

ارزیابی دمای سطح زمین و رطوبت خاک با استفاده از تصاویر ماهواره ای سنتینل ۳ و بررسی انطباق آن‌ها با کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهرستان نیر)

بهروز سبجانی^{۱*}، الهام ملانوری^۲

*۱-استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۲- دانشجوی دکترای آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی
ایمیل نویسنده مسئول: sobhani@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۱۴

چکیده

مطالعات نشان می‌دهد که نقش سنجش از دور حرارتی در مطالعه و برآورد دمای سطح زمین بسیار حائز اهمیت است. حرارت سطح زمین شاخص مهمی در مطالعه مدل‌های تعادل انرژی در سطح زمین در مقیاس منطقه‌ای و جهانی است. رطوبت سطحی خاک، متغیری مهم در چرخه آبی طبیعت بوده و می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله دما و مشخصات خاک قرار گیرد. هدف از این تحقیق ارزیابی دمای سطح زمین و مقدار رطوبت خاک، شهرستان نیر و انطباق این دو مولفه با کاربری اراضی است؛ همچنین هدف دیگر این پژوهش بررسی رابطه بین دما و رطوبت خاک است. در پژوهش حاضر منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۳ در هفت کلاس کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، منطقه مسکونی، مناطق آبی، پوشش برفی، مرتع و راه ارتباطی با استفاده از روش نزدیک ترین همسایه تکنیک شی‌گرا طبقه‌بندی شدند. سپس با استفاده از روش OPTRAM مقدار رطوبت خاک در منطقه مورد مطالعه تخمین زده شد. در ادامه پژوهش برای محاسبه دمای سطح زمین از محصول دمایی سنتینل ۳ استفاده شده است. پس از استخراج نقشه‌های دمای سطح زمین و رطوبت خاک، اقدام به بررسی همبستگی بین متغیر وابسته رطوبت و متغیر مستقل دما با استفاده از رگرسیون وزن دار جغرافیایی شده است. نتایج نشان می‌دهند دمای سطح زمین به شدت از رطوبت سطحی و تراکم پوشش گیاهی تأثیر می‌پذیرد، به‌طوری‌که سطوحی که دارای رطوبت کم و پوشش گیاهی کم تراکم باشند، بیشترین دما را بر روی تصاویر حرارتی از خود دارد. بدین ترتیب بیشترین و کمترین میانگین دما مربوط به کاربری مرتع و کاربری برف است؛ و بیشترین و کمترین میانگین رطوبت خاک مربوط به کاربری‌های برف و منطقه مسکونی است. به طور کلی بررسی‌ها نشان می‌دهد بین دما و رطوبت خاک رابطه معکوس و معنی‌داری وجود.

کلمات کلیدی

"تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۳"، "محصول دمایی سنتینل ۳"، "روش OPTRAM"، "شی‌گرا"، "رگرسیون وزن دار جغرافیایی"،

۱- مقدمه

LST را به عنوان یکی از متغیرهای آب و هوایی ضروری در نظر می‌گیرد (پلانز و همکاران، ۲۰۲۱: ۲). در واقع دمای سطح زمین یک شاخص مهم مرتبط با پدیده‌ها و فرآیندهای اقلیمی، هواشناسی، هیدرولوژیکی و محیطی است؛ که به طور گسترده دمای سطح زمین در بررسی تغییرات آب و هوایی مدل‌سازی فرآیند هیدرولوژیکی پایش خشکسالی و ارزیابی خطر آتش‌سوزی استفاده می‌شود. دمای سطح زمین همچنین برای مدل‌های

دمای سطح زمین (LST) یک پارامتر کلیدی فیزیکی فرآیندهای سطح زمین، در مقیاس محلی و جهانی است که ترکیبی از تمام نتایج حاصل از سطح زمین و جریان انرژی بین سطح و اتمسفر است (سوبرنیو و همکاران، ۲۰۱۶: ۱۴۹). سازمان جهانی هواشناسی (WMO)^۲

^۱ Land Surface Temperature

^۲ World Meteorological Organization

توسعه داده شده است (زارعی و همکاران، ۲۰۲۱: ۳۹۸۰)؛ سه ماموریت اول Sentinel با شناسایی، نظارت و ارزیابی تغییرات در اقیانوس، تراپوسفر و اجزای خشکی به درک سیستم زمین کمک می‌کند (روسکاس و همکاران، ۲۰۱۶: ۱). به طور خاص، ماموریت‌های ماهواره‌های Sentinel-۲ و Sentinel-۳ داده‌های چند طیفی با قابلیت تفکیک فضایی بالا، متوسط و پایین ارائه کرده‌اند. تمایز عمده ماهواره سنتینل ۳ با سایر ماهواره‌های سری سنتینل، مجهز بودن آن به دو باند حرارتی با دقت بالا برای مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی است (زارعی و همکاران، ۲۰۲۱: ۳۹۸۰). مطالعات گوناگونی برای به دست آوردن دمای سطح زمین و رطوبت خاک با استفاده از سنجش از دور انجام شده است. در مطالعه‌ای اصغری و امامی (۱۳۹۷) ارزیابی دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح در شهرستان اردبیل انجام داده‌اند. در این پژوهش از تصاویر سنجنده OLI و ETM استفاده شده است که نتایج این تحقیق نشان داد رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد. یوسف زاده و همکاران (۱۳۹۸) مطالعاتی در مورد برآورد رطوبت خاک در حوزه سیمینه انجام داده‌اند. در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و روش‌های مدل سنتی LST-VI (ذوزنقه‌ای حرارتی - مرئی^۳) و مدل جدید STR-VI (ذوزنقه‌ای مرئی) رطوبت خاک را تخمین زده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مدل OPTRAM^۴ بهتر و دقیق‌تر از مدل TOTRAM^۵ توانسته است رطوبت خاک را پیش‌بینی کند. در پژوهشی زارعی و همکاران (۱۳۹۹) به محاسبه و ارزیابی دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل ۳ در استان تهران پرداخته‌اند. در این مطالعه از روش پنجره مجزای غیرخطی برای ارزیابی دمای فصول مختلف سال استفاده شده است. همچنین در این مطالعه برای اعتبار سنجی از داده‌های میدانی و محصولات دمایی بهره برده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد داده‌های ماهواره سنتینل ۳ دارای دقت مناسبی بوده و می‌تواند در مقیاس‌های بزرگ برای برآورد دما در حل بحران‌های زیست محیطی و

مبادلات فضای سطح زمین و نیز برای تحلیل ارتباط میان دما و کاربری اراضی به کار می‌رود (جعفرزاده و همکاران، ۱۴۰۱: ۵۲). LST تحت تأثیر عوامل زیادی مانند نوع سطح زمین، رطوبت سطح، روشنایی و شرایط جوی قرار دارد یا به آنها بستگی دارد (یانگ و همکاران، ۲۰۲۰: ۱). در حال حاضر داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی مهم‌ترین مرجع تصمیم‌گیری در این مورد هستند (بایدی و همکاران، ۲۰۱۳: ۵۱۷). آنچه به عنوان یک نقص اساسی در پایش دمای سطح زمین به شمار می‌آید، نبود ایستگاه‌های هواشناسی کافی جهت آگاهی از مقادیر دمایی در نقاط فاقد ایستگاه است. با توجه به محدودیت اطلاعاتی که در تأمین داده‌ها به ویژه در وسعت زیاد با مشکلات و موانع فراوانی همراه است و دست‌یابی در زمان واقعی سخت و یا غیرممکن است، بنابراین لزوم استفاده از فن آوری سنجش‌ازدور با شرایط زمانی، همراه با ویژگی پیوستگی و داده برداری در محدوده‌های گسترده بسیار می‌تواند کارا باشد (کاکه ممی و همکاران، ۱۳۹۹). رطوبت خاک^۱ مقدار آب ذخیره شده در ذرات خاک است و تحت تأثیر عواملی مانند بارش دما و سایر خصوصیات خاک قرار می‌گیرد (پندی و همکاران، ۲۰۲۰: ۱). در واقع رطوبت خاک یک متغیر بسیار پویا است که فرآیندهای هیدرولوژیکی اساسی مانند تبخیر، نفوذ و رواناب را کنترل می‌کند. همچنین برای مدیریت و تخصیص منابع آب، پیش‌بینی و پایش خشکسالی، تولید محصولات کشاورزی و کاهش بلایای طبیعی حیاتی است (باباییان، ۲۰۱۸: ۲۴۵). علاوه بر این، برآورد رطوبت خاک برای پیش‌بینی آب و هوا، تغییرات آب و هوایی و نظارت بر سیلاب‌ها ارزش زیادی دارد (بئو و همکاران، ۲۰۱۸). تکنیک‌های سنجش از دور ابزارهایی را برای نگاشت رطوبت خاک در مقیاس‌های مکانی و زمانی بزرگ فراهم می‌کنند. سنجش از دور می‌تواند به‌طور موثر برای تخمین رطوبت خاک مورد استفاده قرار گیرد زیرا بازتاب نوری خاک و انتشار حرارتی با رطوبت خاک ارتباط زیادی دارد (آچریا و همکاران، ۲۰۲۲: ۲). مطالعات هواشناسی و هیدروژئولوژیکی سری ماهواره سنتینل توسط آژانس فضایی اروپا (ESA^۲) برای پشتیبانی از خدمات ماموریت اروپایی و تقاضاهای برنامه کوپرنیک

^۳ land surface temperature - vegetation index

^۴ Optical TRAPEZOID Model

^۵ Thermal-Optical TRAPEZOID Model

^۱ Soil moisture

^۲ European Space Agency

مادون قرمز میانی (MIR) در شب و روز از تصاویر SLSTR بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد الگوریتم پیشنهادی از نظر تئوری می‌تواند LST را با خطای کمتر از ۱ K به طور متوسط تخمین بزند. در مطالعه‌ای آمبرسون و همکاران (۲۰۲۰) به بازیابی رطوبت خاک در مزارع دیم و آبی با استفاده از مشاهدات Sentinel-۲ پرداخته‌اند. در این پژوهش از روش مدل ذوذنقه نوری (OPTRAM) برای بهبود تخمین رطوبت خاک استفاده کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد تخمین‌های OPTRAM نزدیک به مقادیر اندازه‌گیری‌های میدانی هستند؛ در نتیجه بازیابی رطوبت خاک از تصاویر نوری Sentinel-۲ با وضوح بالا اجازه می‌دهد تا شرایط تنش آب به طور موثر ترسیم شود و تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی آبیاری و سایر مدیریت‌های محصول حمایت می‌کند. در پژوهشی نی و همکاران، (۲۰۲۰) به مطالعه بازیابی دمای سطح زمین تابش از تصاویر مادون قرمز میانی و حرارتی-مادون قرمز در شب پرداخته‌اند. در این مطالعه برای بازیابی دمای سطح زمین از تصاویر ماهواره سنتینل ۳ و با الگوریتم سه کاناله جداسازی دما-انتشار^۱ (TES) استفاده شده است؛ که در این روش برای تخمین دمای شبانه از یک تصاویر مادون قرمز میانی و دو تصویر مادون قرمز حرارتی شبانه سنتینل ۳ استفاده می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد این الگوریتم می‌تواند LST و گسیل‌پذیری را به ترتیب با خطاهای کمتر از ۰/۸ و ۰/۱۵۰ بازیابی کند. چین و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی مدل OPTRAM برای بازیابی رطوبت خاک در دشت سانجیانگ شمال شرق چین پرداخته‌اند. در این مطالعه برای بررسی رطوبت خاک منطقه مورد مطالعه در ماه می تا سپتامبر در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ از تصاویر ماهواره مودیس و برای ارزیابی از داده‌های میدانی رطوبت خاک و داده‌های بارش استفاده کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد OPTRAM می‌تواند برای تخمین رطوبت خاک با دقت معقول در اکثر مناطق از جولای تا سپتامبر استفاده گردد. با توجه به مطالب بیان شده و مطالعات صورت گرفته در ارتباط با این موضوع، هدف از این پژوهش محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از ابزار SLSTR تصاویر سنتینل ۳ و

همچنین تغییر اقلیم مورد استفاده قرار گیرد. حیدری و آخوندزاده هنزائی (۱۳۹۹) در پژوهشی به توسعه یک الگوریتم پنجره مجزا برای بازیابی دمای سطح زمین پرداخته‌اند در این مطالعه با استفاده از تصاویر سنجنده رادیومتر دمای سطح زمین و دریا ماهواره سنتینل ۳ و با روش پنجره مجزای دمای سطح زمین را تخمین زده‌اند و سپس با دمای برآورده شده توسط تصاویر ماهواره‌ای استر و مودیس مقایسه شده است که نتایج نشان می‌دهد روش پنجره مجزا نتایج بهتری نسبت به روش‌های دیگر دارد همچنین این روش خطای RMSE کمتری را نسبت به روش‌های دیگر برخوردار است. جعفر زاده و حسنی تبار (۱۴۰۰) در مورد به کارگیری سنجنش از دور حرارتی در استخراج دمای سطح زمین و بررسی انطباق آن با الگوی کاربری اراضی مطالعاتی انجام داده‌اند؛ در این پژوهش از تصاویر لندست ۸ برای محاسبه دما و طبقه‌بندی کاربری اراضی استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد دمای سطح زمین به شدت از رطوبت سطحی و تراکم پوشش گیاهی تأثیر می‌پذیرد؛ به‌طور کلی سطوحی که دارای رطوبت کم و پوشش گیاهی کم تراکم باشند، بیشترین دما را بر روی تصاویر حرارتی از خود نشان می‌دهند. در پژوهشی سوبرنیو و همکاران (۲۰۱۶) از ترکیب همزمان ابزار MSI^۱ از ماهواره سنتینل ۲ و ابزارهای OLCI^۲ و SLSTR^۳ از ماهواره سنتینل ۳ به منظور بهبود برآورد LST که از ابزار AATSR بر روی ماهواره ENVISAT مشتق شده بودند استفاده کردند. نتایج نشان داد که برآورد گسیلمندی مؤثر و تصحیح اتمسفری مناسب، امکان بازیابی دقیق LST را با استفاده از باندهای حرارتی SLSTR با در نظر گرفتن الگوریتم پنجره مجزای دو زاویه ای در ترکیب همزمان از داده‌ها را فراهم می‌کند. ژانگ و همکاران (۲۰۱۹) مطالعاتی در مورد بازیابی دمای سطح زمین با استفاده از رادیومتر دمای سطح دریا و خشکی Sentinel-۳A در شمال چین و جنوب بریتانیا انجام داده‌اند. هدف از این مطالعه توسعه یک الگوریتم پنجره مجزا (SW^۴) برای تخمین LST از تصاویر دو کاناله مادون قرمز حرارتی (TIR) و یک کانال

^۱ Multi Spectral Instrument

^۲ Ocean and Land Colour Imager

^۳ Sea and Land Surface Temperature Radiometer

^۴ split-window

[°] temperature-emissivity separation

در مطالعه حاضر تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ برای تاریخ ۲۰۲۲/۷/۱۲ اخذ گردید و پس از حصول اطمینان از وجود خطاهای معمول، عمل تصحیح اتمسفری در نرم‌افزار ENVI ۵٫۶ صورت گرفت و قسمتی از تصاویر براساس منطقه مورد مطالعه برش داده شد. بدیهی است قبل از محاسبه و استخراج پارامترهای فیزیکی سطح زمین، گسیلمندی، رادیانس انعکاس- حرارتی سطح، آلبدو سطح و نظایر آن، تصحیح رادیومتریکی تصاویر الزامی است. برای رسیدن به این هدف بایستی اثر اتمسفر، هندسه دید سنجنده، روشنایی خورشید و اثر توپوگرافی و ویژگی‌های سطح روی تصاویر در نظر گرفته شود و تأثیر این عوامل تخمین پارامترهای سطح حذف شده یا به حداقل برسد (زارعی و همکاران، ۱۴۰۰: ۶۳). پس از تصحیح اتمسفری و رادیومتریکی تصویر، نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی در نرم افزار eCognition ۹ با روش شی‌گرا تهیه شد؛ همچنین از این تصویر برای محاسبه رطوبت خاک با استفاده از روش OPTRAM استفاده شد. در ادامه پژوهش محصول دمایی روزانه تصاویر سنتینل ۳ مربوط به زمان ۲۰۲۲/ ۷/۱۱ برای منطقه مورد مطالعه تهیه گردید؛ و در نرم افزار SNAP دمای سطح زمین برآورد شد.

• تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲

ماموریت سنتینل ۲ طراحی شده بود برای (۱) برای ارائه سیستماتیک جهانی تصاویر چندطیفی با وضوح بالا با فرکانس بازبینی بالا، (۲) برای ارائه تداوم بهبود یافته تصاویر چند طیفی ارائه شده توسط مجموعه ماهواره‌ای SPOT ۳) برای ارائه مشاهدات برای نسل بعدی محصولات عملیاتی مانند نقشه‌های پوشش زمین، نقشه‌های تشخیص تغییر زمین و متغیرهای ژئوفیزیکی پلتفرم S2 شامل ابزار طیفی چندگانه (MSI) با ۱۳ باند طیفی است که محدوده‌های طیف مرئی، مادون قرمز نزدیک (VNIR) و موج کوتاه مادون قرمز (SWIR)، با تفکیک فضایی از ۱۰ متر تا ۶۰ متر را پوشش می‌دهد (سوبرینو و همکاران، ۲۰۱۶: ۱۴۹).

• طبقه‌بندی با استفاده از تکنیک شی‌گرا

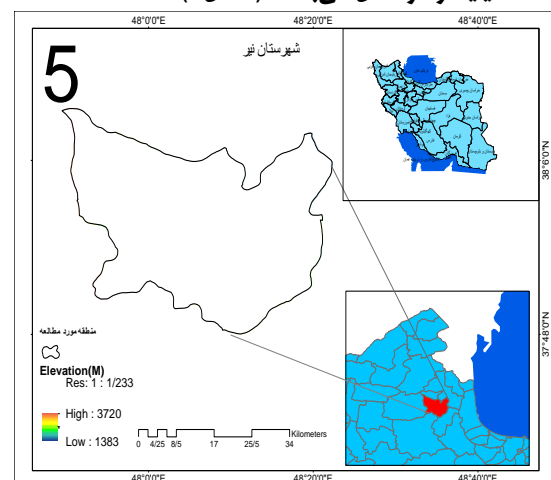
طبقه‌بندی مهمترین مرحله پردازش تصاویر ماهواره‌ای و در واقع با ارزشترین روش استخراج و تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای به حساب می‌آید (جعفرزاده و حسنی تبار، ۱۴۰۰) تکنیک شی پایه یکی از روش‌های رایج برای طبقه‌بندی تصاویر بوده که علاوه بر اطلاعات طیفی از پارامترهایی همچون بافت، شکل، رنگ و... در طبقه‌بندی

همچنین بررسی مقدار رطوبت خاک با روش OPTRAM با استفاده از تصاویر سنتینل ۲ است. هدف دیگر این پژوهش تجزیه و تحلیل مکانی دمای سطح زمین و رطوبت خاک و ارتباط آن با الگوی کاربری اراضی تعیین شده است. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ و ۳ برای بررسی مقدار رطوبت خاک و دمای سطح زمین در کاربری اراضی مختلف و بررسی ارتباط آن‌ها با یکدیگر را می‌توان به عنوان نوآوری مطالعه حاضر در نظر گر

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

شهرستان نیر با وسعت ۱۴۹۵ کیلومتر مربع ۸ درصد از کل استان اردبیل را شامل می‌شود و از نظر موقعیت جغرافیایی در ۴۷ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی، قرار دارد. این شهرستان دارای دو بخش مرکزی و کورائیم میباشد. این شهرستان نیر در ۳۵ کیلومتری غرب اردبیل بین کوه‌های سبلان و بزقوش قرار دارد. این شهرستان از طرف شمال به شهرستان‌های اردبیل و سرعین، از جنوب به شهرستان‌های کوش و میانه، از شرق به شهرستان‌های کوش و اردبیل و از غرب به شهرستان سراب محدود می‌شود. بلندترین کوه‌های آن چال داغی و سوغاتلی داغ می‌باشد و رودهای مهم آن بالیقلوچای، نیرچای، آق لاقان چای، قوری چای و جوراب چای است. از نظر آب و هوایی، در زمستان آب و هوای سرد و در تابستان آب و هوای نسبتاً معتدلی را دارا می‌باشد و میزان بارندگی متوسط منطقه ۳۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

استفاده می‌کند (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۸). دو مرحله عمده در طبقه بندی نسی پایه تصویر وجود دارد. اولین مرحله سگمنت سازی تصویر است که بر اساس الگویی طیفی و فضایی مشابه تصویر را به مناطق یا اشیاء (سگمنت) جدا شده تقسیم می‌کند. پس از سگمنت سازی، مرحله دوم مرتبط ساختن سگمنت‌های تصویری با استفاده از آمار طیفی و شکل، پارامترهای بافت و اطلاعات توپولوژیکی است (کاکه ممی و همکاران، ۱۳۹۹: ۳۲). پس از انجام طبقه‌بندی، مقادیر صحت کلی^۱ و ضریب کاپا^۲ از طریق انتخاب تعدادی پیکسل نمونه و مقایسه با نتایج طبقه‌بندی به منظور ارزیابی کمی صحت طبقه‌بندی، در نرم‌افزار ENVI^{۵,۶} به صورت ماتریس خطا استخراج شد.

• محاسبه رطوبت خاک با استفاده از مدل OPTRAM
مدل OPTRAM یک فضای دوزنقه ای را با استفاده از NDVI به عنوان اندازه‌گیری کسر رویشی و STR^۳ برای ایجاد رابطه خطی برای لبه‌های خشک و مرطوب تشکیل می‌دهد که به تخمین SM کمک می‌کند (آچریا و همکاران، ۲۰۲۲: ۴). NDVI شاخص گیاهی نرمال شده و STR بازتاب تبدیل شده SWIR است. این مدل بر استفاده از داده‌های نوری برای ارزیابی مقدار رطوبت خاک متکی است. OPTRAM یک مدل خطی ساده در طول موج های مادون قرمز موج کوتاه (SWIR) (۲.۵-۰.۷ میکرومتر) با پارامترهای فیزیکی قابل تعریف است که روشی ساده برای ارزیابی مقدار رطوبت خاک سنجش از دور بر اساس تصاویر نوری ارائه می‌دهد (صادقی و همکاران، ۲۰۱۵). OPTRAM برای نخستین بار توسط کوبلکا و مونک (۱۹۳۱) بر اساس تئوری بازتابی که یک انتقال تابشی دو شار پایه گذاری شد سپس توسط صادقی و همکاران (۲۰۱۵) به یک روش فیزیکی نمایش دهنده ارتباط خطی میان انعکاس مادون قرمز کوتاه و رطوبت خاک توسعه داده شده است. (یوسف زاده و همکاران، ۱۳۹۸). روش OPTRAM در مقایسه با روش سنتی، فقط از داده‌های نوری استفاده می‌کند، که به این معنی است که به داده‌های مادون قرمز حرارتی نیاز نیست (Chen و همکاران، ۲۰۲۰).

$$W = \frac{\theta - \theta_d}{\theta_w - \theta_d} = \frac{STR - STR_d}{STR_w - STR_d} \quad (1)$$

$$STR = \frac{(1 - P_{SWIR})^2}{2P_{SWIR}} \quad (2)$$

با توجه به رابطه خطی میان پوشش گیاهی و خاک یک شکل مثلثی در فضای NDVI-STR ایجاد می‌شود؛ بنابراین پارامترهای رابطه‌ی ۲ را می‌توان برای لبه‌های خشک و تر منطقه مورد مطالعه، از تصاویر ماهواره‌ای استخراج کرد. کارلسون (۲۰۱۳) پیشنهاد کرد که لبه‌ها می‌توانند به بهترین شکل توسط بازرسی بصری توزیع های پیکسل تعریف شوند.

$$STR_d = i_d + s_d NDVI \quad (3)$$

$$STR_w = i_w + s_w NDVI \quad (4)$$

در رابطه‌های بالا id: کمترین sd: کمترین تراکم پوشش گیاهی؛ iw: بیشترین str: بیشترین تراکم پوشش گیاهی می‌باشند. از ترکیب رابطه‌های ۲، ۳ و ۴ مدل جدید دوزنقه‌ای مرئی (رابطه‌ی ۵) به دست می‌آید که می‌تواند رطوبت خاک را در محدوده طول موج مرئی تخمین بزند.

$$OPTRAM = \frac{i_d + S_D NDVI - STR}{i_d - i_w + (S_d - S_w) NDVI} \quad (5)$$

• تصاویر ماهواره‌ای سنتیل ۳

سنتیل ۳ یک جزء مهم از سیستم نظارت بر زمین کوپرنیک آژانس فضایی اروپا است و از سه ماهواره A۳، B۳ و C۳ تشکیل شده است. Sentinel-۳A و Sentinel-۳B به ترتیب در فوریه ۲۰۱۶ و آوریل ۲۰۱۸ با موفقیت پرتاب شدند، در حالی که پرتاب Sentinel-۳C هنوز در دست برنامه‌ریزی است (یانگ و همکاران، ۲۰۲۰: ۱). مأموریت سنتیل ۳ تداوم قابلیت‌های ماهواره محیطی (ENVISAT) را فراهم می‌کند و در عین حال به تعدادی از خدمات مرتبط با محصولات اقیانوسی و زمینی کمک

^۱ Overall Accuracy

^۲ Kappa coefficient

^۳ shortwave infrared transformed reflectance

عامل مورد بررسی بر یک سطح پیوسته (ساری صراف و همکاران، ۱۳۹۸).

۳- نتایج

شکل ۲ نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی شهرستان نیر با استفاده از الگوریتم نزدیک ترین همسایه روش شیء‌گرا را نشان می‌دهد. در این روش نتایج مقیاس‌های مختلف تجزیه و تحلیل شد در نهایت با در نظر گرفتن مقیاس ۶۰ و مقدار نرمی و فشردگی به ترتیب ۰/۴ و ۰/۶ قطعه‌بندی انجام شد؛ سپس منطقه مورد مطالعه به هفت کاربری شامل کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مرتع، منطقه مسکونی، مناطق آبی، پوشش برفی و راه ارتباطی طبقه‌بندی شده است. جدول ۱ نشان دهنده مساحت تحت پوشش هر کاربری به کیلومتر مربع می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد بیشترین مساحت کاربری در منطقه مورد مطالعه مربوط به کشاورزی دیم با مساحت ۶۵۷ کیلومتر مربع و بعد آن کاربری مرتع با مساحت ۴۲۹ کیلومتر مربع می‌باشد، کمترین مساحت نیز مربوط به پوشش برفی و مناطق آبی با مساحت به ترتیب ۰/۵ و ۲ کیلومتر مربع می‌باشد. نتایج ارزیابی صحت کلی و ضریب کاپا این طبقه‌بندی ۰/۹۹ و ۰/۹۸ درصد می‌باشد. با توجه به صحت کلی نقشه و با استناد به منابعی نظیر لیسنده و همکاران (۲۰۰۸) که ضرایب صحت کلی بیش از ۸۵ درصد را قابل قبول اعلام کردند این میزان از صحت در ارتباط با اطلاعات تولیدی قابل قبول است. همانطور که و عطارچی و همکاران (۱۳۹۹) و فرزین (۱۳۹۹) ذکر کرده‌اند تصاویر سنتیل ۲ قابلیت زیادی برای طبقه‌بندی اراضی دارد. به دلیل اینکه تصاویر سنتیل ۲ وضوح مکانی زیادی دارد به طوریکه در باندهای آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک ۱۰ متر است.

می‌کند. ابزار اصلی در ماموریت S³ تصویرگر رنگی اقیانوس و زمین (OLCI) و رادیومتر دمای سطح دریا و خشکی (SLSTR) است. OLCI یک ساختمان ابزار طیف‌سنج تصویربرداری با وضوح متوسط، با ۲۱ باند طیفی است که محدوده ۰.۴-۱ میکرو متر را در حداکثر تفکیک فضایی ۳۰۰ متر پوشش می‌دهد (روسکاس و همکاران، ۲۰۱۶: ۲). رادیومتر دمای سطح دریا و خشکی (SLSTR) یک رادیومتر با دید دوگانه اسکن است که از ۹ باند طیفی تشکیل شده است که محدوده ۰.۵ تا ۱۲ میکرومتر را پوشش می‌دهد. همچنین از دو باند اضافی برای تشخیص آتش‌سوزی تشکیل شده است که می‌تواند وضوح فضایی باندهای مرئی و فروسرخ را از ۵۰۰ متر و قدرت تفکیک فضایی باندهای حرارتی و آتش را از ۱ کیلومتر تشخیص دهد (سوبرینو و همکاران، ۲۰۱۶). مزیت اصلی این ماهواره نسبت به سایرین این است که مجهز به دو باند حرارتی با دقت بالا برای مقیاس‌های محلی و جهانی است.

در این مقاله برای محاسبه دما از محصول SLSTR LST استفاده شده است که این یک محصول رسمی سطح ۲ است و دارای وضوح مکانی ۱ کیلومتر است. تخمین‌های LST و برخی پارامترهای مرتبط را ارائه می‌دهد، به عنوان مثال. عدم قطعیت LST، شاخص گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVI)، نوع پوشش گیاهی (بیوم)، محتوای بخار آب ستون اتمسفر (CWVC) و پارامترهای مربوط به بازیابی LST را دارا می‌باشد.

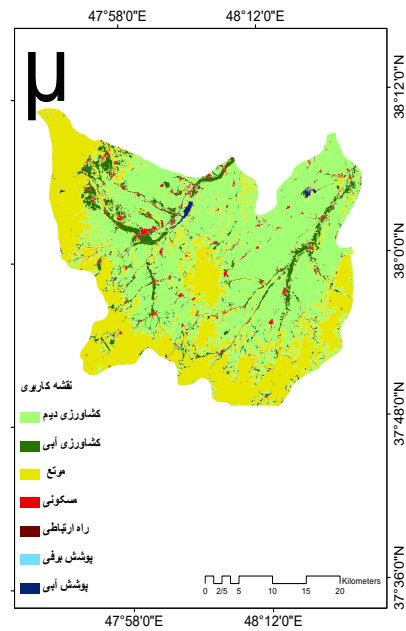
• رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (WGR)

رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی تکنیکی است که برای تحلیل‌های توصیفی بر روی آمار فضایی با در نظر گرفتن معادلات رگرسیون برای هر عارضه، مورد استفاده قرار می‌گیرد. متغیرهای Z و R² جهت بررسی نتایج رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی استفاده می‌شوند. برآورد محلی پارامترها با استفاده از رگرسیون جغرافیایی وزن‌دار از رابطه ۶ بیان می‌شود.

$$y_i = \beta_0(u_i \cdot v_i) + \sum_{j=1}^n \beta_k(u_i \cdot v_i) x_{ij} + \varepsilon_i \quad (6)$$

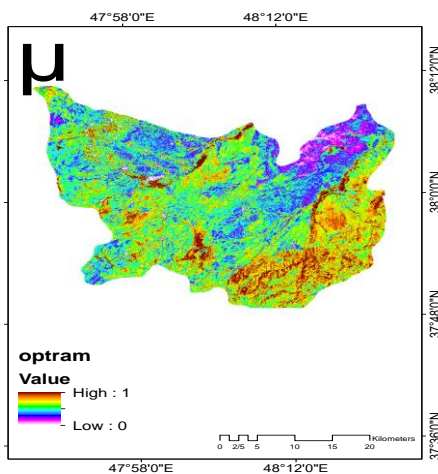
در رابطه ۶، Y: متغیر وابسته؛ x_i: متغیر مستقل؛ β_۰ و β_۱: ضرایب جهت تخمین؛ ε: جزء خطا؛ u_i و v_i: طول و عرض جغرافیایی نقطه i؛ B_k (u_i.v_i): پیاده سازی

مناطق آبی و بعد از کاربری‌های پوشش برفی و کشاورزی آبی که به ترتیب با مقدار ۰/۳۰ و ۰/۲۸ می‌باشد. به‌طور کلی همان‌طور که ذکر شده است تخمین رطوبت خاک برای تعیین اقلیم و بررسی خشکسال مناطق مختلف ضروری است. برآورد رطوبت خاک در مناطق کوچک بصورت آزمایشگاهی و زمینی دقیق و قابل انجام است اما در سطح منطقه‌ای و حوضه‌ای به دلیل صرف وقت و هزینه زیاد غیر ممکن بوده و تنها متکی به داده‌های سنجش از دوری می‌باشد (امیر عابدی و همکاران، ۱۳۹۲)، (پراشنت^۱ و همکاران، ۲۰۱۶) یکی روش از تخمین رطوبت خاک با استفاده از سنجش از دور روش OPTRAM است؛ همان‌طور که یوسف زاده و همکاران (۱۳۹۸)، آمبرسون و همکاران (۲۰۲۰) ذکر کرده‌اند این روش به دلیل اینکه فقط از باندهای نوری استفاده می‌کند آسان تر و دقیق تر نسبت به روش‌های دیگر می‌تواند در تخمین رطوبت خاک موثر باشد. زیرا این روش از محدوده طول موج مادون قرمز



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی

شکل ۳- نقشه رطوبت خاک



جدول ۱- مساحت کاربری‌های مختلف

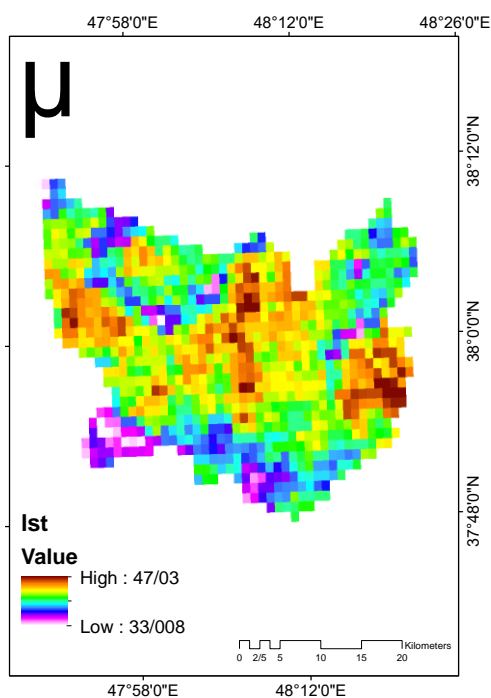
| مساحت (کیلومتر مربع) | نوع کاربری |
|----------------------|--------------|
| ۱۰۴ | کشاورزی آبی |
| ۶۵۷ | کشاورزی دیم |
| ۴۲۹ | مرتع |
| ۱۶ | منطقه مسکونی |
| ۲ | مناطق آبی |
| ۵ | راه ارتباطی |
| ۰/۵ | پوشش برفی |

شکل ۳- نقشه رطوبت خاک

شکل ۳ نقشه مرتبط با رطوبت خاک تخمین زده شده با استفاده از روش OPTRAM را نشان می‌دهد. بازه عددی مقدار رطوبت خاک بین ۰ تا ۱ است که در مناطق مرطوب و آبی نزدیک ۱ و در مناطق خشک نزدیک صفر می‌باشد. شکل ۴ نقشه تراکم پوشش گیاهی در منطقه را نشان می‌دهد مناطقی پوشش گیاهی بیشتری دارد نیز رطوبت بیشتری دارد، در واقع پوشش گیاهی به عنوان مانعی در مقابل تبخیر و تعرق است (اصغری و همکاران ۱۴۰۱). با توجه به جدول ۲ بیشترین میزان رطوبت مربوط به کاربری مناطق آبی و کاربری مرتع می‌باشد. همچنین بیشتر مقدار میانگین رطوبت خاک با مقدار ۰/۵۷ مربوط به کاربری

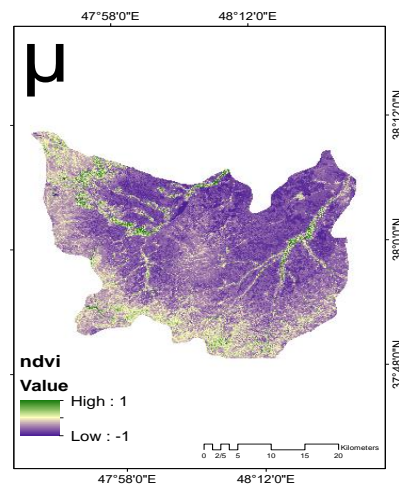
^۱ Prashant

به این معنا که با افزایش تبخیر و تعرق دمای سطحی کاهش می‌یابد (اصغری و همکاران، ۱۴۰۰) همین امر باعث می‌شود که کمبود تبخیر و تعرق در کاربری مرتع باعث افزایش دمای آن شود و انرژی تابشی بیشتری را دریافت و در خود ذخیره کند. پس از محاسبه دمای سطح زمین و تخمین رطوبت خاک به بررسی رابطه این دو مولفه پرداخت شد. نتایج ارزیابی رگرسیون نشان می‌دهد بین دمای سطح زمین و رطوبت خاک همبستگی معکوس و معنی‌دار وجود دارد که مقدار پارامتر sig و آماره t این مولفه برابر است به ترتیب $+۰/۰۲$ و $-۳/۰۷۲$ به طور کلی هر چقدر مقدار Sig پایین باشد و مقدار t بدون توجه به جهت بیشتر از $۱/۹۶$ باشد فرض تحقیق قویتر است. مناطقی که دمای بیشتر دارد به دلیل تبخیر و تعرق زیاد رطوبت کمتری دارد. در واقع افزایش دما می‌تواند منجر به کاهش رطوبت خاک و آسیب به رشد گیاه شود (قوامی و همکاران، ۱۴۰۰). محققینی همچون چی و همکاران (۲۰۲۰) هاشمی و همکاران (۱۴۰۱)، اصغری و همکاران (۱۴۰۱) نیز به رابطه LST و رطوبت خاک اشاره کرده‌اند؛ نیز فتح‌العلومی و همکاران (۱۳۹۸) دلیل این امر را کاهش بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک موج مرئی با افزایش رطوبت خاک معرفی کرده‌اند.



شکل ۵- نقشه دمای سطح زمین

نزدیک به جای طول موج حرارتی استفاده می‌کند تحت تأثیر پارامترهای جوی نبوده و از اتمسفر تأثیر نمی‌پذیرد



(صادقی و همکاران، ۲۰۱۷).

شکل ۴- نقشه تراکم پوشش گیاهی

جدول ۲- مقدار رطوبت مربوط به هر کاربری

| نوع کاربری | بیشترین | کمترین | میانگین |
|--------------|---------|--------|---------|
| کشاورزی آبی | ۰/۵۲ | * | ۰/۲۸ |
| کشاورزی دیم | ۰/۶۵ | * | ۰/۲۳ |
| مرتع | ۰/۹۸ | * | ۰/۲۵ |
| منطقه مسکونی | ۰/۷۹ | * | ۰/۱۵ |
| مناطق آبی | ۱ | * | ۰/۵۷ |
| راه ارتباطی | ۰/۷۱ | * | ۰/۲۵ |
| پوشش برفی | ۰/۹۰ | * | ۰/۳۰ |

شکل ۵ نقشه دمای سطح زمین برآورد شده با استفاده از محصولات دمایی ماهواره سنتیل ۳ را نشان می‌دهد. حداکثر دما در منطقه مورد مطالعه ۴۷ درجه و حداقل دما ۳۳ درجه می‌باشد. جدول ۳ گویای بازه عددی دما را در هر کاربری‌ها است. حداکثر مقدار دما مربوط به کاربری مرتع، و حداقل دما مربوط به پوشش برفی است. با توجه به اینکه آب دارای ظرفیت گرمایی بالایی می‌باشد، آب دمای سطحی کمتری را به خود اختصاص می‌دهد؛ اما کاربری مرتع که نواحی عاری از پوشش گیاهی یا پوشش گیاهی ناچیز و پراکنده می‌باشد. از طرف دیگر به دلیل اغلب شاخ و برگ گیاهان موجود خشک بوده و تبخیر و تعرق پایین است، دمای بالایی را نشان می‌دهد. نکته قابل توجه این است که تبخیر و تعرق رابطه معکوس با دمای سطحی دارد

جدول ۲- مقدار دما مربوط به هر کاربری

| نوع کاربری | بیشترین دما | کمترین دما | میانگین دما |
|--------------|-------------|------------|-------------|
| کشاورزی آبی | ۴۵/۰۷ | ۳۴/۳۸ | ۴۰/۶۶ |
| کشاورزی دیم | ۴۵/۸۹ | ۳۷/۰۱ | ۴۲/۴۱ |
| مرتع | ۴۷/۰۳ | ۳۴/۰۲ | ۴۳/۴۰ |
| منطقه مسکونی | ۴۵/۶۸ | ۳۷/۹۰ | ۴۱/۹۴ |
| مناطق آبی | ۳۸/۴۴ | ۳۵/۶۲ | ۳۷/۵۳ |
| راه ارتباطی | ۴۱/۵۹ | ۳۹/۵۲ | ۴۰/۵۵ |
| پوشش برفی | ۳۵/۴۹ | ۳۳/۳۳ | ۳۴/۳۹ |

۴- نتیجه گیری

به منظور برنامه ریزی در راستای تخصیص کاربری اراضی برای تامین نیازهای نسل آینده، نیازمند روش هایی برای شناخت زمین، قابلیت های آن و تناسب آن زمین برای نوع خاصی از استفاده می باشیم. به همین دلیل در این پژوهش در قدم اول به طبقه بندی کاربری اراضی در هفت کلاس کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مرتع، منطقه مسکونی، مناطق آبی، پوشش برفی و راه ارتباطی با استفاده از روش شی گرا در نرم افزار eCognition پرداخته شده است. دقت این طبقه بندی دارای صحت کلی ۹۹٪ و ضریب کاپا ۹۸٪ است که به دلیل استفاده از تصاویر سنتینل ۲ نتایج قابل قبولی حاصل شده است. از عوامل تأثیرگذار بر قابلیت اراضی کاربری های مختلف، دمای سطح خاک

می باشد. آگاهی از میزان دمای سطح زمین کمک قابل توجهی به طیف وسیعی از مسائل مرتبط با علوم زمین مانند اقلیم شهری، تغییرات جهانی محیطی و بررسی تعاملات انسان و محیط می نماید. در این مطالعه برای بررسی دمای سطح زمین از محصولات دمایی تصاویر سنتینل ۳ استفاده شده است. یکی از عوامل متأثر از اقلیم و دما، رطوبت خاک است؛ به طور کلی رطوبت خاک متغیری مهم در چرخه آبی طبیعت و عامل مهمی در کنترل تبادل انرژی آب و گرما بین سطح زمین و جو از طریق فرآیند تبخیر و تعرق است. بدین ترتیب برای تخمین رطوبت خاک از تصاویر سنتینل ۲ و روش OPTRAM بهره گرفته شده است. بررسی نتایج نشان می دهد دمای سطح زمین و مقدار رطوبت خاک به طور کامل به ماهیت انواع کاربری وابسته است. بیشترین میانگین دما مربوط به کاربری مرتع با مقدار ۴۳ درجه سانتی گراد و کمترین میانگین دما مربوط به کاربری برف و آب به ترتیب با مقدار ۳۴ و ۳۷ درجه است. بررسی رطوبت خاک هر کاربری نشان می دهد مناطق آبی بیشترین میانگین رطوبت و مناطق مسکونی کمترین میانگین را دارا می باشد. براساس نتایج، بین رطوبت سطحی خاک، تراکم پوشش گیاهی و دمای سطحی رابطه مستقیم و معکوسی وجود دارد. وجود رطوبت در سطح خاک و پوشش گیاهی، منجر به کاهش دمای سطح زمین می شود. بطوریکه زمین های خشک و یا به عبارتی کم رطوبت و همچنین زمین های با پوشش گیاهی کم تراکم، بر مناطقی که در تصاویر حرارتی، دمای بالایی از خود نشان می دهند، منطبق هستند.

منابع

- ابراهیمی، حمید، رسولی، علی اکبر، احمدپور، احمد. (۱۳۹۷). مدل سازی تغییرات دینامیک کاربری اراضی با استفاده از پردازش شی گرا تصاویر ماهواره ای و مدل CA-Markov مطالعه موردی: شهر شیراز. *فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»*، ۳۷(۱۰۸)، ۱۴۹-۱۳۷.
- امیرعابدی، حامد، اصغری، شکر اله، مصری گندشمین، ترحم، کیوان بهجو، فرشاد. (۱۳۹۲). برآورد رطوبت های ظرفیت زراعی، پزمردگی دائم و قابل استفاده در خاک های دشت اردبیل با استفاده از مدل های رگرسیونی و شبکه عصبی مصنوعی. *تحقیقات کاربردی خاک*، ۱(۱): ۶۰-۷۲.
- اصغری سراسکانرود، صیاد، اسفندیاری درآباد، فریبا، ملانوری، الهام، صفری، شیوا. (۱۴۰۱). بررسی رطوبت سطح خاک شهرستان اردبیل با استفاده داده های ماهواره ای لندست ۸ و سنتینل ۱. *نشریه حفاظت منابع آب و خاک (علمی - پژوهشی)*، ۱۱(۴)، ۸۹-۱۰۳.
- اصغری سراسکانرود، صیاد، صفری، شیوا، ملانوری، الهام. (۱۴۰۰). تخمین سطح سفره های آب زیرزمینی متأثر از تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده های ماهواره ای GRACE. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۳۲(۴)، ۶۵-۸۶.
- اصغری سراسکانرود صیاد، امامی هادی. عنوان مقاله پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و ETM+ مطالعه موردی: (شهرستان اردبیل). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی* ۱۳۹۸؛ ۱۹(۵۳): ۱۹۵-۲۱۵.
- حیدری مسعود، آخوندزاده هنزائی مهدی (۱۳۹۹). توسعه یک الگوریتم پنجره مجزا برای بازیابی دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره ای سنتینل-۳. *مهندسی فناوری اطلاعات مکانی*؛ ۸(۲): ۱۱۳-۹۳.
- جعفرزاده، جعفر، حسنی تبار، سید محمد. (۱۴۰۰). استفاده از سنجش از دور حرارتی در استخراج دمای سطح زمین و بررسی انطباق آن با الگوهای کاربری اراضی. *نشریه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در علوم محیطی*، ۱(۱)، ۵۵-۶۰.
- زارعی، ارسطو، شاه حسینی، رضا، قنبری، روناک. (۱۴۰۰). محاسبه و ارزیابی دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم پنجره مجزای غیرخطی و تصاویر ماهواره سنتینل ۳ - مطالعه موردی: استان تهران. *فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، ۳۰(۱۱۹)، ۷۴-۵۹.
- ساری صراف، بهروز، نقی زاده، حبیبه، رسولی، علی اکبر، جهانبخش، سعید، بابائیان، ایمان. (۱۳۹۸). مدل سازی و تحلیل فضایی عمق برف در پهنه شمالی ایران. *پژوهش های جغرافیای طبیعی*، ۵۱(۴)، ۶۵۱-۶۷۱.
- کاکه ممی، آزاد، قربانی، اردوان، اصغری سراسکانرود، صیاد، قلعه، احسان & غفاری، سحر. (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)، ۴۸-۲۷.
- فتح العلومی، سولماز، واعظی، علی رضا، علوی پناه، سید کاظم، قربانی، اردوان. (۱۳۹۹). مدل سازی تأثیر خصوصیات بیوفیزیکی و توپوگرافی سطح بر توزیع مکانی رطوبت خاک در تابستان (مطالعه موردی: حوضه آبخیز بالخلی چای) *اکوهیدرولوژی*، ۷(۳)، ۵۸۱-۵۶۳.

- فرزین، محسن. (۱۴۰۰). مقایسه دقت داده های ماهواره های لندست ۸ و سنتینل ۲ در طبقه بندی کاربری/پوشش زمین. *محیط زیست و مهندسی آب*، ۷(۱)، ۳۸-۴۹.
- قوامی، آ، اکبری، م، کریمی، آ، یزدان داد، ح (۱۴۰۰)، بررسی اثر تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی بر بیابانزایی منطقه حفاظت شده شیراحمد سبزوار، همایش همایش بین المللی و همایش ملی مرتع داری ایران، ۸-۱.
- هاشمی، زهره، سودائی زاده، حمید، مختاری، محمدحسین. (۱۴۰۱). بررسی رابطه دمای سطح زمین با پوشش گیاهی و رطوبت سطحی در کاربری های اراضی منطقه زهک دشت سیستان با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست. *نشریه سنجش از دور و GIS/ایران* ۱۴(۱).
- یوسف زاده، اردشیر، زینالی، بتول، ولیزاده کامران، خلیل، اصغری سراسکانرود، صیاد. (۱۳۹۸). برآورد رطوبت خاک با استفاده از مدل جدید دوزنقه ای مرئی برای حوضه ی سیمینه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸. *هیدروژئومورفولوژی*، ۱۸(۶) ۲۰۵-۱۸۱.
- Acharya, U., Daigh, A. L. M., & Oduor, P. G. (۲۰۲۲). Soil Moisture Mapping with Moisture-Related Indices, OPTRAM, and an Integrated Random Forest-OPTRAM Algorithm from Landsat ⁸ Images. *Remote Sensing*, 14(۱۰).
<https://doi.org/10.3390/rs14103801>
- Ambrosone, M., Matese, A., Di Gennaro, S. F., Gioli, B., Tudoroiu, M., Genesio, L., Miglietta, F., Baronti, S., Maienza, A., Ungaro, F., & Toscano, P. (۲۰۲۰). Retrieving soil moisture in rainfed and irrigated fields using Sentinel-2 observations and a modified OPTRAM approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 89(November ۲۰۱۹), ۱۰۲۱۱۳.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102113>
- Babaeian, E., Sadeghi, M., Franz, T. E., Jones, S., & Tuller, M. (۲۰۱۸). Remote Sensing of Environment Mapping soil moisture with the Optical TRapezoid Model (OPTRAM) based on long-term MODIS observations. *Remote Sensing of Environment*, 211(December ۲۰۱۷), ۴۲۵-۴۴۰. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.04.029>
- Buyadi, S. N. A., Mohd, W. M. N. W., & Misni, A. (۲۰۱۳). Impact of Land Use Changes on the Surface Temperature Distribution of Area Surrounding the National Botanic Garden, Shah Alam. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 101, ۵۱۶-۵۲۵.
- Carlson, T.N., (۲۰۱۳), Triangle models and misconceptions, *Int. J. Remote. Sens, Appl*, No. ۳, ۱۵۵-۱۵۸
- Chen, M., Zhang, Y., Yao, Y., Lu, J., Pu, X., Hu, T., & Wang, P. (۲۰۲۰). Evaluation of the OPTRAM Model to Retrieve Soil Moisture in the Sanjiang Plain of Northeast China. *Earth and Space Science*, 7(۶). <https://doi.org/10.1029/2020EA001108>
- Chi, Y., Sun, J., Sun, Y., Liu, S., & Fu, Z. (۲۰۲۰). Multi-temporal characterization of land surface temperature and its relationships with normalized difference vegetation index and soil moisture content in the Yellow River Delta, China. *Global Ecology and Conservation*, 23(۳۹۱), e۰۱۰۹۲. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e۰۱۰۹۲>
- Lillesand T, Kiefer RW, Chipman J. ۲۰۱۵. Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons, ۷۳۶p.

- Nie, J., Ren, H., Zheng, Y., Ghent, D., & Tansey, K. (۲۰۲۱). Land Surface Temperature and Emissivity Retrieval from Nighttime Middle-Infrared and Thermal-Infrared Sentinel-۳ Images. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 18(۵), ۹۱۵-۹۱۹. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2020.2986326>
- Pérez-Planells, L., Niclòs, R., Puchades, J., Coll, C., Göttsche, F. M., Valiente, J. A., Valor, E., & Galve, J. M. (۲۰۲۱). Validation of sentinel-۳ slstr land surface temperature retrieved by the operational product and comparison with explicitly emissivity-dependent algorithms. *Remote Sensing*, 13(۱۱). <https://doi.org/10.3390/rs13112228>
- Ruescas, A. B., Danne, O., Fomferra, N., & Brockmann, C. (۲۰۱۶). The land surface temperature synergistic processor in beam: A prototype towards sentinel-۳. *Data*, 1(۳), ۱-۱۴. <https://doi.org/10.3390/data1030018>
- Sadeghi, M., Babaeian, E., Tuller, M., & Jones, S. B. (۲۰۱۷). The optical trapezoid model: A novel approach to remote sensing of soil moisture applied to Sentinel-۲ and Landsat-۸ observations. *Remote Sensing of Environment*, 198, ۵۲-۶۸. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.05.041>
- Sadeghi, M., Jones, S. B., & Philpot, W. D. (۲۰۱۵). A linear physically-based model for remote sensing of soil moisture using short wave infrared bands. *Remote Sensing of Environment*, 164, ۶۶-۷۶. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.04.007>
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Sòria, G., Ruescas, A. B., Danne, O., Brockmann, C., Ghent, D., Remedios, J., North, P., Merchant, C., Berger, M., Mathieu, P. P., & Göttsche, F. M. (۲۰۱۶). Synergistic use of MERIS and AATSR as a proxy for estimating Land Surface Temperature from Sentinel-۳ data. *Remote Sensing of Environment*, 179, ۱۴۹-۱۶۱. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.03.030>
- Pandey, R., Goswami, S., Sarup, J. & Matin, S. (۲۰۲۰). The thermal-optical trapezoid model-based soil moisture estimation using Landsat-۸ data, *Journal Modeling Earth Systems and Environment*, ۱-۹. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00970-8>.
- Prashant, K. S. George, P. P. Yann, H. K. (۲۰۱۶). *Satellite Soil Moisture Retrieval Techniques and Applications*, ۴۱۱ pp.
- Yang, J., Zhou, J., Göttsche, F. M., Long, Z., Ma, J., & Luo, R. (۲۰۲۰). Investigation and validation of algorithms for estimating land surface temperature from Sentinel-۳ SLSTR data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 91(December ۲۰۱۹), ۱۰۲۱۳۶. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102136>
- Zarei, A., Shah-Hosseini, R., Ranjbar, S., & Hasanlou, M. (۲۰۲۱). Validation of non-linear split window algorithm for land surface temperature estimation using Sentinel-۳ satellite imagery: Case study; Tehran Province, Iran. *Advances in Space Research*, 67(۱۲), ۳۹۷۹-۳۹۹۳. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.02.019>
- Zheng, Y., Ren, H., Guo, J., Ghent, D., Tansey, K., Hu, X., Nie, J., & Chen, S. (۲۰۱۹). Land Surface Temperature Retrieval from Sentinel-۳A Sea and Land Surface Temperature Radiometer, Using a Split-Window Algorithm. *Remote Sensing*, 11(۶), ۱-۱۷. <https://doi.org/10.3390/rs11060600>

Evaluation of ground surface temperature and soil moisture using sentinel ۲ and ۳ satellite images and checking their compatibility with land use (case study: Nair city)

Behrouz Sobhani^{۱*}, Elham Mollanouri^۲

^{۱*}-Professor of Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University

^۲- Ph.D. student of Hydrology and Meteorology, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University

email Address: sobhani@uma.ac.ir

Abstract

Introduction

Land surface temperature (LST) is a key physical parameter of land surface processes, at local and global scales, which is a combination of all results from the land surface and the energy flow between the surface and the atmosphere. Earth surface temperature is an important indicator related to climatic, meteorological, hydrological and environmental phenomena and processes. Currently, data from meteorological stations are the most important decision-making reference in this case (Baidy et al., ۲۰۱۳: ۵۱۷). What is considered as a basic defect in monitoring the temperature of the earth's surface is the lack of sufficient meteorological stations to know the temperature values in places without stations. Considering the limited information, the need to use remote sensing technology with time conditions, along with the feature of continuity and data collection in wide ranges, can be very efficient (Kake Memi et al., ۲۰۱۹).

Soil moisture is the amount of water stored in soil particles and is affected by factors such as precipitation, temperature and other soil properties (Pandi et al., ۲۰۲۰: ۱). Estimating soil moisture is of great value for weather forecasting, climate change monitoring, and flood monitoring (Beau et al., ۲۰۱۸). Remote sensing techniques provide tools for mapping soil moisture at large spatial and temporal scales. Remote sensing can be effectively used to estimate soil moisture because soil light reflectance and thermal emission are highly correlated with soil moisture (Acharya et al., ۲۰۲۲: ۲).

Meteorological and hydrogeological studies of the Sentinel satellite series have been developed by the European Space Agency (ESA) to support the services of the European mission and the demands of the Copernicus program (Zarei et al., ۲۰۲۱: ۳۹۸۰); The first three Sentinel missions contribute to the

understanding of the Earth system by detecting, monitoring, and evaluating changes in the ocean, troposphere, and land components (Ruskas et al., ۲۰۱۶: ۱).

Methodology

The studied area is Nair city. This city covers ۸٪ of the total area of Ardabil province with an area of ۱۴۹۵ square kilometers. It is located at ۴۷ degrees ۵۹ minutes east longitude and ۳۸ degrees ۲ minutes north latitude. This city of Nir is located ۳۵ kilometers west of Ardabil between Sablan and Bezgosh mountains. In this study, Sentinel ۲ satellite images have been prepared for the date of ۱۲/۷/۲۰۲۲, and then atmospheric and radiometric corrections were made in ENVI ۵.۶ software, and a part of the images was cut based on the study area. After the atmospheric and radiometric correction of the image, the land use classification map was prepared in eCognition ۹ software using the nearest neighbor method of the object-oriented algorithm; There are two main steps in image base object classification. The first step is image segmentation, which divides the image into separate areas or objects (segments) based on a similar spectral and spatial pattern. After segmentation, the second step is to relate the image segments using spectral and shape statistics, texture parameters and topological information. To perform this method, the results of different scales were analyzed. Finally, considering the scale of ۶۰ and the amount of softness and compression, respectively, ۴۰,۰ and ۰,۶ segmentation was done. After segmentation of the study area, they were classified into seven classes: irrigated agriculture, rainfed agriculture, residential area, water areas, snow cover, pasture and communication road; Then, the kappa coefficient and accuracy were estimated for validation. Sentinel ۲ image was also used to calculate soil moisture using OPTRAM method. To perform this method, first NDVI and STR index were calculated and then soil moisture value was determined using these two indices.

In the continuation of the research, to calculate the temperature of the earth's surface, the daily temperature product of Sentinel ۳ images related to the time of ۷/۱۱/۲۰۲۲ was prepared for the studied area; And in the SNAP software, the temperature of the earth's surface was estimated. The Sentinel ۳ temperature product is an official level ۲ product and has a spatial resolution of ۱ km. It provides estimates of LST and some related parameters, e.g. LST uncertainty, normalized difference vegetation index (NDVI), vegetation type (biome), atmospheric column water vapor content (CWVC) and parameters related to LST retrieval. After extracting maps of surface temperature and soil moisture using satellite images, the correlation between the dependent variable of humidity and the independent variable of temperature has been investigated using geographic weighted regression.

Conclusion

In this research, in the first step, the classification of land use in seven classes of irrigated agriculture, rainfed agriculture, pasture, residential area, water areas, snow cover and communication road has been done using the object-oriented method in eCognition software. The accuracy of this classification has an overall accuracy of ۹۹٪ and a kappa coefficient of ۹۸٪, which has achieved acceptable results due to the use of Sentinel ۲ images. One of the influencing factors on land suitability for different uses is soil surface temperature. In this study, the temperature products of Sentinel ۳ images were used to check the soil surface temperature. One of the factors affected by climate and temperature is soil moisture; In this way, Sentinel ۲ images and OPTRAM method have been used to estimate soil moisture. Examining the results shows that the temperature of the ground surface and the amount of soil moisture are completely dependent on the nature of the types of use.

The highest average temperature related to pasture use is ۴۳ degrees Celsius and the lowest average temperature related to snow and water use is ۳۴ and ۳۷ degrees, respectively. Examining the soil moisture of each land use shows that water areas have the highest average humidity and residential areas have the lowest average. Based on the results, there is a direct and inverse relationship between soil surface moisture, vegetation density and surface temperature. The presence of moisture on the surface of the soil and vegetation leads to a decrease in the temperature of the earth's surface. So that dry lands, or in other words, low humidity, as well as lands with low density vegetation, correspond to the areas that show high temperature in thermal images.

Keywords

Sentinel ۲ satellite images; Sentinel ۳ temperature produc; OPTRAM method; object oriented; geographic weighted regression