



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"

دوره هفتم، شماره پانزدهم

<http://pec.gonbad.ac.ir>

بارزسازی اهمیت متغیر پوشش گیاهی بر روی دمای سطح زمین توزیع شده در کاربری/پوشش های مختلف محدوده شهر جوانرود

پیمان کرمی^۱، کامران شایسته^{۲*} و مینا اسماعیلی^۳

^۱ دانشجوی دکتری محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

^۲ استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۵

چکیده

در مدل های محیطی، گیاهان به عنوان بخشی مهم برای کنترل تغییرات محیط زیست در نظر گرفته می شوند. به منظور تبیین اهمیت پوشش گیاهی بر روی دمای سطح زمین (LST)، پیش پردازش های اولیه بر روی تصویر لندست ۸ انجام گرفتو از روش پنجره مجزا برای تعیین دمای سطح استفاده شد. اختلاف دما با ایستگاه های سینوپتیک پیرامونی حدود ۲/۵ درجه محاسبه گردید؛ که تأیید کننده دقت دمای محاسباتی بود. علاوه بر شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI)، از متغیرهای دیگر مانند شاخص نمناکی (NDWI)، ارتفاع، جهت شیب، کاربری/پوشش و شاخص بار گرمایی (HLI) به منظور بارز سازی اثر پوشش گیاهی بر روی دما استفاده شد. نقشه کاربری/پوشش محدوده شهر با استفاده از ۷ طبقه نمونه تعلیمی به روش طبقه بندی شبکه عصبی (MLP) به دست آمد. شاخص کاپای کلی ۰/۸۲ محاسبه گردید. سپس نقاطی به صورت تصادفی به روش نمونه گیری طبقه ای به تفکیک ۷ طبقه کاربری/پوشش استخراج و به دو دسته آزمون و آموزش تقسیم شدند. مقادیر متغیرهای ذکر شده به ازای این نقاط استخراج و از رگرسیون جنگل تصادفی برای بررسی اثر آن ها بر دمای سطح استفاده شد. کارایی مدل با

*نویسنده مسئول ka_shayesteh@yahoo.com

استفاده از معیارهای میانگین قدر مطلق خطا (MAE)، میانگین مجذور خطا (MSE) و میانگین مجذور مربعات خطا (RMSE) ارزیابی و تأیید شد. بر اساس حساسیت سنجی به روش میانگین کاهش دقت، شاخص تراکم پوشش گیاهی، جهت شیب و رطوبت به بیشترین تأثیر را بر روی توزیع دمای سطح داشتند. بیشترین دمای سطح با ۲۹ درجه سانتی گراد برای مراتع بدون پوشش و کمترین آن با اندازه ۲۵ درجه سانتی گراد مربوط به مناطق انسان ساخت شامل شهر جوانرود و روستاهای پیرامونی بود. نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص تراکم پوشش گیاهی نقش بسیار مهمی در روند تغییرات دمای سطح زمین دارد.

واژگان کلیدی: پوشش گیاهی، پنجره مجزا، شاخص نمناکی، رگرسیون جنگل تصادفی، جوانرود

مقدمه

در طول نیم قرن گذشته، سطح زمین دستخوش تغییرات فراوان ناشی از فعالیت‌های انسانی از طریق جنگل‌زدایی و توسعه شهرها شده است (مجرد و همکاران، ۱۳۹۷). بازخوردهای فقر پوشش گیاهی بر روی سطح خاک، میزان آلوده، افزایش درجه حرارت سطح خاک است (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۷). کاهش پوشش گیاهی به نوبه خود موجب تغییر در میزان آلوده و در نتیجه کاهش بازتابش خالص سطح خاک می‌شود. دمای سطح زمین در هر محدوده‌ای به خصوصیات مواد تشکیل دهنده آن و بازتابش انرژی خورشید وابسته است (Villegas et al. 2010). بر این اساس، یکی از علل تغییر دمای هوا در میکروکلیمای هر محل، تغییر در کاربری و پوشش گیاهی سطح زمین است (Kurc and small, 2007).

دمای سطح زمین^۱ (LST) یکی از پارامترهای کلیدی برای کنترل و ارزیابی فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی سطح زمین و یک عامل مهم برای مطالعه آب و هوا در مناطق شهری محسوب می‌شود (Mackey et al., 2012). دمای سطح زمین از مهم‌ترین فاکتورهای است که می‌تواند به محققان در تحلیل‌های مرتبط با علوم محیطی کمک کند. با توجه به اینکه اندازه‌گیری دمای سطح زمین به صورت نقطه‌ای است و اصولاً نمی‌شود آن را با سنجش‌های زمینی در سطوح وسیع به دست آورد تصاویر ماهواره‌ای ابزاری مناسب برای استخراج دمای سطح محسوب می‌شوند (رمضانی خوجین و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین این شاخص نقش مهمی در مطالعه مدل‌های تعادل انرژی در سطح زمین و فعل انفعالات بین زمین و سطح جو دارد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۵). آگاهی از میزان LST کمک شایان توجهی به طیف وسیعی از مسائل مرتبط با علوم زمین نظیر اقلیم شهری، تغییرات جهانی محیط و بررسی تعاملات انسانی خواهد نمود

¹Land Surface Temperature

(Mallick et al., 2008). با استفاده از اطلاعات دورسنجی و به کمک باندهای دمایی مادون قرمز^۲ (TIR) امکان دسترسی به دمای سطح زمین وجود دارد (Coll et al., 2003). تمامی مواد در درجه حرارت بالاتر از صفر مطلق امواج الکترو مغناطیسی ساطع می کنند. میزان انرژی ساطع شده از هر ماده تابعی از دمای سطح ماده است (دشتکیان و همکاران، ۱۳۸۵).

در مدل های محیطی گیاهان به عنوان بخشی مهم برای کنترل محیط زیست در نظر گرفته می شوند (کرمی راد و همکاران، ۱۳۹۶). درختان علاوه بر اینکه می توانند از طریق پاکیزه کردن هوا یا کاهش سطح آلودگی و ایجاد ثبات در خاک برای محیط زیست مؤثر واقع شوند، می توانند صرفه های اقتصادی وسیعی را شامل شوند (Jamei et al., 2016). شاخص NDVI^۳ بر پایه این حقیقت که کلروفیل موجود در ساختار گیاه قادر است نور قرمز را جذب و لایه مزوفیل برگ نور مادون قرمز نزدیک را منعکس می سازد استوار است (محمد یاری و همکاران، ۱۳۹۳). این شاخص به بیشترین مقدار جهت شناسایی رابطه دمای سطح زمین و پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است (Deng et al., 2018; Malik et al., 2019; Siddique et al., 2019).

مطالعات فراوانی توسط محققان داخل و خارج کشور پیرامون بررسی ارتباط بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین انجام گرفته است که در ادامه به برخی از آن ها اشاره می شود. احمدی و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه ای به بررسی رابطه کاربری/ پوشش اراضی با دمای سطح زمین در محدوده شهر اردبیل پرداختند. در این مطالعه از تصویر ماهواره لندست TM در سال ۲۰۱۰ استفاده شد. از باند حرارتی تصویر برای تبدیل اعداد رقومی به رادیانس و از رادیانس به دمای درخشندگی استفاده شد در مرحله بعدی از شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI) برای محاسبه گسیل مندی استفاده شد. بر اساس نتایج کمترین دمای مشاهده شده در محدوده نواحی پوشیده از آب بوده و بیشترین دمای مشاهده مربوط به مراتع بوده است. ولیزاده کامران و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی دمای سطح شهر و جزیره حرارتی در شهر زنجان پرداختند در این مطالعه از تصاویر لندست ۸ و پنجره مجزا برای محاسبه دمای سطح استفاده شد. بر اساس نتایج مهم ترین عامل ایجاد جزیره حرارتی شیب، جهت شیب و پوشش گیاهی می باشند. کاییت و همکاران (Kayet et al., 2016) به مطالعه و بررسی تأثیر تغییرات پوشش زمین (LST) بر روی دمای سطح آن در محدوده جنگل های جارکند هند پرداختند. در این مطالعه تصاویر ماهواره لندست TM و ETM در ۳ بازه زمانی

^۲Thermal infrared

^۳Normalized Difference Vegetation Index

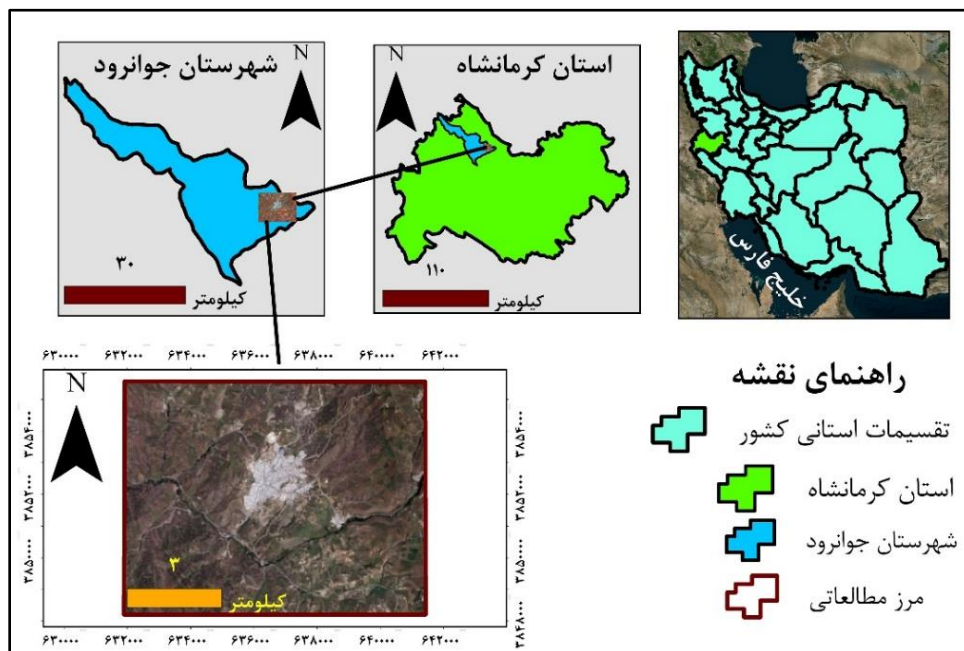
۱۹۹۴، ۲۰۰۴ و ۲۰۱۴ مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که دما در کاربری‌های مختلف سطح زمین به صورت معناداری متفاوت است. بر اساس نتایج رشد سریع فعالیت‌های انسانی منطقه مانند معدن‌کاوی بر روی پوشش گیاهی اثری منفی داشته است. در مطالعه‌ی دیگرها (Hereher, 2017) به بررسی اثرات تغییرات پوشش زمین بر دمای سطحی در دلتای رود نیل در مصر پرداخت در این مطالعه از تصاویر سنجنده TREEA ماهواره مودیس برای استخراج شاخص تراکم پوشش گیاهی و از تصاویر سنجنده Aqua ماهواره مودیس برای استخراج دمای سطح زمین استفاده شد. سپس شاخص‌های مذکور با استفاده از تحلیل‌های سری زمانی مورد بررسی و کاوش قرار گرفتند. نتایج نشان داد که محدوده مورد مطالعه تغییرات کاربری اراضی را تجربه کرده و تغییرات از کاربری به کشاورزی منجر به افزایش دمای به اندازه ۱/۷ درجه سانتی‌گراد شده همچنین بر اساس نتایج توزیع دمای سطح زمین در طبقات مختلف کاربری یکسان نبوده و به پارامترهای زیادی وابسته است. تحلیل ارتباط بین دمای سطح زمین و متغیرهای تأثیرگذار بر روی آن می‌تواند در راستای مدیریت صحیح بوم‌سازگان به کار گرفته شود. شهر جوانرود با توجه به موقعیت قرارگیری خود نسبت به جنگل‌های متراکم بلوط زاگرس، مراتع و همچنین وجود کاربری‌های مختلف کشاورزی از دیم تا آبی یکی از شهرهای مهم استان کرمانشاه محسوب می‌شود. هدف اصلی این مطالعه بارزسازی اثر پوشش گیاهی بر روی آن دمای سطح زمین در کاربری/پوشش‌های مختلف محدوده شهر جوانرود است.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

شهرستان جوانرود در بین طول‌های شرقی $45^{\circ}55'17''$ تا $46^{\circ}34'27''$ و همچنین عرض‌های شمالی $34^{\circ}45'11''$ تا $35^{\circ}54'42''$ شمالی با ارتفاع ۱۲۸۰ متر از سطح دریا قرار دارد. این شهرستان از شمال و شمال شرق به شهرستان روانسر، از جنوب به شهرستان دالاهو و از غرب با شهرستان ثلاث باباجانی و کشور عراق هم مرز است. محدوده مورد مطالعه در این بررسی با موقعیت $46^{\circ}29'38''$ طول شرقی و $34^{\circ}48'05''$ عرض شمالی پیرامون شهر جوانرود قرار گرفته است (شکل ۱). شهر جوانرود در ۷۹ کیلومتری شمال غربی استان کرمانشاه قرار گرفته، در قسمت‌های جنوبی شهر مراتع و در سمت جنوب غربی شهر جنگل‌های بلوط زاگرس قرار دارند. شهرستان جوانرود از نظر توریستی و اکوتوریسم دارای چشم اندازهای بکر و جذاب از جمله رودخانه‌های فصلی و دائمی مانند سفید برگو رود لیل، مناطق کوهستانی و بکر شاهو و ریزه و

دهتوت، پوشش گیاهی پراکنده و انبوه که با پوشش مرتعی و اراضی کشاورزی به شیوه‌ای منحصر به فرد در هم آمیخته می‌باشد (ارغندی و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه

محاسبه دمای سطح (LST)

در این مطالعه از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ به تاریخ ۲۰۱۸/۰۵/۳۰ استفاده شد. پس از دریافت تصویر پیش پردازش‌های اولیه شامل تصحیحات هندسی^۴ و اتمسفری^۵ به روش‌های کاهش تیرگی پدیده^۶ و توابع چند جمله‌ای^۷ بر روی تصویر انجام گرفت. پس از انجام تصحیحات، دمای سطح زمین به روش پنجره مجزا^۸

⁴ Geometric Correction

⁵ Atmospheric correction

⁶ Dark subtract

⁷ Polynomial

محاسبه شد. از مزایای این روش می‌توان به عدم نیاز به پروفیل اتمسفری دقیق و همچنین کارآمدی روش برای تمام سنسورها اشاره کرد (ولیزاده‌کامران و همکاران، ۱۳۹۶). محاسبه دمای سطح زمین در ۶ گام شامل محاسبه شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI)، برآورد کسری پوشش گیاهی^۹، برآورد قابلیت انتشار^{۱۰}، برآورد دمای روشنایی ماهواره^{۱۱}، برآورد ستون بخار آب و الگوریتم پنجره مجزا انجام گرفت. با توجه به در دسترس نبودن ضرایب پایگاه برای لندست ۸ ضرایب C از طریق شبیه سازی با اعداد مختلف (García-Haro et al., 2005) از شرایط اتمسفر (فیضی زاده و همکاران، ۱۳۹۴) به شرح جدول (۱) محاسبه گردید.

جدول ۱- ضرایب الگوریتم پنجره متحرک

ضرایب ثابت‌ها	C۰	C۱	C۲	C۳	C۴	C۵	C۶
ارزش‌ها	-۰/۲۶۸	۱/۳۷۸	۰/۱۸۳	۵۴/۳	-۲/۲۳۸	-۱۲۹/۲	۱۶/۴

ارزیابی الگوریتم پنجره مجزا

به منظور مقایسه دمای محاسبه شده حاصل از برداشت تصویر با دمای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های سینوپتیک‌های پیرامون، ساعت اخذ تصویر از اطلاعات داخل MTL فایل تصویر برابر ۷ و ۲۵ دقیقه قرائت گردید؛ اما از آنجاکه ساعت اخذ تصویر بر مبنای ساعت استاندارد جهانی (گرینویچ) است و با توجه به اینکه تاریخ دریافت تصویر در نیمه اول سال بود با اعمال ساعت تابستانی بر روی ساعت برداشت زمینی، ساعت برداشت تصویر به وقت محلی برابر ۱۱ و ۵۵ دقیقه خواهد بود. سپس دمای ایستگاه‌های پیرامون با استفاده از داده‌های بر خط سازمان هواشناسی کشور برای چهار ایستگاه کرمانشاه، جواهرود، روانسر و سرارود کرمانشاه تهیه گردید، و با دمای محاسبه شده برای ایستگاه مقایسه شد.

متغیرهای تأثیرگذار بر دمای سطح

شاخص نمناکی^{۱۲} (NDWI) و تراکم پوشش گیاهی (NDVI) از طریق تفاضل باندهای تصویر استخراج گردیدند. مقدار NDVI بین ۱+ تا ۱- در نوسان است. مقادیر ۰/۱-۰/۵ مناطق گیاهی تنک، ۰/۱-۰/۵

⁸ Spilt Windows

⁹ Fraction of Vegetation Cover

¹⁰ Emissivity

¹¹ Brightness Temperature

¹² Normalized Difference Water Index

مناطق گیاهی معمولی و مقادیر بیش از ۰/۴۸ مناطقی با پوشش گیاهی بسیار متراکم و غنی را نمایش می‌دهد آب و برف و یخ نیز دارای مقادیر کمتر از ۰/۵ بیانگر خاک هستند در این شاخص ابرهای دارای مقادیر حول و حوش صفر هستند (مختاری و همکاران، ۱۳۸۸). شاخص NDWI برای به حداکثر رساندن بازتاب آب با استفاده از طول موج سبز، به حداقل رساندن بازتاب کم NIR با ویژگی‌های آب و بازتاب بالای NIR توسط ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک طراحی شده است (خسروی‌ان و همکاران، ۱۳۹۶) این شاخص دارای دامنه نوسان بین ۱+ تا ۱- است و مقادیر بالای این شاخص محتوای آب نیز افزایش می‌یابد (MaFeeters, 1996). با مرور منابع و مطالعات پیشین (رمضانی خوجین و همکاران، ۱۳۹۴؛ ولیزاده کامران و همکاران، ۱۳۹۶؛ انتظاری و همکاران، ۱۳۹۵) از متغیرهای مدل رقومی ارتفاعی، جهت شیب و شاخص بارگرمایی^{۱۳} در کنار شاخص‌های NDVI و NDWI به عنوان متغیرهای تأثیرگذار بر دمای سطح استفاده شد. بار گرمایی دریافتی جهت جغرافیایی با استفاده از رابطه ۱ به بار گرمایی تبدیل می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۳):

$$\text{رابطه ۱} \quad [1 - \cos(\theta - 45)]/2$$

که مقدار θ آزیموت جهت برحسب درجه است مقدار شاخص بار گرمایی بین صفر تا یک بوده و جهت شمال شرقی دارای مقدار صفر (خنک‌ترین دامنه) و جهت جنوب غربی دارای مقدار یک (گرم‌ترین دامنه) است (McCune and Keon, 2002). تمام متغیرها در ابعاد ۳۰×۳۰ متر آماده شدند.

به منظور استخراج نقشه کاربری/پوشش اراضی ابتدا با استفاده از تصاویر رنگی کاذب^{۱۴} و واقعی^{۱۵} و همچنین بازدیدهای میدانی محدوده مورد مطالعه نمونه‌های تعلیمی شناسایی شدند. به کمک سامانه موقعیت‌یاب جهانی^{۱۶} ۷ طبقه شامل زمین بدون پوشش (لخت)، نواحی انسان ساخت (شهر و روستا)، مراتع بدون پوشش، مراتع با پوشش گیاهی کم، جنگل، کشاورزی (باغات و زیر کشت) و کشاورزی دیم رقومی سازی شدند. از نمونه‌های تعلیمی و روش شبکه عصب مصنوعی پرسپترون چندلایه^{۱۷} برای تهیه نقشه کاربری/پوشش استفاده شد. بررسی صحت طبقه‌بندی انجام گرفته با استفاده از شاخص توافق کاپا انجام

¹³ Heat Load Index

¹⁴ False color composite

¹⁵ True Color Composite

¹⁶ Global Position system

¹⁷ Multi- Layer Perceptron

شد. پردازش‌های ذکر شده در نرم افزار Envi5.3، ادریسی و ArcGIS انجام گرفت. استخراج دمای میانگین، حداقل و حداکثر متناسب با طبقات مختلف کاربری/پوشش اراضی با استفاده از آنالیزهای ناحیه‌ای^{۱۸} در محیط نرم افزار ArcGIS10.2 انجام گرفت. جدول (۲) شاخص‌های مورد استفاده دامنه تغییر و منبع تهیه را نمایش می‌دهد.

جدول ۲- شاخص‌های مورد استفاده

نام متغیر	روش تهیه	دامنه تغییر	منبع
دمای سطح زمین	پنجره مجزا	۳۵-۱۹	Landsat8
شاخص نمناکی	تفاضل باندی	۰/۰۷- تا ۰/۰۶-	Landsat8
شاخص تراکم پوشش گیاهی	تفاضل باندی	۰/۰-۵۵/۶۹	Landsat8
مدل رقومی ارتفاع	ماهواره استر	۱۷۲۹-۱۱۶۲	USGS
جهت	ArcGIS	۹-۱	Dem
شاخص بار گرمایی	با استفاده از مدل رقومی	۰/۴۲- ۱/۱۱	Dem

رگرسیون جنگل تصادفی

جنگل تصادفی یک الگوریتم یادگیری ماشین با قابلیت استفاده ساده است که هم برای طبقه‌بندی کردن^{۱۹} و هم رگرسیون^{۲۰} مورد استفاده قرار می‌گیرد. رویکرد جنگل تصادفی مبتنی بر روش جدید ترکیب اطلاعات است که در آن تعداد زیادی درخت تصمیم ایجاد گردیده، سپس تمام درختان با هم برای پیش بینی ترکیب می‌شوند (جعفریان و کارگر، ۱۳۹۶). پارامترهای کلیدی برای مدل جنگل تصادفی، تعداد درختان و تعداد متغیرهای پیش‌گو است و بر اساس این دو پارامتر درخت تصمیم به بزرگ‌ترین اندازه ممکن رویانده و بدون هرس رها می‌شود (جعفریان و کارگر، ۱۳۹۶؛ Rodriguez-Galiano et al., 2012).

به منظور بررسی اثر متغیرهای ذکر شده بر روی دمای سطح زمین از روش رگرسیون جنگل تصادفی استفاده شد. به این منظور ابتدا با استفاده از روش نمونه‌گیری طبقه‌ای به صورت تصادفی در هر طبقه از کاربری/پوشش ۱۰۰ نمونه تهیه گردید. اکثر محققین نمونه‌های آموزشی و آزمایشی را با یکی از قاعده‌های ۹۰٪ در برابر ۱۰٪، ۸۰٪ در برابر ۲۰٪ و یا ۷۰٪ در برابر ۳۰٪ انتخاب می‌کنند (ابراهیمی، ۱۳۹۱). پس از

¹⁸ Zonal Statistics

¹⁹ Classification

²⁰ Regression

انتخاب تعداد نمونه‌ها با استفاده از توابع موجود در نرم افزار QGIS نقاط به صورت تصادفی به آموزش (۷۰٪) و آزمون (۳۰٪) تقسیم شدند. مقادیر پیکسلی مربوط به نقشه‌های ذکر شده در جدول (۲) به عنوان متغیر مستقل و دمای سطح زمین به عنوان متغیر وابسته به ازای تمام نقاط استخراج شدند. اجرای روش رگرسیون جنگل تصادفی در نرم افزار R.3.5.2 انجام گرفت.

ارزیابی مدل جنگل تصادفی

بررسی قدرت پیش بینی مدل با استفاده از معیارهای مختلف ارزیابی مانند میانگین قدر مطلق خطا^{۲۱} (MAE)، میانگین مجذور خطا^{۲۲} (MSE)، میانگین مجذور مربعات^{۲۳} (RMSE) انجام گرفت. معیار MSE هر اندازه کوچک‌تر باشد به معنای درستی بیشتر و خطای کل کمتر می‌شود (نواب پور و همکاران، ۱۳۹۳). مقادیر کم از پارامترهای میانگین مجذور خطا و میانگین مجذور مربعات بیانگر کارایی مدل است (جهانی لمر و همکاران، ۱۳۹۳).

نتایج

جدول ۳ نتایج حاصل از ارزیابی صحت کلی خطا را در طبقه‌بندی تصویر نمایش می‌دهد. کاپای کلی در این طبقه‌بندی برابر ۰/۸۲ محاسبه گردید. شکل ۲ نتایج حاصل از پردازش‌های باندی بر روی تصاویر و همچنین متغیرهای تأثیرگذار نمایش می‌دهد. بر اساس نتایج بیشترین شاخص بار گرمایی دریافتی در قسمت‌های جنوبی غربی مرز مطالعاتی قرار دارد و بیشترین دمای محاسبه شده نیز در قسمت شمال غربی محدوده است. شکل ۳ نقشه کاربری اراضی در محدوده مورد مطالعه نمایش داده شده است.

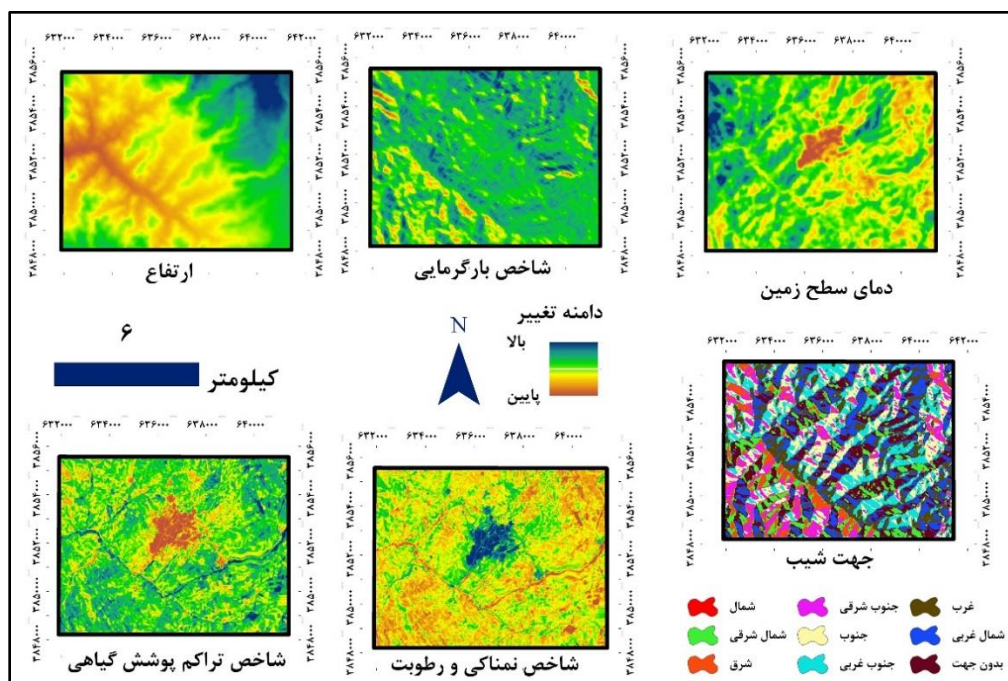
²¹Mean Absolute Error

²² Mean Squared Error

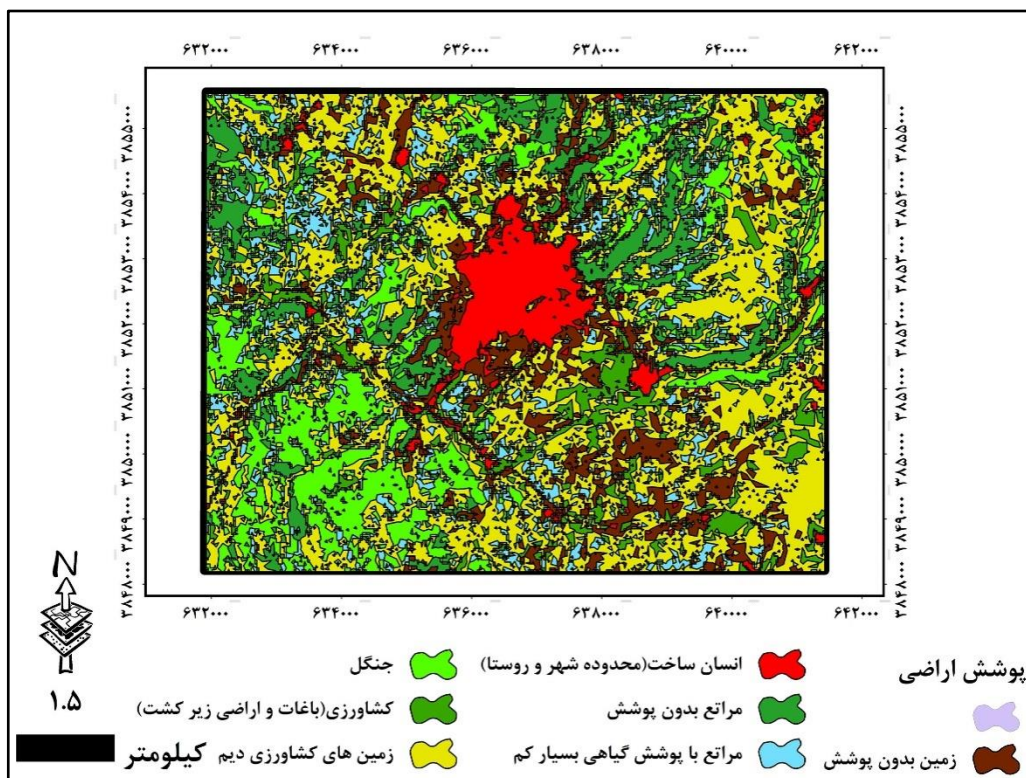
²³ Root Mean Squared Error

جدول ۳- ارزیابی صحت طبقه‌بندی در کاربری/پوشش‌های مختلف

ردیف	کاربری/پوشش	شاخص کاپا
۱	زمین بدون پوشش (لخت)	۰/۶۸
۲	مناطق انسان ساخت (شهر و روستا)	۰/۷۸
۳	مراتع بدون پوشش	۰/۷۰
۴	مراتع با تراکم پوشش بسیار کم	۰/۸۵
۵	جنگل	۰/۸۲
۶	کشاورزی (زیر کشت و باغات)	۰/۹۳
۷	اراضی دیم	۰/۸۴



شکل ۲- شاخص‌های مورد استفاده در مدل‌سازی



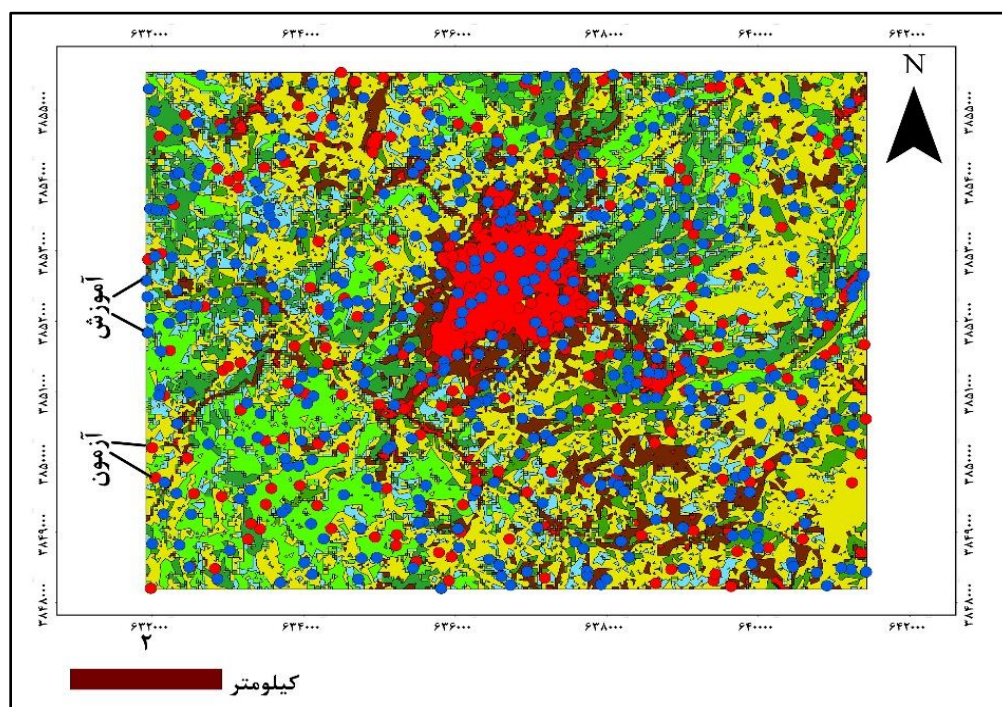
شکل ۳- نقشه طبقات کاربری اراضی در محدوده مورد مطالعه

جدول ۴ اطلاعات محاسبه شده برای دمای در ایستگاه‌های سینوپتیک پیرامون منطقه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد. بر اساس نتایج دمای اندازه‌گیری شده توسط الگوریتم مورد استفاده با مقادیر اندازه‌گیری شده توسط ایستگاه‌های سینوپتیک تفاوت زیادی ندارد که این امر نشان از قدرت بالای روش پنجره مجزا در تعیین دمای سطح است.

جدول ۴- مقایسه دمای اندازه‌گیری شده با دمای سطح زمین

نام ایستگاه	طول جغرافیای	عرض جغرافیایی	دمای سطح زمین	ایستگاه هواشناسی
جوانرود	۵۰°۴۶	۸۰°۳۴	۲۴/۴۳	۲۶/۸۰
روانسر	۶۵°۴۶	۷۱°۳۴	۲۳/۴۱	۲۴/۶
کرمانشاه	۱۵°۴۷	۳۵°۳۴	۳۱/۶۸	۲۹/۲
سرارود-کرمانشاه	۳۰°۴۷	۳۳°۳۴	۲۸/۶۱	۳۰/۲

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی و معیارهای ذکر شده در شکل ۲ نمونه‌های برای ارزیابی دمای سطح زمین در کاربری/پوشش‌های مختلف تهیه شدند این نمونه‌ها شامل داده‌های آزمون و آموزش است. شکل ۵ موقعیت توزیع نقاط آموزش و آزمون را در طبقات مختلف کاربری نمایش می‌دهد.



شکل ۵- توزیع نقاط آزمون و آموزش در نقشه کاربری/پوشش اراضی

پس از انتخاب نمونه‌ها و استخراج مقادیر مربوط به دما و متغیرهای تأثیرگذار به ازای نقاط انتخاب شده داده‌ها برای آزمون وارد رگرسیون جنگل تصادفی شدند. جدول ۵ نتایج حاصل از برازش مدل رگرسیونی جنگل تصادفی را نمایش می‌دهد. میانگین قدر مطلق خطا در این مطالعه برابر $0/25$ محاسبه گردید. این مقدار هر اندازه به 0 نزدیک‌تر باشد مناسب‌تر است. میانگین مجذور خطاب نیز برابر $0/32$ اندازه‌گیری شد. مقادیر پایین پارامترهای ارزیابی مدل نشان از کارایی مناسب مدل مورد استفاده دارد.

جدول ۵- ضرایب توافق رگرسیونی در جنگل تصادفی

ردیف	ضریب	مقدار آماره
۱	میانگین قدر مطلق خطا	$0/25$
۲	میانگین مجذور خطا	$0/74$
۳	میانگین مجذور مربعات خطا	$0/32$

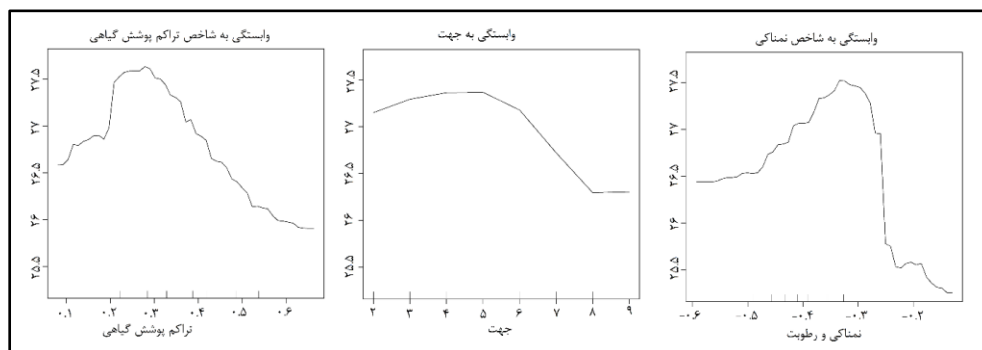
بررسی اهمیت متغیرهای تأثیرگذار بر روی دمای سطح زمین در جدول ۶ نشان داد که به ترتیب متغیرهای شاخص تراکم پوشش گیاهی، جهت شیب و شاخص نمناکی بیشترین تأثیر را بر روی دمای سطح زمین داشته‌اند. به نحوی که با حذف متغیر شاخص تراکم پوشش گیاهی مقدار دقت به میزان $56/4$ درصد کاهش پیدا می‌کند. این مقدار برای پارامتر شیب برابر $55/3$ است. در این بین شاخص بار گرمایی کمترین تأثیر را در توزیع دما داشت.

جدول ۶- اثر متغیرهای تأثیرگذار بر روی مدل با استفاده از روش میانگین کاهش دقت

ردیف	متغیر	میانگین کاهش دقت برحسب درصد
۱	شاخص تراکم پوشش گیاهی	$56/4$
۲	جهت شیب	$55/3$
۳	شاخص نمناکی	$52/8$
۴	کاربری اراضی	$45/4$
۵	ارتفاع	$42/3$
۶	شاخص بار گرمایی	$20/2$

شکل ۶ منحنی پاسخ به تغییرات دما را در ۳ متغیر اول نمایش می‌دهد. بر این اساس با افزایش مقدار تراکم پوشش گیاهی تا مقدار $0/3$ بر میزان دمای سطحی اضافه می‌شود سپس از این مقدار به بعد از مطلوبیت

کاسته خواهد شد. نتایج پاسخ به تغییرات منحنی جهت نشان داد که دمای سطح زمین در جهت شماره ۵ به بیشترین مقدار خود می‌رسد. این تغییرات برای منحنی رطوبت تا ۰/۳- اندازه‌گیری شده است.



شکل ۶- منحنی پاسخ متغیرهای تأثیرگذار بر روی دمای سطح زمین

مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین هر پارامتر مورد استفاده در مدل در جدول (۷) ذکر شده است. متوسط شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI) در بین کاربری‌های مختلف نشان داد که بیشترین مقدار تراکم پوشش گیاهی در کاربری کشاورزی قرار دارد. این کاربری شامل باغات و زمین‌های زیر کشت است. پس از آن بیشترین مقدار تراکم پوشش مربوط به جنگل‌های منطقه است. بیشترین و کمترین دما سطح زمین مربوط به زمین بدون پوشش و مناطق انسان ساخت مانند شهر جواهرود و روستاهای پیرامون آن است.

جدول ۷- توزیع پارامترهای محیطی در طبقات مختلف کاربری و پوشش اراضی

بار گرمایی (HLI)			ارتفاع			NDWI			دمای سطح زمین (LST)			NDVI			
میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	
۰/۸۹	۱/۱۱	۰/۶۲	۱۳۸۰	۱۳۷۹	۱۱۸۰	-۰/۳۶	-۰/۱۲	-۰/۵۹	۲۷/۶	۳۳/۳	۲۱/۴	۰/۳۳	۰/۶۵	۰/۰۸	زمین لخت
۰/۸۸	۱/۰۸	۰/۶۴	۱۳۴۳	۱۷۱۶	۱۱۶۳	-۰/۲۴	-۰/۰۷	-۰/۶۰	۲۴/۳	۳۲/۶	۱۹/۲	۰/۲۰	۰/۶۶	۰/۰۵	انسان ساخت
۰/۹۱	۱/۱۱	۰/۴۳	۱۴۰۰	۱۷۲۴	۱۱۶۹	-۰/۳۶	-۰/۱۳	-۰/۵۷	۲۹/۰۲	۳۵/۳	۶/۲۲	۰/۳۴	۰/۶۳	۰/۱۲	مراتع بدون پوشش
۰/۹۰	۱/۰۶	۰/۵۷	۱۳۶۵	۱۶۶۸	۱۱۶۴	-۰/۳۹	-۰/۲۲	-۰/۵۵	۲۷/۸	۳۳/۵	۲۲/۵	۰/۳۹	۰/۶۲	۰/۱۸	مراتع با پوشش کم
۰/۸۴	۱/۱۱	۰/۴۲	۱۳۹۱	۱۷۱۲	۱۱۶۳	-۰/۴۳	-۰/۲۴	-۰/۵۷	۲۷/۱	۳۳/۵	۲۲/۵	۰/۴۵	۰/۶۴	۰/۲۰	جنگل
۰/۸۸	۱/۰۴	۰/۶۳	۱۳۶۴	۱۷۱۸	۱۱۶۲	-۰/۴۶	-۰/۱۸	-۰/۶۱	۲۵/۶	۳۲	۲۱/۹	۰/۴۹	۰/۶۹	۰/۱۴	کشاورزی
۰/۸۸	۱/۰۸	۰/۵۳	۱۳۹۹	۱۷۲۹	۱۱۶۲	-۰/۴۰	-۰/۱۶	-۰/۶۰	۲۷/۱	۳۴/۶	۲۱/۹	۰/۴۱	۰/۶۸	۰/۱۱	دیم

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج حاصل از حساسیت سنجی به روش میانگین کاهش دقت متغیرهای شاخص تراکم پوشش گیاهی، جهت شیب، شاخص نمناکی، کاربری و پوشش اراضی، ارتفاع در انتها شاخص بار گرمایی بر روی توزیع دمای سطح بیشتری تأثیر را داشته‌اند. در مطالعه‌ی که توسط ولیزاده کامران و همکاران (۱۳۹۶) پیرامون بررسی دمای سطح زمین در شهر زنجان نتایج نشان داد که متغیر شیب مهم‌ترین مؤلفه مؤثر بر روی تشکیل جزیره حرارتی در شهر زنجان است و به ترتیب متغیرهای جهت شیب، پوشش گیاهی و کاربری اراضی بیشترین تأثیر را دارند. در مطالعه‌ی که توسط اکبری و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی تأثیر پارامترهای جغرافیایی بر دمای سطح انجام گرفت. نتایج نشان داد که جهت شیب و شیب بر روی دمای سطح زمین تأثیر زیادی دارند. در مقایسه با نتایج یافته این محققان در این مطالعه جهت شیب به نسبت شاخص تراکم پوشش گیاهی اهمیت کمتری در برآورد دمای سطح داشت اما مقدار تفاوت حاصل از حذف این متغیر در مقابل با متغیر شاخص تراکم (جدول ۶) حاکی از نقش مهم و قدرتمند این متغیر در پیش بینی مقدار دمای سطح است؛ که با یافته‌های محققان ذکر شده هم خوانی دارد.

نتایج بررسی نشان داد با افزایش مقدار شاخص تراکم پوشش گیاهی تا مقدار $0/3$ بر دمای سطح زمین افزوده می‌شود سپس از این مقدار به بعد با افزایش این مقدار دمای کاهش پیدا کرده است. بر اساس طبقه‌بندی دامنه تغییرات NDVI برای تصاویر ماهواره لندست مقدار $0/3$ بیان‌کننده پهنه‌های از زمین است که دارای کمترین مقدار پوشش گیاهی و یا به عبارتی دارای پوشش گیاهی تنک می‌باشند. منحنی‌های پاسخ NDVI نشان می‌دهد که هر اندازه پوشش گیاهی بیشتری در سطح زمین دارای تراکم بیشتری باشد دمای سطح کاهش پیدا خواهد کرد. به عبارتی پوشش گیاهی نقش مهمی در کاهش دمای سطح زمین دارد. در مطالعه‌ی که توسط پاندا و جین (Panda and Jain, 2017) در پیرامون معادن نواموندی هندوستان انجام گرفت نیز نتایج حاکی از رابطه منفی بین شاخص تراکم پوشش گیاهی و دمای سطح زمین بود. در مطالعه ولیزاده کامران و همکاران (۱۳۹۶) نتایج مشابهی در خصوص ارتباط NDVI و LST حاصل شد. این یافته در مطالعه اکبری و همکاران (۱۳۹۴) در حوزه آبخیز طالقان نیز به دست آمد. این ارتباط نشان از کارایی شاخص NDVI جهت تحلیل LST دارد (Aggarwal and Misra, 2018).

پارامتر جهت شیب دومین متغیر تأثیرگذار بر روی مدل‌سازی رگرسیونی توزیع دما است. بر اساس نتایج جهت‌های شمال، شمال شرقی و شرق بیشترین دما را به نسبت سایر جهات جغرافیایی دارند. با افزایش

مقدار بار گرمایی از دمای سطح زمین کاسته شد به نحوی پهنه‌های با کمترین مقدار بار گرمایی بیشترین دما و بیشترین مقدار بار گرمایی کمترین دمای سطح را داشتند. انطباق میزان بار گرمایی با جهت‌های مختلف جغرافیایی نشان داد که بیشترین میزان بار گرمایی در جهت‌های جنوبی و غربی است اما بیشترین میزان دما در جهت‌های متفاوت از جهت‌های با حداکثر بار گرمایی رخ داده است. بررسی پارامتر کاربری اراضی نشان داد که کاربری‌های مراتع بدون پوشش بیشترین دمای دریافتی از سطح زمین را دارا است این مهم از بررسی توزیع میانگین دما در کاربری/پوشش‌های مختلف نیز حادث گردید (جدول ۶). این طبقه مناطقی را شامل می‌شوند که تراکم بسیار ناچیزی از پوشش گیاهی در آن وجود دارد. در مطالعه انجام شده توسط احمدی و همکاران (۱۳۹۴) در محدوده شهر اردبیل نتایج نشان داد که بیشترین دمای ثبت شده مربوط به دمای مراتع است که مطابق با یافته این مطالعه است.

کاربری‌های کشاورزی معمولاً به دلیل مجاورت به رودخانه‌ها و قرار گرفتن حاشیه آب دارای پوشش گیاهی متراکم‌تری هستند بخش مهمی از این تأثیر را می‌توان در ظرفیت گرمایی آب دانست (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴). از دیگر دلایل پایین بودن دمای سطح در کاربری کشاورزی می‌توان به رطوبت نسبی خاک اشاره کرد. شاخص نمناکی در این مطالعه بیانگر میزان رطوبت موجود در سطح زمین است که به شکل آب در بافت گیاه ذخیره شده است در این مطالعه بیشترین مقدار شاخص نمناکی مربوط به محدوده مناطق انسان ساخت بود. با افزایش میزان رطوبت تا مقدار $0/3$ - بر مقدار دمای سطح اضافه شد اما از این حد به بعد از دمای سطح کاسته می‌شود. به عبارتی افزایش رطوبت و مقدار آب موجود می‌تواند نقش مهمی در کاهش دما داشته باشد. همبستگی این شاخص با شاخص تراکم پوشش گیاهی نشان داد که این شاخص به مقدار $0/98$ - دارای رابطه معکوسی با شاخص تراکم پوشش گیاهی است. به این معنا که هر جایی دارای شاخص تراکم پوشش گیاهی بالای باشد لزوماً دارای رطوبت بالا نخواهد بود. در مطالعه‌ای که توسط کریمی فیروزجانی و کیاورز مقدم (۱۳۹۵) در شهرستان ساری انجام گرفت نتایج نشان داد که دمای سطح با شاخص تراکم پوشش گیاهی و رطوبت رابطه معکوس دارد.

در این مطالعه دمای محدوده مناطق مسکونی شامل شهر جوانرود و روستاهای پیرامون به نسبت سایر کاربری‌های موجود پایین‌تر است متوسط دمای ثبت‌شده برای این کاربری برابر 24 درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. این پایین بودن دما به نسبت سایر کاربری‌های پیرامون را می‌توان شکل و نحوه قرارگیری شهر جست جو کرد شهر جوانرود در بین کوه‌های اطراف احاطه شده است و همین پایین بودن ارتفاع می‌تواند نقش مهمی در کاهش دمای آن نسبت به سایر کاربری‌ها داشته باشد. در کنار موقعیت قرارگیری شهر

پارامترهای دیگری از قبیل توان تشعشعی پارامترهای مختلف داخل شهر نیز باید مورد توجه قرار گیرد. در مطالعه‌ی که توسط گو و همکاران (Guo et al., 2016) ارتباط دمای سطح زمین با مورفولوژی شهر بررسی انجام گرفت. نتایج نشان داد دمای سطح زمین در محیط شهری به وجود ساختمان‌های بلند و تراکم مناطق مسکونی است. در مطالعه احمدی و همکاران (۱۳۹۴) در محدوده شهر اردبیل خود شهر به نسبت سایر کاربری‌ها دارای دمای پایین‌تری که مشابه یافته‌های این تحقیق است. در مطالعه دیگر که توسط اکبری و همکاران (۱۳۹۴) در حوزه آبخیز طالقان انجام گرفت نتایج متفاوت بود و محدوده شهر دارای دمای بیشتری به نسبت سایر کاربری‌های پیرامون شهر بود. نتایج منحنی پاسخ ارتفاع نشان داد با افزایش ارتفاع از مقدار دمای سطحی کاسته می‌شود. در مطالعه‌ی که توسط حمزه و همکاران (۱۳۹۷) در خصوص بررسی تأثیر عامل پوشش گیاهی و توپوگرافی بر روی سطح زمین انجام گرفت نتایج نشان داد که با افزایش ارتفاع دما کاهش پیدا می‌کند؛ که همسو با یافته این مطالعه است. بیشترین دما در ارتفاع ۱۲۰۰ متر و کمترین دما در ارتفاع ۱۷۰۰ متر مشاهده شد. مناطق جنگلی محدوده مورد مطالعه با دمای حدود ۲۷ درجه دارای دمای سطح بالای بودند. در مطالعه قربان نیا خیبری و همکاران (۱۳۹۶) نیز نتایج نشان داد که متوسط دمای سطح زمین برای محدوده جنگلی با اختلاف چند درجه از مناطق شهری و مسکونی بیشتر است که مشابه یافته‌های این تحقیق است.

نتایج این تحلیل حاکی از ارتباط قوی و مؤثر شاخص تراکم پوشش گیاهی و دمای سطح زمین است، که بیشتر نیز توسط محققین تأیید گردیده است. گیاهان در حفظ سلامتی اکوسیستم طبیعی شرکت دارند. آن‌ها به تغییرات عناصر محیطی بسیار حساس هستند و پوشش گیاهی همیشه به عنوان یک شاخص مهم برای اندازه‌گیری شرایط محیط محلی و شناسایی تغییرات محیطی محسوب می‌شود (Yue et al., 2009). نتایج حاصل از این دست مطالعات و آگاهی از توزیع دمای در تراکم‌های مختلف پوشش گیاهی می‌تواند به عنوان ابزاری برای مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی و مصنوعی در نظر گرفته شود.

منابع

ابراهیمی، م. ۱۳۹۱. استفاده از رهیافت شبکه عصبی مصنوعی و سری زمانی در پیش بینی میزان مصرف انرژی الکترونیکی در بخش کشاورزی. فصلنامه تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۴(۱): ۲۷-۴۲.

- احمدی، ب.، قربانی، ا.، صفرزاد، ط.، سبحانی، و. ۱۳۹۴. بررسی دمای سطح زمین در رابطه با کاربری و پوشش اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور. فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶(۱): ۶۱-۷۷.
- احمدی، ک.، علوی، س.ج.، طبری کوچک سرایی، م. ۱۳۹۳. ارزیابی توان تولید رویشگاه راش شرقی (*Fagus orientalis* L.) با استفاده از مدل جمعی تعمیم یافته (مطالعه موردی: جنگل آموزشی پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس). مجله جنگل ایران، انجمن جنگلانی ایران، ۷(۱): ۱۷-۳۲.
- ارغندی، ز.، ویس یسرطایره، چ.، ارغند، ن. ۱۳۹۳. ارزیابی گردشگری و تدوین راهبردهای توسعه‌ای گردشگری در شهرستان جوانرود. اولین همایش بین المللی - علمی راهبردی توسعه گردشگری جمهوری اسلامی ایران چالش‌ها و چشم اندازها. پژوهشکده گردشگری جهاد دانشگاهی، ۱۷ صفحه.
- اکبری، ا.، بهرامی، ش.، دوران، ع.، ابراهیمی، م. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر پارامترهای جغرافیایی بر دمای سطح زمین با استفاده از روش سبال و درخت تصمیم‌گیری در مخروط آتش‌فشان‌تفتان. فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی اهر، ۱۷(۵۷): ۱۰۵-۱۲۶.
- اکبری، ا.، ابراهیمی، م.، نژاد سلیمانی، ح. ۱۳۹۴. ارزیابی دمای سطح زمین با روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان). فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۶(۶۰): ۱۵۰-۱۷۰.
- انتظاری، ع.، امیراحمدی، ا.، علی‌آبادی، ک.، خسرویان، م.، ابراهیمی، م. ۱۳۹۵. پایش دمای سطح زمین و ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز دریاچه پریشان). فصلنامه هیدرو ژئومورفولوژی، ۸(۴): ۱۱۳-۱۳۹.
- جعفریان، ز.، کارگر، م. ۱۳۹۶. مقایسه مدل‌های جنگل تصادفی (Random forest) و درخت رگرسیون تقویت شده (BRT) در پیش‌بینی گونه‌های غالب مرتعی در مراتع پلور، مازندران. فصلنامه اکولوژی کاربردی، ۶(۱): ۴۱-۵۴.
- جهانی لمر، ز.، فرخ پیام، س.ر.، شمسیان، م. ۱۳۹۳. یک مدل ریاضی برای پیش‌بینی خواص تخته خرده چوب با کاربرد GMDH (نوعی شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۹(۳): ۲۷۶-۳۸۹.

- حمزه، س.، میجانی، ن.، کریمی فیروز جانی، م. ۱۳۹۷. مدل سازی ارتباط دمای سطح زمین، شرایط توپوگرافی و پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸، فصلنامه پژوهش های جغرافیایی طبیعی، ۵۰(۱): ۲۳-۵۵.
- خسرویان، م.، انتظاری، ع.، رحمانی، ا.، باعقیده، م. ۱۳۹۶. پایش تغییرات سطح آب دریاچه پریشان با استفاده از شاخص های سنجش از دور. فصلنامه هیدرو ژئومورفولوژی، ۴(۱۳): ۹۹-۱۲۰.
- دشتکیان، ک.، دهقانی، م.ع. ۱۳۸۵. بررسی دمای سطح زمین در ارتباط با پوشش گیاهی و توسعه شهری با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در مناطق بیابانی مطالعه موردی: منطقه یزد- اشکدر. فصلنامه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۷۷: ۱۷۹-۱۱۶۹.
- ذوالفقاری، ف.، آذرینوند، ح.، خسروی، ح.، زهتابیان، غ.، خلیقی سیگارودی، ش. ۱۳۹۷. اثر پوشش گیاهی بر خرد اقلیم در اکوسیستم های مناطق خشک (مطالعه موردی، دشت سیستان). فصلنامه مرتع و آبخیزداری (مجله منابع طبیعی ایران)، ۷۱(۴): ۹۰۱-۹۱۴.
- رمضانی خوجین، ع.، خیرخواه زرکش، م.م.، دانش کار آراسته، پ.، مریدی، ع.، علی محمدی ناچقی، ر. ۱۳۹۴. محاسبه و واسنجی دمای سطح زمین با استفاده از داده های حرارتی ماهواره لندست ۸. فصلنامه سنجش از دور و GIS ایران، ۷(۳): ۴۹-۶۴.
- فیضی زاده، ب.، دیده بان، خ.، غلام نیا، خ. ۱۳۹۴. برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا مطالعه موردی: حوزه آبریز مهاباد. فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی سپهر، ۲۵(۹۸): ۱۷۲-۱۸۱.
- قربان نیا خیبری، و.، میرسنجری، م.، لیاقتی، ه.، آرمین، م. ۱۳۹۶. برآورد دمای سطح زمین کاربری اراضی و پوشش زمین سطح شهرستان دنا با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و داده های ماهواره لندست ۸. فصلنامه علمی پژوهشی محیط شناسی، ۱۵(۲): ۵۵-۷۴.
- کریمی راد، س.، علی آبادی، م.، حبیبی، ا.، وکیلی نژاد، ر. ۱۳۹۶. سنجش میزان تأثیر پوشش گیاهی بر شرایط آسایش حرارتی بیرونی عابران پیاده (مورد پژوهشی: مجتمع مسکونی گلدشت شیراز). نشریه علمی پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، ۸(۱۴): ۱۸۵-۱۹۶.
- کریمی فیروزجانی، م.، کیاورز مقدم، م. ۱۳۹۵. بررسی ارتباط بین دما، شار تابش خالص با خصوصیات بیوفیزیکی و کاربری اراضیا استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸. فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷(۴): ۷۹-۹۶.

- مجرد، ف.، ناصریه، م.، هاشمی، س. ۱۳۹۷. بررسی تغییرات دوره‌ای و فصلی جزیره گرمایی شهر کرمانشاه در شب و روز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. فصلنامه فیزیک زمین و فضا، ۴۴(۲): ۴۷۹-۴۹۴.
- محمدیاری، ف.، پورخباز، ح.ر.، توکلی، م.، اقدر، ح. ۱۳۹۳. تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهر بهبهان). فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۳(۹۲): ۲۳-۳۴.
- مختاری، س.، سلطانی فر، ه.، یآوری، ا.ر. ۱۳۸۸. خود سازمان‌دهی در تالاب بزرگ هویزه/بزرگ هویزه با تأکید بر اکولوژی سیمای سرزمین. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۴۱(۷۰): ۹۳-۱۰۵.
- مرادی، م.، صلاحی، ب.، مسعودیان، س.ا. ۱۳۹۵. بررسی شیب دمای سطح زمین در ایران با استفاده از داده‌های روز هنگام مودیس، مجله پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۴(۴۸): ۵۱۷-۵۳۳.
- نواب پور، ح.ر.، چگینی، ط.، صفرنژاد بروجنی، ا. ۱۳۹۳. کاربردی از برآورد خطای کل آمارگیری در یک آمارگیری کوچک مقیاس. مجله بررسی‌های رسمی آمار ایران، ۱(۱): ۴۷-۶۸.
- ولیزاده کامران، خ.، غلام نیا، خ.، عینالی، گ.، موسوی، س.م. ۱۳۹۶. برآورد دمای سطح زمین و استخراج جزایر حرارتی با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و رگرسیون چند متغیره. نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۸(۳۰): ۳۵-۵۰.
- Aggarwal, S., Misra, M. 2018. Comparison of NDVI, NDBI as indicators of surface heat island effects for Bangalore and New Delhi: Case Study. In Remote Sensing Technologies and Applications in Urban Environments III, 10793: 1079314.
- Coll, C., Caselles, V., Valor, E., Rubio, E. 2003. Validation of temperature emissivity separation and split window methods from TIM's data and ground measurements. Remote Sensing of Environment, 85: 232-242.
- Deng, Y., Wang, S., Bai, X., Tian, Y., Wu, L., Xiao, J., Qian, Q. 2018. Relationship among land surface temperature and LUCC, NDVI in typical karst area. Scientific reports, 8(1): 641.
- García-Haro, F. J., Sommer, S., Kemper, T. 2005. Variable multiple end member spectralmixture analysis (VMESMA), International Journal of Remote Sensing, 26:2135-2162.
- Guo, G., Zhou, X., Wu, Z., Xiao, R., Chen, Y. 2016. Characterizing the impact of urban morphology heterogeneity on land surface temperature in Guangzhou, China. Journal of Environmental modelling & software, 84:427-439.
- Hereher, M.E. 2017. Effect of land use/cover change on land surface temperatures-The Nile Delta, Egypt. Journal of African Earth Sciences, 126:75-83.

- Jamei E., Rajagopalan P., Seyedmahmoudian, M., Jamei, Y. 2016. Review on the Impact of Urban Geometry and Pedestrian Level Greening on Outdoor Thermal Comfort, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54 (2016): 1002-1017.
- 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.
- Kurc, S.A., Small, E.E. 2007. Soil moisture variations and ecosystem-scale fluxes of water and carbon in semiarid grassland and shrubland. *Water Resources Research*, 43(6).13pp.
- Mackey, C.W., Lee, X., Smith, R.B. 2012. Remotely sensing the cooling effects of city scale efforts to reduce urban heat island, Building and Environment, 1(49):348-358.
- McFeeters, S.L. 1996. The use of the Normal Different water index (NDWI) in the Delineation of open water feature. International journal of remote sensing, 17 (7):1425-1432
- Malik, M.S., Shukla, J.P., Mishra, S. 2019. Relationship of LST, NDBI and NDVI using Landsat-8 data in Kandaihimmat Watershed, Hoshangabad, India. Indian Journal of Geo-Marine Sciences. 48(1):25-31.
- Mallick, J., Kant, Y., Bharath, B. D. 2008. Estimation of land surface temperature over Delhi using Landsat-7 ETM+. Journal of the Indian geography union, 12 (3):131-140.
- McCune, B., Keon, D. 2002. Equations for potential annual direct incident radiation and heat load, Journal of Vegetation Science, 13(4): 603-606.
- Panda, S., Jain, M.K. 2017. Effects of Green Space Spatial Distribution on Land Surface Temperature: Implications for Land Cover Change as Environmental Indices. 10(02):180-184.
- Rodriguez-Galiano, V.F., Chica-Olmo, M., Abarca-Hernandez, F., Atkinson, P.M., Jeganathan, C. 2012. RandomForest classification of Mediterranean land covers using multi-seasonal imagery and multi-seasonal texture. Journal of Remote Sensing of Environment 121: 93-107.
- Siddique, N.P., Ghaffar, A. 2019. Spatial and Temporal relationship between NDVI and Land Surface Temperature of Faisalabad city from 2000-2015. European Online Journal of Natural and Social Sciences, 8(1): 55.
- Villegas, J.C., Breshears, D.D., Zou, C.B., Royer, P.D. 2010. Seasonally pulsed heterogeneity in microclimate: phenology and cover effects along deciduous grassland-forest continuum. Vadose Zone Journal, 9(3): 537-547.
- Yue, Y., Wang, K., Bing, Z., Chen, Z., Jiao, Q., Bo, L., Chen, H. 2009. Exploring the relationship between vegetation spectra and eco-geo-environmental conditions in Karst region, Southwest China. Environ. Monit. Assess, 160(1-4): 157-168.