

محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۴، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰
صفحات ۴۰۲ تا ۴۱۹

رابطه تغییرات پوشش / کاربری شهرستان شوشتر با دمای سطح زمین با استفاده از طبقه‌بندی شیء گرا و الگوریتم پنجره مجزا

محمد عیبات^۱؛ مرتضی عیبات^{۲*}؛ مصطفی عیبات^۲

۱- کارشناسی ارشد، مهندسی منابع طبیعی، گروه محیط‌زیست ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی

واحد علوم و تحقیقات تهران (خوزستان)، اهواز، ایران

۲- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان،

اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت ۰۰/۰۳/۲۶-تاریخ پذیرش ۰۰/۰۶/۱۱)

چکیده:

فعالیت‌های انسانی مانند تغییرات کاربری اراضی، اثر مهمی بر دمای سطح زمین و ایجاد جزایر حرارتی دارد. هدف این پژوهش، بررسی تأثیر تغییر کاربری بر الگوی زمانی و مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی در شهرستان شوشتر در طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۰ است. ابتدا تصاویر سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ لندست با استفاده از روش پردازش شیء گرا، طبقه‌بندی و سپس دمای سطح زمین با الگوریتم پنجره مجزا استخراج شد. برای بررسی زمانی و مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی از پارامترهای NDVI، UHII و UHIII استفاده شده و دمای طبقات کم تا زیاد پوشش گیاهی استخراج شد. نتایج تغییرات کاربری زمین در دوره هجده‌ساله نشان داد که مناطق ساخته‌شده و بایر به‌ترتیب ۲۱۸۹۵/۴۰ و ۲۶۷۶۱/۰۴ هکتار افزایش و پوشش گیاهی و پهنه‌های آب به‌ترتیب ۴۳۷۹۰/۷۹ و ۴۸۶۵/۶۴ هکتار کاهش یافتند. نتایج حداکثر دمای کاربری‌ها، روند افزایشی دما در همه کاربری‌ها را آشکار کرد؛ به‌شکلی که بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۰، چهار کاربری پوشش گیاهی، نواحی بایر، مناطق ساخته‌شده و پهنه‌های آب به‌ترتیب با ۰/۷۴، ۶/۸۲ و ۶/۸۷ درجه سلسیوس افزایش دما داشتند. بر مبنای نتایج پارامترهای UHII و UHIII، طبقات با پوشش گیاهی کم، بیشترین دما را نسبت به طبقات با پوشش گیاهی متوسط و زیاد داشتند و جزایر حرارتی در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ در نواحی شمال، جنوب شرق و شمال شرق شهرستان تشکیل شد.

کلید واژگان: تغییرات پوشش / کاربری، دمای سطح زمین، طبقه‌بندی شیء گرا، الگوریتم پنجره مجزا، شوشتر

۱. مقدمه

پدیده، برای برآورد شدت خسارات وارد شده ضروری است (Vali *et al.*, 2019).

طبقه‌بندی از مراحل اصلی استخراج اطلاعات از تصاویر رقومی ماهواره‌ای است (Chen *et al.*, 2018). بهره‌مندی روش‌های پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای از الگوریتم‌های دانش‌پایه، سبب جبران کاستی‌های روش پیکسل‌پایه در فرایند طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای شد (Salmani *et al.*, 2019). روش‌های شیء‌گرا نسبت به روش‌های سنتی طبقه‌بندی روش‌های شیء‌گرا نسبت به روش‌های سنتی طبقه‌بندی (Zhong *et al.*, 2020)، از داده‌های بیشتری مانند اطلاعات هندسی مربوط به اشکال عوارض و نحوه قرارگیری آنها، اطلاعات جانبی در زمینه مدل‌های رقومی ارتفاع و پارامترهای متنوع تصویری برای طبقه‌بندی پدیده‌ها استفاده می‌کنند (Blaschke *et al.*, 2014). فناوری سنجنش از دور مادون قرمز حرارتی از بهترین ابزارهای بررسی خصایص دمای سطح زمین، است (Ghorbannia *et al.*, 2017).

برای تخمین دمای سطح زمین ماهواره‌های متعددی از جمله Terra, Landsat, NOAA, ASTER و Sentinel 3 و MODIS وجود دارند که هرکدام از ویژگی‌های خاصی برخوردار است. در این پژوهش نیز با توجه به اینکه اغلب الگوریتم‌های تخمین دمای سطح زمین برای سری ماهواره‌های لندست طراحی شده‌اند و همچنین به دلیل آرشو منظم و گسترده بیش از پنجاه ساله‌ای که سری این ماهواره در اختیار دارد (Fekrat *et al.*, 2020)، تصاویری از لندست ۷ و ۸ انتخاب و استفاده شد. تا کنون الگوریتم‌های فراوانی مانند پنجره مجزا، زاویه دوتایی، کانال مجزا و امثال آنها توسط پژوهشگران برای سنجنش دمای سطح زمین به کار رفته‌اند (Zarei *et al.*, 2021; Heydari & Akhoondzadeh Hanzaei, 2020). پنجره مجزا،

امروزه همگام با رشد جمعیت و افزایش تقاضای بهره‌برداری از زمین، شهرنشینی و صنعتی شدن مناطق مسکونی افزایش یافت (Bonye *et al.*, 2021). جریان یادشده، تغییرات کاربری زمین را موجب شد (Raut *et al.*, 2020). این تغییرات فشار زیادی بر عملکرد محیط زیست (Wolde *et al.*, 2021) از حیث سازوکار چرخه کربن و نیتروژن (McDaniel *et al.*, 2019)، آلودگی (Sieber *et al.*, 2019)، ظرفیت حفاظت از آب و خاک (Wen *et al.*, 2020)، جریان‌های سطحی (Yari *et al.*, 2019) و تنوع بیولوژیکی وارد کرد (Rodríguez *et al.*, 2018). پیامدهای این تغییرات در مقیاس خرد به افت کیفی محیط دامن زد که در بلندمدت سبب کاهش سطح کیفیت زندگی شد (Froese and Schilling, 2019). برپایه نظر اندیشمندان، تغییر کاربری زمین برای توسعه مناطق شهری، کشاورزی و جنگل‌زدایی، تغییرات رژیم دمای محیط را در پی خواهد داشت (Tran *et al.*, 2017).

دمای سطح زمین، عامل مهم تعادل و نوسان‌های گرمایی است که نماینده تغییرات اقلیمی به حساب می‌آید (Gohain *et al.*, 2021). افزایش دمای سطح زمین، پیامد جنگل‌زدایی و گسترش مجتمع‌های زیستی است (Huang *et al.*, 2019). افزایش دما در هر ناحیه، جزایر حرارتی را تشکیل می‌دهد (Mathew *et al.*, 2018) و تغییر کاربری مسکونی، منشأ این پدیده است (Kowe *et al.*, 2021). عواملی همچون اقلیم، ساختار سکونتگاهی، انتشار حرارت از منابع انسانی، آلودگی هوا و موقعیت جغرافیایی، در تشدید پدیده جزایر حرارتی اثرگذارند (Borhani *et al.*, 2020). از این رو ارزیابی و پایش دمای سطح زمین در قالب شناسایی مکان‌های وقوع، شدت رخداد و پیش‌بینی خطرهای ناشی از این

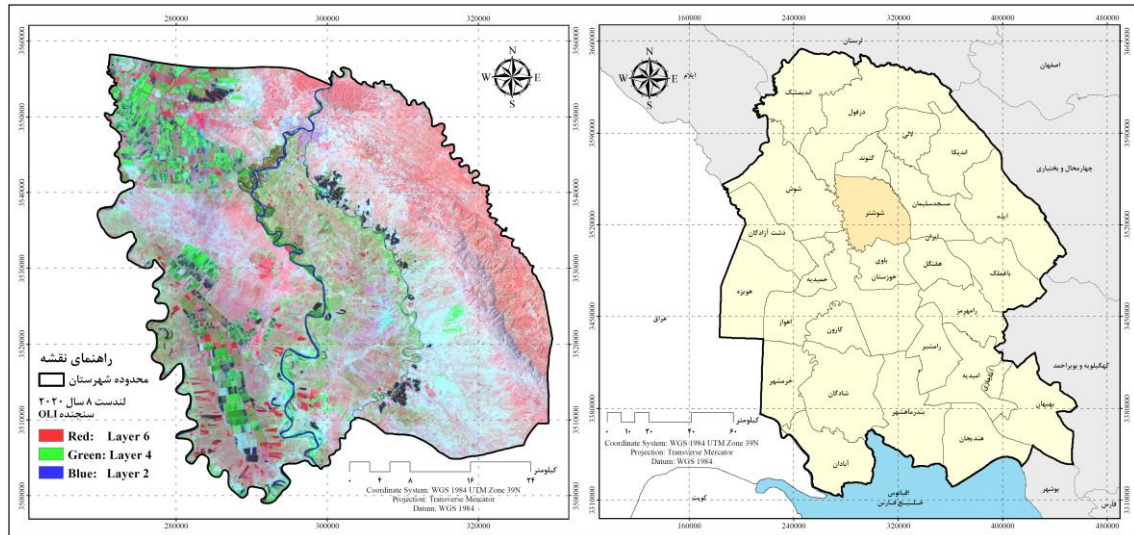
و کاهش پوشش گیاهی، روند افزایش دمای سطح زمین را تحت تأثیر قرار داده است. Kiani-Salmi و Ebrahimi (۲۰۱۸)، به بررسی تأثیر توسعه شهری و تغییر پوشش اراضی بر دمای سطح زمین در شهرکرد پرداختند. نتایج نشان داد که با توسعه شهری مقدار دمای سطح زمین برابر ۲/۲۱ درجه سانتیگراد افزایش یافته است. در این پژوهش، همبستگی شاخص NDVI با نقشه دمای سطح زمین منفی است و در محدوده فضای سبز با LST رابطه معنی داری نسبت به اراضی شهری و بایر دارد. Shabani و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی و مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی در شهرستان سقز پرداختند. نتایج بیانگر روند افزایشی دما در کاربری‌های نواحی مسکونی، بایر و پوشش گیاهی طی دوره پژوهش بود و با توجه به نتایج شاخص‌های UHII و UHIII طبقه دارای پوشش گیاهی کم، بیشترین دما را نسبت به طبقات با پوشش گیاهی متوسط و زیاد داشت. براساس نتایج این شاخص‌ها جزایر حرارتی در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ در نواحی شمال شرق این منطقه رخ داده است.

Darvishi و همکاران (۲۰۱۹)، اثر تغییرات کاربری را بر دمای سطح زمین در شهرستان مریوان بررسی کردند. نتایج نشان داد با افزایش مساحت نواحی مسکونی و بایر و نیز با کاهش پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی در دوره ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷، دما روندی افزایشی را در کاربری‌ها داشته است. Khedmatzadeh و همکاران (۲۰۲۱)، برای تحلیل تغییر کاربری و تشکیل جزایر حرارتی در حریم شهر ارومیه در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸، از تصاویر ETM+ و OLI/TIRS لندست استفاده کردند. نتایج نشان داد که با افزایش نواحی مسکونی و توسعه شهر، اراضی باغی و زراعی روند

برایه تلفیق دو باند حرارتی استوار است. این روش با تلفیق باندهای حرارتی مجاور، تأثیرات اتمسفری را کاهش می‌دهد (Wang et al., 2019). الگوریتم برای افزایش کارایی و دقت اندازه‌گیری دمای سطح زمین از دو باند OLI و TIRS بهره می‌برد (Niçlòs et al., 2021).

تحقیقات بسیاری به بررسی رابطه تغییرات کاربری و دمای سطح زمین پرداختند. Shi و همکاران (۲۰۱۷)، تأثیرات الگوی زمانی و مکانی جزایر حرارتی را با رویکرد رگرسیونی کاربری مدل‌سازی کردند و نتیجه گرفتند که الگوی فضایی جزایر حرارتی با نقشه‌های کاربری و پوشش زمین ژئومورفومتری شهری در نواحی مسکونی پرتراکم به‌ویژه در شب تعیین می‌شود و مدل‌های حاصل برای غنی‌سازی ضوابط طراحی شهری فعلی و کمک به مقابله با تشکیل جزایر حرارتی به‌کار می‌روند. Wang و همکاران (۲۰۱۸)، الگوهای تغییر کاربری اراضی و اثرهای بالقوه آنها بر تغییر دمای سطح زمین را در یانگون میانمار بررسی کردند. نتایج نشان داد که تغییرات کاربری اثر مستقیمی بر دمای سطح زمین داشته است. این اثر در نواحی شهری بیشتر مشاهده شد.

Juárez و همکاران (۲۰۲۱)، به بررسی اثر تغییر پوشش زمین شهری بر الگوی مکانی زمانی دمای سطح زمین در شهر مریدای مکزیک پرداختند. در این پژوهش، داده‌های به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای لندست برای محاسبه تغییرات کاربری، LST و NDVI بررسی شد. نتایج نشان داد که نابودی پوشش گیاهی، سبب افزایش دمای سطح زمین و ایجاد پدیده جزیره حرارتی شده است. Akbari و همکاران (۲۰۱۶) دمای سطح زمین را در ارتباط با روند تغییرات کاربری در حوضه آبخیز طالقان بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین LST در مناطق مسکونی و اراضی بایر است که افزایش بیابان‌زایی



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه (ترکیب رنگی کاذب ۲-۴-۶ تصویر لندست ۸ سال ۲۰۲۰)

۲. مواد و روش ها

۲-۱. منطقه پژوهش

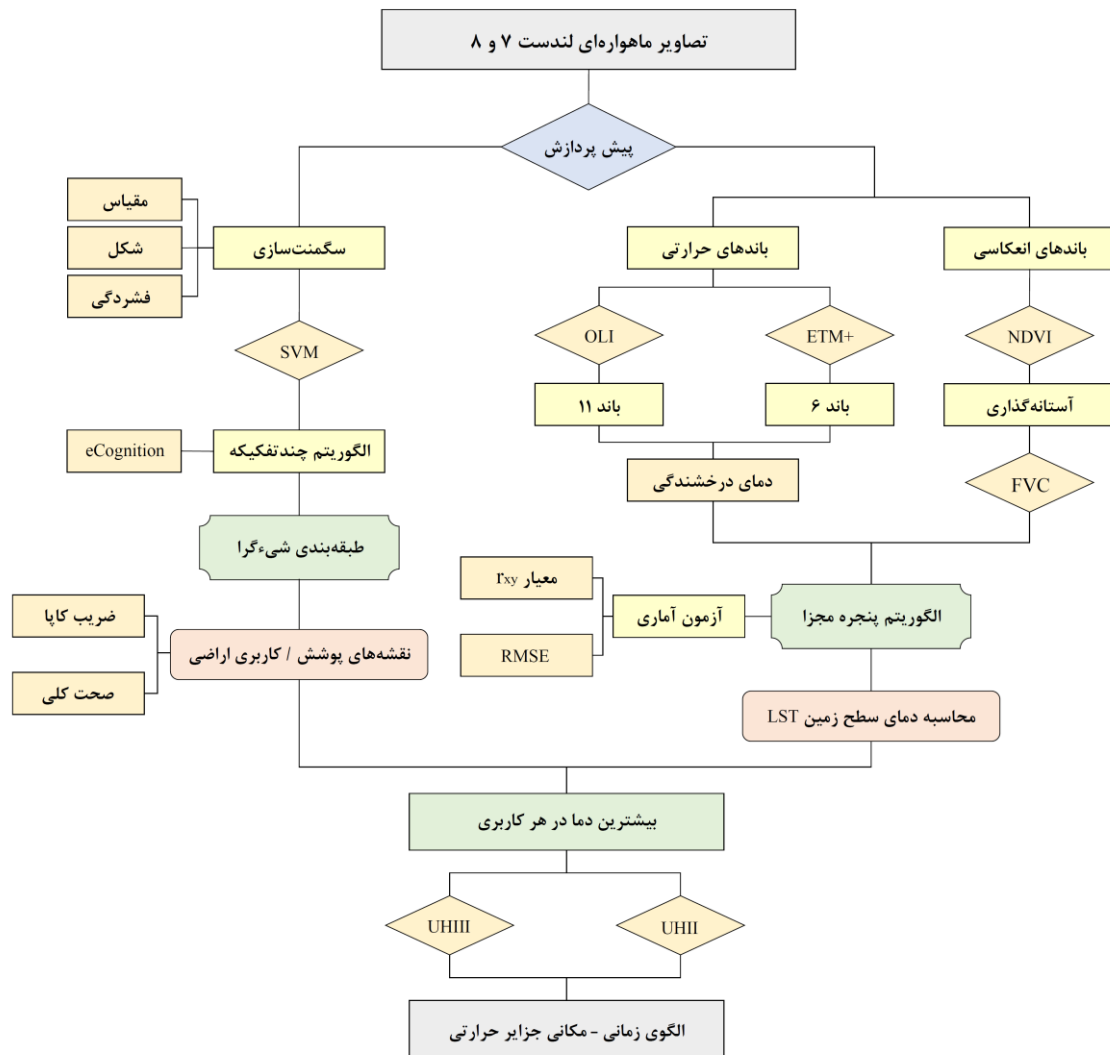
شهرستان شوشتر با وسعت $2/340645$ هکتار در شمال استان خوزستان قرار گرفته است. موقعیت جغرافیایی این شهرستان حد فاصل 48 درجه و 33 دقیقه تا 49 درجه و 12 دقیقه طول شرقی و 31 درجه و 36 دقیقه تا 32 درجه و 26 دقیقه عرض شمالی (شکل ۱) است. متوسط بارندگی سالانه 322 میلی متر است و بیشترین نزولات جوی در ماه های دی و بهمن بوده است (Mombeni and Asgari, 2018). این شهرستان با جمعیت 192028 نفر (سرشماری سال 1395)، در ارتفاع 110 متری از سطح دریا قرار دارد و با توجه به فاصله به نسبت زیاد آن از خلیج فارس، با بهره مندی از رطوبت کمتر، دارای آب و هوای گرم و نیمه مرطوب است (Merdasi et al., 2018). حداکثر دمای مطلق 52 درجه سانتی گراد در تیرماه و حداقل آن -6 درجه سانتی گراد در دی ماه گزارش شده است.

۲-۲. روش پژوهش

در پژوهش حاضر، ابتدا تغییرات کاربری شهرستان

کاهشی داشتند. بین پوشش و دمای سطح زمین رابطه معناداری وجود دارد که این موضوع، ایجاد جزایر حرارتی روی پوشش های ساخته شده حریم شهر را آشکار کرد. دما در مناطق مسکونی منطقه $2/27$ درجه سانتی گراد افزایش داشته است.

شهرستان شوشتر در سالیان گذشته تغییرات زیادی را در کاربری تجربه کرده و از رشد جمعیتی بسیاری برخوردار بوده که افزایش دمای سطح زمین و تشکیل جزایر حرارتی را در پی داشته است. با توجه به اهمیت برآورد دمای سطح زمین در تغییرات اقلیمی و محیطی که سبب افزایش دما، مصرف انرژی، آلودگی هوا و اثر بر کیفیت هوا می شود، هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیرات تغییر کاربری بر الگوهای زمانی و مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی در دوره ای هجده ساله (2002 تا 2020) در شهرستان شوشتر است. پژوهش حاضر افزون بر بررسی تأثیر تغییرات کاربری بر تغییرات دمای سطح زمین، به معرفی و استفاده از شاخص های $UHII$ و $UHMI$ برای تحلیل زمانی- مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی پرداخته است.



شکل ۲- مراحل اجرای پژوهش

شده در انتخاب تصاویر ماهواره‌ای بودند. همچنین تلاش شد که تصویر مناسب در طول سال به گونه‌ای انتخاب شود که بهترین تفکیک کاربری و پوشش زمین را با توجه به کاربری‌ها و نحوه بهره‌برداری از اراضی داشته باشد. برای تصحیح اتمسفری تصاویر ماهواره‌ای، از تکنیک کاهش ارزش پیکسل‌های تاریک (Dark Pixel Subtraction) در محیط نرم‌افزار ENVI 4.7 استفاده شد. با این فرضیه که پیکسل تاریک با حداکثر احتمال، کمترین انعکاس طیفی را دارد و متعلق به آب عمیق و سایه میان تصویر است که انعکاس آن صفر است؛ زیرا در صورت وجود ذرات

شوشتر در سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ بررسی شد. در ادامه برای ارزیابی ارتباط تغییرات هر کاربری با دمای سطح زمین، بیشترین دما در هر کاربری تعیین شد و سپس میزان تغییرات آن بررسی و در نهایت با استفاده از آن، نواحی مستعد جزایر حرارتی ارزیابی شد (شکل ۲). برای بررسی تغییرات کاربری اراضی، از تصاویر ETM+ لندست ۷ تاریخ ۲۰۰۲/۰۵/۲۸ و OLI لندست ۸ دو تاریخ ۲۰۱۳/۰۹/۰۴ و ۲۰۲۰/۰۶/۰۱ استفاده شد. ویژگی‌هایی مانند کامل بودن پوشش منطقه و نبود پوشش ابری در تاریخ‌های انتخاب‌شده، از موارد لحاظ

جدول ۱- وزن اعمال شده برای پارامترهای مؤثر در سگمنت سازی

تصویر ماهواره‌ای	مقیاس	شکل	فشرده‌گی
ETM+	۲۰	۰/۱	۰/۷
OLI	۱۳۰	۰/۱	۰/۴
OLI	۱۵۰	۰/۱	۰/۴

جدول ۲- مقادیر K1, K2, QCALMAX و QCALMIN

سنجنده	K1	K2	QCALMAX	QCALMIN
ETM+	۶۶۶/۰۹	۱۲۸۲/۷۱	۲۵۵	۱
OIL	۷۷۴/۸۸۵۳	۱۳۲۱/۰۷۸۹	۶۵۵۳۵	۱

شکل، نرمی، فشرده‌گی و وزن‌های متناسب برای باندهای تصویری استفاده می‌کند (Yarahmadi et al., 2020). در این پژوهش، براساس آزمون و خطا و بررسی چشمی نتیجه سگمنت سازی، مقادیر پارامترهای مقیاس، شکل و فشرده‌گی تعیین شد (جدول ۱). به دلیل ماهیت متفاوت باندهای حرارتی و باندهای انعکاسی در تصاویر به کاررفته، باندهای حرارتی کنار گذاشته شد و تنها شش باند از این تصاویر استفاده شد (Hasheminasab and Jafari, 2018). تعیین وزن باندهای طیفی در سگمنت سازی و تولید اشیای تصویر اثرگذار و کنترل کننده است (Drăguț et al., 2010). در این زمینه، برای استفاده کامل از ظرفیت باندهای تصاویر به کار گرفته شده، کل وزن باندها ۱۰۰ و وزن باند مادون قرمز نزدیک ۴۰ در نظر گرفته شد، چراکه پهنه‌های آب و پوشش گیاهی به باند مادون قرمز نزدیک حساس اند (Kaplan and Avdan, 2017). به دلیل وزن بیشتر این باند نسبت به دیگر باندهای تصویر، عدد بزرگ‌تر تعریف می‌شود. با تفسیر منحنی‌های انعکاس طیفی و ارزیابی هیستوگرام همبستگی نوارها، بهترین ترکیب نواری با کمترین ضریب همبستگی و بیشترین واریانس در بین ترکیبات باندی، برای طبقه بندی تصاویر انتخاب شد. پس از انتخاب ترکیب نواری مناسب، وزن برای نوارهای تصویر اعمال شد.

پراکنده در جو، پراکنش جوی سبب می‌شود که عملاً انعکاس طیفی پیکسل‌های تاریک صفر نباشد (Soffianian and Khodakarami, 2011).

۲-۲-۱. تهیه نقشه‌های کاربری اراضی

طبقه بندی شیء‌گرا از فرایند دسته بندی و الگوریتم یادگیری برای تجزیه و تحلیل ویژگی‌های طیفی، مکانی و بافتی پیکسل‌ها بهره می‌برد. این فرایند طبقه بندی نیمه اتوماتیکی را فراهم می‌کند که از روش‌های طبقه بندی پیکسل پایه دقیق تر است. مزیت روش شیء‌گرا این است که از پیکسل‌های منفرد استفاده نمی‌کند، بلکه مجموعه‌ای از پیکسل‌های مجاور را با اطلاعات طیفی، بافتی و هندسی مشخص می‌کند. با در نظر گرفتن این اطلاعات با روش مبتنی بر اشیاء، امکان دستیابی به نتایج بهتر فراهم می‌شود (Mohammadi and Khodabandehlou, 2020). بنابراین در این پژوهش برای طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای از روش شیء‌گرا استفاده شد. طبقه بندی شیء‌گرا در سه مرحله کلی شامل سگمنت سازی (قطعه بندی)، طبقه بندی و ارزیابی صحت طبقه بندی انجام می‌پذیرد (Salmani et al., 2019). برای سگمنت سازی، از الگوریتم چندتفکیکه استفاده شد. نرم افزار 8.7 eCognition برای سگمنت سازی چندتفکیکه از شاخصه‌های مقیاس، رنگ،

جدول ۳- نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی

سال	تصویر	ضریب کاپا	صحت کلی
۲۰۰۲	ETM+	۸۴	۸۶
۲۰۱۳	OIL	۸۵	۸۸
۲۰۲۰	OIL	۸۷	۹۵

زمین از روش‌های دیگر بیشتر است. مبنای الگوریتم پنجره مجزا، تفاوت جذب در دو باند مختلف در روزنه جوی است. با اجرای این روش، اثر اتمسفر از اندازه‌گیری‌ها حذف و دما محاسبه می‌شود (Heydari and Akhoondzadeh Hanzaei, 2020). جهت تعیین دمای سطح زمین با الگوریتم پنجره مجزا از باند ۶ تصویر ETM+ لندست ۷ استفاده شد.

اعداد رقومی تصاویر با استفاده از رابطه ۱ به رادیانس تبدیل و دمای درخشندگی تصاویر نیز محاسبه شد (رابطه ۲). برپایه نتایج پژوهش Sekertekin و Bonafoni (۲۰۲۰) و Wang و همکاران (۲۰۱۹)، نقشه LST تهیه‌شده با باند حرارتی ۱۱ تصاویر OLI لندست ۸، از اعتبار بیشتری نسبت به باند حرارتی ۱۰ برخوردار است و نتایج دقیقی تولید می‌کند. از این‌رو برای استخراج دمای سطح زمین از تصویر OLI از باند ۱۱ استفاده شد.

(رابطه ۱)

$$\lambda = [(LMAX - LMIN) / (QCALMAX - QCALMIN)] \times (DN - QCALMIN) + LMIN$$

(رابطه ۲)

$TB = K2 / \ln [(K1/L\lambda)+1]$ در رابطه ۱، LMAX و LMIN به ترتیب مقادیر بیشترین و کمترین رادیانس باندهای حرارتی تصاویر را نشان می‌دهند و QCALMAX و QCALMIN مقادیر بزرگ و کوچک اعداد رقومی باندهای حرارتی هستند (جدول ۳). این مقادیر از هدر فایل تصاویر استخراج شد. در رابطه ۲، مقادیر TB، K1، K2 و Lλ به ترتیب دمای مؤثر در

در روش شیء‌گرا، نواحی تعلیمی به صورت اشیای تصویری هستند. این روش در مقایسه با روش‌های پیکسل پایه به نمونه‌های تعلیمی کمتری نیاز دارد. شیء نمونه به‌طور معمول پیکسل‌های نمونه زیاد و تغییرات آنها را در بر می‌گیرد. میزان صحت طبقه‌بندی به‌طور مستقیم به انتخاب دقیق نمونه‌ها بستگی دارد (Mohammadi and Khodabandehlou, 2020). در این پژوهش، برای طبقه‌بندی و تهیه نقشه کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰، نمونه آموزشی با استفاده از GPS در طی بازدیدهای میدانی برداشت شد. در برداشت نمونه‌های آموزشی سعی شد نمونه‌ها از پراکنش مناسبی در سطح تصویر برخوردار باشند. با رعایت فواصل نمونه‌برداری محل نمونه‌ها در سطح هر کاربری به صورت تصادفی انتخاب شد طبقه‌بندی تصاویر با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در نرم‌افزار eCognition صورت گرفت و در آن شیء‌های تصویری برپایه الگوریتم چندتفکیکه به کلاس‌های کاربری اراضی اختصاص یافت. سپس دقت طبقه‌بندی با استفاده از ماتریس خطا، صحت کلی و ضریب کاپا ارزیابی شد.

۲-۲-۲. محاسبه دمای سطح زمین (LST)

در این پژوهش، استخراج دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا انجام گرفت. زیرا اتمسفری را حذف می‌کند و دمای سطح زمین را با استفاده از ترکیبات خطی و غیرخطی دمای ظاهری دو باند مجاور به مرکزیت طول موج‌های ۱۱ و ۱۲ میکرومتر به‌دست می‌آورد. دقت این الگوریتم برای محاسبه دمای سطح

جدول ۴- کاربری‌های طبقه‌بندی شده در تصاویر ماهواره‌ای

کاربری	کلاس
جنگل‌ها و مراتع، باغ‌ها و نخیلات، اراضی کشاورزی، چمن، پارک‌ها و فضای سبز	پوشش گیاهی
فضاهای باز و نواحی بدون پوشش گیاهی	نواحی بایر
مناطق مسکونی، مراکز تجاری و صنعتی، خیابان‌ها و راه‌های ارتباطی	مناطق ساخته شده
رودخانه‌ها	پهنه‌های آب

می‌توان آن را یکی از عوامل تأثیرگذار در محاسبه دمای سطح زمین (LST) به شمار آورد (Feizizadeh et al., 2016). شاخص پوشش گیاهی NDVI که بر ارزش‌های طیفی استوار است، به‌طور عمده برای شناسایی شرایط رشد پوشش گیاهی کاربرد دارد (Nateghi et al., 2017) و برحسب باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

(رابطه ۵)

$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$ این شاخص دارای مقادیر نرمال در دامنه بین -۱ و +۱ است که بررسی و نمایش مقادیر را به‌راحتی امکان‌پذیر می‌کند (Entezari et al., 2019). مقدار این شاخص تحت تأثیر عواملی قرار می‌گیرد و در دمای منطقه اثرگذار است، به‌طوری که مناطق دارای پوشش گیاهی و آب، به‌دلیل داشتن رطوبت نسبی، دمای کمتری از مناطق عاری از پوشش گیاهی و آب دارند (Feizizadeh et al., 2016).

۲-۲-۴. نسبت پوشش گیاهی

از مقادیر نسبت پوشش گیاهی، توان تشعشعی در استخراج دمای سطح زمین مهم است (Shabani et al., 2019). با استفاده از رابطه‌های ۶ و ۷، نسبت پوشش گیاهی و توان تشعشعی باندهای حرارتی محاسبه شد.

(رابطه ۶)

$$PV = \frac{(NDVI - NDVIMIN)}{(NDVIMAX - NDVIMIN)}$$

(رابطه ۷)

$$\varepsilon = \varepsilon_{veg} PV + \varepsilon_{soil} (1 - PV)$$

ماهواره برحسب کلوین (K)، ثابت کالیبراسیون اول، ثابت کالیبراسیون دوم و رادیانس طیفی پیکسل مورد نظر است. در روش‌های استخراج LST باید تابش طیفی و دمای درخشندگی باندهای حرارتی تصویر محاسبه شوند. همه اجسامی که دمای آنها بیشتر از صفر مطلق باشد، از خود حرارت گسیل می‌کنند. بر این مبنا، علائم رسیده به سنجنده را می‌توان با استفاده از رابطه ۳ به تابش در سطح سنجنده (یا تابش طیفی) تبدیل کرد (راهنمای لندست ۸):

(رابطه ۳)

$$L\lambda = ML \times Q_{cal} + AL$$

$L\lambda$ تابش طیفی در بالای اتمسفر، ML عامل مقیاس‌سازی ضربی باند خاص، AL عامل مقیاس‌سازی افزایشی باند خاص و Q_{cal} عدد رقومی (DN) باند مورد نظر است. مرحله بعد تبدیل تابش به دمای درخشندگی در سنجنده است.

(رابطه ۴)

$$T_{sensor} = K2 / \ln(K1 / L\lambda + 1)$$

T_{sensor} دمای درخشندگی (درجه کلوین)، $L\lambda$ تابش طیفی، \ln لگاریتم نپرین، $K1$ و $K2$ ثابت‌های کالیبراسیون سنجنده هستند که از فایل مرجع برداشت شدند (Ebrahimi et al., 2016).

۲-۲-۳. برآورد شاخص پوشش گیاهی (NDVI)

شاخص پوشش گیاهی تأثیر زیادی در نقل و انتقال انرژی بین زمین و اتمسفر دارد و آثار متفاوتی بر عناصر اقلیمی از جمله دمای پیرامون خود می‌گذارد، در نتیجه

پنجره مجزا و N تعداد کل ایستگاه‌های هواشناسی است (Kazemi et al., 2020).

۲-۲-۶. شدت جزایر حرارتی (UHII) و شاخص شدت جزایر حرارتی (UHIII)

شدت جزایر حرارتی با استفاده از رابطه ۱۲ و شاخص شدت جزایر حرارتی بر مبنای رابطه ۱۳ استخراج شد. گفتنی است که شاخص‌های منطقه به سه طبقه پوشش گیاهی کم، متوسط و زیاد تقسیم و سپس دمای سطح زمین در هر طبقه مشخص شده و در ادامه شاخص‌های UHII و UHIII محاسبه می‌شود.

(رابطه ۱۲)

$$UHII = T_{OA} - T_{MH}$$

(رابطه ۱۳)

$$UHIII = (T_{OA} - T_{MH}) / T_{MH} = UHII / T_{MH}$$

T_{OA} دمای نواحی دیگر و T_{MH} دمای نواحی دارای پوشش گیاهی زیاد است. این شاخص توزیع فضایی شدت جزایر حرارتی را محاسبه می‌کند (Feng et al., 2014). ارزش‌های بزرگ‌تر از ۰/۵ در این شاخص، مبین شدت جزایر حرارتی در مقیاس‌های زمانی مختلف است (Chen and Zhang, 2017).

۳. نتایج

۳-۱. بررسی تغییرات کاربری اراضی

پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، هر یک از نقشه‌های پوشش / کاربری اراضی به چهار کلاس شامل پوشش گیاهی، نواحی بایر، مناطق ساخته‌شده و پهنه‌های آب تفکیک شد (شکل ۳). نتایج اعتبارسنجی نقشه‌های به‌دست‌آمده در جدول ۳ و مشخصات کلاس‌های کاربری در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۵، مساحت کاربری‌ها و میزان تغییرات آنها را نشان می‌دهد. در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۳، پوشش گیاهی و در سال ۲۰۲۰، نواحی بایر، بیشترین مساحت را

در رابطه ۶، مقدار PV نسبت پوشش گیاهی، NDVIMAX و NDVIMIN به‌ترتیب بیشترین و کمترین شاخص پوشش گیاهی، و در رابطه ۷، ε_{soil} و ε_{veg} به‌ترتیب توان تشعشعی، توان تشعشعی خاک و توان تشعشعی پوشش گیاهی است. از روش‌های محاسبه توان تشعشعی خاک و پوشش گیاهی، استفاده از آستانه‌گذاری NDVI است؛ مقدار کمتر از ۰/۲ مبین خاک لخت است و توان تشعشعی خاک لخت لحاظ می‌شود و مقدار بیشتر از ۰/۵ بیانگر مناطق با پوشش گیاهی زیاد است و توان تشعشعی پوشش گیاهی برای آن فرض می‌شود (Hashemi et al., 2013). با انجام دادن مراحل، LCT از طریق رابطه ۸ استخراج و برای تبدیل درجه کلون به سلسیوس از رابطه ۹ استفاده شد.

(رابطه ۸)

$$LST = TB / [1 + (L\lambda \times TB / P) \ln \varepsilon]$$

(رابطه ۹)

$$T_c = LST - 273.15$$

۲-۲-۵. ارزیابی نتایج

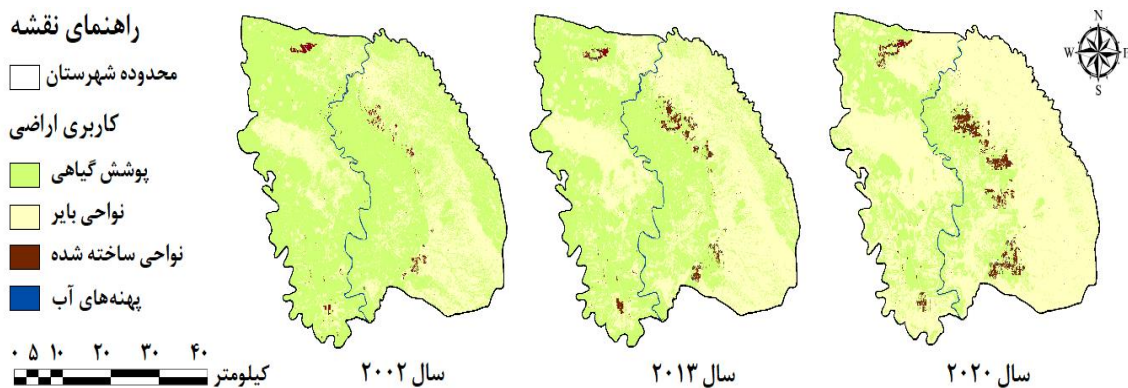
در این پژوهش، برای بررسی رابطه دمای سطح زمین با دمای هوا، از ضریب همبستگی پیرسون (r_{xy}) استفاده شد (رابطه ۱۰). همچنین، مقادیر خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) بین دمای حاصل از الگوریتم پنجره مجزا و دمای اندازه‌گیری‌شده میدانی، مطابق رابطه ۱۱ محاسبه گردید.

(رابطه ۱۰)

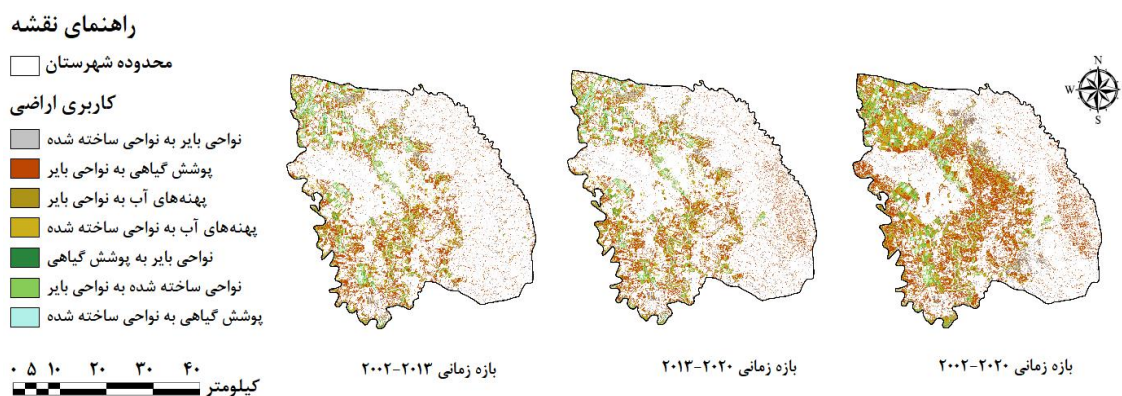
$$r_{xy} = S_{xy} / S_x S_y$$

(رابطه ۱۱)

در رابطه ۱۰، S_{xy} ، S_x و S_y به ترتیب کوواریانس میان X و Y، انحراف معیار X و انحراف معیار Y هستند (Sabziparvar et al., 2016). در رابطه ۱۱، A_t مقدار واقعی دما در ایستگاه‌های هواشناسی، F_t مقدار پیش‌بینی‌شده و به‌دست‌آمده از الگوریتم



شکل ۳- نقشه های کاربری اراضی سال های ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰



شکل ۴- نقشه های تغییرات پوشش / کاربری اراضی در دوره های زمانی مختلف

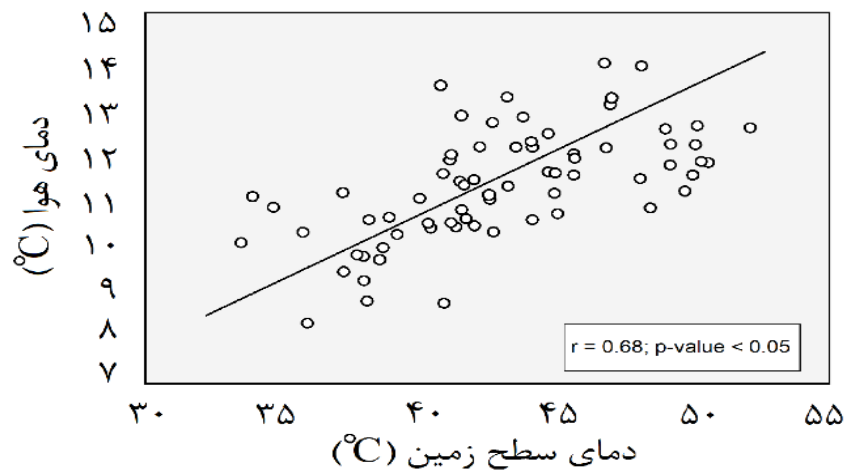
دمای سطح زمین و دمای هوا دو متغیر محیطی متفاوت است که با یکدیگر همبستگی دارند (Vali et al., 2019). برای بررسی رابطه دمای سطح زمین با دمای هوا بین این مقادیر، ضریب همبستگی پیرسون تعیین شد. برای تعیین ضریب همبستگی از داده های روزانه دمای هوای مربوط به تاریخ تصاویر استفاده و سپس میانگین دمای هوا در هر سال مشخص شد. در ادامه ضریب همبستگی بین میانگین دمای هوا با میانگین دمای سطح زمین تعیین شد. ضریب همبستگی پیرسون بین این مقادیر ۰/۶۸ درصد در سطح معناداری ۰/۰۵ (در سال های ۲۰۰۲ و ۲۰۲۰) به دست آمد که ارتباط مثبتی را نشان می دهد (شکل ۵). همبستگی مثبت بین دمای هوا و دمای سطح زمین، با نتایج پژوهش Mutibwa و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. آنها گزارش کردند که

داشته اند. پهنه های آب در همه سال ها کمترین مساحت را داشته است. مساحت مناطق ساخته شده و نواحی بایر روند افزایشی و پوشش گیاهی و پهنه های آب روند کاهشی داشته اند، به طوری که تغییرات افزایشی مناطق ساخته شده که از علل اصلی افزایش دمای سطح زمین است، از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۰ حدود ۲۱۸۹۵/۴۰ هکتار و روند کاهش پوشش گیاهی در همین دوره ۴۳۷۹۰/۷۹ هکتار بوده است (شکل ۴). افزایش نواحی بدون پوشش گیاهی، از دلایل افزایش دمای سطح زمین است. نتایج بیانگر روند افزایشی نواحی بایر است، به طوری که از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۰ حدود ۲۶۷۶۱/۰۴ هکتار به مساحت این نواحی افزوده شده است.

۲-۳. دمای سطح زمین

جدول ۵- مساحت طبقات کاربری اراضی در هر سال و میزان تغییرات آنها

طبقات کاربری اراضی (هکتار)				سال
پهنه‌های آب	مناطق ساخته شده	نواحی بایر	پوشش گیاهی	
۱۷۰۲۹/۷۵	۲۱۸۹۵/۳۹	۹۷۳۱۲/۸۶	۱۰۷۰۴۴/۱۵	۲۰۰۲
۱۴۵۹۶/۹۳	۳۴۰۵۹/۵۰	۱۰۴۶۱۱/۳۲	۹۰۰۱۴/۴۰	۲۰۱۳
۱۲۱۶۴/۱۱	۴۳۷۹۰/۷۹	۱۲۴۰۷۳/۹۰	۶۳۲۵۳/۳۶	۲۰۲۰
-۲۴۳۲/۸۲	+۱۲۱۶۴/۱۱	+۷۲۹۸/۴۶	-۱۷۰۲۹/۷۵	۲۰۰۲-۲۰۱۳
-۲۴۳۲/۸۲	+۹۷۳۱/۳۹	+۱۹۴۶۲/۵۸	-۲۶۷۶۱/۰۴	۲۰۱۳-۲۰۲۰
-۴۸۶۵/۶۴	+۲۱۸۹۵/۴۰	+۲۶۷۶۱/۰۴	-۴۳۷۹۰/۷۹	۲۰۰۲-۲۰۲۰



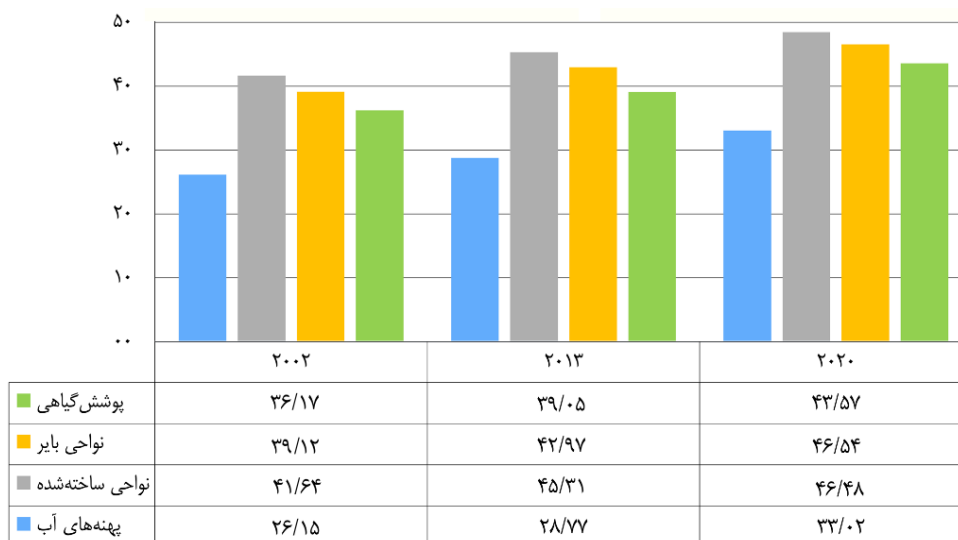
شکل ۵- رابطه بین دمای سطح زمین LST و دمای هوا

الگوریتم مذکور نتایج قابل اعتماد و مطمئنی را در برآورد دمای سطح زمین ارائه می‌دهد.

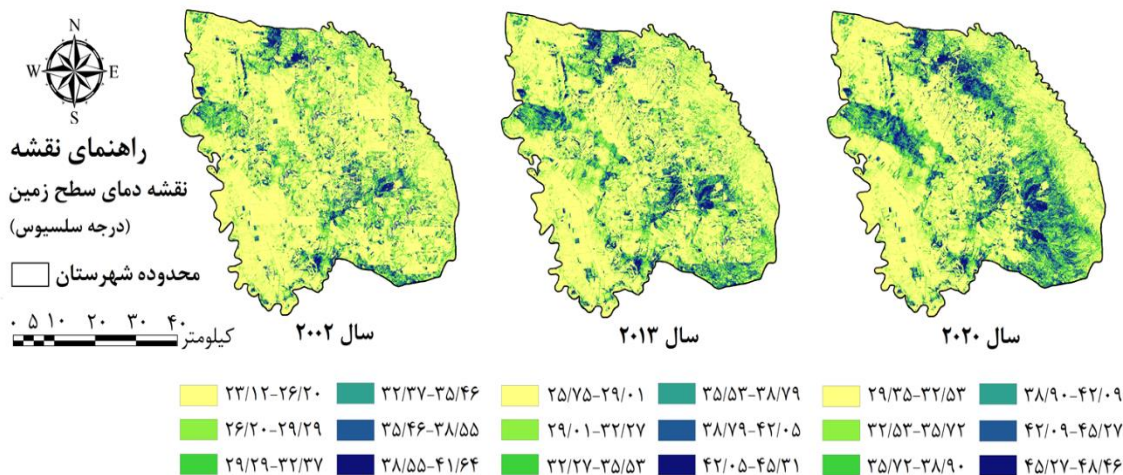
نتایج مربوط به دمای سطح زمین، روند افزایشی را در طی دوره تحقیق نشان می‌دهد که از ۳۶ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۰۲ به ۴۳ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۲۰ رسیده است؛ به بیان دیگر طی دوره هجده ساله، ۷ درجه سانتی‌گراد به دمای سطح زمین افزوده شده است. استخراج بیشترین دمای هر کاربری (شکل ۶)، وضعیت دمایی را در هر کاربری مشخص می‌کند که با بررسی نتایج آن، درک بهتری از اثر تغییرات کاربری‌ها بر دمای سطح زمین خواهیم داشت.

پس از استخراج دمای سطح زمین، بیشترین دمای هر کاربری مشخص شد که نتایج حاکی از روند افزایشی دما

بدون لحاظ تأثیر عوامل محیطی، تغییرات دمای سطح زمین قادر به بیان دلیل افزایش دمای هوا خواهد بود. در این تحقیق، خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)، در مقایسه دمای محاسبه شده از الگوریتم پنجره مجزا و دمای اندازه‌گیری شده میدانی، برای تصاویر سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ به ترتیب ۲/۱۲، ۱/۶۴ و ۰/۹۴ به دست آمد که نشان‌دهنده کارایی الگوریتم پیشنهاد شده در تخمین دمای سطح زمین بوده است. براساس نتایج به دست آمده، کمترین خطای RMSE برای تصویر سنجنده OLI سال ۲۰۲۰ محاسبه شد. دقت و توانایی الگوریتم پنجره مجزا برای تخمین دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر لندست با نتایج پژوهش Feizizadeh و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد. براساس نتایج پژوهش آنها،



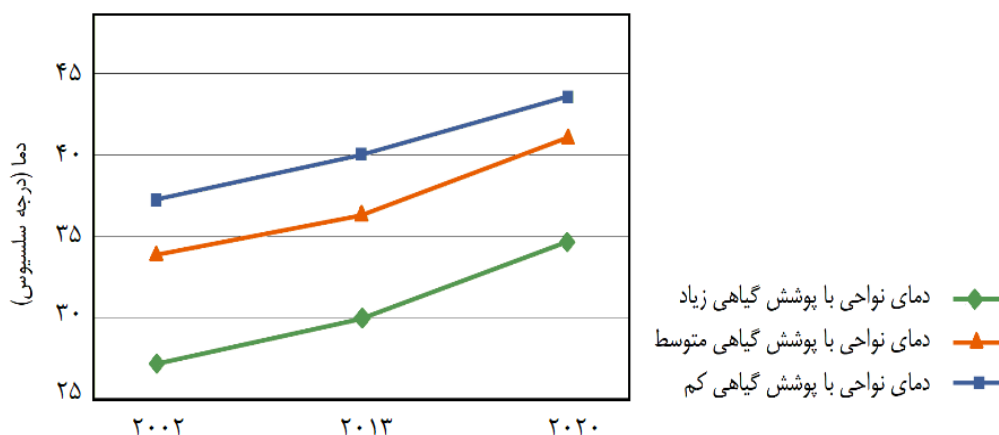
شکل ۶- بیشترین دما در طبقات کاربری‌ها (درجه سلسیوس)



شکل ۷- نقشه دمای سطح زمین در دوره تحقیق

دمای سطح زمین را در پی دارد؛ اما چنانچه پوشش گیاهی از بین برود، فرایند بازتابش دما صورت نمی‌گیرد و این وضعیت در گذر زمان موجب افزایش دمای سطح زمین می‌شود. با بررسی بیشترین دما در کاربری پوشش گیاهی مشاهده شد که در سال ۲۰۰۲ که پوشش گیاهی نسبت به سال ۲۰۲۰ وضعیت بهتری داشت، دمای سطح زمین این کاربری کم بود؛ اما در گذر زمان با کاهش پوشش گیاهی، دما افزایش یافته است. در دوره سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۰، دمای سطح زمین در پهنه‌های آب در حدود ۶/۸۷ درجه سانتی‌گراد افزایش داشت، اما مقادیر

در کاربری‌های مناطق ساخته شده، نواحی بایر و پوشش گیاهی بود. براساس این نتایج، روند کاهش پوشش گیاهی تأثیر مستقیم بر افزایش دمای سطح زمین در این کاربری داشته است و با بررسی نتایج دمای سطح زمین مشخص می‌شود که دمای این کاربری از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۰ حدود ۷/۴ درجه سانتی‌گراد بیشتر شده است. تخریب پوشش گیاهی به افزایش دمای سطح زمین می‌انجامد؛ زیرا پوشش گیاهی به‌منابۀ یکی از دلایل مهم تعدیل دمای سطح زمین سبب می‌شود که فرایند جذب دما در یک ناحیه صورت نگیرد که این موضوع کاهش



شکل ۸- دمای طبقات پوشش گیاهی در دوره زمانی پژوهش

ساخته شده موجب نگهداشت بیشتر دما و افزایش دمای سطح زمین در این نواحی می شود و ادامه این روند به ایجاد یا تشدید جزایر حرارتی در مناطق ساخته شده می انجامد. در سال ۲۰۲۰، نواحی بایر دمای بیشتری نسبت به نواحی ساخته شده داشته است. دمای زیاد اراضی بایر نسبت به مناطق شهری ناشی از آن است که انعکاس در اراضی بایر کم است و در نتیجه این مناطق نور بیشتری را در خود نگه می دارند (Georgescu et al., 2011). روند افزایش دما به دلیل انعکاس کم، عامل مهمی برای شکل گیری جزایر حرارتی در نواحی بایر است.

۳-۳. بررسی زمانی و مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی

بررسی زمانی و مکانی، از مراحل مهم شناخت جزایر حرارتی است که در این پژوهش براساس شاخص های UHII و UHHI انجام گرفت. همان طور که در شکل ۸ ملاحظه می شود، کمترین دما در طبقه با پوشش گیاهی زیاد و بیشترین دما در طبقه با پوشش گیاهی کم بوده است. این موضوع اثر کاهش پوشش گیاهی بر افزایش دمای سطح زمین را نشان می دهد.

براساس نتایج شاخص های UHII و UHHI، جزایر حرارتی در سال های ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ و در نواحی شمال،

دما در کاربری از دیگر کاربری ها کمتر بود. ظرفیت گرمایی زیاد آب موجب کاهش دمای سطحی این پوشش ها نسبت به کاربری های دیگر می شود (Reisi and Ahmadi, 2019). در طی دوره زمانی هجده ساله، دمای سطح زمین در مناطق ساخته شده و نواحی بایر به ترتیب ۶/۸۲ و ۷/۴۲ درجه سانتی گراد افزایش یافت. با بررسی بیشترین دمای کاربری ها مشخص می شود که ارتباط مستقیمی بین افزایش دما و گسترش مناطق ساخته شده و نواحی بایر وجود داشته است؛ به طوری که در سال ۲۰۰۲ که مساحت مناطق ساخته شده و نواحی بایر کمتر بود، دمای این نواحی نیز کم بود (شکل ۷).

در سال های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۳، بیشترین دما مربوط به نواحی ساخته شده بوده است. دمای سطحی زیاد در نواحی شهری نسبت به اراضی کشاورزی و پوشش های گیاهی و آب را می توان به سطوح نفوذناپذیر مانند بتن، آسفالت و کاشی نسبت داد که به طور گسترده ای در نواحی شهری استفاده می شوند (Zhang et al., 2015). با رشد نواحی شهری و نابودی پوشش گیاهی، دمای سطح زمین در دوره زمانی مورد نظر روندی افزایشی را نشان می دهد. تبدیل چشم انداز طبیعی به چشم انداز مصنوعی بعضی تغییرات را در جذب، پخش و بازتابش انرژی خورشید ایجاد می کند و همزمان با رشد مناطق

تغییرات کاهشی و افزایشی کاربری‌های استخراج‌شده موجب افزایش دمای سطح زمین در طی دوره هجده‌ساله شده است؛ به‌طوری که با بررسی بیشترین دمای کاربری‌ها مشخص می‌شود که بیشترین دما در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۳ در مناطق ساخته‌شده و در سال ۲۰۲۰ در نواحی بایر روی داده است. نتایج دمای سطح زمین در طی دوره هجده‌ساله نیز نشان‌دهنده روند افزایشی دما در همه کاربری‌هاست. روند کاهشی پوشش گیاهی، تأثیر مستقیمی بر افزایش دمای سطح زمین در این کاربری داشته است. با بررسی بیشترین دما در کاربری پوشش گیاهی به‌وضوح مشاهده می‌شود که در سال ۲۰۰۲ که پوشش گیاهی وضعیت بهتری داشت، دمای سطح زمین در این کاربری کم بود. اما در گذر زمان با تخریب پوشش گیاهی، دما روندی افزایشی در این نواحی داشت. این موضوع با نتایج پژوهش Entezari و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد. آنها گزارش کردند که افزایش بیابان‌زایی و کاهش پوشش گیاهی، روند افزایش دمای سطح زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج تحقیق بیانگر این است که الگوریتم پنجره مجزا نتایج قابل اعتماد و دقیقی را در برآورد دمای سطح زمین ارائه داده که در پژوهش‌های جغرافیایی و علوم محیطی کاربرد دارد. در پژوهش حاضر، برای پایش زمانی و مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی از شاخص‌های NDVI، UHIII، UHIII و مقادیر دمای سطح زمین استفاده شد. نتایج بیانگر دمای زیاد در طبقات با پوشش گیاهی کم است. برپایه نتایج شاخص‌های UHIII، UHIII پدیده جزایر حرارتی در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ در نواحی شمال، جنوب شرق و شمال غرب شهرستان شوشتر ایجاد شده است. از شاخص‌های UHIII، UHIII در پژوهش‌های Shi و همکاران (۲۰۱۷) و Shabani و همکاران (۲۰۱۹)

جنوب شرق و شمال غرب منطقه ایجاد شده است. جزایر حرارتی واقع در شمال و جنوب شرق، به دلیل زیاد بودن دمای سطح زمین در مناطق ساخته‌شده ایجاد شده است. توسعه نواحی مسکونی و صنعتی، گرمایش ساختمان‌ها، آلودگی هوا و استفاده از آسفالت در ساختن خیابان‌ها که جاذب نور است، از عوامل تشکیل جزایر حرارتی در این نواحی بوده‌اند. این بخش‌ها گرمای خورشید را جذب و در خود ذخیره می‌کنند. گرمای موجود در خیابان‌ها و ساختمان‌ها در شب به هوا منتقل شده و روند کاهش دما کند می‌شود. جزیره حرارتی واقع در شمال غرب، در نواحی بایر با پوشش گیاهی کم ایجاد شده است. این جزیره به دلیل دمای زیاد ناشی از رسوبات ماسه‌ای در این ناحیه شکل گرفته و انعکاس پرتوهای ساطع‌شده از خورشید در آن کم بوده است. پوشش گیاهی با توجه به نقش تعدیل‌کننده خود اثر زیادی بر کاهش دمای سطح زمین دارد و نتایج این تحقیق، مبین این است که در طبقه با پوشش گیاهی کم، دمای سطح زمین زیاد بوده، اما در طبقات با پوشش گیاهی زیاد و متراکم، دمای سطح زمین کم بوده است.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش، کارایی زیاد داده‌های لندست و پردازش شیء‌گرا برای طبقه‌بندی تصاویر و تحلیل تغییرات کاربری را نشان داد. در سگمنت‌سازی تصاویر، وزن پارامترهای مقیاس، شکل، فشردگی و باندهای تصویری، به شکل کاملاً محسوسی در وضوح و کیفیت تصویر تأثیر می‌گذارد که از این یافته می‌توان افزایش کیفیت سگمنت‌سازی را به خوبی توجیه کرد. نتایج حاصل از بررسی تغییرات کاربری در شهرستان شوشتر، روند افزایشی کاربری مناطق ساخته‌شده و نواحی بایر را در طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۰ نشان داد. در همین دوره از مساحت پوشش گیاهی و پهنه‌های آب کاسته شد.

تأثیر کاهش پوشش گیاهی و گسترش مناطق مسکونی و نواحی بایر بر افزایش دمای سطح زمین است. دستاوردهای این پژوهش را می‌توان به‌منظور کسب اطلاعات از دمای سطح زمین، کاربری زمین و نیز تغییرات حادث‌شده در منطقه در اختیار متخصصان قرار داد تا با اتخاذ سیاست‌های مطلوب و درست، وضع آینده را پیش‌بینی کنند.

استفاده شد و نتایج پذیرفته‌ای در زمینه پایش زمانی و مکانی دمای سطح زمین به‌دست آمد. نتایج این تحقیقات همسو با یافته‌های تحقیق حاضر بود. تأثیرات تغییرات کاربری بر دمای سطح زمین در پژوهش‌های Akbari و همکاران (۲۰۱۶) و Darvishi و همکاران (۲۰۱۹) همانند تحقیق حاضر نشان داده شده است؛ مقایسه نتایج تحقیقات با پژوهش حاضر، نشان‌دهنده

References

- Akbari, A., Ebrahimi, M., Nejad-Soleimani, H., Faizi-Zadeh, B., 2016. Assessment of land surface temperature in relation to the trend of land-use changes using satellite images: A case study of Taleghan watershed, *Geography and Environmental Planning* 26(4): 151-170. (In Persian)
- Blaschke, T., Feizizadeh, B., Holbling, D. 2014. Object based image analysis and digital terrain analysis for locating landslides in the Urmia lake basin of Iran, *Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 7(12): 4806-4817.
- Bonye, S., Aasoglenang, T., Yiridomoh, G., 2021. Urbanization, agricultural land-use change and livelihood adaptation strategies in peri-urban Wa, Ghana. *SN Social Sciences* 1(1): 1-23.
- Borhani, K., Goodarzi, S., Ismaili, S., 2020. Feasibility study of using adaptation and mitigation strategies against urban heat islands: A case study of Tehran metropolis, *Human Geography Research* 52(1): 263-281. (In Persian)
- Chen, C., Li, W., Gao, L., Li, H., Plaza, J., 2018. Special issue on advances in real-time image processing for remote sensing, *Real Time Image Processing* 15(3): 435-438.
- Chen, X., Zhang, Y., 2017. Impacts of urban surface characteristics on spatiotemporal pattern of land surface temperature in Kunming of China, *Sustainable Cities and Society* 32(6): 87-99.
- Darvishi, S., Rashidpour, M., Soleimani, K. 2019. Investigating the relationship between land-use changes and land surface temperature using satellite images: A case study of Marivan township, *Geography and Development* 17(54): 143-162. (In Persian)
- Drăguț, L., Tiede, D., Levick, S., 2010. ESP: a tool to estimate scale parameter for multiresolution image segmentation of remotely sensed data, *Geographical Information Science* 24(6): 859-871.
- Ebrahimi, B., Rengzen, K., Riahi, H., Taghizadeh, A., 2016. Determining the most appropriate method of extracting the land surface temperature using Landsat 8 satellite images in the metropolis of Karaj, *Remote Sensing and GIS* 8(3): 59-76. (In Persian)
- Entezari, A., Abolghasem, A., Aliabadi, K., Khosravian, M., Ebrahimi, M., 2016. Monitoring land surface temperature and evaluating change detection land-use: A case study of Parishan lake basin, *Hydrogeomorphology* 3(8): 113-139. (In Persian)
- Entezari, A., Zandi, R., Khosravian, M., 2019. Evaluation of spatial changes in vegetation and land surface temperature using Landsat and MODIS Images: A case study of Fars province, *Watershed Engineering and Management* 11(4): 929-940. (In Persian)
- Feizizadeh, B., Dideban, K., Gholamnia. 2016. Estimation of land surface temperature using Landsat 8 satellite imagery and split-window algorithm: A case study of Mahabad watershed, *Geographical Data* 25(98): 171-181. (In Persian)
- Feizizadeh, B., Khedmatzadeh, A., Nikjoo, M., 2018. Micro-classification of orchards and agricultural croplands by applying object based image analysis and fuzzy algorithms for estimating the area under cultivation, *Applied Research in Geographical Sciences* 18(48): 201-216. (In Persian)
- Fekrat, H., Asghari, S., Alavipanah, K., 2020. Estimation of Ardabil land surface temperature using

- Landsat images and accuracy assessment of land surface temperature estimation methods with ground truth data, *RS and GIS for Natural Resources* 11(4): 114-136. (In Persian)
- Feng, H., Zhao, X., Chen, F., Wu, L. 2014. Using land-use change trajectories to quantify the effects of urbanization on urban heat island, *Advances in Space Research* 53(3): 463-473.
- Froese, R., Schilling, J., 2019. The nexus of climate change, land-use, and conflicts, *Current Climate Change Reports* 5(1): 24-35.
- Georgescu, M., Moustauoi, M., Mahalov, A., Dudhia, J., 2011. An alternative explanation of the semiarid urban area oasis effect, *Geophysical Research: Atmospheres* 116, 1-13.
- Ghorbannia, W., Mirsangari, M., Liaghati, H., Armin, M., 2017. Estimation of land surface temperature and land-cover of Dena Township using split-window algorithm and Landsat 8 satellite data, *Environmental Sciences* 15 (2): 55-74. (In Persian)
- Gohain, K., Mohammad, P., Goswami, A. 2021. Assessing the impact of land-use/cover changes on land surface temperature over Pune city, India, *Quaternary International* 575: 259-269.
- Hashemi, M., Alavipanah, K., Dinarvandi, M., 2013. Land surface temperature assessment in urban environment using thermal remote sensing, *Environmental Studies*, 39(1): 81-91. (In Persian)
- Hasheminasab, S., Jafari, R., 2018. Evaluation of land-use changes order to desertification monitoring using remote sensing techniques, *Spatial Analysis Environmental Hazards* 5(3): 67-82. (In Persian)
- Heydari, M., Akhoondzadeh Hanzaei, M., 2020. Development a split-window algorithm to estimate land surface temperature from Sentinel-3 satellite data, *Geospatial Information Technology* 8(2): 93-113. (In Persian)
- Huang, Q., Huang, J., Yang, X., Fang, C., Liang, Y. 2019. Quantifying the seasonal contribution of coupling urban land-use types on urban heat island using land contribution Index: A case study in Wuhan, China, *Sustainable Cities and Society* 44: 666-675.
- Juárez, E., López-Martínez, J., Hernández-Stefanoni, J., Hernández-Nuñez, H., 2021. Impact of urban land-cover changes on the spatial-temporal land surface temperature in a tropical city of Mexico, *Geo-Information* 10(2): 1-16.
- Kaplan, G., Avdan, U., 2017. Object-based water body extraction model using Sentinel-2 satellite imagery, *Remote Sensing* 50(1): 137-143.
- Kazemi, M., Salmani, B., Feizizadeh, B. 2020. Evaluating the types of split-window algorithms for calculating the land surface temperature to determine the best algorithm for MODIS sensor images, *RS and GIS for Natural Resources* 11(2): 106-127. (In Persian)
- Khedmatzadeh, A., Mousavi, M., Mohammadi-Turkmani, H., Mohammadi, M. 2021. Analysis of land-use change and the formation of heat islands in the boundaries of Urmia city using remote sensing, *Regional Planning* 11(41): 119-134. (In Persian)
- Kiani-Salmi, A., Ebrahimi, A., 2018. Assessing the impact of urban development and land-cover changes on land surface temperature in Shahrekord, *RS and GIS in Natural Resources* 9(4): 102-118. (In Persian)
- Kowe, P., Mutanga, O., Odindi, J., Dube, T., 2021. Effect of landscape pattern and spatial configuration of vegetation patches on urban warming and cooling in Harare metropolitan city, Zimbabwe, *GIScience & Remote Sensing* 58(2): 261-280.
- Mathew, A., Khandelwal, S., Kaul, N., Chauhan, S. 2018. Analyzing the diurnal variations of land surface temperatures for surface urban heat island studies: Is time of observation of remote sensing data important, *Sustainable cities and society*, 40: 194-213.
- McDaniel, M., Saha, D., Dumont, M., Hernández, M., Adams, M., 2019. The effect of land-use change on soil CH₄ and N₂O fluxes: a global meta-analysis, *Ecosystems* 22(6): 1424-1443.
- Merdasi, G., Yazdanpanah, M., Forouzani, M., Baradaran, M., 2018. Application of analytical hierarchy process in analysis of agricultural systems: A case Study of Shooshtar township of Iran. *Village and Development* 21(1): 1-23. (In Persian)
- Mohammadzadeh, K., Feizizadeh, B., 2020. Identifying and monitoring soil salinization in the eastern part of

Urmia Lake together with comparing capability of object based image analysis techniques, *Water and Soil Conservation Research* 27(3): 65-84.

Mohammadi, A., Khodabandehlou, B., 2020. Classification and assessment of land-use changes in Zanjan city using object-oriented analysis and Google Earth Engine system, *Geography and Environmental Planning* 31(2): 25-42. (In Persian)

Mombeni, M., Asgari, H., 2018. Monitoring, assessment and prediction of spatial changes of land-use/cover using Markov Chain model: A case study of Shooshtar Khuzestan, *Geographical Data*, 27(105): 35-47. (In Persian)

Mutiibwa, D., Strachan, S., Albright, T., 2015. Land surface temperature and surface air temperature in complex terrain, *Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 8(10), 4762-4774.

Nateghi, S., Lamenter, A., Hoshang-Ehsani, A., Bazrafshan, A., 2017. Evaluating the vegetation changes upon vegetation index by using remote sensing, *Rangeland and Desert Research* 24(4): 778-790.

Niclòs, R., Puchades, J., Coll, C., Barberà, M. J., Pérez-Planells, L., Valiente, J., Sánchez, J., 2021. Evaluation of Landsat-8 TIRS data recalibrations and land surface temperature split-window algorithms over a homogeneous crop area with different phenological land-covers, *Photogrammetry and Remote Sensing* 174: 237-253.

Raut, S., Chaudhary, P., Thapa, L., 2020. Land-use/Cover Change Detection in Pokhara Metropolitan, Nepal Using Remote Sensing, *Geoscience and Environment Protection* 8(8): 25-35.

Reisi, M., Ahmadi, M., Aye, L. 2019. Remote sensing for urban heat and cool islands evaluation in semi-arid areas, *Environmental Science and Management* 5(3), 319-330.

Rodríguez, J., Echeverría, C., Oyarzún, C. & Morales, L. (2018). Impact of land-use change on biodiversity and ecosystem services in the Chilean temperate forests, *Landscape Ecology* 33(3): 439-453.

Sabziparvar, A., Fakhariyadeh Shirazi, E., Nazemosadat, M., Rezaei, Y. 2016. Validation of land

surface temperature from Landsat-5 and MODIS images: A case study of wheat fields of Marvdasht plain, *Water and Soil Conservation*, 23(4): 25-43. (In Persian)

Salmani, S., Ebrahimi, H., Mohammadzadeh, K., Valizadeh-Kamran, K., 2019. Evaluation of different object-oriented classification techniques in land-use Extraction from Iconus satellite images, *Geographical Data* 28(111): 205-215. (In Persian)

Sekertekin, A., Bonafoni, S., 2020. Land surface temperature retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over rural areas: assessment of different retrieval algorithms and emissivity models and toolbox implementation, *Remote Sensing* 12(2): 1-32.

Shabani, M., Darvishi, S., Soleimani, K., 2019. Investigating the effects of land-use changes on spatial-temporal patterns of land surface temperature and heat islands: A case study of Saqqez Township, *Geography and Environmental Planning* 30(1): 37-54. (In Persian)

Shi, Y., Katzschner, L., Ng, E., 2017. Modelling the fine-scale spatiotemporal pattern of urban heat island effect using land-use regression approach in a megacity, *Science of the Total Environment*, 618(15): 891-904.

Sieber, P., Ericsson, N., Hansson, P. 2019. Climate impact of surface albedo change in life cycle assessment: implications of site and time dependence. *Environmental Impact Assessment Review* 77: 191-200.

Soffianian, A., Khodakarami, L., 2011. Land-use mapping using fuzzy classification: A case study of three catchment areas in Hamedan province, *Town and Country Planning*, 3(4): 95-114. (In Persian)

Tran, D., Pla, F., Latorre-Carmona, P., Myint, S., Caetano, M., Kieu, H., 2017. Characterizing the relationship between land-use/cover change and land surface temperature, *Photogrammetry and Remote Sensing* 124: 119-132.

Vali, A., Mousavi, H., Abbasi, H., 2019. Analysis and evaluation of the trend of land-use change in Mobarakeh in order to achieve sustainable development, *Urban Social Geography* 6 (2): 73-86. (In Persian)

- Vali, A., Ranjbar, A., Mokarram, M., Taripناه. F., 2019. An investigation of the relationship between land surface temperatures, geographical and environmental characteristics, and biophysical indices from Landsat images, *RS & GIS for Natural Resources* 10(3): 35-58.
- Wang, L., Lu, Y., Yao, Y. 2019. Comparison of three algorithms for the retrieval of land surface temperature from Landsat 8 images, *Sensors* 19(22): 1-22.
- Wang, M., He, G., Zhang, Z., Wang, G., Wang, Z., Yin, R., Cui, S., Wu, Z., Cao, X. 2019. A radiance-based split-window algorithm for land surface temperature retrieval: Theory and application to MODIS data, *Applied Earth Observation and Geoinformation* 76: 204-217.
- Wang, Y., Hu., S., Myint., C., Feng., C., Chow, W., Passy, P., 2018. Patterns of land change and their potential impacts on land surface temperature change in Yangon, Myanmar, *Science of the Total Environment* 643: 738-750.
- Wen, Y., Hu, C., Zhang, G., Jian, S., 2020. Response of the parameters of excess infiltration and excess storage model to land-use cover change, *Hydrology and Hydromechanics* 68(2): 99-110.
- Wolde, Z., Wei, W., Likessa, D., Omari, R., Ketema, H. 2021. Understanding the impact of land-use and land-cover change on water-energy-food nexus in the gidabo watershed, East African Rift Valley, *Natural Resources Research* 30(3): 2687-2702.
- Yarahmadi, J., Rostamizad, Q., Saei, H. 2020. Detection of changes in forest cover in an object-oriented way using satellite images in the Ilgneh-Chay watershed of Arasbaran forests, *Protection and Exploitation of Hyrcanian Forests* 1(2): 59-70. (In Persian)
- Yari, M., Soltani-Gerdefaramarzi, S., Ghasemi, M., 2019. Investigation of the effect of to land-use changes on flood hydrograph and fluctuations of groundwater level in part of Ghareh Souh basin, *Geography and Environmental Hazards* 8(3): 41-58. (In Persian)
- Zarei, A., Shah-Hosseini, R., Ranjbar, S., Hasanlou, M., 2021. Validation of non-linear split-window algorithm for land surface temperature estimation using Sentinel-3 satellite imagery: A case study of Tehran province, Iran, *Advances in Space Research* 67(12): 3979-3993.
- Zhang, Y., Balzter, H., Zou, C., Xu, H., Tang, F., 2015. Characterizing bi-temporal patterns of land surface temperature using landscape metrics based on sub-pixel classifications from Landsat TM/ETM+, *Applied Earth Observation and Geoinformation* 42, 87-96.
- Zhong, Y., Wang, J., Zhao, J. 2020. Adaptive conditional random field classification framework based on spatial homogeneity for high-resolution remote sensing imagery, *Remote Sensing Letters* 11(6): 515-524.