

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات کاربری‌های مختلف شهرستان اصفهان بر ایجاد جزایر حرارتی

صیاد اصغری سراسکانرودی^۱، دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه

محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

بهاره اسدی، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی،

دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده

در این پژوهش، ارتباط کاربری اراضی با دمای سطح زمین شهرستان اصفهان و خودهمبستگی فضایی با بهره‌گیری از شاخص موران بررسی شده است. بدین منظور، ابتدا، از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای مربوط به ماهواره لندست هشت^۲ و لندست پنج^۳ در یک بازه زمانی ۱۸ ساله دریافت و پیش‌پردازش‌های لازم اعمال شد. سپس، به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، نقشه طبقه‌بندی با استفاده از روش شیء‌گرا نزدیکترین همسایگی و الگوریتم حداکثر احتمال صورت گرفت و دمای سطح زمین با استفاده از روش‌های الگوریتم پنجره مجزا برای لندست هشت و تک‌کاناله برای لندست پنج استخراج شد و از داده‌های ایستگاه هواشناسی موجود در منطقه برای ارزیابی دمای به دست آمده استفاده گردید. تحلیل آماری بین مقادیر دمای بازیابی شده به روش تک‌کاناله و پنجره مجزا نشان داد که مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا^۴ برای سال ۲۰۱۸ و ۲۰۰۰ به ترتیب برابر ۱/۶۴ و ۰/۹۳ می‌باشد که حاکی از، عملکرد بهتر روش پنجره مجزا نسبت به تک‌کاناله است. همچنین، از دیگر نتایج تحقیق، رابطه بین کاربری اراضی و دما می‌باشد؛ بدین صورت که، دمای مناطق کویری در سال ۲۰۰۰، دمای ۴۲/۷۶ درجه و در سال ۲۰۱۸، ۴۶/۰۶ درجه سانتی‌گراد بوده است که به دلیل نبود پوشش گیاهی، این مناطق دمای بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند. مناطق دارای آب نیز در سال ۲۰۰۰، دمای ۲۱/۱۶ و در سال ۲۰۱۸، دمای ۳۲/۰۹ درجه سانتی‌گراد را به خود اختصاص داده است که دلیل آن را می‌توان خشک‌سالی‌های اخیر، خشک شدن رودخانه زاینده‌رود و افزایش مناطق شهری و سطوح نفوذ ناپذیر دانست. در نهایت، با استفاده از شاخص تحلیل لکه‌های داغ، خوشه‌های گرم و سرد جزایر حرارتی شهرستان اصفهان استخراج شد. تحلیل خود همبستگی فضایی با شاخص‌های موران جهانی نشان داد دمای سطح زمین به شکل خوشه‌ای توزیع شده است. تحلیل لکه‌های داغ تأییدی آشکار بر متمرکز و خوشه‌ای شدن جزایر حرارتی شهرستان اصفهان در فضا با افزایش دوره زمانی بوده است.

کلمات کلیدی: تصاویر لندست OLI-TM، طبقه‌بندی شیء‌گرا، کاربری اراضی، دمای سطح زمین، خودهمبستگی فضایی.

sayyad.sasghari21@gmail.com

²TIR-OLI

³TM

⁴RMSE

۱- نویسنده مسئول:

مقدمه

بیش از ۵۰ درصد جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند و این تعداد بخصوص در کشورهای در حال توسعه، همچنان رو به افزایش می‌باشد (لی^۱ و همکاران، ۲۰۱۱ به نقل از سازمان ملل متحد^۲، ۲۰۰۸). با توسعه شهرنشینی مقادیر زیادی از مساحت مناطق کشاورزی و جنگلی جای خود را به مناطق شهری، مناطق صنعتی و دیگر زیرساخت‌ها داده‌اند (متکان و همکاران، ۱۳۹۳). موضوع توسعه یافتن شهرها و ارتباط آن با جزایر حرارتی شهری موضوع بسیار مهمی است که باید ابتدا درک و سپس کنترل شود و در روند توسعه شهرها برنامه‌ریزی گردد (عقیلی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۲ به نقل از ونگ^۳ و همکاران، ۲۰۰۴). روش‌ها و الگوریتم‌های مختلفی برای به دست آوردن درجه حرارت سطح زمین از داده‌های سنجش از دور مادون قرمز حرارتی وجود دارد (جوس^۴ و همکاران، ۲۰۰۵). درجه حرارت سطح زمین^۵ یک پارامتر مهم برای پیش‌انرژی سطحی می‌باشد. همچنین متغیر اولیه‌ای برای تعیین تابش‌های حرارتی به سمت بالا و کنترل‌کننده اصلی شار حرارتی سطح و اتمسفر می‌باشد (تریگو^۶ و همکاران، ۲۰۰۹). تغییرات شدید پوشش زمین در خلال فعالیت‌های شدید انسانی نظیر سطوح غیر قابل نفوذ و زمین‌های بی‌حاصل، موجب کاهش آب، پوشش گیاهی و افزایش درجه حرارت سطح که در نهایت، موجب افزایش انتشار گرما از سطح زمین و افزایش دمای جو می‌شود (سترو^۷ و همکاران، ۲۰۱۳). به منظور کاهش اثر عوامل ناخواسته مانند تأثیرات توپوگرافی و بازتاب پوشش‌های سنگی و خاک لخت روی اطلاعات پوشش گیاهی و افزایش اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی با استفاده از ترکیب حداقل دو باند شاخص پوشش گیاهی ایجاد می‌شود (حسن‌لو و مشروطه، ۱۳۹۴). در مقایسه با روش‌های سنتی هواشناسی که مشاهده شده،

¹ Li

² United Nation

³ Wang

⁴ Jose

⁵ Land Surface Temperature

⁶ Trigo

⁷ Setturu

تکنولوژی سنجش از دور مزایایی از جمله پوشش وسیع و دقت بالا را دارا می‌باشد که امکان تحقیقات در مورد جزایر گرمایی در مقیاس شهری را فراهم می‌کند (لیو و زنگ^۱، ۲۰۱۱). مطالعات اخیر در چهل سال گذشته توانسته‌اند نقش پدیده‌های اصلی مؤثر در شکل‌گیری و تداوم جزایر حرارتی شهری را از لحاظ کمی تعیین کنند. لیو و زنگ (۲۰۱۱)، در مطالعه‌ای تجزیه و تحلیل جزایر حرارتی را با استفاده از داده لندست و آستر^۲ در منطقه هنگ کنگ مورد بررسی قرار دادند که در این تحقیق از تصاویر لندست و آستر استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که تصاویر لندست و آستر را می‌توان برای مطالعه جزایر حرارتی استفاده کرد. همچنین، مناطق سبز در کاهش جزایر حرارتی و مناطق صنعتی و ساخته انسان در افزایش جزایر حرارتی نقش دارند و مشکل اساسی هم در این تحقیق، نبود داده‌های مربوط به دمای نزدیک سطح زمین برای ارزیابی صحت درجه حرارت سطح زمین در زمان عبور ماهواره بود. فان^۳ و همکاران (۲۰۱۷)، در مطالعه‌ای تأثیر شهرسازی بر روی جزایر حرارتی و تجزیه و تحلیل آن در شهرهای کویری و گرمسیری را بررسی کردند که در این تحقیق، از تصاویر لندست پنج استفاده شد و نتایج این تحقیق نشان داد که اندازه شهرها باعث کمبود منابع آب و در نتیجه اثر منفی روی شاخص گیاهی^۴ دارد و شهرهای دور افتاده اثر خنک کننده‌گی بالاتری را دارند. فکیو ابراهیم^۵ (۲۰۱۷)، در پژوهشی استفاده از اراضی شهری در تغییر پوشش زمین و تأثیر آنها بر دمای سطح زمین را در شهر دوهوک^۶ در اقلیم کردستان عراق را بررسی کرد که در این تحقیق، از داده‌های سری زمانی تصاویر لندست شامل تصاویر بانده مادون قرمز، حرارتی و لندست پنج و از الگوریتم پنجره مجزا برای دستیابی به درجه حرارت سطحی استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات کاربری و پوشش زمین بر روی درجه حرارت سطحی تأثیر گذار می‌باشد. علاوه بر این‌که، درجه حرارت سطحی تحت تأثیر

¹ Liu and Zhang

² ASTER

³ Fun

⁴ NDVI

⁵ Faqe Ibrahim

⁶ Dohuk

پوشش و کاربری زمین می‌باشد؛ به دما و رطوبت نیز بسیار حساس بوده؛ به گونه‌ای که، مناطق آبی و جنگلی دارای دمای کمتر و مناطق انسان‌ساخت و شهری دارای دمای بیشتری می‌باشند. نوروادا و تسویوشی^۱ (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای تجزیه و تحلیل تغییر کاربری اراضی و توسعه جزایر حرارتی شهری را در شهر بوگو توسط سنجش از دور انجام دادند که در این پژوهش، از تصاویر لندست سنجنده پنج و لندست ۸ استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که درجه حرارت سطحی با کاربری های مختلف رابطه دارد و بیشترین درجه حرارت مربوط به مناطق شهری و کمترین آن مربوط به مناطق گیاهی می‌باشد. ارخی (۱۳۹۴)، آشکارسازی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیء-گرای تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار Idrisi selvi را مورد بررسی قرار داد که نتایج این تحقیق حاکی از، دقت بالای روش شیء‌گرا در طبقه‌بندی (دقت کل و ضریب کاپا به ترتیب ۹۵ درصد و ۹۴ درصد) است. اصغری سراسکانرود و امامی (۱۳۹۷)، در پژوهشی به پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر لندست هشت و هفت^۲ را در شهرستان اردبیل پرداختند. نتایج تحقیق حاکی از رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی شهرستان اردبیل می‌باشد. عظیمی (۱۳۸۷)، در تحقیقی پهنه‌بندی دمای شهر اهواز را با استفاده از تصاویر حرارتی لندست هفت بررسی کرد. نتایج این تحقیق نیز، حاکی از ارتباط کاربری با دمای سطح زمین است؛ بدین صورت که، کاربری صنعتی و کارخاجات حداکثر دما و آب کمترین دما را به خود اختصاص داده‌اند. اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۸)، به بررسی ارتباط کاربری‌های مختلف با دمای سطح زمین مبتنی بر تحلیل خود همبستگی فضایی (موران) با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای لندست^۸ در شهر اردبیل پرداختند که در این تحقیق، از تصاویر ماهواره لندست هشت استفاده شد. نتایج این تحقیق، نشان داد که نواحی شهری در قیاس با نواحی آبی، دارای دمای بیشتر به دلیل جذب حرارت بودن

^۱ Nurwanda & Tsuyosh

^۲ ETM

دارا می‌باشند. از دیگر نتایج این تحقیق این بود که، تحلیل خود همبستگی فضایی با شاخص جهانی موران جهانی نشان داد دمای سطح شهر اردبیل ساختار فضایی دارد و به بیانی دیگر، دمای سطح زمین به شکل خوشه‌ای توزیع شده است. در طول دو دهه اخیر، نیاز فراوان به اطلاعات دمای سطح زمین برای مطالعات محیطی و فعالیت‌های مدیریتی منابع زمینی، سنجش از دور سطح زمین را به یکی از موضوعات مهم علمی تبدیل کرده است (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۸ به نقل از سوبرینو^۱ و همکاران، ۲۰۰۴).

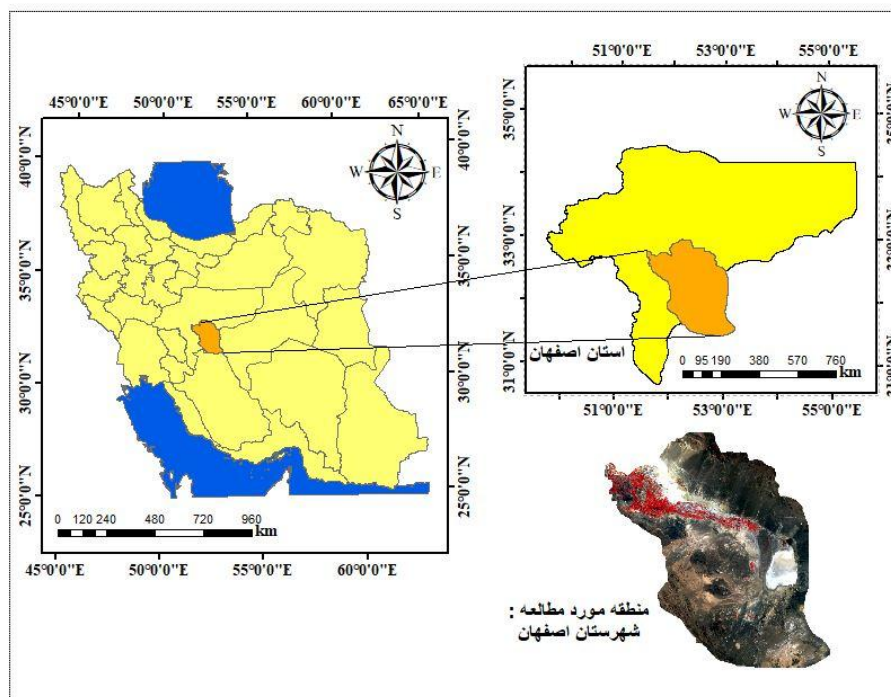
در این تحقیق، به بررسی دمای سطح زمین با الگوریتم پنجره مجزا برای سال ۲۰۱۸ و الگوریتم تک‌کاناله برای سال ۲۰۰۰ استفاده شد. با توجه به مطالعات و تحقیقات گذشته، الگوریتم پنجره مجزا به دلیل استفاده از دو باند حرارتی در برآورد دمای سطح زمین از کارایی بالایی برخوردار است. در ارتباط با استخراج انواع کاربری‌ها، از روش حداکثر احتمال و الگوریتم نزدیکترین همسایه از روش‌های شیء‌گرا استفاده شد که روش شیء‌گرا در استخراج کاربری‌ها، عملکرد بهتری را از خود نشان می‌دهد. چرا که، در تحقیقات صورت گرفته، این روش از ضریب کاپا و دقت کلی بالاتری نسبت به روش‌های پیکسل پایه برخوردار است. در نهایت، به تحلیل خودهمبستگی فضایی شهرستان اصفهان در سال‌های (۲۰۱۸-۲۰۰۰) در ماه‌های خرداد و تیر پرداخته شد. هدف از این پژوهش، به صورت کلی: ۱- استخراج تغییرات جزایر حرارتی در مناطق شهری با استفاده از داده‌های ماهواره هشت و لندست ۵ ۲- استخراج کاربری‌های مختلف با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال از روش‌های پیکسل پایه و الگوریتم نزدیکترین همسایگی از روش‌های شیء‌گرا ۳- بررسی رابطه بین تغییرات دما و تغییرات کاربری اراضی ۴- تحلیل خودهمبستگی فضایی موران و بررسی لکه‌های داغ جزیره حرارتی، می‌باشد تا مشخص شود کاربری اراضی تا چه اندازه در دمای سطح مؤثر می‌باشد. لذا، نتایج این پژوهش می‌تواند برای برنامه‌ریزان محیطی، ناحیه‌ای و شهری از یک سو و آشکارسازی تغییرات به‌عنوان یک مؤلفه مهم در استراتژی‌ها و راهبردهای مدیریت منابع طبیعی و تغییرات

¹ Sobrino

محیطی از سوی دیگر، سودمند باشد.

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان اصفهان با مساحت ۱۵۷۰۶ کیلومتر مربع در محدوده بین طول‌های جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه و ۱۵ ثانیه تا ۵۱ درجه ۴۷ دقیقه و ۱۰ ثانیه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه و ۲۰ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۴۸ دقیقه و ۱۰ ثانیه شمالی در استان اصفهان واقع شده است. ارتفاع آن بین حداقل ۱۵۵۰ متر در اطراف زاینده‌رود و حداکثر آن ۱۶۵۰ متر در نقاط مرتفع‌تر در نوسان است (سالنامه آماری، ۱۳۹۵). شکل ۱، موقعیت منطقه مورد مطالعه شهرستان اصفهان را در استان و کشور نشان می‌دهد.

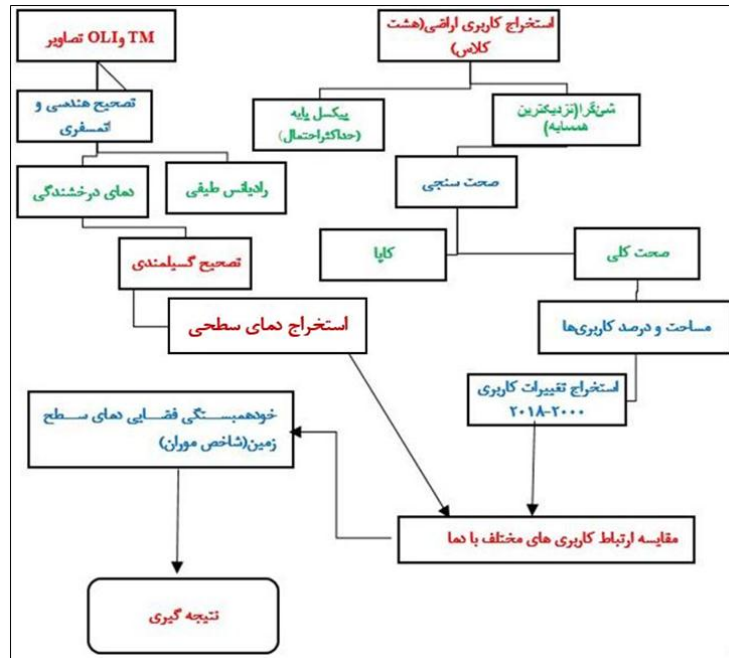


شکل ۱- موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

داده‌ها و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل؛ تصاویر ماهواره‌ای لندست هشت و لندست ۵ است که از سایت زمین‌شناسی آمریکا اخذ شده است (جدول ۱). برای استخراج نقشه کاربری اراضی از باندهای مرئی و مادون قرمز و برای استخراج دمای سطح زمین از باندهای حرارتی، تصاویر سال‌های (۲۰۱۸-۲۰۰۰) در ماه خرداد استفاده شد. انتخاب ماه خرداد به دلیل مصادف بودن با ماه‌های گرم است که در این ماه به دلیل وجود پوشش گیاهی مناسب و کافی، استخراج نقشه کاربری اراضی با دقت و صحت بیشتری همراه خواهد بود. به منظور آماده‌سازی تصاویر، تصحیحات هندسی و اتمسفری با استفاده از روش تصحیح اتمسفری فلش^۱ روی تصاویر توسط نرم‌افزار Envi 5.3 صورت گرفت. سپس طبقه‌بندی کاربری اراضی با روش شیء‌گرا (نزدیکترین همسایگی) توسط نرم‌افزار Ecognition و پیکسل پایه (الگوریتم حداکثر احتمال) توسط نرم‌افزار Envi 5.3 صورت گرفت. برای استخراج خوشه‌های جزایر حرارتی شهری به بررسی الگوی فضای داده‌ها به منظور تعیین کمیت و همچنین، آزمون ساختار فضایی پارامترهای مشاهده شده از آماره موران جهانی استفاده شد. خودهمبستگی فضایی موران به بررسی خودهمبستگی فضایی بر اساس مکان پراکنش دو مقدار می‌پردازد و خصیصه مورد نظر از عارضه جغرافیایی را در آن مکان تحلیل می‌کند (گریفیس، ۱۹۸۷). برای محاسبه آماره یا شاخص موران، ابتدا نمره استاندارد Z و P-value محاسبه می‌شود. در مرحله بعد، به ارزیابی و معنادار بودن شاخص پرداخته شد (کرمی، ۱۳۹۳) (شکل ۲). مراحل کلی این تحقیق به منظور برآورد رابطه میان دما و کاربری اراضی و بررسی خودهمبستگی فضایی نشان داده شده است.

^۱ FLAASH



شکل ۲- الگوریتم تخمین دمای سطح زمین و کاربری اراضی در این پژوهش

جدول ۱- مشخصات تصاویر مورد استفاده

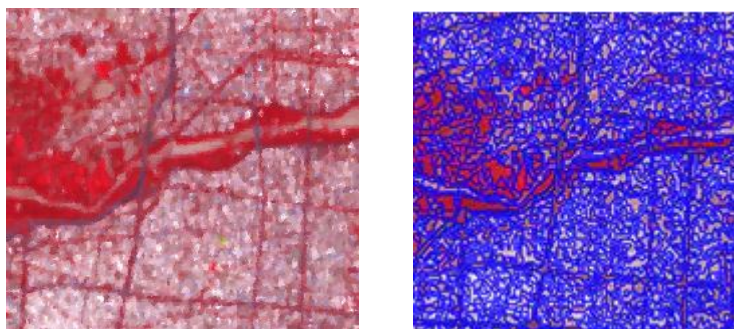
تاریخ	سطر	نوع سنجنده	ستون
۲۰۰۰/۶/۱۹	۳۷	لندست ۵ (TM)	۱۶۳
۲۰۰۰/۶/۱۹	۳۸		۱۶۳
۲۰۰۰/۶/۱۹	۳۷		۱۶۴
۲۰۱۸/۶/۱۶	۳۷	لندست ۸ (OLI, TIR)	۱۶۳
۲۰۱۸/۶/۱۶	۳۸		۱۶۳
۲۰۱۸/۶/۱۶	۳۷		۱۶۴

(منبع: متادیتا تصاویر لندست هشت و پنج)

استخراج نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی منطقه: در این مرحله، نقشه‌های طبقه‌بندی شده با الگوریتم حداکثر احتمال^۱ از روش‌های پیکسل پایه با نرم‌افزار ENVI5.3 و الگوریتم نزدیکترین همسایگی از روش‌های شی‌گرا با نرم‌افزار eCognition مورد بررسی

^۱ Maximum Likelihood Classification

قرار گرفت و برای استخراج نقشه‌ها از نرم‌افزار ArcGis5.3 استفاده شد. روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال بر اساس کوواریانس و واریانس می‌باشد. در طبقه‌بندی حداکثر احتمال، پیکسل مورد نظر به کلاسی نسبت داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق به کلاس مورد نظر را دارد (اکبری و همکاران، ۱۳۹۲). در روش شی‌گرا، اطلاعات طیفی با اطلاعات مکانی ادغام و پیکسل‌ها بر اساس شکل، بافت و تن خاکستری در سطح تصویر با مقیاس مشخص طبقه‌بندی شده است و طبقه‌بندی بر اساس این قطعه‌ها انجام می‌شود. طبقه‌بندی به روش شی‌گرا به دلیل استفاده از ویژگی‌های چند شیء از جمله طیف، شکل، بافت، سایه، زمینه و موقعیت مکانی روش کارآمدتری نسبت به الگوریتم حداکثر احتمال از روش‌های پیکسل‌پایه می‌باشد و صحت کلی و ضریب کاپای بالاتر را به خود اختصاص می‌دهد. در تحقیق حاضر، برای طبقه‌بندی، از روش طبقه‌بندی چند تفکیکه^۱ استفاده شد. برای این منظور، با تجزیه و تحلیل نتایج طبقه‌بندی تصویر با پارامتر مقیاس متفاوت و تفکیک مکانی تصویر، پارامتر مقیاس ۲۵ برای طبقه‌بندی انتخاب شد. قبل از انجام طبقه‌بندی به روش شی‌گرا، لازم است طبقه‌بندی تصویر صورت گیرد (شکل ۳).



شکل ۳- نمونه تصویر طبقه‌بندی شده شهر اصفهان (مقیاس: ۲۰، شکل: ۰/۵، ضریب فشردگی: ۰/۵)

استخراج دمای سطح زمین: درجه حرارت سطح زمین یکی از پارامترهای کلیدی در فیزیک فرآیندهای سطح زمین از مقیاس‌های محلی به مقیاس جهانی است. دمای سطح

^۱ Multiresolution segmentation

زمین یک پارامتر کلیدی در فیزیک سطح زمین است که از طریق فرآیند تبادل انرژی و آب با اتمسفر است که نقش بسیار مهمی در بسیاری از مطالعات علمی مانند اکولوژی، هیدرولوژی و مطالعات تغییرات جهانی دارد. اهمیت درجه حرارت سطح زمین به طور فزاینده‌ای به رسمیت شناخته شده است و علاقه زیادی به توسعه روش‌ها برای اندازه‌گیری درجه حرارت سطح زمین از فضا وجود دارد (یو و همکاران^۱، ۲۰۱۴). برای تعیین دمای واقعی سطح زمین از الگوریتم‌های گوناگونی همچون الگوریتم پنجره مجزا^۲ و تک‌کاناله^۳ استفاده می‌شود و در این تحقیق، به منظور به دست آوردن دمای سطح زمین از این الگوریتم‌ها استفاده شد. در همین راستا، از باند ۱۰ حرارتی سنجنده لندست هشت و باند ۶ حرارتی لندست ۵ به منظور استخراج دما استفاده گردید.

۱. برآورد دمای روشنایی: با استفاده از ثابت حرارتی موجود در فایل مرجع می‌توان داده‌های باند حرارتی را از طیف درخشندگی به دمای روشنایی تبدیل کرد که برای محاسبه آن از رابطه (۲) استفاده می‌شود (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴).

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda + 1}\right) - 272.15} \quad \text{رابطه (۱)}$$

T = دمای روشنایی ماهواره بر حسب کلوین و $K_2 - K_1$ = ثابت‌های حرارتی موجود در متادیتا فایل، $L\lambda$ = درخشندگی جو بالاست.

۲. محاسبه رادیانس: با توجه به اینکه اجسام، پدیده‌ها و پوشش‌های سطح زمین جزو گروه اجسام سیاه قرار نمی‌گیرند، بنابراین، لازم است دمای تابشی به دست آمده از باندهای سنجنده را با لحاظ کردن مقادیر توان تشعشعی و شرایط جوی به دمای واقعی سطح زمین تبدیل کنیم. برای این کار نخست مقدار DN هر پیکسل به رادیانس تبدیل شود:

$$R = (RMB * B) + RAB \quad \text{رابطه (۲)}$$

$RAB - RMB$ = از متادیتا تصاویر استخراج شد.

¹ Yu

² Split-window

³ Single channel

۳. برآورد قابلیت انتشار سطح زمین^۱: یکی دیگر از معیارهایی که برای محاسبه دمای سطحی ضروری می‌باشد، برآورد قابلیت انتشار در سطح زمین می‌باشد. این معیار به صورت جداگانه در هر دو باند حرارتی ماهواره لندست برای گیاه و خاک باید محاسبه شود که با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌شود (جنسن^۲، ۲۰۱۵)

$$LSE = E^S(1 - FVC) + E^V * FV \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در رابطه بالا، LSE قابلیت انتشار سطح زمین، E^{V-S} انتشار گیاه و خاک برای باندهای حرارتی، و FVC نسبت پوشش گیاهی را نشان می‌دهد (جدول ۲).

جدول ۲- Emissivity برای خاک و گیاه

Emissivity	Band10	Band11
E^V	۰/۹۷۱	۰/۹۷۷
E^S	۰/۹۸۷	۰/۹۸۹

منبع: (فیضی زاده و همکاران، ۱۳۹۴)

۴. برآورد LST به روش پنجره مجزا^۳: این روش ابتدا، در زمینه بازیابی دمای سطح دریا به کار گرفته شد که با ضرایب با توجه به جدول (۳) و شاخص‌های مختلفی نظیر بخار آب و زاویه زینت ماهواره که در مدل‌های مختلف پنجره مجزا متفاوت می‌باشد، ارائه شد (علوی‌پناه، ۱۳۹۵). این روش یکی از الگوریتم‌های مهم در برآورد دمای سطح زمین می‌باشد که از ویژگی‌های بارز آن، حذف اثرات جوی است. و برآورد دمای سطح زمین در این الگوریتم طبق رابطه (۴) می‌باشد (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴).

$$LST = TB^{10} + C^1(TB^{10} - TB^{11}) + C^2(TB^{10} - TB^{11})^2 + C^0 + (C^3 + C^4W)(1 - \varepsilon) + (C^5 + C^6W)\Delta\varepsilon \quad \text{رابطه (۴)}$$

$TB^{10} - TB^{11}$ = دمای روشنایی و $C^0 \dots C^6$ = ضرایب الگوریتم، W = ستون بخار آب و $\Delta\varepsilon$ = اختلاف LSE .

¹ Land Surface Emissivity

² Jenssen

³ Spilet Window

جدول ۳- ضرایب الگوریتم split-window

ضرایب ثابت	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
ارزش‌ها	-۰/۲۶۸	۰/۳۷۸	۰/۱۸۴	۵۴/۳	-۲/۲۳۸	-۱۲۹/۲	۱۶/۴

منبع: (هارو گارسیا، ۲۰۰۵)

استخراج خوشه‌های جزایر حرارتی شهری: برای محاسبه خودهمبستگی فضایی با استفاده از شاخص موران جهانی، از رابطه (۵) استفاده می‌شود (کرمی، ۱۳۹۳):

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n z_i^2} \quad \text{رابطه (۵)}$$

Z_i = تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه X_i با میانگین $(X_i - \bar{x})$ ، Z_j = تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه X_j با میانگین $(X_j - \bar{x})$ ، w_{ij} = وزن موجود بین عارضه i و j می‌باشد که عکس فاصله بین دو عارضه i و j است، $(w_{ij} = \frac{1}{d_{ij}})$ و N = تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در لایه است (کرمی، ۱۳۹۳).

محاسبه کل وزن‌های فضایی، با استفاده از رابطه (۶) انجام می‌شود (فلاح‌قاله‌ری، ۱۳۹۴).

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad \text{رابطه (۶)}$$

محاسبه نمره‌های استاندارد Z_i برای آماره موران با استفاده از رابطه (۷)

$$Z_i = \frac{i - E(I)}{\sqrt{V(I)}} \quad \text{رابطه (۷)}$$

به طور کلی، اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد +۱ باشد، داده‌ها دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای و اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد -۱ باشد، آنگاه داده‌ها از هم گسسته و پراکنده می‌باشند (فلاح‌قاله‌ری، ۱۳۹۴).

¹ Haro Garcia

تحلیل لکه‌های داغ^۱: جهت آشکارسازی جزایر حرارتی سرد و گرم از تحلیل لکه‌های داغ آماره‌ی گتیس-ارد جی^۲ استفاده می‌شود. در این آماره، نمره‌ی Z محاسبه شده، نشان می‌دهد که در کدام مناطق، داده‌ها با مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده است. چهارچوب مفهومی این تحلیل، این‌گونه عمل می‌کند که اگر عارضه‌ای مقدار بالا داشته باشد، مهم است؛ ولی، این بدان معنی نیست که یک لک داغ باشد. عارضه‌ای لکه داغ تلقی می‌شود که هم خود عارضه و هم عارضه‌های همسایه‌ی آن از نظر آماری معنادار باشند. امتیاز Z برای خروجی نهایی زمانی به دست خواهد آمد که مجموع محلی^۳ عارضه و همسایه‌ی آن به‌طور نسبی با جمع کل عارضه‌ها مقایسه گردد (علی‌آبادی، ۱۳۹۴).

بحث اصلی

به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، نقشه کاربری اراضی شهرستان اصفهان برای سال‌های (۲۰۱۸-۲۰۲۰) با استفاده از دو روش پیکسل پایه و شی‌گرا تهیه شد. تعداد هشت کلاس شامل مناطق شور، مناطق کویری، مسکونی، زراعت آبی، آیش، دیم، آب، تالاب گاوخونی برای منطقه مورد مطالعه استخراج گردید. نتایج نشان می‌دهد که در سال ۲۰۰۰، صحت کلی به‌طور میانگین برای الگوریتم حداکثر احتمال از روش‌های پیکسل پایه برابر با ۹۳/۷۴ و در سال ۲۰۱۸ برابر ۹۴/۸۶ می‌باشد. همچنین، طبقه‌بندی با الگوریتم نزدیکترین همسایگی از روش‌های شی‌گرا در سال ۲۰۰۰، به‌طور میانگین، دارای صحت کلی ۹۷/۲۵ و در سال ۲۰۱۸، دارای مقدار ۹۶/۱۹ درصد می‌باشد. قابل‌ذکر است که ضریب کاپا نیز در الگوریتم نزدیکترین همسایگی دارای مقادیر بالاتری است. بدین صورت که، ضریب کاپا در الگوریتم حداکثر احتمال در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸، به ترتیب دارای مقادیر ۰/۹۰ و ۰/۹۱ درصد می‌باشد. در الگوریتم نزدیکترین همسایگی ضریب کاپا در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸، به ترتیب مقادیر ۰/۹۵ و ۰/۹۳ را به خود اختصاص داده است. خلاصه‌ای از مقایسه دو روش مذکور در جدول (۴) آمده است.

^۱ Hotspot

^۲ Getis – Ord Gi

^۳ Local sum

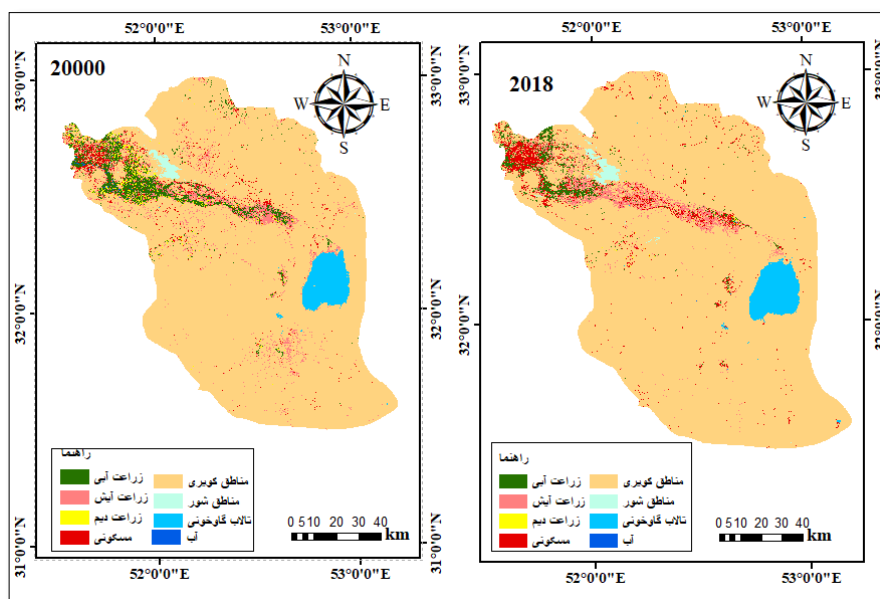
جدول ۴- مقایسه صحت الگوریتم‌های حداکثر احتمال و شی‌گرا

روش‌ها	حداکثر احتمال	شی‌گرا
صحت کلی	سال ۲۰۰۰ TM تصویر سنجنده ۹۳/۷۴	سال ۲۰۰۰ TM تصویر سنجنده ۹۷/۲۵
	سال ۲۰۱۸ OLI تصویر سنجنده ۹۴/۸۶	سال ۲۰۱۸ OLI تصویر سنجنده ۹۶/۱۹
ضریب کاپا	سال ۲۰۰۰ TM تصویر سنجنده ۰/۹۰	سال ۲۰۰۰ TM تصویر سنجنده ۰/۹۵
	سال ۲۰۱۸ OLI تصویر سنجنده ۰/۹۱	سال ۲۰۱۸ OLI تصویر سنجنده ۰/۹۳

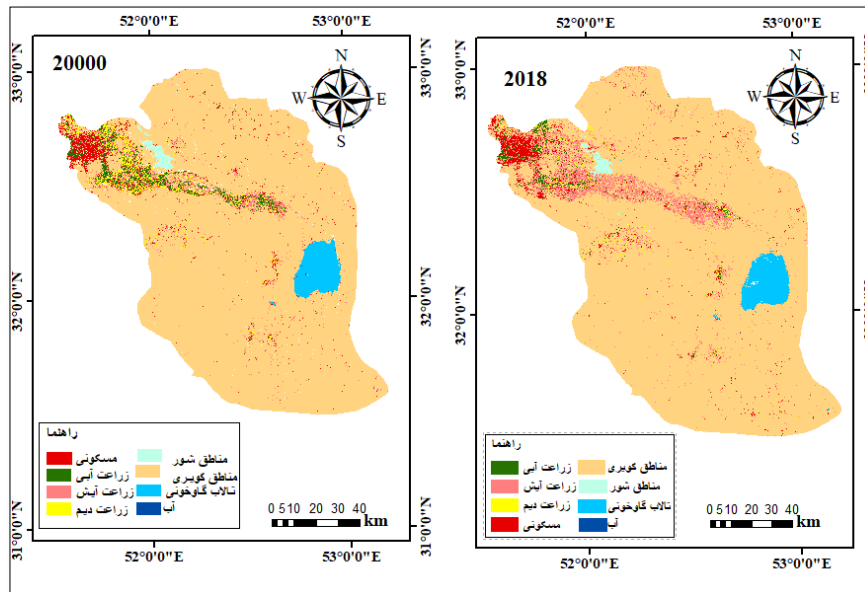
در روش شی‌گرا از پارامترهای پوشش گیاهی نرمال شده و میانگین باند مادون قرمز، باند قرمز و همچنین، از هندسه برای استخراج پوشش گیاهی متراکم و زمین‌های زراعی آبی استفاده شد. پوشش گیاهی در منطقه باند مادون قرمز نزدیک، دارای حداکثر انعکاس؛ ولی، در باند قرمز انعکاس آن کم شده و در نتیجه، از این ویژگی می‌توان برای تفکیک پوشش گیاهی از سایر پدیده‌ها استفاده کرد. از آنجایی که زمین‌های کشاورزی (زراعت آبی، دیم، آیش) بر روی تصاویر ماهواره‌ای دارای اشکال منظم هستند، با استفاده از پارامتر هندسه از سایر پدیده‌ها تفکیک می‌شوند و نیز زمین‌های زراعی به دلیل محصولات کشت شده دارای فشردگی هستند که با استفاده از این ویژگی، قابل شناسایی هستند. مناطق شوری به دلیل همگن بودن، انعکاس بالایی در محدوده باند قرمز دارند به همین علت، از میانگین و انحراف معیار باند مادون قرمز برای شناسایی این مناطق استفاده شد. خلاصه‌ای از پارامترهای استفاده شده در جدول (۵) نشان داده شده است. به دلیل عملکرد بهتر روش شی‌گرا، این روش برای استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی استفاده شد.

جدول ۵- پارامترهای مؤثر در طبقه‌بندی به روش شی‌گرا

شاخص‌ها	کلاس‌ها								
	پارامتر مؤثر	زراعت آبی	آبش	مسکونی	دیم	آب	تالاب گاوخونی	مناطق کویری	مناطق شور
میانگین	باند سبز	*			*				
	باند قرمز			*				*	*
	باند مادون	*				*	*		
	مادون نزدیک								
انحراف معیار	باند سبز	*		*	*				
	باند قرمز	*			*	*	*	*	
	باند مادون	*							
NDVI	-	*			*		*		
هندسه	حداکثر اختلاف								
	فشرده‌گی	*							*

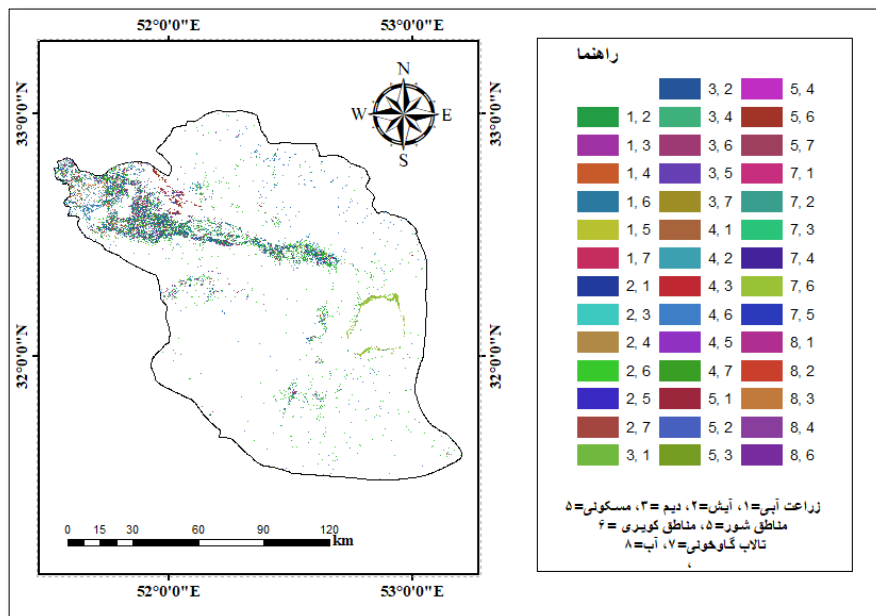


شکل ۴- نقشه طبقه‌بندی شده کاربری اراضی با الگوریتم حداکثر احتمال



شکل ۵- نقشه طبقه‌بندی شده کاربری اراضی با روش شی‌گرا

با توجه به اشکال (۴ و ۵)، مناطق مسکونی روند افزایشی داشته است که در سال ۲۰۰۰، دارای مساحت $33359/13$ و در سال ۲۰۱۸، دارای مساحت $33603/66$ هکتار می‌باشد؛ ولی، کاربری کشاورزی (زراعت آبی) کم شده است که می‌توان علت آن را در خشکسالی‌های اخیر دید؛ چرا که، در بازه ۱۵ ساله اخیر، رودخانه زاینده‌رود خشک و کم‌آب شده و در نتیجه، زمین‌های کشاورزی دارای زراعت آبی هم‌جوار رودخانه نسبت به سال ۲۰۰۰، کم شده است. در سال ۲۰۰۰، مساحت کاربری زراعت آبی $28846/62$ و در سال ۲۰۱۸، دارای مساحت $14150/7$ هکتار است. همچنین، بیشتر مساحت شهرستان اصفهان در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸، متعلق به مناطق کویری و بیابانی است که به ترتیب در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸، دارای مقادیر 1349000 و 1373000 هکتار می‌باشد. قابل ذکر است که اکثر زمین‌های کشاورزی دارای زراعت آبی به زمین‌های آیش و متروکه تبدیل شده است.



شکل ۶- نقشه شناسایی تغییرات در شهرستان اصفهان

شکل ۶، روند کلی تغییرات و مناطق بدون تغییر را نشان می‌دهد. از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۸، کاربری زراعت آبی کاهش پیدا کرده است که ۱۰۳۵۷/۰۲ هکتار از زراعت آبی به دلیل کمبود منابع آب به زمین‌های متروکه و آیش تبدیل گشته است. همچنین، به دلیل گسترش شهرنشینی و افزایش ساخت و سازهای انسانی، مناطق شهری در این بازه زمانی افزایش یافته و ۲۲۰۷/۸۸ هکتار از زمین‌های زراعی به مناطق مسکونی تبدیل شده است. بیشترین مساحتی که به مناطق مسکونی تبدیل شده، مربوط به مناطق بیابانی و کویری با مساحت ۱۱۸۶۴/۷۳ هکتار می‌باشد. در شهرستان اصفهان تغییرات چشمگیری در بازه زمانی ۱۸ ساله قابل مشاهده نمی‌باشد.

بعد از استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی، به منظور استخراج دمای سطح زمین در بازه زمانی مورد نظر اقدام شد و نقشه حاصل از آن نیز استخراج گردید. همان‌طور که ذکر شد، از روش پنجره مجزا و تک‌باندی برای بازیابی دما استفاده شد. در روش پنجره

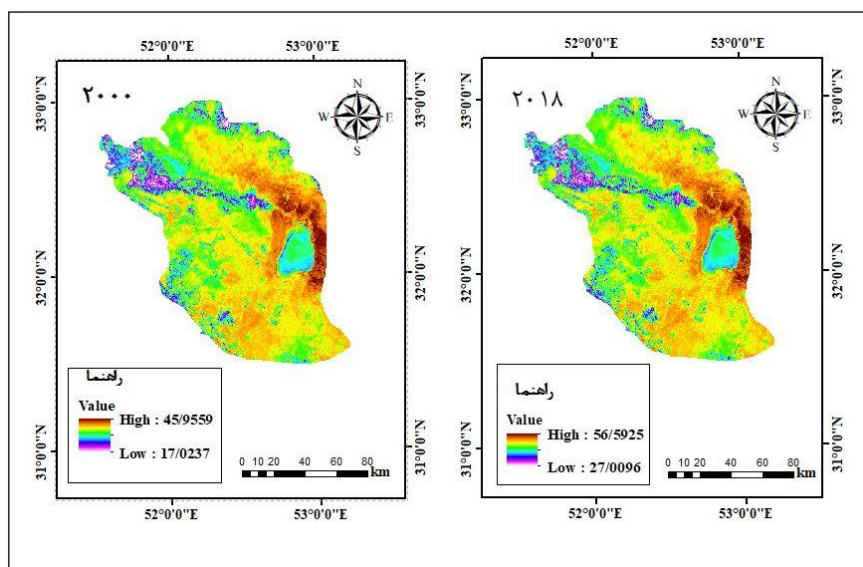
مجزا از دو باند حرارتی برای استخراج دما از تصاویر TIRS استفاده شد و برای استخراج نقشه دما از تصاویر سنجنده TM از روش تک‌باندی استفاده شد؛ چرا که، این سنجنده دارای یک باند حرارتی (باند ۶) است (شکل ۷). دمای سطحی هر یک از کاربری‌ها برای سال‌های (۲۰۰۰ - ۲۰۱۸)، در جدول ۴، قابل مشاهده است. در ادامه، به ارتباط دما با کاربری اراضی پرداخته خواهد شد.

بر اساس شکل ۷ و نقشه کاربری اراضی مربوط به سال ۲۰۰۰، بیشترین دمایی که بر روی تصاویر ثبت شده است، مربوط به کاربری مناطق کویری با میانگین دمای ۴۲/۷۶ می‌باشد که این مناطق، به دلیل کویری بودن و فاقد پوشش گیاهی، دارای بیشترین دما هستند. کمترین دمای ثبت شده، مربوط به کاربری آب با میانگین دمای ۲۱/۱۶ می‌باشد؛ چرا که، خاصیت خنک‌کنندگی و ظرفیت گرمایی بالایی دارد. با توجه به دمای ثبت شده بر روی تصاویر می‌توان به این نتیجه رسید که در سال ۲۰۰۰ میلادی، شهرستان اصفهان از جزایر حرارتی تشکیل شده است؛ چرا که، کاربری مسکونی به دلیل ساخت و سازهای انسان‌ساخت، فعالیت‌های تجاری و کارخانجات نیز بعد از کاربری مناطق کویری دارای بیشترین دما هستند. با توجه به نقشه کاربری و شکل ۹ مربوط به سال ۲۰۱۸، بیشترین دمایی که بر روی تصاویر مربوط به این سال ثبت شده، مربوط به کاربری‌های مناطق شور، مناطق کویری و کاربری آیش بوده که دمای میانگین آن‌ها به ترتیب برابر ۴۶/۶۸، ۴۶/۰۶، ۴۶/۰۰۷ می‌باشد. کمترین دما مربوط به کاربری آب است. خلاصه‌ای از دمای کاربری‌ها در سال ۲۰۱۸ در جدول ۶ آمده است.

ارزیابی دمای به دست آمده با داده‌ی زمینی: برای صحت‌سنجی دمای به دست آمده با روش‌های سنجش از دوری از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی موجود در شهرستان اصفهان (شرق اصفهان) استفاده شد. جدول ۷ دمای ثبت شده در تصاویر ماهواره‌ای برای ماه تیر سال ۲۰۰۰ و سال ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد. نتایج صحت‌سنجی با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی، نشان داد مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا^۱ برای سال ۲۰۰۰ و

^۱ Root Mean Square

۲۰۱۸، به ترتیب برابر ۱/۶۴ و ۰/۹۳ می‌باشد که بیانگر عملکرد بهتر روش پنجره مجزا نسبت به روش دیگر است. در روش پنجره مجزا، از دو باند حرارتی برای بازیابی درجه حرارت سطحی استفاده می‌شود که این خود، باعث عملکرد بهتر این روش می‌شود؛ اما، در روش تک‌کاناله از یک باند حرارتی استفاده می‌شود.



شکل ۷- نقشه دمای سطح زمین

جدول ۶- جدول مقایسه و مشخصات آماری دمای سطحی کاربری‌ها در ماه خرداد سال

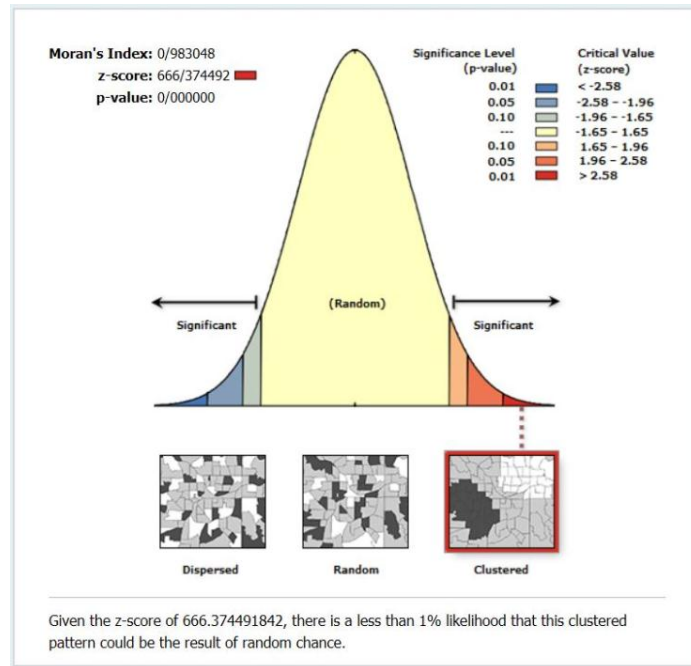
انحراف معیار	میانگین	دمای حداکثر	دمای حداقل	کاربری
۸/۰۴	۲۸/۸۲	۳۱/۸۵	-۱۲/۷	زراعت آبی سال ۲۰۰۰
۲/۸۳	۴۰/۷۶	۵۰/۷۴	۲۸/۳۲	زراعت آبی سال ۲۰۱۸
۵/۳۵	۳۸/۱۶	۴۰/۰۰۴	-۱۲/۷۷	آیش سال ۲۰۰۰
۲/۰۵	۴۶/۱۰۰	۵۶/۶۴	۲۹/۹۶	آیش سال ۲۰۱۸
۵/۱۴	۳۴/۰۱	۳۶/۸۵	-۱/۸۵	دیم سال ۲۰۰۰
۲/۶۸	۴۳/۹۸	۵۴/۱۲	۳۱/۹۳	دیم سال ۲۰۱۸
۳/۵۸	۳۹/۲۶	۴۱/۰۴۱	-۳/۴۹	مسکونی سال ۲۰۰۰
۳/۵۹	۴۲/۲۴	۵۴/۵۴	۲۹/۶۸	مسکونی سال ۲۰۱۸
۳/۶۶	۴۲/۷۶	۴۵/۴۴	-۱۵/۱۲	مناطق کویری سال ۲۰۰۰
۰/۹۴	۴۶/۰۶	۴۹/۴۴	۳۱/۷۴	مناطق کویری سال ۲۰۱۸
۱/۶	۳۷/۱۰	۴۰/۸۷	۲۲/۳۸	تالاب گاخونی سال ۲۰۰۰
۱/۳۸	۳۸/۹۱	۵۰/۶۱	۳۲/۷۴	تالاب گاوخونی سال ۲۰۱۸
۱۷/۵۴	۲۱/۱۶	۲۳	-۱۱/۲۹	آب سال ۲۰۰۰
۴/۱۲	۳۲/۰۹	۴۳/۳۰	۲۷/۱۴	آب سال ۲۰۱۸
۱/۵۶	۳۷/۹۷	۳۹/۳۹	۱۸/۰۳	مناطق شور سال ۲۰۰۰
۲/۹۰	۴۶/۶۸	۵۶/۶۸	۲۶/۵۵	مناطق شور سال ۲۰۱۸

جدول ۷- ارزیابی دقت دمای بدست آمده با روش سنجش از دور و داده زمینی

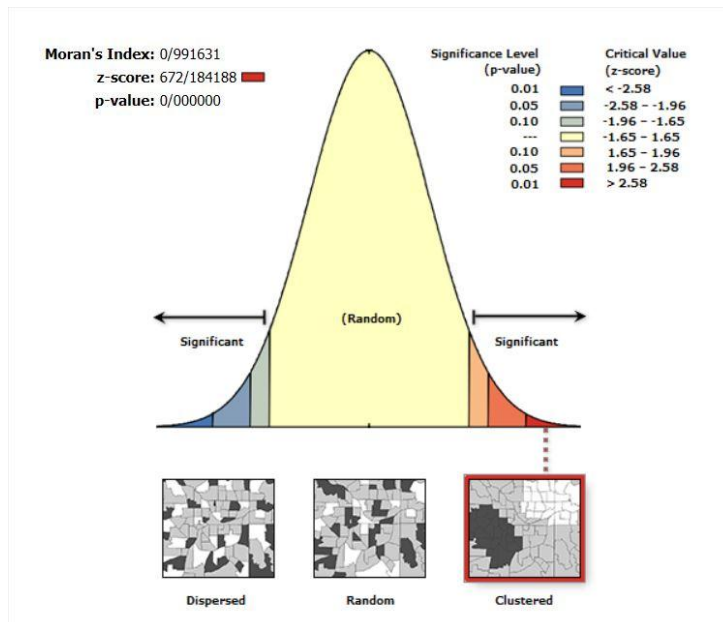
نام ایستگاه	سال	داده ایستگاه	SC	SW	RMSE
شرق اصفهان	۲۰۰۰	۲۵/۳	۲۶/۹۴		۱/۶۴
	۲۰۱۸	۲۸/۳۲	-	۲۹/۲۵	۰/۹۳

خودهمبستگی فضایی دمای سطح زمین با شاخص موران: تحلیل خودهمبستگی فضایی دمای سطح زمین شهرستان اصفهان با شاخص موران خروجی‌های تحلیل خودهمبستگی فضایی موران جهانی، به دو صورت گرافیکی در شکل ۸ و ۹ و جدول ۸

ارائه شده است. در موران جهانی فرضیه صفر این‌گونه بیان می‌گردد که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر عنصر مرتبط با عوارض جغرافیایی موردنظر وجود ندارد. حال، زمانی که مقدار p -value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه‌شده (قدر مطلق) بسیار بزرگ باشد (خارج از محدوده اطمینان قرار دارد)؛ آنگاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. جدول ۸، مقادیر خودهمبستگی فضایی موران جهانی شهرستان اصفهان را نشان می‌دهد. مبتنی بر بروندهای جدول ۵، مقدار شاخص جهانی موران در دو دوره مورد مطالعه در سال ۲۰۱۸، بالای ۰/۹۹ و در سال ۲۰۰۰، بالای ۰/۹۸ می‌باشد و بالاترین شاخص جهانی موران با مقدار ۰/۹۹۱۶۳۱ مربوط به سال ۲۰۱۸ میلادی بوده است. آماره Z برای سال ۲۰۰۰، عدد ۶۶۶/۳۷۴۴۹۲ و برای سال ۲۰۱۸، عدد ۶۷۲/۱۸۴۱۸۸ می‌باشد. اگر قرار بود دمای سطح زمین برای دوره‌های مورد مطالعه در شهرستان اصفهان به‌طور نرمال در فضا توزیع شده باشد، شاخص جهانی موران مقدار ۰/۰۰۰۰۰۴- را اختیار می‌نمود. دمای سطح زمین شهرستان اصفهان در تمام سال‌های مورد مطالعه دارای خودهمبستگی فضایی معنی‌دار مثبت است و ارزیابی توأمان مقادیر به‌دست‌آمده با آستانه معنادار نشان داد که تمامی مقادیر به‌دست‌آمده برای سال‌های مورد مطالعه $\alpha=0.01$ معنی‌دار هستند. حال، با مبنا قرار دادن نتایج موران جهانی به‌دست‌آمده می‌توان فرضیه H_0 ، مبنی بر عدم ارتباط فضایی دمای سطح زمین شهر شهرستان اصفهان را رد کرد. بنابراین، داده‌های دمای سطح زمین شهرستان اصفهان دارای ساختار فضایی بوده؛ یا به عبارتی، دمای سطح زمین به شکل خوشه‌ای توزیع شده است، یعنی یاخته‌های دمایی بالا و پایین تمایل به متمرکز شدن یا خوشه‌ای شدن در فضا دارند. آن دسته از نواحی شهر اصفهان که دمای سطح زمین آن دارای خودهمبستگی فضایی مثبت (جزایر حرارتی گرم) و منفی (جزایر حرارتی سرد) بودند، مشخص گردیدند.



شکل ۸- خروجی گرافیکی آماره موران جهانی برای دمای سطح زمین اصفهان سال ۲۰۰۰

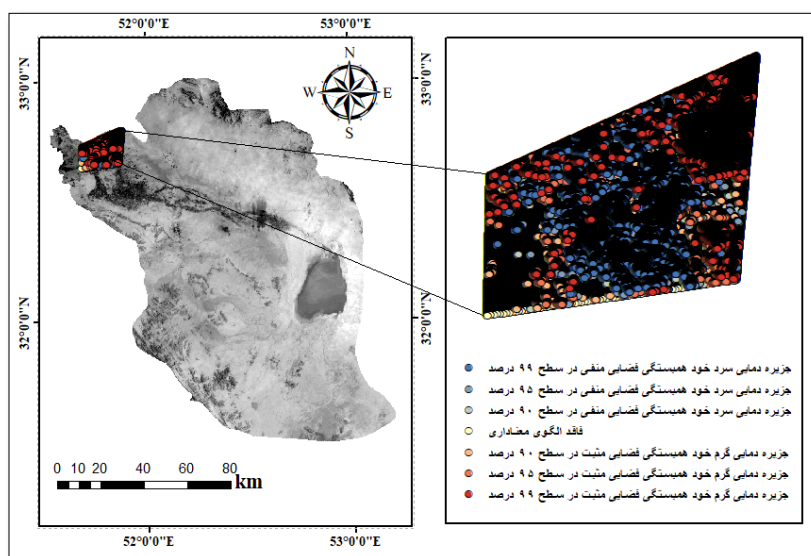


شکل ۹- خروجی گرافیکی آماره موران جهانی برای دمای سطح زمین اصفهان سال ۲۰۱۸

جدول ۸- خروجی آماره‌های موران دمای سطح زمین شهر اصفهان

موران جهانی (IMoran's)					
سال	شاخص موران	شاخص مورد انتظار	واریانس	z-score	p-value
۲۰۰۰	۰/۹۸۳۰۴۸	-۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۲	۶۶۶/۳۷۴۴۹۲	۰/۰۰۰۰۰۰
۲۰۱۸	۰/۹۹۱۶۳۱	-۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۲	۶۷۲/۱۸۴۱۸۸	۰/۰۰۰۰۰۰

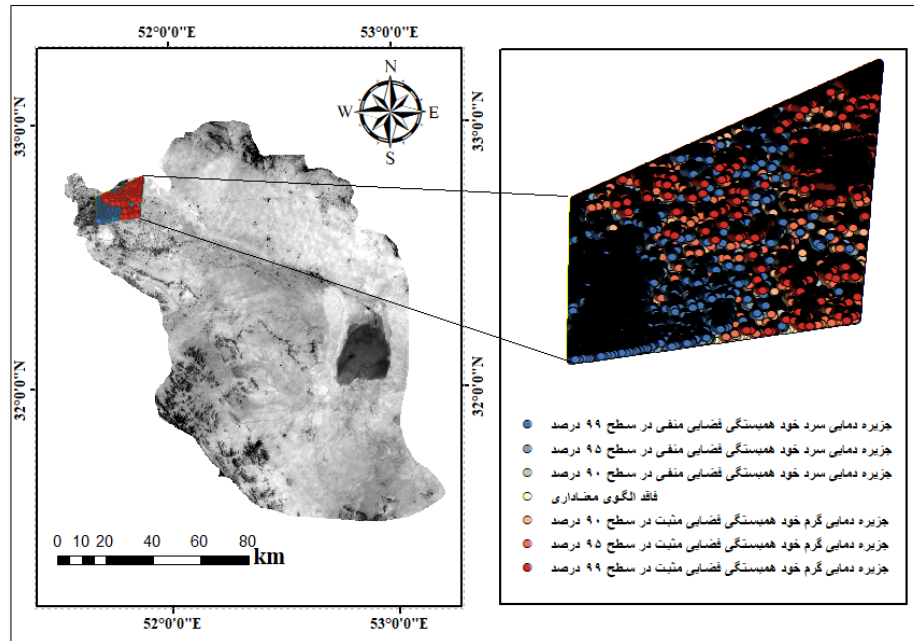
بررسی لکه‌های داغ: به منظور حصول اطمینان از مناطق دارای خوشه‌های بارزش بالا و پایین از شاخص لکه‌های داغ استفاده شده است که نتایج آن در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ ارائه گردیده است. مناطق با جزایر حرارتی سرد در هر سه سطح احتمال ۰/۹۰ و ۰/۹۵ و ۰/۹۹ که به رنگ آبی و مناطق با جزیره حرارتی گرم با رنگ قرمز نمایش داده شده است.



شکل ۱۰- جزایر حرارتی استخراج شده محدوده شهری اصفهان سال ۲۰۰۰ با استفاده از

HOTSPOT

۱- با توجه به سنگینی پردازش Hotspot در نرم‌افزار ArcGis، متأسفانه با تلاش‌های بسیار قادر به انجام و بررسی لکه‌های داغ تمامی محدوده امکان‌پذیر نبود. با این حال، محدوده‌ای برش داده شد که در آن، کلاس‌های اصلی که به عنوان جزیره حرارتی ذکر شده بود، وجود داشته باشد تا درک نقشه‌ها به درستی انجام شود. در این محدوده، سعی شد انتخاب به شکلی باشد که از کلاس‌های مختلف وجود داشته باشد.



شکل ۱۱- جزایر حرارتی استخراج شده محدوده شهری اصفهان سال ۲۰۱۸ با استفاده از
HOTSPOT

نتیجه‌گیری

امروزه، استفاده از روش‌های سنجش از دور نظیر تصاویر ماهواره‌ای به عنوان یکی از ابزارهای کارآمد و مهم برای نمایش تغییرات محیطی و مدیریت عرصه‌های محیط‌زیستی مطرح می‌باشد. در همین راستا، در این تحقیق، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸، به طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای برای طبقه‌بندی کاربری‌های مختلف در طی سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ در منطقه مورد نظر اقدام گردید و بعد از آن، ارزیابی و صحت روش‌های طبقه‌بندی به منظور یافتن بهترین روش برای طبقه‌بندی صورت گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که الگوریتم نزدیکترین همسایه در روش شی‌گرا در مقایسه با روش الگوریتم حداکثر احتمال در طبقه‌بندی تصاویر دارای ضریب کاپا و دقت بالاتری است. چرا که روش شی‌گرا برای دستیابی به دقت بالا از ضرایب شکل، مقیاس، ضریب فشردگی و شاخص پوشش گیاهی و انحراف معیار استفاده می‌کند. نتایج این تحقیق با

یافته‌های محققانی از جمله؛ مطلق و ارخی (۱۳۹۴)، ولی‌زاده کامران (۱۳۹۵)، اصغری و امامی (۱۳۹۷)، فیضی‌زاده و هلالی (۱۳۸۸)، اوراک^۱ و همکاران (۲۰۰۴) و استیلی و همکاران (۲۰۱۸)، مبنی بر اینکه روش طبقه‌بندی شی‌گرا، دقیق‌ترین روش جهت استخراج نقشه کاربری اراضی معرفی شده است، مطابقت دارد. بعد از انجام طبقه‌بندی، خروجی نقشه‌های کاربری روش شی‌گرا را به دلیل دقت بالاتر برای آشکارسازی تغییرات استفاده شد. نتایج نشان داد که در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸، کاربری مسکونی افزایش و کاربری زراعت آبی به دلیل خشک شدن رودخانه، کاهش یافته و به مناطق کویری و کاربری آیش تبدیل شده است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که دمای سطحی در هر محدوده‌ای متأثر از کاربری منطقه می‌باشد. همان‌طور که مشخص گردید کمترین دما به کاربری آب و بیشترین دما به مناطق کویری فاقد پوشش گیاهی اختصاص یافته است. نتایج خودهمبستگی فضایی موران جهانی به دست آمده نشان از رد فرضیه عدم‌ارتباط فضایی دمای سطح شهر اصفهان (H0) بوده که نشان داده است، داده‌های دمای سطح زمین شهر اصفهان دارای ساختار فضایی یا به شکل خوشه‌ای توزیع شده است. تحقیقات مشابه زیادی از جمله؛ لیو و زنگ (۲۰۱۱) و اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۸)، تجزیه و تحلیل جزایر حرارتی را مورد مطالعه قرار دادند که نتایج این تحقیق نشان داد مناطق سبز در کاهش جزایر حرارتی و مناطق صنعتی و ساخته انسان در افزایش جزایر حرارتی نقش دارند. از مزایای این تحقیق کاربردهای این مطالعه در زمینه‌های مختلف مهندسی از جمله کشاورزی، عمران، زمین‌شناسی، هواشناسی و سایر رشته‌های دیگر مرتبط با علوم زمین می‌باشد. از آنجایی که ایستگاه هواشناسی فقط دمای مربوط به مکان‌های خاص را اندازه‌گیری می‌کند، روش سنجش از دور می‌تواند دمای مناطق مختلف سطح زمین را در اختیار کاربران قرار دهد؛ بخصوص مناطق صعب‌العبور و غیره که به دلیل مشکلات امکان احداث ایستگاه‌های هواشناسی در آن مقدور نمی‌باشد، این روش می‌تواند جایگزین مناسبی باشد. نتایج این تحقیق، برای برنامه‌ریزان و کارشناسان

¹ Orac

در سطح منطقه برای کسب اطلاعات از وضعیت دمای سطح زمین و ارتباط آن با کاربری اراضی می‌تواند راهگشای تصمیمات مدیریتی برای حفاظت از منابع طبیعی و کشاورزی باشد.

منابع

- Aghili Nasab, Z., Mohamad zade, M., Mahini, A., Zerai, H. (2013). Urban heat islands analysis using remote sensing and its relationship with the development of eco-friendly. *Journal of Environment and Development*, 8(4):79-88.
- Akbari, A., Abrahimi, M., Amirahmadi, A. (2012). Sabzevar land-use mapping using maximum likelihood methods and artificial neural network Multilayer Perceptron. *Journal of Environmental Preparation*, (23):127-148.
- Akbarpr, A., Sharifi, M., Khalilabad, H. (2005). The comparison of fuzzy and maximum likelihood methods in preparing of land use layer using ETM+ data (case study: kameh watershed). *Journal of Range and Desert Research*, 13(1):27-37.
- Asghari. Saraskanrood, S., Faal. Naziri, M., Ghale, ehsan. (2019). The Relationship of Different Land Uses with Land Surface Temperature based on Spatial Correlation (Moran) Analysis Using Landsat 8 Satellite Images (OLI) (Case Study: Ardebil City). *Journal of Geography and Environmental Planning*, 30(1):92-110.
- Asghari. Saraskanrood S., Emami. H. (2017). The Relationship of Different Land Uses with Land Surface Temperature Using Images (OLI) (ETM+)(Case Study: Ardebil City). *Journal of Research and Geographical Sciences*, 19(53): 195-2014.
- Arakhi, S. (2015). Detection of land cover / land use changes with object-oriented processing of satellite images Using selvi Idrisi software Case study: Abdanan region. *Geographical Information Scientific-Research Quarterly*, 24(95), 51-62.
- Azimi, D. (2008). Zoning the surface temperature of Ahvaz city using thermal images of ETM sensor. *Geographical Quarterly of the Land, Scientific – Research*, 5(17), 97-110.
- Fizizadeh, B., Didehban, KH., Gholamnya, KH. (2015). Estimation of Surface Temperature Using Landsat 8 Satellite Images and Spilet Window Algorithm Case Study: Mahabad Watershed. *Journal of Geographical Data*, 98(25), 171-181.

- Fizizadeh, B., Jafari, F., Nazmfar, F. (1999). Application of Remote Sensing Data to Detect Urban Land Use Changes Case Study of Tabriz Green Area. *Journal of Fine Arts*, 34: 24-17.
- Fizizadeh, B., Shahabi, H., Seifi, H. (2016). Identification of Sustainable Areas of Salt Storms in Lake Urmia Using Fuzzy-Objective Processing of Satellite Images. *Journal of Environmental Hazard Management*, 3(3): 269-284.
- Fizizadeh, H., Bakhteyar, H. (2009). Comparison of pixel-based, object-oriented and effective classification parameters cover / land Use West Azerbaijan Province. *Journal of Geographical Research*, 71: 73-84.
- Ghalhari, F., Asadi, M., Rodbari, A. (2015). Spatial Analysis of Humidity Propagation over Iran. *Natural Geographical Research*, 4(47): 637-350.
- Hasanlu M, Mashrote H. 2014. Investigation of Land Use Relationship between Land Coverage and Thermal Islands in Kerman City using Landsat 8 Images. *Journal of The first conference on GIS*. 1-12.
- Karamali, M., Rodbari, A. (2013). Evaluation of Precipitation Patterns of Khorasan Razavi Province Using Modern Spatial Statistics, Systematic Extension Journal, and Rainfall Ponds. *Journal of Systematics and Surfaces of Rainwater Ponds*, 3(2): 72-61.
- Matkan, A., Nohegar, A., Mirbagheri, B., Torkchin, N. (2013). Assessment relations of land use in heat islands using time series ASTER sensor data (Case study: Bandar Abbas city). *Remote sensing and GIS in natural resources*, 4(5): 1-14.
- Shakiba, A., Firoze. Abadi, P., Ashorlu, D., Namdari, S. (2009). Analysis of the relationship between land cover and thermal islands of Tehran using ETM + data. *Journal of Remote Sensing and GIS*, 1(1):39-56.
- Valizadeh, K., Gholamneya, Kh., Mosavi, M. (2014). Estimation land surface temperature and extract heat islands using split window algorithm and multivariate regression analysis (Case Study of Zanjan). *Journal of Urban Research and Planning*, 30(8): 35-50.
- Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X., Wu, J. (2011). Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case of Shanghai, China. www.Elsevier.com/locate/rse, 3249-3263.
- Bharath, Setturu. Rajan, K.S., Ramachandra, TV. (2013). Land Surface Temperature Responses to Land Use Land Cover Dynamics. *SciTechnol journal*, 1-10.
- Trigo, I., Freitas, S., Bioucas, D., Barroso, J., Monteiro, C., Viterbo, I.P. (2009). Algorithm Theoretical Basis Document for Land Surface Temperature (LST), Land SAF Project Manager (IM).
- Liu, J. G., Mason, P. J. (2009). *Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing*. Association of American geographers, 2660-2678.
- Griffith, D. (\). *Spatial Autocorrelation: A Primer*. Resource Publication in

- Geography. Association of American geographers, 64: 566-592.
- Xiaolei, Y., Xulin, G., Zhaocong, W. (2014). Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 TIRS—Comparison between Radiative Transfer Equation-Based Method, Split Window Algorithm and Single Channel Method, remote sensing. 9829-9852.

Analysis of land use changes and their effects on the creation of thermal islands in Isfahan City

Sayyad Asghari Sarasekanrood¹, Associate Professor, Department of Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Bahareh Asadi, Masters Student Remote Sensing, GIS, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 04-06-2020

Accepted: 21-10-2020

Introduction: Climate change in cities has been in close focus in the past few decades. Heat stress in urban areas has also had adverse effects on human health and is expected to worsen in the future due to the global warming. In recent years, the mapping of urban biophysical and thermal conditions as well as their relation to land use and land cover (LULC) and air pollution has attracted increasing interest. In most cases, UHIs are a result of the use of fossil fuels which affect air-pollution in urban areas. It is a well-known fact that an increase in the population, particularly in developing countries, intensifies the pressure on natural resources. Rapid population growth, in conjunction with urbanization, expansion, and encroachment into limited agricultural and green areas lead to the destruction of vegetation coverage. It is obvious that such destruction, in combination with population growth, causes environmental impacts such as intensified land surface temperature (LST), UHIs and air-pollution. LST is considered as one of the important parameters in urban climate, which directly controls the UHI effects. LST is believed to be closely associated with LULC, resulting in heat islands. In general, thermal remote sensing is regarded as an efficient technology which provides a synoptic and uniform means of studying UHI effects on a regional scale. In the absence of a dense network of land-based meteorological stations, the spatiotemporal distribution of LSTs from thermal remote sensing imagery can be used as data to support UHI management and, potentially, countermeasures. Thermal satellite-measured LST has been utilized in various studies on heat balance, climate modelling, and global change. This is because LST is determined by the effective radiating temperature of the Earth's surface to assess UHIs. There some methods devised in this regard, such as SplitWindow Algorithm (SWA) and Single Channel Method (SChM). In this line, the present research seeks to investigate the relationship between LST and LULC in Isfahan City, using Landsat thermal remote sensing satellite images. For this purpose, Landsat 8 (OLI) and Landsat 5(TM) satellite images

¹ Corresponding Author Email: sayyad.sasghari21@gmail.com

were utilized, and the obtained images were received and preprocessed from 2000 to 2018.

Methodology: The study area is Isfahan City located at the longitudes of 51° 50' E and 51° 78' E and the latitudes of 32° 50' N and 32° 80' N. The data used in this study were Landsat 8-sensor (TIRS -OLI) and Landsat 5-sensor (TM) satellite images. Land use classification was also done by the Ecognition and Envi 5.3 software programs. Then, Hot Spot analysis was done to determine the hot and cold clusters in Isfahan thermal islands. Finally, the ArcGIS 10.5 software was used to plot the corresponding maps.

Results and Discussion: Land surface temperature was determined by the split window algorithm for images obtained via TIRS and the single-channel TM sensor of regional weather stations. The statistical analysis of the temperature data was done via Roots of Mean Square Errors (RMSE), and the values found for 2000 and 2018 were 1.64 and 0.93 respectively. The split window method proved to have a better performance than the single-channel method. The other achievement of this study is to identify the relationship of land surface temperature and land use. According to the results, the temperature of the desert areas was 42.76° C and 46.06° C in 2000 and 2018 respectively. It can be claimed that the high temperature of these area is due to the lack of vegetation. The temperature of the lands with water consumption was also 21.6°C and 32.09°C in 2000 and 2018 respectively. This phenomenon can be attributed to the development of urban areas and the recent droughts which have occurred in the Zayandeh Rood River. Consequently, Hot Spot analysis was done to determine the hot and cold clusters in Isfahan thermal islands. The analysis of the spatial correlation with global Moran indexes suggested that the surface temperature of the earth is distributed in a cluster form. Hot Spot analysis, indeed, provided evidence for the spatial concentration and clustering of the thermal islands in Isfahan over the time.

Conclusion: The results of this study showed that the object-oriented classification method provides better results and has a better kappa coefficient and higher overall accuracy. There is also a close relationship between land use and surface temperature. The results indicated a negative correlation between LST on one hand and vegetation canopy and moisture, as already known from many other studies. LST was found to be very sensitive to vegetation and humidity. The study also rejected the hypothesis of irrelevance of spatial temperature of Isfahan (H₀) and proved that the surface temperature data of Isfahan have a spatial structure and are distributed in clusters.

Keywords: OLI-TM Landsat images, Object-oriented classification, Land use, Land surface temperature, Spatial autocorrelation.