

مواد و روش‌ها منطقه مطالعه اراضی شهر بوشهر که در ساحل شمالی خلیج فارس، با ابعاد ۲۰ در ۸ کیلومتر با مساحت ۱۰۱۱/۵ کیلومتر مربع و با متوسط حداقل دما ۱۸/۱ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداکثر دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد، میزان رطوبت نسبی بین ۷۵-۵۸ در صد و متوسط بارندگی سالیانه ۲۷۲ میلی‌متر است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل؛ داده سنجنده لندست ۸ (OLI) و سنجنده مادون قرمز حرارتی (TIRS) در سال ۲۰۲۰؛ داده ETM⁺ سال ۲۰۰۵، و داده TM در سال ۱۹۹۰ که از مرکز داده‌های سازمان زمین شناسی ایالات متحده (USGS) دانلود شده است. سنجنده لندست ۸ TIRS دارای دو باند TIR (باندهای ۱۰ و ۱۱) است که در آنها باند ۱۱ دارای عدم قطعیت در کالیبراسیون است. بنابراین، تنها باند ۱۰ TIR (رزولوشن ۱۰۰ متر) برای مطالعه حاضر توصیه شده است. باند ۱۰ TIR به اندازه پیکسل ۳۰×۳۰ متر با روش کانولوشن مکعبی توسط USGS تبدیل گردید. داده‌های Landsat 5 TM تنها دارای یک باند مادون قرمز حرارتی TIR (باند ۶) با وضوح ۱۲۰ متر است که همچنین توسط USGS به اندازه پیکسل ۳۰×۳۰ متر با روش کانولوشن مکعبی تبدیل گردید. برای داده لندست TM⁺ و ETM⁺ وضوح مکانی ۳۰ متر باندهای مرئی به مادون قرمز نزدیک (VNIR) استفاده شد. روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال برای تعیین صحت نقشه طبقه‌بندی کاربری/پوشش اراضی LULC بدست آمده از شاخص آستانه NDVI استفاده شد. در این مطالعه جهت استخراج دمای سطح زمین از الگوریتم تک پنجره‌ای برای بازیابی LST از سنجنده‌های ماهواره لندست چند زمانی استفاده شد. شاخص تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) برای استخراج انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی با استفاده از مقادیر آستانه استفاده شد. این مقادیر آستانه با توجه به تفاوت در محیط فیزیکی متفاوت است. محدودیت‌های آستانه NDVI بر روی تصاویر اعمال شد تا انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی استخراج شود.

نتایج و بحث مقادیر دقت کلی طبقه‌بندی LULC در سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۰ به ترتیب ۷۳/۶٪، ۸۳/۹٪ و ۸۴/۶٪ است. ضرایب کاپا برای طبقات LULC به ترتیب ۰/۷۷، ۰/۸۰ و ۰/۸۴ برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۰ بود. در مطالعه حاضر میانگین دقت

کلی و میانگین ضریب کاپا به ترتیب ۸۰/۷ درصد و ۰/۸۰ بود. بنابراین، طبقه بندی نقشه طبقه‌بندی کاربری/پوشش اراضی بر اساس روش آستانه NDVI قابل قبول می‌باشد. نتایج این تحقیق، افزایش تدریجی (۱/۴ درجه سانتی‌گراد در طول سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۰۵ و ۲ درجه سانتی‌گراد در طول ۲۰۰۵-۲۰۲۰) LST در کل دوره مطالعه را نشان داد. میانگین مقدار LST در سه سال مطالعه کمترین (۳۰/۸۶) درجه سانتی‌گراد) در پوشش گیاهی و بالاترین (۴۹/۰۷) درجه سانتی‌گراد) در زمین‌های بایر و مناطق ساخته شده/مسکونی بود. توزیع مکانی NDVI و LST نشان دهنده یک رابطه معکوس است. بهترین (۰/۹۷) و کمترین همبستگی (۰/۸۰-)، در حالی که همبستگی متوسط (۰/۸۹-) مشاهده شد. همبستگی LST-NDVI بر روی سطح پوشش گیاهی منفی قوی (۰/۸۰-) بود. LST تا حد زیادی توسط ویژگی‌های کاربری اراضی کنترل می‌شود.

نتیجه‌گیری مطالعه حاضر به تحلیل رابطه مکانی و زمانی LST و NDVI در اراضی ساحلی بوشهر با استفاده از ۳ مجموعه داده لندست برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۰ پرداخت. الگوریتم تک پنجره‌ای در استخراج LST استفاده شد. به طور کلی، نتایج نشان داد که LST در سال‌های مطالعه با NDVI رابطه معکوس دارد. وجود پوشش گیاهی از عوامل اصلی منفی بودن زیاد این همبستگی است. رابطه LST-NDVI برای انواع کاربری/پوشش اراضی LULC متفاوت است. در مناطقی با پوشش گیاهی یک رابطه رگرسیون منفی قوی (۰/۸۰-) بین LST و NDVI برقرار است، میانگین LST منطقه مورد مطالعه ۳/۴ درجه سانتی‌گراد طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۲۰ افزایش یافت. تبدیل سایر کاربری اراضی به مناطق ساخته شده و اراضی بایر تأثیر زیادی بر میانگین LST در مناطق شهری دارد. روند تغییرات LST در هر دو منطقه ساخته شده تغییر یافته و بدون تغییر و اراضی بایر افزایشی بود. این مطالعه می‌تواند به عنوان مرجعی برای کاربری اراضی و برنامه ریزی زیست‌محیطی در اراضی ساحلی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: لندست، دمای سطح زمین (LST)، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)، اراضی ساحلی

مقدمه

توسط فرآیند تبدیل اراضی تغییر می‌کنند (۱۲). بنابراین، زمان و مکان دو عامل مهم در پایش دمای سطح زمین (LST) است. این داده‌های مکانی و زمانی LST نیز با تغییرات مکانی تغییر می‌کنند زیرا آزمون خورشید بسته به مکان تغییر می‌کنند. از این رو، بررسی تغییرات مکانی LST در ارتباط با تغییرات کاربری/ پوشش اراضی بسیار مهم است.

شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) یک فاکتور مهم در فرآیندهای بررسی در پایش LST است و در هر مطالعه مرتبط با LST استفاده می‌شود (۳۶). NDVI به طور مستقیم در تعیین گسیل‌مندی سطح زمین استفاده می‌شود و بنابراین یک عامل مهم برای تخمین LST است (۱ و ۲۶). همچنین طبقات کاربری/پوشش اراضی LULC با محدودیت‌های آستانه بهینه در محیط‌های فیزیکی مختلف تعیین می‌شود (۲). به عنوان یک شاخص پوشش گیاهی، NDVI تا حد زیادی به تغییرات زمانی و مکانی بستگی دارد (۹). از این رو، LST نیز با تغییرات زمانی و مکانی، تغییر می‌نماید. بنابراین، ارزیابی زمانی و مکانی LST و NDVI یک فاکتور مهم در تهیه نقشه و پایش دمای سطح زمین (LST)، به ویژه در محیط‌های شهری است. رابطه بین LST با NDVI در بسیاری از مطالعات سنجش از دور، بررسی شده است (۸ و ۳۱). ماهیت و همبستگی این رابطه به مکان و زمان بستگی دارد. به طور کلی، در مناطق گرم، رابطه LST-NDVI منفی است (۱۱ و ۳۷). منفی بودن رابطه با تغییر نوع کاربری/پوشش اراضی LULC در طول زمان تعیین می‌شود. بنابراین تغییرات مکانی و زمانی در این رابطه در کاربری/پوشش اراضی مختلف مشاهده می‌شود. مطالعات متعددی در مورد تجزیه و تحلیل مکانی-زمانی رابطه LST-NDVI انجام شده است (۳، ۳۴ و ۳۵). مطالعات کومار و شکر (۱۷)، متیو و همکاران (۲۰) و سنیگراهی و همکاران (۲۴) نشان داد که LST یک رابطه منفی با NDVI ایجاد می‌کند و این منفی بودن می‌تواند با فصل تغییر کند. این رابطه می‌تواند با تغییر انواع کاربری اراضی نیز تغییر کند. سطح پوشش گیاهی یک همبستگی قوی ایجاد می‌کند و استحکام در اراضی بایر و بدون پوشش گیاهی،

افزایش تغییر کاربری و پوشش زمین در اثر توسعه شهرنشینی باعث افزایش دمای شهرها در مقیاس محلی می‌شود و تا حد زیادی موجب افزایش استرس اکولوژیکی می‌شود (۵، ۱۸، ۱۹ و ۲۲). در حال حاضر، بسیاری از مناطق شهری با تبدیل گسترده کاربری اراضی و ایجاد مناطق گرمایی جدید مواجه هستند (۱۵ و ۳۸). تکنیک‌های سنجش از دور به طور قابل توجهی در تشخیص تغییر کاربری/پوشش زمین (LULC) و پیامدهای آن موثر هستند. سنجنده‌های مختلف ماهواره ای قادر به شناسایی این مناطق تغییر با استفاده از باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک (VNIR) و امواج مادون قرمز کوتاه (SWIR) هستند (۷). علاوه بر الگوریتم‌های طبقه‌بندی مرسوم کاربری/پوشش اراضی، برخی از شاخص‌های طیفی در تشخیص ویژگی‌های اراضی استفاده می‌شوند. شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) را می‌توان به عنوان کاربردی ترین شاخص طیفی در این سناریو در نظر گرفت (۹). اخیراً، باندهای مادون قرمز حرارتی (TIR) نیز در تولید برخی شاخص‌ها برای استخراج انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی استفاده می‌شوند (۲ و ۲۱). این شاخص‌های سنجش از دور در زمینه‌های کاربردی مختلف مانند تهیه نقشه سنگ‌ها و مواد معدنی، تهیه نقشه‌های اراضی جنگل، پایش اراضی کشاورزی، تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی، تهیه نقشه مخاطرات، تهیه نقشه جزایر حرارتی شهری و نظارت و پایش و سایر موارد استفاده می‌شود (۱۴ و ۲۳). دمای سطح زمین (LST) تهیه شده از داده‌های سنجش از دور به طور گسترده در تشخیص جزایر حرارتی شهری و منطقه آسایش اکولوژیکی استفاده می‌شود (۴، ۲۹ و ۳۰). دمای سطح زمین (LST) می‌تواند به طور قابل توجهی در یک کاربری خاص زمین که دارای گسترده وسیع است یا در داخل یک منطقه شهری ناهمگن نسبتاً کوچک تغییر کند (۱۱). میزان بازتاب باند مادون قرمز حرارتی (TIR) در کاربری‌های مختلف زمین LULC متفاوت است و در نتیجه LST تا حد زیادی در یک محیط شهری متفاوت است (۲۷). کاربری/پوشش اراضی اغلب

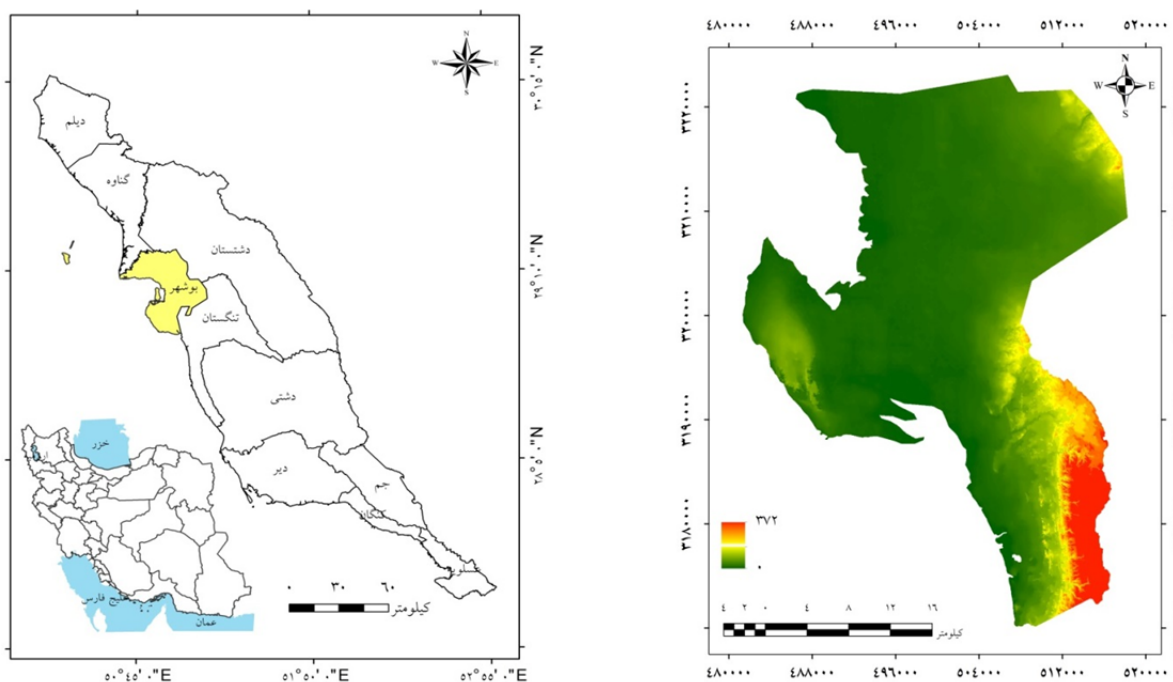
میلی متر در موقعیت جغرافیایی $50^{\circ}50'$ تا $51^{\circ}10'$ طول شرقی و $28^{\circ}40'$ تا $29^{\circ}00'$ عرض شمالی است (شکل ۱). داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل؛ داده سنجنده لندست ۸ (OLI) و سنجنده مادون قرمز حرارتی (TIRS) در سال ۲۰۲۰؛ داده ETM^+ سال ۲۰۰۵، و داده TM در سال ۱۹۹۰ که از مرکز داده های سازمان زمین شناسی ایالات متحده (USGS) دانلود شده است (جدول ۱). سنجنده لندست ۸ TIRS دارای دو باند TIR (باندهای ۱۰ و ۱۱) است که در آن‌ها باند ۱۱ دارای عدم قطعیت در کالیبراسیون است. بنابراین، تنها باند ۱۰ TIR (رزولوشن ۱۰۰ متر) برای مطالعه حاضر توصیه شده است. باند ۱۰ TIR به اندازه پیکسل 30×30 متر با روش کانولوشن مکعبی توسط USGS تبدیل گردید. داده های Landsat 5 TM تنها دارای یک باند مادون قرمز حرارتی TIR (باند ۶) با وضوح ۱۲۰ متر است که همچنین توسط USGS به اندازه پیکسل 30×30 متر با روش کانولوشن مکعبی تبدیل گردید. برای داده لندست TM و ETM^+ وضوح مکانی ۳۰ متر باندهای مرئی به مادون قرمز نزدیک (VNIR) استفاده شد.

مناطق مسکونی و تحت فعالیت ساخت و ساز انسانی و سطح آب کاهش می‌یابد (۱۲).

مطالعه LST و NDVI را در مردادماه در اراضی بوشهر با استفاده از تصویر ماهواره‌ای لندست Landsat برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۰ بررسی می‌کند. نقشه LULC با مقادیر آستانه مناسب NDVI به دست آمد. از اهداف این مطالعه؛ (۱) تجزیه و تحلیل تغییرات زمانی الگوی توزیع مکانی LST در منطقه مورد مطالعه، (۲) تعیین تغییرات مکانی-زمانی رابطه LST-NDVI برای کل اراضی مورد مطالعه، و (۳) بررسی تغییرات مکانی-زمانی رابطه LST-NDVI در انواع مختلف کاربری/ پوشش اراضی.

منطقه و داده‌های مورد مطالعه

منطقه مطالعه اراضی شهر بوشهر که در ساحل شمالی خلیج فارس، با ابعاد ۲۰ در ۸ کیلومتر با مساحت $1011/5$ کیلومترمربع و با متوسط حداقل دما $18/1$ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداکثر دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد، میزان رطوبت نسبی بین ۷۵-۵۸ در صد و متوسط بارندگی سالیانه ۲۷۲



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و مدل رقومی ارتفاعی (DEM)

Fig. 1. Location of the study area and Digital Elevation Model (DEM)

جدول ۱. مشخصات داده‌های لندست مورد استفاده در این مطالعه

Table 1. Specifications of Landsat data sets used in this study

سال	مسیر	اندازه پیکسل	نوع داده	منطقه مطالعه
۱۹۹۰	Path ۱۶۳ - row ۴۱	۲۸/۵ متر	تصویر TM لندست	
۲۰۰۵	Path ۱۶۳ - row ۴۱	۲۸/۵ متر	تصویر ETM ⁺ لندست	اراضی ساحلی
۲۰۲۰	Path ۱۶۳ - row ۴۱	۳۰ متر	تصویر لندست-۸ OLI	بوشهر
		۱۰۰ متر	تصویر لندست-۸ TIRS	

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{CAL} + A_L \quad [2]$$

روش تحقیق

استخراج دمای سطح زمین (LST) از داده‌های لندست

در این رابطه؛ L_{λ} مقدار شدت تابش حرارتی است (Wm^{-2}) در این مطالعه استخراج دمای سطح زمین طی مراحل زیر صورت گرفت (شکل ۲). در ابتدا، الگوریتم تک پنجره‌ای برای بازیابی LST از سنجنده‌های ماهواره لندست چند زمانی (۱۲ و ۲۵)، که در آن از سه پارامتر؛ انتشار زمین، انتقال اتمسفر و دمای متوسط اتمسفر مؤثر استفاده شد. باندهای اصلی TIR (رزولوشن ۱۰۰ متر برای داده های Landsat 8 OLI/TIRS) اخذ شده از مرکز داده USGS به ۳۰ متر تبدیل شد. ارزش پیکسل‌های مادون قرمز حرارتی TIR از عدد رقومی (DN) به درخشندگی تبدیل گردید. تابش برای باندهای TIR داده‌های لندست TM با استفاده از رابطه ۱ تعیین گردید (USGS).

در این رابطه؛ L_{λ} مقدار شدت تابش جهانی بدون واحد است، L_{λ} مقدار شدت تابش حرارتی است ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$)، M_L ضریب هر باند استخراج شده از متادیتا، A_L ضریب طبقه‌بندی مجدد هر باند از متادیتا، Q_{CAL} مقادیر استاندارد (DN) کوانتیزه و کالیبره پیکسل‌های تصویر. کلیه این متغیرها را می‌توان از فایل متادیتا داده‌های لندست ۸ بدست آورد. برای داده‌های لندست ETM⁺، مقدار بازتاب از تابش‌ها با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید (USGS).

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \times L_{\lambda} \times d^2}{ESUN_{\lambda} \times \cos \theta_s} \quad [3]$$

در این رابطه؛ ρ_{λ} بازتاب جهانی بدون واحد است، L_{λ} مقدار شدت تابش حرارتی است ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$)، d فاصله زمین تا خورشید در واحدهای نجومی است، $ESUN_{\lambda}$ میانگین تابش‌های طیفی برون جوی خورشیدی است ($Wm^{-2} \mu m^{-1}$) و θ_s زاویه اوج خورشیدی بر حسب درجه است. $ESUN_{\lambda}$ مقادیر برای هر باند که می‌توان از دفترچه راهنمای لندست به دست آورد. θ_s و d مقادیر را می‌توان از فایل متادیتا به دست آورد. برای داده‌های لندست ۸، تبدیل بازتاب را می‌توان مقادیر DN را با استفاده از رابطه ۴ انجام داد (۱۲).

$$L_{\lambda} = \left[\frac{L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}}{Q_{CALMAX} - Q_{CALMIN}} \right] \times [Q_{CAL} - Q_{CALMIN}] + L_{MIN\lambda} \quad [1]$$

در این رابطه؛ L_{λ} مقدار شدت تابش حرارتی (TOA) است ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$)، Q_{CAL} مقدار پیکسل کالیبره شده کوانتیزه شده در DN است، $L_{MIN\lambda}$ ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$) طیفی است. تابش مقیاس شده به Q_{CALMIN} ، Q_{CALMAX} ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$) تابش طیفی مقیاس شده به Q_{CALMAX} است، Q_{CALMIN} حداقل مقدار پیکسل کالیبره شده کوانتیزه شده در DN است. مقادیر $L_{MAX\lambda}$ ، $L_{MIN\lambda}$ ، Q_{CALMIN} و Q_{CALMAX} از فایل متادیتا داده‌های لندست TM به دست می‌آیند. بازتاب برای لندست ۸ باند مادون قرمز حرارتی TIR از رابطه ۲ محاسبه گردید (۱۲).

$$\rho_{\lambda} = \frac{M_p \times Q_{CAL} + A_p}{\sin \theta_{SE}} \quad [4]$$

در این رابطه؛ M_p ضریب هر باند استخراج شده از متادیتا، A_p عامل تغییر مقیاس افزودنی خاص باند که در متادیتا آورده شده است، Q_{CAL} مقادیر استاندارد (DN) کوانتیزه

درصد پوشش گیاهی F_V ، برای هر پیکسل، از شاخص تفاوت پوشش گیاهی NDVI از رابطه ۸ محاسبه گردید (۱).

$$F_V = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad [8]$$

که در این رابطه؛ NDVI شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (رابطه ۱)، $NDVI_{min}$ و $NDVI_{min}$ به ترتیب کم‌ترین و بیشترین NDVI، که به ترتیب $0/2$ و $0/5$ $NDVI_{max}$ است (۱۳). در نهایت، ε گسیلمندی (توان تشعشعی) سطح زمین با استفاده از رابطه ۹ تعیین گردید.

$$\varepsilon = 0.004 \times F_V + 0.986 \quad [9]$$

در این رابطه؛ ε گسیلمندی (توان تشعشعی) سطح زمین، F_V درصد پوشش گیاهی است. مقدار بخار آب از رابطه ۱۰ تخمین زده شد (۳۳).

$$W = 0.0981 \times \left[10 \times 0.6108 \times \exp \left(\frac{17.27 \times (T_0 - 273.15)}{237.3 + (T_0 - 273.15)} \right) \times RH \right] + 0.1697 \quad [10]$$

در این رابطه؛ w مقدار بخار آب (g/cm^2)، T_0 دمای هوای نزدیک به سطح بر حسب کلون (K)، RH رطوبت نسبی (%). این پارامترهای جوی، مقادیر متوسط ۲ ایستگاه سنپتیک است که از مرکز هواشناسی بوشهر به دست آمد. انتقال اتمسفر برای شهر بوشهر با استفاده از رابطه ۱۱ تعیین شد.

$$\tau = 1.031412 - 0.11536w \quad [11]$$

در این رابطه؛ τ عبور کل اتمسفر، ε تابش سطح زمین است.

استخراج انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی با استفاده از مقادیر NDVI

شاخص تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) می‌تواند انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی را با استفاده از مقادیر آستانه

و کالیبره پیکسل‌ها و θ_{SE} زاویه ارتفاع خورشید منطقه استخراج شده از فایل متادیتا است. از رابطه ۵ برای تبدیل تابش طیفی به دمای روشنایی در سنجنده استفاده می‌شود (۳۲).

$$T_b = \frac{K_2}{\ln \left(\frac{K_1 + 1}{L_\lambda} \right)} \quad [5]$$

در این رابطه؛ T_b دمای روشنایی بر حسب کلون (K) است. L_λ مقدار شدت تابش حرارتی بر حسب $Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ ، k_1 و k_2 ثابت‌های کالیبراسیون هستند. برای داده‌های لندست ۸، $k_1 = 774/89 Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ و $k_2 = 1321/0.8$ برای داده‌های لندست ETM^+ ، $k_1 = 607/76 Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ و $k_2 = 126/0.56 Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ انتشار سطح زمین، با استفاده از روش مقادیر NDVI، تخمین زده شد (۲۶). در روش مقادیر NDVI، برای مقادیر NDVI سه حالت وجود دارد؛ الف) $NDVI < 0/2$ نشان دهنده خاک لخت؛ ب) $0/5 < NDVI$ نشان دهنده پوشش گیاهی. ج) $0/5 < NDVI <= 0/2$ اراضی با ترکیب خاک لخت و پوشش گیاهی. در نهایت ε از رابطه ۶ تخمین زده شد.

$$\varepsilon = \varepsilon_V F_V + \varepsilon_S (1 - F_V) + d_\varepsilon \quad [6]$$

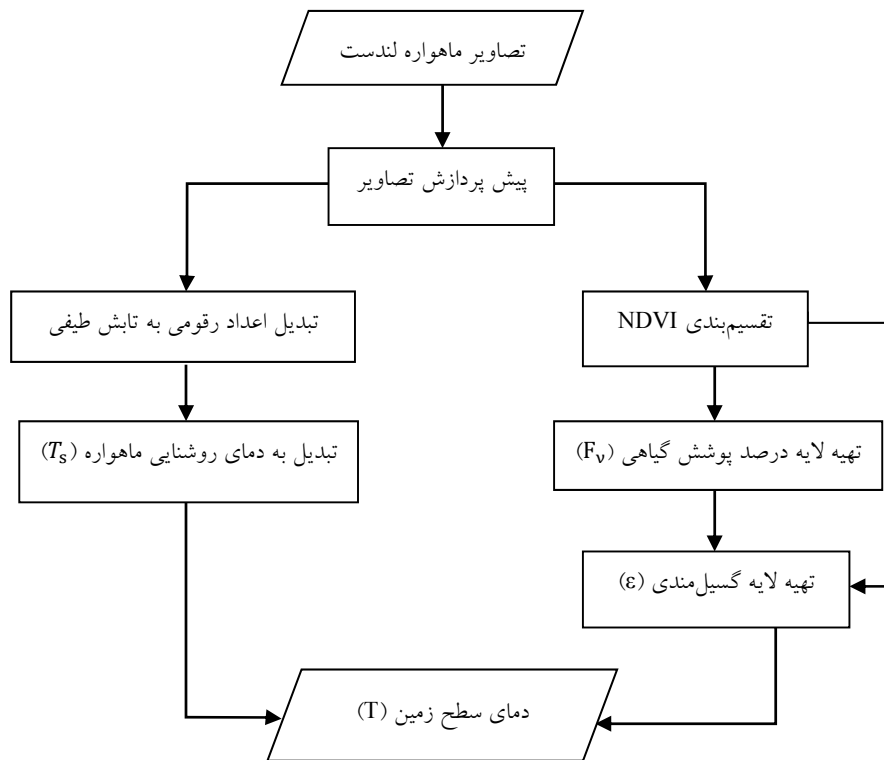
در این رابطه؛ ε گسیلمندی (توان تشعشعی) سطح زمین است، ε_V انتشار پوشش گیاهی است، ε_S انتشار خاک، F_V درصد پوشش گیاهی است، d_ε اثر توزیع هندسی سطوح طبیعی و بازتاب‌های داخلی است که از رابطه ۷ تعیین می‌گردد.

$$d_\varepsilon = (1 - \varepsilon_S)(1 - F_V)F\varepsilon_V \quad [7]$$

که در این رابطه؛ ε_V انتشار پوشش گیاهی، ε_S انتشار خاک، F_V درصد پوشش گیاهی است، F یک ضریب شکل است که میانگین آن $0/55$ است، که در این حالت مقدار d_ε برای سطوح مخلوط اراضی $0/2$ در نظر گرفته می‌شود (۲۶).

مناسب NDVI مورد استفاده برای استخراج پوشش گیاهی (فضای سبز، مرتع، اراضی کشاورزی) ($>0/2$)، اراضی مرطوب (<0)، منطقه ساخته شده/ اراضی بایر، شن‌زار، شورزار ($0/2 -$) در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

استخراج کند (۲ و ۱۶). این مقادیر آستانه می‌تواند با توجه به تفاوت در محیط فیزیکی متفاوت باشد. محدودیت‌های آستانه NDVI بر روی تصاویر اعمال شد تا انواع مختلف مختلف کاربری/پوشش اراضی استخراج شود. جدول ۲ حدود آستانه



شکل ۲. مراحل استخراج تصویر دمای سطح زمین

Fig. 2. Extraction steps of land surface temperature

جدول ۲. انواع مختلف کاربری اراضی/پوشش گیاهی استخراج شده از شاخص NDVI

Table 2. NDVI used for extracting different types of LULC

مقادیر آستانه NDVI برای استخراج انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی				شاخص	رابطه
پوشش گیاهی	اراضی	منطقه ساخته شده/ اراضی بایر،			
(فضای سبز، مرتع، کشاورزی)	مرطوب	شن‌زار، شورزار			
$>0/2$	<0	$(0-0/2)$			
					$\frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$
					شاخص تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)

LULC در سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۰ به ترتیب ۷/۳۶٪، ۸۳/۹٪ و ۸۴/۶٪ است. ضرایب کاپا برای طبقات LULC به ترتیب ۰/۷۷، ۰/۸۰ و ۰/۸۴ برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۰ بود. مقدار ضریب کاپا $<0/75$ نشان دهنده دقت بالای روش طبقه‌بندی است (۹). در مطالعه حاضر میانگین دقت کلی

نتایج و بحث

ارزیابی صحت طبقات کاربری/پوشش اراضی

روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال برای تعیین صحت نقشه طبقه‌بندی کاربری/پوشش اراضی LULC بدست آمده از شاخص آستانه NDVI استفاده شد. مقادیر دقت کلی طبقه‌بندی

و میانگین ضریب کاپا به ترتیب ۸۰/۷ درصد و ۰/۸۰ بود. اساس روش آستانه NDVI قابل قبول می‌باشد (جدول ۳). بنابراین، طبقه‌بندی نقشه طبقه‌بندی کاربری/پوشش اراضی بر

جدول ۳. ماتریس خطا و صحت کلی طبقه‌بندی برای تصاویر طبقه‌بندی شده (۱۹۹۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۰)

Table 3. Error matrix and overall classification accuracy for classified images (1990, 2005 and 2020)

ضریب کاپا	صحت طبقه‌بندی (%)		داده‌های مرجع								طبقات کاربری اراضی	
	دقت کاربر	دقت تولیدکننده	بایر	زمین مرطوب	شن زار	شوره زار	فضای سبز	مرتع	مسکونی	کشاورزی		
۰/۷۷	۱۰۰	۳۰/۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸	کشاورزی	
	۸۹/۵	۸۹/۵	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱۷	۰	مسکونی	
	۷۱/۲	۹۷/۲	۷	۳	۷	۱۰	۰	۱۰۴	۰	۱۵	مرتع	
	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۴	۰	۰	۰	اطلاعات طبقه - فضای سبز	
	۶۷/۳	۶۶	۳	۱۲		۳۳	۰	۱	۰	۰	بندی شده سال ۱۹۹۰ - شوره زار	
	۶۶/۷	۵۸/۸	۰	۰	۱۰	۰	۰	۲	۰	۳	شن زار	
	۸۳/۳	۴۸/۴	۰	۱۵	۰	۳	۰	۰	۰	۰	زمین مرطوب	
	۷۱/۴	۵۷/۷	۱۵	۱	۰	۳	۰	۰	۲	۰	بایر	
		۷۳/۶										صحت کل
		۷۶/۹	۵۸/۸	۰	۰	۲	۰	۰	۳	۰	۸	کشاورزی
۰/۸۰	۷۹/۳	۷۹/۳	۳	۰	۱	۵	۰	۰	۱۷	۰	مسکونی	
	۸۷/۵	۹۴/۳	۲	۴	۶	۷	۰	۱۲۲	۴	۷	مرتع	
	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۱۳	۰	۰	۰	اطلاعات طبقه - فضای سبز	
	۷۵	۷۵	۳	۳	۰	۲۴	۰	۰	۵	۰	بندی شده سال ۲۰۰۵ - شوره زار	
	۷۷/۸	۶۳/۶	۰	۰	۲۴	۱۵	۰	۵	۰	۰	شن زار	
	۷۹/۴	۷۵	۵	۳۲	۲	۲	۰	۴	۶	۰	زمین مرطوب	
	۸۸/۹	۷۶/۲	۱۶	۰	۰	۱	۳	۹	۵	۴	بایر	
		۸۳/۹										صحت کل
		۸۱/۶	۸۶/۱	۲	۷	۶	۳	۱	۷	۲	۴۳	کشاورزی
		۸۷	۹۷/۶	۲	۴	۳	۱	۱	۳	۴۰	۰	مسکونی
۰/۸۴	۸۸/۶	۹۶/۲	۴	۷	۷	۱۲	۰	۸۵	۰	۴	مرتع	
	۱۰۰	۵۰	۵	۱	۱	۲	۱۳	۷	۵	۰	اطلاعات طبقه - فضای سبز	
	۸۱/۳	۷۴/۳	۲	۳	۰	۲۶	۰	۰	۱	۰	بندی شده سال ۲۰۲۰ - شوره زار	
	۸۴/۶	۶۴/۷	۴	۳	۸	۶	۲	۳	۳	۷	شن زار	
	۸۱/۵	۷۱	۱	۳۵	۸	۶	۱	۵	۳	۶	زمین مرطوب	
	۵۵/۶	۴۱/۷	۷	۸	۴	۴	۲	۱	۴	۴	بایر	
		۸۴/۶										صحت کل

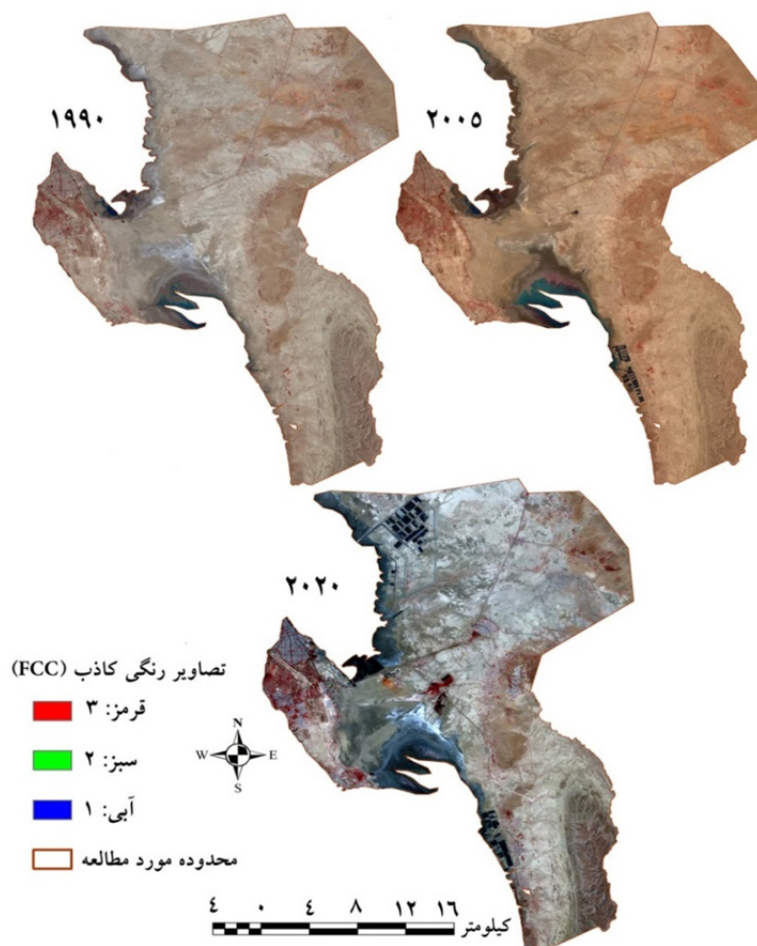
اعداد جدول تعداد نقاط نمونه‌های تعلیمی در هر کاربری اراضی است که برای تعیین صحت طبقه‌بندی استفاده شده است.

ارزیابی استخراج انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی با استفاده از NDVI

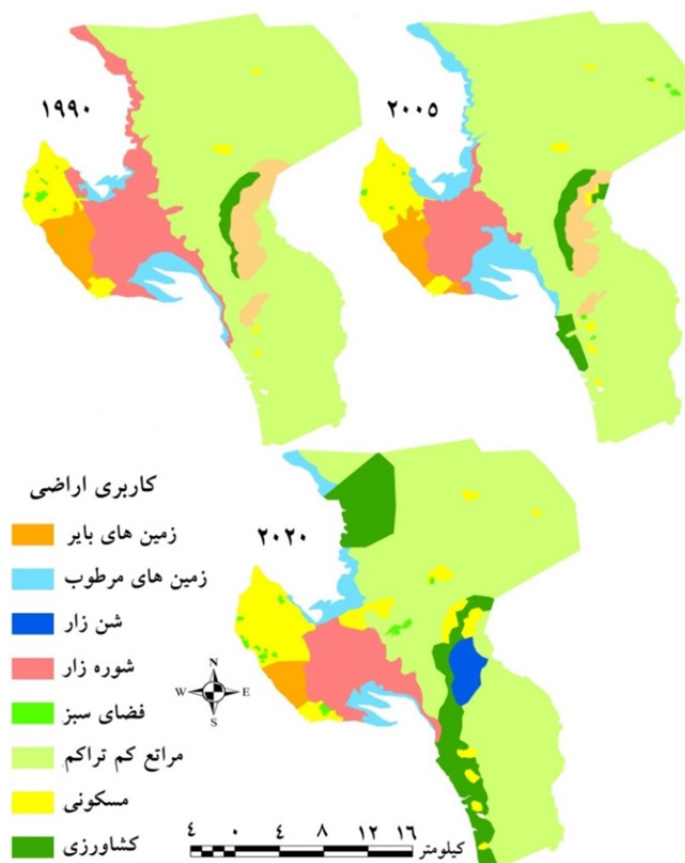
شکل ۳ تصاویر FCC و نقشه های LULC از تصاویر لندست برای سال های ۱۹۹۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد.

نقشه‌های LULC با استفاده از محدودیت‌های آستانه NDVI برای انواع مختلف LULC در محیط نرم افزار ArcGIS تولید شد (شکل ۴). در سال ۱۹۹۰، مناطق ساخته‌شده و زمین‌های بایر عمدتاً در بخش‌های شرقی و میانی شهر یافت می‌شود.

تبدیل اراضی کاهش سطح پوشش گیاهی را به ویژه طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۴ تسریع می‌کند. بخش عمده پوشش گیاهی عمدتاً در قسمت شرقی منطقه مورد مطالعه یافت می‌شود.



شکل ۳. تصاویر ماهواره‌ای رنگی کاذب FCC محدوده مورد مطالعه
Fig. 3. FCC satellite images of the study area



شکل ۴. نقشه‌های انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی LULC با استفاده از شاخص NDVI
 Fig. 4. Maps of different land use/land cover (LULC) types using NDVI index

میانگین واریانس تغییرات LST برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۰ به ترتیب ۰/۱۵، ۰/۱۶ و ۰/۱۴ است. در مورد NDVI، حداکثر مقدار به تدریج با زمان کاهش می‌یابد (شکل ۵). مقایسه شکل‌های ۵ نشان می‌دهد که نسبت پوشش گیاهی به تدریج با گذشت زمان کاهش می‌یابد و NDVI با LST رابطه معکوس دارد.

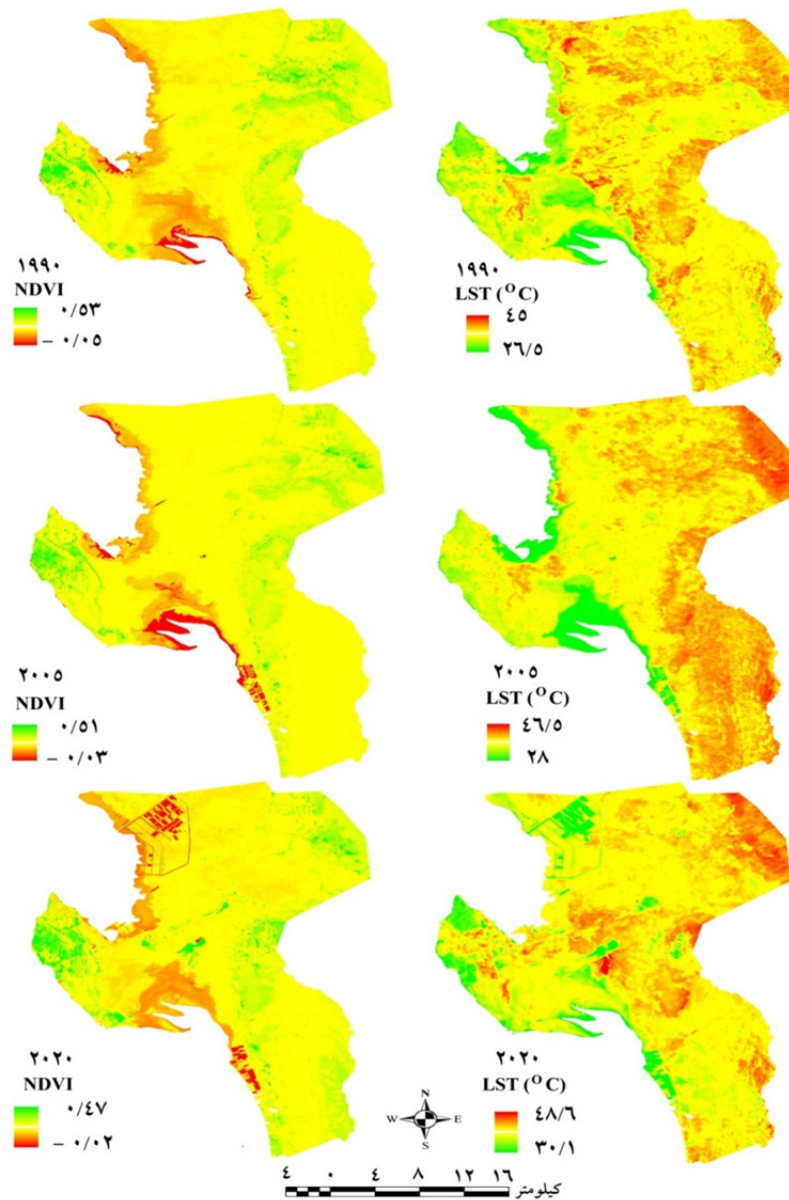
ارزیابی ویژگی‌های تغییرات زمانی و مکانی LST و NDVI مقادیر LST و NDVI برای داده‌های ماهواره‌ای سال‌های مختلف مطالعه در جدول ۴ ارائه شده است. شکل ۵ حداکثر مقادیر LST ۴۵ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۹۹۰، ۴۶/۵ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۰۵ و ۴۸/۶ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۲۰ است. حداقل میانگین LST برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۰ به ترتیب ۲۶/۵، ۲۸ و ۳۰/۱ درجه سانتی‌گراد است.

جدول ۴. تغییرات زمانی رابطه LST، NDVI، و LST-NDVI (۱۹۹۰-۲۰۲۰)

Table 4. Temporal variation of LST, NDVI, and LST-NDVI relationship (1990–2020)

ضریب همبستگی برای LST-NDVI	NDVI			LST (°C)			سال		
	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	میانگین		حداکثر	حداقل
-۰/۸۷ *	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۵۳	-۰/۰۵	۵/۹	۳۸/۳	۴۵	۲۶/۵	۱۹۹۰
-۰/۹۰ *	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۵۱	-۰/۰۳	۵/۴	۳۹/۷	۴۶/۵	۲۸	۲۰۰۵
-۰/۹۲ *	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۴۷	-۰/۰۲	۵/۱	۴۱/۷	۴۸/۶	۳۰/۱	۲۰۲۰

* نشان دهنده وجود همبستگی معنی‌دار، در سطح ۵٪ است.



شکل ۵. توزیع مکانی دمای سطح زمین LST و شاخص تفاوت پوشش گیاهی NDVI

Fig. 5. Spatial distribution of LST and NDVI

مناطق ساخته شده و زمین های بایر دارای مقادیر LST متوسط تا زیاد هستند.

تغییرات دمای سطح زمین با تغییرات در کاربری/پوشش اراضی

نتایج آزمون t جفتی تغییر در میانگین دمای سطح زمین در انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی با توجه به مقدار Sig. که به

رابطه بین LST و LULC

LST منطقه مورد مطالعه به طور قابل توجهی به انواع LULC وابسته است. در واقع، این روش انتشار مبتنی بر آستانه NDVI برای استخراج LST پیکره های آبی مناسب نیست. با این حال، نتیجه تحقیق حاضر نشان می دهد که منطقه با پوشش گیاهی سبز دارای مقادیر LST پایین است، در حالی که

مساحت ساخته شده و زمین بایر افزایش یافته در حالی که پوشش گیاهی و بدنه آبی کاهش یافته است. میانگین LST مناطق ساخته شده/ مسکونی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ (۱/۵) درجه سانتی‌گراد) و از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ (۳/۸) درجه سانتی‌گراد، افزایش یافته است. منطقه سبز دارای پوشش گیاهی بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ به منطقه ساخته شده و زمین‌های بایر تبدیل شده است که ۳/۰۴ درجه سانتی‌گراد میانگین LST افزایش یافته است، و میانگین دمای سطح زمین ۲/۲۵ درجه سانتی‌گراد بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ افزایش یافته است.

ترتیب برای سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۲۰ و ۲۰۰۵-۲۰۲۰، ۰/۰۱۲ و ۰/۰۰۹ بوده و از ۰/۰۵ کوچکتر است، نتیجه می‌شود که بین تغییر در میانگین دمای سطح زمین در انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۵). جدول ۶ تغییرات زمانی در دمای سطح زمین LST را با تغییرات در انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی LULC را نشان می‌دهد. زمین به منطقه ساخته شده یا زمین بایر از انواع دیگر LULC، به عنوان مثال، پوشش گیاهی یا توده های آبی تبدیل می‌شود.

جدول ۵. نتایج آزمون t جفتی تغییر در میانگین دمای سطح زمین در انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی

Table 5. Paired t-test results of change in mean land surface temperature in different types of land use/cover

میانگین	انحراف معیار	انحراف معیار میانگین خطا	تفاوت در سطح اطمینان ۹۵٪		t	درجه آزادی	Sig.
			حد بالا	حد پایین			
سال ۱۹۹۰-۲۰۲۰	۲/۶۵	۰/۷۹	-۰/۷۸	-۴/۵۲	-۳/۳۵	۷	۰/۰۱۲*
سال ۲۰۰۵-۲۰۲۰	۱/۶۳	۰/۴۵	-۰/۵۶	-۲/۷۰	-۳/۶۱	۷	۰/۰۰۹*

* نشان دهنده وجود همبستگی معنی‌دار، در سطح ۵٪ است.

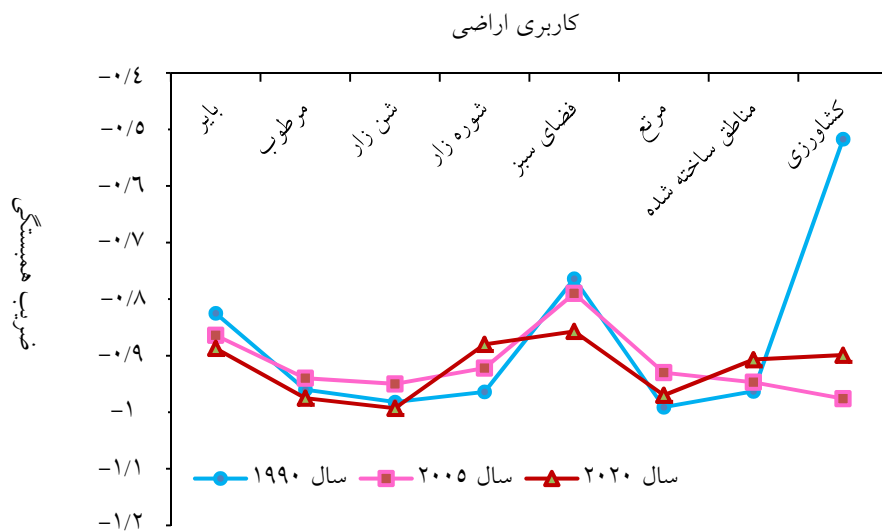
رابطه LST-NDVI برای سه دوره مطالعه ۰/۹۴- بود. قبادی و همکاران (۶) و گوها و همکاران (۱۱) رابطه منفی LST-NDVI را گزارش کردند. یو و همکاران (۳۷) یک رابطه منفی LST-NDVI را ارائه کردند، و نشان دادند که این رابطه در انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی متفاوت است. سان و کافاتوس (۲۸) همبستگی LST-NDVI در فصل گرم را منفی بدست آوردند. این رابطه در شهر ریپور منفی بود (۱۲). مطالعه حاضر همچنین نشان داد که همبستگی LST-NDVI منفی است. مقدار ضریب همبستگی با میزان رطوبت سطح رابطه معکوس دارد، یعنی منفی بودن رابطه با افزایش رطوبت سطح افزایش می‌یابد.

تغییرات زمانی در رابطه LST-NDVI

شکل ۶ تغییرات زمانی ضرایب همبستگی روابط LST-NDVI را در انواع مختلف LULC را نشان می‌دهد. در پوشش گیاهی، روابط LST-NDVI در هر سال ۱۹۹۰ دارای رگرسیون ضعیف تر ۰/۷۶- است، در حالی که سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۲۰، به ترتیب دارای رگرسیون منفی متوسط تا قوی، ۰/۷۹- و ۰/۸۶- است. از آنجایی که NDVI یک شاخص پوشش گیاهی است، رابطه LST-NDVI به شدت تحت تأثیر پوشش گیاهی است. در زمین‌های بایر، مقادیر ضریب همبستگی ۰/۸۲- در سال ۱۹۹۰، ۰/۸۶- در سال ۲۰۰۵ و ۰/۸۸- در سال ۲۰۲۰ است. در منطقه ساخته شده میانگین مقادیر ضریب همبستگی

جدول ۶. تغییر در میانگین دمای سطح زمین (°C) با تبدیل انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی
Table 6. Change in mean LST (°C) with the conversion of different types of LULC

۲۰۰۵-۲۰۲۰			۱۹۹۰-۲۰۲۰			تبدیل انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی
۲۰۰۵-۲۰۲۰	۲۰۲۰	۲۰۰۵	۱۹۹۰-۲۰۲۰	۲۰۲۰	۱۹۹۰	
۲/۲	۴۴/۳	۴۲/۱	۳/۵	۴۴/۳	۴۰/۸	زمین‌های بایر
۲/۱	۳۱/۶	۲۹/۵	۳/۱	۳۱/۶	۲۸/۵	زمین‌های مرطوب
۱/۵	۴۳/۲	۴۴/۷	۲/۸	۴۳/۲	۴۶	شن زار
۲/۲	۴۵/۴	۴۳/۲	۴/۳	۴۵/۴	۴۱/۳	شوره زار
۱/۶۸	۳۲/۰۸	۳۰/۴	۳/۰۴	۳۲/۰۸	۲۹/۰۴	فضای سبز
۲	۴۳/۴	۴۱/۴	۳/۶	۴۳/۴	۳۹/۸	مراتع کم تراکم
۲/۳	۴۶/۷	۴۴/۴	۳/۸	۴۶/۷	۴۲/۹	مناطق ساخته شده/مسکونی
۲/۱	۴۳/۷	۴۱/۶	۲/۹	۴۳/۷	۴۰/۸	کشاورزی



شکل ۶. تغییرات زمانی ضریب همبستگی رابطه LST-NDVI در انواع مختلف LULC
Fig. 6. Temporal variation of LST-NDVI relationship on different types of LULC

رابطه آماری دقیق بین LST و انواع LULC دارد. بنابراین، تجزیه و تحلیل روابط رگرسیون برای نشان دادن روابط LST با انواع LULC مورد نیاز است. در این راستا، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) نقش مهمی در تجزیه و تحلیل رابطه آماری LST- LULC دارند. مطالعه حاضر به تحلیل رابطه مکانی و زمانی LST و NDVI در اراضی ساحلی بوشهر با استفاده از ۳ مجموعه داده

نتیجه‌گیری

ارزیابی ترکیب بیوفیزیکی شهری و تغییرات کاربری/پوشش اراضی LULC برای مدیریت پایدار محیط‌های شهری در کاهش اثرات LST بسیار مهم است. بنابراین، تجزیه و تحلیل الگوهای مکانی LST و تغییرات آن در انواع مختلف LULC جنبه اساسی مطالعات LST است. پایش LST به تنهایی برای مطالعه آب و هوای شهری کافی نیست زیرا نیاز به یک

تغییر و اراضی بایر افزایشی بود. این مطالعه می‌تواند به عنوان مرجعی برای کاربری اراضی و برنامه ریزی زیست محیطی در اراضی ساحلی مورد استفاده قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

این مقاله بخشی از طرح پژوهشی با عنوان "بررسی تأثیر فضای سبز شهری بر دمای محیط پیرامونی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور" است، بدینوسیله از حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر تحت طرح تحقیقی با کد ۱۴۶۹۵۰۶۰۲۰۰۴۳، در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را داریم.

لندست برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۰ پرداخت. الگوریتم تک پنجره‌ای در استخراج LST استفاده شد. به طور کلی، نتایج نشان داد که LST در سال‌های مطالعه با NDVI رابطه معکوس دارد. وجود پوشش گیاهی از عوامل اصلی منفی بودن زیاد این همبستگی است. رابطه LST-NDVI برای انواع کاربری/پوشش اراضی LULC متفاوت است. در مناطقی با پوشش گیاهی یک رابطه رگرسیون منفی قوی (۰/۸۰-) بین LST و NDVI برقرار است، میانگین LST منطقه مورد مطالعه ۳/۴ درجه سانتی‌گراد طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۲۰ افزایش یافت. تبدیل سایر کاربری اراضی به مناطق ساخته شده و اراضی بایر تأثیر زیادی بر میانگین LST در مناطق شهری دارد. روند تغییرات LST در هر دو منطقه ساخته شده تغییر یافته و بدون

References

1. Carlson TN, Ripley DA. 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 62(3): 241-252. doi:https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00104-1.
2. Chen X-L, Zhao H-M, Li P-X, Yin Z-Y. 2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*, 104(2): 133-146. doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.11.016.
3. Cui L, Wang L, Singh RP, Lai Z, Jiang L, Yao R. 2018. Association analysis between spatiotemporal variation of vegetation greenness and precipitation/temperature in the Yangtze River Basin (China). *Environmental Science and Pollution Research*, 25(22): 21867-21878. doi:10.1007/s11356-018-2340-4.
4. Fu P, Weng Q. 2015. Temporal dynamics of land surface temperature from Landsat TIR time series images. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 12(10): 2175-2179. doi:https://doi.org/10.1109/LGRS.2015.2455019.
5. Fu P, Weng Q. 2016. A time series analysis of urbanization induced land use and land cover change and its impact on land surface temperature with Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 175: 205-214. doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.040.
6. Ghobadi Y, Pradhan B, Shafri HZM, Kabiri K. 2015. Assessment of spatial relationship between land surface temperature and landuse/cover retrieval from multi-temporal remote sensing data in South Karkheh Sub-basin, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(1): 525-537. doi:10.1007/s12517-013-1244-3.
7. Govil H, Guha S, Diwan P, Gill N, Dey A. 2020. Analyzing Linear Relationships of LST with NDVI and MNDISI Using Various Resolution Levels of Landsat 8 OLI and TIRS Data. In: Sharma N, Chakrabarti A, Balas VE (eds) *Data Management, Analytics and Innovation*, Singapore. Springer Singapore, pp 171-184. https://doi.org/110.1007/1978-1981-1032-9949-1008_1013.
8. Goward SN, Xue Y, Czajkowski KP. 2002. Evaluating land surface moisture conditions from the remotely sensed temperature/vegetation index measurements: An exploration with the simplified simple biosphere model. *Remote Sensing of Environment*, 79(2): 225-242. doi:https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00275-9.
9. Guha S, Govil H. 2020. Land surface temperature and normalized difference vegetation index relationship: a seasonal study on a tropical city. *SN Applied Sciences*, 2(10): 1661. doi:https://doi.org/10.1007/s42452-020-03458-8.
10. Guha S, Govil H. 2021. An assessment on the relationship between land surface temperature and normalized difference vegetation index. *Environment, Development and Sustainability*, 23(2): 1944-1963. doi:10.1007/s10668-020-00657-6.
11. Guha S, Govil H, Diwan P. 2019. Analytical study of seasonal variability in land surface temperature with normalized difference vegetation index, normalized difference water index, normalized difference built-up index, and normalized multiband

- drought index. *Journal of Applied Remote Sensing*, 13(2): 024518.
doi:<https://doi.org/10.1117/1.JRS.13.024518>.
12. Guha S, Govil H, Gill N, Dey A. 2020. Analytical study on the relationship between land surface temperature and land use/land cover indices. *Annals of GIS*, 26(2): 201-216.
doi:<https://doi.org/10.1080/19475683.2020.1754291>.
 13. Guo L, Liu R, Men C, Wang Q, Miao Y, Zhang Y. 2019. Quantifying and simulating landscape composition and pattern impacts on land surface temperature: A decadal study of the rapidly urbanizing city of Beijing, China. *Science of The Total Environment*, 654: 430-440.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.108>.
 14. He B-J, Zhao Z-Q, Shen L-D, Wang H-B, Li L-G. 2019. An approach to examining performances of cool/hot sources in mitigating/enhancing land surface temperature under different temperature backgrounds based on landsat 8 image. *Sustainable Cities and Society*, 44: 416-427.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.049>.
 15. Huang S, Taniguchi M, Yamano M, Wang C-h. 2009. Detecting urbanization effects on surface and subsurface thermal environment — A case study of Osaka. *Science of The Total Environment*, 407(9): 3142-3152.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.04.019>.
 16. Ke Y, Im J, Lee J, Gong H, Ryu Y. 2015. Characteristics of Landsat 8 OLI-derived NDVI by comparison with multiple satellite sensors and in-situ observations. *Remote Sensing of Environment*, 164: 298-313.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.04.004>.
 17. Kumar D, Shekhar S. 2015. Statistical analysis of land surface temperature-vegetation indexes relationship through thermal remote sensing. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 121: 39-44.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.07.004>.
 18. Liu H, Zhan Q, Yang C, Wang J. 2018. Characterizing the spatio-temporal pattern of land surface temperature through time series clustering: Based on the latent pattern and morphology. *Remote Sensing*, 10(4): 654.
doi:<https://doi.org/10.3390/rs10040654>.
 19. Liu Y, Peng J, Wang Y. 2018. Efficiency of landscape metrics characterizing urban land surface temperature. *Landscape and Urban Planning*, 180: 36-53.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.08.006>.
 20. Mathew A, Khandelwal S, Kaul N. 2018. Spatio-temporal variations of surface temperatures of Ahmedabad city and its relationship with vegetation and urbanization parameters as indicators of surface temperatures. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 11: 119-139.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.05.003>.
 21. Peng J, Jia J, Liu Y, Li H, Wu J. 2018. Seasonal contrast of the dominant factors for spatial distribution of land surface temperature in urban areas. *Remote Sensing of Environment*, 215: 255-267. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.06.010>.
 22. Peng J, Ma J, Liu Q, Liu Y, Hu Yn, Li Y, Yue Y. 2018. Spatial-temporal change of land surface temperature across 285 cities in China: An urban-rural contrast perspective. *Science of The Total Environment*, 635: 487-497.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.105>.
 23. Peng J, Xie P, Liu Y, Ma J. 2016. Urban thermal environment dynamics and associated landscape pattern factors: A case study in the Beijing metropolitan region. *Remote Sensing of Environment*, 173: 145-155.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.11.027>.
 24. Sannigrahi S, Bhatt S, Rahmat S, Uniyal B, Banerjee S, Chakraborti S, Jha S, Lahiri S, Santra K, Bhatt A. 2018. Analyzing the role of biophysical compositions in minimizing urban land surface temperature and urban heating. *Urban Climate*, 24: 803-819.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.10.002>.
 25. Sekertekin A, Bonafoni S. 2020. Land surface temperature retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over rural areas: Assessment of different retrieval algorithms and emissivity models and toolbox implementation. *Remote Sensing*, 12(2): 294.
doi:<https://doi.org/10.3390/rs12020294>.
 26. Sobrino JA, Jiménez-Muñoz JC, Paolini L. 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4): 434-440. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>.
 27. Sultana S, Satyanarayana ANV. 2020. Assessment of urbanisation and urban heat island intensities using landsat imageries during 2000 – 2018 over a sub-tropical Indian City. *Sustainable Cities and Society*, 52: 101846.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101846>.
 28. Sun D, Kafatos M. 2007. Note on the NDVI-LST relationship and the use of temperature-related drought indices over North America. *Geophysical Research Letters*, 34(24). doi:<https://doi.org/10.1029/2007GL031485>.
 29. Tan J, Yu D, Li Q, Tan X, Zhou W. 2020. Spatial relationship between land-use/land-cover change and land surface temperature in the Dongting Lake area, China. *Scientific Reports*, 10(1): 9245. doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-020-66168-6>.
 30. Weng Q. 2009. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4): 335-344.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.03.007>.

31. Weng Q, Lu D, Schubring J. 2004. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 89(4): 467-483. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.005>.
32. Wukelic GE, Gibbons DE, Martucci LM, Foote HP. 1989. Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper thermal band. *Remote Sensing of Environment*, 28: 339-347. doi:[https://doi.org/10.1016/0034-4257\(89\)90125-9](https://doi.org/10.1016/0034-4257(89)90125-9).
33. Yang J, Qiu J. 1996. The empirical expressions of the relation between precipitable water and ground water vapor pressure for some areas in China. *Scientia Atmospherica Sinica*, 20: 620-626.
34. Yao R, Wang L, Huang X, Niu Z, Liu F, Wang Q. 2017. Temporal trends of surface urban heat islands and associated determinants in major Chinese cities. *Science of The Total Environment*, 609: 742-754. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.217>.
35. Yuan M, Wang L, Lin A, Liu Z, Li Q, Qu S. 2020. Vegetation green up under the influence of daily minimum temperature and urbanization in the Yellow River Basin, China. *Ecological Indicators*, 108: 105760. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105760>.
36. Yuan X, Wang W, Cui J, Meng F, Kurban A, De Maeyer P. 2017. Vegetation changes and land surface feedbacks drive shifts in local temperatures over Central Asia. *Scientific Reports*, 7(1): 3287. doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-017-03432-2>.
37. Yue W, Xu J, Tan W, Xu L. 2007. The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM⁺ data. *International Journal of Remote Sensing*, 28(15): 3205-3226. doi:<https://doi.org/10.1080/01431160500306906>.
38. Zhou D, Xiao J, Bonafoni S, Berger C, Deilami K, Zhou Y, Froking S, Yao R, Qiao Z, Sobrino JA. 2018. Satellite remote sensing of surface urban heat islands: Progress, challenges, and perspectives. *Remote Sensing*, 11(1): 48. doi:<https://doi.org/10.3390/rs11010048>.



Original
paper

The effect of land use change/land cover on land surface temperature in the coastal area of Bushehr

Fazel Amiri, Tayebeh Tabatabaie

Received: 27 May 2016 / Received in revised form 1 August 2016 / Accepted: 26 September 2016
Available online 22 May 2022 / Available print 22 May 2022

Abstract

Background and Objective Urbanization accelerates the ecological stress by warming the local or global cities for a large extent. Many urban areas are suffering from huge land conversion and resultant new heat zones. Remote sensing techniques are significantly effective in detecting the land use/land cover (LULC) change and its consequences. Several satellite sensors are capable to identify these change zones by using their visible and near-infrared (VNIR) and shortwave infrared (SWIR) bands. Apart from the conventional LULC classification algorithms, some spectral indices are used in detecting specific land features. Normalized difference vegetation index (NDVI) can be considered the most applied spectral index in this scenario. NDVI is a dominant factor in LST derivation processes and is used invariably in any LST-related study. NDVI is directly used in the determination of land surface emissivity and thus is a significant factor for LST estimation. It also determines the LULC categories by its optimum threshold limits in the different physical environments.

F. Amiri¹, T. Tabatabaie²

1. Associate Professor, Department of Natural Resources and Environment, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran.
2. Associate Professor, Department of Environment, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran.

e-mail: Fazel.Amiri@iau.ac.ir

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.2.7.7>

Being a vegetation index, NDVI depends largely on seasonal variation. Hence, LST is also regulated by the change of seasons. Thus, seasonal evaluation of LST and NDVI is an important task in LST mapping and monitoring, especially in an urban landscape. In this research, LST and NDVI in August in the coastal lands of Bushehr are investigated using Landsat satellite images for the years 1990, 2005 and 2020. The LULC map was obtained with suitable threshold values of NDVI. The objectives of this study are; 1) to analyze the temporal changes of the LST spatial distribution pattern in the study area, 2) to determine the spatial-temporal changes of the LST-NDVI relationship for the whole studied land, and 3) to investigate the spatial-temporal changes of the LST relationship-NDVI in different types of land use/cover.

Materials and Methods The land study area of Bushehr city, which is on the northern coast of the Persian Gulf, with dimensions of $20 \times 8 \text{ km}^2$ an area of 1011.5 km^2 and with an average minimum temperature of $18.1 \text{ }^\circ\text{C}$ and an average maximum temperature of $33 \text{ }^\circ\text{C}$, relative humidity between 58-75% and the average annual rainfall is 272 mm. The data used in this research include; Landsat 8 (OLI) and Thermal Infrared Sounder (TIRS) data in 2020; 2005 ETM⁺ data, and 1990 TM data downloaded from the United States Geological Survey (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

The Landsat 8 TIRS instrument has two TIR bands (bands 10 and 11), in which band 11 has calibration uncertainty. Therefore, only TIR band 10 (100 m resolution) is recommended for the present study. The 10 TIR band was converted to a pixel size of 30×30 meters by the USGS cubic convolution method. Landsat 5 TM data has only one TIR thermal infrared band (band 6) with 120 m resolution, which was also converted by USGS to 30×30 m pixel size by cubic convolution method. For Landsat TM and ETM⁺ data, the spatial resolution of 30 m visible to near-infrared (VNIR) bands was used. The maximum likelihood classification method was applied to validate NDVI threshold-based LULC classification. In this study, the mono-window algorithm was applied to retrieve LST from multi-temporal Landsat satellite sensors. NDVI can extract different types of LULC by using the optimum threshold values. These threshold values can differ with respect to the differences in the physical environment. The NDVI threshold limits were applied to the images to extract the different LULC types.

Results and Discussion The overall accuracy values of the LULC classification were 73.6%, 83.9%, and 84.6% in 1990, 2005, and 2020, respectively. The kappa coefficients for the LULC classification were 0.77, 0.80, and 0.84 in 1990, 2005, and 2020, respectively. In the present study, the average overall accuracy and average kappa coefficient were 80.7% and 0.80, respectively. Thus, the NDVI threshold method-based LULC classification was significantly validated. The results of this research showed a gradual rising (1.4 °C during 1990–2005 and 2 °C during 2005–2020) of LST during the whole period of

study. The mean LST value for three study years was the lowest (30.86 °C) on green vegetation and the highest (49.07 °C) on bare land and built-up areas. The spatial distribution of NDVI and LST reflects an inverse relationship. The best (-0.97) and the least (-0.80) correlation, respectively, whereas a moderate (-0.89) correlation was noticed. This LST-NDVI correlation was strong negative (-0.80) on the vegetation surface. The LST is greatly controlled by land-use characteristics.

Conclusion The present study analyzes the spatial, and temporal relationship of LST and NDVI in Bushehr coastal lands using 3 Landsat data sets for 1990, 2005, and 2020. The mono-window algorithm was applied in deriving LST. In general, the results showed that LST is inversely related to NDVI, irrespective of any year. The presence of vegetation is the main responsible factor for high negativity. The LST-NDVI relationship varies for specific LULC types. The green area presents a strong negative (-0.80) regression. The mean LST of the study area was increased by 3.4 °C during 1990–2020. The conversion of other lands into the built-up area and bare land influences a lot on the mean LST of the city. Both the changed and unchanged built-up area and bare land suffer from the increasing trend of LST. This study can be used as a reference for land use and environmental planning on coastal land.

Keywords: Landsat, Land surface temperature (LST), Normalized difference vegetation index (NDVI), Coastal land