

ORIGINAL ARTICLE

Land Use Analysis and its Effects on Land Surface Temperature Changes, Case Study: Karaj City

Sayyad Asghari Sarasekanrood^{1*}, Mehdi Faal Naziri²

1. Professor, Department of Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2. Ph.D Student, Department of Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Correspondence

Sayyad Asghari Sarasekanrood
Email:

Sayyad.sasghari21@gmail.com

How to cite

Asghari Sarasekanrood. S., & Faal Naziri, M. (2024). Land Use Analysis and its Effects on Land Surface Temperature Changes, Case Study: Karaj City. *Urban Ecological Research*, 15(1), 79-100.

ABSTRACT

In this study, the effects of land use changes with surface temperature of karaj city and spatial autocorrelation have been discussed using the moran index. for this purpose, landsat OLI- TM satellite imagery has been used in 2000 and 2018. first, the images were taken and the required images were applied. then classification using object oriented method and nearest neighbor algorithm was developed and the earth surface temperature was extracted with split window algorithm (imagery). The results showed that the arid land has the highest temperature in 2000 and 2018, respectively, due to the lack of vegetation, the high capacity of absorption of heat by barren soil, and the use of blue zones in 2000 and 2018 respectively, has a temperature of 38 - 25 (° C), which is دفع and has lower heat temperatures. also, the results showed strong relationship between land use and temperature. finally, the hot and cold clusters of karaj city heat islands were extracted using the hot spots analysis index (hotspot). Space autocorrelation analysis with global Moran's indices showed that the Earth's surface temperature was cluster - like. the analysis of hot spots confirmed the focus and cluster of the heat islands of karaj city in space with increasing periods of time.

KEYWORDS

Landsat Imagery, Object-Oriented Classification, Land Use, Land Surface Temperature, Space Correlated.





«مقاله پژوهشی»

تحلیل کاربری اراضی و اثرات آن بر تغییرات دمای سطح زمین، مطالعه موردی: شهرستان کرج

صیاد اصغری سراسکانرود^{۱*}، مهدی فعال نذیری^۲

چکیده

در این پژوهش به بررسی تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین و خودهمبستگی فضایی با استفاده از شاخص موران و لکه‌های داغ جزیره حرارتی شهرستان کرج پرداخته شده است. بدین منظور از تصاویر ماهواره‌ای لندست و سنجنده‌های (TM-OLI) سال‌های ۲۰۰۰ - ۲۰۱۸ بهره گرفته شد. ابتدا تصاویر مربوطه اخذ و پیش‌پردازش‌های لازم اعمال شد. سپس طبقه‌بندی با استفاده از روش شیء‌گرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی صورت گرفت و دمای سطح زمین با الگوریتم‌های پنجره مجزا و تک بانندی استخراج شد. نتایج نشان داد که زمین بایر در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ به ترتیب با مقادیر ۴۶ - ۴۴ (درجه سانتی‌گراد)، دارای بیش‌ترین دما می‌باشند که مناطق بایر حاشیه شهر به دلیل عدم وجود پوشش گیاهی، ظرفیت بالایی جذب گرما توسط خاک لخت، دمای سطح زمین بالایی را دارا می‌باشند و کاربری مناطق آبی در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ به ترتیب مقادیر ۳۸ - ۲۵ (درجه سانتی‌گراد) را به خود اختصاص داده‌اند که آب گرمای بیش‌تری را دفع و دارای دمای پایین‌تری می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد رابطه قوی بین کاربری اراضی و دما وجود دارد. سپس نتایج حاصل از تحلیل خودهمبستگی فضایی با شاخص‌های موران جهانی نشان داد که داده‌های دمای سطح زمین شهرستان کرج دارای ساختار فضایی بوده و به شکل خوشه‌ای توزیع شده است. در نهایت با استفاده از شاخص تحلیل لکه‌های داغ خوشه‌های گرم و سرد دمای سطح زمین شهرستان کرج استخراج شد. تحلیل لکه‌های داغ تأییدی آشکار بر متمرکز شدن و خوشه‌ای شدن دمای سطح زمین شهرستان کرج در فضا با افزایش دوره زمانی بوده است.

واژه‌های کلیدی

تصاویر لندست، طبقه‌بندی شیء‌گرا، کاربری اراضی، دمای سطح زمین، خودهمبستگی فضایی.

۱. استاد، گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
 ۲. دانشجوی دکتری، گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

نویسنده مسئول: صیاد اصغری سراسکانرود
 رایانامه: Sayyad.sasghari21@gmail.com

استناد به این مقاله:

اصغری سراسکانرود، صیاد و فعال نذیری، مهدی (۱۴۰۳). تحلیل کاربری اراضی و اثرات آن بر تغییرات دمای سطح زمین، مطالعه موردی: شهرستان کرج. فصلنامه علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، ۱۱۵(۱)، ۱۰۰-۷۹.

مقدمه

شهری و در نهایت شکل‌گیری جزایر حرارتی می‌شود. کارنیا و همکاران (۲۰۱۶) نیز در بررسی دمای سطح زمین نشان دادند که از مطالعات جزیره حرارتی شهری می‌توان برای کنترل رشد جمعیت شهری و برنامه‌ریزی شهری بهره جست.

در این تحقیق به بررسی دمای سطح زمین در ارتباط با انواع کاربری‌ها و تحلیل خودهمبستگی فضایی شهرستان کرج در سال‌های (۲۰۰۰-۲۰۱۸) در ماه‌های (تیر و مرداد و شهریور) پرداخته شد. هدف کلی این پژوهش تحلیل کاربری اراضی و اثرات آن بر تغییرات دمای سطح زمین شهر کرج می‌باشد. نوآوری پژوهش حاضر استخراج دمای سطح زمین از الگوریتم پنجره مجزا می‌باشد که یک روش جدید در استخراج دما و رویکردی نوین در مطالعات سنجش از دور است، است. همچنین برای استخراج کاربری اراضی از روش‌های پردازش شیء‌گرا با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد. لازم به ذکر است که پردازش شیء‌گرا در مقابل پردازش پیکسل پایه از دقت و کارایی بسیار بالاتری برخوردار است که توسط طیف وسیعی از پژوهشگران تأیید شده است. در این روش علاوه بر استفاده از اطلاعات طیفی، از اطلاعات مربوط به بافت، شکل، موقعیت و محتوا نیز در فرآیند طبقه‌بندی استفاده می‌شود. 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 محیطی از سوی دیگر، سودمند باشد.

مبانی نظری**چارچوب نظری****قطعه‌بندی**

قطعه‌بندی به معنای گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت) مهم‌ترین معیار مشترک آن‌ها است. شیء‌های تصویری حاصل از فرآیند قطعه‌بندی، مبنای طبقه‌بندی شیء‌گرا هستند و آن‌ها دارای حجم زیادی از مشخصات و خصیصه‌های پدیده‌های زمینی متناظرشان در سطح تصویر می‌باشند. در فرآیند قطعه‌بندی، شیء‌های تصویری در سطح تصویر بر اساس تفکیک مکانی و تفکیک طیفی تصویر به‌وسیله گروهی از پیکسل‌ها، مطابق با ویژگی‌های طیفی و هندسی که مفسر برای کلاس‌ها تعیین می‌کند، انجام می‌شود. در فرآیند قطعه‌بندی مفسر می‌تواند با در نظر گرفتن پارامترهای شکل، بافت، ضریب فشردگی و معیار نرمی، فرآیند قطعه‌بندی تصویر را انجام داده و بر اساس نسبت اهمیت هر یک از این عوامل در

با توسعه شهرنشینی مقادیر زیادی از مساحت مناطق کشاورزی و جنگلی جای خود را به مناطق شهری داده‌اند. مناطق شهری مدرن توسط آسفالت، بتون و سایر سطوح غیرقابل نفوذ پوشیده شده‌اند و رشد شهری به خصوص در شهرهای بزرگ با سرعت زیاد تغییرات پوشش زمین را در پی دارد (کاکه‌ممی، ۱۳۹۶: ۱۲۳). از آنجا که دمای سطح زمین در هر محدوده‌ای به خصوصیات مواد تشکیل‌دهنده سطح و بازتابش انرژی خورشید وابسته است. الگوی حرارتی مناطق شهری نسبت به نواحی غیرشهری تفاوت قابل توجهی دارد که ظرفیت حرارتی بالای سطوح مصالح مورد استفاده در شهرها، کاهش میزان آلودگی و وجود منابع حرارتی ناشی از فعالیت‌های انسانی موجب افزایش دمای برخی مناطق شهری نسبت به دیگر مناطق و تغییرات بیابان حرارتی این نواحی می‌شوند. بنابراین در مناطق شهری بسته به پوشش‌ها و کاربری‌های موجود، مناطقی با درجه حرارت بیش‌تر از سایر نواحی به وجود می‌آیند، این پدیده بنام جزیره حرارتی شهرها نام‌گذاری شده است. علاوه بر اینکه این افزایش دما به‌نوبه خود اثر قابل توجهی بر روی شرایط اتمسفری، زیستی و اقتصادی دارد، تخمین میزان حرارت سطح در مناطق مختلف شهری به‌منظور بررسی توزیع دمایی سطح زمین و علل پیدایش آن کاربردهای فراوانی مانند تعیین نقش ترافیک و شهرک‌های صنعتی در گرم شدن شهرها دارد. لذا بررسی و آنالیز پدیده جزایر حرارتی در شهرها بسیار حائز اهمیت است (Nicolus, 2009: 55).

طبق نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵، در حدود ۳۰ درصد از جمعیت ۷۹۰۹۲۶۰۲۷۰ میلیونی ایران در سیزده شهر، دارای بیش از پانصد هزار نفر جمعیت زندگی می‌کنند. این سیزده شهر به ترتیب عبارت‌اند از: تهران، مشهد، اصفهان، تبریز، کرج، شیراز، اهواز، قم، کرمانشاه، ارومیه، زاهدان، رشت و کرمان و بیش‌ترین تراکم جمعیت مربوط به استان‌های تهران و کرج و کم‌ترین تراکم جمعیت مربوط به استان‌های سمنان و خراسان جنوبی می‌باشد (مرکز آمار ایران سال ۱۳۹۵). در حالی که شهرها توسعه پیدا می‌کنند، تغییراتی در سیمای زمین ایجاد می‌شود. ساختمان‌ها، خیابان‌ها و دیگر زیرساخت‌ها جایگزین خاک و پوشش گیاهی می‌شود. سطوحی که پیش از آن معمولاً قابل نفوذ و مرطوب بودند، غیرقابل نفوذ و خشک می‌شوند. انرژی ورودی جذب شده خورشید، ممکن است با تغییر در سطوح طبیعی افزایش یابد (Yong, 2004: 41). این امر منجر به تغییر در توازن انرژی مناطق شهری که موجب افزایش دما (هم در سطح و هم دمای هوا) در مناطق

تصاویر ماهواره لندست ۸ پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد، دمای سطح زمین تحت تأثیر کاربری‌های اراضی مختلف و دقت بالای این روش جهت برآورد دمای سطح است که با این روش می‌توان در مناطقی که امکان ایجاد ایستگاه هواشناسی نیست، دما را محاسبه کرد.

ولی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶)، در تحقیقی با هدف بررسی دمای سطح زمین در شهرستان زنجان با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که بر مبنای داده‌های آماری به دست آمده، ارتباط مناسب بین کاربری سطح زمین و حرارت سطح زمین وجود دارد. به طوری که در مناطق نظامی و صنعتی شهر، به دلیل وجود کاربری‌ها و عواملی مانند سطوح غیرقابل نفوذ مانند آسفالت، بتن باعث ایجاد جزایر حرارتی شده است.

اصغری سراسکانرود و فعال نذیری (۱۳۹۸)، در پایش دمای سطح زمین و بررسی تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر سنجنده OLI در ۴۰ کیلومتری شهر اردبیل با روش پنجره مجزا بیان داشتند که رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد به طوری که در نواحی شهری که دارای پوشش گیاهی کم‌تری نسبت به نواحی کشاورزی و مرتعی هستند، دارای دمای بیش‌تری هستند و همچنین شاخص موران جهانی در این پژوهش نشان داد که داده‌های دمای سطح زمین اردبیل دارای ساختار فضایی بوده و به شکل خوشه‌ای توزیع شده است.

آروین (۱۳۹۸)، در تحقیقی با هدف آشکارسازی دمای رویه سطح زمین در شهر اصفهان با الگوریتم پنجره مجزا پرداخت که نتایج این پژوهش نشان داد، اختلاف دمای محاسبه شده و دمای ایستگاه عمق ۵ سانتیمتری خاک در دو ایستگاه از سنجی و فرودگاه اصفهان به‌طور میانگین ۴/۲۵ درجه سلسیوس است که این اختلاف کم نشان از دقت بالای این الگوریتم است. تصاویر سنجنده از راه دور به دلیل پوشش وسیع، به‌هنگام بودن و توانایی کسب اطلاعات در محدوده حرارتی طیف الکترومغناطیس، منبع اطلاعاتی مناسبی در تهیه نقشه‌های حرارتی و تخمین انرژی تشعشعی سطح زمین می‌باشند.

روش پژوهش

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل، تصاویر ماهواره‌ای لندست از سنجنده‌های (OLI-TM) است و زمان تصویربرداری سنجنده (OLI) ساعت ۷:۳۰ صبح و سنجنده (TM) ساعت ۹:۳۰ صبح می‌باشد که از سایت زمین‌شناسی

خصوصیات کلاس‌های موردنظر برای استخراج از تصاویر ماهواره‌ای، نسبت اهمیت آن‌ها را در فرایند قطعه‌بندی اعمال نماید (فیضی‌زاده، ۱۳۸۸: ۸۱).

طبقه‌بندی شیء‌گرا

طبقه‌بندی شیء‌گرا فرایندی است که کلاس‌های پوشش اراضی را به اشیاء تصویری ارتباط می‌دهد این نوع از طبقه‌بندی بر اساس منطق فازی استوار است و ارزش عوارض را به ارزش فازی (بین صفر و یک) با درجه عضویت معین برای هر کلاس تبدیل می‌کند (رضایی، ۱۳۸۶: ۱۴۹).

استخراج دمای سطح زمین

درجه حرارت سطح زمین می‌تواند اطلاعات مفیدی در رابطه با خصوصیات فیزیکی زمین و اقلیم که نقش بسزایی در فرایند محیط زیستی بازی می‌کنند، فراهم نماید (Weng, 2004: 470). دمای سطح زمین به‌عنوان نمایه‌ای از شدت گرما، از عناصر اساسی شناخت آب و هوا است. در سنجنده از دور دمای سطح زمین را که بالای جو به وسیله سنجنده‌ها به دست می‌آید، دمای روشنایی می‌نامند. این دما به علت پدیده‌های جذب و پخش جوی به نظر کم‌تر از دمای واقعی در سطح زمین است (Sobrinho, 2004: 438).

پیشینه پژوهش

امروزه مطالعات مختلفی بر روی شرایط دمایی مناطق شهری بسیار مورد توجه می‌باشد. مطالعات اخیر در چهل سال گذشته توانسته‌اند نقش پدیده‌های اصلی مؤثر در شکل‌گیری و تداوم جزایر حرارتی شهری را از لحاظ کمی تعیین کنند.

رونالد^۱ و همکاران (۲۰۱۷)، در شهرهای بزرگ مناطق بانکوک (تایلند)، جاکارتا (اندونزی)، مانیل (فیلیپین) به دنبال بررسی رابطه درجه حرارتی سطحی و فراوانی و الگوی فضایی سطح غیرقابل نفوذ و فضای سبز، مطالعه‌ای انجام دادند که نشان داد، ارتباط معنادار و قوی بین میانگین دمای سطح زمین و تراکم سطح غیرقابل نفوذ (مثبت) و فضای سبز (منفی) در امتداد شیب شهر-روستایی از سه شهر UHI^۲ معمول را دارا می‌باشد.

مطالعه فیضی‌زاده و همکاران (۱۳۹۵)، به بررسی برآورد دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا بر روی

1. Ronald et al
2. Urban heat island

خودهمبستگی فضایی بر اساس مکان پراکنش دو مقدار می‌پردازد و خصیصه موردنظر از عارضه جغرافیایی را در آن مکان تحلیل می‌کند (Girifis, 1987: 57).

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: ۶۱). شایان ذکر است که دمای استخراج شده از طریق تصاویر ماهواره‌ای با داده‌های دمای سطح خاک (۵ سانتیمتری خاک) مقایسه شد. زیرا در تمامی ایستگاه‌های هواشناسی، دمای سطح زمین اندازه‌گیری نمی‌شود و دمای خاک در اعماق متفاوت (همچون ۵، ۱۰، ۲۰ سانتی‌متری) اندازه گرفته می‌شود. بدین منظور برای مقایسه با داده‌های زمینی (داده‌های هواشناسی) از پارامتر دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متری ایستگاه هواشناسی فرودگاه پیام و کرج استفاده گردید (شکل ۱). مراحل مختلف این تحقیق به‌منظور برآورد رابطه میان دما و کاربری اراضی و بررسی خودهمبستگی فضایی را نشان داده شده است.

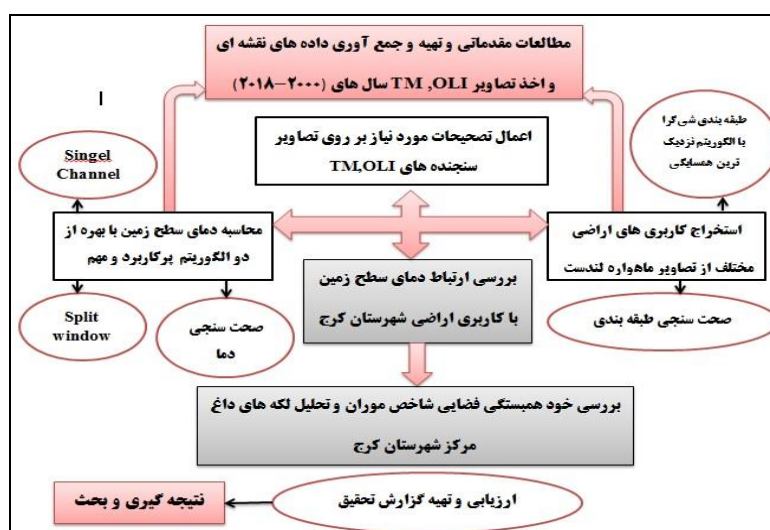
آمریکا گرفته شده است (جدول ۱). برای استخراج نقشه کاربری اراضی از باندهای مرئی و مادون‌قرمز و برای استخراج دمای سطح زمین از باندهای حرارتی، تصاویر سال‌های (۲۰۰۰-۲۰۱۸) ماه‌های (تیر، مرداد و شهریور) استفاده شد. انتخاب سه ماه تیر، مرداد و شهریور به دلیل مصادف بودن با ماه‌های گرم است که در این ماه‌ها به دلیل وجود پوشش گیاهی مناسب و کافی، استخراج نقشه کاربری اراضی با دقت و صحت بیش‌تری همراه خواهد بود. به‌منظور آماده‌سازی تصاویر، تصحیحات هندسی و اتمسفری با استفاده از روش Flaash روی تصاویر توسط نرم‌افزار Envi 5.3 صورت گرفت و سپس طبقه‌بندی کاربری اراضی با روش شیء‌گرا و با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی توسط نرم‌افزار Ecognition صورت گرفت.

برای استخراج خوشه‌های جزایر حرارتی شهری به بررسی الگوی فضای داده‌ها به‌منظور تعیین کمیت و همچنین آزمون ساختار فضایی پارامترهای مشاهده شده از آماره موران جهانی استفاده شد. خودهمبستگی فضایی موران به بررسی

جدول ۱. خصوصیات تصویر ماهواره لندست سنجنده‌های (TM-OLI)

تصویر	تاریخ اخذ	ردیف / گذر	زاویه آزیموت خورشید	زاویه ارتفاع خورشید
OLI TM	۲۰۰۰/۰۷/۱۷	۵۸ / ۱۹۱	۱۱۳/۵۳	۶۱/۲۳
	۲۰۰۰/۰۸/۰۲		۱۱۸/۹۶	۵۹/۰۵
	۲۰۰۰/۰۹/۰۳		۱۳۳/۶۶	۵۲/۶۲
	۲۰۱۸/۰۷/۰۳		۱۱۸/۲۱	۶۶/۷۷
	۲۰۱۸/۰۸/۲۰		۱۳۴/۶۱	۵۹/۲۴
	۲۰۱۸/۰۹/۰۵		۱۴۲/۱۱	۵۵/۱۶

مأخذ: متادیتا

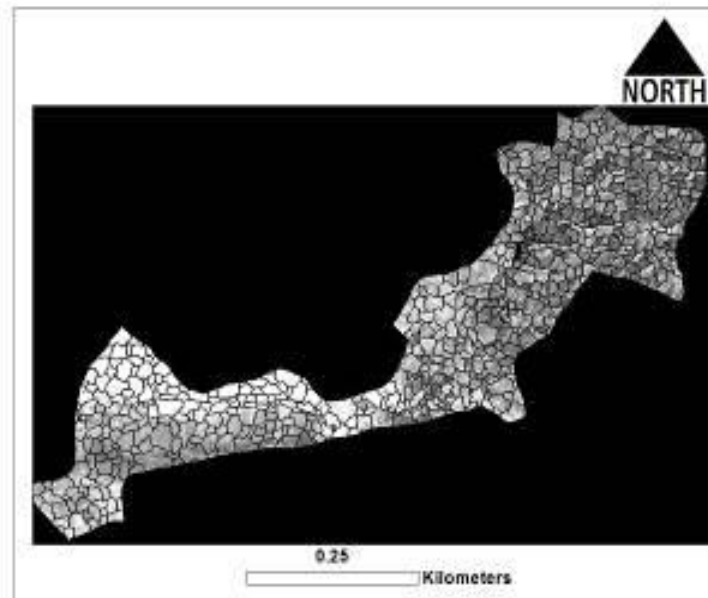


شکل ۱. الگوریتم تخمین دمای سطح زمین و کاربری اراضی در این پژوهش

قطعه‌بندی

۲۵ برای قطعه‌بندی انتخاب شد. قبل از انجام طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا لازم است قطعه‌بندی تصویر صورت گیرد (شکل ۲).

در تحقیق حاضر برای قطعه‌بندی، از روش چند مقیاسی استفاده شد. برای این منظور با تجزیه و تحلیل نتایج قطعه‌بندی تصویر با پارامتر مقیاس متفاوت و تفکیک مکانی تصویر، پارامتر مقیاس



شکل ۲. نمونه تصویر قطعه‌بندی شده شهر کرج (مقیاس: ۲۵، شکل: ۰/۳، ضریب فشردگی: ۰/۷)

محاسبه دمای سطحی زمین، روش تک بانندی^۲ برای محاسبه دمای سطح زمین سنجنده (TM) انتخاب گردید. مراحل محاسبه دمای سطحی زمین به ترتیب زیر به منظور استخراج دمای سطح زمین طی شد.

الگوریتم تک بانندی

روش تک بانندی یکی از روش‌های پرکاربرد محاسبه دمای سطح زمین است که در بسیاری از پروژه‌های سنجش از دور استفاده می‌شود. در این الگوریتم تصاویر دمای تابشی، رادیانس حرارتی و توان تشعشعی استفاده می‌گردد. در این روش تأکید ویژه‌ای بر برآورد بخار آب موجود در اتمسفر دارد و اثر آن از لحاظ میزان جذب بر روی باند حرارتی تعدیل می‌شود. در این پژوهش برای محاسبه دمای سطح زمین سنجنده (TM) از این روش استفاده شد. روند کلی محاسبه دمای سطح زمین با الگوریتم تک بانندی در (شکل ۳) نمایش داده شده است.

استخراج نقشه کاربری اراضی منطقه

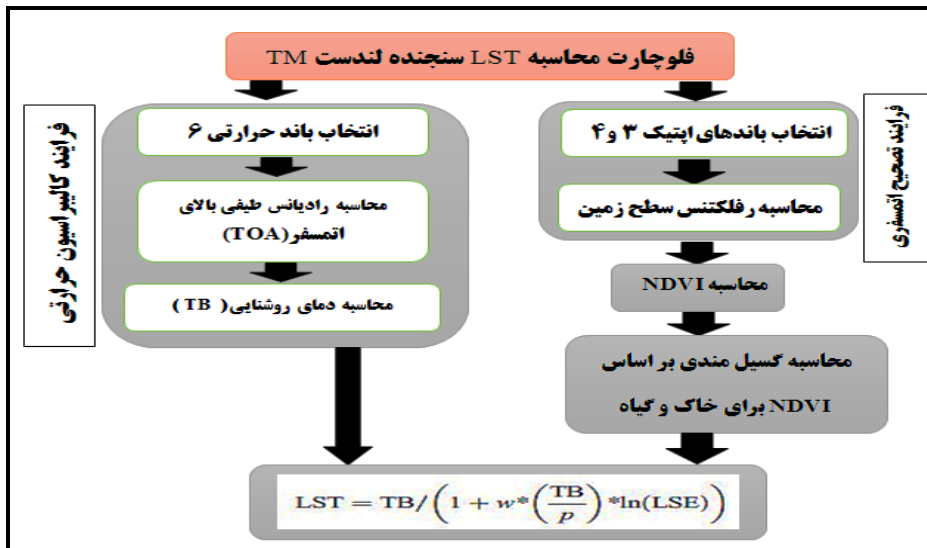
در این مرحله نقشه‌های طبقه‌بندی از روش شیء‌گرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی توسط نرم‌افزار Ecognition صورت گرفت. در این پژوهش تعداد ۱۲ کلاس برای محدوده مورد مطالعه استخراج شد. در نهایت برای استخراج نقشه‌ها از نرم‌افزار ArcGis5.3 استفاده شد.

استخراج دمای سطح زمین

برای تعیین دمای واقعی سطح زمین از الگوریتم‌های گوناگونی همچون الگوریتم پنجره مجزا (SW) استفاده می‌شود و در این تحقیق به منظور به دست آوردن دمای سطح زمین از این الگوریتم استفاده شد. در همین راستا از باند ۱۱ و ۱۰ حرارتی سنجنده لندست (OLI) استفاده شد. به دلیل اینکه روش پنجره مجزا^۱ برای سنجنده‌هایی که دارای دو باند حرارتی دارند، قابل استفاده می‌باشند و سنجنده (TM) دارای یک باند حرارتی است، از این رو برای محاسبه دمای سطحی سنجنده (TM) در این پژوهش، با بررسی و مقایسه دیگر روش‌های معمول

2. Single channel

1. Split-window



شکل ۳. روند برآورد الگوریتم single channel

لازم است دمای تابشی به دمای واقعی تبدیل شود با استفاده از

رابطه (۱). (Chander, 2009: 1621)

$$T = \frac{k_2}{kn \left(\frac{k_1}{L\lambda} + 1 \right)}$$

εV = گسیل مندی پوشش گیاهی (۰/۹۹) εS = گسیل مندی خاک (۰/۹۷) PV = درصد پوشش گیاهی

محاسبه دمای سطح زمین (کلین)

برای محاسبه دمای زمین به سانتی‌گراد، از رابطه (۴) استفاده می‌شود (Barsi, 2003, 141).

$$Ts = \frac{Tb}{1 + \left(\lambda \times \frac{Tb}{p} \right) \times \ln(\varepsilon)}$$

الگوریتم پنجره مجزا

در این پژوهش برای محاسبه دمای سطح زمین سنجنده (OLI) از الگوریتم پنجره مجزا استفاده شد. در این الگوریتم از دو باند حرارتی نیز می‌توان استفاده نمود که نسبت به سایر الگوریتم‌ها از دقت بهتری برای محاسبه دمای سطح زمین برخوردار است. از ویژگی مهم این الگوریتم حذف اثرات جوی می‌باشد. جهت برآورد و محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم ذکر شده تمامی مراحل آن در زبان برنامه‌نویسی Python و IDL فرمول نویسی شد. روند کلی محاسبه دمای سطح زمین با الگوریتم پنجره مجزا در (شکل ۴) نمایش داده شده است.

محاسبه دمای تابشی

برای محاسبه دمای تابشی ابتدا داده‌های مادون قرمز حرارتی به رادیانس تبدیل گردید، به طور کلی می‌توان گفت پس از استفاده از عکس قانون پلانک (برای تبدیل رادیانس به دمای تابشی) T = دمای روشنایی ماهواره بر حسب کلین و $k_2 - k_1$ ثابت حرارتی برای هر دو باند حرارتی موجود در متادیتا، $L\lambda$ = درخشندگی جو بالا.

محاسبه رادیانس حرارتی

با توجه به اینکه اجسام پدیده‌ها و پوشش‌های سطح زمین جزو گروه اجسام سیاه قرار نمی‌گیرند، بنابراین دمای تابشی محاسبه شده از باندهای سنجنده را با لحاظ کردن مقادیر توان تشعشعی و شرایط جوی به دمای واقعی سطح زمین تبدیل گردید. دمای تابشی باید ابتدا مقدار DN هر پیکسل به رادیانس تبدیل شود با استفاده از رابطه (۲) (Chander, 2009: 1621).

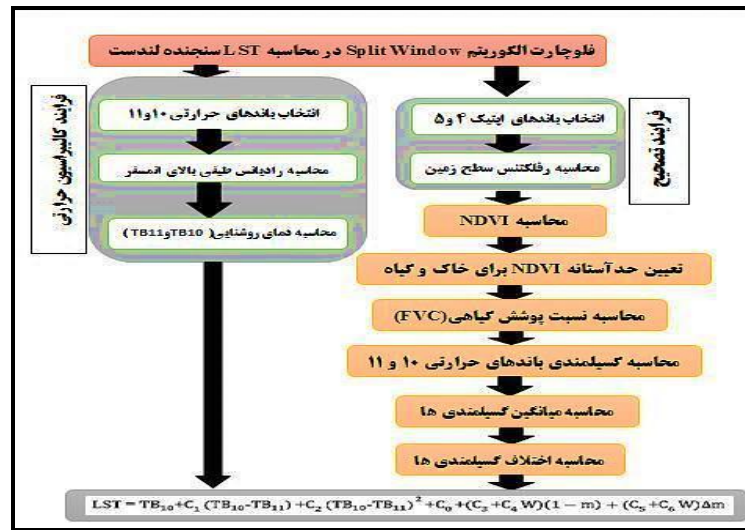
رابطه ۲. $R = (RMB * B) + RAB$
 RAB از متادیتا تصاویر استخراج شده است که برای دو باند حرارتی یکسان است.

محاسبه توان تشعشعی

با توجه به وجود اختلاط هر پیکسل در منطقه مطالعاتی، میزان گسیل مندی در هر پیکسل مطابق رابطه ۳ محاسبه می‌شود (Sobrino, 2004, 43)

رابطه ۳

$$\varepsilon = \varepsilon V \times PV + \varepsilon S \times (1 - PV) + d\varepsilon$$



شکل ۴. روند برآورد الگوریتم Split Window

شاخص (FVC)

پس از محاسبه دمای روشنایی باندهای حرارتی، جهت محاسبه NDVI از باندهای تصحیحی اتمسفری شده Red و NIR (باندهای شماره ۴ و ۵) استفاده شد. در ادامه برای محاسبه شاخص FVC (نسبت پوشش گیاهی) از (رابطه ۷) استفاده شد. که در این رابطه حد آستانه NDVI برای خاک 0.15 و برای گیاه 0.48 در نظر گرفته می‌شود (Chander, 2009: 1621).
رابطه ۷.

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI(soil)}{NDVI(vegetation) - NDVI(soil)}$$

$$FVC = \frac{NDVI - 0.15}{0.48 - 0.15}$$

گسیل‌مندی باندهای حرارتی

گسیل‌مندی باندهای حرارتی طبق (رابطه ۱۶) محاسبه گردید. ϵ_S و ϵ_V گسیل‌مندی خاک و گیاه در باندهای ۱۰ و ۱۱ می‌باشد که مقادیر آن در (جدول ۲) نشان داده شده است (Chander, 2009: 1622).

$$LSE = \epsilon_S * (1 - FVC) + \epsilon_V * FVC$$

رادینانس طیفی بالایی اتمسفر

پس از انجام فرایند کالیبراسیون حرارتی سنجنده موردنظر با انتخاب باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱، محاسبه رادینانس طیفی بالایی اتمسفر (TOA) از (رابطه ۵) محاسبه می‌گردد (Chander, 2009: 1621).

$$L\lambda = \left(\frac{Lmax - Lmin}{DNmax} \right) \times Band + Lmin$$

رابطه ۵. در فرمول‌های فوق Lmin و Lmax به ترتیب رادینانس ماکزیمم و رادینانس مینیمم طیفی و منظور از Band، همان باند حرارتی مربوطه و DNmax برابر است با اختلاف Qcal max و Qcal min (منبع: متادیتا).

دمای روشنایی

جهت محاسبه دمای روشنایی TB10 و TB11 از (رابطه ۶) استفاده گردد (Chander, 2009: 1621).

$$TB = K2 / (\ln(k1/L\lambda + 1))$$

رابطه ۶. K1 و K2 ضرایب ثابت در متادیتای سنجنده می‌باشند که مقادیر آن به شرح ذیل نمایش داده شده است:

K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789
K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.8883
K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.1442

جدول ۲. مقادیر گسیل‌مندی خاک و گیاه در باندهای ۱۰ و ۱۱

گسیل‌مندی	باند ۱۰	باند ۱۱
ϵ_S	۰/۹۷۱	۰/۹۷۷
ϵ_V	۰/۹۸۷	۰/۹۸۹

پیاه) و مشخص کردن سال و روز، مقدار رطوبت نسبی هوا (RH) در تاریخ برداشت تصویر استخراج و پس از جایگذاری در (رابطه ۱۰) مقدار بخار آب W محاسبه می‌شود. (Chander, 2009: 1623)

رابطه ۱۰.

$$1 \times \left\{ 10 \times 0.6108 \times \exp \left[\frac{17.27 \times (T_0 - 273.15)}{273.3 + (T_0 - 273.15)} \right] \times RH \right\} + 0.1697$$

ضرایب ثابت الگوریتم (SW)

با توجه به در دسترس نبودن یک پایگاه داده برای اندازه‌گیری‌های دمای سطح زمین با لندست (OLI)، ضرایب C از طریق شبیه‌سازی با اعداد مختلف از شرایط اتمسفر و سطح زمین مطابق (جدول ۳) استفاده شد.

جدول ۳. ضرایب الگوریتم split-window

ضرایب ثابت	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
ارزش‌ها	۲۶	۱۳۷۸	۱۸۴	۱۳	۲/۲۳۸	۱۲۹/۲	۱۴
	۰/۸	.	.	۵۴	-	-	۱۶

خاک ایستگاه‌های فرودگاه پیام و کرج با داده‌ها دمای سطح زمین برآورد شده، در همان نقطه مقایسه شد. دمای ۵ سانتیمتری خاک با دمای سطح خاک رابطه مستقیم و کاملی دارد. بدین معنا که با افزایش دمای سطح خاک، دمای اعماق متفاوت خاک نیز تغییر می‌کند و تنها اختلاف موجود اختلاف‌زمانی این دو باهم است. به عبارتی افزایش یا کاهش دمای سطح خاک در ابتدا رخ می‌دهد و پس از آن افزایش یا کاهش دما در اعماق گوناگون خاک پدید می‌آید. تأخیر زمانی یاد شده با عمق خاک رابطه مستقیمی دارد، یعنی هر چه عمق خاک بیشتر باشد، اختلاف زمانی بیشتر است و برعکس (علوی‌پناه، ۱۳۸۵). به دلیل ناقص بودن دمای سطح خاک ایستگاه فرودگاه پیام از رابطه رگرسیونی خطی استفاده شد. رابطه رگرسیونی با استفاده از دمای هوا و دمای ۵ سانتیمتری خاک در بازه زمانی ۱۰ ساله (۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸) محاسبه گردید. به عبارتی سعی شده است از داده‌های، بازه زمانی بیشتر ایستگاه‌های هواشناسی استفاده شود تا با این شیوه بتوان داده‌های دمای ۵ سانتیمتری خاک ایستگاه فرودگاه پیام و کرج را بازسازی کرد. موضوع اصلی این‌که رابطه دمای هوا و دمای خاک به پارامترهای گوناگونی همانند پوشش سطح، رطوبت

میانگین و اختلاف گسیل‌مندی

محاسبه میانگین گسیل‌مندی و اختلاف گسیل‌مندی (دلتا) طبق (رابطه ۹) صورت گرفت (Chander, 2009: 1622).

LSE10: گسیل‌مندی باند ۱۰، LSE11: گسیل‌مندی باند ۱۱.

رابطه ۹.

$$\text{mean of the lse} = m = \frac{LSE_{10} + LSE_{11}}{2}$$

$$\text{Difference of the lse} = \Delta m = LSE_{10} - LSE_{11}$$

بخار آب (W)

W معرف بخار آب می‌باشد که جهت برآورد ستون بخار آب ابتدا با مراجعه به سایت Ogimet و زیرشاخه به آدرس: <http://www.ogimet.com/gsynres.phtml> en با وارد کردن شماره ایستگاه سینوپتیک استان البرز (فرودگاه

محاسبه دمای سطح زمین (SW)

با مشخص شدن ضرایب ثابت C و با جایگزین کردن این مقادیر در (رابطه ۱۱) دمای سطح زمین برای سنجنده (OLI) محاسبه گردید (Chander, 2009: 1624).

رابطه ۱۱.

$$LST = TB_{10} + C_1(TB_{10} - TB_{11}) + C_2(TB_{10} - TB_{11}) + C_0 + (C_3 - C_4W)(1-m) + (C_5 - C_6W)\Delta m$$

صحت‌سنجی دمای محاسبه شده با مدل (Sw)

جهت سنجش صحت داده‌های برآورد شده دمای سطح زمین از روی تصاویر، ابتدا باید دقت استخراج دمای سطح زمین روی تصاویر بررسی شود. بدین منظور از شاخص آماری MAE¹ استفاده شد. شاخص آماری MAE، روش ارزیابی متقابل می‌باشد که میانگین مطلق خطا را مشخص می‌کند (رابطه ۱۲). این شاخص آماری بر اساس مقایسه نقشه‌های دمای سطح زمین برآورد شده، با داده‌های دمای ۵ سانتیمتری خاک صورت می‌گیرد. بدین منظور در این پژوهش، MAE داده‌های دمای

1. Mean absolute error

به‌طور 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 (فلاح قالمهری، ۱۳۹۴: ۶۵۰).

تحلیل لکه‌های داغ^۱

جهت آشکارسازی جزایر حرارتی سرد و گرم از تحلیل لکه‌های داغ آماره‌ی گتیس-ارد جی^۲ استفاده شد. در این آماره نمره‌ی Z محاسبه شده، نشان می‌دهد که در کدام مناطق، داده‌ها با مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده است. چارچوب مفهومی این تحلیل، این‌گونه عمل می‌کند که اگر عارضه‌ای مقدار بالا داشته باشد، مهم است ولی این بدان معنی نیست که یک لکه داغ باشد. عارضه‌ای لکه داغ تلقی می‌شود که هم خود عارضه و هم عارضه‌های همسایه آن از نظر آماری معنادار باشند. امتیاز Z برای خروجی نهایی زمانی به دست خواهد آمد که مجموع محلی عارضه و همسایه آن به‌طور نسبی با جمع کل عارضه‌ها مقایسه گردد (علی‌آبادی، ۱۳۹۴: ۹۲).

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه شهرستان کرج، یکی از شهرستان‌های استان البرز می‌باشد. این شهرستان در شرق استان البرز قرار دارد و در ۳۶ کیلومتری غرب تهران، در کرانه غربی رود کرج و در دامنه جنوبی رشته‌کوه البرز گسترده شده است. شهرستان کرج از شمال به استان مازندران، از شرق به شهر تهران، از جنوب به شهرستان شهریار و استان مرکزی و از غرب به شهرستان ساوجبلاغ و استان قزوین محدود است. شهرستان کرج در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی واقع شده است. این شهر با مساحتی معادل ۴/۱۷۵ کیلومتر مربع و حریمی به وسعت ۹/۱۷۸ کیلومتر مربع در دامنه رشته‌کوه البرز مرکزی قرار گرفته است. شهرستان کرج به لحاظ اقلیمی تحت تأثیر ارتفاعات البرز و دره چالوس و رودخانه کرج قرار دارد که موجب خنک و مرطوب‌تر شدن این منطقه نسبت به تهران می‌گردد. علت اختلاف دمای استان البرز نسبت به استان تهران به خصوص در شب‌ها به سبب نزدیکی کرج به ارتفاعات شمالی و سرد شدن شبانه این دامنه‌ها و وزش باد کوه به دشت می‌باشد. نتایج مطالعات سرشماری در سال ۱۳۹۵ در خصوص جمعیت استان البرز

هوا، ارتفاع محل، زاویه تابش خورشید و نوع مواد بستگی دارد (هروی، ۱۳۹۳). می‌توان گفت تمامی موارد بالا در مقیاس جغرافیایی در ایستگاه فرودگاه پیام و کرج بسیار به هم نزدیک هستند.

در این پژوهش تنها و مهم‌ترین عامل دخیل در آن، عامل دمای هوا (که داده‌های آن موجود بودند) در نظر گرفته شد و سعی شد با استفاده از بیش‌ترین تعداد سال موجود رابطه دمای هوا و دمای سطح خاک در شهرستان کرج محاسبه شود. باید توجه داشت، نتایج برآورد داده‌های دمای سطح زمین حتماً باید با داده‌های زمینی دمای خاک مقایسه شود. مقایسه این دمای برآورد شده با داده‌های دمای هوا کاملاً اشتباه است و نتایجی دور از واقعیت را خواهد داشت. زیرا خروجی کار برآورد دمای سطحی زمین است. بنابراین در این پژوهش، برای تخمین دقیق‌تر و بالا بردن دقت نتایج پژوهش لازم بود که با داده‌های دمای خاک ایستگاه فرودگاه پیام و کرج مقایسه شود.

رابطه ۱۲. $MAE = [1/n] \sum_{i=1}^n |Z^*(X_i) - Z(X_j)|$
در این روابط $Z^*(X_i)$ مقدار تخمین زده شده برای نقطه X_i ، $Z(X_j)$ مقدار مشاهده شده برای نقطه X_j و n تعداد داده‌ها می‌باشد (هروی، ۱۳۹۳).

استخراج خوشه‌های جزایر حرارتی شهری

برای محاسبه خودهمبستگی فضایی با استفاده از شاخص موران جهانی، از (رابطه ۱۳) استفاده می‌شود:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n z_i^2} \quad \text{رابطه ۱۳}$$

Z_i = تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه X_i با میانگین (\bar{X}) و Z_j = تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه X_j با میانگین (\bar{X}) و $W_{ij} =$ وزن موجود بین عارضه i ، j می‌باشد که عکس فاصله بین دو عارضه i ، j است، $(w_{ij} = \frac{1}{d_{ij}})$ و $N_0 =$ تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در لایه محاسبه کل وزن‌های فضایی، با استفاده از (رابطه ۱۴) انجام می‌شود (فلاح قالمهری، ۱۳۹۴: ۶۵۰).

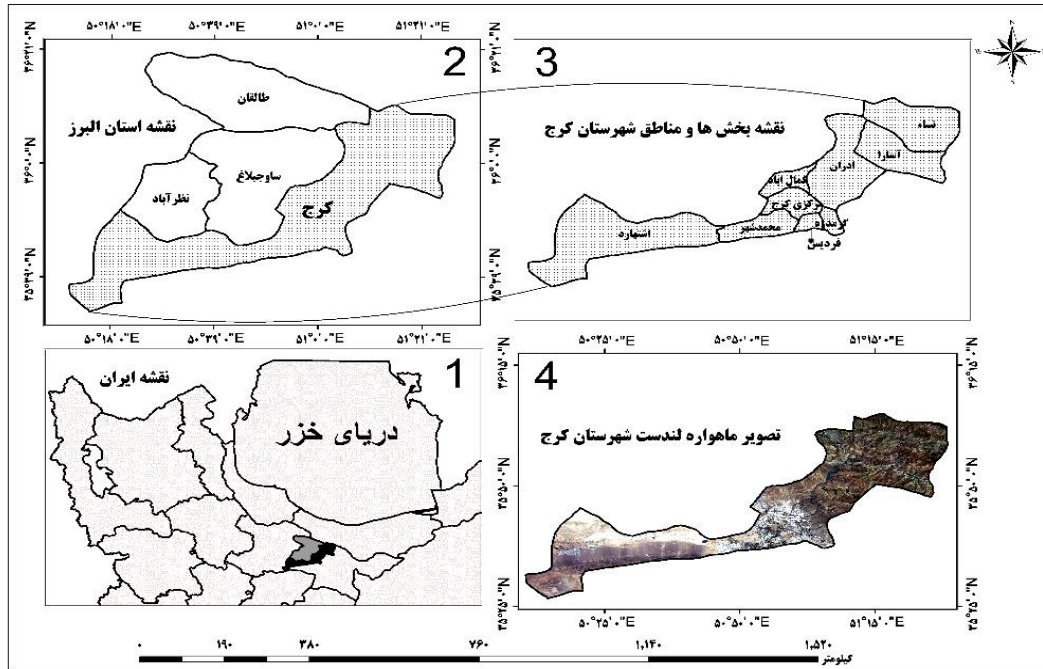
$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad \text{رابطه ۱۴}$$

محاسبه نمره‌های استاندارد Z_i برای آماره موران با استفاده از (رابطه ۱۵) (فلاح قالمهری، ۱۳۹۴: ۶۵۰).

$$Z_i = \frac{i - E(I)}{\sqrt{V(I)}} \quad \text{رابطه ۱۵}$$

لقب «ایران کوچک» داده شده است. شکل ۵، موقعیت منطقه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد.

برابر با ۱۶۵۹۲۰۴۹۲ نفر است (اداره آمار استان البرز). استان البرز چهارمین شهر پرجمعیت ایران و بیست و دومین کلان‌شهر پرجمعیت خاورمیانه است به همین دلیل به آن

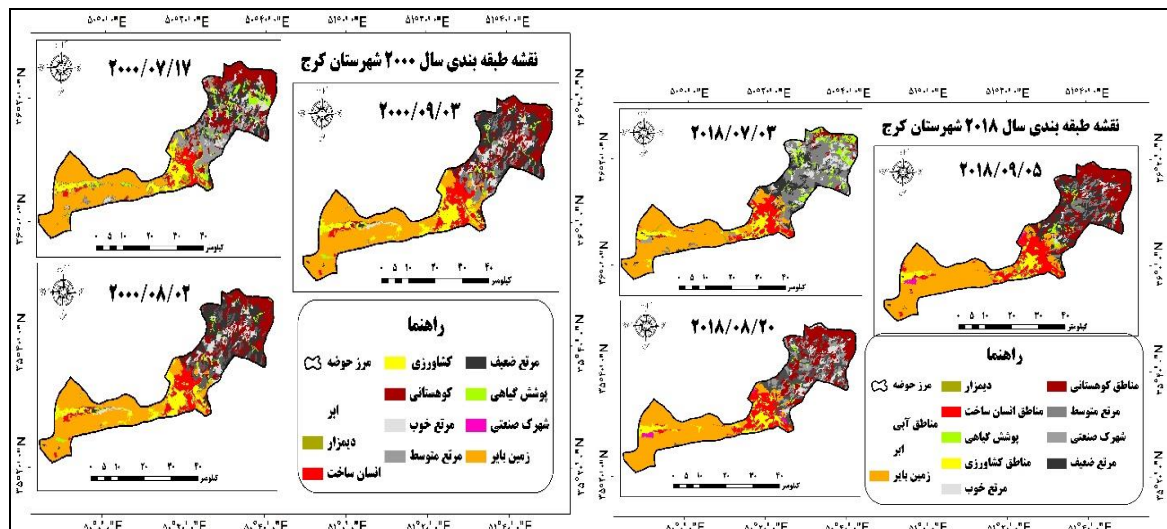


شکل ۵. محدوده مورد مطالعه

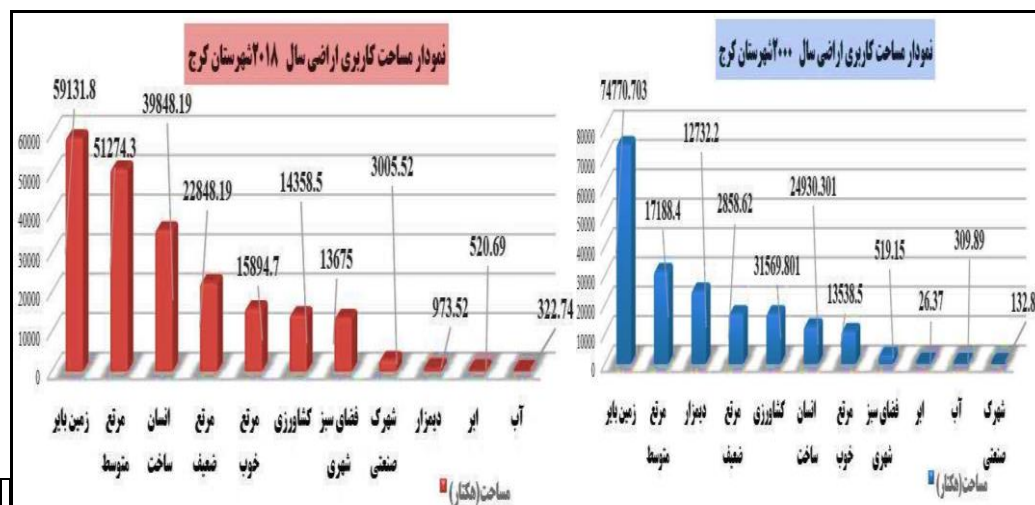
در ماه‌های (تیر، مرداد و شهریور) در شکل ۷، بررسی و نتایج مشخص شده است. تعداد ۱۲ کلاس نواحی انسان ساخت، مرتع شامل (خوب و متوسط و ضعیف)، مناطق آبی، پوشش گیاهی، شهرک صنعتی، دیم‌زار و مناطق کشاورزی و ابر و مناطق کوهستانی و زمین بایر برای ناحیه مورد مطالعه استخراج گردید. سپس صحت طبقه‌بندی بررسی شد.

یافته‌ها

به‌منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، نقشه کاربری اراضی شهرستان کرج برای سال‌های (۲۰۱۸-۲۰۰۰) تهیه و سپس نقشه تغییرات کاربری اراضی منطقه نیز استخراج شد. شکل ۶ نقشه کاربری اراضی مربوط به بازه زمانی مشخص را نمایش می‌دهد. همچنین مساحت هر یک از کاربری‌ها برای سال‌های



شکل ۶. نقشه طبقه‌بندی‌شده کاربری اراضی سال‌ها ۲۰۱۸-۲۰۰۰



شکل ۷. میزان مساحت کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۸ شهرستان کرج

مناطق کشاورزی و دیوار به مناطق مسکونی و شهرک‌های صنعتی، بیش‌ترین تغییرات را به خود اختصاص داده‌اند. همین‌طور پس از این کاربری‌ها، تبدیل کاربری مرتع خوب به مرتع ضعیف و خاک قابل مشاهده است که نشان‌دهنده تخریب مراتع درگذشت زمان است. در همین راستا در جهت گسترش اراضی شهری کرج بیش‌ترین پیشروی بر روی کلاس خاک و زمین‌های کشاورزی و مراتع بوده است که نشان‌دهنده نوع گسترش شهر است.

نتایج صحت سنجی در جدول ۴، قابل مشاهده است. نتایج نشان می‌دهد که در سال ۲۰۰۰ صحت کلی به‌طور میانگین ۹۸ درصد و ضریب کاپا به‌طور میانگین برابر با ۹۶ درصد است و در سال ۲۰۱۸ صحت کلی به‌طور میانگین ۹۷ درصد و ضریب کاپا به‌طور میانگین برابر ۹۵ درصد می‌باشد و با توجه به صحت کلی نقشه‌ها و با استناد و مقایسه با منابعی نظیر (Lilsand, 2008: 812) که ضرایب صحت کلی بزرگ‌تر از ۸۵ درصد را قابل قبول عنوان کرده‌اند، نتایج حاصله از طبقه‌بندی کاربری‌ها چه از نظر تک‌تک کاربری‌ها و چه از نظر مجموع صحت و آمار کاپا از صحت قابل قبولی در ارتباط با اطلاعات تولید شده برخوردار شده است.

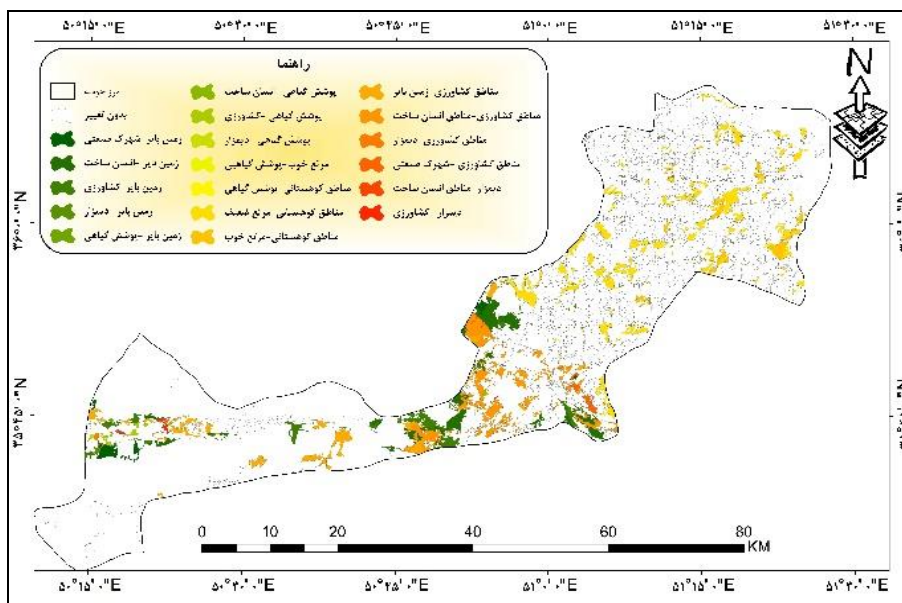
همان‌طور که از شکل ۷، مشخص می‌باشد، بیش‌ترین مساحت در سال ۲۰۰۰ متعلق به کاربری زمین بایر با مساحت ۷۴۷۷۰/۷۰۳ (هکتار) می‌باشد و همین‌طور بیش‌ترین مساحت در سال ۲۰۱۸ هم متعلق به زمین بایر با مساحت ۵۹۱۳۱/۸۰ است که نشان از کاهش ۱۵۶۳۸/۹۰ هکتاری در سال ۲۰۱۸ را دارد که این اختلاف برآورد شده در این بازه زمانی، تبدیل به مناطق انسان ساخت شده است و همین‌طور کم‌ترین مساحت در هر دو سال به کاربری آب با مساحت به‌صورت میانگین ۳۱۵/۷۴ اختصاص پیدا کرده است. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت شهرستان کرج با گذشت زمان شاهد افزایش کاربری‌های مسکونی (انسان ساخت) شده است و این مسئله باعث جایگزینی این کاربری‌ها با زمین‌های بایر و زمین‌های کشاورزی می‌باشد. زمین‌های کشاورزی در سال ۲۰۰۰ مساحت ۳۱۵۶۹/۸ و در سال ۲۰۱۸ با کاهش مساحت به مقدار ۱۴۳۵۸/۵ رسیده است که ۱۷۲۱۱/۳ مقدار از مساحت زمین‌های کشاورزی و دیوار به مناطق انسان ساخت تبدیل شده است. با توجه به (شکل ۵)، تغییرات چشمگیری در شهرستان کرج از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ قابل مشاهده می‌باشد. در این بازه زمانی در شهرستان کرج تبدیل زمین‌های بایر و

جدول ۴. بررسی صحت طبقه‌بندی کاربری اراضی

سال	ماه	صحت کلی	ضریب کاپا
۲۰۰۰	تیر	٪۹۹	۰/۹۸
	مرداد	٪۹۵	۰/۹۴
	شهریور	٪۹۶	۰/۹۵
۲۰۱۸	تیر	٪۹۷	۰/۹۶
	مرداد	٪۹۸	۰/۹۸
	شهریور	٪۹۷	۰/۹۵

همین‌طور پس از این کاربری‌ها، تبدیل کاربری مرتع خوب به مرتع ضعیف و خاک قابل مشاهده است که نشان‌دهنده تخریب مراتع در گذشت زمان است. در همین راستا در جهت گسترش اراضی شهری کرج بیش‌ترین پیشروی بر روی کلاس خاک و زمین‌های کشاورزی و مراتع بوده است که نشان‌دهنده نوع گسترش شهر می‌باشد.

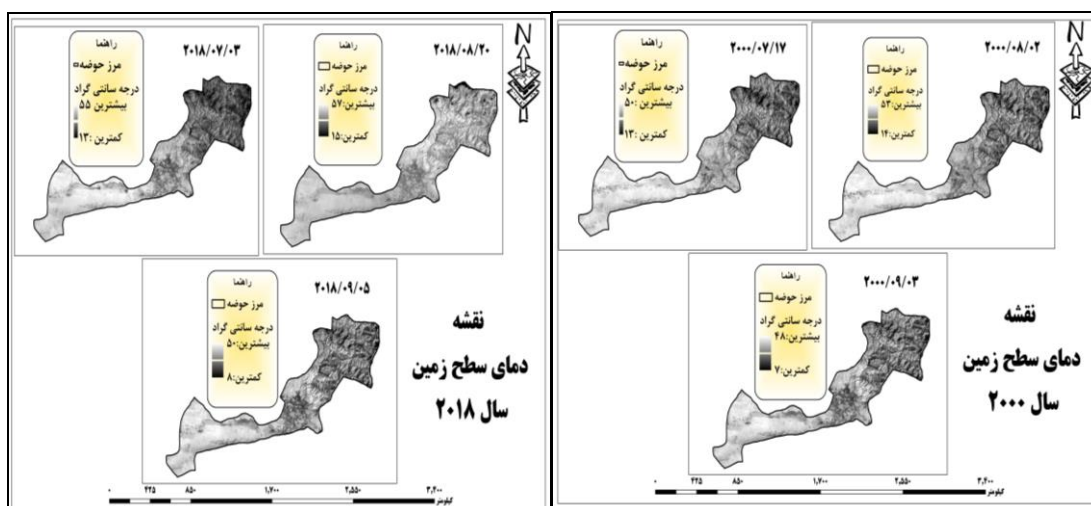
نقشه تغییرات کاربری اراضی و مساحت تغییرات در شکل ۸، قابل مشاهده است. ملاحظه می‌شود که تغییرات چشم‌گیری در شهرستان کرج از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ قابل مشاهده نمی‌باشد. در این بازه زمانی در شهرستان کرج تبدیل زمین‌های بایر و مناطق کشاورزی دیم‌زار به مناطق مسکونی و شهرک‌های صنعتی، بیش‌ترین تغییرات را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۸. نقشه تغییرات کاربری اراضی و نمودار گراف تغییرات مساحت کاربری اراضی در بازه زمانی ۲۰۱۸-۲۰۰۰

نقشه حاصل از آن نیز استخراج گردید (شکل ۹).

بعد از استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی به‌منظور استخراج دمای سطح زمین در بازه زمانی موردنظر اقدام شد و



شکل ۹. نقشه دمای سطح زمین شهر کرج در سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۰۰

زمین محاسبه شده مقایسه شوند، به همین منظور نیاز است داده‌های دمای خاک ایستگاه‌ها بی نقض و در دسترس باشند. اما داده‌های دمای خاک ایستگاه هواشناسی فرودگاه پیام و

نتایج صحت سنجی دمای برآورد شده در صحت سنجی دمای برآورد شده باید داده‌های دمای خاک ایستگاه‌های هواشناسی با پیکسل متناظر در نقشه دمای سطح

۵). روابط رگرسیونی حاصل از ارتباط دمای هوا و دمای ۵ سانتیمتری خاک در شهرستان کرج را نشان می‌دهد.

ایستگاه کرج بسیار ناقص بوده‌اند. بنابراین با ایجاد رگرسیون خطی بین داده‌های دمای هوا و دمای خاک ایستگاه‌های دیگر داده‌های دمای خاک ایستگاه فرودگاه پیام بازسازی شد (جدول

جدول ۵. معادله مربوط به رابطه دمای خاک و دمای هوا در شهرستان کرج

نام سنجنده	معادله	ضریب رگرسیون
OLI	$Y = -0.426X + 2.84$	$R^2 = 0.93$

در ادامه جدول مقایسه دمای محاسبه شده توسط مدل بر روی تصاویر ماهواره‌ای و دمای اندازه‌گیری شده در عمق ۵ سانتیمتری خاک در ایستگاه‌های کرج و فرودگاه پیام در جدول ۶ قابل مشاهده است. با توجه به نتایج جدول ۶، دمای برآورد شده از تصویر ماهواره‌ای سطح شهرستان کرج در تاریخ ۲۰۱۸/۰۷/۱۷ بین ۱۷ تا ۵۵ درجه سلیسیوس در نوسان بوده است که با مقایسه دمای سطح خاک در دو ایستگاه کرج و فرودگاه پیام، دمای برآورد شده از طریق مدل به ترتیب ۴/۲۲ و ۴/۸ درجه سلیسیوس بیش‌تر از دمای سطح خاک محاسبه شده است. همین‌طور در تاریخ ۲۰۱۸/۰۸/۰۲ دمای سطح زمین، بین ۱۹ تا ۵۷ درجه سلیسیوس در نوسان بوده است که با مقایسه با دمای سطح خاک در دو ایستگاه کرج و فرودگاه پیام به ترتیب مقدار

در ادامه جدول مقایسه دمای محاسبه شده توسط مدل بر روی تصاویر ماهواره‌ای و دمای اندازه‌گیری شده در عمق ۵ سانتیمتری خاک در ایستگاه‌های کرج و فرودگاه پیام در جدول ۶ قابل مشاهده است.

با توجه به نتایج جدول ۶، دمای برآورد شده از تصویر ماهواره‌ای سطح شهرستان کرج در تاریخ ۲۰۱۸/۰۷/۱۷ بین ۱۷ تا ۵۵ درجه سلیسیوس در نوسان بوده است که با مقایسه دمای سطح خاک در دو ایستگاه کرج و فرودگاه پیام، دمای برآورد شده از طریق مدل به ترتیب ۴/۲۲ و ۴/۸ درجه سلیسیوس بیش‌تر از دمای سطح خاک محاسبه شده است. همین‌طور در تاریخ ۲۰۱۸/۰۸/۰۲ دمای سطح زمین، بین ۱۹ تا ۵۷ درجه سلیسیوس در نوسان بوده است که با مقایسه با دمای سطح خاک در دو ایستگاه کرج و فرودگاه پیام به ترتیب مقدار

جدول ۶. مقایسه دمای برآورد شده و دمای اندازه‌گیری شده در عمق ۵ سانتیمتری خاک در ایستگاه‌های کرج و فرودگاه پیام سال ۲۰۱۸

۲۰۱۸/۰۹/۰۳	۲۰۱۸/۰۸/۰۲	۲۰۱۸/۰۷/۱۷	فرودگاه پیام	کرج	فرودگاه پیام	کرج	کرج	دما در عمق ۵ سانتیمتری سطح خاک
۴۷/۲۳	۳۱/۵	۵۱/۶۹	۳۶/۷۱	۴۸	۳۳/۰۲	۴۸	۳۳/۰۲	دما در عمق ۵ سانتیمتری سطح خاک
۴۵/۶۲	۳۲/۲۱	۵۵/۸۶	۴۱/۷۶	۵۲/۸۰	۳۷/۲۴	۵۲/۸۰	۳۷/۲۴	دمای محاسبه شده توسط مدل
۱/۶۱	۰/۷۱	۴/۸۳	۵/۰۵	۴/۸	۴/۲۲	۴/۸	۴/۲۲	اختلاف دما سطح خاک با دمای محاسبه شده در مدل

دمای سطحی هریک از کاربری‌ها برای ماه مرداد سال‌های (۲۰۱۸ - ۲۰۰۰) در جدول ۷، قابل مشاهده است.

جدول ۷- الف. جدول مقایسه و مشخصات آماری دمای سطحی کاربری‌ها در ماه مرداد سال ۲۰۱۸-۲۰۰۰

سال	ماه	کاربری	دمای حداقل (C)	دمای حداکثر (C)	میانگین	انحراف معیار
مرداد ۲۰۱۸-۲۰۰۰		مناطق آبی ۲۰۰۰	۲۱/۹۴	۵۰/۶۴	۳۸/۲۳	۸/۲۳
		مناطق آبی ۲۰۱۸	۲۲/۲۳	۳۳/۶۱	۲۴/۲۸	۸/۱۴
		مناطق کشاورزی ۲۰۰۰	۲۵/۸۲	۵۲/۷۶	۴۰/۹۲	۶/۱۵
		مناطق کشاورزی ۲۰۱۸	۲۳/۵۳	۴۳/۷۴	۳۱/۶۰	۶/۰۹
		دیم‌زار ۲۰۰۰	۳۴/۰۶	۴۹/۹۲	۴۰/۸۶	۲/۳۴
		دیم‌زار ۲۰۱۸	۲۶/۵۰	۳۶/۴۹	۳۴/۱۶	۱/۰۵
		پوشش گیاهی ۲۰۰۰	۲۳/۶۸	۵۱/۷۰	۳۷/۳۶	۶/۴۴
		پوشش گیاهی ۲۰۱۸	۱۸/۲۵	۳۹/۳۷	۳۰/۱۶	۲/۷۰
		مناطق انسان‌ساخت ۲۰۰۰	۲۵/۸۲	۵۲/۰۶	۴۱/۶۱	۳/۴۳
		مناطق انسان‌ساخت ۲۰۱۸	۲۱/۲۳	۳۹/۸۵	۴۱/۵۲	۳۰/۴۰
		مرتع خوب ۲۰۰۰	۲۱/۵۰	۵۲/۰۶	۳۶/۰۹	۵/۸۴
		مرتع خوب ۲۰۱۸	۱۸/۲۵	۴۲/۹۶	۳۵/۱۸	۳/۲۳
		مرتع متوسط ۲۰۰۰	۱۴/۷۱	۴۹/۲۰	۳۴/۱۵	۵/۱۳

جدول ۷- ب. جدول مقایسه و مشخصات آماری دمای سطحی کاربری‌ها در ماه مرداد سال ۲۰۱۸-۲۰۰۰

ماه	کاربری	دمای حداقل (C)	دمای حداکثر (C)	میانگین	انحراف معیار
مرداد ۲۰۱۸-۲۰۰۰	مرتع متوسط ۲۰۱۸	۱۲/۰۷	۴۷/۸۰	۳۲/۹۸	۵/۰۴
	مرتع ضعیف ۲۰۰۰	۱۶/۵۶	۵۰/۹۹	۳۸/۱۰	۴/۸۴
	مرتع ضعیف ۲۰۱۸	۱۳/۵۷	۴۸/۰۳	۳۶/۶۳	۴/۲۸
	شهرک صنعتی ۲۰۰۰	۲۱/۶۸	۳۷/۹۲	۲۹/۰۸	۱/۶۴
	شهرک صنعتی ۲۰۱۸	۲۴/۴۵	۳۹/۷۵	۳۴/۱۹	۱/۴۷
	مناطق کوهستانی ۲۰۰۰	۱۷/۴۷	۵۱/۳۵	۳۶/۳۴	۵/۳۱
	مناطق کوهستانی ۲۰۱۸	۱۴/۴۷	۴۵/۵۱	۳۱/۴۵	۴/۲۳
	زمین بایر ۲۰۰۰	۲۸/۳۵	۵۳/۱۲	۴۶/۷۷	۳/۱۸
زمین بایر ۲۰۱۸	۲۳/۴۵	۵۰/۵۸	۴۲/۵۷	۲/۸۹	

با توجه به اینکه عمده محصولات کشت شده در این محدوده درختان میوه (هلو و ...) و نشاءهایی مانند فلفل و بادمجان و ... است و این گیاهان دارای نیاز آبی بیش‌تری نسبت به گیاهان مثل گندم است؛ بنابراین این گیاهان در این ماه دارای سبزیگی بالایی بوده و همین امر باعث شده که محدوده تحت کشت آن‌ها تبخیر و تعرق بیش‌تری نسبت به سایر نواحی صورت گیرد و در خنک نگه داشتن دمای سطحی بسیار تأثیرگذار بوده است. انحراف معیار دمایی این کاربری نسبت به سایر کاربری‌ها بالاتر است که دلیل این امر نیز ناشی از اختلاف زمانی نیاز آبی این نوع محصولات در طول هفته است.

تحلیل خودهمبستگی فضایی دمای سطح زمین شهرستان کرج با شاخص موران

خروجی‌های تحلیل خودهمبستگی فضایی موران جهانی، به دو صورت عددی و گرافیکی در (شکل ۱۰) 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 محاسبه شده (قدر مطلق) بسیار بزرگ باشد (خارج از محدوده اطمینان قرار دارد) آنگاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد (جدول ۵). مقادیر خودهمبستگی فضایی موران جهانی شهرستان کرج را نشان می‌دهد. مبتنی بر برون‌دهای (جدول ۵)، مقدار شاخص جهانی موران برای دو دوره مورد مطالعه بالای ۰/۹۹ می‌باشد و بالاترین شاخص جهانی موران با مقدار ۰/۹۹۲۳۴۲ مربوط به سال ۲۰۱۸ میلادی بوده است. آماره Z برای سال ۲۰۰۰، عدد ۹۹۷/۴۷۱۶۰۰ و برای سال ۲۰۱۸، عدد ۹۹۹/۷۶۰۴۴۵ می‌باشد. اگر قرار بود دمای سطح زمین برای دوره‌های مورد مطالعه در شهرستان کرج به‌طور نرمال در فضا توزیع شده باشد، شاخص جهانی موران مقدار ۰/۰۰۰۰۰۲- را اختیار می‌نمود. دمای سطح زمین شهرستان کرج در تمام سال‌های مورد مطالعه دارای خودهمبستگی فضایی معنادار مثبت است و

جمع‌بندی یافته‌های پژوهش

بررسی رابطه دمای سطحی با کاربری اراضی

با بررسی و مشاهده نقشه‌های کاربری اراضی (شکل ۶) و دمای سطحی (شکل ۹) و جدول دمای مشخصات آماری (جدول ۷) به نظر می‌رسد، بیش‌ترین مقدار دمای سطح زمین در شهرستان کرج در سال‌های (۲۰۱۸-۲۰۰۰) مربوط به کاربری زمین بایر و انسان‌ساخت می‌باشند که به ترتیب برای سال ۲۰۰۰ مقدار ۴۶/۷۷ و ۴۴/۶۱ و برای سال ۲۰۱۸ مقداری برابر ۴۴/۵۷ و ۴۱/۵۲ ثبت شده است و همچنین کم‌ترین دما به مناطق آبی اختصاص پیدا کرده است که برای سال‌های (۲۰۱۸-۲۰۰۰) به ترتیب، مقدار ۳۸/۲۳ و ۲۴/۲۸ نیز می‌باشند.

از دمای به دست آمده از تصاویر مربوطه این چنین برداشت می‌شود که شهرستان کرج در بازه زمانی سال‌های (۲۰۱۸-۲۰۰۰) دچار پدیده جزیره حرارتی بوده است که ساخت و سازهای انسانی که بیش‌تر جاذب حرارت می‌باشند، بیش‌ترین سهم را در این پدیده داشته‌اند و همچنین سوخت حاصل از ماشین‌آلات و کارخانه‌ها نیز در این پدیده مؤثر می‌باشند. مناطق بایر حاشیه شهر به دلیل عدم وجود پوشش گیاهی، ظرفیت بالای جذب گرما توسط خاک لخت و ظرفیت هدایتی پایین خاک دمای سطحی زمین در هر دو سال، آستانه‌های دمایی بالایی را نشان می‌دهند. به‌طور عمده بالا بودن دمای سطح زمین شهرستان کرج ناشی از دریافت شدید تابش خورشیدی و تشکیل جزایر حرارتی ناشی از اراضی بایر، سطوح آسفالت و بتنی صنعتی، نظامی و همچنین کمبود فضاهای سبز و پوشش گیاهی است.

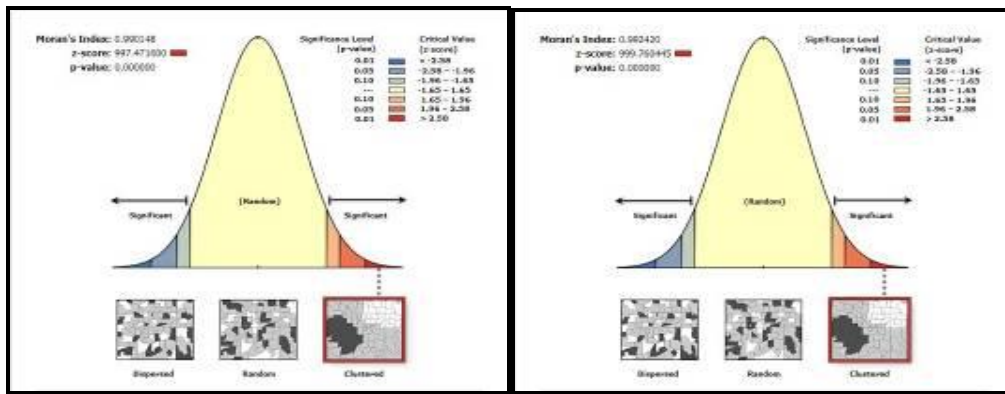
با توجه به اینکه آب دارای ظرفیت گرمایی بالایی می‌باشد، نواحی عمیق دارای دمای سطحی کم‌تری نسبت به نواحی کم‌عمق می‌باشند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت انحراف معیار به دست آمده از دمای سطحی این کاربری با توجه به دمای استخراج شده در نواحی کم‌عمق و عمیق است و مقدار بالایی را به خود اختصاص داده است. کاربری مربوط به کشاورزی در بعضی ناحیه‌ها، بعد از مناطق آبی دارای کم‌ترین دمای سطحی می‌باشد.

ارزیابی توأمان مقادیر به دست آمده با آستانه معنادار نشان داد که تمامی مقادیر به دست آمده برای سال‌های مورد مطالعه $\alpha 01 = 0$ معنادار هستند. حال با مبنا قرار دادن نتایج موران جهانی به دست آمده می‌توان فرضیه H_0 مبنی بر عدم ارتباط فضایی دمای سطح زمین شهرستان کرج را رد کرد. بنابراین داده‌های دمای سطح زمین شهرستان کرج دارای ساختار فضایی بوده یا به عبارتی

ارزیابی توأمان مقادیر به دست آمده با آستانه معنادار نشان داد که تمامی مقادیر به دست آمده برای سال‌های مورد مطالعه $\alpha 01 = 0$ معنادار هستند. حال با مبنا قرار دادن نتایج موران جهانی به دست آمده می‌توان فرضیه H_0 مبنی بر عدم ارتباط فضایی دمای سطح زمین شهرستان کرج را رد کرد. بنابراین داده‌های دمای سطح زمین شهرستان کرج دارای ساختار فضایی بوده یا به عبارتی

جدول ۸. خروجی آماره‌های موران دمای سطح زمین شهرستان کرج

موران جهانی ("Moran's I")					
سال	شاخص موران	شاخص مورد انتظار	واریانس	آماره Z	سطح معناداری
۲۰۰۰	۰/۹۹۱۴۸	-۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۱	۹۹۷/۴۷۱	.
۲۰۱۸	۰/۹۹۲۴۲	-۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۱	۹۹۹/۷۶۰	.



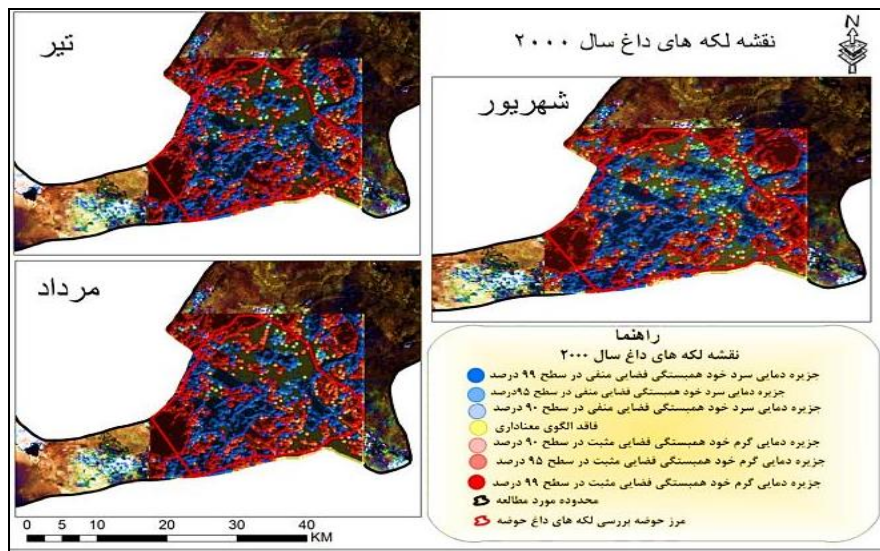
شکل ۱۰. خروجی گرافیکی آماره موران جهانی برای دمای سطح زمین کرج

(الف) تصویر سمت راست سال ۲۰۰۰ (ب) تصویر سمت چپ سال ۲۰۱۸

سرد در هر سه سطح احتمال ۰/۹۰ و ۰/۹۵ و ۰/۹۹ که به رنگ آبی و مناطق با جزیره حرارتی گرم بارنگ قرمز نمایش داده شده است.

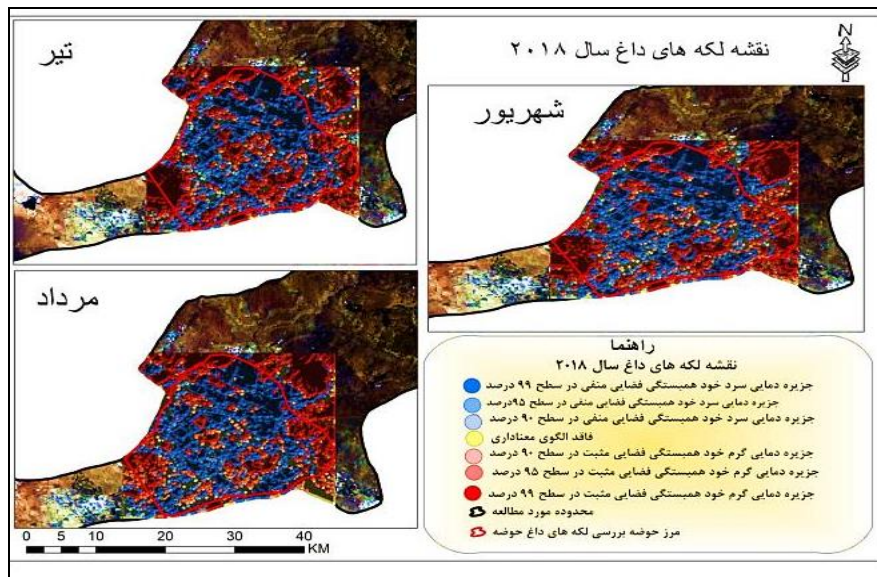
بررسی لکه‌های داغ

به‌منظور حصول اطمینان از مناطق دارای خوشه‌های با ارزش بالا و پایین از شاخص لکه‌های داغ استفاده شده است که نتایج آن در (شکل ۱۱) ارائه گردیده است. مناطق با جزایر حرارتی



شکل ۱۱- الف. نقشه جزایر حرارتی استخراج شده محدوده شهری،

شهرستان کرج با استفاده از لکه‌های داغ در سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۰۰



شکل ۱۱- ب. نقشه جزایر حرارتی استخراج شده محدوده شهری، شهرستان کرج با استفاده از لکه‌های داغ در سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۰۰

آلودگی در آن محدوده‌ها بسیار پایین بوده که این عوامل باعث پایین آمدن دمای سطحی زمین می‌شود و در نتیجه به رنگ آبی نمایش داده شده است. همان‌طور که اشاره شد، محدوده‌های قرمز رنگ دمای حرارتی بالا و هر چه به سمت محدوده‌های آبی‌رنگ نزدیک شویم دمای حرارتی پایین می‌آید. در نتیجه برای تعادل دمای سطحی زمین در مرکزیت شهرستان کرج باید مراکز و تردهای متمرکز را به تمامی محدوده‌های شهری کرج تقسیم شود تا دمای سطحی زمین در تمام نقاط به صورت یکسان توزیع شود. با توجه به نتایج جدول ۵، می‌توان گفت که در سال ۲۰۱۸ مقدار Z ، $۹۹۹/۷۶$ بیش‌تر از سال ۲۰۰۰ با مقدار Z ، $۹۹۷/۴۷$ می‌باشد و این مقادیر نشان می‌دهد که در سال ۲۰۱۸ با افزایش فعالیت‌های انسانی، مراکز خرید و تجاری و ... خوشه‌بندی بیش‌تر شده و لکه‌های داغ به رنگ قرمز بیش‌تری ایجاد شده و دمای سطح زمین در آن محدوده‌ها نیز افزایش پیدا کرده است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر، تحلیل کاربری اراضی و اثرات آن بر تغییرات دمای سطح زمین در شهر کرج بوده است. زیرا رشد روزافزون جمعیت در دهه‌های اخیر در شهرستان کرج باعث رشد و توسعه، ساخت‌وساز در این شهر گردیده است که زمینه‌های ایجاد تغییرات دمای سطح زمین و مخاطرات ناشی از آن را باعث شده است. آلودگی‌های ناشی از حمل‌ونقل شهری، صنعت و فعالیت‌های انسانی در روزهای آرام و پایدار، عوامل مهم در ایجاد تغییرات دمای سطح زمین شهرستان کرج

در این پژوهش تحلیل آماره «گتیس ارد جی» برای محدوده مرکزی، شهرستان کرج برآورد شد. همچنین با توجه به مقدار Z برآورد شده می‌توان گفت که در کدام مناطق، داده‌ها با مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده‌اند. همان‌طور که در روش پژوهش نیز توضیح و مورد بررسی قرار گرفت، هر چه مقدار Z بزرگ‌تر باشد مقادیر بالا به میزان زیادی خوشه‌بندی شده و لکه داغ را تشکیل می‌دهد.

در مورد Z منفی و معنادار از نظر آماری نیز باید گفت هر چه مقدار Z کوچک‌تر باشد به معنی خوشه‌بندی شدیدتر مقادیر پایین بوده و نشانگر لکه‌های سرد هستند. در نقشه‌های بالا لکه‌های قرمز رنگی که مشاهده می‌شود، نشانگر مقادیر بزرگ‌تر Z هستند که به‌عنوان لکه‌های داغ شناخته می‌شوند و این محدوده‌ها دارای حرارت بالاتری نسبت به مناطق دیگر نیز می‌باشند. در این محدوده‌های مرکزی شهرستان کرج مناطق پرتراکم از نظر حجم بسیار زیاد خودرو، جمعیت بسیار بالا، مراکز تجاری و بازار خرید و به طبع آن آلودگی بسیار زیادی وجود دارد. همین عوامل باعث می‌شود تا لکه‌های داغ در آن محدوده‌ها به رنگ قرمز نمایش داده شود. یعنی بالاترین دما سطح زمین را دارا باشد. هر میزان که از مقدار Z کاسته می‌شود و Z مقدار منفی و کوچک‌تر را به خود می‌گیرد، به طرف لکه‌های سرد نزدیک می‌شویم که در نقشه‌ها با رنگ آبی نشان داده شده‌اند و این محدوده‌ها نسبت به محدوده‌های ذکر شده دمای کم‌تری را دارا می‌باشد و دلیل این امر، کم‌تر بودن، فعالیت‌های انسانی بسیار پایین در آن محدوده و عدم وجود مراکز تجاری بزرگ و بازارها خرید و به طبع شاخص

می‌باشند. این امر در حالی است که سیستم اقلیم جهانی با پدیده گرمایش جهانی روبه‌رو است و عوامل یاد شده خود تشدیدکننده این عامل است. لذا تحلیل اقلیم شهری و تغییرات دمای سطح زمین می‌تواند مسئولان و برنامه‌ریزان شهری را جهت مکان‌یابی بهینه و تصمیم‌گیری مناسب در اجرای پروژه‌های شهری کمک نماید.

نتایج این تحقیق نشان داد در زمینه استخراج نقشه کاربری اراضی روش شیء‌گرا، روشی بسیار کارآمد می‌باشد که نتایج محققان مختلف نیز نشان‌دهنده این مطلب است. همچنین نتایج استخراج دما نیز نشان داد که روش (SW) یکی از روش‌های مناسب برای تعیین دمای سطح زمین می‌باشد که برای دست یافتن به این امر از معیارهای مختلفی استفاده شده است. تحقیقات علیپور و همکاران (۱۳۸۹) و ژانگ و همکاران (۲۰۱۵) و سوپرینو و همکاران (۲۰۰۴) و لی و همکاران (۲۰۱۱) نیز که از روش (SW) و (SC) و (MW) اقدام به استخراج LST کرده بودند در نهایت این نتیجه به دست آمد که دقت روش (SW) نسبت به روش‌های دیگر بیشتر است. در این پژوهش دمای محاسبه شده با الگوریتم (SW)، به‌طور میانگین در تاریخ‌های ذکر شده در فصل تابستان، بین ۱۵/۳۴ تا ۵۵/۱۱ درجه (برای تمامی کاربری‌ها) در نوسان بوده است. مناطق با پوشش گیاهی، باغ و بعضی از مناطق کشاورزی و آب، دارای کم‌ترین مقادیر دما که به‌طور میانگین، بین ۲۱ و ۲۵ درجه در نوسان بوده است و بیش‌ترین مقادیر دما نیز به کاربری‌های زمین‌بایر و مناطق مسکونی اختصاص پیدا کرد که به‌طور میانگین، بین ۴۵ و ۴۹ درجه در نوسان بوده است.

راهکارها

با توجه به یافته‌های تحقیق، راهکارهای زیر ارائه می‌گردد:

- ✓ گسترش فضاهای سبز در محیط شهری و صنعتی و بالا بردن تراکم فضاهای سبز فعلی؛
- ✓ احداث باغات و پارک‌های جنگلی در اطراف حریم‌های شهری؛
- ✓ جابه‌جایی مراکز صنعتی و سایر مناطقی که ایجاد جزایر حرارتی می‌کنند به خارج از محدوده‌ی شهری؛
- ✓ احداث مناطق جدید شهری و شهرک‌ها به‌گونه‌ای که در مسیر طبیعی جریان باد اختلال ایجاد نکنند؛
- ✓ ترویج و احداث بام سبز باهدف جذب حداکثری انرژی تابش خورشیدی؛
- ✓ استفاده از خودروهای الکتریکی و همچنین برقی نمودن دستگاه‌های تولیدی صنعتی کارخانه‌ها.

References

- Adel Effat, H., Abdel Kader, O. (2014). Change detection of urban heat islands and some related parameters using multi-temporal Landsat images; a case study for Cairo city, *Journal of Urban Climate*, 10, 171-188.

نتایج این تحقیق نشان داد در زمینه استخراج نقشه کاربری اراضی روش شیء‌گرا، روشی بسیار کارآمد می‌باشد که نتایج محققان مختلف نیز نشان‌دهنده این مطلب است. همچنین نتایج استخراج دما نیز نشان داد که روش (SW) یکی از روش‌های مناسب برای تعیین دمای سطح زمین می‌باشد که برای دست یافتن به این امر از معیارهای مختلفی استفاده شده است. تحقیقات علیپور و همکاران (۱۳۸۹) و ژانگ و همکاران (۲۰۱۵) و سوپرینو و همکاران (۲۰۰۴) و لی و همکاران (۲۰۱۱) نیز که از روش (SW) و (SC) و (MW) اقدام به استخراج LST کرده بودند در نهایت این نتیجه به دست آمد که دقت روش (SW) نسبت به روش‌های دیگر بیشتر است. در این پژوهش دمای محاسبه شده با الگوریتم (SW)، به‌طور میانگین در تاریخ‌های ذکر شده در فصل تابستان، بین ۱۵/۳۴ تا ۵۵/۱۱ درجه (برای تمامی کاربری‌ها) در نوسان بوده است. مناطق با پوشش گیاهی، باغ و بعضی از مناطق کشاورزی و آب، دارای کم‌ترین مقادیر دما که به‌طور میانگین، بین ۲۱ و ۲۵ درجه در نوسان بوده است و بیش‌ترین مقادیر دما نیز به کاربری‌های زمین‌بایر و مناطق مسکونی اختصاص پیدا کرد که به‌طور میانگین، بین ۴۵ و ۴۹ درجه در نوسان بوده است.

نتایج سورش و همکاران (۲۰۱۶) که با استفاده از روش (SW) نقشه LST تهیه کرده بودند، نشان داد که LST در زمین‌های بایر و بیابانی بیش‌ترین مقدار و در مناطق دارای پوشش گیاهی و مناطق آبی، کم‌ترین مقدار را دارا می‌باشد. با مقایسه دمای برآورد شده توسط مدل و دمای سطح خاک ایستگاه‌های کرج و فرودگاه پیام در شهرستان کرج جهت صحت سنجی، نتایج نشان داد دمای محاسبه شده در این پژوهش با الگوریتم (SW)، بیش‌تر از دمای سطح خاک در این ایستگاه‌ها می‌باشند. به این ترتیب که دمای سطح محاسبه شده بر روی تصاویر در ۲۰۱۸/۰۷/۱۷ و ۲۰۱۸/۰۸/۰۲ و ۲۰۱۸/۰۹/۰۳، در ایستگاه‌های کرج و فرودگاه پیام به ترتیب،

- Ahmadi, M., Ashour Lo, D., & Narangi Fard, M. (2014). Temporal-spatial changes of thermal and usage patterns of Shiraz using TM & ETM sensor data. *Iran Remote Sensing and GIS*, 4(4), 55-68.
- Alavi, P. (2006). *Thermal remote sensing and its application in earth sciences*. Tehran University Press.
- Arvin, A. A. (2018). Detecting surface temperature using satellite images. *Journal of Natural Environment Hazards*, 8(19), 91-102.
- Asghari Saraskanroud, S., & Naziri activist, M. (2018). Monitoring of land surface temperature and investigating the interface of land use with land surface temperature using OLI images with Moran index analysis (Case study: Ardabil city, *Geography and Environmental Planning*, No. 73, 93-110.
- Chander, G., & Groeneveld, D. P. (2009). Intra-annual NDVI validation of the Landsat 5 TM radiometric calibration. *International Journal of Remote Sensing*, 30(6), 1621-1628.
- Congalton, R. & Green. G, K. (2009). *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Dong, C., Fan, G., Lian, Y., Dang, G., Guotao, M., Dong, W., Yaokang, H., & Suzhen, X. (2016). Using Object Oriented Technique to Extract Jujube Based on LANDSAT 8 OLI Image in Jialuhe Basin, *Journal of Image Processing Theory and Applications*, 1, 16-20.
- Ebrahim Heravi, b. (2013). *Analyzing the relationship between urban heat islands and land use/land cover changes using satellite images in Karaj metropolis*. Master's Thesis of Remote Sensing, Shahid Chamran University of Ahvaz, Faculty of Sciences
- Faizizadeh, B., Dehban, Kh., & Gholamnia, Kh. (2015). Earth surface temperature estimation using Landsat 8 satellite images and separate window algorithm (case study: Mahabad watershed). *Geographical Information Quarterly*, 25(98), 171-182.
- Faizizadeh, S., & Bakhtiar, S. (2015). Modeling agricultural land degradation due to urban growth and development using object-based methods of satellite image processing in the urban area of Urmia. *Amish Sarmeen*, 8(2), 177-202.
- Faizizadeh, Sh., Saifi, B., & Hajar, H. (2015). Identifying areas prone to salt storms in Lake Urmia using fuzzy-object-oriented processing of satellite images. *Environmental Risk Management (Former Risk Knowledge)*, 3(3), 269-284.
- Fallah Qalhari, Gh. A., Asadi, M., & Dadashi Rudbari, A. A. (2014). Spatial analysis of moisture distribution in Iran. *Natural Geography Research*, 47(4), 637-650.
- Feizizadeh, B, & Blaschke, T. (2013). Examining urban heat island relations to land use and air pollution: multiple endmember spectralmixture analysis for thermal remote sensing. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6(3), 1749-1756
- Griffith, D. (1987). *Spatial Autocorrelation: A Primer*. Resource Publication in Geography. *Association of American geographers*. 64, 566-592.
- Hanibal, A., Jean, E., Kakemami, A., Ghorbani, O., Kivan Behjo, F., & Mirzaei Musovand, A. (2016). Comparison of visual and digital interpretation methods in preparation of land use and land cover map of Ardabil province. *Remote Sensing and Geographical Information System in Natural Resources*, 8(3), 121-134.
- Karenia, C. S. G. (2016). *Spatial Geo-technologies and GIS tools for urban planners applied to the analysis of urban heat island, Case Caracas city:Venezuela*. ICUC9, 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment.
- Karmi, M., & Dadashi Roudbari, A. A. (2013). Evaluation of rainfall patterns in Razavi Khorasan province using new methods of spatial statistics. *Scientific journal of extension of rain catchment systems and levels*, 3(2), 61-72.

- L., Frankl, P., & Adgo, N., (2017). Classifying Land Cover from an Object-Oriented Approach to LANDSAT 8 at the Regional Scale of the Lake Tana Basin Ethiopia. *Geophysical Research Abstracts*, V.19 ,98-147.
- Lillesand, T. M, R. W Kiefer, & W. J. (2008). *Remote sensing and Image Interpretation*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Liu, I. & Zhang, Y. (2011). Urban heat island analysis using the Landsat TM data and Aster data: a case study in Hong Kong. *Remote Sensing*, 3(7), 1535-1552.
- Niclòs Valiente, J. A, Barberà, M. J, Estrela, M. J, Galve, & J. M, Caselles. (2009). Preliminary results on the retrieval of land surface temperature from MSG-SEVIRI data in Eastern Spain. *Proceedings*, 55-78.
- Rezai, B., et al. (2016). Investigating and evaluating the process of changing forest levels using remote sensing and GIS, a case study of Arsbaran forests 1987-2005. *Geographical Researches*, No. 62, 143-159.
- Ronald, C., Estoque, M., & Yuji, M, S. (2017). Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *National Library of Medicine, U. S*, 15(577), 349-359.
- Rozenstein, O, Qin, Zh, Dermain, Y. & Karnieli, A, (2014). Derivation of land surface temperature for Landsat-8 TIRS using a split window algorithm. *Sensors*, 14(4), 5768-5780.
- 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.
- Subrino, J., Jimenez-Munoz, G. C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from Landsat TM5. *Remote Sensing of Environment*, 90, 434-440.
- Valizadeh Kamran, Kh., Gholamnia, Kh., Ainali, G., & Mousavi, S. M. (2016). Estimating the surface temperature of the earth and extracting thermal islands using the separate window algorithm and multivariate regression analysis (case study of Zanjan city). *Research and Urban Planning*, 8(30), 35-50.
- Wan, Z, & Dozier, J. (1996). A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space, *Geoscience and Remote Sensing. IEEE Transactions*, 34(4), 892-905.
- Weng, Q. H, Lu, D. S. & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 89(4), 467-483.
- Yang J. S., Wan Y. Q., & August, P. V. (2004). Estimation of land surface temperature using spatial interpolation and satellite-derived surface emissivity. *Journal Environmental Informatics*, 4(1), 40-47.
- Zhang, J, Wang, Y. & Li, Y. (2006). AC++ Program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM+ band 6. *Computers & Geosciences*, 32, 1796-1805.

ابراهیم هروی، بهرام (۱۳۹۳). تحلیل روابط بین جزایر حرارتی شهری و تغییرات کاربری/پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در کلان‌شهر کرج، پایان‌نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده علوم.

احمدی، محمود؛ عاشورلو، داوود و نارنگی فرد، مهدی (۱۳۹۴). تغییرات زمانی - مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده TM & ETM. *سنجش از دور و GIS/ایران*، ۴(۴)، ۵۵-۶۸.

- اصغری سراسکانرود، صیاد و فعال نذیری، مهدی (۱۳۹۸). پایش دمای سطح زمین و بررسی رابط کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر OLI با تجزیه و تحلیل شاخص موران (مطالعه موردی: شهرستان اردبیل، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۷۳، ۹۳-۱۱۰).
- آروین، عباسعلی (۱۳۹۸). آشکارسازی دمای رویه سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. *مجله مخاطرات محیط طبیعی*، ۸(۱۹)، ۹۱-۱۰۲.
- رضایی، بنفشه و همکاران (۱۳۸۶). بررسی و ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS مطالعه موردی جنگل‌های ارسباران ۲۰۰۵-۱۹۸۷، *پژوهش‌های جغرافیایی*، ۶۲، ۱۵۹-۱۴۳.
- علوی پناه، (۱۳۸۵). سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران.
- فلاح قالهری، غلام‌عباس؛ اسدی، مهدی و داداشی رودباری، عباسعلی (۱۳۹۴). تحلیل فضایی پراکنش رطوبت در ایران، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴۷(۴)، ۶۳۷-۶۵۰.
- فیضی‌زاده، بختیار؛ دیده‌بان، خلیل و غلام‌نیا، خلیل (۱۳۹۵). برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا (مطالعه موردی: حوضه آبریز مهاباد). *فصلنامه اطلاعات جغرافیایی*، ۲۵(۹۸)، ۱۷۱-۱۸۲.
- فیضی‌زاده، سلمانی و بختیار، سعید (۱۳۹۵). مدل‌سازی تخریب اراضی کشاورزی بر اثر رشد و توسعه شهری با بکارگیری روش‌های شیء پایه پردازش تصاویر ماهواره‌ای در محدوده شهری ارومیه، *آمایش سرزمین*، ۸(۲)، ۱۷۷-۲۰۲.
- فیضی‌زاده، شهابی؛ سیفی، بختیار و هژار، هوشنگ (۱۳۹۵). شناسایی پهنه‌های مستعد توفان‌های نمکی دریاچه ارومیه با استفاده از پردازش فازی-شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای، *مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)*، ۳(۳)، ۲۸۴-۲۶۹.
- کاکه‌ممی، آزاد؛ قربانی، اردوان؛ کیوان بهجو؛ فرشاد و میرزایی موسی‌وند، آمنه (۱۳۹۶). مقایسه روش‌های تفسیر چشمی و رقومی در تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی استان اردبیل، *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۸(۳)، ۱۳۴-۱۲۱.
- کرمی، مختار و داداشی رودباری، عباسعلی (۱۳۹۳). ارزیابی الگوهای بارشی استان خراسان رضوی با استفاده از روش‌های نوین آمار فضایی، *مجله علمی ترویجی سامانه و سطوح آبگیر باران*، جلد ۳، شماره ۲، ۶۱-۷۲.
- ولی‌زاده کامران، خلیل؛ غلام‌نیا، خلیل؛ عینالی، گلزار و موسوی، سیدمحمد (۱۳۹۶). برآورد دمای سطح زمین و استخراج جزایر حرارتی با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تحلیل رگرسیون چند متغیره (مطالعه موردی شهر زنجان). *پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، ۸(۳۰)، ۵۰-۳۵.