

## ارزیابی تغییرات دوره‌ای پوشش زمین از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ میلادی در ایران با استفاده از MODIS Land Products (MCD12Q1)

افشین پرتوی<sup>۱\*</sup>، حمیدرضا پیروان<sup>۲</sup>، صمد شادفر<sup>۳</sup> و فاضل ایرانمنش<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> مربی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، <sup>۲</sup> دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران و <sup>۴</sup> استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۸

### چکیده

پوشش سطح زمین و تغییرات آن از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر تغییرات زیست‌محیطی به حساب می‌آید. از این‌رو، درک و پیش‌بینی علل، فرایندها و نتایج تغییرات پوشش زمین به یک چالش عمده بر روی سطح کره زمین تبدیل شده است. امروزه سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای به‌طور مؤثر برای شناسایی و تعیین مقدار تغییرات پوشش زمین و اثرات آن بر محیط زیست استفاده می‌شوند. در این تحقیق، با استفاده از محصول اطلاعاتی MCD12Q1 تغییرات زمانی-مکانی پوشش سطح زمین در سطح کشور با دقت مکانی ۵۰۰ متر در بازه‌های زمانی پنج ساله از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ میلادی مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. این بررسی نشان داد، در دوره زمانی مورد مطالعه، اراضی بدون پوشش و خاک لخت بالغ بر ۶۰ درصد از سطح کشور را در بر دارند. سطح اراضی جنگلی، زراعی و پوشش علفی به‌ترتیب از ۰/۸، ۴/۸ و ۲۱/۴ درصد در سال ۲۰۰۱ به ۰/۶، ۴/۵ و ۲۰/۹ درصد در سال ۲۰۱۵ تقلیل یافته است. همچنین، ماتریس ارزیابی تغییرات نشان داد که در بازه‌های زمانی ۲۰۰۱-۲۰۰۵، ۲۰۰۵-۲۰۱۰ و ۲۰۱۰-۲۰۱۵ پوشش سطح زمین با روندی صعودی به‌ترتیب در ۲/۱۳، ۳/۲۵ و ۳/۳۰ درصد از سطح کل کشور تغییر یافته است و در مجموع از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ میلادی مجموع اراضی تغییر یافته معادل ۶/۰۸ درصد از سطح کشور برآورد شده است.

**واژه‌های کلیدی:** تغییرات پوشش زمین، تغییرات زیست‌محیطی، طبقه‌بندی، محصول MCD12Q1، IGBP

### مقدمه

این‌رو، فراهم کردن اطلاعات دقیق و به‌هنگام برای مدل‌سازی و درک بسیاری از پدیده‌های طبیعی در سطح زمین مانند مدل‌های فرسایش و رسوب، اندازه‌گیری تغییرات اقلیمی، هیدرولوژی و اتمسفری بسیار ضروری می‌باشد (Dong و Wenting، ۲۰۱۴). پوشش سطح زمین بر طیف گسترده‌ای از ویژگی‌های زیست‌محیطی، اقتصادی-اجتماعی از قبیل تغییرات

پایش و مدیریت بهینه منابع طبیعی نیازمند اطلاعات به‌روز و دقیق است. بنابراین، نقشه پوشش سطح زمین رکن اصلی مدیریت و اجرای طرح‌های بهره‌برداری صحیح در عرصه‌های مختلف منابع طبیعی است. پوشش و کاربری‌های سطح زمین منعکس‌کننده فرایندهای طبیعی و اجتماعی در سطح زمین است. از

یادشده از هشت درصد به ۱۱ درصد در سال ۲۰۰۲ افزایش یافته است. همچنین، در مقاله خود به این نکته اشاره داشته‌اند که بیشتر این تغییرات در سازندهای دوره چهارم رخ داده است. از علت‌های آن، می‌توان به حاصلخیز بودن و شیب کم این سازند اشاره کرد، به طوری که کشاورزان به راحتی اراضی جنگلی و مرتعی موجود در این منطقه را تخریب و به زمین‌های کشاورزی خود اضافه می‌کنند. همچنین، Matkan و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، تغییرات پوشش اراضی در ارتباط با ساخت سد طالقان (کرج) طی دوره ۲۰ ساله با سه مقطع زمانی پیش (سال ۱۹۸۷)، هم‌زمان (۲۰۰۲) و پس از ساخت سد (سال ۲۰۰۷)، مورد ارزیابی قرار داد. نتایج این مطالعه نشان داد که در بازه زمانی یادشده، سطح مراتع به طور تقریبی ثابت بوده، اما کیفیت آن تا حدودی کاهش داشته است که علت آن تبدیل مراتع به اراضی زراعی و چرای دام می‌باشد. همچنین، سطح زمین‌های کشاورزی آبی و دیم به علت مهاجرت و بازگشت دوباره مردم به منطقه در این دوره زمانی دارای نوسان است. در این دوره، سطح اراضی مسکونی نیز افزایش قابل توجهی داشته که دلیل اصلی آن ویلاسازی و ساخت تفرجگاه در اطراف دریاچه می‌باشد. Jianwen و Bagan (۲۰۰۵)، برای تعیین کاربری اراضی منطقه پکن در کشور چین، عملکرد داده‌های AVHRR و TM/ETM را در مقایسه با داده‌های سنجنده ASTER مورد بررسی و مقایسه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تعیین کاربری اراضی و طبقه‌بندی آن با استفاده از داده‌های ASTER و شبکه مصنوعی موجب افزایش دقت به میزان هفت درصد نسبت به عملکرد تصاویر AVHRR و TM/ETM شده است. وی همچنین، این‌طور ادعان داشت که میزان دقت داده‌های سنجنش از دور برای تفکیک عوارض سطح کره زمین ثابت نیست، به طوری که عملکرد داده‌های ASTER در طبقه‌بندی کاربری مسکونی موجب افزایش ۵۰ درصدی دقت شده است. Shalaby و Tateishi (۲۰۰۷)، برای پایش پوشش و کاربری اراضی در منطقه ساحلی در شمال غربی مصر از داده‌های ماهواره لندست مربوط به دو سری زمانی ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱ استفاده کردند. نتایج نشان داد که

کاربری، وضعیت منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، جمعیت، فعالیت‌های انسانی، شرایط آب و هوایی و اقلیمی تاثیر داشته، بالتبع متاثر از آن می‌شود (Foley و همکاران، ۲۰۰۵؛ Ellis، ۲۰۱۱). بنابراین، ارزیابی و مطالعه روند تغییرات پوشش زمین، بستر مناسبی برای شناخت و درک صحیح اثرات متقابل عناصر تشکیل‌دهنده اکوسیستم‌های سطح کره زمین را در اختیار کاربران قرار داده تا بر اساس اطلاعات حاصل از آن، امکان ارزیابی استراتژی‌های اعمال‌شده برای اتخاذ تصمیمات صحیح مدیریتی ایجاد شود (Mea، ۲۰۰۵). در این راستا، دسترسی به آمار و اطلاعات به‌روز و قابل اعتماد از نیازهای ضروری برای مدیریت و اتخاذ تصمیمات و اقدامات به‌موقع و مناسب می‌باشد، به‌خصوص در مناطقی مثل کشور ایران که به‌واسطه برخورداری از شرایط اقلیمی گرم و خشک، ساختاری شکننده داشته، بیش از پیش نسبت به فعالیت‌های انسانی و یا سایر تغییرات محیطی حساس و آسیب‌پذیر هستند (Amiraslani و Dragovich، ۲۰۱۱؛ Upadhyay و همکاران، ۲۰۰۶). سنجنش از دور با فراهم کردن اطلاعات به‌هنگام از جمله فناوری‌های کارآمد در مطالعه پوشش سطح زمین و بررسی تغییرات محیطی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. داده‌های سنجنش از دور به دلیل ماهیت رقومی، ثبت تغییرات و ارائه به‌هنگام اطلاعات برداشت‌شده، دید وسیع، تصویربرداری مستمر در فواصل زمانی متنوع در مطالعات و بررسی تغییرات در سطح کره زمین بسیار سودمند و از کارایی بالایی برخوردار هستند (Feizizade و همکاران، ۲۰۰۹). امروزه سنجنش از دور به‌عنوان ابزاری با فناوری نوین و توانمند برای نظارت، پایش و مدیریت عرصه‌های مختلف منابع طبیعی و همچنین، شناخت و بررسی تغییرات سطح زمین ناشی از عوامل طبیعی یا فعالیت‌های انسانی در تحقیقات و یا مطالعات بی‌شماری در سطح کشور و یا جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. Arekhi و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از داده‌های سنجنش از دور، با ارزیابی تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۲ میلادی نشان دادند که سطح اراضی کشاورزی در این منطقه در دوره زمانی

از تصاویر چند زمانه سنجش از دور و معیارهای چشم‌انداز به طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل و تشخیص تغییرات پوشش زمین در جنوب ایتالیا پرداختند. آن‌ها به‌منظور مشخص کردن روند تغییرات در دوره ۵۰ ساله (۱۹۵۴-۲۰۰۴) از عکس هوایی سال ۱۹۵۴ و تصاویر لندست (MSS سال ۱۹۷۵، TM سال ۱۹۸۵ و ۱۹۹۳ و ETM<sup>+</sup> سال ۲۰۰۴) استفاده کردند. آن‌ها بیان داشتند که پوشش زمین و تغییرات آن در منطقه مورد مطالعه، به‌طور واضح به هر دو فرایند طبیعی و اجتماعی وابسته است. به این صورت که پس از زلزله فاجعه‌بار سال ۱۹۸۰، قوانین منطقه‌ای خاص و برنامه‌های شهری به‌طور قابل توجهی در تغییر پوشش سرزمین تأثیرگذار بوده است. به اعتقاد این پژوهشگران، داده‌های سنجش از دور در ترکیب با GIS و معیارهای اساسی چشم‌انداز، در تجزیه و تحلیل و توصیف پوشش سرزمین و تغییرات آن موثر است. از ابتدای سال ۲۰۰۰ میلادی، به‌منظور شناخت و درک صحیح تغییرات سطح کره زمین و عوامل موثر بر آن، سنجنده MODIS فعالیت خود را با تصویربرداری روزانه از سطح کره زمین آغاز کرد. به این منظور، با استفاده از دو تلسکوپ Aqua و Terra روزانه سطح کره زمین را به‌طور کامل در محدوده وسیع طیفی، با دقت‌های مکانی ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر تصویربرداری و با ساختار HDF ذخیره می‌شود. داده‌های حاصل از مشاهدات روزانه سنجنده MODIS بر اساس کاربرد آن در بخش‌های مختلف مطالعاتی در چندین سطح پردازش و در سطوح مختلف از داده‌های خام تا محصول‌های اطلاعاتی در سطوح سوم و چهارم پردازش اطلاعات مرتبط با پارامترهای مختلف سطح کره زمین را تولید می‌کند. یکی از محصولات این سنجنده، پوشش سطح زمین و طبقه‌بندی آن می‌باشد که هر ساله با دقت مکانی ۵۰۰ متر تولید می‌شود. Badabte (۲۰۱۷)، با استفاده از MCD12Q1، نقشه‌های پوشش زمین را برای کشور تونس در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳ تولید و تغییرات آن را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج این بررسی نشان داد که دقت این محصول برای طبقه‌بندی پوشش سطح زمین ۷۸ درصد است. در تحقیق دیگری، Liang و همکاران (۲۰۱۵) دقت تولید نقشه پوشش سطح زمین به‌وسیله

تغییرات شدید در پوشش زمین در اثر طرح‌های توسعه کشاورزی و گردشگری منجر به تخریب پوشش گیاهی و آب‌گرفتگی شده است. French و همکاران (۲۰۰۸) تغییرات پوشش سرزمین را با استفاده از نوارهای حرارتی تصاویر ASTER در محدوده‌های آزمایشی در مکزیک بررسی کردند. برآورد تغییرات با مقدار همبستگی ۰/۸ نشان داد که استفاده از نوارهای مادون قرمز حرارتی در سنجش از دور می‌تواند در تشخیص و پایش درازمدت پوشش سرزمین در مناطق خشک بسیار مفید باشد. نتایج همچنین، نشان داد که این نوارها قابلیت تشخیص خاک از پوشش غیر سبز را دارند. Nakagoshi و Lubis (۲۰۱۱) برای تهیه نقشه و برآورد تغییرات پوشش سرزمین و کاربری اراضی در دو دهه (۲۰۰۱-۱۹۹۱ و ۲۰۰۹-۲۰۰۱) در حوزه آبخیز بادی در اندونزی از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS استفاده کردند. داده‌های این پژوهش، شامل تصاویر لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۹ که با روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و بیشینه احتمال بررسی شده‌اند. نتایج نشان داد، بیشترین تغییرات مربوط به شیب‌های ملایم و ارتفاعات پایین‌دست بوده که با فعالیت‌های شهرسازی و کشاورزی در ارتباط است. این پژوهشگران بیان داشتند که تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در پهنه‌بندی پوشش سرزمین و کاربری اراضی برخی مناطق بسیار مفید است. Zhang و همکاران (۲۰۱۱)، تغییر کاربری اراضی در تالاب پکن را با استفاده از سنجش از دور مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش، تصاویر TM و ASTER مربوط به سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۹۶ و ۲۰۰۴ به‌عنوان منبع برای طبقه‌بندی نظارت‌شده استفاده شد. نیروهای محرک در تغییر استفاده زمین بر اساس عوامل طبیعی و مصنوعی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که عوامل طبیعی و دخالت‌های انسانی منجر به از بین رفتن تالاب و تبدیل آن به زمین‌های کشاورزی و جنگلی شده است. همچنین، مقدار کاهش وسعت تالاب در سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۴ نسبت به سال‌های ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۶، بیشتر شده، از این‌رو، باید برای حفاظت مؤثر از تالاب برنامه‌ریزی دقیق و علمی صورت گیرد. Fichera و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده

محصول اطلاعاتی برای ایجاد سامانه ملی پایش تغییرات سطح زمین مورد ارزیابی قرار گیرد.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد پژوهش:** مساحت ایران ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع و در نیمه جنوبی منطقه معتدل شمالی بین  $25^{\circ} 03'$  و  $39^{\circ} 47'$  عرض شمالی از خط استوا و  $14^{\circ} 44'$  و  $20^{\circ} 20'$  طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. حدود ۹۰ درصد از خاک کشور در محدوده فلات ایران واقع شده است. میانگین ارتفاع آن بیش از ۱۲۰۰ متر از سطح دریا است. بیش از نیمی از مساحت کشور را کوه و ارتفاعات، یک چهارم آن را دشت‌ها و کمتر از یک چهارم دیگر آن را نیز زمین‌های در دست کشت تشکیل می‌دهد. پست‌ترین نقطه داخلی با ارتفاع ۵۶ متر در چاله لوت و بلندترین آن قله دماوند با ارتفاع ۵۶۱۰ متر در میان رشته کوه البرز قرار دارد. در کناره جنوبی دریای خزر ارتفاع زمین ۲۸ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد است. از نظر توپوگرافی و مورفولوژی، سرزمین ایران فلات نسبتاً مرتفعی است که در بخش میانی کمربند چین خورده آلپ-همالیا قرار دارد. این رشته ارتفاعات عظیم که از اروپا تا آسیای مرکزی ادامه پیدا می‌کند، در ایران به دو شاخه کوه‌های البرز و زاگرس تقسیم می‌شود. ایران از لحاظ آب و هوایی یکی از منحصربه‌فردترین کشورها است. اختلاف دمای هوا در زمستان میان گرم‌ترین و سردترین نقطه گاهی به بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. ایران از لحاظ بارندگی در سطح نیمه‌خشک و خشک است. میزان بارندگی در ایران بسیار متغیر است. در شمال به بیش از ۲۱۱۳ میلی‌متر (رشت، سال ۱۳۸۳) نیز می‌رسد. در نواحی کویری بارش عمدتاً بسیار کم و در حدود ۱۵ میلی‌متر است. بارش نواحی شمال غرب و غرب، دامنه‌های جنوبی البرز و شمال شرق تا حدودی قابل توجه (حدود ۵۰۰ میلی‌متر) می‌باشد. در سایر نقاط، میزان بارش از ۲۰۰ میلی‌متر بیشتر نمی‌شود، به همین دلیل، بیشتر مناطق کشور در چند سال اخیر با بحران کم‌آبی مواجه بوده با ساختاری آسیب‌پذیر تحت تاثیر عوامل محیطی، فعالیت‌های غیراصولی و بهره‌برداری‌های بی‌رویه قرار گرفته است، به‌طوری‌که در حال حاضر

محصول MCD12Q1 را با تصاویر ماهواره GlobeLand30 مقایسه و مورد ارزیابی قرارداد و به این نتیجه رسیدند که از دقت قابل قبول برخوردار است. همچنین، Park و Shu (۲۰۱۴) کاربرد و دقت MCD12Q1 را برای برآورد پوشش سطح زمین در سطح مطالعاتی کشوری مفید و قابل قبول دانستند. Wessels (۲۰۰۴)، Levin و Heimowitz (۲۰۱۲)، Kaptue و همکاران (۲۰۱۱) و Liang و همکاران (۲۰۱۵)، طبقه‌بندی پوشش سطح زمین سنجنده MODIS را برای تولید نقشه دینامیک پوشش سطح زمین، مناسب و کارآمد ارزیابی کردند. Wessels (۲۰۰۴) بر اساس تحقیق خود در مطالعه پوشش سطح زمین با استفاده از محصول MODIS، به این نتیجه رسید که با استفاده از آن به خوبی امکان بررسی و مطالعه اثرات فعالیت‌های انسانی بر تغییرات سطح کره زمین امکان‌پذیر بوده، نتایج آن قابل اعتماد می‌باشد. Zhang و همکاران (۲۰۰۴) و Zhao و همکاران (۲۰۱۳)، بر این باور هستند که تحقیقات و مطالعات صورت گرفته در دهه‌های گذشته برای توسعه روش‌های نوین پایش تغییرات پوشش سطح زمین با دقت‌های مکانی مختلف بسیار مفید بوده، نتایج قابل اعتمادی را به‌دنبال داشته است. Dong و همکاران (۲۰۱۲) و Liang و همکاران (۲۰۱۵)، ضمن تأیید نقش مفید این اطلاعات در مطالعات پوشش سطح زمین، توجه به ثبات، دقت و تناسب نوع داده با اهداف مورد نظر را با اهمیت می‌دانند. Bicheron و همکاران (۲۰۰۸)، Friedle و همکاران (۲۰۱۰) و Chen و همکاران (۲۰۱۵) داده‌های MODIS را برای مطالعه و تحقیق در ارتباط با پایش تغییرات پوشش سطح زمین مناسب و سودمند ارزیابی کردند.

تصویربرداری مستمر سنجنده MODIS و ارائه تغییرات سالانه پوشش سطح زمین در محصول اطلاعاتی MCD12Q1 و دقت قابل قبول آن، موجب شده تا این داده به‌طور گسترده‌ای در سرتاسر جهان در مطالعات و تحقیقات مرتبط با پایش تغییرات سطح زمین مورد استفاده قرار گیرد. به همین دلیل، در این تحقیق، با استفاده از محصول اطلاعاتی MCD12Q1 تغییرات پوشش سطح زمین از سال ۲۰۰۱ الی ۲۰۱۵ میلادی مورد مطالعه قرار گرفت تا کارایی و قابلیت این

سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ استخراج و به‌ترتیب در شکل‌های ۱ الی ۴ ارائه شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها ملاحظه می‌شود، نقشه‌های تولیدشده، پراکنش و توزیع مکانی طبقات پوشش سطح زمین را از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷ میلادی با فاصله زمانی پنج سال نشان می‌دهند و بر اساس نقشه پوشش سطح زمین، مساحت انواع پوشش در کشور و نسبت مساحت هر یک به مساحت کل کشور برآورد و در جدول ۲ ارائه شده است.

همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، بالغ بر ۶۰ درصد از سطح کشور را خاک لخت و اراضی بدون پوشش گیاهی تشکیل داده است. متأسفانه این نسبت از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ میلادی با وجود تلاش‌ها و فعالیت‌های صورت گرفته، همچنان بدون تغییر باقی مانده است. اراضی جنگلی در بخش شمالی کشور در سال ۲۰۰۱ میلادی در مجموع ۱۲۳۲۱ کیلومتر مربع، معادل ۰/۸ درصد از مساحت کل کشور را در بر داشته است و در سال ۲۰۱۵ میلادی، به ۱۰۴۹۴ کیلومتر مربع برابر با ۰/۶ درصد از سطح کل کشور تقلیل یافته است. همچنین، طی دوره مورد مطالعه، با کاهش سطح پوشش علفی (GI) و اراضی زراعی نیز مواجه بوده است، به‌طوری‌که مساحت این اراضی به‌ترتیب از ۳۴۷۴۰۱ و ۷۸۲۰۳ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۱ به ۳۳۹۷۰۵ و ۷۲۷۳۶ کیلومتر مربع معادل ۲۰/۹ و ۴/۵ درصد از سطح کشور در سال ۲۰۱۵ میلادی کاهش یافته است. در مقابل اراضی با پوشش‌های بوته و درختچه (OiS)، مراتع (S و Ws) و مناطق شهری با کد Urb در مدت مشابه گسترش یافته‌اند و به‌ترتیب از ۱۷۸۴۹۱، ۴۱۲۵، ۳۱۹۷ و ۸۰۶۸ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۱ میلادی به ۲۰۱۳۷۹، ۵۶۳۸، ۳۸۸۸ و ۸۲۳۲ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۵ میلادی افزایش یافته‌اند. به‌طور کلی، روند تغییرات پوشش سطح زمین در کشور طی دوره زمانی مورد بررسی نشان از سیر نزولی اراضی در کلیه پوشش‌های کشور است.

آثار و تبعات تخریب و سیر قهقرایی در سرتاسر کشور به‌طور نگران‌کننده‌ای رو به افزایش است و به‌طور جدی لزوم اجرای هرچه سریع‌تر هرگونه اقدام لازم و منطبق با استانداردهای علمی برای کنترل و مهار عوامل مخرب در وهله نخست را گوشزد می‌کند.

**داده مورد استفاده:** همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، MCD12Q1 از محصولات سنجنده MODIS در سطح سوم پردازش است که هر ساله پوشش سطح زمین را با دقت مکانی ۵۰۰ متر برآورد می‌کند. این محصول، نتیجه پردازش داده‌های حاصل از تصویربرداری سالانه دو تلسکوپ Terra و Aqua است.

در این محصول، برای تعیین نوع پوشش زمین از روش طبقه‌بندی نظارت شده<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. به این منظور و برای تامین داده‌های تعلیمی<sup>۲</sup> مورد نیاز، حدود ۲۰۰۰ سایت در سرتاسر جهان مورد بررسی و استفاده قرار می‌گیرند (Friedle و همکاران، ۲۰۱۰). پوشش سطح زمین در محصول اطلاعاتی MCD12Q1، بر اساس پنج الگو طبقه‌بندی می‌شوند تا متناسب با اهداف و کاربرد آن، نیازهای اطلاعاتی کاربران را در گروه‌های مختلف مطالعاتی پوشش دهد که عبارتند از طبقه‌بندی IGBP (کاربرد عمومی)، UMD (الگوی اصلاح‌شده IGBP)، LAI/fPARv (مباحث مربوط به ترسیب کربن)، NPP (اندازه‌گیری تولید) و PFT (مطالعه عملکرد گیاهان).

در این تحقیق، طبقه‌بندی پوشش سطح زمین بر اساس الگو IGBP صورت گرفته است. بنابراین، پوشش کشور در ۱۷ طبقه متشکل از پنج طبقه جنگل، دو طبقه گونه‌های درختچه‌ای و بوته‌زار، دو طبقه اراضی مرتعی، علفزار، اراضی زراعی، مناطق مسکونی، خاک لخت، برف، یخ و آب تفکیک شده است.

طبقات مورد استفاده در طبقه‌بندی پوشش زمین در کشور را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است، اراضی جنگلی در این بررسی با توجه به سطح اندک برخی طبقات در مجموع در دو طبقه تغییر داده شد. به این ترتیب، با استفاده از محصول اطلاعاتی MCD12Q1، نقشه‌های طبقات پوشش سطح زمین در کشور در

<sup>1</sup> Supervised classification

<sup>2</sup> Training data

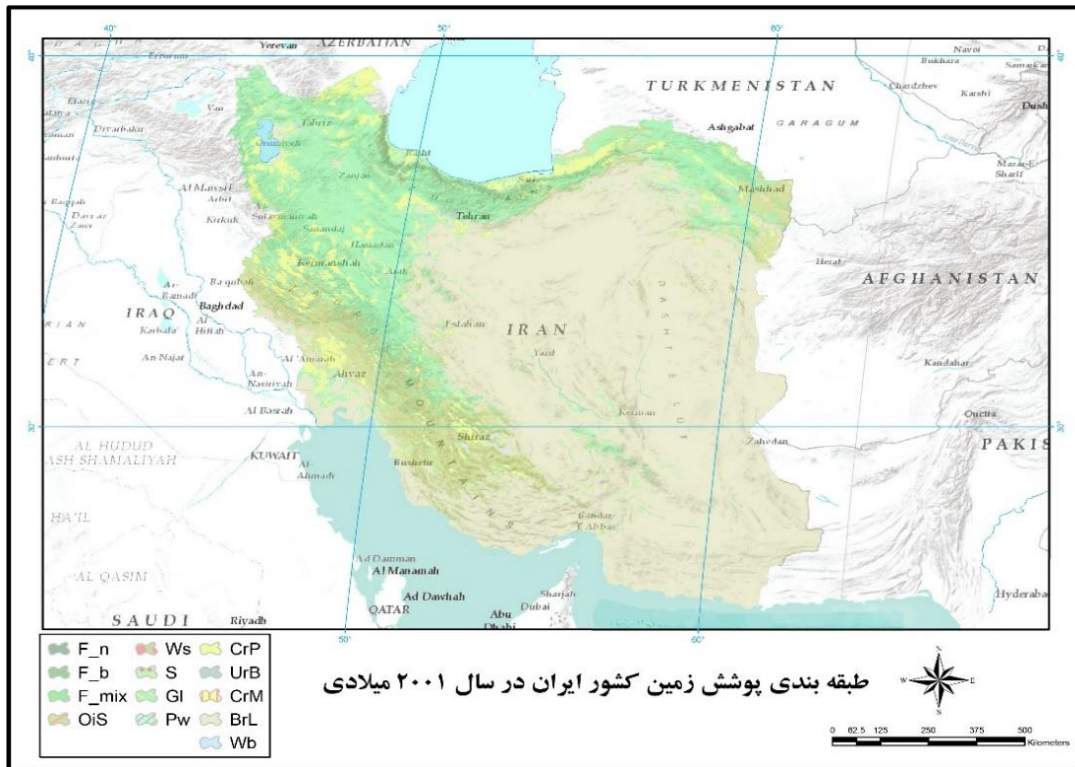
## جدول ۱- طبقه‌بندی پوشش سطح زمین و توضیحات آن

پوشش غالب سوزنی‌برگ همیشه سبز، تراکم < ۶۰ درصد، قطر تاج پوشش < ۲ متر	F-EgN
پوشش غالب پهن‌برگ همیشه سبز، تراکم < ۶۰ درصد، قطر تاج پوشش < ۲ متر	F-EgB
پوشش غالب سوزنی‌برگ خزان‌کننده، تراکم < ۶۰ درصد، قطر تاج پوشش < ۲ متر	F-DN
پوشش غالب پهن‌برگ خزان‌کننده، تراکم < ۶۰ درصد، قطر تاج پوشش < ۲ متر	F-DB
گونه‌های همیشه سبز و خزان‌کننده، تراکم < ۶۰ درصد، قطر تاج پوشش < ۲ متر	F_mix
پوشش غالب گونه‌های درختی، درختچه و بوته با ارتفاع کمتر از دو متر و تراکم بیش از ۶۰ درصد	CiS
پوشش گیاهی با ارتفاع کمتر از دو متر و پوشش ۱۰-۶۰ درصد	OiS
پوشش مرتعی با درختان بلندتر از دو متر و تاج پوشش ۳۰-۶۰ درصد	Ws
پوشش مرتعی با درختان بلندتر از دو متر و تاج پوشش ۱۰-۳۰ درصد	S
پوشش علفی و گونه‌های یک‌ساله توام با گونه‌های درختی و بوته‌ای با تراکم کمتر از ۱۰ درصد	Gl
پوشش گیاهی مستغرق در سطوح آبی	Pw
اراضی تحت کشت	CrL
اراضی شهری، مسکونی، راه‌ها و...	Urb
اراضی قطعه‌بندی‌شده جهت کاشت انواع گونه‌های گیاهی	CrD
پوشش برف و یخ	Sn
فاقد پوشش گیاهی یا پوشش کمتر از ۱۰ درصد	BrL
سطوح آبی	Wb

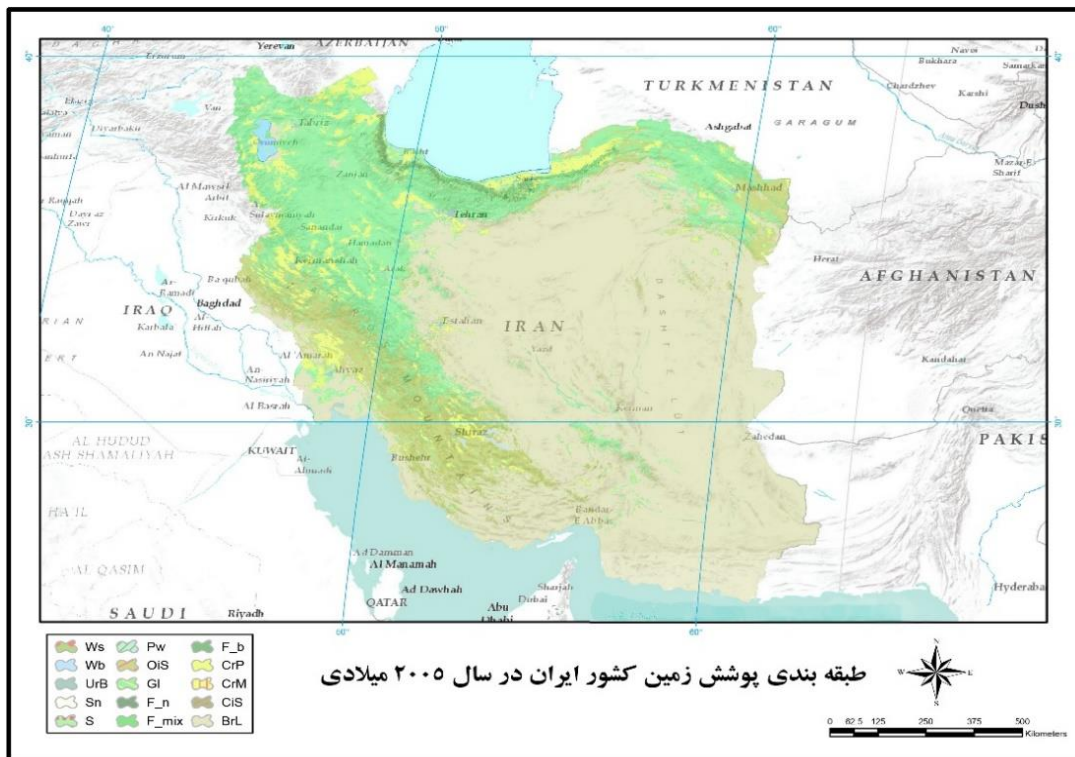
## جدول ۲- مساحت طبقات پوشش سطح زمین در کشور و روند تغییرات آن در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵

نوع پوشش	مساحت (کیلومتر مربع)*				درصد از مساحت کشور*			
	۲۰۰۱	۲۰۰۵	۲۰۱۰	۲۰۱۵	۲۰۰۱	۲۰۰۵	۲۰۱۰	۲۰۱۵
F_EgN	۱۰	۱۴	۹	۱۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
F_EgB	۶۳	۵۵	۳۸	۲۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
F_DN	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
F_DN	۸۷۷۰	۸۲۲۲	۶۹۳۹	۷۱۱۱	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۴
F_mix	۳۴۷۸	۳۴۰۶	۳۴۰۲	۳۳۴۱	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۱
CiS	۱	۱	۰	۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
OiS	۱۷۸۴۹۱	۱۸۰۹۹۱	۱۸۹۰۶۴	۲۰۱۳۷۹	۱۲/۴۰	۱۱/۶۴	۱۱/۱۵	۱۰/۹۹
Ws	۴۱۲۵	۴۸۰۹	۵۷۸۵	۵۶۳۸	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۳۰	۰/۲۵
S	۳۱۹۷	۳۱۴۰	۳۴۷۸	۳۸۸۸	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۲۰
Gl	۳۴۷۴۰۱	۳۵۱۹۴۷	۳۴۴۸۰۳	۳۳۹۷۰۵	۲۰/۹۲	۲۱/۲۳	۲۱/۶۷	۲۱/۳۹
Pw	۴۳۱	۴۷۴	۵۰۶	۷۱۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳
CrL	۷۸۲۰۳	۷۶۹۱۶	۷۳۲۳۴	۷۲۷۳۶	۴/۴۸	۴/۵۱	۴/۷۴	۴/۸۲
Urb	۸۰۶۸	۸۰۸۶	۸۱۴۹	۸۲۳۲	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰
CrD	۱۱۹	۱۱۶	۱۲۵	۱۴۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
Sn	۰	۱	۱۰	۱۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
BrL	۹۸۵۲۳۳	۹۷۹۲۴۷	۹۸۳۷۲۹	۹۷۶۸۴۴	۶۰/۱۵	۶۰/۵۸	۶۰/۳۰	۶۰/۶۷
Wb	۶۳۵۶	۶۵۱۹	۴۶۷۴	۴۱۴۹	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۴۰	۰/۳۹
جمع	۱۶۲۳۹۴۴	۱۶۲۳۹۴۴	۱۶۲۳۹۴۴	۱۶۲۳۹۴۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

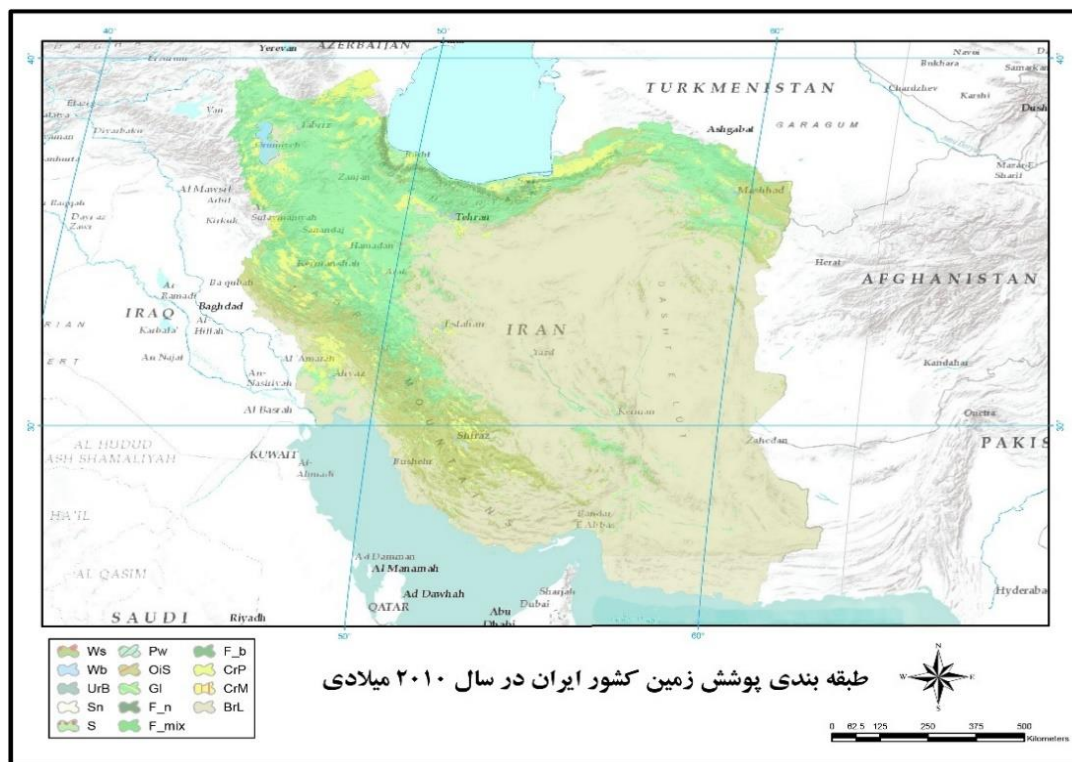
\* مساحت کشور بدون احتساب دریای خزر و خلیج فارس



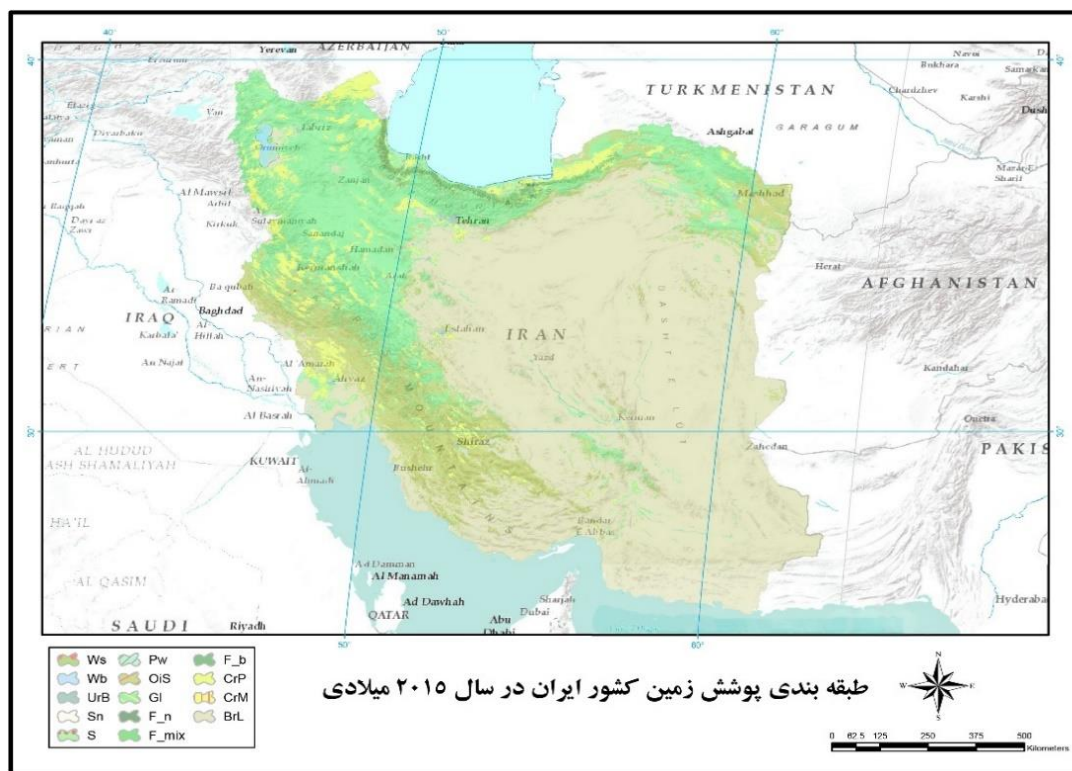
شکل ۱- نقشه طبقه بندی پوشش سطح زمین در سال ۲۰۰۱



شکل ۲- نقشه طبقه بندی پوشش سطح زمین در سال ۲۰۰۵



شکل ۳- نقشه طبقه‌بندی پوشش سطح زمین در سال ۲۰۱۰



شکل ۴- نقشه طبقه‌بندی پوشش سطح زمین در سال ۲۰۱۵

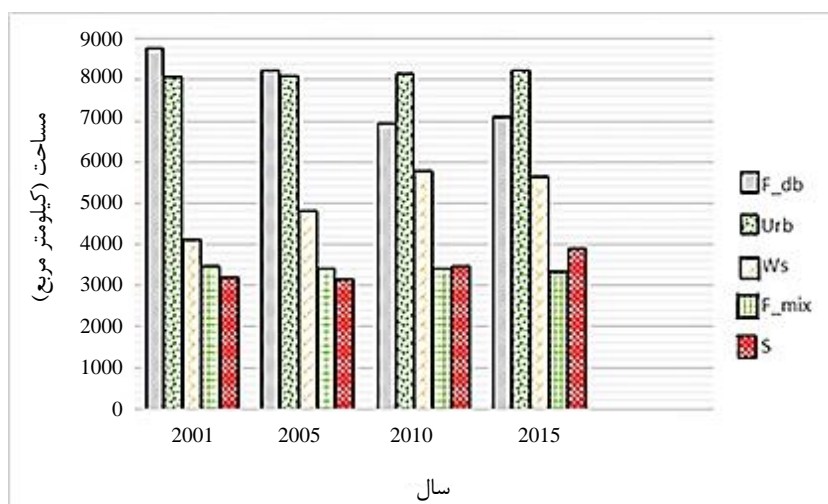
بوته‌زارها (کدهای WS، S، OIS) نیز به احتمال زیاد به دلیل تخریب اراضی جنگلی و پوشش درختچه‌ای متراکم و تنزل آن‌ها به اراضی مرتعی و درختچه‌ای

مانند کاهش سطح اراضی جنگلی، زراعی، پوشش علفی و توسعه مناطق شهری و مسکونی و حتی افزایش سطح مراتع و پوشش‌های درختچه‌ای و



تغییرات پوشش زمین در بازه‌های زمانی پنج‌ساله: به‌منظور بررسی تغییرات پوشش سطح زمین در بازه‌های زمانی پنج‌ساله، با ایجاد ماتریس ارزیابی تغییرات، پوشش سطح زمین در سال‌های اول و آخر هر بازه مورد مقایسه قرار گرفت و تغییرات طبقات مختلف پوشش زمین در طول آن بازه زمانی برآورد شد.

تنک‌تر است. لذا، این تغییر نیز نشانه بارز تخریب و سیر قهقرائی اراضی است و البته اظهار نظر قطعی در این مورد بررسی دقیق‌تر را طلب می‌کند. شکل ۵، نمودار تغییرات سطح اراضی جنگلی با گونه غالب پهن‌برگ خزان‌کننده، جنگل مخلوط، اراضی مرتعی با کدهای Ws و S و مناطق مسکونی را در دوره زمانی مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۵- مقایسه روند تغییرات پوشش‌های جنگل پهن‌برگ، جنگل مخلوط، پوشش با کدهای Ws و S و مناطق شهری و مسکونی

۲۰۰۵-۲۰۰۱، ۲۰۱۰-۲۰۰۵ و ۲۰۱۵-۲۰۱۰ مورد ارزیابی قرار گرفت و همچنین، یک ماتریس نیز برای بررسی تغییرات پوشش زمین از سال ۲۰۰۱ الی ۲۰۱۵ ایجاد و تغییرات در کل دوره را نشان داد که به‌ترتیب در جدول‌های ۴ تا ۷ ارائه شده است.

### نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول ۴ دیده می‌شود، از سال ۲۰۰۱ الی ۲۰۰۵ میلادی در مجموع پوشش ۱۵۸۹۰۴۸/۸ کیلومتر مربع از اراضی کشور بدون تغییر مانده است (جمع مقادیر قطر ماتریس) و پوشش زمین در ۳۴۸۹۵ کیلومتر مربع معادل ۲/۱۵ درصد از مساحت کشور دستخوش تغییر بوده‌اند. در این بازه زمانی در مجموع نزدیک به ۴۰ درصد از مساحت اراضی جنگلی تغییر یافته که بالاترین نرخ تغییر را در این دوره زمانی را داشته است و کمترین میزان تغییر در اراضی بدون پوشش و خاک لخت معادل ۰/۲ درصد از این اراضی دچار تغییر بوده‌اند.

به این منظور، همان‌طور که در جدول ۳، به‌طور شماتیک نشان داده شده است؛ طبقات پوشش زمین در سال اول، سطر و طبقات پوشش زمین در سال آخر، ستون‌های این ماتریس را تشکیل می‌دهند و به‌صورت یک جدول متقاطع تغییرات طبقات پوشش سطح زمین مقایسه می‌شوند. همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، قطر این ماتریس نشان‌دهنده سطحی از هر طبقه است که در طول آن بازه زمانی بدون تغییر مانده است و سایر خانه‌های جدول نشان‌دهنده تغییرات در طبقات سطح زمین در طول بازه مورد بررسی می‌باشد.

جدول ۳- شماتیک ماتریس ارزیابی تغییرات

	$A_{last}$		$B_{last}$		$C_{last}$	
$A_{first}$	$A_{first}$	$A_{last}$	$A_{first}$	$B_{last}$	$A_{first}$	$C_{last}$
$B_{first}$	$B_{first}$	$A_{last}$	$B_{first}$	$B_{last}$	$B_{first}$	$C_{last}$
$C_{first}$	$C_{first}$	$A_{last}$	$C_{first}$	$B_{last}$	$C_{first}$	$C_{last}$

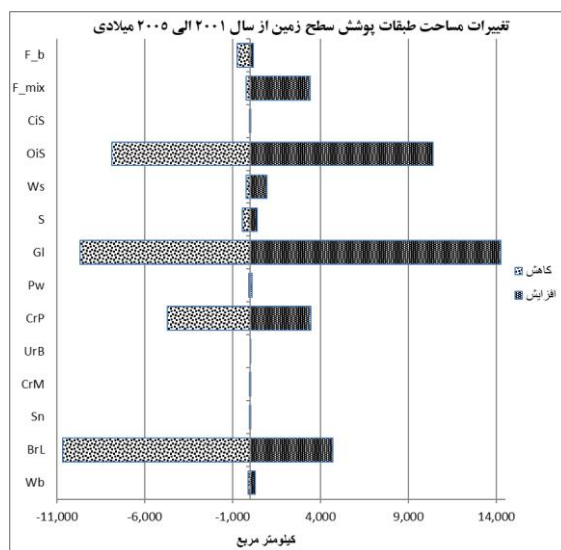
بر همین اساس، با استفاده از سه ماتریس، تغییرات پوشش زمین در بازه‌های زمانی پنج‌ساله

جدول ۴- ماتریس اندازه‌گیری تغییرات بازه ۲۰۰۱-۲۰۰۵

		۲۰۰۵ From/To																		
% Loss	Totals	Wb	BaR	Sn	CrD	UrB	CrL	PW	Gl	S	WS	OIS	CIS	F5	F4	F3	F2	F1	۲۰۰۱	
۱۲	۱۰	.	.	.	.	.	.	.	۱	.	۱	.	.	.	.	.	.	۹	F1	
۲۴	۶۳	.	.	.	.	.	.	.	.	۳	۹	.	.	۱	۲	.	۴۸	۱	F2	
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	F3	
۸	۸۷۷۰	.	.	.	.	.	۲	.	۶	۱	۵۵۱	۴	.	۱۵۳	۸۰۵۳	.	.	.	F4	
۷	۳۴۷۸	.	.	.	.	.	.	.	۵	.	۹۹	۱	.	۳۲۴۵	۱۲۳	.	۴	۲	F5	
۵۰	۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	CIS	
۴	۱۷۸۴۹۱	۳	۲۶۲۰	.	.	۱	۳۲۰	.	۴۹۰۳	۴	۴۲	۱۷۰۵۹۹	.	.	۱	.	.	.	OIS	
۲	۴۱۲۵	.	.	.	۴	.	۱	.	۷۸	۱۰۸	۳۸۷۷	۸	۱	۷	۴۱	.	۲	۱	WS	
۱۵	۳۱۹۷	.	.	.	۱۴	۳	۶۹	۶	۲۷۷	۲۷۳۲	۹۱	۳	.	.	.	.	۲	.	S	
۲	۳۴۷۴۰۱	۳۶	۱۹۳۵	.	۱	۷	۲۹۸۰	۸۵	۳۳۷۷۰۵	۱۸۵	۱۳۵	۴۳۲۹	.	۱	۲	.	.	۲	Gl	
۱۶	۴۳۱	۲۵	۱۰	.	.	.	.	۳۶۳	۱۸	۱۳	۳	.	.	.	.	.	.	.	PW	
۶	۷۸۲۰۳	.	۳	.	۲۰	۱	۷۳۴۶۸	۱	۴۳۰۹	۸۵	۲	۳۱۵	.	.	.	.	.	.	CrL	
.	۸۰۶۸	.	.	.	.	۸۰۶۸	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	UrB
۳۴	۱۱۹	.	.	.	۷۹	.	۲۵	.	۴	۱۱	۱	.	.	.	.	.	.	.	CrD	
۱۰۰	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Sn
	۱۵۸۹۰۴۷	۶۵۱۹	۹۷۹۲۴۷	۱	۱۱۶	۸۰۸۶	۷۶۹۱۶	۴۷۴	۳۵۱۹۴۷	۳۱۴۰	۴۸۰۹	۱۸۰۹۹۱	۱	۳۴۰۶	۸۲۲۲	.	۵۵	۱۴	Totals	
		۰/۰	۰/۰	۱/۰	۰/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۰/۰	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۸	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۳		% Gain	
		۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۰/۰	۱/۰	۰/۰	-۰/۱	-۰/۱	۰/۳			% Net Chng	

نمودار دیده می‌شود، در این بازه زمانی به ترتیب پوشش‌های با کد Gl, Ois, BrL و CrP بیشترین تغییر را در سطح کشور داشته‌اند.

در نمودار ارائه شده در شکل ۶، تغییرات در طبقات مختلف پوشش زمین در بازه زمانی پنج‌ساله ۲۰۰۱ الی ۲۰۰۵ ارائه شده است. همان‌گونه که در



شکل ۶- نمودار تغییرات پوشش زمین در بازه ۲۰۰۱-۲۰۰۵

به ترتیب در پوشش‌های با کد GI، OiS، BrI و CrP به وقوع پیوسته است.

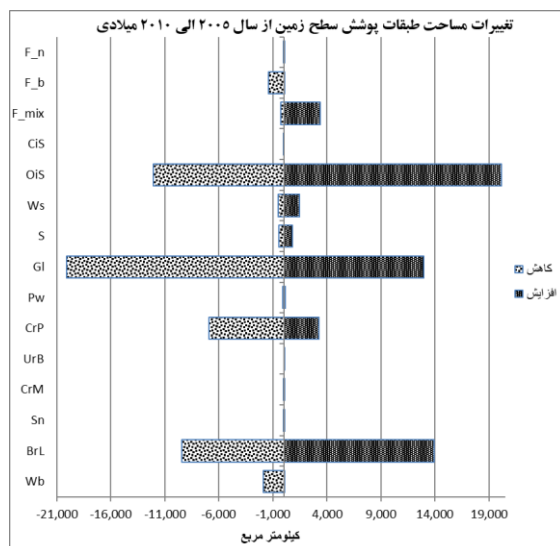
ماتریس ارزیابی تغییرات بازه زمانی ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۵ که نتایج آن در جدول ۶ ارائه شده است، حاکی از افزایش میزان تغییر در اراضی کشور نسبت به بازه‌های اول و دوم است، به طوری که سطح اراضی بدون تغییر در دوره زمانی ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۵ به ۱۵۷۰۰۰۹ کیلومتر مربع تقلیل یافته است و پوشش زمین در ۳/۳۲ درصد از مساحت کشور معادل ۵۳۹۳۴/۷۵ کیلومتر مربع دچار تغییر بوده است. در این بازه زمانی مانند دو بازه زمانی قبل، در مجموع حدود ۵۵ درصد از سطح اراضی جنگلی تغییر یافته است. کمترین میزان تغییر در اراضی زراعی با سطحی معادل ۰/۶۸ درصد به ثبت رسیده است. شکل ۷ نمودار تغییرات در پوشش‌های مختلف زمین در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۵ را نشان می‌دهد.

در بازه زمانی ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۰ میلادی میزان تغییرات در اراضی کشور نسبت به دوره قبل افزایش یافته است. به طوری که بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۵، ۱۵۷۰۸۲۴ کیلومتر مربع از سطح کشور بدون تغییر مانده است و ۳/۲۷ درصد از سطح کشور معادل ۵۳۱۲۰/۲۵ کیلومتر مربع از پوشش کشور در این دوره پنج ساله دستخوش تغییر بوده است. در این بازه زمانی نیز بیش از ۴۹ درصد از سطح اراضی جنگلی دچار تغییر بوده، بالاترین نرخ تغییر را در این دوره زمانی داشته است، مانند بازه زمانی قبل، در این بازه نیز کمترین میزان تغییر به اراضی بدون پوشش و خاک لخت اختصاص دارد.

به منظور ارزیابی میزان تغییر در طبقات مختلف پوشش زمین در کشور از سال ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۰ میلادی، نمودار آن ترسیم و در شکل ۶ ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود، بیشترین سطح تغییر یافته در کشور در بازه زمانی ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۰

جدول ۵- ماتریس اندازه‌گیری تغییرات بازه ۲۰۰۵-۲۰۱۰

		From/To ۲۰۱۰												
درصد کاهش	جمع کل ۲۰۰۵	BaR	Sn	CrD	UrB	CrP	Wb	GI	S	WS	OsL	CsL	F	۲۰۰۵
۱۱/۴	۱۱۶۹۶/۵	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱/۳	۰/۰	۱۱/۸	۵/۸	۱۳۱۱/۸	۲/۸	۰/۰	۱۰۳۶۳/۳	F
	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	CsL
۶/۷	۱۸۰۹۹۰/۸	۸۳۲۴/۰	۰/۰	۰/۳	۰/۸	۱۳۶/۰	۰/۰	۳۵۵۹/۳	۵/۳	۱۷/۵	۱۶۸۹۴۷/۵	۰/۰	۰/۳	OsL
۱۰/۲	۴۸۰۸/۵	۰/۰	۰/۰	۷/۰	۰/۳	۳/۰	۰/۸	۲۲۴/۸	۱۹۷/۳	۴۳۱۷/۸	۴۰/۳	۰/۰	۱۷/۵	WS
۱۴/۵	۳۱۴۰/۳	۱/۳	۰/۰	۱۷/۵	۱۱/۳	۵۰/۰	۱۳/۵	۲۷۹/۰	۲۶۸۶/۰	۶۷/۳	۱۱/۵	۰/۰	۳/۰	S
۵/۷	۳۵۱۹۴۷/۳	۳۶۹۲/۰	۰/۰	۴/۳	۳۱/۵	۲۹۷۰/۸	۵۷/۵	۳۳۱۸۴۳/۰	۲۹۵/۵	۶۵/۸	۱۲۹۸۳/۳	۰/۰	۳/۸	GI
۲۷/۸	۶۹۹۲/۵	۱۷۹۱/۵	۰/۰	۰/۰	۱/۳	۰/۸	۵۰۵۱/۸	۱۱۱/۳	۱۷/۸	۱/۵	۱۶/۸	۰/۰	۰/۰	Wb
۹/۰	۷۶۹۱۶/۳	۷۵/۰	۰/۰	۲۶/۳	۲/۵	۷۰۰۰۲/۵	۰/۰	۵۰۹۵/۵	۲۴۲/۳	۲/۳	۱۴۶۹/۵	۰/۰	۰/۵	CrP
۰/۰	۸۰۸۶/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۸۰۸۶/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	UrB
۴۰/۳	۱۱۶/۰	۰/۰	۰/۰	۶۹/۳	۰/۰	۱۴/۳	۰/۰	۵/۳	۲۷/۰	۰/۰	۰/۳	۰/۰	۰/۰	CrD
	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	Sn
۱/۰	۹۷۹۲۳۷/۸	۹۶۹۸۴۴/۰	۰/۰	۰/۰	۱۵/۵	۵۵/۳	۵۶/۵	۳۶۷۲/۸	۱/۵	۰/۰	۵۵۹۲/۳	۰/۰	۰/۰	BaR
	۱۵۷۱۲۱۱/۳	۹۸۳۷۲۷/۸	۰/۰	۱۲۴/۵	۸۱۴۹/۳	۷۳۲۳۳/۸	۵۱۸۰/۰	۳۴۴۸۰۲/۵	۳۴۷۸/۳	۵۷۸۳/۸	۱۸۹۰۶۴/۰	۰/۰	۱۰۳۸۸/۳	مساحت در ۲۰۱۰
		۱/۴۱		۴۴/۳۸	۰/۷۷	۴/۴۱	۲/۴۸	۳/۷۶	۲۲/۷۸	۲۵/۳۵	۶۴/۱۰		۰/۲۴	درصد افزایش
		۰/۵		۷/۳	۰/۸	-۴/۸	-۲۵/۹	-۲/۰	۱۰/۸	۲۰/۳	۴/۵		-۱۱/۲	درصد تغییر



شکل ۲- نمودار تغییرات پوشش زمین در بازه ۲۰۰۵-۲۰۱۰

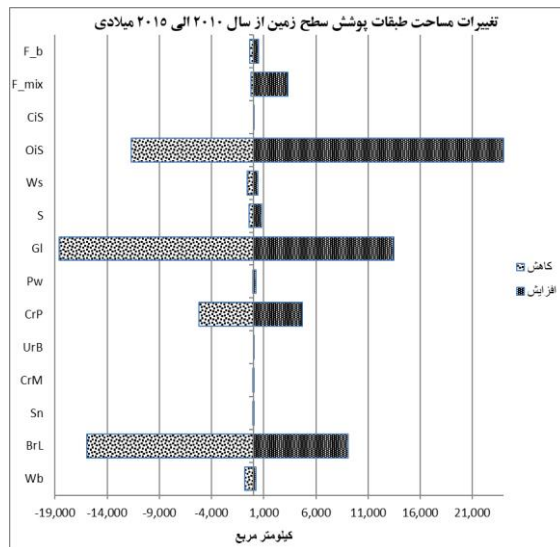
جدول ۶- ماتریس اندازه‌گیری تغییرات بازه ۲۰۱۰-۲۰۱۵

		۲۰۱۵ From/To													
درصد	جمع کل	BaR	Sn	CrD	UrB	CrP	Wb	GI	S	WS	OsL	CsL	F	۲۰۱۰	
کاهش	۲۰۱۰														
۲/۲	۱۰۳۸۸/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۸	۰/۰	۴/۵	۲/۵	۲۲۲/۸	۰/۳	۰/۰	۱۰۱۵۷/۵	F	
	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	CsL	
۶/۲	۱۸۹۰۶۴/۰	۵۳۶۰/۳	۰/۳	۰/۸	۲/۰	۳۸۹/۸	۲/۳	۵۸۸۷/۳	۱۰/۰	۲۵/۳	۱۷۷۳۸۵/۳	۰/۰	۱/۰	OsL	
۱۰/۳	۵۷۸۴/۸	۰/۰	۰/۰	۶/۵	۰/۰	۱/۰	۱/۳	۱۲۲/۵	۱۰۷/۰	۵۱۸۹/۵	۲۷/۸	۰/۰	۳۲۹/۳	WS	
۱۱/۰	۳۴۷۸/۳	۱/۳	۰/۰	۱۷/۰	۲۱/۳	۲۶/۳	۲۷/۰	۲۱۲/۸	۳۰۹۵/۸	۶۹/۵	۶/۳	۰/۰	۱/۳	S	
۵/۴	۳۴۴۸۰۲/۳	۲۹۴۵/۵	۰/۳	۲/۵	۳۶/۵	۴۲۳۷/۵	۱۵۵/۸	۳۲۶۲۱۲/۰	۳۷۰/۸	۱۲۱/۸	۱۰۷۱۶/۰	۰/۰	۳/۸	GI	
۱۶/۰	۵۱۸۰/۰	۷۷۶/۳	۰/۸	۰/۰	۰/۳	۰/۰	۴۳۵۰/۸	۳۸/۵	۱۲/۸	۰/۳	۰/۵	۰/۰	۰/۰	Wb	
۷/۱	۷۳۲۳۳/۸	۱۲/۰	۰/۰	۳۹/۸	۴/۸	۶۸۰۱۱/۰	۱/۰	۴۰۶۵/۸	۲۵۹/۰	۸/۰	۸۳۱/۳	۰/۰	۱/۳	CrP	
۰/۰	۸۱۴۹/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۸۱۴۹/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	UrB	
۳۴/۵	۱۲۴/۵	۰/۰	۰/۰	۸۱/۵	۰/۰	۶/۰	۰/۰	۶/۰	۲۹/۸	۱/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	CrD	
۷۴/۴	۹/۸	۶/۸	۲/۵	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۵	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	Sn	
۱/۶	۹۸۳۷۲۸/۸	۹۶۷۷۴۱/۸	۱۳/۵	۰/۰	۱۸/۰	۶۳/۸	۳۲۴/۵	۳۱۵۵/۵	۰/۰	۰/۰	۱۲۴۱۱/۸	۰/۰	۰/۰	BaR	
	۱۵۷۰۳۷۶/۸	۹۷۶۸۴۳/۸	۱۷/۳	۱۴۸/۰	۸۲۳۲/۰	۷۲۷۳۶/۰	۴۸۶۲/۵	۳۳۹۷۰۵/۳	۳۸۸۷/۵	۵۶۳۸/۳	۲۰۱۳۷۹/۰	۰/۰	۱۰۴۹۴/۰	مساحت در ۲۰۱۵	
		۰/۹۳	۸۵/۵۱	۴۴/۹۳	۱/۰۱	۶/۵۰	۱۰/۵۲	۳/۹۷	۲۰/۳۷	۷/۹۶	۱۱/۹۱		۳/۲۱	درصد افزایش	
		-۰/۷	۷۶/۹	۱۸/۹	۱/۰	-۰/۷	-۶/۱	-۱/۵	۱۱/۸	-۲/۵	۶/۵		۱/۰	درصد تغییر	

است. بنابراین، ۶/۱۳ درصد از پوشش کشور معادل با ۹۹۴۷۰/۷۵ کیلومتر مربع از اراضی کشور تحت تاثیر عوامل طبیعی و یا دخالت‌های انسانی دچار متحمل تغییرات شده‌اند. این بررسی نشان می‌دهد، بیشترین میزان تغییر از سال ۲۰۰۱ الی ۲۰۱۵ میلادی به ترتیب با حدود ۶۵ و ۵۴ درصد به اراضی با کد Pw و اراضی جنگلی اختصاص داشته است. اراضی بدون

به منظور ارزیابی روند کلی تغییرات از سال ۲۰۰۱ الی ۲۰۱۵ میلادی، نقشه‌های پوشش زمین در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۵ در ماتریس ارزیابی تغییرات مورد مقایسه قرار گرفته، نتایج آن در جدول ۷ ارائه شده است. این بررسی نشان می‌دهد، در مجموع از سال ۲۰۰۱ الی ۲۰۱۵ میلادی پوشش زمین در ۱۵۲۴۴۷۳ کیلومتر از مساحت کشور بدون تغییر بوده

پوشش و خاک لخت با حدود ۰/۸ درصد کمترین میزان تغییر را داشته‌اند.



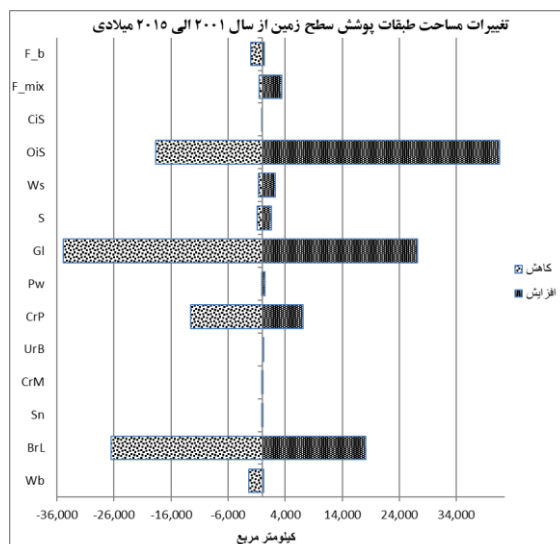
شکل ۳- نمودار تغییرات پوشش زمین در بازه ۲۰۱۰-۲۰۱۵

جدول ۷- ماتریس اندازه‌گیری تغییرات بازه ۲۰۰۱-۲۰۱۵

		۲۰۱۵													From/To
درصد	جمع کل	BaR	Sn	CrD	UrB	CrP	Wb	Gl	S	WS	OsL	CsL	F	۲۰۰۱	
کاهش	۲۰۰۱														
۱۵/۵	۱۲۳۲۱/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۵	۰/۰	۱/۸	۰/۰	۲۶/۰	۱۶/۳	۱۸۵۱/۳	۹/۵	۰/۰	۱۰۴۱۵/۸	F	
۵۰/۰	۰/۵	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۳	۰/۰	۰/۳	۰/۰	CsL	
۱۰/۵	۱۷۸۴۹۱/۳	۹۵۵۷/۸	۰/۰	۰/۸	۳/۵	۴۹۵/۸	۱/۸	۸۵۶۷/۸	۱۲/۰	۵۰/۸	۱۵۹۸۰۱/۳	۰/۰	۰/۰	OsL	
۱۷/۲	۴۱۲۴/۵	۰/۰	۰/۰	۱۲/۰	۰/۸	۴/۵	۲/۸	۲۶۸/۸	۳۱۷/۳	۳۴۱۴/۳	۳۶/۵	۰/۰	۶۷/۸	WS	
۲۷/۱	۳۱۹۶/۵	۲/۸	۰/۰	۲۳/۵	۲۸/۵	۷۷/۰	۴۶/۸	۵۳۵/۸	۲۳۳۰/۸	۱۳۲/۸	۱۴/۵	۰/۰	۴/۳	S	
۱۰/۰	۳۴۷۴۰۰/۸	۶۱۲۷/۰	۰/۰	۳/۳	۷۶/۵	۶۲۹۱/۰	۲۸۴/۸	۳۱۲۵۰۸/۳	۶۰۵/۰	۱۷۶/۰	۲۱۳۲۳/۵	۰/۰	۵/۵	Gl	
۳۶/۵	۶۷۸۶/۳	۲۲۶۰/۸	۰/۳	۰/۰	۲/۵	۲/۰	۴۳۰۶/۵	۱۵۸/۰	۳۴/۸	۲/۵	۱۹/۰	۰/۰	۰/۰	Wb	
۱۶/۱	۷۸۲۰۲/۵	۱۲۹/۸	۰/۰	۷۳/۸	۱۴/۸	۶۵۶۰۱/۳	۳/۸	۹۳۰۱/۸	۵۲۴/۵	۹/۳	۲۵۴۳/۰	۰/۰	۰/۸	CrP	
۰/۰	۸۰۶۸/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۸۰۶۸/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	UrB	
۷۱/۳	۱۱۹/۳	۰/۰	۰/۰	۳۴/۳	۰/۰	۲۷/۰	۰/۰	۱۰/۳	۴۶/۵	۱/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	CrD	
۱۰۰/۰	۰/۳	۰/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	Sn	
۲/۷	۹۸۵۲۳۲/۸	۹۵۸۷۶۵/۵	۱۷/۰	۰/۰	۳۷/۳	۲۳۵/۸	۲۱۶/۳	۸۳۲۸/۸	۰/۵	۰/۰	۱۷۶۳۱/۸	۰/۰	۰/۰	BaR	
	۱۵۲۵۲۴۶/۳	۹۷۶۸۴۳/۸	۱۷/۳	۱۴۸/۰	۸۲۳۲/۰	۷۲۷۳۶/۰	۴۸۶۲/۵	۳۳۹۷۰۵/۳	۳۸۸۷/۵	۵۶۳۸/۳	۲۰۱۳۷۹/۰	۰/۳	۱۰۴۹۴/۰	مساحت در ۲۰۱۵	
		۱/۸۵	۱۰۰/۰۰	۷۶/۸۶	۱/۹۹	۹/۸۱	۱۱/۴۳	۸/۰۱	۴۰/۰۵	۳۹/۴۴	۲۰/۶۵	۰/۰۰	۰/۷۵	درصد افزایش	
		-۰/۹	۶۸۰۰/۰	۲۴/۱	۲/۰	-۷/۰	-۲۸/۳	-۲/۲	۲۱/۶	۳۶/۷	۱۲/۸	-۵۰/۰	-۱۴/۸	درصد تغییر	

شکل 4، تغییرات طبقات مختلف پوشش زمین را از سال ۲۰۰۱ الی ۲۰۱۵ میلادی نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود، به ترتیب پوشش‌های با کد

شکل 4، تغییرات طبقات مختلف پوشش زمین را از سال ۲۰۰۱ الی ۲۰۱۵ میلادی نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود، به ترتیب پوشش‌های با کد



شکل ۴- نمودار تغییرات پوشش زمین در بازه ۲۰۰۱-۲۰۱۵

بالغ بر ۱۱ درصد از اراضی جنگلی به اراضی با پوشش‌های درختچه، مرتع، علفزار و زراعی تغییر یافته است.

جدول ۱- تغییرات سطح اراضی جنگلی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵

مجموع	مخلوط	پهن‌برگ	سوزنی‌برگ
درصد	Km <sup>2</sup>	درصد	Km <sup>2</sup>
۰/۸	۱۲۳۲۱	۲۸/۲۳	۳۴۷۸/۲۵
۰/۷	۱۱۶۹۶/۵	۲۹/۱۲	۳۴۰۶
۰/۶	۱۰۳۸۸/۲۵	۳۲/۷۵	۳۴۰۲/۲۵
۰/۶	۱۰۴۹۴	۳۱/۸۳	۳۳۴۰/۵

### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این بررسی که خلاصه آن در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، در دوره زمانی مورد مطالعه سطح اراضی جنگلی، علفزارها، اراضی زراعی و سطوح آبی کشور تقریباً به‌طور پیوسته کاهش یافته است. در مقابل طی همین مدت مناطق شهری و مسکونی، اراضی قطعه‌بندی شده، پوشش مرداب و باتلاقی توسعه یافته است که می‌توان کلیه این تغییرات را ناشی از سیر قهقرائی اراضی دانست. علاوه بر آن حتی افزایش سطح اراضی درختچه‌ای بوته‌زارها را نیز می‌بایست ناشی از تخریب جنگل‌ها تبدیل آن‌ها به اراضی درختچه‌ای و مراتع دانست که نشانه بارز تخریب اراضی می‌باشد. البته اظهار نظر قطعی در این مورد نیاز به بررسی‌های دقیق‌تر دارد. با این حال، در نگاه کلی می‌توان وضعیتی ناپایدار و دائماً در حال

نکته حائز اهمیت و قابل تامل در نتایج این بررسی، روند شدید تخریب در اراضی جنگلی کشور است که از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ هم از لحاظ کمی و هم کیفی مورد تخریب واقع شده‌اند. همان‌طور که در جدول ۸ ملاحظه می‌شود، سطح اراضی جنگلی با گونه‌های پهن‌برگ خزان‌کننده شمال کشور که به لحاظ کیفیت و نوع گونه‌های درختی در جهان بی‌نظیر و منحصر به فرد می‌باشد، از ۸۸۳۲/۵ در سال ۲۰۰۱ به ۷۱۳۹/۸ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۵ میلادی تقلیل یافته است. همچنین، مساحت اراضی جنگلی با گونه‌های درختی مخلوط که از لحاظ کیفیت از رتبه پائین‌تری برخوردار هستند، از ۳۴۷۸/۳ در سال ۲۰۰۱ به ۳۳۴۰/۵ کیلومتر مربع کاهش یافته است. به عبارت دیگر، در بازه زمانی مورد مطالعه، حدود ۱۵۱۸ کیلومتر مربع از جنگل‌های پهن‌برگ کشور با گونه‌های بسیار ارزشمند نظیر راش، ملج، بلوط، آزاد و ... و ۱۷۷/۸ کیلومتر مربع از جنگل‌های مخلوط کشور کاسته شده است. به عبارت دیگر، در مدت مشابه مساحت اراضی جنگلی با گونه‌های مرغوب بالاتر از هشت برابر اراضی جنگلی مخلوط تخریب شده است. در جدول ۸، تغییرات سطح اراضی جنگلی کشور از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ میلادی ارائه شده است.

بر اساس نتایج ماتریس ارزیابی تغییرات، در بازه زمانی ۲۰۰۱-۲۰۰۵، حدود پنج درصد از سطح اراضی جنگلی کشور به اراضی با پوشش درختچه، مرتع و علف‌زار تغییر یافته است. در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۰۵،

این در حالی است که بررسی آمار و اطلاعات موجود در ارتباط با میزان تغییرات پوشش سطح زمین در سه منطقه کالیفرنیا در بازه زمانی ۲۰۰۶-۲۰۱۰، هاوایی ۲۰۱۰-۲۰۰۵ و جزیره Sawains در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۰۴ به ترتیب ۰/۴۹، ۱/۴۸ و ۰/۷۴ برآورد شده که در مقایسه با تغییرات پوشش زمین در کشور به مراتب کمتر است.

تغییر را در کلیه عرصه‌های کشور مشاهده کرد. به طوری که به ترتیب در بازه‌های زمانی ۲۰۰۵-۲۰۰۱، ۲۰۱۰-۲۰۰۵ و ۲۰۰۱-۲۰۱۵ درصد تغییرات در کل کشور با روندی صعودی به طور متوسط ۲/۱۳، ۳/۲۵، ۳/۳۲ و ۶/۱۳ درصد برآورد شده است که به روشنی حاکی از وضعیتی ناپایدار در سطح وسیعی از کشور و در پوشش‌های مختلف زمین است.

#### منابع مورد استفاده

1. Amiraslani, F. and D. Dragovich. 2011. Combating desertification in Iran over the last 50 years: an overview of changing approaches. *Journal of Environmental Management*, 92: 1-13.
2. Arekhi, S., P. Gerai and M. Arekhi. 2008. Trend monitoring of the land use changes in protected area of Kabir Kouh using RS and GIS, case study: Ilam Province. The First National Conference on Planning and Environmental Protection, Islamic Azad University of Hamadan, February 21, 2013, Hamadan, Iran (in Persian).
3. Badabate, D. 2017. Land cover changes in Tunisia using Moderate Resolution Imaging pectoradiometer (MODIS) MCD12Q1 yearly products. Technical Report, Available online at: <https://hdl.handle.net/10568/99765>.
4. Bartholomé, A.S. and E. Belward. 2007. GLC2000: a new approach to global land cover mapping from earth observation data. *International Journal of Remote Sensing*, 26: 1959-1977.
5. Bicheron, P., P. Defourny, C. Brockmann, L.V. Schouten, C. Huc, M. Bontemps, S. Leroy, M. Achard, F. Herold, M. Ranera and F. Arino. 2008. Globcover products description and validation report. Medias-France, Toulouse, France, 47 pages.
6. Chen, J., J. Chen, A. Liao, X. Cao, L. Chen, X. Chen, C. He, G. Han, S. Peng and M. Lu. 2015. Global land cover mapping at 30m resolution: a POK-based operational approach. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 103: 7-27.
7. Dong, J., X. Xiao, S. Sheldon, C. Biradar, N.D. Duong and M. Hazarika. 2012. A comparison of forest cover maps in Mainland Southeast Asia from multiple sources: PALSAR, MERIS, MODIS and FRA. *Remote Sensing of Environment Journal*, 127: 60-73.
8. Dong, L. and Z.H. Wenting. 2014. A comparison of comparison of Markov model-based methods for predicting the ecosystem service value of land use in Wuhan, central China. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.11.001>.
9. Ellis, C.E. 2011. Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. *Philosophical Transactions of Royal Socciety Journal*, 369: 1010-1035.
10. Feizizadeh, B., F. Jafari and H. Nazmfar. 2009. Application of remote sensing data in change detection of urban land uses, case study: green space of Tabriz City. *Iranian Journal of Fine Arts*, 34: 17-24 (in Persian).
11. Fichera, C.R., G. Modica and M. Pollino. 2012. Land cover classification and change detection analysis using multi-temporal remote sensed imagery and landscape metrics. *European Journal of Remote Sensing*, 45: 1-18.
12. Foley, J.A., R. DeFries, G.P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S.R. Carpenter and S.F. Chapin. 2005. Global consequences of land use. *Science*, 309: 570-573.
13. French, A.N., T.J. Schmugge, J.C. Ritchie, A. Hsu, F. Jacob and K. Ogawa. 2008. Detecting land cover change at the Jornada Experimental Range, New Mexico with ASTER emissivities. *Journal of Remote Sensing of Environment*, 112(4): 1730-1748.
14. Friedl, M.A., D. Sulla-Menashe, B. Tan, A. Schneider, N. Ramankutty, A. Sibley and X. Huang. 2010. MODIS collection 5 global land cover: algorithm refinements and characterization of new datasets. *Remote Sensing of Environment Journal*, 114: 168-182.
15. Jianwen, M. and H. Bagan. 2005. Land-use classification using ASTER data and self-organized neural networks. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7(3): 183-188.
16. Kaptué Tchuenté, A.T., J. Roujean and S.M. De Jong. 2011. Comparison and relative quality assessment of the GLC2000, GLOBCOVER, MODIS and ECOCLIMAP land cover data sets at the African continental scale. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13: 207-219.

17. Levin, N. and A. Heimowitz. 2012. Mapping spatial and temporal patterns of Mediterranean wildfires from MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 126: 12-26.
18. Liang, D., Y. Zuo, L. Huang, J. Zhao, L. Teng and F. Yang. 2015. Evaluation of the consistency of MODIS land cover product (MCD12Q1) based on chinese 30 m GlobeLand30 datasets: a case study in Anhui Province, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4: 2519-2541.
19. Lubis, J.P. and N. Nakagoshi. 2011. Land use and land cover change detection using remote sensing and geographic information system in Bodri Watershed, Central Java, Indonesia. *Journal of International Development and Cooperation*, 18(1): 139-151.
20. Matkan, A.A., K. Saidi, A. Shakiba and A. Hosseiniasl. 2011. Assessment of land cover changes associated with Taleghan Dam using remote sensing techniques. *Iranian Journal of Geographical Sciences and Applied Researches*, 16(19): 45-64 (in Persian).
21. Park, J.Y. and M.S. Suh. 2014. Characteristics of MODIS land-cover data sets over Northeast Asia for the recent 12 years (2001-2012). *Korean Journal of Remote Sensing*, 30: 514-524.
22. Shalaby, A. and R. Tateishi. 2007. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. *Applied Geography Journal*, 27(1): 28-41.
23. Upadhyay, T., P.L. Sankhayan and B. Solberg. 2006. Use of odelsmodels to analyseanalyses land-use changes, forest/soil degradation and carbon sequestration with special reference to Himalayan region: a review and analysis. *Journal of Forest Policy and Economics*, 4: 349-371.
24. Wessels, K. 2004. Mapping regional land cover with MODIS data for biological conservation: Examples from the Greater Yellowstone Ecosystem. *Remote Sensing of Environment Journal*, 92: 67-83.
25. Zhang, W.W., L. Yao, H. Li, D.F. Sun and L.D. Zhou. 2011. Research on land use change in Beijing Hanshiqiao Wetland nature reserve using remote sensing and GIS. *Prpceeding of International Conference on Environmental Science and Information Application Technology*, 10(Part A): 583-588.
26. Zhao, X., P. Xu, T. Zhou, Q. Li and D. Wu. 2013. Distribution and variation of forests in China from 2001 to 2011: a study based on remotely sensed data. *Forests Journal*, 4: 632-649.