

بررسی ارتباط تغییر کاربری و پوشش اراضی با دمای سطح زمین (مطالعه موردی شهرستان مراغه سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۰)

موسی عابدینی*^۱، ابوذر صادقی^۲، نادر سرمستی^۳

۱. استاد دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی، اردبیل، ایران، رایانامه: Abedini@uma.ac.ir
۲. دانشجوی دکتری، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی، اردبیل، ایران، رایانامه: aboozarsadeghi1993@gmail.com
۳. دکتری ژئومورفولوژی از دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: nadersarmasty@gmail.com

تاریخ تصویب: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۷

چکیده

نظارت بر پویایی تغییرات کاربری و پوشش اراضی نقش مهمی در تدوین استراتژی‌ها برای توسعه پایدار شهرها دارد. در این مطالعه تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهرستان مراغه برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۰ با استفاده از سنجش از دور و GIS مورد مطالعه قرار گرفت. در سال ۲۰۰۰ کاربری و پوشش اراضی به ۷ کلاس و در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ به دلیل احداث کارخانه شیشه‌سازی و جداسازی آب فاضلاب آن از سایر آب‌ها؛ کلاس‌ها به ۸ کلاس آب، آب کارخانه شیشه‌سازی، بایر، برف، ساخت و ساز انسانی، مرتع، کشاورزی آبی و کشت دیم طبقه‌بندی شد که نتایج افزایش و کاهش برخی کلاس‌ها را نشان می‌دهد. ساخت و ساز انسانی در سال ۲۰۰۰، ۳۱/۶۳ کیلومتر مربع مساحت داشته است که در سال ۲۰۱۰ مساحت آن برابر با ۷۴/۷۵ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۲۰ برابر با ۱۸۸/۸۷ کیلومتر مربع شده است که نشان از افزایش ساخت‌وساز انسانی دارد. همچنین آب کارخانه شیشه‌سازی که دارای مواد سمی است و در اثر انحراف کانال آن در سال‌های گذشته به کشاورزان اطراف خود خسارت وارد کرده در سال ۲۰۰۰ اصلاً وجود نداشته و در سال ۲۰۱۰ مساحت آب آن برابر با ۰/۹۴ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۲۰ برابر ۱/۳۱ کیلومتر مربع شده است. همچنین، دمای سطح زمین در مناطقی که دارای پوشش گیاهی و یا آب بوده بیشینه دمای کمتری را نسبت به سایر مناطق مثل شهر یا مناطق بایر داشته‌اند. اطلاعات به‌دست آمده از تشخیص تغییرات کاربری و پوشش اراضی در رابطه با دمای سطح زمین می‌تواند به ارائه راه‌حل‌های بهینه برای انتخاب، برنامه‌ریزی، اجرا و نظارت بر طرح‌های توسعه برای پاسخگویی به تقاضاهای رو به افزایش نیازهای انسانی در مدیریت زمین کمک کند.

کلید واژه‌ها: پایش کاربری و پوشش اراضی، مراغه، آمایش سرزمین، سنجش از دور، دمای سطح زمین.

سرآغاز

امروزه با توجه به روند رو به رشد جمعیت و تمایل به زندگی شهری، بیشترین تغییرات کاربری اراضی در نواحی شهری به وقوع می‌پیوندد. اطلاعات دقیق در مورد کاربری اراضی شهری مورد نیاز تصمیم‌گیران و محققان در همه سطوح است (سبزقبایی و همکاران، ۱۳۹۶). تغییر کاربری اراضی فرآیند پویا و پیچیده‌ای است که سیستم‌های طبیعی و انسانی را به هم مرتبط می‌کند و نتیجه شبکه‌ای پیچیده، تعامل بین نیروهای بیوفیزیکی و اجتماعی-اقتصادی در فضا و زمان است (جعفری و همکاران، ۱۳۹۹). از مهمترین مباحث در مدیریت اراضی و توسعه پایدار، شناخت کاربری اراضی و روند تغییرات آنهاست. در واقع یکی از پیش شرط‌های اصلی برای استفاده بهینه از زمین، آگاهی از الگوهای کاربری اراضی و شناخت تغییرات هر کدام از کاربری‌ها در طول زمان است که با آگاهی از روند تغییرات در گذر زمان می‌توان تغییرات را در آینده پیش‌بینی کرد (Hegazy & Kaloop, 2015). تغییر کاربری اراضی شامل تغییر نوع کاربری‌ها و تغییر در نحوه پراکنش و الگوهای فضایی فعالیت و کاربری‌ها می‌باشد. تغییرات کاربری اراضی در صورت ناسازگاری و عدم مدیریت شاید اثرات منفی متعددی در کیفیت منابع آب و خاک، گونه‌های زیستی و وضعیت ساکنین شهری یا روستایی داشته باشد (بکائیان و همکاران، ۱۳۹۹). گسترش فضایی شهرها و ادغام اراضی پیرامون آنها، یکی از پیامدهای مهم شهرنشینی شتابان است. به طور کلی مشخص شده است که نیروهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی دو فاکتور اصلی در ایجاد تغییرات کاربری اراضی در مقیاس‌های محلی و جهانی می‌باشند (حق‌بین و درباباری، ۱۳۹۶). مدل‌سازی رشد شهری و تغییرات صورت گرفته در کاربری جزء جدایی‌ناپذیر از برنامه‌ریزی برای توسعه پایدار است. مدیریت کاربری اراضی نیاز به آگاهی از تغییرات گذشته، برنامه‌ریزی فعلی و تصمیمات مرتبط با آن در جهت تحولات آینده دارد. بنابراین پیش‌بینی و ارزیابی پتانسیل و تغییرات الگوهای کاربری اراضی از طریق مدل‌سازی به برنامه‌ریزان شهری کمک می‌کند (اسمعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۸). از آنجا که استفاده از روش‌های سنتی ارزیابی تغییرات کاربری اراضی بسیار وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد، استفاده از فنون نوین در راستای تحقق این اهداف کاربرد گسترده‌ای یافته است. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک سنجش از دور می‌توان با هزینه و زمان کمتر،

طیف وسیعی از پروژه‌ها را در سطح جهانی، منطقه‌ای، استانی و محلی به نتیجه رساند (Erasu, 2017). در بین کاربردهای متعدد علم سنجش از دور، بررسی روند تغییر کاربری اراضی از جایگاه مهمی برخوردار است. زیرا سطح زمین دائماً تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل آشفته‌ساز، رشد و توسعه اکوسیستم‌ها و فرهنگ انسانی در حال تغییر است. لذا فهم پویایی تغییر کاربری اراضی با استفاده از فنون سنجش از دور نقش بنیادی در برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین دارد (رجب‌زاده، ۱۳۹۵). امروزه مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی همراه با پیش تغییرات با دقت قابل قبول به آسانی امکان‌پذیر است. سهم قابل توجهی در این زمینه مدیون پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور است (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۶). افزایش دمای سطح زمین (LST) ناشی از تغییرات کاربری زمین و پوشش زمین (LULC)^(۱) توجه قابل توجهی از سوی برنامه‌ریزان شهری و دانشمندان اقلیم به خود جلب کرده است. تأثیر LST به‌ویژه در مناطق بسیار شهری شده به دلیل نسبت بالای سطوح غیرقابل نفوذ بسیار برجسته است (Shhfahad et al., 2022; Rossi et al., 2022). مطالعات نشان می‌دهند که دماهای بالاتر LST به دلیل وجود سطوح غیرقابل نفوذ، طراحی نامناسب شهری، رنگ و مواد ساختمانی تیره‌تر، تراکم گیاهان شهری و مواد ساختمانی جذب‌کننده گرما که برای ساخت زیرساخت‌های شهری استفاده می‌شوند، ایجاد می‌شود. سطوح غیرقابل نفوذ تابش‌های خورشیدی را جذب کرده و دماهای بالاتری ایجاد می‌کنند (Adeyeri, 2023). در مناطق با ساخت‌وساز متراکم، طراحی نامناسب می‌تواند به وجود اثر «دره حرارتی» منجر شود که در آن جریان هوا مختل شده و گرما به دام می‌افتد و دماهای بالاتری ایجاد می‌شود (Chen et al., 2022). رنگ‌های تیره ساختمان‌ها و سطوح ساختمانی غیرمنعکس‌کننده نیز دماهای بالاتری تولید می‌کنند (Pu et al., 2006). علاوه بر این، مواد معمولاً استفاده شده در زیرساخت‌های شهری که سطوح غیرقابل نفوذ را افزایش می‌دهند، مانند پل‌ها، پارکینگ‌ها و مسیرهای پیاده‌روی می‌توانند رسانایی حرارتی را افزایش دهند (Tahooni et al., 2022) در نهایت، تبدیل سطوح طبیعی به فرم ساخته‌شده به دلیل توسعه شهری و تغییرات LULC به دماهای بالاتر کمک می‌کند (Wang et al., 2004). عوامل اضافی که LST را افزایش می‌دهند شامل شرایط طبیعی و موقعیت‌های جغرافیایی هستند. به عنوان مثال، سرعت

جغرافیایی و تکنیک‌های سنجش از دور را مطالعه نمودند. نتایج نشان داده است که از سال ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۲ مساحت مراتع کاهش یافته و به مساحت مناطق مسکونی، زمین‌های کشاورزی و اراضی پوشیده از آب افزوده شده است. رجبزاده (۱۳۹۵)، تغییرات کاربری اراضی جنوب غرب تهران با استفاده از تکنیک سنجش از دور و زنجیره مارکوف را مطالعه نمودند. نتایج تغییرات کاربری در ۳۸ سال گذشته حاکی از کاهش ۱۲ درصدی باغات منطقه و افزایش ۷ و ۵ درصدی سطوح مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی می‌باشد. مظاهری و همکاران (۱۳۹۲)، پایش تغییرات زمانی کاربری اراضی شهر جیرفت با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی را مطالعه نمودند. نتایج نشان داده است که سطح اراضی مسکونی افزایش محسوسی داشته و بررسی تغییرات الگوی مکانی کاربری‌ها نشان داده است که بیشترین تغییرات کاربری در مناطق زراعی و باغی ایجاد شده است. فارسی و یوسفی (۱۳۹۲)، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی دشت بجنورد با استفاده از داده‌های سنجش از دور بررسی کردند. نتایج بیانگر تغییرات گسترده‌ای در منطقه مورد مطالعه بوده است. اراضی دیم و مراتع روندی کاهشی را در بازه زمانی مورد مطالعه داشته است. سنجرى و برومند (۱۳۹۲) پایش تغییرات کاربری/ پوشش اراضی منطقه زرن در سه دهه با استفاده از تکنیک سنجش از دور را مطالعه نمودند. نتایج بیانگر تغییر اراضی به صورت تبدیل اراضی بایر و رسوبی کشت نشده به اراضی باغی و مناطق مسکونی و صنعتی می‌باشد. حاسان^(۲) و همکاران (۲۰۱۶)، تغییرات کاربری و پوشش اراضی اسلام آباد پاکستان را با استفاده از روش‌های فضایی- مکانی مطالعه نمودند. نتایج این پژوهش افزایش از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۲ در مناطق کشاورزی، مناطق ساخته شده و سطح آب مشاهده شده است. از طرف دیگر جنگل و مناطق بایر روند کاهشی را دنبال می‌کند. محققینی مانند (Samal & Gedam, 2015) پایش کاربری اراضی شهری را با رویکرد پردازش تصاویر ماهواره‌ای ارزیابی کردند. این پژوهش نشان می‌دهد که منطقه ساخته شده به طور قابل توجهی افزایش یافته است. گسترش منطقه ساخته شده در امتداد شبکه‌های اصلی حمل و نقل بعد از سال ۲۰۰۰ نرخ سریع شهرنشینی در حوضه را نشان می‌دهد. هگازی و کالوپ (۲۰۱۵)، پایش رشد شهری و تشخیص تغییرات کارای اراضی با تکنیک‌های سنجش از دور و GIS را ارزیابی نمودند. تجزیه و تحلیل تشخیص تغییرات نشان می‌دهد که منطقه ساخته شده حدود بیش از ۳۰ درصد افزایش و

باد کم می‌تواند باعث افزایش LST شود، همچنین شهرهای گرم و خشک ساحلی و مناطقی با رطوبت بالا نسبت به شهرهای گرم و خشک داخلی دارای LST بالاتری هستند. به طور خلاصه، شهرنشینی منجر به تغییرات قابل توجهی در کاربری زمین و پوشش زمین (LULC) شده است که باعث تحولات در ویژگی‌های حرارتی محیط‌های شهری می‌شود. درک و ارزیابی تأثیر LULC بر دمای سطح زمین (LST) و راحتی حرارتی در فضای باز برای برنامه‌ریزی شهرهای پایدار و قابل زندگی اهمیت دارد. در زمینه کاهش تأثیر دماهای بالاتر LST و افزایش راحتی حرارتی در فضای باز، ضروری است که روش‌های ارزیابی استفاده شده در سطح جهان را درک کنیم. شمسی‌پور و خواه‌اصل (۱۳۹۹)، پایش روند تغییرات کاربری اراضی با تأکید بر توسعه فیزیکی شهر تهران را مطالعه نمودند. نتایج نشان داده است که به دلیل توسعه فعالیت‌های صنعتی، نظامی و گردشگری در پیرامون شهر از میزان اراضی دامنه‌ای و کشاورزی کاسته شده و پهنه شهر توسعه پیدا کرده است. سلیمانی (۱۳۹۹)، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهر ساری را با استفاده از سنجش از دور مطالعه کرده‌اند و نتایج نشان داده است که سطح اراضی کشاورزی روند کاهشی شدید و به همان نسبت اشغال اراضی مسکونی روند افزایشی را دارد. اسمعیل‌پور و همکاران (۱۳۹۸)، تغییرات کاربری و تعیین الگوی رشد شهری با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف و تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه شهر اراک را پیش‌بینی کردند. نتایج این پژوهش حاکی از گسترش بی‌رویه مناطق ساخته شده در درون محدوده و حاشیه شهر و کاهش اراضی کوهستانی در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ می‌باشد. کریمی فیروزجایی و همکاران (۱۳۹۷)، پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و گسترش فیزیکی شهر بابل در دوره زمانی ۱۳۶۴-۱۴۱۹ با استفاده از تصاویر چندزمانه لندست را مطالعه نمودند. نتایج حاصل از این پژوهش، بیانگر گسترش بی‌رویه شهر بابل در طی ۳۰ سال گذشته است. یوسفی و همکاران (۱۳۹۶)، آشکارسازی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهر بجنورد با استفاده از داده‌های سنجش از دور، مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار را ارزیابی کردند. نتایج حاکی از آن است که اراضی کشاورزی آبی، باغات و دیم از ۱۴/۵ درصد کل محدوده مورد مطالعه در سال ۱۳۷۹ به ۶/۵ درصد کاهش و اراضی شهری از ۶/۷ درصد در سال ۱۳۷۹ به حدود ۱۱/۵ درصد در سال ۱۴۰۷ افزایش پیدا خواهد کرد. سبزیبایی و همکاران (۱۳۹۶)، تغییرات کاربری اراضی شهرستان اندیمشک به کمک سامانه اطلاعات

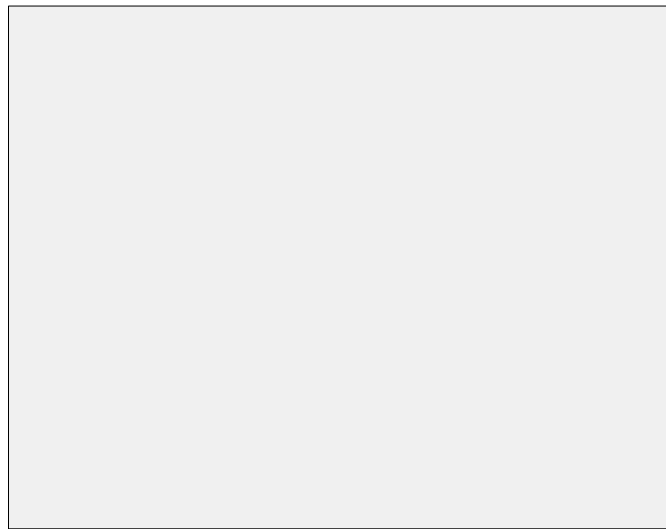
پژوهشی به ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و تاثیر آن بر آلودگی سطحی و دمای سطح زمین در شهرهای ساری تا چالوس پرداخته‌اند. نتایج مطالعه حاضر نشانگر ارتباط معکوس و معنادار دمای سطح زمین با شاخص پوشش گیاهی و ارتباط مستقیم و معنادار با متغیرهای آلودگی و شاخص اراضی می‌باشد. ارتباط بین تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی و دمای سطح زمین ضعیف بود اما همبستگی مثبت و قوی بین آلودگی، اراضی ساخته شده و دمای سطح زمین وجود داشت. روکی و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه‌ای به نقش تغییرات کاربری اراضی بر شکل‌گیری دمای سطح زمین در شهر اصفهان پرداخته‌اند. نتایج به دست آمده از مقایسه کاربری اراضی سال ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۱ در محدوده مورد مطالعه نشان داد که کاربری مسکونی دارای روندی افزایشی و کاربری‌های باغات، پوشش گیاهی و مناطق فاقد پوشش گیاهی دارای روندی کاهشی بوده است. نتایج حاصل از بررسی دمای سطح زمین نیز نشانگر افزایش دمای سطح زمین در دوره مطالعاتی در شهر اصفهان می‌باشد. عابدینی و همکاران (۱۴۰۲) اقدام به بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی در یک دوره بیست سال بر میزان فرسایش و رسوب حوضه رضی‌چای کرده‌اند و نتایج نشان داده که در طول بیست سال اخیر کاربری‌های مرتع، زراعت آبی، بایر در منطقه کاهش و در مقابل سطح اراضی زراعی دیم و مسکونی افزایش یافته است. در این بین بیشترین تغییر مربوط به افزایش ۲۷/۶۹ هکتاری اراضی زراعی دیم در منطقه می‌شود. همچنین نتایج بررسی تغییرات فرسایش نشان داد میزان فرسایش از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ از ۶/۴۹ به ۶/۴۶ تن در هکتار در سال کاهش یافته است. هدف این پژوهش بررسی ارتباط میان تغییرات کاربری اراضی و تغییرات دمای سطح زمین در شهرستان مراغه است. با توجه به گسترش شهرنشینی، تغییر کاربری اراضی و فعالیت‌های انسانی در دهه‌های اخیر، مطالعه تغییرات اقلیمی محلی به ویژه دما از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شناسایی و تحلیل این ارتباط می‌تواند به سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان شهری و محیط زیست‌گران کمک کند تا راهکارهایی برای مدیریت بهتر کاربری اراضی و کاهش اثرات منفی گرمایش سطح زمین اتخاذ کنند. لذا انجام چنین تحقیقی جهت شناخت عمیق‌تر تأثیر فعالیت‌های انسانی بر اقلیم محلی مهم می‌باشد و می‌تواند مبنای مناسبی برای برنامه‌ریزی‌های محیطی پایدار در شهرستان مراغه باشد. در این پژوهش از GEE برای دانلود تصاویر، محاسبه شاخص پوشش گیاهی و همچنین محاسبه دمای سطح زمین استفاده شد.

زمین‌های کشاورزی حدود ۳۳ درصد کاهش یافته است. اطلاعات در مورد رشد شهری، کاربری اراضی و مطالعه تغییر پوشش اراضی برای برنامه‌ریزان شهری بسیار مفید است. محققینی مانند (Sankala & Sing, 2014) پراکندگی شهری و تغییر کاربری اراضی در شهر جاییور هند با استفاده از تکنیک سنجش از دور و GIS مطالعه کرده‌اند. نتایج بیانگر تغییر قابل توجه در الگوی پراکندگی فضایی- زمانی شهر، جهت، مقدار و اثرات آن بر استفاده از زمین است. در مطالعه‌ای درویشی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در شهرستان مریوان پرداخته‌اند. نتایج مطالعه نشان داد که پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی روندی کاهشی و زمین‌های بایر روندی افزایشی داشته است. همچنین تجزیه و تحلیل نقشه‌های دمایی حاصل نشان داد که دمای منطقه مورد مطالعه با افزایش مساحت زمین‌های مسکونی و بایر و همچنین با کاهش پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی روندی افزایشی را در دوره‌های زمانی مورد مطالعه داشته که میزان این تغییرات از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷ به میزان ۵ درجه سلسیوس بوده است. کاکه‌ممی و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای به بررسی رابطه تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی با دمای سطح زمین در شهرستان نمین پرداخته‌اند. نتایج نشان داد هر چند نواحی عاری از پوشش گیاهی دارای دمای سطحی بالاتری نسبت به نواحی است که دارای پوشش گیاهی هستند اما نوع کاربری و تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی تأثیر محسوسی در تغییرات دمای سطح زمین دارد. همچنین نتایج مطالعه نشان داد در اکثر مناطق با دمای کمتر، پوشش گیاهی انبوه‌تری وجود دارد که نشانگر رابطه معکوس بین شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین است. عابدینی و همکاران (۱۴۰۱) در تحقیق به مطالعه پایش و برآورد وسعت مناطق دچار حریق بخشی از کوهستان زاگرس با استفاده از تصاویر ماهواره لندست نموده‌اند و نتایج نشان داده که شاخص‌های NBR و dNBR اطلاعات مناسبی را در خصوص آتش‌سوزی و روند تغییرات در اختیار قرار می‌دهند؛ همچنین ۱۳۶۸۵ هکتار از جنگل‌های زاگرس در این آتش‌سوزی دچار حریق شده‌اند. عابدینی و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح زمین در مشگین‌شهر پرداختند نتایج نشان داده که مناطقی با پوشش گیاهی بالا و مناطق آبی دارای درجه حرارت پایین بودند. همچنین کاربری کشاورزی دیم دارای بیشترین درجه حرارت بودند. ابراهیمی و همکاران (۱۴۰۲) در

منطقه مورد مطالعه

شهرستان مراغه در جنوب غربی استان آذربایجان شرقی کنار رودخانه صوفی چای و در شرق دریاچه ارومیه و بر دامنه جنوبی کوه سهند قرار گرفته است. شهرستان مراغه با وسعت ۲۱۴۳/۶۲

کیلومتر مربع پس از کلان شهر تبریز دومین شهر بزرگ استان آذربایجان شرقی از لحاظ جمعیت بوده و در ۱۳۵ کیلومتری مرکز استان، واقع شده است (شکل ۱).



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

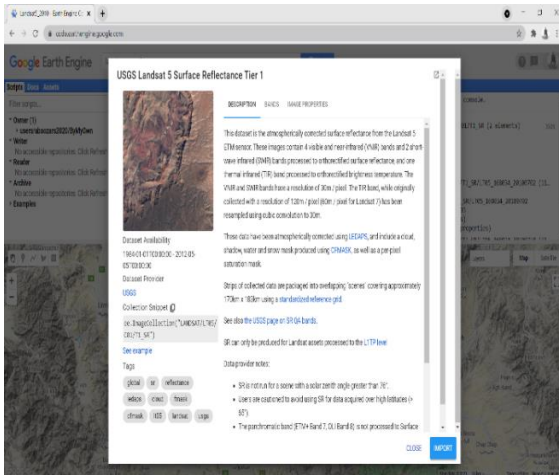
مواد و روش

در این پژوهش برای سال ۲۰۲۰ از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنسور OLI و برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۰۰ از تصاویر ماهواره لندست ۵ سنسور TM استفاده شده است. تصاویر در فصل تابستان ماه‌های ژانویه (خرداد) و جولای (تیر) به منظور نبود پوشش‌های ابری و برفی بالا و همچنین بالا بودن شدت تابش نور خورشید و تقریباً رشد همه گیاهان در این منطقه در این ماه‌ها اخذ شد. برای طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی و برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ از روش نظارت‌شده و با استفاده از روش حداکثر شباهت^(۳) استفاده شد. جدول (۱) اطلاعات تصاویر استفاده شده در این تحقیق را نشان می‌دهد. تصاویر فوق از طریق سامانه قدرتمند گوگل ارث انجین^(۴) استفاده شد. به این دلیل از این سامانه استفاده شد که ۱. تصاویر لندست ۸ و لندست ۵ در این سامانه تصحیح اتمسفری و رادیومتریکی شده است و ۲. به جای دانلود تصویر با

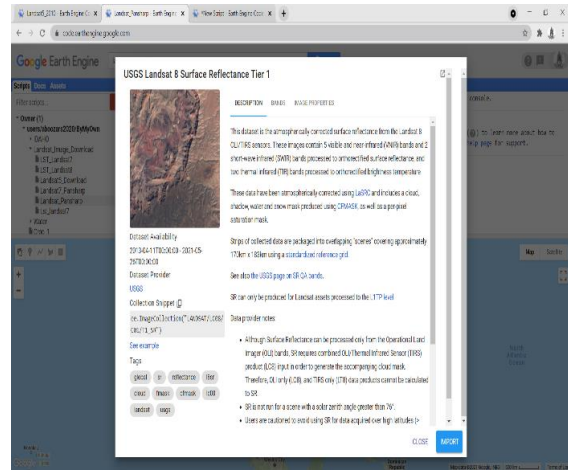
حجم تقریباً ۱ گیگ می‌توان فقط تصویر محدوده مورد مطالعه را با حجم کم‌تر دانلود کرد و ۳. در زمان صرفه جویی کرد (زمان و مشکلات دانلود و زمان صرف شده برای تصحیحات اولیه تصاویر لندست) (شکل ۲ و ۳) و عملیات Pan Sharpening برای لندست ۸ نیز از این سامانه قدرتمند استفاده شد (شکل‌های ۴، ۵، ۶ و ۷). سپس به منظور طبقه‌بندی پیکسل پایه، نمونه‌های تعلیمی از طبقه‌های مختلف برداشت شد؛ علاوه بر این از داده‌های گوگل ارث استفاده شد. سپس از روش بیشترین شباهت برای طبقه‌بندی از نرم‌افزار ENVI 5.3.1 استفاده شد. در نهایت به منظور گرفتن خروجی نهایی طبقه‌بندی به نرم‌افزار ArcMap 10.8 انتقال داده شد. همچنین دمای سطح زمین برای تصاویری که کاربری دانلود و استخراج شده بود برای همان تصاویر در سامانه GEE دمای سطح زمین به روش پلانک محاسبه شد (شکل ۸ و ۹).

جدول (۱): تصاویر استفاده شده برای استخراج کاربری و شاخص NDVI (نگارندگان)

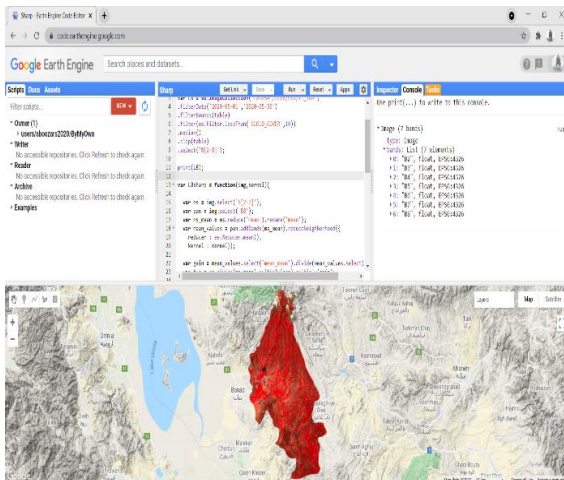
ردیف	ماهواره	سنجنده	سال و ماه	سطر	ستون
۱	لندست ۵	TM	2000 June	۳۴	۱۶۸
۲	لندست ۵	TM	2010 July	۳۴	۱۶۸
۳	لندست ۸	OLI	2020 June	۳۴	۱۶۸



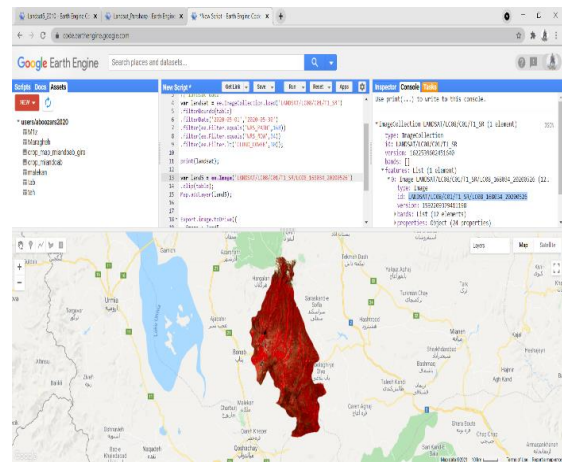
شکل (۳): تصویر تصحیح شده لندست ۵ (گوگل ارث انجین)



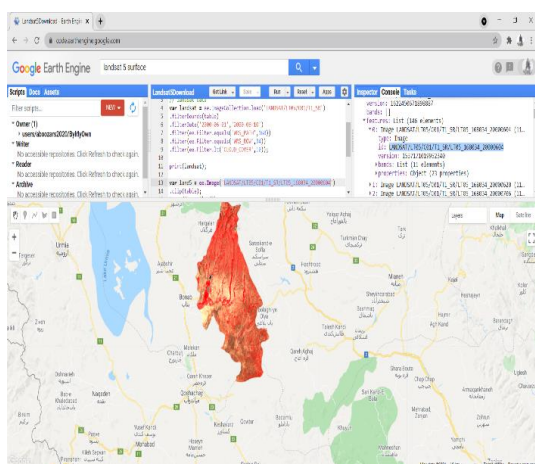
شکل (۲): تصویر تصحیح شده لندست ۸ (گوگل ارث انجین)



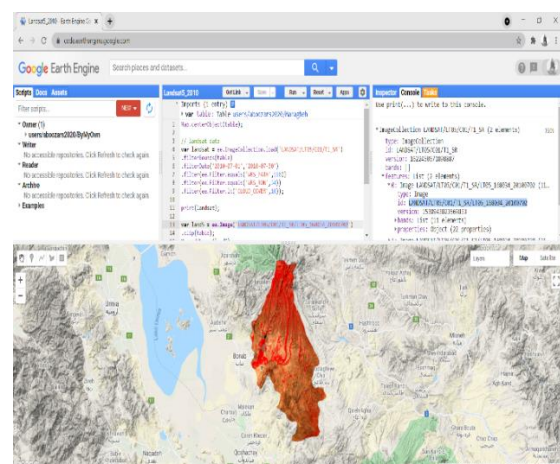
شکل (۵): انجام Pan Sharpening بر روی تصویر لندست ۸ سال ۲۰۲۰ (نگارندگان)



شکل (۴): کد دانلود لندست ۸ سال ۲۰۲۰ (نگارندگان)



شکل (۷): کد دانلود لندست ۵ سال ۲۰۱۰ (نگارندگان)



شکل (۶): کد دانلود لندست ۵ سال ۲۰۱۰ (نگارندگان)

```

3 // landsat data
4 var landsat5 = ee.ImageCollection.load('LANDSAT/LT05/C01/T1_SR')
5 .filterBounds(table)
6 .filterDate('2000-06-01', '2000-06-10')
7 .filter(ee.Filter.equals('WRS_PATH', 168))
8 .filter(ee.Filter.equals('WRS_ROW', 34))
9 .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER', 10));
10
11 print(landsat);
12
13 var landsat5 = ee.Image('LANDSAT/LT05/C01/T1_SR/LT05_168034_20000604')
    
```

شکل (۸): نمونه کد نوشته شده برای دانلود در سامانه گوگل ارث انجین (نگارندگان)

```

var lse = ndvi.expression('1.009 + 0.047 * log(ndvi)', {'ndvi':ndvi});
var emissivity1 = ndvi.where(ndvi.lt(-0.185), 0.995);
var emissivity2 = emissivity1.where(ndvi.gte(-0.185).and(ndvi.lt(0.157)), 0.985);
var emissivity3 = emissivity2.where(ndvi.gte(0.157).and(ndvi.lte(0.727)), lse);
var emissivity4 = emissivity3.where(ndvi.gt(0.727), 0.990);

var tir = img.select('B10');
var tirclip = tir.clip(table);
var bt = tirclip.multiply(0.1);

var lst = emissivity4
.expression('(bt)/(1 + ((bt * 10.895)/(14380.0)) * log(e))',
{'bt':bt, 'e':emissivity4});

var lstcel = lst.subtract(273.15);
    
```

شکل (۹): نمونه کد نوشته شده برای استخراج دمای سطح زمین در سامانه گوگل ارث انجین (نگارندگان)

شاخص NDVI

این شاخص طیفی برای مطالعه پوشش گیاهی از جهت میزان کلروفیل موجود در آن طراحی شده است. هر چه میزان کلروفیل موجود در گیاه بیشتر باشد به همان میزان شاخص NDVI افزایش پیدا می‌کند. بازه مقادیر در شاخص NDVI بین منفی یک تا مثبت یک متغیر است. عموماً مقادیر کمتر از صفر به عنوان نواحی مرطوب و آب در نظر گرفته می‌شوند. در این پژوهش به منظور به دست آوردن دقت بالاتر در طبقه‌بندی از این شاخص به عنوان یکی از پارامترها استفاده شد. این شاخص با رابطه (۸)

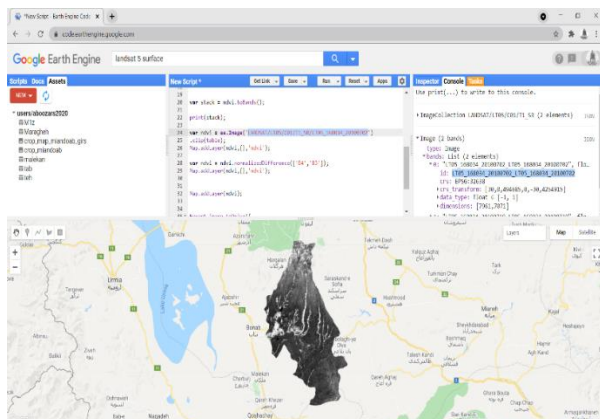
دست می‌آید که در شکل (۱۰) نمونه کد نوشته شده برای استخراج شاخص NDVI برای لندست ۸ نمایش داده شده است. این شاخص را نیز می‌توان مثل دانلود تصاویر سری لندست نیز از این سامانه قدرتمند استفاده کرد (شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳)؛ پس از محاسبه این شاخص در این سامانه و دانلود تصاویر محاسبه شده برای طبقه‌بندی و خروجی این شاخص از نرم‌افزار ArcMap 10.8 استفاده شد (شکل ۱۴). جدول (۲) نیز طبقه‌بندی شاخص NDVI برای سال‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

رابطه ۱ $NDVI = (B_{NIR} - B_{RED}) / (B_{NIR} + B_{RED})$

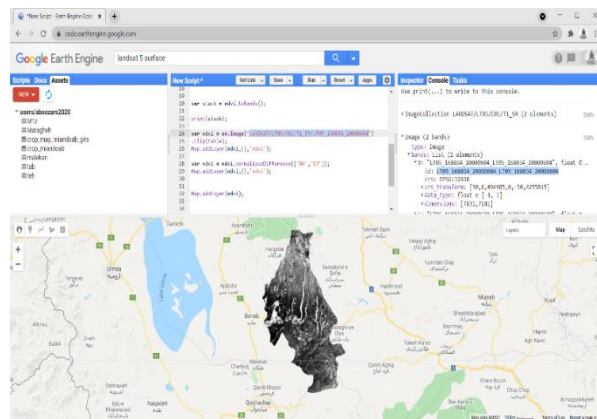
```

13 - var ndvi = landsat.map(function(img){
14     var index = img.normalizedDifference(['B5', 'B4']);
15     var clip = index.clip(table);
16     var id = img.id();
17     return clip.rename(id);});
18
19
20 var stack = ndvi.toBands();
21
22 print(stack);
23
24 var ndvi = ee.Image('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR/LC08_168034_20200526')
25 .clip(table);
26 Map.addLayer(ndvi, {}, 'ndvi');
27
28 var ndvi = ndvi.normalizedDifference(['B5', 'B4']);
29 Map.addLayer(ndvi, {}, 'ndvi');
    
```

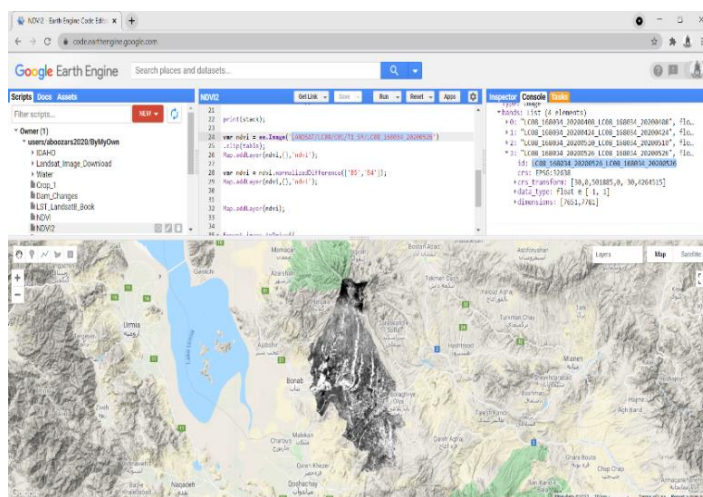
شکل (۱۰): بخشی از کد نوشته شده برای استخراج شاخص NDVI در سامانه گوگل ارث انجین (نگارندگان)



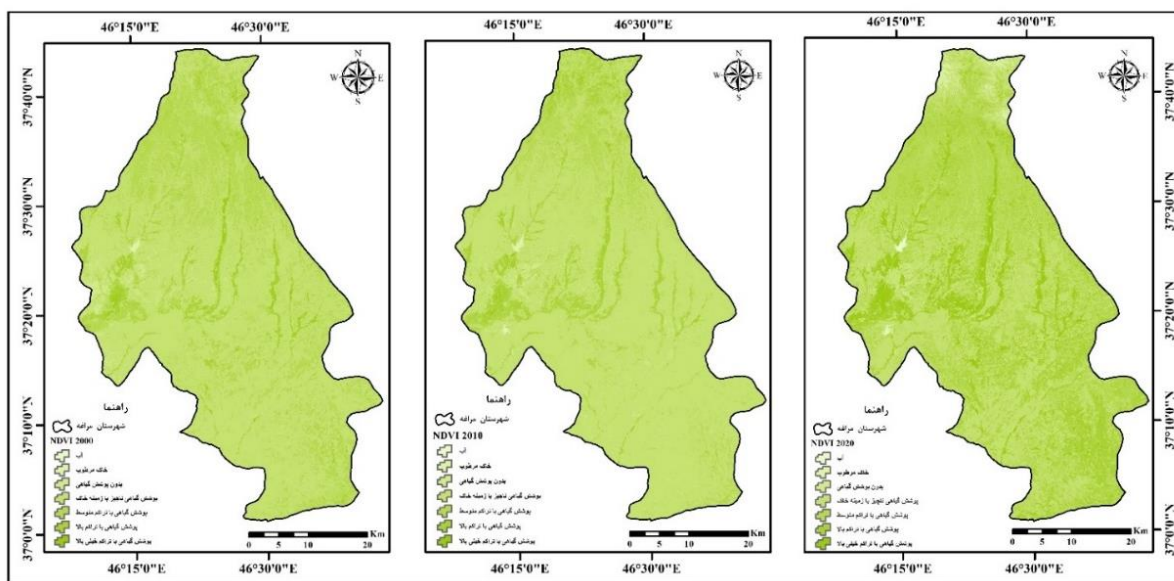
شکل (۱۲): NDVI سال ۲۰۱۰ در گوگل ارث انجین (نگارندگان)



شکل (۱۱): NDVI سال ۲۰۰۰ در گوگل ارث انجین (نگارندگان)



شکل (۱۳): NDVI سال ۲۰۲۰ در گوگل ارث انجین (نگارندگان)



شکل (۱۴): طبقه‌بندی شاخص NDVI برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ (نگارندگان)

نرمال را برای همه باندهای ورودی فرض می‌کند. پس از انتخاب روش طبقه‌بندی در مرحله بعد با استفاده ترکیب باندها برای هر کدوم از سری لندست نمونه‌های تعلیمی برای هر یک از کلاس‌ها به کمک گوگل ارث پرو با تنظیم تاریخ آن برای سال‌های مورد مطالعه از آن نیز کمک گرفته شد که تقریباً برای هر کدام از کلاس‌ها ۱۰۰ نمونه آزمایشی در محیط ENVI5.3.1 برداشته شد. پس از برداشته نمونه‌های تعلیمی برای طبقه‌بندی سال‌های مورد بررسی دوباره برای اعتبارسنجی در محیط گوگل ارث و تنظیم تاریخ آن از هر کدام از کلاس‌ها ۵۰ نمونه برای اعتبارسنجی دوباره برداشت شد.

اعتبارسنجی

یک فرآیند مهم در تعیین قابلیت اطمینان و دقت روش‌های طبقه‌بندی تصویر، ارزیابی نتایج است. در این پژوهش از روش ماتریس خطا استفاده شده است و سطح دقت بالای ۸۵ درصد به عنوان یک طبقه‌بندی کننده کاربری عالی و قابل اعتماد در نظر گرفته شد. تکنیک ماتریس خطا شامل آرایه‌ای از اعداد نمایش داده شده در ردیف‌ها و ستون‌ها است که تعداد پیکسل‌ها یا چند ضلعی‌های منسوب به کلاس پوشش زمین نسبت به کلاس واقعی روی زمین را نشان می‌دهد. این روش برای به دست آوردن آمار توصیفی و تحلیلی در ارزیابی دقت طبقه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. رابطه شماره ۲ که نشان‌دهنده نحوه محاسبه دقت کلی است در این رابطه C تعداد کلاس‌ها، N تعداد کل پیکسل‌های معلوم، E_{ii} اعضای قطری ماتریس خطا و O.A. دقت کلی طبقه‌بندی می‌باشد. در رابطه ۳ نیز که نحوه محاسبه ضریب کاپا می‌باشد در آن N تعداد کل پیکسل‌های واقعیت زمینی، X_{i+} مجموع عناصر سطر i ام و X_{+i} مجموع عناصر ستون i ام می‌باشند محاسبه می‌شود. دقت تولیدکننده و کاربر همان‌طور که پیشنهاد شد برای به دست آوردن دقت متوسط محاسبه گردید. دقت تولیدکننده احتمال طبقه‌بندی صحیح یک پیکسل مرجع است، در حالی که دقت کاربر احتمال طبقه‌بندی پیکسل بر روی هر نقشه است که نشان‌دهنده کلاس واقعی بر روی زمین یا موقعیت دنیای واقعی است.

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^C E_{ii}}{N} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\text{Kappa Coefficient (K)} = \frac{N \sum_{i=1}^k n_{i+n+i}}{N^2 \sum_{i=1}^k n_{i+n+i}} \quad \text{رابطه ۳}$$

جدول (۲): طبقه‌بندی شاخص NDVI برای سال‌های مورد مطالعه

بازه	طبقه‌بندی شاخص NDVI
۰ تا ۰/۳	خاک مرطوب
۰/۳ تا ۱	آب
۰ تا ۰/۱	بدون پوشش گیاهی
۰/۱ تا ۰/۳	پوشش گیاهی ناچیز با زمینه خاک
۰/۳ تا ۰/۵	پوشش گیاهی با تراکم متوسط
۰/۵ تا ۰/۷	پوشش گیاهی با تراکم بالا
۰/۷ تا ۱	پوشش گیاهی با تراکم خیلی زیاد

طبقه‌بندی

طبقه‌بندی تصاویر یکی از مؤثرترین روش‌های پردازش داده‌های تصاویر ماهواره‌ای است. طبقه‌بندی را می‌توان یک فرآیند تصمیم‌گیری دانست که در آن داده‌های تصویری به فضای کلاس‌های مشخص انتقال می‌یابند (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۶). این روش به تشخیص، شناسایی و طبقه‌بندی ویژگی‌های مختلف یک تصویر براساس کلاس‌های واقعی که در سطح زمین نشان می‌دهد، کمک می‌کند. روش‌های طبقه‌بندی را به طور مرسوم به دو دسته طبقه‌بندی‌های نظارت شده^(۵) و نظارت نشده^(۶) تقسیم می‌نمایند. روش‌های نظارت شده به اطلاعات اولیه‌ای نظیر تعداد کلاس‌ها، خصوصیات آن‌ها و همچنین مقداری نمونه‌های معلوم از هر کلاس نیاز دارد؛ در مقابل، روش‌های نظارت نشده بیشتر روش‌های خودکاری هستند، که به نمونه‌های معلوم نیازی ندارند و بر اساس مقادیر خود پیکسل‌ها در مورد طبقه‌بندی آنها تصمیم‌گیری می‌کنند (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۶). در بین تکنیک‌های طبقه‌بندی مختلف، طبقه‌بندی‌های نظارت شده بیشتر از طبقه‌بندی بدون نظارت مورد استفاده قرار می‌گیرند (لانگ و همکاران، ۲۰۰۸).

روش بیشترین شباهت

روش طبقه‌بندی نظارت شده را با استفاده از طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال (MLC) در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به دست آمده اتخاذ کردیم. اگرچه روش‌های متعددی برای اجرای طبقه‌بندی نظارت شده ابداع شده‌اند، طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال، که به‌عنوان قانون تصمیم‌گیری بیزی نیز شناخته می‌شود، به دلیل در دسترس بودن و فرآیند آموزش ساده یکی از پرکاربردترین الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده می‌باشد. مفهوم این روش احتمالات برابر را برای همه کلاس‌ها و توزیع

طیفی لایه بالای اتمسفر انجام می‌شود و سپس با استفاده از رابطه ۷ (رابطه پلانک) دمای روشنایی محاسبه می‌شود. در واقع در این مرحله واریانس طیفی به دمای جسم سیاه در سطح سنجنده تبدیل می‌شود. تا در فرمول محاسبه نهایی دمای سطح زمین استفاده شود.

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\gamma} + 1\right)} \quad \text{رابطه ۷}$$

محاسبه نهایی دمای سطح زمین با روش الگوریتم رابط معکوس تابع پلانک

دمای سطح زمین در این روش (بر مبنای میزان تابش الکترومغناطیسی جسم سیاه) با استفاده از رابطه ۸ به دست می‌آید (Sinha et al., 2014)

$$Ts = \frac{BT}{\left(1 + \left[\frac{\lambda \cdot BT}{\rho}\right] \cdot \ln 6\right)} \quad \text{رابطه ۸}$$

در این رابطه BT ، λ و ρ به ترتیب برابر با دمای درخشندگی باندهای حرارتی ۶ و ۱۰ طول موج و گسیل‌مندی و ρ برابر با مقدار ثابت ۲-۱۰ . ۱/۴۳۸ است (Milton & Ugur, 2016).

استخراج دمای سطح زمین

درجه حرارت سطح زمین می‌تواند اطلاعات مفیدی در رابطه با خصوصیات فیزیکی زمین و اقلیم که نقش به‌سزایی در فرایندهای محیط‌زیستی بازی می‌کنند فراهم نماید. دمای سطح زمین به عنوان نمایه‌ای از شدت گرما، از عناصر اساسی شناخت آب و هواست. در سنجش از دور دمای سطح زمین را که بالای جو به وسیله سنجنده‌ها به دست می‌آید دمای روشنایی می‌نامند این دما به علت پدیده‌های جذب و پخش جوی به نظر کمتر از دمای واقعی در سطح زمین است. برای تعیین دمای واقعی سطح زمین از الگوریتم‌های گوناگونی همچون رابطه معکوس تابع پلانک^(۷) استفاده می‌شود و در این پژوهش نیز به منظور به دست آوردن دمای سطح زمین از این الگوریتم استفاده شد. بعد از انجام طبقه‌بندی مربوطه و استخراج نقشه کاربری اراضی و تغییرات کاربری اراضی، به منظور محاسبه دمای سطح زمین در محدوده مورد مطالعه اقدام شد. در همین راستا از باند ۱۰ حرارتی سنجنده لندست ۸ و باند ۶ سنجنده لندست ۵ استفاده شد.

$$P.A.j = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^r X_{ij}} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$U.A.j = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^r X_{ij}} \quad \text{رابطه ۵}$$

تغییرات کاربری زمین و پوشش زمین

در این پژوهش از روش Thematic Change Workflow استفاده شد که این روش به این صورت است پس از طبقه‌بندی نشان می‌دهد که چه کاربری از سال مبدا به چه کاربری در سال مقصد تغییر یافته است که این مرحله از پردازش نیز در محیط Envi 5.3.1 انجام شد و سپس برای طبقه‌بندی و خروجی گرفتن از ArcMap 10.8 استفاده شد.

شاخص NDVI برای دمای سطح زمین

این شاخص طیفی برای مطالعه پوشش گیاهی از جهت میزان کلروفیل موجود در آن طراحی شده است. هر چه میزان کلروفیل موجود در گیاه بیشتر باشد به همان میزان شاخص NDVI افزایش پیدا می‌کند بازه مقادیر در شاخص NDVI بین منفی یک تا مثبت یک متغیر است. عموماً مقادیر کمتر از صفر به عنوان نواحی مرطوب و آب در نظر گرفته می‌شوند. مقادیر بین ۰/۱ تا ۰/۵ نیز پوشش‌های خاک و مراتع را شامل می‌شوند. مقادیر بیشتر از ۰/۵ نیز نشان‌دهنده پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه است. در این پژوهش به منظور به دست آوردن دقت بالاتر در طبقه‌بندی از این شاخص به عنوان یکی از پارامترها استفاده شد این شاخص با استفاده از رابطه (۶) به دست می‌آید. که در جدول (۳) میزان انتشارپذیری بر اساس پوشش گیاهی مشاهده می‌شود.

$$NDVI = \frac{(B_{NIR} - B_{RED})}{(B_{NIR} + B_{RED})} \quad \text{رابطه ۶}$$

جدول (۳): برآورد میزان انتشارپذیری با استفاده از NDVI

NDVI	Land surface emissivity (ε _i)
NDVI < -0.185	0.995
-0.185 ≤ NDVI < 0.157	0.970
0.157 ≤ NDVI < 0.727	1.0094 + 0.047ln(NDVI)
NDVI > 0.727	0.990

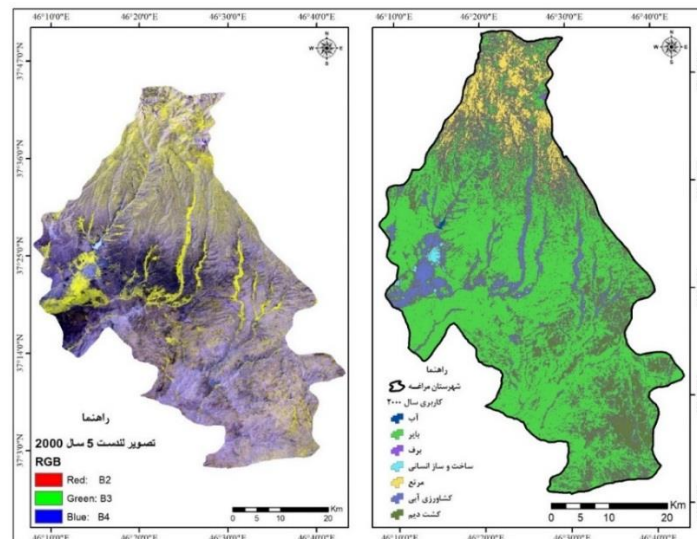
برآورد دمای روشنایی (BT)

دمای روشنایی تشعشع الکترومغناطیسی انتقالی رو به بالا از لایه بالای اتمسفر زمین است. فرایند تبدیل حرارتی با تبدیل مقادیر ارزش رقومی باندهای حرارتی خام سنجنده TIRS به رادیانس

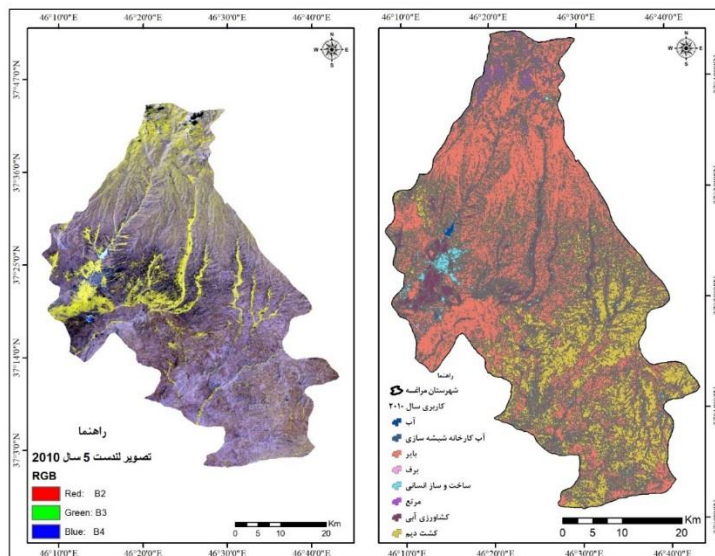
نتایج و بحث

کیلومتر مربع بود که ۱/۴ درصد را به خود اختصاص داده بود این کاربری در سال ۲۰۱۰ معادل با ۷۴/۷۵ کیلومتر مربع شده که ۳/۴۹ درصد از کل را به خود اختصاص داده و در سال ۲۰۲۰، ۱۸۸/۸۷ کیلومتر مربع معادل با ۸/۸۳ درصد از کل را به خود اختصاص داده که نشان می‌دهد همراه با افزایش جمعیت و احداث کارخانجات و شهرک صنعتی مساحت و درصد این کاربری از سال ۲۰۰۰ به ۲۰۲۰ به صورت صعودی بوده است؛ که در شکل (۱۷) نیز این روند صعودی مشاهده می‌شود. وجود برف نیز در این شهرستان که حوضه‌های آبخیز این شهرستان صوفی‌چای که سد علویان نیز بر روی این رودخانه احداث شده پس عبور از شهرستان بناب و دیگری حوضه آبخیز مردق‌چای که پس از عبور از شهرستان ملکان وارد دریاچه ارومیه می‌شوند و در آب‌های زیرزمینی و کشاورزی منطقه تاثیر دارد در سال ۲۰۰۰ مساحت آن برابر با ۸/۶۹ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۱۰ با توجه به این که به دلیل نبود تصویر بدون ابر در خرداد ماه تصویر سال ۲۰۱۰ در تیر ماه گرفته شد به فصل گرم نزدیک‌تر بوده برابر با ۳۷/۴۳ کیلومتر مربع بوده که نشان از افزایش بارش برف در این سال و در سال ۲۰۲۰ مساحت برف معادل با ۲۶/۹۶ کیلومتر مربع بوده است. مساحت مرتع در سال ۲۰۰۰ معادل با ۲۲۹/۷۶ کیلومتر مربع بوده چون پوشش برف نبوده و مراتع توده کوهستان سهند رویش داشته‌اند و در سال ۲۰۱۰ مساحت مرتع ۸۲/۸۰ کیلومتر مربع بوده که در شکل (۲۰) نقشه تغییرات مشاهده می‌شود که کاربری مرتع به برف تبدیل شده است و در سال ۲۰۲۰ مساحت مرتع برابر با ۱۷۹/۹۱ کیلومتر مربع بوده است.

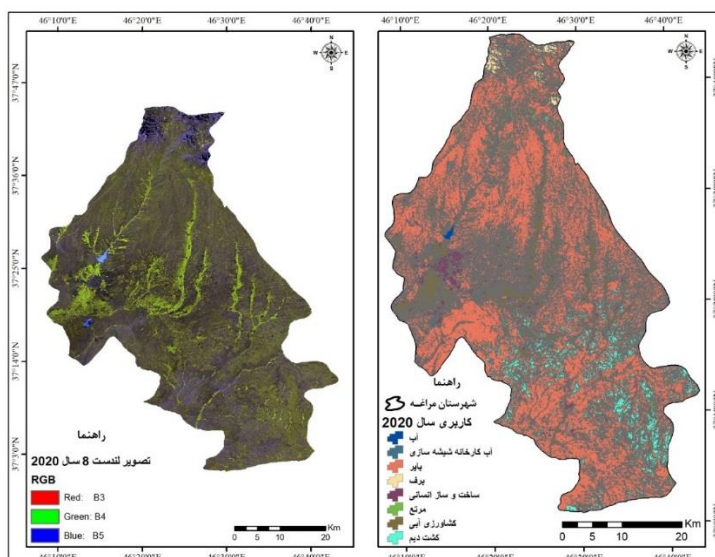
پس از اعمال تکنیک‌های طبقه‌بندی بر روی تصاویر ماهواره‌ای، نقشه کاربری زمین و پوشش زمین برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ استخراج شد. که تصاویر ۱۵، ۱۶ و ۱۷ به ترتیب نقشه کاربری اراضی را برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۰۰ به ۷ کلاس و در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ به دلیل احداث کارخانه شیشه‌سازی و جدا کردن آب آن از سایر آب‌های طبیعی دیگر کلاس جداگانه در نظر گرفته شد تا کلاس‌های طبقه‌بندی در این سال‌ها ۸ کلاس در نظر گرفته شود. مساحت کلاس‌های طبقه‌بندی شده برای سال‌های مورد مطالعه در جدول (۴) نشان داده شده است و همچنین مساحت این کاربری بر حسب کیلومتر مربع برای سال‌های مورد مطالعه به صورت نمودار در شکل (۱۸) و به صورت درصد در شکل (۱۹) نمایش داده شده است. بیشترین کلاس برای هر سه سال مورد مطالعه کلاس بایر بوده که به ترتیب در سال ۲۰۱۰، ۱۵۴۲/۱۷ کیلومتر مربع، سال ۲۰۱۰، ۱۵۷۷/۹۰ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۲۰، ۱۳۵۹/۵۸ کیلومتر مربع بوده است. کمترین کلاس آب فاضلاب کارخانه شیشه‌سازی بوده که اصلا در سال ۲۰۰۰ وجود نداشته و در سال‌های ۲۰۱۰ مساحت آن برابر با ۰/۹۴ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۲۰ برابر با ۱/۳۱ کیلومتر مربع بوده است که نشان می‌دهد همراه با گسترش کارخانه آب حاصل از این کارخانه نیز زمین بیشتری را به خود اختصاص داده است. و یکی از مهم‌ترین کلاس‌های در این مطالعه که ساخت و ساز انسانی است در سال ۲۰۰۰ مساحت این کاربری معادل با ۳۱/۶۳



شکل (۱۵): طبقه‌بندی شهرستان مراغه سال ۲۰۰۰ (نگارندگان)



شکل (۱۶): طبقه‌بندی شهرستان مراغه سال ۲۰۱۰ (نگارندگان)



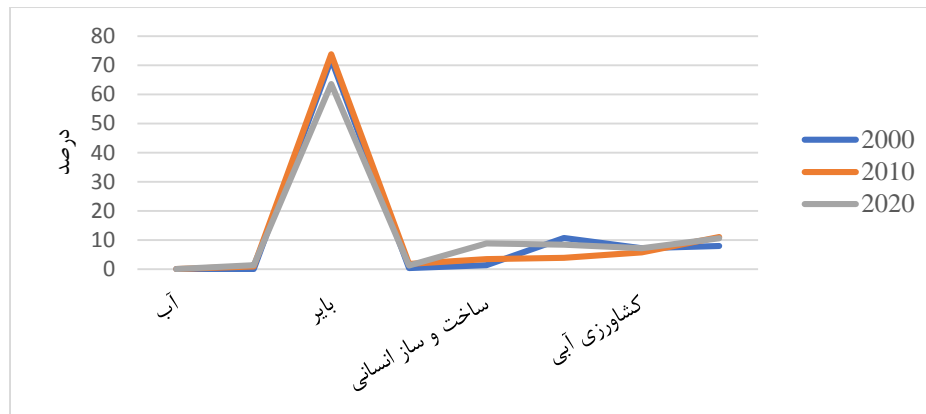
شکل (۱۷): طبقه‌بندی شهرستان مراغه سال ۲۰۲۰ (نگارندگان)

جدول (۴): مساحت و درصد کاربری‌ها و پوشش اراضی برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ (نگارندگان)

کاربری	۲۰۲۰		۲۰۱۰		۲۰۰۰	
	درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع
آب	۰/۰۹	۲/۰۱	۰/۰۸	۱/۸۵	۰/۰۷	۱/۷۰
آب کارخانه شیشه سازی	۰/۰۶	۱/۳۱	۰/۰۴	۰/۹۴	۰	۰
بایر	۶۳/۵۹	۱۳۵۹/۵۸	۷۳/۸۷	۱۵۷۷/۹۰	۷۲/۰۷	۱۵۴۲/۱۷
برف	۱/۲۶	۲۶/۹۶	۱/۷۵	۳۷/۴۳	۰/۴۰	۸/۶۹
ساخت و ساز انسانی	۸/۸۳	۱۸۸/۸۷	۳/۴۹	۷۴/۷۵	۱/۴	۳۱/۶۳
مرتع	۸/۴۱	۱۷۹/۹۱	۳/۸۷	۸۲/۸۰	۱۰/۷۳	۲۲۹/۷۶
کشاورزی آبی	۷/۱۸	۱۵۳/۶۱	۵/۸۰	۱۲۴/۰۲	۷/۲۲	۱۵۴/۵۸
کشت دیم	۱۰/۵۴	۲۲۵/۴۷	۱۱/۰۶	۲۳۶/۲۶	۸/۰۰	۱۷۱/۱۸



شکل (۱۸): مساحت کاربری‌ها برحسب کیلومتر مربع (نگارندگان)



شکل (۱۹): مساحت کاربری‌ها برحسب درصد (نگارندگان)

ضریب کاپا ۰/۹۵، برای سال ۲۰۱۰ صحت کلی ۹۹/۵۸ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۴ و برای سال ۲۰۲۰ صحت کلی معادل با ۹۷/۸۳ و ضریب کاپا برابر با ۰/۹۶ بوده است.

اعتبارسنجی (صحت کلی، ضریب کاپا، دقت تولید کننده و دقت کاربر) این پژوهش نیز به ترتیب در جدول‌های شماره ۵، ۶ و ۷ به ترتیب برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ را می‌توان مشاهده کرد که برای سال ۲۰۰۰ صحت کلی برابر با ۹۷/۶۰ درصد و

جدول (۵): دقت کلی، ضریب کاپا، دقت تولید کننده و دقت کاربر برای سال ۲۰۰۰

تولید کننده (Prod Acc)	کاربر (User Acc)	کلاس
۹۹/۰۱	۱۰۰/۰۰	آب
۹۷/۹۱	۹۹/۶۳	بایر
۹۶/۱۰	۹۶/۳۹	برف
۹۵/۶۴	۹۳/۹۵	ساخت و ساز انسانی
۹۷/۸۳	۹۴/۶۱	مرتع
۹۶/۸۰	۹۹/۳۸	کشاورزی آبی
۱۰۰/۰۰	۹۷/۹۴	کشت دیم
٪ ۹۷/۶۰		صحت کلی (Overall Accuracy)
۰/۹۵		ضریب کاپا (Kappa Coefficient)

جدول (۶): دقت کلی، ضریب کاپا، دقت تولید کننده و دقت کاربر برای سال ۲۰۱۰

کلاس	کاربر (User Acc)	تولید کننده (Prod Acc)
آب	۱۰۰/۰۰	۹۹/۷۴
آب کارخانه شیشه سازی	۹۸/۶۳	۹۸/۶۳
بایر	۹۹/۱۸	۹۷/۴۸
برف	۹۲/۷۵	۹۵/۱۶
ساخت و ساز انسانی	۹۷/۷۰	۹۵/۴۶
مرتع	۹۴/۳۷	۹۱/۹۳
کشاورزی آبی	۹۴/۱۳	۹۳/۶۷
کشت دیم	۹۱/۲۳	۱۰۰/۰۰
صحت کلی (Overall Accuracy)	% ۹۹/۵۸	
ضریب کاپا (Kappa Coefficient)	۰/۹۴	

جدول (۷): دقت کلی، ضریب کاپا، دقت تولید کننده و دقت کاربر برای سال ۲۰۲۰

کلاس	کاربر (User Acc)	تولید کننده (Prod Acc)
آب	۱۰۰/۰۰	۹۶/۳۶
آب کارخانه شیشه سازی	۹۶/۷۰	۱۰۰/۰۰
بایر	۹۹/۸۵	۹۷/۵۲
برف	۱۰۰/۰۰	۹۹/۷۸
ساخت و ساز انسانی	۹۴/۷۶	۹۸/۷۸
مرتع	۹۵/۸۶	۹۷/۶۷
کشاورزی آبی	۹۹/۹۸	۹۷/۶۰
کشت دیم	۹۸/۳۵	۹۷/۷۸
صحت کلی (Overall Accuracy)	% ۹۷/۸۳	
ضریب کاپا (Kappa Coefficient)	۰/۹۶	

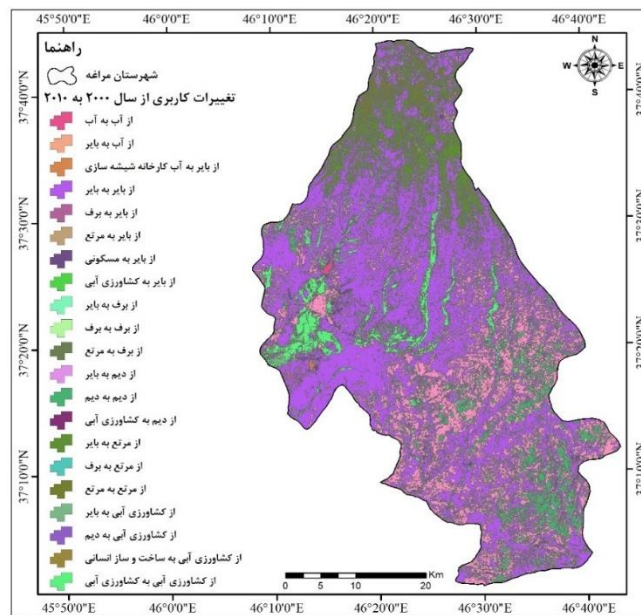
وسیع را پوشش می‌دهند (اندازه تقریبی صحنه برای ماهواره‌های Landsat 5 TM و Landsat 8 TIRS حدود ۱۷۰ کیلومتر از شمال به جنوب و ۱۸۳ کیلومتر از شرق به غرب است) و این منطقه با توپوگرافی و پوشش زمین تغییر می‌کند. نه تنها این موضوع، بلکه همچنین به دلیل این واقعیت که قدرت تفکیک مکانی تصاویر ماهواره‌ای معمولاً با اندازه‌گیری‌هایی که روی زمین انجام می‌شود، متفاوت است. براساس نتایج به‌دست آمده، میانگین دمای سطح زمین (شکل ۲۲ و جدول ۸) در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ به ترتیب برابر ۳۱/۱۹، ۳۶/۹۳ و ۲۸/۳۱ درجه سلسیوس می‌باشد که در سال ۲۰۱۰ نسبت به سال ۲۰۰۰، ۵/۷۴۰ درجه سلسیوس افزایش و در سال ۲۰۲۰، ۲/۸۸ درجه سلسیوس کاهش نسبت به سال ۲۰۰۰ مشاهده می‌شود. کاهش دمای حداکثری در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال‌های گذشته می‌تواند به تغییرات اقلیمی، تغییرات کاربری زمین یا حتی شرایط محیطی مرتبط باشد. حداقل

نتیجه به دست آمده شکل (۲۰) تغییرات کاربری‌ها را از سال ۲۰۰۰ به ۲۰۱۰ و شکل (۲۱) تغییرات کاربری‌ها را از سال ۲۰۱۰ به ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. که کاربری ساخت و ساز انسانی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ یعنی در ۲۰ سال گذشته همواره با رشد همراه بوده است و کاربری آب کارخانه شیشه‌سازی که در سال ۲۰۰۰ اثری از آن نبوده در سال ۲۰۱۰ در میان کاربری‌ها مشاهده می‌شود و در سال ۲۰۲۰ بر وسعت آن افزوده شده است که آبی همراه با اسید است که در سال‌های گذشته نیز برای کشاورزی اطراف بر اثر انحراف از مخزن خسارتی را بر کشاورزان منطقه وارد کرد.

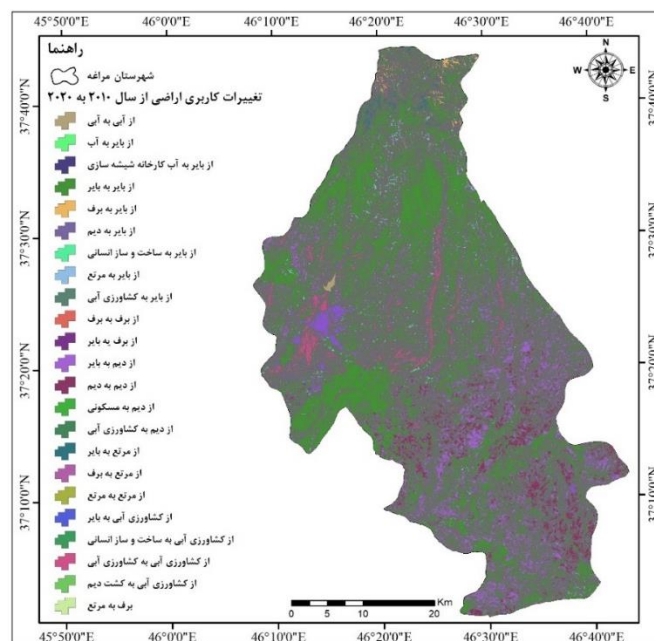
دمای سطح زمین در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰
یکی از چالش‌های استخراج دمای سطح زمین از فضا، ارزیابی دقت نتایج با استفاده از مقادیری است که روی زمین اندازه‌گیری شده‌اند. این امر به این دلیل است که تصاویر ماهواره‌ای یک منطقه

دارای کمترین دمای سطح زمین می‌باشند. بیشترین دماهای سطح زمین در مناطق پست، کاربری دیم، و همچنین در مناطقی با کاربری‌های انسان‌ساز مشاهده شد در حالی که کمترین دماها در مناطق با ارتفاع بالا و همچنین مناطقی که دارای پوشش گیاهی بودند مشاهده شد که نشان‌دهنده اهمیت پوشش گیاهی برای تعدیل کردن دمای سطحی در یک منطقه است.

و حداکثر میانگین دمای سطح زمین در سال ۲۰۰۰ به ترتیب ۶/۹۴ و ۵۵/۴۳ درجه سلسیوس بود که در سال ۲۰۲۰ حداقل میانگین دما ۲/۹۲ درجه سلسیوس و حداکثر میانگین دما ۲/۸۴ درجه سلسیوس کاهش پیدا کرده است. با توجه به نقشه‌های دمای سطح زمین به دست آمده در هر سه سال، بخش جنوبی منطقه مورد مطالعه دارای بیشترین دما و بخش شمالی منطقه مورد مطالعه



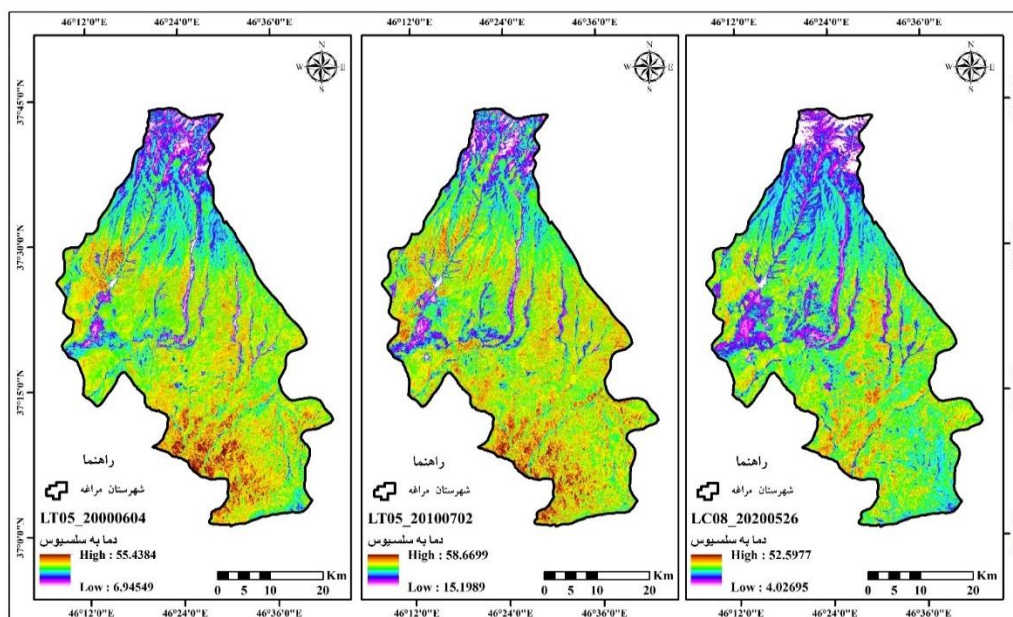
شکل (۲۰): تغییرات کاربری‌ها و پوشش اراضی از سال ۲۰۰۰ به ۲۰۱۰ شهرستان مراغه



شکل (۲۱): تغییرات کاربری‌ها و پوشش اراضی از سال ۲۰۱۰ به ۲۰۲۰ شهرستان مراغه

جدول (۸): میانگین دمای سطح زمین در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰

سال	حداقل	حداکثر	میانگین
۲۰۰۰	۶/۹۴۵۴۹	۵۵/۴۳۸۴	۳۱/۱۹۱۹
۲۰۱۰	۱۵/۱۹۸۹	۵۸/۶۶۹۹	۳۶/۹۳۴۴
۲۰۲۰	۴/۰۲۶۹۵	۵۲/۵۹۷۷	۲۸/۳۱۲۳



شکل (۲۲): دمای سطح زمین برای سال‌های مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

معادل $74/75$ کیلومتر مربع برابر با $3/49$ درصد از کل مساحت شهرستان و در سال ۲۰۲۰ مساحتی معادل $188/87$ کیلومتر مربع معادل $8/83$ درصد از کل شهرستان را شامل می‌شود که در طول این ۲۰ سال روند صعودی داشته است که نشان از افزایش جمعیت و به دنبال آن ساخت و ساز انسانی افزایش داشته است. یکی دیگر از تغییرات قابل توجه در این منطقه مورد مطالعه نبود کارخانه شیشه‌سازی در سال ۲۰۰۰ بوده که در سال ۲۰۱۰ آب فاضلاب آن مساحتی معادل $0/94$ کیلومتر مربع برابر با $0/4$ درصد از کل مساحت محدوده مورد مطالعه و در سال ۲۰۲۰ مساحت فاضلاب آن $1/31$ کیلومتر مربع مساحتی معادل $0/06$ درصد از کل مساحت را شامل می‌شود که آب این فاضلاب در اثر افزایش آن و انحراف از مخزن‌ها در سال‌های گذشته خساراتی را به کشاورزان اطراف کارخانه وارد کرده است. در نقشه‌های دمای سطح زمین مشاهده شد که مناطقی که دارای پوشش گیاهی بوده دمای کمتری را نسبت به سایر مناطق شهرستان مراغه داشته‌اند. تشخیص تغییر توسط این تکنولوژی‌ها در زمان کمتر، هزینه کمتر و دقت بهتر

این مطالعه برای شهرستان مراغه یکی از استان‌های آذربایجان شرقی در شمال غرب ایران برای تغییرات کاربری زمین و پوشش اراضی در رابطه با دمای سطح زمین انجام شد. این مطالعه به وضوح نشان داد که سنجش از دور ماهواره‌ای همراه با کمک GIS می‌تواند یک ابزار قدرتمند برای ارزیابی تغییرات کاربری زمین و پوشش زمین و همچنین استخراج دمای سطح زمین در یک منطقه خاص باشد. در این مطالعه تغییرات کاربری زمین و پوشش زمین شهرستان مراغه برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ با استفاده از تصاویر لندست ۵ و لندست ۸ مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش برای دانلود تصاویر و محاسبه شاخص NDVI و همچنین محاسبه دمای سطح زمین به روش پلانک از سامانه گوگل ارث انجین استفاده شد تا در زمان و هزینه (اینترنت) صرفه‌جویی گردد. در این پژوهش کاربری زمین انسان‌ساخت در سال ۲۰۰۰، $31/63$ کیلومتر مربع معادل $1/4$ درصد از کل مساحت شهرستان مراغه را شامل می‌شد در حالی که در سال ۲۰۱۰، این کاربری مساحتی

امکان پذیر می‌شود. مطالعه حاضر نشان می‌دهد که سنجش از دور و GIS فن‌آوری‌های مهمی برای تجزیه و تحلیل زمانی و کمی‌سازی پدیده‌های فضایی هستند که در غیر این صورت تلاش از طریق تکنیک‌های نقشه‌برداری مرسوم امکان‌پذیر نیست. تشخیص تغییر توسط این تکنولوژی‌ها در زمان کمتر، هزینه کمتر و دقت بهتر امکان‌پذیر می‌شود. دلیل اصلی تغییرات کاربری زمین و پوشش زمین شامل رشد سریع جمعیت، مهاجرت روستایی به شهری، طبقه‌بندی مجدد مناطق روستایی به عنوان مناطق شهری، عدم ارزیابی خدمات اکولوژیکی، فقر، نادیده گرفتن

محدودیت‌های بیوفیزیکی، و استفاده از فن‌آوری‌های سازگار اکولوژیکی است.

یادداشت‌ها

1. Land use & Land cover
2. Hassan
3. Maximum Likelihood Classification
4. Google Earth Engine
5. Supervised Classification
6. Unsupervised Classification
7. Plank

منابع

- اسمعیل‌پور، ف.؛ سرائی، م.؛ رضایی، م. و اسمعیل‌پور، ن. ۱۳۹۸. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و تعیین الگوی رشد شهری با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف و تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه (مورد پژوهش: شهر اراک). کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی. ۷(۱) ۱۱۳-۱۴۷.
- اکبری، م. و رضایی، م. ر. ۱۳۹۷. ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در منطقه سه کلان‌شهر اصفهان. نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری. ۹(۳۴) ۹۳-۱۰۴.
- بکائیان، ف.؛ شمسی‌پور، ع. ا. و علی‌خواه‌اصل، م. ۱۳۹۹. پایش روند تغییرات کاربری اراضی با تاکید بر توسعه فیزیکی شهر تهران. علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۲۲(۱) ۶۱-۷۸.
- جعفری، ف.؛ موذنی، م. و بدلی، ا. ۱۳۹۹. آینده‌پژوهی تغییرات کاربری اراضی شهری در کلان‌شهر تبریز. ۱۰(۲): ۱-۲۲.
- حق‌بین، م. و دریاباری، ج. ۱۳۹۶. بررسی تغییر کاربری اراضی شهری (مطالعه موردی منطقه ۱ شهر تهران). نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی. ۹(۴) ۱۱۱-۱۱۹.
- رجب‌زاده، ف. ۱۳۹۵. تغییرات کاربری اراضی جنوب غرب تهران با استفاده از تکنیک سنجش از دور و زنجیره مارکوف. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۶(۲) ۵۹-۷۰.
- رضایی، م. ر. و رحیمی، ا. ۱۳۹۲. بررسی علل تغییر کاربری اراضی در طرح‌های تفضیلی شهری و تاثیر آن بر خدمات شهری (مطالعه موردی: شهر مرودشت). پژوهش و برنامه‌ریزی شهری. ۴(۱۳) ۷۷-۹۶.
- سبزقبایی، غ.؛ راز، س.؛ دشتی، س. و یوسفی خانقاه، ش. ۱۳۹۶. مطالعه تغییرات کاربری اراضی به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: شهرستان اندیمشک). جغرافیا و توسعه. ۱۵(۴۶) ۳۵-۴۲.
- سبزقبایی، غ.؛ جعفرزاده، ک.؛ دشتی، س.؛ یوسفی خانقاه، ش. و بزم آرا بلشتی، م. ۱۳۹۶. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان قائم شهر). علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۹(۳) ۱۴۳-۱۵۷.
- سلیمانی، ک. ۱۳۹۹. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهر ساری با استفاده از سنجش از دور. مطالعات ساختار و کارکرد شهری. ۷(۲۴) ۷۲-۵۷.
- سنجری، ص. و برومند، ن. ۱۳۹۲. پایش تغییرات کاربری / پوشش اراضی در سه دهه گذشته با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: منطقه زرنده استان کرمان). کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی. ۴(۱) ۵۷-۶۷.
- فارسی، ج. و یوسفی، م. ۱۳۹۲. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: دشت بجنورد). ۲(۷) ۹۵-۱۰۶.

- عابدینی، م.، بهرامی‌نیا، ف.، مصطفی‌زاده، ر.، و پاسبان، ا.ح (۱۴۰۲). بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی در یک دوره بیست سال بر میزان فرسایش و رسوب حوضه رضی‌چای. فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۲(۴۵): ۱۱۴-۱۳۳.
- عابدینی، م.؛ قلعه، ا.؛ آقازاده، ن.؛ و محمدزاده شیشه‌گران، م. (۱۴۰۱). پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۲(۶۷): ۳۷۵-۳۹۳.
- عابدینی، م.؛ محمدزاده شیشه‌گران، م.، قلعه، ا. (۱۴۰۱). پایش و برآورد وسعت مناطق دچار حریق بخشی از کوهستان زاگرس با استفاده از تصاویر ماهواره لندست. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. ۳۳(۴): ۶۲-۴۹.
- کریمی فیروزجایی، م.؛ کیاورز، م. و کلانتری، م. ۱۳۹۷. پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و گسترش فیزیکی شهر بابل در دوره زمانی ۱۳۶۴-۱۴۱۹ با استفاده از تصاویر چندزمانه لندست. برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، ۵(۷): ۳۲-۵۲.
- مظاهری، م.؛ اسفندیاری، م.؛ مسیح‌آبادی، م. و کمالی، ا. ۱۳۹۲. پایش تغییرات زمانی کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: جیرفت، استان کرمان). کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی. ۴(۲): ۲۵-۳۹.
- یوسفی، م.؛ میکاییلی، ج.؛ اشرفی، ع. و نیسانی‌سامانی، ن. ۱۳۹۶. آشکارسازی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور، مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار (مطالعه موردی: شهر بجنورد). آمایش جغرافیایی فضا، ۷(۲۷): ۱-۱۷.
- درویشی، ش.؛ پور، م. ر. و سلیمانی، ک. ۱۳۹۷. بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌های مطالعه موردی: شهرستان مریوان. فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۱۷(۵۴): ۱۴۳-۱۶۲.
- کاکه ممی، آ.؛ قربانی، ا.؛ اصغری سراسکانرود، ص.؛ قلعه، ا. و غفاری، س. ۱۳۹۹. بررسی رابطه تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی با دمای سطح زمین در شهرستان نمین. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۱(۲): ۲۷-۴۸.
- ابراهیمی، ع.؛ صفرزاد، ط. و جانبازقبادی، غ. ۱۴۰۲. ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر آلودگی سطحی و دمای سطح زمین مطالعه موردی: شهرهای ساری تا چالوس. جغرافیای طبیعی، ۱۶(۱): ۱-۱۴.
- روکی، ز.؛ محمدی، ح. و زندی، ر. ۱۴۰۲. نقش تغییرات کاربری اراضی بر شکل‌گیری دمای سطح زمین در شهرها مطالعه موردی: شهر اصفهان. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۵۵(۳): ۱-۱۷.
- Adeyeri, O. E., Zhou, W., Laux, P., Wang, X., Dieng, D., Widana, L. A., & Usman, M. (2023). Land use and land cover dynamics: Implications for thermal stress and energy demands. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 179, 113274.
- Chen, H., Deng, Q., Zhou, Z., Ren, Z., & Shan, X. (2022). Influence of land cover change on spatio-temporal distribution of urban heat island -a case in Wuhan main urban area. *Sustainable Cities and Society*, 79, 103715.
- Erasu, D. 2017. Remote sensing-based urban land use/land cover change detection and monitoring. *Journal of Remote Sensing & GIS*. 6:1-5.
- Hegazy, I. R. & Kaloop, M. R. 2015. Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate. *International Journal of Sustainable Built Environment*. 4:117-124.
- Lu, D., Mausel, P., Brondi' zio E. & Moran, E. 2004. Change detection techniques, *INT. J. Remote Sensing*. 25,
- Milton, I N., & Ugur, A. 2016. Application of Open-Source Coding Technologies in the Production of Land Surface Temperature (LST) Maps from Landsat: A PyQGIS Plugin; *Remote Sensing*. 8, 413.
- Pu, R., Gong, P., Michishita, R., & Sasagawa, T. (2006). Assessment of multi-resolution and multi-sensor data for urban surface temperature retrieval. *Remote Sensing of Environment*, 104(2): 211-225.
- Rossi, M. L., Kremer, P., Cravotta, C. A., Scheirer, K. E., & Goldsmith, S. T. (2022). Long-term impacts of impervious surface cover change and roadway deicing agent application on chloride concentrations in exurban and suburban watersheds. *Science of the Total Environment*, 851, 157933.
- Samal, D. R. & Gedam, S. S. 2015. Monitoring land use changes associated with urbanization: An object based image analysis approach. *European Journal of Remote Sensing*. 48:85-99.

- Sankhala, S., & Singh, B. K. 2013. Evaluation of Urban Sprawl and Land use Land cover Change using Remote Sensing and GIS Techniques: A Case Study of Jaipur City, India. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 4:66-72.
- Shahfahad, N., Naikoo, M. W., Islam, A. R. M. T., Mallick, J., & Rahman, A. 2022. Land use/land cover change and its impact on surface urban heat island and urban thermal comfort in a metropolitan city. *Urban Climate*, 41, 101052.
- Sinha, S.; Pandey, P.C.; Sharma, L.K.; Nathawat, M.S.; Kumar, P.; & Kanga, S. 2014. Remote estimation of land surface temperature for different lulc features of a moist deciduous tropical forest region. In *Remote Sensing Applications in Environmental Research*; Springer: Berlin, Germany; Heidelberg, Germany: 57-68.
- Tahooni, A., Kakroodi, A., & Kiavarz, M. (2023). Monitoring of land surface albedo and its impact on land surface temperature (LST) using time series of remote sensing data. *Ecological Informatics*, 75, 102118.
- Wang, Q., & Tenhunen, J. D. (2004). Vegetation mapping with multitemporal NDVI in North Eastern China Transect (NECT). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6(1): 17-31.

Examination of the Relationship Between Land Use/Cover Change with Surface Temperature (Case Study of the City of Maragheh in 2000, 2010 and 2020)

Mousa Abedini^{*1}; Aboozar Sadighi², Nader Sarmasty³

1. Professor, Department of Physical Geography, (Geomorphology), University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. Email: abedini@uma.ac.ir.
2. PhD Student in Department of Physical Geography, (Geomorphology), University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. Email: aboozarsadeghi@uma.ac.ir
3. PhD in Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. nadersarmasty@gmail.com

(Received: 2024/11/27

Accepted: 2025/06/02)

Abstract

Monitoring land use/land cover (LULC) dynamics plays a vital role in developing strategies for sustainable urban development. In this study, we examined LULC changes in Maragheh for the years 2000, 2010, and 2020 using remote sensing and GIS techniques. In 2000, land use/cover was classified into seven categories. By 2010 and 2020, due to the construction of a glass factory and the separation of its wastewater from other water sources, an eighth category was added. The final eight classes included: water, wastewater from the glass factory, bare land, snow, built-up areas, aquaculture, rainfed agriculture, and irrigated agriculture—revealing both increases and decreases across various land cover types. Built-up areas increased significantly, from 31.63 km² in 2000 to 74.75 km² in 2010, and further to 188.87 km² in 2020, indicating substantial urban expansion. The glass factory's wastewater, which contains toxic substances and has caused harm to nearby agricultural lands due to canal diversion in recent years, did not exist in 2000. However, it covered 0.94 km² in 2010 and expanded to 1.31 km² by 2020. Surface temperature analysis showed that areas with vegetation or water exhibited higher temperatures compared to urban or bare land areas. Understanding the relationship between LULC changes and surface temperature can support the planning, implementation, and monitoring of development strategies aimed at meeting growing human needs while promoting sustainable land management.

Key words: Land use/cover change, Maragheh, Remote sensing, Surface temperature.

* Corresponding author:

Email: abedini@uma.ac.ir