

## آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های

### سنجش از دور (مطالعه موردی: شهر تهران)

الهام پاکخصال

دانشجوی دکترای منابع طبیعی - جنگلداری دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مازندران

جعفر اولادی قادیکلایی ۱

دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی ساری

حمید جلیوند

دانشیار دانشکده کشاورزی منابع طبیعی ساری

حسن اکبری

دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۰

#### چکیده

به دلیل روند افزایشی اثرات مخرب تغییر کاربری اراضی ناشی از فعالیت‌های انسانی، کشف و بارزسازی این تغییرات به منظور برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری مدیریتی ضروری است. در این تحقیق، تغییرات کاربری اراضی کلان‌شهر تهران در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای ETM، OLI چهار دوره زمانی ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ استفاده شد. همچنین نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه مورد مطالعه و اطلاعات حاصل از بازدید میدانی نیز به منظور تکمیل داده‌های گردآوری شده مورد استفاده قرار گرفت. پس از پیش‌پردازش تصاویر و اصلاح آن‌ها، بارزسازی و استخراج اطلاعات انجام و نقشه‌های کاربری اراضی برای سال‌های م مطالعه استخراج شد. دقت کلی و شاخص کاپا نشان از قابلیت اعتماد نقشه‌های خروجی از تصاویر مورد استفاده داشت. نتایج نشان داد که در تمامی دوره‌ها بیشترین سطح مربوط به کاربری انسان‌ساخت بوده است که روند تغییرات این کاربری از سال ۲۰۰۰ (۶۱/۸ درصد) تا سال ۲۰۱۵ (۷۸/۷ درصد) افزایشی بوده و بر مساحت این کاربری افزوده شده است. طبق نتایج در طی سه دوره مورد مطالعه، کاربری‌های فضای سبز، بایر و سایر کاربری‌ها کاهش مساحت داشته‌اند و میزان این روند کاهشی در دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۵ شدت بیشتری داشته است. اما در مقابل نیز کاربری انسان‌ساخت در طی سه دوره روند افزایشی نشان داده است این افزایش به دلیل رشد جمعیت بوده و بیشترین افزایش این کاربری در بخش‌های شمال شرق مشاهده شده است.

کلمات کلیدی: کاربری اراضی، سنجش از دور، تهران، تصاویر ماهواره‌ای.

## مقدمه

پوشش یا نوع کاربری زمین، با استفاده از نقشه‌هایی نشان داده می‌شود که نشانگر نوع استفاده و فعالیت در سطح زمین می‌باشد و اطلاعات پایه‌ای را برای برنامه‌ریزی فراهم می‌آورند. استفاده از زمین تحت تأثیر دو مجموعه وسیع از نیروها - نیازهای انسانی و ویژگی‌های زیست محیطی و فرایندها - در حال شکل‌گیری است. میزان تغییر کاربری اراضی با دوره زمانی مورد بررسی و همچنین با منطقه جغرافیایی متفاوت است. علاوه بر این، ارزیابی این تغییرات به منبع، تعاریف انواع کاربری اراضی، گروه‌بندی‌های مکانی و مجموعه داده‌های استفاده شده بستگی دارد (Briassoulis, 2019).

دستیابی به اطلاعات و داده‌های به‌روز از کاربری‌های اراضی، زمینه مدیریت صحیح و اصولی منابع طبیعی را فراهم می‌کند. بنابراین نیاز به آشکارسازی، پایش و پیش‌بینی چنین تغییراتی در یک اکوسیستم از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی این امکان را به وجود می‌آورد که بتوان از چگونگی تغییرات در آینده اعم از مقدار، موقعیت و زمان تغییرات آگاهی یافت و با استفاده از این آگاهی، برنامه‌ریزی‌های مناسب و سیاست‌گذاری‌های بهنگام جهت رسیدن به توسعه پایدار را اتخاذ کرد. بررسی منابع زمینی و روند تغییرات آن‌ها با استفاده از روش‌های سنتی معمولاً زمان‌بر و مستلزم هزینه‌های زیاد می‌باشد، این مسئله همراه با سرعت پویایی و تحول پدیده‌های زمینی سبب شده است تا متخصصان برای یافتن روش‌های سریع و دقیق با استفاده از فنون پیشرفته تلاش بیشتری نمایند. فنون سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی از جمله فن‌آوری‌های مورد استفاده در این زمینه می‌باشند (Shokouei, 2014).

گسترش شتابان شهری از مهم‌ترین پدیده‌های مکانی- فضایی است که در بسیاری از کشورهای جهان و از جمله ایران به دلیل اثرات زیان‌باری که در محیط‌زیست بر جای می‌گذارد و تغییر و تحولاتی که موجب برهم زدن نظم فضایی به‌ویژه در پیرامون شهرهای بزرگ می‌شود نگرانی‌های بسیاری را در پی داشته است. تغییرات الگوهای کاربری زمین باعث ایجاد تغییرات گسترده اجتماعی، محیط‌زیستی و کشاورزی می‌گردد. این تأثیرات شامل کاهش فضاهای طبیعی، کاهش زمین‌های کشاورزی با توان تولید بالا، تأثیر بر زهکش‌های طبیعی و کاهش کیفیت آب است (Bella & Irwin, 2002). در زمینه بررسی و پایش تغییرات کاربری اراضی مطالعات و پژوهش‌های متعددی صورت گرفته است که می‌توان به مطالعات برآشتی و همکاران (Bracchetti et al. 2012) در آبنیس مرکزی در ایتالیا، چم‌لینگ و برا (Chamling & Bera, 2020) در بوتان-بنگال، کوگو و همکاران (Kogo et al., 2020)

در کنیا، فرج‌اللهی و همکاران (Farajollahi et al. 2016) در مراوه‌تپه و اقبال و همکاران (Iqbal et al. 2016) در بنگلادش اشاره کرد که اهمیت مسئله تغییر کاربری اراضی را با نسبت و وضعیت تغییرات به نمایش گذاشته‌اند. همچنین چن و همکاران (Chen et al. 2016) در بررسی تغییرات کاربری اراضی شهری چین در طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ گزارش کردند گسترش سریع زمین‌های ساخته‌شده از ویژگی‌های اصلی تغییر کاربری‌ها در چین بوده و منجر به عدم تخصیص مناسب زمین‌های ساخته‌شده و استفاده ناکارآمد از زمین‌ها شده است. حاماد و همکاران

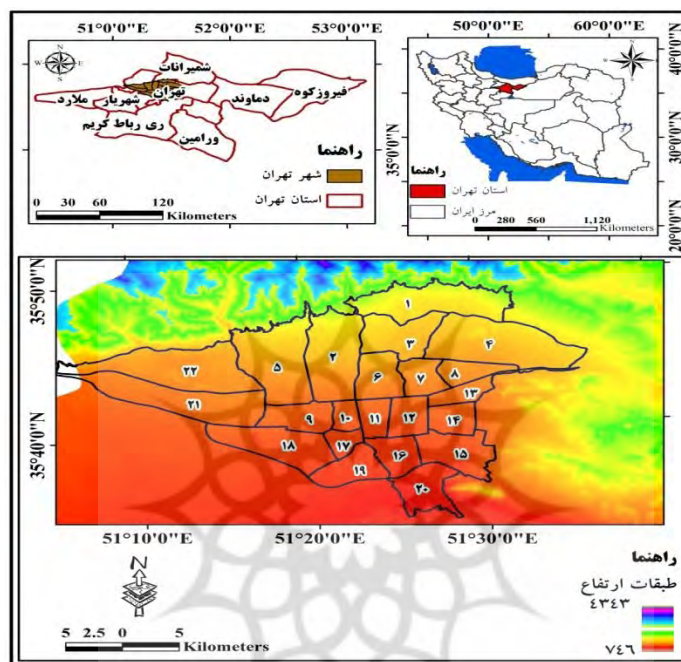
(Hamad et al. 2018) در بررسی تغییرات کاربری اراضی حوزه رودخانه مالاگا، نشان دادند طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵، ساخت‌وسازهای صنعتی و غیر صنعتی در منطقه مورد مطالعه، مناطق حاصلخیز کشاورزی را مورد خطر جدی قرار داده است و طبیعتاً باعث افزایش آلودگی در رودخانه مالاگا شده است. پراباهاران و همکاران (Parabaharan et al. 2010) نیز در تحقیقی به بررسی تغییرات نواحی ساحلی تامیلنادو هند با استفاده از اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای پرداختند و نشان دادند که به خاطر شهرسازی و صنعتی شدن میزان تالاب‌ها و چمنزارها کاهش یافتند و همچنین وسعت جنگل‌ها در اثر فعالیت و دخالت انسان کاهش یافت ولی اراضی بایر در طی دوره ۱۹۹۸-۲۰۰۸ افزایش مساحت نشان داد. دیوان و یاماگوچی (Dewan et al. 2009) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به بررسی تغییر پوشش زمین در شهر داکا بنگلادش در بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۳ پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که ساخت‌وساز زیادی در دوره مورد مطالعه صورت گرفته است و نیز کاهش زیادی در میزان آب، زمین‌های زراعی و پوشش گیاهی رخ داده است که علت آن، افزایش شهرنشینی، رشد جمعیت و توسعه اقتصادی ذکر شده است.

پدیده افزایش جمعیت و گسترش بی‌رویه شهری سبب کاهش فضای سبز از یک طرف و از طرف دیگر از بین رفتن عملکردهای فضای سبز می‌شود (Moskovits, 2001). بهره‌برداری‌های بی‌رویه، تغییرات کاربری اراضی نادرست و دست‌اندازی بشر به عرصه‌های منابع طبیعی روزبه‌روز به برهم زدن تعادل‌های منطقه‌ای می‌افزاید. تغییر جمعیت سبب تغییر فعالیت‌های اقتصادی شده و نقطه آغاز تغییرات کاربری اراضی به شمار می‌رود و مهاجرت و ضریب رشد جمعیت نیز در این فرآیند قطعاً تأثیرگذار است (Henry et al., 2003). از زمانی که اکوسیستم‌ها تحت تأثیر فعالیت‌های بشر قرار گرفته است توجه قابل‌ملاحظه‌ای به سمت پایش تغییرات در اراضی شهری و پوشش زمین صورت گرفته است (Stow & Chen, 2002). امروزه به دلیل گرفتاری‌های روزمره زندگی، امکان دستیابی انسانی شهرنشین به دامان طبیعت چندان مهیا نیست. به همین دلیل به‌ناچار از فضای سبز شهری محدود ساخته دست خویش استفاده می‌نماید. در شهر تهران نیز با توجه به شرایط جمعیتی و آلودگی هوا و مشغله‌های زندگی و اجتماعی، فضای سبز و روند تغییرات آن دارای اهمیت زیادی می‌باشد. همچنین روند تغییر کاربری‌های انسان‌ساخت نیز مهم می‌باشد. آگاهی از چنین روندی برنامه‌ریزان و مدیران را یاری خواهد کرد تا با شناخت و درک بهتر، سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌های مربوطه به مدیریت سرزمین را اعمال کنند. با توجه به اهمیت مطالب ذکرشده و نقش اطلاع از نوع و نحوه تغییرات کاربری اراضی در سیستم‌های مدیریتی به‌خصوص در کلان‌شهرها، تغییرات کاربری اراضی شهر تهران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات سنجش‌ازدور در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است.

#### موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهر تهران با وسعتی بالغ بر ۷۰۰ کیلومتر مربع بزرگ‌ترین شهر کشور می‌باشد. این شهر در دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی واقع شده است. بر اساس تقسیمات شهری در حال حاضر این شهر شامل ۲۲ منطقه شهرداری است (شکل

۱). هر یک از این مناطق برحسب تراکم جمعیتی، بافت شهری، وسعت و برخی پارامترهای دیگر به چندین ناحیه تقسیم شده است. در این میان منطقه ۹ با دو ناحیه و مناطق ۱ و ۴ هر یک با ۹ ناحیه به ترتیب کمترین و بیشترین تعداد نواحی شهر را دارا هستند. در مجموع تعداد کل نواحی شهر تهران ۱۲۳ ناحیه است. بر اساس نتایج سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ جمعیت شهر تهران ۳۹۰۳۳۰۰ نفر می‌باشد. به‌طور متوسط در هر سال نرخ رشد جمعیتی حدود ۱/۴۴٪ در شهر تهران مشاهده شده است.



شکل ۱. موقعیت شهر تهران در تقسیمات سیاسی

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

## داده‌های گردآوری شده

### تصاویر ماهواره‌ای

بر این اساس، سه فریم تصویر ماهواره‌ای بدون ابر گذر ۱۶۶ و ردیف ۳۴ سنجنده ETM و OLI ماهواره لندست مربوط به فصل رویش با فاصله زمانی ۵ سال از هم مربوط به سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ انتخاب و از تارنمای سازمان زمین‌شناسی آمریکا<sup>۱</sup> دریافت شدند. داده‌های ماهواره‌ای چند طیفی سنجنده‌ها قابل اعتماد و مقرون به صرفه هستند و با صرفه جویی در وقت، برای اندازه‌گیری تغییرات کاربری اراضی کاملاً دقیق هستند (Jensen, 2007)

### نقشه‌های توپوگرافی

نقشه‌های توپوگرافی دارای مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده از سازمان نقشه‌برداری مربوط به منطقه مورد مطالعه تهیه شدند. سیستم تصویر این نقشه‌ها UTM و مبنای آن‌ها بیضوی WGS84 می‌باشد و دارای فرمت DGN و حالت 2D

<sup>۱</sup>. United States Geological Survey (USGS)

می‌باشند. این نقشه‌ها دارای لایه‌های مختلف از جمله جاده‌ها، مناطق مسکونی هستند که می‌تواند به شناسایی کاربری و پوشش‌های منطقه و کنترل هندسی تصاویر ماهواره‌ای تهیه‌شده کمک کنند.

### اطلاعات تکمیلی

علاوه بر استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه مورد مطالعه، از اطلاعات حاصل از بازدید میدانی نیز استفاده گردید. بدین منظور با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی، مناطقی که در تشخیص آن‌ها بر روی تصویر تردید وجود داشت و قابل دسترس بودند، نقاطی برداشت شد. همچنین کروکی پدیده‌های مشاهده‌شده در بازدید میدانی ترسیم شد و از پدیده‌ها نیز عکس‌برداری به عمل آمد و در راستای بهبود عمل طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از این اطلاعات استفاده شد.

### پیش‌پردازش تصاویر

رایج‌ترین روش غیر پارامتری انجام تطابق هندسی، استفاده از نقاط کنترل زمینی می‌باشد. لذا برای انجام تصحیحات هندسی باید نقاط مناسب و مشخصی از زمین که مختصات جغرافیایی آن دقیقاً مشخص است انتخاب گردد. انتخاب نقاط به گونه‌ای بود که در نهایت تعداد کافی از نقاط کنترل زمینی<sup>۱</sup> (GCP) با پراکنش مناسب برای تصحیح هندسی استفاده شد که در این تحقیق تعداد نقاط کنترل زمینی ۴۹ عدد می‌باشد. جهت برآورد دقت عملیات تصحیح هندسی از پارامتری بنام خطای جذر میانگین مربعات<sup>۲</sup> (RMSE) استفاده شد.

### تصحیح رادیومتریک

در این تحقیق به منظور از بین بردن خطای ناشی از اتمسفر و به اصطلاح تصحیح اتمسفری از نرم‌افزار ENVI و روش کاهش تیرگی پدیده<sup>۳</sup> استفاده شد. همچنین به منظور از بین بردن خطای نوار نوار شدن تصویر سنجنده از روش Destripe استفاده شد. بررسی کیفیت رادیومتری تصاویر ماهواره‌ای در ۴ مقطع زمانی مورد مطالعه نشان‌دهنده کیفیت مطلوب تصاویر بود.

### بارسازی تصویر

در این تحقیق، بهبود کنتراست به صورت بسط دادن دامنه محدود ارزش طیفی تصویر به دامنه وسیع‌تری از مقادیر ارزش طیفی انجام شد که در نتیجه آن، تصویر از وضوح بیشتری برخوردار گشته و پدیده‌ها به خوبی قابل تمایز از هم گردید. در این تحقیق از روش توازن هیستوگرام نمودار فراوانی ارزش‌های طیفی استفاده شد.

### استخراج اطلاعات

به منظور مشخص کردن کاربری‌ها، از طبقه‌بندی نظارت‌شده استفاده گردید. همچنین به منظور تولید نقشه‌های کاربری اراضی/پوشش زمین صحیح برای هدف تحقیق، تفسیر چشمی داده‌های موجود بر اساس شناخت محقق و نرم‌افزار Google Earth استفاده شد. در این روش عناصر تشکیل‌دهنده تصویر به صورت ترکیبی و وابسته و در ارتباط با

<sup>1</sup> - Ground Control Point

<sup>2</sup> - Root Mean Square Error

<sup>3</sup> - Dark Object Subtraction

محیط اطراف خود و به‌طورکلی در سطح تصویر موردتوجه و تفسیر قرار می‌گیرند. در این رابطه از عوامل تفسیر نظیر رنگ، شکل، اندازه نسبی، بافت و غیره در کنار تجارب مفسر و قابلیت درک انسان استفاده می‌گردد. در بازدیدهای میدانی، از هر یک از کلاس‌های کاربری موردنظر در نقاط مختلف به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری و موقعیت آن‌ها از طریق GPS تعیین و ثبت شد (Farajollahi et al, 2016).

## نتایج

در جدول ۱ مقادیر دقت کلی و شاخص کاپا برای تصاویر مورداستفاده ارائه شده است که در تمامی موارد و سال‌های استفاده شده این میزان بالاتر از ۸۵ درصد محاسبه شده که میزان قابل قبولی در مبحث مربوط به کاربری اراضی می‌باشد و نشان از قابلیت اعتماد نقشه‌های خروجی از تصاویر مورداستفاده دارد.

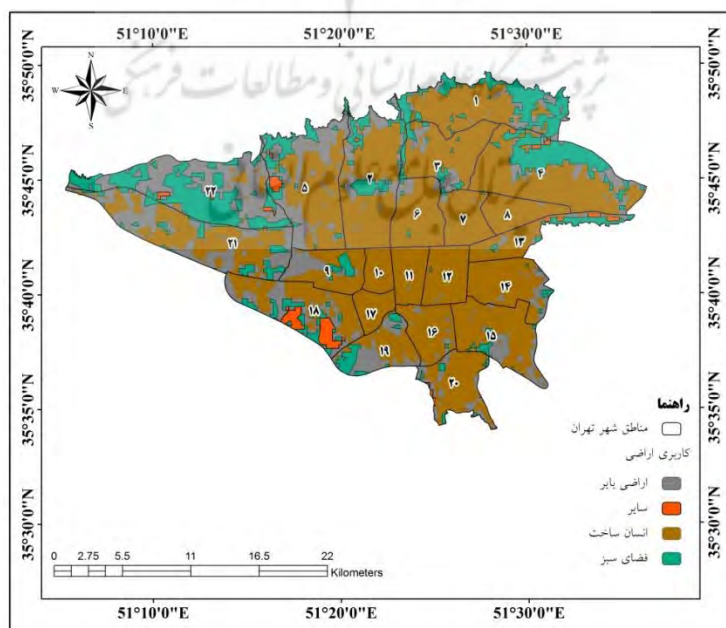
جدول ۱. دقت کلی و شاخص کاپا برای تصاویر مورداستفاده

سال	نقشه کاربری تهیه شده	
	شاخص کاپا	دقت کلی
۲۰۰۰	۰/۸۶	۹۱/۵
۲۰۰۵	۰/۸۹	۹۱/۸
۲۰۱۰	۰/۸۶	۹۳/۸
۲۰۱۵	۰/۸۷	۹۴/۸

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

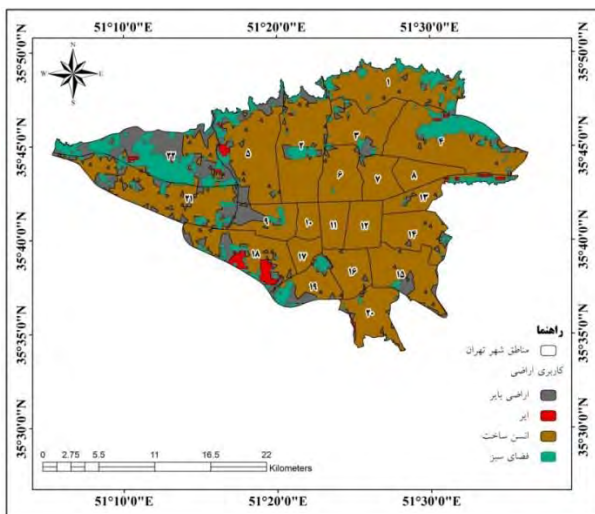
## وضعیت تغییرات کاربری اراضی

با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و با بازدیدهای میدانی نقشه کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ تهیه گردید که در شکل‌های ۲ تا ۵ به ترتیب برای سال‌های مورد مطالعه نشان داده شده است.

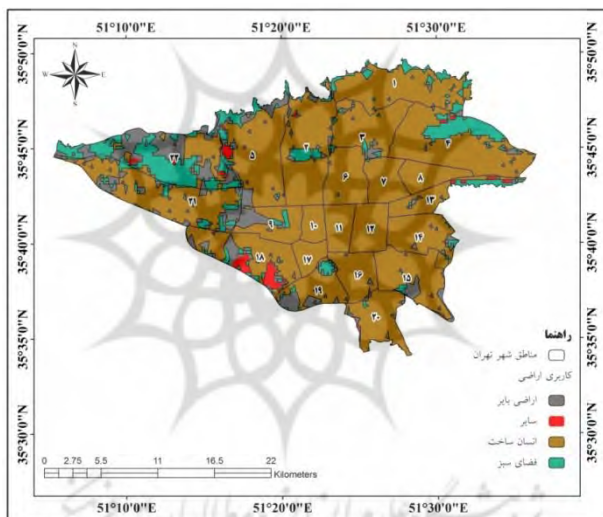


شکل ۲. نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۰ تهران

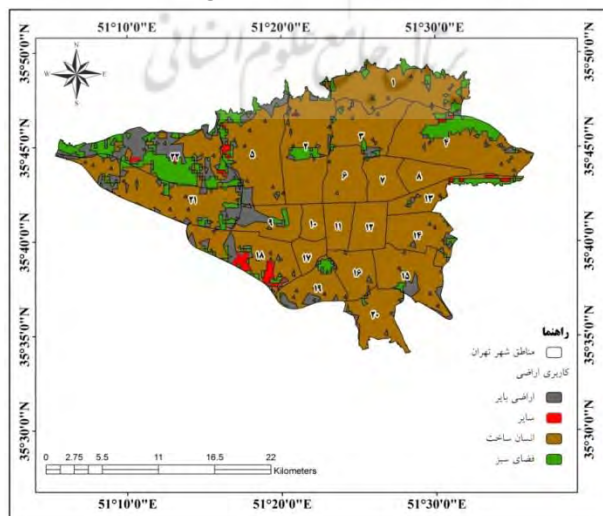
منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۵ تهران منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۰



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۰ تهران منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۰



شکل ۵. نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ تهران  
منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۰

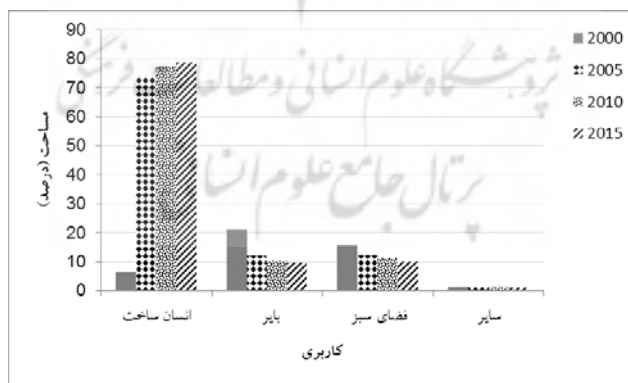
مساحت و درصد مساحت کاربری‌ها استخراج‌شده از تصاویر ماهواره‌ای طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ در جدول (۲) ارائه شده است. بیشترین سطح مربوط به کاربری انسان‌ساخت بوده که روند تغییرات این کاربری از سال ۲۰۰۰ (۶۱/۸ درصد) تا سال ۲۰۱۵ (۷۸/۷ درصد) افزایشی بوده و بر مساحت این کاربری افزوده شده است. در تمامی دوره‌ها بیشترین سطح مربوط به کاربری انسان‌ساخت بوده است که در سال ۲۰۰۰ با مساحت حدود ۳۹۳۰۴ هکتار، ۶۱/۸ درصد از پوشش منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است و در سال ۲۰۱۵ به ۵۰۳۳۵/۱ هکتار افزایش یافته است. پوشش فضای سبز در سال ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ به ترتیب به ۱۱/۱٪، ۱۰/۲٪، ۱۰/۲٪ و ۹/۹٪ مساحت منطقه مورد مطالعه کاهش یافته است. اراضی بایر نیز در سال ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ به ترتیب به ۱۳۳۶۲/۸ هکتار (۲۱٪)، ۱۳۳۶۲/۸ هکتار (۲۱٪) مساحت داشته است که در سال ۲۰۰۵ به ۷۷۶۳/۲ هکتار (۱۲/۲٪) کاهش و در سال ۲۰۱۵ به ۹/۹٪ کل مساحت منطقه مورد مطالعه رسیده است (جدول ۲).

جدول ۲. مساحت کاربری‌های منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵

کاربری	۲۰۰۰		۲۰۰۵		۲۰۱۰		۲۰۱۵	
	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار
انسان‌ساخت	۶۱/۸	۳۹۳۰۴/۰۳	۷۳/۹	۴۹۰۵۲/۹	۷۷/۲	۵۰۳۳۵/۱	۷۸/۷	۵۰۳۳۵/۱
بایر	۲۱	۱۳۳۶۲/۸	۱۲/۲	۷۷۶۳/۲	۱۰/۴	۶۳۲۴/۵	۹/۹	۶۳۲۴/۵
فضای سبز	۱۵/۷	۹۹۸۷/۹	۱۲/۵	۷۹۶۴/۶	۱۱/۱	۶۵۵۰/۱	۱۰/۲	۶۵۵۰/۱
سایر	۱/۵	۸۹۸/۹	۱/۴	۸۷۵/۱	۱/۳	۷۴۸/۹	۱/۲	۷۴۸/۹

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

همچنین نتایج حاصل از شکل ۶ در ارتباط با نمودار تغییرات کاربری در سال‌های مطالعاتی نشان داد که کاربری‌های انسان‌ساخت به‌مرور زمان افزایش مساحت نشان داده است و اراضی بایر و فضای سبز نیز روند کاهشی از خود نشان داده‌اند (شکل ۶).



شکل ۶. نمودار تغییرات مساحت کاربری‌ها برحسب سال‌های مطالعاتی

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

در جدول ۳، تغییرات مساحت در دوره‌های زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۵، ۲۰۰۵-۲۰۱۰ و ۲۰۱۰-۲۰۱۵ نشان داده شده است. کاربری انسان‌ساخت در سال ۲۰۰۵ نسبت به سال ۲۰۰۰، ۱۱/۹ درصد (۷۶۴۶/۹ هکتار) افزایش مساحت نشان داده است و در واقع این بیشترین افزایش مساحت در بین سال‌های مطالعاتی و کاربری‌های ذکر شده می‌باشد. طبق نتایج در طی سه دوره مورد مطالعه، کاربری‌های فضای سبز، بایر و سایر کاهش مساحت داشته‌اند و میزان این روند کاهشی



در دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۵ شدت بیشتری داشته است. اما در مقابل نیز کاربری انسان ساخت در طی سه دوره روند افزایشی نشان داده است (جدول ۳).

جدول ۳. تغییر مساحت انواع کاربری‌ها در دوره‌های زمانی مختلف

نام کاربری	تغییر مساحت					
	۲۰۰۵-۲۰۱۰		۲۰۱۰-۲۰۱۵		۲۰۱۵-۲۰۲۰	
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
انسان ساخت	۷۶۴۶/۹	۱۱/۹	۲۱۰۲	۳/۳	۱۲۸۲/۲	۲
بایر	-۵۵۹۹/۶	-۸/۷	-۱۱۴۲/۴	-۱/۸	-۲۹۶۷/۴	-۰/۵
فضای سبز	-۲۰۲۳/۳	-۳/۱	-۹۱۲/۷	-۱/۴	-۵۰۱/۸	-۰/۸
سایر	-۲۴	-۰/۰۴	-۴۶/۹	-۰/۱	-۷۹/۲	-۰/۱

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

### نتیجه‌گیری و دستاورد علمی پژوهشی

مطالعه و بررسی تغییرات کاربری اراضی به همراه دلایل و اثرات وابسته به آن به منظور حمایت از فرآیندهای تصمیم‌گیری امری ضروری است. در این تحقیق، تغییرات مساحت کاربری اراضی در کاربری‌ها و سال‌های مختلف مورد مطالعه یکسان نبوده است و در برخی کاربری‌ها مانند کاربری انسان ساخت شدت بیشتری داشته است. همچنین در سال‌های ابتدایی دوره زمانی مورد مطالعه، این تغییرات با سرعت و شدت بیشتری انجام شده است و روند افزایشی یا کاهش کاربری‌ها بیشتر بوده است به طوری که کاربری انسان ساخت در سال ۲۰۰۵ نسبت به سال ۲۰۰۰، ۱۱/۹ درصد افزایش مساحت نشان داده است و در همین دوره زمانی اراضی فضای سبز ۳/۱٪ کاهش یافته است. اراضی اختصاص یافته به کاربری مسکونی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ افزایش داشته که این افزایش به دلیل رشد جمعیت بوده و بیشترین افزایش این کاربری در بخش‌های شمال شرق مشاهده شده است. از طرف دیگر وسعت کاربری فضاهای سبز شهر کاهش یافته است. نور و همکاران عنوان کردند که کاهش وسعت فضای سبز شهری در طی زمان را می‌توان ناشی از افزایش کاربری انسان ساخت و توسعه شهری دانست. این یافته‌ها با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد.

بیشترین افزایش کاربری مسکونی شهر تهران در بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۰ مربوط به جهت غرب (منطقه ۲۲) و شمال شرق (منطقه ۱ و ۲) بود. در طی دوره زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۰، از مساحت لکه‌های فضای سبز کاسته شده و بر تعداد آن‌ها افزوده شده است. همچنین متوسط اندازه لکه‌های فضای سبز در این بازه زمانی کاهش یافته است. این امر حاکی از این مسئله است که با توجه به رشد روز افزون جمعیت و توسعه کاربری‌های انسان ساخت در این کلان‌شهر، لکه‌های فضای سبز شهری کوچک‌تر شده و دچار ازهم‌گسیختگی شده‌اند. چانگ و همکاران تغییرات کاربری شهر شنژن را بررسی کردند. نتایج حاصل از مطالعه آن‌ها حاکی از کاهش اندازه لکه‌ها و افزایش تراکم لکه‌های فضای سبز شهری بوده که این امر به سبب افزایش وسعت کاربری‌های انسان ساخت ایجاد شده بود. این یافته‌ها با نتایج مطالعه کنونی همخوانی دارد.

در مطالعه لیانگ و همکاران تغییرات کاربری اراضی مسکونی در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ بیشتر گزارش شده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. قطعاً افزایش مساحت کاربری مناطق مسکونی تحت تأثیر افزایش جمعیت در دهه‌های اخیر و توسعه صنعت بوده است که با نتایج اشنایدر و پانتیوس و دوان و یاماگوچی و ژانگ و همکاران همخوانی دارد. در راستای تائید یافته‌های این تحقیق از لحاظ تغییر کاربری انسان‌ساخت، در منطقه زرنند استان کرمان وسعت مناطق مسکونی و مناطق صنعتی در طی سه دهه گذشته افزایش یافته است. در تحقیق الکارداتی و همکاران، در سلیمانیه عراق و در فاصله سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷، ساخت‌وساز و مناطق مسکونی گسترش بیشتری داشته است و دلیل آن را نیز افزایش جمعیت در این دوره زمانی ذکر کرده‌اند که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. اما در مطالعه راوات و کومار در اوتاراکنند هند، پوشش گیاهی و زمین‌های مسکونی به ترتیب ۳/۵۱٪ و ۳/۵۵٪ افزایش مساحت در سال ۲۰۱۰ نسبت به سال ۱۹۹۰ داشته‌اند که در مورد پوشش گیاهی مغایر با نتایج تحقیق حاضر و در ارتباط با توسعه مناطق مسکونی یا نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

به‌طورکلی، توسعه بی‌رویه کاربری‌های انسان‌ساخت در مناطق شهری و به‌ویژه شهرهای بزرگ به سبب افزایش جمعیت و مهاجرپذیر بودن آن‌ها سبب تخریب، تغییر کاربری و در نتیجه ازهم‌گسیختگی کاربری فضای سبز شده است؛ بنابراین با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سنجه‌های سیمای سرزمین می‌توان این تغییرات را کمی کرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود از پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های موجود در بافت منطقه مورد مطالعه استفاده شود به‌نحوی که از فضاهای خالی و موجود در منطقه بهترین استفاده را جهت توسعه پایدار منطقه برد. همچنین توسعه فضای سبز و درختکاری در اراضی حریم و نظارت بر حفظ آن باهدف اجرای طرح کمربند سبز که نقش مهمی در جلوگیری از گسترش بی‌رویه شهر و پاک‌سازی و هاله تنفس گاهی خواهد داشت، در دستور کار مسئولین و مدیران مربوطه قرار گیرد.

#### منابع

- Alkaradaghi K, Ali S.S, Al-Ansari N, Laue J. 2018. Evaluation of Land Use & Land Cover Change Using Multi-Temporal Landsat Imagery: A Case Study Sulaimaniyah Governorate, Iraq. *Journal of Geographic Information System*, 10 (6): 247-260. doi: 10.4236/jgis.2018.103013
- Bella K.P, Irwin E.G. 2002. Spatially explicit micro-level modeling of land-use changes at the rural-urban interface. *Agricultural Economics*, 27: 217-232. [https://doi.org/10.1016/S0169-5150\(02\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0169-5150(02)00079-8)
- Bracchetti L, Carotenuto L, Catorci A. 2012. Land- cover changes in remote area of central Apennines (Italy) and management directions. *Journal of landscape and urban planning*, 104:157-170. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.09.005>
- Briassoulis H. 2019. Analysis of land use change: theoretical and modeling approaches. *Web Book of Regional Science*. Regional Research Institute, West Virginia University. Edited by Scott Loveridge, 1999: Randall Jackson.
- Chamling M, Bera B. 2020. Spatio-temporal patterns of land use/land cover change in the Bhutan–Bengal foothill region between 1987 and 2019: study towards geospatial applications and policy making. *Earth Systems and Environment*, 4 (7): 117-130. doi:10.1007/s41748-020-00150-0
- Chang Q, Li S, Wang Y, Wu J, Xie M. 2013. Spatial process of green infrastructure changes associated with rapid urbanization in Shenzhen, China. *Chinese Geographical Science*, 23(1): 113-128. doi: 10.1007/s11769-012-0568-3

- Chen Y, Chen Z, Xu G, Tian Z. 2016. Built-up land efficiency in urban China: insights from the general land use plan (2006–2020). *Habitat International*, 51: 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.10.014>
- Dewan A.M, Yamaguchi Y. 2009. Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: using remote sensing to promote sustainable urbanization. *Journal of Applied Geography*, 29 (3): 390-401. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.12.005>
- Erdogan N, Nurlu E, Erdem U. 2011. Modeling land use changes in Karaburun by using CLUE-s, ITUAZ. 8(2): 91-102.
- Farajollahi A, Asgari H.R, Ownagh M, Mahboubi M.R, Salman Mahin A.R. 2016. Monitoring and prediction of spatial and temporal changes of land use/ cover (case study: Marave Tappeh region, Golestan), *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 6 (4): 1-14 (in Persian).
- Hamad R, Balzter H, Kolo K. 2018. Predicting land use/land cover changes using a CA-Markov model under two different scenarios. *Sustainability*, 10(10), 3421. <https://doi.org/10.3390/su10103421>
- Henry S, Boyle P, Lambin E.F. 2003. Modeling inter-provincial migration in Burkina Faso, West Africa: The role of socio-demographic and environmental factors. *Applied geography*, 23(2-3):115-136. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2002.08.001>
- Iqbal S, Billa M, Alak P. 2016. Urban land use change analysis using RS and GIS in Sulakbahar ward in Chittagong city, Bangladesh. *International Journal of Geomatics and geosciences*, 7(1): 1-10.
- Jensen JR. 2007. Remote sensing of vegetation. In: *Remote sensing of the environment: an earth resource perspective*. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Kogo B.K, Kumar L, Koech R. 2020. Impact of Land Use/Cover Changes on Soil Erosion in Western Kenya. *Sustainability*, 12(22), 9740. <https://doi.org/10.3390/su12229740>
- Liang J, Li S, Li X, Li X, Liu Q, Meng Q, Lin A, Li J. 2021. Trade-off analyses and optimization of water-related ecosystem services (WRESs) based on land use change in a typical agricultural watershed, southern China. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123851. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123851>
- Noor N.M, Abdullah A, Manzahani M.N.H. 2013. Land cover change detection analysis on urban green area loss using GIS and remote sensing techniques. *Planning Malaysia: Journal of the Malaysian Institute of Planners*. 11: 125-138. doi: 10.21837/pmjournal.v11.i3.111
- Parabaharan S, Srinivasa Rajuk K, Lakshumanan C, Ramalingam M. 2010. Remote sensing GIS application change detection study in coastal zone using Multi Temporal Satellite data. *International Journal of Geomatics and geoscience*, 2:159-166.
- Pauchard A, Aguayo M, Pena E, Urrutia R. 2006. Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepcion, Chile). *Biological Conservation*, 127 (3): 272-281. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.05.015>
- Rawat J. S, Kumar M. 2015, Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18 (1): 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.02.002>
- Sanjari S, Boroomand N. 2013. Land use/cover change detection in last three decades using remote sensing technique (case study: Zarand region, Kerman Province). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 4 (1): 57-67 (in Persian).
- Schneider L.C, Pontius Jr, R.G. 2001. Modeling land-use change in the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 85: 83-94. doi: 10.1016/S0167-8809(01)00189-X
- Shah SA. 2012. Use of geographic information system in land use studies: a micro level analysis. *European Journal of Applied Sciences*, 4(3):123–128. doi: 10.5829/idosi.ejas.2012.4.3.268
- Shokouei H. 2014. *New Perspectives on Urban Geography*, Samat Publications, 17th edition, 568 p.

- Stow D.A, Chen D.M. 2002. Sensitivity of multi-temporal NOAA AVHRR data of an urbanization region to land-use/cover changes and mis registration. *Remote Sensing of Environment*, 80 (2): 297-307. doi: 10.1016/S0034-4257(01)00311-X
- Wang Y ,Moskovits D.K. 2001. Tracking Fragmentation of Natural Communities and Changes in Land Cover: Applications of Landsat Data for Conservation in an Urban Landscape (Chicago Wilderness). *Conservation biology*, 15 (4): 835-843.
- Zhang F, Tiyip T, Feng Z.D, Kung H.T, Johnson V.C, Ding J.L, Tashpolat N, Sawut M, Gui, D.W. 2015. Spatio-temporal patterns of land use/cover changes over the past 20 years in the middle reaches of the Tarim River, Xinjiang, China. *Land Degradation and Development*. 26: 284- 299. <https://doi.org/10.1002/ldr.2206>

