



جغرافیا و روابط انسانی، تابستان ۱۴۰۳، دوره ۷، شماره ۱، صص ۲۸۹-۲۶۸

ارزیابی نقش تغییر پوشش و کاربری زمین (LULC) بر دمای سطح زمین (LST) و تحلیل روابط LST با شاخص های NDVI، NDBI و NDLI (منطقه مورد مطالعه: شهر آبر و روستای کوهکن)

ارسطو یاری حصار^{۱*}، مهدی فیض اله پور^۲، ندا کنعانی^۳

۱-دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان

۳- دانشجوی دکتری رشته جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه محقق اردبیلی

Email: a_yari@uma.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۴

چکیده

تغییر کاربری اراضی در نتیجه رشد سریع نواحی شهری باعث افزایش دمای سطح زمین در نواحی مرکزی شهر و حومه آن می گردد. بنابراین بررسی دمای سطح زمین در تحلیل نوسانات دمایی و به حداقل رساندن تأثیرات آن، امری حیاتی می باشد. هدف از این تحقیق بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی (LULC) بر روی شاخص LST در منطقه آبر و روستای کوهکن با استفاده از تکنیک های ترکیبی سنجش از دور و GIS می باشد. نتایج این تحقیق نشان می دهد که از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ زمین کشاورزی با افزایش ۲۱/۷۲ درصدی مواجه شده است این در حالیست که حدود ۱۵/۸۹ درصد از مناطق زمین بایر کاهش یافته و به کاربری زمین کشاورزی تبدیل شده است. همچنین میزان دمای سطح زمین در نواحی مرکزی شهر آبر و روستای کوهکن نسبت به نواحی زراعتی مقادیر بالایی را نشان می دهد. مقادیر LST با شاخص NDVI و NDLI رابطه عکس داشته و با پهنه های ساخته شده یا زمین های بایر دارای رابطه مستقیم می باشد. به عبارتی بین شاخص NDBI و LST همبستگی مثبت برقرار بوده و بین LST با NDVI و NDLI، همبستگی منفی مشاهده شده است. بیشترین همبستگی به میزان ۰/۷۵ بین شاخص LST و NDBI در سال ۲۰۱۳ مشاهده شد. کمترین همبستگی به میزان ۰/۷۱- نیز بین دو شاخص LST و NDVI در سال ۲۰۱۳ مشاهده شد. کمترین مقادیر R^2 نیز به میزان ۰/۲۸ متعلق به دو شاخص LST و NDVI در سال ۲۰۲۳ بوده است.

واژه های کلیدی: NDVI، NDLI، LST، شهر آبر

مقدمه

در حال حاضر، بسیاری از مناطق در سراسر جهان تحت شرایط محیطی مختلف با تغییرات چشمگیری در کاربری اراضی (LULC) مواجه هستند (Solaimani et al, 2010). تغییرات کاربری اراضی عمدتاً با شهرنشینی سریع مرتبط می باشد (Kalnay and Cai, 2003., Chen et al, 2006., Omar et al, 2014). شهرنشینی در اثر عوامل بیولوژیکی و فعالیت های انسانی به یک روند جهانی تبدیل شده و نقش حیاتی را در تغییرات کاربری اراضی ایفا می کند (Seto et al, 2019., Sun et al, 2013., Lu et al, 2019). افزایش جمعیت شهری و رشد نامطلوب شهرنشینی باعث تغییر کاربری زمین می شود (Rajeshwari et al, 2014., Zhang et al, 2018). در دوره های اخیر به دلیل عوامل طبیعی و انسانی، پوشش جنگلی به زمین های کشاورزی و سکونتگاهی تبدیل شده است (Bounoua et al, 2018., Mumtaz, 2020). تغییر کاربری زمین تأثیرات وسیعی بر محیط زیست گذاشته و توسعه پایدار شهری را تهدید می کند (Wu et al, 2011., Dubovyk et al, 2009., Poelmans & Van Rompaey, 2012., Zhang, 2012.). تغییرات کاربری در واکنش به شهرنشینی باعث افزایش دمای سطح زمین می شود (Sisay & Korme et al, 2019., Balew & Korme et al 2020). به نسبت جذب و تابش انرژی، هر کاربری دارای ویژگی های منحصر به فرد خود می باشد. برخی از تحقیقات نشان می دهد که تغییرات در کاربری زمین مانند شهرنشینی، جنگل زدایی و تخریب زمین تأثیر قابل توجهی بر اکوسیستم شهری داشته است (Abdullahi, S.; B.Pradhan et al, 2018). تغییرات در کاربری اراضی باعث گسترش سطوح غیر قابل نفوذ شده و عامل اصلی در تغییرات دمای سطح زمین به شمار می رود (Dissanayake et al, 2019., Ranagalage et al, 2019., Simwanda et al, 2019). دمای سطح زمین یکی از چالش های اصلی اکثر شهرهای جهان بوده و ناشی از عوامل طبیعی و انسانی به ویژه تغییرات کاربری زمین می باشد. تغییر شدید در کاربری اراضی میزان جزیره حرارتی در سطح شهر را افزایش می دهد. بنابراین برای زندگی مطلوب در محیط بایستی راه حل های جایگزین اساسی و استراتژی های مختلفی اجرا شود.

در ایران نیز تحقیقات مختلفی در زمینه LST و همچنین تأثیر تغییر کاربری اراضی بر روی آن انجام گرفته است. فیضی زاده و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا اقدام به برآورد دمای سطح زمین در حوضه آبریز مهاباد نمودند. نتایج نشان داد که مناطق با پوشش گیاهی زیاد و پوشیده از آب، دمای کم و مناطق با پوشش گیاهی کم و خاک لخت دمای بالایی را نشان می دهند که همه در تغییرات دمای منطقه موثر می باشند. جمالی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی ارتباط دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده در دشت گرگان پرداختند. نتایج نشان داد که میزان LST در بخش جنگل تراشی شده حدود ۵ درجه سانتیگراد بیشتر از کاربری جنگل است. همچنین مناطقی که پوشش گیاهی متراکم تری مانند جنگل دارند میزان LST به مراتب کمتری از سایر کاربری ها دارا می باشند. نیلیه بروجنی و احمدی ندوشن (۱۳۹۸) با بهره

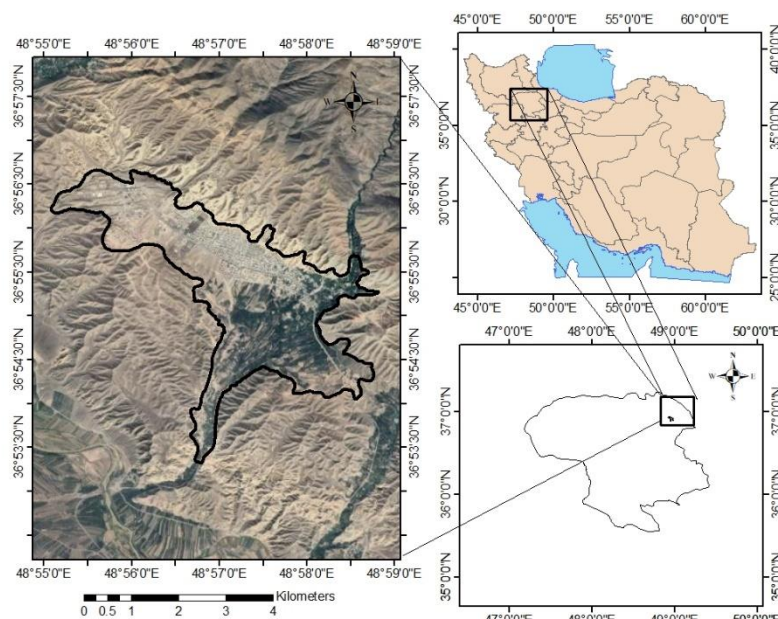
گیری از تصاویر ماهواره ای لندستو سنجه LST به بررسی رابطه پوشش گیاهی شهری و درجه حرارت سطح زمین در شهر اصفهان پرداختند. نتایج نشان دهنده وجود رابطه معکوس بین دمای سطح زمین و سنجه NDVI داشته است. نتایج بیانگر پیشرفت جزایر حرارتی به سمت مناطقی است که با فقر پوشش گیاهی و توسعه کاربری های ساخت و ساز شده مواجه بوده اند. عابدینی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM به بررسی دمای سطح زمین و رابطه کاربری اراضیدر شهرستان مشگین شهر پرداختند. نتایج نشان داد که رابطه شدیدی بین کاربری اراضی و دمای سطح زمین وجود دارد. مناطق با پوشش گیاهی بالا و مناطق آبی دارای درجه حرارت پایین بوده اند. همچنین کاربری کشاورزی دیم دارای بیشترین میانگین دما نسبت به مناطق مجاور بود که نشان از خشک بودن محصولات کشاورزی در سطح شهرستان مشگین شهر است. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی رابطه بین دمای سطح زمین با تغییرات پوشش گیاهی و گستره آبی در شهرستان ارسنجان پرداختند. نتایج نشان داد رابطه منفی بین شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین وجود دارد. به طوری که با افزایش تراکم پوشش گیاهی دمای سطح زمین نیز کاهش یافته است.

کشور ایران یکی از کشورهایی است که شهرنشینی در آن به دلیل عدم برنامه ریزی و سیاست های اشتباه در شهرهای بزرگ رشد کرده است. علاوه بر این، افزایش جمعیت شهری مستلزم زیرساخت ها و امکاناتی از قبیل ساخت مناطق مسکونی و تجاری جدید، زیرساخت های خدمات عمومی و جاده ای بوده که در نهایت بر محیط زیست تاثیر گذاشته اند. در سال های اخیر به علت عوامل اقتصادی و اجتماعی، شهرنشینی در شهر آبر و روستاهای حومه آن به سرعت در حال افزایش بوده است. این میزان افزایش جمعیت در شهر به دلیل تخریب پوشش های جنگلی و تبدیل آنها به زمین های زراعی، بر دمای شهر تاثیر گذاشته و اقتصاد شهری را متاثر می سازد. بنابراین، اطلاعات دقیق، منسجم و به روز در مورد روند شهرنشینی برای تجزیه و تحلیل و تدوین سیاست برای اطمینان از محیط شهری پایدار در شهر بسیار مهم می باشد. در طول زمان، نقشه های کاربری اراضی اطلاعات ضروری را برای برنامه ریزی کاربری اراضی فراهم می کنند که می تواند به درک محرک ها و پویایی تغییر کاربری اراضی و پیش بینی تاثیرات اقتصادی و زیست محیطی آینده کمک کند (Moghadam, H.S.; Helbich et al, 2013., Alemu et al, 2015). در این راستا GIS و سنجش از دور ابزار مناسبی برای پایش پوشش اراضی، برنامه ریزی منطقه ای شهری و کاوش تغییرات مکانی و زمانی کاربری زمین در مقیاس محلی و جهانی به شمار می آید (Dewan & Yamaguchi, 2012, Thapa & Murayama, 2009., et al). تکنیک های مختلفی را می توان برای نظارت بر تغییرات کاربری زمین مورد استفاده قرار داد. سیستم سنجش از دور علاوه بر اینکه یک منطقه وسیع را پوشش می دهد هزینه ها را نیز به حداقل می رساند. بنابراین، تصاویر ماهواره ای مانند لندست معمولاً برای نظارت بر محیط زیست به ویژه برای

تحلیل تاثیر تغییر کاربری زمین بر تغییر دمای سطح زمین استفاده می شوند (Priyankara et al, 2019). این تحقیق اطلاعاتی را در زمینه تغییر کاربری و تاثیر آن بر روی دمای سطح سکونتگاه های شهری و روستایی فراهم می کند. هدف از این تحقیق، بررسی اثرات تغییرات کاربری زمین بر دمای سطح زمین در شهر آبر و روستای کوهکن از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ با بهره گیری از تصاویر لندست ۸ می باشد. نتایج این تحقیق اطلاعات قابل توجهی در مورد روند تغییر کاربری و تاثیر آن بر دمای سطح زمین ارائه داده است.

داده ها و روش کار

منطقه مورد مطالعه در مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۵۶ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی واقع شده است. در این منطقه در مرکز سکونتگاهی شهر آبر و روستای کوهکن واقع شده اند. این منطقه در شهرستان طارم واقع شده و وسعت آن معادل ۱۰/۴۵ کیلومتر مربع می باشد. از نظر زمین شناسی، این محدوده در دامنه جنوب غربی رشته کوه البرز واقع شده و تحولات زمین شناسی و کوهزایی آن مربوط به فاز کوهزایی لارامید بوده که در دوران کرتاسه و اوایل پالئوسن به وقوع پیوسته و باعث جوان شدگی فاز کوهزایی آلپ هیمالیا شده است. نزدیکی به منابع رطوبتی دریای خزر و آنتی سیکلون سیبری باعث رطوبت نسبی بالا و دسترسی به منابع رطوبتی گردیده است.



شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه در شهر آبر و روستای کوهکن

این تحقیق تاثیر تغییر کاربری زمین بر دمای سطح زمین در شهر آبر و روستای کوهکن را از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ مورد بررسی قرار می دهد. به این منظور تصاویر سنجه OLI ماهواره لندست ۸ با قدرت تفکیک زمانی ۱۶ روز و تفکیک مکانی ۳۰ متر برای دوره زمانی ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ جمع آوری شد. برای بدست آوردن تصاویر بدون ابر لندست، تصاویر ۲۶ ژوئن ۲۰۱۳، ۲۴ ژوئن ۲۰۱۸ و ۵ می ۲۰۲۳ برای این تحقیق در نظر گرفته شدند. همه تصاویر بصورت رایگان از وب سایت سازمان زمین شناسی آمریکا (USGS) دانلود شده اند. پس از انجام اصلاحات هندسی و جوی، محصولات لندست با باندهای طیفی مختلف پردازش شدند. سپس از باندهای طیفی ۴، ۵ و ۱۰ برای استخراج دمای سطح زمین (LST) استفاده شد (Sultana & Satyanarayana et al, 2018., Qin et al, 2001., Jimenez-Munoz et al, 2003). برای بدست آوردن مقادیر LST، ابتدا مقادیر دیجیتالی باندهای طیفی به مقادیر تابشی و سپس به مقادیر دمای روشنایی تبدیل می شوند. جزئیات فرایند استخراج تابش و بازتاب در زیر توضیح داده شده است. علاوه بر این برای تهیه نقشه کاربری اراضی (LULC) از باندهای طیفی ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ استفاده شد. به این منظور از سیستم ماشین بردار پشتیبانی (SVM) استفاده شد. پردازش تصاویر ماهواره ای در نرم افزار Arc GIS انجام شد.

جدول ۱. باندهای مورد استفاده در تهیه نقشه کاربری اراضی (LULC)، دمای سطح زمین (LST)، شاخص های

NDVI، NDLI و NDBI

عنوان باند	محدوده فعالیت	طول موج به میکرون	تفکیک به متر
باند ۱	سواحل و گرد و غبار	۰/۴۳۳ تا ۰/۴۵۳	۳۰
باند ۲	طیف آبی	۰/۴۵۰ تا ۰/۵۱۵	۳۰
باند ۳	طیف سبز	۰/۵۲۵ تا ۰/۶۰۰	۳۰
باند ۴	طیف قرمز	۰/۶۳۰ تا ۰/۶۸۰	۳۰
باند ۵	مادون قرمز نزدیک	۰/۸۴۵ تا ۰/۸۸۵	۳۰
باند ۶	مادون قرمز کوتاه	۱/۵۶۰ تا ۱/۶۶۰	۳۰
باند ۷	مادون قرمز کوتاه	۲/۱۰۰ تا ۲/۳۰۰	۳۰
باند ۱۰	مادون قرمز حرارتی	۱۰/۶ تا ۱۱/۱۹	۱۰۰

برای تبدیل مقادیر دیجیتالی به مقادیر تابشی، تصاویر لندست به عنوان داده خام دانلود شده و با استفاده از اطلاعات موجود در فایل ضمیمه به مقادیر تابش طیفی تبدیل شدند (ممتاز و همکاران، ۲۰۲۰).

$$L\lambda = \frac{L\text{MAX}_{\lambda} - L\text{MIN}_{\lambda}}{(Q_{\text{calmax}} - Q_{\text{calmin}})} (Q_{\text{cal}} - Q_{\text{calmin}}) + L\text{MAX}_{\lambda} \quad \text{معادله ۱}$$

در این معادله $L\lambda$ تابش طیفی و $L\lambda_{MAX}$ تابش طیفی درجه بندی شده بر حسب مقادیر $Q_{cal_{max}}$ می باشند. همچنین $L\lambda_{MIN}$ تابش طیفی درجه بندی شده بر حسب مقادیر $Q_{cal_{min}}$ بوده است. مقادیر $Q_{cal_{max}}$ حداکثر مقادیر پیکسل کالیبره شده بر حسب مقادیر $L\lambda_{MAX}$ و $Q_{cal_{min}}$ حداقل مقادیر پیکسل کالیبره شده بر حسب مقادیر $L\lambda_{MIN}$ می باشد. در نهایت، Q_{cal} مقادیر پیکسل کالیبره شده را نشان می دهد.

مقادیر تابشی محاسبه شده با معادله ۱، با بهره گیری از معادله ۲ به مقادیر بازتابی تبدیل می شوند (Chander et al, 2009).

$$r = \frac{\pi \cdot L\lambda \cdot r^2}{E_{SUN} \cdot \cos T \cdot dr} \quad \text{معادله ۲}$$

در این معادله r تابش بی بعد سیاره ای، $L\lambda$ تابش طیفی، D تعداد روزهای سال و E_{SUN} میانگین تابش خورشیدی و T زاویه خورشیدی به درجه بوده و dr از مقادیر $(1+0.033 \cos D \cdot 2.3.14/365)$ بدست می آید.

در این تحقیق مقادیر LST با بهره گیری از باندهای حرارتی پیشنهاد شده توسط سکر تکین و همکاران (۲۰۱۶) بدست آمد. برای محاسبه LST از مراحل زیر استفاده شد. در اولین مرحله، تابش باند طیفی حرارتی که در بخش قبل به دست آمده بود با استفاده از معادله زیر به دمای روسنایی (BT) تبدیل شد.

$$TB = \frac{k_2}{\ln\left[\left(\frac{k_1}{L\lambda}\right)+1\right]} \quad \text{معادله ۳}$$

در این معادله، مقادیر k_1 و k_2 مقادیر ثابت بوده، $L\lambda$ تابش طیفی و TB دمای روشنایی می باشد. در لندست ۸ مقادیر K_1 و K_2 به ترتیب معادل $774/8853$ و $1321/0789$ بوده است.

در مرحله بعدی، مقادیر LST با استفاده از معادله زیر بدست آمد.

$$LST = \frac{TB}{1 + \left(\frac{\lambda \cdot TB}{\rho}\right) \ln E} \quad \text{معادله ۴}$$

در این معادله λ طول موج موثر در باندهای حرارتی و ρ مقدار ثابت $1/438$ ضربدر 10 به توان 2 بوده و انتشار سطح زمین (E) برای پوشش گیاهی، سازه های انسان ساخت و سطح آب به ترتیب $0/95$ ، $0/92$ و $0/9925$ می باشد (Nichol 1994). انتشار سطح زمین (E) بر اساس شاخص NDVI و روش پیشنهاد شده توسط جیمز مونز و سوبرینو (۲۰۰۳) از طریق معادله زیر برآورد می گردد.

$$d_E = (1 - E_S) \cdot (1 - P_V) + F \cdot E_V \quad \text{معادله ۵}$$

در این معادله d_E توزیع ژئومتریکی از سطح، E_V انتشار از سطح پوشش گیاهی، E_S انتشار از سطح خاک، F فاکتور شکل به میزان ۰/۵۵ و P_V نسبت پوشش گیاهی بوده و از طریق معادله زیر بدست می آید (Bhalli et al, 2012).

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

همچنین انتشار سطح زمین با استفاده از معادله ۷ به شکل زیر بازنویسی می گردد:

$$E = (E_S \cdot P_V) + E_S(1 - P_V) + d_E \quad \text{معادله ۷}$$

شاخص NDVI پرکاربردترین شاخص گیاهی است که با ترکیب دو باند حساس به پوشش گیاهی یعنی باند قرمز و باند مادون قرمز نزدیک (NIR) تهیه می گردد. این شاخص در محدوده بین ۱- و ۱+ قرار دارد. شاخص NDVI از معادله زیر بدست می آید:

$$NDVI = \frac{\rho_{red} - \rho_{NIR}}{\rho_{red} + \rho_{NIR}} \quad \text{معادله ۸}$$

در این معادله ρ_{red} و ρ_{NIR} در تصاویر لندست به ترتیب معرف باند قرمز و مادون قرمز نزدیک می باشد. در لندست ۸ باند قرمز معرف باند ۴ بوده و مادون قرمز معرف باند ۵ می باشد. شاخص NDBI تکنیک موثری در توصیف اطلاعات اشکال ساخته شده به دست انسان می باشد. این شاخص بر اساس تفاوت بین باندهای NIR و MIR محاسبه می گردد. شاخص NDBI به شکل معادله زیر بیان می گردد:

$$NDBI = \frac{\rho_{mir} - \rho_{NIR}}{\rho_{mir} + \rho_{NIR}} \quad \text{معادله ۹}$$

در این معادله ρ_{mir} و ρ_{NIR} در ماهواره لندست ۸ به ترتیب نشان دهنده باند مادون قرمز میانی و باند مادون قرمز نزدیک می باشد. مادون قرمز میانی معرف باند ۶ بوده و با عبارت SWIR1 نیز نشان داده می شود. مادون قرمز نزدیک نیز معرف باند ۵ می باشد.

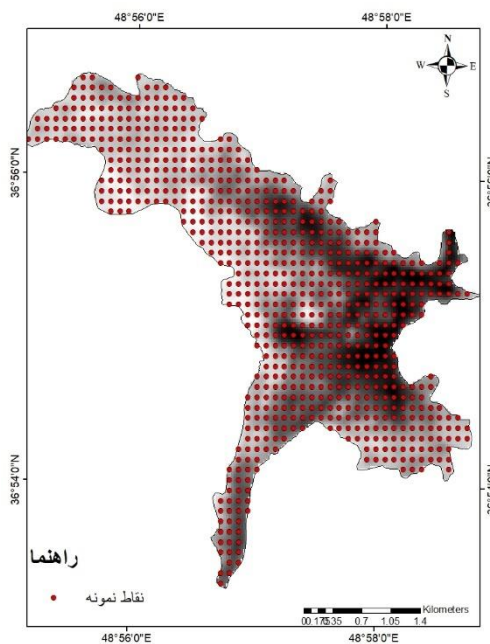
شاخص NDLI شاخص موثری در ارزیابی تبخیر و تعرق پتانسیل از سطوح به شمار می آید. مزیت اصلی شاخص NDLI در بهینه سازی حساسیت طیفی پارامترهای بیوفیزیکی سطح زمین بوسیله ترکیب باندهای سبز، قرمز و مادون قرمز با موج کوتاه بوده است. شاخص NDLI بوسیله معادله زیر برآورد می گردد:

$$NDLI = \frac{\rho_{green} - \rho_{red}}{\rho_{green} + \rho_{red} + \rho_{mir}} \quad \text{معادله ۱۰}$$

در این معادله ρ_{green} ، ρ_{red} و ρ_{mir} به ترتیب معرف باندهای سبز، قرمز و مادون قرمز میانی در تصاویر لندست ۸ هستند. باند سبز، قرمز و مادون قرمز میانی به ترتیب معرف باند های ۳، ۴ و ۶ می باشند.

پس از اینکه با بهره‌گیری از معادله ۲ مقادیر تابشی به مقادیر بازتابی تبدیل شدند مقادیر LULC برای دوره‌های زمانی ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ استخراج گردید. به این منظور از روش SVM استفاده شد. ماشین بردار پشتیبانی یکی از روش‌های یادگیری با نظارت بوده که از طریق نرم افزار Arc GIS این کار را انجام می‌دهد. طبقات LULC در این تحقیق به چهار طبقه پهنه آبی، جنگل، زمین بایر و پوشش گیاهی تقسیم گردید. به این منظور از تصاویر ۷ باند ماهواره لندست در سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ استفاده شد.

برای ارزیابی روابط بین LST و NDVI، NDBI و NDLI در دوره‌های زمانی مورد نظر از ضریب همبستگی پیرسون و R2 استفاده شد. این فرایند در نرم افزار ORIGIN 8 صورت پذیرفت. در این تحقیق برای بررسی تغییرات LST در شهر آبر و روستای کوهکن از شاخص‌های NDVI، NDBI و NDLI بهره گرفته شد. به این منظور مجموعه‌ای از پیکسل‌های مستقل به تعداد ۷۵۵ نقطه به صورت تصادفی از کل منطقه مورد مطالعه انتخاب شده و بین آنها با شاخص LST روابط قابل اندازه‌گیری برقرار گردید.



شکل ۲. تعداد ۷۵۵ نقطه نمونه انتخاب شده برای پردازش نمودار پراکنش و همبستگی بین شاخص‌ها

شرح و تفسیر نتایج

در منطقه شهر آبر و روستای کوهکن، چهار کاربری پهنه آبی، جنگل، زمین های بایر و زمین های کشاورزی شناسایی گردید. توزیع زمانی و مکانی طبقات LULC برای منطقه مورد مطالعه و در بازه های زمانی ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ در شکل های ۶ تا ۸ به تصویر کشیده شده است. جدول ۲ نشان دهنده اطلاعات آماری طبقات LULC می باشند.

جدول ۲. طبقات پوشش و کاربری زمین (LULC) در بازه زمانی ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳

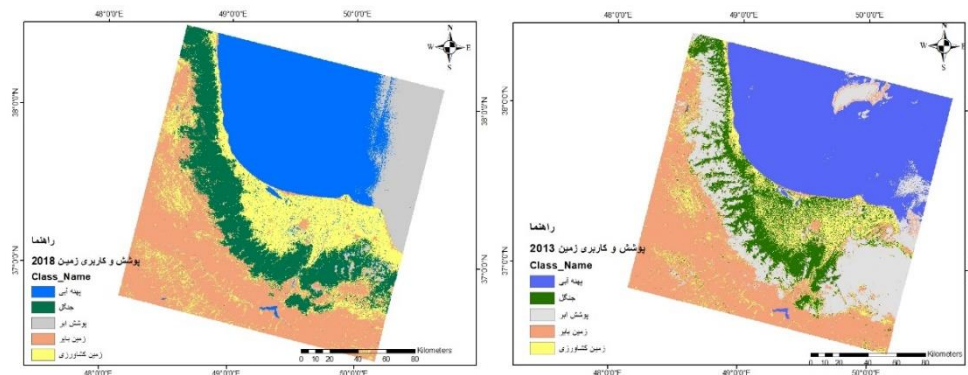
طبقات پوشش و کاربری اراضی	۲۰۱۳			۲۰۱۸			۲۰۲۳		
	تعداد پیکسل	مساحت به کیلومتر مربع	درصد	تعداد پیکسل	مساحت به کیلومتر مربع	درصد	تعداد پیکسل	مساحت به کیلومتر مربع	درصد
زمین بایر	۸۵۴۳	۷/۶۸	۷۳/۴۹	۹۰۹۲	۸/۱۸	۷۸/۲۷	۶۶۹۶	۶/۰۲	۵۷/۶
زمین کشاورزی	۲۳۷۰	۲/۱۳	۲۰/۳۸	۲۵۲۸	۲/۲۷	۲۱/۷۲	۴۸۹۳	۴/۴	۴۲/۱
جنگل	۵۵	۰/۰۴	۰/۳۸	۰	۰	۰	۳۳	۰/۰۲۹	۰/۲۷
پهنه آبی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۸

در سال ۲۰۱۳ طبقه خاک بایر بیشترین سهم LULC را به میزان ۷/۶۸ کیلومتر مربع اختصاص داده است. در این بازه زمانی مساحت زمین کشاورزی معادل ۲/۱۳ کیلومتر مربع یا ۲۰/۳۸ درصد بوده است. سطوح باقیمانده منطقه نیز با جنگل (۰/۰۴ کیلومتر مربع) پوشیده شده است. در سال ۲۰۱۸ خاک بایر با وسعتی معادل ۸/۱۸ کیلومتر مربع همچنان طبقه غالب به شمار آمده است. بر خلاف آن زمین کشاورزی با افزایش اندکی مواجه شده و به ۲۱/۷۲ کیلومتر مربع رسیده است. در سال ۲۰۲۳ زمین های کشاورزی با گسترش قابل توجهی همراه بوده و به ۴/۴ کیلومتر مربع یا ۴۲/۱ درصد کل منطقه رسیده است. در حالیکه زمین بایر نسبت به سال ۲۰۱۸ به ۶/۰۲ کیلومتر مربع کاهش یافته است (جدول ۲).

نتایج این تحقیق نشان می دهد که از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ افزایش اندکی در پهنه های آبی رخ داده است. زمین کشاورزی نیز از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ با افزایش ۲۱/۷۲ درصدی مواجه شده است این در حالیست که حدود ۱۵/۸۹ درصد از مناطق زمین بایر کاهش یافته و به کاربری زمین کشاورزی و پهنه آبی تبدیل شده است. نتایج دلالت بر این دارد که در سال ۲۰۲۳ تغییرات معنی داری در LULC به وقوع پیوسته است. بنابراین بررسی ها آشکار ساخت

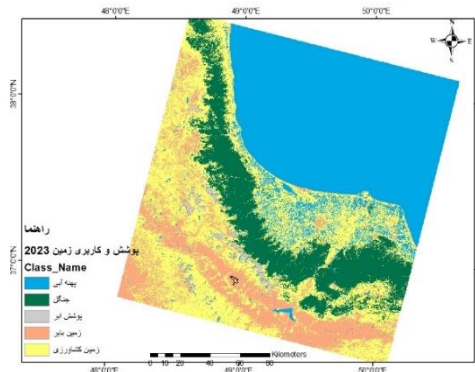
که کاربری زمین تغییرات متنوعی را در زمان و مکان شاهد بوده است. این تغییرات به شهرنشینی سریع و افزایش نیاز به مواد غذایی و به زیر کشت بردن زمین های بیشتر نسبت داده شده است.

البته برای ترسیم نقشه LULC ابتدا مقادیر سیستم ماشین بردار پشتیبانی برای کل تصویر ماهواره ای برای سال های مورد بررسی محاسبه شده و منطقه مورد نظر از آن جدا گردید. نقشه های مربوطه پوشش و کاربری اراضی کل تصاویر ماهواره ای در زیر نمایش داده شده است.

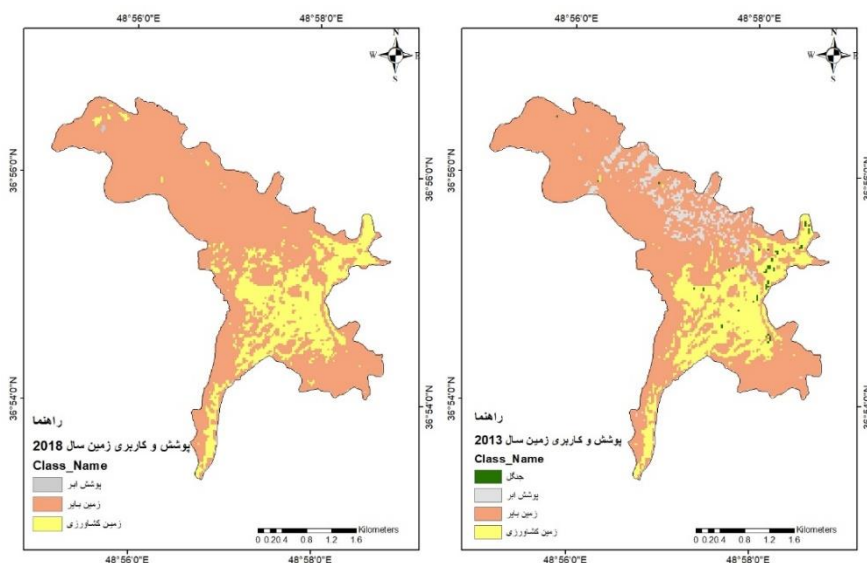


شکل ۳. نقشه LULC در سال ۲۰۱۳

شکل ۴. نقشه LULC در سال ۲۰۱۸

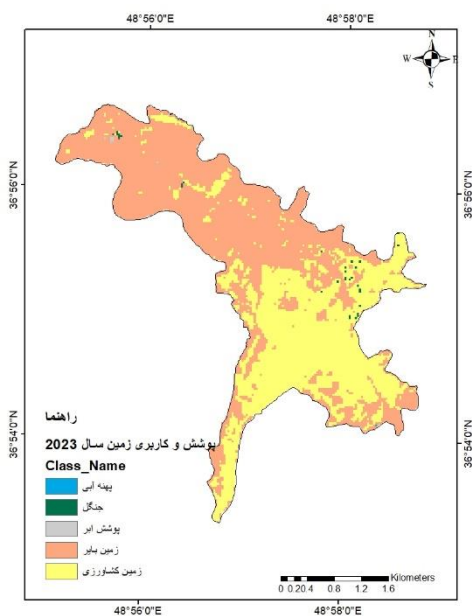


شکل ۵. نقشه LULC برای تصویر ماهواره ای در سال ۲۰۲۳



شکل ۶. پوشش و کاربری زمین در سال ۲۰۱۳

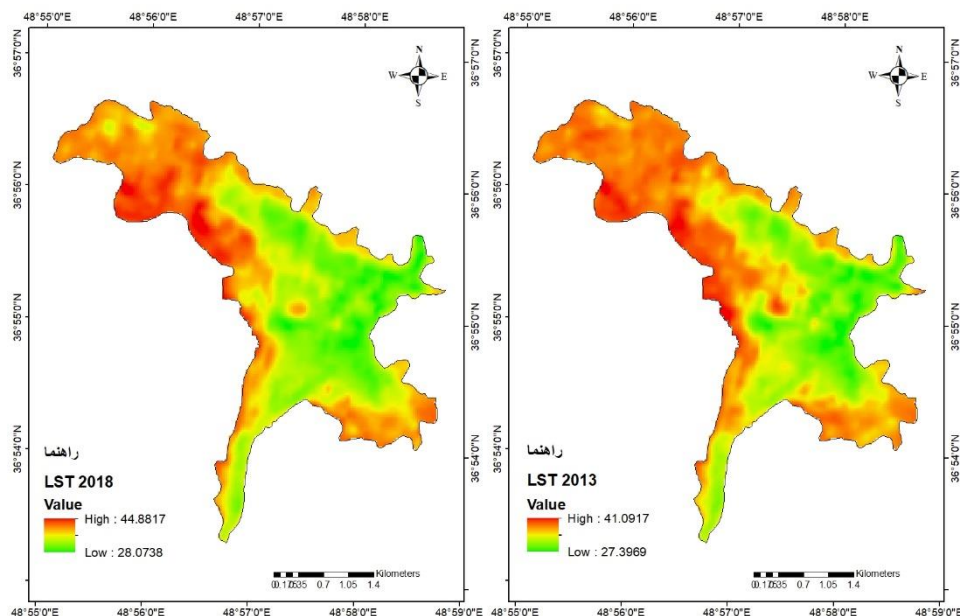
شکل ۷. پوشش و کاربری زمین در سال ۲۰۱۸



شکل ۸. پوشش و کاربری زمین در سال ۲۰۲۳

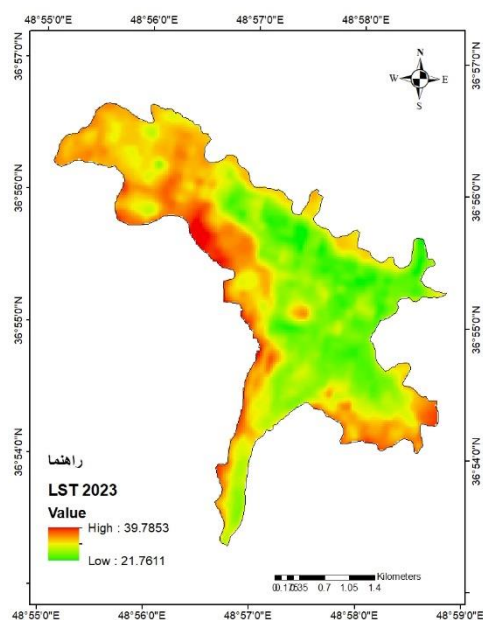
شکل های ۹ تا ۱۱ نشان دهنده توزیع مکانی LST برای سه دوره زمانی ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ می باشد. نتایج نشان می دهد که حداقل و حداکثر LST منطقه مورد مطالعه در تاریخ ۲۶ ژوئن ۲۰۱۳ به ترتیب معادل ۲۷/۳۹ و ۴۱/۰۹ درجه سانتیگراد بوده است. همچنین در تاریخ ۲۴ ژوئن ۲۰۱۸ حداقل و حداکثر LST معادل ۲۸/۰۷ و ۴۴/۸۸ درجه سانتیگراد برآورد گردید. در نهایت مقادیر حداقل و حداکثر در تاریخ ۵ می ۲۰۲۳ مقادیر ۲۱/۷۶ تا ۳۹/۷۸ درجه

سانتیگراد را نمایش داد. بررسی ها نشان داد که بخش مرکزی شهر با بیشترین میزان LST مواجه شده و این میزان با فاصله گرفتن از مرکز شهر کاهش می یابد. همچنین نتایج دلالت بر این دارد که بیشترین مقادیر LST در تمام سه دوره زمانی منطبق با اشکال خشک با ظاهری غیرقابل نفوذ، سنگ ها و سطوح خاک بایر بوده است. این اشکال، بهره وری سطح در جذب انرژی خورشیدی را افزایش داده و انرژی گرمایی را افزایش می دهد. بنابراین دمای شهر نیز با افزایش مواجه شده است. برای مثال سکونتگاه های پر ازدحام و سایر زیرساختها در مراکز شهری در مقایسه با سایر نواحی در سال های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ با مقادیر بالای LST مواجه شده اند. مقادیر کمتر LST در سطوحی با تراکم بالای پوشش گیاهی در بخش های جنوب شرقی شهر آبر و شرق روستای کوهکن مشاهده شد. علت این امر در جذب تابشی برگها بوده که باعث تنظیم انرژی محیط گشته است. بنابراین تغییر پوشش زمین به سایر کاربری های شهری باعث افزایش سریع LST شده است.

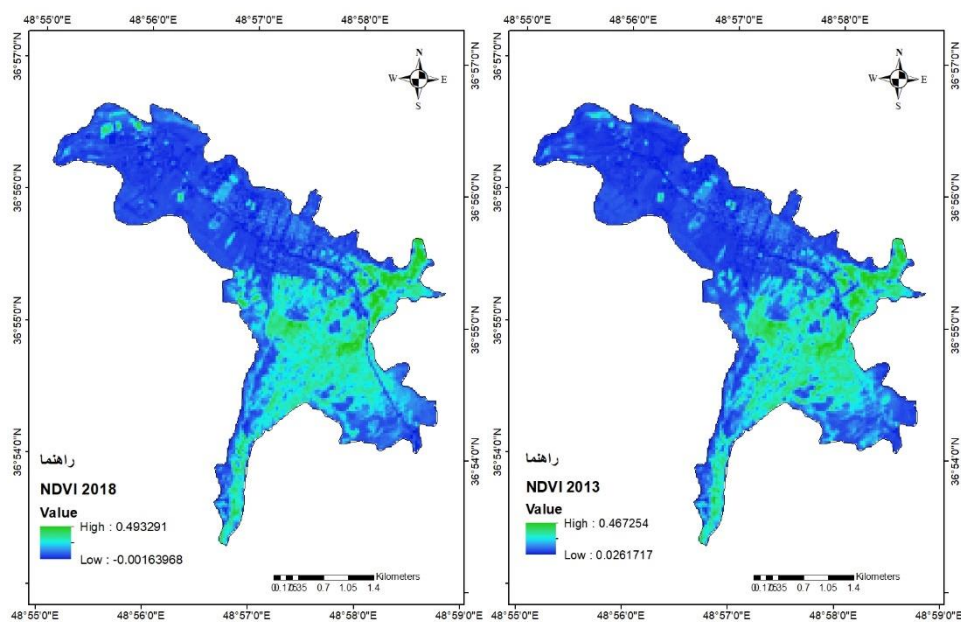


شکل ۱۰. دمای سطح زمین در سال ۲۰۱۸

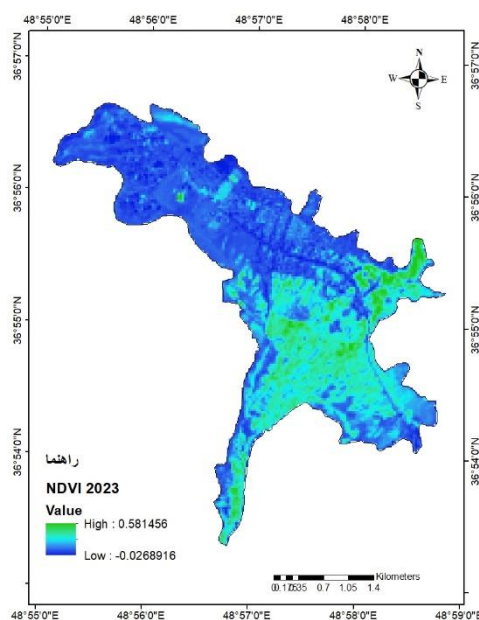
شکل ۹. دمای سطح زمین در سال ۲۰۱۳



شکل ۱۱. دمای سطح زمین در سال ۲۰۲۳

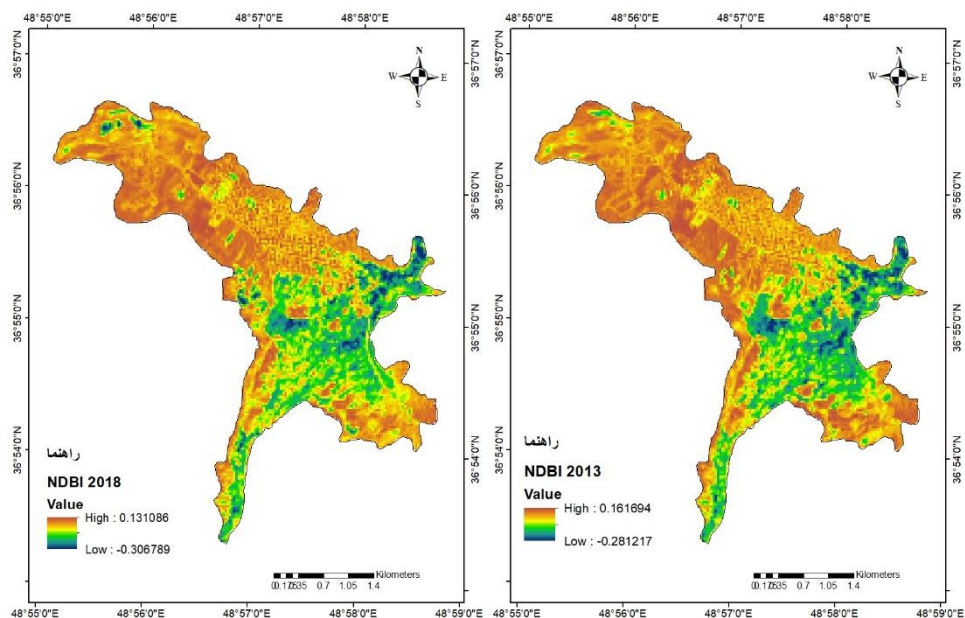


شکل ۱۲. شاخص NDVI در سال ۲۰۱۳ شکل ۱۳. شاخص NDVI در سال ۲۰۱۸



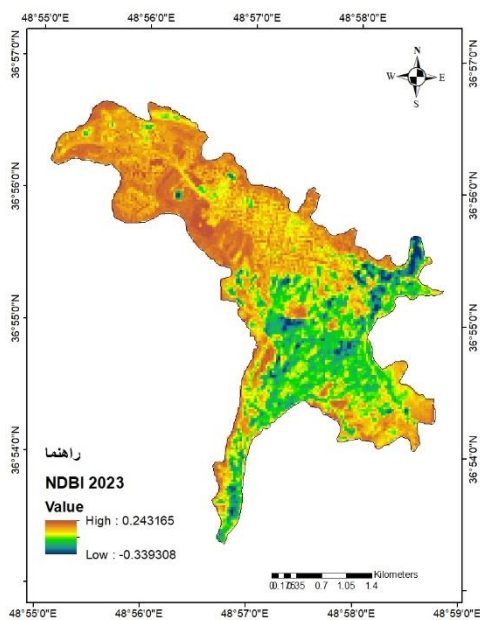
شکل ۱۴. شاخص NDVI در سال ۲۰۲۳

بررسی ها نشان داد که اکثر مناطق در مرکز شهر مقادیر کم NDVI را نمایش می دهند در حالیکه نواحی پیرامونی و مناطق پوشیده شده با پوشش گیاهی دارای مقادیر زیادی از NDVI هستند (شکل های ۱۲ تا ۱۴). این امر دلالت بر این دارد که NDVI دارای رابطه معکوسی با LST بوده است. بنابراین همبستگی آن با LST معکوس می باشد. همچنین، NDBI در بخش مرکزی شهر مقادیر بالایی را نشان داده و برخی مناطق که در معرض نور مستقیم خورشید قرار دارند دارای مقادیر بالایی از LST هستند (شکل های ۱۵ تا ۱۷).



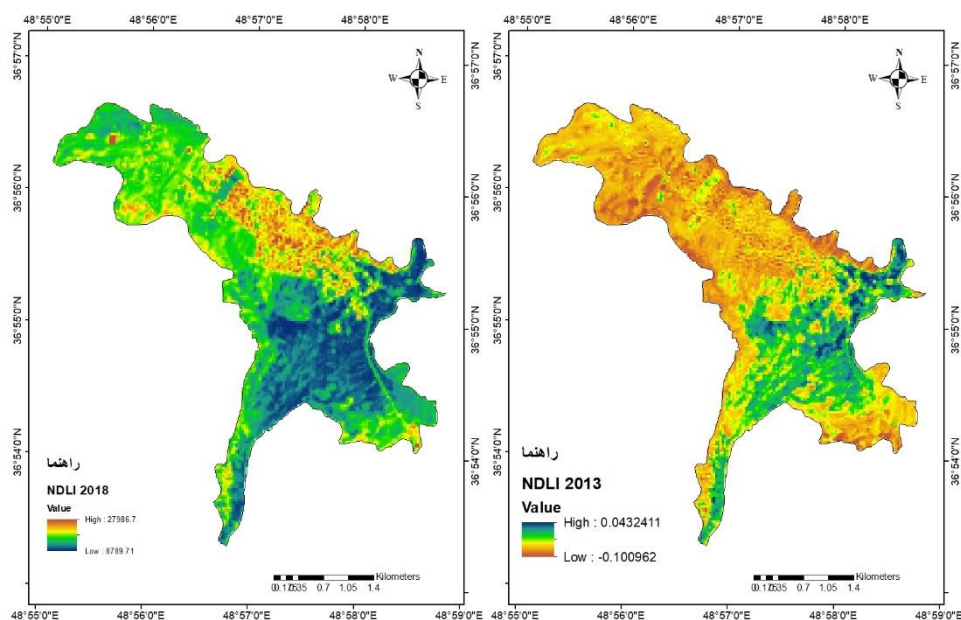
شکل ۱۶. شاخص NDBI در سال ۲۰۱۸

شکل ۱۵. شاخص NDBI در سال ۲۰۱۳

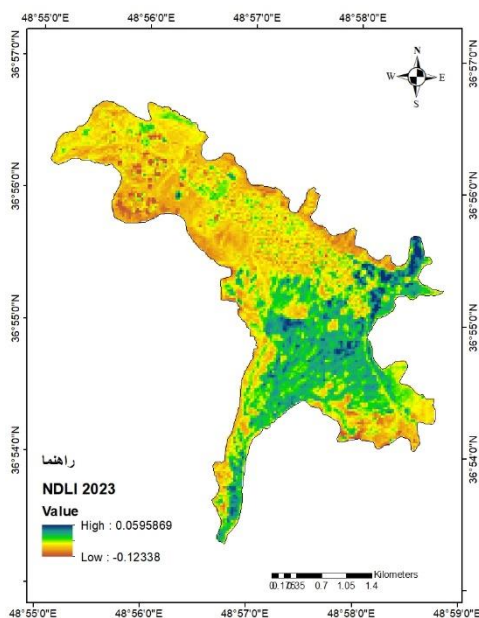


شکل ۱. شاخص NDBI در سال ۲۰۲۳

شاخص NDLI در بخش مرکزی که در آن ساخت و ساز صورت گرفته مقادیر کمی را نشان داده و در در طول پوشش های گیاهی مقادیر بالایی را نشان می دهد (شکلهای ۱۸ تا ۲۰).



شکل ۱۸. شاخص NDVI در سال ۲۰۱۳ شکل ۱۹. شاخص NDVI در سال ۲۰۱۸



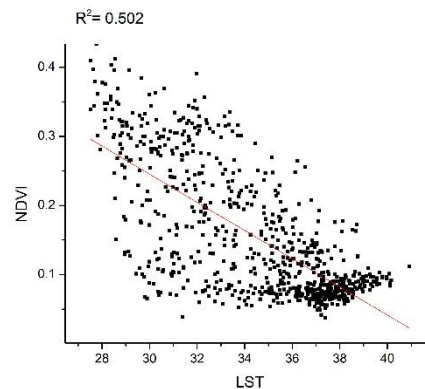
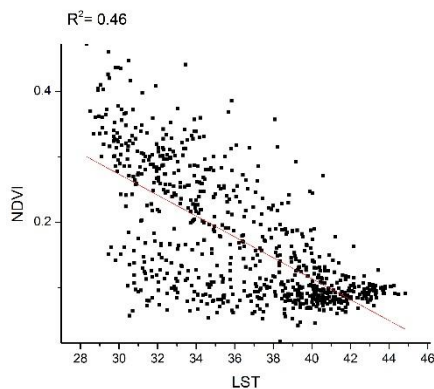
شکل ۲۰. شاخص NDVI در سال ۲۰۲۳

نتایج این تحقیق نشان می دهد که همبستگی منفی بین LST و NDVI وجود داشته است. این میزان برای سال های ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۱ به ترتیب معادل -0.71 ، -0.68 و -0.53 بوده است (شکلهای ۲۱ تا ۲۳). همچنین بررسی ها موید این نکته است که ضریب همبستگی بین LST و NDBI مثبت بوده و برای سال های ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳

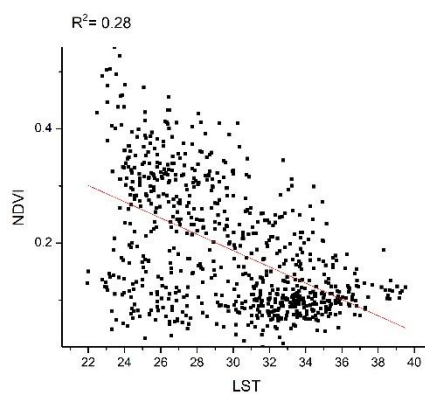
برابر با ۰/۷۵، ۰/۶۹ و ۰/۶۵ بوده است (شکل ۲۴ تا ۲۶). این امر به این معنی است که شهرنشینی تأثیرات فراوانی بر روی دمای سطح زمین بر جای می‌گذارد. در بین شاخص NDVI و LST نیز همبستگی منفی مشاهده شد. همبستگی بین این دو شاخص برای سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ به ترتیب معادل ۰/۶۹، ۰/۷۰ و ۰/۵۷ به دست آمد (شکل‌های ۲۷ تا ۲۹). مقادیر فوق نشان می‌دهد که مقادیر بالای LST منطبق با پهنه‌های کم سطوح آبی بوده است. به عبارتی افزایش پهنه‌های آبی مقدار انتقال آب و تبخیر به سطح جو را افزایش داده و باعث کاهش دمای سطح زمین می‌گردد.

جدول ۳. مقادیر R^2 و ضریب همبستگی بین LST و شاخص‌های NDVI، NDLI و NDBI در سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳

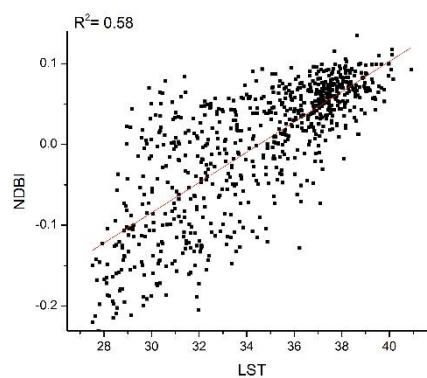
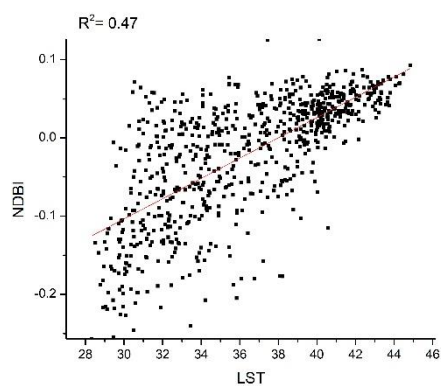
سال	متغیر	مقادیر همبستگی	مقادیر R^2
۲۰۱۳	LST و NDVI	-۰/۷۱	۰/۵۰
	LST و NDLI	-۰/۶۹	۰/۴۸
	LST و NDBI	۰/۷۵	۰/۵۷
۲۰۱۸	LST و NDVI	-۰/۶۸	۰/۴۶
	LST و NDLI	-۰/۷۰	۰/۴۹
	LST و NDBI	۰/۶۹	۰/۴۷
۲۰۲۳	LST و NDVI	-۰/۵۳	۰/۲۸
	LST و NDLI	-۰/۵۷	۰/۳۲
	LST و NDBI	۰/۶۵	۰/۴۲



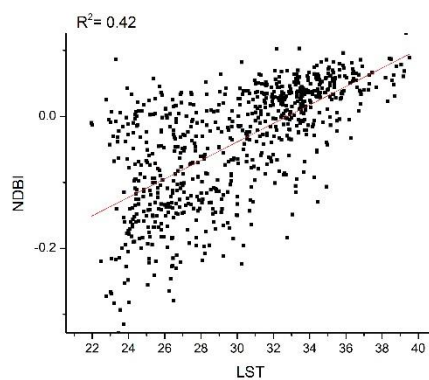
شکل ۲۱. نمودار پراکنش NDVI و LST در سال ۲۰۱۳ شکل ۲۲. نمودار پراکنش NDVI و LST در سال ۲۰۱۸



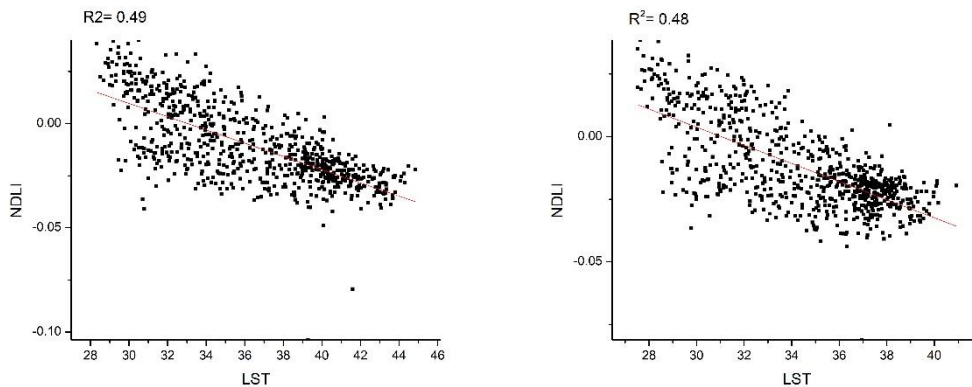
شکل ۲۳. نمودار پراکنش LST و NDVI در سال ۲۰۲۳



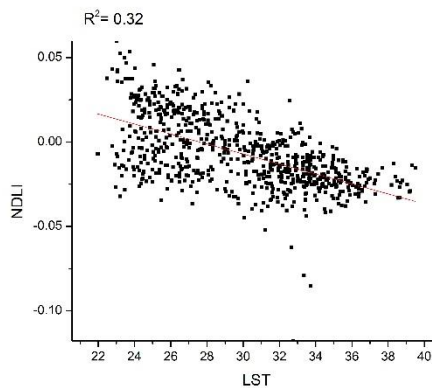
شکل ۲۴. نمودار پراکنش LST و NDBI سال ۲۰۱۳ شکل ۲۵. نمودار پراکنش LST و NDBI سال ۲۰۱۸



شکل ۲۶. نمودار پراکنش LST و NDBI سال ۲۰۲۳



شکل ۲۷. نمودار پراکنش LST و NDVI در سال ۲۰۱۳ شکل ۲۸. نمودار پراکنش LST و NDVI در سال ۲۰۱۸



شکل ۲۹. نمودار پراکنش LST و NDVI در سال ۲۰۲۳

نتیجه گیری

نوع پوشش زمین از زمانی به زمان دیگر دگرگون شده و این دگرگونی باعث تغییر اقلیم شهری می گردد. تداوم و گسترش تغییر کاربری زمین در نهایت بر دمای سطح زمین (LST) در سطح جهان تاثیر می گذارد. بنابراین دیده بانی تغییر کاربری و پوشش زمین (LULC) در فهم روند LST امری حیاتی به شمار می آید. با تاکید بر این نکته، تکنیک سنجش از دور برای دیده بانی منابع محیطی توسعه داده شدند. نتایج این تحقیق دلالت بر این دارد که زمین های کشاورزی در اثر نیاز به منابع غذایی نواحی شهری از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ گسترش یافته و در نتیجه، زمین های بایر با کاهش روبرو شده اند. نتایج نشان می دهد که حداقل و حداکثر مقادیر LST در این بازه زمانی کاهش یافته است. این تحقیق همچنین بیان می کند که پهنه های ساخت و ساز شده و زمین های بایر باعث افزایش مقادیر LST شده اند. این افزایش بیش از آن چیزی است که در پهنه های آبی و پوشش گیاهی به وقوع پیوسته است.

همچنین بین شاخص LST و NDBI همبستگی مثبت مشاهده شد لیکن بین شاخص های LST و NDVI و NDLI همبستگی منفی برقرار بوده است.

منابع

ابرهیمی، علی؛ معتمد وزیری، بهارک؛ ناظم السادات، محمد جعفر و احمدی، حسن. (۱۳۹۹). بررسی رابطه بین دمای سطح زمین با تغییرات پوشش گیاهی و گستره آبی در شهرستان ارسنجان. *نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، سال ۱۱، شماره ۴، ص ۸۶-۶۵.

جمالی، زهرا؛ اونق، مجید و سلمان ماهینی، عبدالرسول. (۱۳۹۸). تحلیل ارتباط دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده در دشت گرگان. *برنامه ریزی و آمایش فضا*، دوره ۲۳، شماره ۳، ص ۱۹۴-۱۷۵.

عابدینی، موسی؛ قلعه، احسان؛ آقازاده، نازفر و محمدزاده شیشه گران، مریم. (۱۳۹۸). پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM، مطالعه موردی شهرستان مشگین شهر. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال ۲۲، شماره ۶۷، ص ۳۹۳-۳۷۵.

فیضی زاده، بختیار؛ دیده بان، خلیل و غلام نیا، 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 سپهر*، دوره ۲۵، شماره ۹۸، ص ۱۸۱-۱۷۱.

نیلیه بروجنی، مرضیه و احمدی ندوشن، مژگان. (۱۳۹۸). بررسی رابطه پوشش گیاهی شهری و درجه حرارت سطح زمین با استفاده از تصاویرهای ماهواره ای لندست TM و OLI و سنجه LST در شهر اصفهان. *فصلنامه علوم محیطی*، دوره ۱۷، شماره ۴، ص ۱۷۸-۱۶۳.

Abdullahi, S.; B.Pradhan. 2018. Land use change modeling and the effect of compact city paradigms: integration of GIS-based cellular automata and weights-of-evidence techniques. *Environ. Earth Sci.* 77, 251.

Alemu, B.; E. Garedew, Z. Eshetu and H. Kassa. 2015. Land use and land cover changes and associated driving forces in north western lowlands of Ethiopia. *Int. Res. J. Agric. Sci. Soil Sci.* 5, 28-44.

Arsiso, B.K.; G.M. Tsidu, H.S. Gerrit and T. Tadesse. 2018. Influence of urbanization-driven land use/cover change on climate: the case of Addis Ababa, Ethiopia. *Phys. Chem. Earth.* 105, 212-223.

Balew, A.; Korme, T. 2020. Monitoring land surface temperature in Bahir Dar City and its surrounding using Landsat images. *Egypt J. Remote Sens. Space Sci.* 23, 371-386.

- Bhalli, M.N.; A.Ghaffar, S.A.Shirazi, N. Parveen and M. Anwar. 2012. Change detection analysis of land use by using geospatial techniques: a case study of Faisalabad-Pakistan. *Sci. Int.* 24, 539–546.
- Bounoua, L.; J. Nigro, P. Zhang, K. Thome and A. Lachir. 2018. Mapping urbanization in the United States from 2001 to 2011. *Appl. Geogr.* 90, 123–133.
- Chander, G.; B.L. Markham and D. Helder. 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sens. Environ.* 113, 893–903.
- Chen, X.L.; H. Zhao, P. Li and Z. Yin. 2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sens. Environ.* 104, 133–146.
- Dewan, A.M.; Yamaguchi, Y. 2009. Using remote sensing and GIS to detect and monitor land use and land cover change in Dhaka Metropolitan of Bangladesh during 1960–2005. *Environ. Monit. Assess.* 150, 237.
- Dissanayake, D.; T. Morimoto, Y. Murayama and M. Ranagalage. 2019a. Impact of landscape structure on the variation of land surface temperature in sub-saharan region: a case study of Addis Ababa using Landsat data (1986–2016). *Sustainability* 11.
- Dubovyk, O.; R. Sliuzas and J. Flacke. 2011. Spatio-temporal modelling of informal settlement development in Sancaktepe district, Istanbul, Turkey. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 66, 235–246.
- Jimenez-Munoz, J.C.; Sobrino, J.A. 2003. A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *J. Geophys. Res.* 108.
- Kalnay, E.; Cai, M. 2003. Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature* 423, 528–2003.
- Lu, Q.; N.B. Chang, J. Joyce, A.S. Chen, D.A. Savic, S. Djordjevic and G. Fu. 2018. Exploring the potential climate change impact on urban growth in London by a cellular automata-based Markov chain model. *Comput. Environ. Urban Syst.* 68, 121–132.
- Lu, Y.; P. Wu, X. Ma and X. Li. 2019. Detection and prediction of land use/land cover change using spatiotemporal data fusion and the Cellular Automata–Markov model. *Environ. Monit. Assess.* 191, 68.
- Moghadam, H.S.; Helbich, M. 2013. Spatiotemporal urbanization processes in the megacity of Mumbai, India: a Markov chains-cellular automata urban growth model. *Appl. Geogr.* 40, 140–149.
- Mumtaz, F. 2020. The relationship between vegetation dynamics and land surface temperature by using different satellite imageries; A case study of Metropolitan cities of Pakistan. *N. Am. Acad. Res.* 3, 1–15.
- Nichol, J.E. 1994. A GIS-based approach to microclimate monitoring in Singapore's high-rise housing estates. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 60, 1225–1232.
- Omar, N.Q.; S.A.M. Sanusi, W.M.W. Hussin, N. Samat and K. Mohammed. 2014. Markov-CA model using analytical hierarchy process and multiregression technique. 7th IGRSM International Remote Sensing & GIS Conference and Exhibition, (in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing).
- Poelmans, L.; Van Rompaey, A. 2009. Detecting and modelling spatial patterns of urban sprawl in highly fragmented areas: a case study in the Flanders–Brussels region. *Landsc. Urban Plan.* 93, 10–19.

- Priyankara, P.; M. Ranagalage, D. Dissanayake, T. Morimoto and Y. Murayama. 2019. Spatial process of surface urban heat island in rapidly growing seoul metropolitan area for sustainable urban planning using landsat data (1996–2017). *Climate* 7.
- Qin, Z.; A. Karnieli, Berliner, P. 2001a. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *Int. J. Remote Sens.* 21, 3719–3746.
- Rajeshwari, A.; Mani, N.D. 2014. Estimation of land surface temperature of dindigul district using landsat 8 data. *Int. J. Res. Eng. Technol.* 3, 122–126.
- Ranagalage, M.; Y. Murayama, D. Dissanayake and M. Simwanda. 2019. The impacts of landscape changes on annual mean land surface temperature in the tropical mountain city of Sri Lanka: a case study of Nuwara Eliya (1996–2017). *Sustainability* 11.
- Seto, K.C.; M. Fragkias, B. Guneralp and M. Reilly. 2011. A meta-analysis of global urban land expansion. *PloS One* 6.
- Simwanda, M.; Murayama, Y. 2018. Spatiotemporal patterns of urban land use change in the rapidly growing city of Lusaka, Zambia: implications for sustainable urban development. *Sustain. Cities Soc.* 39, 262–274.
- Simwanda, M.; M. Ranagalage, R.C. Estoque and Y. Murayama. 2019. Spatial analysis of surface urban heat islands in four rapidly growing African cities. *Remote Sens.* 11.
- Sisay, D.C.; Korme, T. 2019. Understanding land surface temperature on rift areas to examine the spatial variation of urban heat island: the case of Hawassa, southern Ethiopia. *GeoJournal*.
- Solaimani, K.; M. Arekhi, R. Tamartash and M. Miryaghobzadeh. 2010. Land use/cover change detection based on remote sensing data (A case study; Neka Basin). *Agric. Biol. J. N. Am.* 1, 1148–1157.
- Sultana, S.; Satyanarayana, A.N.V. 2018. Urban heat island intensity during winter over metropolitan cities of India using remote-sensing techniques: impact of urbanization. *Int. J. Remote Sens.* 39, 6692–6730.
- Sun, C.; Z. Wu, Z. Lv, N. Yao and J. Wei. 2013. Quantifying different types of urban growth and the change dynamic in Guangzhou using multi-temporal remote sensing data. *Int. J. Appl. Earth Obs Geoinf.* 21, 409–417.
- Thapa, R.B.; Murayama, Y. 2012. Scenario based urban growth allocation in Kathmandu Valley, Nepal. *Landsc. Urban Plan.* 105, 140–148.
- Wu, K.Y.; Zhang, H. 2012. Land use dynamics, built-up land expansion patterns, and driving forces analysis of the fast-growing Hangzhou metropolitan area, eastern China (1978–2008). *Appl. Geogr.* 34, 137–145.
- Zhang, R.; K. Matsushima and K. Kobayashi. 2018. Can land use planning help mitigate transport-related carbon emissions? A case of Changzhou. *Land Use Policy* 74, 32–40.