



بررسی رابطه بین دمای سطح زمین، ویژگی‌های جغرافیایی و محیطی و شاخص‌های بیوفیزیکی با استفاده از تصاویر لندست

عباسعلی ولی^{۱*}، ابوالفضل رنجبر^۱، مرضیه مکرّم^۲، فریده تاروی پناه^۳

۱. دانشیار گروه علوم بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

۲. استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

۳. دانشجوی دکتری بیابان زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

مشخصات مقاله

چکیده

پیشینه مقاله:

دریافت: ۲۹ خرداد ۱۳۹۸

پذیرش: ۱۸ مرداد ۱۳۹۸

دسترسی اینترنتی: ۲۵ مهر ۱۳۹۸

واژه‌های کلیدی:

دمای سطح زمین

شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی

شاخص تفاضلی رطوبت نرمال شده

تصاویر لندست

خارستان

دمای سطح زمین از شاخص‌های مهم ارزیابی کیفیت زیستگاه در مقیاس‌های محلی و جهانی است. در تحقیق حاضر اثرات فاکتورهای کاربری اراضی، سازند زمین‌شناسی، عوامل توپوگرافی و اقلیم بر دمای سطح در منطقه خارستان بررسی شد. در این راستا از تصاویر تیرماه ماهواره لندست ۷ و ۸ طی دوره ۱۳۷۹-۱۳۹۶، مدل رقومی ارتفاع، نقشه زمین‌شناسی و توپوگرافی استفاده شد. دمای سطح از روش پنجره مجزا و کاربری اراضی از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده برای سال ۱۳۹۶ استخراج شد. ارتباط بین دمای سطح با متغیرهای ارتفاع، جهت، شیب، پوشش گیاهی، رطوبت سطح خاک و دمای هوا با استفاده از روش‌های آماری بررسی شد. نتایج نشان داد میانگین دمای سطح، ۴۳ درجه سانتی‌گراد، شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی ۰/۱۴۴ و شاخص تفاضلی رطوبت نرمال شده ۰/۰۶۸- بود. با توجه به طبقه‌بندی تصاویر با دقت کلی ۹۹/۹۶ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۶، کاربری مرتع و باغ به ترتیب بیشترین و کمترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. بیشترین مقدار دمای سطح ۵۳ °C در اراضی دارای خاک لخت و مناطق مسکونی و کمترین ۲۹ °C در اراضی باغی مشاهده شد. درحالی‌که بیشترین و کمترین مقدار دمای سطح به ترتیب مربوط به سازندهای پابده-گورپی و آسماری بود. در دامنه‌های آفتابی بیشترین همبستگی $R^2 > 0/5$ ، بین دمای سطح، ارتفاع، دما، پوشش گیاهی و رطوبت سطحی مشاهده شد. درحالی‌که در دامنه‌های سایه‌دار دمای سطح بیشترین همبستگی $R^2 > 0/5$ را با ارتفاع، دما و پوشش گیاهی داشت. از عوامل ذکرشده ارتفاع و دما بیشترین تأثیر را بر دمای سطح داشتند. همبستگی شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی و شاخص نرمال شده رطوبت با دمای سطح معکوس $> 0/9$ بود. درحالی‌که همبستگی بین دمای سطح و دمای هوا مثبت بود. بنابراین کاربری اراضی، جنس زمین، توپوگرافی، پوشش گیاهی، رطوبت خاک و دمای هوا در تعادل دمایی اکوسیستم مؤثرند.

*پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: vali@kashanu.ac.ir

مقدمه

پیش از یک دهه است که دمای سطح زمین برای درک تغییرات اقلیمی در سطح جهانی بررسی شده است. این شاخص برای بررسی خواص فیزیکی فرایندهای سطحی و تغییرات اقلیمی کاربرد دارد به همین دلیل دمای سطح زمین اقلیمی (Land Surface Temperature; LST) یک مدل مهم از تعادل انرژی در سطح زمین به شمار می‌رود. دمای سطح زمین نقش مؤثری بر فرایندهای محیطی دارد به طوری که این اثرگذاری از طریق فعالیت‌های مختلف طبیعی و انسان رخ می‌دهد (۴۶). دمای سطح زمین تأثیر قابل توجهی بر تجزیه و تحلیل مسائل زیست محیطی مانند جزایر حرارتی شهری، رطوبت خاک و پوشش گیاهی دارد که نقش مهمی در تبادل آب و انرژی بین سطح زمین و هوا ایفا می‌کند (۴۷) کاربری و پوشش زمین اثرات متعددی روی LST در مقیاس محلی تا جهانی دارد. عوامل مختلفی نظیر شرایط توپوگرافی، میزان انرژی، شرایط اقلیمی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی و موقعیت جغرافیایی بر دمای سطح زمین اثر دارند. با تغییر هر یک از این پارامترها دمای سطح نیز تغییر می‌کند (۵). تغییرات کاربری اراضی یا پوشش زمین (Land Use/Land Cover; LU/LC) به واسطه فرایندهای انسانی یا طبیعی، اقلیم را در مقیاس جهانی و منطقه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد. دمای سطح زمین به علت تغییرات و تبدیل سطوح دارای پوشش به سطوح غیرقابل نفوذ، افزایش می‌یابد (۳۵). این تغییرات بر جذب تابش خورشیدی، دمای سطح زمین، میزان تبخیر، ذخیره‌سازی گرما، آشفتنگی باد تأثیر گذاشته و می‌تواند به شدت شرایط جو زمین را تغییر دهد. ابرها، کاربری اراضی، دمای سطح زمین، مبادلات انرژی و رطوبت، به عنوان شاخص کلیدی به منظور بررسی تغییرات اقلیمی در نظر گرفته می‌شوند که به سرعت در زمان و مکان تغییر می‌کند (۳۱).

فناوری سنجش از دور مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای ابزار قوی در جهت سنجش منابع زمینی و از جمله دمای سطح زمین است که می‌تواند در بسیاری از زمینه‌ها کاربرد داشته باشد. در صورت عدم وجود شبکه مترکم ایستگاه‌های هواشناسی،

توزیع فضایی و زمانی LST از طریق تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند به عنوان پارامتر کلیدی مدیریت پایدار، مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی چشم‌انداز و همچنین در مطالعات کشاورزی و زیست محیطی مورد استفاده قرار گیرد (۱۸). مطالعات زیادی نشان داده است که ترکیب داده‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با تکنیک‌های سنجش از دور ابزار قدرتمندی در مطالعه دمای سطح زمین است. از مهم‌ترین کاربردهای سنجش از دور فراهم کردن داده‌های حرارتی مادون قرمز، کاربری اراضی و پوشش زمین، ارتفاع ساختمان‌ها و سایر متغیرهای بیوفیزیکی شهری است (۲۳). در سال‌های اخیر مطالعات فراوانی در زمینه بررسی دمای سطح زمین صورت گرفته است. فنگ و همکاران (۱۹) رابطه بین تغییرات LST را با سه فاکتور شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (Normalized difference vegetation index; NDVI)، شاخص نرمال شده تفاضل ساخت و ساز (Normalized difference built-up index; NDBI) و شاخص نرمال شده تفاضل آب (Normalized difference Water index; NDWI) در چین بررسی کردند و گزارش کردند که LST به شدت تحت تأثیر این سه عامل قرار دارد. هی و همکاران (۲۱) اثرات فاکتورهای زمینی را بر دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸ در مناطق کوهستانی چین مطالعه کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد رابطه معکوسی بین ارتفاع و زاویه تابش خورشید با LST وجود داشت، همچنین در جهت‌های جنوبی تغییرات LST بیشتر از جهت‌های دیگر بوده و پوشش گیاهی عامل کلیدی مؤثر بر میزان تغییرات دمای سطح بود. آلمو (۱۲) تغییرات زمانی و مکانی LST را در ارتباط با شاخص پوشش گیاهی NDVI در حوزه آنداسا اتیوپی بررسی کرد. یافته‌های این مطالعه نشان داد بین دمای سطح و شاخص پوشش گیاهی NDVI همبستگی معکوسی در دوره مطالعه وجود دارد. ابراهیم و ابوملوح (۲۲) در مطالعه‌ای با عنوان تخمین دمای سطح زمین در ارتباط با کاربری اراضی و سازند زمین‌شناسی نشان دادند که بیشترین دمای سطح زمین در کاربری اراضی سنگی و سازندهای بازالتی به دلیل جنس

مخروط آتشفشانی تفتان بررسی کردند. یافته‌های آن‌ها نشان داد با افزایش ارتفاع LST کاهش یافته و جهت جغرافیایی در میزان دمای سطحی مخروط، نقش بسیار مهمی را ایفا می‌نمایند. به طوری که کمترین میانگین دما در جهت غربی و بیشترین میانگین دما در جهت شرقی به چشم می‌خورد. همچنین، سازندها و لندفرم‌هایی که کمترین و بیشترین دما را دارا هستند نیز در این جهات قرار دارند. کیانی و ابراهیمی (۹) در بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین در شهرکرد نشان دادند رابطه بین LST با شاخص پوشش گیاهی NDVI منفی اما با شاخص نسبت گیاهی RVI مثبت است. همچنین با افزایش سطح کاربری مسکونی دمای سطح به میزان قابل توجهی افزایش یافت.

بیشتر مطالعات بر روی تغییرات پوشش زمین و تأثیرات آن بر LST و ایجاد ارتباط بین یک عامل واحد و LST برای بررسی و توصیف ویژگی‌های مکانی LST متمرکز شده‌اند اگرچه یافته‌های این مطالعات نیز مهم هستند، اما آن‌ها به ندرت نسبت به روابط بین عوامل متعدد و LST بحث می‌کنند طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، شرایط آب و هوایی و فاکتورهای محلی مانند DEM، شیب، جهت شیب، آزیموت، زاویه ارتفاع خورشید، نوع جنس سطح، رطوبت خاک و رطوبت هوا تأثیر زیادی بر LST دارد (۲۵). در مقایسه با نقش تک فاکتور در LST، دمای سطح زمین به شدت تحت تأثیر تغییرات فاکتورهای چندگانه قرار به خصوص در دامنه‌های آفتابی و سایه‌دار قرار می‌گیرد. بررسی تغییرات عوامل متعدد مانند شاخص نرمال شده رطوبت سطحی (Normalized difference Moisture index; NDMI)، شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی NDVI، شیب، جهت شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، جنس زمین و غیره، و همچنین چگونگی تأثیر این عوامل بر LST کمتر توجه شده است (۳۷). با توجه به تحقیقات محدود در مورد روابط بین عوامل چندگانه و LST، در منطقه مورد مطالعه سطح زمین به بر اساس زمان تصویربرداری، ارتفاع خورشید و آزیموت، DEM و سایر اطلاعات کمکی به دامنه‌های آفتابی و سایه‌دار تقسیم شد. به منظور بررسی تأثیر عوامل چندگانه NDMI، NDVI، شیب، جهت، ارتفاع، کاربری اراضی، جنس زمین و غیره، بر تغییرات

این سازند مشاهده شد. دنگ و همکاران (۱۵) در بررسی دمای سطح زمین در ارتباط با کاربری اراضی و شاخص NDVI نشان دادند که دمای سطح زمین در کاربری مناطق مسکونی بیشترین و در جنگل‌های چوبی کمترین مقدار را داشته و همچنین الگوهای فضایی NDVI و LST مخالف یکدیگر بودند. اکبری و همکاران (۳) در بررسی دمای سطح زمین با روند کاربری اراضی در حوزه طالقان نشان دادند که افزایش بیابان‌زایی و کاهش پوشش گیاهی دمای سطح زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بیشترین مقدار LST در مناطق مسکونی و اراضی بایر با رخنمون سنگی مشاهده شد. ابراهیمی و همکاران (۱) در منطقه تویسرکان دمای سطح زمین و تأثیر پوشش گیاهی بر آن را با استفاده از تصاویر مودیس بررسی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد ارتفاعات با توجه به داشتن گرادیان دما، حداقل دمای سطح رادارند و مناطقی که دارای پوشش گیاهی هستند دمای متعادل‌تری دارند. اصغری سراسکانرود و امامی (۲) دمای سطح زمین و رابطه آن با کاربری اراضی را در شهرستان اردبیل با استفاده از تصاویر OLI و ETM⁺ بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد رابطه قوی بین دمای سطح و کاربری اراضی وجود دارد به طوری که حداکثر دمای سطحی در مناطق با کاربری شهری و حداقل در مناطق با کاربری آبی مشاهده شد. همچنین مناطق با پوشش بیشتر نسبت به مناطق با پوشش کمتر دمای کمتری داشتند. میجانی و همکاران (۱۱) تأثیر پارامترهای سطحی و شرایط اقلیمی بر دمای سطح زمین را با استفاده از داده‌های انعکاسی و حرارتی سنجنش‌ازدور کمی‌سازی کردند و نشان دادند که دمای سطح با پارامترهای مستقل ارتفاع، شیب، جهت شیب، پوشش گیاهی و تابش ورودی به سطح همبستگی معنی‌داری دارد. درویشی و همکاران (۶) تأثیر شاخص‌های گیاهی و خصوصیات سطح شهری بر تغییرات دمای سطح زمین را در شهرستان سنندج بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد کاهش پوشش گیاهی و رشد نواحی مسکونی تأثیر بسزایی در افزایش دمای سطح زمین دارند. بهرامی و همکاران (۴) تأثیر عوامل جغرافیایی را بر دمای سطح زمین را در

دمای هوا در منطقه خارستان به‌عنوان یکی از زیر حوزه‌های کوهستانی و نیمه‌خشک سد درود زن در استان فارس، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۷ صورت گرفته تا مشخص شود عوامل مذکور تا چه اندازه بر دمای سطح زمین مؤثر بوده است.

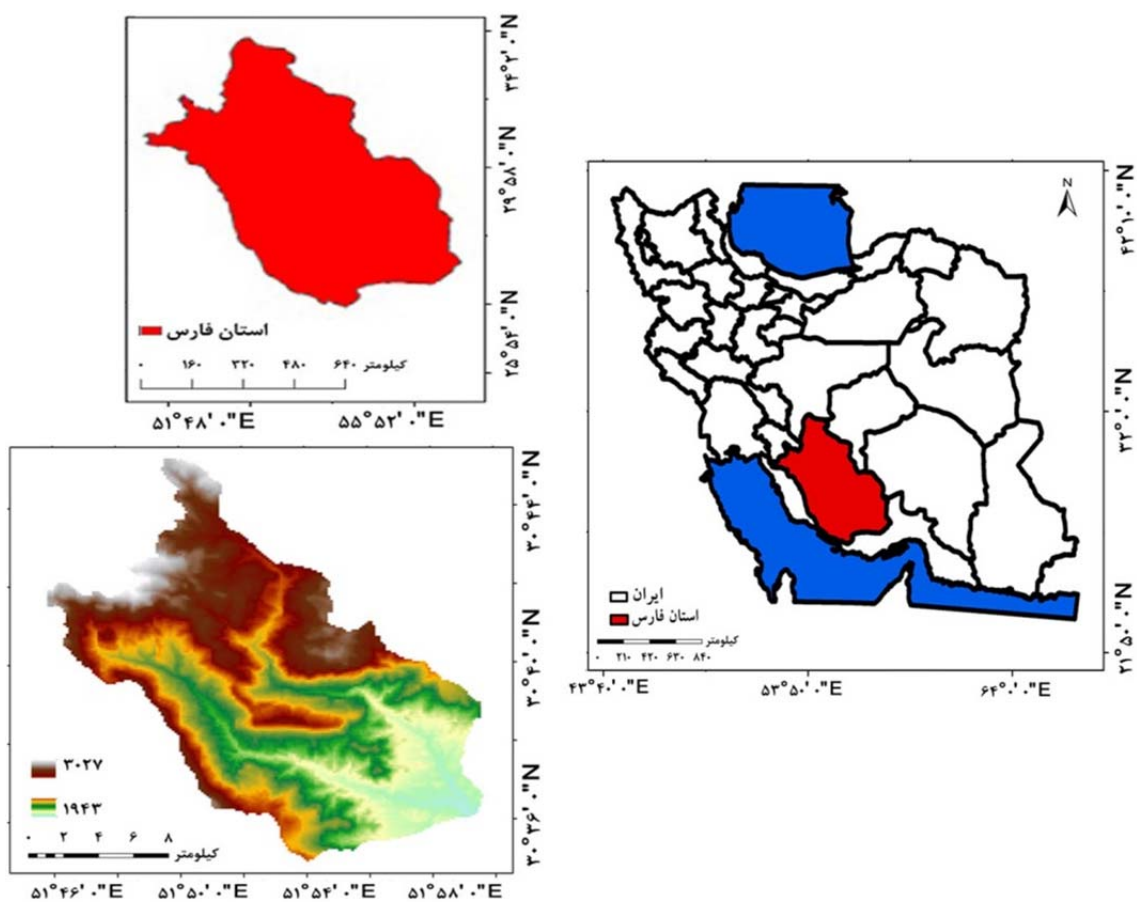
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز خارستان با مساحت ۱۲۳۰۰ هکتار یکی از زیرحوزه‌های آبخیز سد درود زن است که در محدوده جغرافیایی ۴۷° ۵۱' تا ۵۲° ۰۰' طول شرقی و ۳۵° ۳۰' تا ۴۵° ۳۰' عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱).

LST از یک مدل استفاده شد. از تجزیه و تحلیل همبستگی جزئی، و رگرسیون چند متغیره برای توسعه فرمول رگرسیون LST در دامنه‌های آفتابی و سایه‌دار استفاده شد.

با توجه به اینکه دمای سطح زمین عامل مهمی برای نظارت بر پوشش گیاهی (به دلیل تخریب پوشش گیاهی توسط انسان‌ها و اهمیت زیاد پوشش گیاهی از طریق تعرق و فتوسنتز بر دمای سطح زمین)، تغییر اقلیم و تغییرات مناطق ساختمانی است. در حال حاضر دمای سطح زمین به یک موضوع جدی زیست‌محیطی تبدیل شده است و محققین زیادی بر تحقیق در این زمینه تأکید دارند. با توجه به موارد ذکر شده مطالعه حاضر به منظور بررسی دمای سطح زمین در ارتباط با کاربری اراضی، سازند زمین‌شناسی و عوامل توپوگرافی، شاخص پوشش گیاهی، شاخص تفاضلی رطوبت نرمال شده و



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در سطح کشور و استان فارس

استفاده شد. به منظور تهیه نقشه های مربوطه از روش میانگین استفاده شد. داده های اقلیمی دوره زمانی مورد نظر با استفاده از ۱۷ ایستگاه هواشناسی از سازمان هواشناسی ایران به صورت ماهیانه تهیه شد.

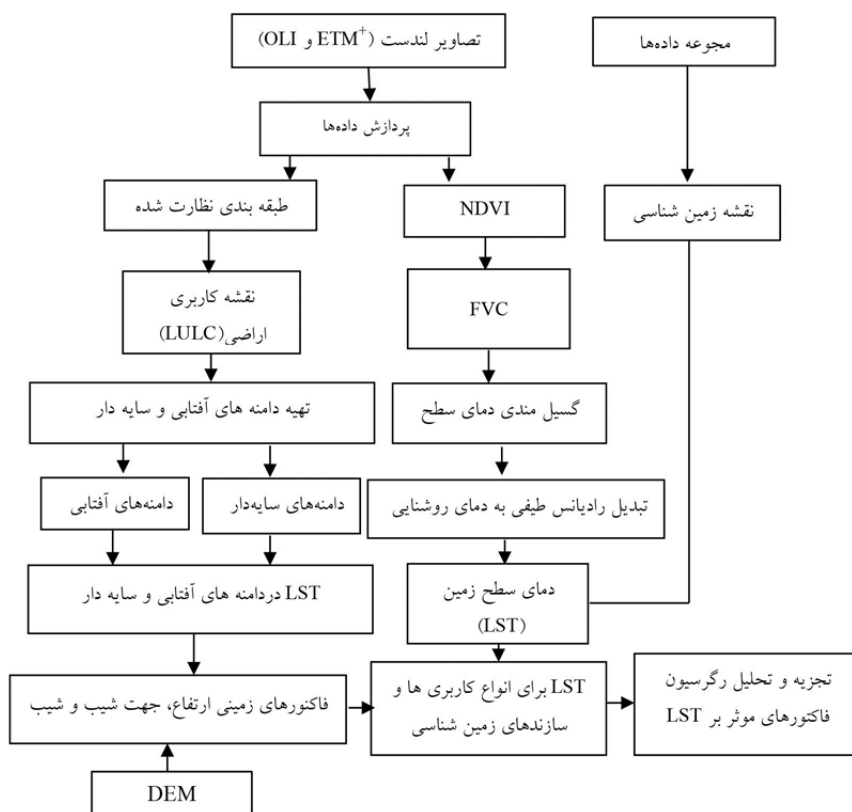
روش تحقیق

این تحقیق طی مراحل زیر انجام شد (شکل ۲)؛ مرحله ۱، تهیه داده های سنجش از دور (استخراج تصاویر ماهواره لندست ۷ و ۸ از سایت زمین شناسی آمریکا USGS و پردازش آن ها در نرم افزار ENVI، استخراج مدل رقومی ارتفاع از سایت زمین شناسی آمریکا، ایجاد نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده (روش حداکثر احتمال)، تهیه نقشه دمای سطح زمین با استفاده از روش پنجره مجزا، تهیه نقشه شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) و استخراج نقشه شاخص تفاضلی رطوبت نرمال شده (NDMI) برای دوره ۱۷ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۷). مرحله ۲، استفاده از داده های ۱۷ ایستگاه هواشناسی برای تعیین دمای هوا در منطقه مورد مطالعه؛ داده های اقلیمی برای دوره زمانی مورد نظر با استفاده از ۱۷ ایستگاه هواشناسی از سازمان هواشناسی ایران به صورت ماهیانه تهیه شد. میانگین دمای سالیانه با استفاده از داده های ماهیانه محاسبه شد. سپس، با استفاده از الگوریتم درون یابی IDW در نرم افزار ArcGIS 10.3، نقشه آن ها استخراج شد. مرحله ۳، بررسی وضعیت دمای سطح زمین در کاربری های اراضی، سازندهای زمین شناسی مختلف و در نهایت تعیین رابطه بین این عوامل و دمای سطح زمین با استفاده از رگرسیون چند متغیره در نرم افزار SPSS22.

ارتفاع حداقل، حداکثر و متوسط وزنی آن به ترتیب ۱۹۰۰، ۳۰۴۰ و ۲۳۳۷ متر از سطح دریا و شیب متوسط وزنی آن ۲۵/۶۷ درصد است. متوسط بارندگی منطقه ۴۳۰ میلی متر و متوسط دمای منطقه، برابر با ۱۴/۴ درجه سانتی گراد است. بر اساس روش دومارتن اقلیم منطقه از نوع نیمه خشک است. این منطقه با شیب متوسط ۱۱/۲ درصد، از نظر توپوگرافی در منطقه ای کوهستانی واقع شده است. چینه های موجود در آن بر اساس قدمت از سازند هرمز، زون کمپلکس، پابده-گورپی، کشکان، آسماری و رسوب های آبرفتی Q_۱ تشکیل شده است. مهم ترین فعالیت های کشاورزی رایج در منطقه باغداری و کشت محصولات دیم و آبی می باشد. بر اساس مطالعات پوشش گیاهی و کاربری زمین، منطقه مورد مطالعه، شامل کاربری مرتع با پوشش گیاهی متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف است.

داده های مورد استفاده

تصاویر استفاده شده در این مطالعه از ماهواره لندست در شرایط بدون ابر با ردیف/ مسیر (Row/Path) ۱۶۳ و ۳۹ انتخاب شد. تصاویر انتخاب شده مربوط به ماه جولای طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۷ از لندست ۷ و ۸ سنجنده های ETM⁺ و OLI بود. این تصاویر از وبسایت سازمان نقشه برداری زمین شناسی آمریکا (USGS) تهیه شد. نقشه مدل رقومی ارتفاع (Shuttle Radar Topographic Mission; SRTM) ۳۰ متر دانلود گردید و لایه های ارتفاع، شیب و جهت شیب از DEM منطقه تهیه شد. برای اندازه گیری مقادیر NDVI، دمای سطح زمین، کاربری اراضی و شاخص NDMI از این تصاویر



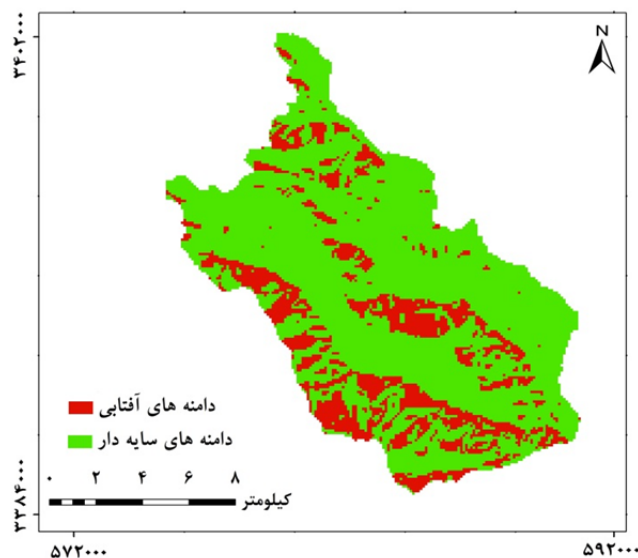
شکل ۲. مراحل انجام تحقیق

پردازش داده‌ها

در مرحله پیش پردازش، اقدام به کالیبراسیون رادیانس و تصحیح اتمسفری تصاویر اخذ شده باهدف حذف خطاهای ناشی از سنجنده و اتمسفر در محیط نرم افزار ENVI شد. با استفاده از ابزار Band Math در نرم افزار ENVI اقدام به محاسبه شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص تفاضلی رطوبت نرمال شده (NDMI) شد. به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی از نمونه های تعلیمی برداشت شده از گوگل ارث Google earth و ترکیب رنگی کاذب ۳-۴-۵ لندست ۸ در نرم افزار ENVI استفاده شد و با استفاده از ابزار Classification طبقه بندی تصویر به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی، و ارزیابی صحت نقشه کاربری اراضی شد.

تعیین دامنه های آفتابی و سایه دار

با توجه به مطالعه پنگ و همکاران (۳۴) دامنه های آفتابی و سایه دار با توجه به زاویه تابش خورشید که در فایل هدر تصویر (Metadata)، تعیین گردید. فرایند تغییرات تابش خورشیدی در منطقه مورد مطالعه با توجه به زاویه ارتفاع خورشید که ۶۶/۴۳ درجه است، تعیین شد. مناطق با زاویه کمتر از ۶۶/۴۳ به عنوان دامنه های آفتابی، در حالی که مناطق با زاویه بزرگ تر از ۶۶/۴۳ درجه به عنوان دامنه های سایه دار تعریف شد (شکل ۳).



شکل ۳. دامنه های آفتابی و سایه دار در منطقه مورد مطالعه

محاسبه دمای سطح زمین (LST)

تهیه نقشه دمای سطح زمین از مجموعه داده های لندست با استفاده از ارزش رقومی (Digital Number; DN) باندهای حرارتی (Thermal Bands) (باند ۶ در لندست ETM^+ ، TM و باند ۱۰ در لندست OLI) انجام شد. بدین منظور در مرحله اول رادیانس طیفی (Spectral Radiances; $L\lambda$) باندهای چند طیفی (Multispectral Band) و حرارتی تصاویر لندست با استفاده از رابطه های ۱ و ۲ محاسبه شد. در مرحله دوم رادیانس طیفی با استفاده از ثابت های ارائه شده در فایل مرجع به دمای روشنایی (Brightness Temperature; TB) تبدیل گردید. دمای روشنایی با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (۲۲).

$$L\lambda(\text{Landsat5TM and 7 ETM}^+) = L_{min} + \left(\frac{L_{max}-L_{min}}{255}\right) \times DN \quad [1]$$

$$L\lambda(\text{Landsat8OLI}) = ML \times DN + AL \quad [2]$$

$$TB = \frac{K2}{\ln\left[\left(\frac{K1}{L\lambda}\right)+1\right]} \quad [3]$$

در این رابطه ها؛ L_{min} و L_{max} در فایل هدر ماهواره (Metadata) موجود است. ML مقیاس سازی ضربی باند خاص (۰/۰۰۰۳۳۴۲)، AL مقیاس سازی جمعی باند خاص (۰/۰۱)، $K1$ ثابت حرارتی اول و $K2$ ثابت حرارتی دوم (در

لندست TM5، $K1=607.76$ و $K2=1260.56$ ، لندست ETM7، $K1=666.06$ و $K2=1282.7$ در لندست 8TIRS، $K1=774.8853$ و $K2=1321.0789$ (۳۲).

شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) با استفاده از رابطه ۷ و کسر پوشش گیاهی (Fractional Vegetation Cover; FVC) با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد (۳۹).

$$FVC = \left(\frac{NDVI-NDVI_{min}}{NDVI_{max}-NDVI_{min}}\right)^2 \quad [4]$$

مقدار گسیل مندی ϵ (Land surface Emissivity) از رابطه ۵ محاسبه گردید (۱۳ و ۲۷). در نهایت دمای سطح زمین با استفاده از رابطه ۶ برآورد گردید (۱۲).

$$\epsilon = 0.004 FVC + 0.986 \quad [5]$$

$$LST = \frac{BT}{1+W\left(\frac{BT}{P}\right)^{1n\epsilon}} \quad [6]$$

در این رابطه؛ LST دمای سطح زمین برحسب درجه سانتی گراد، W طول موج رادیانس ($11.5\mu m$)، p ضریب تاب ($1.438 \times 10^{-2} mk$)، h ثابت پلانک ($6.62 \times 10^{-34} j.s$)، c سرعت نور ($2.998 \times 10^8 m/sec$) و k ثابت استفان-بولتزمن ($1.38 \times 10^{-23} j/k$) (۲۳).

استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال (Maximom likhoold) شد. در طبقه‌بندی نظارت‌شده با استفاده از مراحل شش‌گانه؛ تعیین نمونه‌های تعلیمی و رقومی کردن محدوده آن‌ها، استخراج نشان طیفی ویژه هر یک از کاربری‌ها از طیف‌های تصویر، بررسی قابلیت جداسازی نشان‌های طیفی کاربری‌ها و پوشش، انتخاب یک طبقه‌بندی کننده، طبقه‌بندی تصویر، بررسی گزارش صحت طبقه‌بندی، کاربری‌ها و تیپ پوششی بر روی تصویر شناسایی و طبقه‌بندی انجام شد. در این ماتریس مشخصات آماری شامل صحت تولیدکننده، صحت مصرف‌کننده، صحت کل و شاخص کاپا برای هر یک از طبقات محاسبه شد.

صحت تولیدکننده معادل نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی‌شده به مجموع پیکسل‌های همان ستون و صحت کاربر معادل نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی‌شده به مجموع پیکسل‌های همان سطر است. بر اساس دو صحت یادشده دو خطای حذف یا Omission و ارتکاب (اضافه) یا Commission تعریف می‌شوند. این دو خطا نیز بر اساس اطلاعات ماتریس خطا برای هر طبقه مجزا محاسبه می‌شود. خطای ارتکاب که بر اساس صحت کاربر محاسبه می‌شود، معادل آن درصد از پیکسل‌هایی است که متعلق به طبقه موردنظر نیستند ولی طبقه‌بندی کننده آن‌ها را جزء آن طبقه خاص در نظر گرفته است. خطای حذف مربوط به آن درصد از پیکسل‌هایی است که در واقعیت مربوط به طبقه موردنظر است ولی جزء طبقه‌های دیگر طبقه‌بندی شده‌اند. یکی دیگر از پارامترهای صحت که از ماتریس خطا استخراج می‌شود ضریب کاپا است. این ضریب صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. از معروف‌ترین برآوردهای کاپا با استفاده از عناصر ماتریس خطا بر اساس رابطه ۹ به دست می‌آید.

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^n X_{ii} - \sum_{i=1}^n X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^n X_{i+} X_{+i}} \quad [9]$$

در این رابطه؛ N تعداد کل پیکسل‌های واقعیت زمینی، X_{i+} مجموع عناصر سطر iam و X_{+i} مجموع عناصر ستون iam

شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI)

شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی به‌عنوان مهم‌ترین شاخص پوشش گیاهی است و از مقدار آن برای نشان دادن حضور یا شرایط پوشش گیاهی استفاده می‌شود. شاخص NDVI از رابطه ۷ محاسبه شد (۴۳).

$$NDVI = \frac{NIRband - Redband}{NIRband + Redband} \quad [7]$$

در این رابطه؛ Red قرمز (باند ۴ در OLI) و NIR مادون‌قرمز نزدیک (باند ۵ در OLI) است. مقادیر این شاخص از -۱ تا +۱ متغیر است. مقادیر منفی شاخص NDVI (اعداد نزدیک به -۱ نشان‌دهنده) نشان‌دهنده پهنه‌های آبی است. مقادیر نزدیک به صفر (بین -۰/۱ تا +۰/۱) معمولاً نشان‌دهنده سطوح برهنه سنگی، ماسه‌ای یا برفی است. مقادیر پایین و مثبت شاخص (حدود +۰/۲ تا +۰/۴) نشان‌دهنده پوشش درختچه‌ای و علف‌زار و مقادیر بالای شاخص NDVI (اعداد نزدیک به +۱) نشان‌دهنده جنگل‌های بارانی مناطق گرم و استوایی است (۳۵).

شاخص اختلاف رطوبتی نرمال شده (NDMI)

این شاخص از داده‌های باندهای مادون‌قرمز نزدیک و مادون‌قرمز میانی محاسبه می‌شود. مقادیر این شاخص در محدوده -۱ و +۱ قرار دارد به‌طوری‌که مقادیر زیادتر این شاخص نشان‌دهنده آب بیشتر نظیر مناطق آبی یا پوشش گیاهی و مقادیر معکوس نشان‌دهنده مناطق با آب کمتر نظیر خاک لخت و ساختمان‌ها است. این شاخص با استفاده از رابطه ۸ محاسبه گردید (۴۴).

$$NDMI = \frac{NIRband - MIRband}{NIRband + MIRband} \quad [8]$$

استخراج نقشه کاربری اراضی

به‌منظور تشخیص هر چه‌بهر عوارض، با استفاده از سه روش ترکیب رنگی، بسط کنتراست و نسبت‌گیری طیفی، تصاویر آشکارسازی شدند. پس از آشکارسازی تصاویر اقدام به طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از روش طبقه نظارت‌شده با

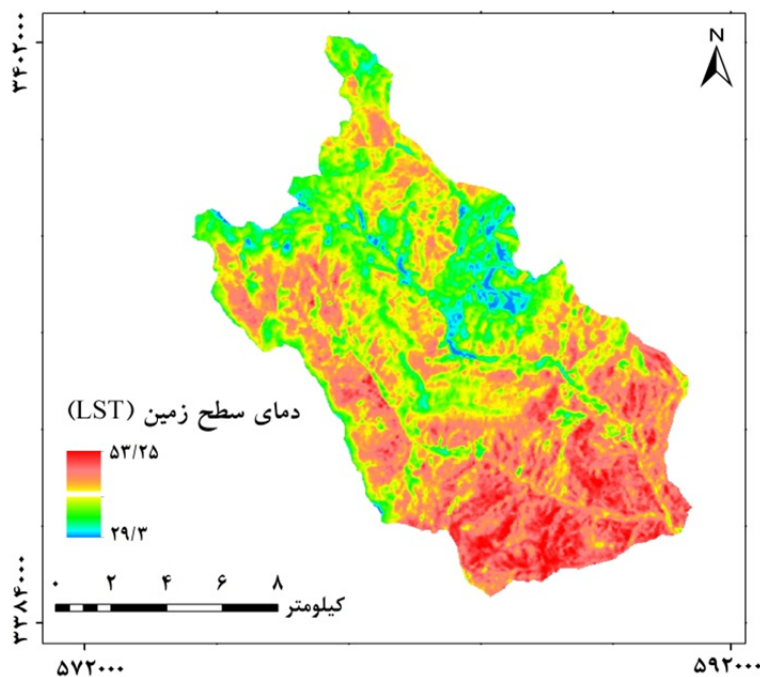
شده است. باغات و اراضی کشاورزی (جو و گندم) به دلیل دارا بودن زیست توده بیشتر شاخص پوشش گیاهی بیشتری را نشان می دهند به طوری که با کاهش در مقدار پوشش گیاهی مقدار NDVI نیز کاهش می یابد که با نتایج مطالعه فاطمی و نارنگی فرد (۱۷) مطابقت دارد. در اراضی باغی و کشاورزی به دلیل استفاده از آبیاری شاخص NDMI بیشتر از مناطق دیگر است در حالی که کمترین مقدار این شاخص در بخش های مسکونی و خاک لخت مشاهده شد. در مطالعه ای مشابه زنگ و همکاران (۵۱) نیز بیان کردند که بیشترین مقدار شاخص NDMI در مناطق آبی، زمین های کشاورزی و کمترین مقدار آن در مناطق غیر قابل نفوذ قابل مشاهده است. با توجه به نقشه های مذکور تفاوت دمای سطح در مناطق مسکونی و اطراف آن (کشاورزی و باغات) به وضوح مشخص است. با توجه به نتایج مذکور می توان بیان داشت که مناطق مسکونی و خاک لخت دارای بیشترین LST در حالی که مناطق دارای پوشش گیاهی که با نتایج پاتیل و همکاران (۳۳) همخوانی دارد.

است. مقدار ضریب کاپا بین ۰ و ۱ متغیر است، به طوری که مقدار صفر به این معنی است که طبقه بندی بدون هیچ ضابطه ای و کاملاً تصادفی انجام شده است در صورتی که مقدار ۱ نشان دهنده طبقه بندی کاملاً صحیح بر اساس نمونه های گرفته شده است (۷).

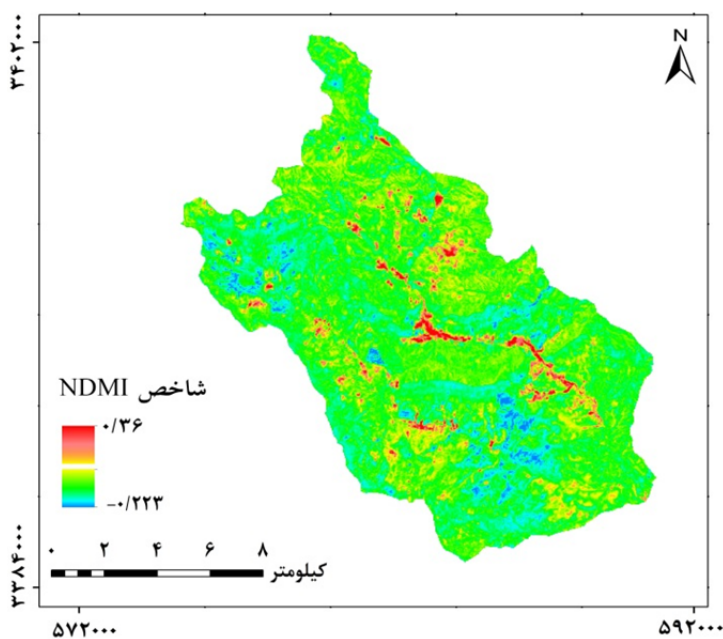
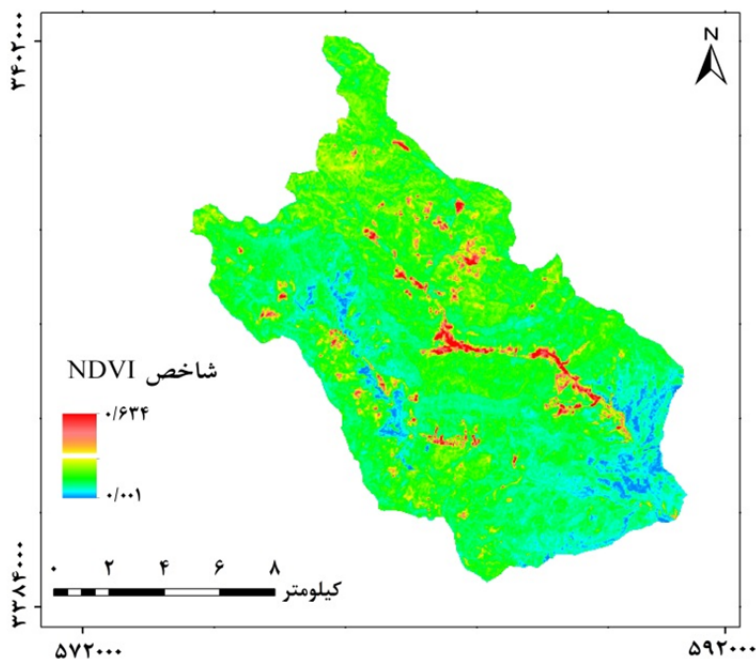
نتایج و بحث

الگوی مکانی دمای سطح زمین LST، شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص اختلاف رطوبتی نرمال شده (NDMI)

در شکل ۴ ارائه شده است. روستای خارستان در بخش جنوب شرقی منطقه در نقشه دمای سطح زمین، درجه حرارت بالایی را نشان می دهد که با نتایج کیات و همکاران (۲۴) مبنی بر اینکه مناطق شهری و مسکونی دمای بالاتری دارند، مطابقت دارد. کمترین مقدار دمای سطح زمین در بخش های مرکزی و شرقی منطقه مورد مطالعه مشاهده شد. وجود باغات و اراضی کشاورزی در این قسمت ها باعث کاهش دما در این مناطق



شکل ۴. نقشه دمای سطح زمین (LST)، شاخص NDVI و شاخص NDMI منطقه مورد مطالعه



ادامه شکل ۴. نقشه دمای سطح زمین (LST)، شاخص NDVI و شاخص NDMI منطقه مورد مطالعه

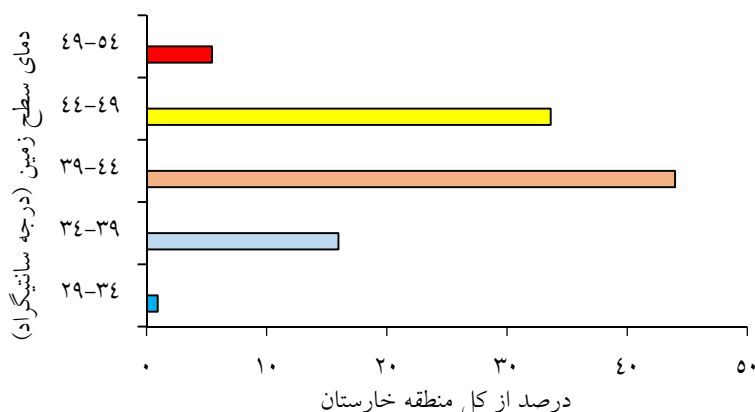
منابع تحقیقاتی در رابطه با طبقه‌بندی پوشش گیاهی بر اساس شاخص NDVI می‌توان بیان داشت که منطقه خارستان دارای پوشش گیاهی متوسط است. درصد مساحت اختصاص یافته به هر طبقه دمایی نشان می‌دهد که حدود ۵۰ درصد منطقه مورد مطالعه در محدوده دمایی ۳۹-۴۴ درجه سانتی‌گراد قرار

داده‌های مربوط به دمای سطح زمین، شاخص پوشش گیاهی و شاخص تفاضلی رطوبت نرمال شده نشان می‌دهد که میانگین دما در منطقه مورد مطالعه حدود ۴۳ درجه سانتی‌گراد، میانگین شاخص پوشش گیاهی ۰/۱۴۴ و شاخص تفاضلی رطوبت نرمال شده ۰/۰۶۸- است (جدول ۱). با توجه به اغلب

دارد. برخلاف اینکه حوزه خارستان یک منطقه کوهستانی و زمین) پایین مساحت چندان را به خود اختصاص نداده است سردسیر است مشاهده می شود که طبقات دمایی (دمای سطح (شکل ۵) که با مطالعه قربان نیا و همکاران (۸) همخوانی دارد.

جدول ۱. آماره های دمای سطح زمین، شاخص پوشش گیاهی و شاخص تفاضلی رطوبت نرمال شده

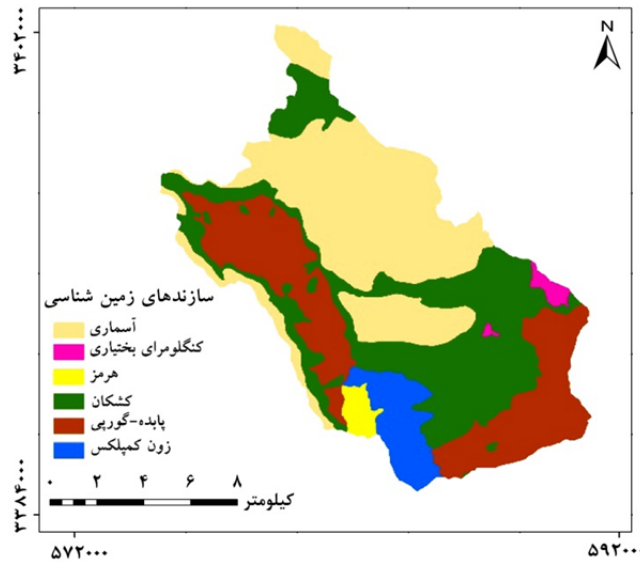
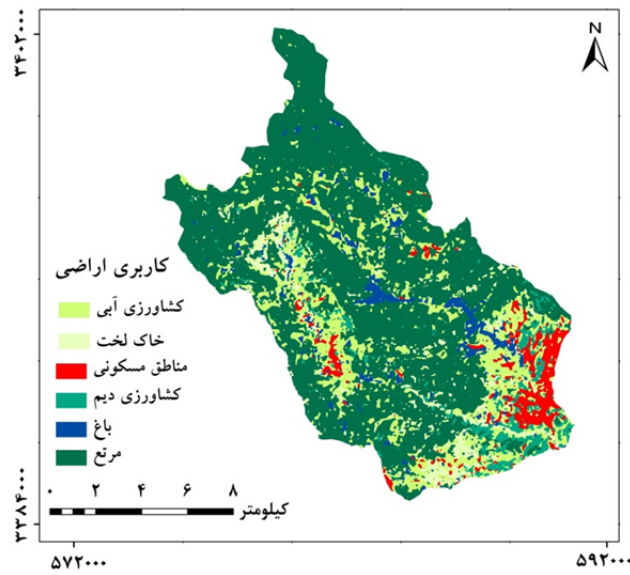
نقشه ها	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
شاخص پوشش گیاهی	۰/۰۰۱۳	۰/۶۴	۰/۱۴۴	۰/۰۵۵
شاخص تفاضلی رطوبت نرمال شده	-۰/۲۲۳	۰/۳۶۳	-۰/۰۶۸	۰/۰۴۸۲
دمای سطح زمین (درجه سانتیگراد)	۲۹/۳	۵۳/۲۵۸	۴۲/۸۷	۳/۹۱



شکل ۵. درصد مساحت اختصاص یافته به هر طبقه دمایی در منطقه خارستان

سیاه جلبکی تیغه مانند) و کنگلومرای بختیاری مشاهده شد. کاربری مرتع و باغ با ۶۳/۸ و ۴/۰۸۳ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین، همچنین سازند آسماری و کنگلومرای بختیاری به ترتیب با ۳۵/۴۷۷ و ۰/۹۲ درصد بیشترین و کمترین مساحت منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است. ارزیابی صحت طبقه بندی نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه نشان می دهد طبقه بندی با دقت کلی ۹۹/۹۶ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۶ صورت گرفته است. دقت کاربر و تولیدکننده به ترتیب ۹۸/۵ و ۸۹ برآورد شد (جدول ۲).

نقشه کاربری اراضی و سازند زمین شناسی منطقه خارستان در شکل ۶ آورده شده است. مساحت و درصد اختصاص یافته به هر کاربری اراضی و سازند زمین شناسی در جدول ۱ ارائه شده است. در منطقه خارستان ۶ نوع کاربری مرتع، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، باغ، خاک بایر و مسکونی شناسایی شد. در این منطقه همچنین ۶ نوع سازند آسماری (آهک مقاوم، سخت، برجسته و توده ای)، کشکان (کنگلومرا، ماسه سنگ و سیلتستون قرمز)، پابده-گورپی (تناوب آهک رسی نازک و شیل خاکستری، مارن های تیره خاکستری مایل به آبی)، هرمز (نمک بامیان لایه های مارن)، زون کمچلکس (آهک های



شکل ۶. نقشه کاربری اراضی و سازندهای زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

جدول ۲. مساحت و درصد اختصاص یافته به هر طبقه کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه

سال	کاربری	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)	سازند زمین شناسی	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
۲۰۱۷	کشاورزی آبی	۲۱۵۱/۲۸۳	۱۷/۴۸۴	آسماری	۴۴۴۸/۹۸۴	۳۵/۴۷۷
	کشاورزی دیم	۵۵۴/۱۵۷۱	۴/۵۰۳	کنگلومرای بختیاری	۱۱۶/۴۶۲	۰/۹۲۸
	باغ	۵۰۲/۴۵۱۶	۴/۰۸۳	هرمز	۱۸۸/۳۷۳۹	۱/۵
	مناطق مسکونی	۵۵۸/۶۷۳۳	۴/۵۴	کشکان	۳۸۶۳/۳۰۶	۳۰/۸
	خاک لخت	۶۷۸/۳۴۰۳	۵/۵۱	پابده-گورپی	۲۹۵۱/۱۲۳	۲۳/۵۳۳
	مرتع	۷۸۵۰/۲۲۳	۶۳/۸	زون کمپلکس	۷۴۰/۲۹۸۹	۵/۹۰۳

جدول ۳. ارزیابی صحت طبقه بندی نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین در منطقه خارستان

سال	طبقات کاربری	درستی مصرف کننده (Consumer accuracy)	درستی تولیدکننده (Producer accuracy)	ضریب کاپا
	کشاورزی آبی	۰/۸۴۲۱	۰/۹۴۱۲	
	کشاورزی دیم	۰/۸۵۷۱	۰/۸۵۷۱	
	باغ	۱	۱	۰/۹۶۴
۲۰۱۷	مناطق مسکونی	۰/۸۷۵	۰/۸۷۵	
	خاک لخت	۱	۰/۷۸	
	مرتع	۰/۹۷	۱	

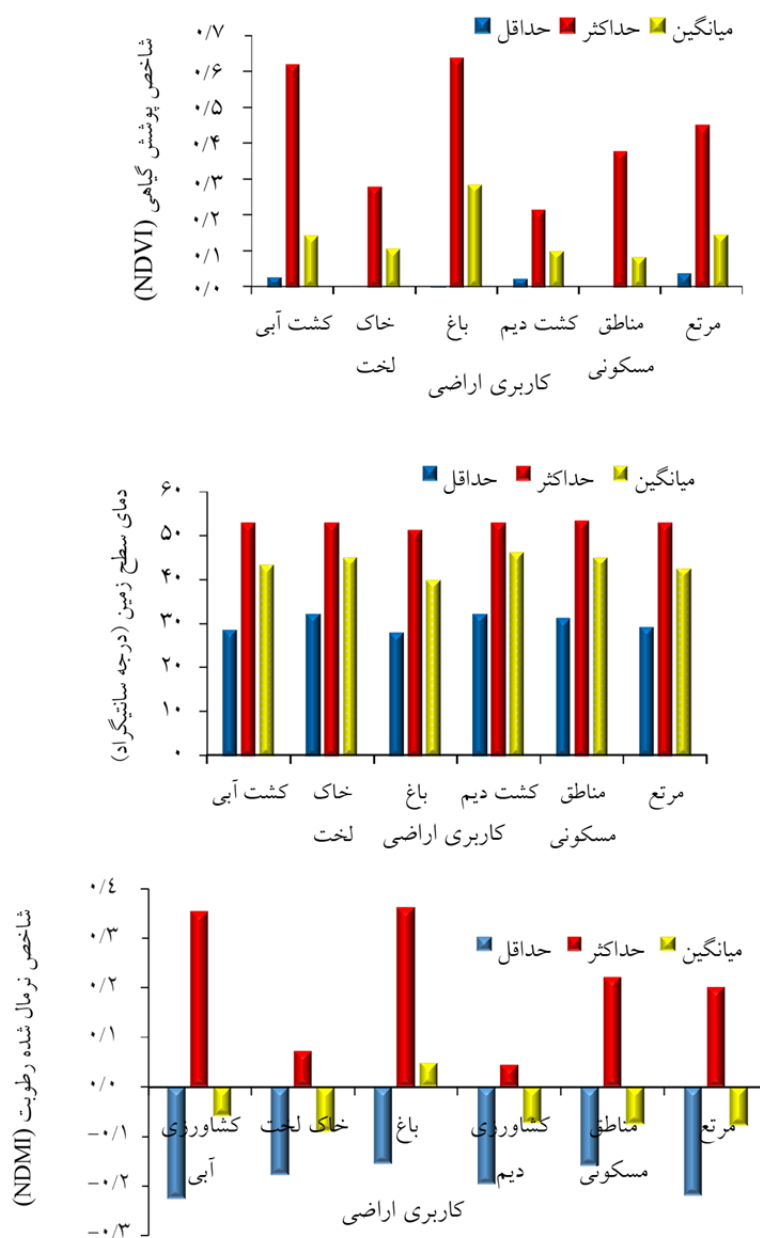
خود جذب می کنند (شکل ۷).

همچنین ویژگی های نفوذناپذیری و پایین بودن اینرسی نسبی دمایی این سطوح باعث می گردد سطوح مذکور دمای بیشتری داشته باشند (۱۰). در خاک بایر و کم عمق به دلیل پوشش گیاهی و نفوذ آب سطحی کم، از دست رفتن آب، اختلال و تخریب انسان میزان دمای سطح زمین افزایش می یابد (۲۴ و ۴۱). نتایج نشان داد که کاربری های زراعت آبی و باغ NDVI بیشتری نسبت به سایر کاربری ها دارند که ناشی از زیست توده بیشتر در این مناطق است (شکل ۷).

حداکثر مقدار شاخص NDMI در اراضی باغی و کشاورزی و کمترین مقدار میانگین این شاخص در اراضی دارای خاک لخت به دلیل نداشتن پوشش گیاهی مشاهده شد (شکل ۷). بر اساس مطالعات مشابه مناطق مسکونی به دلیل اینکه مانع از انتقال گرما توسط باد می شود موجب افزایش LST می گردد (۲۸) بالین وجود، آب، جنگل، چمن و مناطق تالاب دمای سطح زمین را کاهش می دهد (۴۳). اراضی زراعی دیم به دلیل اینکه از پوشش گیاهی نسبتاً ضعیف و خاک لخت تشکیل شده است نسبت به جنگل و مرتع اثر کمتری بر دمای سطح دارد (۱۶).

به منظور تشخیص بهتر دمای سطح LST، شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص اختلاف رطوبتی نرمال شده (NDMI) وضعیت این سه شاخص در سطح هر کاربری و سازند زمین شناسی بررسی شد. به همین منظور مقادیر حداقل، میانگین و حداکثر دمای سطح زمین، شاخص پوشش گیاهی NDVI و شاخص تفاضلی رطوبت نرمال شده مرتبط با کاربری های اراضی و سازندهای زمین شناسی نشان می دهد که مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین دما در اراضی باغی به ترتیب ۲۸، ۴۵ و ۳۹ است که نسبت به مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین دما در کل منطقه خارستان فاصله داشت.

با توجه به اینکه دمای سطح حساسیت زیادی نسبت به پوشش گیاهی و رطوبت خاک دارد بنابراین کاربری های اراضی با تراکم پوشش بیشتر، دمای کمتری دارند (۳). پوشش گیاهی می تواند میزان گرمای ذخیره شده در خاک و ساختارهای سطحی را از طریق تعرق کاهش دهد (۱۴). همچنین مناطق مسکونی و اراضی دارای خاک لخت نسبت به سایر کاربری ها دمای بیشتری دارند. در مناطق مسکونی سطح خاک، آسفالت و سیمان زودتر از سطوح دیگر گرم شده و حرارت و گرما را به



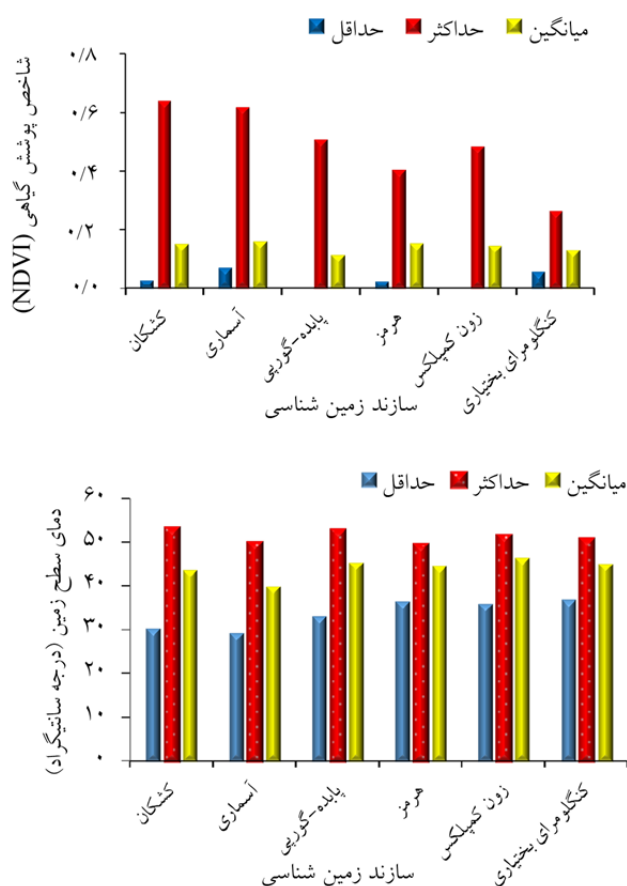
شکل ۷. تغییرات دمای سطح زمین LST، شاخص NDVI و شاخص NDMI در هر طبقه کاربر اراضی

زون کمپلکس میان لایه‌های مارنی نقش بسزایی در کاهش نفوذپذیری دارند به طوری که موجب می‌شود منابع آب این زون از نظر کمی ضعیف باشد. کمترین مقدار دمای سطح در سازند آسماری مشاهده شد، با توجه به اینکه NDVI در این سازند مقدار زیادی نداشته دلیل کاهش دمای سطح را می‌توان به جنس سازند نسبت داد. جنس سازند آسماری از آهک بوده و با توجه به خاصیت انحلال می‌تواند مناطق مناسبی برای

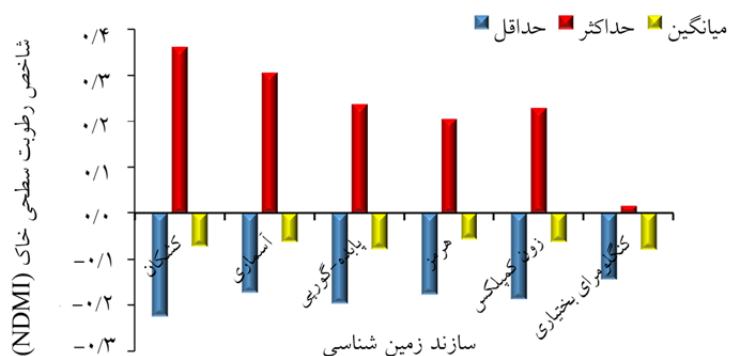
مقادیر حدافل، حداکثر و میانگین مقادیر دمای سطح زمین در هر سازند زمین‌شناسی نشان می‌دهد که دمای سطح در سازندهای پایه-گورپی و زون کمپلکس بیشتر از سازندهای دیگر است (شکل ۸). با توجه به اینکه مقدار NDVI به دلیل وجود مناطق مسکونی و اراضی دارای خاک لخت در این دو سازند کمتر از سازندهای دیگر است (شکل ۸) می‌تواند دلیل افزایش دمای سطح در این دو سازند باشد. همچنین در سازند

نرمال شده در سازند کشکان را مشاهده شد که می تواند ناشی از وجود پوشش گیاهی بیشتر در این سازند باشد. کمترین مقدار این شاخص در سازند پابده-گورپی واقع شده است (شکل ۸). سازندهایی که از جنس ماسه سنگ هستند اصولاً در برابر آب نفوذپذیرند و می توانند مقدار زیادی آب را در خود نگهدارند در نتیجه مقدار رطوبت در این سازندها بیشتر است (۴).

ذخیره آب باشد که این آب ذخیره شده باعث خنک شدن محیط می شود. همچنین با توجه به رنگ روشن این سازند بازتاب انرژی دریافتی بیشتر بوده که می تواند منجر به کاهش دمای سطح در این سازند باشد. در حقیقت بین مواد معدنی و انرژی در سازندهایی که مواد معدنی توانایی ذخیره آب را دارند رابطه ای وجود دارد. به طوری که این مواد معدنی از طریق بازتاب انرژی منجر به کاهش درجه حرارت زمین و در نتیجه خنک شدن می شوند (۳۰). بیشترین شاخص تفاضلی رطوبت



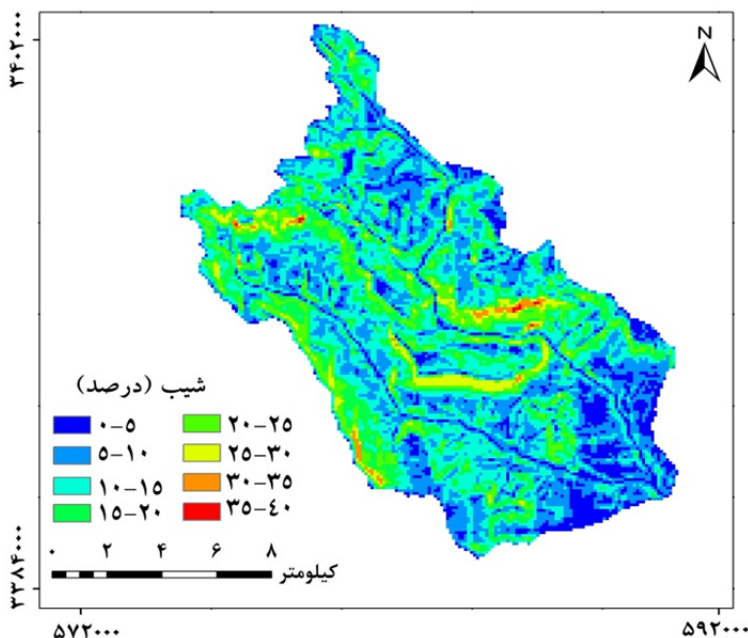
شکل ۸، تغییرات دمای سطح زمین LST، شاخص NDVI و شاخص NDMI در سازندهای زمین شناسی منطقه



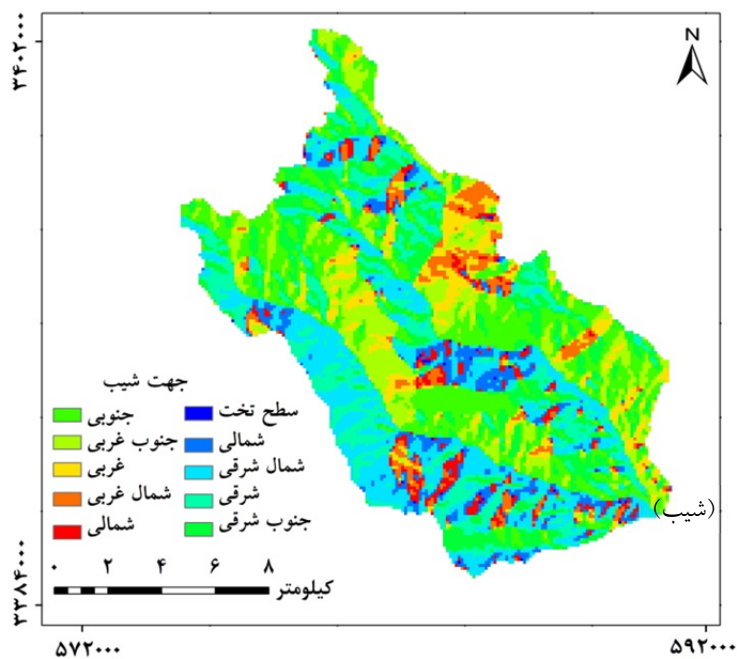
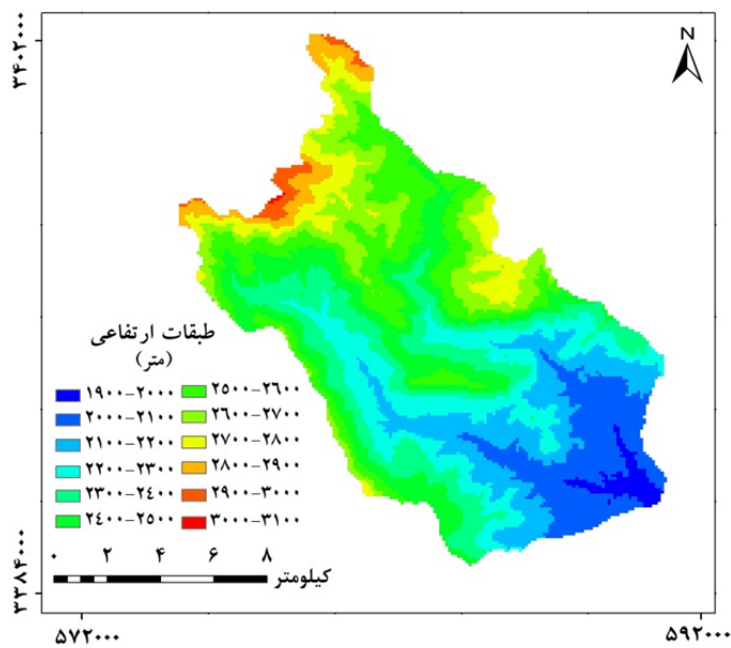
ادامه شکل ۸. تغییرات دمای سطح زمین LST، شاخص NDVI و شاخص NDMI در سازندهای زمین شناسی منطقه

ارتفاع زیاد و با شیب کمترین است. در مطالعات مشابه پنگ و همکاران (۳۴) همبستگی بین دمای سطح و ارتفاع در دامنه‌های آفتابی و سایه‌دار بیشتر از شیب و جهت است. همچنین شنگ و همکاران (۳۸) نیز در مطالعه خود نشان دادند رابطه دما با ارتفاع معکوس و همبستگی آن بیشتر از شیب و جهت است که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

توپوگرافی تحت تأثیر سه پارامتر مهم ارتفاع، شیب و جهت قرار دارد، هر سه پارامتر به‌طور مجزا بر میزان دمای سطح تأثیر می‌گذارند. لایه‌های ارتفاع، جهت شیب و شیب منطقه خارستان در شکل ۹ آورده شده است. همبستگی بین این عوامل با دمای سطح زمین نشان‌دهنده معکوس است (جدول ۴) به‌طوری‌که همبستگی بین دمای سطح زمین و



شکل ۹. نقشه‌های طبقه‌بندی شده ارتفاع، جهت شیب و شیب منطقه



شکل ۹. نقشه های طبقه بندی شده ارتفاع، جهت شیب و شیب منطقه

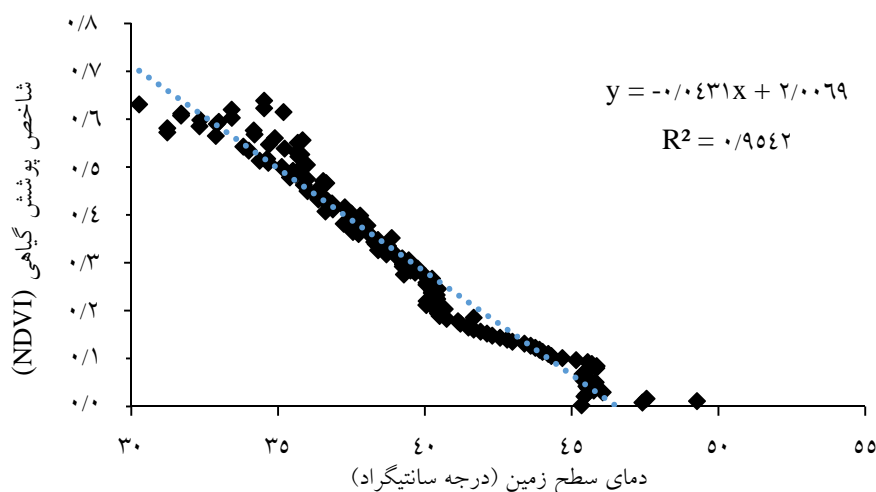
جدول ۴. همبستگی بین دما و عوامل توپوگرافی در منطقه مورد مطالعه

فاکتورها	دمای سطح زمین در جهت های سایه	دمای سطح زمین در جهت های آفتابی
ارتفاع	-۰/۵۲۶**	-۰/۵۸۸**
شیب	-۰/۰۷۵	-۰/۰۴۸
جهت	-۰/۲۶۴**	-۰/۰۳۴

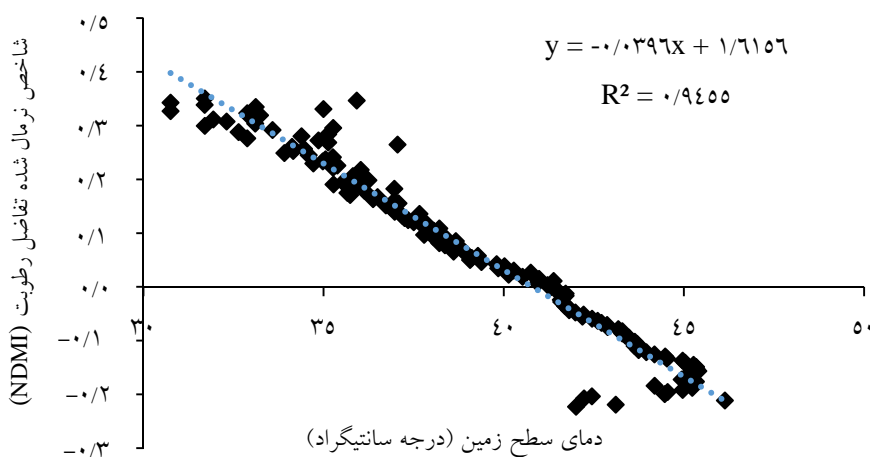
**در سطح ادرصد معنی دار است.

معکوس بود. به طوری که در مناطق با رطوبت سطحی کم دما بیشتر از مناطق با رطوبت سطحی زیاد بود (شکل ۱۱). در مناطق دارای پوشش گیاهی متراکم (NDVI بیشتر)، به این دلیل که پوشش گیاهی بیشتر، منجر به تبخیر و تعرق بیشتر و انتقال دما و سرد شدن زمین شده میزان LST کاهش می یابد (۴۰). دمای سطح زمین و دمای هوا دو متغیر محیطی متفاوت هستند که به با یکدیگر همبستگی دارند (شکل ۱۲). نتایج نشان دهنده همبستگی مثبت بین دمای هوا و دمای سطح زمین بوده که با نتایج موتیوا و همکاران (۲۹) مطابقت دارد. به طوری که آنها گزارش کردند بدون در نظر گرفتن اثرات فاکتورهای محیطی تغییرات دمای سطح زمین قادر به توضیح دادن دلیل افزایش دمای هوا خواهد بود.

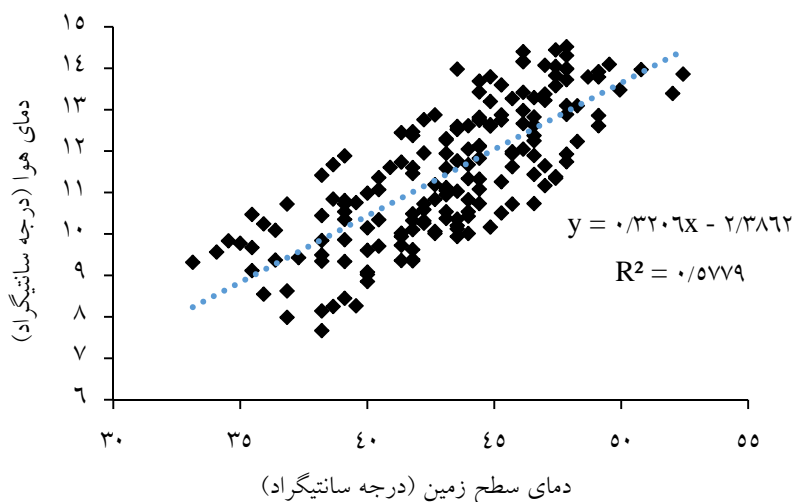
به منظور ارزیابی رابطه بین دمای سطح زمین LST، شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص اختلاف رطوبتی نرمال شده (NDMI) از تجزیه و تحلیل رگرسیونی استفاده شد. نتایج نشان داد که همبستگی بین این دو شاخص در سطح احتمال (p < ۰/۰۱) معنی دار و رگرسیون بین آنها نشان دهنده همبستگی معکوس بود به طوری که در مناطقی با NDVI کم دمای سطح حداکثر و در مناطق با NDVI بالا دمای سطح حداقل بود (شکل های ۱۰، ۱۱ و ۱۲). نتایج مطالعات آلمو (۱۲)، وانگ و همکاران (۴۲)، یوان و باوئر (۴۵) و راناگالچ و همکاران (۳۶) نشان داد که NDVI دارای همبستگی خطی معکوس با دمای سطح زمین است (شکل ۱۰). همچنین همبستگی بین دمای سطح و NDMI نیز



شکل ۱۰. همبستگی دمای سطح زمین LST و شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی NDVI



شکل ۱۱. همبستگی دمای سطح زمین LST و شاخص نرمال شده تفاضل رطوبت نرمال شده NDMI



شکل ۱۲. رابطه بین دمای سطح زمین LST و دمای هوا

دمای سطح زمین به عنوان متغیر وابسته حاصل شد. این ارتباط به صورت جداگانه در جهت های آفتابی و سایه دار بررسی شده است. نتایج حاصل از این بررسی ها در جدول ۵ و ۶ نشان داده شده است. بر اساس جدول ۵ فاکتورهای مهم تأثیرگذار بر دمای سطح زمین در جهت های آفتابی NDVI، NDMI، دما و ارتفاع هستند که همبستگی کافی داشته و دو فاکتور دیگر همبستگی ضعیفی دارند. مدل رگرسیونی دمای سطح در جهت های آفتابی در رابطه ۹ ارائه شده است.

$$LST = 32.0867 - 21.893 \times NDMI - 7.48129 \times NDVI - 0.00055508 \times Aspect - 0.0510098 \times Slope - 0.00452806 \times DEM + 1.63379 \times T \quad [9]$$

در این رابطه؛ LST دمای سطح زمین، NDMI شاخص نرمال شده تفاضل رطوبت نرمال شده، NDVI شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی، Aspect جهت شیب، Slope شیب، DEM مدل رقومی ارتفاعی و T دمای هوا. بر اساس جدول ۶ فاکتورهای مهم تأثیرگذار بر دمای سطح زمین در جهت های سایه دار NDVI، دما و ارتفاع هستند که همبستگی کافی داشته و ۳ فاکتور دیگر همبستگی ضعیفی دارند. مدل رگرسیونی دمای سطح در جهت های سایه دار در رابطه ۱۰ ارائه شده است.

افزایش NDVI ممکن است منجر به افزایش میزان تبخیر و تعرق و گرمای محسوس و پنهان بین سطوح زمین و اتمسفر در مقایسه با مناطق دارای پوشش گیاهی کمتر، شود. در نتیجه پوشش گیاهی بیشتر در منطقه خارستان منجر به کاهش دمای سطح می شود که با مطالعه فرلی و همکاران (۲۰) همخوانی دارد. تحقیقات زیادی در مورد بررسی رابطه دمای سطح زمین و NDVI انجام شده است. در طی فرایندهای فتوسنتز و تعرق، گیاهان سبز مقدار زیادی گرما و دی اکسید کربن هوا را جذب کرده که موجب سرد شدن و در نتیجه کاهش دما می شود. زانگ و همکاران (۴۹) نیز در کاربری های مختلف رابطه بین LST و NDVI را بررسی کردند و نشان دادند فعالیت های انسانی بر روی NDVI، تأثیر معنی داری بر دمای سطح زمین دارد به طوری که افزایش اراضی کشاورزی با NDVI بالاتری همراه بوده که باعث کاهش تدریجی دمای سطح زمین می شود. گیاهان عمدتاً از طریق فرایندهای سایه زنی و تبخیر تعرق انرژی گرمایی را جذب و بخار آب را آزاد و در نتیجه دمای هوا را در هوا کاهش می دهد (۴۸ و ۵۰). بر اساس مطالعه لو و همکاران (۲۶)، کاهش رطوبت موجب تعرق آهسته و پس از آن درجه حرارت سطح زمین به آسانی افزایش می یابد و این می تواند دلیل همبستگی معکوس NDVI و LST باشد.

ارتباط بین دمای سطح زمین با شرایط توپوگرافی و پوشش زمین به صورت ترکیبی بررسی شد. با استفاده از پارامترهای ارتفاع، شیب، جهت، شاخص NDVI و NDMI به عنوان پارامترهای مستقل، رابطه ای برای به دست آوردن

$$LST = 49.3408 - 17.8753 \times NDMI - 12.5873 \times NDVI - 0.014912 \times Aspect - 0.0686857 \times Slope - 0.00682927 \times DEM + 0.977992 \times T$$

جدول ۵. ارتباط بین دمای سطح و ارتفاع، شیب، جهت شیب، NDVI و NDMI در جهت‌های آفتابی

فاکتورهای مؤثر	B	خطای استاندارد	آماره t	Sig.	همبستگی جزئی	عامل تورم	VIF
(Constant)	۳۲/۰۸۶۷	۲/۴۱۴	۲۴/۹۴۵	۰/۰۰۰			
NDMI	-۲۱/۸۹۳	۶/۴۴۰	-۶/۳۹۵	۰/۰۰۰	-۰/۵۴۹	۰/۸۱۹	۱/۲۲۱
NDVI	-۷/۴۸۱	۳/۰۹۷	-۱۱/۳۷۰	۰/۰۰۰	-۰/۵۵۴	۰/۸۷۹	۱/۱۳۸
جهت	۰/۰۰۰۵۵۵	۰/۰۰۳	۰/۷۴۹	۰/۴۵۵	۰/۰۶۲	۰/۹۶	۱/۰۴۲
شیب	-۰/۰۵۱۰	۰/۰۳۱	-۰/۲۲۶	۰/۸۲۱	-۰/۰۱۹	۰/۸۹۰	۱/۱۲۳
ارتفاع	-۰/۰۰۴۵۲	۰/۰۰۱	-۱۱/۹۲۸	۰/۰۰۰	-۰/۷۰۱	۰/۸۷۶	۱/۱۴۱
دما	۱/۶۳۳	۰/۴۷۹	۳/۳۵۲	۰/۰۰۱	۰/۷۳	۰/۶۶۶	۱/۵

جدول ۶. ارتباط بین دمای سطح و ارتفاع، شیب، جهت شیب، NDVI و NDMI در جهت‌های سایه‌دار

فاکتورهای مؤثر	B	خطای استاندارد	آماره t	Sig.	همبستگی جزئی	عامل تورم	VIF
(Constant)	۵۸/۴۹۸	۱/۰۸۵	۵۳/۹۳۶	۰/۰۰۰			
NDMI	-۴۶/۷۶۴	۳/۳۵۱	-۱۳/۹۵۶	۰/۰۰۰	-۰/۳۸۹	۰/۶	۱/۷۸۵
NDVI	۸/۲۳۴	۲/۸۴۴	۲/۸۹۵	۰/۰۰۰	-۰/۵۱۲	۰/۵۳	۱/۸۶۶
جهت	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	-۸/۰۸۷	۰/۰۰۰	-۰/۳۱	۰/۹۴۳	۱/۰۶
شیب	-۰/۰۵۳	۰/۰۱۵	-۳/۵۰۸	۰/۰۰۰	-۰/۱۸۹	۰/۹۴۳	۱/۰۶
ارتفاع	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۰	-۱۷/۷۳۴	۰/۰۰۰	-۰/۶۱	۰/۸۹۵	۱/۱۱۷
دما	۰/۲۹۴	۰/۲۹۴	۱/۴۲۹	۰/۱۵۳	۰/۵۳	۰/۶۶۵	۱/۴۹

نتیجه‌گیری

پارامترها با دمای سطح بالا می‌رود. در نهایت با توجه به اینکه شاخص‌های پوشش گیاهی و شاخص تفاضلی رطوبت نرمال شده از عوامل مؤثر بر توزیع کمی و کیفی دمای سطح هستند در کنار عوامل ارتفاع، شیب و جهت شیب به منظور بررسی دمای سطح در نظر گرفته شد. نتیجه این بررسی نشان‌دهنده تأثیر بیشتر ارتفاع، دما، شاخص NDVI و NDMI در دامنه‌های آفتابی نسبت به دو فاکتور دیگر در دامنه‌های آفتابی بود. در صورتی که در دامنه‌های سایه‌دار ارتفاع، دما و شاخص NDVI بر دمای سطح مؤثرتر هستند. در مناطق کوهستانی به دلیل توپوگرافی ناهمگن، ارتباط بین پوشش گیاهی و دمای سطح تحت تأثیر عوامل توپوگرافی قرار دارد. در نهایت می‌توان اظهار داشت که هر یک از پارامترهای ارتفاع، شیب، جهت

نتایج بررسی تأثیر شرایط توپوگرافی (ارتفاع، شیب و جهت شیب)، پوشش گیاهی و شاخص تفاضلی رطوبت نرمال شده بر دمای سطح زمین در کاربری اراضی و سازندهای زمین‌شناسی نشان داد بیشترین میزان دمای سطح مربوط به کاربری مسکونی و خاک لخت و کمترین مربوط به اراضی باغی بود. همچنین در سازندهای زمین‌شناسی بیشترین دمای سطح مربوط به سازندهای با نفوذپذیری کمتر بود. مناطق با ارتفاع بالاتر از دمای کمتری برخوردارند و میانگین دما در دامنه‌های آفتابی و سایه‌دار تفاوت دارند. از سوی دیگر با در نظر گرفتن ارتفاع، شیب و جهت شیب در دامنه‌های آفتابی و سایه‌دار به‌عنوان متغیرهای مستقل میزان دقت ارتباط این

- جغرافیایی بر حرارت سطحی زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مخروط آتشفشان تفتان. نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۴(۱۱): ۲۴-۱۱.
۵. حمزه، س.، ن. میجانی و م. کریمی فیروزجانی. ۱۳۹۷. مدل‌سازی ارتباط دمای سطح زمین، شرایط توپوگرافی و پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۵۰(۱): ۳۵-۵۵.
۶. درویشی، ش.، ک. سلیمانی و م. رشیدپور. ۱۳۹۸. تأثیر شاخص‌های گیاهی و خصوصیات سطح شهری بر تغییرات دمای سطح زمین (مطالعه موردی: شهرستان سندج). نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۰(۱): ۱۷-۳۵.
۷. فاطمی، ب. و ی. رضایی. ۱۳۹۱. مبانی سنجش‌ازدور. چاپ سوم، انتشارات آزاده، ۲۶۹ صفحه.
۸. قربان نیا خیبری، و.، م. میرسنجری، ه. لیاقتی و م. آرمین. ۱۳۹۶. برآورد دمای سطح زمین کاربری اراضی و پوشش زمین شهرستان دنا با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و داده‌های ماهواره لندست. فصلنامه علوم محیطی، ۱۵(۴): ۵۵-۷۴.
۹. کیانی سلمی، ا. و ع. ابراهیمی. ۱۳۹۷. ارزیابی تأثیر توسعه شهری و تغییرات پوشش اراضی بر دمای سطح زمین در شهر شهرکرد. نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۹(۴): ۱۰۲-۱۱۸.
۱۰. ملک پور، پ. و م. طالعی. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات درجه حرارت سطح و پوشش- کاربری زمین شهری با استفاده از داده‌های سنجنده ETM⁺ (مطالعه موردی: شهر تهران). نشریه سنجش‌ازدور و GIS ایران، ۲(۳): ۸۹-۱۰۲.
۱۱. میجانی، ن.، س. حمزه و م. کریمی فیروزجانی. ۱۳۹۸. کمی‌سازی تأثیر پارامترهای سطحی و شرایط اقلیمی بر دمای سطح زمین با استفاده از داده‌های انعکاسی و حرارتی سنجش‌ازدور. نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۰(۱): ۳۶-۵۹.
12. Alemu MM. 2019. Analysis of spatio-temporal land surface temperature and normalized difference vegetation index changes in the Andassa watershed, Blue Nile Basin, Ethiopia. Journal of Resources and Ecology, 10(1): 77-86.
13. Artis DA, Carnahan WH. 1982. Survey of emissivity variability in thermography of urban

شیب، NDVI و NDMI به تنهایی ارتباط معنی‌داری با دمای سطح ندارند اما اگر این پارامترها به‌طور هم‌زمان به‌عنوان پارامترهای مؤثر بر دمای سطح استفاده شوند ارتباط قوی‌تری می‌دهند. از بین عوامل ذکر شده در هر دو دامنه آفتابی و سایه‌دار ارتفاع و دما بیشترین همبستگی را با دمای سطح زمین داشتند. با توجه به اینکه پوشش گیاهی در این منطقه کافی نیست تأثیر چندانی بر دمای سطح ندارد. به عبارتی اثر تغییرات ارتفاع و دما هوایر سطح زمین از عوامل دیگر مهم‌تر هستند. در نهایت می‌توان به این داشت با توجه به اینکه دمای سطح در مقیاس محلی یا منطقه‌ای می‌تواند تحت تأثیر عوامل دیگر، تبخیر و تعرق، آلبیدو قرار گیرد، در مطالعات آینده عوامل دیگر (به‌عنوان مثال تغییر در میزان انتشار، توزیع مجدد گرمای محسوس، انتشار گازهای دی‌اکسید کربن و ترکیبات آلی فرار بیوژنیک) در نظر گرفته می‌شود تا نتایج قوی‌تری حاصل شود. علاوه بر این، مدل‌های اقلیمی می‌توانند برای حمایت از شواهد مشاهده‌ای و ارائه اطلاعات مکمل در آینده استفاده شود.

منابع مورد استفاده

۱. ابراهیمی، ح.، ا. گندم‌کار، ع. المدرسی و م. ح. رامشت. ۱۳۹۵. برآورد دمای سطح زمین و تأثیر پوشش گیاهی بر دمای سطح با استفاده از تصاویر مودیس (مطالعه موردی: حوزه تویسرکان). فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۶(۴): ۲۳-۳۲.
۲. اصغری سراسکانرود، ص. و ه. امامی. ۱۳۹۶. پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده ETM⁺ و OLI (مطالعه موردی: شهرستان اردبیل). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹(۵۳): ۱۹۵-۲۱۵.
۳. اکبری، ا.، م. ابراهیمی، ح. نژاد سلیمانی و ب. فیضی‌زاده. ۱۳۹۴. ارزیابی دمای سطح زمین در ارتباط با روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۱۵(۴): ۱۷۰-۱۵۱.
۴. بهرامی، ش.، ا. اکبری و ع. دوران. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر عوامل

- areas. *Remote Sensing of Environment*, 12(4): 313-329.
14. Babalola O, Akinsanola A. 2016. Change detection in land surface temperature and land use /land cover over Lagos Metropolis, Nigeria. *Journal of Remote Sensing & GIS*, 5(2): 1-7.
 15. Deng Y, Wang S, Bai X, Tian Y, Wu L, Xiao J, Chen F, Qian Q. 2018. Relationship among land surface temperature and LUCC, NDVI in typical karst area. *Scientific Reports*, 8(1): 641-653.
 16. Estoque RC, Murayama Y, Myint SW. 2017. Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *Science of the Total Environment*, 577: 349-359.
 17. Fatemi M, Narangifard M. 2019. Monitoring LULC changes and its impact on the LST and NDVI in District 1 of Shiraz City. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(4): 127.
 18. Feizizadeh B, Blaschke T, Nazmfar H, Akbari E, Kohbanani HR. 2013. Monitoring land surface temperature relationship to land use/land cover from satellite imagery in Maraqeh County, Iran. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(9): 1290-1315.
 19. Feng Y, Gao C, Tong X, Chen S, Lei Z, Wang J. 2019. Spatial patterns of land surface temperature and their influencing factors: a case study in Suzhou, China. *Remote Sensing*, 11(2): 182-194.
 20. Ferrelli F, Cisneros MAH, Delgado AL, Piccolo MC. 2018. Spatial and temporal analysis of the LST-NDVI relationship for the study of land cover changes and their contribution to urban planning in Monte Hermoso, Argentina. *Documents d'anàlisi geogràfica*, 64(1): 25-47.
 21. He J, Zhao W, Li A, Wen F, Yu D. 2019. The impact of the terrain effect on land surface temperature variation based on Landsat-8 observations in mountainous areas. *International Journal of Remote Sensing*, 40(5-6): 1808-1827.
 22. Ibrahim M, Abu-Mallouh H. 2018. Estimate land surface temperature in relation to land use types and geological formations using spectral remote sensing data in northeast Jordan. *Open Journal of Geology*, 8(02): 174-185.
 23. Karimi A, Pahlavani P, Bigdeli B. 2017. Land use analysis on land surface temperature in urban areas using a geographically weighted regression and landsat 8 imagery, A case study: Tehran, Iran. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-4/W4, 2017, Tehran's Joint ISPRS Conferences of GI Research, SMPR and EOEC 2017, 7-10 October 2017, Tehran, Iran
 24. Kayet N, Pathak K, Chakrabarty A, Sahoo S. 2016. Spatial impact of land use/land cover change on surface temperature distribution in Saranda Forest, Jharkhand. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(3): 127-139.
 25. Li Z, Duan S, Tang B, Wu H, Ren H, Yan G, Tang R, Leng P. 2016. Review of methods for land surface temperature derived from thermal infrared remotely sensed data. *Journal of Remote Sensing*, 20: 899-920.
 26. Lu Y, Feng X, Xiao P, Shen C, Sun J. 2009. Urban heat island in summer of Nanjing based on TM data. In: 2009 Joint Urban Remote Sensing Event. IEEE, pp 1-5.
 27. Markham BL, Barker JL. 1985. Spectral characterization of the Landsat Thematic Mapper sensors. *International Journal of Remote Sensing*, 6(5): 697-716.
 28. Mushore TD, Odindi J, Dube T, Mutanga O. 2017. Prediction of future urban surface temperatures using medium resolution satellite data in Harare metropolitan city, Zimbabwe. *Building and Environment*, 122: 397-410.
 29. Mutiibwa D, Strachan S, Albright T. 2015. Land surface temperature and surface air temperature in complex terrain. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 8(10): 4762-4774.
 30. Nurwanda A, Honjo T. 2018. Analysis of land use change and expansion of surface urban heat island in Bogor city by remote sensing. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(5): 165-178.
 31. Oluseyi IO, Olusegun AJ. 2011. Managing land use transformation and land surface temperature change in Anyigba Town, Kogi State, Nigeria. *Journal of Geography and Geology*, 3(1): 77-85.
 32. Pal S, Ziaul S. 2017. Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1): 125-145.
 33. Patil A, Panhalkar S, Bagwan S, Bansode S. 2019. Impact of land use/landcover change on land surface temperature using geoinformatics techniques. *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*, 5(4): 551-559.
 34. Peng W, Zhou J, Wen L, Xue S, Dong L. 2017. Land surface temperature and its impact factors in Western Sichuan Plateau, China. *Geocarto International*, 32(8): 919-934.
 35. Ramachandra T, Kumar U. 2010. Greater bangalore: emerging urban heat island. *GIS Development*, 14(1): 86-104.
 36. Ranagalage M, Simwanda M, Estoque RC, Murayama Y. 2019. Spatial analysis of surface urban heat islands in four rapidly growing African cities. *Remote Sensing*, 11(14): 1645-1658.
 37. Rouse Jr JW, Haas R, Schell J, Deering D. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Paper presented at the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium.

- Volume 1: Technical Presentations, section A, Texas A&M Univ.; College Station, TX, United States, NASA; United States, Vol. 1, Sect. A p 309-317 (SEE N74-30705 20-13),
38. Sheng J, Wilson JP, Lee S. 2009. Comparison of land surface temperature (LST) modeled with a spatially-distributed solar radiation model (SRAD) and remote sensing data. *Environmental Modelling & Software*, 24(3): 436-443.
 39. Sobrino JA, Jimenez-Munoz JC, Paolini L. 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4): 434-440.
 40. Sun D, Kafatos M. 2007. Note on the NDVI-LST relationship and the use of temperature-related drought indices over North America. *Geophysical Research Letters*, 34(24).
 41. Tian Y, Bai X, Wang S, Qin L, Li Y. 2017. Spatial-temporal changes of vegetation cover in Guizhou Province, Southern China. *Chinese Geographical Science*, 27(1): 25-38.
 42. Wang H, Zhang Y, Tsou J, Li Y. 2017. Surface urban heat island analysis of Shanghai (China) based on the change of land use and land cover. *Sustainability*, 9(9): 1538.
 43. Xiao F, Li Y-Z, Yun D, Feng L, Yi Y, Qi F, Xuan B. 2014. Monitoring perennial sub-surface waterlogged croplands based on MODIS in Jiangnan Plain, middle reaches of the Yangtze River. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(8): 1791-1801.
 44. XU H-Q. 2005. A study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index (MNDWI). *Journal of Remote Sensing*, 5: 589-595.
 45. Yuan F, Bauer ME. 2007. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 106(3): 375-386.
 46. Zaharaddeen I, Baba II, Zachariah A. 2016. Estimation of land surface temperature of Kaduna metropolis, Nigeria using Landsat images. *Science World Journal*, 11(3): 36-42.
 47. Zareie S, Khosravi H, Nasiri A, Dastorani M. 2016. Using Landsat Thematic Mapper (TM) sensor to detect change in land surface temperature in relation to land use change in Yazd, Iran. *Solid Earth*, 7(6): 1551-1564.
 48. Zhang B, Gao J-x, Yang Y. 2014. The cooling effect of urban green spaces as a contribution to energy-saving and emission-reduction: A case study in Beijing, China. *Building and Environment*, 76: 37-43.
 49. Zhang F, Kung H, Johnson VC, LaGrone BI, Wang J. 2018. Change detection of land surface temperature (LST) and some related parameters using landsat image: a case study of the Ebinur Lake watershed, Xinjiang, China. *Wetlands*, 38(1): 65-80.
 50. Zhang X, Estoque RC, Murayama Y. 2017. An urban heat island study in Nanchang City, China based on land surface temperature and social-ecological variables. *Sustainable Cities and Society*, 32: 557-568.
 51. Zheng H, Chen Y, Pan W, Cai Y, Chen Z. 2019. Impact of Land Use/Land Cover Changes on the Thermal Environment in Urbanization: A Case Study of the Natural Wetlands Distribution Area in Minjiang River Estuary, China. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(4): 3025-3041.



An investigation of the relationship between land surface temperatures, geographical and environmental characteristics, and biophysical indices from Landsat images

A. Vali ^{1*}, A. Ranjbar ¹, M. Mokarram ², F. Taripناه ³

1. Assoc. Prof. Department of Desert Management, Faculty of Natural Resource and Earth Sciences, University of Kashan

2. Assist. Prof. Department of Geomorphology, Darab School of Agriculture and Natural Resources, Shiraz University

3. PhD Student of Desertification Combating, Faculty of Natural Resource and Earth Sciences, University of Kashan

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 June 2019

Accepted 9 August 2019

Available online 17 October 2019

Keywords:

Land surface temperature (LST)
Normalized difference vegetation index (NDVI)
Normalized difference moisture index (NDMI)
Landsat images
Kharestan

ABSTRACT

Land surface temperature (LST) is an important indicator of habitat quality assessment for a local and global scale. In the present study, the effects of multiple factors on land use, geological formations, topographical and climate factors on LST in Kharestan region were investigated. To this end, images of July Landsat 7 and 8 satellites during the period 2000-2017, digital elevation model, geological map and topography were used. The surface temperature was extracted using a split-window method and also land use extracted from the supervised classification method which has been done in 2017. The correlation between surface temperature and elevation, aspect, slope, vegetation, soil moisture, and air temperature variables was investigated using statistical methods. The results indicated that the surface temperature average was 43°C, Normalized difference vegetation index (NDVI) was 0.144 and Normalized difference moisture index (NDMI) was 0.068. According to the classification of images with an overall accuracy of 99.96% and kappa coefficients of 0.96, pasture and horticultural land cover the highest and lowest area, respectively. The highest surface temperature, 53 °C was observed in bare soil and residential areas and the lowest 29 °C in horticultural land. Moreover, the highest and lowest surface temperatures were related to Pabdeh-Gurpi and Asmari formations, respectively. In sunny slopes, the highest correlation, $R^2 > 0.5$ was observed between surface temperature, elevation, temperature, vegetation, and surface moisture. Furthermore, in shady slopes, the surface temperature had the highest correlation, $R^2 > 0.5$ with elevation, temperature, and vegetation. Among the above factors, elevation and temperature had the most influence on surface temperature. In addition, the correlation between vegetation index and a normalized moisture index with inverse surface temperature was > 0.9 . Also, the correlation between surface temperature and the air temperature was positive. Therefore, land use, geology, topography, vegetation, soil moisture, and air temperature are important factors in ecosystem temperature equilibrium.

* Corresponding author e-mail address: vali@kashanu.ac.ir