



ISSN 2251-7480

## تغییرات کاربری اراضی جنوب غرب تهران با استفاده از تکنیک سنجش از دور و زنجیره مارکوف

فائزه رجبزاده<sup>\*۱</sup>

<sup>\*۱</sup> استادیار؛ گروه مهندسی آب؛ دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس؛ تهران؛ ایران  
<sup>\*</sup> نویسنده مسئول مکاتبات: [faizehrajabzadeh@yahoo.com](mailto:faizehrajabzadeh@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۲۱

### چکیده

بررسی تغییرات کاربری اراضی نیازمند استفاده از روش‌های سریع و فنون نوین می‌باشد. استفاده از سیستم سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی و تلفیق آنها با داده‌های زمینی اطلاعات دقیق و بهتری را در خصوص تصمیم‌گیری‌های چند جانبه ارائه می‌نمایند. در این پژوهش به منظور بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر مربوط به ماهواره لندست ۲ سنجنده MSS ژوئن سال ۱۹۷۵، ماهواره لندست ۷ سنجنده ETM<sup>+</sup> سال ۲۰۰۲ و ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI ژوئن سال ۲۰۱۳ نسبت به تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و بررسی تغییرات کاربری در طی دوره ۳۸ ساله در محیط نرم افزار ENVI اقدام گردید. سپس با تهیه تصویر ماهواره لندست ۵ سنجنده TM مربوط به ژوئن سال ۱۹۹۱ میلادی و تولید نقشه کاربری اراضی آن به همراه نقشه کاربری اراضی دو سال ۲۰۰۲ و ۲۰۱۳ تغییرات کاربری اراضی در سال ۲۰۲۴ پیش‌بینی شد. نتایج تغییرات کاربری در ۳۸ ساله گذشته حاکی از کاهش ۱۲ درصدی (۷۰۶۰/۹ هکتار) باغات منطقه و افزایش ۷ و ۵ درصدی سطوح مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی می‌باشد. همچنین، پیش‌بینی تغییرات کاربری ۱۱ سال آتی نیز نشان دهنده کاهش ۲ درصدی باغات منطقه نسبت به وضعیت فعلی بوده، در حالیکه سطح اراضی کشاورزی روند تقریباً ثابتی خواهد داشت و کاربری مسکونی با رشد ۲ درصدی همراه خواهد بود.

**کلید واژه‌ها:** تغییر کاربری اراضی، زنجیره مارکوف، سنجش از دور

### مقدمه

انجام بسیاری از این مطالعات مقدور می‌شود. تلاش‌های متخصصان فناوری‌های فضایی و سنجش از دور و مدیران سبب شده که با استفاده از اطلاعات و داده‌های ماهواره‌ای بتوان در جهت اعمال مدیریت صحیح و مبتنی بر دانش روز گام‌هایی برداشت.

تغییرات کاربری اراضی به دلیل فعالیت‌های توسعه‌ای و عمرانی و افزایش جمعیت باعث تغییرات سریع در استفاده از اراضی و پوشش زمین و افزایش تخریب محیط زیست شده است. روند رو به رشد وضعیت فیزیکی شهرها بویژه مناطق مرکزی کشور که در پی مهاجرت

برای رسیدن به توسعه پایدار توجه به فاکتورهایی مانند منابع زمینی، محیط، جمعیت، اقتصاد و اجتماع از ضرورت زیادی برخوردار می‌باشد. حفاظت از محیط به عنوان بخش مهمی از این سیستم، شرط اصلی توسعه پایدار است. مطالعات کشاورزی و منابع طبیعی، پایشهای بیابان‌زایی، تخریب سیلاب، خشکسالی، تغییرات آب دریاها و دریاچه‌ها، تغییرات آب و هوا، آلودگی‌های آب و خاک و هوا، تغییرات شهرها و مناطق مسکونی به عنوان ابزارهایی برای مدیریت دقیق مطرح است که با اطلاعات ماهواره‌ای

فرسایش آن، تغییر اقلیم (Kalany and Cai, 2003)، کاهش تنوع زیستی (Martinez et al., 2009) و موارد بسیار دیگر، یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر سیستم‌های اکولوژیکی به حساب می‌آیند. لذا فهم پویایی تغییر کاربری پوشش زمین با استفاده از فنون سنجش از دور نقش بنیادی در برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین و کاهش مشکلات و معضلات محیط زیستی متعاقب آن، دارد (Kamusoko and Anya, 2007).

بر اساس پژوهشی، Wijanarto (۲۰۰۶)، با استفاده از تصاویر سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ و نیز مدل پیش‌بینی مارکوف به بررسی تغییر ساختار سرزمین منطقه‌ای در اندونزی پرداخت. نقشه‌های کاربری/ پوشش سرزمین در منطقه‌ی مورد مطالعه روند تغییر پوشش سرزمین با استفاده از مدل سلول‌های خودکار- مارکوف مشخص گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تعداد بسیار زیادی از لکه‌های جنگل در حال کاهش و تبدیل به دو طبقه شالیزار و مناطق مسکونی هستند.

Opeyemi (۲۰۰۸)، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست در دو زمان ۱۹۷۲ و ۲۰۰۱ و نیز با استفاده از مدل سلول‌های خودکار- مارکوف به بررسی تغییرات کاربری و پوشش سرزمین منطقه‌ای در ایالت Kwara آمریکا پرداخت و از تصاویر طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۹۷۲ و ۲۰۰۱ برای پیش‌بینی تغییر کاربری و پوشش سرزمین برای مدت ۱۵ سال استفاده کرد. نتایج نشان داد که روند رو به رشدی در تعداد و وسعت لکه‌های اراضی ساخته شده<sup>۱</sup> به دلیل اثر محرک‌های متفاوت اقتصادی و اجتماعی وجود دارد. در این تحقیق از دو پارامتر ضریب جذب و نرخ مصرف سرزمین برای بیان بهتر تغییر پوشش سرزمین استفاده شد. همچنین با بررسی میزان رشد جمعیت در منطقه مطالعاتی مشخص شد که روند کنونی تغییر پوشش سرزمین در آینده با نرخ ثابتی ادامه خواهد داشت.

بی‌رویه جمعیت از روستاها و شهرهای کوچک بدلیل نبود امکانات، شغل مناسب و پایین بودن سطح رفاه زندگی صورت پذیرفته، روند تغییرات کاربری اراضی را بویژه در دهه‌های اخیر سرعت بخشیده است. این تغییرات برنامه‌ریزان و مدیران مسئول را در روند برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین وادار ساخته موضوع حاضر را با دقت مد نظر قرار دهند (بدر، ۱۳۷۸).

گسترش سطح اراضی مسکونی در پاسخ به افزایش جمعیت و رشد اقتصاد، فرآیندی غیرقابل اجتناب به نظر می‌رسد، اما با ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب نظیر رشد عمودی شهرها و جلوگیری از رشد افقی آنها و نیز مکان‌یابی نقاط جدید جهت گسترش شهرها، می‌توان میزان تغییر غیر اصولی کاربری‌های دیگر به مناطق مسکونی را به حداقل کاهش داد (قراگزلو، ۱۳۸۳). از آنجا که استفاده از روش‌های سنتی جهت تعیین تغییرات کاربری اراضی بسیار وقت گیر و پرهزینه می‌باشد، استفاده از فنون نوین و تکنولوژیهای مدرن در راستای تحقق این اهداف کاربرد گسترده‌ای یافته است. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک سنجش از دور، می‌توان با هزینه و زمان کمتر، طیف وسیعی از پروژه‌ها را در سطح جهانی، منطقه‌ای، ملی، استانی و محلی به نتیجه رساند. علاوه بر این، قابلیت تکرار اخذ داده‌های ماهواره‌ای به فاصله زمانی چند ساعت تا چند روز در طول ماه یا سال، امکان مطالعات تغییرات پایش پدیده‌های زمینی را بخوبی فراهم ساخته و موجب تحولی در فناوری سنجش از دور شده است (علوی پناه، ۱۳۸۲).

در بین کاربردهای متعدد علم سنجش از دور، بررسی روند تغییر کاربری پوشش سرزمین از جایگاه مهمی برخوردار است. زیرا سطح زمین دائماً تحت تاثیر تغییرات مداوم اثرات جمعی مجموعه‌ای از عوامل آشفته ساز، رشد و توسعه اکوسیستم‌ها و فرهنگ انسانی در حال تغییر است (Gergal and Turner, 2002). این تغییرات به دلیل اثرات متعددی از جمله تاثیر بر خصوصیات خاک و

<sup>۱</sup>Build up area

منتهی به ۲۰۲۴ میلادی با استفاده از نقشه‌های تغییرات کاربری تهیه شده از دوره‌های قبلی (نقشه‌های کاربری اراضی سالهای ۱۹۹۱، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۳ میلادی) با کمک زنجیره پیش‌بینی مارکوف، با توجه به تغییرات، دید مناسبی از وضعیت آتی منطقه به دست خواهد داد.

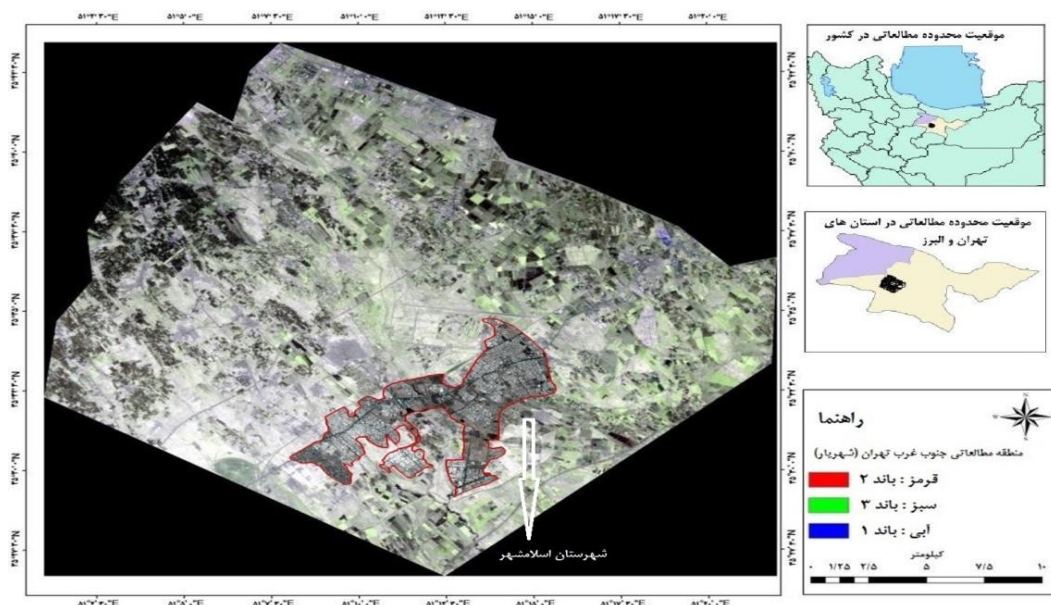
### مواد و روش

منطقه مورد تحقیق با وسعت ۵۸۸۴۱/۱۹ هکتار در محدوده جغرافیایی "۲۸' ۰۰" ۵۱° تا "۳۳' ۳۳" ۵۱° طول شرقی و "۱۰' ۲۶" ۳۵° تا "۵۱' ۴۳" ۳۵° عرض شمالی، در جنوب غرب شهر تهران واقع شده است (شکل ۱).

در این مطالعه طی دو مرحله به بررسی تغییرات کاربری اراضی اقدام شد. ابتدا تصاویر مربوط به ماهواره لندست ۲ سنجنده MSS ژوئن سال ۱۹۷۵، ماهواره لندست ۷ سنجنده ETM<sup>+</sup> سال ۲۰۰۲ و ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI ژوئن سال ۲۰۱۳ از سایت سازمان زمین شناسی ایالات متحده آمریکا، به شماره سطر ۳۵ از شماره مسیر ۱۶۵ تهیه گردید. از آنجایی که تصاویر خام سنجش از دور همیشه دارای خطاهایی در هندسه و همچنین مقادیر ثبت شده برای پیکسل‌ها می‌باشند از اینرو می‌بایست نسبت به رفع اینگونه خطاها اقدام نمود.

Guan و همکاران (۲۰۰۸)، به بررسی میزان تغییرات کاربری (پوشش) سرزمین ناشی از رشد شهر Kitakyushu در کشور ژاپن با استفاده از فنون سنجش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین پرداختند. بدین منظور با بهره‌گیری از تعداد ۴ سری تصاویر ماهواره‌ی لندست در سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵ میلادی، نقشه‌های رشد شهری تهیه شدند. سپس با استفاده از مدل سلول‌های خودکار- مارکوف میزان و شدت تغییرات را تا سال ۲۰۵۰ میلادی محاسبه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که رشد شهری شامل تغییر انواع مختلفی از طبقات کاربری/ پوشش سرزمین به کاربری سکونتگاهی است.

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تغییرات کاربری اراضی جنوب غرب تهران در طی ۳۸ سال می‌باشد. با توجه به آن که منطقه مطالعاتی در دهه‌های اخیر رشد چشمگیری به لحاظ کاربری مناطق مسکونی داشته، در حالیکه کاربری غالب منطقه در سالهای گذشته تحت دو کاربری اراضی کشاورزی و باغات بوده است، از اینرو بررسی تغییرات کاربری منطقه از سال ۱۹۷۵ تا سال ۲۰۱۳ میلادی اطلاعات ارزنده‌ای در این خصوص در پی خواهد داشت. همچنین پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی ۱۱ سال



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

نرمالیزه کردن تفاوت بین سنسورها و شرایط اتمسفری دو دوره زمانی، موثرترین تکنیک ثابت شده می‌باشد. در پایان کار با استفاده از روش Cross Tabulation که در واقع یکی از بهترین روش‌های مقایسه پس از طبقه بندی در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی می‌باشد که لایه‌های کاربری اراضی تهیه شده به صورت ماتریسی و دو به دو در محیط نرم افزار IDRISI با الگوریتم حداکثر مشابهت با یکدیگر مقایسه و میزان و روند تغییرات در کاربری مورد مقایسه قرار گرفت. بعد از تعیین سطوح کاربری اعمال شده در دوره‌های زمانی مورد بررسی، با استفاده از توابع مربوطه نظیر تجزیه و تحلیل‌های پس از طبقه بندی نقشه تغییرات کاربری اراضی اقدام به تهیه میزان تغییر در هر کاربری به صورت اعداد و ارقام کمی مشخص شد.

در مرحله بعد با استفاده از تصویر ماهواره لندست ۵ سنجنده TM مربوط به ژوئن سال ۱۹۹۱ میلادی به همراه نقشه کاربری اراضی دو سال ۲۰۰۲ و ۲۰۱۳ به پیش‌بینی تغییرات کاربری در سال ۲۰۲۴ بصورت زیر اقدام شد. ابتدا ماتریس احتمال تغییر کاربری اراضی با استفاده از زنجیره مارکوف تهیه گردید. آنالیز زنجیره مارکوف به منظور تعیین احتمال تغییر هر طبقه کاربری/ پوشش سرزمین به دیگر طبقات کاربری اراضی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mitsova et al., 2011).

برای اجرای آنالیز زنجیره مارکوف از دستور Markov chain در نرم‌افزار Idrisi Andes v.15 استفاده شد. این زنجیره برای تعیین احتمال تغییر به دو نقشه کاربری اراضی نیاز دارد که معمولاً این نوع داده‌ها با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای بدست می‌آیند (Tang et al., 2008). اولین نقشه به عنوان نقشه زمان t و نقشه دوم به عنوان نقشه زمان t+1 به زنجیره مارکوف معرفی شدند. سپس دو عدد که بیانگر فاصله زمانی بین دو نقشه کاربری/ پوشش سرزمین و فاصله زمانی بین نقشه دوم و نقشه‌ای که شبیه‌سازی تغییرات برای آن سال انجام خواهد شد، به مدل زنجیره مارکوف معرفی می‌شوند. در

به دسته اول این خطاها، خطاهای هندسی و به دسته دوم خطاهای رادیومتریکی می‌گویند. بعضی از خطاهای هندسی یا رادیومتریکی در ایستگاه‌های گیرنده زمینی تصحیح می‌شوند؛ ولی در نهایت تصاویر باید توسط کاربران از لحاظ وجود این خطاها بررسی شده و در صورت لزوم تصحیح گردند (اکبری و شکاری بادی، ۱۳۹۳).

بدین منظور با استفاده از نرم افزار ERDAS و ENVI خطاهای ناشی از عملیات پیش پردازش و تصحیحات هندسی تصاویر انجام گردید. سپس بررسی‌های میدانی صورت گرفته و نیز موقعیت منطقه مطالعاتی نسبت به تعیین نقاط تعلیمی و طبقه بندی تصاویر برای سه کاربری غالب (باغات، اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی) اقدام گردید.

لازم به ذکر است که عمل طبقه بندی با استفاده از گروه‌های مختلف نمونه‌های آموزشی مربوط به هر طبقه که تعدادی بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ سلول را شامل می‌شد انجام گرفت. پس از آن عمل طبقه بندی به صورت آزمون و خطا به تعداد زیاد برای نقشه کاربری اراضی صورت گرفت. در این تحقیق از روش‌های طبقه بندی رایج که به دو دسته طبقه بندی‌های نظارت شده<sup>۱</sup> و نظارت نشده<sup>۲</sup> تقسیم می‌شوند، استفاده شد. جهت ارزیابی دقت نقشه‌های کاربری تهیه شده با تعیین صحت کلی و ضریب کاپای هر کدام از کاربری‌ها تولید شده با روش‌های فوق الذکر، روشی که دارای بالاترین ضریب کاپا و صحت کلی بود به عنوان مناسب‌ترین روش با دقت بالا انتخاب شد. پس از تهیه نقشه‌های نهایی کاربری اراضی برای هر دوره، با استفاده از روش مقایسه تصاویر که معمول‌ترین روش آشکارسازی تغییرات برای مقایسه مستقل تصاویر می‌باشد اقدام به بررسی تغییرات آنها گردید. این روش بخاطر استفاده از دو تصویر به صورت مستقل و نیز کاهش مشکل

<sup>۱</sup> Supervised Classification

<sup>۲</sup> Unsupervised Classification

می‌کند (Mitsova et al., 2011). این ضریب با استفاده از

رابطه ۱ بدست آمده است (علوی پناه، ۱۳۸۲):

$$K = \frac{\phi_1 - \phi_2}{1 - \phi_2} \quad (1)$$

که در آن  $\phi_1$  و  $\phi_2$  از روابط ۲ و ۳ بدست آمده‌اند.

$$\phi_1 = 1/n \sum_{i=1}^n p_{ii} \quad (2)$$

$$\phi_2 = 1/n^2 \sum_{i=1}^n p_{ix} p_{ix} \quad (3)$$

در این رابطه  $n$  برابر با تعداد کل نمونه‌های آموزشی،  $p_{ii}$  = عناصر قطر اصلی،  $p_{ix}$  = جمع ستون‌ها،  $p_i$  = جمع ردیف‌ها می‌باشد.

### نتایج و بحث

نتایج مربوط به طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سه دوره زمانی ۱۹۷۵، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۳ میلادی حاکی از ارجحیت روش‌های سیستم طبقه‌بندی نظارت شده نسبت به نظارت نشده داشت. جدول ۱ دقت روش‌های استفاده شده در این مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج مندرج در این جدول مشخص شد برای طبقه‌بندی تصاویر مربوط به دو دوره ۱۹۷۵ و ۲۰۰۲ روش حداکثر احتمال و برای تصویر ۲۰۱۳ روش فاصله ماهالانویس به دلیل دارا بودن بالاترین ضریب کاپا و درصد صحت کلی (به ترتیب ۰/۶۷۳ و ۰/۷۹/۵۷، ۰/۸۵۹ و ۹۱/۱۷ درصد برای سالهای ۱۹۷۵ و ۲۰۰۲ و با ۰/۷۹۸ و ۸۸/۹۲ درصد برای سال ۲۰۱۳) به عنوان مناسب‌ترین روش انتخاب شدند. توسط جداسازی طبقات با تهیه نقاط تعلیمی برای سه کاربری اصلی منطقه (باغات، اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی) به عنوان یکی از اصلی‌ترین مراحل تحقیق، به بررسی رفتار طیفی هر یک از این طبقات پرداخته شد. سایر کاربری‌ها از سطح نسبی قابل توجهی برخوردار نبودند. اشکال ۲ تا ۴ نتایج مربوط به طبقه‌بندی اراضی را برای سه دوره زمانی بخوبی نشان می‌دهد.

این مطالعه، آنالیز زنجیره مارکوف برای دو منظور تهیه گردید. ماتریس اول جهت واسنجی مدل اجرا گردید که طی آن نقشه‌های مربوط به سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۲ به مدل معرفی شد و ماتریس آن برای سال ۲۰۱۳ تهیه شد. ماتریس دوم برای شبیه‌سازی تغییرات به اجرا درآمد که در آن از نقشه‌های سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳ استفاده شد و ماتریس آن برای سال ۲۰۲۴ بدست آمد. سپس شبیه‌سازی تغییرات مکانی با استفاده از فیلتر مکانی سلول‌های خودکار صورت پذیرفت. در این مرحله، ماتریس مناطق تبدیل حاصل از تغییر کاربری/ پوشش سرزمین در فاصله‌ی زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳ که برای واسنجی مدل و ماتریس حاصل از فاصله‌ی زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳ برای شبیه‌سازی تغییرات در سال ۲۰۲۴ به مدل وارد شدند. تصویر سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۳ نیز به ترتیب برای واسنجی و شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند. به عنوان آخرین پارامتر در اجرای مدل سلول‌های خودکار، تعداد تکرارها که بیانگر اختلاف زمانی بین نقشه‌ی مبنا و نقشه‌ای که قصد شبیه‌سازی آن است، تعیین گردید. با هر بار اجرای مدل سلول‌های خودکار، هر نقشه‌ی کاربری اراضی مجدداً بر اساس فیلتر مجاورت وزن‌دهی می‌شود تا مکان انتقال هر طبقه کاربری اراضی در سال بعد و در نهایت برای سال مورد نظر تعیین و شبیه‌سازی گردد (عسگریان، ۱۳۹۲). در نهایت اقدام به ارزیابی شد. در این مطالعه برای ارزیابی صحت مدل سلول‌های خودکار- مارکوف در شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی از شاخص کاپا استفاده شد. تاکنون فرم‌های متعددی از شاخص کاپا از جمله Kno (کاپا برای عدم وجود اطلاعات)، Klocation (کاپا برای مکان)، Kquantity (کاپا برای کمیت) و آماره‌های مرتبط با آن از جمله<sup>۱</sup> VPIL و<sup>۲</sup> VPIQ، برای ارزیابی موفقیت مدل معرفی شده‌اند (Potinus, 2001). ضریب کاپا، صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی (حالتی که یک تصویر کاملاً به صورت تصادفی طبقه‌بندی شده باشد) محاسبه

<sup>۱</sup>Value of Perfect Information of Location

<sup>۲</sup>Value of Perfect Information of Quantity

جدول ۱- دقت روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده و نظارت نشده در طی ۳ دوره زمانی

صحت کلی (درصد)	ضریب کاپا	انواع روش‌های سیستم طبقه‌بندی		سال (میلادی)
		نظارت نشده	نظارت شده	
۷۹/۵۷	۰/۶۷۳	-	Max- Likelihood	۱۹۷۵
۷۸/۴۱	۰/۶۵۲	-	Mahalanobise Distance	
۷۵/۶۲	۰/۶۱۱	-	Minimum Distance	
۵۱/۶۶	۰/۲۰۷	K- Means	-	
۵۴/۷۶	۰/۲۴۵	Iso- Data	-	
۱۷/۹۱	۸۵۹۰/۱	-	Max- Likelihood	
۳۴/۸۹	۸۳۳۰/۱	-	Mahalanobise Distance	۲۰۰۲
۳۳/۸۱	۷۱۲۰/۱	-	Minimum Distance	
۸۳/۴۱	۱۴۶۰/۱	K- Means	-	
۵۲/۵۳	۳۱۸۰/۱	Iso- Data	-	
۸۸/۷۴	۰/۷۹۳	-	Max- Likelihood	
۸۸/۹۲	۰/۷۹۸	-	Mahalanobise Distance	
۷۹/۳۵	۰/۶۳۴	-	Minimum Distance	۲۰۱۳
۴۸/۷۸	۰/۳۰۳	K- Means	-	
۵۵/۸۸	۰/۳۶۱	Iso- Data	-	

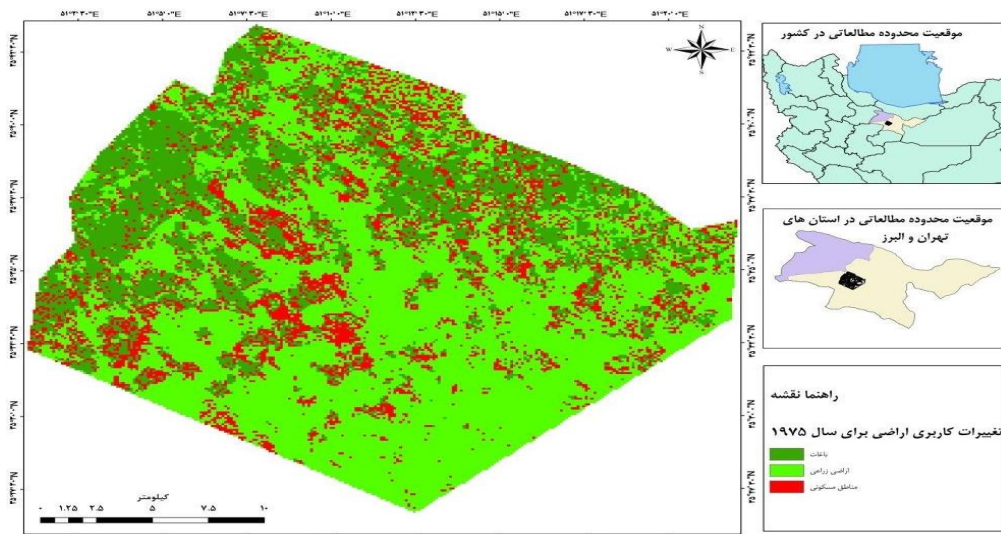
در فاصله زمانی بین ۲۰۰۲ و ۲۰۱۳ برابر با ۱۰۶۴/۶۴ هکتار بوقوع پیوسته است.

در هر سه دوره مورد بررسی سطح طبقه باغات روند نزولی داشته است، بطوریکه سطح این طبقه از کاربری از بالاترین سطح خود که ۲۵ درصد از منطقه را در سال ۱۹۷۵ تحت پوشش داشته است در سال ۲۰۰۲ با کاهش ۸ درصدی به ۱۷/۳ درصد تقلیل یافته و این روند تا سال ۲۰۱۳ به ۱۳/۹ درصد کاهش داشته است.

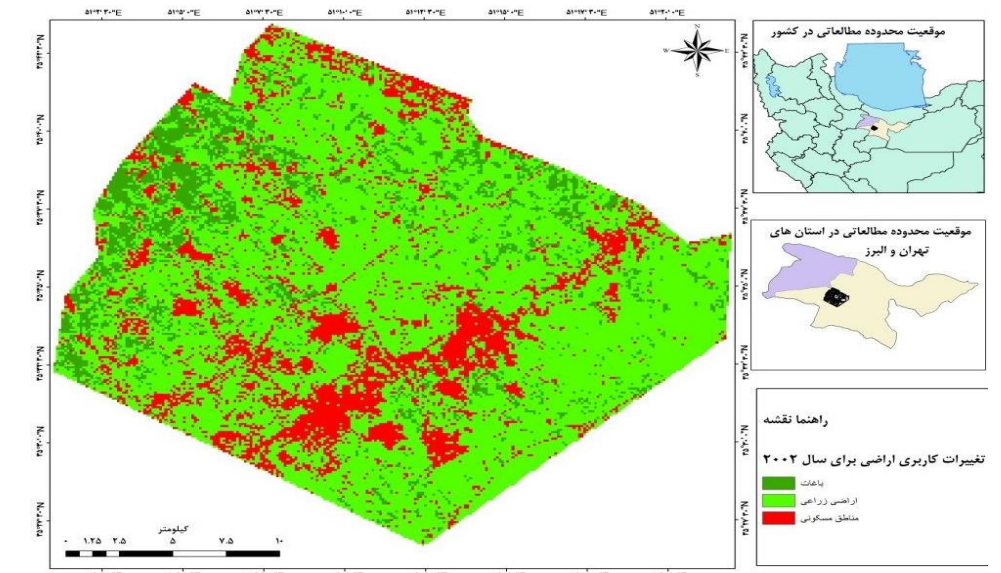
جدول ۲ وسعت هر یک از طبقات کاربری اراضی حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بر این اساس وسعت کاربری سکونتگاهی از سال ۱۹۷۵ تا سال ۲۰۱۳ سیر صعودی داشته و به میزان ۱۴۰۶۹/۵۴ هکتار افزایش یافته است. در این بین بیشترین نسبت تغییرات دوره ای در فاصله زمانی بین ۱۹۷۵ و ۲۰۱۳ برابر با ۲۹۲۰/۰۴ هکتار و کمترین آن

جدول ۲- مساحت طبقات کاربری اراضی طی سه دوره مورد بررسی

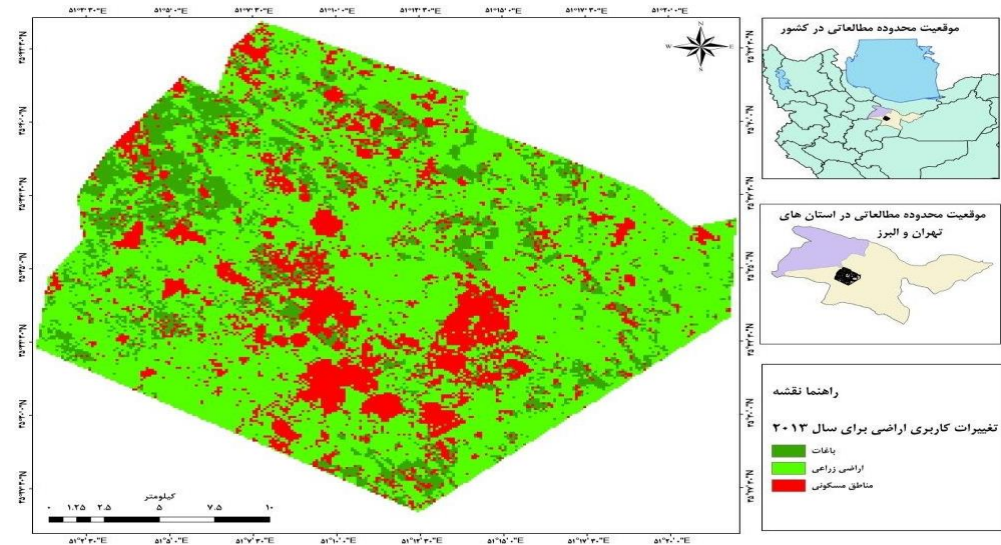
مساحت طبقات کاربری اراضی						تیب کاربری	ردیف
۲۰۱۳		۲۰۰۲		۱۹۷۵			
(درصد)	(هکتار)	(درصد)	(هکتار)	(درصد)	(هکتار)		
۱۳/۹	۸۱۹۰/۸۳	۱۷/۳	۱۰۱۹۵/۷۳	۲۵/۷	۱۵۱۲۰/۹	باغات	۱
۶۲/۲	۳۶۵۸۰/۸۲	۶۰/۶	۳۵۶۴۰/۵۶	۵۷/۲	۳۳۶۳۵/۴۳	اراضی کشاورزی	۲
۲۳/۹	۱۴۰۶۹/۵۴	۲۲/۱	۱۳۰۰۴/۹	۱۷/۱	۱۰۰۸۴/۸۶	مناطق مسکونی	۳



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در سال ۱۹۷۵



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در سال ۲۰۰۲



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در سال ۲۰۱۳

جدول ۳- ماتریس تبدیل طبقات کاربری اراضی (۱۹۹۱-۲۰۰۲)

کاربری اراضی ۱۹۹۱			کاربری اراضی ۲۰۰۲
مناطق مسکونی	اراضی کشاورزی	باغات	
۱۲۵۴۱	۲۴۷۱۴	۳۶۹۹۴	باغات
۷۶۳۶۴	۲۷۲۱۵۳	۱۰۴۶۸۲	اراضی کشاورزی
۲۳۱۳۳	۷۵۸۹۴	۲۶۲۱۸	مناطق مسکونی

پس از آشکارسازی تغییرات اقدام به مدلسازی تغییرات بوسیله مدل سلول‌های خودکار- مارکوف در سال ۲۰۱۳ گردید. در مدلسازی تغییرات کاربری اراضی ابتدا به واسنجی مدل پرداخته شد. بدین منظور ماتریس احتمال انتقال سرزمین تهیه شد. برای سال ۱۳۹۲ و نقشه‌های شایستگی کاربری اراضی به مدل سلول‌های خودکار- مارکوف معرفی شدند و تغییرات کاربری پوشش سرزمین برای سال ۲۰۱۳ پیش‌بینی گردید (شکل ۵). شاخص کاپا برای ارزیابی صحت مدل اجرا شده در این تحقیق برابر با ۰/۵۷ بدست آمد.

جدول ۵ نشان‌دهنده مقدار مساحت واقعی و پیش‌بینی شده کاربری اراضی در سال ۲۰۱۳ می‌باشد. بر اساس این نتایج مقدار طبقات کاربری اراضی مناطق مسکونی و کشاورزی کمتر از مقدار واقعی و باغات بیش از مقدار واقعی پیش‌بینی شده است.

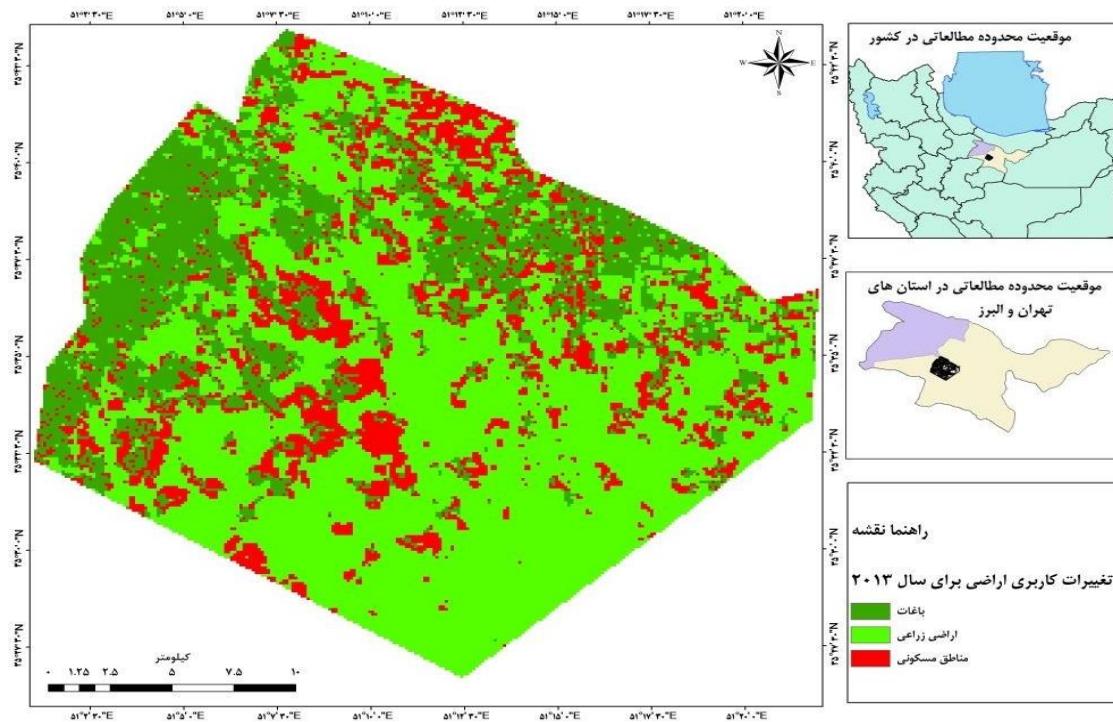
از بین کاربری‌های موجود کاربری اراضی کشاورزی تنها کاربری با وسعت بالا می‌باشد که همواره در طی هر سه دوره سطحی بالای ۵۰ درصد از منطقه مطالعاتی را تحت پوشش داشته است. سطح این طبقه از کاربری در طی این سه دوره روند صعودی داشته بطوریکه از ۳۳۶۳۵/۴۳ هکتار در سال ۱۹۷۵ به ۳۵۶۴۰/۵۶ هکتار در سال ۲۰۰۲ افزایش یافته و به بالاترین سطح خود با ۳۶۵۸۰/۸۲ هکتار در سال ۲۰۱۳ رسیده است.

پس از طبقه‌بندی تصاویر و محاسبه وسعت طبقات کاربری اقدام به آشکارسازی تغییرات شد. میزان تغییر هر طبقه کاربری اراضی به طبقات دیگر بر اساس مقایسه‌ی سلول به سلول و به صورت جداول انتقال برای سال‌های ۱۹۹۱-۲۰۰۲ (جدول ۳) و ۲۰۰۲-۲۰۱۳ (جدول ۴) محاسبه گردید. قطر جداول به دست آمده برابر با مقادیر عدم تغییر هر طبقه کاربری است و عناصر دیگر میزان تغییر طبقات را نشان می‌دهد.

جدول ۴- ماتریس تبدیل طبقات کاربری اراضی (۲۰۰۲-۲۰۱۳)

کاربری اراضی ۲۰۰۲			کاربری اراضی ۲۰۱۳
مناطق مسکونی	اراضی کشاورزی	باغات	
۶۸۳۳	۶۲۲۲۶	۲۹۶۸۰	باغات
۶۸۰۴۰	۳۲۶۳۵۳	۳۵۷۱۹	اراضی کشاورزی
۵۰۴۸۰	۶۴۵۹۲	۸۹۸۲	مناطق مسکونی





شکل ۵- نقشه شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در سال ۲۰۱۳

نسبت به سال ۲۰۱۳ داشت با این وجود تغییرات سطوح اراضی کشاورزی تقریباً ثابت می‌باشد. شاخص کاپا برای ارزیابی صحت مدل اجرا شده برای سال ۲۰۲۴ برابر با ۰/۸۵ بدست آمد که از دقت بالایی برخوردار می‌باشد. شکل ۷ روند تغییرات سطوح کاربری اراضی را در طی ۳۸ سال گذشته و نیز ۱۱ سال آتی نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش بیانگر وقوع تغییرات تقریباً گسترده در منطقه مورد بررسی می‌باشد.

در این مرحله اقدام به مدل‌سازی تغییرات بوسیله مدل سلول‌های خودکار- مارکوف در سال ۲۰۲۴ شد. پس از بررسی نتایج حاصل از صحت مکانی مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در سال ۲۰۱۳، از این مدل برای پیش‌بینی میزان تغییرات تا سال ۲۰۲۴ استفاده شد. شکل ۶ و جدول ۶ به ترتیب نشان‌دهنده نقشه و مساحت طبقات کاربری اراضی منطقه مطالعاتی در سال ۲۰۲۴ می‌باشد. نتایج حاکی از کاهش ناچیز سطوح باغات و مناطق مسکونی

جدول ۵- مساحت طبقات پردازش شده و پیش‌بینی شده در سال ۱۳۹۲

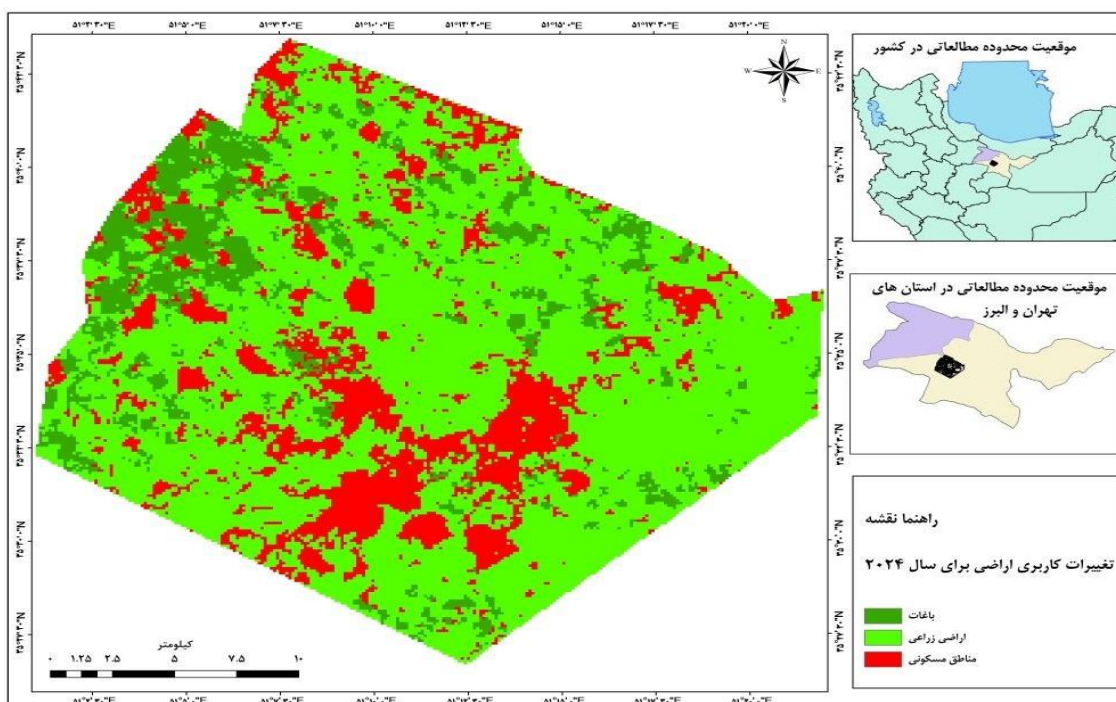
طبقات کاربری اراضی	مقدار پردازش شده در سال ۲۰۱۳		مقدار پیش‌بینی شده در سال ۲۰۱۳	
	هکتار	درصد	هکتار	درصد
باغات	۸۱۹۰/۸۳	۱۳/۹	۱۴۴۵۹/۴۱	۲۴/۶
اراضی کشاورزی	۳۶۵۸۰/۸۲	۶۲/۲	۳۴۲۳۹/۱۷	۵۸/۲
مناطق مسکونی	۱۴۰۶۹/۵۴	۲۳/۹	۱۰۱۴۲/۶۱	۱۷/۲

جدول ۶- مساحت طبقات کاربری اراضی حاصل از مدل سلول‌های خودکار- مارکوف

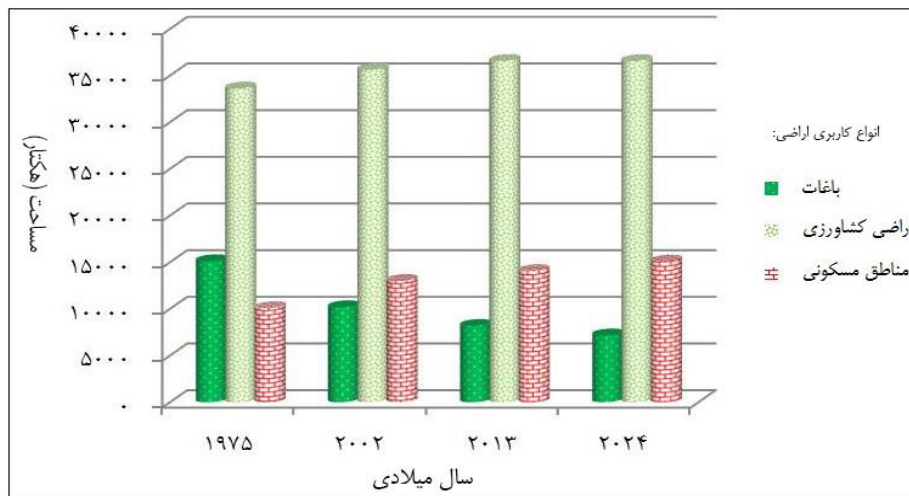
مساحت طبقات کاربری اراضی در سال ۲۰۲۴		تیب کاربری	ردیف
درصد	هکتار		
۱۲/۲	۷۱۷۶/۱۴۶	باغات	۱
۶۲/۲	۳۶۵۷۲/۲۵	اراضی کشاورزی	۲
۲۵/۷	۱۵۰۹۲/۷۹	مناطق مسکونی	۳

مسکونی همراه بوده است. از عمده ترین علل شدت وقوع تغییرات در این دوره می‌توان به اثرات محرک‌های مختلف اجتماعی و اقتصادی اشاره داشت که عدم مدیریت جامع منابع طبیعی و نیز مهاجرت روستاییان به شهرها و یا توسعه روستاهای بزرگ و احداث شهرک‌ها و توسعه زیرساخت‌ها نمونه‌های بارز آن می‌باشد که با نتایج (۲۰۰۶) Wijanarto، (۲۰۰۶) Opeymej و (۲۰۰۸) Guan و پرنون (۱۳۸۹) که مهاجرت را عمده‌ترین عامل موثر بر تغییر کاربری در اراضی اسلامشهر دانسته، مطابقت دارد.

با توجه به اینکه سرعت تخریب و تبدیل اراضی از باغات به اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی در دوره‌های زمانی مختلف، متفاوت می‌باشد، می‌توان بیان نمود بیشترین میزان تخریب و تبدیل باغات در اولین دوره مورد بررسی یعنی در طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۲ رخ داده است. کاهش ۸/۴ درصدی از سطح باغات در طی این دوره منجر به افزایش ۵ درصدی سطح مناطق مسکونی شده و نیز ۳/۴ درصد بر سطح اراضی کشاورزی افزوده است. کاهش سطح باغات منطقه با رشد چشمگیر مناطق



شکل ۶- نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی در سال ۲۰۲۴



شکل ۷- روند تغییرات سطوح مختلف کاربری اراضی در غرب تهران

پیش‌بینی می‌شود در طی سالهای آتی روند فوق‌الذکر ادامه داشته باشد.

تبعیت از نقشه‌های جامع مبتنی بر آمایش سرزمین با توجه به قابلیت و استعداد اراضی، برای جلوگیری از تجمع جمعیت اطراف شهرهای بزرگ و همچنین تمهیدات لازم و برنامه‌ریزی شده برای ممانعت از تخریب و تغییر کاربری به اراضی غیرمولد پیشنهاد می‌گردد. استفاده از مدل زنجیره مارکوف نیز در این مطالعات می‌تواند کمک موثری در برآورد تغییرات کاربری اراضی باشد.

در طی دوره بعدی (۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳) روند کاهش سطح باغات منطقه با ۳ درصد همراه بوده است که این میزان بصورت تقریباً برابر به دو کاربری دیگر اختصاص یافته است. دلیل این امر تغییر نسبی الگوهای مدیریت منابع طبیعی و توسعه عمودی شهری نسبت به توسعه افقی در دوره قبل را نشان می‌دهد به طوری که میزان تخریب باغات منطقه با گذشت زمان، سرعت و شدت کمتری داشته است، که با نتایج قراگوزلو ۱۳۸۳، مطابقت دارد.

### فهرست منابع

- اکبری، ا.، شکاری بادی، ع. ۱۳۹۳. پردازش و استخراج اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از نرم افزار ENVI. انتشارات دانشگاه حکیم سبزواری، چاپ سوم، ویرایش اول، صفحه ۷۲-۸۵.
- بدر، ر. ۱۳۷۸. استفاده از سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در تعیین گسترش توسعه فیزیکی شهر رضا. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۹۵ صفحه.
- پرنون، ز. ۱۳۸۹. بررسی اثرات مهاجرت بر تغییر کاربری اراضی اسلامشهر از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۵. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا، برنامه ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- قراگوزلو، ع. ۱۳۸۳. GIS و ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست. انتشارات سازمان نقشه برداری کشور، شماره نشر ۱۵۸، چاپ دوم، صفحه ۶۲-۴۵.
- علوی پناه، ک. ۱۳۸۲. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین. چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، شماره نشر ۲۶۴۰، صفحه ۱۳۰-۱۱۲. ۵۲۴ صفحه.

- عسگریان، ع. ۱۳۹۲. آشکارسازی تغییرات پوشش سرزمین با استفاده از سنجش از دور و سنجه‌های سیمای سرزمین: مطالعه موردی شهرستان ساری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، صفحه ۹۱-۸۴.
- Gergel, S.E. and Turner, M.G. 2002. Learning landscape ecology: a practical guide to concepts and techniques. Springer Science and Business Media, 40(2): 137-145.
- Guan, D., Gao, W., Watari, K. and Fukahori, H. 2008. Land use change of Kitakyushu based on landscape ecology and Markov model. *Journal of Geographical Sciences*, 18(4): 455-468.
- Kalnay, E. and Cai, M. 2003. Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature*, 423(6939): 528-531.
- Kamusoko, C. and Aniya, M. 2007. Land use/cover change and landscape fragmentation analysis in the Bindura District, Zimbabwe. *Land degradation and development*, 18(2): 221-233.
- Martínez, M.L., Pérez-Maqueo, O., Vázquez, G., Castillo-Campos, G., García-Franco, J., Mehlreter, K. and Landgrave, R. 2009. Effects of land use change on biodiversity and ecosystem services in tropical montane cloud forests of Mexico. *Forest Ecology and Management*, 258(9): 1856-1863.
- Mitsova, D., Shuster, W. and Wang, X. 2011. A cellular automata model of land cover change to integrate urban growth with open space conservation. *Landscape and Urban Planning*, 99(2): 141-153.
- Opeyemi, Z.A. 2008. Monitoring the growth of settlements in Ilorin, Nigeria (a GIS and remote sensing approach). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37: 225-232.
- Pontius, R.G. and Schneider, L.C. 2001. Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85(1), 239-248.
- Tang, J., Wang, L. and Yao, Z. 2008. Analyses of urban landscape dynamics using multi-temporal satellite images: A comparison of two petroleum-oriented cities. *Landscape and Urban Planning*, 87(4): 269-278.
- Wijanarto, A. B. 2006. Application of Markov change detection technique for detecting Landsat ETM derived land cover change over Banten Bay. *Jurnal Ilmiah Geomatika* 12(1): 355-368.



ISSN 2251-7480

## Land use changes by using RS and Markov chain technique in the south-west of Tehran

Faezeh Rajabzadeh<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Assistant professor, Department of Water Engineering, Islamic Azad University, Shahr-e-qods Branch, Tehran, Iran

\* Corresponding author email: [faizehrajabzadeh@yahoo.com](mailto:faizehrajabzadeh@yahoo.com)

Received 23-01-2016

Accepted:09-04-2016

### Abstract

Land use changes investigation requires the use of rapid methods and new techniques, respectively. The use of remote sensing and GIS and integrating them with accurate information and field data prepared multipurpose decision. In this study, used images of Landsat 2, sensor MSS June 1975, Landsat 7, ETM<sup>+</sup> 2002, and Landsat 8 sensor OLI June 2013, from USGS site for developing maps and survey land use changes over the period of 38 years in ENVI and ERDAS software. The Landsat 5, TM sensor image, June 1991, used to prepare land use maps and compared with 2002 and 2013, to predict land use change in 2024. Results related to land use changes in the past 38 years show a reduction of 12% (9/7060 hectare) orchard area and an increase of 7% and 5% of residential areas and agricultural lands, respectively. Also the predicted land use changes in 2024 represents a decrease of 2% compared to the current state of the orchard, while the almost constant level of agricultural land, and residential area will increase 2 percent.

**Keywords:** land use, markov chain, remote sensing