نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال نهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱.

صفحات ۷۵ - ۹۰

تغییرات دمای سطح زمین در شهر حله و ارتباط آن با تغییرات شاخص NDVI

توفیق جاسم محمد؛ دانشجوی کارشناسی ارشد منابع طبیعی ، دانشگاه مازندران؛ بابلسر، ایران.

محمد رحمانی[1]؛ استادیار منابع طبیعی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.

کمیل عبدی؛ دانش آموخته دکتری منابع طبیعی ، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.

دریافت مقاله : ۱۴۰۱/۰۵/۱۸ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۹/۱

چکیده

دمای محیط شهری یکی از پارامترهایی است که شهروندان هر لحظه با آن در ارتباط هستند. مطالعات نشان می‌دهد که دمای کره زمین به دلیل تغییرات محیطی دائما در حال افزایش است. یکی از این پارامترهایی که بر افزایش دما تاثیر می‌گذارد؛ رشد فیزیکی شهر و به تبع آن تخریب و از بین رفتن پوشش گیاهی است. در این مطالعه، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱؛ و اجرای الگوریتم تک‌کانال، دمای سطح زمین در شهر حله عراق محاسبه و تغییرات آن مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. در طرف مقابل شاخص NDVI به عنوان یک شاخص پوشش گیاهی در تاریخ‌های مذکور محاسبه و تغییرات آن با تغییرات دمایی سطح زمین مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج کلی این تحقیق نشان داد که مساحت شهر حله در طی دوره مورد مطالعه حدودا دو برابر شده است و این موضوع باعث کاهش میزان پوشش گیاهی و افزایش دمای سطح زمین شده است. در پایان، همبستگی بین دمای سطح زمین و شاخص NDVI محاسبه شد که به‌ترتیب برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ برابر با ۴۶.۹۲، ۴۴.۳۵ و ۵۲.۹۸ درصد بود. این موضوع نشان از رابطه قوی بین این دو پارامتر و تاثیر کاهش پوشش گیاهی بر افزایش دمای سطح زمین می‌دهد.

واژه های کلیدی: دمای سطح زمین، پوشش گیاهی، NDVI، رشد شهر، شهر حله

[1] . نویسنده مسئول: Email: m.ramani@umz.ac.ir

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]

مقدمه

مناطق شهری به عنوان متراکم‌ترین مکان فعالیت های انسانی، همواره مرکز توجه تحقیقات بوده است (Li & Gong, ۲۰۱۶). پیش بینی می شود که تا سال ۲۰۳۰، ۱.۲ میلیارد نفر دیگر به جمعیت مناطق شهری در سطح جهان افزوده شود (McDonald et al., ۲۰۲۰). رشد جمعیت و مهاجرت روستایی به شهر، محرک‌های اصلی شهرنشینی هستند (Rimal et al., ۲۰۲۰). از نظر تاریخی، رشد جمعیت شهری تا حد زیادی با گسترش شهرها بر روی زمین‌های زراعی مرغوب، جایی که بیشتر شهرها در ابتدا در آنجا تأسیس شده بودند، تطبیق داده شد (Bren d'Amour et al., ۲۰۱۷). از پایان قرن بیستم تا قرن بیست و یکم، مهم‌ترین تغییر در محیط زیست انسانی، توسعه سریع شهرها در سراسر جهان بوده است (Yang et al., ۲۰۲۱). گسترش شهری می تواند باعث تغییر در ساختار زمین‌های زراعی شود که به طور بالقوه منجر به از دست رفتن جنگل در جاهای دیگر می‌شود (استفاده از جنگل، به جای زمین‌های زراعی از دست رفته) (Van Vliet, ۲۰۱۹). کاربری/پوشش زمین (LULC[۱]) و اثرات زیست‌محیطی آن از دهه ۱۹۹۰ به بحث‌انگیزترین موضوع تبدیل شده و به عنوان یکی از موضوعات اصلی مطالعه تغییرات جهانی به شمار می‌رود (Anderson et al. ۲۰۱۷; Maleki et al., ۲۰۲۰). رشد شهر بر طیف وسیعی از رویدادهای محیطی تاثیر می‌گذارد؛ از جمله آن‌ها می‌توان به فرونشست (Koch et al., ۲۰۱۹; Guo et al., ۲۰۲۱) ، سیل (Muis et al., ۲۰۱۵; Tiepolo & Galligari, ۲۰۲۱) ، تنوع زیستی و کشاورزی (Reidsma et al, ۲۰۰٦; Singh et al, ۲۰۲۰) ، تغییر اقلیم (Krayenhoff et al., ۲۰۱۸; Wen et al., ۲۰۱۹) ، مهاجرت (Pech & Lakes, ۲۰۱۷; Chen et al., ۲۰۲۲) تغییر کاربری اراضی (Zare Naghadehi et al, ۲۰۲۱; Dehingia et, ۲۰۲۲) و... اشاره کرد. شهرنشینی و صنعتی شدن یکی از عوامل اصلی افزایش دما هستند (Portela et al., ۲۰۲۰). دمای سطح زمین[۲] (LST) یکی از پارامترهای کلیدی در فیزیک فرآیندهای سطح زمین از مقیاس محلی تا جهانی است. سنجش از دور ابزار مهمی برای تحقیقات محیطی شهری است، زیرا می‌توان از آن برای به دست آوردن سریع داده‌های فضایی در مقیاس بزرگ در سطح زمین و بازیابی دمای سطح زمین با پردازش تصاویر سنجش از دور استفاده کرد (Guo et al., ۲۰۲۰). سنجش از دور مادون قرمز حرارتی (TIR) روش اصلی مورد استفاده برای به دست آوردن اطلاعات LST در مقیاس‌های فضایی بزرگ است (Mo et al., ۲۰۲۱). پارامترهای متعددی بر تغییرات دمای سطح زمین موثر هستند، از جمله‌ی این پارامترها می‌توان به تغییرات کاربری اراضی (Falahatkar et al., ۲۰۱۱; Vasanthawada et al., ۲۰۲۲) ، شهرنشینی (Guo et al., ۲۰۱۲; Fonseka et al., ۲۰۱۹) ، پوشش گیاهی (Kim et al., ۲۰۰۵; Ferreira et al., ۲۰۱۸) ، جنگل‌زدایی (Chen, L., & Dirmeyer, ۲۰۱۹; Winckler et al., ۲۰۱۹) ، پشت‌بام‌های سبز (Dwivedi, A., & Mohan, ۲۰۱۸; Fleck et al., ۲۰۲۲) و در طرف مقابل دمای سطح زمین که بر برخی پدیده‌های محیطی تاثیر می‌گذارد؛ مانند آتش‌سوزی (Guangmeng & Mei, ۲۰۰٤; Ahmed et al., ۲۰۲۰) ، کاهش محصولات کشاورزی (Sruthi, S., & Aslam, ۲۰۱۵; Kafy et al., ۲۰۲۱) و... می‌توان اشاره کرد.

همانطور که اشاره شد، یکی از پارامترهایی که بر دمای سطح زمین تاثیر می‌گذارد، میزان و تغییرات پوشش گیاهی است. در این خصوص تحقیقاتی متعددی شکل گرفته است که نتایج قابل ذکر آن بدین صورت است؛ تران و همکاران ابتدا رابطه بین LST و پوشش گیاهی، ویژگی‌های مناطق ساخته شده و زمین‌های زراعی را با استفاده از NDVI و NDBI

[۱]. Land use/ Land cover
[۲] . Land surface temperature

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]

در هر نوع LULC بررسی کردند. سپس اثرات تغییر LULC و شهرنشینی در UHI را با استفاده از تجزیه و تحلیل نقطه داغ و تجزیه و تحلیل منظر شهری ارزیابی شد. در نهایت، مدلی را با استفاده از رگرسیون ناپارامتریک برای تخمین الگوهای آب و هوای شهری آینده با استفاده از پوشش زمین و تغییر کاربری زمین پیش‌بینی‌شده پیشنهاد کردند. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد (الف) LST به روش غیرخطی انواع LULC بستگی دارد. (ب) تجزیه و تحلیل هات اسپات با استفاده از آمار امکان تجزیه و تحلیل تغییر الگوی LST را در طول زمان فراهم می‌کند. (ج) UHI هم تحت تأثیر منظر شهری و هم نوع توسعه شهری است. (د) پیش بینی الگوی LST و بررسی اثر UHI می تواند توسط مدل پیشنهادی با استفاده از رگرسیون غیرخطی و سناریوهای تغییر LULC شبیه سازی شده انجام شود (Tran et al., ۲۰۱۷). سان و همکاران برای تجزیه و تحلیل روابط بین دمای سطح زمین (LST) و کاربری زمین، از شاخص‌های (NDVI)، (NDBI)، (NDBaI) و (MNDWI) و همچنین کاربری/پوشش زمین (LULC) از نظر کیفی استفاده کردند. نتایج نشان داد که LST بالاتر، بیشتر زمین‌های ساخته شده شهری در قسمت میانی و مناطق مرتفع و در قسمت‌های میانی و جنوبی بود. دمای سطح زمین با تراکم ساخت و ساز شهری و زمین بایر افزایش یافت، اما با پوشش گیاهی کاهش یافت. رابطه بین MNDWI و LST منفی بود که نشان می‌دهد آب خالص دمای سطح را کاهش می‌دهد و آب آلوده دمای سطح را افزایش می‌دهد (Sun et al., ۲۰۱۲). در مطالعه‌ای دیگر تلاش شد تا تأثیر کاربری/پوشش زمین (LULC) را بر دمای سطح زمین در منطقه توسعه آسان‌سول-دورگاپور با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای زمانی چندگانه بررسی شود. LST در سه فاز مختلف به صورت فصلی (به عنوان مثال زمستان، تابستان و دوره های پس از موسمی) با استفاده از LANDSAT ٤-٥ TM و LANDSAT ٨ OLI در طول دوره ۱۹۹۳، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۵ استخراج می شود. نتایج نشان می دهد که LST، ۰.۰۶ درجه سانتیگراد در زمستان در سال افزایش می یابد. و ۰.۴۳ درجه سانتیگراد در دوره تابستان در سال به ترتیب و اختلاف دمای تابشی سطح نسبت به واحدهای مختلف LULC موجود قابل توجه است. نتایج مطالعه نشان داد که سطح غیرقابل نفوذ، منطقه صنعتی و منطقه معدن زغال سنگ دارای دمای سطح بالا (۳۸ درجه سانتیگراد) و بدنه های آبی و پوشش گیاهی دمای سطح پایین (۲۷ درجه سانتیگراد) را تجربه کرده است. این مطالعه همچنین علیت ارتباط بین LST و عوامل مشتق کننده مانند NDVI، NDBI و NDWI را بررسی کرد. نتیجه نشان می دهد که LST حداکثر با سطح غیرقابل نفوذ (r = ۰،۹۵) نسبت به آب (r = ۰،۶۲) و پوشش گیاهی (r = ۰،۶۱) کنترل می شود(Choudhury et al., ۲۰۱۹).

کومار و شخار در مقاله خود دو هدف را ترسیم کردند. اولی همبستگی بین پارامترها/شاخص‌های پوشش گیاهی و LST را تحلیل می‌کند. متعاقباً وقوع پارامتر پوشش گیاهی را محاسبه می‌کند که توزیع LST (برای تجزیه و تحلیل کمی جزیره گرمایی شهری) را در شهر کالابوراگی (گلبارگا سابق) تعریف می‌کند. با این حال، کار تخمینی بر روی ارزیابی رابطه بین شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی و LST انجام شده است. علاوه بر همبستگی بین LST و شاخص گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVI)، شاخص ایجاد تفاوت نرمال شده (NDBI) سعی شده است با محاسبه اثرات زمین سبز بر روی زمین ساخته شده در جزیره گرمایی شهری را بررسی کند. شاخص ارزیابی مناطق حاشیه شهری نتایج نشان داد که اثر جزیره گرمایی شهری در شهر کالابوراگی عمدتاً در نواحی حاشیه‌شهری یا ناحیه روستایی به‌ویژه در بخش جنوب شرقی و شمال غربی شهر قرار دارد. همبستگی بین LST و NDVI، نشان دهنده همبستگی منفی است. NDVI نشان می‌دهد که زمین سبز می‌تواند اثر جزیره گرمایی شهری را تضعیف کند، در حالی که همبستگی مثبت بین LST و

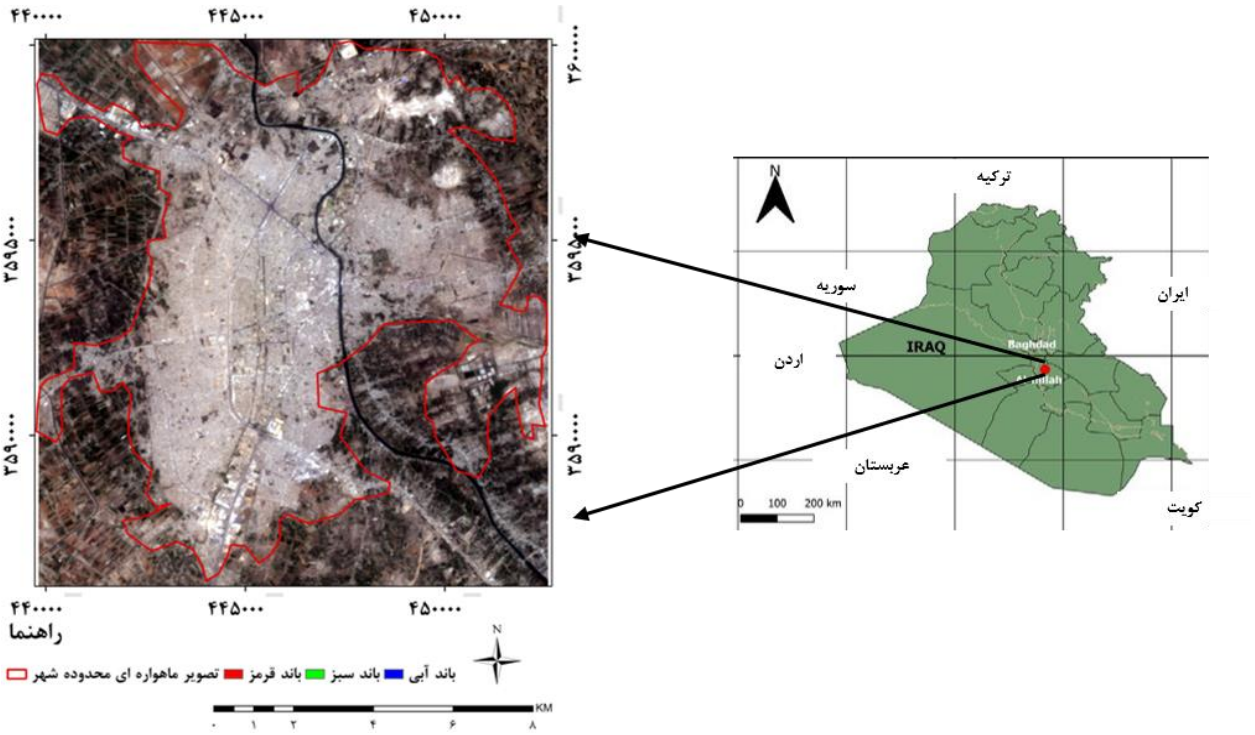
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]

NDBI، استنباط می‌کند که زمین ساخته‌شده می‌تواند اثر جزیره گرمایی شهری را در مطالعه موردی تقویت کند (Kumar & Shekhar, ۲۰۱۵). از آنجایی که کشور عراق دارای اقلیم گرم و خشک است و شهر حله نیز در مسیر اصلی تردد زائران عاشورا و اربعین امام حسین (ع) می باشد در چند دهه اخیر شهر حله با افزایش ساخت و سازهای انجام شده و توسعه بی برنامه و کاهش پوشش گیاهی همراه بوده است در این تحقیق سعی بر آن است که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های استخراج اطلاعات شاخص پوشش‌گیاهی و همچنین اجرای الگوریتم تک کانال دمای سطح زمین و مساحت شهر حله عراق به طور همزمان در سه دوره ۱۰ ساله برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

داده ها و روش‌کار

- **قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه:**

شهر حله مرکز سیاسی و اداری استان بابل در کشور عراق است. بین عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۸ دقیقه شمالی تا ۳۲ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۱۴ دقیقه شرقی و ۴۴ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی واقع شده است (Chabuk et al., ۲۰۱۶). این شهر در ۸۹ کیلومتری جنوب بغداد قرار دارد. مساحت کل آن ۵۱۱۹ کیلومتر مربع است و در سال ۲۰۱۸ حدود ۲۰۶۵۰۴۲ نفر جمعیت دارد (Hashim et al., ۲۰۲۱). این درحالی است که جمعیت آن در سال ۱۹۹۸ تنها ۳۶۴۷۰۰ نفر بوده است (Jwad & Hasson, ۲۰۱۸). علاوه بر مکان‌های تاریخی زیادی مانند شهر بابل قدیم که در نزدیکی شهر پراکنده شده‌اند و این منطقه را به مکانی جذاب برای گردشگری تبدیل کرده‌اند؛ مزارع کشاورزی مناطق وسیعی را در اطراف این شهر را پوشش دادند (Chabuk et al., ۲۰۱۷). شکل ۱، نقشه منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱): نقشه منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]

- **روش کار**

این تحقیق با هدف بررسی تاثیر گسترش شهر حله و تخریب عرصه‌های طبیعی و جایگزینی آن کاربری‌های ساخته شده، بر تغییرات دمای سطح زمین انجام گرفت. برای این منظور تصاویر ماهواره لندست TM و OLI در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ دانلود شد و مورد استفاده قرار گرفت. اطلاعات تکمیلی در خصوص تصاویر مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول(۱): اطلاعات تصاویر مورد استفاده

نوع سنجنده	تاریخ	Path	Row
TM	۲۰۰۱.۰۵.۰۶	۱۶۸	۳۸
TM	۲۰۱۱.۰۵.۰۲	۱۶۸	۳۸
OLI	۲۰۲۱.۰۵.۱۳	۱۶۸	۳۸

با توجه به این که تصاویر از دو سنجنده متفاوت بودند، اولین مرحله برای انجام این مطالعه، فرآیند ثبت‌کردن[۱] است تا تصاویر از لحاظ مکانی منطبق گردند و تحلیل‌های زمانی دارای اعتبار بیشتری باشند. برای تبدیل تصاویر خام سنجنده‌های TM و OLI به دمای سطح زمین مراحل زیر انجام گرفت.

- **تبدیل درجات خاکستری به رادیانس**

تبدیل درجات خاکستری به رادیانس در واقع کالیبراسیون داخلی سنجنده می‌باشد. داده‌های خام که توسط آشکارسازها ثبت می‌شوند، یک پاسخ خطی با درخشندگی زمین دارند، این پاسخ به‌صورت داده‌های ۸ بیتی (برای لندست ۵) و ۱۶ بیتی (برای لندست ۸) تبدیل شده است. با استفاده از رابطه ۱ و اطلاعات موجود در متادیتا که به همراه دانلود تصاویر قابل دریافت است، تصاویر خام، به تصاویر رادیانس تبدیل گردید.

$$L_\lambda = gain \times QCAL + offset$$

که در آن، Lλ مقدار رادیانس بر حسب وات بر مترمربع بر استرادیان بر میکرومتر ($W.m^{-2}.str^{-1}\mu m^{-1}$) و QCAL درجه خاکستری در پیکسل مورد نظر می‌باشد. مقادیر gain و offset نیز به‌ترتیب شیب و عرض از مبدأ می‌باشد که از اطلاعات متادیتا قابل استخراج است (سبزی‌پرور و همکاران، ۱۳۹۵). (۱)

- **تصحیح اتمسفری**

با تبدیل مقادیر درجات خاکستری خام (DN[۲]) به بازتاب بالای اتمسفر (TOA[۳]) و بازتاب سطح، تاثیرات جوی بر طول موج‌های بازتابی حذف می‌شود تا بتوان شاخص‌های مورد نظر را برای استفاده استخراج کرد. برای این منظور از الگوریتم FLAASH استفاده شد (Felde et al., ۲۰۰۳; Lhissou et al., ۲۰۲۰).

- **محاسبه دمای درخشندگی**

پس از بدست آوردن رادیانس طیفی داده‌ها، برای تبدیل رادیانس به دمای درخشندگی از رابطه ۲ استفاده می‌شود.

$$T=\frac{K2}{In(\frac{K1}{L\lambda}+1)} \quad (۲)$$

[۱] .Register
[۲] .Digital Number
[۳] .Top of Atmosphere

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]

در این رابطه منظور از Lλ مقدار رادیانس بر حسب وات بر مترمربع بر استرادیان بر میکرومتر (W.m-۲.str-۱μm-۱) است و k_1 و k_2 برای سنجنده‌های لندست ۵ و لندست ۸ مطابق جدول ۲ است.

جدول(۲): میزان k_1 و k_2 در سنجنده های لندست ۵ و لندست ۸

سنجنده / K	k_1 (W.m-۲.str-۱μm-۱)	k_2 (کلوین)
لندست ۵	۶۶۶.۰۹	۱۲۸۲.۷۱
لندست ۸، باند ۱۰	۷۷۴.۸۸۵۳	۱۳۲۱.۰۷۸۹
لندست ۸، باند ۱۱	۴۸۰.۸۸۸۳	۱۲۰۱.۱۴۴۲

- **محاسبه ضریب گسیل سطح زمین**

ضریب گسیل سطح (LSE[۱]) شاخص کارایی ذاتی سطح در تبدیل انرژی گرمایی به انرژی تابشی بالای سطح است که به ترکیب، زبری و مقدار رطوبت سطح و شرایط مشاهده (مانند طول موج، بزرگنمایی پیکسل و زاویه مشاهده) بستگی دارد. روش‌های مختلفی برای به‌دست آوردن LSE وجود دارد. یکی از این روش‌ها به‌دست آوردن LSE از NDVI است (Valor & Caselles, ۱۹۹۶; Neinavaz et al., ۲۰۲۰). LSE در این روش از رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$\varepsilon = \varepsilon_{veg} P_v + \varepsilon_{soil} (1 + P_v) \quad (3)$$

در این رابطه ε_{veg} و ε_{soil} برای این دو سنجنده در جدول ۳ ارائه شده است و P_v از رابطه ۴ محاسبه می‌شود.

جدول(۳) میزان ε_{veg} و ε_{soil} برای این دو سنجنده مورد استفاده

سنجنده	ε_{veg}	ε_{soil}
لندست ۵	۰.۹۹	۰.۹۷
لندست ۸، باند ۱۰	۰.۹۶۶۸	۰.۹۸۶۳
لندست ۸، باند ۱۱	۰.۹۷۴۷	۰.۹۸۹۶

$$NDVI = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (4)$$

منظور از $NDVI_{min}$ و $NDVI_{max}$ در این رابطه به ترتیب پایین‌ترین و بالاترین ارزش NDVI است (معمولا خاک و پوشش گیاهی).

- **دمای سطح زمین (LST[۲])**

الگوریتم SC مورد استفاده برای بازیابی LST از تصاویر حرارتی ماهوارهٔ لندست در این تحقیق الگوریتم توسط جیمز-مونز و همکاران ۲۰۱۴ توسعه یافته بر روی لندست ۸ اعمال شده است. این الگوریتم برای همهٔ لندست به یک شکل و با رابطهٔ ۵ اعمال می‌شود.

$$T_S = \gamma\left[\frac{1}{\varepsilon}(\psi_1 L_{sen} + \psi_2) + \psi_3\right] + \delta \quad (5)$$

[۱] .Land Surface Emissivity
[۲] .Land Surface Temperature

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]

که در این، T_s دمای سطح زمین، ε توان تشعشعی سطح زمین و L_{sen} رادیانس در سطح سنجنده است. پارامترهای λ و δ از رابطهٔ به ۸ دست می‌آیند.

$$\gamma \approx \frac{T_{sen}^{2}}{b_\gamma L_{sen}}; \qquad \delta \approx T_{sen} - \frac{T_{sen}^{2}}{b_\gamma} \qquad (۶)$$

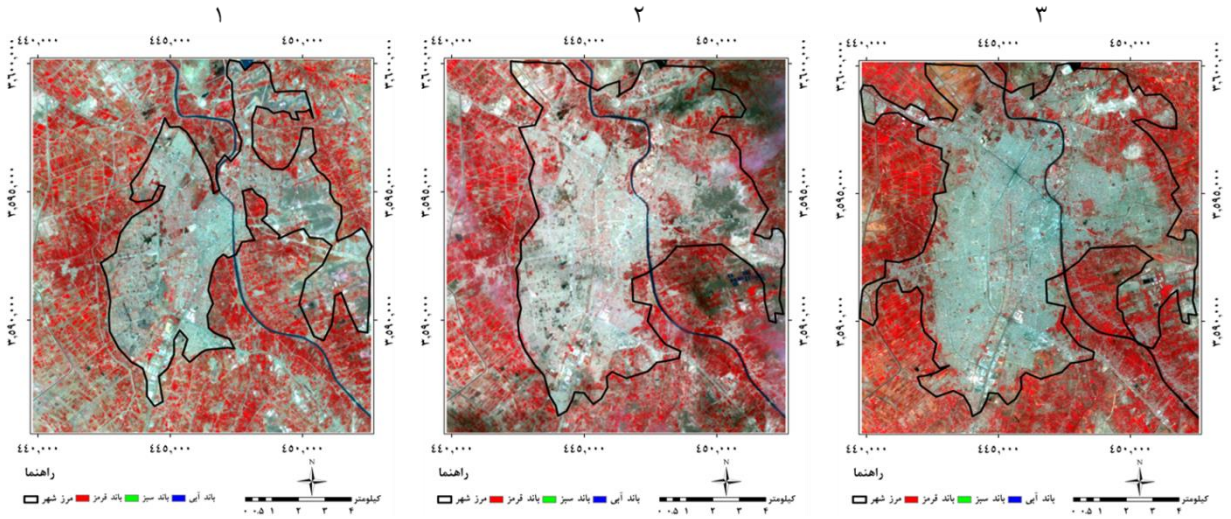
که در این، *Tsen* دمای درخشندگی سطح سنجنده، bγ=C۲/λ و Ψ۱ ، Ψ۲ و Ψ۳ توابع اتمسفری هستند که با توجه به رابطهٔ ۷ بدست می‌آیند(Jiménez-Muñoz et al., ۲۰۱٤; Maleki et al., ۲۰۱۹).

$$\psi۱ = ۱/\tau \; ; \; \psi۲ = -Ld - Lu/\tau \; ; \; \psi۳ = Ld. \qquad (۷)$$

پس از محاسبه دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) برای سه دوره مورد نظر، تغییرات فضایی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت و همبستگی بین آن‌ها محاسبه شد.

شرح و تفسیر نتایج

شکل ۲، تغییرات محدوده شهر حله در دوره مورد مطالعه را نشان می‌دهد. این شکل براساس تفسیر تصاویر لندست ۵ (TM) و لندست ۸ (OLI) تهیه شده است که مطابق این نقشه، شهر توسط یک رود به دو قسمت شرقی و غربی تقسیم شده است که بیشتر شهر در قسمت غربی رود قرار دارد. براساس بررسی از محدوده شهر تهیه شده در سال ۲۰۰۱، مساحت شهر در این سال برابر با ۵۴.۸۶ کیلومتر مربع بوده است. . با مقایسه این نقشه سال ۲۰۰۱ با نقشه سال ۲۰۱۱ متوجه می‌شویم که شهر گسترش زیادی داشته است که تغییرات و گسترش شهر بیشتر در سمت شمال شهر بوده است. براساس بررسی مساحت شهر در سال ۲۰۱۱ به ۸۴.۹ کیلومتر مربع رسیده است که بیش از ۶۰ درصد بر مساحت شهر نسبت به سال ۲۰۰۱ افزوده شده است. مطابق نقشه سال ۲۰۲۱، شهر در تمام جهات گسترش یافته است که بیشترین میزان افزایش در جهت شمالغرب است. مساحت این شهر در سال ۲۰۲۱ به ۱۰۱ کیلومتر رسیده است که نسبت به سال ۲۰۱۱ حدود ۲۰ درصد افزایش و نسبت به سال ۲۰۰۱ حدود ۲ برابر شده است.

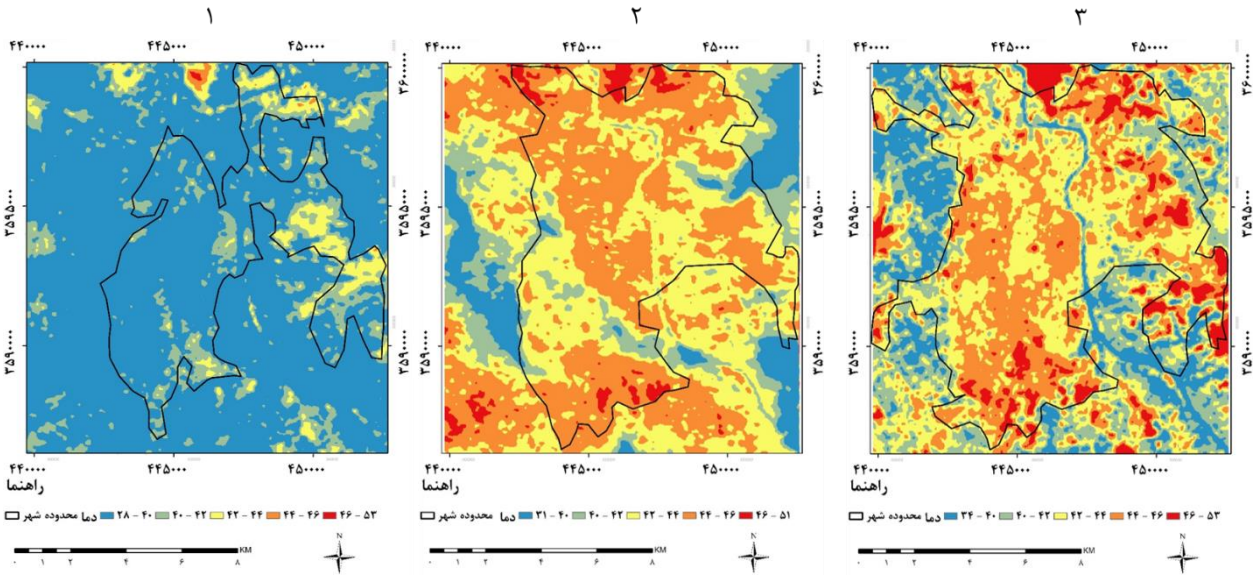


شکل ۲: نقشه محدوده شهر حله ۱) سال ۲۰۰۱ ۲) سال ۲۰۱۱ ۳) سال ۲۰۲۱

شکل ۳، نقشه دمای سطح زمین در دوره مورد مطالعه در شهر حله را نشان می‌دهد. این نقشه در پنج طبقه دمایی طبقه‌بندی شده است، که مطابق این نقشه، در سال ۲۰۰۱ بیشتر محدوده مورد مطالعه در طبقه دمایی کمتر از ۴۰

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]

درجه قرار دارد. براساس تفسیر بصری از این نقشه، به‌نظر می‌رسد که دومین طبقه‌ای که مساحت زیادی دارد، طبقه دمایی ۴۲-۴۴ درجه است. با یک بررسی متوجه می‌شویم که طبقات دمایی بالاتر (۴۰-۴۲ و ۴۲-۴۴ درجه) در محدوده شهر بیشتر هستند تا خارج از شهر. با مقایسه این نقشه سال ۲۰۰۱ با نقشه سال ۲۰۱۱، متوجه خواهیم شد تغییرات دمایی زیادی در منطقه رخ داده است که نشان دهنده افزایش دمای سطح زمین نسبت به دوره قبل است. در این دوره دو طبقه دمایی ۴۲-۴۴ و ۴۴-۴۶ درجه سانتیگراد بیشترین سطح از منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شوند. با توجه به محدوده شهر در می‌یابیم که احتمالا بیش از ۸۰ درصد از شهر را این دو طبقه شکل داده‌اند. مطابق نقشه سال ۲۰۲۱ در می‌یابیم که غالب شهر کماکان در تصرف دماهای ۴۲-۴۶ درجه سانتیگراد است. نکات جالب توجه این نقشه (سال ۲۰۲۱) افرایش چشمگیر طبقه دمایی بیش‌از ۴۶ درجه است. همچنین از دیگر نکاتی که در نوع خود جالب هستند این است که مسیر رود در گروه‌های دمایی کمتراز ۴۰ درجه و ۴۰-۴۲ درجه است. همچنین حاشیه‌های شهر دارای دماهای خنک‌تری هستند.

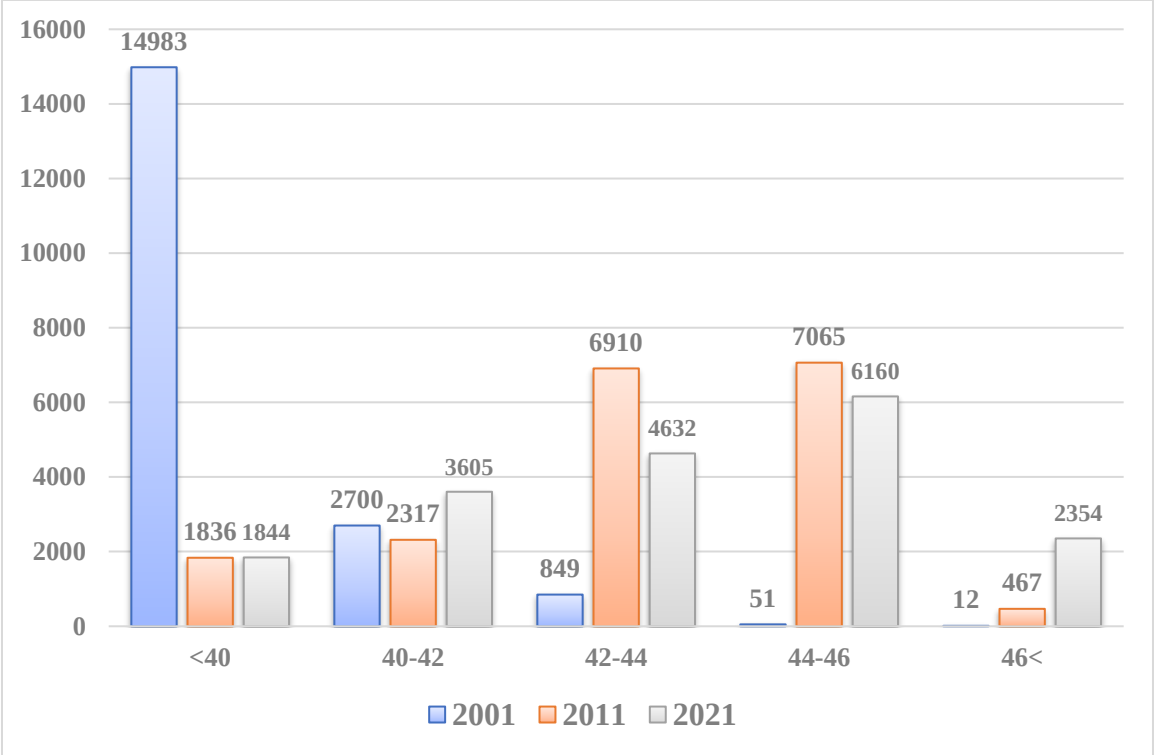


شکل ۳: طبقه‌بندی دمای سطح زمین ۱) سال ۲۰۰۱ ۲) سال ۲۰۱۱ ۳) سال ۲۰۲۱

شکل ۴، نمودار مساحت طبقات دمایی در دوره ۲۰ ساله را نمایش می‌دهد. مطابق این نمودار در سال ۲۰۰۱، حدود ۱۵ هزار هکتار از حدود ۱۸۶۰۰ هکتار منطقه مورد مطالعه دارای دمای کمتر از ۴۰ درجه سانتیگراد است؛ این میزان یعنی بیش از ۸۰ درصد منطقه دارای دمای کمتر از ۴۰ درجه است. با توجه به نمودار، به ترتیب با افزایش طبقات دمایی، از مساحت آن‌ها کاسته می‌شود؛ بطوری که طبقه دمایی بالاتر از ۴۶ درجه تنها ۱۲ هکتار است. در خصوص سال ۲۰۱۱؛ طبقه‌ی دمایی ۴۴-۴۶ درجه با اختلافی جزئی نسبت به منطقه ۴۲-۴۴ درجه بیشترین مساحت را دارد. در سال ۲۰۱۱، طبقه دمایی بیش از ۴۶ درجه کماکان کمترین مساحت را دارد با این تفاوت که مساحت این طبقه نسبت به سال ۲۰۰۱ نزدیک به ۳۹ برابر شده است. براساس این نمودار مربوط به سال ۲۰۲۱، بیشترین مساحت شهر در پهنه دمایی ۴۴-۴۶ درجه سانتیگراد است. با مقایسه آن با طبقات مشابه سال ۲۰۱۱، در می‌یابیم که از مساحت طبقات ۴۲-۴۴ درجه و

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]

۴۴-۴۶ درجه کاسته شده است و در طرف مقابل بر مساحت طبقات ۴۰-۴۲ درجه و بیش از ۴۶ درجه افزوده شده است، به‌گونه‌ای که مساحت طبقه دمایی بیش از ۴۶ درجه بیش از ۵ برابر شده است.

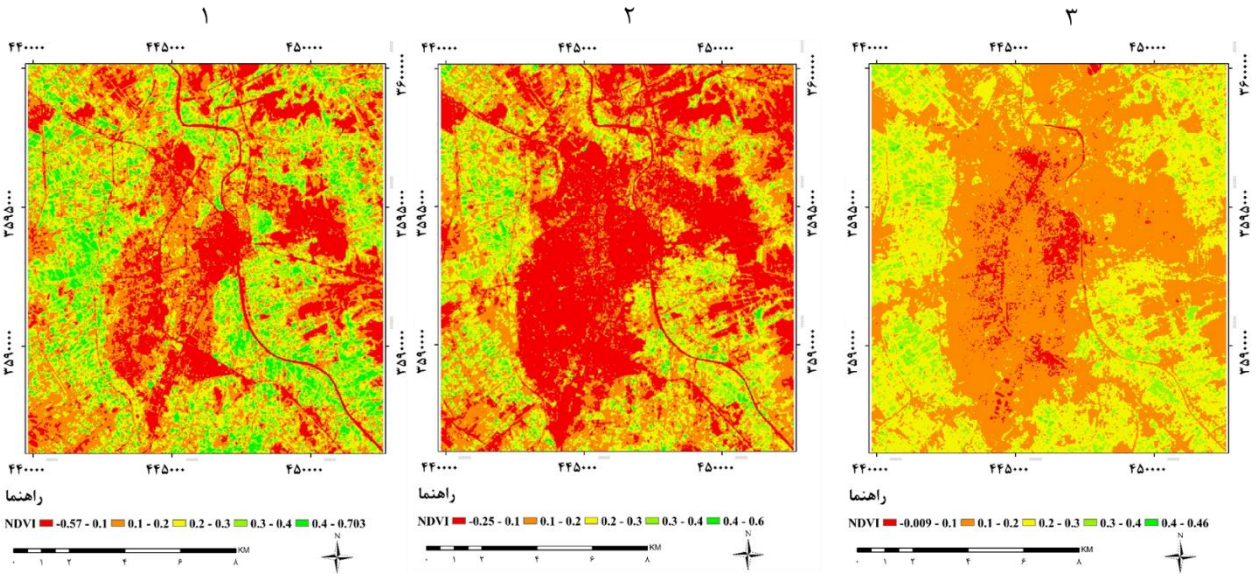


شکل ۴: تغییرات مساحت طبقه‌بندی دمای سطح زمین(هکتار) در دوره مورد مطالعه

شکل ۵، نقشه شاخص NDVI سال طی دوره مورد مطالعه را نمایش می‌دهد. در این شاخص، هرچه میزان پوشش‌گیاهی سالم و متراکم بیشتر باشد، شاخص عدد بالاتری را نشان می‌دهد. اعداد نزدیک به صفر و منفی غالبا مربوط به ساختمان‌ها و آب است و در مورد خاک لخت تقریبا صفر است. براین اساس در سال ۲۰۰۱، رود و غالب شهر در دامنه منفی تا کمتر از ۰.۱ قرار گرفته است. حاشیه‌های رودخانه و قسمت‌های غربی شهر (خارج از محدوده شهر) دارای پوشش‌گیاهی مناسب‌تری هستند. با یک تفسیر بصری ابتدایی متوجه می‌شویم که در سال ۲۰۱۱، شاخص NDVI به شدت کاهش یافته است. دامنه کمتر از ۰.۱ (که اغلب مربوط به آب شهراست) بطور چشم‌گیری افزایش یافته است و در سوی مقابل دامنه‌های بیشتر از ۰.۳ به طبقه‌های پایین‌تر تبدیل شده‌اند. تفاوت نقشه سال ۲۰۲۱ با نقشه معادل سال ۲۰۱۱ در این است که در نقشه سال ۲۰۲۱، بخش‌های کمتری از شهر در دامنه کمتر ۰.۱ قرار گرفته است و غالبا شهر در دامنه ۰.۱-۰.۲ قرار گرفته است. این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که فضای سبز در محدوده شهر گسترش یافته است و باعث تعدیل اثر سازه‌های انسانی شده است. با مشاهده نقشه شکل ۵ به این نتیجه دست می‌یابیم که غالب محدوده مورد مورد مطالعه در دامنه ۰.۱-۰.۳ قرار گرفته است، همچنین دامنه بیش از ۰.۴ به حدی کم است که تقریبا در نقشه دیده نمی‌شود.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]

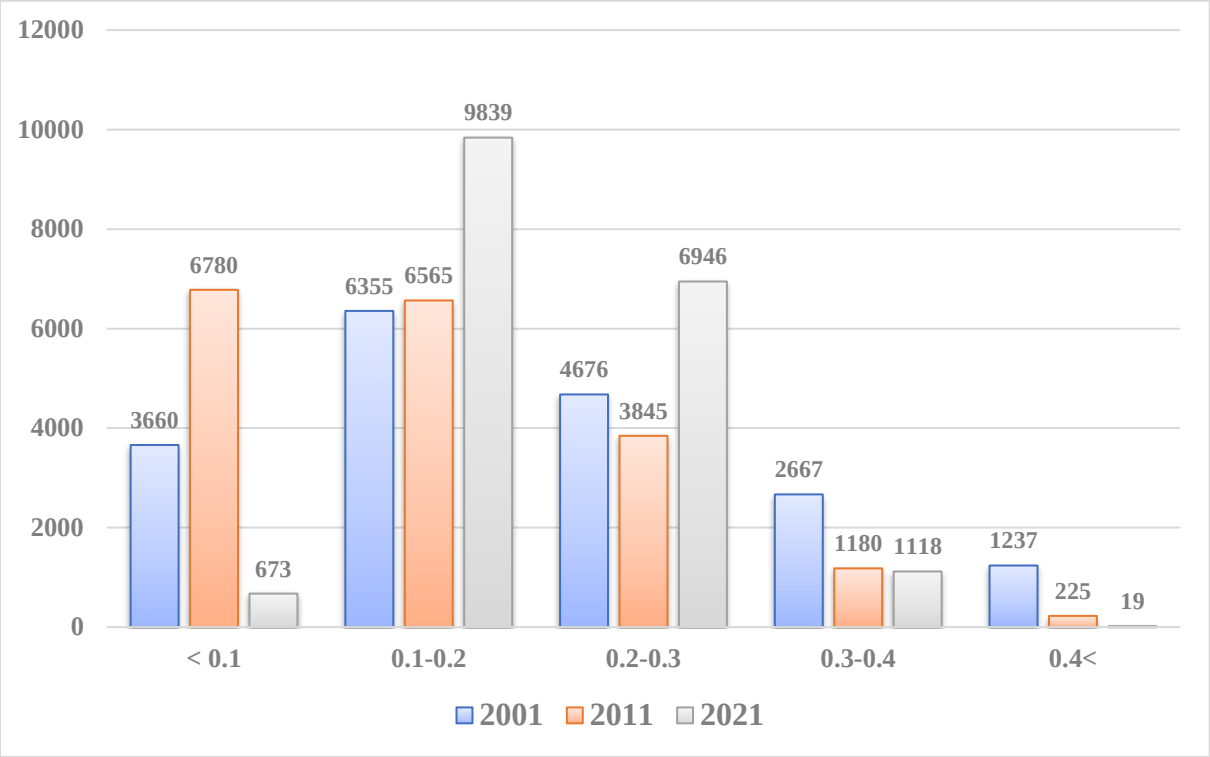


شکل ۵: نقشه شاخص NDVI ۱) سال ۲۰۰۱ ۲) سال ۲۰۱۱ ۳) سال ۲۰۲۱

شکل ۶ نمایش دهنده نمودار تغییرات مساحت شاخص NDVI است. بر اساس این نمودار در سال ۲۰۰۱، بیشترین مساحت منطقه در طبقه ۰.۱-۰.۲ است که حدود ۳۴ درصد از محدوده را شامل می‌شود. طبقه ۰.۲-۰.۳ و طبقه کمتراز ۰.۱ از لحاظ مساحت در رتبه‌های بعدی هستند. این سه طبقه حدود ۷۹ درصد از محدوده را شامل می‌شوند. در سال ۲۰۱۱ دامنه ۰.۲ و کمتر از آن بیش از ۷۰ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه را تشکیل داده‌اند که دامنه شاخص کمتر از ۰.۱ با اختلاف حدود ۲۰۰ هکتار بیش‌از دامنه ۰.۲-۰.۱است. در سوی دیگر، دامنه بیش‌از ۰.۴ نسبت به سال ۲۰۰۱ تقریبا یه یک پنجم کاهش یافته است. براساس این نمودار، در سال ۲۰۲۱، بیش از ۵۰ درصد از منطقه مورد مطالعه در دامنه ۰.۱-۰.۲ قرار دارد و بیش از ۹۰ درصد از منطقه در دامنه ۰.۱-۰.۳ قرار گرفته است. همانطور که از نقشه شکل ۵ (۳) نیز قابل استنباط بود این است که دامنه مناسب بالاتر از ۰.۴ بسیار کم است و تنها ۱۹ هکتار در منطقه مورد مطالعه در این سال (۲۰۲۱) در محدوده بالاتر از ۰.۴ قرار گرفته است. این موضوع به‌خوبی نشان دهنده تخریب کشاورزی و درختان در منطقه است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]

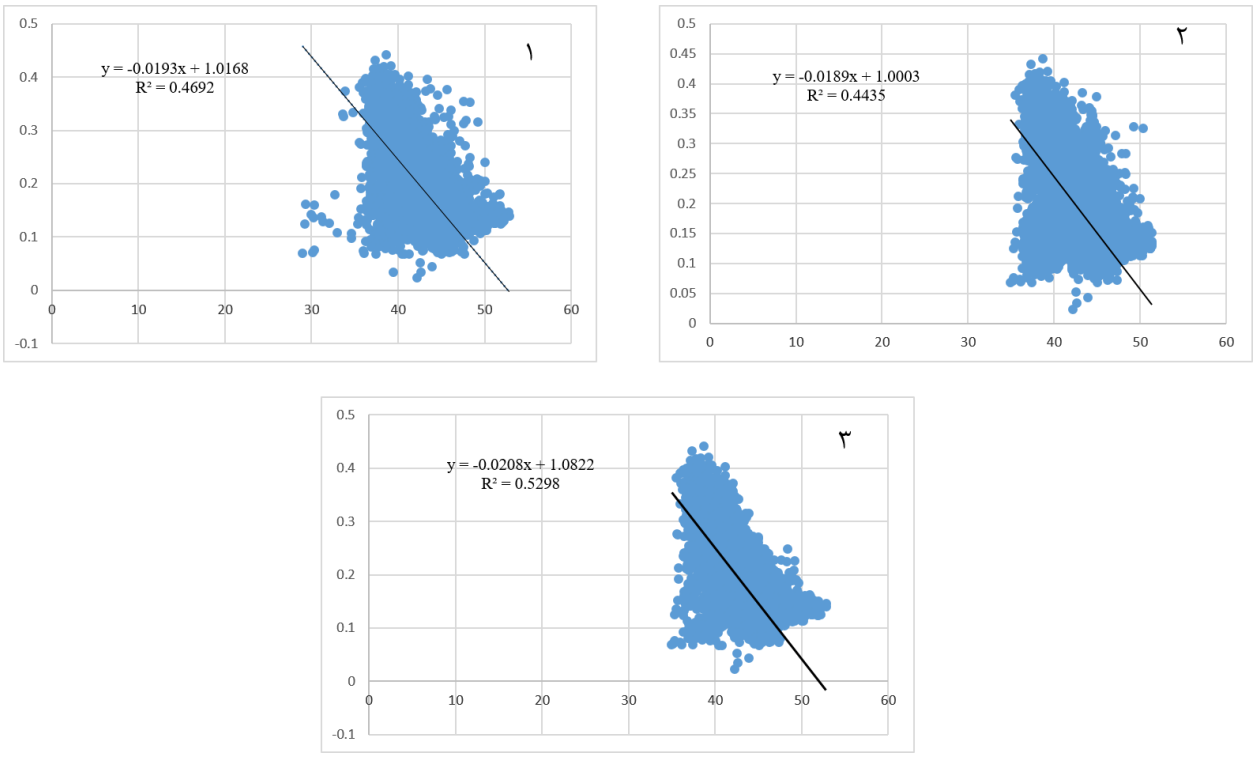


شکل ۶: تغییرات مساحت طبقه‌بندی NDVI (هکتار) در دوره مورد مطالعه

شکل ۷ نمودارهای همبستگی دمای سطح زمین و شاخص NDVI را نشان می‌دهد. این همبستگی برای سه دوره مورد مطالعه ارائه شده است. بر اساس این شکل، همبستگی بین دماس سطح زمین و شاخص NDVI در سال ۲۰۰۱ بیش از ۴۶.۹ درصد بوده است؛ این میزان برای سال ۲۰۱۱ برابر با ۴۴.۳۵ درصد بوده و در سال ۲۰۲۱ به حدود ۵۳ درصد رسیده است. با توجه به نتایجی که در این بخش به دست آمده است؛ همبستگی بسیار بالایی بین دمای سطح زمین و شاخص NDVI در محدوده شهر حله و اطراف آن وجود دارد (با توجه به اینکه فاکتورهای زیادی می‌تواند در تغییرات دمای سطح زمین نقش داشته باشد). تاثیرگذاری تغییرات شاخص NDVI بر تغییرات دمای سطح زمین در بخش‌های قبلی مشخص گردید، چرا که با کاهش ارزش شاخص NDVI بر میزان دمای سطح زمین افزوده می‌شد، اما در این بخش میزان دقیق آماری همبستگی آن مشخص گردید.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]



شکل ۷: نمودار همبستگی بین LST و NDVI ۱) سال ۲۰۰۱ ۲) سال ۲۰۱۱ ۳) سال ۲۰۲۱

نتیجه‌گیری

شاخص‌های متنوعی برای پایش میزان پوشش گیاهی مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای توسعه یافته است که شاید معروف‌ترین آن‌ها شاخص NDVI است. از این‌رو در این تحقیق رابطه این شاخص دمای سطح زمین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده بیانگر رشد شهر و جنگ‌اندازی بر عرصه‌های طبیعی و زمین‌های کشاورزی بود. طبق نتایج بدست آمده، شهر در طی دوره ۲۰۰۱-۲۰۱۱، ۳۰ کیلومتر مربع بر مساحت شهر افزوده شده و در طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۲۱ نیز حدود ۱۷ کیلومتر مربع بر مساحت شهر حله افزوده شد تا مساحت شهر در یک دوره ۲۰ ساله تقریبا دو برابر شده است. یکی از نتایجی که در این تحقیق به دست آمد این بود شاخص پوشش گیاهی در طول دوره مرتبا درحال کاهش بود و در طرف مقابل دما در حال افزایش بود. شاخص پوشش گیاهی در نواحی شهری غالبا منفی است، اما در سال ۲۰۲۱ با یک رشد مثبت همراه بوده است؛ این می‌تواند به دلیل نگرش استفاده از پشت‌بام‌های سبز باشد. با بررسی نتایج مشخص شد همانند رشد شهر، میزان تغییرات شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در دوره ۲۰۰۱-۲۰۱۱ شدیدتر از ۲۰۱۱-۲۰۲۱ بوده که این خود می‌تواند به دلیل تاثیر گسترش شهر بر میکروکلیمای اطراف باشد. واکاوی میزان همبستگی این دو پارامتر نشان می‌دهد که تغییرات دمای سطح زمین در شهر و محدود نزدیک به شهر حله رابطه قوی دارند بطوری که میانگین همبستگی برای سه دوره بیش از ۴۸ درصد است و این به معنی این است که با تخریب بیشتر پوشش گیاهی در آینده، شاهد جزیره گرمایی شهری شدید در شهر حله خواهیم بود.

مقالات مشابهی با این موضوع انجام شده است که بررسی نتایج آن‌ها باتوجه به نتایج این تحقیق بسیار حائز اهمیت است. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۹) طی یک تحقیقی، رابطه شاخص NDVI و دمای سطح زمین در دوره ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ در شهرستان ارسنجان را بررسی کردند و تغییرات دما را در خصوص تغییرات پوشش گیاهی مورد سنجش قرار دادند.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]

نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد طی این دوره شاخص NDVI با کاهش ۲۵ درصدی روبرو بوده است و در مقابل، میانگین دما از ۲۹ درجه سانتی‌گراد به ۴۱.۷ رسیده است. همچنین نتایج تحقیق نشان از رابطه منفی این دو پارامتر می‌داد (R^2=۰,۸۶۲). ولی و همکاران، (۱۳۹۸) ارتباط چندین پارامتر، شامل کاربری اراضی، زمین‌شناسی، عوامل توپوگرافی و دما را بر دمای سطح زمین سنجیدند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که بیشترین دما به ترتیب در خاک لخت و سپس در مناطق ساخته شده بود و کمترین دما نیز در طبقه باغ ها بود. کمترین و بیشترین دما به ترتیب در سازنده‌های پابده-گورپی و آسماری بود. در بین عوامل ذکر شده، دما و ارتفاع بیشترین تاثیر بین دمای سطح زمین داشتند و همبستگی شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده و شاخص نرمال شده رطوبت با دمای سطح زمین معکوس بود. Marzban et al., ۲۰۱۸ رابطه بین دمای سطح زمین با انواع مختلف پوشش زمین و شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می دهد که شیب رگرسیون به انواع مختلف پوشش زمین بستگی دارد. این یک همبستگی منفی بین LST و NDVI را در تمام پوشش‌های زمین نشان می دهد. نتایج تحقیق نشان داد که قدرت همبستگی بین LST و NDVI به فصل، زمان روز و پوشش زمین بستگی دارد. نتایج تحقیق Fatemi & Narangifard (۲۰۱۹) نشان داد که در طول دوره مورد مطالعه، شهر رشد گسترده شهری (مسکونی) را تجربه کرده است. علاوه بر این، تشخیص تغییر نشان داد که مناطق مسکونی ۱۳.۱۷ کیلومتر مربع افزایش یافته است و مناطق پوشش گیاهی (باغ) و زمین‌های بایر به ترتیب ۴.۶ و ۸.۶۳ کیلومتر مربع در دوره ۱۹۸۵-۲۰۱۱ کاهش یافته است. بررسی رابطه بین شاخص پوشش گیاهی (پوشش زمین) و پوشش گیاهی (کاربری زمین) در منطقه یک نشان داد که با کاهش پهنه پوشش گیاهی (کاربری زمین)، کیفیت پوشش گیاهی (پوشش زمین) بدتر شده است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که کاهش کیفیت پوشش گیاهی و در نتیجه کاهش آن می‌تواند تأثیر مثبتی بر الگوهای دما داشته باشد.

منابع

ابراهیمی، علی؛ بهارک معتمدوزیری، سید محمدجعفر ناظم السادات و حسن احمدی. **۱۳۹۹**. بررسی رابطه بین دمای سطح زمین با تغییرات پوشش گیاهی و گستره آبی در شهرستان ارسنجان، ایران. *نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، **٤**: ۶۵-۸۶.

سبزی پرور، علی‌اکبر؛ الهام فخاری زاده شیرازی، سید محمدجعفر ناظم السادات و یوسف رضایی. **۱۳۹۵**. اعتبار سنجی دمای سطح حاصل از تصاویر ماهواره‌ای مودیس و لندست-۵ (مطالعه موردی: مزارع گندم دشت مرودشت). *مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*. **٤**: ۲۵-۴۳.

ولی، عباسعلی؛ ابوالفضل رنجبر، مرضیه مکرم و فریده تاری پناه. **۱۳۹۸**. بررسی رابطه بین دمای سطح زمین، ویژگی‌های جغرافیایی و محیطی و شاخص های بیوفیزیکی با استفاده از تصاویر لندست. *نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، **۳**: ۳۵-۵۸.

Ahmed, M. R., Hassan, Q. K., Abdollahi, M., & Gupta, A. (۲۰۲۰). Processing of near real time land surface temperature and its application in forecasting forest fire danger conditions. Sensors, **۲۰(٤)**: ۹۸٤.

Bren d'Amour, C., Reitsma, F., Baiocchi, G., Barthel, S., Güneralp, B., Erb, K. H., ... & Seto, K. C. (۲۰۱۷). Future urban land expansion and implications for global croplands. Proceedings of the National Academy of Sciences, **۱۱٤(۳٤)**: ۸۹۳۹-۸۹٤٤.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]

Chabuk, A., Al-Ansari, N., Hussain, H. M., Knutsson, S., & Pusch, R. (۲۰۱٦). Landfill site selection using geographic information system and analytical hierarchy process: A case study Al-Hillah Qadhaa, Babylon, Iraq. Waste Management & Research, ۳٤(٥), ٤۲۷-٤۳۷.

Chabuk, A., Al-Ansari, N., Hussain, H. M., Knutsson, S., Pusch, R., & Laue, J. (۲۰۱۷). Combining GIS applications and method of multi-criteria decision-making (AHP) for landfill siting in Al-Hashimiyah Qadhaa, Babylon, Iraq. Sustainability, **۹(۱۱)**: ۱۹۳۲.

Chen, L., & Dirmeyer, P. A. (۲۰۱۹). Differing responses of the diurnal cycle of land surface and air temperatures to deforestation. Journal of Climate, **۳۲(۲۰)**: ۷۰٦۷-۷۰۷۹.

Chen, W., Yue, W., Mu, J., & Xu, S. (۲۰۲۲). Waterbody loss due to urban expansion of large Chinese cities in last three decades.

Choudhury, D., Das, K., & Das, A. (۲۰۱۹). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature in Asansol-Durgapur Development Region. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, ***22*(۲)**:۲۰۳-۲۱۸.

Dehingia, H., Das, R. R., Rahaman, S. A., Surendra, P., & Hanjagi, A. D. (۲۰۲۲). Decadal Transformation of Land Use-Land Cover and Future Spatial Expansion in Bangalore Metropolitan Region, India: Open-Source Geospatial Machine Learning Approach. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, **٤۳**: ٥۸۹-٥۹٥.

Dwivedi, A., & Mohan, B. K. (۲۰۱۸). Impact of green roof on micro climate to reduce Urban Heat Island. Remote Sensing Applications: Society and Environment, ۱۰: ٥٦-٦۹.

Falahatkar, S., Hosseini, S. M., & Soffianian, A. R. (۲۰۱۱). The relationship between land cover changes and spatial-temporal dynamics of land surface temperature. Indian Journal of Science and Technology, **٤(۲)**: ۷٦-۸۱.

Fatemi, M., & Narangifard, M. (۲۰۱۹). Monitoring LULC changes and its impact on the LST and NDVI in District ۱ of Shiraz City. Arabian Journal of Geosciences, **۱۲(٤)**: ۱-۱۲.

Felde, G. W., Anderson, G. P., Cooley, T. W., Matthew, M. W., Berk, A., & Lee, J. (۲۰۰۳, July). Analysis of Hyperion data with the FLAASH atmospheric correction algorithm. In IGARSS ۲۰۰۳. ۲۰۰۳ IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Proceedings (IEEE Cat. No. ۰۳CH۳۷٤۷۷), ۱: ۹۰-۹۲. IEEE.

Ferreira, L. S., & Duarte, D. H. S. (۲۰۱۸, August). Land surface temperature, vegetation cover and urban morphology over different local climate zones in São Paulo Metropolitan Region. In ۱۰th International Conference on Urban Climate/۱٤th Symposium on the Urban Environment. AMS.

Fleck, R., Gill, R. L., Saadeh, S., Pettit, T., Wooster, E., Torpy, F., & Irga, P. (۲۰۲۲). Urban green roofs to manage rooftop microclimates: A case study from Sydney, Australia. Building and Environment, **۲۰۹**: ۱۰۸٦۷۳.

Fonseka, H. P. U., Zhang, H., Sun, Y., Su, H., Lin, H., & Lin, Y. (۲۰۱۹). Urbanization and its impacts on land surface temperature in Colombo metropolitan area, Sri Lanka, from ۱۹۸۸ to ۲۰۱٦. Remote Sensing, **۱۱(۸)**: ۹٥۷.

Guangmeng, G., & Mei, Z. (۲۰۰٤). Using MODIS land surface temperature to evaluate forest fire risk of northeast China. IEEE Geoscience and Remote sensing letters, **۱(۲)**: ۹۸-۱۰۰.

Guo, A., Yang, J., Sun, W., Xiao, X., Cecilia, J. X., Jin, C., & Li, X. (۲۰۲۰). Impact of urban morphology and landscape characteristics on spatiotemporal heterogeneity of land surface temperature. Sustainable Cities and Society, **٦۳**: ۱۰۲٤٤۳.

Guo, L., Gong, H., Ke, Y., Zhu, L., Li, X., Lyu, M., & Zhang, K. (۲۰۲۱). Mechanism of land subsidence mutation in Beijing plain under the background of urban expansion. Remote Sensing, **۱۳(۱٦)**: ۳۰۸٦.

Guo, Z., Wang, S. D., Cheng, M. M., & Shu, Y. (۲۰۱۲). Assess the effect of different degrees of urbanization on land surface temperature using remote sensing images. Procedia Environmental Sciences, **۱۳**: ۹۳٥-۹٤۲.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]

Hashim, A. H., Jasim, O. Z., & Salih, M. M. (۲۰۲۱, April). Developing and establishing a geospatial database of the religious endowments in Hilla, Iraq. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science **۷۵٤(۱):**۱۲۰۲٦). IOP Publishing.

Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., Skoković, D., Mattar, C., & Cristobal, J. (۲۰۱٤). Land surface temperature retrieval methods from Landsat-۸ thermal infrared sensor data. IEEE Geoscience and remote sensing letters, **۱۱(۱۰:** ۱۸٤۰-۱۸٤۳.

Jwad, Z. A., & Hasson, S. T. (۲۰۱۸, October). An optimization approach for waste collection routes based on GIS in Hillah-Iraq. In ۲۰۱۸ International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE) ٦۰-٦۳. IEEE.

Kafy, A. A., Rahman, A. F., Al Rakib, A., Akter, K. S., Raikwar, V., Jahir, D. M. A., ... & Kona, M. A. (۲۰۲۱). Assessment and prediction of seasonal land surface temperature change using multi-temporal Landsat images and their impacts on agricultural yields in Rajshahi, Bangladesh. Environmental Challenges, ٤: ۱۰۰۱٤۷.

Kim, H. M., Kim, B. K., & You, K. S. (۲۰۰٥). A statistic correlation analysis algorithm between land surface temperature and vegetation index. Journal of Information Processing Systems, **۱(۱)**: ۱۰۲-۱۰٦.

Koch, M., Gaber, A., Darwish, N., Bateman, J., Gopal, S., & Helmi, M. (۲۰۱۹, July). Estimating Land Subsidence in Relation to Urban Expansion in Semarang City, Indonesia, Using InSAR and Optical Change Detection Methods. In IGARSS ۲۰۱۹-۲۰۱۹ IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium ,۹٦۸٦-۹٦۸۹. IEEE.

Krayenhoff, E. S., Moustaoui, M., Broadbent, A. M., Gupta, V., & Georgescu, M. (۲۰۱۸). Diurnal interaction between urban expansion, climate change and adaptation in US cities. Nature Climate Change, **۸(۱۲)**: ۱۰۹۷-۱۱۰۳.

Kumar, D., & Shekhar, S. (۲۰۱٥). Statistical analysis of land surface temperature–vegetation indexes relationship through thermal remote sensing. Ecotoxicology and environmental safety, ۱۲۱: ۳۹-٤٤.

Lhissou, R., El Harti, A., Maimouni, S., & Adiri, Z. (۲۰۲۰). Assessment of the image-based atmospheric correction of multispectral satellite images for geological mapping in arid and semi-arid regions. Remote Sensing Applications: Society and Environment, ۲۰: ۱۰۰٤۲۰.

Li, X., & Gong, P. (۲۰۱٦). Urban growth models: progress and perspective. Science bulletin, **٦۱(۲۱):**۱٦۳۷-۱٦٥۰.

Li, Z. L., Tang, B. H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., ... & Sobrino, J. A. (۲۰۱۳). Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. Remote sensing of environment, **۱۳۱**: ۱٤-۳۷.

Maleki, M., Ahmadi, Z., & Dosti, R. (۲۰۱۹). Kermanshah land surface temperature changes in during ۱۳۹۳-۱۳۹۷ periods. Geography and Human Relationships, **۲(۳)**: ۳۰۹-۳۱۹.

Maleki, M., Van Genderen, J. L., Tavakkoli-Sabour, S. M., Saleh, S. S., & Babaee, E. (۲۰۲۰). Land use/cover change in Dinevar rural area of West Iran during ۲۰۰۰–۲۰۱۸ and its prediction for ۲۰۲٤ and ۲۰۳۰. Geogr. Tech, **۱٥**: ۹۳-۱۰٥.

Marzban, F., Sodoudi, S., & Preusker, R. (۲۰۱۸). The influence of land-cover type on the relationship between NDVI–LST and LST-T air. International Journal of Remote Sensing, **۳۹(٥)**:۱۳۷۷-۱۳۹۸.

McDonald, R. I., Mansur, A. V., Ascensão, F., Crossman, K., Elmqvist, T., Gonzalez, A., ... & Ziter, C. (۲۰۲۰). Research gaps in knowledge of the impact of urban growth on biodiversity. Nature Sustainability, **۳(۱)**: ۱٦-۲٤.

Mo, Y., Xu, Y., Chen, H., & Zhu, S. (۲۰۲۱). A review of reconstructing remotely sensed land surface temperature under cloudy conditions. Remote Sensing, **۱۳(۱٤)**: ۲۸۳۸.

Muis, S., Güneralp, B., Jongman, B., Aerts, J. C., & Ward, P. J. (۲۰۱٥). Flood risk and adaptation strategies under climate change and urban expansion: A probabilistic analysis using global data. Science of the Total Environment, **٥۳۸**:٤٤٥-٤٥۷.

Neinavaz, E., Skidmore, A. K., & Darvishzadeh, R. (۲۰۲۰). Effects of prediction accuracy of the proportion of vegetation cover on land surface emissivity and temperature using the NDVI threshold method. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, ۸٥, ۱۰۱۹۸٤.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]

Pech, L., & Lakes, T. (۲۰۱۷). The impact of armed conflict and forced migration on urban expansion in Goma: Introduction to a simple method of satellite-imagery analysis as a complement to field research. Applied geography, ۸۸: ۱٦۱-۱۷۳.

Portela, C. I., Massi, K. G., Rodrigues, T., & Alcântara, E. (۲۰۲۰). Impact of urban and industrial features on land surface temperature: Evidences from satellite thermal indices. Sustainable Cities and Society, ٥٦: ۱۰۲۱۰۰.

Reidsma, P., Tekelenburg, T., Van den Berg, M., & Alkemade, R. (۲۰۰٦). Impacts of land-use change on biodiversity: An assessment of agricultural biodiversity in the European Union. Agriculture, ecosystems & environment, **۱۱٤(۱)**: ۸٦-۱۰۲.

Rimal, B., Sloan, S., Keshtkar, H., Sharma, R., Rijal, S., & Shrestha, U. B. (۲۰۲۰). Patterns of historical and future urban expansion in Nepal. Remote Sensing, **۱۲(٤)**: ٦۲۸.

Singh, R. K., Sinha, V. S. P., Joshi, P. K., & Kumar, M. (۲۰۲۰). Modelling Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) in response to climate change scenarios for the SAARC nations. Environmental Monitoring and Assessment, **۱۹۲(٤)**: ۱-۱۸.

Sruthi, S., & Aslam, M. M. (۲۰۱٥). Agricultural drought analysis using the NDVI and land surface temperature data; a case study of Raichur district. Aquatic Procedia, ٤: ۱۲٥۸-۱۲٦٤.

Sun, Q., Wu, Z., & Tan, J. (۲۰۱۲). The relationship between land surface temperature and land use/land cover in Guangzhou, China. Environmental Earth Sciences, **٦٥(٦)**: ۱٦۸۷-۱٦۹٤.

Tiepolo, M., & Galligari, A. (۲۰۲۱). Urban expansion-flood damage nexus: evidence from the Dosso Region, Niger. Land Use Policy, ۱۰۸: ۱۰٥٥٤۷.

Tran, D. X., Pla, F., Latorre-Carmona, P., Myint, S. W., Caetano, M., & Kieu, H. V. (۲۰۱۷). Characterizing the relationship between land use land cover change and land surface temperature. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, ***124***: ۱۱۹-۱۳۲.

Valor, E., & Caselles, V. (۱۹۹٦). Mapping land surface emissivity from NDVI: Application to European, African, and South American areas. Remote sensing of Environment, **٥۷(۳)**: ۱٦۷-۱۸٤.

van Vliet, J. (۲۰۱۹). Direct and indirect loss of natural area from urban expansion. Nature Sustainability, **۲(۸)**: ۷٥٥-۷٦۳.

Vasanthawada, S. R. S., Puppala, H., & Prasad, P. R. C. (۲۰۲۲). Assessing impact of land-use changes on land surface temperature and modelling future scenarios of Surat, India. International Journal of Environmental Science and Technology, ۱-۱٤.

Wen, Y., Liu, X., Bai, Y., Sun, Y., Yang, J., Lin, K., ... & Yan, Y. (۲۰۱۹). Determining the impacts of climate change and urban expansion on terrestrial net primary production in China. Journal of environmental management, ۲٤۰: ۷٥-۸۳.

Winckler, J., Lejeune, Q., Reick, C. H., & Pongratz, J. (۲۰۱۹). Nonlocal effects dominate the global mean surface temperature response to the biogeophysical effects of deforestation. Geophysical Research Letters, **٤٦(۲)**:۷٤٥-۷٥٥.

Yang, J., Ren, J., Sun, D., Xiao, X., Xia, J. C., Jin, C., & Li, X. (۲۰۲۱). Understanding land surface temperature impact factors based on local climate zones. Sustainable Cities and Society, ٦۹: ۱۰۲۸۱۸.

Zare Naghadehi, S., Asadi, M., Maleki, M., Tavakkoli-Sabour, S. M., Van Genderen, J. L., & Saleh, S. S. (۲۰۲۱). Prediction of Urban Area Expansion with Implementation of MLC, SAM and SVMs' Classifiers Incorporating Artificial Neural Network Using Landsat Data. ISPRS International Journal of Geo-Information, **۱۰(۸)**: ٥۱۳.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.5.5]