



بررسی رابطه بین دمای سطح زمین با تغییرات پوشش گیاهی و گستره آبی در شهرستان ارسنجان، ایران

مقاله پژوهشی

علی ابراهیمی^۱، بهارک معتمد وزیری^۲، سید محمدجعفر ناظم السادات^۳، حسن احمدی^۴

دریافت: ۲۳ خرداد ۱۳۹۹ / پذیرش: ۱۷ مهر ۱۳۹۹

دسترسی اینترنتی: ۱۱ آذر ۱۳۹۹

چکیده

این پهنه طی سری زمانی کاهش یابد. با این حال، تاکنون بررسی دمای سطح زمین و ارتباط آن با تغییرات کاربری زمین در شهرستان ارسنجان مورد مطالعه قرار نگرفته است. لذا در این پژوهش، تغییرات فضایی - زمانی دمای سطح زمین و ارتباط آن با پوشش گیاهی و سطح دریاچه بختگان مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها تعداد ۱۱ تصویر مربوط به داده‌های Level-1 ماهواره لندست از منطقه مورد مطالعه از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ میلادی تهیه گردید. از آنجا که وضعیت پوشش گیاهی در این منطقه در ماه‌های آوریل و می به علت بارش‌های زمستانه، در بهترین وضعیت خود است، لذا تصاویر مربوط به این دوره زمانی به منظور بررسی نوسان پوشش گیاهی و سطح آب دریاچه بختگان مورد پایش قرار گرفت. از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده برای برآورد مقدار پوشش گیاهی استفاده شد. به منظور محاسبه دمای سطح زمین از روش الگوریتم پلانک استفاده گردید. آشکارسازی تغییرات با استفاده از فن تفاضل شاخص‌های گیاهی انجام شد. به منظور طبقه‌بندی دمای سطح زمین و تغییرات زمانی - مکانی دمای سطح زمین، در ابتدا تصویر اختلاف دمای سطح زمین در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ محاسبه شده نرمال گردید. تصویر نرمال شده با استفاده از پارامتر انحراف معیار در ۵ طبقه دمایی پهنه‌بندی شد.

پیشینه و هدف تغییرات پوشش زمین و رطوبت خاک تأثیر زیادی بر دمای سطح زمین دارد؛ بنابراین، دمای سطح را می‌توان برای مطالعه تغییرات پوشش زمین و بیابان‌زایی استفاده کرد. شهرستان ارسنجان که در شمال شرق استان فارس واقع گردیده است، دارای پوشش جنگلی و مرتعی نسبتاً خوبی است. برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی و نیز کاهش مقدار بارش، باعث کاهش سطح آب در این منطقه و خشکیدگی بسیاری از چاه‌ها طی سال‌های اخیر شده است. این مسائل باعث شده تا سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و نیز مساحت پوشیده از آب دریاچه بختگان در

علی ابراهیمی^۱، بهارک معتمد وزیری^۲ (✉)، سید محمدجعفر ناظم السادات^۳، حسن احمدی^۴

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه جنگل، مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲. استادیار گروه جنگل، مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۳. استاد مرکز پژوهش‌های علوم جوی-اقیانوسی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۴. استاد گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: bm vaziri@gmail.com

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1399.11.4.4.4>

پایین بین پوشش طبیعی و دمای سطح زمین نیز حاکی از تراکم پایین پوشش گیاهی در عرصه‌های مرتعی و جنگلی است. به‌منظور بررسی سطح کاهش یا افزایش دمای سطح زمین در کاربری‌های مختلف پوشش زراعی، پوشش طبیعی و کلاس آب، نقشه اختلاف دمای سطح زمین در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ به پنج کلاس دمای خیلی پایین، دمای پایین، دمای متوسط، دمای بالا و دمای بسیار بالا طبقه‌بندی گردید. با توجه به نتایج حاصل از طبقه‌بندی دمای سطح زمین، بیشترین مساحت مربوط به طبقه دمایی متوسط در تمام کاربری‌ها بوده است، به‌طوری‌که بیشترین مساحت این طبقه دمایی مربوط به پوشش طبیعی به مقدار ۸۶۷۳۳ هکتار است. از آنجاکه تراکم و مقدار پوشش گیاهی به‌ویژه در اراضی کشاورزی در سال ۲۰۱۸ کاهش چشمگیری نسبت به سال ۲۰۰۳ داشت، لذا مساحت طبقات دمایی بالا و بسیار بالا افزایش زیادی داشتند. مساحت طبقات دمایی بالا و بسیار بالا در زمین‌های زراعی به ترتیب به مقدار ۴۶۲۵ هکتار و ۷۱۹۲ هکتار رسید. همچنین، از آنجاکه سطح آب دریاچه در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ کاهش یافت، لذا مساحت طبقات دمایی بالا و بسیار بالا در این کلاس به ترتیب به مقدار ۱۸۲۴ و ۳۹۱۹ هکتار رسید.

نتیجه‌گیری متوسط شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در سال ۲۰۱۸ در محدوده پوشش طبیعی و زراعی کاهش و در محدوده دریاچه بختگان افزایش یافت و در مقابل، دمای سطح زمین در کاربری‌های ذکر شده افزایش یافت. از آنجاکه تراکم و مقدار پوشش گیاهی به‌ویژه در اراضی کشاورزی در سال ۲۰۱۸ کاهش چشمگیری نسبت به سال ۲۰۰۳ داشت، لذا نتایج نشان داد که مساحت طبقات دمایی بالا و بسیار بالا افزایش بیشتری نسبت به طبقات دمایی پایین و بسیار پایین داشتند. همچنین، از آنجاکه سطح آب دریاچه در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ کاهش یافت، لذا مساحت طبقات دمایی بالا و بسیار بالا در این کلاس افزایش یافت. یافته‌ها نشان داد که بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین همبستگی منفی وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: شاخص تفاضل گیاهی نرمال شده، دمای سطح زمین، لندست، ارسنجان، بختگان

نتایج و بحث متوسط مقدار شاخص پوشش گیاهی نرمال شده از سال ۲۰۰۳ با مقدار $0/25$ روندی نزولی را به خود گرفت که تا سال ۲۰۱۸ ادامه داشت، به‌طوری‌که مقدار پوشش در این سال به $0/18$ کاهش یافت؛ اما در سوی دیگر، متوسط دمای سطح زمین کاملاً سیر صعودی داشت به‌طوری‌که از مقدار 29°C در سال ۲۰۰۳ به $41/7^{\circ}\text{C}$ در سال ۲۰۱۸ افزایش یافت. نتایج نشان می‌دهد که متوسط مقدار شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در پوشش زراعی در سال ۲۰۰۳ به مقدار $0/66$ بود اما با این وجود مقدار این شاخص در سال ۲۰۱۸ به $0/33$ کاهش یافت. در مقابل، دمای سطح زمین در عرصه‌های کشاورزی در بازه ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ سیری صعودی را داشت و از مقدار $20/9^{\circ}\text{C}$ در سال ۲۰۰۳ به $39/5^{\circ}\text{C}$ در سال ۲۰۱۸ افزایش یافت. نتایج نشان داد که متوسط دمای سطح زمین در پهنه دریاچه در بازه ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ سیری صعودی را داشت و از مقدار $20/1^{\circ}\text{C}$ در سال ۲۰۰۳ به $36/5^{\circ}\text{C}$ در سال ۲۰۱۸ افزایش یافت. با توجه به این نتایج، مقدار متوسط شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در سال ۲۰۱۸ در محدوده پوشش طبیعی و زراعی به ترتیب به مقدار $0/07$ و $0/33$ کاهش داشته است؛ اما با توجه به رابطه مثبت بین شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین در پهنه‌های پوشیده از آب، مقدار شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در سال ۲۰۱۸ به مقدار $0/39$ در محدوده دریاچه بختگان افزایش یافت. در مقابل دمای سطح زمین در کاربری‌های پوشش طبیعی، زراعی و دریاچه به ترتیب به مقدار $12/7^{\circ}\text{C}$ ، $18/6^{\circ}\text{C}$ و $16/4^{\circ}\text{C}$ در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ افزایش یافت. نتایج نشان داد رابطه منفی بین شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین است ($R^2 = 0/862$). به‌طوری‌که با افزایش تراکم پوشش گیاهی دمای سطح زمین کاهش می‌یابد. در مقابل، در شوره‌زارها و اراضی بایر، مقدار شاخص پوشش گیاهی نرمال و دمای سطح زمین بالا می‌باشند. با توجه به نتایج، بیشترین همبستگی منفی بین پوشش زراعی و دمای سطح زمین به دست آمد که برابر با $0/94-$ بود. علت این همبستگی بالا را می‌توان به انبوهی و تراکم پوشش گیاهی در مناطق زراعی ربط داد. همبستگی منفی

و داده‌های حاصل از این روش امکان بررسی و تخمین دمای سطح زمین و همچنین جزایر حرارتی را در سطح وسیع فراهم می‌کند. از بین داده‌های حرارتی سنجش‌ازدور، تصاویر ماهواره‌ای بخصوص تصاویر ماهواره لندست جایگاه خاصی در برآورد دمای سطح زمین به دلیل داشتن باندهای حرارتی می‌توانند داشته باشند (۲۷).

گویل و همکاران (۷)، گوها و گویل (۸) و لی و پارک (۱۲) با استفاده از داده‌های لندست به این نتیجه رسیدند که مقدار شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در نواحی با دمای سطح زمین پایین، بالاتر است نسبت به مناطقی که دمای سطح زمین بالا است. پرداختند. باله و کورمی (۲) و وانگ و همکاران (۲۳) به بررسی نوسانات دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر لندست پرداختند. نتایج حاکی از رابطه منفی معنی‌دار بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی نرمال شده بود. وان محمد جعفر و همکاران (۲۲) به این نتیجه رسیدند که رابطه‌ای قوی بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی نرمال شده وجود دارد به‌طوری‌که کاهش پوشش گیاهی منجر به افزایش دمای سطح زمین می‌شود. فتحی زاد و همکاران (۶) به بررسی تغییرات زمانی- مکانی دمای سطح زمین، بر مبنای تغییرات کاربری زمین با استفاده از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در جنوب ایران پرداختند. نتایج حاکی از کاهش دما در مراتع و افزایش دما در زمین‌های زراعی بود. رحمداد و همکاران (۱۶) به بررسی تأثیر شاخص پوشش گیاهی نرمال شده بر روی پراکنش مکانی دمای سطح زمین پرداختند. نتایج حاکی از کاهش پوشش گیاهی و افزایش دمای سطح زمین در منطقه مورد مطالعه طی سری زمانی است که نشان از رابطه معنی‌دار بین این دو شاخص بود. مرزبان و همکاران (۱۴) به بررسی تأثیر نوع کاربری اراضی بر روی رابطه دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در بریلن پرداختند. بدین منظور بین این دو شاخص در کاربری‌های مختلف از رگرسیون استفاده گردید تا تأثیر هر کاربری بر مقدار دمای سطح زمین مشخص گردد. نتایج نشان داد که شیب رگرسیون بستگی به نوع کاربری زمین دارد،

تغییرات کاربری زمین که یکی از بارزترین نتایج حاصل از فعالیت‌های انسانی بر روی اکوسیستم زمین است، اهمیت قابل توجهی در تأثیر بر مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی دارد به‌طوری‌که عمیقاً بر تنوع بیولوژیکی، اقلیمی و زیست ژئوشیمی فراتر از مقیاس‌های مکانی و زمانی تأثیر می‌گذارد (۲۷).

شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (Normalized Difference Vegetation Index) به‌طور گسترده برای ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی و رابطه آن با پارامترهای اقلیمی و زیست‌محیطی در نیمکره شمالی استفاده می‌گردد (۴ و ۱۱). این شاخص همچنین برای شناسایی تغییرات پوشش گیاهی و شرایط آن در سری زمانی بلندمدت بسیار کارآمد است. دمای سطح زمین (Land Surface Temperature) یک متغیر مهم آب و هوایی است که به انرژی سطح و تعادل آب مربوط می‌شود و یک پارامتر فیزیکی کلیدی برای مطالعات مختلف از جمله هیدرولوژی، اقلیم‌شناسی، محیط‌زیست و اکولوژی است (۳). تجزیه و تحلیل تغییرپذیری مکانی شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و درجه حرارت سطح زمین و رابطه بین این دو پارامتر در مطالعات محیطی ضروری است. تغییر پوشش گیاهی عامل اصلی ایجاد تغییرات دمای سطح است. تغییر در کاربری اراضی و پوشش زمین را می‌توان با استفاده از تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی و روند سری زمانی شاخص پوشش گیاهی نرمال شده ارزیابی کرد. تغییرات کاربری اراضی، پوشش گیاهی و رطوبت خاک تأثیر زیادی بر دمای سطح زمین دارد (۲۶).

تصاویر ماهواره‌ای نقش مهمی در پایش شرایط پوشش گیاهی در ارتباط با خشک‌سالی ایفا می‌کنند. به دلیل ارتباط نزدیک، بین شادابی پوشش گیاهی و رطوبت موجود در خاک، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و داده‌های دمای سطح زمین برای ارزیابی شرایط خشکی استفاده شده است (۱۹). فن سنجش‌ازدور حرارتی نقش مهمی در مطالعه و برآورد دمای سطح دارا است

به طوری که همبستگی منفی بین شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین در کاربری‌های مختلف مشاهده گردید. وان و همکاران (۲۳) به آشکارسازی تغییرات ایجاد شده در کاربری زمین و تغییرات دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر لندست پرداختند. نتایج نشان داد که کاربری زمین در منطقه مورد مطالعه تغییرات زیادی کرده است و بسیاری از پوشش‌های درختی جای خود را به زمین‌های بایر و مناطق مسکونی داده‌اند. همین امر باعث افزایش دمای سطح زمین در این منطقه گردیده است.

نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام گرفته نشان از پایش مؤثر دمای سطح زمین و تغییرات کاربری با استفاده از فن سنجش از دور است به گونه‌ای که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نسبت به اندازه گیری‌های میدانی منجر به کاهش هزینه و نیز صرفه‌جویی در زمان می‌شود. اگرچه تجزیه و تحلیل مداوم نقشه‌های کاربری و پوشش زمین عامل اصلی درک تغییرات زیست‌محیطی است، اما هنوز چنین تجزیه و تحلیل‌هایی برای شهرستان ارسنجان انجام نشده است. متأسفانه چندی است که این پهنه تحت تأثیر نوسانات اقلیمی قرار گرفته و همانند بسیاری از نقاط دیگر کشور، به علت کمبود بارش و خشک‌سالی دچار تنش گردیده است. این مسائل باعث شده تا سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و نیز مساحت پوشیده از آب دریاچه بختگان در این پهنه طی سری زمانی کاهش یابد. همین عوامل موجب افزایش دمای سطح زمین در نتیجه تغییرات پوشش سطح زمین در اراضی کشاورزی، مرتعی و نیز بخش زیادی از دریاچه بختگان گردیده است. لذا شناسایی جزایر حرارتی ایجاد شده در این نواحی و رابطه آن‌ها با تغییرات کاربری زمین از لحاظ مسائل زیست‌محیطی و نیز اقتصاد کشاورزی در این شهرستان بسیار مهم است.

در این پژوهش برخلاف بسیاری از پژوهش‌های پیشین که رابطه بین تغییرات کاربری و دمای سطح زمین را تنها با بررسی بین دو سال مورد ارزیابی قرار داده‌اند، در ابتدا روند تغییرات دو شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین طی سری زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ با به کارگیری ۱۱ تصویر

ماهواره‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته است. سپس با توجه به تغییرات کاربری زمین و دمای سطح زمین طی این دوره، آشکارسازی تغییرات پوشش زمین و دمای سطح زمین انجام گردید. علاوه بر این بسیاری از پژوهش‌های پیشین طبقه‌بندی دما را بر روی تصاویر حرارتی یک سال مورد ارزیابی قرار داده‌اند، اما در اینجا سعی شده است تا تصویر حاصل از تغییرات دمایی، طبقه‌بندی و مورد مطالعه قرار گیرد تا مشخص گردد که در کاربری‌های مختلف، تغییرات دمای سطح زمین به چه اندازه‌ای بوده است. با این حال تاکنون تغییرات فضایی - زمانی پوشش گیاهی و محیط حرارتی شهرستان ارسنجان مورد مطالعه قرار نگرفته، در این پژوهش با تکیه بر روش‌های آماری مناسب، تغییرات فضایی - زمانی دمای سطح زمین و ارتباط آن با پوشش گیاهی و سطح آب دریاچه بختگان در شهرستان ارسنجان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش می‌تواند در بخش کشاورزی و منابع طبیعی در منطقه مورد مطالعه سودمند باشد و به مسئولان این شهرستان کمک نماید تا در جهت مدیریت سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و باغی، اصلاح مراتع و نیز کاهش اثرات جزیره حرارتی اقداماتی مفید و زیربنایی انجام دهند. بنابراین اهداف این پژوهش، بررسی تغییرات متوسط شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین در کاربری‌های پوشش زراعی، طبیعی و دریاچه، آشکارسازی تغییرات دمای سطح زمین در کاربری‌های پوشش زراعی، طبیعی و دریاچه و طبقه‌بندی تغییرات دمای سطح زمین.

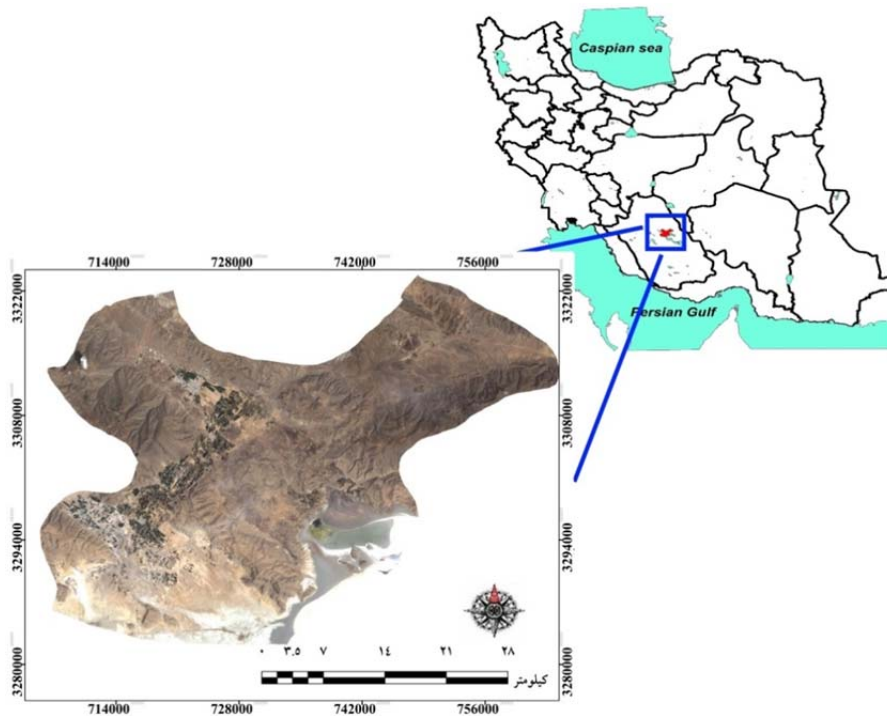
روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

شهرستان ارسنجان با گستره ۱۴۹۷ کیلومتر مربع به مرکزیت شهر ارسنجان بین طول‌های شرقی ۵۲° ۰۲' تا ۵۳° ۳۹' و عرض‌های شمالی ۲۹° ۴۵' تا ۳۰° ۰۲' است که در فاصله ۱۳۰ کیلومتری شمال شرقی شیراز قرار دارد و از غرب به شهرستان پاسارگاد، شهرستان مرودشت، از شرق به

قله‌های رشته‌کوه‌های اطراف ارسنجان می‌باشند و پست‌ترین نقطه در دریاچه بختگان با ارتفاع ۱۵۶۱ متر از سطح دریا است (شکل ۱). متوسط بلندی دشت ۱۷۰۴/۵ متر از سطح دریا و متوسط بلندی ارتفاعات آن ۲۲۰۰ متر از سطح دریا است.

دریاچه بختگان و شهرستان نیریز، از شمال به منطقه سرپیران و شهرستان بوانات و از جنوب به شهرستان شیراز محدود است. این پهنه با متوسط بلندی ۱۶۰۰ متر از سطح دریا منطقه‌ای کوهستانی محسوب می‌شود. قله دل‌نشین (دال‌نشین) و قلات به ترتیب با بلندی ۳۲۷۰ متر و ۲۸۴۵ متر بلندترین



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در نقشه ایران

Fig. 1. Geographical position of the Arsanjan County in Iran's map

(ETM⁺) و ۸ (OLI و TIRS) تهیه گردید (شکل ۲). به منظور تهیه داده‌های لندست، تمام تصاویر از منطقه مورد مطالعه توسط ماهواره لندست، بررسی و بهترین تصاویر با حداقل پارامترهای اتمسفری انتخاب شدند. از آنجاکه وضعیت پوشش گیاهی در این منطقه در ماه‌های آوریل و می به علت بارش‌های زمستانه، در بهترین وضعیت خود است، لذا تصاویر مربوط به این دوره زمانی به منظور بررسی نوسان پوشش گیاهی و سطح آب دریاچه بختگان مورد پایش قرار گرفتند (جدول ۱).

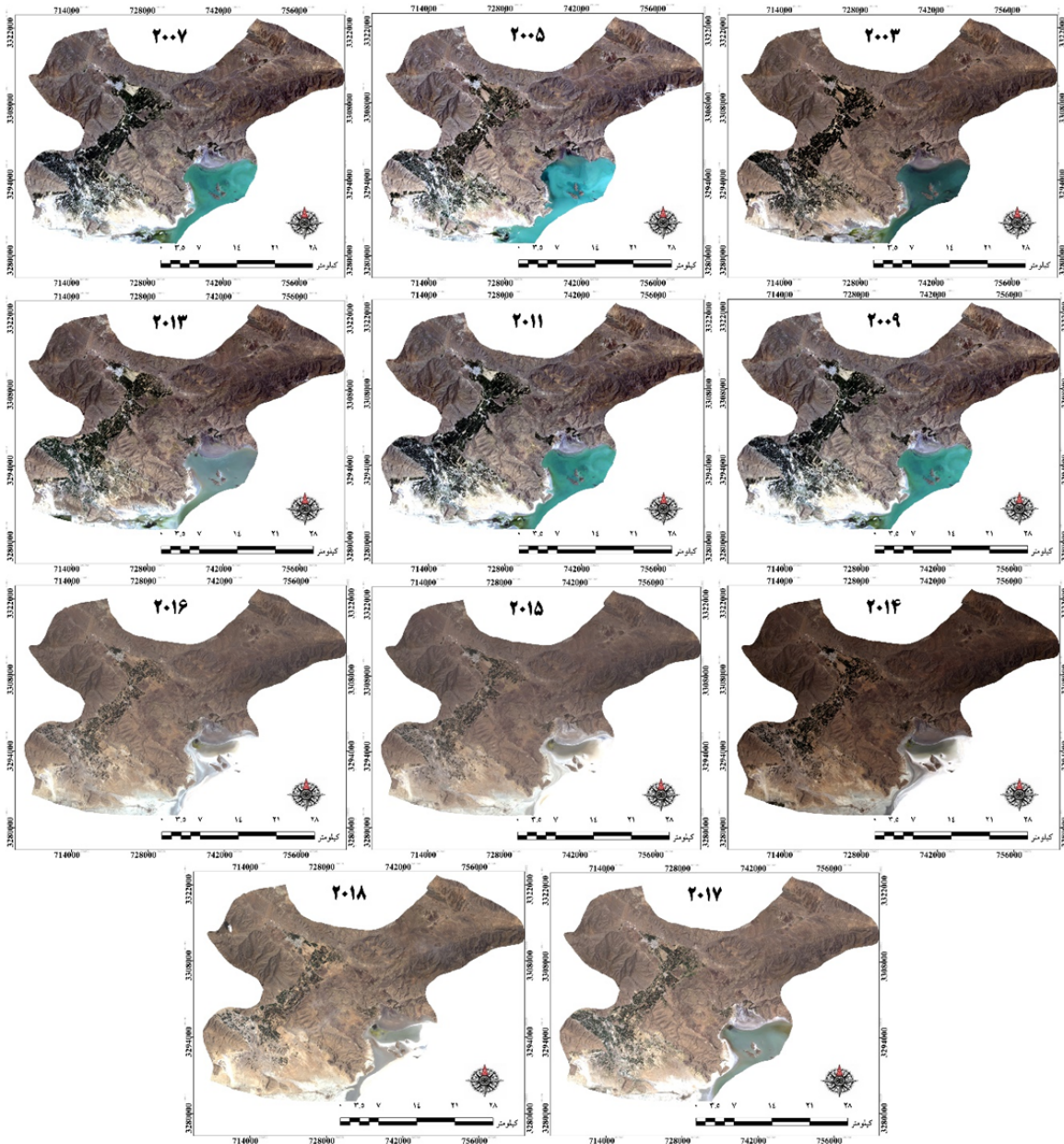
داده‌های مورد استفاده

داده‌های مربوط به تصاویر ماهواره‌ای سری سنجنده‌های لندست است که از سایت USGS (earthexplorer.usgs.gov) تهیه گردید، و داده‌های دمای روزانه هوا مربوط به ایستگاه سینوپتیک شهرستان ارسنجان است که از سازمان هواشناسی استان فارس تهیه شدند. تعداد ۱۱ تصویر مربوط به داده‌های Level-1 ماهواره لندست از منطقه مورد مطالعه از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ میلادی بافاصله زمانی ۱ و ۲ سال از سری سنجنده‌های لندست ۵ (TM5)، ۷

جدول ۱. تاریخ تصاویر لندست تهیه شده از سایت USGS

Table 1. The acquisition time of Landsat images from USGS

تاریخ تصویر	تعداد	تاریخ تصویر	تعداد
۲۰۱۴/۰۵/۰۸	۷	۲۰۰۳/۰۴/۲۴	۱
۲۰۱۵/۰۵/۰۳	۸	۲۰۰۵/۰۴/۱۳	۲
۲۰۱۶/۰۵/۰۵	۹	۲۰۰۷/۰۵/۰۵	۳
۲۰۱۷/۰۴/۲۲	۱۰	۲۰۰۹/۰۵/۱۸	۴
۲۰۱۸/۰۵/۰۳	۱۱	۲۰۱۱/۰۴/۳۰	۵
-	-	۲۰۱۳/۰۴/۱۱	۶



شکل ۲. تصاویر ماهواره‌ای لندست مورد استفاده در پایش تغییرات کاربری و دمای سطح زمین شهرستان ارسنجان

Fig. 2. The utilized Landsat satellite images for assessing land cover and land surface temperature in Arsanjan county

پیش‌پردازش داده‌ها

عملیات پیش‌پردازش داده‌ها در سه بخش تصحیح هندسی، رادیومتریک و اتمسفری در نرم‌افزار ENVI صورت گرفت. تصاویر لندست به صورت پیش‌فرض زمین مرجع گردیده‌اند اما از آنجاکه بحث آشکارسازی تغییرات در پوشش گیاهی و دمای سطح زمین نیاز به تصحیح هندسی دقیق تصاویر دارد، لذا تصاویر با استفاده از ۲۵ نقطه کنترل جمع‌آوری شده توسط GPS، با استفاده از روش نقشه به تصویر و مدل تبدیل چندجمله‌ای رتبه دوم با RMSE کمتر از یک تصحیح ثانویه گردیدند. از آنجاکه داده‌های Level-1 ماهواره لندست نیاز به تصحیحات رادیومتریک دارند، لذا در مرحله بعد، تصحیح رادیومتریک و اتمسفری بر روی تصاویر اعمال شد. در این پژوهش از الگوریتم فلش (FLAASH) که یکی از بهترین روش‌های تصحیح اتمسفری است، به منظور تصحیح اتمسفری استفاده گردید.

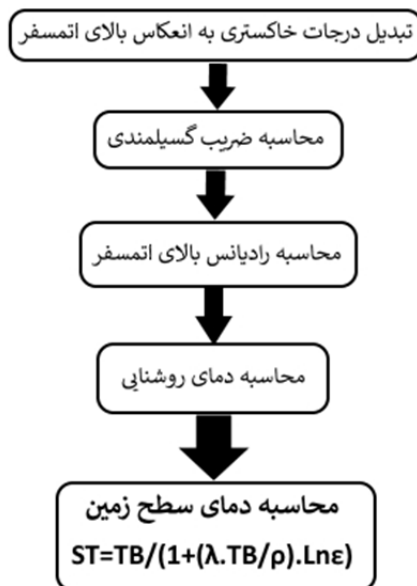
محاسبه شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح

زمین

در این پژوهش از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده به منظور برآورد مقدار پوشش گیاهی در عرصه طبیعی و زراعی استفاده گردید. این نمایه، متعاقباً برای تولید نقشه پوشش گیاهی و آشکارسازی تغییرات کاربری زمین مورداستفاده قرار گرفت (۱۸). رابطه ۱ نحوه محاسبه این شاخص را نشان می‌دهد.

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad [1]$$

در این رابطه؛ NIR باند مادون قرمز نزدیک و RED باند قرمز است. به منظور محاسبه دمای سطح زمین از روش الگوریتم پلانک استفاده گردید که نحوه محاسبه آن در شکل ۳ به طور مختصر نشان داده شده است.

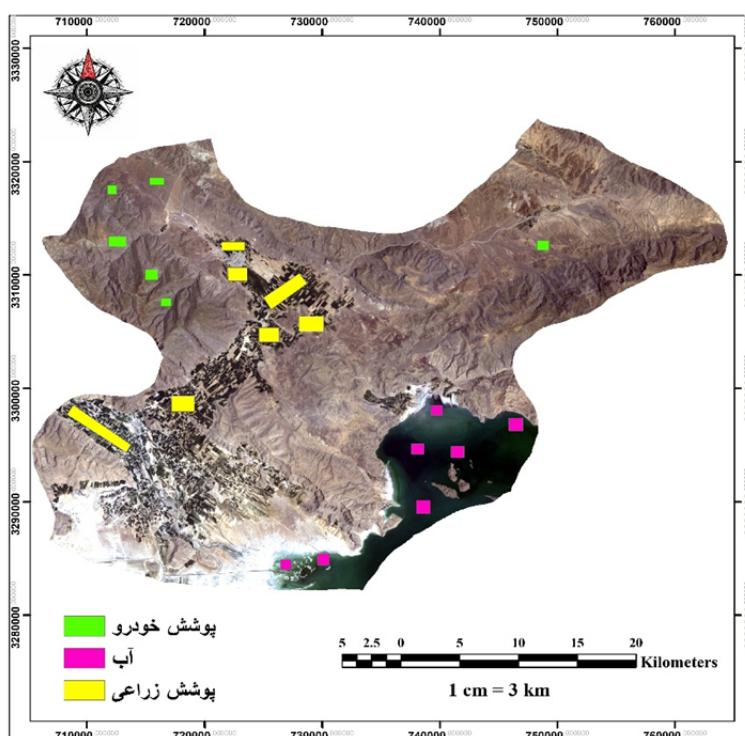


شکل ۳. مراحل محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از تابع پلانک

Fig. 3. Steps to calculate the land surface temperature using the Planck function

سطح زمین در این نواحی معرف برای هر ۱۱ سال مورد مطالعه، استخراج شد. و روند تغییرات کاربری زمین و دمای سطح زمین در این نواحی طی سری زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ مورد بررسی قرار گرفت.

پایش سری زمانی تغییرات کاربری زمین و دمای سطح زمین برای این منظور، تعدادی محدوده معرف از هر سه بخش کاربری زراعی، پوشش طبیعی و پهنه دریاچه انتخاب گردید (شکل ۴). سپس متوسط شاخص گیاهی نرمال شده و دمای



شکل ۴. موقعیت نواحی معرف انتخاب شده از سه کلاس آب، پوشش زراعی و پوشش طبیعی به منظور بررسی رابطه بین دمای سطح زمین و نوع کاربری

Fig. 4. Location of the experimental areas of the three classes of water, agricultural cover and natural cover in order to investigate the relationship between LST and land cover type

موجود نیست. لذا داده‌های دمای سطح زمین با داده‌های هواشناسی از سال ۲۰۰۷ میلادی تا ۲۰۱۸ مورد مقایسه قرار گرفتند. از آنجاکه رابطه دمای سطح زمین و دمای هوا توسط محققان پیشین انجام شده است، لذا صحت دمای سطح زمین با استفاده از رابطه ۲ تعیین شد (۱).

$$T_{Air} = 14.6 + 0.44 \times LST \quad [2]$$

در این رابطه؛ T_{Air} دمای هوای محاسبه شده توسط دمای سطح زمین و LST دمای سطح زمین به دست آمده توسط ماهواره است.

ارزیابی صحت سنجی دمای سطح زمین با داده‌های ایستگاه سینوپتیک

از آنجاکه هیچ داده‌ای از دمای سطح زمین در ناحیه مورد مطالعه در زمان عبور ماهواره لندست (۰۹:۳۰ صبح به وقت محلی) در دسترس نیست، از داده‌های دمای هوا در نزدیکی سطح زمین (۹:۲۰ صبح به وقت محلی) مربوط به ایستگاه سینوپتیک ارسنجان استفاده گردید. این ایستگاه از سال ۱۳۸۵ احداث گردید، لذا داده‌های دمای روزانه نیز از این تاریخ در دسترس هستند. از این رو داده‌های دمای هوای مربوط به سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۵ که مربوط به قبل از سال ۱۳۸۵ است،

آشکارسازی تغییرات

آشکارسازی تغییرات با استفاده از تکنیک تفاضل شاخص‌های گیاهی از پرکاربردترین روش‌های آشکارسازی تغییرات کاربری زمین است. این روش از طریق تفریق مقادیر شاخص گیاهی دو تصویر مربوط به دو زمان متفاوت برای آشکارسازی تغییرات پیکسل‌هایی که تغییر کرده‌اند و یا بدون تغییر باقی‌مانده‌اند، استفاده می‌نماید (۱۵). رابطه ۳ به‌منظور آشکارسازی تغییرات به روش تفاضل شاخص گیاهی به‌کاربرده می‌شود (۵).

$$\text{Different Index} = \frac{\text{Index Value(Final Index)} - \text{Index Value(Initial Index)}}{\text{Index Value(Initial Index)}} \quad [3]$$

پهنه‌بندی دمای سطح زمین

به‌منظور طبقه‌بندی دمای سطح زمین و تغییرات زمانی- مکانی دمای سطح زمین، در ابتدا تصویر اختلاف دمای سطح زمین در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ محاسبه‌شده، با استفاده از رابطه ۴ نرمال گردید (۲۵). به‌منظور نرمال‌سازی از پارامترهای حداقل و حداکثر دما استفاده گردید.

$$NLST_i = \frac{LST_i - LST_{min}}{LST_{max} - LST_{min}} \quad [4]$$

در این رابطه؛ NLST دمای سطح زمین نرمال شده در پیکسل i است، LST_i مقدار مطلق دمای پیکسل i ، LST_{min} حداقل دمای تصویر و LST_{max} حداکثر دمای تصویر است. در ادامه، تصویر نرمال شده با استفاده از پارامتر انحراف معیار در ۵ طبقه دمایی پهنه‌بندی گردید (جدول ۳). در این جدول، T_{mean} نشان‌دهنده میانگین دمای سطح زمین تصویر و std نمایانگر انحراف معیار تصویر می‌باشند (۲۱).

جدول ۳. پهنه‌بندی دمای سطح زمین با استفاده از انحراف معیار

Table 3. LST classification using standard deviation

دامنه مربوط به هر کلاس	کلاس دمای سطح زمین
$T \leq T_{mean} - 1.5std$	دمای بسیار پایین
$T_{mean} - 1.5std < T < T_{mean} - std$	دمای پایین
$T_{mean} - std < T < T_{mean} + std$	دمای متوسط
$T_{mean} + std < T < T_{mean} + 1.5std$	دمای بالا
$T_{mean} + 1.5std \leq$	دمای بسیار بالا

را در سری زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ در محدوده پوشش زراعی (شکل ۵ الف)، پوشش طبیعی (شکل ۵ ب) و قسمتی از دریاچه بختگان که در این ناحیه واقع شده است (شکل ۵-ج) را در شهرستان ارسنجان نشان می‌دهد. با توجه به شکل‌های (۵-الف و ب)، بالاترین مقدار متوسط شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در اراضی مرتعی و جنگلی مربوط به سال ۲۰۰۳ است، به‌طوری‌که متوسط پوشش در این سال به مقدار ۰/۲۵ محاسبه گردید. همان‌طور که در شکل (۵-الف) مشخص است، متوسط مقدار شاخص پوشش گیاهی نرمال شده از سال

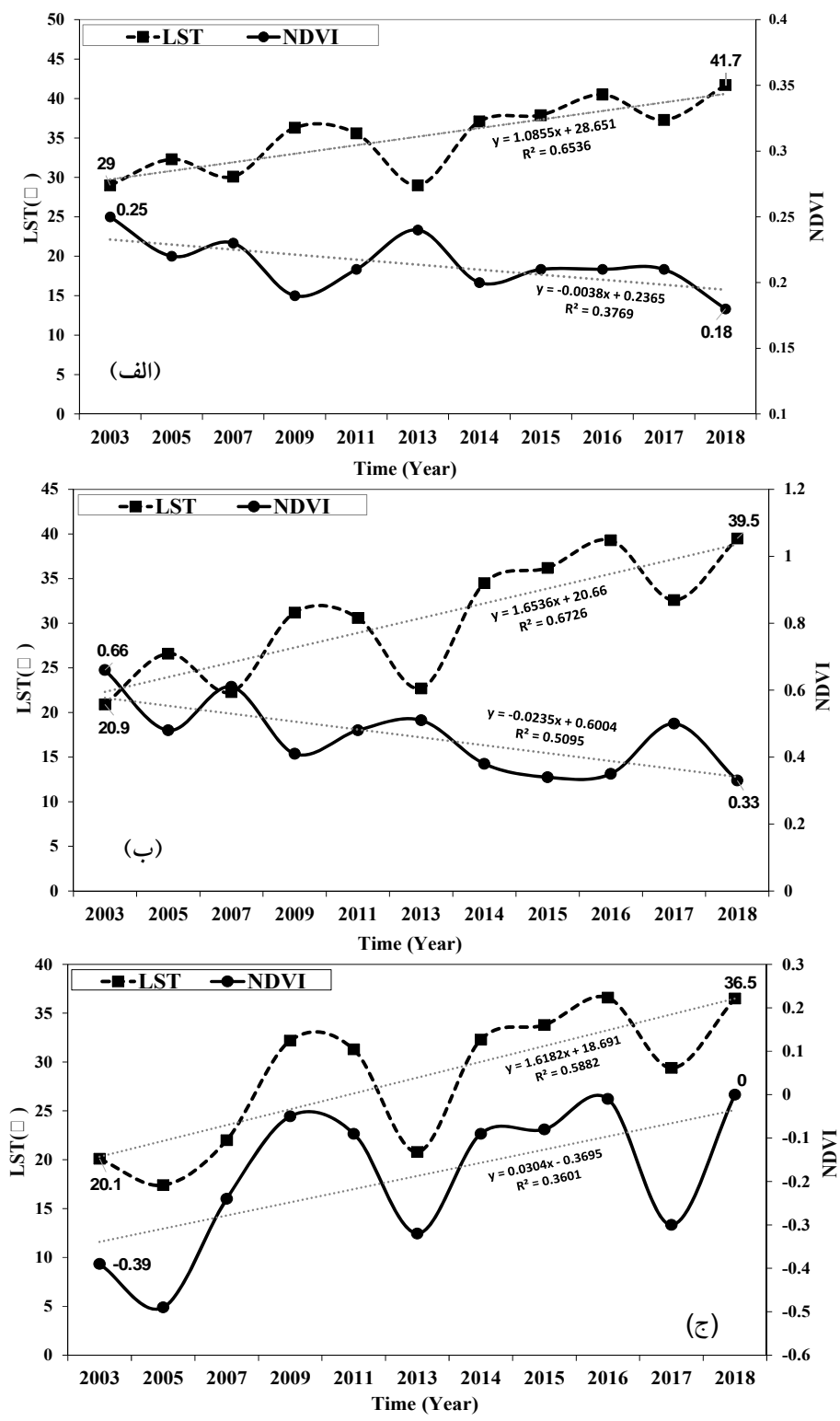
نتایج و بحث

نتایج حاصل از تغییرات سری زمانی کاربری زمین و دمای سطح زمین

در این پژوهش در آغاز، سیر تغییرات و نوسان‌های پوشش کاربری زمین و دمای سطح زمین طی دوره مورد مطالعه در محدوده‌های انتخاب‌شده در کاربری‌های پوشش زراعی، پوشش طبیعی و دریاچه بختگان مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۵ روند تغییر متوسط پوشش گیاهی و دمای سطح زمین

سطح زمین نیز در این منطقه در بازه ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ سیری صعودی را داشت و از مقدار $20/1^{\circ}\text{C}$ در سال ۲۰۰۳ به $36/5^{\circ}\text{C}$ در سال ۲۰۱۸ افزایش یافت. با توجه به این نتایج، این گونه می‌توان استنباط نمود که از سال ۲۰۰۳ به بعد با کاهش پوشش گیاهی و همچنین خشکیدگی سطح آب دریاچه بختگان، دمای سطح زمین روندی افزایشی را به خود گرفت که تا آخر دوره مورد مطالعه ادامه داشت، به طوری که مقدار متوسط شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در سال ۲۰۱۸ در محدوده پوشش طبیعی و زراعی به ترتیب به مقدار $0/07$ و $0/33$ کاهش داشته است؛ اما با توجه به رابطه مثبت بین شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین در پهنه‌های پوشیده از آب، مقدار شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در سال ۲۰۱۸ به مقدار $0/39$ در محدوده دریاچه بختگان افزایش یافت. در مقابل دمای سطح زمین در کاربری‌های پوشش طبیعی، زراعی و دریاچه به ترتیب به مقدار $12/7^{\circ}\text{C}$ ، $18/6^{\circ}\text{C}$ و $16/4^{\circ}\text{C}$ در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ افزایش یافت (جدول ۴). لذا با در نظر گرفتن یافته‌های فوق، با توجه به سیر کاهشی پوشش گیاهی و سطح آب طی سری زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ و در مقابل، سیر صعودی دمای سطح زمین در بازه نام‌برده، آشکارسازی تغییرات پوشش و دمای سطح زمین بین سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۱۸ مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲۰۰۳ روندی نزولی را به خود گرفت که تا سال ۲۰۱۸ ادامه داشت، به طوری که مقدار پوشش خودرو در این سال به $0/18$ کاهش یافت؛ اما در سوی دیگر، متوسط دمای سطح زمین کاملاً سیر صعودی داشت و از مقدار 29°C در سال ۲۰۰۳ به $41/7^{\circ}\text{C}$ در سال ۲۰۱۸ افزایش یافت. نتایج حاصل از شکل (۵-ب) نیز که مربوط به زمین‌های کشاورزی و باغات است، روندی مشابه را همانند وضعیت پوشش طبیعی در بازه مورد مطالعه داشت. همان‌طور که نشان داده شده است، متوسط مقدار شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در پوشش زراعی در سال ۲۰۰۳ به مقدار $0/66$ بود اما باین وجود پس‌از آن، سیری نزولی را به خود گرفت، به طوری که مقدار این شاخص در سال ۲۰۱۸ به $0/33$ کاهش یافت. در مقابل، دمای سطح زمین در عرصه‌های کشاورزی در بازه ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ سیری صعودی را داشت و از مقدار $20/9^{\circ}\text{C}$ در سال ۲۰۰۳ به $39/5^{\circ}\text{C}$ در سال ۲۰۱۸ افزایش یافت. شکل (۵-ج) روند تغییرات دمای سطح زمین و شاخص گیاهی نرمال شده را طی دوره مورد مطالعه در پهنه دریاچه بختگان نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد متوسط مقدار شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در پهنه دریاچه در سال ۲۰۰۳ به مقدار $0/39$ بود که پس‌از آن سیری صعودی را به علت کاهش سطح آب دریاچه به خود گرفت که تا سال ۲۰۱۸ ادامه یافت. در همین راستا، دمای



شکل ۵. نمودار نوسان شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین طی سری زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ در شهرستان ارسنجان در

نواحی با پوشش طبیعی (الف)؛ پوشش زراعی (ب) و پوشش آب (ج)

Fig 5. The line graphs of NDVI and LST fluctuation in Arsanjan city during the period 2003 to 2018 including (a) the rangeland; (b) the farmland and (c) water area

جدول ۴. متوسط شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین در کاربری‌های مختلف و اختلاف آن‌ها در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ در شهرستان ارسنجان

Table 4. The NDVI and LST mean value in various land cover and their difference in Arsanjan county in 2018 compared to 2003

کاربری	شاخص پوشش گیاهی نرمال شده		دمای سطح زمین (°C)	
	۲۰۱۸	۲۰۰۳	۲۰۱۸-۲۰۰۳	۲۰۱۸
پوشش طبیعی	۰/۱۸	۰/۲۵	-۰/۰۷	۴۱/۷
پوشش زراعی	۰/۳۳	۰/۶۶	-۰/۳۳	۳۹/۵
پهنه دریاچه	۰	-۰/۳۹	۰/۳۹	۳۶/۵

ارزیابی دمای سطح زمین محاسبه شده با داده‌های زمینی

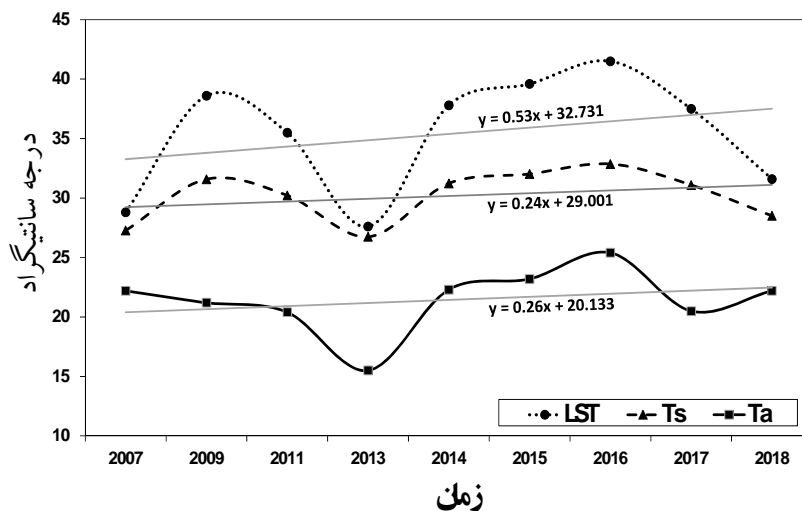
مقادیر دمای اندازه‌گیری شده در ایستگاه سینوپتیک (Ta)، دمای سطح زمین محاسبه شده از تصویر و دمای هوای محاسبه شده از تصویر (Ts) را برحسب درجه سانتی‌گراد از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۸ میلادی مربوط به موقعیت ایستگاه سینوپتیک ارسنجان و دقت دمای به دست آمده از ماهواره در جدول ۵ نشان داده شده است. برای ارزیابی بهتر صحت دمای به دست آمده از تصاویر ماهواره لندست، بایستی در زمان عبور ماهواره از منطقه مورد نظر، هم‌زمان دمای سطح زمین در چند نقطه برداشت گردد تا به نتایج دقیق‌تری دست یافت. شکل ۶ روند تغییرات دمای سطح زمین تصویر، دمای هوای محاسبه شده از تصویر و دمای اندازه‌گیری شده ایستگاهی را

نشان می‌دهد. باین وجود، هرچند که مقادیر دمای هوای محاسبه شده از تصویر بالاتر از دمای اندازه‌گیری شده ایستگاهی می‌باشند، اما هر دو روندی نسبتاً یکسان را طی سری زمانی مورد مطالعه نشان می‌دهند. نتایج نشان داد که دمای سطح زمین تصویر، دمای هوای محاسبه شده از تصویر و دمای اندازه‌گیری شده ایستگاهی به ترتیب با شیب ۰/۵۳، ۰/۲۴ و ۰/۲۶ طی سری زمانی افزایش یافته‌اند. این حاکی از آن است که دمای هوای محاسبه شده از تصویر و دمای هوای اندازه‌گیری شده ایستگاهی با اختلاف ناچیز شیب ۰/۰۲، افزایش دما را نشان می‌دهند که بسیار نزدیک به هم است و نشان از دقت دمای سطح زمین اندازه‌گیری شده توسط ماهواره است.

جدول ۵. مقایسه LST، Ts و Ta بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۸ میلادی

Table 5. Comparison of LST, Ts and Ta during the period 2007 to 2018

تاریخ	دمای سطح زمین محاسبه شده از تصویر (LST)	دمای هوای محاسبه شده از تصویر (Ts)	دمای هوای به دست آمده در ایستگاه سینوپتیک (Ta)
۲۰۰۷/۰۵/۰۵	۲۸/۸	۲۷/۳	۲۲/۲
۲۰۰۹/۰۵/۱۸	۳۸/۶	۳۱/۶	۲۱/۲
۲۰۱۱/۰۴/۳۰	۳۵/۵	۳۰/۲	۲۰/۴
۲۰۱۳/۰۴/۱۱	۲۷/۶	۲۶/۷	۱۵/۵
۲۰۱۴/۰۵/۰۸	۳۷/۸	۳۱/۲	۲۲/۳
۲۰۱۵/۰۵/۰۳	۳۹/۶	۳۲	۲۳/۲
۲۰۱۶/۰۵/۰۵	۴۱/۵	۳۲/۹	۲۵/۴
۲۰۱۷/۰۴/۲۲	۳۷/۵	۳۱/۱	۲۰/۵
۲۰۱۸/۰۵/۰۳	۳۱/۶	۲۸/۵	۲۲/۲



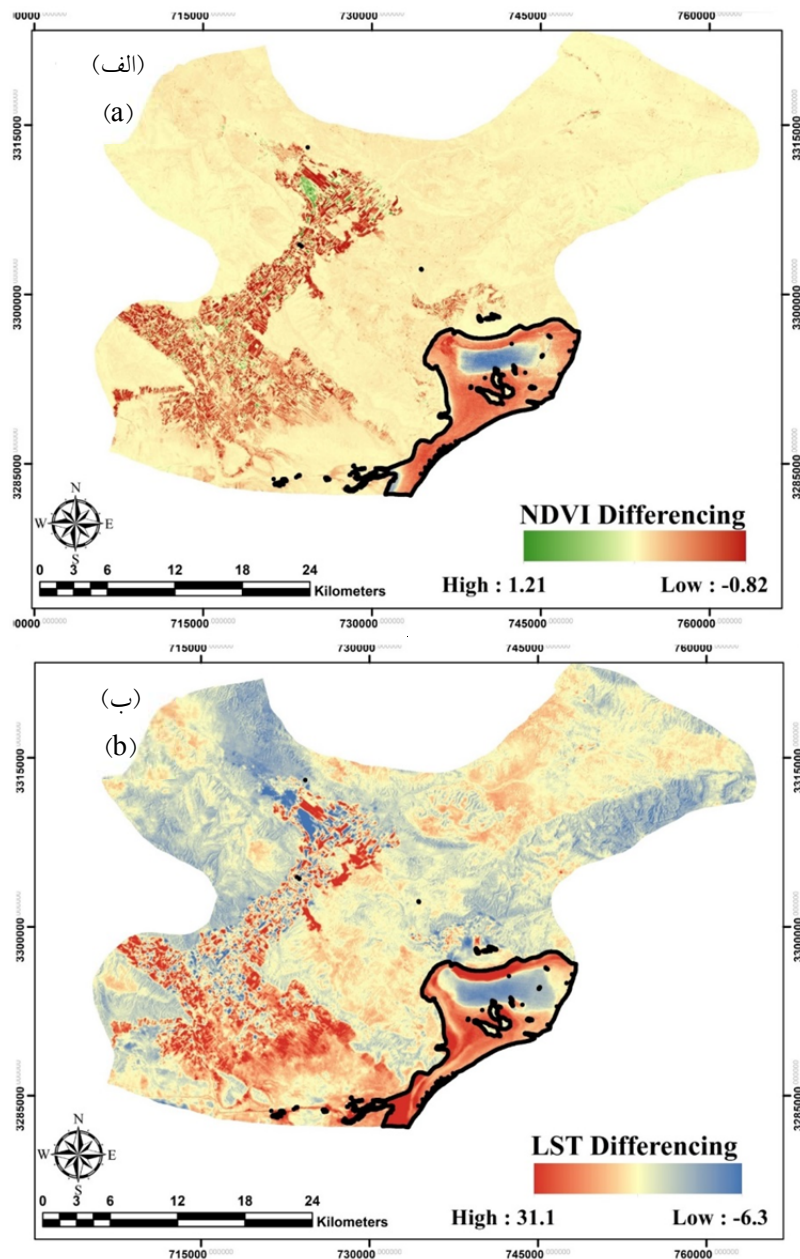
شکل ۶. نمودار نوسانات دمای سطح زمین تصویر (LST)، دمای هوای محاسبه شده از تصویر (Ts) و دمای اندازه گیری شده ایستگاهی (Ta) طی سری زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۸

Fig. 6. The line graph of LST, Ts and Ta fluctuations during the period 2007 to 2018

نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات

به منظور درک فضایی تغییرات پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در سطح منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳، نقشه پراکنش مکانی تغییرات کاربری و دمای سطح زمین در شهرستان ارسنجان استخراج گردید (شکل ۷). همان طور که در شکل (۷-الف) نشان داده شده است، مناطق سبزرنگ نشان دهنده افزایش سبزینگی می باشند، در حالی که مکان های قرمز رنگ نشان دهنده کاهش سبزینگی و نیز کاهش پهناهای آبی در بخش جنوب شرق شهرستان که مربوط به دریاچه بختگان می باشند را نشان می دهند. محدوده دریاچه بختگان با مرز مشکی نشان داده شده است. یافته ها نشان داد که افزایش یا کاهش دمای سطح زمین وابستگی زیادی به تغییرات

کاربری و پوشش سطح زمین دارد. همان طور که مشخص است، پوشش گیاهی در سال ۲۰۱۸ کاهش چشمگیری نسبت به سال ۲۰۰۳ داشته است که در عرصه های زراعی با شدت بیشتری قابل مشاهده است. تغییر قابل محسوس دیگر مربوط به کاهش چشمگیر وسعت دریاچه بختگان است که بخش زیادی از افزایش دما مربوط به این ناحیه است. شکل (۷-ب) نقشه تغییرات فضایی دمای سطح زمین را در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ نشان می دهد. همان طور که مشخص است مناطق آبی و قرمز رنگ به ترتیب نشان دهنده کاهش و افزایش دما در کاربری های پوشش زراعی، طبیعی و پهنا دریاچه بختگان در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ می باشند.



شکل ۷. پراکنش مکانی تغییرات شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و اختلاف دمای سطح زمین در سال ۲۰۱۸ مقایسه با ۲۰۰۳

Fig. 7. The spatial distribution NDVI and LST during the period 2018 compared to 2003

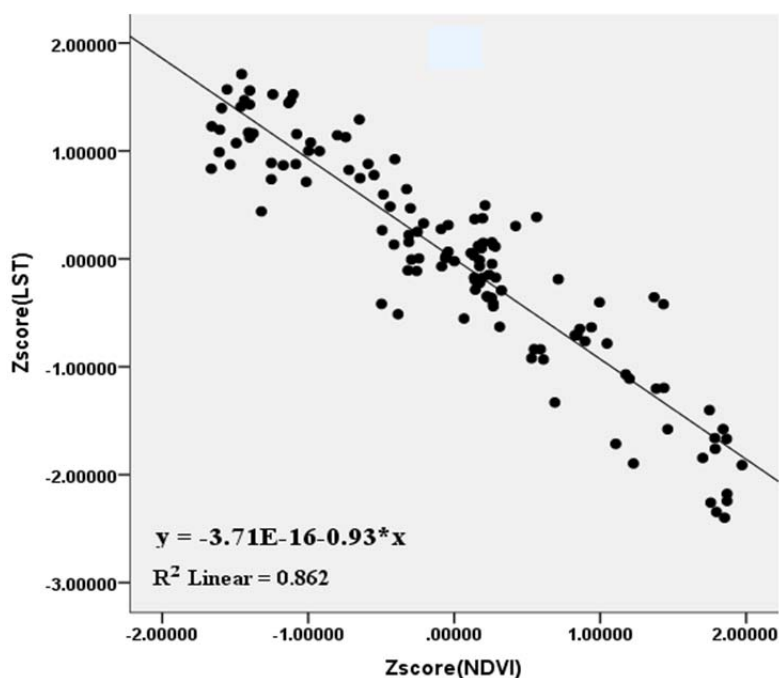
پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین است $(R^2=0/۸۶۲)$ ، به طوری که با افزایش تراکم پوشش گیاهی دمای سطح زمین کاهش می‌یابد. در مقابل، در شوره‌زارها و اراضی بایر، مقدار شاخص پوشش گیاهی نرمال و دمای سطح زمین بالا می‌باشند.

میزان وابستگی بین دمای سطح زمین و کلاس‌های پوشش گیاهی زراعی، طبیعی و پوشش آب را در دوره ۲۰۰۳-

در ادامه، به منظور بررسی و تجزیه و تحلیل بهتر رابطه بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی تعدادی نقاط نمونه به صورت تصادفی در سرتاسر شهرستان ارسنجان در عرصه‌های زراعی و طبیعی انتخاب گردید و با توجه به مقادیر استخراج شده از این نقاط، رابطه رگرسیونی بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در عرصه‌های زراعی و طبیعی برقرار گردید (شکل ۸). نتایج حاکی از رابطه منفی بین شاخص

نیز حاکی از تراکم پایین پوشش گیاهی در عرصه‌های مرتعی و جنگلی است. با توجه به این تفاسیر می‌توان به این نتیجه رسید که با به‌کارگیری شاخص پوشش گیاهی نرمال شده می‌توان تأثیر عارضه‌های مختلف زمین مانند پوشش گیاهی و آب بر دمای سطح زمین را مورد ارزیابی و بحث قرارداد.

۲۰۱۸ نشان می‌دهد که صرف‌نظر از همبستگی مثبت بین کلاس آب و دمای سطح زمین، بین پوشش گیاهی در عرصه‌های زراعی و طبیعی با دمای سطح زمین همبستگی منفی وجود دارد (جدول ۶). بیشترین همبستگی منفی بین پوشش زراعی و دمای سطح زمین به دست آمد که برابر با $-۰/۹۴$ بود. همبستگی منفی پایین بین پوشش طبیعی و دمای سطح زمین



شکل ۸. نمودار پراکنندگی بین شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین در سال ۲۰۱۸ در مقایسه با ۲۰۰۳

Fig. 8. The scatter plots between LST mean value and NDVI mean value in 2018 compared to 2003

جدول ۶. ضرایب همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین در سه کاربری آب، پوشش زراعی و پوشش طبیعی

Table 6. The correlation coefficients between NDVI and LST in the three land cover types including water, farmland and rangeland

ضریب همبستگی NDVI و LST	تعداد پیکسل‌های برداشت شده	پوشش زمین در دو دوره مورد مطالعه
۰/۶۸	۴۱	دریاچه ۲۰۱۸-۲۰۰۳
-۰/۹۴	۸۷	پوشش زراعی ۲۰۱۸-۲۰۰۳
-۰/۴۴	۳۶	پوشش طبیعی ۲۰۱۸-۲۰۰۳

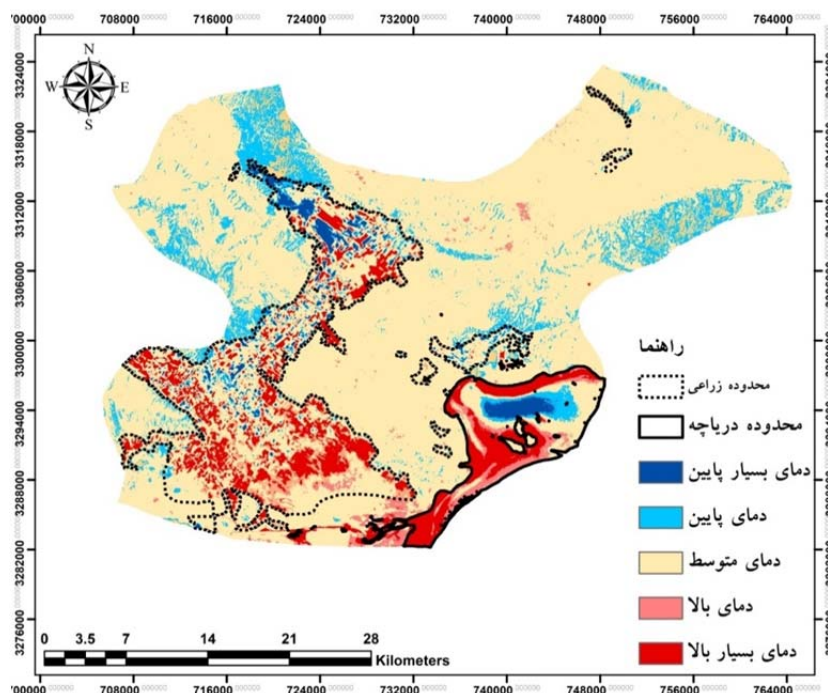
پهنه‌بندی تغییرات دمای سطح زمین

به‌منظور بررسی سطح کاهش یا افزایش دمای سطح زمین در کاربری‌های مختلف پوشش زراعی، پوشش طبیعی و کلاس آب، نقشه اختلاف دمای سطح زمین در

سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ به پنج کلاس دمای خیلی پایین، دمای پایین، دمای متوسط، دمای بالا و دمای بسیار بالا طبقه‌بندی گردید. شکل ۹ پراکنش فضایی طبقات دمایی سطح زمین را در کاربری‌های پوشش زراعی،

تمام سطح منطقه مورد مطالعه به خصوص مراتع دیده می‌شود. گروه چهارم مربوط به گستره‌هایی است که دمای سطح زمین به اندازه ۱ تا ۱/۵ انحراف معیار افزایش یافته است و بیشتر در اراضی زراعی و دریاچه دیده می‌شود. داده‌هایی که مقادیر آن‌ها بیش از ۱/۵+ انحراف معیار از میانگین فاصله دارند مربوط به نواحی می‌باشند که دمای سطح زمین بسیار بالا بوده است و همان‌طور که مشاهده می‌گردد مربوط دریاچه بختگان و زمین‌های کشاورزی هست.

پوشش طبیعی و آب نشان می‌دهد که با استفاده از انحراف معیار تصاویر محاسبه شده است. گروه اول نمایانگر مقادیری هستند که دمای هوا بیش از ۱/۵- انحراف معیار بیشترین کاهش را داشته است که به رنگ آبی تیره می‌باشند که بیشتر در اراضی کشاورزی قابل مشاهده است. گروه دوم مربوط به نواحی می‌باشند که دمای هوا به اندازه ۱- تا ۱/۵- انحراف از معیار کاهش یافته است و به رنگ آبی روشن می‌باشند. گروه سوم شامل پهنه‌هایی هست که دمای سطح زمین در حد متوسط است و به اندازه ۱- تا ۱+ انحراف از معیار افزایش یا کاهش داشته است و تقریباً در



شکل ۹. پراکنش فضایی تغییرات دمای سطح زمین در طبقات مختلف دمایی در کاربری‌های مختلف در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳
 Fig. 9. Spatial distribution of LST change in various temperature classes in the difference land use in 2018 compared to 2003

پوشش طبیعی به مقدار ۸۶۷۳۳ هکتار است که بیش از ۸۵ درصد از مساحت پوشش طبیعی را شامل می‌شود. از آنجاکه تراکم و مقدار پوشش گیاهی به ویژه در اراضی کشاورزی در سال ۲۰۱۸ کاهش چشمگیری نسبت به سال ۲۰۰۳ داشت، لذا مساحت طبقات دمایی بالا و بسیار بالا افزایش بیشتری نسبت به طبقات دمایی پایین و بسیار پایین

جدول ۷ مساحت تغییرات دمای سطح زمین را در طبقات مختلف دمایی در کلاس‌های پوشش طبیعی، پوشش زراعی و آب در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، بیشترین مساحت مربوط به طبقه دمایی متوسط در تمام کاربری‌ها بوده است، به طوری که بیشترین مساحت این طبقه دمایی مربوط به

طبقات دمایی بالا و بسیار بالا در این کلاس به ترتیب به مقدار ۱۸۲۴ و ۳۹۱۹ هکتار رسید که به ترتیب بیش از ۱۸ درصد و ۳۸/۹ درصد از مساحت زمین‌های دریاچه را این دو کلاس به خود اختصاص داده است.

داشتند، مساحت طبقات دمایی بالا و بسیار بالا در زمین‌های زراعی به ترتیب به مقدار ۶۶۲۵ هکتار و ۷۱۹۲ هکتار رسید. همچنین، از آنجاکه سطح آب دریاچه در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ کاهش یافت، لذا مساحت

جدول ۷. مساحت کلاس‌های دمایی در تغییرات کاربری‌های مختلف در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ در واحد هکتار

Table 6. The area of temperature classes in the changed land cover types in in 2018 compared to 2003 per hectare

طبقه دمایی	آب هکتار (%)	پوشش طبیعی هکتار (%)	پوشش زراعی هکتار (%)
بسیار پائین	۷۷۷ (۷/۷)	- -	۲۰۸۴ (۶/۵)
پائین	۸۸۵ (۸/۸)	۱۰۷۴۴ (۱۰/۶)	۲۰۹۶ (۶/۵)
متوسط	۲۶۷۲ (۲۶/۵)	۸۶۷۳۳ (۸۵/۴)	۱۶۲۸۲ (۵۰/۴)
بالا	۱۸۲۴ (۱۸/۱)	۲۸۳۱ (۲/۸)	۴۶۲۵ (۱۴/۳)
بسیار بالا	۳۹۱۹ (۳۸/۹)	۱۲۶۳ (۱/۲)	۷۱۹۲ (۲۲/۳)

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش، بررسی تغییرات دمای سطح زمین در عرصه‌های طبیعی، زراعی و نیز دریاچه بختگان با استفاده از سری زمانی تصاویر لندست و به‌کارگیری شاخص پوشش گیاهی نرمال شده بود. در این پژوهش، از سری زمانی تصاویر ماهواره لندست بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ به‌منظور بررسی تأثیر کاربری پوشش گیاهی و آب بر دمای سطح زمین با استفاده از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده استفاده گردید. نتایج سیری نزولی را از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ در مقدار پوشش گیاهی نشان داد، به‌طوری‌که مقدار این شاخص در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۸ به ترتیب به میزان ۰/۲۵ و ۰/۱۸ در عرصه‌های طبیعی و مرتعی و ۰/۶۶ و ۰/۳۳ در اراضی زراعی محاسبه گردید. در مقابل، دمای سطح زمین در بازه ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ سیری صعودی را داشت. مقدار دمای سطح زمین در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۸ به ترتیب به مقدار ۲۹°C و ۴۱°C در مناطق با پوشش طبیعی و ۲۰/۹°C و ۳۹/۵°C در مناطق با پوشش زراعی به دست آمد. این نتایج حاکی از آن است که با کاهش پوشش گیاهی، دمای سطح زمین به علت بایر شدن زمین افزایش یافته است.

در ادامه مشخص گردید که متوسط دمای سطح زمین در پهنه دریاچه بختگان، روندی صعودی را از سال ۲۰۰۳ تا سال ۲۰۱۸ داشته است، دمای سطح زمین در این پهنه از مقدار ۲۰/۱°C در سال ۲۰۰۳ به ۳۶/۵°C در سال ۲۰۱۸ افزایش یافت. با توجه به خشک شدن بخش زیادی از آب دریاچه، پوشش آب جای خود را به زمین‌های بایر و شوره‌زار داد که منجر به افزایش دما در این نواحی گردید که با یافته‌های خان و همکاران (۹)، تان و همکاران (۲۰)، وو و همکاران (۲۴) مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که افزایش یا کاهش دمای سطح زمین وابستگی زیادی به تغییرات کاربری و پوشش سطح زمین دارد. این بدان معنی است که با به‌کارگیری شاخص پوشش گیاهی نرمال شده می‌توان تأثیر عارضه‌های مختلف زمین مانند پوشش گیاهی و آب بر دمای سطح زمین را مورد ارزیابی و بحث قرار داد. از آنجاکه تراکم پوشش گیاهی در زمین‌های زراعی و باغات بسیار بالاتر از مراتع و پوشش طبیعی در منطقه مورد مطالعه است، لذا تبدیل زمین‌های زراعی به خاک لخت، موجب کاهش شاخص پوشش گیاهی به میزان ۰/۳۳ در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ شد، در صورتی‌که در مراتع مقدار

کلاس حرارتی در عرصه پوشش طبیعی به مقدار ۸۶۷۳۳ هکتار است. از آنجا که تراکم و مقدار پوشش گیاهی به‌ویژه در اراضی کشاورزی در سال ۲۰۱۸ کاهش چشمگیری نسبت به سال ۲۰۰۳ داشت، لذا نتایج نشان داد که مساحت طبقات دمایی بالا و بسیار بالا افزایش بیشتری نسبت به طبقات دمایی پایین و بسیار پایین داشتند، به طوری که مساحت طبقات دمایی بالا و بسیار بالا در زمین‌های زراعی به ترتیب به مقدار ۶۶۲۵ هکتار و ۷۱۹۲ هکتار رسید. همچنین، از آنجا که سطح آب دریاچه در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ کاهش یافت، لذا مساحت طبقات دمایی بالا و بسیار بالا در این کلاس به ترتیب به مقدار ۱۸۲۴ و ۳۹۱۹ هکتار رسید که به ترتیب بیش از ۱۸ درصد و ۳۸/۹ درصد از مساحت زمین‌های دریاچه را این دو کلاس به خود اختصاص داده بودند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بخش وسیعی از افزایش دما در اراضی کشاورزی و نیز دریاچه بختگان رخمون داشته است. لذا مناطقی که افزایش دمای زمین را نشان می‌دهند، می‌توانند جهت کاربرد در بخش کشاورزی، منابع طبیعی و نیز محیط‌زیست شهرستان ارسنجان به‌منظور شناخت جزایر حرارتی و تصمیم‌گیری در رابطه با بهبود شرایط پوشش گیاهی و سطح آب دریاچه جهت جلوگیری از افزایش دمای سطح زمین مورد استفاده قرار گیرند. پیشنهاد می‌گردد به‌منظور کاهش دمای سطح زمین، راهکارهای مناسبی از جمله کشت متناوب محصولات زراعی و نیز بهبود وضعیت منابع تغذیه‌کننده دریاچه بختگان اتخاذ گردد.

تقدیر و تشکر

این تحقیق توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات انجام شده است. ما از مرکز پژوهش‌های علوم جوی- اقیانوسی دانشگاه شیراز و سازمان هواشناسی استان فارس به خاطر حمایت از آن‌ها در جمع‌آوری و پردازش داده‌ها سپاسگزاریم.

متوسط شاخص پوشش گیاهی نرمال شده تنها به اندازه ۰/۰۷ در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ کاهش یافت که نشان از تراکم پایین‌تر پوشش و تغییرات کمتر در این نوع کاربری را به همراه داشت. از آنجا که بین مقادیر شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین در پهنه‌های پوشیده از آب رابطه مثبت است، لذا با افزایش شاخص پوشش گیاهی نرمال شده، مقدار دمای سطح زمین نیز زیاد می‌شود. به عبارت دیگر، از آنجا که برخی از قسمت‌های دریاچه بختگان که به زمین بایر و یا شوره‌زار تبدیل شده است، لذا متوسط مقدار شاخص گیاهی نرمال در محدوده دریاچه بختگان به مقدار ۰/۳۹ افزایش یافت که با سیر صعودی دمای سطح زمین کاملاً همسو بوده است. در مقابل، دمای سطح زمین در کاربری‌های پوشش زراعی، دریاچه و پوشش طبیعی به ترتیب به مقدار ۱۸/۶ °C، ۱۶/۴ °C و ۱۲/۷ °C افزایش یافت. این نشان‌دهنده آن است کاهش پوشش گیاهی در زمین‌های زراعی موجب افزایش بیشتر دما در این نواحی نسبت به پهنه دریاچه و نیز پوشش طبیعی شده است.

نتایج حاصل از رابطه رگرسیونی بین شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین نشان از رابطه منفی بین این دو شاخص بود. یافته‌ها نشان داد که بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین همبستگی منفی وجود دارد. این نتایج با یافته‌های احمدی و همکاران (۱)، باله و کرومی (۲)، گوئل و همکاران (۷)، کیانی سالمی و ابراهیمی (۱۰)، لیاقت و همکاران (۱۳)، و سولانگی و همکاران (۱۷) مطابقت دارد. بیشترین همبستگی منفی به میزان ۰/۹۴- بین پوشش زراعی و دمای سطح زمین به دست آمد که به دلیل انبوهی و تراکم پوشش گیاهی در مناطق زراعی هست و با یافته‌های احمدی و همکاران (۱) کاملاً مطابقت دارد؛ و پایین‌ترین همبستگی منفی نیز مربوط به پوشش گیاهی در عرصه‌های مرتعی و جنگلی محاسبه گردید.

نتایج حاصل از پهنه‌بندی تغییرات دمای سطح زمین در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۳ نشان داد که بیشترین مساحت تغییرات دما مربوط به طبقه دمایی متوسط است، مساحت این

References

- Ahmadi B, Ghorbani A, Safarrad T, Sobhani B. 2015. Evaluation of surface temperature in relation to land use/cover using remote sensing Data. *Journal of RS and GIS for Natural Resources (Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science)*, 6(1): 66-77. (In Persian).
- Balew A, Korme T. 2020. Monitoring land surface temperature in Bahir Dar city and its surrounding using Landsat images. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. doi:https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.02.001.
- Chu H, Venevsky S, Wu C, Wang M. 2019. NDVI-based vegetation dynamics and its response to climate changes at Amur-Heilongjiang River Basin from 1982 to 2015. *Science of The Total Environment*, 650: 2051-2062. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.11.
- Duan S-B, Li Z-L, Li H, Göttsche F-M, Wu H, Zhao W, Leng P, Zhang X, Coll C. 2019. Validation of Collection 6 MODIS land surface temperature product using in situ measurements. *Remote Sensing of Environment*, 225: 16-29. doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.020.
- Eckert S, Hüsler F, Liniger H, Hodel E. 2015. Trend analysis of MODIS NDVI time series for detecting land degradation and regeneration in Mongolia. *Journal of Arid Environments*, 113: 16-28. doi:https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.09.001.
- Fathizad H, Tazeh M, Kalantari S, Shojaei S. 2017. The investigation of spatiotemporal variations of land surface temperature based on land use changes using NDVI in southwest of Iran. *Journal of African Earth Sciences*, 134: 249-256. doi:https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.06.00.
- Govil H, Guha S, Diwan P, Gill N, Dey A. 2020. Analyzing linear relationships of LST with NDVI and MNDISI using various resolution levels of Landsat 8 OLI and TIRS data. In: *Data Management, Analytics and Innovation*. Springer, pp 171-184. https://doi.org/110.1007/1978-1981-1032-9949-1008_1013.
- Guha S, Govil H. 2020. An assessment on the relationship between land surface temperature and normalized difference vegetation index. *Environment, Development and Sustainability*. doi:10.1007/s10668-020-00657-6.
- Khan N, Shahid S, Chung E-S, Kim S, Ali R. 2019. Influence of surface water bodies on the land surface temperature of Bangladesh. *Sustainability*, 11(23): 6754. doi:https://doi.org/10.3390/su11236754.
- Kianisalmi E, Ebrahimi A. 2019. Assessing the impact of urban expansion and land cover changes on land surface temperature in Shahrekord city. *Journal of RS and GIS for Natural Resources (Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science)*, 9(4): 102-118. (In Persian).
- Lamchin M, Lee W-K, Jeon SW, Wang SW, Lim CH, Song C, Sung M. 2018. Long-term trend and correlation between vegetation greenness and climate variables in Asia based on satellite data. *Science of The Total Environment*, 618: 1089-1095. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.14.
- Lee PS-H, Park J. 2020. An Effect of Urban Forest on Urban Thermal Environment in Seoul, South Korea, Based on Landsat Imagery Analysis. *Forests*, 11(6): 630. doi:https://doi.org/10.3390/f11060630.
- Liaqut A, Younes I, Sadaf R, Zafar H. 2019. Impact of urbanization growth on land surface temperature using remote sensing and GIS: a case study of Gujranwala City, Punjab, Pakistan. *International Journal of Economic and Environmental Geology*: 44-49. doi:https://doi.org/10.46660/ijeeg.Vol0.Iss0.0.138.
- Marzban F, Sodoudi S, Preusker R. 2018. The influence of land-cover type on the relationship between NDVI-LST and LST-Tair. *International Journal of Remote Sensing*, 39(5): 1377-1398. doi:https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1402386.
- Pu R, Gong P, Tian Y, Miao X, Carruthers RI, Anderson GL. 2008. Using classification and NDVI differencing methods for monitoring sparse vegetation coverage: a case study of saltcedar in Nevada, USA. *International Journal of Remote Sensing*, 29(14): 3987-4011. doi:https://doi.org/10.1080/01431160801908095.
- Rahmad R, Nurman A, Pinem K. 2019. Impact Of NDVI Change To Spatial Distribution Of Land Surface Temperature (A Study in Medan City, Indonesia). In: *1st International Conference on Social Sciences and Interdisciplinary Studies (ICSSIS 2018)*. Atlantis Press, https://doi.org/10.2991/icssis-18.2019.33.
- Solangi GS, Siyal AA, Siyal P. 2019. Spatiotemporal dynamics of land surface temperature and its impact on the vegetation. *Civil Engineering Journal*, 5(8): 1753-1763. doi:http://dx.doi.org/10.28991/cej-2019-03091368.
- Sruthi S, Aslam MAM. 2015. Agricultural Drought Analysis Using the NDVI and Land Surface Temperature Data; a Case Study of Raichur District. *Aquatic Procedia*, 4: 1258-1264. doi:https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.164.
- 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). doi:https://doi.org/10.1029/2007GL031485.

20. Tan J, Yu D, Li Q, Tan X, Zhou W. 2020. Spatial relationship between land-use/land-cover change and land surface temperature in the Dongting Lake area, China. *Scientific Reports*, 10(1): 9245. doi:10.1038/s41598-020-66168-6.
21. Walawender JP, Szymanowski M, Hajto MJ, Bokwa A. 2014. Land Surface Temperature Patterns in the Urban Agglomeration of Krakow (Poland) Derived from Landsat-7/ETM⁺ Data. *Pure and Applied Geophysics*, 171(6): 913-940. doi:10.1007/s00024-013-0685-7.
22. Wan Mohd Jaafar WS, Abdul Maulud KN, Muhmad Kamarulzaman AM, Raihan A, Md Sah S, Ahmad A, Saad SNM, Mohd Azmi AT, Jusoh Syukri NKA, Razzaq Khan W. 2020. The Influence of Deforestation on Land Surface Temperature-A Case Study of Perak and Kedah, Malaysia. *Forests*, 11(6): 670. doi:https://doi.org/10.3390/f11060670.
23. Wang S, Ma Q, Ding H, Liang H. 2018. Detection of urban expansion and land surface temperature change using multi-temporal landsat images. *Resources, Conservation and Recycling*, 128: 526-534. doi:https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.05.011.
24. Wu C, Li J, Wang C, Song C, Chen Y, Finka M, La Rosa D. 2019. Understanding the relationship between urban blue infrastructure and land surface temperature. *Science of The Total Environment*, 694: 133742. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133742.
25. Xunqiang M, Chen C, Fuqun Z, Hongyuan L. 2011. Study on temporal and spatial variation of the urban heat island based on Landsat TM/ETM⁺ in central city and Binhai New Area of Tianjin. In: 2011 International Conference on Multimedia Technology. IEEE, pp 4616-4622. https://doi.org/4610.1109/ICMT.2011.6003213.
26. 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. doi:https://doi.org/10.5194/se-7-1551-2016.
27. Zhang F, Tiyip T, Kung H, Johnson VC, Maimaitiyiming M, Zhou M, Wang J. 2016. Dynamics of land surface temperature (LST) in response to land use and land cover (LULC) changes in the Weigan and Kuqa river oasis, Xinjiang, China. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(7): 499. doi:https://doi.org/10.1007/s12517-016-2521-8.



Original
paper

Iran

Assessing the relationship between land surface temperature with vegetation and water area change in Arsanjan county,

Ali Ebrahimi, Baharak Motamedvaziri, Seyed Mohammad Jafar Nazemosadat, Hassan Ahmadi

Received: 12 June 2020 / Accepted: 8 October 2020

Available online 1 December 2020

Abstract

Background and Objective Land cover and soil moisture changes have a significant impact on land surface temperature (LST). Therefore, LST can be used to study land cover and desertification changes. Arsanjan County, which is located in the northeast of Fars province, has a relatively good forest and rangeland. Unfortunately, excessive harvesting of the groundwater resources and also reduced precipitation in this area caused to decrease water levels and dried up many wells in this area during recent years. So the area of the farmland and Bakhtegan Lake has decreased in this region during the last decades. However, so far, the condition of the LST and its relationship with land cover changes has not been assessed in Arsanjan County. In this study, spatial-temporal changes of LST and its relationship with vegetation and the water area of Bakhtegan Lake have been studied.

Materials and Methods The eleven images related to Level-1 data of Landsat satellite was taken from 2003 to 2018. Since the vegetation situation in the study area is in the best vegetation and water area condition in April and May, so the images related to these months were selected to check the fluctuation of vegetation cover and water level of Bakhtegan Lake. The data pre-processing was performed in three sections: geometric, radiometric and atmospheric correction by ENVI software. The FLAASH algorithm, which is one of the best methods of atmospheric correction, was applied for atmospheric correction. In this study, NDVI was used to estimate the amount of vegetation. The Planck algorithm method was applied to calculate the LST. The change detection process was done using the index differencing method. To classify the LST map and the temporal-spatial changes, the LST difference map was normalized. Then, the normalized image was categorized using the standard deviation parameter in five temperature classes.

Results and Discussion In the present study, 11 Landsat images were examined to investigate the spatial-temporal changes in land coverage and LST and the relationship between these two parameters from 2003 to 2018. The NDVI mean value was 0.25 in 2003, which decreased to 0.18 in 2018. On the other hand, the LST mean value had an upward trend as it increased from 29°C in 2003 to 41.7°C in 2018.

The NDVI mean value was 0.66 in the farmland in 2003, however, its value reached to 0.33 in 2018. In contrast, LST mean value increased in the farmland from 20.9°C in 2003 to 39.5.5°C in 2018. Also, the

A. Ebrahimi¹, B. Motamedvaziri², S.M.J. Nazemosadat³, H. Ahmadi⁴

1. PhD Student of Watershed Management Science and Engineering, Department of Forest, Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Forest, Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
3. Professor, Atmospheric & Oceanic Research Center, Department of Water Engineering, University of Shiraz, Iran
4. Professor, Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

e-mail: bm vaziri@gmail.com

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1399.11.4.4.4>

LST mean value in the lake area increased from 20.1°C in 2003 to 36.5 in 2018. Based on the results, the NDVI mean value in the rangeland and farmland decreased by 0.07 and 0.33, respectively, in 2018. However, due to the positive relationship between NDVI and LST in water-covered areas, the NDVI mean value increased by 0.39 in Bakhtegan Lake area in 2018. In contrast, the LST mean value in the rangeland, farmland and Bakhtegan Lake increased by 12.7°C, 18.6°C and 16.4°C, respectively, in 2018 compared to 2003. The results indicated a negative relationship between NDVI and LST ($R^2= 0.862$). The LST value decreases by increasing NDVI value in the vegetated area. In contrast, there was a positive correlation between NDVI and LST in salt-marshes and barren areas. According to the results, the highest negative correlation was obtained for the farmland, which was -0.94. The reason for this high correlation can be related to the high density of vegetation cover in agricultural areas. The low negative correlation between NDVI and LST in the rangeland indicates the low vegetation density in rangeland and forest area. In order to study the area of decrease or increase of LST in the farmland, rangeland and water classes, the LST difference map was classified to five categories including very low temperature, low temperature, medium temperature, high temperature and very high temperature. According to the result of LST classification, the highest area was related to the moderate temperature class in all land covers, so that the highest area of this temperature class was

associated with the rangeland by 86733 hectares. Since the vegetation density, especially in the farmland, had a significant decrease in 2018 compared to 2003, the area of high and very high-temperature classes increased in 2018, so that their area reached to 4625 ha and 7192 ha, respectively, in the farmland. Also, since the water area of the lake decreased in 2018 compared to 2003, the area of high and very high-temperature classes in these classes reached to 1824 ha and 3919 ha, respectively.

Conclusion According to the results, the NDVI mean value in 2018 decreased in the farmland and rangeland and increased in the Bakhtegan Lake area. In contrast, the LST increased in the mentioned areas. The results of the LST classification showed that the highest amount of LST change is related to the moderate temperature class. Since the vegetation density, especially in the agricultural area, had a significant decrease in 2018 compared to 2003, the results showed that the area of high and very high temperatures had a higher increase than low and very low temperatures. Also, since the lake's water level decreased in 2018 compared to 2003, the area of high and very high temperatures in these classes increased. The findings show that there is a negative correlation between vegetation and land surface temperatures.

Keywords: Normalized difference vegetation index (NDVI), Land surface temperature (LST), Landsat, Arsanjan, Bakhtegan