نشریه علمی مدیریت اراضی/ جلد ۱۲ / شماره ۱ / ۱۴۰۳. ص ۱۷-۲۸
https://doi.org/10.22092/lmj.2024.364353.348

بررسی تغییر پوشش/کاربری اراضی استان تهران با استفاده از داده‌های سنجش از دور

پژمان رودگرمی*

بخش تحقیقات آبخیزداری و بهره‌وری آب و خاک، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی تهران، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ایران.**roudgarmi@yahoo.com**

دریافت: آذر ۱۴۰۲ و پذیرش: تیر ۱۴۰۳

چکیده

تشخیص تغییرات کاربری و پوشش اراضی برای مدیریت و برنامه‌ریزی بهینه منابع طبیعی و بخش کشاورزی مهم است و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای یک فناوری مناسب برای به هنگام نمودن نقشه‌های پوشش و کاربری اراضی است. هدف این مطالعه، تعیین میزان و نوع تغییرات کاربری و پوشش اراضی در استان تهران با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای طی دو دهه گذشته است و برای بررسی این تغییرات در سال ۲۰۰۰ میلادی (۱۳۷۹ خورشیدی) از تصاویر سنجنده ماهواره لندست-۷ و برای سال ۲۰۲۱ میلادی (۱۴۰۰ خورشیدی) از تصاویر سنجنده ماهواره سنتینل-۲ استفاده گردید. پردازش‌های لازم بر روی تصاویر و داده‌های سنجش از دور در نرم‌افزارهای تحلیل مکانی انجام شد و اطلاعات مورد نیاز به‌دست آمد. مساحت اراضی منابع طبیعی و کشاورزی در سال ۲۰۰۰ (۱۳۷۹ خورشیدی) به ترتیب برابر با ۱۰۵۰۱۵۵ و ۱۷۴۱۱۵ هکتار و در سال ۲۰۲۱ (۱۴۰۰ خورشیدی) برابر با ۹۴۶۲۰۰ و ۱۷۰۸۰۰ هکتار برآورد شد. مساحت اراضی منابع طبیعی استان طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ میلادی به میزان ۱۰۳۹۵۵ هکتار در سطح استان کاهش یافته است. در کل بین دو سال ذکر شده به‌میزان ۳۳۱۵ هکتار از مساحت اراضی کشاورزی استان کاسته شده است و همچنین بر اساس نتایج تحقیق حدود ۳۹۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی به کاربری ساخته شده تغییر یافته و این وضعیت بدین دلیل است که در این مدت حدود ۳۶۰۰۰ هکتار اراضی منابع طبیعی استان به کشاورزی تغییر کاربری یافته و کاهش بیشتر اراضی کشاورزی را ظاهراً جبران کرده است. در استان بر مساحت اراضی ساخته شده حدود ۱۰۷۱۲۹ هکتار افزوده شده است. از جمله پیشنهادها برای حفظ اراضی کشاورزی و طبیعی، راه اندازی سیستم پایش و مراقبت کاربری و پوشش اراضی با استفاده از قابلیت‌های سنجش از دور و خودداری از تقسیم و کوچک‌تر کردن استان تهران است.

واژه‌های کلیدی: کشاورزی، پوشش گیاهی، ماهواره، لندست، سنتینل-۲

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: **roudgarmi@yahoo.com.**

نوع مقاله: پژوهشی

مقدمه

یکی از راه‌های ایجاد تعادل میان جمعیت و تولید مواد غذایی برای رفع نیازهای فزاینده جوامع بشری، اولویت دادن به گسترش فعالیت‌های کشاورزی از طریق افزایش تولیدات این بخش با در نظر گرفتن ملاحظات توسعه پایدار است. در همین راستا، تغییر پوشش و کاربری جنگل‌ها و مراتع و اراضی کشاورزی به یکی از نگرانی‌های قابل توجه در سطح دنیا در زمینه تخریب محیط‌زیست و تولیدات و امنیت غذایی تبدیل شده است. تغییر کاربری اراضی را شاید بتوان مهم‌ترین و اضطراری‌ترین چالش منابع خاک کشور به‌ویژه اراضی حاصلخیز کشاورزی دانست که دارای پیامدهای منفی اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و امنیتی است (Asadi, et al., 2022). روند تغییر کاربری اراضی به مسکونی در دهه‌های اخیر به دلیل توسعه بیشتر شهرها و فرهنگ شهرنشینی، رشد جمعیت و نیاز به مسکن، محدودیت اراضی قابل سکونت برای تملک، ارزش افزوده زمین با تغییر کاربری، رشد چشم‌گیرتری داشته است.

در سطح کشور شواهد و موارد گوناگونی بر تغییر پوشش/کاربری اراضی کشاورزی و منابع طبیعی وجود دارد از این جمله Taheri, et al. (2018) بر اساس تحقیق خود اظهار می‌کنند که در دهه‌های اخیر تغییرات سریع کاربری اراضی و پوشش زمین در شهر گردشگری شاندیز که در ۱۵ کیلومتری غرب کلانشهر مشهد قرار دارد با پیامدهای مهمی مانند تخریب منابع طبیعی، آلودگی‌های محیط زیستی و رشد نامناسب شهر همراه بوده است. Khalaji (2021) عنوان می‌دارد که در سطح کشور بیش‌ترین تغییر کاربری صورت گرفته در اراضی شهرها، مرتبط با تبدیل کاربری زمین‌های کشاورزی به کاربری‌های شهری است.Mohammad sharifi, et al. (2020) بر اساس تحقیقی در شهرستان دزفول عنوان کرده‌اند که متغیرهای سن، بُعد خانوار و مساحت اراضی، دارای تأثیر معنی‌دار و مثبت و متغیرهای تعداد افراد شاغل خانواده در بخش کشاورزی، فاصله اراضی تا مرکز شهر، اجاره بهای زمین، نگرش کشاورزان نسبت به حفظ کاربری اراضی کشاورزی، داشتن شغل اصلی کشاورزی و مرغوبیت و حاصلخیزی اراضی، دارای تأثیر معنی‌دار و منفی بر تغییر کاربری اراضی کشاورزی می‌باشند. Farzin and Khazai (2021) بر اساس نتایج تحقیق خود در محدوده شهر یاسوج عنوان داشته‌اند که مساحت مرتع و جنگل در بین سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۹۸ به ترتیب از ۲۲۰۸۷ به ۱۲۳۸۱ و از ۱۶۰۹۵ به ۱۵۳۳۲ هکتار کاهش یافته است. Roudgarmi and Amozadeh (2019) مشکلات و کاستی‌های قوانین و مقررات در کشور را از عوامل تصرف و تغییر کاربری اراضی جنگلی عنوان کرده‌اند.

یکی از مبانی مدیریت منابع ذکر شده، اطلاعات مربوط به تغییرات پوشش و کاربری اراضی است و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان روشی مناسب برای این کار مطرح است. در طی سال‌های گذشته علاوه بر پیشرفت قابل ملاحظه در خصوصیات کمی و کیفی تصاویر ماهواره‌ای، پیشرفت‌های زیادی در فنون و روش‌های تحلیل و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای به‌ویژه برای تعیین پوشش و کاربری اراضی صورت گرفته است. تحقیقی با هدف طبقه‌بندی پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک فیوژن با رویکرد پردازش شی‌گرای تصاویر در حوضه آبخیز قزل‌اوزن انجام شده است (Khezri Ahmedabad and Soleimani, 2017) و پیشنهاد شده برای تهیه نقشه های پوشش/کاربری اراضی و آشکارسازی تغییرات، از تکنیک افزایش قدرت تفکیک مکانی تصاویر (فیوژن) و همچنین روش دقیق طبقه‌بندی شی‌گرا استفاده شود. همچنین، بر اساس مطالعات عنوان شده است که برای تولید نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری و پوشش زمین، اغلب از روش های طبقه‌بندی نظارت شده استفاده می‌شود (YU et al., 2019).

ذکر این نکته مهم است که واژه‌های کاربری اراضی و پوشش اراضی اغلب به جای یکدیگر استفاده می شوند، اما هر واژه معنای منحصربه‌فرد خود را دارد. پوشش اراضی به پوشش سطح روی زمین مانند پوشش گیاهی، شهری، آب، خاک لخت و غیره اشاره دارد. شناسایی پوشش

اراضی اطلاعات پایه را برای فعالیت‌هایی مانند تهیه نقشه موضوعی و تشخیص تغییرات ایجاد می‌کند. کاربری اراضی به هدفی که از سرزمین استفاده می‌شود مربوط است، به‌عنوان مثال، کاربری کشاورزی یا تفریحی (Nedd et al., 2021). وقتی این دو واژه با هم و یا به‌صورت پوشش/کاربری اراضی استفاده می‌شوند به گروه‌بندی یا طبقه‌بندی اجزای طبیعی و فعالیت‌های انسانی در سرزمین در یک دوره زمانی خاص اشاره دارند. در این مطالعه در نظر است که نحوه تغییرات کاربری و پوشش اراضی منابع طبیعی و کشاورزی در استان تهران در طی دو دهه گذشته در جهت مدیریت بهینه این منابع مشخص شود. به این ترتیب، اطلاعات مناسبی برای مدیریت این منابع و امنیت غذایی منطقه به دست می‌آید. هدف مطالعه، مشخص کردن تغییرات پوشش و کاربری منابع طبیعی و کشاورزی در طی دو دهه گذشته و تعیین تغییرات آن‌ها از کاربری به کاربری دیگر در استان تهران است.

مواد و روش‌ها

منطقه اجرای پروژه تحقیقاتی استان تهران بود. استان تهران به مرکزیت شهر تهران، با وسعتی حدود ۱۳۸۳۵۰۶ هکتار بین ۳۴ تا ۳۶/۵ درجه عرض شمالی و ۵۰ تا ۵۳ درجه طول شرقی واقع شده است. جمعیت این استان طبق برآورد سال ۱۴۰۲ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان تهران ۱۴۲۸۷۰۰۰ است (Management and Planning Organization of Tehran, 2023). از نظر خصوصیات طبیعی، استان دارای ۱۵۵۰ گونه گیاهی است (۵۱۰ جنس و ۸۹ خانواده) و همچنین ۴۰۰ گونه دارویی و ۱۹۲ گونه انحصاری، کمیاب و در معرض خطر تهدید را دارا است. مساحت جنگل‌های استان ۵۹۳۰۰ هکتار و بیش ترین تمرکز جنگل‌های طبیعی و دست کاشت در شهرستان های تهران، شمیران و فیروزکوه است. گونه‌های غالب درختی و درختچه‌ای در اراضی جنگلی شامل گونه‌های ارزشمند ارس، بادام، بنه و گونه‌های همراه شامل شیرخشت، توس، داغداغان و غیره است (Tehran Department of Environment, 2023).

روش‌شناسی تحقیق

روش تحقیق در این پروژه از نوع توصیفی بوده و تغییرات کاربری و پوشش کشاورزی و منابع طبیعی (پوشش طبیعی) در استان تهران در طی دو دهه گذشته با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تعیین گردید. اراضی منابع طبیعی شامل جنگل، مرتع و اراضی با پوشش گیاهی محدود و فاقد پوشش گیاهی و اراضی کشاورزی مشتمل بر زراعت، باغ و گلخانه در نظر گرفته شدند. همچنین کاربری و پوشش عرصه‌های ساخته شده مشتمل بر شهرها و روستاها، ساختمان‌ها، سد و دریاچه آن، جاده‌ها، شهرک‌ها و مناطق صنعتی و غیره در نظر گرفته شد.

مراحل اجرا

از تصاویرسنجنده لندست-۷ (Landsat-7) برای سال ۲۰۰۰ و از تصاویر سنجنده ماهواره سنتینل-۲ (Sentinel-2) برای سال ۲۰۲۱ در تحقیق استفاده شد و پردازش‌های لازم بر روی آن‌ها در نرم‌افزارهای سنجش از دور انجام گردید و داده‌های مورد نیاز به‌دست آمد.

در این تحقیق از چهار فریم تصاویر ماهواره لندست-۷ که کل محدوده استان تهران را پوشش می‌دهد، استفاده شد که شماره شناسایی این چهار فریم عبارت از ۱۶۴-۳۵، ۱۶۵-۳۵، ۱۶۴-۳۶ و ۱۶۳-۳۵ است. تصاویر ماهواره لندست-۷ از سایت EarthExplorer متعلق به سازمان زمین‌شناسی ایالات‌متحده استخراج شد. تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ از وبسایت کوپرنیکوس متعلق به آژانس فضایی اروپا به رایگان تهیه شد.

پردازش تصاویر ماهواره‌ای

تصحیحات تصاویر ماهواره‌ای: برای تصحیح هندسی تصاویر مورد نظر در تحقیق از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و اطلاعات مکانی اصلاح شده استفاده شد. در این مرحله تصاویر زمین مرجع شدند و یک سیستم مختصات واحد برای آن‌ها تعریف شد. بیضوی مرجع WGS-84 با سیستم مختصات UTM برای تصاویر در نظر

گرفته شد. برای اصلاح هندسی تصاویر ماهواره از نقاط کنترلی استفاده گردید تا رسیدن میزان خطای RMSD[1] به مقدار کمتر از نیم پیکسل اصلاح هندسی ادامه یافت. همچنین، تصحیحات لازم رادیومتریک با الگوریتم‌های موجود در نرم‌افزار ترست-۱۸[2] بر روی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد.

بارزسازی تصاویر: به مجموعه فعالیت‌ها برای استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای بارزسازی گفته می شود. برای رفع نیاز روزافزون به تصاویر با کیفیت بالاتر، روش‌های بارزسازی تصویر که کنتراست و اطلاعات لبه تصویر ورودی را بهبود می‌بخشد، روی تصاویر ورودی خام اعمال می‌شود(Kaplan, et al., 2021). در این تحقیق از استرچ و ترکیب باندی استفاده شد. ترکیب باندی تهیه شد که پوشش گیاهی را در اراضی کشاورزی و منابع طبیعی بارز و مشخص کند و به این منظور، از باندهای مادون‌قرمز نزدیک و قرمز ماهواره‌های لندست-۷ و سنتینل-۲ در ترکیب باندی استفاده گردید. چرا که در این دو طیف، بیش‌ترین و کم‌ترین بازتابش امواج الکترومغناطیسی را از پوشش گیاهی داریم و با ترکیب آن‌ها وجود و مرز پوشش‌های گیاهی به‌خوبی مشخص می‌شود (Parcak, 2009). ترکیب باندی RGB-432 به‌عنوان یک ترکیب باندی استاندارد برای تعیین پوشش و کاربری اراضی مطرح است (Liu and Mason, 2016; Agnoletti, 2006)که در آن پوشش گیاهی با رنگ قرمز از سایر پوشش‌ها تفکیک می‌شود. در این تحقیق، برای تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ از ترکیب باندی ۲-۳-۴ (۴: مادون قرمز نزدیک، ۳: قرمز و ۲: سبز) و در تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ از ترکیب باندی ۳-۴-۸ (۸: مادون قرمز نزدیک، ۴: قرمز و ۳: سبز) استفاده شد.

طبقه‌بندی تصاویر: برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بارزسازی شده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و با استفاده از نمونه‌های تعلیمی استفاده شد، همچنین از روش بصری برای تشخیص، طبقه‌بندی تصاویر و تصحیحات لازم به‌صورت توأمان استفاده گردید. با طبقه بندی تصاویر، ابعاد و مساحت پوشش و کاربری عرصه‌های منابع طبیعی، کشاورزی و ساخته شده مشخص شد. همچنین از فیلتر اکثریت[3] برای حذف پیکسل‌های منفرد در نقشه نهایی پوشش و کاربری اراضی یک‌بار استفاده شد. از الگوریتم حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده گردید چرا که در بسیاری از تحقیقات نتایج مناسبی را ارائه داده است (Schubert, 2015). طبقه‌بندی تصاویر در نرم‌افزار ILWIS 3.7 انجام پذیرفت.

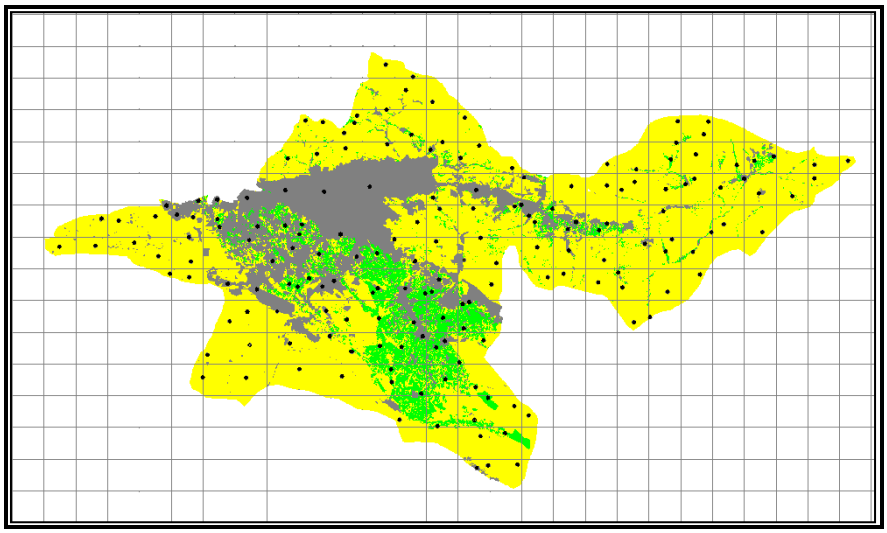
تعیین مرز محدوده مطالعاتی: مرز محدوده مطالعاتی در این پروژه مرز استان تهران در سال ۱۳۹۹ بود که برای این کار آخرین نقشه محدوده استان تهران از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان تهران اخذ شد و سپس رقومی شده و مرز آن در تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب، تمامی تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده با این مرز برای تعیین محدوده استان تهران بریده شدند.

تعیین میزان دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای: برای اطمینان از صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای اقدام به ارزیابی دقت طبقه‌بندی می‌شود. به این منظور از دستورالعمل سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استفاده شد (Organization of management and planning of the country, 2006) و از روش ماتریس خطا برای تعیین درصد صحت و اطمینان طبقه‌بندی استفاده گردید. بر اساس این روش برای هر فریم تصویر ماهواره‌ای حداقل ۳۰ نقطه نمونه‌برداری نیاز است.

تعداد ۱۸۵ نقطه کنترلی به‌صورت تصادفی برای پوشش و کاربری‌های مورد نظر تحقیق انتخاب شد (شکل ۱). روش انتخاب نقاط کنترل، سیستماتیک تصادفی بود تا تمامی محدوده استان پوشش داده شود. سپس به‌صورت میدانی و در گوگل ارث پوشش و کاربری واقعی و میدانی نقاط کنترلی به‌دست آمد. بر اساس داده‌های میدانی، ماتریس تداخل یا خطا تهیه شد و درصد صحت و اطمینان عملیات طبقه‌بندی محاسبه گردید. در این روش، حداقل

[1]- Root-Mean-Square Deviation
[2]- TerrSet-18
[3]- Majority

درصد صحت مورد قبول برای نتایج طبقه‌بندی ۸۰ درصد است. برای تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای سال‌های گذشته که برای آن‌ها داده‌های به‌روز و میدانی در دست نیست، از مطابقت طبقه‌بندی انجام‌شده با وضعیت مکانی محیط استفاده شد (Organization of management and planning of the country, 2006). همچنین برای تصاویر ماهواره‌ای سال‌های گذشته درصورتی‌که روش‌های استفاده شده مطابق تصاویر جدید باشد، میزان صحت به‌دست آمده برای تصاویر ماهواره‌ای روز برای تصاویر سال‌های گذشته قابل استفاده است (Congalton and Green, 2009). این موارد و روش‌های تفسیر یکسان برای تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۰ و ۲۰۲۱ در این تحقیق مد نظر قرار داشت و به آن عمل شد.



شکل ۱- پراکنش نقاط کنترل برای بررسی دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در سطح استان

Figure 1- Distribution of control points to check the classification accuracy of satellite images in the province

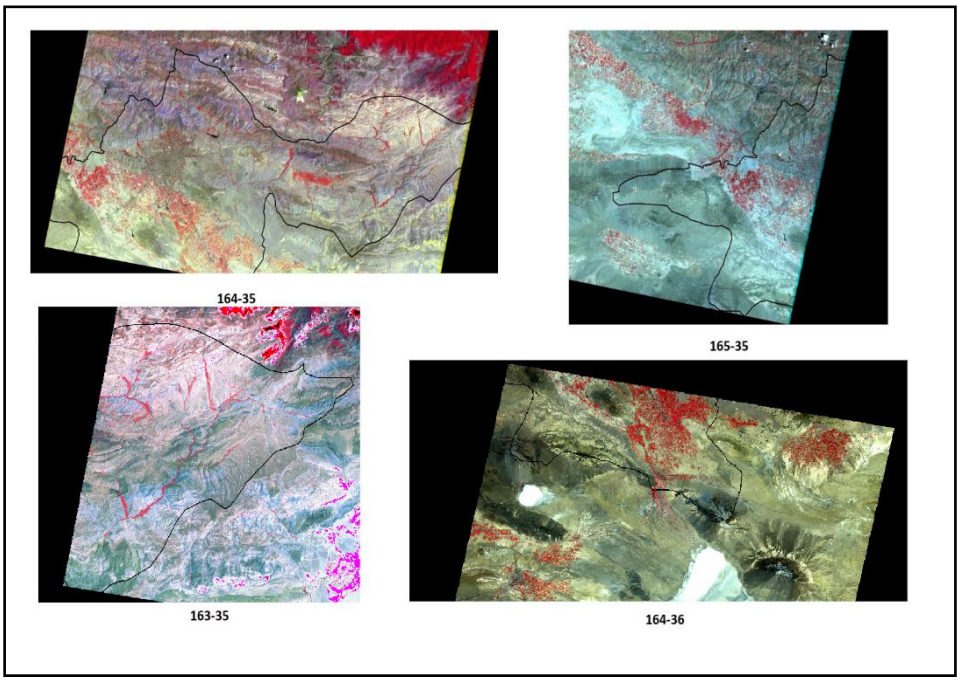
آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی: لایه‌های اطلاعاتی کاربری و پوشش اراضی (منابع طبیعی، کشاورزی و ساخته شده) تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای در هر دو تاریخ با استفاده از تابع Resample بر اساس ویژگی پیکسل‌ها و سیستم مختصاتی یکسان شدند و سپس با استفاده از روش تلاقی[4] لایه‌های کاربری و پوشش اراضی در هر دو تاریخ (۲۰۰۰ و ۲۰۲۱) در هم تداخل داده شدند تا تغییرات کاربری در تصاویر ماهواره‌ای بر اساس جدول تلاقی حاصله مشخص شود.

نتایج

ترکیب باندی در تصاویر ماهواره‌ای لندست-۷:

از ترکیب باندی RGB-432 تصاویر ماهواره لندست ۷ سال ۲۰۰۰ میلادی به‌عنوان یک ترکیب باندی استاندارد برای طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی و بارزسازی تصاویر استفاده شد. شکل ۲ تصاویر ماهواره لندست سال ۲۰۰۰ در ارتباط با استان تهران را نشان می‌دهد. در ترکیب باندی تصاویر ماهواره‌ای، پوشش و کاربری‌ها رنگ کاذب یا مجازی داشته و پوشش گیاهی به خوبی با رنگ قرمز از سایر پوشش‌ها تفکیک شده است.

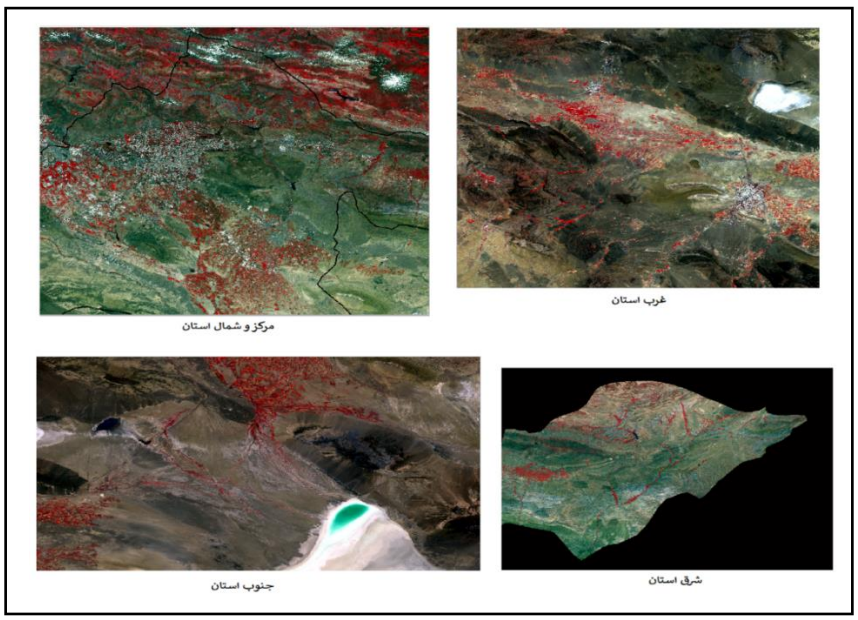
[4]-Cross



شکل ۲-تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده لندست-۷ با ترکیب رنگی مجازی برای طبقه‌بندی پوشش و کاربری‌های مختلف در سال ۲۰۰۰ (۱۳۷۹ خورشیدی)

Figure 2- Landsat 7 satellite images based on virtual color combination for classification of different covers and uses in 2000

ترکیب باندی در تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲: ترکیب باندی ۳-۴-۸ برای تصاویر ماهواره سنتینل-۲ با رزولوشن مکانی ۱۰ متر برای بارزسازی تصاویر استفاده شد. شکل شماره ۳ ترکیب باندی بر روی فریم‌های ماهواره سنتینل-۲ در سال ۲۰۲۱ میلادی در ارتباط با استان تهران را نشان می‌دهد. در ترکیب باندی تصاویر ماهواره‌ای رنگ کاذب یا مجازی وجود دارد و پوشش گیاهی به خوبی با رنگ قرمز از سایر پوشش‌ها تفکیک شده است.

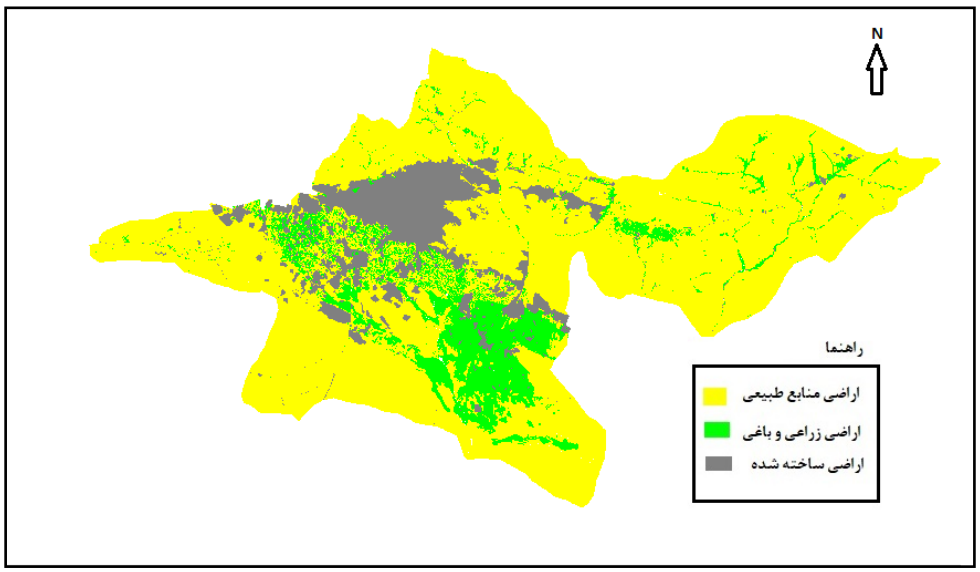


شکل ۳- تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده سنتینل-۲ با ترکیب رنگی مجازی برای طبقه‌بندی پوشش و کاربری‌های مختلف در سال ۲۰۲۱ میلادی (۱۴۰۰ خورشیدی)

Figure 3- Sentinel-2 satellite images based on virtual color combination for classification of different covers and uses in 2021

با روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده و تفسیر چشمی، کاربری و پوشش اراضی کشاورزی، منابع طبیعی و ساخته‌شده در سطح استان تعیین گردید. سپس سه طبقه تعیین‌شده در تصاویر ماهواره با هم یکی شده و نقشه کلی استان تهیه شد.

نقشه کاربری اراضی کشاورزی و پوشش منابع طبیعی سال ۲۰۰۰: برای تهیه نقشه پراکنش اراضی کشاورزی و منابع طبیعی از تصاویر لندست ETM+ استفاده شد. در این ماه فعالیت‌های زراعی و کشاورزی در حال انجام است و پوشش گیاهی زراعی و باغی مشخص است. بر اساس اقدامات انجام شده، نقشه اراضی ساخته شده، کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران در سال ۲۰۰۰ به شرح شکل ۴ است.

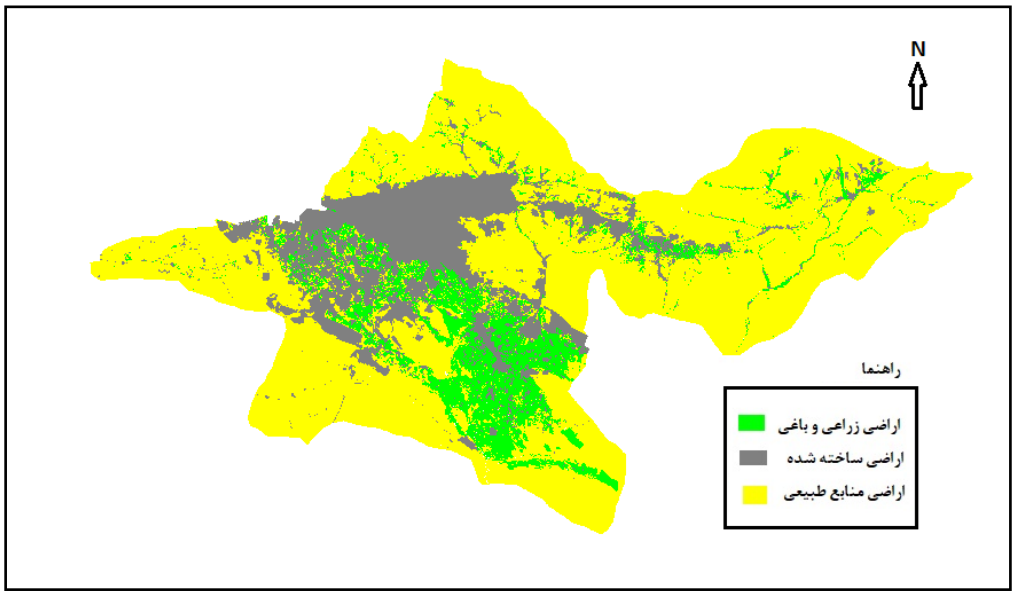


شکل ۴- پراکنش مکانی پوشش و کاربری‌های به‌دست آمده در سطح استان تهران در سال ۲۰۰۰ میلادی (۱۳۷۹ خورشیدی)

Figure 4- Spatial distribution of coverage and uses obtained in Tehran province (2000)

مساحت پوشش و کاربری اراضی منابع طبیعی، کشاورزی و ساخته شده استان تهران در سال ۲۰۰۰ بر اساس عملیات طبقه‌بندی انجام شده به‌ترتیب در حدود ۱۰۵۰۱۵۵، ۱۷۴۱۱۵ و ۱۵۸۳۷۷ هکتار برآورد شد.

نقشه کاربری اراضی کشاورزی و پوشش منابع طبیعی سال ۲۰۲۱: برای تهیه نقشه پراکنش اراضی کشاورزی و منابع طبیعی از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ در ماه ژوئن استفاده شد. در این ماه فعالیت‌های زراعی و کشاورزی در حال انجام است و پوشش گیاهی زراعی و باغی مشخص است. بر اساس اقدامات انجام شده نقشه اراضی ساخته‌شده، کشاورزی و منابع طبیعی در سال ۲۰۲۱ به شرح شکل شماره ۵ است. مساحت پوشش و کاربری اراضی منابع طبیعی، کشاورزی و ساخته‌شده استان تهران در سال ۲۰۲۱ بر اساس عملیات طبقه‌بندی انجام‌شده به ترتیب در حدود ۹۴۶۲۰۰، ۱۷۰۸۰۰ و ۲۶۵۵۰۶ هکتار برآورد شد.کنترل دقت نتیجه طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بر اساس روش ماتریس خطا در جدول شماره ۱ ارائه شده است.



شکل ۵- پراکنش مکانی پوشش وکاربری‌های بدست آمده در سطح استان تهران (سال ۲۰۲۱ میلادی)

Figure 5- Spatial distribution of coverage and uses obtained in Tehran province (2021)

جدول ۱- نتایج ماتریس خطا برای کنترل دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره سال ۲۰۲۱

Table 1- The results of the confusion matrix of the classification accuracy control of satellite images in 2021

		پوشش و کاربری طبقه‌بندی شده (نقاط)			مجموع	درصد صحت
		اراضی منابع طبیعی	اراضی ساخته‌شده	اراضی کشاورزی		
پوشش و کاربری مشاهده‌شده میدانی (نقاط)	اراضی منابع طبیعی	81	9	5	95	85
	اراضی ساخته‌شده	1	32	0	33	97
	اراضی کشاورزی	2	5	50	57	88
مجموع		84	46	55	185	
درصد اطمینان		96	70	91		

میانگین درصد صحت و درصد اطمینان نقشه کاریری و پوشش تهیه شده به ترتیب ۹۰ و ۸۵/۶۷ است. دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با توجه به ماهیت و رزلوشن تصاویر ماهواره‌ای، گستردگی منطقه مطالعاتی و انواع خطاها قابل قبول است.

تغییرات پوشش و کاربری اراضی

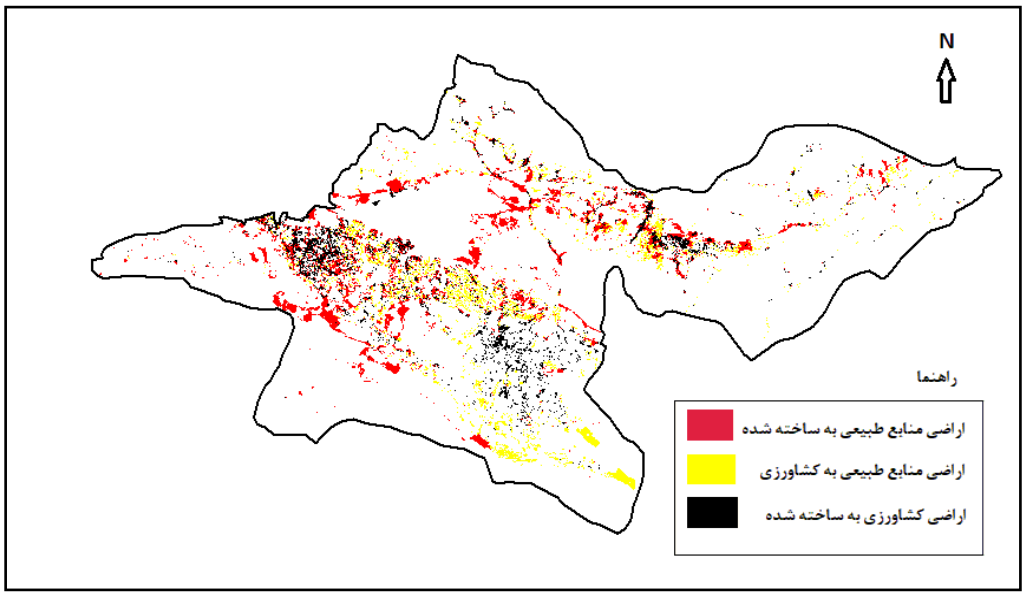
جدول ۲ میزان تغییرات کاربری اراضی کشاورزی و پوشش منابع طبیعی را طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ بر اساس طبقه‌بندی‌های ذکر شده بر تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد. مساحت اراضی منابع طبیعی طی ۲۱ سال ۱۰۳۹۵۵ هکتار در سطح استان کاهش یافته است. همچنین طی همین مدت ۳۳۱۵ هکتار از مساحت کل اراضی کشاورزی استان کاسته شده است و ۱۰۷۱۲۹ هکتار بر اراضی ساخته شده افزوده شده است.

شکل شماره ۶ موقعیت مکانی تغییرات کاربری اراضی کشاورزی و پوشش منابع طبیعی را در سطح استان تهران در مدت زمان تحقیق نشان می‌دهد، همچنین جدول شماره ۳ میزان این تغییرات را ارائه می‌دهد

جدول ۲- مقادیر برآوردی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در سطح استان و در مدت زمان تحقیق

Table 2- The amount of land cover/use changes in the province and during the research period

ردیف	پوشش و کاربری اراضی	مساحت کاربری در سال ۲۰۰۰(هکتار)	مساحت کاربری در سال ۲۰۲۱(هکتار)	میزان تغییر کاربری (هکتار)	میزان متوسط تغییر سالانه (هکتار)	میزان تغییر کاربری (درصد)
1	اراضی منابع طبیعی	1050155	946200	-103955	4950.2	9.9
2	اراضی کشاورزی	174115	170800	-3315	157.9	2
3	اراضی ساخت شده	158377	265506	+107129	5101.4	40.3



شکل ۶- پراکنش تغییرات کاربری و پوشش اراضی کشاورزی و منابع طبیعی در سطح استان و در مدت زمان تحقیق

Figure 6- Distribution of agricultural and natural cover lands at the province and during the research period

جدول ۳- برآورد تغییر کاربری اراضی کشاورزی و پوشش منابع طبیعی بین سال‌های ۲۰۰۰ (۱۳۷۹) تا ۲۰۲۱ (۱۴۰۰)

Table 3- The rate of change in agricultural use and natural resource coverage between 2000 and 2021

ردیف	تغییر کاربری و پوشش	میزان تغییر کاربری و پوشش (هکتار)
1	کشاورزی به ساخته‌شده	39138
2	منابع طبیعی به کشاورزی	35980
3	منابع طبیعی به ساخته‌شده	67975

بحث

با مرور منابع و تحقیقات گذشته در کشور، مشخص می‌شود کمتر تحقیقی تا بیش از یک میلیون هکتار تغییرات کاربری و پوشش اراضی و در حد یک استان را بررسی کرده است. از این لحاظ مطالعه حاضر زمان‌بر و پیچیده بود.

یکی از شیوه‌های حفاظت و نگهداری زمین‌های زراعی و باغ‌ها، جلوگیری از تغییر کاربری آن‌ها است. تغییر کاربری در آیین‌نامه اجرایی قانون اصلاح قانون حفظ کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها مصوب ۸۶/۳/۲ این‌گونه تعریف شده است: هرگونه اقدامی که مانع از بهره‌برداری و استمرار کشاورزی در اراضی زراعی و باغ‌ها شود. با بررسی مطالعات تغییر کاربری و پوشش اراضی در ایران،

به‌طورکلی کاهش سطح اراضی جنگل و مرتع و افزایش کاربری اراضی ساخته شده مشخص است. در این رابطه، Salehi, et al. (2019) بر اساس تحقیقی در حوضه آبخیز صفارود در مازندران در فاصله زمانی سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۸۶ عنوان داشته‌اند که وسعت اراضی جنگلی به میزان ۱۰/۲۶ درصد کاهش و مساحت مناطق مسکونی ۳/۲۷ درصد افزایش‌یافته است، Falahatkar, et al. (2016) بر اساس تحقیقی در منطقه دیلمان استان گیلان کاهش ۱۲/۲۳ درصدی اراضی جنگلی و رشد ۷۵/۷۷ درصدی اراضی مسکونی را عنوان کرده‌اند و تحقیق Fathizad, et al.(2014) در منطقه دویرج استان ایلام حاکی از کاهش وسعت پوشش جنگلی و مراتع متوسط حوضه (به ترتیب ۹/۲ و ۷/۱۷ درصد) و روند افزایشی اراضی مسکونی (۴۰ درصد) بوده است. Momeni et al. (2007) بر اساس تحقیقی در سطح ملی اعلام کرده‌اند تغییر بی‌رویه کاربری اراضی در حواشی کلان شهرهای ایران روی داده است و در دوره زمانی سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۰ به‌طور متوسط هر سال بیش از ۲۹۵۰ هکتار از اراضی کشاورزی موجود در حواشی کلان شهرهای ایران به مناطق شهری و صنعتی تبدیل شده اند و فقط در اثر گسترش افقی هفت کلان‌شهر کشور شامل تهران، اصفهان، کرج، مشهد، اهواز، شیراز و تبریز، بالغ بر ۱۱۸ هزار هکتار از اراضی مرغوب کشاورزی تغییر کاربری یافته به‌طور غیرقابل برگشت از چرخه تولید خارج شده‌اند.

همان‌طور که در نتایج این تحقیق قابل مشاهده است تغییر کاربری و پوشش اراضی استان تهران به اشکال مختلف انجام می‌گیرد. در طی ۲۱ سال از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ میلادی، ۱۰۳۹۵۵ هکتار از پوشش طبیعی استان کاهش یافته است، یعنی نرخ تغییر پوشش اراضی منابع طبیعی طی مدت تحقق سالانه به‌طور متوسط ۴۹۵۰/۲ هکتار بوده است. در کل بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ به‌میزان ۳۳۱۵ هکتار از مساحت اراضی کشاورزی استان کاسته شده است و همچنین بر اساس نتایج تحقیق حدود ۳۹۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی به کاربری ساخته شده تغییر یافته و این وضعیت بدین دلیل است که در این مدت حدود ۳۶۰۰۰ هکتار اراضی منابع طبیعی به کشاورزی تغییر کاربری یافته و کاهش بیشتر اراضی کشاورزی را ظاهراً جبران کرده است. مساحت کاربری اراضی ساخته شده به میزان ۱۰۷۱۲۹ هکتار بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ میلادی در سطح استان افزایش یافته است، این مقدار زیاد عمدتاً به دلیل رشد جمعیت و تقاضا برای ساخت‌وساز است. طبق نتایج سرشماری‌های عمومی نفوس مسکن، جمعیت شهر تهران از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ حدود ۵/۷ برابر شده است (Fathi, 2018).

استان تهران به‌عنوان یک منطقه با تمرکز جمعیتی و اجتماعی– اقتصادی بالا تغییرات کاربری اراضی بسیار زیادی را دارا است. بر اساس نتایج این تحقیق، رشد کاربری اراضی ساخته‌شده در استان بالا است و تغییر پوشش اراضی طبیعی به اراضی ساخته‌شده روی می‌دهد. البته بحث نحوه استفاده از اراضی و تخصیص آن در منطقه‌ای چون استان تهران بسیار پیچیده است و علت اصلی آن جمعیت بالا و تمرکز زیاد جمعیتی در شهر تهران و حومه آن است. این مسئله بیانگر این است که در زمینه توزیع جمعیت در کشور و برنامه‌ریزی‌های لازم ضعیف عمل شده است. باید در نظر داشت این جمعیت بسیار زیاد در شهر تهران و استان نیازمند اراضی برای انواع احتیاجات خود از قبیل ایجاد مسکن، توسعه صنعتی و کشاورزی، اشتغال، امور خدماتی، مکان‌های آموزشی و غیره هستند و این موارد نیاز است تأمین شود. این موارد چالش‌های است که تمرکز زیاد جمعیت در تهران و حومه آن در زمینه مدیریت و اداره اراضی ایجاد کرده است. این رشد بالای جمعیت در این منطقه و بوجود آمدن نیازهای مختلف به اراضی و منابع طبیعی با حفاظت و حفظ منابع طبیعی در تضاد است و تقاضا برای تغییر کاربری اراضی را بالا می‌برد. همچنین بخش زیادی از اراضی استان در نواحی کوهستانی با شیب زیاد قرار دارد (رشته کوه‌های البرز) که برای اغلب کاربری‌ها مناسب نیست.

پیشنهادها

پیشنهادهایی که برای حفظ و مدیریت صحیح اراضی کشاورزی و منابع طبیعی می‌توان ارائه داد به شرح زیر است: رعایت قوانین و مقررات حفظ کاربری اراضی توسط کلیه دستگاه‌های دولتی، عمومی (شهرداری‌ها) و بخش خصوصی، راه‌اندازی سیستم پایش کاربری و پوشش اراضی با استفاده از قابلیت‌های سنجش از دور، برنامه‌ریزی و اداره صحیح برای استفاده از اراضی در استان، اجرا و تکمیل طرح کاداستر ملّی اراضی و صدور سند رسمی برای همه اراضی، رفع مشکلات و کمبودهای موجود در قوانین و مقررات اراضی از جنبه‌های مختلف، برنامه‌ریزی و اقدام برای تمرکززدایی از شهر تهران، کنترل رشد جمعیت در تهران، از تقسیم و کوچک‌تر کردن استان تهران خودداری شود و با توجه به وجود ماهیت برنامه‌های توسعه‌ای و عمرانی کشور در قالب استانی در صورت امکان مساحت و محدوده استان برای رفع نیازهای گوناگون به اراضی گسترش یابد.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسنده مقاله است.

Reference

1. Agnoletti, M. 2006. The Conservation of Cultural Landscapes, CABI, Wallingford.
2. Asadi, H., Basharti, H. and Gorji, M., 2022. Challenges and Limitations of Soil and Land Resources in Iran. *Land Management Journal*, 10(1), 111-134. **doi:10.22092/lmj.2022.358760.309**
3. Congalton, R. G. and Green, K., 2009, Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices, CRC Press, Boca Raton.
4. Falahatkar, S., Hosseini, M., Salman Mahini, A. and Ayoubi S., 2016. Prediction of land use changes using LCM model, *Environmental Research*, 7(13), 163-174. **DOR: 20.1001.1.20089597.1395.7.13.22.7**
5. Farzin, M. and Khazai M. 2021. Monitoring, forecasting and analysis of forty-year change process of land cover/use around Yasouj city. *Iranian journal of Forest*, 12(4), 525-539. **doi: 10.22034/ijf.2021.127800**
6. Fathi, A., 2018. The trend of population changes in Tehran: from the past to the future, *Analytical-Research Bimonthly of Statistics*, 6(1), 32-35.
7. Fathizad, H., Karimi, H., Tazeh, M. and Tavakoli, M., 2014. Prediction of land use change and land cover using satellite data and Markov chain model (case study: Doveraj basin, Ilam province), *Desert Management Journal*, 7(13), pp.163-174. **doi: 10.22034/jdmal.2014.17062**
8. Liu, J.G. and Mason P.J. 2016. Image Processing and GIS for Remote Sensing: Techniques and Applications, John Wiley & Sons, Oxford.
9. Kaplan, N. H. Erer, I. and Kumlu, D., 2021. Image Enhancement Methods for Remote Sensing: A Survey. In (Ed.), Recent Remote Sensing Sensor Applications: Satellites and Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) [Working Title]. IntechOpen. **doi:10.5772/intechopen.98527**
10. Khalaji, S., 2021. Effects of land use change on land use planning. Journal of Place and Space Research, 5(3), 18-5. **DOR: 20.1001.1.25386050.1400.1400.19.1.2**
11. Khezri Ahmedabad, M. and Soleimani, K., 2017. The use of satellite images to prepare the land use map of QezlOzen watershed using fusion technique and object-oriented processing, *Application of geographic information system and remote sensing in planning*, 8 (3), 13-21.
12. Management and Planning Organization of Tehran. 2023. Tehran Province Statistical Information System [Online]. Available at https://amar.thmporg.ir [verified 20 Mar. 2024], Tehran.

13. Mohammad Sharifi, M., Haiati, B., Pishbahar, A. and Dashti, G., 2020. Factors affecting agricultural land use change in Dezful city. *Journal of Agricultural Economics Research*, 12(1), 25-44. **DOR: 20.1001.1.20086407.1399.12.45.2.2**
14. Momeni, A., Faraj Nia, A., Taherzadeh, M. and Jamshidi, M., 2007. Investigating the geographical dimensions and production potential of agricultural lands changed in use due to the unplanned development of Iran's megacities. *Geographical Research*, 3, 36-3.
15. Nedd, R. Light, K. Owens, M. James, N. Johnson, E. and Anandhi, A., 2021. A Synthesis of Land Use/Land Cover Studies: Definitions, Classification Systems, Meta-Studies, Challenges and Knowledge Gaps on a Global Landscape. *Land*, 10(9), 994. **doi:10.3390/land10090994**
16. Organization of management and planning of the country, 2006. Rules and guidelines for digital processing of ETM+ satellite images in the extraction of land use and land cover studies of plains organization, Organization of management and planning of the country, Tehran.
17. Parcak, S. H. 2009. Satellite Remote Sensing for Archaeology, Routledge, Oxon.
18. Roudgarmi, P. and Amozadeh Mehdirji, M.T., 2019. Challenges and problems of the country's laws and regulations in preserving forests and pastures. *Iranian journal of Forest*, 11(1), 43-59.
19. Schubert, G., 2015.Treatise on Geophysics, Elsevier Science, Amsterdam.
20. Salehi, N., Ekhtesasi, M. R. and Talebi A., 2019. Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov model (Case study: SafarodRamsar watershed), *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 10(34), 106-120.
21. Taheri, F., Rahnama, M.R., Khwarazmi, A. A. and Khakpour B., 2018. The Analysis and Prediction of Land Use Changes Using Multi-Temporal Satellite Data in Shandiz City (Between 2000-2015), *Geography and Development Iranian Journal*, 16(50), 127-142. **doi:**10.22111/gdij.2018.3563
22. Tehran Department of Environment. 2023. Environmental Features of the Province [Online]. Available at https://tehran.doe.ir/portal/home/195955/. [Verified 20 Mar. 2024]. Tehran.
23. Yu, Z., et al., 2019, selection of Landsat 8 OLI Band Combinations for Land Use and Land Cover Classification, 8th International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics), Istanbul, Turkey.