

تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر تشکیل جزایر گرمایی با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: شهر کرمان)

هادی اسکندری دامنه^۱؛ حامد اسکندری دامنه^۱؛ میثم چراغی^۲؛ حسن خسروی^{۳*}؛ محسن عادل ساردوئی^۴

۱- پژوهشگر پسا دکتری گروه احیاء مناطق خشک کوهستانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران،

کرج، ایران

۲- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳- دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۴- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

(تاریخ دریافت ۰۵/۰۸/۰۰- تاریخ پذیرش ۰۰/۱۱/۱۳)

چکیده:

تغییرات کاربری از عوامل مؤثر بر تغییر پارامترهای محیط زیستی از جمله دمای سطح زمین است. این افزایش دمای سطح زمین، بسترهای زندگی بشر، سلامت آن و اکوسیستم پیرامون آن را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. این تحقیق با هدف بررسی روند تغییرات کاربری اراضی محدوده شهری کرمان و بررسی اثرگذاری این تغییرات بر دمای سطح زمین، با استفاده از اطلاعات ماهواره لندست OLI و TM در دامنه زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹ انجام گرفت. برای تحقق این هدف، تغییرات کاربری در شش طبقه عمده مناطق مسکونی و انسان ساخت، پوشش گیاهی، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم و اراضی شور بدون پوشش گیاهی بررسی شد. نتایج نشان داد که در دامنه زمانی پژوهش، مناطق مسکونی و انسان ساخت افزایش ۱۴/۲۰ درصدی و کاربری‌های پوشش گیاهی، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم و اراضی شور و بدون پوشش گیاهی نیز به ترتیب کاهش ۳/۷۶، ۸/۲۳ و ۲/۲۲ درصدی داشتند. این تغییرات کاربری با ضریب کاپا و دقت کلی بیش از ۰/۸۷ و ۹۰ درصد نشان‌دهنده دقت کافی در طبقه‌بندی است. براساس بررسی تغییرات شاخص LST و NDVI، در دامنه زمانی بین سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹ مقدار متوسط شاخص LST از ۴۲/۲۶ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۶۹ به ۴۷/۴ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۹۹ رسید. مساحت طبقات بیشتر از ۳۳ درجه سانتی‌گراد LST در طول این دامنه زمانی روند افزایشی داشت؛ به طوری که مساحت آن از ۶/۳۳ درصد در سال ۱۳۶۹ به حدود ۳۱/۴۶ درصد در سال ۱۳۹۹ رسید. مقادیر شاخص NDVI تا سال ۱۳۸۹ کاهش بود، اما در سال ۱۳۹۹ مقدار این شاخص افزایش یافت. بررسی تغییرات دما در کاربری‌های مختلف نیز نشان داد که در سال ۱۳۶۹ بیشترین دمای سطح زمین مربوط به کاربری اراضی شور و بدون پوشش گیاهی با متوسط دمای ۴۷/۳۰ درجه سانتی‌گراد بود، در حالی که در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹ بیشترین مقدار متوسط دما با ۴۶/۵۱، ۴۷/۳۰ و ۵۰/۶۴ درجه سانتی‌گراد، به ترتیب مربوط به کاربری مناطق شهری و انسان ساخت بود. بنابراین نتایج این تحقیق می‌تواند به برنامه‌ریزان شهری و سیاستگذاران برای توسعه پایدار و به حداقل رساندن تأثیرات جزیره گرمایی شهری کرمان کمک چشمگیری کند.

کلید واژگان: پوشش گیاهی، دمای سطح زمین، سنجش از دور، شهر کرمان، ماهواره لندست

۱. مقدمه

تغییر کاربری و تشکیل جزایر گرمایی با کمک علم سنجش از راه دور، پژوهش‌های متعددی صورت گرفته است.

Mojarrad و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی تغییرات دوره‌ای و فصلی جزیره گرمایی شهر کرمانشاه در شب و روز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداختند، نتایج تحقیق آنها نشان داد که مناطق شهری در طول روز به خصوص در دوره گرم سال، از مناطق غیرشهری دمای سطح کمتری دارند و جزیره گرمایی سطحی شهری (SUCI) تشکیل می‌شود. نتایج تحقیق آنها نشان داد که در شب، به‌ویژه در بهار وضعیت فوق معکوس شده و دمای مناطق شهری به دلیل انتقال گرمای محسوس در حدود ۱ تا ۲ درجه بیشتر از بیرون شهر می‌شود و از این‌رو جزیره گرمایی سطحی شهری شکل می‌گیرد. Darvishi و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در شهرستان مریوان پرداختند و نتیجه گرفتند که با افزایش مساحت زمین‌های مسکونی و بایر و همچنین کاهش پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی در دوره‌های تحت بررسی، دما در منطقه پژوهش افزایش داشته است. Shabani و همکاران (۲۰۱۹)، با بررسی آثار تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی-مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی در شهرستان سقز دریافتند که افزایش دما در کاربری‌های نواحی مسکونی، بایر و پوشش گیاهی طی دوره ۲۰۱۸-۱۹۸۹ رخ داده و طبقه با پوشش گیاهی کم، بیشترین دما را نسبت به طبقات با پوشش گیاهی متوسط و زیاد داشته است. همچنین نتایج تحقیق آنها نشان داد که جزایر حرارتی در سال‌های ۲۰۰۸ و

امکانات رفاهی از جمله شبکه‌های جاده‌ای مناسب و خدمات عمومی موجب جذب جمعیت از روستاها و مناطق همجوار به مناطق شهری و در پی آن، افزایش شهرنشینی در این مناطق شده است (Guo *et al.*, 2020). در پی این افزایش جمعیت و فراهم آوردن امکانات برای این جمعیت انبوه، امروزه تغییر کاربری گسترده‌ای در این مناطق دیده می‌شود (Eskandari Damaneh *et al.*, 2018). این تغییر کاربری در نهایت سبب افزایش مناطق ساخته‌شده، کاهش فضای سبز و فضای باز و در نهایت افزایش دمای سطح شهری می‌شود (Zhao *et al.*, 2020) و بر آب‌وهوای این مناطق تأثیر بسزایی دارد؛ به‌طوری که این الگوی تغییر کاربری، دمای محیط‌های شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب ایجاد جزایر حرارت شهری می‌شود که از لحاظ آب‌وهوا از مناطق اطراف خود گرم‌ترند (Yang *et al.*, 2020). سنجش از دور یکی از فنون نو و کارآمد در زمینه ارزیابی تغییر کاربری و پایش این جزایر گرمایی است. داده‌های سنجش از دور، اطلاعات به‌روزی از پوشش، تغییر کاربری اراضی و در نهایت ایجاد این جزایر گرمایی در مناطق شهری در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد و در تحلیل و شبیه‌سازی این مناطق در دوره‌های زمانی مختلف بسیار مفید است (Isazade *et al.*, 2021). داده‌های سنجش از راه دور در مقایسه با روش‌های سنتی، مقادیر بیشتری از اطلاعات کاربری اراضی در مناطق شهری و تشکیل جزایر گرمایی در یک مکان جغرافیایی فراهم می‌کنند که از نظر زمان و هزینه در مقیاس منطقه‌ای مقرون به صرفه است (Eskandari Damaneh *et al.*, 2019). در زمینه ارزیابی این

دهلی در هند را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که با افزایش کاربری مناطق شهری و انسان‌ساخت در طول دوره ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۸، حداقل و حداکثر دما ۱/۲۶ تا ۴/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت.

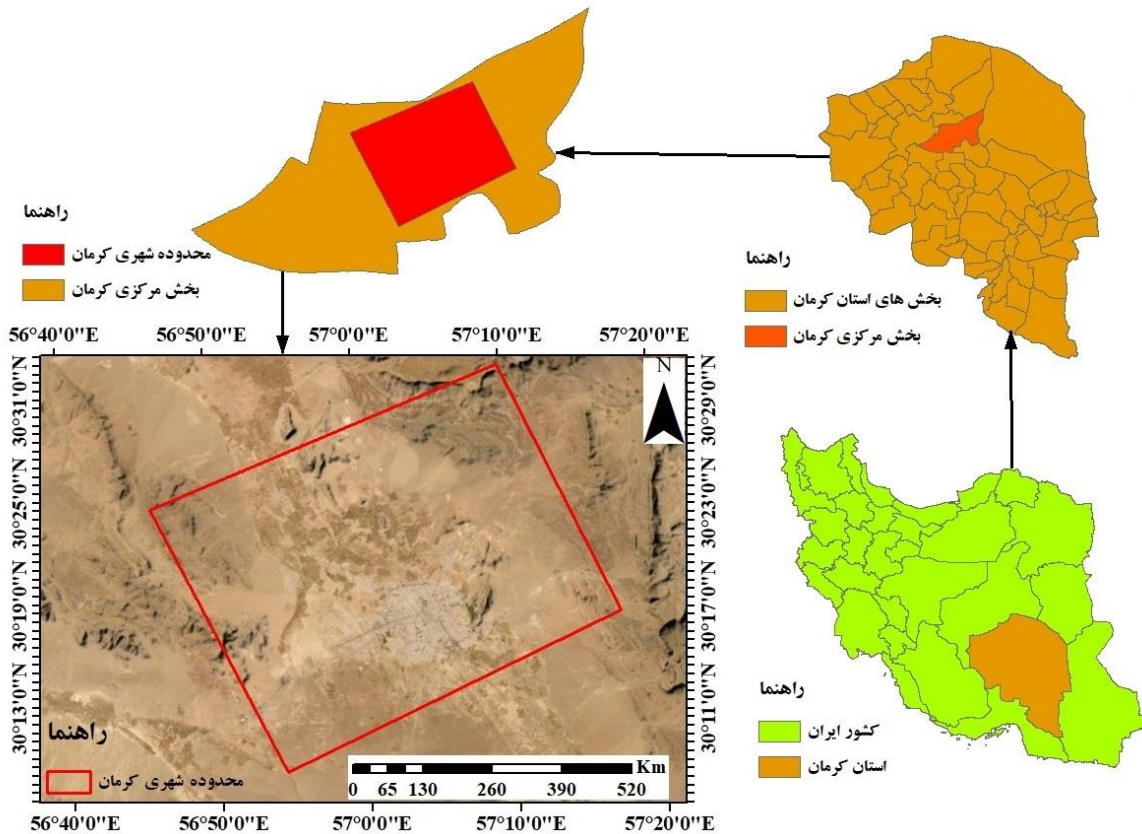
با توجه به مرور منابع صورت‌گرفته و از طرف دیگر به علت گسترش شهر کرمان در جنوب شرق ایران و در نتیجه فراهم آمدن امکانات رفاهی در سال‌های اخیر، با افزایش روند مهاجرت از شهرستان‌های جنوبی استان و همچنین استان‌های مجاور به این منطقه مواجهیم، به طوری که این شهر برای فراهم آوردن امکانات برای افراد، تغییر کاربری چشمگیری را متحمل شده است و این تغییر کاربری سبب شده که از وسعت زمین‌های کشاورزی و زراعی در این منطقه کاسته و به کاربری مناطق شهری و انسان‌ساخت افزوده شود. در پی این تغییر کاربری و پیامدهای حاصل از آن، هدف این پژوهش ارزیابی روند تغییر کاربری اراضی شهر کرمان و بررسی جزایر گرمایی حاصل از آن در این منطقه است تا مشخص شود که با این تغییر و تحول رخ داده، دما چه تغییری یافته و به چه سمتی سوق پیدا خواهد کرد. این موضوع اولین بار در این منطقه بررسی می‌شود.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه پژوهش

شهر کرمان در بخش مرکزی استان کرمان به‌طور تقریبی در جنوب غرب دشت لوت در محدوده ۵۶ درجه و ۴۰ دقیقه و ۵۶ ثانیه تا ۵۷ درجه و ۲۰ دقیقه و ۵۰ ثانیه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۰ دقیقه و ۲۳ ثانیه تا ۳۰ درجه و ۳۱ دقیقه و ۵ ثانیه عرض شمالی واقع شده است. مساحت و متوسط بارش سالانه منطقه، به ترتیب ۱۲۵۰۱۱/۱۱ هکتار و ۱۴۷

۲۰۱۸ در نواحی شمال شرق شهرستان سقز رخ داده است. Saedpanah و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین در بخش مرکزی شهرستان سنندج پرداختند، نتایج تجزیه و تحلیل کاربری اراضی در محدوده پژوهش آنها نشان داد که مناطق شهری، اراضی کشاورزی و مناطق آبی در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ روند افزایشی و اراضی بایر روند کاهشی داشته است. حداقل دمای سطح زمین در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۹ به ترتیب از ۱۵/۶ به ۲۶/۵ درجه سانتی‌گراد رسید. همچنین در طول دوره نوزده ساله، حداکثر دما از ۲۲/۴۹ درجه سانتی‌گراد به ۳۹/۵۱ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. بیشترین دمای سطحی در هر دو سال یادشده متعلق به اراضی بایر بود. Wang و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین در دلتای رودخانه پپارل در چین به این نتیجه رسیدند که رشد مناطق شهری سبب افزایش دمای سطح زمین در این منطقه شده است. Debnath و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر رشد شهرنشینی بر پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در منطقه باراسات در هند پرداختند و نتیجه گرفتند که از اواسط دهه ۱۹۹۰ این منطقه با رشد سریع شهرنشینی روبه‌رو شده است. از این‌رو تراکم جمعیت در باراسات به سرعت در حال افزایش است که در نتیجه آن ساختمان‌های متراکم، بتنی و بلندی ایجاد شده است. نتایج بررسی تصاویر ماهواره‌ای لندست در این منطقه نشان داد که افزایش جمعیت سبب ایجاد جزیره گرمایی و افزایش دمای سطح زمین در این منطقه شده است. Naikoo و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر تغییر کاربری و پوشش زمین در تشکیل جزایر گرمایی در کلانشهر



شکل ۱- موقعیت استان کرمان در کشور و محدوده پژوهش در شهر کرمان

شده است. این داده‌های چندطیفی از سایت زمین‌شناسی آمریکا (earthexplorer.usgs.gov) دریافت و برای پیش‌پردازش و پردازش‌های لازم آماده شد. به‌منظور تهیه نقشه کاربری بر روی تصاویر دریافت‌شده مراحل تصحیح رادیومتریک و تصحیح اتمسفری انجام گرفت (Esandari Damaneh *et al.*, 2016). پس از اعمال پیش‌پردازش‌های لازم، نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی محدوده شهری کرمان برای سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹ با استفاده از روش حداکثر احتمال در نرم‌افزار ENVI5.3 تهیه شد (Esandari Damaneh *et al.*, 2021). در این زمینه از شاخص‌های کمکی NDVI، NDBI و NDWI استفاده شد (جدول ۲) (Rugel *et al.*, 2017; Abutaleb *et al.*, 2015; Arekhi *et al.*, 2019). در نهایت با استفاده از روش حداکثر

میلی‌متر است که براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، در طبقه‌بندی اقلیمی خشک و نیمه‌خشک قرار می‌گیرد (Khanjani *et al.*, 2017). موقعیت شهر کرمان در کشور و استان کرمان در شکل ۱ نشان داده شده است.

۲-۲. روش تحقیق

۲-۲-۱. داده‌های ماهواره‌ای و پردازش‌ها

در این تحقیق برای به‌دست آوردن میزان تغییرات کاربری اراضی، در دوره زمانی سی‌ساله (از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹) از تصاویر سنجنده لندست منطقه شهری کرمان استفاده شد. ابزار و اطلاعات استفاده‌شده در این بخش، نرم‌افزارهای ENVI5.3، Excel.GIS10.3 و داده‌های سنجنش از دور شامل تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سنجنده لندست ۵ و لندست ۸ بوده که اطلاعات آنها در جدول ۱ ارائه

جدول ۱- مشخصات تصاویر استفاده شده

تاریخ میلادی	تاریخ خورشیدی	ماهواره	سنجنده	گذر/ردیف	قدرت تفکیک مکانی (متر)
۱۹۹۰	۱۹۹۰/۰۶/۱۷	لندست ۵	TM	۳۹/۱۶۰	۳۰
۲۰۰۰	۲۰۰۰/۰۵/۲۷	لندست ۵	TM	۳۹/۱۶۰	۳۰
۲۰۱۰	۲۰۱۰/۰۵/۲۸	لندست ۵	TM	۳۹/۱۶۰	۳۰
۲۰۲۰	۲۰۲۰/۰۶/۰۳	لندست ۸	OLI	۳۹/۱۶۰	۳۰

جدول ۲- جزئیات شاخص‌های به‌دست آمده از تصاویر ماهواره لندست

توضیحات	دامنه	شاخص
شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی (Tucker و همکاران، ۱۹۸۶)	بین ۱- تا ۱	$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$
شاخص نرمال شده اختلاف مناطق پوشیده از آب (Gao، ۱۹۹۶)	بین ۱- تا ۱	$NDWI = \frac{NIR + SWR}{SWR - NIR}$
شاخص نرمال شده اختلاف مناطق شهری (Zha و همکاران، ۲۰۰۳)	بین ۱- تا ۱	$NDBI = \frac{NIR + SWR}{SWR + NIR}$

(Near Infrared (NIR) = باند مادون قرمز، Red = باند قرمز و Short-Wave infrared (SWIR) = باند قرمز کوتاه)

جدول ۳- جزئیات کاربری‌های استفاده شده در تحقیق

کاربری اراضی	توضیحات
مناطق مسکونی و انسان ساخت،	مناطق مسکونی، تجاری، شبکه‌های حمل و نقل مانند جاده‌ها و شبکه ریلی
پوشش گیاهی	پوشش گیاهی مترکم، اراضی کشاورزی، باغی، زراعی
اراضی بایر با پوشش گیاهی کم	مراتع، اراضی با پوشش گیاهی پراکنده
اراضی شور بدون پوشش گیاهی	اراضی شور، ماسه‌زارها، اراضی لخت و بدون پوشش گیاهی

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.

$$Kappa = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e} \quad (1)$$

در این رابطه P_0 درستی مشاهده شده و P_e توافق مورد انتظار است (Eskandari Damaneh et al., 2020).

۲-۲-۲. بررسی دمای سطح خاک (LST)

دمای سطح زمین عاملی مهم برای تخمین پارامترهای فیزیولوژیکی و فرایندهای آنهاست. از این پارامترها می‌توان به جریان‌های انرژی سطحی مانند تبخیر و تعرق، تولیدات گیاهی، دمای هوا نزدیک سطح و غیره اشاره کرد. افزایش تغییرات کاربری به‌خصوص افزایش شهرسازی و صنعتی شدن به شدت

احتمال و با کمک شاخص کمکی ذکر شده، نقشه کاربری در چهار طبقه عمده مناطق مسکونی و انسان ساخت، پوشش گیاهی، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم و اراضی شور بدون پوشش گیاهی تهیه شد. جزئیات هر کدام از این کاربری‌ها در جدول ۳ ارائه شده است.

پس از پایان مرحله طبقه‌بندی، نتایج طبقه‌بندی از طریق مقایسه نقشه‌های طبقه‌بندی شده با واقعیت زمینی و با کمک معیارهای تعیین صحت، به صورت کمی برآورد شد. در این تحقیق برای ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده، با مقایسه متناظر با نقاط واقعیت زمینی حاصل از مطالعات میدانی و با استفاده از تصاویر گوگل ارث، ماتریس خطا تشکیل و براساس آن دقت تولیدکننده و کاربر، صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه شد (Eskandari Damaneh et al., 2020; Kafy et al., 2020). شاخص کاپا

جدول ۴- تغییرات کاربری محدوده شهر کرمان در دوره ۱۳۹۹-۱۳۶۹ برحسب هکتار و درصد

کاربری اراضی	۱۳۶۹		۱۳۷۹		۱۳۸۹		۱۳۹۹	
	مساحت (هکتار)	مساحت (%)	مساحت (هکتار)	مساحت (%)	مساحت (هکتار)	مساحت (%)	مساحت (هکتار)	مساحت (%)
مناطق مسکونی و انسان‌ساخت	۲۳۴۶/۹۸	۱/۸۸	۵۰۶۹/۶۲	۴/۰۶	۱۱۱۷۴۳/۹	۹/۴۱	۲۰۱۰۲/۸۱	۱۶/۰۸
	۲۳۰۶۴/۰۷	۱۸/۴۵	۲۳۱۷۹/۵۸	۱۷/۷۴	۱۹۴۵۷/۹۸	۱۵/۵۶	۱۸۳۶۷/۹۹	۱۴/۶۹
پوشش گیاهی	۹۴۹۴۹/۲۸	۷۵/۹۵	۹۳۳۳۲/۶۰	۷۴/۵۸	۹۱۲۷۲/۸۱	۷۳/۰۱	۸۴۶۶۷/۰۱	۶۷/۷۳
	۲۳۳۶۹/۸	۳/۷۲	۴۵۲۹/۳۱	۳/۶۲	۲۵۱۵/۹۳	۲/۰۱	۱۸۷۸/۳۱	۱/۵۰
اراضی باغی با پوشش گیاهی کم	۲۳۳۶۹/۸	۳/۷۲	۴۵۲۹/۳۱	۳/۶۲	۲۵۱۵/۹۳	۲/۰۱	۱۸۷۸/۳۱	۱/۵۰
	۲۳۳۶۹/۸	۳/۷۲	۴۵۲۹/۳۱	۳/۶۲	۲۵۱۵/۹۳	۲/۰۱	۱۸۷۸/۳۱	۱/۵۰
اراضی شور و بدون پوشش گیاهی	۲۳۳۶۹/۸	۳/۷۲	۴۵۲۹/۳۱	۳/۶۲	۲۵۱۵/۹۳	۲/۰۱	۱۸۷۸/۳۱	۱/۵۰
	۲۳۳۶۹/۸	۳/۷۲	۴۵۲۹/۳۱	۳/۶۲	۲۵۱۵/۹۳	۲/۰۱	۱۸۷۸/۳۱	۱/۵۰
کل	۱۲۵۰۱۱/۱۱	۱۰۰	۱۲۵۰۱۱/۱۱	۱۰۰	۱۲۵۰۱۱/۱۱	۱۰۰	۱۲۵۰۱۱/۱۱	۱۰۰
	۱۲۵۰۱۱/۱۱	۱۰۰	۱۲۵۰۱۱/۱۱	۱۰۰	۱۲۵۰۱۱/۱۱	۱۰۰	۱۲۵۰۱۱/۱۱	۱۰۰

تعداد دمای مناطق را بر هم زده است؛ این مناطق نسبت به مناطق اطراف درجه حرارت بیشتری دارند و جزیره‌های گرمایی شهری محسوب می‌شوند. توسعه شهری به‌طور معمول موجب تغییرات چشمگیری در سطح زمین می‌شود. برای مثال با از بین رفتن پوشش گیاهی و جایگزین شدن آن با مناطق شهری، چون پوشش گیاهی با پوشش‌هایی مانند آسفالت، فلز و بتن جایگزین شده است، در این مناطق تبخیر و تعرق وجود نخواهد داشت. این تغییرات سبب توزیع نامناسب تابش خورشیدی و کنتراست در مناطق شهری و روستایی می‌شود که این موضوع، بر هم

خوردن تعادل طبیعت را در پی خواهد داشت. به کمک فناوری سنجش از دور می‌توان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، این جزایر را در مقیاس‌های متفاوت شناسایی و تأثیر آنها را بر محیط اطراف بررسی کرد. در این زمینه برای محاسبه دمای سطح زمین (LST) از باندهای حرارتی (باند ۶ لندست ۵ (TM) و باندهای ۱۰ و ۱۱ لندست ۸ (OLI/TIRS) استفاده شد. ابتدا رادیانس طیفی باند حرارتی لندست ۵ و باندهای حرارتی لندست ۸ با استفاده از رابطه‌های ۲ و ۳ محاسبه شد و در نهایت با استفاده از رابطه ۴ دمای سطح زمین برحسب درجه سانتی‌گراد

ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر تشکیل جزایر گرمایی....

جدول ۵- ارزیابی دقت طبقات کاربری‌های سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹ محدوده شهری کرمان برحسب درصد

ضریب کاپا	دقت کلی (%)	دقت کاربر (%)				دقت تهیه‌کننده (%)				سال
		اراضی شور با پوشش گیاهی کم	اراضی بایر با پوشش گیاهی کم	پوشش گیاهی	مناطق مسکونی و انسان‌ساخت	اراضی شور با پوشش گیاهی کم	اراضی بایر با پوشش گیاهی کم	پوشش گیاهی	مناطق مسکونی و انسان‌ساخت	
۰/۸۷	۹۰	۰/۹۸	۰/۸۸	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۸۸	۰/۹۵	۰/۹۱	۰/۸۶	۱۳۶۹
۰/۸۹	۹۲	۰/۹۴	۰/۸۵	۰/۹۰	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۸۵	۰/۹۴	۰/۸۱	۱۳۷۹
۰/۹۱	۹۳	۰/۹۷	۰/۸۵	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۲	۰/۹۳	۰/۹۳	۱۳۸۹
۰/۹۷	۹۸	۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۸۶	۰/۸۰	۰/۹۵	۰/۸۸	۱۳۹۹

(۵)

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

K_1 و k_2 ، ثابت حرارتی باند ۶ در لندست ۵ و باندهای ۱۰ و ۱۱ در لندست ۸ هستند که از متادیتای ماهواره به‌دست می‌آیند (Ullah et al., 2019; Al Rakib et al., 2020).

۳. نتایج

۳-۱. روند تغییرات کاربری شهر کرمان در

دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹

نقشه کاربری اراضی منطقه پژوهش در شش طبقه عمده شامل مناطق مسکونی و انسان‌ساخت، پوشش گیاهی، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم و اراضی شور بدون پوشش گیاهی برای دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۹ تهیه شد (شکل ۲). بررسی دقت و صحت کاربری‌های تولیدشده در جدول ۴ نشان داد که دقت کلی نقشه کاربری برای سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹ به ترتیب ۹۰، ۹۲، ۹۳ و ۹۸ درصد و ضریب کاپا برای این کاربری‌ها نیز ۰/۸۷، ۰/۸۹، ۰/۹۱ و ۰/۹۷ است. بررسی درصد و نرخ تغییرات

محاسبه شد. در زیر رابطه‌های ۲ تا ۴ آورده شده است (Arabi Aliabad et al., 2020; Jiménez- (Muñoz and Sobrino, 2010).

(۲)

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

(۳)

$$L_\lambda(OLI) = ML \times DN + AL$$

(۴)

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

L_λ ، رادیانس طیفی بالای اتمسفر؛ ML، ضریب تبدیل که از متادیتا به‌دست می‌آید و AL، ضریب تبدیل است که از متادیتا به‌دست می‌آید.

Qcal، ارزش رقومی باند خام (DN) و L_{min} و L_{max} از متادیتای لندست ۵ به‌دست می‌آیند. در اینجا $\rho = 1.438 \times 10^{-2} mk$ همچنین ε ، قابلیت انتشار است که با استفاده از روش NDVI محاسبه می‌شود (Sobrino et al., 2004; Khosravi et al., 2017; Eskandari Damaneh et al., 2020; Ahmadaali et al., 2021)، $T_B =$ دمای درخشندگی ماهواره است که با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می‌شود.

جدول ۶- تغییرات دمای سطح زمین (LST) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در دوره زمانی ۱۳۶۹-۱۳۹۹

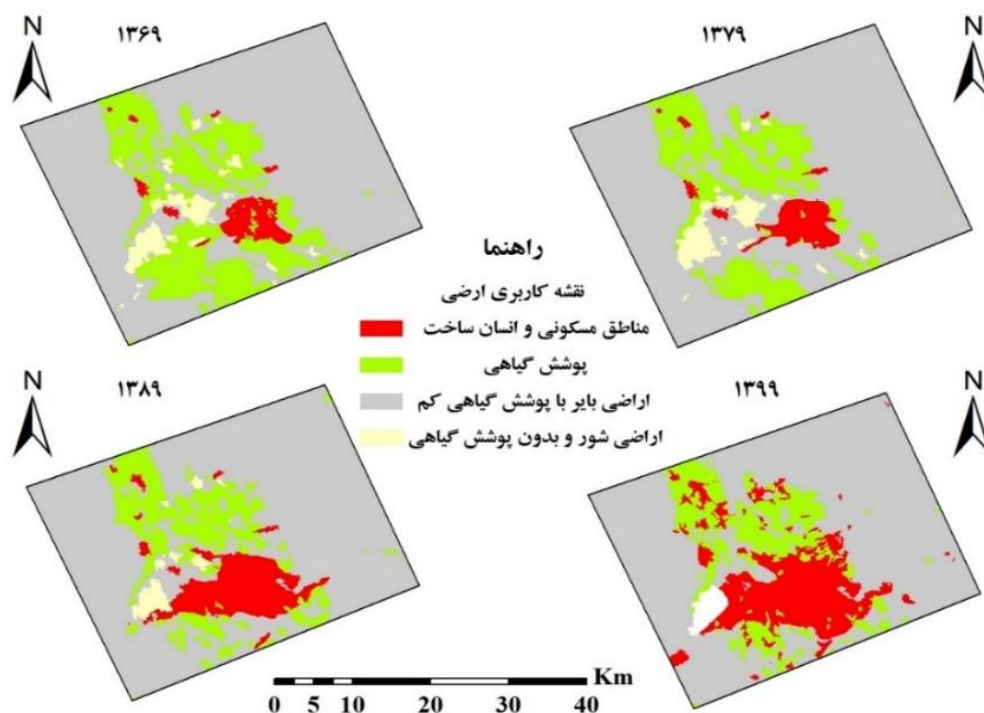
پوشش گیاهی (NDVI)				دمای سطح زمین (LST)				شاخص
انحراف استاندارد	حداکثر	متوسط	حداقل	انحراف استاندارد	حداکثر	متوسط	حداقل	سال
۰/۰۷۲	۰/۷۷	۰/۱۲۳	-۰/۰۶	۴	۵۴/۱۹	۴۲/۲۶	۲۰/۱۷	۱۳۶۹
۰/۰۷	۰/۷۳	۰/۱۱	-۰/۱	۳/۸	۵۴/۵۵	۴۵/۶	۲۱/۹۵	۱۳۷۹
۰/۰۴۲	۰/۶۲	۰/۰۹۵	-۰/۲۸	۳/۶۶	۵۵/۸۶	۴۶/۸	۲۲/۹۸	۱۳۸۹
۰/۰۶۴	۰/۷۸	۰/۱۵	-۰/۴۴	۳/۸۲	۵۶/۸	۴۷/۴	۲۴	۱۳۹۹

بایر با پوشش گیاهی کم و اراضی شور و بدون پوشش گیاهی در این دوره زمانی به ترتیب کاهش ۰/۸۸، ۵/۲۸ و ۰/۵۱ درصدی داشتند. از طرفی بررسی تغییرات کاربری بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹ نیز نشان داد که مناطق مسکونی و انسان‌ساخت افزایش ۱۴/۲۰ داشت و دیگر کاربری‌های موجود در منطقه، پوشش گیاهی، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم و اراضی شور و بدون پوشش گیاهی در این دوره زمانی به ترتیب کاهش ۳/۷۶، ۸/۲۳ و ۲/۲۲ داشتند.

۲-۳. تغییرات مکانی و زمانی دمای سطح زمین (LST) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹

الگوی تغییرات مکانی و زمانی دمای سطح زمین LST و شاخص پوشش گیاهی NDVI در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹ به ترتیب در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. براساس شکل ۳، بیشترین مقادیر دمای سطح، در سال ۱۳۶۹ و ۱۳۷۹ مربوط به قسمت‌های شرقی و غربی تا جنوب غربی منطقه بود، در حالی که در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ بیشترین مقدار دما مربوط به قسمت‌های جنوبی تا جنوب

کاربری اراضی در شکل ۲ و جدول ۵ نشان داد که در این دوره زمانی سی‌ساله، روند تغییرات کاربری اراضی در منطقه چشمگیر است، به طوری که در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۹ مناطق مسکونی افزایش ۲/۱۸ درصدی داشت. در سال ۱۳۶۹ این مناطق ۱/۸۸ و در سال ۱۳۷۹ حدود ۴/۰۶ درصد از منطقه را در بر گرفت. در حالی که کاربری‌های پوشش گیاهی، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم و اراضی شور و بدون پوشش گیاهی به ترتیب حدود ۰/۷۱، ۱/۳۷ و ۰/۱ درصد کاهش نشان دادند. بررسی روند تغییرات مناطق مسکونی و انسان‌ساخت در دوره زمانی ۱۳۶۹-۱۳۸۹ نشان داد که این مناطق، افزایش ۵/۳۶ درصدی را تجربه کردند، به طوری که این مناطق در سال ۱۳۸۹ حدود ۹/۴۱ درصد از منطقه را شامل می‌شدند. در حالی که کاربری‌های پوشش گیاهی، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم و اراضی شور و بدون پوشش گیاهی در این دوره زمانی به ترتیب کاهش ۲/۱۸، ۱/۵۷ و ۱/۶۱ درصدی نشان دادند. بین سال‌های ۱۳۶۹-۱۳۸۹، مناطق مسکونی و انسان‌ساخت افزایش ۶/۶۷ درصدی داشت، به طوری که در سال ۱۳۹۹ حدود ۱۶/۰۸ درصد افزایش داشت. در حالی که کاربری‌های پوشش گیاهی، اراضی

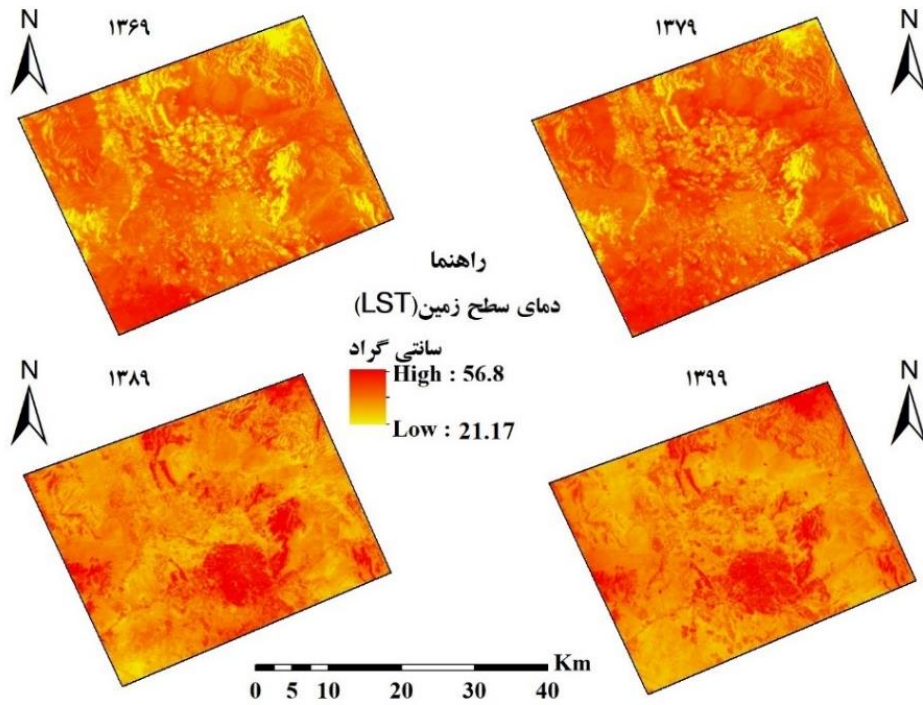


شکل ۲- نقشه تغییرات کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹

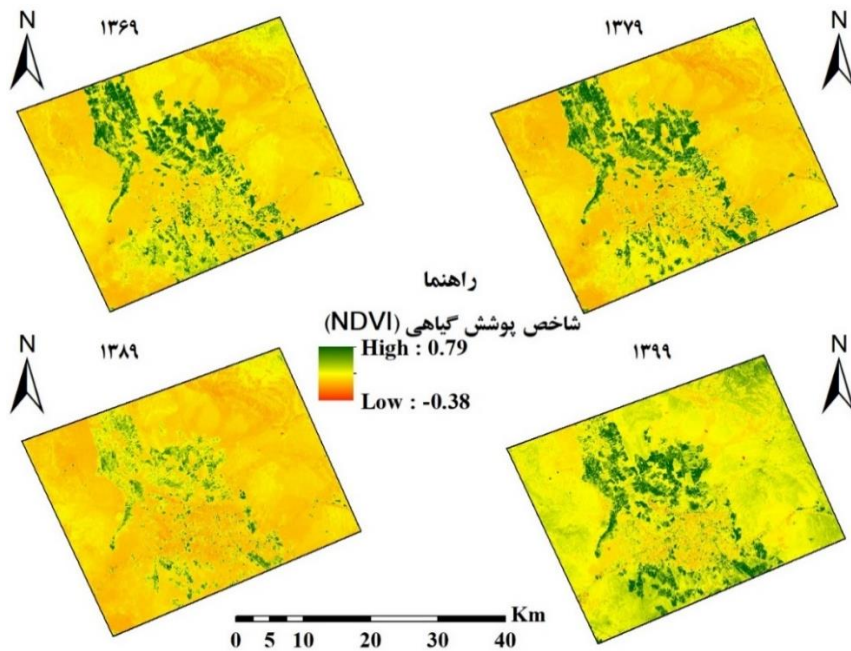
بررسی تغییرات مکانی و زمانی دمای سطح زمین با استفاده از باندهای حرارتی ماهواره لندست در طبقات مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است. براساس این شکل، در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹ بیشترین درصد مساحت از محدوده شهر کرمان در طبقات ۲۰-۳۳ درجه سانتی‌گراد قرار داشت، به طوری که در سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹ به ترتیب این طبقات حدود ۸۴/۳۲، ۷۷/۲۵، ۶۶/۶۷ و ۶۶/۵۳ درصد از منطقه را در بر گرفته بود. این در حالی است که در طول این دوره زمانی، طبقات بیشتر از ۳۳ درجه سانتی‌گراد روند افزایشی داشت، به طوری که از ۶/۳۳ درصد در سال ۱۳۶۹ به حدود ۳۱/۴۶ درصد در سال ۱۳۹۹ رسید. بررسی روند تغییرات دمای سطح در کاربری‌های مختلف در شکل ۶ نیز نشان داد که در سال ۱۳۶۹ بیشترین دمای سطح زمین مربوط به کاربری اراضی شور و بدون پوشش گیاهی با متوسط دمای ۴۷/۳۰ درجه سانتی‌گراد بود، در حالی که

غربی منطقه بود. از طرفی نتایج شکل ۴ نیز نشان می‌دهد که حداکثر شاخص NDVI در همه سال‌ها مربوط به قسمت‌های مرکزی تا شمالی منطقه بوده است. روند تغییرات LST و NDVI نیز کاملاً عکس یکدیگرند. بررسی تغییرات شاخص LST و NDVI در جدول ۶ نشان می‌دهد که در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹، مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط در حال افزایش است، به طوری که مقدار متوسط شاخص LST از ۴۲/۲۶ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۶۹ به ۴۷/۴ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۹۹ رسید. طبق جدول ۵ مقادیر شاخص NDVI تا سال ۱۳۸۹ کاهشی بود، به گونه‌ای که در سال ۱۳۶۹ مقدار متوسط این شاخص ۰/۱۲۳ بود که در سال ۱۳۸۹ به ۰/۰۹۵ و در سال ۱۳۹۹ به ۰/۱۵ رسید.

۳-۳. تغییرات دمای سطح زمین در طبقات و کاربری‌های مختلف در دوره زمانی ۱۳۶۹-۱۳۹۹



شکل ۳- نقشه تغییرات دمای سطح زمین (LST) سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹

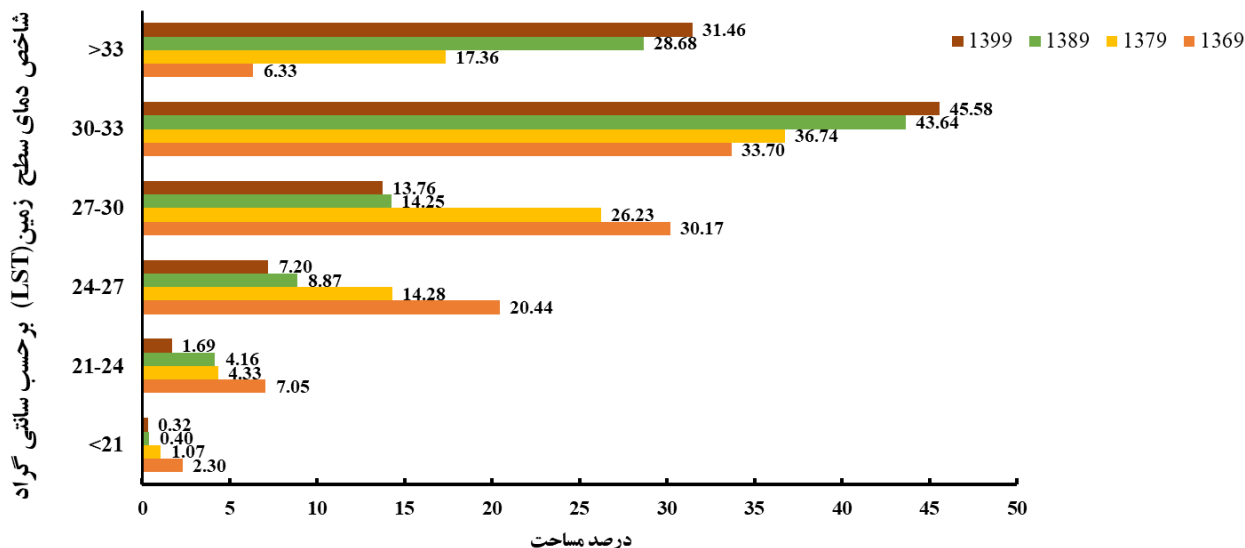


شکل ۴- نقشه تغییرات پوشش گیاهی (NDVI) سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹.

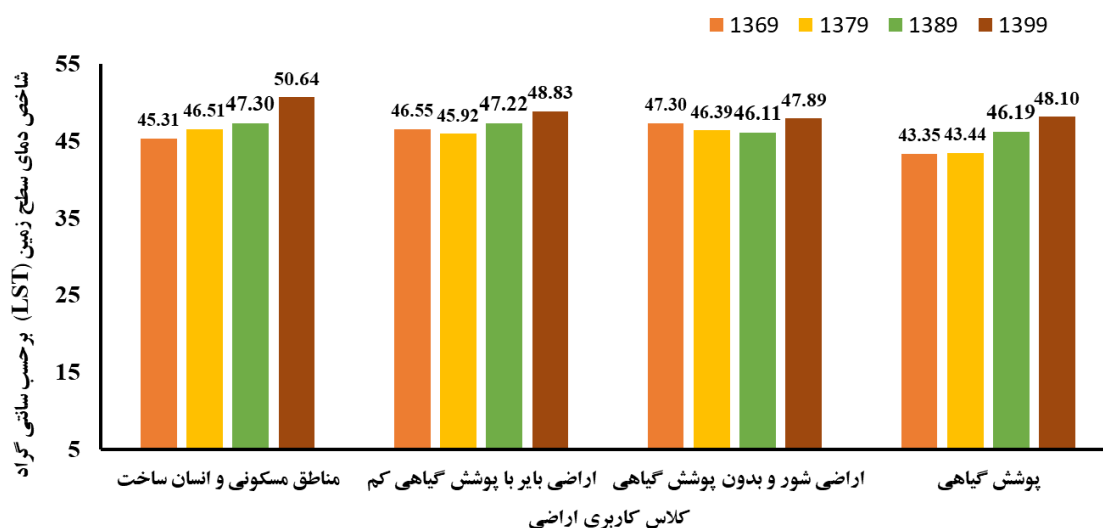
تحقیق حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره لندست TM و OLI برای بررسی تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین (LST) و همچنین بررسی اثرهای این دو پارامتر بر محدوده شهری کرمان در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹ صورت گرفت. بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در محدوده شهری کرمان

بیشترین مقدار متوسط دما، به ترتیب در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹ با ۴۶/۵۱، ۴۷/۳۰ و ۵۰/۶۴ درجه سانتی‌گراد متعلق به کاربری مناطق شهری و انسان‌ساخت است.

۴. بحث و نتیجه گیری



شکل ۵- تغییرات طبقات شاخص دمای سطح زمین (LST) در دوره زمانی ۱۳۶۹-۱۳۹۹



شکل ۶- تغییرات شاخص دمای سطح زمین (LST) در کاربری اراضی در دوره زمانی ۱۳۶۹-۱۳۹۹

افزایش است، به طوری که در دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۹۲ بیشترین افزایش در کاربری مناطق شهری (حدود ۱۵۳۶/۳۰ هکتار) دیده شد. براساس پژوهش‌های پیشین، افزایش مناطق شهری اثرهای اقتصادی و اجتماعی مثبتی برای مردم دارد، اما ممکن است تأثیر منفی نیز بر محیط زیست طبیعی بگذارد (Estoque & Murayama, 2012).

افزایش مناطق شهری، کاهش اراضی طبیعی مانند اراضی بایر با پوشش گیاهی کم و اراضی شور بدون پوشش گیاهی را در پی داشته است. این اراضی

نشان داد که در این دوره زمانی سی ساله، مناطق شهری و انسان‌ساخت در حال افزایش بود و دیگر کاربری‌ها روند کاهشی داشت، به گونه‌ای که مناطق شهری و انسان‌ساخت در این دوره زمانی افزایش ۱۴/۲۸ درصدی را تجربه کرد و مساحت این کاربری از حدود ۲۳۴۶/۹۸ هکتار در سال ۱۳۶۹ به ۲۰۱۰۲/۸۱ هکتار در سال ۱۳۹۹ رسید. Mohimi و همکاران (۲۰۱۹) در تحلیل پراکندگی شهر کرمان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اشاره کردند که روند تغییرات شهر کرمان به صورت نامنظم در حال

به ترتیب در دوره زمانی ۱۳۶۹-۱۳۹۹ حدود ۸/۲۳ و ۲/۲۲ درصد کاهش داشتند. این کاهش اراضی طبیعی sff کاهش و به هم خوردن خدمات اکوسیستمی مانند تعدیل هوا، حفاظت از تنوع زیستی (به ویژه حفظ و کنترل بیولوژیکی از جمله تولید مثل گیاهی) و کنترل فرسایش می شود (Estoque and Murayama, 2012; Li et al., 2017). این افزایش در کاربری مناطق شهری و کاهش در اراضی با پوشش گیاهی در منطقه شهری کرمان، شرایط را برای افزایش دمای سطح زمین فراهم کرده است. براساس نتایج، متوسط دمای سطح (در دوره زمانی سی ساله تحت بررسی) افزایشی بود، به گونه ای که مقدار متوسط شاخص LST از ۴۲/۲۶ درجه سانتی گراد در سال ۱۳۶۹ به ۴۷/۴ درجه سانتی گراد در سال ۱۳۹۹ رسید. براساس گزارش IPCC (۲۰۱۴) و پژوهش Alamgir و همکاران (۲۰۲۰)، با افزایش مناطق شهری، کاهش پوشش گیاهی، کاهش بسترهای آبی و همچنین تغییرات اقلیمی رخ داده در مناطق مختلف، موجب افزایش شاخص LST شده است. نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که افزون بر افزایش دما، طبقات بالای دمای سطح زمین نیز در این منطقه در حال افزایش است، به طوری که دمای بیشتر از ۳۳ درجه سانتی گراد از ۶/۳۳ درصد در سال ۱۳۶۹ به حدود ۳۱/۴۶ درصد در سال ۱۳۹۹ رسید. این افزایش دما پیرو افزایش کاربری مناطق شهری و انسان ساخت افزایش یافته است. kafy و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهش خود بیان کردند که افزایش ۱۴ درصدی مناطق شهری و کاهش ۵ درصدی پوشش گیاهی در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ سبب افزایش ۷/۲۴

درصدی دمای سطح زمین در این مدت شده است. این افزایش در LST تأثیر مستقیمی بر دسترسی به منابع آبی و فرکانس های حدی اقلیمی داشته است که خود موجب تهدید زندگی بشر در همه اکوسیستم ها به ویژه اکوسیستم های مناطق خشک و نیمه خشک می شود، به طوری که بسیاری از پژوهش ها، تغییرات در فصول مانند گرم تر و کوتاه تر شدن فصول سرد را در آینده پیش بینی کرده اند (Hossain et al., 2020; Kafy et al., 2021). عوامل مختلفی بر گسترش و توسعه مناطق شهری مؤثرند که از آن جمله می توان به عوامل جمعیتی، اقتصادی و فرهنگی اشاره کرد (Weng, 2001). براساس اطلاعات مرکز آمار، جمعیت شهر کرمان در سال ۱۳۸۵ از حدود ۶۷۷۶۵۰ نفر به ۷۵۳۰۰۱ رسید که بیش از ۸۸ درصد آن جمعیت شهری بود. از طرفی این افزایش دما و تغییرات کاربری به طور مستقیم تحت تأثیر رشد و افزایش جمعیت در مناطق مسکونی و انسان ساخت است. افزون بر این، عواملی مانند مهاجرت، توزیع جمعیت شهری و روستایی و شهرنشینی نیز تأثیر بسزایی بر گسترش مناطق شهری و انسان ساخت دارند. همچنین عوامل اقتصادی مانند یارانه دولتی، تغییرات قیمت زمین و مالیات نیز از دیگر عوامل مؤثر بر تغییرات کاربری اراضی اند. نگرش ها، اعتقادات مذهبی، ارزش ها و ادراک فردی نیز در استفاده صحیح از اراضی و تغییرات اصولی آن مؤثرند. بنابراین استفاده درست و پیامدهای اکولوژیکی همچون افزایش دمای سطح و تغییرات کاربری به دانش مدیران اراضی، سیاست های اقتصادی و مهارت های مدیریتی مدیران و سیاستگذاران وابسته است.

References

- Abutaleb, K., Ngie, A., Darwish, A., Ahmed, M., Arafat, S., Ahmed, F., 2015. Assessment of urban heat island using remotely sensed imagery over Greater Cairo, Egypt. *Advances in Remote Sensing* 4(01), 35.
- Ahmadaali, K., Damaneh, H. E., Ababaei, B., Damaneh, H.E., 2021. Impacts of droughts on rainfall use efficiency in different climatic zones and land uses in Iran. *Arabian Journal of Geosciences* 14(2), 1-15.
- Al Rakib, A., Akter, K.S., Rahman, M.N., Arpi, S., 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. In 1st Int. Student Res. Conf.
- Alamgir, M., Khan, N., Shahid, S., Yaseen, Z.M., Dewan, A., Hassan, Q., Rasheed, B., 2020. Evaluating severity–area–frequency (SAF) of seasonal droughts in Bangladesh under climate change scenarios. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 34(2), 447-464.
- Arabi Aliabad, F., Zare, M., Mokhtari, M., 2020. Predicting seasonal soil depth temperature changes in the Yazd- Ardakan plain using Landsat 8 satellite images and Artificial Neural Network Technique 9(2), 85-102. (In Persian).
- Arekhi, M., Goksel, C., Balik Sanli, F., Senel, G., 2019. Comparative evaluation of the spectral and spatial consistency of Sentinel-2 and Landsat-8 OLI data for Igneada longos forest. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 8(2), 56.
- Darvishi, S., rashidpour, M., soleimani, K., 2019. Analysis of Land Use Role in the Formation of Thermal Islets of Marivan County Using Landsat Satellite Images. *Geography and Development Iranian Journal* 17(54), 143-162. (In Persian).
- Debnath, A., Kumar, R., Singh, T., Prawasi, R., 2020. The Impact of Rapid Urbanization on Vegetation Cover and Land Surface Temperature in Barasat Municipal Area. *Sustainable Development Practices Using Geoinformatics* 1-21.
- Eskandari Damaneh, H., Eskandari Damaneh, H., Khosravi, H., Gholami, H., 2019. Analysis and monitoring of drought using NDVI index (Case study: the west basin of Jaz Murian wetland). *Rangeland* 13(3), 461-475. (In Persian).
- Eskandari Damaneh, H., Gholami, H., Khosravi, H., Mahdavi Najafabadi, R., Khorani, A., Li, G., 2020. Modeling Spatial and Temporal Changes in Land-Uses and Land Cover of the Urmia Lake Basin Applying Cellular Automata and Markov Chain. *Geography and Sustainability of Environment* 10(2), 57-72. (In Persian).
- Eskandari Damaneh, H., Jafari, M., Eskandari Damaneh, H., Behnia, M., Khorani, A., Tiefenbacher, J.P., 2021. Testing Possible Scenario-Based Responses of Vegetation Under Expected Climatic Changes in Khuzestan Province. *Air, Soil and Water Research* 14, 11786221211013332.
- Eskandari Damaneh, H., Zehtabian, G., Khosravi, H., Azarnivan, H., Barati, A., 2020. Investigating the Influence of Drought on Trend of Vegetation Changes in Arid and Semiarid Regions, Using Remote Sensing Technique: A Case Study of Hormozgan province. *Desert Ecosystem Engineering Journal* 9(28), 13-28. (In Persian).
- Eskandari Damaneh, H., Zehtabian, G., Salajegheh, A., Ghorbani, M., Khosravi, H., 2018. Assessing the effect of land use changes on groundwater quality and quantity (Case study: west basin of Jazmoryan wetland). *Journal of Range and Watershed Managment*, 71(3), 563-578. (In Persian).
- Eskandari Damaneh, H., Zehtabian, G.R., Khosravi, H., Azarnivand, H., Barati, A., 2021. Simulation of future spatial and temporal changes in land uses and cover in arid areas (Case study: Minab plain). *Journal of Range and Desert Research* 28(3), 520-536. (In Persian).
- Eskandari, H., Borji, M., Khosravi, H., Nakhaee Nejadfar, S., Eskandari, H., 2016. Change Detection of of Bakhtegan and Tashk Basin during 2001-2013. *International Journal of Forest, Soil and Erosion (IJFSE)* 6(2), 67-71.
- Estoque, R. C., Murayama, Y., 2012. Examining the potential impact of land use/cover changes on the ecosystem services of Baguio city, the

- Philippines: a scenario-based analysis. *Applied Geography* 35(1-2), 316-326.
- Guo, A., Yang, J., Sun, W., Xiao, X., Cecilia, J. X., Jin, C., Li, X., 2020. Impact of urban morphology and landscape characteristics on spatiotemporal heterogeneity of land surface temperature. *Sustainable Cities and Society* 63, 102443.
- Hossain, M. S., Arshad, M., Qian, L., Kächele, H., Khan, I., Islam, M. D. I., & Mahboob, M. G., 2020. Climate change impacts on farmland value in Bangladesh. *Ecological indicators*. 112, 106181.
- IPCC, 2014. Mitigation of climate change. *Contrib. Work. Gr. III to Fifth Assess. Rep. Intergov. Panel Climate Change* 1454.
- Isazade, V., asiabi, S., isazadeh, E., 2021. Surface temperature monitoring using Landsat 8 images and single channel and separate window algorithms (Study area: Dezful city). *Geography and Human Relationships* 3(3), 8-25. (in Persian).
- Jiménez-Muñoz, J., Sobrino, J., 2010. Split-Window Coefficients for Land Surface Temperature retrieval from Low-Resolution Thermal Infrared Sensors, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 5, 806-809.
- Jiménez-Muñoz, J., Sobrino, J., Jiménez, D., Mattar, C., Cristóbal, J., 2014. Land Surface Temperature Retrieval Methods from Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 11, 1840-1843.
- Kafy, A.A., Rahman, M.S., Hasan, M.M., 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.
- Khanjani, N., Ahmadzadeh, A., Bakhtiari, B., Madadzadeh, F., 2017. The role of season and climate in the incidence of congenital hypothyroidism in Kerman province, Southeastern Iran. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism* 30(2), 149-157.
- Khosravi, H., Azareh, A., Dameneh, H.E., Sardooi, E.R., Dameneh, H.E., 2017. Assessing the effects of the climate change on land cover changes in different time periods. *Arabian Journal of Geosciences* 10(4), 93.
- Li, H., Peng, J., Yanxu, L., Yi'na, H., 2017. Urbanization impact on landscape patterns in Beijing City, China: A spatial heterogeneity perspective. *Ecological Indicators* 82, 50-60.
- Mohimi, A., Fadaei Qotbi, M., Esmaeily, A., Ghazanfarpour, H., 2019. Urban sprawl analysis of the city of Kerman via remote sensing. *Journal of Urban Social Geography* 6(1), 139-156. (In Persian).
- Mojarrad, F., Nasariyeh, M., Hashemi, S. 2018. Investigation of Periodic and Seasonal Variations of Urban Heat Island (UHI) at Night and Day Using Satellite Imagery in Kermanshah City. *Journal of the Earth and Space Physics* 44(2), 479-494.
- Naikoo, M.W., Islam, A.R.M.T., Mallick, J., Rahman, A., 2022. Land use/land cover change and its impact on surface urban heat island and urban thermal comfort in a metropolitan city. *Urban Climate* 41, 101052.
- Rahman, M.S., Mohiuddin, H., Kafy, A.A., Sheel, P.K., Di, L., 2019. Classification of cities in Bangladesh based on remote sensing derived spatial characteristics. *Journal of Urban Management* 8(2), 206-224.
- Rugel, E. J., Henderson, S. B., Carpiano, R. M., Brauer, M., 2017. Beyond the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): developing a natural space index for population-level health research. *Environmental Research* 159, 474-483.
- Saedpanah, M., Amanoollahi, J., Ghorbani, F., 2021. Investigating the effect of land use changes on land surface temperature in cold and semi-arid areas (Case study: Central Zone of Sanandaj City). *Journal of Natural Environment*. 74(1), 69-82. (in Persian).
- Shabani, M., Darvishan, S., Solaimani, K., 2019. Investigating the Effects of Land Use Change on Spatiotemporal Patterns of Land Surface Temperature and Thermal Islands (Case Study: Saqqez County). *Geography and Environmental Planning* 30(1), 37-54. (In Persian).

Skndari Dameneh, H., Khosravi, H., Abolhasani, A., 2019. Assessing the Effect of Land Use Changes on Groundwater Quality of Zarand Plain using Satellite Images and Geostatistical. *Journal of Natural Environmental Hazards* 8(20), 67-82. (In Persian).

Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Paolini, L., 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment* 90(4), 434-440.

Ullah, S., Ahmad, K., Sajjad, R. U., Abbasi, A. M., Nazeer, A., Tahir, A. A., 2019. Analysis and simulation of land cover changes and their impacts on land surface temperature in a lower Himalayan region. *Journal of environmental Management* 245, 348-357.

Wang, R., Cai, M., Ren, Ch., Bechtel, B., Xu, Y.,

Ng, E., 2019. Detecting multitemporal land cover change and land surface temperature in Pearl River Delta by adopting local climate zone. *Urban Climate* 28, 1-16.

Weng, Q., 2001. A remote sensing? GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International Journal of Remote Sensing* 22(10), 1999-2014.

Yang, J., Zhan, Y., Xiao, X., Xia, J. C., Sun, W., Li, X., 2020. Investigating the diversity of land surface temperature characteristics in different scale cities based on local climate zones. *Urban Climate* 34, 100700.

Zhao, C., Jensen, J. L., Weng, Q., Currit, N., Weaver, R., 2020. Use of Local Climate Zones to investigate surface urban heat islands in Texas. *GIScience & Remote Sensing* 57(8), 1083-1101.