

Investigating the Effects of Land Use Change on Spatiotemporal Patterns of Land Surface Temperature and Thermal Islands (Case Study: Saqqez County)

Morteza Shabani¹, Shadman Darvishan², Karim Solaimani^{3*}

¹ PhD, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Mazandaran, Iran

² MA Graduated, Haraz Institute of Higher Education, Iran

³ Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mazandaran, Iran

Abstract

Land surface temperature is one of the important parameters in environmental science and urban planning. Human activities, such as land use degradation and urban development, have the effect of increasing the land surface temperature and thus the appearance of thermal islands, and this phenomenon has adverse effects on human health over time. The aim of this study was to investigate the effects of land use change on spatiotemporal patterns of land surface temperature and thermal islands in Saqqez city. In this study, images from the years 1989, 1998, 2008, and 2018 were first categorized using the Maximum Likelihood Algorithm in ENVI software. Then, using a Split window algorithm, land surface temperature was extracted in the GIS software. Also NDVI, UHII, and UHIII indices were used to study the spatiotemporal land surface temperature and thermal islands. Also, land surface temperature of the low, medium and high vegetation classes was extracted during the period. The results of the classification accuracy with Kappa coefficient above 80% show the validity of the results. Also, the results of the evaluation of land use changes indicate the increasing trend of water, residential and bare lands areas and the decreasing trend of vegetation. In other words, 3.68, 38.43 and 514/02 km, respectively, are the area of water, residential and bare lands areas has been added, and a total of 550/06 km² has been cut from the vegetation area to the 29-year period. Also, the results of maximum temperature of each land use indicate an increasing trend in temperature in residential and bare lands areas and vegetation during the studied period. According to the results of UHII and UHIII indices, the class with low vegetation has the highest temperature compared to the middle and high vegetation classes and also based on the results of these indicators, the thermal islands occurred in the northeastern parts of the city in 2008 and 2018.

Key words: Land Use, Thermal Islands, UHII, UHIII, Saqqez.

* solaimani.k@ sanru.ac.ir



بررسی آثار تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی - مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی؛

مطالعه موردی: شهرستان سقز

مرتضی شعبانی: دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران
شادمان درویشی: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مؤسسه آموزش عالی هراز آمل، ایران
کریم سلیمانی*: استاد مهندسی آبخیزداری، مرکز سنجش از دور دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

وصول: ۱۳۹۷/۱۲/۱۳ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۸، صص ۳۷-۵۴

چکیده

دمای سطح زمین، یکی از مؤلفه‌های مهم در علوم محیطی و برنامه‌ریزی شهری محسوب می‌شود. فعالیت‌های انسانی مانند تخریب کاربری اراضی و توسعه مناطق شهری موجب افزایش دمای سطح زمین و پیرو آن پیدایش جزایر حرارتی می‌شود و این پدیده در گذر زمان تأثیرات نامطلوبی بر سلامت انسان می‌گذارد. هدف مطالعه حاضر، بررسی آثار تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی - مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی در شهرستان سقز است. در این مطالعه نخست تصاویر سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۸، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال در نرم‌افزار ENVI طبقه‌بندی و سپس با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا دمای سطح زمین در محیط GIS استخراج شد؛ همچنین برای بررسی زمانی - مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی شاخص‌های NDVI، UHII و UHIII به کار رفت و دمای طبقات پوشش گیاهی کم، متوسط و زیاد طی دوره استخراج شد. نتایج ارزیابی دقت طبقه‌بندی با ضریب کاپای بیش از ۸۰ درصد، معتبر بودن نتایج را نشان می‌دهد. همچنین نتایج بررسی تغییرات کاربری‌ها حاکی از روند افزایشی کاربری‌های آب، نواحی مسکونی و بایر و روند کاهش پوشش گیاهی است؛ به بیان دیگر ۳/۶۸، ۳۸/۴۳ و ۵۱۴/۰۲ کیلومترمربع به ترتیب به مساحت کاربری‌های آب، نواحی مسکونی و بایر افزوده و ۵۵۰/۰۶ کیلومترمربع از مساحت پوشش گیاهی در دوره ۲۹ ساله کاسته شده است. نتایج بیشترین دمای هر کاربری نیز نشان‌دهنده روند افزایشی دما در کاربری‌های نواحی مسکونی، بایر و پوشش گیاهی طی دوره مطالعه شده است و با توجه به نتایج شاخص‌های UHII و UHIII، طبقه با پوشش گیاهی کم بیشترین دما را نسبت به طبقات با پوشش گیاهی متوسط و زیاد داشته است. براساس نتایج این شاخص‌ها نیز جزایر حرارتی در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ در نواحی شمال شرق این شهرستان رخ داده است. پژوهش حاضر علاوه بر بررسی تأثیر تغییرات هر کاربری بر تغییرات دمای سطح زمین، به معرفی و استفاده از شاخص‌های UHII و UHIII برای تحلیل زمانی - مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی توجه داشته است.

واژه‌های کلیدی: کاربری اراضی، جزایر حرارتی، UHII، UHIII، سقز.

مقدمه

دمای سطح زمین تابعی از انرژی خالص در سطح زمین است که به مقدار انرژی رسیده به سطح زمین، گسیلندگی سطح، رطوبت و جریان هوای اتمسفر بستگی دارد. این دما با استفاده از تابش مادون قرمز و معادله معکوس پلانک محاسبه می‌شود (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۷۳). افزایش دمای سطح زمین در یک ناحیه موجب بروز پدیده جزایر حرارتی می‌شود که این پدیده در اثر تغییرات پوشش زمین در مناطق شهری به وجود می‌آید و امروزه به نگرانی عمده زیست‌محیطی تبدیل شده است (Amiri et al, 2009: 2610).

توسعه مناطق شهری با ساختمان‌ها، جاده‌ها و دیگر زیرساخت‌ها موجب تغییر در چشم‌انداز طبیعی یک ناحیه می‌شود و از بین رفتن نواحی باز، زمین‌های کشاورزی و پوشش گیاهی به تغییر الگوی بادهای محلی، تقویت رشد ابرها و مه‌ها، افزایش تعداد رعدوبرق‌ها و تأثیر بر میزان بارش می‌انجامد (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۸: ۴۱؛ هاشمی دره‌بادامی و همکاران، ۱۳۹۴: ۴)؛ همچنین افزایش مصرف انرژی برای خنک‌کنندگی از کیفیت هوای شهری می‌کاهد و سبب ناراحتی شهرنشینان می‌شود و با تأثیر بر سلامت انسان‌ها، احتمال بروز آسم و انواع بیماری‌های تنفسی دیگر را افزایش می‌دهد (Chen et al, 2006: 130; Liu & Zhang, 2011: 1540; Chen et al, 2009: 3).

امروزه یکی از روش‌های بررسی و ارزیابی الگوهای دمای سطح زمین و جزایر حرارتی، استفاده از داده‌های سنجنش از دور است که هزینه‌های تخمین دما را به روش سنتی به‌طور چشمگیری کاهش داده است. تصاویر سنجنش از دور به دلیل پوشش وسیع، بهنگام و دقت زیاد، ابزار مناسبی برای تهیه نقشه‌های

حرارتی سطح زمین است (مزیدی و همکاران، ۱۳۹۴: ۳؛ رمضانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۵۱).

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه بررسی و تحلیل دمای سطح زمین و جزایر حرارتی انجام شده است؛ از جمله مطالعات ژانگ و همکاران^۱ (۲۰۱۰) که ارتباط بین پوشش گیاهی سبز و جزایر حرارتی شهری را در بیژینگ^۲ چین بررسی کردند. نتایج مطالعات آنها همبستگی منفی بین دمای درخشندگی و شاخص NDVI^۳ را نشان می‌دهد. همچنین در این مقاله همبستگی فضایی بین پوشش گیاهی و درجه حرارت نشان داده شده است که این ارتباط برای برنامه‌ریزی شهری و حفاظت از پوشش گیاهی شهر بیژینگ در آینده مؤثر است.

جو و همکاران^۴ (۲۰۱۵) آثار بیوفیزیکی شهری را بر دمای سطح زمین در خوشه‌های جزایر حرارتی بررسی کردند. نتایج مطالعات آنها نشان داد بین شاخص‌های NDVI و NDBI با تغییرات LST همبستگی‌ای قوی وجود دارد؛ در حالی که شاخص NDBaI همبستگی ضعیفی با LST دارد؛ همچنین نتایج این مطالعه بینش‌هایی را درباره چگونگی LST در جزایر حرارتی (UHI) با ویژگی‌های سطح شهری در مقیاس فضایی و همچنین روش جدید برای بررسی آثار LST سطح زمین در مناطق شهری ارائه می‌دهد.

مورابیتو و همکاران^۵ (۲۰۱۶) تأثیرات نواحی مسکونی را بر دمای سطح زمین در نواحی شهری ایتالیا بررسی کردند. نتایج نشان داد نقشه‌های LST مربوط به نواحی مسکونی در این مطالعه، ابزار مناسبی

¹ Zhang et al

² Beijing

³ Normalized Difference Vegetation Index

⁴ Guo et al

⁵ Morabito et al

احمدی و همکاران (۱۳۹۱) تغییرات زمانی - مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز را با استفاده از داده‌های سنجنده TM و ETM+ ارزیابی کردند. نتایج در این پژوهش نشان داد سطوح بایر خاکی بدون پوشش گیاهی حاشیه شهر بیشترین میزان دما را دارد و در کاربری‌های شهری نیز دمای بافت‌های فرسوده شهری بیش از دیگر مناطق مسکونی است.

انتظاری و همکاران (۱۳۹۵) دمای سطح زمین و روند تغییرات کاربری اراضی را در حوضه آبریز دریاچه پریشان ارزیابی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین تغییرات کاربری اراضی در کاربری دریاچه به چشم می‌خورد که حدود ۳۵/۹۷ درصد وسعت دریاچه در این دوره ۱۳ ساله تخریب شده و بخش عمده آن به زمین‌های بایر و اراضی کشاورزی تغییر کاربری داده است؛ علاوه بر این افزایش بیابانزایی و کاهش پوشش گیاهی بر روند افزایش دمای سطح زمین (LST) تأثیر می‌گذارد. بیشترین میزان دما (LST) در نمکزارها و اراضی بایر با رخنمون سنگی دیده می‌شود که با گذشت سالیان متمادی روند افزایش دما شایان تأمل است.

نادی‌زاده شورابه و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی تغییرات زمانی - مکانی کاربری اراضی و رشد شهری و تأثیر آن را بر افزایش دمای سطح زمین در شهر گرگان بررسی کردند. نتایج نشان داد با تبدیل کاربری فضای سبز به زمین آیش، بیشترین تغییرات دمای سطح زمین رخ می‌دهد. از دیگر نتایج این پژوهش کاهش طبقات دمایی بسیار سرد و سرد و افزایش طبقات دمایی نرمال و گرم است که مهم‌ترین دلیل آن، افزایش مساحت کاربری‌های ساخته‌شده و آیش است.

برای درک بهتر دینامیک پیچیده محیط زیست شهری است. این نقشه‌ها اگر در وضع موجود شهر اجرا شود، ابزاری عملی و آموزنده در مدیریت پایدار زمین در محیط‌های شهری و برنامه‌ریزی شهری است.

شی و همکاران^۱ (۲۰۱۷) تأثیرات الگوی مکانی - زمانی جزایر حرارتی شهری را با استفاده از رویکرد رگرسیونی کاربری اراضی مدل‌سازی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد الگوی فضایی جزایر حرارتی شهری (UHI) به‌طور وسیع با نقشه‌های LU/LC و ژئومورفومتری شهری در نواحی مسکونی با تراکم زیاد به‌ویژه در شب تعیین می‌شود و مدل‌های حاصل به‌منظور غنی‌سازی دستورکارهای طراحی شهری فعلی و کمک به مقابله با UHI به کار می‌روند.

وانگ و همکاران^۲ (۲۰۱۸) تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن را بر تغییرات کاربری اراضی در یانگون^۳ میانمار بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد تغییرات کاربری اراضی پیچیده و مستقیمی بر تغییرات دمای سطح زمین دارد؛ به طوری که در این مطالعه نواحی شهری بیشترین دمای سطح زمین را نشان می‌دهند.

وانگ و همکاران (۲۰۱۹) همچنین در پژوهشی دیگر تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین را در دلتای رودخانه پیارل^۴ در چین به‌صورت چند زمانه بررسی کردند. نتایج نشان داد رشد شهر در این ناحیه و الگوهای دمای سطح زمین با تخریب کاربری اراضی افزایش یافته است.

¹ Shi et al

² Wang et al

³ Yangon

⁴ Pearl

زمانی - مکانی آن اهمیت ویژه‌ای دارد. در همین زمینه هدف مطالعه حاضر، تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی - مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی در شهرستان سقز است.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر به‌منظور ارائه نتایج دقیق، نخست وضعیت تغییرات کاربری اراضی شهرستان سقز را در دوره‌ای ۲۹ ساله (۱۹۸۹-۲۰۱۸) بررسی کرد و در ادامه به‌منظور تعیین ارتباط تغییرات هر کاربری با دمای سطح زمین، بیشترین دما در هر کاربری تعیین و سپس میزان تغییرات آن بررسی و در نهایت با استفاده از آن نواحی مستعد شکل‌گیری جزایر حرارتی در شهرستان سقز ارزیابی شد.

در این مطالعه از تصاویر لندست دریافت شده از سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده در ردیف و گذر ۱۶۸/۳۵ مربوط به سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۸، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ استفاده شده است. مشخصات تصاویر در جدول (۱) آمده است.

درویشی و همکاران (۱۳۹۸) تأثیر تغییرات کاربری اراضی را بر دمای سطح زمین در شهرستان مریوان بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه نشان داد با افزایش مساحت زمین‌های مسکونی و بایر و همچنین با کاهش پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی در دوره ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷، دما روندی افزایشی را در این کاربری‌ها داشته است.

شهرستان سقز، دومین شهرستان پرجمعیت استان کردستان، در سالیان اخیر رشد جمعیت چشمگیری داشته است؛ به طوری که از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ حدود ۶۲۵۵۶ نفر به جمعیت آن افزوده شده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). روند افزایشی جمعیت نیاز به ساخت‌وساز را در نواحی شهری افزایش داده و این یکی از مهم‌ترین دلایل رشد شهرها بوده است. توسعه و رشد شهری چنانچه بدون برنامه‌ریزی صورت گیرد، موجب ازبین‌رفتن پوشش طبیعی زمین، و ازبین‌رفتن محیط طبیعی به‌مثابه یکی از مهم‌ترین عوامل خنک‌کنندگی دمای سطح زمین سبب پیدایش جزایر حرارتی می‌شود. با توجه به تأثیرات منفی جزایر حرارتی بر زندگی انسان، توجه به بررسی و تحلیل

جدول ۱. مشخصات تصاویر استفاده‌شده

ماهواره	سنجنده	ردیف/گذر	تاریخ	وضوح (m)	طول موج
			۱۹۸۹/۰۵/۲۱		باند ۱ (۰/۵۱۵-۰/۴۵) باند ۴ (۰/۷۵-۰/۹۰)
لندست	ETM+ / TM	۱۶۸/۳۵	۱۹۹۸/۰۶/۱۵	۳۰	باند ۲ (۰/۶۰-۰/۵۲) باند ۵ (۱/۵۵-۱/۷۵)
			۲۰۰۸/۰۶/۱۸		باند ۳ (۰/۶۹-۰/۶۳) باند ۷ (۲/۰۹-۲/۳۵)
					باند ۶ (۱۲/۵-۱۰/۴)
					باند ۱ (۰/۴۳-۰/۴۵) باند ۵ (۰/۸۵-۰/۸۸)
					باند ۲ (۰/۵۱-۰/۴۵) باند ۶ (۱/۵۷-۱/۶۵)
					باند ۳ (۰/۵۹-۰/۵۳) باند ۷ (۲/۱۱-۲/۲۹)
لندست	OLI/TIRS	۱۶۸/۳۵	۲۰۱۸/۰۶/۰۶	۳۰	باند ۴ (۰/۶۷-۰/۶۴) باند ۹ (۱/۳۶-۱/۳۸)
					باند ۱۰ (۱۱/۱۹-۱۰/۶۰) / باند ۱۱ (۱۱/۵۰-۱۱/۵۰)
					(۱۲/۵۱)

(منبع: پیرنظر و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۹)

استخراج نقشه کاربری اراضی

در این مطالعه نخست پیش‌پردازش‌های تصاویر شامل تصحیحات هندسی، رادیومتریک و اتمسفری در نرم‌افزار ENVI انجام گرفت (شکل ۱)؛ سپس با استفاده از تصاویر گوگل‌ارث، نقشه کاربری اراضی و شناخت منطقه پژوهش، تصاویر با اعمال الگوریتم

حداکثر احتمال و با رعایت همپوشانی نقاط تعلیمی به چهار کلاس (جدول ۲) طبقه‌بندی شدند (Tilahun & Teferie, 2015: 195; Rwanga & Ndambuki, 2017: 613; Megahed et al, 2015: 1754 همکاران، ۱۳۹۳: ۵۵).



شکل ۱. تصویر پردازش‌شده منطقه پژوهش

جدول ۲. کاربری‌های طبقه‌بندی‌شده در تصاویر

کاربری	کلاس
آب‌های سطحی (دریاچه، رودخانه، مخازن سد، تالاب‌ها و ...)	آب
نواحی مسکونی شهری و روستایی	نواحی ساخته‌شده
شامل کشاورزی، باغ‌ها، مراتع، جنگل‌ها و پوشش‌های سبز	پوشش گیاهی
فضاهای باز و نواحی بدون پوشش اطراف شهرها	نواحی بایر

انجام گرفت و برای بررسی تأثیرات تغییرات کاربری‌ها بر دمای سطح زمین، بیشترین دمای هر کاربری طی دوره مطالعه‌شده استخراج و با استفاده از شاخص‌های UHII^۱ و UHIII^۲، دمای سطح زمین و جزایر حرارتی منطقه پژوهش تحلیل زمانی - مکانی شد.

تصاویر گوگل‌ارث به دلیل دقت مکانی زیاد و ارائه تصاویر در مقیاس زمانی متفاوت، ابزار مفیدی برای نظارت بر کاربری‌ها و اعمال طبقه‌بندی محسوب می‌شود و استفاده از این تصاویر هنگام طبقه‌بندی از بروز خطاهای احتمالی جلوگیری می‌کند (Tilahun et al, 2015: 81; Wibowo et al, 2016: 3; Malarvizhi et al, 2016: 1837). همچنین در این مطالعه استخراج دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا

¹ Urban heat island intensity

² Urban heat Island Intensity Index

$$L\lambda = \frac{LMAX - LMIN}{QCALMAX - QCALMIN} \times (DN - QCALMIN) + LMIN \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$TB = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه (۳)، L_{MAX} و L_{MIN} مقادیر بیشترین و کمترین رادیانس باندهای حرارتی تصاویر است و همچنین $QCALMAX$ و $QCALMIN$ به ترتیب مقادیر بزرگ و کوچک اعداد رقومی باندهای حرارتی است. این مقادیر از هدر فایل تصاویر استخراج شد (جدول ۳). همچنین در رابطه (۴) مقادیر K_2 ، K_1 ، T_B و $L\lambda$ به ترتیب دمای مؤثر در ماهواره برحسب کلونین (K)، ثابت کالیبراسیون اول، ثابت کالیبراسیون دوم و رادیانس طیفی پیکسل مدنظر است (Bastiaanssen et al, 1998: 203)

جدول ۳. مقادیر K_2 ، K_1 ، $QCALMAX$ و $QCALMIN$

سنجنده	K_1	K_2	$QCALMAX$	$QCALMIN$
TM	۶۰۷/۷۶	۱۲۶۰/۵۶	۱	۲۵۵
ETM+	۶۶۷/۰۹	۱۲۸۲/۷۱	۱	۲۵۵
OLI/TIRS	۷۷۴/۸۸۵۳	۱۳۲۱/۰۷۸۹	۱	۶۵۵۳۵

شاخص پوشش گیاهی (NDVI)

شاخص پوشش گیاهی، یکی از روش‌های دقیق آگاهی از وضعیت پوشش گیاهی یک منطقه است و از مقادیر بازتابی باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک محاسبه می‌شود (پیرنظر و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۵۴).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{رابطه (۵)}$$

ارزیابی دقت طبقه‌بندی، یکی از مؤلفه‌های مهم در ارائه نتایج دقیق است؛ بنابراین در این مطالعه به منظور بررسی صحت کلی و ضرایب کاپای نقشه‌های طبقه‌بندی شده از داده‌های کنترل زمینی GPS، نقشه‌های توپوگرافی و کاربری اراضی تهیه شده از اداره منابع طبیعی شهرستان سقز استفاده و سپس صحت کلی و ضرایب کاپای هر نقشه با توجه به روابط (۱) و (۲) محاسبه شد.

$$OA = \frac{1}{N(\sum P_{ij})} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ji} - \sum_{i=1}^r (X_i + X + i)}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_i + X + j)} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه (۱)، OA صحت کلی، N تعداد کل پیکسل‌ها و $\sum P$ مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده و در رابطه (۲)، r تعداد سطرها و ستون‌ها در ماتریس ابهام، x_{ij} ماتریس ابهام، $x_i + x + i$ به ترتیب مجموع کل سطر i و ستون j و N تعداد کل پیکسل‌هاست (Mahter, 2001: 248; Smits et al, 1999: 1465)

استخراج محاسبه دمای سطح زمین (LST)

پیرو الگوریتم پنجره مجزا به منظور استخراج دمای سطح زمین از باند ۶ تصاویر سنجنده های TM و ETM+ و باند ۱۰ تصاویر سنجنده OLI/TIRS استفاده و اعداد رقومی تصاویر با استفاده از رابطه (۳) به رادیانس تبدیل و در ادامه دمای درخشندگی^۱ تصاویر محاسبه شد (رابطه ۴).

^۱ Brightness temperature

$$LST = \frac{T_B}{1 + (L\lambda \times T_B \div P)\ln\epsilon} \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$TC = LST - 273 \cdot 15 \quad \text{رابطه (۹)}$$

شدت جزایر حرارتی (UHII) و شاخص شدت جزایر حرارتی (UHIII)

شدت جزایر حرارتی در این مطالعه با استفاده از رابطه (۱۰) و همچنین شاخص شدت جزایر حرارتی براساس رابطه (۱۱) استخراج شد. گفتنی است شاخص‌های UHII و UHIII دمای سطح زمین را با استفاده از مقادیر پوشش گیاهی یک ناحیه ارزیابی و بیشترین دما را در طبقات با پوشش گیاهی کم، متوسط و زیاد بررسی و با توجه به تأثیرات پوشش گیاهی بر دمای سطح زمین شدت جزایر حرارتی را در یک ناحیه ارزیابی می‌کند (Feng et al, 2014: 465; Chen & Zhang, 2017: 90)؛ بنابراین به منظور محاسبه روش‌های یادشده نخست با استفاده از شاخص NDVI، وضعیت پوشش گیاهی شهرستان سقز بررسی و در محیط نرم‌افزار ARC GIS پوشش گیاهی منطقه به سه طبقه پوشش گیاهی کم، متوسط و زیاد تقسیم‌بندی و سپس دمای سطح زمین در هر طبقه مشخص شد؛ در ادامه شاخص‌های UHII و UHIII محاسبه شد.

$$UHII = T_{OA} - T_{MH} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

$$UHIII = \frac{T_{OA} - T_{MH}}{T_{MH}} = \frac{UHII}{T_{MH}} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

در این روابط، T_{OA} دمای سایر نواحی و T_{MH} دمای نواحی با پوشش گیاهی زیاد است. این شاخص توزیع فضایی شدت جزایر حرارتی را محاسبه می‌کند (Feng et al, 2014: 465)؛ همچنین ارزش‌های

نسبت پوشش گیاهی

از مقادیر نسبت پوشش گیاهی توان تشعشعی محاسبه می‌شود که یکی از گام‌های اساسی در استخراج دمای سطح زمین به شمار می‌رود. در این مطالعه با استفاده از روابط (۶) و (۷) نسبت پوشش گیاهی و توان تشعشعی باندهای حرارتی محاسبه شد (Sobrino et al, 2004: 436؛ رسولی، ۱۳۸۷: ۵۴۱؛ علوی‌پناه و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۰۸؛ هاشمی و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۴).

$$P_V = \left(\frac{NDVI - NDVI_{MIN}}{NDVI_{MAX} - NDVI_{MIN}} \right)^2 \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$\epsilon = \epsilon_{veg} P_V + \epsilon_{soil} (1 - P_V) \quad \text{رابطه (۷)}$$

در رابطه (۶) مقادیر $NDVI_{max}$ و $NDVI_{min}$ به ترتیب نسبت پوشش گیاهی، کمترین و بیشترین شاخص پوشش گیاهی و در رابطه (۷)، ϵ_{veg} و ϵ_{soil} به ترتیب توان تشعشعی، توان تشعشعی خاک و توان تشعشعی پوشش گیاهی است.

یکی از روش‌های محاسبه توان تشعشعی خاک و پوشش گیاهی، استفاده از روش آستانه‌گذاری شاخص NDVI است؛ به این صورت که $0/2 < NDVI$ نشان‌دهنده خاک لخت است و توان تشعشعی خاک لخت لحاظ می‌شود و $NDVI > 0/5$ نشان‌دهنده پهنه‌های با پوشش گیاهی فراوان است و توان تشعشعی پوشش گیاهی برای آن فرض می‌شود (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۴). پس از انجام این مراحل، دمای سطح زمین با استفاده از رابطه (۸) استخراج و برای تبدیل درجه کلوین به سلسیوس از رابطه (۹) استفاده شد (Artis & Carnahan, 1982: 318).

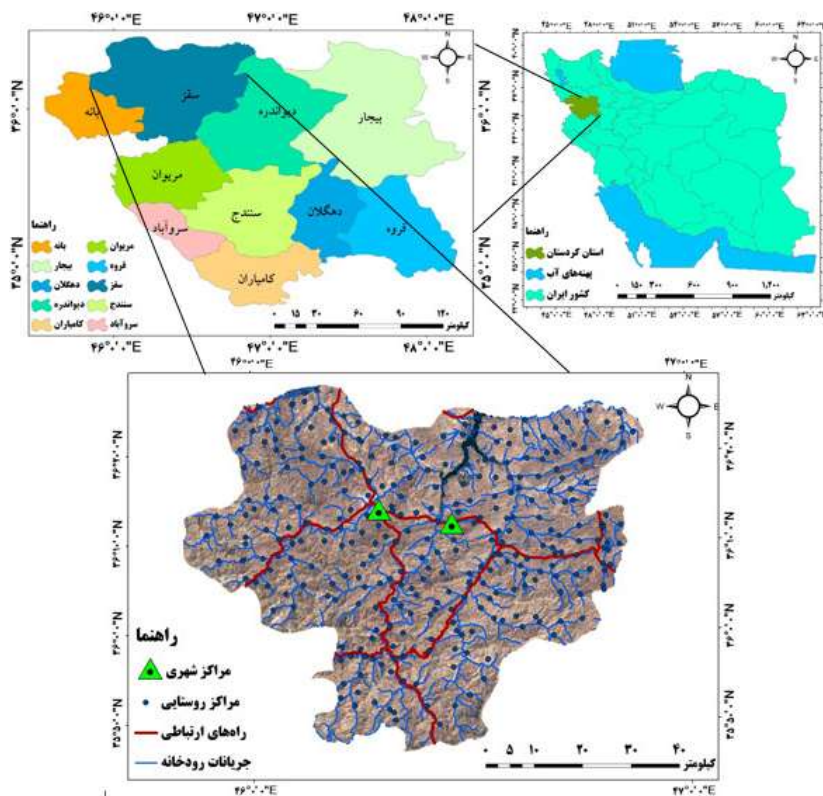
۱۳۳۵ به ۱۳۳۳۴۹ نفر در سال ۱۳۹۰ و به ۲۲۶۴۵۱ نفر در سال ۱۳۹۵ رسیده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). همچنین وسعت آن نیز از ۳۳/۷ هکتار به ۱۴۷۴/۸ هکتار افزایش یافته و طی دوره ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۰ میانگین میزان رشد مساحت شهر ۸/۳ درصد و میانگین میزان رشد جمعیت ۴/۸ درصد بوده است. رشد و گستردگی محدوده شهر باعث از بین رفتن زمین‌های کشاورزی، پوشش گیاهی و باغ‌های اطراف شهر به منزله یکی از مهم‌ترین عوامل متعادل‌کننده دمای سطح زمین شده است (شمس و همکاران، ۱۳۹۰: ۶۰؛ موحد و همکاران، ۱۳۹۳: ۵۷)؛ این امر موجبات افزایش دمای سطح زمین و شکل‌گیری جزایر حرارتی را فراهم می‌آورد و با توجه به تأثیرات منفی آن بر زندگی و سلامت انسان، توجه به بررسی این پدیده لازم و ضروری است.

بزرگ‌تر از ۰/۵ در این شاخص نشان‌دهنده شدت جزایر حرارتی در مقیاس‌های زمانی مختلف است (Chen & Zhang, 2017: 90).

محدوده پژوهش

شهرستان سقز از نظر جغرافیایی در فاصله بین ۴۵ درجه و ۵۱ دقیقه و ۴۶ درجه و ۵۴ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه و ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است (شکل ۲).

شهر سقز در دهه‌های اخیر رشدی شتابان و در بعضی برهه‌ها رشدی لجام‌گسیخته را شاهد بوده است؛ به گونه‌ای که این رشد هم از لحاظ جمعیت و هم از لحاظ وسعت فراوان است. بررسی‌ها نشان می‌دهد جمعیت این شهر از ۱۲۷۲۹ نفر در سال



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی شهرستان سقز

یافته‌های پژوهش

بررسی تغییرات کاربری اراضی

ارزیابی صحت کلی طبقه‌بندی تصاویر به‌منظور ارائه اطلاعات معتبر و دقیق لازم و ضروری است. با توجه به نتایج ضرایب کاپای تصاویر سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۸، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ که به ترتیب ۸۷، ۸۳، ۸۲ و ۹۱ درصد به دست آمد، طبقه‌بندی تصاویر از دقت خوبی برخوردار بوده (جدول ۴) و بر مبنای نتایج به دست آمده کاربری‌های آب، مسکونی و بایر طی دوره مطالعه شده روند افزایشی و کاربری پوشش گیاهی روند کاهشی داشته است (اشکال ۳ و ۴)؛ به

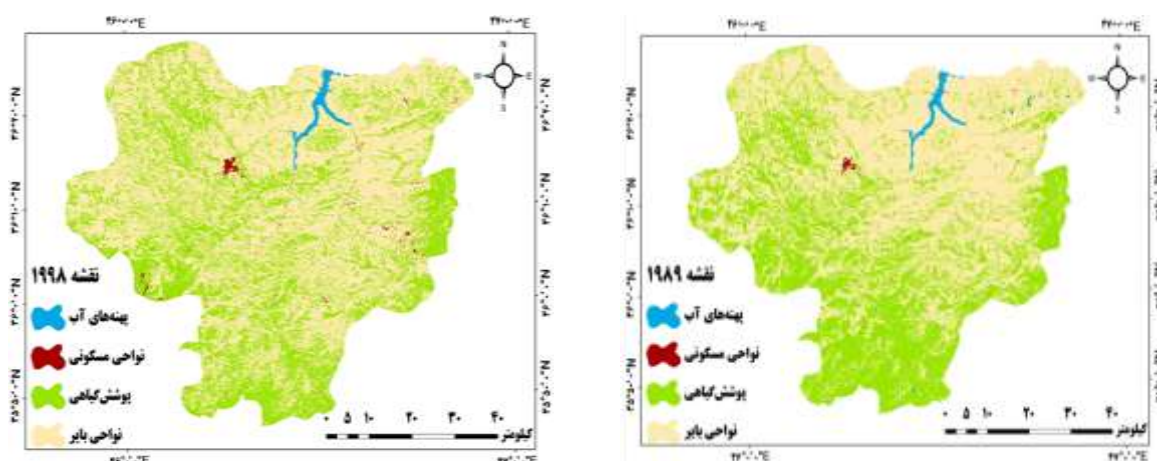
طوری که میزان تغییرات افزایشی کاربری مسکونی که یکی از دلایل اصلی افزایش دمای سطح زمین است، از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ حدود ۳۸/۴۳ کیلومترمربع و روند کاهشی پوشش گیاهی در همین دوره زمانی ۵۵۰/۰۶ کیلومترمربع بوده است. افزایش نواحی بدون پوشش گیاهی، یکی دیگر از دلایل افزایش دمای سطح زمین در یک ناحیه است؛ نتایج به دست آمده در این مطالعه روند افزایشی نواحی بایر و بدون پوشش را نشان می‌دهد؛ به طوری که از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ حدود ۵۱۴/۰۲ کیلومترمربع به مساحت این نواحی افزوده شده است (جدول ۵).

جدول ۴. گزارش صحت کلی و ضریب کاپای تصاویر طبقه‌بندی شده (درصد)

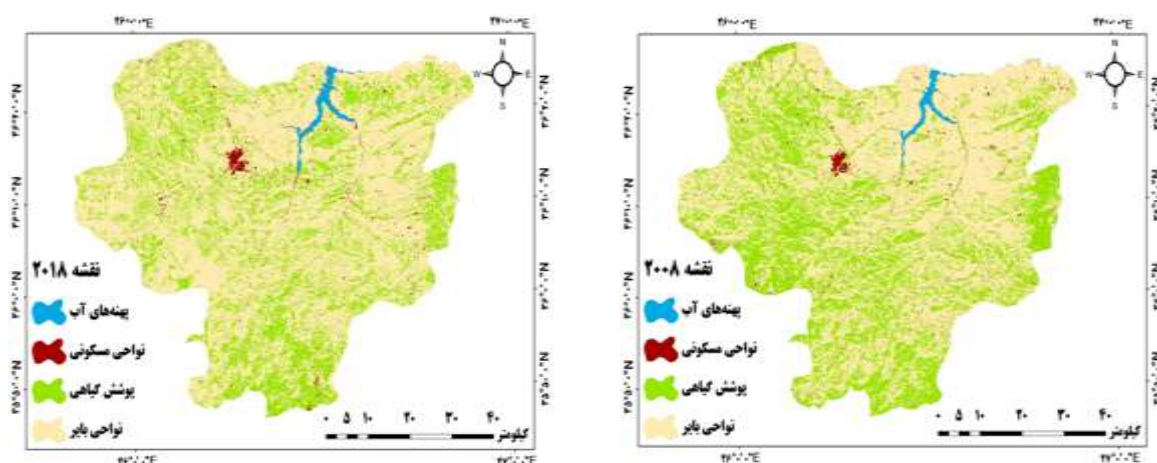
سال	صحت کلی	ضریب کاپا	سال	صحت کلی	ضریب کاپا
۱۹۸۹	۹۰	۸۷	۲۰۰۸	۸۶	۸۲
۱۹۹۸	۸۷	۸۳	۲۰۱۸	۹۳	۹۱

جدول ۵. مساحت کاربری‌های استخراج شده طی دوره مطالعه شده (کیلومترمربع)

سال / کاربری	آب	نواحی مسکونی	پوشش گیاهی	نواحی بایر
۱۹۸۹	۳۳/۶۰	۲۴/۰۴	۱۸۳۱/۷۷	۲۵۷۹/۹۷
۱۹۹۸	۳۲/۸۴	۲۹/۶۱	۱۵۸۸/۹۱	۲۸۱۸/۰۲
۲۰۰۸	۳۱/۱۱	۵۶/۴۱	۱۵۶۰/۶۷	۲۸۱۵/۱۳
۲۰۱۸	۳۷/۲۸	۶۲/۴۷	۱۲۸۱/۷۱	۳۰۹۳/۹۹
میزان تغییرات				
۱۹۸۹-۱۹۹۸	-۰/۷۶	۵/۵۷	-۲۴۲/۸۶	۲۳۸/۰۵
۱۹۹۸-۲۰۰۸	-۱/۷۳	۲۶/۸	-۲۸/۲۴	-۲/۸۹
۲۰۰۸-۲۰۱۸	۶/۱۷	۶/۰۴	-۲۷۸/۹۶	۲۷۸/۸۶
۱۹۸۹-۲۰۱۸	۳/۶۸	۳۸/۴۳	-۵۵۰/۰۶	۵۱۴/۰۲



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۸



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸

دمای سطح زمین

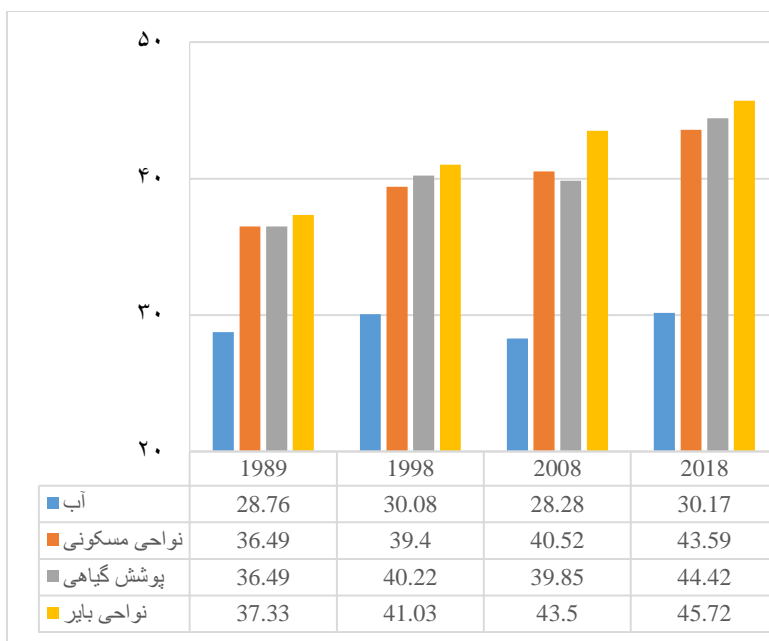
به منظور بررسی ارتباط دمای سطح زمین با دمای هوا بین این مقادیر ضریب همبستگی پیرسون تعیین شد. برای تعیین ضریب همبستگی از داده‌های روزانه دمای هوای شهرستان سقز مربوط به تاریخ تصاویر استفاده، سپس میانگین دمای هوا در هر سال مشخص و در ادامه ضریب همبستگی بین میانگین دمای هوا با میانگین دمای سطح زمین تعیین شد. ضریب همبستگی پیرسون بین این مقادیر ۰/۶۷ درصد در سطح معناداری ۰/۰۵ (در سال‌های ۱۹۹۸ و

۲۰۱۸) به دست آمده است که ارتباطی مثبت را نشان می‌دهد. نتایج دمای سطح زمین روندی افزایشی را طی دوره مطالعه شده نشان می‌دهد؛ به طوری که از ۳۷ درجه سلسیوس در سال ۱۹۸۹ به ۴۵ درجه سلسیوس در سال ۲۰۱۸ رسیده است؛ به بیان دیگر طی دوره‌ای ۲۹ ساله، ۸ درجه سلسیوس به دمای سطح زمین افزوده شده است (اشکال ۶ و ۷). استخراج بیشترین دمای هر کاربری وضعیت دمایی را در هر کاربری مشخص می‌کند و با بررسی نتایج آن، درک بهتری از تأثیر تغییرات کاربری‌ها بر دمای سطح

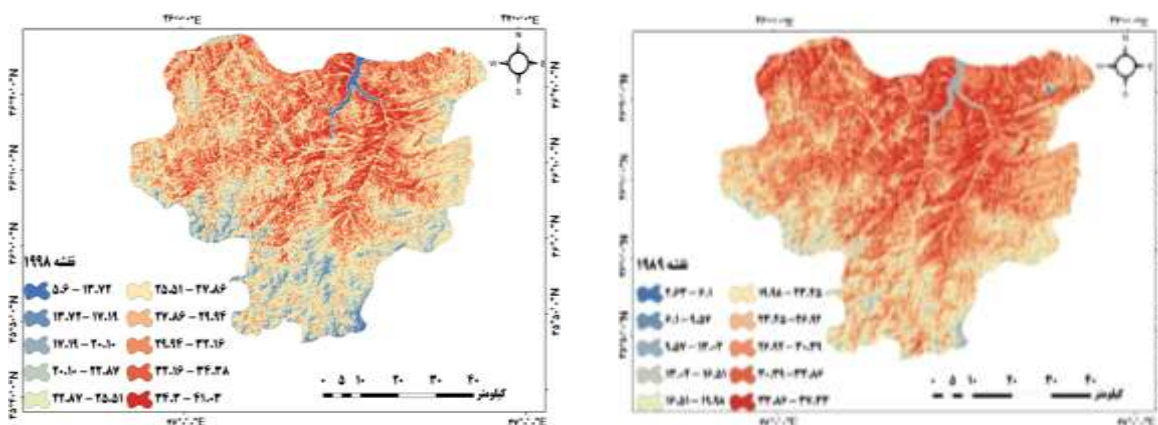
را در این نواحی داشته است. همچنین نتایج دمای سطح زمین در کاربری‌های نواحی مسکونی و بایر طی دوره ۲۹ ساله به ترتیب ۷/۱ و ۸/۳۹ درجه سلسیوس روند افزایشی را نشان می‌دهد که این مطالب حاکی از تأثیر تغییرات این کاربری‌ها بر دمای سطح زمین است؛ به بیان دیگر با بررسی بیشترین دما در این کاربری‌ها مشخص می‌شود روند افزایش دما ارتباط مستقیمی با رشد این نواحی داشته است؛ به طوری که در سال‌های اولیه (سال‌های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۸) که مساحت نواحی بایر و مسکونی نسبت به سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ کمتر بوده، دمای این نواحی نیز کم بوده است (شکل ۵). با رشد نواحی شهری و از بین رفتن پوشش گیاهی و در نتیجه افزایش مساحت نواحی بایر، دمای سطح زمین نیز طی دوره مطالعه شده روندی افزایشی را نشان می‌دهد. تبدیل چشم‌انداز طبیعی شامل آب، خاک و گیاه (عوامل تأثیرگذار بر تعدیل و کاهش دمای سطح زمین) به چشم‌انداز مصنوعی شامل سیمان، آسفالت، جاده، خیابان، سنگفرش، مواد شیمیایی و فلزات، بعضی تغییرات را در جذب، پخش و بازتابش انرژی خورشید ایجاد می‌کند و همزمان با رشد شهر موجب نگهداشت بیشتر دما و افزایش دمای سطح زمین در این نواحی می‌شود و ادامه این روند به ایجاد پدیده جزایر حرارتی می‌انجامد.

زمین خواهیم داشت. در این مطالعه پس از استخراج دمای سطح زمین بیشترین دمای هر کاربری طی دوره مطالعه شده مشخص شد که نتایج حاکی از روند افزایشی دما در کاربری‌های نواحی مسکونی، نواحی بایر و پوشش گیاهی طی دوره مطالعه شده است. همچنین براساس این نتایج، روند کاهش پوشش گیاهی تأثیر مستقیمی بر افزایش دمای سطح در این کاربری داشته است؛ به طوری که با بررسی نتایج دمای سطح زمین مشخص می‌شود دمای این کاربری از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ حدود ۷/۹۳ درجه سلسیوس بیشتر شده است.

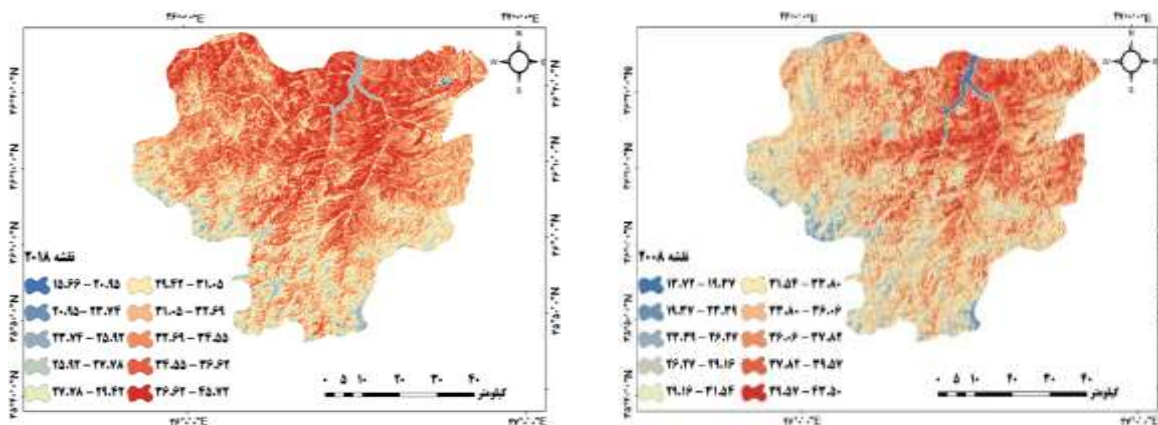
تخریب پوشش گیاهی به افزایش دمای سطح زمین می‌انجامد؛ زیرا پوشش گیاهی به منزله یکی از مهم‌ترین دلایل تعدیل دمای سطح زمین موجب می‌شود فرایند جذب دما در یک ناحیه صورت نگیرد و همین مسئله کاهش دمای سطح زمین را در پی دارد؛ اما چنانچه پوشش گیاهی از بین برود، فرایند بازتابش دما صورت نمی‌گیرد و همین مسئله در گذر زمان موجب افزایش دمای سطح زمین می‌شود. با بررسی بیشترین دما در کاربری پوشش گیاهی به وضوح دیده می‌شود در سال‌های اولیه (۱۹۸۹ و ۱۹۹۸) که پوشش گیاهی نسبت به سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ وضعیت بهتری داشته، دمای سطح زمین در این کاربری کم بوده است؛ اما در گذر زمان با تخریب و کاهش پوشش گیاهی، دما روندی افزایشی



شکل ۵. بیشترین دما در طبقات کاربری‌ها (درجه سلسیوس)

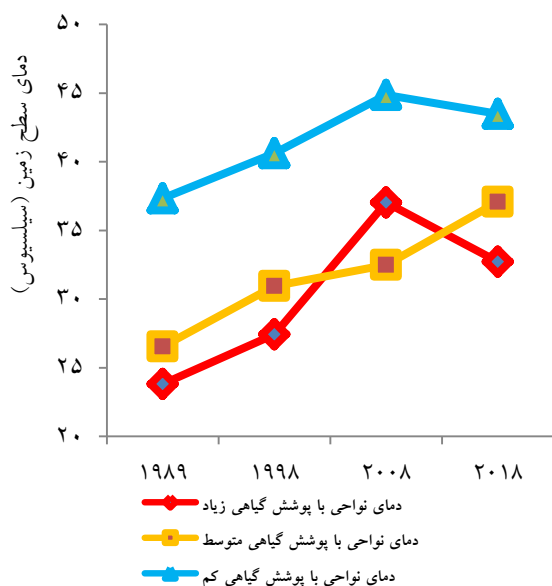


شکل ۶. نقشه دمای سطح زمین در دوره مطالعه شده

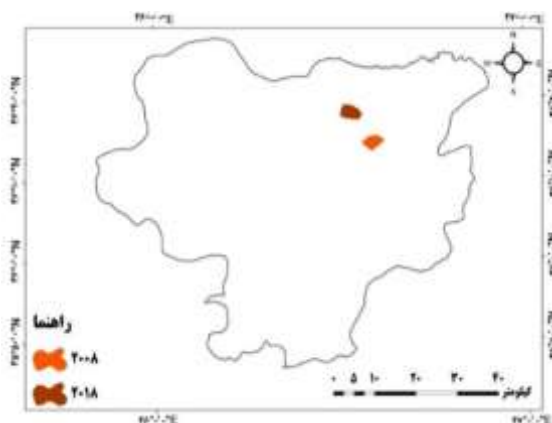


شکل ۷. نقشه دمای سطح زمین در دوره مطالعه شده

مورابیتو و همکاران (۲۰۱۶) و شی و همکاران (۲۰۱۷) همانند مطالعه حاضر نشان داده شده است؛ زیرا مقایسه نتایج این مطالعات با مطالعه حاضر بیانکننده تأثیر کاهش پوشش گیاهی و رشد نواحی مسکونی و بایر بر افزایش دمای سطح زمین است.



شکل ۸. دمای طبقات پوشش گیاهی در دوره مطالعه شده



شکل ۹. جزایر حرارتی طی دوره مطالعه شده

بررسی زمانی - مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی

بررسی زمانی - مکانی جزایر حرارتی، یکی از مهم ترین گام های اساسی در شناخت این نواحی است. در این مطالعه ارزیابی زمانی - مکانی جزایر حرارتی با استفاده از شاخص های UHII و UHIII انجام گرفت. همان طور که در شکل (۸) دیده می شود، بیشترین دما در طبقه با پوشش گیاهی کم اتفاق افتاده و طبقات با پوشش زیاد، کمترین دما را در مقایسه با دو طبقه دیگر داشته است. این مسئله تأثیرات کاهش پوشش گیاهی را بر افزایش دمای سطح زمین نشان می دهد.

بر اساس نتایج به دست آمده از شاخص های UHII و UHIII، جزایر حرارتی طی دوره مطالعه شده در سال های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ و در نواحی شمال شرق این شهرستان ایجاد شده است (شکل ۹). پوشش گیاهی با توجه به نقش تعدیل کننده خود تأثیر زیادی بر افزایش و کاهش دمای سطح زمین دارد و نتایج این مطالعه حاکی است در طبقات با پوشش گیاهی کم دمای سطح زمین زیاد بوده، اما در طبقات با پوشش گیاهی مترکم و زیاد، دمای سطح زمین کم بوده است. از شاخص های UHII و UHIII در مطالعات فینگ و همکاران^۱ (۲۰۱۴) و چن و ژانگ^۲ (۲۰۱۷) استفاده و نتایج پذیرفته ای در زمینه پایش زمانی - مکانی دمای سطح زمین ارائه شده است؛ نتایج این مطالعات در راستای نتایج مطالعه حاضر بوده است.

تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین نیز در مطالعات احمدی و همکاران (۱۳۹۱)، درویشی و همکاران (۱۳۹۸)، رنگزن و همکاران (۱۳۸۹)،

¹ Feng et al

² Chen & zhang

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین و در این زمینه پایش تغییرات کاربری اراضی در شهرستان سقز، روند کاهش پوشش گیاهی و روند افزایشی کاربری‌های مسکونی و نواحی بایر نشان داده شد؛ این روند کاهش از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ حدود ۵۵۰/۰۶ کیلومتر مربع برای پوشش گیاهی و ۳۸/۴۳ و ۵۱۴/۰۲ کیلومتر مربع به ترتیب برای کاربری‌های نواحی مسکونی و بایر بوده است. تغییرات کاهش و افزایشی کاربری‌های استخراج‌شده موجب افزایش دمای سطح زمین طی دوره ۲۹ ساله شده است؛ به طوری که با بررسی بیشترین دمای هر کاربری مشخص می‌شود بیشترین دما در کاربری‌های پوشش گیاهی، نواحی مسکونی و بایر روی داده است؛ به طوری که دمای سطح زمین در کاربری پوشش گیاهی از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ حدود ۷/۹۳ درجه سلسیوس بیشتر شده است. همچنین نتایج دمای سطح زمین در کاربری‌های نواحی مسکونی و بایر طی دوره ۲۹ ساله به ترتیب ۷/۱ و ۸/۳۹ درجه سلسیوس، روند افزایشی را نشان می‌دهد. برای پایش زمانی - مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی از شاخص‌های NDVI، UHII، UHIII و مقادیر دمای سطح زمین استفاده شد. نتایج حاکی از دمای زیاد در طبقات با پوشش گیاهی کم است. این مقادیر برای سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۸، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ به ترتیب ۳۷/۳۳، ۴۰/۶۳، ۴۴/۸۷ و ۴۳/۵۰ درجه سلسیوس بوده که نسبت به دو طبقه با پوشش گیاهی متوسط و زیاد، زیاد بوده است. همچنین بر مبنای نتایج شاخص‌های UHII و UHIII پدیده جزایر حرارتی در نواحی شمال شرق شهرستان سقز در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ روی

داده است. به طور کلی نتایج این مطالعه نشان‌دهنده تأثیرات مستقیم تغییرات کاربری‌ها بر افزایش دمای سطح زمین است.

در مطالعات مرتبط استفاده از شاخص‌های UHII و UHIII برای بررسی زمانی - مکانی جزایر حرارتی و مشخص کردن این نواحی توصیه می‌شود و این نتایج می‌تواند در بسیاری از برنامه‌های رشد و توسعه مناطق شهری برای برنامه‌ریزی درست به منظور رشد این نواحی به کار رود.

منابع

- احمدی، محمود، عاشورلو، داوود، نارنگی‌فرد، مهدی، (۱۳۹۱). تغییرات زمانی - مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده TM&ETM+، نشریه سنجش از دور و GIS ایران، دوره ۳، شماره ۴، ۵۵-۶۸.
- انتظاری، علیرضا، امیراحمدی، ابوالقاسم، علی‌آبادی، کاظم، خسروی‌ان، مریم، ابراهیمی، مجید، (۱۳۹۵). پایش دمای سطح زمین و ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه آبریز دریاچه پریشان)، نشریه هیدروژئومورفولوژی، دوره ۲، شماره ۸، ۱۱۳-۱۳۹.
- پیرنظر، مجتبی، زندکریمی، آرش، (۱۳۹۴). راهنمای کاربردی نرم‌افزار ENVI و پردازش تصاویر ماهواره‌ای، جلد ۱، چاپ اول، تهران، انتشارات ناقوس.
- درویشی، شادمان، رشیدپور، مصطفی، سلیمانی، کریم، (۱۳۹۸). بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی

(نمونه موردی: شهر سقز)، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دوره ۱، شماره ۳، ۵۷-۶۸.

علوی‌پناه، سید کاظم، متین‌فر، حمیدرضا، رفیعی‌امام، عمار، (۱۳۸۷). کاربرد فناوری اطلاعات در علوم زمین (خاک‌شناسی رقومی)، جلد ۲، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

فیضی‌زاده، بختیار، دیده‌بان، خلیل، غلام‌نیا، خلیل، (۱۳۹۴). برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌اندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا (حوضه آبریز مهاباد)، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۵، شماره ۹۸، ۹۸-۱۷۱-۱۸۱.

کیانی، واحد، علیزاده شعبانی، افشین، نظری سامانی، علی‌اکبر، (۱۳۹۳). ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصویر ماهواره IRS-P6 با استفاده از پایگاه اطلاعاتی Google Earth به منظور تهیه نقشه پوشش/کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان)، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۳، شماره ۹۰، ۵۱-۵۹.

مرکز آمار ایران، (۱۳۹۵). سرشماری عمومی نفوس و مسکن، <https://www.amar.org.ir>، (تاریخ مراجعه: ۱۳۹۷/۷/۲).

مزیدی، احمد، حسینی، فاطمه السادات، (۱۳۹۴). تأثیر تغییر کاربری و پوشش زمین بر جزیره گرمایی در منطقه شهری یزد با استفاده از داده‌های سنجش از دور، جغرافیا و توسعه، دوره ۱۳، شماره ۳۸، ۱-۱۲.

با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان مریوان)، نشریه جغرافیا و توسعه، دوره ۱۷، شماره ۵۴، ۱۴۳-۱۶۲.

رسولی، علی‌اکبر، (۱۳۸۷). مبانی سنجش از دور کاربری (با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای)، جلد ۳، چاپ اول، تبریز، انتشارات دانشگاه تبریز.

رمضانی، بهمن، دخت‌محمد، سید مریم، (۱۳۸۹). شناخت محدوده مکانی تشکیل جزیره گرمایی در شهر رشت، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، دوره ۱، شماره ۱، ۴۹-۶۴.

رنگزن، کاظم، فیروزی، محمدعلی، تقی‌زاده، ایوب، مهدی‌زاده، رامین، (۱۳۹۰). تهیه نقشه LST با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (نمونه موردی: شهر اهواز)، اولین سمینار ملی کاربرد GIS در برنامه‌ریزی اقتصادی، اجتماعی و شهری، ۱-۲۱.

شکیبا، علیرضا، ضیاییان فیروزآبادی، پرویز، عاشورلو، داوود، نامداری، سودابه، (۱۳۸۸). تحلیل رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران با استفاده از داده‌های ETM+، نشریه سنجش از دور و GIS ایران، دوره ۱، شماره ۱، ۳۹-۵۶.

شمس، مجید، قمری، مصطفی، عبودی، ادریس، محمدی، کاوه، (۱۳۹۰). بررسی مهاجرت‌های روستایی و تأثیر آن بر مورفولوژی شهری

- Artis, D.A., Carnahan, W., (1982). **Survey of emissivity variability in thermography of urban areas**, Remote Sensing of Environment, Vol 12 (4), Pp 313-329.
- Bastiaanssen, W.G.M., Menenti, M., Feddes, R.A., Holtslag, A.A., (1998). **A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL)**, 1. Formulation, Journal of Hydrology, Vol (12), Pp 198-212.
- Chen, X., Zhao, H., Li, P., Yin, Z., (2006). **Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes**, Remote Sensing of Environment, Vol 104 (2), Pp 133-146.
- Chen, Q.J., Ren, Z., Li, C., (2009). **Urban Heat Island Effect Research in Chengdu City Based on MODIS Data**, In Proceedings of 3rd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, Beijing, China, 14 July, publisher IEEE, 1-5 p.
- Chen, X., Zhang, Y., (2017). **Impacts of urban surface characteristics on spatiotemporal pattern of land surface temperature in Kunming of China**, Sustainable Cities and Society, Vol 32 (6), Pp 87-99.
- Feng, H.H., Zhao, X.F., Chen, F., Wu, L.C., (2014). **Using land use change trajectories to quantify the effects of urbanization on urban heat island**, Advances in Space Research, Vol 53(3), Pp 463-473.
- Guo, G., Wu, Z., Xiao, R., Chen, Y., Liu, X., Zhang, X., (2015). **Impacts of urban biophysical composition on land surface temperature in urban heat island clusters**, Landscape and Urban Planning, Vol 135 (3), Pp 1-10.
- Liu, L., Zhang, Y., (2011). **urban heat island analysis using the Landsat TM data and Aster data: A case study in Hong Kong**, Remote Sensing, Vol 3 (7), Pp 1535-1552.
- Malarvizhi, K., Vasantha Kuma, S. Porchelvan, P., (2016). **use of High Resolution Google Earth Satellite Imagery in Landuse Map Preparation for Urban Related**
- موحد، علی، مصطفوی صاحب، سوران، احمدی، مظهر، (۱۳۹۳). **تبیین الگوی گسترش فضایی-کالبدی شهر سقز با رویکرد فرم شهری پایدار**، فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی شهری، دوره ۲، شماره ۵، ۵۵-۷۵.
- نادی‌زاده شورابه، سامان، حمزه، سعید، کیاورز، مجید، افشاری‌پور، سید کاظم، (۱۳۹۷). **بررسی تغییرات زمانی - مکانی کاربری اراضی، گسترش شهری و تأثیر آن بر تغییرات دمای سطح زمین (مطالعه موردی: شهر گرگان)**، نشریه پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، دوره ۶، شماره ۳، ۵۴۵-۵۶۸.
- هاشمی دره‌بادامی، سیروس، خزایی، علی، علوی‌پناه، سید کاظم، (۱۳۹۴). **بررسی تأثیر بام‌های انعکاسی در کاهش اثر جزیره حرارتی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای**، نشریه مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، دوره ۷، شماره ۲۵، ۱-۱۸.
- هاشمی، سید محمود، علوی‌پناه، سید کاظم، دیناروندی، مرتضی، (۱۳۹۱). **ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط زیست شهری با کاربرد سنجش از دور حرارتی**، مجله محیط‌شناسی، دوره ۳۹، شماره ۱، ۸۱-۹۱.
- Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A., Alavipanah, S.K., (2009). **Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran**, Remote sensing of environment, Vol 113 (12), Pp 2606-2617.

- Sensing of Environment**, Vol 90 (4), Pp 434-440.
- Tilahun, A., Teferie, B., (2015). **accuracy Assessment of Land Use Land Cover Classification using Google Earth**, American Journal of Environmental Protection, Vol 4 (4), Pp 193-198.
- Tilahun, A., Islam, Z., (2015). **Google Earth for land use land cover change detection in the case of gish abbay sekela, west Gojjam**, Amhara State, Ethiopia, International Journal of Advancement in Remote Sensing, GIS and Geography, Vol 3 (2), Pp 80-87.
- Wang, R., Cai, M, Ren, Ch., Bechtel, B., Xu, Y., Ng, E., (2019). **Detecting multi-temporal land cover change and land surface temperature in Pearl River Delta by adopting local climate zone**, Urban Climate, Vol 28, Pp 1-16.
- Wang, Y., Ch., B., Hu., S.W., Myint., Ch., Feng., Ch., Chow, W.T.L., Passy, P.F., (2018). **Patterns of land change and their potential impacts on land surface temperature change in Yangon, Myanmar**, Science of The Total Environment, Vol 643, Pp 738-750.
- Wibowo, A., Osman Salleh, Kh., Sitanala Frans, F.R., Mulyo Semedi, J., (2016). **Spatial Temporal Land Use Change Detection Using Google Earth Data**, 2nd International Conference of Indonesian Society for Remote Sensing, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, Vol 47 (1), Pp 1-11.
- Zhang, X.X., Wu, P.F., Chen, B., (2010). **Relationship between vegetation greenness and urban heat island effect in Beijing City of China**, Procedia Environmental Sciences, Vol 2, Pp 1438-1450.
- Applications**, Procedia Technology, Vol 24, Pp 1835 – 1842.
- Mather, P., (2001). **Classification methods for remotely sensed Data**, Taylor & Francis publisher, First Edition, 352 p.
- Megahed, Y., Cabral, P., Silva, J., Caetano, M., (2015). **Land Cover Mapping Analysis and Urban Growth Modelling Using Remote Sensing Techniques in Greater Cairo Region-Egypt**, International Journal of Geo-Information, Vol 4 (3), Pp 1750-1769.
- Morabito, M., Crisci, A., Messeri, A., Orlandini, S., Raschi, A., Maracchi, G., Munafò, M., (2016). **The impact of built up surfaces on land surface temperatures in Italian urban areas**, Science of the Total Environment, Vol 551-552 (5), Pp 317-326.
- Rwanga, S., Ndambuki, J.M., (2017). **accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS**, International Journal of Geosciences, Vol 8 (4), Pp 611-622.
- Shi, Y., Katzschner, L., Ng, E., (2017). **Modelling the fine-scale spatiotemporal pattern of urban heat island effect using land use regression approach in a megacity**, Science of the Total Environment, Vol 618 (15), Pp 891-904.
- Smits, P.C., Dellepiane, S.G., Schowengerdt, R.A., (1999). **Quality assessment of image classification algorithms for land-cover mapping: a review and a proposal for a cost-based approach**, International Journal of Remote Sensing, Vol 20 (8), Pp 1461-1486.
- Sobrino, J.A., Jiménez- Munoz, J.C., Paolinib, L., (2004). **Land surface temperature retrieval from Landsat TM, Remote**