دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست‌ویکم، شماره‌ی ۷۴
تابستان ۱۴۰۰، صفحات ۱۵۴-۱۳۱

*سعید صادقیان[۱]
احمد رجبی[۲]
سید محمدرضا شادمانفر[۳]

بررسی روش‌های محاسبه دمای سطح زمین از تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی استان قم)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۷

چکیده

بررسی الگوی مکانی جزایر حرارتی با تصاویر ماهواره‌ای، یکی از چالش‌های اساسی در فرآیند توسعه شهری کشورهای در حال توسعه می‌باشد که اگر این رشد حالت پراکنده و بدون برنامه‌ریزی به‌خود بگیرد مشکلات و مسائل متعددی را گریبان‌گیر فرآیند مدیریتی و برنامه‌ریزی شهری خواهد نمود. هدف پژوهش شناسایی نحوه توزیع و اختلاف دمایی مناطق مختلف شهر قم نسبت به حومه آن به منظور کشف جزایر حرارتی و تهیه نقشه دمایی آن می‌باشد. در این تحقیق با بهره‌گیری از سنجش از دور و تصاویر ماهواره لندست و سنجنده OLI و TIRS در طول شش ماه متوالی از ماه دی ۱۳۹۷ تا خرداد ۱۳۹۸ ماه‌های سرد تا ماه‌های گرم، به بررسی وضعیت توزیع حرارت سطح زمین LST در شهر قم و اراضی حاشیه آن در ارتباط با کاربری و فاکتور شاخص پوشش گیاهی NDVI، پرداخته شد. در طی تحقیقات به‌عمل آمده پیشنهاد می‌گردد با جلوگیری از تخریب مزارع کشاورزی و احداث پارک‌های شهری در مناطق بایر و باز شهری از تشدید جزایر حرارتی در شهر قم جلوگیری کرد.

کلید واژه‌ها: سنجش از دور، جزیره حرارتی، شهر قم، شاخص پوشش گیاهی، سنجنده OLI,TRIS، دما.

*۱- دانشکده مهندسی عمران، آب‌ومحیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). E-mail: sa_sadeghian@sbu.ac.ir
۲- دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳- گروه نقشه‌برداری، موسسه آموزش عالی حکمت، قم، ایران.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

مقدمه

جهان امروزه جریان بی‌سابقه‌ای از شهری را تجربه می‌نماید. با توسعه شهرنشینی، وسعت زیادی از مناطق کشاورزی و جنگل جای خود را به مناطق مسکونی و صنعتی و دیگر زیرساخت‌ها داده‌اند که به‌عنوان مراکز تولید انسانی، حیات و دستیابی به تمدن شناخته می‌شوند. از منظر چشم‌انداز، شهر روند تبدیل پوشش یا استفاده از زمین را نشان می‌دهد. این روند شامل چشم‌انداز طبیعی شامل آب، خاک، گیاه و دیگر عناصر است که به چشم‌انداز مصنوعی شامل سیمان، آسفالت، مواد شیمیایی، فلزات و دیگر عناصر تبدیل می‌شوند. همچنان که چشم‌انداز مصنوعی جایگزین چشم‌انداز طبیعی می‌گردد، تغییر مواد سطح سبب یک سری از تغییرات بازتاب سطح، نگهداشت گرما و انتقال گرما یا به عبارتی اثرات معنی‌داری بر آب و هوای محلی می‌گردد.

روند توسعه شهر قم، پس از انقلاب اسلامی با حرکتی کند و بسیار آهسته آغاز شد و در دهه ۱۳۸۰ با قرار گرفتن در بین کلان‌شهرهای کشور جهش قابل‌توجهی را شاهد بود و اولین نشانه‌های شهری بزرگ و توسعه‌یافته در این دهه پیدا کرد. فقر امکانات و نبود زیرساخت‌های شهری، شهری که بنای اولیه‌اش بر پایه برنامه‌ریزی و طراحی صورت نگرفته و در گذر زمان نیز مورد بی‌مهری قرار گرفته و به شکل گسسته و غیرعلمی توسعه پیدا کرده، اکنون به جایی رسیده که نزدیک ۱۲۰۱۱۵۸ نفر را در خود جای داده و نه تنها می‌بایست این جمعیت عظیم را ساماندهی و به آن‌ها خدمت‌رسانی کند، بلکه باید سالانه پذیرای بیش از ۲۰ میلیون نفر جمعیت مسافرین و زائرینی باشد که به این شهر می‌آیند در این سال‌ها آلودگی حاصل از صنعت و خودروها تا حدی سبب افزایش جزیره حرارتی در زمین‌های بایر و خنک شدن دما در گروه‌های ترافیکی مرکز شهر و بافت‌های فرسوده گردیده است. با توجه به نقش و اهمیت برجسته‌ای که شهر قم در زمینه‌های اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی دارد، مطالعه ساختار قضایی درجه حرارت سطح زمین و اثرات جزیره حرارتی آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. رشد ساختمآن های بلند و خیابآن های نسبتا باریک شهر قم هوای محبوس بین آن ها را گرم کرده و جریان هوا را کاهش داده‌اند، به علاوه گرمای ناشی از وسایل نقلیه رو به ازدیاد، کارخانه‌ها و صنایع و تهویه‌های هوا بر گرمای اطراف افزوده و سبب بدتر شدن اثر جزیره حرارتی در شهر قم گردیده است.

اهداف تحقیق حاضر عبارتند از: پایش مکانی جزایر حرارتی شهر با تصاویر ماهواره‌ای لندست، شناسایی خوشه‌های جزایر حرارتی شهری و نحوه توزیع مکانی آن‌ها با تکنیک های خود همبستگی مکانی از قبیل موران و گری، بررسی همبستگی جزایر حرارتی شهری با توزیع پوشش گیاهی و فضای سبز شهری، بیان راهکارهایی در جهت کاهش جزایر حرارتی به ویژه در مکان‌هایی که در خوشه‌های با حرارت بالا تمرکز یافته‌اند.

در زمینه موضوع مورد مطالعه، تحقیقاتی در دنیا انجام شده که خلاصه‌ای از مهم‌ترین آن‌ها در جدول (۱) ارائه می‌گردد. از نظر محققان با پیشرفت‌های مختلف در زمینه‌های اقتصادی اجتماعی فرهنگی منجر به تغییر الگوهای مکانی جزایر حرارتی و در نتیجه آن افزایش جزایر حرارتی گردیده است. محققان در این پیشینه سعی کردند، علاوه بر تحلیل کاهش اتلاف انرژی درباره الگوی مکانی جزایر حرارتی مطالعاتی را انجام دهند.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

جدول ۱- بررسی روش‌های مورد استفاده برخی از محققان در زمینه جزایر حرارتی

Table 1- Review of the methods used by some researchers in the field of thermal islands

مطالعه	یافته‌ها
Xu, P. (2018)	الگوی شبکه بی‌بی سی (British-Baikal Corridor)، یک ترانزیستور جدید در طول جبهه‌ی جلو قطب جنوب (PFJ) در تابستان، براساس مجموعه داده‌های مشاهده شده و باز آزمایی مورد بررسی قرار گرفته است. الگوی بی‌بی سی از چهار مرکز جغرافیایی ثابت در سرتاسر غرب جزایر بریتانیا، دریای بالتیک، غرب سیبری و دریاچه بایابال تشکیل شده است. این ساختار دارای ساختار wavelike محدوده‌ای متمرکز و محدب محدوده‌ای با زاویه‌ای wavenumber 5 است که بر میزان آب‌وهوا در طول مسیر تاثیر می‌گذارد. الگوی بی‌بی سی از اثر فشرده موج بر PFJ شکل می‌گیرد که توسط یک شیب محدب قوی از طبقه‌بندی مشخص می‌شود. به عنوان یک حالت دینامیکی ترجیح داده شده در PFJ، از طریق تبدیل انرژی در همین حال، موقعیت جغرافیایی آن توسط تبدیل انرژی باروتروپیک تعیین شده است، که حساس به پیکربندی جریان اصلی است باروکلامین از جریان پایه و بازخورد مجدد فرکانس‌های گذرا فرکانس بالا نگهداری می‌شود. جریان فرکانس پایین و گذرگاه‌های مقیاس سینوپتیک در منطقه خروج جت آتلانتیک شمالی هیجان زده شده است، که همچنین می‌تواند ترجیحی بالا مجبور کردن منطقه و الگوی بی‌بی سی از لحاظ جغرافیایی. تجزیه و تحلیل بودجه بر روی اطمینان، دمای، و بخار آب برای تفسیر ماهیت فیزیکی الگوی بی‌بی سی انجام می‌شود. ارتباط احتمالی با نوسانات شمال آتلانتیک نیز مورد بحث قرار گرفته است.
Krzyżewska, A. (2019)	انتظار می‌رود که حرارت امواج در فرکانس، مدت زمان و شدت در آینده افزایش پیدا کند، از جمله در اروپای مرکزی که جمعیت آن‌ها حساس به دمای شدید هستند. در این مقاله شش رویداد مهم اخیر گرمای هوا در لهستان از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ با استفاده از مدل‌سازی منطقه‌ای (فاصله ۱۰ کیلومتری شبکه، فرکانس ساعتی) از مدل تحقیقات آب‌وهوا و پیش‌بینی (WRF) برای تعریف الگوهای درجه حرارت ۲ متری در سطح مقطع، بررسی شده است. برای این منظور، یک موج حرارت به عنوان حداقل سه روز متوالی با حداکثر دمای هوا ۲ درجه بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد تعریف شده است. مناطق شهری بزرگی مانند ورشو یا مجتمع‌های زیادی از مناطق مصنوعی در شهرهای سلیس، معمولا حدود ۲ تا ٤ درجه سانتی‌گراد و حتی تا ٦ درجه سانتی‌گراد، مخصوصا در طول شب، گرم‌تر از مناطق اطراف هستند. علاوه بر این، هوای داغ از جنوب لهستان از طریق یک منطقه کم ارتفاع بین دو کوه (Sudetes)و کوه‌های کارپات - به اصطلاح موروی دروازه‌های پر جمعیت مناطق شهری جمعیت (شهرهای سیلزی) و Cracow جریان دارد.
Ahmed, M. (2019)	تغییرات فضایی و تاریخی دمای روزانه در مصر با استفاده از مجموعه استاندارد ۲۳ شاخص مورد بررسی قرار گرفته است. تجزیه و تحلیل ما با استفاده از یک پایگاه داده متشکل از حداکثر و حداقل دمای هوای روزانه در ٤٠ ایستگاه، شامل دوره‌ای از سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۵ می‌باشد. روند با استفاده از مدل رگرسیون حداقل مربعات مورد سنجش قرار گرفت و اهمیت آن با استفاده از روش از آزمون Mann-Kendall اصلاح شده ($p < ۰/۵$) نتایج نشان می‌دهد که فراوانی، شدت و ماندگاری افراطی‌های گرم در طول دوره مطالعه به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و شیب فضایی روشن از جنوب شرقی تا شمال غربی دارد. قوی‌ترین گرمایش بیش تر در مناطق ساحلی در امتداد دریای سرخ و شبه‌جزیره سینا مشهود بود. در مقابل، تغییرات در سردی شدید، عمدتا غیرقابل توجه بود، با تفاوت در روند (مثلا مثبت و منفی). تغییرات در شاخص‌های متغیر مانند دامنه دما روزانه (DTR) بیش‌تر با شدت‌های شدید گرم نسبت به سردی‌های شدید مطابقت داشت. نتایج ما همچنین نشان می‌دهد که حداکثر دمای هوا شاهد گرم شدن شدید از حداقل دمای هوا بوده است، نتایج حاکی از آن است که حوادث گرمسیری بیش از مصر به طور مستقیم در ارتباط با بادهای شرقی است که هوای گرم و خشک را از شبه‌جزیره عربستان و پلاتو ایران، همراه با رگه‌های قوی در مدیترانه شرقی و تشدید پایین‌ترین سطح آفتاب آسیا. از سوی دیگر، وقوع رویدادهای سرد ناخوشایند را می‌توان با گرادیان فشار شرق–غرب بین ارتفاعات شمال آتلانتیک و سیبری و فرازهای ایران مرتبط دانست که پیشگویی سرد در شمال و شمال غرب را از شمال اروپا به مصر تقویت می‌کند. این وضعیت نیز با فروپاشی هوا خنک‌کننده از تروپوسفر به وسط و پایین ترکیب شده است. به طور کلی، تغییرات مشاهده شده در افراط‌گرایی می‌تواند اثرات عمیق زیست‌محیطی، هیدرولوژیکی و اجتماعی و اقتصادی به ویژه برای تولید محصول، مدیریت منابع آب و مصرف انرژی داشته باشد.
Arvin, A. (2019)	با هدف تعیین و تخمین دمای سطح زمین، از سری تصاویر لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزای سوبرینو جهت محاسبه و تخمین دمای هوای شهر اصفهان و منطقه اطراف استفاده شده است.
Asghari Saraskanrud.H. (2019)	هدف اصلی از این تحقیق پایش دمای سطح زمین و رابطه آن با کاربری اراضی شهرستان اردبیل می‌باشد که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای OLI و ETM+ پایش شده است. بدین منظور نقشه تغییرات کاربری اراضی در یک بازه زمانی ۱۸ساله (۲۰۰۰– ۲۰۱۷) استخراج شده و در نهایت به منظور پایش دمای سطح زمین نقشه دمای سطحی شهرستان اردبیل استخراج شده است. نتایج نشان می‌دهد که رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

ادامه جدول ۱- بررسی روش‌های مورد استفاده برخی از محققان در زمینه جزایر حرارتی

Continue of the Table 1- Review of the methods used by some researchers in the field of thermal islands

مطالعه	یافته‌ها
Hoseingholizade, A., (2021)	در این تحقیق روش‌های مختلف استخراج دمای سطح زمین ازجمله Artis،Mono-window و Stefan-Boltzman مورد بررسی قرار گرفته است. به طوری که در هر روش، گسیلمندی از راه‌های مختلفی از جمله NDVI، Classification و MODIS Product محاسبه و سپس وارد معادلات گردیده است. همچنین از تصاویر متنوع سری لندست شامل TM,ETM+,OLI و محصول گسیلمندی MODIS استفاده شده است. برای تبدیل دمای سطح به ارتفاع یک و نیم متری نیز از یک دماسنج دقیق محیطی با دقت ۰/۲ درجه سانتی‌گراد و رابطه خطی (دمای هوا=۰/٤٤ ×۸/۸× + LST) استفاده شده سپس نتایج به‌دست آمده با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی، محاسبه RMSE و آزمون آماری T مورد راستی آزمایی قرار گرفته‌اند.
Asgarzadeh, P., (2016)	هدف از این تحقیق، تخمین و مقایسه دمای سطح زمین، در روش‌های تک باندی و چند باندی با استفاده از لندست ۸ بوده است که از داده‌های زمینی ایستگاه‌های هواشناسی فارابی (خوزستان) و کرج (البرز) هم‌زمان با عبور ماهواره در تاریخ‌های مورد نظر، توان تشعشعی و آب بخار موجود در اتمسفر، ورودی‌های روش‌های تک و چند باندی این پژوهش بوده‌اند. جهت ارزیابی تحقیق از میانگین مربعات (RMSE) ، متوسط خطای مطلق (MAE) و ضریب تبیین (R2) جهت ارزیابی صحت نتایج استفاده شده است.
Entezari, A., (2016)	هدف از این تحقیق برآورد دمای سطح زمین با استفاده از روش سبال (SEBAL) در حوضه‌ی آبخیز پریشان و تعیین ارتباط آن با کاربری/پوشش اراضی (LULC) بوده است که برای این منظور از تصاویر ETM+ سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ استفاده شده و پس از انجام مراحل مختلف پردازش تصاویر نسبت به استخراج نقشه‌های کاربری اراضی بر اساس روش ماشین بردار پشتیبان (SVM) در دوره‌ی زمانی ۱۳ ساله اقدام گردیده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بیش‌ترین تغییرات کاربری اراضی در کاربری دریاچه به چشم می‌خورد که حدود ۹۷/۳۵ درصد وسعت دریاچه در این دوره‌ی ۱۳ ساله، تخریب شده و بخش عمده‌ی آن به زمین‌های بایر و اراضی کشاورزی تغییر کاربری داده است.
Feizizadeh, B., (2016)	در محاسبه LST از روش SW در حوزه آبریز مهاباد استفاده کردند. در این پژوهش از تصاویر چند طیفی و حرارتی ماهواره لندست۸ برای برآورد دمای زمین در حوضه آبریز مهاباد استفاده شده است.

در بررسی تحقیقات پیشین بدین نتیجه رسیدیم که در مبحث بررسی جزایر حرارتی به وسیله ماهواره لندست ۸ در سطح استان قم تا کنون تحقیقی صورت نگرفته است، در این پژوهش از مطالعاتی که از پیشینه تحقیق یافت شده با موضوع، بررسی الگوی مکانی جزایر حرارتی شهر قم با تصاویر ماهواره‌ای از عوامل موثری در ایجاد جزایر حرارتی شهر قم، از روش‌های متفاوتی برای تحلیل کردن فضا و روش‌های مقابله با جزایر حرارتی و تحلیل آن در شهر قم از راه‌کارهایی مانند، استفاده از سنجش راه دور حرارتی و راه‌کار مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از الگوریتم‌های محاسبه دمای سطح زمین و مقدار محاسبه میزان دما با الگوریتم، با محاسبه انتشار سطح زمین و مقدار رطوبت نسبی از مشاهدات در شهر قم برای به‌دست آوردن تحلیل ماهواره‌ای و ایستگاه‌های هواشناسی و به‌دست آوردن معادل درجه کلوین و مقدار رطوبت نسبی، محاسبه میانگین دمای جوی، شاخص‌های پوشش گیاهی،شناسایی تغییرات مکانی جزایر حرارتی به‌دست آوردن طول موج و کاربردهای تصاویر حرارتی با قدرت تفکیک مکانی پایین‌تر داده‌های حرارتی در مقایسه با داده‌های انعکاسی ماهواره‌ها، ویژگی‌های سنجش از دور حرارتی تشخیص دادن توان تشعشعی با مقدار طول موج ساطع شده سطح دما و عوامل موثر بر دما با مقدار طول موج‌های بلند با تبادل حرارتی بین زمین با ویژگی‌های حرارتی، حرارت و الکترومغناطیسی مورد نیاز سنجش از دور حرارتی طبقه‌بندی تصاویر

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

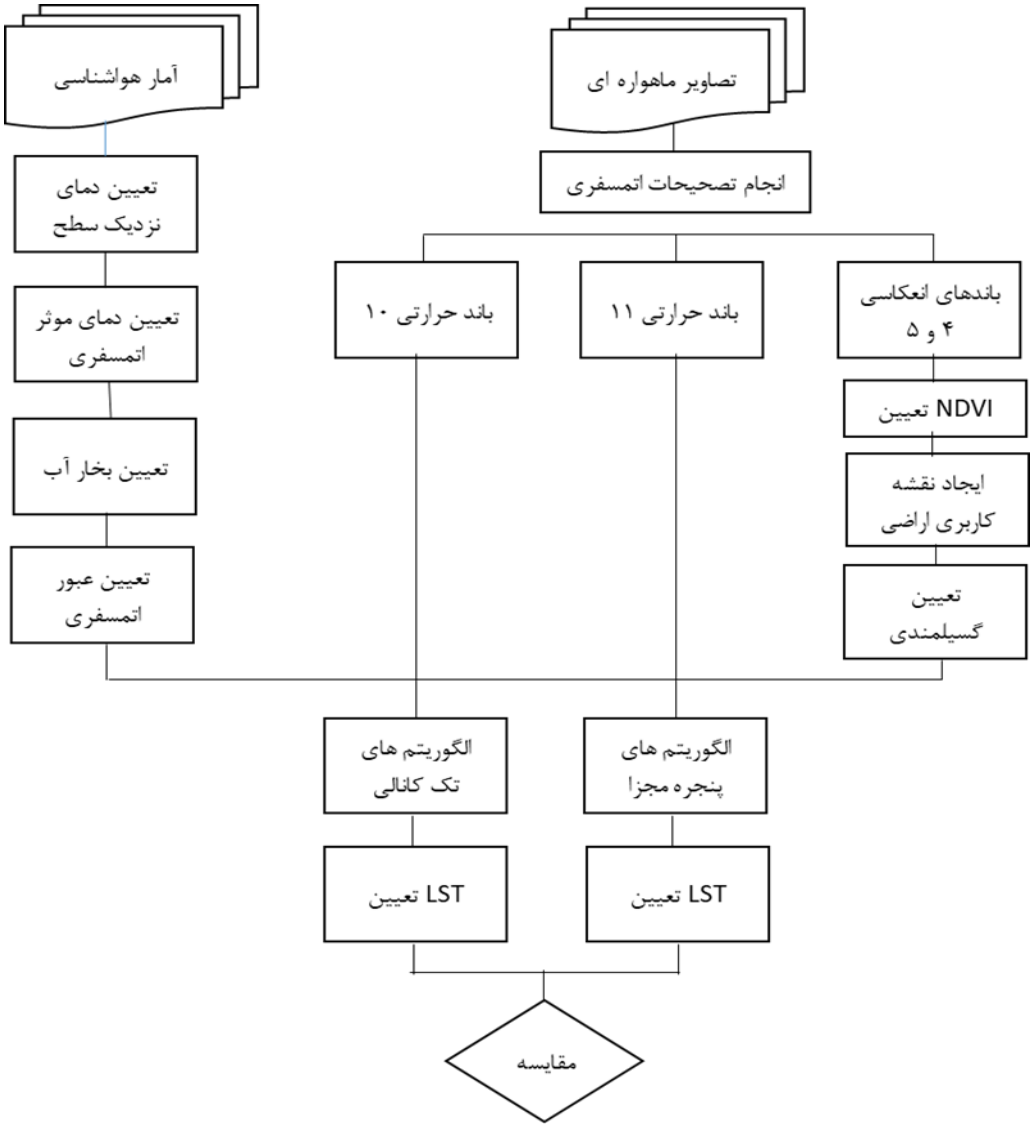
ماهواره با به‌دست آوردن سنجش‌ها چالش‌ها اندازه‌گیری مقیاس بر حسب تغییرات جزیره حرارتی شهر قم سبب شناخت عمیقی بر الگوهای زمانی و مکانی می‌توان اشاره کرد؛ و می‌توان علت‌های شکل‌گیری جزایر حرارتی چاره‌اندیشی در زمینه کاهش پدیده و مخرب به منظور پیشینه تحقیق، اطلاعات از پیشینه تحقیق و گذشته‌ی شهر قم، اطلاعات مکانی درباره محل تمرکز ناهنجاری‌های حرارتی را به موقعیت درباره جزای حرارتی از نظر سرعت و دقت شود.

مواد و روش‌ها

نوع تحقیق حاضر کاربردی و روش بررسی آن تحلیلی-توصیفی است که در چند مرحله انجام می‌شود. در مرحله اول، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست اقدام به بازیابی دمای سطح زمین شده و در ادامه با روش‌های خود همبستگی فضایی نظیر موران و گری، کانون‌ها و جزایر حرارتی مناطق مختلف شهر قم بررسی می‌شود و در نهایت، از طریق آزمون‌های همبستگی، ارتباط میان جزایر حرارتی شهری با توزیع پوشش گیاهی و فضای سبز محاسبه می‌گردد. فرض بر این است که مناطق فضای سبز شهری می‌توانند به عنوان یک عامل کاهنده در دما و جزایر حرارتی عمل کنند. برای بازیابی دمای سطح زمین عدد رقومی تصویر مورد نظر به تابش طیفی تبدیل و با استفاده از تابع پلانک تابش طیفی نیز به دمای روشنایی سنسور ماهواره مورد نظر تبدیل می‌گردد. با توجه به این که آگاهی از انتشار سطح زمین برای ارزیابی دمای سطح زمین مهم است، در گام بعدی با استفاده از طبقه‌بندی شاخص گیاهی تفاضل نرمال شده، انتشار سطح زمین یا گسیلمندی محاسبه، سپس پراکنش جوی محیط با استفاده از ظرفیت بخار آب تعیین و میانگین دمای جوی نیز با استفاده از معادلات ارائه شده توسط Son et al (2010) تعیین می‌گردد و در نهایت با استفاده از الگوریتم تک باند و پنجره مجزا دمای سطح زمین منطقه مورد مطالعه تعیین می‌شود. در تمامی روش‌های استخراج LST نیاز است تابش طیفی و دمای درخشندگی باندهای حرارتی تصاویر محاسبه شوند. همه اجسامی که دمای آن‌ها بالای صفر مطلق باشند از خود حرارت گسیل می‌کنند. بر این اساس، علائم رسیده به سنجنده می‌توانند به تابش در سطح سنجنده (تابش طیفی) تبدیل شوند (راهنمای لندست ۸). در مرحله بعدی تابش طیفی محاسبه شده با استفاده از ثابت‌های کالیبراسیون سنجنده به دمای درخشندگی در سطح سنجنده تبدیل می‌شود.

در ادامه با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده از نوع بیش‌ترین احتمال، کاربری‌های مهم استخراج می‌گردد تا ارتباط میان کاربری‌های با توزیع حرارت سطح زمین مشخص گردد. همچنین از روش‌های خود همبستگی فضایی نظیر موران عمومی و محلی، کانون‌ها و جزایر حرارتی مناطق مختلف شهر قم مشخص شده و در نهایت، از طریق آزمون‌های همبستگی، ارتباط میان جزایر حرارتی شهری با توزیع پوشش گیاهی و فضای سبز محاسبه می‌گردد. فرض بر این است که مناطق فضای سبز شهری می‌توانند به عنوان یک عامل کاهنده در دما و جزایر حرارتی عمل کنند که جهت بررسی ارتباط میان آن‌ها از رگرسیون OLS و رگرسیون موزون جغرافیایی GWR استفاده می‌گردد. در شکل (۱) فلوچارت روش تحقیق ارائه شده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]



شکل ۱: مراحل به‌دست آوردن دمای سطح زمین ماهواره لندست

Figure 1: Steps to obtain the surface temperature of the Landsat satellite

جهت آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای، در گام اول تصویر لندست ۸ در فرمت img دریافت و در مرحله پیش پردازش داده‌ها به دلیل این که هر فایل OLI از تصاویر تک باند مستقلی ساخته شده است که از لحاظ توان تفکیک مکانی متفاوت می‌باشند، بنابراین، در ابتدا ترکیب تصاویر تک باند به یک تصویر چند باند OLI با استفاده از ابزار layer stacking در نرم‌افزار ENVI 5.1 انجام می‌شود. تصحیح هندسی از طریق ارجاع و تطبیق با نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و با استفاده از ۱۶ نقطه کنترل زمینی[4] بیش‌تر شامل تقاطع خیابان‌ها و جاده‌ها انجام می‌شود، گفتنی است که خطا RMS باید کم‌تر از نیم پیکسل باشد. سپس، از ابزار image subset برای برش منطقه استفاده و بعد از پیش پردازش، تصویر منطقه مورد مطالعه برای پردازش داده‌ها و تحلیل جزیره حرارت شهری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

4- Ground Control Point

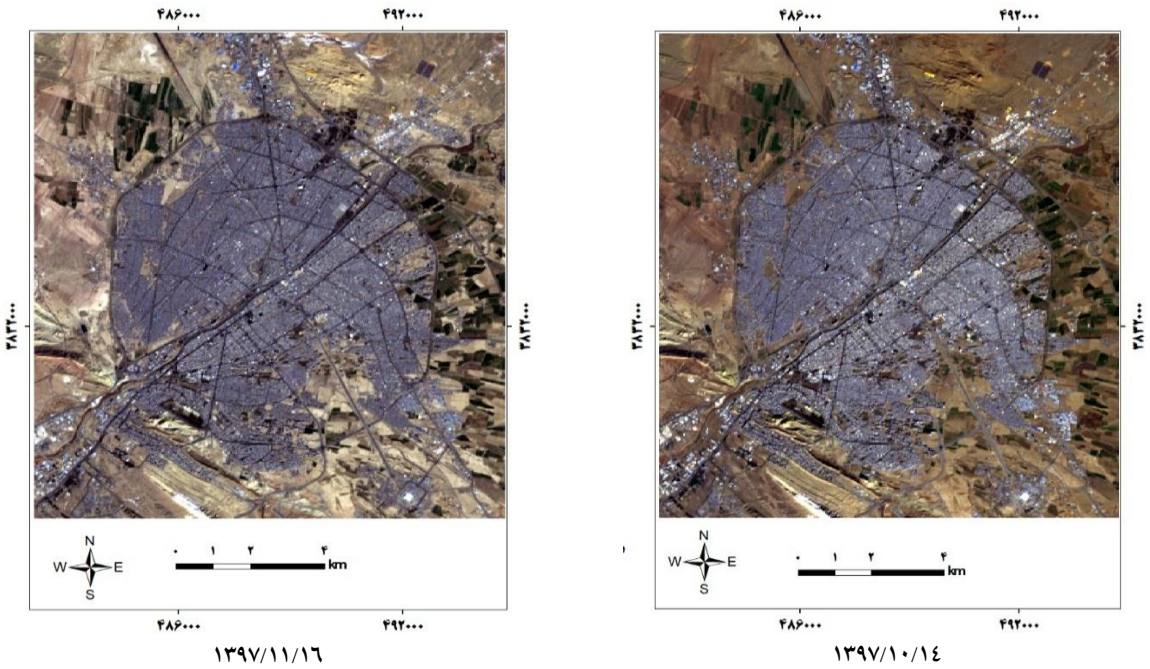
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

ایجاد نقشه‌های حرارت سطح زمین LST شهر قم: جهت تهیه تصاویر حرارتی شهر قم از ٦ تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ مربوط به دی ماه ۱۳۹۷تا خرداد ۱۳۹۸ استفاده گردید. اطلاعات مربوط به تصاویر ماهواره‌ای لندست داخل یک پوشه فراداده [۵](MTL) همراه با خود تصاویر دانلود می‌باشد. این اطلاعات شامل تاریخ اخذ تصویر، نوع ماهواره و سنجنده، اعداد مربوط به تابش، انعکاس، زوایای خورشید، ضرایب و غیره در این پوشه موجود هستند. مشخصات تصاویر مورد نظر به همراه قسمتی از فراداده تصویر ماهواره‌ای در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد نظر

Table 2- Specifications of the desired satellite images

سنجنده	سال	ماه	روز	ساعت	ردیف	گذر
Landsat (OLI)	۱۳۹۷	دی	١٤	۹ صبح	١٦٤	۰۳٦
Landsat (OLI)	۱۳۹۷	بهمن	١٦	۹ صبح	١٦٤	۰۳٦
Landsat (OLI)	۱۳۹۷	اسفند	٢٥	۹ صبح	١٦٤	۰۳٦
Landsat (OLI)	۱۳۹۸	فروردین	٢١	۹ صبح	١٦٤	۰۳٦
Landsat (OLI)	۱۳۹۸	اردیبهشت	٢٢	۹ صبح	١٦٤	۰۳٦
Landsat (OLI)	۱۳۹۸	خرداد	٢٣	۹ صبح	١٦٤	۰۳٦

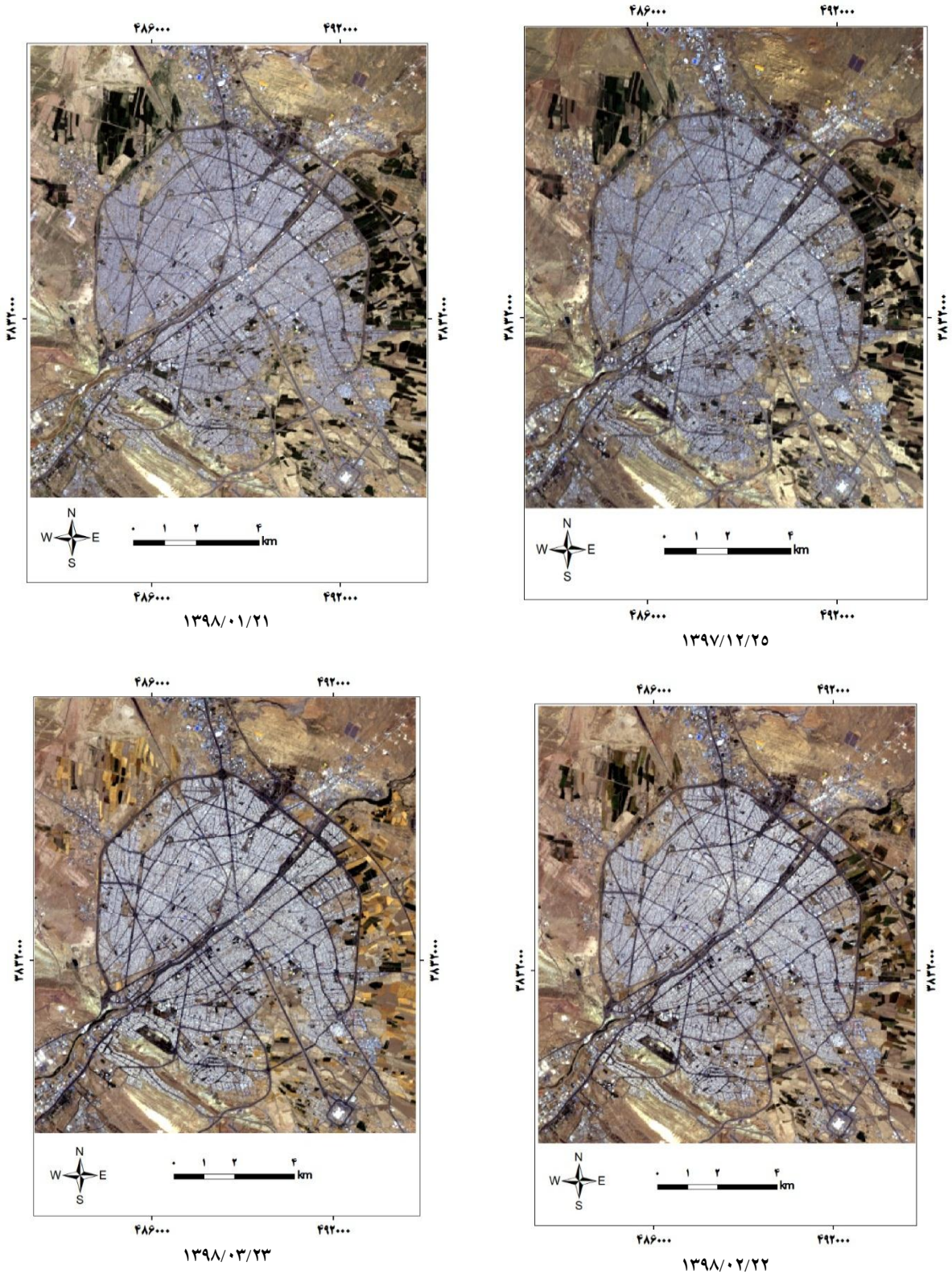


شکل ۲: تبدیل تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست شهر قم به تصاویر انعکاسی در تاریخ‌های مورد نظر

Figure 2: Converting OLI sensor images of Landsat satellite of Qom city to reflective images on desired dates

5- Landsat Metadata

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]



ادامه شکل ۲: تبدیل تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست شهر قم به تصاویر انعکاسی در تاریخ‌های مورد نظر

Continue of the Figure 2: Converting OLI sensor images of Landsat satellite of Qom city to reflective images on desired dates

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

شکل (۲) منطقه مورد مطالعه در تاریخ‌های مذکور به همراه ترکیب باندهای مرئی واقعی RGB است که باند ۳ به رنگ سبز، باند ۲ به رنگ قرمز و باند ۱ به رنگ آبی با یکدیگر ترکیب شده‌اند. پوشش گیاهی به رنگ سبز نشان داده شده است. جهت تصحیحات رادیومتریک و تصحیحات اتمسفری که موجب کاهش دقت نتایج می‌گردد، بعد از ترکیب باندی، تصاویر در محدوده‌های چند طیفی، به حالت انعکاسی تبدیل و سپس از تکنیک مناطق تاریک (Dark Subtract) جهت تصحیحات اتمسفری استفاده گردید. جهت تعیین مرز منطقه مورد مطالعه، سعی گردید تا علاوه بر محدوده شهر قم، محدوده‌های پوشش گیاهی و کشاورزی و جاده‌های ارتباطی اطراف نیز گنجانده شود تا بتوان جزایر حرارتی و ارتباط میان این عوامل با جزایر حرارتی را بهتر مورد بررسی قرار داد. گفتنی است که از نرم‌افزارهای ENVI 5.3 و ArcGIS 10.3 جهت پردازش تصاویر ماهواره ایی و تحلیل‌های مکانی استفاده شده است.

محاسبه درجه حرارت سطح زمین

در این مرحله دمای سطح زمین LST[6] محاسبه گردید (شکل ۲). در این تحقیق برای محاسبه LST از الگوریتم پنجره مجزا[7] استفاده شد که از رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$LST=TB10+C1(TB10-TB11)+C2(TB10-TB11)2+C0+(C3+C4W)(1-m)+(C5+C6W)\Delta m \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه ۱ پارامترهای TB_{10} و TB_{11} دمای روشنایی باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱ تصاویر لندست ۸ هستند، C_0 تا C_6 مقادیر ضرایب الگوریتم پنجره مجزا هستند، m میانگین LSE یا ضریب انتشار سطح زمین است و Δm اختلاف LSE باندهای ۱۰ و ۱۱ است و W مقدار بخار آب اتمسفر است. پس برای محاسبه LST نیاز است تمام پارامترهای فوق تعیین گردد، در همین جهت در ادامه روابط و روش تعیین این پارامترها بیان می‌گردد. قدم اول برای دستیابی به LST محاسبه دمای روشنایی (Brightness Temperature) است و برای به‌دست آوردن دمای روشنایی ابتدا باید تصویر را به رادیانس تبدیل کرد، لذا ابتدا مقادیر درجات خاکستری باندهای ۱۰ و ۱۱ سنجنده TIRS را به‌صورت جداگانه به رادیانس بالای اتمسفر تبدیل می‌کنیم. برای این منظور از رابطه‌ی زیر استفاده می‌کنیم:

$$L_\lambda=M_L\, Q_{cal} + A_L \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه ۲، پارامتر L_λ مقدار رادیانس بالای اتمسفر، پارامتر M_L عامل تغییر مقیاس ضرب شونده است که از فایل متا دیتا تصاویر قابل حصول است، Q_{cal} باند مورد نظر است و A_L عامل تغییر مقیاس اضافه شونده است که در داخل فایل متا دیتا وجود دارد. پس از محاسبه رادیانس بالای اتمسفر، باید دو باند ۱۰ و ۱۱ به دمای روشنایی تبدیل شوند، دمای روشنایی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

6- Land Surface Temperature
7- Split-Window

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

$$T = \frac{K2}{\ln(\frac{K1}{L\lambda}+1)}$$ رابطه (۳)

در رابطه ۳، فشارسنج هوا T دمای روشنایی است، ضرایب K1 و K2 ثابت تبدیل حرارتی هستند که از فایل متا دیتا تصاویر ماهواره‌ای به‌دست می‌آیند و پارامتر L_λ رادیانس بالای اتمسفر می‌باشد. ضمن این‌که دمای به‌دست آمده برحسب درجه کلوین می‌باشد که برای تبدیل به درجه سلسیوس، تصویر دمای روشنایی را از عدد ۲۷۳/۱۵ کم می‌کنیم. با در دست داشتن مقدار دمای روشنایی تصاویر، دو پارامتر m و Δm باقی می‌ماند که محاسبه گردند تا بتوان مقدار LST را محاسبه کرد، برای این منظور باید از داده‌های سنجنده OLI بهره برد و پارامتر LSE[۸] را محاسبه کرد. برای محاسبه LSE به ۳ فاکتور نیازمندیم: ۱: ضریب انتشار خاک ۲: ضریب انتشار پوشش گیاهی ۳: FVC برای محاسبه FVC[۹] لازم است ابتدا مقدار NDVI[۱۰] محاسبه گردد، برای محاسبه شاخص NDVI نیاز است درجات خاکستری باندهای ٤ و ٥ سنجنده OLI تصحیح رادیومتریکی شوند و به رفلکتنس تبدیل شوند. برای محاسبه رفلکتنس ابتدا رفلکتنس بدون تصحیح زاویه تابش خورشید محاسبه می‌شود سپس رفلکتنس با اعمال تصحیح زاویه تابش خورشید محاسبه می‌گردد.

$$\rho\lambda' = M\rho\, Q_{cal} + A\rho$$ رابطه (٤)

در رابطه ٤ ρλ′ رفلکتنس بدون تصحیح زاویه تابش خورشید می‌باشد، Mρ عامل تغییر مقیاس ضرب شونده به‌دست آمده از فایل متا دیتا، Qcal باند تصویر مورد نظر و Aρ عامل تغییر مقیاس اضافه شونده موجود در فایل متا دیتا می‌باشد.

بعد از تعیین مقدار ρλ′ می‌توان رفلکتنس تصحیح شده را محاسبه کرد که از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta sz)} = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta se)}$$ رابطه (٥)

در رابطه فوق ρλ رفلکتنس همراه با تصحیح است، θse زاویه محلی ارتفاع خورشید است که در فایل متادیتا بر حسب درجه موجود است و θsz زاویه محلی زنیت خورشید است که از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$se\theta - {}^{\circ} sz = 90\theta$$ رابطه (٦)

حال می‌توان مقدار NDVI را محاسبه کرد:

$$NDVI = \frac{R\,nir - R\,red}{R\,nir + R\,red}$$ رابطه (۷)

8- Land Surface Emissivity
9- Fractional Vegetation Cover
10- Normalized Difference Vegetation Index

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

در این رابطه Rnir بازتاب در ناحیه مادون‌قرمز نزدیک و Rred بازتاب در ناحیه طیف قرمز سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ می‌باشد.

با داشتن مقدار NDVI تصویر، می‌توان FVC و یا پوشش گیاهی جزء به جزء که برآوردی کسری، از منطقه تحت پوشش گیاهی می‌باشد را از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI\ soil}{NDVI\ vegetation - NDVI\ soil}$$ رابطه (۸)

در رابطه مقدار NDVI خاک است که از مقدار صفر تا ۰/۲ در نظر گرفته می‌شود و NDVI گیاه (vegetation) از ۰/۲ تا ۱ می‌باشد، بنابراین می‌توان با طبقه‌بندی تصویر به ۲ کلاس، قسمت‌هایی از تصویر که خاک و گیاه هستند را از هم تفکیک کرد.

با داشتن مقدار FVC و ضریب انتشار خاک و گیاه برای دو باند حرارتی ۱۰ و ۱۱ از سنجنده TIRS می‌توان مقدار LSE را محاسبه کرد:

$$LSE = \epsilon s \cdot (1\text{-}FVC) + \epsilon v \cdot FVC$$ رابطه (۹)

در معادله فوق ϵs مقدار انتشار خاک و ϵv مقدار انتشار گیاه می‌باشند.

مقادیر ضریب انتشار

Emissivity	باند ۱۰	باند ۱۱
ϵs	۰/۹۷۱	۰/۹۷۷
ϵv	۰/۹۸۷	۰/۹۸۹

با در اختیار داشتن مقدار LSE برای دو باند حرارتی می‌توان، میانگین و اختلاف LSE در دو باند ۱۰ و ۱۱ ماهواره لندست ۸ را محاسبه کرد تا از آن‌ها در الگوریتم پنجره مجزا استفاده کرد.

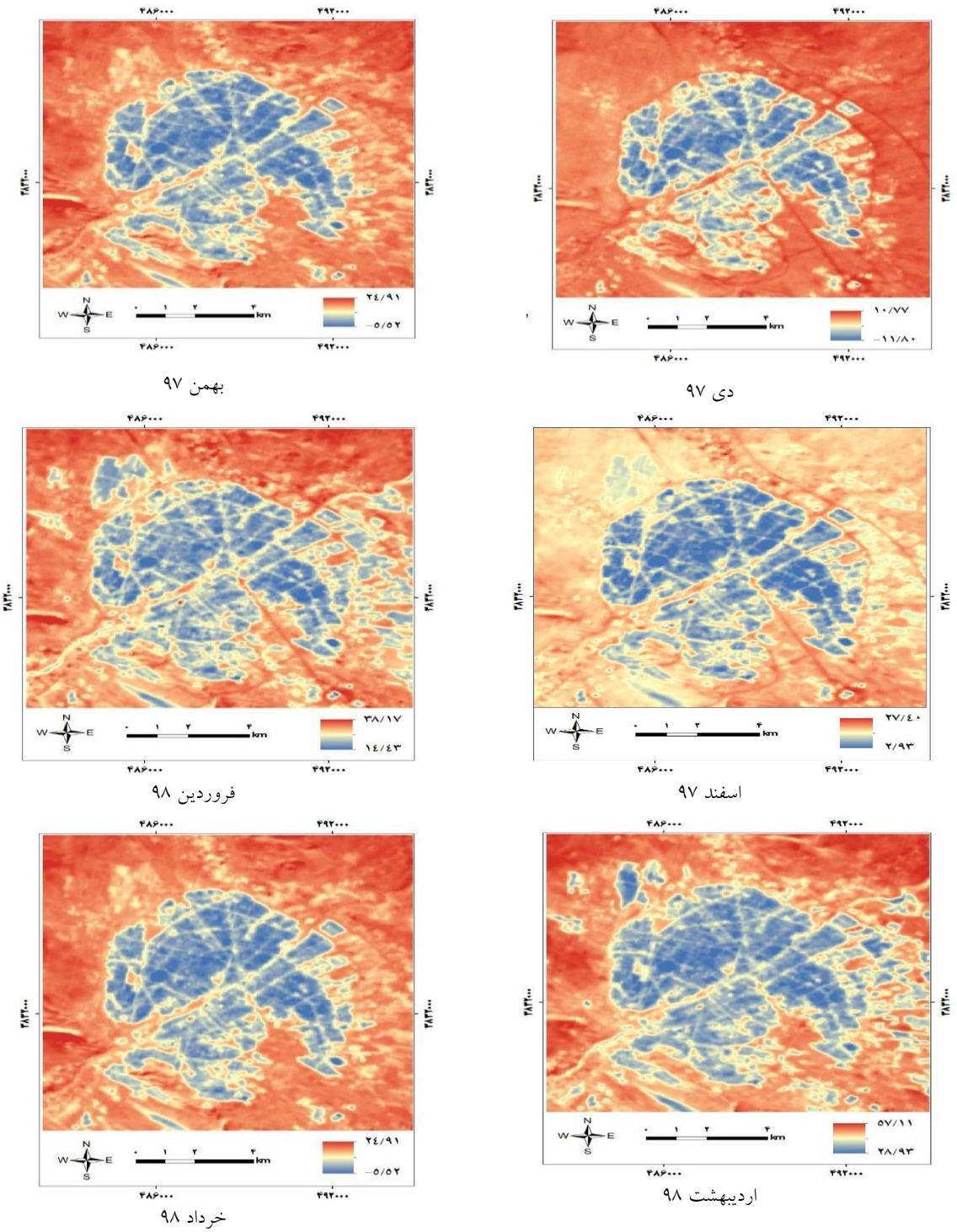
$$m = \frac{LSE10 + LSE11}{2}$$ رابطه (۱۰)

$$\Delta m = LSE10 - LSE11$$ رابطه (۱۱)

با در اختیار داشتن دو پارامتر فوق، عملا تمام پارامترهای لازم جهت محاسبه LST با استفاده از الگوریتم Split-Window در دسترس هستند و می‌توان با جای‌گذاری در رابطه مربوطه LST را برحسب درجه کلوین محاسبه کرد. مقدار دمای سطح زمین در ماه‌ها و قسمت‌های مختلف شهری متغیر است. مناطق ساخته شده شهری در مرکز شهر و بافت‌های فرسوده و پوشش گیاهی در داخل و اطراف شهر قم کم‌ترین دما و کاربری زمین‌های بایر و جاده‌های

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

ارتباطی بیش‌ترین دما را نشان می‌دهند. همچنین مشخص می‌گردد که کم ترین دمای میانگین در ماه دی و بیش‌ترین دمای میانگین نیز در ماه خرداد اتفاق افتاده است (شکل ۳).

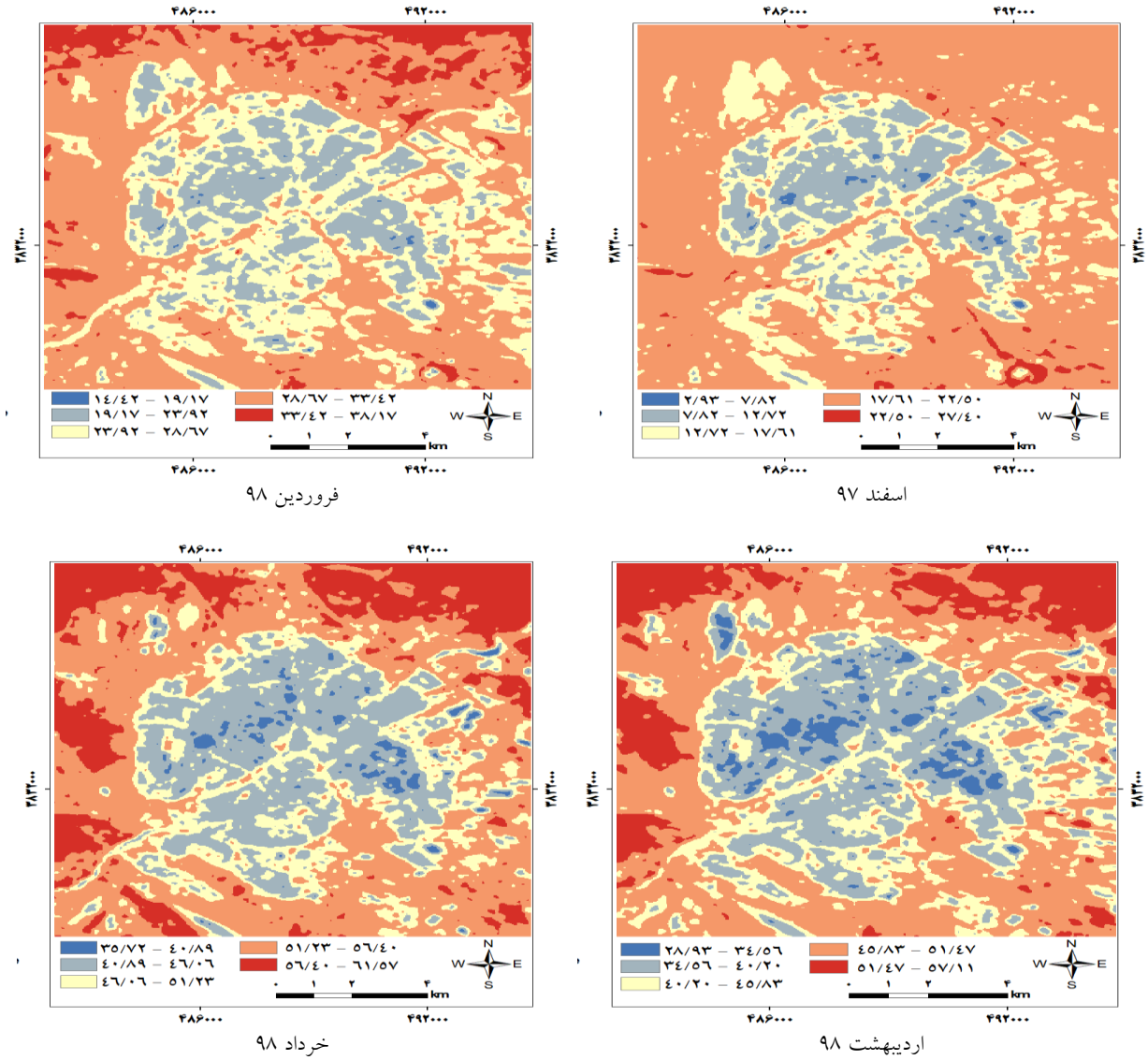


شکل ۳: محاسبه درجه حرارت سطح زمین به سانتی‌گراد در تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست شهر قم

Figure 3: Calculation of earth surface temperature in celsius in OLI sensor images of landsat satellite in Qom

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

طبقه‌بندی درجه حرارت سطح زمین در پنج کلاس در تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست شهر قم در تاریخ‌های مورد نظر پس از محاسبه دمای سطح زمین، طبقه‌بندی تصویر حرارتی با توجه به منحنی توزیع فراوانی و به روش فاصله‌های مساوی در نرم‌افزار ArcGIS 10.3 در ۵ کلاس مساوی صورت گرفت. البته گفتنی است که این مقدار برای هر تصویر متفاوت می‌باشد. در بیش‌تر ماه‌ها مناطق ساخته شده شهری کم‌ترین دما و در کلاس اول قرار گرفته و مناطق پوشش گیاهی و اطراف مناطق ساخته شده شهری و جاده‌های ارتباطی در کلاس سوم و متوسط و مناطق بایر و به خصوص مناطقی که فاصله بیش‌تری از مناطق شهری و پوشش گیاهی دارند در کلاس خیلی بالا و پنجم قرار گرفته‌اند (شکل ٤).



شکل ٤: طبقه‌بندی درجه حرارت سطح زمین در پنج کلاس در تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست شهر قم در تاریخ‌های مورد نظر

Figure 4: Classification of land surface temperature in five classes in the OLI sensor images of Landsat satellite of Qom city on the desired dates

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

برای ارزیابی دقت داده‌های دمایی به‌دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای از آمار ساعتی داده‌های دمایی سازمان هواشناسی استفاده گردید. از آنجا که زمان عبور ماهواره به وقت گرینویچ به طور تقریبی ساعت ٦ صبح و به وقت محلی تقریبی ساعت ۱۰ صبح می‌باشد و اختلاف ساعت قم با گرینویچ ٤ ساعت و ۳۰ دقیقه در فصل تابستان می‌باشد و ایستگاه‌های سینوپتیک نیز هر ۳ ساعت یک‌بار اقدام به ثبت داده می‌نمایند، به همین دلیل برای مقایسه دمای سطح زمین با دمای هوای ایستگاه سینوپتیک از داده‌های موجود ساعت ۱۰ صبح استفاده گردید. نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه مورد مطالعه، ایستگاه قم می‌باشد که دمای هوا برای ۹/۵ صبح (٦ صبح به وقت گرینویچ) برای آن موجود است. می‌توان گفت که دمای محاسبه شده در مقایسه با ایستگاه سینوپتیک قم، ٤/٢٦ درجه کم‌تر بوده که این اختلاف در ماه‌های گرم (خرداد) نسبت به ماه‌های سرد (دی) بیش‌تر است (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه دمای محاسبه شده با دمای ایستگاه سینوپتیک

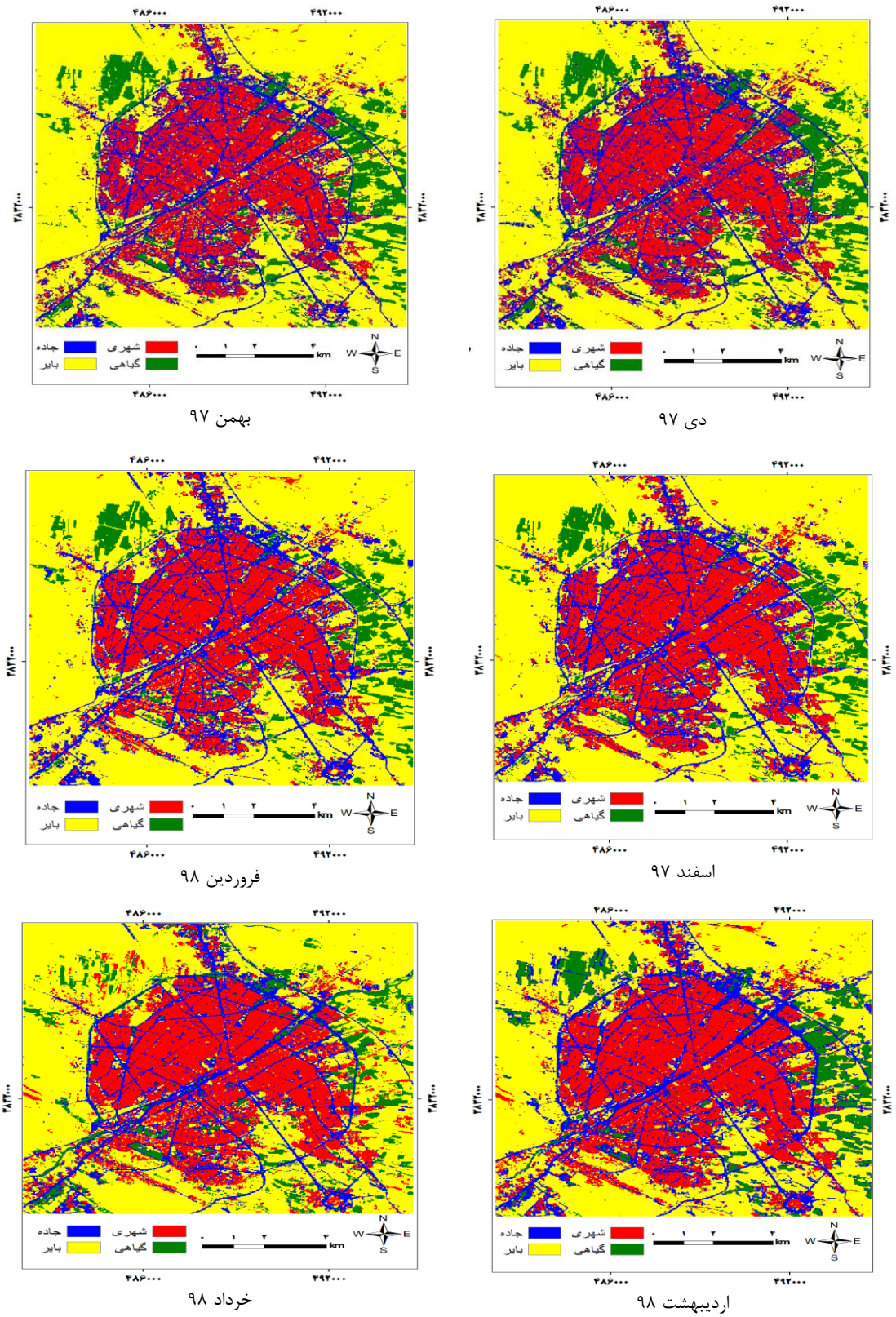
Table 3 - Comparison of calculated temperature with synoptic station temperature

تاریخ تصویربرداری	دمای محاسبه شده	دمای ایستگاه سینوپتیک قم	میزان اختلاف
۱۳۹۷/۱۰/۱٤	۷/۲۵	۱۰/۱۰	۲/۸۵
۱۳۹۷/۱۱/۱٦	۱۵/۱٤	۱۸/۱۹	۳/۰۵
۱۳۹۷/۱۲/۲۵	۲۱/٦۸	۲۵/۰۸	۳/٤٤
۱۳۹۸/۰۱/۲۱	۳۱/۵۲	۳٦/٦٦	۵/۱٤
۱۳۹۸/۰۲/۲۲	٤۰/٦٤	٤٦/۱٤	۵/۵
۱۳۹۸/۰۳/۲۳	٤۲/۳۲	٤۷/۹۵	۵/٦۳
میانگین کل	۲٦/٤۲	۳۰/٦۸	٤/۲٦

توزیع کاربری اراضی با حرارت سطح زمین

جهت بررسی دقیق تر توزیع حرارت سطح زمین، سعی گردید تا کاربری‌های مهم و غالب در منطقه مورد مطالعه شناسایی و از تصاویر ماهواره‌ای استخراج گردد. چهار کاربری شامل مناطق ساخته شده شهری، پوشش گیاهی (شامل مزارع و باغات کشاورزی و فضای سبز شهری)، جاده و راه‌های ارتباطی و مناطق بایر (شامل سایر کاربری‌های از جمله زمین‌های شور و خاکی، زمین‌های شخم زده) با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده با تکنیک بیش‌ترین شباهت یا ML ایجاد گردید. بدین منظور برای هر کدام از کاربری‌های نیاز است تا نقاط تعلیمی یا آموزشی با استفاده از ابزار ROI در نرم‌افزار ENVI تعیین گردید تا سایر پیکسل‌های هر تصویر در هر باند با استفاده از این نقاط تعلیمی در چهار کلاس کاربری دسته‌بندی گردند. همان‌طور که در شکل (۵) نیز نشان داده شده است، چهار کاربری مورد نظر در تاریخ‌های مورد نظر ایجاد شده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]



شکل ۵: محاسبه کاربری اراضی سطح زمین تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست شهر قم

Figure 5: Land use calculation of land surface images of OLI sensor Landsat satellite of Qom city

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

جدول ٤- توزیع مشخصات دمایی در هر کاربری از تاریخ‌های مورد نظر

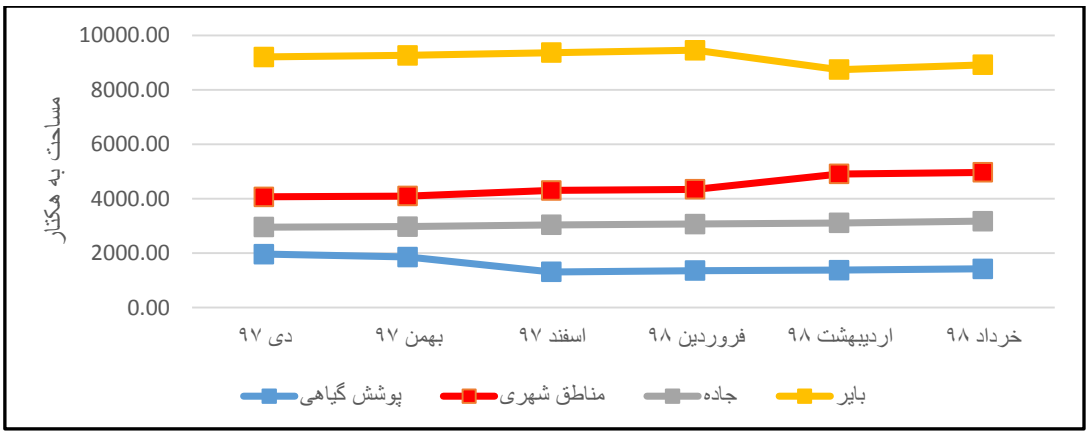
Table 4- Distribution of temperature specifications in each user from the desired dates

تاریخ	نوع کاربری	تعداد پیکسل	مساحت (هکتار)	کم‌ترین دما	بیش‌ترین دما	دامنه تغییرات	میانگین دما	انحراف معیار دما
دی ۱۳۹۷	مناطق شهری	٤٧٣٩٤	٤٠٦٥	−١١/٨٠	١٠/٦٧	٢٢/٤٧	−٠/٦٠	٣/٥٥
	پوشش گیاهی	٢١٧٩٠	١٩٦١	−٥/٤٥	١٠/٠٧	١٥/٥٢	٦/٨٥	٦/٨٥
	جاده	٣٣٩٣١	٢٩٥٣	−٧/٠٦	١٠/٦٦	١٧/٧٢	٣/٥٧	٣/٥٧
	مناطق بایر	٩٨٩٦٥	٩٢٠٦	−٥/٨٤	١٠/٧٧	١٦/٦١	٦/٦٣	٦/٦٣
بهمن ۱۳۹۷	مناطق شهری	٤٣٢٧٢	٤٠٩٤	−٥/٥٢	٢٠/٨٥	٢٦/٣٧	٤/٥٦	٣/٩٧
	پوشش گیاهی	٢٠٦٤٧	١٨٥٨	−١/٠٧	١٧/٩٤	١٩/٠١	١٢/٢٨	١/٨٢
	جاده	٣٣٠١٦	٢٩٧١	−٣/٩٨	١٩/٣٠	٢٣/٢٩	٨/٦٤	٤/٢١
	مناطق بایر	١٠٥١٤٥	٩٢٦٣	−١/٧١	٢٤/٩١	٢٦/٦٢	١٤/٥٤	٢/٦١
اسفند ۱۳۹۷	مناطق شهری	٥٠٤٨٥	٤٣٠٣	٢/٩٣	٢٧/٤٠	٢٤/٤٧	١٣/٤١	٣/٣٩
	پوشش گیاهی	١٤٥٣٤	١٣٠٨	١١/٦٩	٢٣/١٩	١١/٤٩	١٧/٧١	١/٢٠
	جاده	٣٣٠٠٤	٣٠٤٠	٦/٩٦	٢٦/١٨	١٩/٢١	١٧/٦٤	٣/٢١
	مناطق بایر	١٠٤٠٥٧	٩٣٦٥	٧/٩١	٢٦/١٨	١٨/٢٦	١٩/٣٣	١/٣٩
فروردین ۱۳۹۸	مناطق شهری	٤٥٦٩٩	٤٣٤٢	١٤/٤٢	٣٨/١٧	٢٣/٧٥	٢٤/٣٦	٢/٩٨
	پوشش گیاهی	١٥٠٩٣	١٣٥٨	٢١/٦٩	٣٥/١٢	١٣/٤٣	٢٥/٩٨	١/٩٦
	جاده	٣٤٠٦٣	٣٠٦٥	١٩/٣٦	٣٨/١١	١٨/٧٥	٢٨/٤٩	٣/١٢
	مناطق بایر	١٠٧٢٢٥	٩٤٥٠	١٨/٥٢	٣٨/١٥	١٩/٣٠	٣٠/٩٦	٢/٢٦
اردیبهشت ۱۳۹۸	مناطق شهری	٥٦٧٨٩	٤٩١١	٢٨/٩٣	٥٥/٠٩	٢٦/١٦	٣٩/١٧	٤/٣٦
	پوشش گیاهی	١٥٢٦٧	١٣٧٤	٣١/٩٩	٥٢/٥٥	٢٠/٥٦	٤١/٤١	٣/٤٦
	جاده	٣٧٣١٩	٣١٥٨	٣١/٣٣	٥٥/٤٩	٢٤/١٥	٤٤/٣٠	٣/٧٥
	مناطق بایر	٩٢٧٠٥	٨٧٤٣	٣٤/٠٥	٥٧/١٠	٢٣/٠٥	٤٩/٥٦	٣/١١
خرداد ۱۳۹۸	مناطق شهری	٥٦٧٨٩	٤٩٦١	٢٨/٩٣	٥٥/٠٩	٢٦/١٦	٣٩/١٧	٤/٣٦
	پوشش گیاهی	١٥٢٦٧	١٣٧٤	٣١/٩٩	٥٢/٥٥	٢٠/٥٦	٤١/٤١	٣/٤٦
	جاده	٣٧٣١٩	٣١٧٥	٣١/٣٣	٥٥/٤٩	٢٤/١٥	٤٤/٣٠	٣/٧٥
	مناطق بایر	٩٢٧٠٥	٨٩١٩	٣٤/٠٥	٥٧/١٠	٢٣/٠٥	٤٩/٥٦	٣/١١

با توجه به شکل (٥) و جدول (٤) تغییرات کاربری‌ها در طول شش ماه مشخص شده است. می‌توان گفت که کاربری پوشش گیاهی با ١٩٦١ هکتار در دی ماه ٩٧ به ١٣٧٤ هکتار در خرداد ٩٨ رسیده است. البته این کاهش بیش‌تر به علت نزدیک شدن به فصل تابستان و آب وهوای گرم و خشک منطقه نیز می‌باشد. در شکل (٦)، روند تغییرات پوشش گیاهی با دمای کمینه و بیشینه و میانگین دما در کلاس پوشش گیاهی به همراه میانگین دما در کل منطقه نشان داده شده است. می‌توان گفت با نزدیک‌تر شدن به ماه‌های گرم تا خرداد ٩٨، میزان دما روند افزایشی داشته است اما مساحت مناطق پوشش گیاهی کاسته شده است که موجب کاهش جزایر خنک و افزایش جزایر حرارتی در این مناطق شده است. بر اساس شکل (٦) در طول ٦ ماه طول دوره مورد مطالعه به دلیل از بین رفتن باغات در نواحی شرقی و شمال‌غربی قم و جایگزین شدن آن با نواحی بایر این مناطق از جزایر خنک به نواحی مستعد جزایر حرارتی تبدیل می‌شوند. همچنین با توجه به شکل‌های (٧ تا ٩) نیز مشخص می‌گردد که با افزایش و

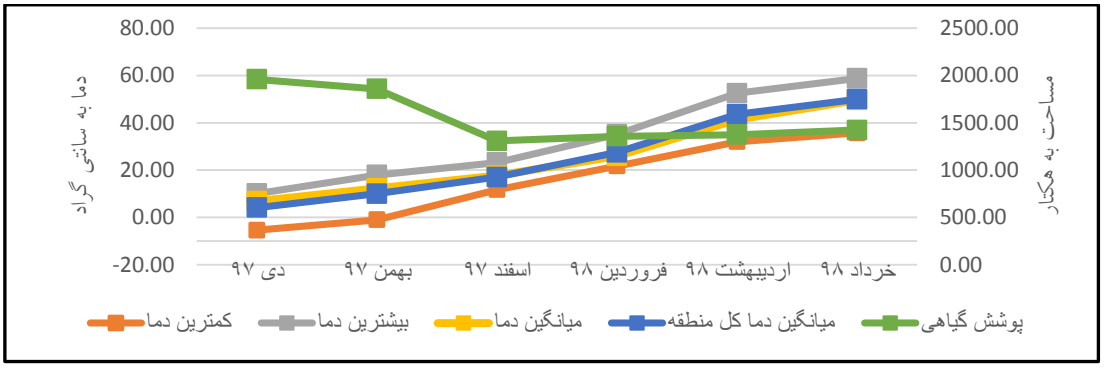
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

رشد مناطق شهری و جاده‌های ارتباطی که بیش‌تر در اردیبهشت‌ماه اتفاق افتاده است، درجه حرارت نیز متناسب با رشد مناطق شهری و جاده‌سازی روند افزایشی داشته است. هرچند که روند افزایش دما در حالت کلی به دلیل نزدیک شدن به فصل گرما و تابستان روند افزایشی دارد.



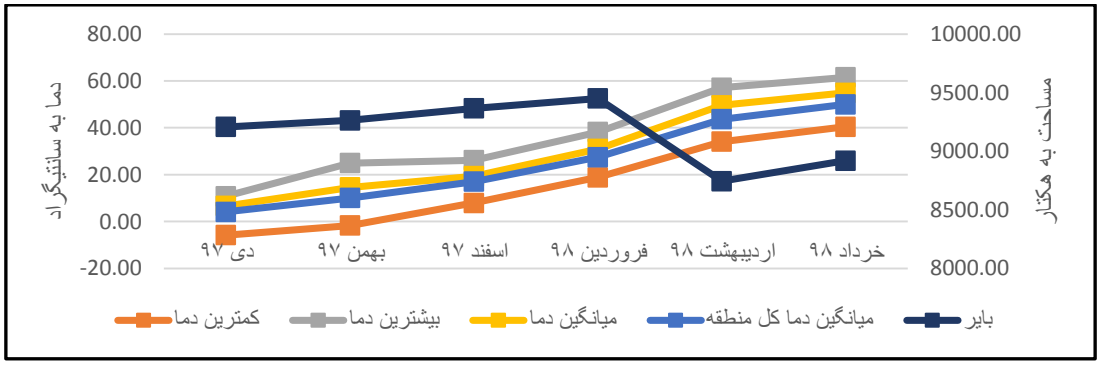
شکل ٦: تغییرات کاربری اراضی در طی تاریخ‌های مورد نظر در شهر قم

Figure 6: Land use changes during the dates in Qom city



شکل ۷: تغییرات دمای هوا و پوشش گیاهی در طی تاریخ‌های مورد نظر در شهر قم

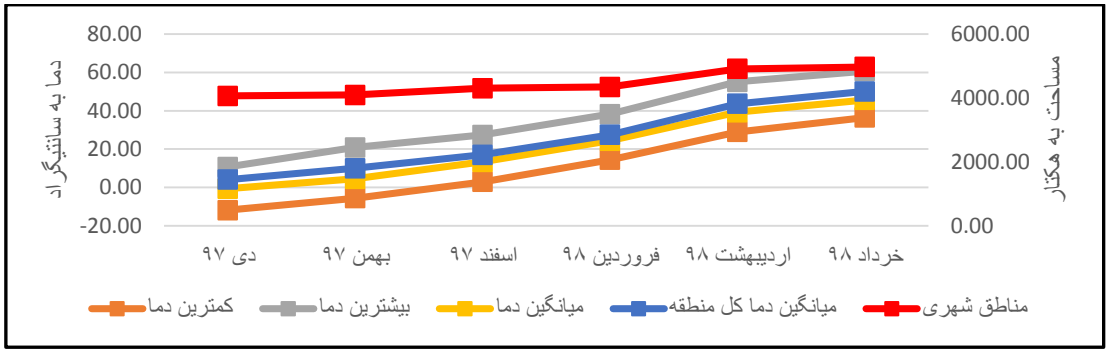
Figure 7: Changes in air temperature and vegetation during the dates in Qom city



شکل ۸: تغییرات دمای هوا و اراضی بایر در طی تاریخ‌های مورد نظر در شهر قم

Figure 8: Changes in air temperature and barren lands during the desired dates in Qom

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

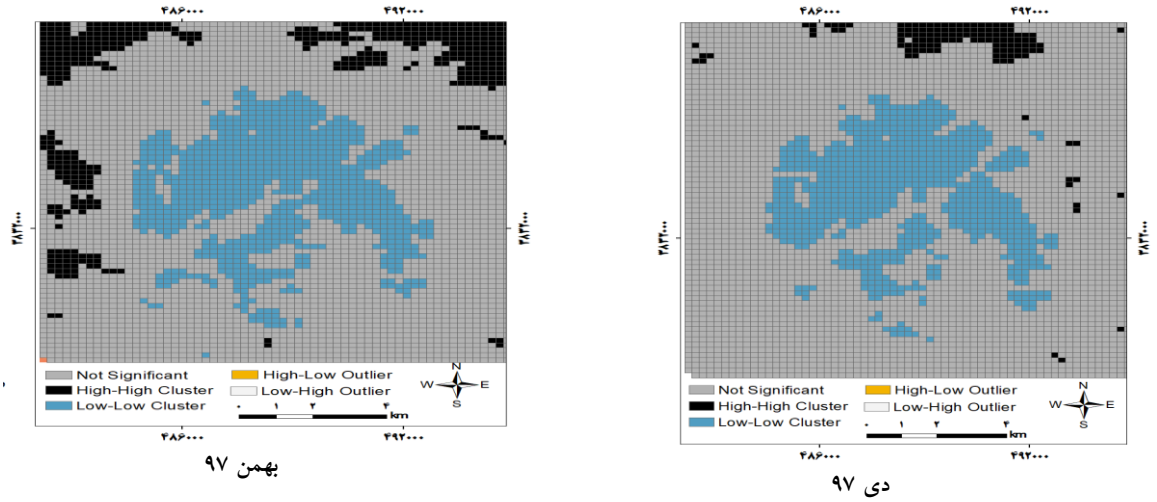


شکل ۹: تغییرات دمای هوا و مناطق شهری در طی تاریخ‌های مورد نظر در شهر قم

Figure 9: Changes in air temperature and urban areas during the dates in Qom

محاسبه خوشه‌های گرم و سرد موران در تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست شهر قم

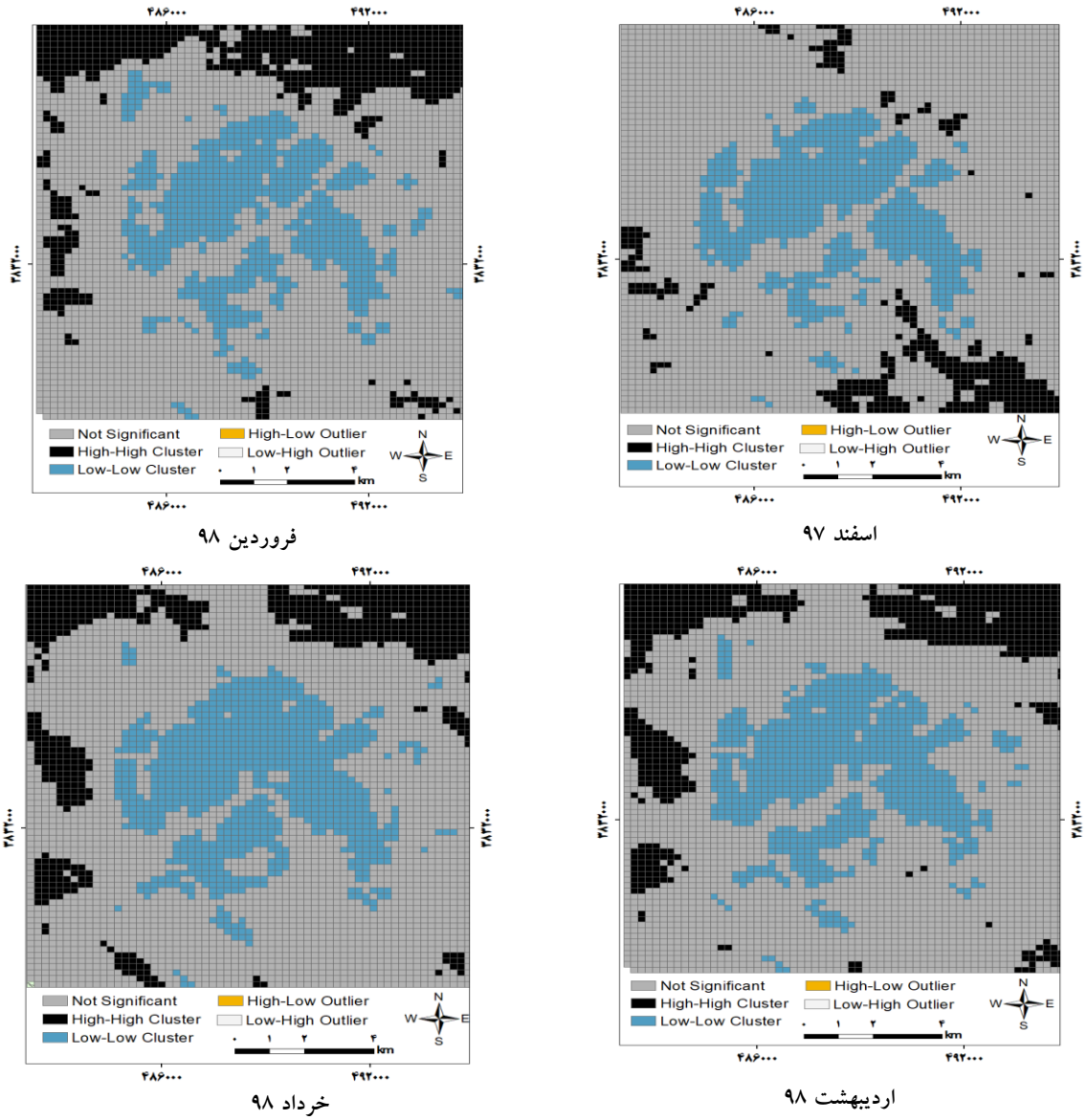
با توجه به عدم ارایه تصویری روشن از پراکنش نقاط توسط آماره موران عمومی و به منظور نمای تغییرات مکانی دما در شهر قم، از آماره موران محلی نیز استفاده گردید. بر اساس شکل (۱۰) مشخص گردید که خوشه‌های با ارزش بالا یا مناطقی که با مقادیر دمایی بالا خوشه‌بندی شده‌اند منطبق بر خاک‌های شنی زمین‌های بایر هستند که به تدریج با رسیدن به ماه‌های گرم، تعداد این مناطق نیز رو به افزایش می‌باشند و جزایر حرارتی شهر قم را تشکیل می‌دهند. از طرف دیگر خوشه‌های باارزش پایین که جزایر خنک شهر قم را تشکیل می‌دهند منطبق بر مناطق ساخته شده شهری و تا حدی پوشش گیاهی می‌باشند. موقعیت مکانی جزایر خنک بر خلاف جزایر حرارتی تقریبا ثابت می‌باشد که به وضوح در شکل (۱۱) نیز مشخص می‌باشد. با توجه به شکل (۱۱) نیز می‌توان گفت که تعداد نقاط یا جزایر خنک در هر ماه اختلاف کمی با یکدیگر دارند اما تعداد نقاط جزایر حرارتی بسیار متغیر است. برای مثال تعداد این نقاط در ماه دی ۱۳۹۷ حدود ۱۳۱ پلی گون بوده است که این مقدار در فروردین ۱۳۹۸ به ۶۸۳ مورد می‌رسد.



شکل ۱۰: محاسبه خوشه‌های گرم و سرد موران در تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست شهر قم

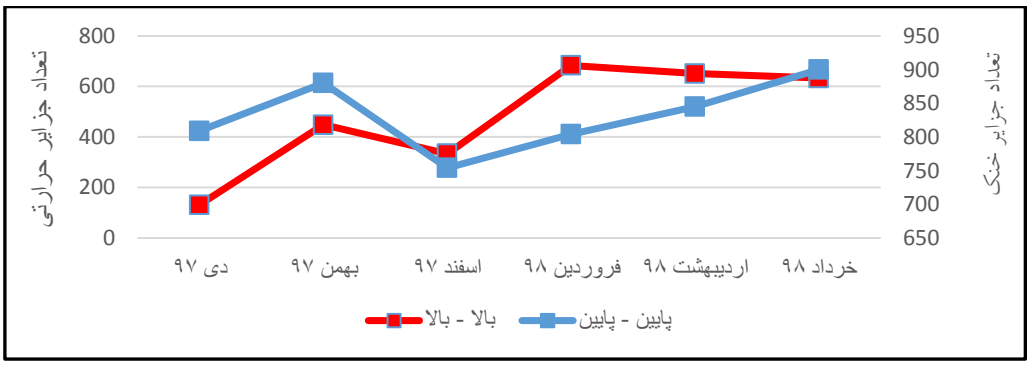
Figure 10: Calculation of Moran hot and cold clusters in OLI sensor images of Landsat satellite in Qom

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]



ادامه شکل ۱۰: محاسبه خوشه‌های گرم و سرد موران در تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست شهر قم

Continue of the Figure 10: Calculation of Moran hot and cold clusters in OLI sensor images of Landsat satellite in Qom



شکل ۱۱: تغییرات جزایر حرارتی و جزایر خنک در طول تاریخ‌های مورد نظر در شهر قم

Figure 11: Changes in thermal islands and cool islands during the dates in Qom

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

نتیجه‌گیری

جزیره حرارتی شهری و آلودگی هوای شهری دو مشکل زیست‌محیطی عمده ناشی از شهرنشینی هستند که خسارات زیادی در شهرهای بزرگ دنیا به وجود آورده‌اند. جزیره حرارتی نه تنها باعث افزایش مصرف انرژی برای خنک کردن ساختمان‌ها می‌شود، بلکه باعث ایجاد آلودگی در جو از جمله تولید گاز اُزن و افزایش ترکیبات زیان‌بار گوگردی و دیگر آلاینده‌های آسیب‌رسان در سطح زمین می‌شود. با توجه به روند رو به رشد شهرنشینی و انتشار آلاینده‌ها، کشف عواقب ترکیب آلودگی و جزیره حرارتی شهری و اثرات آن‌ها، اهمیت ویژه‌ای یافته است. مطالعه جزیره حرارتی نخست با استفاده از اندازه‌گیری دمای هوا توسط ایستگاه‌های سیار و ثابت شهری انجام می‌گرفت و بر پایه داده‌های زمینی استوار بود؛ اما استفاده از داده‌های سنجش از دور برای برآورد دمای سطح زمین روش نسبتاً جدیدی بشمار می‌آید که هزینه‌های تخمین دما را نسبت به روش کلاسیک به طور چشمگیری کاهش می‌دهد.

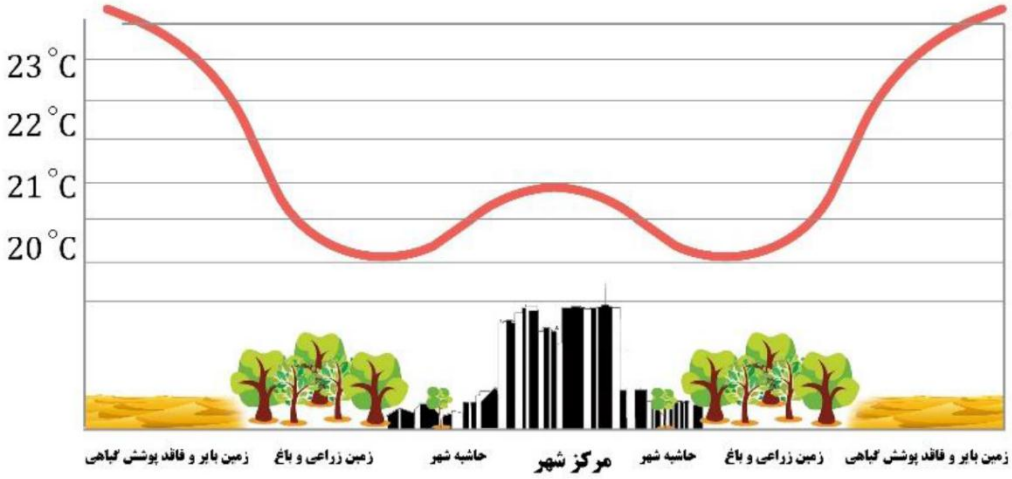
مهم‌ترین اثر پدیده افزایش جمعیت شهرنشین، تغییر چشم‌انداز آینده شهرها می‌باشد که این تغییرات ناشی از یک سری مشکلات محیطی از قبیل از بین رفتن اراضی کشاورزی و تغییر کاربری آن‌ها به اراضی ساخته شده، تغییرات آب و هوایی، تشکیل جزایر حرارتی، تغییر ویژگی‌های هیدرولوژیکی مناطق شهری و نیز کاهش گونه‌های زیستی می‌باشد. پراکنش ناحیه‌ای دمای سطح زمین ارزش کاربردی بسیار مهمی در زمینه‌های تحقیقاتی گوناگون از قبیل تغییرات آب و هوا، پایش‌های زیست‌محیطی و اثرات جزایر حرارتی دارد. اکنون روش‌های مختلفی برای محاسبه و برآورد دمای سطح زمین بر اساس داده‌ها و اطلاعات زمینی ارائه شده است؛ اما باید توجه داشت که دمای سطح زمین وابستگی زیادی به نوع پوشش زمین و نوع کاربری آن دارد که بنا به همین دلیل روش‌های مذکور نمی‌توانند تخمین صحیحی از دما برآورد نمایند. به دلیل اینکه بسیاری از این ایستگاه‌ها در خارج از مناطق مرکزی نواحی شهری واقع می‌باشند و نمی‌توانند اطلاعات دقیقی از میزان دمای موجود در این مناطق را ارائه نمایند. در بعضی مواقع دمای هوا در یک منطقه یا شهر مقدار معینی گزارش می‌شود در صورتی که این مقدار مربوط به همان شرایط است، چه بسا با توجه به پوشش سطح زمین و دیگر شرایط دما در نقاط مختلف همان شهر می‌تواند ۱۰ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر یا بالاتر باشد. با توجه به رشد و توسعه فن آوری های نوین نظیر سنجش از دور و قابلیت‌های زیاد داده‌های ماهواره‌ای نظیر سطح پوشش وسیع، تنوع در سنجنده ها، قدرت تفکیک مکانی و زمانی مناسب، رقومی بودن، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در مطالعات مرتبط با جزایر حرارتی شهری گسترش یافته است.

مهم‌ترین مشکل در مناطق شهری، افزایش درجه حرارت سطح زمین به خاطر دگرگونی‌های به وجود آمده در سطوح طبیعی است که در اثر آن پوشش گیاهی طبیعی حذف شده و با سطوح غیرقابل نفوذ و غیرقابل انتقال از جمله سنگ، فلز، سیمان و غیره جایگزین شده است. این تغییر در مناطق شهری، با اختلاف متمایز و مشخص درجه حرارت بین شهر و نواحی اطراف شهر که جزیره حرارتی شهری (UHI)[11] نامیده می‌شود همراه است. تفاوت توازن انرژی بین محیط‌های شهری و غیرشهری به دلیل ویژگی‌های سطح وجود دارد که این تفاوت‌ها به عنوان اثربخشی گرمای

11- Urban Heat Island

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

شهری مشهود است. با این حال در مناطق گرم و خشک، نواحی ساخته شده توسط انسان می‌تواند باعث خنک‌سازی شهر نسبت به محیط‌های غیرشهری اطراف به ویژه در فصل‌های خشک شود که به جزایر سرمایی شهری UCI[۱۲] مشهور می‌باشد. شکل (۱۲) تغییرات دما را ضمن عبور از حومه شهر به داخل نشان می‌دهد. چنانچه به خوبی می‌توان مشاهده کرد، دمای شهر از چشم‌انداز دارای پوشش گیاهی اطراف بیش‌تر بوده ولی از اراضی بایر و فاقد پوشش گیاهی کم‌تر می‌باشد و ویژگی یک جزیره سرمایی شهری را داراست.



شکل ۱۲: مشخصات جزیره سرمایی شهری

Figure 12: Characteristics of urban cold island

نتیجه‌گیری

۱- به وسیله ماهواره لندست و سنجنده OLI, TRIS می‌توان حرارت سطح زمین در نواحی شهر را به‌دست آورد.

۲- طبق بررسی‌های انجام شده به وسیله تصاویر ماهواره‌ای بیش‌ترین دما در خرداد و کم‌ترین دما در دی ماه اتفاق افتاد.

۳- موقعیت مکانی جزایر خنک بر خلاف جزایر حرارتی تقریبا ثابت می‌باشد. خوشه‌های باارزش پایین یا جزایر خنک شهر قم، منطبق بر مناطق ساخته‌شده شهری و تا حدی پوشش گیاهی می‌باشند.

٤- با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده با تکنیک بیش‌ترین شباهت یا ML، چهار کاربری شامل مناطق ساخته شده شهری، پوشش گیاهی (شامل مزارع و باغات کشاورزی و فضای سبز شهری)، جاده و راه‌های ارتباطی و مناطق بایر (شامل سایر کاربری‌های از جمله زمین‌های شور و خاکی، زمین‌های شخم زده) ایجاد گردید. می‌توان گفت که کاربری پوشش گیاهی با ۱۹٦۱ هکتار در دی ماه ۹۷ به ۱۳۷٤ هکتار در خرداد ۹۸ کاهش یافته است.

۵- با نزدیک‌تر شدن به ماه‌های گرم تا خرداد ۹۸، میزان دما روند افزایشی داشته است اما مساحت مناطق پوشش گیاهی کاسته شده است که موجب کاهش جزایر خنک و افزایش جزایر حرارتی در این مناطق شده است.

12- Urban Cool Island

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

٦- در طول ٦ ماه طول دوره مورد مطالعه به دلیل از بین رفتن باغات در نواحی شرقی و شمال‌غربی قم و جایگزین شدن آن با نواحی بایر این مناطق از جزایر خنک به نواحی مستعد جزایر حرارتی تبدیل می‌شوند.

۷- نتایج تحلیل خودهمبستگی فضایی عمومی و محلی موران نشان داد که داده‌های دمای سطحی شهر قم دارای ساختار فضایی بوده و به شکل خوشه‌ای توزیع شده‌اند و هر چه به ماه‌های گرم سال نزدیک می‌شود جزایر حرارتی به خصوص در مناطق بایر و بدون پوشش گیاهی رشد یافته‌اند.

پیشنهادهایی در زمینه کاهش اثرات جزیره حرارتی می‌توان ارائه داد عبارتند از: گسترش پوشش گیاهی، ایجاد پشت‌بام‌های سبز، توسعه و ایجاد بام‌های خنک.

- توجه به این‌که تصاویر حرارتی معمولا دارای قدرت تفکیک مکانی ضعیف‌تری هستند، امکان شناخت تفاوت دمای سطوح کوچک که در مجاورت یکدیگر قرار گرفته‌اند وجود ندارد. برای مثال نمی‌توان با استفاده از این تصاویر اختلاف درجه حرارت سطحی یک ساختمان کوچک یا متوسط را از کوچه یا خیابان باریک مجاور آن تشخیص داد. لذا پیشنهاد می‌شود که در آینده از طریق تهیه تصاویر حرارتی دارای قدرت تفکیک مکانی بالاتر، الگوی فضایی دمای سطحی قم به طور کاملا دقیق تر مطالعه شود.

-توجه به نتایج این پژوهش، روش‌های تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی (روش‌های خودهمبستگی فضایی عمومی و محلی) کارایی و دقت قابل توجهی در آشکارسازی الگوهای فضایی داده‌های فضایی دارند و به نظر می‌رسد که با استفاده از روش‌های مزبور و داده‌های حرارتی سنجنده هایی مانند MODIS و NOAA\AVHRR می‌توان تحلیلی مناسبی روی تغییرات فضایی و زمانی دمای سطحی ایران داشت.

-طول دوره مطالعاتی در این تحقیق شش ماه متوالی بود در تحقیق‌های آتی پیشنهاد می‌گردد تغییرات حرارت سطح زمین در طول سال‌های متمادی نیز مورد بررسی قرار گیرد تا نحوه شکل‌گیری و اثرات تغییرات کاربری زمین و پوشش گیاهی بر تغییرات دمایی شهر قم مورد بررسی قرار گیرد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

References

- Alavi Panah, S. K., (2003), "***The application of remote sensing in earth sciences (soil sciences***)", published by the Institute and published by the University of Tehran: Tehran. [In Persian].
- Al-Modarresi, S., Abolfazl, R., Sadegh, K., (2015), "Zoning and comparison of surface temperature using two thermal bands 10 and 11 Landsat 8 image (Case study of Behshahr city)", National Conference on Application of Advanced Spatial Analysis Models Remote Sensing and GIS in Land Management, Yazd, Islamic Azad University, Yazd Branch, Yazd Municipality, 24 & 25 February 2015. [In Persian].
- Amiri, R., Alimohammadi, A., Alavi Panah, K., (2007), "Study of temporal spatial variability of heat in relation to land use in Tabriz urban area using thermal and reflective data of TM and ETM Landsat", ***Environmental Science***, 43: 107-120. [In Persian].
- Arvin, A., (2019), "Detection of surface temperature using satellite images", ***Natural Environment Hazards***, 8 (19): 91-102. [In Persian].
- Asgarzadeh, P., Darvishi Blourani, A., Bahrami, H., Hamzeh, S., (2016), "Comparison of ground surface temperature estimation in single-band and multi-band methods using Landsat image 8", ***Remote sensing and GIS in natural resources***, 7 (3): 18-29. [In Persian].
- Asghari Saraskanrud, P., Emami, H., (2019), "Surface temperature monitoring and investigation of land use relationship with surface temperature using OLI and ETM sensor images+Case study: (Ardabil city)", ***Journal of Applied Research in Geographical Sciences***, 19 (53): 195-215. [In Persian].
- Bastiaanssen, W. G., Menenti, M., Feddes, R. A., Holtslag, A. A. M., (1998), "A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL)", ***Journal of hydrology***, 212, 198-212.
- Bektas Balcik, F., Ergene, E. M., (2016), "Determining the impacts of land cover/use categories on land surface temperature using LANDSAT8-OLI, ISPRS-international archives of the photogrammetry", ***Remote Sensing and Spatial Information Sciences***, Volume XLI-B8, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12-19 July 2016, Prague, Czech Republic.
- Benmecheta, A., Abdellaoui, A., Hamou, A., (2013), "A comparative study of land surface temperature retrieval methods from remote sensing data", ***Canadian Journal of Remote Sensing***, 39 (1): 59-73.
- Cushnie, J. L., (2018), "The interactive effect of spatial resolution and degree of internal variability within land-cover types on classification accuracies", ***International Journal of Remote Sensing***, 8 (1): 15-29.
- Entezari, A., Amira Ahmadi, A., Aliabadi, K., Khosravian, M., Ebrahimi, M., (2016), "Surface temperature monitoring and evaluation of land use change trends (Case study: Parishan Lake watershed)", ***Hydrogeomorphology***, 2 (8): 113-139. [In Persian].
- Feizizadeh, B., Dideban, Kh., Gholamnia, Kh., (2016), "Estimation of earth's surface temperature using landsat 8 satellite images and separate window algorithm (Case study: Mahabad catchment)", ***Geographical Information Quarterly (Sepehr)***, 25 (98): 171-181. [In Persian].
- Hossingholizade, A., Zeaiean, P., Beyranvand, P., (2021), "Comparison of different retrieval temperature algorithms with different emissivity by using remote sensing images", ***Geographical Space Journal***, 72 (20) : 39-56. [In Persian].
- Krzyżewska, A., Dyer, J., (2019), "Local-scale analysis of temperature patterns over Poland during heatwave events", ***Theor Appl Climatol***, 135: 261-277.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]

- Ahmed, M., Kenawy, E., Juan, I., Lopez, M., Matthew, F., McCabe, S. M., Robaa, F., Domínguez, C., Marina P. G., Ricardo, M., Mohamed, H., Talal, A., Sergio, M,. Vicente, S., (2019). "Daily temperature extremes over Egypt: Spatial patterns, temporal trends, and driving forces", ***Atmospheric Research***, 226: 219-239.
- Xu, P., Wang, L., Chen, W., (2018), "The British–Baikal Corridor: A teleconnection pattern along the summertime polar front jet over Eurasia", ***Journal of Climate***, 32: 877-896.
- Foody, G. M., (2018), "Status of land cover classification accuracy assessment", ***Remote sensing of environment***, 80 (1): 185-201.
-HassanShahi, M., RaeiniSarjaz, M., Ahmadi, H., (2017), "Investigation of ground temperature changes using rainfall and vegetation information and Landsat satellite images in the north of Fars province", 2nd National Hydrology Conference of Iran, Shahrekord, Shahrekord University- Association Hydrology of Iran, 11 July 2017. [In Persian].
- Hook, S. J., Kahle, A. B., (2019), "The micro Fourier transform interferometer (μFTIR)-A new field spectrometer for acquisition of infrared data of natural surfaces", ***Remote Sensing of Environmen*t**, 56 (3): 172-181.
- Jensen, J. R., (2016), "Remote sensing of the environment: An earth resource perspective", School of Geography and Environmental Science, University of Auckland, Auckland, New Zealand.
- Jensen, J. R., (2017), "Introductory digital image processing: A remote sensing perspective", Univ. of South Carolina: Columbus.
- Jiménez Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., (2019), "A generalized single channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data", ***Journal of Geophysical Research: Atmospheres***, 108 (D22): 46-88.
- Ramezani, B., Mohammadi, M., (2010), "Recognition of the spatial boundary of the formation of a heat island in the city of Rasht", ***Journal of Urban Research and Planning***, 1 (1): 49-64. [In Persian].
- Ranjbar Saadatabadi, A., Azadi, M., Beidakhti, A., Sadeghi Hosseini, A., (2005), "A case study of Tehran heat island and its numerical simulation", ***Journal of Earth and Space Physics***, 31: 38-63. [In Persian].
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Paolini, L., (2019), "Land surface temperature retrieval from Landsat TM 5", ***Remote Sensing of environment***, 90 (4): 434-440.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29]