

ارزیابی اثر تغییرات کاربری اراضی - پوشش زمین بر دمای سطح زمین با استفاده از داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: شهرستان اصفهان)

فاطمه بینا^۱، بهارک معتمدوزیری^{۲*}، حسن خسروی^۳ و هادی کیادلیری^۴

(۱) دانشجوی دکتری رشته علوم و مهندسی آبخیز، گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

(۲) دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. * رایانامه نویسنده مسئول مکاتبات: bmvaziri@iaui.ir

(۳) استاد گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

(۴) دانشیار گروه علوم محیط زیست و جنگل، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۰

چکیده

تغییرات کاربری و افزایش دمای بسترهای زندگی بشر، سلامتی آن و اکوسیستم پیرامون آن را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. در همین راستا، در این پژوهش برای به‌دست آوردن میزان تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین، در بازه زمانی سال ۱۳۷۲ تا سال ۱۴۰۲ از تصاویر سنجنده لندست ۵ و ۸-۹ استفاده شد. نقشه‌های تغییرات کاربری با استفاده از روش یادگیری ماشین جنگل تصادفی تهیه و سپس دقت و صحت این نقشه‌ها ارزیابی شد. نتایج نشان داد در بازه زمانی ۱۳۷۳-۱۴۰۳، در شهرستان اصفهان کاربری‌های شوره‌زار و اراضی بایر و مناطق شهری و انسان‌ساخت به‌ترتیب حدود ۱۸/۱۰ و ۴ درصد افزایش و اراضی کشاورزی، مراتع، نیزار و بستر آبی به‌ترتیب حدود ۰/۹۴، ۱۹/۸۲، ۰/۰۳ و ۱/۳۰ کاهش داشته‌اند، در این بازه زمانی دقت کلی و ضریب کاپا به‌ترتیب بیش از ۹۲ و ۰/۸۸ بود که نشان‌دهنده دقت و صحت کافی در تهیه نقشه‌های کاربری موجود می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی تغییرات دمای سطح زمین در بازه زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۴۰۲ بیشترین درصد مساحت از شهرستان اصفهان در طبقه بیشتر ۳۳ درجه سانتی‌گراد قرار دارد، به‌طوری‌که در سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲، ۱۳۹۲ و ۱۴۰۲ به‌ترتیب این طبقه حدود ۸۸/۰۹، ۸۹/۰۲، ۹۷/۵۵ و ۹۸/۲۴ درصد از منطقه را شامل می‌شود. تغییرات دمای سطح زمین در کاربری‌های مختلف در سال ۱۳۷۲ نشان داد بیشترین آن مربوط به کاربری مناطق شهری و انسان‌ساخت با متوسط دمای ۳۶/۷۵ درجه سانتی‌گراد است، درحالی‌که بیشترین مقدار دما در سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۹۲ و ۱۴۰۲ به‌ترتیب ۳۸/۵۴، ۴۱/۱۶ و ۴۳/۶۱ درجه سانتی‌گراد متعلق به کاربری شوره‌زار و اراضی بایر است.

واژه‌های کلیدی: اصفهان، سنجش از دور، شاخص پوشش گیاهی، کاربری اراضی، لندست.

اقلیم یکی از مهم‌ترین متغیرهای محیطی است که بر زیستگاه ها و زندگی روزمره بشر تاثیر می‌گذارد (Hunt et al., 2020). تغییرات کاربری اراضی باعث شده زمین در حال تجربه یک تغییر قابل توجه باشد که این تغییرات بر اقلیم کره زمین تاثیر گذاشته و گرمایش جهانی را تشدید می‌کند (Zhao et al., 2024). در حال حاضر، بیش از نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری ساکن هستند و پیش‌بینی می‌شود این درصد در کشورهای در حال توسعه بیشتر افزایش یابد، درحالی‌که شهرنشینی با سرعت قابل توجهی در مقیاس جهانی در حال رشد است (Chen et al., 2017). تغییرات کاربری اراضی با کاهش تنوع زیستی و ایجاد اثر جزیره گرمایی شهری^۱ تغییرات اقلیمی را تشدید می‌کند (Kafy et al., 2021)، از این رو تغییر مناظر طبیعی و اقلیم توسط انسان به‌طور برجسته در روند شهرنشینی منعکس شده است. پدیده جزیره گرمایی شهری به‌عنوان یک تصویر اصلی از تغییرات اقلیمی ناشی از تغییرات اقلیمی ناشی از فعالیت‌های انسانی از طریق شهرنشینی منجر به افزایش دما در مناطق شهری در مقایسه با محیط روستایی آنها می‌شود (Grimm et al., 2008). اگرچه تخریب اکولوژیکی بسته به مکان متفاوت است، اما محیط‌های شهری بدون شک یکی از کلیدی‌ترین عوامل به‌دلیل تراکم بالای انسانی، فعالیت اقتصادی، استفاده از فلز و مصرف انرژی هستند. طبق پنل بین‌دولتی تغییرات آب و هوایی^۲، میانگین دمای سطح زمین^۳ تا سال ۲۱۰۰ بین ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد و سطح دی‌اکسیدکربن اتمسفر نسبت به سطوح قبل از صنعتی شدن دو برابر خواهد شد (Grimm et al., 2008; Kafy et al., 2021). فراهم کردن امکانات رفاهی، شهرنشینی و صنعتی شدن سریع، تغییرات گسترده کاربری و پوشش سطح زمین^۴ را ایجاد می‌کند (Dewan et al., 2021) که به نظر می‌رسد منبع اصلی تخریب محیط زیست، دگرگونی در هیدرولوژی شهری، افزایش دمای محیط و تغییرات اقلیم باشد. شهرها تنها ۲ درصد از سطح زمین را پوشش می‌دهند، اما حدود ۷۵ درصد از کل انرژی را

جذب می‌کنند و ۷۵ درصد از کل زباله را تولید می‌کنند (Faisal et al., 2021). تغییرات کاربری اراضی اکولوژی و اکوسیستم‌های کره زمین، دمای سطح، رطوبت، تغییرات اقلیمی و گرم شدن کره زمین را تحت تاثیر قرار می‌دهند. گسترش مناطق شهری تاثیر منفی قابل توجهی بر زمین، آب، دمای سطح، اکولوژی و محیط زیست دارد. اثرات کلی تغییرات کاربری در واقع افزایش دمای سطح و کاهش بارش، نرخ تبخیر و منطقه هیدرولوژیکی است (Al Rakib et al., 2020).

دمای سطح زمین، دمای پوسته تابشی سطح زمین است که به عنوان یکی از مهمترین پارامترها در فرایندهای سطح زمین در سطوح محلی، منطقه‌ای و جهانی عمل می‌کند (Li et al., 2013). افزایش دما بر بخش‌های حیاتی زندگی انسان از جمله انرژی، کشاورزی، جنگل، تنوع زیستی اکوسیستم، کیفیت هوا، زیرساخت‌ها، حیات دریایی، مراقبت‌های بهداشتی و منابع آب تاثیر می‌گذارد (Nimish et al., 2018). تحقیقات جهانی زیادی در مورد اثرات تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین، توزیع جغرافیایی، خطر و آسیب‌پذیری شهری، بر اساس داده‌های سنجنش از دور^۵، اخیراً منتشر شده است (Nimish et al., 2018). داده‌های سنجنش از دور، اطلاعات به‌روزی از پوشش، تغییر کاربری اراضی و به‌وجود آمدن این جزایر گرمایی در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد و در تحلیل و شبیه‌سازی این مناطق در بازه زمانی مختلف بسیار مفید می‌باشند (عیسی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). داده‌های سنجنش از راه دور در مقایسه با روش‌های سنتی، مقادیر بیشتری از اطلاعات کاربری اراضی در مناطق شهری و تشکیل جزایر گرمایی را در یک مکان جغرافیایی فراهم می‌کنند که از نظر زمان و هزینه در مقیاس منطقه‌ای مقرون به صرفه هستند (اسکندری‌دامنه و همکاران، ۱۴۰۰ الف). در ارتباط با ارزیابی این تغییر کاربری و تشکیل جزایر گرمایی با کمک علم سنجنش از راه دور، مطالعات متعددی صورت گرفته است. استفاده از سنجنش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی^۶ فرصت‌هایی را برای تخمین تغییرات LULC و توزیع LST

1. Urban Heat Island (UHI)
2. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
3. Land Surface Temperature (LST)
4. Land Use Land Cover (LULC)

5. Remote sensing (RS)

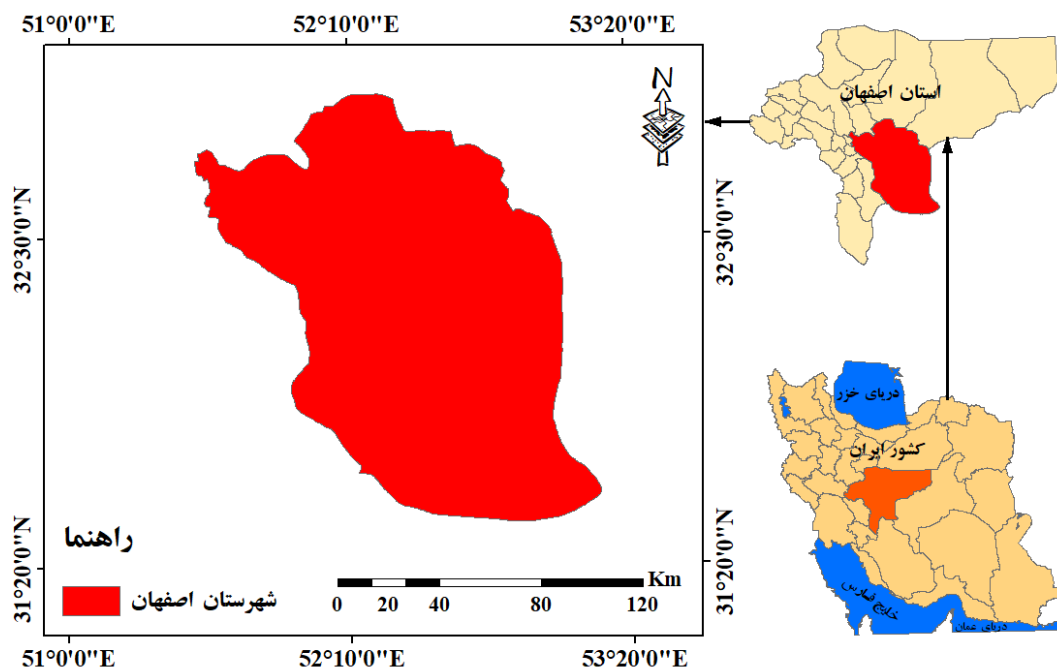
6. Geographic Information System (GIS)

کاربری اراضی شور و بدون پوشش گیاهی با متوسط دمای ۴۷/۳۰ درجه سانتی‌گراد بوده، درحالی‌که در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹ بیشترین مقدار متوسط دما به‌ترتیب ۴۶/۵۱، ۴۷/۳۰ و ۵۰/۶۴ درجه سانتی‌گراد، به‌ترتیب مربوط به کاربری مناطق شهری و انسان‌ساخت است. با توجه به بررسی منابع انجام شده می‌توان بیان کرد در سطح جهانی، تغییرات کاربری اراضی از جمله رشد شهری ناشی از مهاجرت به محرک اصلی افزایش دمای سطح زمین به ویژه در شهرهای صنعتی تبدیل شده است. شهر اصفهان نیز با توجه به موقعیت استراتژیک و وجود صنایع مختلف مقصد بسیاری از مهاجران از روستاها، شهرها و استان‌های مجاور شده است، به‌طوری‌که این شهرستان برای فراهم آوردن امکانات رفاهی از جمله تامین غذا و مسکن این جمعیت در حال رشد، تغییر کاربری قابل توجهی را متحمل شده و این تغییر کاربری سبب شده از وسعت اراضی کشاورزی و اراضی طبیعی مخصوصا مراتع در این منطقه کاسته و مناطق شهری و انسان‌ساخت روز به روز گسترش یابند. از این رو هدف از مطالعه حاضر بررسی روند تغییرات کاربری اراضی شهرستان اصفهان و تاثیر آن بر دمای سطح زمین در بازه زمانی ۱۳۷۲-۱۴۰۳ با استفاده از تصاویر ماهواره لندست می‌باشد.

روش پژوهش

منطقه مورد مطالعه: شهرستان اصفهان دارای مساحتی حدود ۱۵۰۷ کیلومترمربع است. این شهرستان در جنوب‌شرق استان اصفهان واقع شده است. موقعیت جغرافیایی آن بین طول‌های ۳۰°۱۵' و ۵۱°۳۰' و عرض‌های ۵۳°۲۰' شرقی و عرض‌های ۳۰°۱۵' و ۳۱°۰۰' شمالی قرار دارد. متوسط بارندگی سالانه ۱۰۶ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۲۲ و ۲۷). حداقل ارتفاع این شهرستان ۱۴۱۷ و حداکثر ارتفاع آن ۳۳۱۶ متر است (اسکندری‌دامنه و همکاران، ۱۴۰۱ ب). شکل (۱) موقعیت استان اصفهان را در کشور ایران و موقعیت شهرستان اصفهان را در استان اصفهان نشان می‌دهد.

در یک منطقه خاص فراهم کرده است. چندین مطالعه تغییر LULC و تأثیرات آن بر LST را با استفاده از تصاویر چند زمانی Landsat توصیف کرده‌اند. علاوه بر این، به‌دلیل ارتباط نزدیک LULC و LST، مطالعات متعددی این دو را با استفاده از پایگاه داده RS ارزیابی کرده‌اند. Salam و همکاران (۲۰۲۴) در ارزیابی اثرات از دست دادن پوشش گیاهی و دمای سطح زمین بنگلادش در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۰ بیان داشتند حداکثر مقادیر LST در طول ۲۰ سال، نشان‌دهنده یک روند افزایشی کلی در دما است. نتایج این تحقیق نشان داد میانگین دمای اراضی بایر، مناطق انسان‌ساخت، پوشش گیاهی و بدنه آبی به‌ترتیب از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، ۲/۰۱، ۲/۲۵ و ۲/۲۳ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. Gupta و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه مدل‌سازی تاثیر تغییر کاربری/پوشش زمین بر دمای سطح زمین، اردن مبتنی بر یادگیری عمیق در بازه زمانی ۱۹۸۰-۲۰۲۳ بیان داشتند مناطق شهری از ۵۴/۱۳ کیلومترمربع (۶/۶ درصد) در سال ۱۹۸۰ به ۳۷۴/۱ کیلومترمربع (۴۵/۳ درصد) در سال ۲۰۲۳ رسیده است. با این حال، مناطق کشاورزی از ۱۵۲/۱۳ کیلومترمربع (۱۸/۵ درصد) در سال ۱۹۸۰ به ۱۴۰/۳۸ کیلومترمربع (۱۴۰/۳۸) در سال ۲۰۲۳ کاهش یافته، درحالی‌که زمین‌های بایر از ۵۴/۴۴ (۶/۶ درصد) در سال ۱۹۸۰ به ۳۴/۷۱ (۲۲ درصد) در سال ۲۰۳۰ کاهش یافته است. Kafy و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی مدل سازی رابطه بین کاربری-پوشش زمین و دمای سطح زمین در داکا، بنگلادش در بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۰ با استفاده از الگوریتم CA-ANN بیان کردند پوشش گیاهی و مناطق انسان‌ساخت به‌ترتیب حدود ۵ و ۱۴ درصد کاهش و افزایش نشان داده‌اند. اسکندری‌دامنه و همکاران (۱۴۰۰ الف) در بررسی اثرات تغییر کاربری بر تغییرات دمای سطح شهر کرمان بیان داشتند در بازه زمانی ۱۳۶۹-۱۳۹۹ مناطق مسکونی و انسان‌ساخت افزایش ۱۴/۲۰ درصدی داشته و کاربری‌های پوشش گیاهی، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم و اراضی شور و بدون پوشش گیاهی نیز به‌ترتیب کاهش ۳/۷۶، ۸/۲۳ و ۲/۲۲ درصدی داشته‌اند. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد در سال ۱۳۶۹ بیشترین مقدار دمای سطح زمین مربوط به



شکل ۱. موقعیت استان اصفهان در کشور ایران و موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان اصفهان

در نهایت با استفاده از روش جنگل تصادفی و با کمک شاخص کمکی ذکر شده، نقشه کاربری در ۶ کلاس اراضی کشاورزی، مراتع، شوره‌زار و اراضی بایر، مناطق شهری و انسان‌ساخت و بستر آبی تهیه گردید. پس از پایان مرحله طبقه بندی، نتایج حاصل از طبقه‌بندی، از طریق مقایسه نقشه‌های طبقه‌بندی شده با واقعیت زمینی و با کمک معیارهای تعیین صحت، به صورت کمی برآورد شد. در این مطالعه، جهت ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده با مقایسه متناظر با نقاط واقعیت زمینی حاصل از مطالعات میدانی و با استفاده تصاویر گوگل ارث، ماتریس خطا تشکیل شد و بر اساس آن دقت تولیدکننده و کاربر، صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه گردید (Kafy et al., 2022). شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را مدنظر قرار می‌دهد و صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. شاخص کاپا با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (Saha et al., 2022).

$$Kappa = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} \quad \text{رابطه (۱)}$$

داده‌های ماهواره‌ای و پردازش‌ها: در این تحقیق برای به دست آوردن میزان تغییرات کاربری اراضی در یک بازه زمانی ۳۰ ساله (از سال ۱۳۷۲ تا سال ۱۴۰۲)، از تصاویر سنجنده لندست شهرستان اصفهان استفاده شد. ابزار و اطلاعات مورد استفاده در این بخش، شامل نرم‌افزارهای Arcgispro3، ENVI5.3، GIS10.3، Excel و داده‌های سنجنش از دور شامل تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سنجنده لندست ۵ و لندست ۸-۹ که اطلاعات آنها در جدول (۱) ارائه شده، بود. این داده‌های چندطیفی از سایت زمین‌شناسی آمریکا^۱ دانلود و آماده پیش‌پردازش و پردازش‌های لازم گردید. به‌منظور تهیه نقشه کاربری بر روی تصاویر دانلود شده مراحل تصحیح رادیومتریک و تصحیح اتمسفری انجام شد (اسکندری‌دامنه و همکاران، ۱۳۹۸). پس از اعمال پیش‌پردازش‌های لازم، نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی برای شهرستان اصفهان در سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲، ۱۳۹۲ و ۱۴۰۲ با استفاده از روش جنگل تصادفی در نرم‌افزار Arcgispro3 و ENVI5.3 تهیه شد. در این راستا از شاخص‌های کمکی NDVI، NDBI و NDWI استفاده گردید (Taiwo et al., 2023) (جدول ۲).

جدول ۱. مشخصات مربوط به تصاویر استفاده شده در تحقیق

تاریخ میلادی	تاریخ میلادی	تاریخ خورشیدی	ماهواره	سنجنده	گذر/ ردیف	قدرت تفکیک مکانی (متر)
۱۹۹۲	۱۹۹۰/۰۶/۱۷	۱۳۷۲	لندست ۵	TM	۳۹/۱۶۰	۳۰
۲۰۰۲	۲۰۰۰/۰۵/۲۷	۱۳۸۲	لندست ۵	TM	۳۹/۱۶۰	۳۰
۲۰۱۳	۲۰۱۳/۰۵/۲۸	۱۳۹۲	لندست ۸	OLI	۳۹/۱۶۰	۳۰
۲۰۲۳	۲۰۲۰/۰۶/۰۳	۱۴۰۲	لندست ۹	OLI	۳۹/۱۶۰	۳۰

جدول ۲. جزییات شاخص‌های به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره لندست استفاده‌شده در پژوهش

توضیحات	دامنه	شاخص*
شاخص نرمال‌شده اختلاف پوشش گیاهی	بین ۱- تا ۱	$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$
شاخص نرمال‌شده اختلاف مناطق پوشیده از آب	بین ۱- تا ۱	$NDWI = \frac{NIR - SWR}{NIR + SWR}$
شاخص نرمال‌شده اختلاف مناطق شهری	بین ۱- تا ۱	$NDBI = \frac{SWR - NIR}{SWR + NIR}$

* NIR^1 = باند مادون قرمز، R^2 = باند قرمز و SWR^3 = باند قرمز کوتاه

1. Near Infrared (NIR)

2. Red

3. Short-Wave infrared (SWIR)

در این رابطه: P_0 درستی مشاهده شده و P_c توافق مورد انتظار است.

بررسی دمای سطح خاک (LST): در این مطالعه برای محاسبه دمای سطح زمین از باندهای حرارتی تصاویر لندست ۵، ۹-۸ استفاده شد. باند حرارتی لندست ۵ (TM) باند ۶ با طول موج ۱۰/۴۰-۱۲/۵۰ میکرومتر و برای لندست ۹-۸ (OLI) باند ۱۰ با طول موج ۱۱/۱۹-۱۰/۶ میکرومتر و باند ۱۱ رابطه (۲)

$$L_{\lambda}(TM) = L_{min} + \frac{L_{max} \times L_{min}}{Q_{cal_{max}} \times Q_{cal_{min}}} \times DN$$

$$L_{\lambda}(OLI) = Ml \times DN + Al$$

رابطه (۳)

$$LST = \frac{T_B}{1 + \left(\lambda \times \frac{T_B}{\rho} \right) \times \ln(\varepsilon)} - 273.15$$

رابطه (۴)

L_{λ} = رادیانس طیفی بالای اتمسفر؛ ML = ضریب تبدیل که از متادیتا به دست می آید؛ AL = ضریب تبدیل که از متادیتا به دست می آید.

Q_{cal} = ارزش رقومی باند خام (DN)؛ L_{min} و L_{max} از متادیتا لندست ۵ به دست می آیند؛ در اینجا $\rho = 1.438 \times 10^{-2} mk$ همچنین ε = قابلیت انتشار که با استفاده از روش NDVI محاسبه می شود (Naim & Kafy, 2021). T_B = دمای درخشندگی ماهواره است که با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می شود.

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{K_2} + 1\right)}$$

رابطه (۵)

K_1 و k_2 = ثابت حرارتی باند ۶ در لندست ۵ و باندهای ۱۰ و ۱۱ در لندست ۹-۸ بوده که از متادیتا ماهواره به دست می آیند (Taiwo et al., 2023).

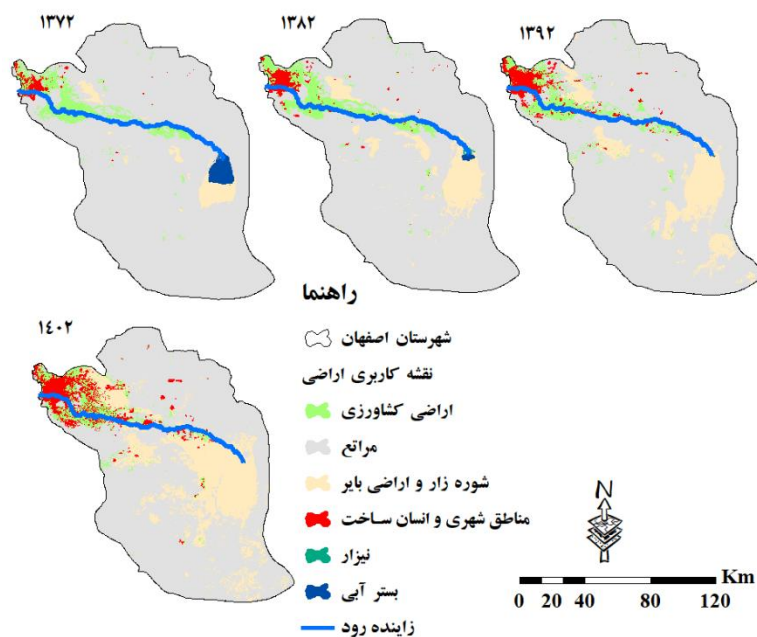
نتایج

بررسی تغییرات کاربری اراضی شهرستان اصفهان در باز زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۴۰۲

نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در شش کلاس عمده شامل اراضی کشاورزی، مراتع، شوره زار و اراضی بایر، مناطق شهری و انسان ساخت و بستر آبی برای بازه زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۴۰۲ تهیه گردید (شکل ۲). بررسی دقت و صحت نقشه کاربری اراضی در این بازه زمانی در جدول (۳) نشان داد

با طول موج ۱۱/۵-۱۲/۵۱ می باشند. برای محاسبه دمای سطح از این باندها ابتدا رادیانس طیفی باند حرارتی لندست ۵ و باندهای حرارتی لندست ۸-۹ با استفاده از رابطه های (۲)، (۳) و (۴) محاسبه گردید و در نهایت با استفاده از رابطه (۵) دمای سطح زمین برحسب درجه سانتی گراد محاسبه شد (Taiwo et al., 2023; Kafy et al., 2022).

دقت کلی نقشه کاربری برای سال های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲، ۱۳۹۲ و ۱۴۰۲ به ترتیب ۹۲، ۹۵، ۹۶ و ۹۸ درصد و همچنین ضریب کاپا برای این کاربری ها نیز ۰/۸۸، ۰/۹۰، ۰/۹۳ و ۰/۹۵ است. بررسی درصد و نرخ تغییرات کاربری اراضی در شکل (۲) و جدول (۴) نشان داد در بازه زمانی ۳۰ ساله، روند تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه چشم گیر است، به طوری که در بازه زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲ اراضی کشاورزی، شوره زار و اراضی بایر، مناطق شهری و انسان ساخت و نیزار به ترتیب ۰/۶۷، ۴/۷۶، ۰/۶۱ و ۰/۱۱ درصد افزایش داشته اند. بررسی تغییرات کاربری در بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۲ تایید کرد به ترتیب شوره زار و اراضی بایر و مناطق شهری و انسان ساخت حدود ۳/۶۹ و ۱/۳۹ درصد افزایشی بوده، در حالی که سایر کاربری ها در این بازه زمانی کاهش از خود نشان داده اند. این اراضی در بازه زمانی ۱۳۹۲-۱۴۰۲ نیز به ترتیب حدود ۹/۶۴ و ۱/۹۹ درصد افزایشی بوده است. از طرفی نیز بررسی تغییرات کاربری بین سال های ۱۳۷۲ تا ۱۴۰۲ نشان داد در شهرستان اصفهان شوره زار و اراضی بایر و مناطق شهری و انسان ساخت در این بازه زمانی به ترتیب حدود ۱۸/۱۰ و ۴ درصد افزایش و اراضی کشاورزی، مراتع، نیزار و بستر آبی به ترتیب حدود ۰/۹۴، ۱۹/۸۲، ۰/۰۳ و ۱/۳۰ کاهش داشته اند.



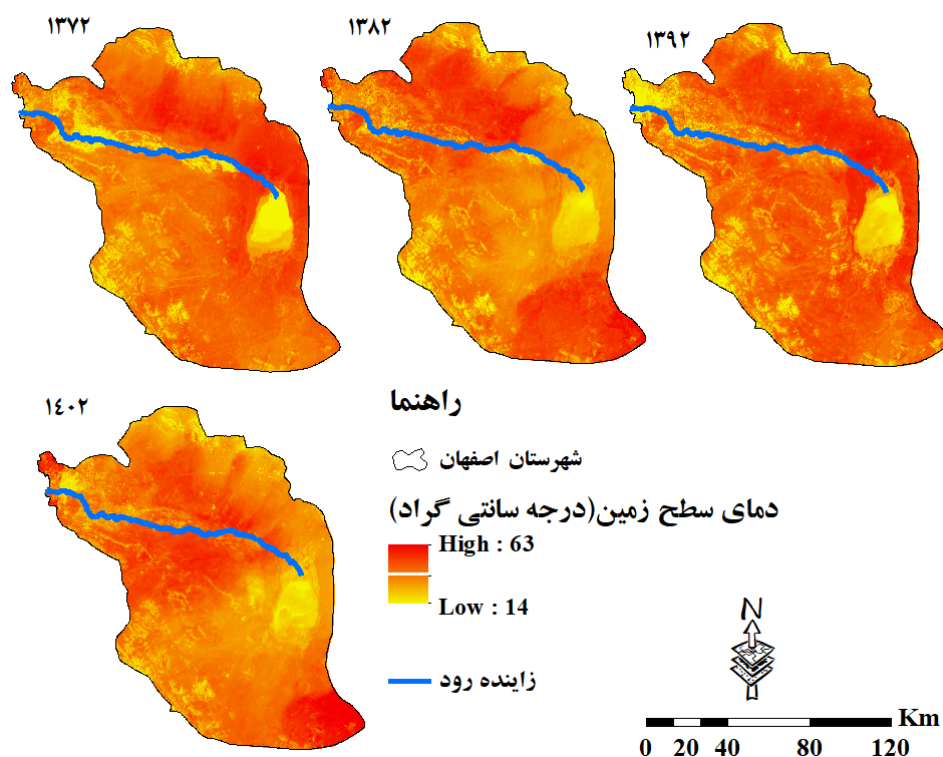
شکل ۲. نقشه تغییرات کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲، ۱۳۹۲ و ۱۴۰۲



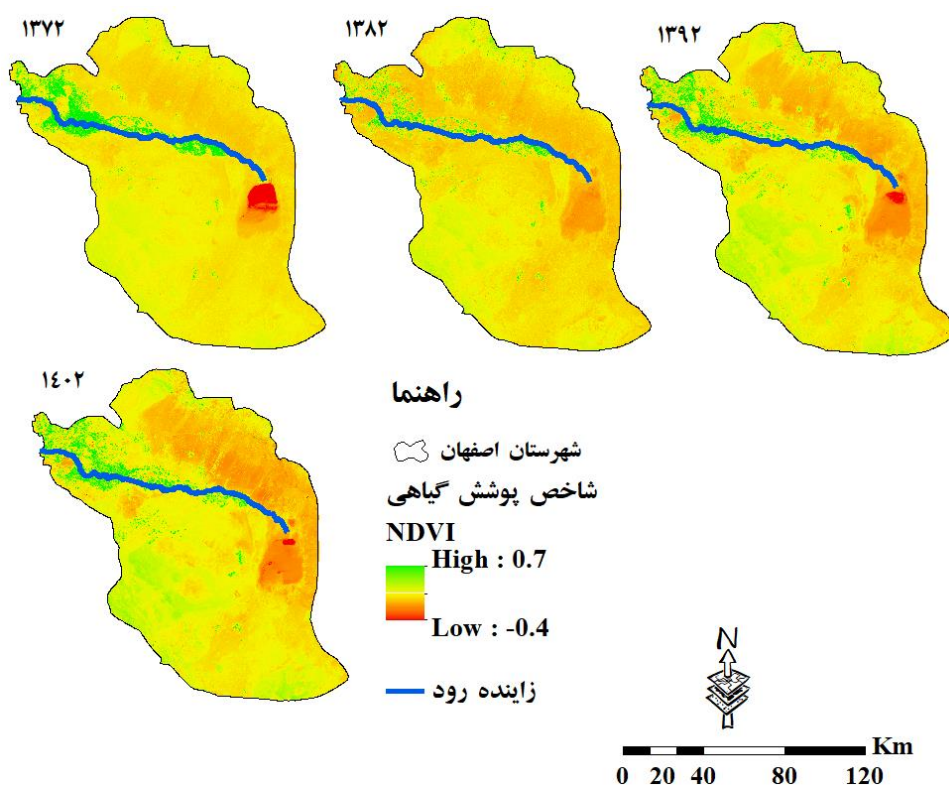
شکل ۳. تغییرات کاربری شهرستان اصفهان در بازه زمانی ۱۳۷۲-۱۴۰۲ بر حسب کیلومتر مربع (الف) و درصد (ب)

جدول ۳. تغییرات کاربری شهرستان اصفهان در بازه ۱۳۷۲-۱۴۰۲ بر حسب هکتار و درصد

۱۳۷۲-۱۴۰۲		۱۴۰۲-۱۳۹۲		۱۳۹۲-۱۳۸۲		۱۳۸۲-۱۳۷۲		کاربری اراضی
مساحت (%)	کیلومتر مربع	مساحت (%)	کیلومتر مربع	مساحت (%)	کیلومتر مربع	مساحت (%)	کیلومتر مربع	
-۰/۹۴	-۱۴۷/۲۳	-۰/۶۱	-۹۶/۳۱	-۰/۹۹	-۱۵۵/۸۹	۰/۶۷	۱۰۴/۹۷	اراضی کشاورزی
-۱۹/۸۲	-۳۱۱۳/۶۲	-۱۰/۹۹	-۱۷۲۶/۵۶	-۳/۸۱	-۵۹۷/۹۷	-۵/۰۲	-۷۸۹/۰۹	مراعات
۱۸/۱۰	۲۸۴۳/۰۵	۹/۶۴	۱۵۱۴/۵۷	۳/۶۹	۵۸۰/۰۹	۴/۷۶	۷۴۸/۳۹	شوره‌زار و اراضی بایر
۴	۶۲۷/۸۸	۱/۹۹	۳۱۳/۰۲	۱/۳۹	۲۱۸/۸۸	۰/۶۱	۹۵/۹۷	مناطق شهری و انسان‌ساخت
-۰/۰۳	-۵/۲۵	-۰/۰۲	-۳/۶۳	-۰/۱۲	-۱۹/۲۳	۰/۱۱	۱۷/۶۲	نیزار
-۱/۳۰	-۲۰۴/۸۳	-۰/۰۱	-۱/۰۸	-۰/۱۶	-۲۵/۸۸	-۱/۱۳	-۱۷۷/۸۶	بستر آبی



شکل ۴. نقشه تغییرات دمای سطح زمین (LST) سالهای ۱۳۷۲، ۱۳۸۲، ۱۳۹۲ و ۱۴۰۲

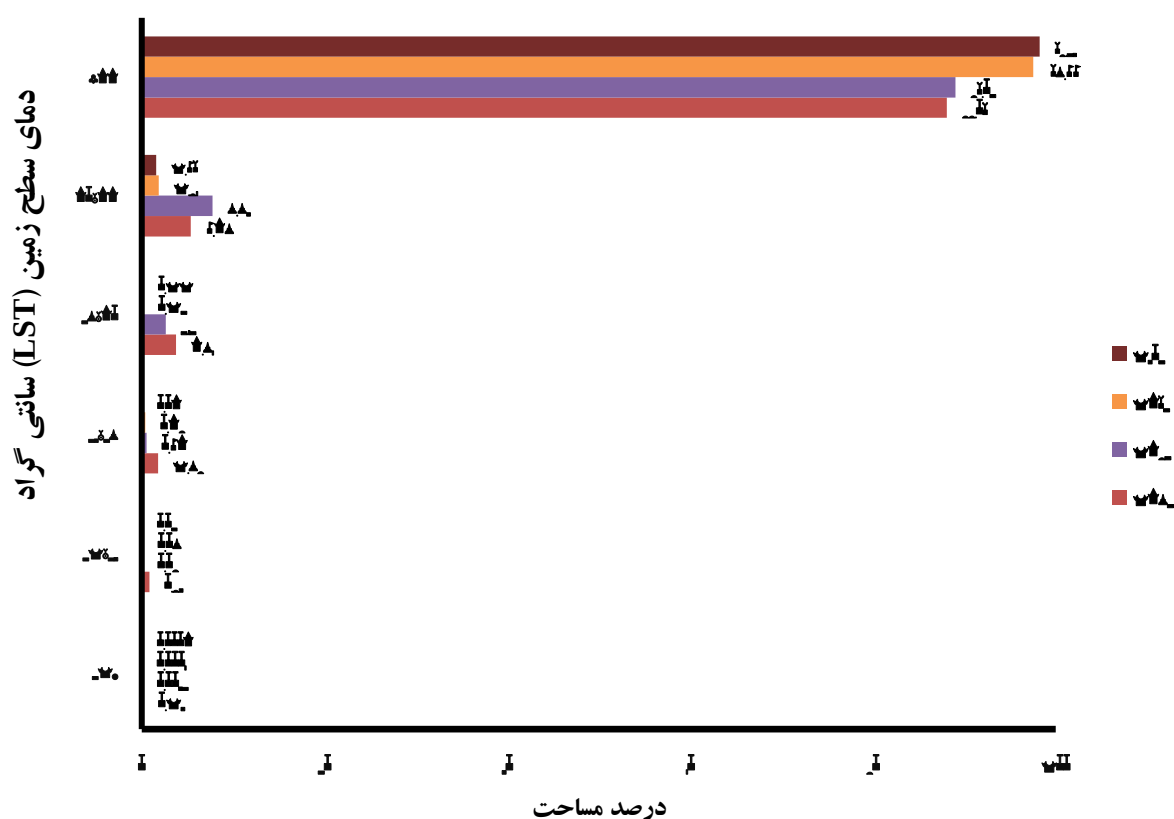


شکل ۵. نقشه تغییرات شاخص پوشش گیاهی (NDVI) سالهای ۱۳۷۲، ۱۳۸۲، ۱۳۹۲ و ۱۴۰۲

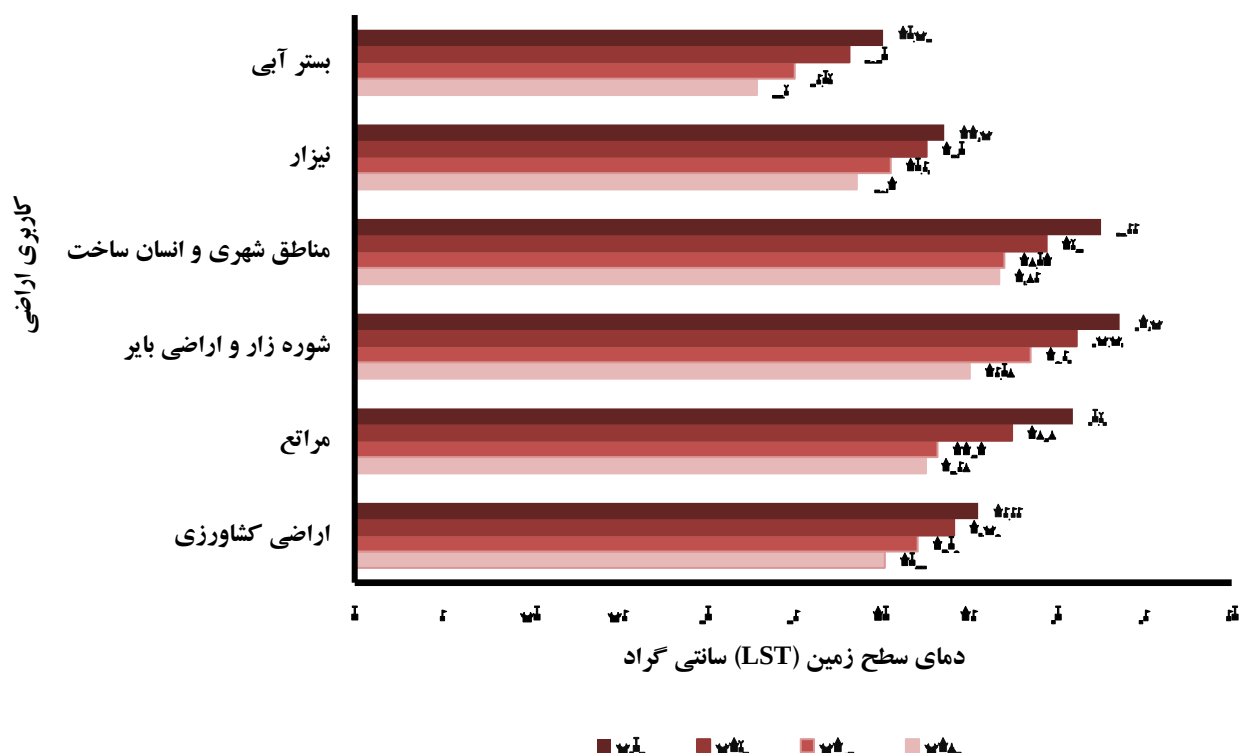
آنالیز تغییرات دمای سطح زمین در کلاس‌ها و کاربری‌های مختلف در بازه زمانی ۱۳۷۲-۱۴۰۲

بررسی تغییرات مکانی و زمانی دمای سطح زمین با استفاده از باندهای حرارتی ماهواره لندست در طبقات مختلف در شکل (۶) نشان داده شده است. بر اساس این شکل، در بازه زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۴۰۲ بیشترین درصد مساحت از شهرستان اصفهان در طبقه بیشتر ۳۳ درجه سانتی‌گراد قرار دارد. به‌طوری‌که در سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲، ۱۳۹۲ و ۱۴۰۲ به‌ترتیب این طبقات حدود ۸۸/۰۹، ۸۹/۰۲، ۹۷/۵۵ و ۹۸/۲۴ درصد از منطقه را در

برگرفته بود. این امر در حالی است که در طول این بازه زمانی، سایر کلاس‌های مورد نظر در این بازه زمانی روند کاهشی داشته‌اند. بررسی روند تغییرات دمای سطح در کاربری‌های مختلف در شکل (۷) نیز نشان داد در سال ۱۳۷۲ بیشترین مقدار دمای سطح زمین مربوط به کاربری مناطق شهری و انسان‌ساخت با متوسط دمای ۳۶/۷۵ درجه سانتی‌گراد بود، درحالی‌که بیشترین مقدار متوسط دما در سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۹۲ و ۱۴۰۲ به‌ترتیب ۳۸/۵۴، ۴۱/۱۶ و ۴۳/۶۱ درجه سانتی‌گراد متعلق به کاربری شوره‌زار و اراضی است.



شکل ۶. تغییرات طبقات شاخص دمای سطح زمین (LST) در بازه زمانی ۱۳۷۲-۱۴۰۲



شکل ۷. تغییرات شاخص دمای سطح زمین (LST) در کاربری کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۳۷۲-۱۴۰۲

بحث و نتیجه گیری

امروزه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و شاخص‌های حاصل از این داده‌ها به خوبی می‌توان روند تغییرات پدیده‌های سطح زمین و اثرات این تغییرات بر پارامترهای اقلیمی مخصوصاً دمای سطح زمین را با دقت مناسب بررسی کرد. در پژوهش حاضر برای بررسی اثرات تغییر کاربری سطح زمین شهرستان اصفهان و اثرات آن بر دمای سطح زمین از داده‌های ماهواره لندست ۵ و ۸-۹ در بازه زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۴۰۳ استفاده شد. بررسی روند تغییرات کاربری اراضی نشان داد در این بازه زمانی ۳۰ ساله دقت کلی و ضریب کاپا به ترتیب بیش از ۹۲ و ۰/۸۸ بوده که نشان‌دهنده دقت و صحت مناسب در تهیه نقشه‌های کاربری موجود می‌باشد (اسکندری‌دامنه و همکاران، ۱۴۰۰ الف؛ Zhao et al., 2024). نتایج بررسی تغییرات کاربری اراضی نیز نشان داد در بازه زمانی مورد مطالعه شهرستان اصفهان شوره‌زار و اراضی بایر و مناطق شهری و انسان‌ساخت به ترتیب حدود ۱۸/۱۰ و ۴ درصد افزایش و اراضی کشاورزی، مراتع، نیزار و بستر آبی به ترتیب حدود ۰/۹۴، ۱۹/۸۲، ۰/۰۳ و ۱/۳۰ کاهش داشته‌اند. نتایج اصغری سراسکانرود و اسدی (۱۳۹۹) تایید کرد تغییرات

کاربری اراضی در شهرستان اصفهان در حال افزایش بوده، به‌طوری‌که با کاهش آب زاینده‌رود اراضی شور و بایر روند افزایشی و اراضی کشاورزی، نیزار و بسترهای آبی به شدت کاهش یافته‌اند، زیرا این کاربری‌ها به‌طور مستقیم به آب موجود در زاینده‌رود وابسته هستند. از طرفی دیگر زاینده‌رود به‌عنوان عامل اصلی حیات تالاب بین‌المللی گاوخونی در سال‌های اخیر با توجه به تغییرات اقلیمی از جمله خشکسالی، افزایش دما و کاهش بارندگی و فعالیت‌های انسانی از جمله سدسازی و انتقال آب دست‌خوش تغییرات شدید بوده که این خود باعث از بین رفتن بستر آبی تالاب و پوشش گیاهی وابسته به این آب شده است (مدنیان و همکاران، ۱۳۹۸؛ روکی و همکاران، ۱۴۰۲). همچنین با توجه به کاهش و گاهی نبود آب در زاینده‌رود کشاورزان برای تامین آب مورد نیاز جهت کشاورزی و سایر مصارف به آب‌های زیر زمینی روی آورده‌اند که این خود باعث تخلیه بیش از اندازه آب زیر زمینی شده و پدیده‌های مخرب و غیرقابل‌برگشتی مانند لغزش را در این شهرستان افزایش داده است (Azadi et al., 2022؛ تیموری و همکاران، ۱۳۹۸). بررسی نتایج

منابع

- شاخص‌های مورد مطالعه نشان داد روند تغییرات دما و پوشش گیاهی به ترتیب افزایشی و کاهشی بوده و تغییرات در کلاس‌های بیشتر از ۳۳ مشهودتر است (Azadi et al., 2022).
- نتایج حاصل از گزارش IPCC در سال ۲۰۱۴ بیان داشت دمای سطح زمین با کاهش پوشش گیاهی و بسترهای آبی و همچنین افزایش مناطق شهری در حال افزایش بوده و این روند با توجه به تغییرات اقلیمی همچنان در حال افزایش خواهد بود. بررسی تغییرات دما در کاربری‌های مختلف شهرستان اصفهان نشان داد حداکثر دما در کاربری‌های شوره زار و اراضی بایر مشاهده شده که این امر متاثر از اقلیم خشک و بیابانی این شهرستان می‌باشد (عابدینی و همکاران، ۱۴۰۲).
- همچنین تغییرات کاربری اراضی مانند افزایش مناطق شهری و شوره‌زار و اراضی بایر نیز افزایش دما را در این کاربری نشان داده که متوسط دما این کاربری‌ها به ترتیب در سال ۱۳۷۲ حدود ۳۶/۷۵ و ۳۵/۰۷، در سال ۱۴۰۲ حدود ۴۲/۵۵ و ۴۳/۶۱ درجه سانتی‌گراد رسیده است (Kafy et al., 2020).
- افزایش دما در این کاربری‌ها به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر استفاده از منابع آب و متغیرهای اقلیمی تأثیر گذاشته که این خود یکی از عوامل تشدیدکننده تغییرات در اکوسیستم‌های طبیعی و تهدیدی جدی بر زندگی بشر می‌باشد (Shakhawat Hossain et al., 2019).
- در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت با توجه به موقعیت استراتژیک شهرستان اصفهان و وجود صنایع مختلف امکان مهاجرپذیر بودن افزایش فعالیت‌های صنعتی این منطقه بالا رفته، به‌طوری‌که بر اساس آمار موجود شهرستان اصفهان با اختصاص ۴۷/۷۸ درصد از جمعیت شهری به خود از لحاظ تراکم جمعیت رتبه اول را در این استان به خود اختصاص داده است. همچنین با توجه به شرایط اقلیمی خاص این منطقه، تغییرات اقلیمی، خشک شدن رودخانه زاینده‌رود و افزایش تغییرات، تغییرات کاربری در این منطقه باید با دقت و سختگیری خاص خود مورد پایش قرار گیرد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان بیان داشت نتایج این تحقیق می‌تواند در پایش و بررسی روند تغییرات کاربری و اثرات اقلیمی به‌خصوص بر دمای سطح زمین مورد توجه بسیاری از مسئولین، سیاست‌گذاران و مدیران این شهرستان قرار گیرد تا اقدامات فوری و پیشگیرانه در مورد این تغییرات به خوبی اتخاذ شود.
- اسکندری دامنه، ه.، اسکندری دامنه، ح.، چراغی، م.ح.، خسروی، ا. و عادل‌ساردوئی، م. (۱۴۰۰الف) تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر تشکیل جزایر گرمایی با استفاده از سنجش از دور، مطالعه موردی: شهر کرمان. نشریه محیط زیست طبیعی، ۷۴(۳): ۶۲۸-۶۱۴.
- اسکندری دامنه، ه.، اسکندری دامنه، ح.، خسروی، ح.، گیلوری، ا. و عادل‌ساردوئی، م. (۱۴۰۰ب) پایش اثرات خشکسالی بر شاخص‌های محیطی حاصل از سنجش مودیس در بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۱، مطالعه موردی: مراتع استان اصفهان. نشریه مرتع، ۱۵(۳): ۴۷۶-۴۶۰.
- اسکندری دامنه، ه.، اسکندری دامنه، ح.، خسروی، ح. و غلامی، ح. (۱۳۹۸) تحلیل و پایش خشکسالی با استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI، مطالعه موردی: حوضه غرب تالاب جازموریان. نشریه مرتع، ۱۳(۳): ۴۷۵-۴۶۱.
- اصغری سراسکانرود، ص. و اسدی، ب. (۱۳۹۹) بررسی اثرات کاربری‌های مختلف شهرستان اصفهان بر ایجاد جزایر حرارتی. کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، ۸(۲): ۲۱۷-۲۴۶.
- تیموری، ح.، حافظ‌نیا، م.ر.، پاپلی‌یزدی، م.ح. و احمدی نوحدانی، س. (۱۳۹۸) تبیین پیامدهای هیدروپلیتیکی تغییرات اقلیمی در ایران، مطالعه موردی: حوضه آبریز زاینده‌رود. آمایش سیاسی فضا، ۵(۳): ۲۶۹-۲۴۶.
- روکی، ز.م.، حسین، م. و زندی، ر. (۱۴۰۲) نقش تغییرات کاربری اراضی بر شکل‌گیری دمای سطح زمین در شهرها، مطالعه موردی: شهر اصفهان. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۵۵(۴): ۱۷-۱.
- عابدینی، ا.، حبیب‌پور، ن. و خجسته‌مقال، ف. (۱۴۰۲) آینده‌پژوهی پارامترهای اقلیمی در مواجهه با مناطق شهری، نمونه موردی: شهر اصفهان. جغرافیا و آینده پژوهی منطقه‌ای، ۱(۲): ۶۱-۸۲.
- عیسی‌زاده، و.، آسیابی، ش. و عیسی‌زاده، ا. (۱۳۹۹) بررسی پایش دمای سطح زمین با استفاده تصاویر لندست ۸ و الگوریتم‌های تک کاناله و پنجره مجزا، منطقه مورد مطالعه: شهرستان دزفول. جغرافیا و روابط انسانی، ۳(۳): ۲۵-۸.

- AlDousari, A.E., Rahaman, S.N., Hasan, M.Z. and Ahasan, M.A.K. (2022) Predicting the impacts of land use/land cover changes on seasonal urban thermal characteristics using machine learning algorithms. *Building and Environment*, 217: 109066.
- Li, Z.-L., Tang, B.-H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., Trigo, I.F. and Sobrino, J.A. (2013) Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 131: 14-37.
- Naim, M.N.H. and Kafy, A.-A. (2021) Assessment of urban thermal field variance index and defining the relationship between land cover and surface temperature in Chattogram city: A remote sensing and statistical approach. *Environmental Challenges*, 4: 100107.
- Nimish, G., Chandan, M. C., & Bharath, H. A. (2018) Understanding current and future landuse dynamics with land surface temperature alterations: A case study of Chandigarh. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4: 79-86.
- Saha, M., Kafy, A.A., Bakshi, A., Faisal, A.-A., Almulhim, A.I., Rahaman, Z.A., Al Rakib, A., Fattah, M.A., Akter, K.S., Rahman, M.T., Zhang, M. and Rathi, R. (2022) Modelling microscale impacts assessment of urban expansion on seasonal surface urban heat island intensity using neural network algorithms. *Energy and Buildings*, 275: 112452.
- Salam, M., Islam, M.K., Jahan, I. and Chowdhury, M.A. (2024) Assessing the impacts of vegetation loss and land surface temperature on Surface Urban Heat Island (SUHI) in Gazipur District, Bangladesh. *Computational Urban Science*, 4(1): 24-24.
- Shakhawat Hossain, M., Arshad, M., Qian, L., Zhao, M., Mehmood, Y. and Kächele, H. (2019) Economic impact of climate change on crop farming in Bangladesh: An application of Ricardian method. *Ecological Economics*, 164: 106354.
- Taiwo, B.E., Kafy, A.A., Samuel, A.A., Rahaman, Z.A., Ayowole, O.E., Shahrier, M., Dutti, B.M., Rahman, M.T., Peter, O.T. and Abosede, O.O. (2023) Monitoring and predicting the influences of land use/land cover change on cropland characteristics and drought severity using remote sensing techniques. *Environmental and Sustainability Indicators*, 18: 100248.
- Zhao, Q., Haseeb, M., Wang, X., Zheng, X., Tahir, Z., Ghafoor, S., Mubbin, M., Kumar, R.P., Purohit, S., Soufan, W. and Almutairi, K.F. (2024) Evaluation of land use land cover changes in response to land surface temperature with satellite indices and remote sensing data. *Rangeland Ecology and Management*, 96: 183-196.
- مدنیان، م.ا.، سفیانیان، ع.، سلطانی کوپائی، س.، پورمنافی، س. و مومنی، م. (۱۳۹۸) تخمین دمای سطح زمین بخش مرکزی استان اصفهان از داده‌های حرارتی لندست ۸ با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا. *علوم آب و خاک*، ۲۳(۴): ۱-۱۲.
- Al Rakib, A., Akter, K.S., Rahman, M.N., Arpi, S. and Kafy, A.-A. (2020) Analyzing the pattern of land use land cover change and its impact on land surface temperature: A remote sensing approach in Mymensingh, Bangladesh, Student Research Conference 2020.
- Azadi, S., Yazdanpanah, H., Nasr-Esfahani, M.A., Pourmanafi, S. and Dorigo, W. (2022) The Gavkhouni wetland dryness and Its impact on air temperature variability in the eastern part of the Zayandeh-Rud River Basin, Iran. *Water*, 14(2):172-172.
- Chen, W., Zhang, Y., Pengwang, C. and Gao, W. (2017) Evaluation of urbanization dynamics and its impacts on surface heat islands: A case study of Beijing, China. *Remote Sensing*, 9(5): 453-453.
- Dewan, A., Kiselev, G., Botje, D., Mahmud, G.I., Bhuiyan, M.H. and Hassan, Q.K. (2021) Surface urban heat island intensity in five major cities of Bangladesh: Patterns, drivers and trends. *Sustainable Cities and Society*, 71: 102926.
- Faisal, A.-A., Kafy, A.-A., Al Rakib, A., Akter, K.S., Jahir, D.M.A., Sikdar, M.S., Ashrafi, T.J., Mallik, S. and Rahman, M.M. (2021) Assessing and predicting land use/land cover, land surface temperature and urban thermal field variance index using Landsat imagery for Dhaka Metropolitan area. *Environmental Challenges*, 4: 100192.
- Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X. and Briggs, J.M. (2008) Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864): 756-760.
- Gupta, N. and Aithal, B.H. (2024) Urban land surface temperature forecasting: A data-driven approach using regression and neural network models. *Geocarto International*, 39(1): 2299145.
- Hunt, K.M.R., Turner, A.G. and Shaffrey, L.C. (2020) The impacts of climate change on the winter water cycle of the western Himalaya. *Climate Dynamics*, 55(7): 2287-2307.
- Kafy, A.A., Dey, N.N., Al Rakib, A., Rahaman, Z.A., Nasher, N.M.R. and Bhatt, A. (2021) Modeling the relationship between land use/land cover and land surface temperature in Dhaka, Bangladesh using CA-ANN algorithm. *Environmental Challenges*, 4, 100190.
- Kafy, A.A., Rahman, M.S., Faisal, A.-A., Hasan, M.M. and Islam, M. (2020) Modelling future land use land cover changes and their impacts on land surface temperatures in Rajshahi, Bangladesh. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 18: 100314.
- Kafy, A.A., Saha, M., Faisal, A.-A., Rahaman, Z.A., Rahman, M.T., Liu, D., Fattah, M.A., Al Rakib, A.,

Assessing the Impact of Land Use-Land Cover Changes on Earth's Surface Temperature Using Remote Sensing Data (Case Study: Isfahan County)

Fatemeh Bina¹, Baharak Motamedvaziri^{2*}, Hassan Khosravi³ and Hadi Kiadaliri⁴

- 1) PhD Candidate, Department of Nature Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
- 2) Associate Professor, Department of Nature Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *Corresponding Author Email Address: bmvaziri@iau.ir
- 3) Professor, Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, University of Tehran, Tehran, Iran.
- 4) Associate Professor, Department of Environment and Forest Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Date of Submission: 2025/02/28

Date of Acceptance: 2025/05/23

Abstract

Land use changes and temperature increases in human habitats significantly impact human health and the surrounding ecosystem. This study utilised Landsat 5 and 8-9 sensor images to assess the extent of land use changes and Earth's surface temperature from 1993 to 2013. Land use change maps were generated using the Random Forest machine learning method, after which the accuracy and precision of these maps were assessed. The results indicated that during the period 1373-1403, in Isfahan city, the usage of saline land, barren lands, and urban or man-made areas increased by approximately 18.10% and 4%, respectively, while agricultural lands, pastures, reed beds, and waterbeds decreased by around 0.94%, 19.82%, 0.03%, and 1.30%, respectively. During this period, the overall accuracy and kappa coefficient surpassed 92 and 0.88, respectively, indicating sufficient accuracy and precision in preparing the existing land use maps. The results of examining changes in land surface temperature from 1372 to 1402 demonstrate that the largest percentage of Isfahan City's area falls within the category above 33 degrees Celsius. In 1372, 1382, 1392, and 1402, this class accounts for approximately 88.09%, 89.02%, 97.55%, and 98.24% of the region, respectively. Observations of land surface temperature across various land uses in 1372 indicate that the highest temperature is associated with urban and man-made areas, averaging 36.75 degrees Celsius. Meanwhile, the highest temperatures recorded in 1382, 1392, and 1402 are 38.54, 41.16, and 43.61 degrees Celsius, respectively, linked to salt marshes and barren lands.

Keywords: Isfahan, Land use, Landsat, Remote Sensing, Vegetation Cover Index.