

بررسی تغییرات کاربری اراضی استان اصفهان (شامل پوشش گیاهی - شهری - پهنه های آبی) در دو دهه گذشته با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین

پژوهشگر: نگار نورمهناد^۱

کد پروژه: ۴۰۲/۱۶۳

چکیده

سامانه گوگل ارث انجین (GEE)، سیستمی مبتنی بر وب و محاسبات ابری است که کاربران را قادر می سازد تا حجم عظیمی از داده ها را در مقیاس پتابایت ذخیره و تجزیه و تحلیل کنند. هدف پژوهش حاضر تعیین کاربری و مساحت اراضی آبی، پوشش گیاهی و مناطق شهری در طی دو دهه گذشته می باشد. به این منظور در محیط سامانه گوگل ارث انجین برنامه نویسی به زبان جاوا اسکریپت انجام شد. همچنین از داده های ماهواره لندست و سنجنده مادیس استفاده شد. نتایج نشان داد بیشترین مساحت پهنه آبی در سال ۲۰۰۲ به میزان ۸۶۵/۴۳ کیلومتر مربع بوده است. و کمترین آن در سال ۲۰۱۲ به میزان ۲۰ کیلومتر مربع بدست آمده است. این میزان در سال ۲۰۲۳ به ۷۷/۲۸ کیلومتر مربع رسیده است. پوشش گیاهی نیز در سال های مختلف نوسانات زیادی داشته است. بیشترین میزان آن در سال ۲۰۲۰ برابر با ۱۶۳۳/۴۴ کیلومتر مربع بدست آمد و کمترین آن در سال ۲۰۱۱ برابر ۵۳۱/۰۵ کیلومتر مربع بود. منطقه شهری نیز در طی سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ روند صعودی و با شیب بسیار ملایمی را تجربه کرده است. اگر چه که جهش بزرگی بین سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ مشاهده شد ولی در ادامه تغییرات ملایم و البته افزایشی بوده است.

کلید واژه ها: لندست، کاربری، مادیس، ماهواره

^۱ - استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. Negar.Nourmahnad@pnu.ac.ir

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) نقش مهمی در مدیریت منابع آب دارند. خیلی از فعالان این حوزه با محدودیت دسترسی به ابزارها و منابع محاسباتی برای استفاده مناسب از GIS و RS مواجه هستند. پیشرفت‌های اخیر در بحث محاسبات و فضای ابری به پلتفرم‌های همچون سامانه گوگل ارث انجین^۲ منتج شده است که امکان دسترسی رایگان به منابع بی‌نظیر از ابزارهای محاسباتی تا مجموعه داده‌های ارزشمند را فراهم آورده است.

سامانه گوگل ارث انجین موجب شتاب پیشرفت‌ها در مطالعات سنجش از دور شده است. این سامانه در اواخر سال ۲۰۱۰ راه‌اندازی شده است و امکان دسترسی به ماهواره و سایر محصولات جانبی، محاسبات ابری و الگوریتم‌های پردازشی متنوعی را فراهم کرده است. با این حال، همچنان پتانسیل کاربردهای آن متنوع و نامشخص است. گوگل ارث انجین یک بستر ابری برای تجزیه و تحلیل زمین‌شناسی در مقیاس بزرگ است که قابلیت‌های محاسباتی گسترده گوگل، امکان پشتیبانی از کاربردهای مختلف از قبیل جنگل‌زدایی، خشک‌سالی، بلایای طبیعی، حفاظت از محیط‌زیست، امنیت غذایی، مدیریت آب، نظارت بر آب‌وهوا و ... فراهم می‌آورد. این سامانه متن باز است و پردازش‌ها را با سرعت بسیار زیاد انجام می‌دهد چون از سرورهای گوگل استفاده می‌کند سخت‌افزار خاصی ندارد و تمامی پردازش‌ها تحت وب انجام می‌شود. عموم داده‌های ماهواره‌ای در قالب پروداکت‌ها عرضه می‌شوند و نیاز به تصحیحات رادیومتریک و هندسی ندارند. در حقیقت این سامانه پردازشی، بهترین گزینه برای پردازش‌های سری زمانی است (گرلیک و همکاران، ۲۰۱۷).

یک چالش اساسی در دهه‌های اخیر، جلوگیری از تخریب و اهمیت حفظ کاربری اراضی و نشان دادن میزان تغییرات کاربری اراضی می‌باشد. از این رو با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان عوامل مؤثر بر تغییرات کاربری اراضی را بررسی نمود. داشتن اطلاع دقیق از نسبت کاربری‌ها و نحوه تغییرات آن در گذر زمان یکی از عوامل مهم و لازم در برنامه‌ریزی‌های زیست محیطی است. با اطلاع از نسبت این تغییرات می‌توان تغییرات آتی را پیش‌بینی و اقدامات لازم را انجام داد. تعیین کاربری و پوشش اراضی برای برنامه‌ریزی و استفاده پایدار از زمین در ایران که بهره‌برداری از زمین با سرعت فزاینده‌ای رو به جلو می‌رود، یک نیاز اساسی است. به علاوه، پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی اهمیت بسیار بالایی برای مدیریت پایدار اراضی دارد. تغییر کاربری اراضی به معنی تغییر در نوع استفاده از زمین است که شامل تغییر در تراکم و مدیریت زمین نیز می‌باشد. طی سالهای اخیر فعالیتهای انسان به عنوان مهمترین عامل تغییرات در الگوی کاربری زمین محسوب می‌شود (سینگ و اصغر، ۲۰۰۵).

کومار و همکاران (۲۰۲۰)، در مقاله خود با عنوان تحلیل داده‌های چند زمانی Landsat برای تغییر کاربری یا پوشش زمین در منطقه Haridwar با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور، نشان دادند که باغات با سرعت ۱۱۸۰۶/۶۵ هکتار (۹/۸۲ درصد) به سرعت کاهش یافته و زمین‌های کشاورزی از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۷ به شهری و صنعتی تبدیل شده است. پوشش گیاهی از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۷، از میزان ۲۱۸۵۶/۴۱ هکتار به ۸۰۲/۶۳ هکتار کاهش یافت.

تغییر کاربری اراضی اثرات مختلفی بر محیط پیرامون انسان‌ها دارد. در مورد نقش جنگل و مرتع در تداوم زندگی روی کره زمین تردیدی وجود ندارد. این منابع در توسعه اقتصادی هم به عنوان نهاده و هم به عنوان ستاده مطرح می‌باشند. منابع آب و خاک به عنوان نهاده بستر توسعه بخش کشاورزی هستند که بدون آنها توسعه قابل حصول نخواهد بود. طی سالیان اخیر این منابع مورد هجوم بی‌رویه بهره‌برداران قرار گرفته و باعث شده که قسمت زیادی از این منابع تخریب گردند (خلیلیان و شمس‌الدینی، ۱۳۸۰). تغییر اقلیم و کاربری زمین بر چرخه هیدرولوژیکی تأثیر می‌گذارد که منجر به تغییر در وضعیت آب و ویژگی‌های جریان آب در حوزه می‌شود (ژانگ و

^۲- Google Earth Engine, GEE

همکاران، ۲۰۱۸). به خوبی ثابت شده است که تغییر کاربری به مزارع باعث کاهش بازده آب و تأثیر بر دسترسی به آب پایین دست می‌شود (اسکانلون و همکاران، ۲۰۰۷).

تغییرات کاربری اراضی فرآیندی طبیعی بوده و توقف کامل آن کاری بسی دشوار است اما می‌توان آن را کنترل کرد. رشد شهرنشینی یکی از بدترین تأثیرات را در به وجود آوردن چالش‌های مدیریت کاربری اراضی داشته است. اطلاع از میزان تغییرات کاربری‌های اراضی و نحوه تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهمترین موارد مورد نیاز در برنامه‌ریزی محیط زیست و مدیریت اراضی است. با علم به نسبت تغییرات کاربری‌ها در گذر زمان می‌توان مدلسازی را جهت نحوه تغییرات در آینده انجام داد و این تغییرات را پیش بینی کرد و اقداماتی پیشگیرانه و مقتضی انجام داد. افزایش جمعیت باعث افزایش فعالیت سرمایه گذاری شده و در نتیجه سازمان کالبدی شهرها نیز دستخوش تغییرات اساسی شده است. در واقع مهمترین اثر پدیده‌های افزایش جمعیت و شهرنشینی تغییرات کاربری اراضی می‌باشد که این تغییرات در اثر از بین رفتن اراضی کشاورزی، جزایر حرارتی، تناوبی از ویژگی‌های هیدرولوژی و کاهش گونه‌های زیستی می‌شود. اکثر شهرهای ایران با هدف استفاده از خاکهای مرغوب برای زراعت و کشاورزی در کنار و یا در میان اراضی مرغوب کشاورزی به وجود آمده‌اند اما گسترش شهرها، تخریب و تغییر اراضی پیرامون شهر به کاربری‌های شهری، مسایل زیست محیطی، انواع آلودگی‌ها، ادغام روستاهای پیرامون شهری به محلات شهری را در پی داشت. به طور کلی یکی از پیش نیازهای مهم جهت استفاده بهتر از زمین، گردآوری اطلاعات مربوط به الگوهای کاربری اراضی و آگاهی از میزان تغییرات آنها در طول زمان می‌باشد.

روش انجام پژوهش

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه استان اصفهان واقع در فلات مرکزی می‌باشد. استان اصفهان با مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی و ۴۱ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی در مرکز ایران زمین واقع شده است. این استان با مرکزیت اصفهان ششمین استان پهناور، سومین استان پرجمعیت ایران و رتبه اول شهرنشینی کشور ایران را به خود اختصاص داده است. در سال‌های اخیر این استان دستخوش تغییرات فراوانی شده و جمعیت آن افزایش یافته است. منطقه مسکونی، اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی در آن تغییر یافته و در برخی نقاط باغ‌ها و راضی بایر به مسکونی و صنعتی تبدیل شده است.

مراحل انجام پژوهش

یکی از مهم‌ترین نقشه‌هایی که در GEE قابل تهیه است، نقشه کاربری اراضی است. یک روش متداول استفاده از طبقه‌بندی به عنوان یک روش نظارت شده است. منظور از نظارت شده این است که فرایند طبقه‌بندی بر اساس یکسری شواهد و عوارض از پیش معلوم شده (ناظر) بر روی زمین انجام می‌شود. در مقابل این طبقه‌بندی، روش‌های غیر نظارت شده یا خوشه بندی قرار دارد. در روش خوشه بندی بدون وجود داده ناظر، تقسیم‌بندی یا کلاس بندی عوارض انجام می‌شود.

در ادامه گام‌های اساسی اجرای طبقه‌بندی آورده شده است. منطقه مطالعاتی به کمک شیب فایل مشخص می‌شود. برای تهیه شیب فایل از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد و شیب فایل استان اصفهان تهیه شد.

گام اول جهت استفاده از سامانه ثبت نام در آن می‌باشد. اغلب چند روز پس از ثبت نام امکان فعال سازی و ورد به سامانه وجود دارد. برای انجام پروژه در این سامانه لازم است ابتدا یک repository و File ایجاد شود. فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای با کمک دیتاست گوگل ارث انجین انجام می‌شود. در بسیاری از موارد نیاز است تا مجموعه تصاویر موجود برای هر منبع داده متناسب با هدف مطالعاتی محدود شود. این کار با ابزارهای فیلتر کردن تصاویر (فیلتر زمانی، مکانی و درصد ابر) قابل انجام است.

انتخاب الگوریتم طبقه‌بندی

پس از فراخوانی تصاویر ماهواره‌ای می‌توان در خود فضای GEE متناسب با کلاس‌های موردنظر نمونه برداری را انجام داد. پس از انجام نمونه برداری نیاز است تا با استفاده از آموزش یکسری الگوریتم‌های طبقه‌بندی بر اساس داده‌های ناظر (نمونه‌ها) فرایند طبقه‌بندی انجام شود. الگوریتم‌های طبقه‌بندی متنوعی در سامانه GEE تعریف شده است. در روش طبقه‌بندی امکان تبدیل فضای تصویر (بازتاب‌های ثبت شده در باندهای مختلف) به فضای واقعی (نقشه‌های پوشش زمین) ممکن می‌شود.

شاخص پوشش گیاهی NDVI

شاخص NDVI از پرکاربردترین شاخص‌هاست که برای تعیین پوشش گیاهی استفاده می‌شود. این شاخص اولین بار توسط Rouse و همکارانش در سال ۱۹۷۴ ارائه گردید.

$$NDVI = \frac{Nir - Red}{Nir + Red}$$

که در آن Red و NIR به ترتیب بازتابندگی امواج قرمز و مادون قرمز می‌باشد. به طور کلی مقدار این شاخص بین ۱ تا ۱- می‌باشد (ویسلین و ناونا، ۲۰۱۵). جهت دقت بیشتر هر چهار ماه یک NDVI محاسبه شد یعنی در یک سال سه شاخص NDVI بدست آمد و نهایتاً Stack شدند.

شاخص پهنه آبی NDWI

معروف‌ترین شاخص برای تفکیک اراضی آبی از سایر اراضی، شاخص تفاضلی نرمال شده آب (Normalized Difference Water Index) است. این شاخص به اختصار NDWI نامیده می‌شود.

$$NDWI = \frac{R_{green} - R_{NIR}}{R_{green} + R_{NIR}}$$

در این رابطه R_{green} بازتاب در ناحیه باند سبز امواج الکترومغناطیس است. به طور کلی مقادیر بزرگتر از ۰/۳ برای شاخص NDWI متناظر با پیکسل‌های آبی در نظر گرفته می‌شود (سابدی و آچاریا، ۲۰۲۱).

تعیین تغییرات پوشش گیاهی، پهنه‌های آبی و مناطق شهری با استفاده از شاخص‌ها

به منظور تعیین روند تغییرات اراضی آبی، پوشش گیاهی و منطقه شهری در طی سالهای ۲۰۰۰-۲۰۲۳ از شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص نرمال شده آبی (NDWI) و ماهواره لندست استفاده شد و برنامه سری زمانی برای آن نوشته شد. با توجه به عدم وجود داده ماهواره لندست ۸ در سالهای اخیر، برای سالهای ۲۰۰۰-۲۰۱۳ از ماهواره لندست ۷ و برای سالهای ۲۰۰۷-۲۰۲۳ از ماهواره لندست ۸ استفاده شد همچنین برای تعیین مناطق شهری از پروداکت شهری سنجنده مادیس استفاده شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج بدست آمده از گوگل ارث انجین تصاویر ماهواره‌ای لندست فراخوانی شده در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱. تصویر اولیه ماهواره لندست

صحت طبقه بندی و ضریب کاپا

برای تعیین کاربری و انجام طبقه‌بندی، نمونه‌ها در هر طبقه به طور جداگانه و با کد مشخص برداشت شدند. پس از انجام طبقه‌بندی، مقادیر صحت کلی و ضریب کاپا به منظور ارزیابی صحت نقشه‌های تولید شده، استخراج شد. ماتریس خطا بدست آمد.

به این ترتیب صحت طبقه‌بندی و ضریب کاپا با استفاده از روش‌های مختلف طبقه‌بندی بدست آمد. و نهایتاً طبقه‌بندی به روش Smile Gradient Tree Boost انتخاب شد.

جدول ۱. ضریب کاپا و صحت کلی در روش‌های مختلف طبقه بندی

روش طبقه بندی	صحت کلی	ضریب کاپا
Support vector machine	۰/۹	۰/۸۷
Minimum Distance	۰/۸۷	۰/۸۴
Smile Gradient Tree Boost	۰/۹۳	۰/۹۲
Smile Cart	۰/۸۴	۰/۷۸

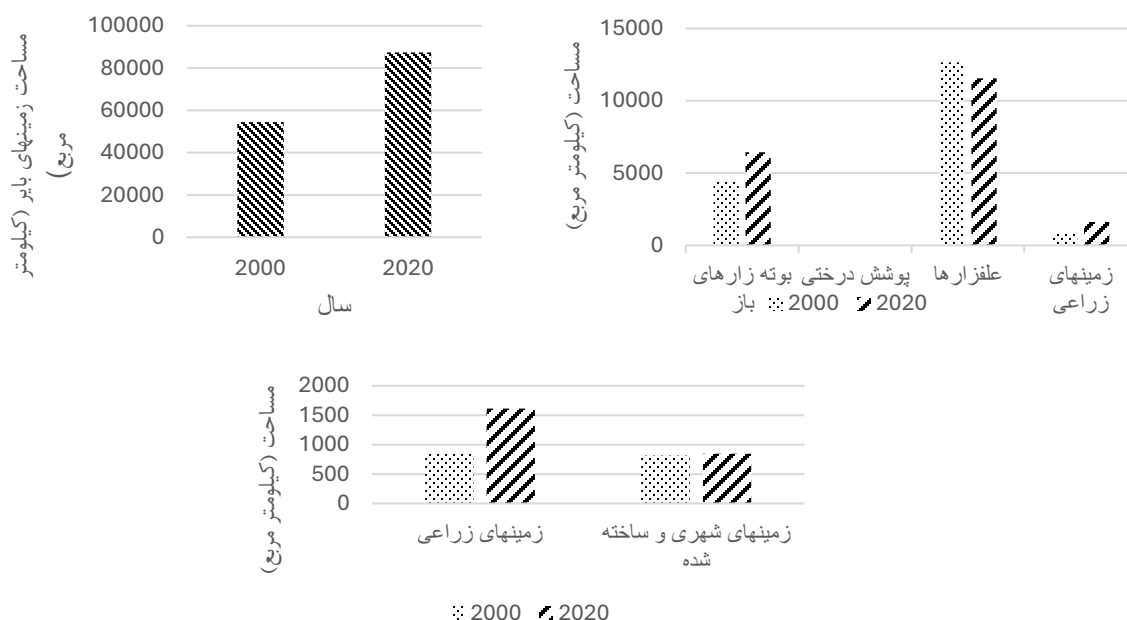
مساحت هر کاربری نیز تعیین شد (جدول ۲). مساحت زمین‌های زراعی در طی دو دهه افزایش و پهنه‌های آبی حدود ۴/۵ برابر در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است. همانطور که در جدول نیز ملاحظه می‌شود تغییرات مساحت شهری در طی بیست سال بسیار کمتر از مقدار مورد انتظار بدست آمد همچنین مساحت منطقه شهری بیش برآورد شده است که دلیل این موضوع آن است در مناطق خشک و نیمه خشک امواج منتشر شده از خاک‌های خشک بسیار مشابه با امواج منتشر شده از ساختمان‌ها هستند و در بسیاری از مناطق پوشش خاکی به عنوان منطقه شهری برآورد شده است. همانطور که در ماتریس خطا هم بدست آمد [0,3,19,1,77,0]. بسیاری از دسته بندی منطقه شهری در طبقه پوشش خاک قرار گرفته اند. بنابراین ماهواره لندست دقت کافی برای تعیین کاربری شهری را نداشت.

جدول ۲. مساحت کاربری‌های مختلف به کمک داده‌های ماهواره لندست

نام کاربری	مساحت (کیلومتر مربع) سال ۲۰۲۰	مساحت (کیلومتر مربع) سال ۲۰۰۰
زمین‌های زراعی	۱۶۶۰/۹۳	۹۲۱/۸۲
منطقه شهری	۲۱۹۵/۲۳	۲۱۸۷/۶۸
مناطق آبی	۷۶/۸۳	۳۶۴/۷۸

کاربری اراضی بر اساس سنجنده مادیس و به کمک ماهواره لندست

برای تعیین کاربری اراضی به صورت دقیق تر همزمان با ماهواره لندست از تصاویر سنجنده مادیس نیز استفاده شد.



شکل ۲. مساحت کاربری‌های مختلف در سال ۲۰۲۰ و ۲۰۰۰ (سنجنده مادیس)

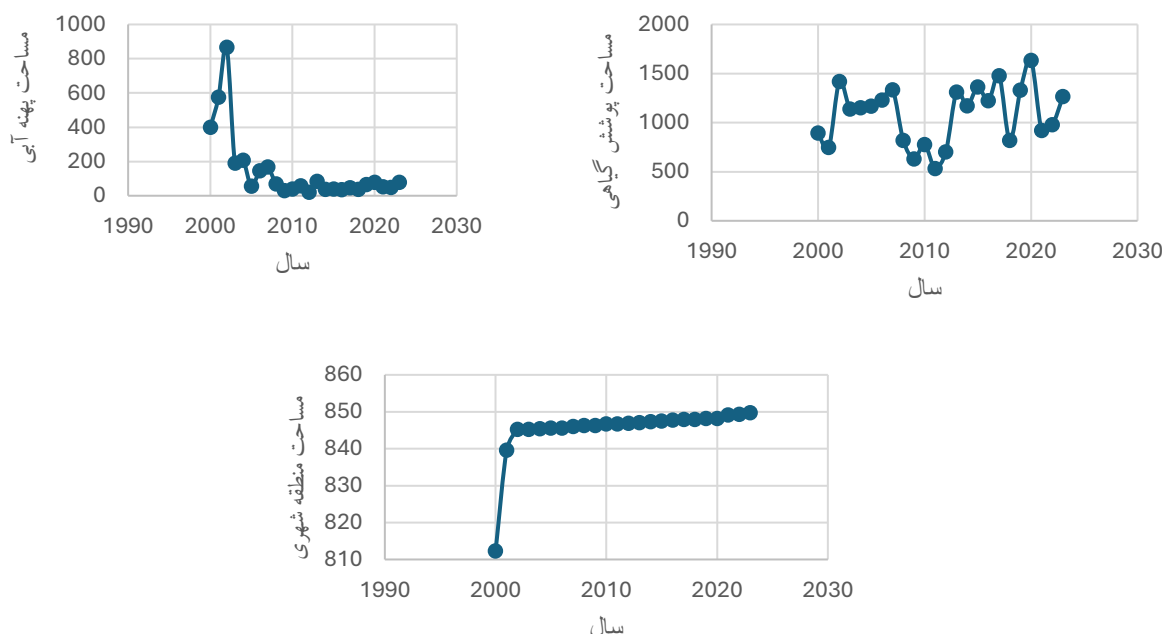
با توجه به نتایج بدست آمده از ماهواره لندست و سنجنده مادیس و با مقایسه کاربری‌های مختلف بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ مشاهده می‌شود که تغییرات گسترده‌ای در کاربری‌ها رخ داده است. برخی از این تغییرات افزایشی (مثبت) و برخی کاهش (منفی) است. زمین‌های بایر در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۰۰، در حدود ۶۰ درصد افزایش داشته است، همچنین اراضی ساخته شده (انسان‌ساخت)، چهار و نیم درصد، پوشش‌های درختی و بوته زارها حدود ۴۰ درصد، زمین‌های زراعی ۸۴ درصد افزایش یافتند و در مقابل پهنه‌های آبی حدود ۶۰ درصد و علفزارها نیز به میزان تقریباً نه درصد کاهش یافتند.

تحلیل داده‌ها مشخص می‌کند که بیشترین تغییرات مربوط است به کاربری زمین‌های بایر و زمین‌های زراعی با روند مثبت که طی آن بسیاری از علفزارها تبدیل به زمین‌های بایر و یا زمین‌های زراعی شده‌اند. این موضوع قابل تأمل است که با وجود کاهش منابع آبی و تبدیل علفزارها به زمین‌های بایر، کشاورزی افزایش یافته است.

محاسبه روند تغییرات پوشش گیاهی و پهنه‌های آبی

به منظور محاسبه دقیق تر و بررسی تغییرات سالانه پوشش گیاهی و آبی در منطقه و با توجه به اهمیت تغییرات این دو نوع پوشش، در برنامه جداگانه‌ای بر اساس شاخص‌های NDVI و NDWI کد نویسی انجام و روند تغییرات مساحت پهنه‌های آبی و گیاهی به شرح زیر بدست آمد. همچنین تغییرات منطقه شهری بر اساس پروداکت آماده سنجنده مادیس تعیین شد. نتایج در شکل ۳ آمده است. همانطور که ملاحظه می‌شود روند کلی تغییرات پهنه‌های آبی نزولی بوده اگر چه که نوساناتی در برخی از سالها مشاهده می‌شود. بیشترین مساحت

پهنه آبی در سال ۲۰۰۲ به میزان ۸۶۵/۴۳ کیلومتر مربع بوده است و کمترین آن در سال ۲۰۱۲ به میزان ۲۰ کیلومتر مربع بدست آمده است. این میزان در سال ۲۰۲۳ به ۷۷/۲۸ کیلومتر مربع رسیده است. پوشش گیاهی نیز در سال‌های مختلف نوسانات زیادی داشته است. که بیشترین میزان آن در سال ۲۰۲۰ برابر با ۱۶۳۳/۴۴ کیلومتر مربع بدست آمد و کمترین آن در سال ۲۰۱۱ برابر ۵۳۱/۰۵ کیلومتر مربع بود. در حقیقت تغییرات پوشش گیاهی که بخش اعظمی از آن زمین‌های زراعی را تشکیل داده اند بدون توجه به روند نزولی پوشش‌های آبی بوده است. منطقه شهری نیز در طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ روند صعودی و با شیب بسیار ملایمی را تجربه کرده است. اگر چه که جهش بزرگی بین سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ مشاهده شد ولی در ادامه تغییرات بسیار کم و ملایم و البته افزایشی بوده است.



شکل ۳. روند تغییرات مساحت پهنه های آبی، پوشش گیاهی و مناطق شهری بر حسب کیلومترمربع

نتیجه گیری

کاربری اراضی نمونه‌ای از تأثیر گذاری انسان بر محیط است، بنابراین به منظور مدیریت و کنترل زمین و تغییرات روی آن لازم است عوامل تأثیر گذار و مهم شناسایی و ارزشیابی شوند. تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی فارغ از نوع رزولوشن طیفی و مکانی امکان بررسی روند تغییرات کاربری اراضی را در طول زمان فراهم می‌کنند. پژوهش حاضر نشان داد با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین و تصاویر ماهواره‌ای می‌توان کاربری اراضی را در استان اصفهان تعیین کرد. اگر چه تصاویر ماهواره لندست دقت کافی برای تعیین کاربری اراضی در منطقه شهری را نداشت. اما به کمک سنجنده مادیس نتایج به صورت دقیق تر بدست آمد.

زمین‌های بایر در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۰۰، در حدود ۶۰ درصد افزایش داشته است، همچنین اراضی ساخته‌شده (انسان‌ساخت)، چهار و نیم درصد، پوشش‌های درختی و بوته‌زارها حدود ۴۰ درصد، زمین‌های زراعی ۸۴ درصد در طی این مدت افزایش یافتند و در مقابل پهنه‌های آبی حدود ۶۰ درصد و علفزارها نیز به میزان تقریباً نه درصد کاهش یافتند. تحلیل داده‌ها مشخص می‌کند که بیشترین تغییرات مربوط است به کاربری زمین‌های بایر و زمین‌های زراعی با روند مثبت که طی آن بسیاری از علفزارها تبدیل به زمین‌های بایر و

یا زمین‌های زراعی شده‌اند. این موضوع قابل تأمل است که با وجود کاهش منابع آبی و تبدیل علفزارها به زمین‌های بایر، متأسفانه سطح کشاورزی در استان افزایش یافته است. همچنین شاخص نرمال شده آب و پوشش گیاهی به صورت سری زمانی مساحت مناطق آبی و زراعی را به خوبی برآورد کرد و روند تغییرات آنها را در طی دو دهه به خوبی نشان داد. روند کلی تغییرات پهنه‌های آبی نزولی بوده، بیشترین مساحت پهنه آبی در سال ۲۰۰۲ به میزان ۸۶۵/۴۳ کیلومتر مربع بوده است و کمترین آن در سال ۲۰۱۲ به میزان ۲۰ کیلومتر مربع بدست آمده است. این میزان در سال ۲۰۲۳ به ۷۷/۲۸ کیلومتر مربع رسیده است. پوشش گیاهی نیز در سال‌های مختلف نوسانات زیادی داشته است. که بیشترین میزان آن در سال ۲۰۲۰ برابر با ۱۶۳۳/۴۴ کیلومتر مربع بدست آمد و کمترین آن در سال ۲۰۱۱ برابر ۵۳۱/۰۵ کیلومتر مربع بود. در حقیقت تغییرات پوشش گیاهی که بخش اعظمی از آن زمین‌های زراعی را تشکیل داده‌اند بدون توجه به روند نزولی پوشش‌های آبی بوده است.

منابع

- [1] خلیلیان، ص، و شمس الدینی، ا. (۱۳۸۰). بررسی وضعیت پایداری منابع طبیعی تجدید شونده (جنگل و مرتع) در برنامه اول و دوم توسعه. پژوهش و سازندگی، ۱۴(۳)، ۱۹-۲۱.
- [2] Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.
- [3] Kumara, S. Kamal, J. (2020), A Multi-Temporal Landsat Data Analysis for Land-use/Land-cover Change in Haridwar Region using Remote Sensing Techniques, *Procedia Computer Science*, 171, 1184–1193.
- [6] Rouse, J. W., R. H. Haas, J. A. Schell, and D. W. Deering. 1974. "Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS." In NASA Goddard Space Flight Center 3d ERTS-1 Symposium, Washington, DC. 309–317.
- [4] Singh, A., Asgher, Md (2005): Impact of Brick Kilns On Land use/Land Cover Changes around Aligareh City, India, www.elsevier.com/Locate/habitatint.
- [5] Subedi, A., & Acharya, T. D. (2021). Small water bodies detection and evaluation using normalized Difference Water Index (NDWI) from Landsat image in Western Terai, Nepal. *Bulletin of Nepal Hydrogeological Association*, 6.
- [6] Zhang C, Sargent I, Pan X, Li H, Gardiner A, Hare J, Atkinson PM. (2018). An object-based convolutional neural network (OCNN) for urbanland use classification. *Remote Sensing of Environment*, 216: 57-70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.06.034>

Abstract

Google Earth Engine is a cloud-based geospatial analysis platform launched by Google to store and analyze a huge amount of data on a petabyte scale. The purpose of this research is to determine the land use and area of water lands, vegetation and urban areas during the last two decades. For this purpose, programming in JavaScript language was done in the Google Earth Engine system. In this way, Landsat satellite and MODIS instrument were used. The results showed that the largest area of the water zone in 2002 was 865.43 square kilometers. And its lowest was achieved in 2012 at the rate of 20 square kilometers. This amount has reached 28.77 square kilometers in 2023. Vegetation also fluctuated a lot in different years. Its maximum amount was equal to 1633.44 square kilometers in 2020, and its minimum was equal to 531.05 square kilometers in 2011. The urban area has also experienced an upward trend with a very gentle slope during the years 2001 to 2023. Although a big jump was observed between 2000 and 2001, the changes were mild and incremental.

Keywords: Landsat, Land use, MODIS, Satellite