

بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین در مناطق

سرد و نیمه خشک (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان سنندج)

مهین ساعدپناه^{۱*}؛ جمیل امان الهی^۲ و فرشید قربانی^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

۳- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

(تاریخ دریافت ۹۹/۰۹/۲۲-تاریخ پذیرش ۹۹/۱۲/۲۳)

چکیده:

امروزه جوامع مختلف با ازدیاد جمعیت و گسترش شهرنشینی مواجه‌اند. تغییرات کاربری اراضی یکی از پدیده‌هایی است که در دنیا اهمیت زیادی داشته و محیط زیست را به شدت تحت تأثیر قرار داده است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر دمای سطح زمین در بخش مرکزی شهرستان سنندج است. با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده - الگوریتم حداکثر احتمال، نقشه کاربری اراضی به پنج طبقه کشاورزی، بایر، شهری، پوشش گیاهی و آب طبقه‌بندی شد. دمای سطح زمین در یک بازه زمانی ۱۹ ساله با استفاده از الگوریتم سبال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل کاربری اراضی در محدوده مورد مطالعه نشان داد که مناطق شهری، اراضی کشاورزی و پوشش‌های گیاهی و آبی طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ روند افزایشی و اراضی بایر روند کاهشی داشته است. حداقل میزان دمای سطح زمین در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۹ به ترتیب از ۶/۱۵ درجه سانتی‌گراد به ۵/۲۶ درجه سانتی‌گراد رسیده است. همچنین در طول دوره ۱۹ ساله حداکثر دما از ۴۹/۲۲ درجه سانتی‌گراد به ۵۱/۳۹ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. بیشترین دمای سطحی در هر دو سال مذکور متعلق به اراضی بایر بوده است. پوشش‌های گیاهی و آب در سال‌های مورد مطالعه کمترین دمای سطحی را به خود اختصاص داده‌اند. بر خلاف شهرهای مدیترانه‌ای و گرمسیری که جزایر حرارت شهری را تجربه می‌کنند، شهر سنندج با اقلیم سرد و نیمه خشک جزایر خنک شهری را تجربه می‌کند. جزایر خنک شهری ناشی از احاطه مناطق شهری با اراضی بایر با دمای سطحی زیاد است.

کلید واژگان: جزایر حرارت شهری، دمای سطح زمین، کاربری اراضی، تصاویر لندست، مناطق سرد و نیمه خشک

۱. مقدمه

تأثیر تجزیه و تحلیل مسائل زیست محیطی مانند جزایر حرارت شهری قرار دارد (Zareie *et al.*, 2016). اندازه‌گیری دمای سطح به شیوه زمینی از نظر زمانی و اقتصادی در مقیاس وسیع مقرون به صرفه نمی‌باشد. از طرفی ماهواره‌های سنجنش از دور قادرند در بازه‌های زمانی کوتاه نمایشی همدید از سطح زمین ارائه دهند (Rozenstein *et al.*, 2014). تکنیک‌های سنجنش از دور و دسترسی آزاد به منابع تصاویر ماهواره‌ای ارزان، امکان بررسی تغییرات کاربری‌های مختلف را افزایش داده است (Maithani, 2009). از آنجا که کاربری اراضی می‌تواند بر دمای سطح زمین تأثیرگذار باشد و فعالیت‌های طبیعی، انسانی، شرایط فیزیکی و زیستی یک منطقه را تغییر دهد، لازم است تأثیر انواع مختلف کاربری اراضی بر دمای سطح زمین مورد بررسی قرار گیرد (Aldhshan and Shafri, 2019). در دهه‌های گذشته، بسیاری از پژوهشگران مطالعاتی در زمینه ارتباط دمای سطح زمین با کاربری اراضی انجام داده‌اند. Hereher (۲۰۱۷) در پژوهشی به بررسی تأثیر تغییرات اراضی و پوشش سطح زمین دلتای نیل در مصر بر روی دمای سطح زمین در طی دوره‌ای ۱۵ ساله پرداخت. نتایج حاکی از آن بود که کاهش اراضی کشاورزی و تبدیل آن به اراضی شهری باعث افزایش ۱/۷ درجه سانتی‌گراد دمای سطح زمین شده است. همچنین در مناطقی که اراضی بایر به اراضی کشاورزی تبدیل شده است، دمای سطح زمین ۰/۵۲ درجه سانتی‌گراد کاهش داشته است. Pal و Ziaul (۲۰۱۷) در پژوهشی تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین را در مرکز شهر مالدا بررسی کردند. نتایج نشان داد تفاوت معناداری میان دمای سطح زمین و کاربری/پوشش اراضی وجود دارد و اراضی ساخته شده حداکثر دما را در میان کاربری‌ها دارند.

شهرنشینی، به عنوان تغییر مکان از مناطق روستایی به شهری در سراسر جهان، به سرعت در حال افزایش است و همچنان ادامه دارد. مشخصه اصلی شهرنشینی، تمرکز جمعیت شهری، توسعه زیاد، افزایش فعالیت‌های انسانی و کاهش فضای سبز است (Aldhshan and Shafri, 2019; Grimm *et al.*, 2008). شهرنشینی سریع بر آب و هوای شهری تأثیر می‌گذارد. بنابراین، مطالعاتی پیرامون اوضاع شهری اهمیت پیدا کرده است. تغییر الگوی کاربری اراضی، دمای محیط‌های شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Singh *et al.*, 2017). به علاوه کاربری اراضی در طول زمان توسط بشر تغییرات چشمگیری داشته است (Younesazadeh *et al.*, 2015). لذا جهت کنترل دمای سطح زمین بررسی تغییرات زمانی-مکانی کاربری اراضی و تأثیر آن بر جزایر حرارت شهری از اهمیت زیادی برخوردار است (Seif and Mokarram, 2012). واژه جزایر حرارت شهری نخستین بار توسط Luke Howard در اوایل دهه ۱۸۰۰ ارائه شد (Howard, 1818). جزایر حرارت شهری به منطقه‌ای شهری اطلاق می‌شود که به طور معنی‌داری گرم‌تر از مناطق مجاور باشد (Liu and Zhang, 2011). در مقابل، مناطق ساخته شده شهری که در آب و هوای خشک قرار گرفته‌اند، دمای سطحی کمتری را نسبت به محیط اطراف دارند، این پدیده با عنوان جزایر خنک شهری شناخته می‌شود (Frey *et al.*, 2009). تحلیل جزایر حرارت شهری با استفاده از داده‌های سنجنش از دور (دمای سطح زمین) انجام گرفته است (Wheeler *et al.*, 2019; Efstathiou *et al.*, 2011). به علاوه تبادل آب و انرژی بین سطح زمین و هوا که وابسته به دمای سطح می‌باشد، تحت

مرکزی شهرستان سنندج یکی از بخش‌های این شهرستان در غرب ایران و در جنوب استان کردستان است.

بخش مرکزی شهرستان سنندج با مختصات جغرافیایی $8^{\circ} 20'$ ، 35° عرض شمالی و $25'$ ، $55'$ ، 46° طول شرقی و ارتفاع 1480 متر، با آب و هوایی معتدل مایل به سرد و نیمه خشک و با متوسط بارندگی 480 میلی‌متر، محصور در ارتفاعاتی است که تقریباً دور تا دور آن را فرا گرفته است (شکل ۱). مرتفع‌ترین این کوه‌ها عبارت‌اند از: کوچک‌سار (2946 متر)، آبیدر بزرگ (2550 متر)، شیخ معروف (2895 متر) و کوه یوسف سیاه (2550 متر). این ارتفاعات منشاء و بستر آبریزها و رودخانه‌های متعددی شده‌اند که در اطراف شهر سنندج جریان دارند که قشلاق، قزل‌اوزن، آب سیروان و گاوهرود، از آن جمله‌اند (Jafari, 2005).

در این شهرستان حداکثر مطلق دما به $40^{\circ}C$ درجه سانتی‌گراد و حداقل آن به $31^{\circ}C$ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. متوسط درجه حرارت سالیانه $13/1^{\circ}C$ درجه سانتی‌گراد و تعداد روزهای یخبندان 96 روز در سال است. رطوبت نسبی هوا در تابستان و پاییز بین 34 الی 60 درصد و در بهار و زمستان بین 20 الی 98 درصد، متوسط سرعت باد 4 تا 10 متر بر ثانیه و حداکثر آن $25/5$ متر بر ثانیه می‌باشد. شرایط اقلیمی، تنوع جغرافیایی و توپوگرافی شهرستان سنندج موجب شده است که اشکال مختلف اراضی شامل دره‌های عمیق، مراتع (کوهستانی و دشت‌های دامنه‌ای)، کشاورزی و انواع جوامع جنگلی (آبیدر، ملت، توس نوذر و نیشتمان) در نواحی مختلف زیست محیطی منطقه به وجود آید.

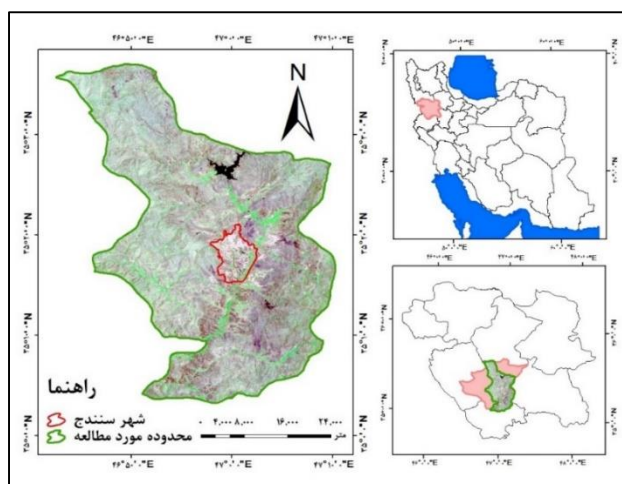
Wang و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین را در دلتای رودخانه پیارل در چین به صورت چندزمانه بررسی کردند.

نتایج نشان داد رشد شهر در این ناحیه و الگوهای دمای سطح زمین با تخریب کاربری اراضی افزایش یافته است. اگر چه جزایر حرارت شهری به طور گسترده‌ای در مناطق مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند اما مطالعات کمی پیرامون تغییرات دمای سطح زمین در مناطق سرد و نیمه خشک صورت گرفته است. در حالی که مناطق مدیترانه‌ای و گرمسیری در طول روز شاهد وقوع جزایر حرارت شهری هستند، مناطق شهری سرد و نیمه خشک نسبت به محیط پیرامونی خود غالباً دمای کمتری دارند و جزایر خنک شهری را تجربه می‌کنند. به علاوه تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین در مناطق شهری سرد و نیمه خشک چندان بررسی نشده است. در مطالعات ذکر شده و سایر مطالعات انجام گرفته در مناطق سرد و نیمه خشک، دمای زیادتر اراضی بایر نسبت به مناطق شهری مورد بررسی قرار نگرفته است، در حالی که این امر می‌تواند اثر جزایر حرارت شهری را معکوس کند. لذا پژوهش حاضر در نظر دارد تأثیر تغییر کاربری اراضی را بر دمای سطح زمین در بخش مرکزی شهرستان سنندج به عنوان یک منطقه سرد و نیمه خشک مورد ارزیابی قرار دهد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. محدوده مورد مطالعه

شهرستان سنندج بر پایه آخرین تقسیمات کشوری، دارای ۲ بخش، ۲ شهر و ۱۰ دهستان است. بخش



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

۲-۲. داده‌های مورد استفاده

تصاویر ماهواره‌ای لندست در مطالعات محلی دمای سطح زمین بسیار مورد استفاده قرار گرفته است (Reisi and Ahmadi Nadoushan, 2019;) (Amanollahi *et al.*, 2016). تصاویر ماهواره‌ای سنجنده TM در لندست ۵ مربوط به سال ۲۰۰۰ و سنجنده OLI در لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۱۹ جهت بررسی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن‌ها بر

دمای سطح زمین مورد استفاده قرار گرفت. انتخاب تصاویر با در نظر گرفتن عواملی از جمله شرایط زمانی، کیفیت مطلوب، عدم پوشش لکه‌های ابر در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. زمان و روزی (روزهای گرم تابستان و حوالی ظهر) که تصویر ماهواره‌ای گرفته شده است نقش زیادی در ارزیابی جزایر خنک شهری دارد (Rasul *et al.*, 2015). خصوصیات تصاویر انتخاب شده در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات تصاویر ماهواره‌ای انتخاب شده

نام	تاریخ دریافت تصاویر	تعداد باندها	طول موج باندها (μm)
لندست ۵ (TM)	۲۰۰۰/۰۶/۲۹ (۱۳۷۹/۰۴/۹)	۷	باند ۱ (۰/۴۵ - ۰/۵۲)
			باند ۲ (۰/۵۲ - ۰/۶۰)
			باند ۳ (۰/۶۳ - ۰/۶۹)
			باند ۴ (۰/۷۶ - ۰/۹۰)
			باند ۵ (۱/۵۵ - ۱/۷۵)
			باند ۶ (۱۰/۴۰ - ۱۲/۵۰)
			باند ۷ (۲/۰۸ - ۲/۳۵)
لندست ۸ (OLI)	۲۰۱۹/۰۷/۰۴ (۱۳۹۸/۰۴/۱۳)	۱۱	باند ۱ (۰/۴۳ - ۰/۴۵)
			باند ۲ (۰/۴۵ - ۰/۵۱)
			باند ۳ (۰/۵۳ - ۰/۵۹)
			باند ۴ (۰/۶۴ - ۰/۶۷)
			باند ۵ (۰/۸۵ - ۰/۸۸)
			باند ۶ (۱/۵۷ - ۱/۶۵)
			باند ۷ (۲/۱۱ - ۲/۲۹)
			باند ۸ (۰/۵۰ - ۰/۶۸)
			باند ۹ (۱/۳۶ - ۱/۳۹)
			باند ۱۰ (۱۰/۶۰ - ۱۱/۱۹)
			باند ۱۱ (۱۱/۵۰ - ۱۲/۵۱)

۲-۳. نقشه کاربری اراضی

از محیط نرم افزار ENVI 5.3 و ArcGIS 10.5 برای پیش پردازش، طبقه بندی و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده تهیه گردید. در این روش، ابتدا تعداد طبقات مورد انتظار در نقشه کاربری تعیین می‌شود. در مرحله دوم تعدادی پیکسل نمونه (پیکسل‌های تعلیمی) توسط کاربر انتخاب می‌شوند به نحوی که هر پیکسل نشان دهنده نوع خاصی از کاربری است. نقاط تعلیمی به عنوان مرجعی برای طبقه بندی کل تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ahmad and Quegan, 2012). حداکثر احتمال یکی از الگوریتم‌هایی است که برای تخصیص یک پیکسل ناشناخته به یک کاربری خاص در طبقه بندی نظارت شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. این الگوریتم احتمال تعلق یک پیکسل به یک کاربری خاص را محاسبه می‌کند. پیکسل به طبقه‌ای از کاربری اختصاص می‌یابد که بالاترین احتمال را دارا باشد (Sisodia et al., 2014). با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده- الگوریتم حداکثر احتمال، نقشه کاربری اراضی بخش مرکزی شهرستان سنندج به ۵ طبقه کشاورزی، بایر، شهری، پوشش گیاهی و آب طبقه بندی شد. جهت ارزیابی صحت نقشه طبقه بندی شده، با توجه به بازدید میدانی از محدوده و نرم افزار گوگل ارث برای هر کدام از طبقات کاربری اراضی نمونه‌های واقعی به صورت تصادفی از سطح منطقه تهیه شد و پس از پیاده سازی نمونه‌های واقعی بر روی تصاویر، پارامترهای آماری دقت ماتریس خطای طبقه بندی شامل صحت کلی و

ضریب کاپا (رابطه ۱) استخراج شد (Rwanga and Ndambuki, 2017).

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن r تعداد سطرها در ماتریس خطا، x_{ii} تعداد مشاهدات در سطر و ستون i ، x_{i+} مجموع عناصر سطر i و x_{+i} مجموع عناصر ستون i و N تعداد کل مشاهدات می‌باشد.

۲-۴. دمای سطح زمین

به منظور بازیابی دمای سطح زمین از الگوریتم سبال^۱ استفاده شد. در این روش دمای سطح زمین با استفاده از اطلاعات مربوط به باندهای حرارتی ماهواره لندست ۵ (باند ۶) و ماهواره لندست ۸ (باند ۱۰) بر اساس رابطه ۲ برآورد شد (Allen et al., 2002):

$$T_s = \frac{k_2}{\ln \frac{\epsilon_{NB} * k_1}{R_c}} + 1 \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن k_1 و k_2 ضرایب کالیبراسیون، R_c رادیانس حرارتی تصحیح شده و ϵ_{NB} گسیلمندی سطحی کم عرض در قسمت مرئی می‌باشد. رادیانس حرارتی تصحیح شده، رادیانس واقعی گسیل شده از سطح زمین است که برای محاسبه آن نیاز به گسیلمندی در باند حرارتی می‌باشد (رابطه ۳) (Allen et al., 2002):

$$R_c = \frac{L_\lambda - R_p}{\tau_{NB}} - (1 - \epsilon_{NB}) R_{sky} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن L_λ رادیانس طیفی در بالای اتمسفر، R_p رادیانس مسیر در باند حرارتی، τ_{NB} قابلیت عبور اتمسفری در باند حرارتی، ϵ_{NB} گسیلمندی سطحی کم عرض در قسمت مرئی و R_{sky} تابش آسمان صاف

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

که در آن NIR بازتاب باند مادون قرمز نزدیک و RED بازتاب باند قرمز می‌باشد. دمای به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای با دمای هوای به دست آمده از ایستگاه هواشناسی مقایسه شد. از آنجایی که تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم مورد استفاده دمای سطح زمین را برآورد می‌کنند، لازم است دمای سطح زمین به دمای هوا تبدیل گردد. جهت انجام این امر از رابطه ۶ که توسط Garcia-Cueto و همکاران ارائه شده استفاده گردید (Garcia-Cueto *et al.*, 2007):

$$T_a = 14.6 + 0.44 \text{ LST} \quad \text{رابطه (۶)}$$

که در آن T_a بیانگر دمای هوا (درجه سانتی‌گراد) و LST بیانگر دمای سطح زمین (درجه سانتی‌گراد) می‌باشد.

در باند حرارتی می‌باشد. کلیه اجسامی که دمای آن‌ها زیادتر از صفر مطلق باشد از خود حرارت گسیل می‌کنند. بر این اساس، داده‌های رسیده به سنجنده می‌توانند با استفاده از رابطه ۴ به تابش طیفی در سطح سنجنده تبدیل شوند (Latif, 2014):

$$L_\lambda = M_L \times Q_{CAL} + A_L \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن M_L عامل مقیاس‌سازی ضریبی اختصاصی باند، Q_{CAL} عدد رقومی و A_L عامل مقیاس‌سازی افزایشی اختصاصی باند می‌باشد. گسیلمندی سطحی کم عرض در قسمت مرئی با توجه به تراکم پوشش گیاهی و روابط ارائه شده در جدول ۲ به دست می‌آید. شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی بر پایه ارتباط جذب انرژی در محدوده طیفی قرمز توسط کلروفیل و افزایش انعکاس در طیف مادون قرمز نزدیک برای پوشش گیاهی سالم استوار است و از رابطه ۵ به دست می‌آید (Sobrinho *et al.*, 2008):

جدول ۲- گسیلمندی سطح زمین و شاخص‌های پوشش گیاهی و سطح برگ (منبع: Allen *et al.*, 2002)

	LAI < 4	$\epsilon_{NB} = 0.97 + 0.0037 \text{ LAI}$
NDVI > 0	LAI ≥ 3	$\epsilon_{NB} = 0.98$
NDVI < 0 برای آب	$\alpha < 0.47$	$\epsilon_{NB} = 0.99$
NDVI < 0 برای برف	$\alpha \geq 0.47$	$\epsilon_{NB} = 0.99$

و ۲۰۱۹ در شکل ۲ ارائه شده است. برای تعیین دقت طبقه‌بندی از ضریب کاپا استفاده شد (جدول ۳). ضریب کاپا نقش شانس و توافق اتفاقی را در طبقه‌بندی نشان می‌دهد (Lillesand *et al.*, 2004). نتایج به دست آمده نشان دهنده طبقه‌بندی قابل قبول نقشه کاربری اراضی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای است.

۳. نتایج

۳-۱. تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۰۰

و ۲۰۱۹

نقشه کاربری اراضی بخش مرکزی شهرستان سنندج با اعمال الگوریتم حداکثر احتمال در سال‌های ۲۰۰۰

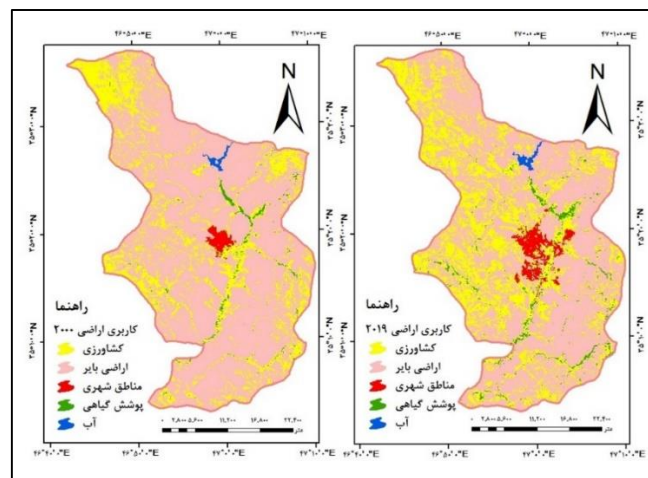
جدول ۳- ضریب کاپا و صحت کلی حاصل از طبقه‌بندی

نوع طبقه‌بندی	سال	ضریب کاپا	صحت کلی
الگوریتم حداکثر احتمال	۲۰۰۰	۰/۹۷	۹۷/۸۲
	۲۰۱۹	۰/۹۸	۹۸/۶۴

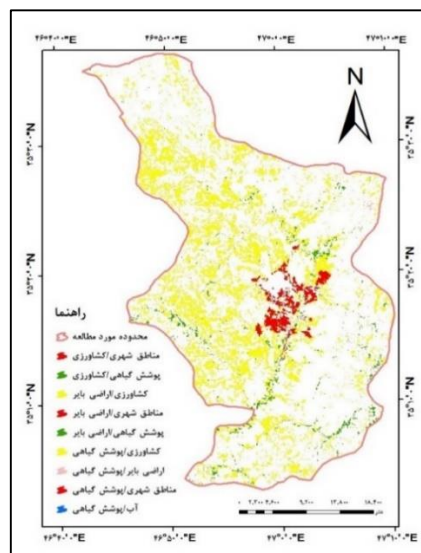
بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین در مناطق سرد و نیمه خشک...

سال ۲۰۱۹ رسیده است. اراضی بایر در سال ۲۰۰۰ نسبت به سال ۲۰۱۹ وسعت بیشتری داشته‌اند (جدول ۴). یکی از دلایل روند کاهش اراضی بایر، ایجاد وسعت کافی برای جمعیت در حال رشد است. به عبارت دیگر اراضی بایر به مناطق شهری و اراضی کشاورزی تبدیل شده‌اند که در شکل ۳ به ترتیب به صورت طبقات مناطق شهری/اراضی بایر و کشاورزی/اراضی بایر ارائه شده است.

بررسی تصاویر کاربری اراضی نشان دهنده تغییرات چشمگیر در بخش مرکزی شهرستان سنندج است. تجزیه و تحلیل کاربری اراضی نشان داد که مناطق شهری، اراضی کشاورزی و پوشش‌های گیاهی و آبی طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ روند افزایشی و اراضی بایر روند کاهش داشته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود مساحت اراضی کشاورزی و مناطق شهری در سال ۲۰۰۰ به ترتیب از ۳۰۳/۲۹ و ۱۲/۴۷ کیلومترمربع به ۴۵۶/۷۷ و ۳۵/۵۶ کیلومترمربع در



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی (۲۰۱۹ و ۲۰۰۰)



شکل ۳- نقشه تغییرات کاربری اراضی (۲۰۱۹-۲۰۰۰) در بخش مرکزی شهرستان سنندج

جدول ۴- مساحت طبقات کاربری اراضی (۲۰۱۹-۲۰۰۰)

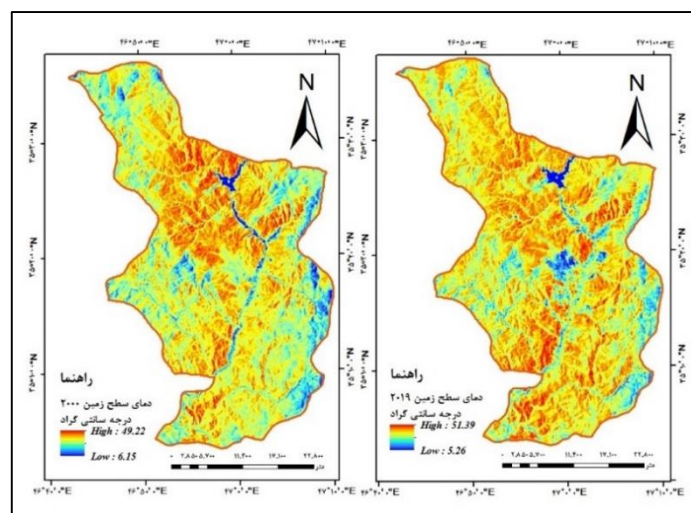
۲۰۱۹-۲۰۰۰		۲۰۱۹		۲۰۰۰		کاربری اراضی
مساحت (%)	مساحت (km ²)	مساحت (%)	مساحت (km ²)	مساحت (%)	مساحت (km ²)	
۱۰/۹۳	۱۵۳/۴۸	۳۲/۵۴	۴۵۶/۷۷	۲۱/۶۱	۳۰۳/۲۹	کشاورزی
-۱۳/۶۸	-۱۹۲/۱۲	۶۲/۳۳	۸۷۴/۹۰	۷۶/۰۲	۱۰۶۷/۰۲	اراضی بایر
۱/۶۴	۲۳/۰۹	۲/۵۳	۳۵/۵۶	۰/۸۸	۱۲/۴۷	مناطق شهری
۱/۰۱	۱۴/۲۶	۲/۱۸	۳۰/۶۲	۱/۱۶	۱۶/۳۶	پوشش گیاهی
۰/۰۹	۱/۲۸	۰/۳۹	۵/۵۹	۰/۳۰	۴/۳۱	آب
-	-	۱۴۰۳/۴۷	۱۴۰۳/۴۷	۱۴۰۳/۴۷	۱۴۰۳/۴۷	کل

کمترین دمای سطحی را به خود اختصاص داده‌اند. دمای سطح زمین به دست آمده در این پژوهش با دمای به دست آمده از ایستگاه هواشناسی تطابق ندارد (جدول ۶). تنها یک ایستگاه هواشناسی در کل شهرستان سنندج با مختصات جغرافیایی "۰۰'، ۲۰'، ۳۵°، عرض شمالی و "۰۰'، ۸۰'، ۴۷° طول شرقی و ارتفاع ۱۳۷۳/۴ متر موجود است و به نظر نمی‌رسد این ایستگاه بتواند جزئیاتی در مورد تغییرات دمای سطح زمین در کلیه نقاط شهرستان ارائه دهد. به عبارت دیگر تصاویر ماهواره‌ای می‌توانند تغییرات دما را در مقیاس‌های وسیع نمایش دهند در حالی که این امر با استفاده از یک ایستگاه هواشناسی ممکن نیست.

۲-۳. تغییرات دمای سطح زمین بین سال‌های

۲۰۱۹ و ۲۰۰۰

نقشه دمای سطح زمین و تغییرات آن به ترتیب در شکل ۴ و جدول ۵ ارائه شده است. حداقل میزان دمای سطح زمین در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۹ به ترتیب از ۶/۱۵ درجه سانتی‌گراد به ۵/۲۶ درجه سانتی‌گراد رسیده است. همچنین در طول دوره ۱۹ ساله حداکثر دما از ۴۹/۲۲ درجه سانتی‌گراد به ۵۱/۳۹ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. بیشترین دمای سطحی در هر دو سال متعلق به اراضی بایر بوده است. پوشش‌های گیاهی و آب در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۹



شکل ۴- نقشه دمای سطح زمین (۲۰۱۹ و ۲۰۰۰)

بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین در مناطق سرد و نیمه خشک...

جدول ۵- توزیع دمای سطح زمین در کاربری اراضی (۲۰۱۹-۲۰۰۰)

کاربری اراضی	۲۰۰۰	متوسط	کمینه	بیشینه	۲۰۱۹	متوسط	۲۰۱۹-۲۰۰۰
کشاورزی	۱۱/۳۴	۳۶/۷	۲۵/۴	۱۴/۸۶	۳۹/۵۳	۲۸/۷۱	-
اراضی بایر	۲۰/۵۶	۴۸/۲۲	۳۱/۴۴	۲۴/۳۱	۵۱/۳۹	۳۷/۴۳	۵/۹۹
مناطق شهری	۱۴/۲۳	۴۴/۳۵	۲۸/۳۹	۱۷/۶	۴۸/۷۴	۳۲/۵۶	۴/۱۷
پوشش گیاهی	۱۰/۶۲	۳۲/۴۱	۲۳/۲۱	۱۰/۷	۳۶/۲۴	۲۶/۶۱	۳/۴
آب	۶/۱۵	۲۸/۰۶	۱۲/۸۸	۵/۹۴	۳۲/۵	۱۴/۰۵	۱/۱۷

جدول ۶- دمای به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای و ایستگاه هواشناسی

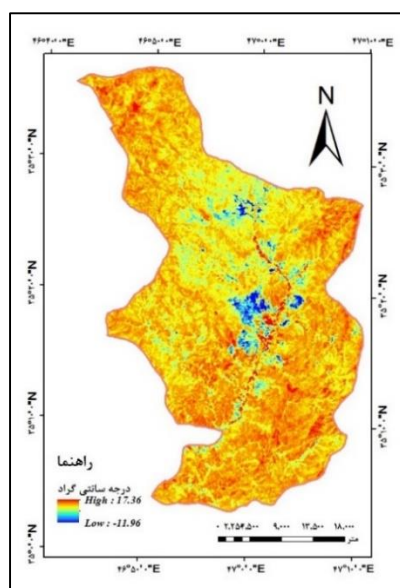
سال مورد مطالعه	دمای محاسبه شده توسط مدل (T _s)	دمای هوا (T _a)	دمای اندازه‌گیری شده در ایستگاه هواشناسی
۲۰۰۰	۲۴/۱۱	۲۵/۲۱	۳۴
۲۰۱۹	۲۶/۰۴	۲۶/۰۶	۳۶

۳-۳. رابطه تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح

زمین

میانگین دمای سطحی کاربری‌های اراضی تبدیل شده در سال ۲۰۱۹ برای نشان دادن تنوع دمای سطح زمین با سال ۲۰۰۰ مقایسه شد. تغییرات دمای سطح زمین و تأثیر کاربری اراضی بر آن به ترتیب در شکل ۵ و

جدول ۶ نشان داده شده است. مناطقی که دمای سطحی زیادی را به خود اختصاص داده‌اند مناطقی هستند که پوشش گیاهی به اراضی بایر (۹/۶) درجه سانتی‌گراد) تبدیل شده‌اند. به علاوه تبدیل پوشش گیاهی به آب و اراضی بایر به پوشش گیاهی کمترین افزایش دمای سطح زمین را نشان داد.



شکل ۵- نقشه تغییرات دمای سطح زمین (۲۰۱۹-۲۰۰۰) در بخش مرکزی شهرستان سنج

جدول ۶- میانگین دمای سطح زمین با توجه به تغییرات کاربری اراضی (۲۰۱۹-۲۰۰۰)

تغییرات کاربری اراضی	میانگین دمای سطح زمین (ژوئن ۲۰۰۰)	میانگین دمای سطح زمین (جولای ۲۰۱۹)	میانگین تغییرات دمای سطح زمین (۲۰۱۹-۲۰۰۰)
پوشش گیاهی به مناطق شهری	۳۳/۴۰	۳۹/۶۲	۶/۲۲
اراضی بایر به مناطق شهری	۴۱/۶۱	۴۷/۴۶	۵/۸۵
کشاورزی به مناطق شهری	۳۶/۱۸	۴۴/۱۲	۷/۹۴
پوشش گیاهی به اراضی بایر	۳۸/۰۵	۴۷/۶۵	۹/۶
اراضی بایر به کشاورزی	۳۴/۹۸	۳۹/۹۵	۴/۹۷
اراضی بایر به پوشش گیاهی	۳۲/۱۴	۳۶/۶۷	۴/۵۳
پوشش گیاهی به آب	۲۵/۱۶	۲۸/۵۰	۳/۳۴

۴. بحث و نتیجه گیری

این پوشش‌ها نسبت به سایر کاربری‌ها می‌شود (Reisi and Ahmadi Nadoushan, 2019). مهمترین کانون دمای حداقل در بخش مرکزی شهرستان سنندج، دریاچه سد قشلاق با ارتفاع ۱۵۲۶ متر از سطح دریا نشان دهنده یک منطقه خنک‌تر نسبت به محیط اطراف است. افزایش آب دریاچه سد قشلاق باعث شده بخش‌هایی از شهر سنندج در سال ۲۰۱۹ خنک‌تر از سال ۲۰۰۰ باشند. نقش خنک‌کننده آب در مطالعات دیگر نیز مورد تأکید قرار گرفته است (Deng et al., 2018; Xiao et al., 2018). مطالعات قبلی مبنی بر زیاد بودن دمای مناطق شهری نسبت به کاربری‌های پیرامونی و در پی آن شکل‌گیری جزایر حرارت شهری است (Hua and Ping, 2018; Pal and Ziaul, 2016; Liu et al., 2017). در حالی که در پژوهش حاضر، مناطق شهری دمای کمتری نسبت به اراضی پیرامونی (اراضی بایر) دارند. این تضاد ناشی از تفاوت شرایط آب و هوایی محدوده مورد مطالعه با مطالعات پیشین است. مطالعات پیشین در مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای و گرمسیری صورت گرفته‌اند. پژوهش

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در استخراج دمای سطح زمین این قابلیت را برای کاربر به وجود می‌آورد که به تناسب قدرت تفکیک تصاویر ماهواره‌ای، برای هر نقطه دلخواه مقدار دما را محاسبه نماید. الگوریتم سیال در مطالعات گذشته جهت برآورد دمای سطح زمین در اراضی با پوشش گیاهی مختلف توسط پژوهشگران به کار گرفته شده است (Darvishi et al., 2019; Entezari et al., 2016). دمای زیاد اراضی بایر نسبت به مناطق شهری ناشی از آن است که میزان انعکاس در اراضی بایر پایین بوده و در نتیجه نور بیشتری را در خود نگاه می‌دارد (Georgescu et al., 2011). دمای سطحی زیادتر در مناطق شهری نسبت به اراضی کشاورزی و پوشش‌های گیاهی و آب را می‌توان به سطوح غیرقابل نفوذ نظیر بتن، آسفالت و کاشی نسبت داد که به صورت گسترده‌ای در مناطق شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند (Zhang et al., 2015). ظرفیت گرمایی زیاد آب منجر به کاهش دمای سطحی

حاضر بر بخش مرکزی شهرستان سنندج به عنوان یک منطقه سرد و نیمه خشک تمرکز دارد. به علاوه منطقه مورد مطالعه در ارتفاعات غربی ایران و در منطقه کوهستانی رشته کوه زاگرس قرار گرفته است. تجزیه و تحلیل Yang و همکاران (۲۰۱۶) نشان می‌دهد که هنگامی که حرارت انسان‌ساز کم باشد، یک شهر مرتفع و با چگالی زیاد اثر قابل توجه جزایر خنک شهری در روز را تجربه می‌کند. این امر به دلیل افزایش ظرفیت ذخیره گرما و کاهش تابش خورشید از سطوح شهری است. با این حال، اگر حرارت انسان‌ساز در منطقه شهری بیشتر افزایش یابد، پدیده جزایر خنک شهری هنوز وجود دارد. بیشترین توسعه شهری در بخش جنوبی شهر سنندج رخ داده است. در این منطقه، اراضی کشاورزی و بایر عمدتاً با مناطق شهری جایگزین شده‌اند و در نتیجه دمای سطحی بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۹ افزایش یافته است. افزایش دما در مناطقی که اراضی بایر به مناطق شهری تبدیل شده‌اند می‌تواند اثر عمومی گرمایش جهانی باشد (Reisi and Ahmadi, 2019). این افزایش می‌تواند دلیل دیگری نیز داشته باشد. از آنجایی که که مناطق شهری سنندج در سال ۲۰۱۹ به صورت پراکنده در اراضی بایر توزیع شده‌اند، دمای مناطق شهری می‌تواند تحت تأثیر دمای زیاد اراضی بایر قرار گرفته باشد. تغییر کاربری اراضی یکی از اصلی‌ترین نیروهای محرک برای تغییرات جهانی آب و هوا است. به عنوان مثال، تغییر از پوشش گیاهی به اراضی شهری نه تنها باعث قطع چرخه کربن و آب می‌شود بلکه سبب انتقال انرژی بین زمین و اتمسفر می‌گردد (Lejeune et al., 2015). به طور کلی پژوهش حاضر بر نقش افزایشی مناطق شهری و نقش کاهش پوشش‌های گیاهی و آب بر دمای سطحی تأکید دارد و این امر توسط سایر

پژوهشگران نیز مورد تأکید قرار گرفته است (Singh et al., 2017; Amanollahi et al., 2016). به علاوه، افزایش جمعیت در مناطق شهری با افزایش برون‌رفت‌های حرارتی دمای سطحی را افزایش می‌دهد (Zhou et al., 2011). تحلیل نقشه توزیع مناطق دمایی بخش مرکزی شهرستان سنندج با استفاده از نقشه کاربری اراضی بیان‌گر توسعه جزایر حرارت شهری به سمت مناطقی است که با فقر پوشش گیاهی و توسعه کاربری‌های ساخت و ساز شده (مسکونی، صنعتی و تجاری) مواجه بوده‌اند. بر خلاف شهرهای مدیترانه‌ای و گرمسیری که جزایر حرارت شهری را تجربه می‌کنند، شهر سنندج با اقلیم سرد و نیمه خشک جزایر خنک شهری را تجربه می‌کند. جزایر خنک شهری ناشی از احاطه مناطق شهری با اراضی بایر با دمای سطحی زیاد است. پدیده جزایر خنک شهری در منطقه مورد مطالعه تأثیرات مثبتی هم بر روی اقلیم محلی و هم بر آب و هوای جهانی دارد. این پدیده می‌تواند به سرمایه‌های مناطق شهری کمک شایانی کرده و همچنین، سبب کاهش مصرف انرژی، کاهش در استفاده از منابع آبی، کاهش آلودگی و افزایش کیفیت هوا شوند. افزایش دمای سطح زمین مشکلاتی را برای سلامتی انسان‌ها ایجاد کرده و می‌تواند مشکل کمبود آب را نیز ایجاد کند. نتایج به دست آمده از این پژوهش را می‌توان به عنوان ابزاری برای ارزیابی‌های زیست محیطی مناطق شهری به کار برد. به عبارت دیگر، با توجه به تأثیر کاربری اراضی بر دمای سطحی می‌توان از طریق مدیریت کاربری اراضی محیط حرارتی مناسبی را در مناطق شهری ایجاد کرد. راهکارهای زیر می‌توانند نمونه‌ای از اقدامات مناسب جهت تداوم جزایر خنک شهری در منطقه مورد مطالعه و مناطق مشابه باشند: (۱) دستیابی به حمل و نقل

می‌دهد مناطق شهری با آب و هوای سرد و نیمه خشک در شب جزایر حرارت شهری و در روز جزایر خنک شهری را تجربه می‌کنند. به همین دلیل پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده اثر تغییر کاربری اراضی را بر دمای سطح زمین در شب مورد مطالعه قرار دهند.

References

Ahmad, A. and Quegan, S., 2012. Analysis of maximum likelihood classification on multispectral data. *Applied Mathematical Sciences* 6, 6425-6436.

Aldhshan, S.R.S. and Shafri, H.Z., 2019. Change detection on land use/land cover and land surface temperature using spatiotemporal data of Landsat: a case study of Gaza Strip. *Arab J Geosci* 12(443), 1-14.

Allen, R.G., Tasumi, M., Mors, A., 2002. Satellite-based Evapotranspiration by METRIC and Landsat for western estates water management, US Bureau Reclamation Evapotranspiration workshop.

Amanollahi, J., Tzanis, C., Ramli, M.F., Abdullah, A.M., 2016. *Urban heat evolution in a tropical area utilizing Landsat imagery. Atmospheric Research* 167, 175-182.

Darvishi, S.H., Rashidpour, M., Solaimani, K., 2019. Investigation of the relationship between land use changes and surface temperature using satellite images Case study: Marivan city. *Geography and Development* 54, 143-162.

Deng, Y., Wang, S., Bai, X., Tian, Y., Wu, L., Xiao, J., 2018. Relationship among land surface temperature and LUCC, NDVI in typical karst area. *Scientific Rep* 8(641), 1-12.

Efstathiou, M.N., Tzanis, C., Cracknell, A.P., Varotsos, C.A., 2011. New features of land and sea surface temperature anomalies. *Remote Sens* 32, 3231-3238.

Entezari, A.R., Amir Ahmadi, A., Aliabadi, K., Khosravian, M., Ebrahimi, M., 2016. Surface temperature monitoring and evaluation of land use

پایدار برای کاهش آلودگی هوای شهری. (۲) کاهش حرارت‌های انسانی از طریق توزیع کاربری‌های تجاری. (۳) توسعه فضای سبز و کشاورزی شهری. (۴) استفاده از فناوری آسفالت سرد و بام سبز. (۵) ایجاد پهنه‌های آبی (آب‌نما). (۶) استفاده از تهویه‌های مناسب در فصل تابستان. تحقیقات محدودی وجود دارد که نشان

change trends (Case study: Parishan Lake watershed). *Hydrogeomorphology* 8, 113-139.

Frey, C.M., Rigo, G., Parlow, E., 2009. Investigation of the daily Urban Cooling Island (UCI) in two coastal cities in an arid environment. Dubai and Abu Dhabi (UAE). *City*, 81, 2-6.

Garcia-Cueto, O., Jauregui-Ostos, E., Toudert, D., Tejada-Martinez, A., 2007. Detection of the urban heat island in Mexicali, BC, Mexico and its relationship with land use. *Atmosfera* 20(2), 111-131.

Georgescu, M., Moustauoi, M., Mahalov, A., Dudhia, J., 2011. An alternative explanation of the semiarid urban area "oasis effect". *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 116, 1-13.

Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X., Briggs, J.M., 2008. Global change and the ecology of cities. *Science* 319(5864), 756-760.

Hereher, M.E., 2017. Effect of land use/cover change on land surface temperatures-The Nile Delta, Egypt. *Journal of African Earth Sciences* 126, 75-83.

Howard, L., 1818. *The climate of london: deduced from meteorological observations.* Cambridge.

Hua, A.K. and Ping, O.W., 2018. The influence of land-use/land-cover changes on land surface temperature: a case study of Kuala Lumpur metropolitan city. *European Journal of Remote Sensing* 51(1), 1049-1069.

Jafari, A., 2005. *Iranian Geology.* Tehran: Institute of Geography and Cartography of Geology, 3, 1488 p.

- Latif, M.S., 2014. Land surface temperature retrieval of landsat-8 data using split window algorithm- A case study of ranchi district. *International Journal of Engineering Development and Research* 2(4), 23-39.
- Lejeune, Q., Davin, E.L., Guillod, B.P., Seneviratne, S.I., 2015. Influence of Amazonian deforestation on the future evolution of regional surface fluxes, circulation, surface temperature and precipitation. *Clim Dyn* 44, 2769-2786.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W., 2004. Remote sensing and image interpretation. 5th edition, Wiley and Sons, New York, 812 p.
- Liu, L. and Zhang, Y., 2011. Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong. *Remote Sens* 3(7), 1535-1552.
- Liu, G., Zhang, Q., Li, G., Doronzo, D.M., 2016. Response of land cover types to land surface temperature derived from Landsat-5 TM in Nanjing Metropolitan Region, China. *Environ Earth Sci* 75(1386), 1-12.
- Maithani, S., 2009. A neural network based urban growth model of an indian city. *Indian Soc. Remote Sensing* 37, 363-376.
- Pal, S. and Ziaul, S., 2017. Detection of land use and land cover change and land surface temperature in english bazar urban centre. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 20(1), 125-145.
- Rasul, A., Balzter, H., Smith, C., 2015. Spatial variation of the daytime surface urban cool island during the dry season in Erbil, Iraqi Kurdistan, from Landsat 8. *Urban Climate* 14, 176-186.
- Reisi, M., Ahmadi Nadoushan, M., Aye, L., 2019. Remote sensing for urban heat and cool islands evaluation in semi-arid areas. *Global Journal of Environmental Science and Management* 5(3), 319-330.
- Rozenstein, O., Qin, Z.H., Derimian, Y., Karnieli, A., 2014. Derivation of land surface temperature for landsat-8 TRIS using a split window algorithm, sensors 14(4), 5768-5780.
- Rwanga, S.S. and Ndambuki, J.M., 2017. Accuracy assessment of land use/land cover classification using remote sensing and GIS. *International Journal of Geosciences* 8, 611-622.
- Seif, A. and Mokarram, M., 2012. Change detection of Gil Playa in the Northeast of Fars Province. *Iran Am J Sci Res* 86, 122-130.
- Singh, P., Kikon, N., Verma, P., 2017. Impact of land use change and urbanization on urban heat island in Lucknow city, Central India. A remote sensing based estimate. *Sustainable cities and societies* 32, 100-114.
- Sisodia, P.S., Tiwari, V., Kumar, A., 2014. Analysis of supervised maximum likelihood classification for remote sensing image. *Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE): IEEE* 1-4.
- Sobrino, J.A., Jimenez-Munoz, J.C., Soria, G., Romaguera, M., Guanter, L., Moreno, J., Plaza, A., Martinez, P., 2008. Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors. *IEEE Transaction of Geoscience Remote Sensing* 46, 316-327.
- Wang, R., Cai, M., Ren, Ch., Bechtel, B., Xu, Y., Ng, E., 2019. Detecting multitemporal land cover change and land surface temperature in Pearl River Delta by adopting local climate zone. *Urban Climate* 28, 1-16.
- Wheeler, S.M., Abunnasr, Y., Dialesandro, G., Assaf, E., Agopian, S., Gamberini, V.C., 2019. Mitigating urban heating in dryland cities: A Literature Review. *Journal of Planning Literature* 34(4), 434-446.
- Xiao, H., Kopecká, M., Guo, S., Guan, Y., Cai, D., Zhang, C., 2018. Responses of Urban Land Surface Temperature on Land Cover: A Comparative Study of Vienna and Madrid. *Sustainability* 10(2), 260.
- Yang, X., Li, Y., Luo, Z., Chan, P.W., 2016. The urban cool island phenomenon in a high-rise high-density city and its mechanisms. *Int. J. Climatol* 1-16.
- Youneszadeh, S., Amiri, N., Pilesjo, P., 2015. The effect of land use change on land surface temperature in the Netherlands. *The International*

Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 40, 745.

Zareie, S., Khosravi, H., Nasiri, A., Dastorani, M., 2016. Using landsat the-matic mapper (TM) Sensor to detect change in land surface temperature in relation to land use change in Yazd, Iran. *Solid Earth* 7, 1551-1564.

Zhang, Y., Balzter, H., Zou, C., Xu, H., Tang, F., 2015. Characterizing bi-temporal patterns of land surface temperature using landscape metrics based on sub-pixel classifications from Landsat TM/ETM+. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 42, 87-96.

Zhou, W., Huang, G., Cadenasso, M.L., 2011. Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning* 10(2), 54-63.