلاس‌های موجود مشخص شده است.

جدول ٤- ماتریس احتمال انتقال وضعیت بین سال‌های ۱۳۷۹- ۱۳۸۸ (به مترمربع)

مراتع	اراضی بایر	باغات و کشاورزی	محدوده ساخته شده	پوشش زمین
۳۹/۰	۲٤۱/۰	۳٦/۰	٤۹٤/۰	محدوده ساخته شده
۱۳٦/۰	۸٤۳/۰	٦۸۰/۰	۱۰٦/۰	باغات و کشاورزی
۳٦۰/۰	٤۷۹۷/۰	۲۰۵/۰	۷۹/۰	اراضی بایر
۱٤۵٦/۰	۲۲۳/۰	۲۳٦/۰	۷۰/۰	مراتع

مآخذ: یافته‌های نگارندگان ازتصویر ماهواره ای لند ست

با توجه به خروجی‌های جدول شماره (٤) مشخص گردید که بیشترین احتمال انتقال وضعیت کاربری‌ها به ترتیب در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۹–۱۳۸۸ مربوط به اراضی بایر، مراتع، باغات و زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته شده است.

جدول ۵- ماتریس مساحت انتقال وضعیت بین سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۵ (به مترمربع)

مراتع	اراضی بایر	باغات و کشاورزی	محدوده ساخته شده	پوشش زمین
٤۲۹٤۷	۸۸۹۵۰	۸۲۵۳۲	۱۹۸۲۹۵	محدوده ساخته شده
۲۳۳۱۳	۸۲۷۳۳	۱٦۱۰۱۲	۷۹۳۵	باغات و کشاورزی
۸٤۹٦۲	۱۳۸۸۰۰۳	۲۲۵٤۹٦	۳۵۸٦۲	اراضی بایر
٤٦۵۹۵۰	۸۰۸۰۷	۹٦٤٤٦	۱۳۰۸۲	مراتع

مآخذ: یافته‌های نگارندگان ازتصویر ماهواره ای لند ست

با توجه به خروجی‌های جدول شماره (۵) مشخص گردید که بیشترین مساحت انتقال در کاربری‌های ذکر شده به ترتیب در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۵ مربوط به اراضی بایر، مراتع، محدوده ساخته شده، باغات و اراضی کشاورزی می‌باشد.

جدول ٦- ماتریس احتمال انتقال وضعیت بین سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۵ (به مترمربع)

پوشش زمین	محدوده ساخته شده	باغات و کشاورزی	اراضی بایر	مراتع
محدوده ساخته شده	٦٤٤/٠	٢٦٨/٠	٢٨٩/٠	١٤٠/٠
باغات و کشاورزی	٢٦/٠	٥٢٣/٠	٢٦٩/٠	٧٦/٠
اراضی بایر	١١٦/٠	٧٣٣/٠	٤٥٠٩/٠	٢٧٦/٠
مراتع	٤٢/٠	٣١٣/٠	٢٦٣/٠	١٥١٤/٠

مآخذ: یافته‌های نگارندگان ازتصویر ماهواره ای لند ست

با توجه به خروجی‌های جدول شماره (٦) مشخص گردید که بیشترین احتمال انتقال کاربری‌ها به ترتیب در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۵ مربوط به اراضی بایر، مراتع، محدوده‌های ساخته شده، باغات و اراضی کشاورزی می‌باشد.

جدول ۷- مساحت کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵ (به مترمربع)

پوشش زمین	۱۳۷۹	۱۳۸۸	۱۳۹۵
محدوده ساخته شده	١٩٤٥٤٤٩٠٠	٢٢٤٦٠٨٥٠٠	٣٥٩٩٧٣٩٠٠
باغات و کشاورزی	٣٠٥١٤٢٣٠٠	٤٨٩٠٣٩٣٠٠	٢٢٩٦١٤٣٠٠
اراضی بایر	١٧١٢٩١٦٩٠٠	١٥٠٧٢٦٦٩٠٠	١٦٠٠٤٨٣٥٠٠
مراتع	٥٥٧٨٨٤٠٠	٥٤٩٥٧٧٨٠٠	٥٨٠٤٢٠٨٠٠

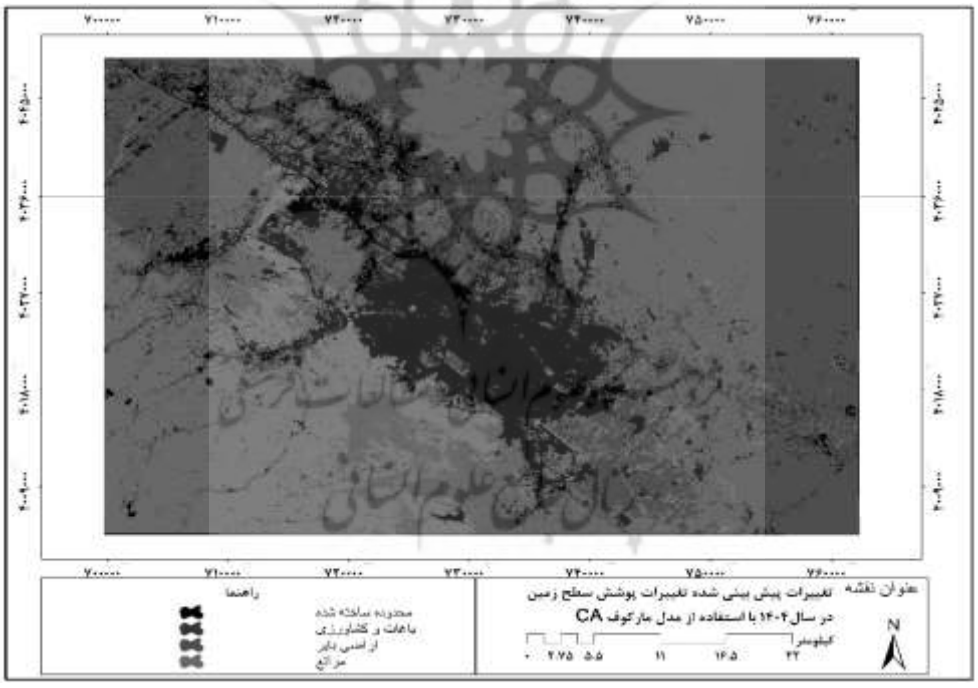
مآخذ: یافته‌های نگارندگان ازتصویر ماهواره ای لند ست

با توجه به خروجی‌های جدول شماره (۷) مشخص گردید که مساحت باغات و زمین‌های کشاورزی در سال ۱۳۸۸ به نسبت سال ۱۳۷۹ افزایش داشته اما در سال ۱۳۹۵ کاهش چشمگیری داشته است. مساحت محدوده‌های ساخته شده در طی سال‌های ذکر شده افزایش یافته، ودر سال ۱۳۹۵ با (۳۵۹۹۷۳۹۰۰ مترمربع) به شدت افزایش یافته است. اراضی بایر در سال ۱۳۸۸ به نسبت سال ۱۳۷۹ کاهش یافته است؛ اما در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۸۸ افزایش یافته است. مساحت مراتع در سال ۱۳۸۸ به نسبت سال ۱۳۷۹ کاهش یافته است؛ اما در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۸۸ و ۱۳۷۹ افزایش چشمگیری داشته است.

مدل‌سازی کلاس‌های کاربری در سال ۱٤۰٤

برای ارزیابی تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه که شامل کاربری‌های باغات و زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته شده، اراضی بایر و مراتع می‌باشد، از مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. درمدل زنجیره مارکوف از کلاس‌های پوشش به‌عنوان حالت یا همان وضعیت‌های زنجیره استفاده شده است و (ماتریس مساحت انتقال که نشان دهنده 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 ۱۳۷۹-۱۳۹۵ مشخص گردید که از خروجی جداول ذکر شده، براساس مدل CA مارکوف، پیش‌بینی مساحت چهار طبقه پوشش زمین در کاربری‌های ذکر شده در افق ۱٤۰٤ مشخص گردید.

شکل شماره (۷) پیش‌بینی وضعیت چهار طبقه پوشش زمین شامل زمین‌های ساخته شده، باغات و زمین‌های کشاورزی، زمین‌های بایر و مراتع شهر مشهد در افق ۱٤۰٤ را نشان می‌دهد. جدول شماره (۸) وسعت کاربری‌ها در سال ۱۳۹۵ و پیش‌بینی تغییرات این کاربری‌ها را در سال ۱٤۰٤ و درصد این تغییرات را نشان می‌دهد.



شکل ۸-نقشه پیش‌بینی وضعیت پوشش زمین در افق ۱٤۰٤

مآخذ: تصویر ماهواره ای لند ست

جدول ۸- وسعت پوشش زمین در سال ۱۳۹۵-۱٤۰٤ (مترمربع)

پوشش زمین	۱۳۹۵	۱٤۰٤	افزایش تغییرات در افق ۱٤۰٤ (به درصد)
محدوده ساخته شده	۳۵۹۹۷۳۹۰۰	٤۳۷٦٤٤۸۰۰	۱۲۱/۵۷
باغات و کشاورزی	۲۲۹٦۱٤۳۰۰	۲۰۸۳۵۹۹۰۰	۹۰/۷٤
اراضی بایر	۱٦۰۰٤۸۳۵۰۰	۱۵۳۹۸۳۷۰۰۰	۲٦/۲۱
مراتع	۵۸۰٤۲۰۸۰۰	۵۸٤٦۵۰۸۰۰	۱۰۰

مآخذ: یافته‌های نگارندگان ازتصویر ماهواره ای لند ست ۸

۵- جمع‌بندی

در پژوهش حاضر 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 -۱۳۹۵ و الگوریتم حداکثر مشابهت، روش نظارت شده و مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. درمدل زنجیره مارکوف از کلاس‌های پوشش به‌عنوان حالت یا همان وضعیت‌های زنجیره استفاده شده است و (ماتریس مساحت انتقال که نشان دهنده 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 ۱۳۷۹-۱۳۹۵ تغییر یافته است. در مقایسهٔ مطالعات مشابه صورت گرفته می‌توان به پیش‌بینی تغییرات ۲۲ ساله خط ساحلی مازندران اشاره کرد که توسط غلامعلی فرد و همکاران (۱۳۹۱) انجام شد. نتایج تغییرات چشمگیری را در این محدوده نشان داد، نتایج مدل‌سازی که برای سال۱۳۹۵ صورت گرفت، بیانگر کاهش مساحت کاربری جنگل و اراضی باز و افزایش کاربری کشاورزی و مسکونی در این سال نسبت به سال ۱۳۹۰ بود. همچنین مطالعه پرور و شایسته (۱۳۹٦) در تحقیقی با عنوان پیش‌بینی روند تغییرات و توسعهٔ شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه‌موردی: شهربجنورد) به‌منظور تجزیه و تحلیل و آشکارسازی تغییرات، دو به دو نقشه‌های پوشش سرزمین سال‌های ۲۰۰۱ با ۲۰۰۸، ۲۰۰۸ با ۲۰۱۵ و ۲۰۰۱ با ۲۰۱۵ بررسی شد. افزایش و کاهش، تغییر خالص، مناطق بدون تغییر و انتقال بین دو نقشهٔ کاربری بررسی و ارزیابی شدند. بر این اساس با استفاده از نقشه‌های سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ نقشهٔ کاربری اراضی در سال ۲۰۱۵ با روش زنجیرهٔ مارکوف پیش‌بینی شد و نقشه پیش‌بینی شده با نقشهٔ واقعی این سال مقایسه شد. در مطالعه حاضر براساس مدل CA مارکوف، پیش‌بینی مساحت چهار طبقه پوشش زمین در کاربری‌های ذکر شده در افق ۱٤۰٤ مشخص گردید در این راستا مشخص گردید که در طی سال‌های ۱۳۹۵، ۱۳۸۸، ۱۳۷۹ مساحت کاربری‌های محدوده‌های ساخته شده به

شـــدت افزایش یافته و همچنین مراتع نیز افزایش نســـبی داشـــته اســـت و مســـاحت کاربری‌های باغات و زمین‌های کشـاورزی کاهش شـدیدی داشـته اسـت و از مسـاحت اراضی بایر نیز کاسته شده است و مساحت کاربری‌ها در افق ۱٤۰٤ بـه نســـبت ســـال ۱۳۹۵ نیز به همین گونه می‌باشـــد به‌طوری که باغات و زمین‌های کشـــاورزی (۹۰,۷٤٪)، محدوده‌های ســاخته شــده (۱۲۱,۵۷٪)، اراضــی بایر (۲٦,۲۱٪) و مراتع (۱۰۰٪) تغییر خواهد کرد. در واقع مشــخص گردید که بیشـترین مسـاحت انتقال در کاربری‌های مختلف به ترتیب در بازه زمانی سـال‌های ۱۳۷۹–۱۳۸۸ مربوط به مراتع، باغات و زمین‌های کشـاورزی، محدوده هاس سـاخته شـده، اراضـی بایر می‌باشـد و بیشـترین احتمال انتقال کاربری‌ها به ترتیب در بازه زمانی سـال‌های ۱۳۷۹–۱۳۸۸ مربوط به اراضـی بایر، مراتع، باغات و زمین‌های کشـاورزی، محدوده‌های ســاخته شــده می‌باشــد و بیشــترین مســاحت انتقال در کاربری‌های ذکر شــده به ترتیب در بازه زمانی سـال‌های ۱۳۸۸–۱۳۹۵ مربوط به اراضـی بایر، مراتع، محدوده سـاخته شـده، باغات و اراضـی کشـاورزی می‌باشـد و بیشـــترین احتمـال انتقـال کاربری‌ها به ترتیب در بازه زمانی ســـال‌های ۱۳۸۸–۱۳۹۵ مربوط به اراضـــی بایر، مراتع، محدوده‌های سـاخته شـده، باغات و اراضـی کشـاورزی می‌باشـد و مشـخص گردید که مساحت باغات و زمین‌های کشـاورزی در سـال ۱۳۸۸ به نسـبت سـال ۱۳۷۹ افزایش داشـته اما در سـال ۱۳۹٤ کاهش چشـمگیری داشـته است. مسـاحت محدوده‌های سـاخته شده در طی سال‌های ذکر شده افزایش یافته، ودر سال ۱۳۹۵ با (۳۵۹۹۷۳۹۰۰ مترمربع) به شـدت افزایش یافته اسـت. اراضـی بایر در سـال ۱۳۸۸ به نسـبت سـال ۱۳۷۹ کاهش یافته است اما در سال ۱۳۹۵ نسـبت به سـال ۱۳۸۸ افزایش یافته اسـت. مساحت مراتع در سال ۱۳۸۸ به نسبت سال ۱۳۷۹ کاهش یافته است اما در سـال ۱۳۹۵ نسـبت به سـال ۱۳۸۸ و ۱۳۷۹ افزایش چشـمگیری داشـته است. با توجه به خروجی نقشه‌ها در سه بازه زمانی سـال‌های ۹۵، ۸۸، ۷۹ بیشـترین تغییر مربوط به محدوده‌های ساخته شده است، به‌طوری که در این دوره ساخت وسـازها و رشـد فیزیکی شـهر در جهت شـمال غرب بوده اسـت و از طرفی به دلیل اینکه به‌طور معمول سـاخت و سـازها بر روی باغات و اراضـی کشاورزی انجام می‌شود، در این سمت شهر شاهد کاهش باغات و اراضی کشاورزی و به دنبال آن افزایش محدوده‌های سـاخته شـده هستیم. با توجه به نقشه سال ۹۵ باغات و اراضی کشاورزی در سمت جنوب شـــرق همچنان باقی اســـت و یکی از دلایل آن می‌تواند عدم توســـعه شـــهر در این جهت باشـــد. با توجه به پیش‌بینی انجام شـده در مقاله حاضـر، در صورت عدم برنامه‌ریزی و سیاستگذاری صحیح و مناسب بر ای شهر مشهد، و همچنین با توجه به گسـترش و توسـعه شـهر به سـمت شـمال غرب و در جهت باغات و اراضـی کشـاورزی، در آینده‌ای نه چندان دور، شـاهد نابودی باغات و اراضـی کشـاورزی شـمال غرب مشهد و تبدیل آنها به مناطق مسکونی شـهری خواهیم بود؛ بنابراین نتایج مقاله حاضـر می‌تواند به‌عنوان هشـدار و تلنگری برای برنامه ریزان و مدیران شهری با شـد تا با برنامه‌ریزی مناسـب مانند سیاست‌های عمودی سازی و به‌عبارت‌دیگر گسترش در ارتفاع و نه در سطح، از گسترش بی‌رویه شهر به سمت باغات و اراضی کشاورزی جلوگیری نمایند.

کتابنامه

اطهاری، کمال؛ ۱۳۷۹. به سوی کارآمدی دخالت دولت در بازار زمین شهری. *فصلنامه اقتصاد مسکن*. شماره ۱۸. سازمان ملی زمین و مسکن شماره۳۰. صص ۲۴۵-۲۳۷.

رمضانی، نفیسه، 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 ٤. صص۹۶-۸۳.

رهنما، محمدرحیم، عباس زاده، غلامرضا؛ ۱۳۸۷. *اصول مبانی و مدل‌های سنجش فرم کالبدی شهر*. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

علوی پناه، کاظم؛ ۱۳۸٤. *کاربرد سنجش‌ازدور در علوم زمین*. انتشارات دانشگاه تهران.

علوی پناه، کاظم؛ متین فر، ح. ر؛ ۱۳۸۳. ارزیابی کاربری داده‌های ماهواره‌ای از نظر صرفه جویی وقت. کنفرانس ملی بهره وری. فرهنگستان علوم ایران. ص ٤۷۸.

علیزاده ربیعی، حسن؛ ۱۳۹۲. *سنجش‌ازدور (اصول و کاربرد)*. انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت). صفحه۲۱۸.

فیضی زاده، بختیار؛ حاجی میری، محمود؛ ۱۳۸۷. آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی شیءگرا (مطالعه موردی: شهرک اندیشه). همایش ژئوماتیک ۸۷. تهران: سازمان نقشه برداری کشور.

ماجدی، حمید؛۱۳۷۸. زمین مساله اصلی توسعه شهری. *مجله آبادی*. شماره۳۳. مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.

محمد اسماعیل، زهرا؛ ۱۳۸۹. پایش تغییرات کاربری اراضی کرج با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور. *مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)*. شماره۱. صص۸۸-۸۱.

مرکز آمار ایران. سال‌های؛ ۱۳۳۵-۱۳۹۰.

مهندسین مشاور بافت شهر؛۱۳۸۱. گزارش طرح راهبردی و گردشگری منطقه طرقبه و شاندیز- مشهد.

مهندسین مشاور فرنهاد؛ ۱۳۸۹. طرح راهبردی توسعه و عمران شهر شاندیز. وزارت مسکن و شهر سازی خراسان رضوی.

واحدیان بیکی، لیلا، پوراحمد، احمد، سیف الدینی، فرانک؛ ۱۳۹۰. *فصلنامه علمی- پژوهشی نگرشی نو در جغرافیای انسانی*- سال چهارم. شماره ۱. صص٤٦-۳۰.

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,, 24:148–161.

Ewing, R., 1997. Is Los Angelez-style sprawl desirable?.J. Am. Plan. Assoc. 63.107-27.

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.

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.

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.

Kamusoko, Courage, Aniya, Masamu, Adi, Bongo and Manjoro, Munyaradzi, 2009,Rural 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: 435-447.

Knorn, J. A. Rabe, C.V. Radeloff, T. Kuemmerle, J. Kozak and Hostert, P., 2009. Land cover mapping of largeareas using chain classification of neighboring Landsat satellite images. Remote Sens, Environ. 113: 957– 964.

Mas, Jean-François, Melanie, Kolb, Martin, Paegelow, María Teresa, Camacho Olmedo, and Thoma, Houet., 2014, Inductive pattern-based land use/cover change models: Acomparison of four software packages, Environmental Modelling & Software, 51: 94-111.

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: 241-250.

modeling as a practical tool for decision-makers, Journal of Environmental Management,129: 235-243.

Pontius, Robert. Gilmore. and Chen, Hao., 2006. Geomod Modeling, USA: Clark

River Delta (China) by using TM and ETM+ images, Environmental Monitoring and Assessment, 137: 127-147.

Sohl, Terry L. and Claggett, Peter R., 2013. Clarity versus complexity: Land-use

Torrens, P.M., Sullivan, D. O. 2000. Cellular Automata and Urban Simulation: Where do we go from here, Environment and Planning, 28: 163-168.

Tso. B. and 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: 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.

Wassmer, R.W., 2002. Influences of the fiscalization of land Use and urban-Growth Boundaies,www.csus. edu/indiv/w/wassmerr/sprawl.html.

Whitford, Walter G., Translated by, Azarnivand, Hossein, and Malekian, Arash. 2008. 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 andchange 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: 232-243.