



جغرافیا و روابط انسانی، زمستان ۱۴۰۲، دوره ۶، شماره ۳، صص ۳۷-۲۲

واکاوی و ارزیابی ارتباط بین دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص پوشش گیاهی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز خیاوچای، مشگین شهر)^۱

موسی عابدینی*^۱، امیرحسام پاسبان^۲

۱. استاد، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی، اردبیل، ایران.

Abedini@uma.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی، اردبیل، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۹

چکیده

بررسی وضعیت پراکندگی تابش‌های حرارتی و ارتباط آن با نوع کاربری‌های موجود در شناخت میکروکلیمای مناطق مورد مطالعه دارای اهمیت است. از آنجا که تغییرات کاربری اراضی در سطوح وسیع و گسترده صورت می‌گیرد بنابراین تکنولوژی سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و سامانه‌های بروز همچون سامانه گوگل ارث انجین ابزاری ضروری، کارآمد و با ارزش جهت پایش تغییرات می‌باشد. بنابراین هدف از این پژوهش واکاوی و ارزیابی ارتباط بین دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص پوشش گیاهی در حوضه آبخیز خیاوچای مشگین‌شهر در استان اردبیل می‌باشد. در همین راستا جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده گردید. در مرحله بعد با انجام تصحیحات اتمسفری و رادیومتریک اقدام به جمع‌آوری نمونه‌های آموزشی از سطح منطقه انجام شد در همین راستا جهت بالا بردن دقت کار از تصاویر گوگل ارث و بازدید میدانی از منطقه مورد مطالعه نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی ماشین‌بردار پشتیبان (SVM) در ۶ کلاس کاربری (مناطق مسکونی، برفی، آبی، مراتع، کشاورزی آبی و دیم) تهیه شد. در گام بعد مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ محاسبه شد که به ترتیب برابر با ۰/۸۹، ۹۱/۶۱ و ۰/۹۴، ۹۴/۱۶ درصد به دست آمد. سپس اقدام به تهیه نقشه‌های شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین حوضه مورد مطالعه در محیط برنامه نویسی گوگل ارث انجین انجام گردید. نتایج نشان داد که میانگین دمای سطح زمین برای ماه خرداد سال ۱۳۸۱ با بیشینه دما ۳۸/۷۱ درجه سانتی‌گراد در قسمت‌های شمالی حوضه خیاوچای و وقوع پیوسته است و کمینه دما در نواحی جنوبی با متوسط دمای ۱۵/۸۷ درجه سانتی‌گراد رخ داده است. از طرفی وضعیت میانگین دمای ماه خرداد برای سال ۱۴۰۱ نشان داد که هسته حرارت گرمایی نسبتاً در عرض‌های بالاتر متمرکز یافته است و این رابطه مستقیمی را با شاخص پوشش گیاهی دارد. از طرفی بر اساس نتایج به دست آمده تخریب پوشش گیاهی در نواحی شمالی حوضه خیاوچای و محدود شدن آن به عرض‌های پایین بر تمرکز حرارت گرمایی در قسمت‌های شمالی حوضه مذکور منجر شده است.

کلیدواژه‌ها: دمای سطح زمین، کاربری اراضی، شاخص پوشش گیاهی، حوضه خیاوچای.

^۱ مقاله مستخرج از طرح پژوهشی نوع دوم به شماره قرار داد ۱۴۰۲/د/۹/۱۱۴۸۰ است که با حمایت دانشگاه محقق اردبیلی انجام شده است. مجری طرح: جناب آقای دکتر موسی عابدینی.

مقدمه

دمای سطح زمین (LST) یک عامل اساسی در روند فیزیکی و تعامل بین زمین و جو است که بر تعادل انرژی سطح، آب و هوای منطقه‌ای و مبادلات انرژی تاثیر می‌گذارد و یکی از مهم‌ترین داده‌های ثبت شده توسط ماهواره‌ها در دهه‌های اخیر می‌باشد (Ndoosi and Avdan, 2016). داده‌های LST می‌تواند اطلاعاتی را درباره تغییرات مکانی و زمانی سطح زمین در کاربردهای مختلف در مقیاس جهانی ارائه دهد و به طور گسترده‌ای در بسیاری از مطالعات از جمله تخمین موجودی انرژی، پایش رطوبت و تبخیر و تعرق، تغییرات آب و هوایی، جزیره گرمایی شهری، نظارت بر پوشش گیاهی، مطالعات آب و هوایی شهری و نظارت بر آتش سوزی جنگل و مطالعات زمین‌شناسی و زمین گرمایی و زیست محیطی مورد استفاده قرار گرفته است (محمدی و همکاران، ۱۴۰۰). بر اساس گزارش سازمان ملل متحد، پیش‌بینی می‌شود که در صورت تداوم میزان کنونی شهرنشینی، نسبت جمعیت انسانی ساکن در شهرها تا سال ۲۰۵۰ از ۵۵ درصد به ۷۰ درصد افزایش یابد (UNFPA, 2020). انتظار می‌رود رشد سریع جمعیت در مناطق شهری بر مناطق روستایی و منابع طبیعی اطراف فشار وارد کند. این سناریو منجر به کاهش ناگهانی پوشش گیاهی، تالاب‌ها و زمین‌های کشاورزی می‌شود که به تخریب محیط‌زیست و اکوسیستم‌ها کمک می‌کند و در نهایت اثرات نامطلوبی بر محیط‌های ساخته‌شده در قالب‌های تغییرات آب و هوایی، گرمای بیش از حد شهری و نرخ بارندگی سنگین ایجاد می‌کند. (Bai et al., 2018; Mohammad et al., 2019). جایگزینی سریع پوشش گیاهی و محیط طبیعی توسط سطوح غیرقابل نفوذ (تغییر کاربری زمین/پوشش زمین (LULC) بر محیط‌های محلی و منطقه‌ای تأثیر می‌گذارد (Jamei et al., 2022). تخلیه زمین‌های سبز، غلظت سطوح بتنی و آسفالتی، کاهش منابع آب زیرزمینی و کاهش سطح آب در مناطق شهری نمونه‌هایی از تغییرات LULC هستند. تغییرات LULC به طور بالقوه می‌تواند منجر به تغییر دمای سطح زمین (LST) شود (Mahato and Pal., 2018). افزایش مقادیر LST با کاهش مناظر طبیعی (پوشش گیاهی) در شهرها، افزایش سطوح غیرقابل نفوذ، بازتاب کم مصالح ساختمانی شهری و افزایش گرمای انسانی مرتبط است. در واقع، سطوح غیرقابل نفوذ شامل مناطق ساخته شده در شهرها، جاده‌ها و مزارع صنعتی است و تابش خورشیدی ورودی موج کوتاه را جذب کرده و تابش امواج بلند خروجی را کاهش می‌دهد (Ranagalage et al., 2018). تاکنون مطالعات زیادی در رابطه با ارتباط دمای سطح زمین با کاربری اراضی در داخل و خارج کشور انجام شده که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود برای مثال، Xiao و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM دمای سطح زمین را بازیابی کرده و ارتباط آن را با درصد نفوذناپذیری زمین را به صورت جداگانه تحلیل کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که همبستگی دما و نفوذناپذیری زمین با افزایش توان تفکیک مکانی قوی‌تر می‌شود. Nonomura و همکاران (۲۰۰۹) به منظور بررسی رابطه بین جزایر حرارتی با پوشش گیاهی و افزایش جمعیت در منطقه تاکاماتسو پرداختند و به این نتیجه رسیدند مناطقی که پوشش گیاهی کاهش یا جمعیت انسانی افزایش

داشته، روند گرما و ایجاد جزایر حرارتی افزایش یافته است. در پژوهشی دیگر Imran و همکاران (۲۰۲۱) جهت بررسی تاثیر تغییرات پوشش زمین بر دمای سطح زمین در سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۷ و ۲۰۲۰ در شهر داکا بنگلادش پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و شاخص NDBI همبستگی منفی وجود دارد. از طرفی بین دمای سطح زمین و شاخص NDVI همبستگی مثبتی برقرار است. در پژوهشی دیگر Traore و همکاران (۲۰۲۱)، به ارزیابی و پایش تغییرات کاربری و پوشش زمین و تاثیر آن بر دمای سطح زمین در بانگو جمهوری آفریقای مرکزی پرداختند. نتایج آن‌ها بیانگر این بود که به موازات تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۷ متوسط دمای سطح زمین در شهر روندی افزایشی داشته است. همچنین بین شاخص NDBI و LST یک همبستگی مثبت و بین LST و NDVI یک رابطه منفی برقرار است. Nasir و همکاران (۲۰۲۲)، به منظور ارزیابی تغییرات کاربری زمین و تاثیر آن بر دمای سطح زمین در شهر کوهات پاکستان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده این بود که دمای سطح زمین از متوسط ۳۱/۸۱ سال ۱۹۹۸ به ۳۶/۱۷ در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است. همچنین بر اساس این پژوهش بیشترین تغییر دمای سطح زمین در مناطق پرجمعیت و کمترین آن در آب و باغات رخ داده است. در ایران نیز اکبری و همکاران (۱۳۹۴)، در پژوهشی به ارزیابی دمای سطح زمین در ارتباط با روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در حوضه آبخیز طالقان پرداختند و متوجه شدند که بیشترین تغییرات کاربری اراضی در اراضی مرتعی هست که به اراضی بایر تبدیل شده‌اند. علاوه بر این افزایش بیابانزایی و کاهش پوشش گیاهی روند افزایش دمای سطح زمین (LST) را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بیشترین میزان دمای سطح زمین نیز در مناطق مسکونی و اراضی بایر با رخنمون سنگی مشهود است که با گذشت سالان متممادی نیز روند افزایش دما قابل بحث است. انتظاری و همکاران (۱۳۹۵)، جهت پایش دمای سطح زمین و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبخیز دریاچه پریشان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین تغییرات کاربری اراضی در کاربری دریاچه به چشم می‌خورد که حدود ۹۷/۳۵ درصد وسعت دریاچه در این دوره ۱۳ ساله تخریب شده و بخش عمده‌ای از آن به زمین‌های بایر و اراضی کشاورزی تغییر کاربری داده است. از طرفی دیگر بیابانزایی و کاهش پوشش گیاهی روند افزایش دمای سطح زمین را تحت تاثیر قرار می‌دهد. که بیشتر میزان LST مربوط به نمک‌زارها و اراضی بایر با رخنمون سنگی مشهود است. در پژوهشی دیگر درویشی و همکاران (۱۳۹۶)، به بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که پوشش گیاهی روندی کاهشی را داشته به طوری که روند این تغییرات بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۰ حدود ۷/۲۱ کیلومتر مربع و از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ حدود ۶۴/۱۵ کیلومتر مربع بوده است. از طرفی زمین‌های کشاورزی و بایر به ترتیب روندی کاهشی و افزایشی را داشته‌اند و روند دمایی شهرستان مریوان نیز افزایشی بوده است به طوری که این تغییرات از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷ به میزان ۵ درجه سلسیوس بوده که به دمای شهرستان اضافه شده است. همچنین در این مطالعه به منظور تعیین رابطه بین دمای سطح و تغییرات کاربری‌ها،

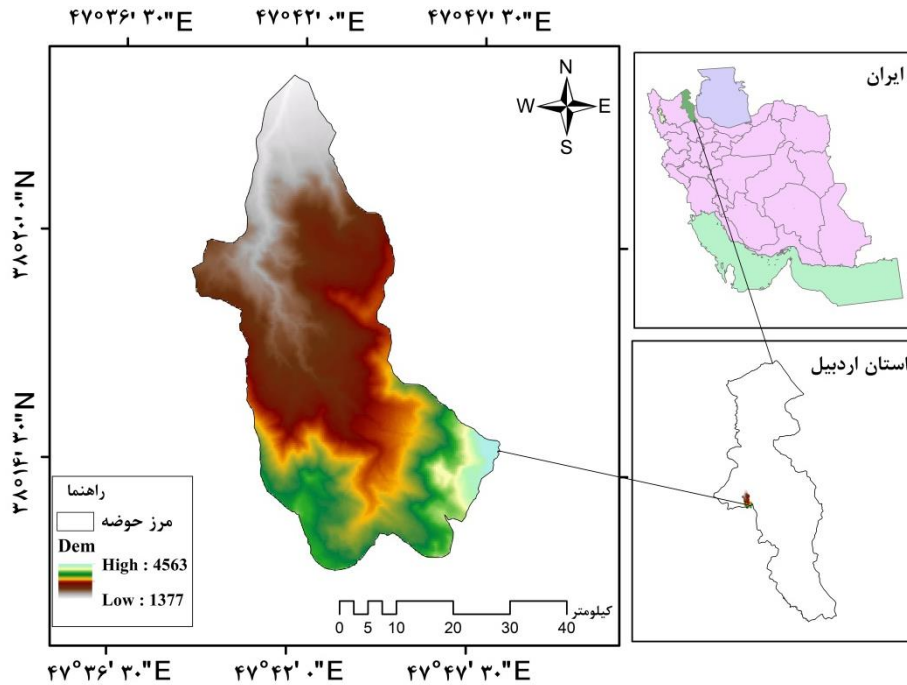
حداکثر دمای هر کاربری محاسبه شد. نتایج به دست آمده نشان می دهد، با افزایش مساحت زمین های مسکونی و بایر و همچنین با کاهش پوشش گیاهی و زمین های کشاورزی در دوره های مورد مطالعه، دما روند افزایشی داشته است. جمالی و همکاران (۱۳۹۸)، جهت تحلیل ارتباط دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده در دشت گرگان مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن ها نشان داد که کاربری بایر به دلیل نداشتن پوشش حفاظتی دارای دمای بیش تری (۴۵/۹۶ درجه سانتی گراد) است. در حالی که کاربری زراعت آبی با دمای ۳۴/۰۳ درجه سانتی گراد کم ترین میانگین دمایی را در بین سایر کاربری ها داشت. در مجموع مناطقی که پوشش گیاهی متراکم تری مانند جنگل دارند میزان LST کم تری از سایر کاربری ها داشتند. عیسی زاده و همکاران (۱۳۹۹)، به منظور بررسی و پایش دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸ در شهرستان دزفول پرداختند. نتایج آن ها نشان داد که استفاده از الگوریتم پنجره مجزا مقدار بسیار بالاتری را نسبت به روش پلانک مقدار بسیار پایینی را نشان می دهد. همچنین با توجه به دمای تقریبی استخراج شده از ایستگاه های سینوپتیک شهرستان دزفول که مقدار آن برابر ۳۰۸/۹۵ کلین است اما در مجموع روش محاسبه LST از طریق تصاویر ماهواره ای دقت بالایی را نشان می دهد. کوشش وطن و زمانی (۱۴۰۰)، به مطالعه دمای سطح زمین در رابطه با کاربری اراضی در شهر تبریز پرداختند. نتایج پژوهش به تفکیک کاربری های مختلف نشان داد که فرودگاه شهر تبریز با میانگین دمای ۳۳/۸۱ درجه سانتی گراد دارای بیش ترین میانگین دمایی نسبت به سایر کاربری ها می باشد. همچنین بررسی روابط رگرسیونی نشان داد که به جز میانگین دمای فضای سبز و رودخانه بین تمام کاربری ها تفاوت معنی داری وجود دارد. 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 نموده اند و نتایج نشان داده که شاخص های NBR و dNBR اطلاعات مناسبی را در خصوص آتش سوزی و روند تغییرات در اختیار قرار می دهند؛ همچنین ۱۳۶۸۵ هکتار از جنگل های زاگرس در این آتش سوزی دچار حریق شده اند. در تحقیقی دیگر عابدینی و همکاران (۱۴۰۱) جهت پایش دمای سطح زمین در رابطه با تغییرات کاربری اراضی در حوضه صوفی چای مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن ها نشان داد که دقت کل در نقشه های طبقه بندی با استفاده از روش حداکثر شباهت برای سال ۱۹۹۲ برابر با ۹۹/۸۴ و برای سال ۲۰۲۰، ۹۹/۷۸ به دست آمد. بر اساس نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز صوفی چای مربوط به سال ۱۹۹۲ که با روش حداکثر شباهت استخراج شده است، بیشترین کاربری ها در درجه نخست مربوط به بخش کوهستانی نوع ۱ می باشد که مساحتی به تقریب ۳۲۰.۴۲ کیلومتر مربع را دارا می باشد. سپس کاربری دیم با مساحتی بالغ بر ۱۹۱/۰۹ کیلومتر-مربع و کاربری کشاورزی پرتراکم با مساحت ۷۴/۲۹ کیلومتر مربع بیش ترین مساحت ها را دارا می باشند. مساحت کاربری ها در سال ۲۰۲۰ نیز نشان می دهد که بیشترین کاربری ها مربوط به کوهستانی نوع ۱، دیم و مسکونی می باشد. در پژوهشی دیگر عابدینی و همکاران (۱۴۰۱)، به پایش دمای سطح زمین و ارتباط آن با کاربری اراضی در شهرستان مشگین شهر پرداختند. نتایج آن ها نشان داد که رابطه قوی بین کاربری

اراضی و دمای سطحی وجود دارد. مناطق با پوشش گیاهی بالا و مناطق آبی دارای درجه حرارت پایین بودند. همچنین کاربری کشاورزی دیم دارای بیشترین میانگین دما نسبت به مناطق مجاور بود که نشان از خشک بودن محصولات کشاورزی در سطح شهرستان مشگین شهر است. عیبات و همکاران (۱۴۰۲)، اثر تغییرات کاربری بر الگوی مکانی زمانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی در شهر اهواز را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که بین دو متغیر LST و NDVI ارتباط منفی قوی بین آنها بوده و افزایش شاخص UHIII با کاهش مقادیر پوشش گیاهی ارتباط مستقیم داشته است. بنابراین پوشش گیاهی اثر مهمی در کاهش دمای سطح زمین و شدت جزایر حرارتی دارد. شیخی و محمدی (۱۴۰۲)، جهت بررسی تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی و مکانی دمای سطح زمین در اراضی شهری را با استفاده از داده‌های سنجنش از دور و GIS در شهر ایلام پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مقادیر پوشش گیاهی نسبتاً متوسطی وجود دارد. میانگین دمای سطح کاربری مسکونی در ماه خرداد نیز برابر با ۳۵/۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و میزان دمای سه کاربری باغ، کشاورزی و سایر کاربری‌ها (اراضی بدون پوشش) به ترتیب برابر ۳۲/۳۳، ۳۷/۲۵ و ۳۸/۴۶ است که مهم‌ترین کانون کمینه آن مناطق با پوشش سبز و مرتفع هستند و در سطح شهر نیز بلندمرتبه‌سازی و سایه‌اندازی ساختمان‌ها در سطح شهر، استفاده از مصالح با جذب حرارتی کم‌تر همچون ایزوگام، و مبلمان و فضای سبز شهری و همچنین آلودگی هوا سبب جذب کم‌تر انرژی می‌شوند. از طرفی توزیع فضایی (NDVI) هم‌سو با مقادیر (LST) بوده است. بنابراین هدف از این پژوهش واکاوی و ارزیابی ارتباط بین دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص پوشش گیاهی در حوضه آبخیز خیاوچای، مشگین شهر می‌باشد.

روش پژوهش

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز خیاوچای به وسعت تقریبی ۱۴۰ کیلومتر مربع در حاشیه غربی کوه سبلان، در جنوب شهرستان مشگین شهر قرار گرفته، از نظر تقسیمات سیاسی بخشی از استان اردبیل و از لحاظ تقسیمات جاماب از زیرحوزه‌های آبخیز بزرگ خزر محسوب می‌شود. که با هشت زیرحوزه در محدوده جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳۶ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۴۷ درجه و ۴۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی و ۳۸ درجه ۱۴ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۳۸ درجه و ۲۰ دقیقه و ۰ ثانیه عرض شمالی و در ارتفاع ۴۵۶۳ متر از سطح دریا در محل قله کسری در ارتفاعات جنوبی حوزه و کمینه ارتفاع ۱۳۷۵ متر در محل ایستگاه هیدرومتری پل سلطانی واقع است. در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوزه مورد مطالعه ارائه شده است. در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز خیاوچای ارائه شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز خیابچای در سطح ایران و استان اردبیل

مواد و روش‌ها

داده‌های به کار رفته در این پژوهش شامل نقشه توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و TM است که به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی و تهیه نقشه دمای سطح زمین برای سال ۲۰۰۰ و ۲۰۲۲ به کار رفت. در گام بعد با فراخوانی داده‌های ماهواره مودیس (Terra) و باندهای LST روز و LST شب (۱ کیلومتری) در محیط گوگل ارث انجین، نقشه‌های میانگین دمای ماه خرداد برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ تهیه شد. در این پژوهش از تصاویر سنجنده TM و OLI ماهواره لندست با گذر ۱۶۴ و ردیف ۳۷ جهت طبقه‌بندی و تهیه نقشه کاربری اراضی استفاده شد بدین منظور ابتدا تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۰۰ (۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ شمسی) به فرمت GeoTiff از سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS^۱) تهیه گردید سپس تصحیحات اتمسفری روی این تصاویر اعمال شد. این تصحیحات با استفاده از ابزار Calibration Radiometric نرم‌افزار ENVI انجام می‌گیرد. نکته‌ای که حائز اهمیت است این است که تصحیحات رادیومتریک بر اساس بازتابش تعریف و اعمال می‌شود. برای کلاس‌بندی تصاویر از ماشین بردار پشتیبان (SVM) که از روش‌های نظارت شده می‌باشند استفاده شد که از دقت و کارایی بالاتری نسبت به سایر روش‌ها دارد.

تصحیحات اتمسفری تصاویر ماهواره‌ای: از آنجا که داده‌های ماهواره لندست ۸ به صورت تصحیح شده عرضه می‌شود. باین حال برای کنترل تصاویر در این مرحله از میان تصحیحات رادیومتریک متداول تصاویر ماهواره‌ای،

^۱- United States Geological Survey

تصحیحات اتمسفری انتخاب گردید (عبدالعلی زاده، ۱۳۸۹). از این رو تصحیحات اتمسفری با روش فلش بر روی تصویر سنجده OLI برای سال ۲۰۲۲ و سنجده TM انجام شد. لذا برای انجام این مدل نیاز به فاکتورهای شامل، تاریخ اخذ تصویر GMT، ارتفاع از سطح دریا، نوع سنجده و تصویر موردنیاز است که با استفاده از متادیتای تصویر این فاکتورها حاصل شد.

تصاویر آنلاین Google Earth در تهیه نقشه کاربری اراضی: با مرور تصاویر موجود در نرم افزار Google Earth و هم چنین استفاده به هنگام از سایت این نرم افزار، در نهایت مناسب ترین تصویر نزدیک به سال مطالعه انتخاب گردید.

پردازش

ایجاد نمونه های تعلیمی: برای ایجاد فایل برداری (وکتوری) نمونه های تعلیمی سال های ۲۰۲۲ و ۲۰۰۰ از ترکیب رنگی هفت باند و هم چنین تصاویر آنلاین با قدرت تفکیک بالای Google Earth استفاده شد. هم چنین سعی شد تعداد پیکسل های تعلیمی هر طبقه به حد کافی باشند تا نمونه های تعلیمی معرف هر طبقه، دامنه طیفی مربوط به آن طبقه را شامل گردد. نمونه های تعلیمی مربوط به هر طبقه، در داخل مناطق همگن و در اندازه های کوچک انتخاب شدند تا اثر پیکسل های مرکب و پیکسل هایی که به بیش از یک طبقه پوشش تعلق دارند حذف شود (موسوی و همکاران، ۱۳۸۵؛ عبدالعلی زاده، ۱۳۸۹).

در پژوهش حاضر شش کلاس کاربری اراضی به کاررفته است. تعریف کلاس ها بر اساس هدف، کاربری های موجود و تفکیک مکانی تصویر صورت می گیرد.

تهیه نقشه کاربری اراضی: روش های مختلفی برای تهیه نقشه پوشش و کاربری اراضی وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و محدودیت هایی هستند. انتخاب روش به هدف مطالعه و داده های در دسترس بستگی دارد. با توجه به این که استخراج اطلاعات پوشش و کاربری زمین از داده های سنجش از دور رو به فزونی می باشد به همین دلیل تحقیقات زیادی در مورد روش هایی برای افزایش صحت طبقه بندی صورت گرفته است که از جمله آن می توان به ماشین بردار پشتیبان (SVM^1)، شبکه عصبی مصنوعی (ANN^2)، حداقل میانگین فاصله (MD^3) نام برد (Foody et al., 2004). هر چند روش های سنتی مانند روش حداکثر احتمال (MLC^4)، در صورت نرمال بودن نقاط آموزشی دقت قابل قبولی را می دهد (علوی پناه، ۱۳۸۹). عموماً روش های طبقه بندی به دو روش پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می شود که از روش های پارامتریک روش MLC که از واریانس و کوواریانس داده ها استفاده می کند و از روش های ناپارامتریک، روش های ANN و SVM می توان نام برد که این روش ها از ویژگی های آماری داده ها

1- Support Vector Machine (SVM)

2- Artificial Neural Networks (ANN)

3- Minimum Distance

4- Maximum Likelihood (MLC)

استفاده نمی‌کنند و اخیراً جزو تکنیک‌های طبقه‌بندی قرار گرفته‌اند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵).
طبقه‌بندی به‌روش ماشین‌بردار پشتیبان (SVM): تئوری SVM توسط واپتیک و همکاران در سال ۱۹۷۱ پیشنهاد شد و در سال ۲۰۰۰ جزئیات آن مورد بررسی قرار گرفت سپس در سال ۲۰۰۴ برای استفاده در سنجش‌ازدور مورد استفاده قرار گرفت (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵). SVM ریشه در تئوری یادگیری آماری دارد و به شناختن متن و اعداد موجود و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای دیدگاه ماشینی دارد هم‌چنین این روش طبقه‌بندی را با ایجاد یک سطح جداکننده چندبعدی به صورت بهینه از هم جدا می‌کند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵).
 در نهایت نقشه طبقه‌بندی شده کاربری اراضی حوضه آبخیز خیاوچای با استفاده از طبقه‌بندی نظارت‌شده به روش ماشین‌بردار پشتیبان تهیه شد.

پس پردازش

ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی: به منظور بیان دقت یک نقشه طبقه‌بندی شده به صورت کمی می‌توان آن را به صورت پیکسل به پیکسل با واقعیت زمینی مقایسه و نتایج را در جدولی به نام جدول خطا درج نمود. بر پایه این جدول می‌توان معیارهای کمی نظیر دقت کاربر، صحت تولیدکننده، صحت کلی و ضریب کاپا را برای بیان دقت محاسبه نمود. صحت کلی از نسبت مجموع پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده‌اند (در محور اصلی ماتریس طبقه‌بندی قرار دارند) به کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده به دست آمد. همان‌طور که از اسم آن مشخص است صحت کلی فقط درصد صحت در کل طبقات را می‌دهد و نمی‌تواند درصد صحت هر کدام از طبقات را به‌طور مجزا محاسبه کند. صحت کلی با رابطه (۱)، قابل بیان می‌باشد.

$$OA = \frac{\sum_{k=1}^N N_{kk}}{n} \times 100$$

رابطه ۱

در این رابطه OA صحت کلی، $\sum_{k=1}^N N_{kk} = 1$ مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده و n کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده می‌باشد.

با توجه به این که برای نهایی نمودن نقشه کاربری اراضی، باید همه شاخص‌های دقت طبقه‌بندی با یک و یا چند شاخص آماری معتبر برازش داده شود. شاخص کاپا از جمله روش‌های آماری می‌باشد که با رابطه (۲) قابل بیان است (Congalton, 1999).

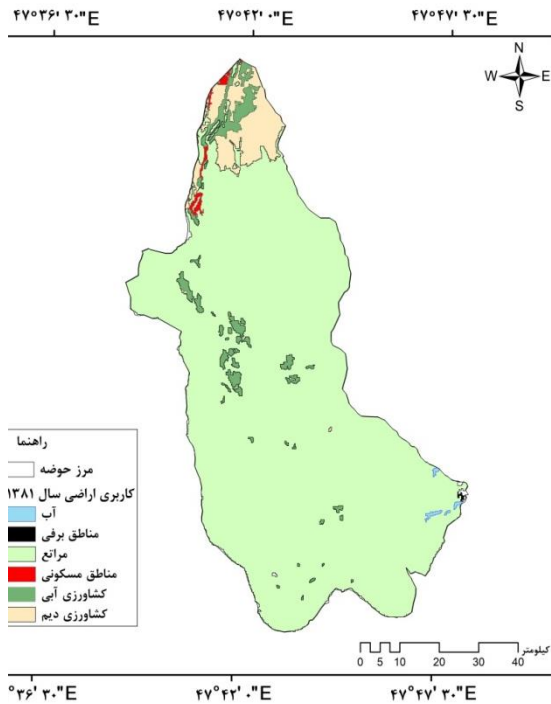
$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{io} \times X_{oi})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{io} \times X_{oi})} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه K شاخص کاپا، r تعداد ردیف ماتریس طبقه‌بندی، X_{ii} تعداد مشاهدات در ردیف و ستون (محور اصلی ماتریس)، X_{io} مجموع مشاهدات در ردیف (مجموع ردیف برای هر کاربری)، X_{oi} مجموع مشاهدات در ستون (مجموع ستون برای هر کاربری) و N مجموع کل مشاهدات ماتریس طبقه‌بندی می‌باشد. در محاسبه ضریب کاپا علاوه بر پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده‌اند پیکسل‌هایی که نادرست طبقه‌بندی شده‌اند نیز دخالت داده می‌شوند، از این رو معیار مناسبی برای مقایسه نتایج، طبقه‌بندی‌های مختلف می‌باشد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵).

یافته‌ها

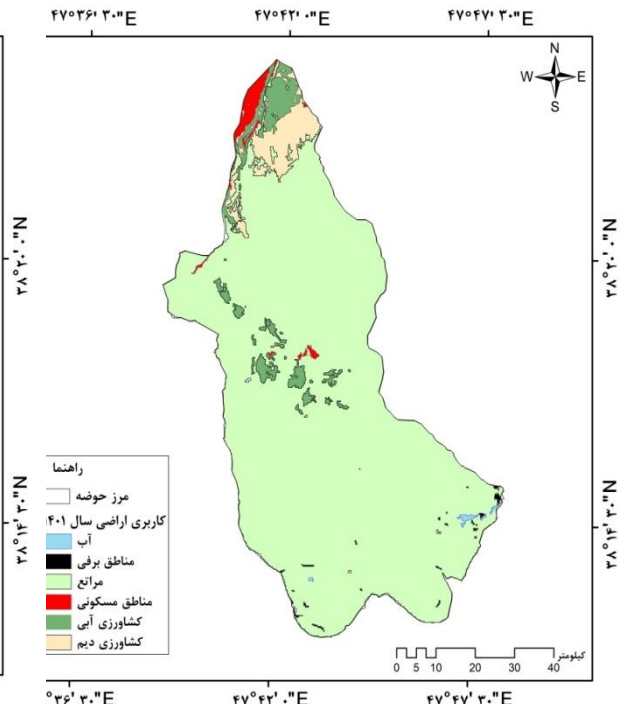
تهیه نقشه کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱

در پژوهش حاضر نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز خیاوچای برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ با استفاده از روش طبقه‌بندی ماشین‌بردار پشتیبان (SVM) انجام گردید. همان‌طور که در اشکال ۲ و ۳، نقشه کاربری اراضی برای خردادماه سال ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ به نمایش گذاشته شده است مشخص است که با گسترش شهرنشینی مناطق مسکونی گسترش یافته و به تبع بر گستره مناطق کشاورزی آبی نیز افزوده شده است. در جدول (۱) مساحت و درصد تغییرات سایر کلاس‌های کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ ارائه شده است. بر اساس این جدول کشاورزی دیم نسبت به سال ۱۳۸۱ با تغییرات اندکی روندی کاهشی و در مقابل کشاورزی آبی روندی افزایشی داشته‌اند.



شکل ۲: نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز

خیابچای برای سال ۱۳۸۱



شکل ۳: نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز خیابچای

برای سال ۱۴۰۱

جدول ۲: مقایسه مساحت و درصد تغییرات کلاس‌های کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ حوضه آبخیز

خیابچای

نوع تغییرات	درصد	مساحت سال ۱۴۰۱ (هکتار)	درصد	مساحت سال ۱۳۸۱ (هکتار)	کلاس‌های کاربری
کاهش	۹۰/۵۶	۱۲۶۳۳/۴۵	۹۱	۱۲۷۴۱/۸۷	مراعات
کاهش	۰/۱۳	۱۹/۵۲	۰/۱۴	۲۰/۵۴	مناطق آبی
افزایش	۰/۲۶	۳۷/۶۴	۰/۰۳	۴/۵۵	مناطق برفی
افزایش	۳/۹۸	۵۵۵/۵۰	۳/۲۰	۴۴۷/۴۵	کشاورزی آبی
کاهش	۳/۸۴	۵۳۳/۶۴	۴/۸۶	۶۷۸/۵۱	کشاورزی دیم
افزایش	۱/۲۴	۱۷۳/۶۴	۰/۴۳	۶۰/۴۷	مناطق مسکونی
	۱۰۰	۱۳۹۵۳/۳۹	۱۰۰	۱۳۹۵۳/۳۹	مجموع

در مرحله بعد برای تعیین صحت طبقه‌بندی از معیارهای صحت کلی، کاپا استفاده شد. با توجه به این الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان (SVM) با معیار کاپا و صحت کلی به ترتیب ۰/۹۲ و ۰/۹۰ درصد در ۶ کلاس کاربری اراضی (مناطق آبی، مناطق مسکونی، مراعات، کشاورزی آبی و دیم، مناطق برفی) طبقه‌بندی شدند که از دقت و صحت کلی

قابل قبول و بالاتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار بود. در جدول (۲) مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ حوضه مورد مطالعه ارائه شده است.

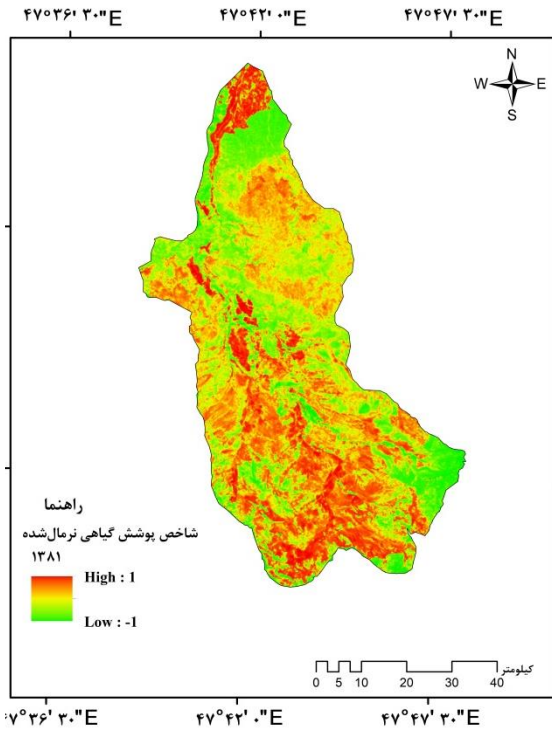
جدول ۲: مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی برای تصاویر سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ حوضه آبخیز خیاوچای

الگوریتم طبقه‌بندی	ضریب کاپا (درصد)	صحت کلی (درصد)	ضریب کاپا (درصد)	صحت کلی (درصد)
ماشین بردار پشتیبان (SVM)	سال ۱۳۸۱	سال ۱۳۸۱	سال ۱۴۰۱	سال ۱۴۰۱
	۰/۸۹	۹۱/۶۱	۰/۹۴	۹۶/۱۴

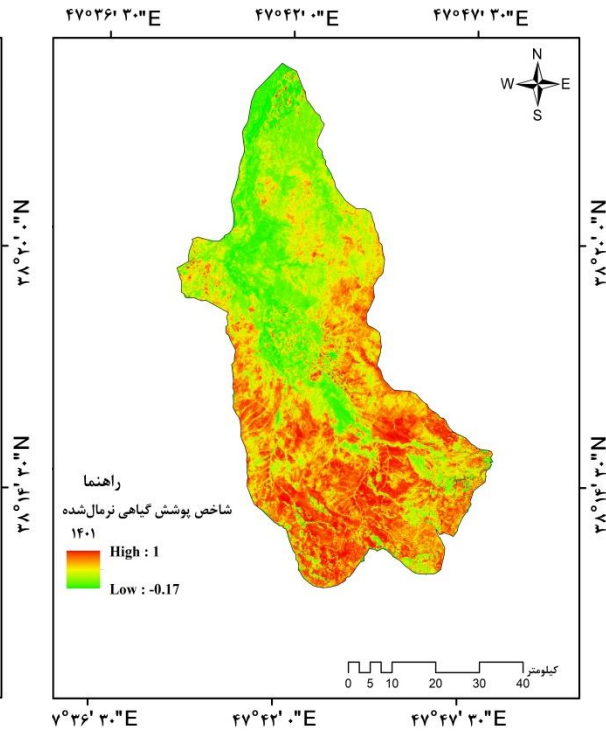
تهیه نقشه شاخص پوشش گیاهی نرمال‌شده و ارتباط آن با دمای سطح زمین

شکل ۴، نقشه شاخص پوشش گیاهی نرمال‌شده (NDVI) حوضه آبخیز خیاوچای برای سال ۱۳۸۱ را نشان می‌دهد. و مشخص است که نواحی تحت اشغال پوشش گیاهی در سطح حوضه چگونه پراکنده بوده‌اند ولی با دقت در نقشه ۵، در خردادماه سال ۱۴۰۱ شاهد محدود شدن این شاخص به قسمت‌های جنوبی حوضه مذکور بوده‌ایم و در نواحی شمالی تخریب و نابودی آن کاملاً به چشم می‌خورد. این عامل نتیجه گسترش اراضی شهری و کشاورزی و تخریب مراتع توسط انسان بوده است.

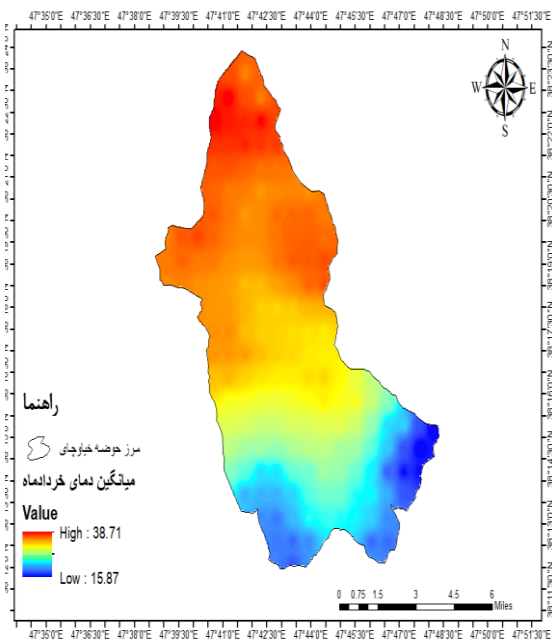
شکل ۶ وضعیت میانگین دمای سطح زمین را برای خردادماه سال ۱۳۸۱ نشان می‌دهد که بیشینه دما با ۳۸/۷۱ درجه سانتی‌گراد در قسمت‌های شمالی حوضه خیاوچای به وقوع پیوسته است و کمینه دما در نواحی جنوبی با متوسط دمای ۱۵/۸۷ درجه سانتی‌گراد رخ داده است. با دقت در نقشه ب، سمت راست که وضعیت میانگین دمای خردادماه سال ۱۴۰۱ را نشان می‌دهد متوجه می‌شویم هسته حرارت گرمایی نسبتاً در عرض‌های بالاتر متمرکز یافته است و این رابطه مستقیمی را با شاخص پوشش گیاهی نشان می‌دهد. با توجه به این‌که تخریب پوشش گیاهی در نواحی شمالی حوضه خیاوچای و حدود شدن آن به عرض‌های پایین بر تمرکز حرارت گرمایی در قسمت‌های شمالی حوضه مذکور منجر شده است.



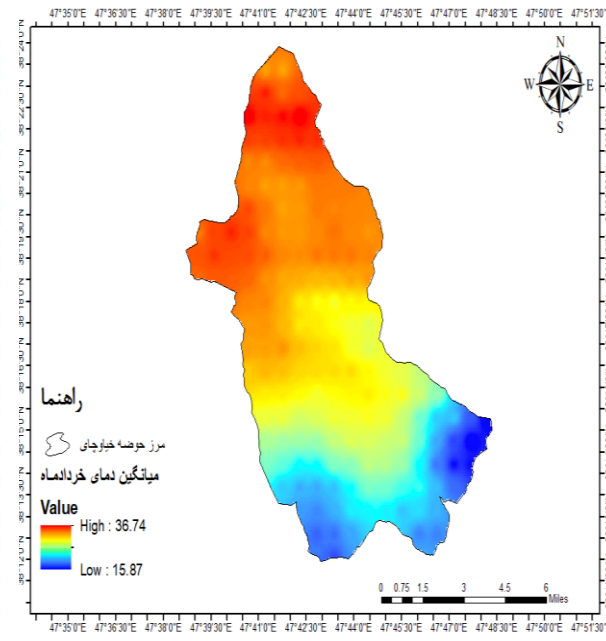
شکل ۴: نقشه شاخص پوشش گیاهی نرمال شده
(NDVI) حوضه آبخیز خیاوچای برای سال ۱۳۸۱



شکل ۵: نقشه شاخص پوشش گیاهی نرمال شده
(NDVI) حوضه آبخیز خیاوچای برای سال ۱۴۰۱



شکل ۶: متوسط دمای سطح زمین حوضه آبخیز
خیاوچای برای خردادماه سال ۱۳۸۱



شکل ۷: متوسط دمای سطح زمین حوضه آبخیز خیاوچای
برای خردادماه سال ۱۴۰۱

نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف واکاوی و ارزیابی ارتباط بین دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص پوشش گیاهی انجام گرفت. در همین راستا ابتدا جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده‌های OLI، TM استفاده شد. در گام بعد با انجام تصحیحات اتمسفری و هندسی اقدام به طبقه‌بندی کلاس‌های کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ گردید. در نهایت نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز خیاوچای در ۶ کلاس کاربری شامل مناطق مسکونی، مناطق آبی، برفی، مراتع، کشاورزی آبی و دیم به دست آمد. در گام بعد مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ محاسبه شد که به ترتیب برابر با ۰/۸۹، ۹۱/۶۱ و ۰/۹۴، ۹۴/۱۶ درصد به دست آمد. سپس نقشه شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) نیز برای سال‌های مذکور به دست آمد و مقادیر شاخص پوشش گیاهی نرمال شده برای سال ۱۳۸۱ برابر با -۱ و ۱ و برای سال ۱۴۰۱ در دامنه بین ۰/۱۶- و ۱ محاسبه شد. در نهایت اقدام به تهیه نقشه دمای سطح زمین با استفاده از تصویر ماهواره‌ای مودیس برای بازه زمانی موردنظر در سامانه گوگل ارث انجام شد. مقادیر متوسط دمای سطح زمین برای حوضه آبخیز خیاوچای برای سال ۱۳۸۱ برابر با ۱۵/۸۷ تا ۳۸/۷۱ درجه سانتی‌گراد و برای سال ۱۴۰۱ برابر با ۱۵/۸۷ تا ۳۶/۷۴ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده شکل (۶) وضعیت میانگین دمای سطح زمین برای خردادماه سال ۱۳۸۱ نشان می‌دهد که بیشینه دما با ۳۸/۷۱ درجه سانتی‌گراد در قسمت‌های شمالی حوضه خیاوچای به وقوع پیوسته است و کمینه دما در نواحی جنوبی با متوسط دمای ۱۵/۸۷ درجه سانتی‌گراد رخ داده است. با دقت در شکل ۷، که وضعیت میانگین دمای خردادماه سال ۱۴۰۱ را نشان می‌دهد متوجه می‌شویم هسته حرارت گرمایی نسبتاً در عرض‌های بالاتر متمرکز یافته است و این رابطه مستقیمی را با شاخص پوشش گیاهی نشان می‌دهد. با توجه به این‌که تخریب پوشش گیاهی در نواحی شمالی حوضه خیاوچای و محدود شدن آن به عرض‌های پایین بر تمرکز حرارت گرمایی در قسمت‌های شمالی حوضه مذکور منجر شده است. با توجه به مباحث ذکر شده در رابطه با ارتباط بین دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص پوشش گیاهی، نتایج این مطالعه می‌تواند کاربردهای مختلفی در کشاورزی، محیط زیست، اقلیم‌شناسی، برنامه‌ریزی شهری و روستایی، زمین‌شناسی و... داشته باشد.

منابع

- اکبری، ا.، ابراهیمی، م.، نژادسلیمانی، ح.، فیضی زاده، ب. ۱۳۹۴. ارزیابی دمای سطح زمین در ارتباط با روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۶(۴): ۱۵۱-۱۷۰.
- موسوی، س.ع.، فرح پور، م.، شکری، م.، سلیمانی، ک.، گودرزی، م.، ۱۳۸۵. بررسی روند تغییرات، انبوهی پوشش گیاهی در قسمتی از حوضه سد لار در یک دوره ۲۵ ساله با استفاده تلفیقی از GIS و RS، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، دوره ۱۳، شماره ۳، ص ۲۰۰-۱۸۶.
- عبدالعلی‌زاده، ز.، ۱۳۸۹. بررسی تغییرات پوشش سطح زمین طی سه دهه گذشته (سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۵۴) و پیش‌بینی وضعیت آینده با استفاده از GIS و RS در منطقه سبزکوه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد، ۸۵ ص.
- رضایی مقدم، م. ح.، ولی زاده، خ.، اندریانی، ص.، الماس پور، ف.، ۱۳۹۵. تعیین بهترین الگوریتم استخراج کاربری و پوشش اراضی و کشف تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای لندست، حوضه صوفه چای، مراغه، سال ۱۶، شماره ۵۵، ص ۸۵-۶۵.
- انتظاری، ع.، امیراحمدی، ا.، علی‌آبادی، ک.، خسرویان، م.، ابراهیمی، م. ۱۳۹۵. پایش دمای سطح زمین و ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز دریاچه پریشان)، هیدروژئومورفولوژی، ۸: ۱۳۹-۱۱۳.
- جمالی، ز.، اونق، م.، سلمان ماهینی، ع. ۱۳۹۸. تحلیل ارتباط دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده در دشت گرگان، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۲۳(۳): ۱۷۵-۱۹۴.
- درویشی، ش.، رشیدپور، م.، سلیمانی، ک. ۱۳۹۸. بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه موردی: شهرستان مریوان، جغرافیا و توسعه، ۵۴: ۱۶۲-۱۴۳.
- شیخی، ح.، ملک‌محمدی، ر. ۱۴۰۲. بررسی تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی مکانی دمای سطح زمین در اراضی شهری با استفاده از داده‌های سنجنش از دور و GIS (مطالعه موردی: شهر ایلام)، آمایش سرزمین، ۱۵(۱): ۱۸۶-۱۶۵.

- 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 برنامه ریزی محیطی. سال ۳۳، پیاپی ۸۸، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، صص ۶۲-۴۹.
- عابدینی، م.، صادقی، ا.، آقازاده، ن.، پاسبان، ا. ح. ۱۴۰۱. پایش دمای سطح زمین در رابطه با تغییرات کاربری اراضی مطالعه موردی: حوضه صوفی‌چای مراغه، جغرافیا و مطالعات شهری و منطقه‌ای، https://ges.iaun.iau.ir/article_697635.html.
- عابدینی، م.، قلعه، ا.، آقازاده، ن.، محمدزاده شیشه‌گران، م. ۱۴۰۱. پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM، مطالعه موردی شهرستان مشگین‌شهر، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۲(۶۷): ۳۷۵-۳۹۳.
- عبیات، م.، ملکی، س.، عبیات، م.، عبیات، م. ۱۴۰۲. ارزیابی اثر تغییرات کاربری بر الگوی مکانی زمانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی در شهر اهواز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۵۵(۲)، ۳۹-۶۱.
- عیسی‌زاده، و.، آسیایی، ش.، عیسی‌زاده، ا. ۱۳۹۹. بررسی پایش دمای سطح زمین با استفاده تصاویر لندست ۸ و الگوریتم‌های تک کاناله و پنجره مجزا (منطقه مورد مطالعه: شهرستان دزفول)، جغرافیا و روابط انسانی، ۳(۳): ۸-۲۵.
- کوشش‌وطن، م.ع.، اصغری‌زمانی، ا. ۱۴۰۰. مطالعه دمای سطح زمین شهر تبریز در رابطه با کاربری اراضی با استفاده از تصویر لندست ۸، پژوهش‌های جغرافیای اقتصادی، ۲(۳): ۴۹-۵۸.
- محمدی، ع.، خدابنده‌لو، ب.، بابایی، پ. ۱۴۰۰. ارزیابی تغییرات دمایی کاربری اراضی شهر زنجان در بازه زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۹ با استفاده از مقایسه الگوریتم‌های برآورد دمای سطح زمین، آمایش جغرافیایی فضا، ۱۱(۴۱): ۱۲۷-۱۴۴.
- Bai, Y., Deng, X., Jiang, S., Zhang, Q., Wang, Z. 2018. Exploring the relationship between urbanisation and urban eco-efficiency: Evidence from prefecture-level cities in China. *J. Clean. Prod*, 195, 1487-1496.
- Congalton, R. G., Green, K., 1999. Assessing the accuracy of remotely sensed data principles and practices, Boca Raton: Lewis Publications.

- **Imran, H. M., Hossain, A., Islam, A. K. M., Rahman, A., Bhuiyan, M. A. E., Paul, S., & Alam, A. 2021. Impact of land cover changes on land surface temperature and human thermal comfort in Dhaka City of Bangladesh, *Earth Systems and Environment*, 5(3): 667-693.**
- **Mahato, S., Pal, S. 2018. Changing land surface temperature of a rural Rarh tract river basin of India. *Remote Sens. Appl. Soc. Environ*, 10, 209–223.**
- **Mohammad, P., Goswami, A., Bonafoni, S. 2019. The impact of the land cover dynamics on surface urban heat island variations in semi-arid cities: A case study in Ahmedabad City, India, using multi-sensor/source data. *Sensors*, 19, 3701.**
- **Nasir, M. J, Ahmad, W. Iqbal, J, Ahmad, B., Abdo, H. G., Hamdi, R., and Bateni, S. M. 2022. Effect of the Urban Land Use Dynamics on Land Surface Temperature: A Case Study of Kohat City in Pakistan for the Period 1998–2018. *Earth Systems and Environment*, 6 (1): 237-248.**
- **Nonomura, A, Kitahara, M, Masuda, T. 2009. Impact of land use and land cover changes on the ambient temperature in a middle scale city, Takamatsu, in Southwest Japan. *Journal of environmental management*, 90(11): 3297-3304.**
- **Ranagalage, M., Estoque, R.C., Zhang, X., Murayama, Y. 2018. Spatial changes of urban heat island formation in the Colombo District, Sri Lanka: Implications for sustainability planning. *Sustainability*, 10, 1367.**
- **Traore, M., Lee, M. S., Rasul, A., and Balew, A, 2021. Assessment of land use/land cover changes and their impacts on land surface temperature in Bangui (the capital of Central African Republic). *Environmental Challenges*, 4, 100114.**
- **United Nations Department of Economic and Social Affairs. *World Urbanization Prospects: The 2020 Revision, Methodology; Working Paper No. ESA/P/WP; United Nations: New York, NY, USA, p. 252.***