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

صفحات ۵۷ – ۷۴

بررسی تأثیر قرنطینه ناشی از پاندمی کووید–۱۹ بر جزایر گرمایی در مناطق شهری، صنعتی و فضای سبز تهران

مصطفی نوجوان؛ دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور، گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

فاطمه طبیب محمودی[1]؛ استادیار گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران، ایران.

دریافت مقاله :۱۴۰۰/۰۵/۱۱ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۸/۲۸

چکیده

اعمال قرنطینه ناشی از پاندمی کووید-۱۹ از اوایل سال ۱۳۹۹ موجب ترمیم جهانی عناصر آب و هوایی مانند کیفیت هوا و دما گردیده است. در این تحقیق، تأثیر اعمال قرنطینه ناشی از پاندمی کووید-۱۹ بر شدت جزایر گرمایی شهری با توجه به تعطیل شدن فعالیت‌های صنعتی مانند کارخانه‌جات و نیروگاه‌ها و اعمال قوانین جدید تردد وسایل نقلیه جهت کاهش حجم ترافیک در شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا، از داده‌های سنجش از دور زمانمند ماهواره لندست-۸ برداشت شده از قسمتی از شهر تهران استفاده شده است. روش پیشنهادی در این تحقیق، مشتمل بر تولید نقشه‌های جزایر گرمایی با استفاده از تحلیل قانون مبنای دمای سطح زمین، شاخص اختلافات نرمال شده پوشش گیاهی و نقشه کاربری/ پوشش اراضی می‌باشد. نتایج آشکارسازی تغییرات جزایر گرمایی نشان داد که میانگین دمای شهر تهران در دوران اعمال قرنطینه نسبت به سه سال قبل و یک سال بعد از آن در دوره زمانی مشابه، کاهش محسوسی در حدود ۲۲/۵۲ واحدی داشته است. نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات کلاس‌های شدت جزایر گرمایی نیز نشان داد که در سال ۱۳۹۹ و همزمان با اعمال قرنطینه و محدودیت‌های ناشی از پاندمی، درصد مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد ۱۷/۶۱ درصد کاهش داشته و به موازات آن مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت کم نسبت به سه سال قبل ۱۲/۸ درصد افزایش را نشان داده است. به علاوه، مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد در مدت قرنطینه سال ۱۳۹۹ در منطقه مسکونی، صنعتی و فضای سبز منتخب در این تحقیق به ترتیب به میزان ۷/۴۸ ٪، ۲/۲۶٪ و ۱/۵٪ کاهش داشته است. میزان کاهش مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد در منطقه مسکونی ۵/۲۵ ٪ بیشتر از منطقه صنعتی منتخب و ۶/۱ ٪ بیشتر از منطقه فضای سبز بوده است.

واژه های کلیدی: جزایر گرمایی شهری، دمای سطح، شاخص پوشش گیاهی، آشکارسازی تغییرات، کووید-۱۹.

۱ نویسنده مسئول

Email: fmahmoudi@sru.ac.ir

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

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]

مقدمه

شهرنشینی سریع در دهه‌های اخیر محرک اصلی اکوسیستم‌ها و تخریب محیط زیست اعم از تغییر کاربری اراضی کشاورزی و جنگل‌ها بوده است. سازمان ملل متحد پیش‌بینی کرده که دو سوم جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ در مناطق شهری زندگی می‌کنند (Gordon et al., ۲۰۰۹). شهرنشینی به سرعت اکوسیستم‌ها را به زیرساخت‌ها و ساختمان‌هایی تبدیل می‌کند که ظرفیت ذخیره سازی حرارتی را افزایش می‌دهند. از دست دادن پوشش گیاهی و افزایش مناطق ساخته شده ممکن است در نهایت بر تغییرپذیری آب و هوایی تأثیر بگذارد و منجر به افزایش دمای سطح و هوا گردد (Karimipour,۲۰۱۷ ؛ انجم الشجاع و همکاران، ۱۴۰۰؛ مطیعیان و هاشمی اشکاء، ۱۴۰۰؛ حلبیان و سلطانی، ۱۳۹۹؛۲۰۰۴ ,.Chudnovsky et al). سطوح ساخته شده و غیرقابل نفوذ جاذب‌های قوی‌تری هستند و اشعه تابش شده به آنها، دوباره بازتاب می‌شود که باعث گرم شدن لایه مرزی جو شده و تولید جزیره گرمایی شهری را می‌نماید. مصالح تیره رنگ مورداستفاده در ساخت سقف ساختمان‌ها و روکش آسفالت جاده‌ها و معابر شهری که به عنوان ماده با آلبدو کم در نظر گرفته می‌شود، تابش خورشید را در طول روز جذب کرده، آنرا حفظ می‌کند و به آرامی مجدداً یک شبه گرما را به محیط اطراف می‌تاباند و به این ترتیب دمای شهر را بالا می‌برد. این موضوع باعث تقاضای انرژی بیشتر برای خنک سازی و در نتیجه انتشار گاز دی اکسیدکربن می‌گردد.

پارک‌های شهری و پوشش گیاهی دمای هوا را از طریق سایه، تبخیر و تعرق کنترل می‌کنند. طبق گزارش‌های آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده، سطوح سایه دار به طور متوسط ۱۱-۲۵ درجه سانتیگراد سردتر از سطوح بدون سایه هستند. تبخیر و تعرق باعث کاهش دما در اوج تابستان بین۱ تا ۵ درجه سانتیگراد می‌شود (Ghaffar et ۲۰۲۱ al.,). تبدیل کاربری زمین، جنگل زدایی و نابودی پوشش گیاهی از عوامل انسانی هستند که به از بین رفتن ظرفیت مقابله اکوسیستم‌ها در برابر مخاطرات طبیعی کمک می‌کنند. به عنوان مثال، اختلال در کاربری زمین در مناطق شهری باعث کاهش نفوذپذیری آب می‌شود که این امر احتمال بروز سیلاب‌های شهری را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، اکوسیستم‌ها در معرض خطرات وقوع بلایای طبیعی از جمله زمین لرزه، خشکسالی و سونامی نیز هستند. بلایای طبیعی در مقیاس بزرگ به احتمال زیاد موجب اختلال در سطح اکوسیستم می‌شوند، که ممکن است بر سازمان (ترکیب و تنوع گونه‌ها) و ویژگی‌های عملکردی اکوسیستم‌ها تأثیر بگذارد (Roshan et al., ۲۰۲۱). تغییر شدت جزایر گرمایی شهری یکی از عوامل متأثر از وقوع بلایای طبیعی است که تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه نحوه تأثیرپذیری آن از انواع بلایای طبیعی از جمله سیلاب، زمین لرزه، خشکسالی و سونامی صورت گرفته است(Alqasemi et ۲۰۲۱ al.,؛ Achmad et al., ۲۰۱۹؛ Pavlidou et al., ۲۰۱۹؛ Han et al., ۲۰۱۴؛ Richards and Edwards, ۲۰۱۸؛ Depietri et al., ۲۰۱۲؛ Li et al., ۲۰۱۸؛ Karnieli et al., ۲۰۱۰؛ Streutker ۲۰۰۳؛ Weng ۲۰۰۹).

دو چالش مهم زیست محیطی برای بسیاری از شهرها، جلوگیری از جاری شدن سیل بعد از باران شدید و به حداقل رساندن افزایش دمای شهری به دلیل اثر جزایر گرمایی است. بین این دو پدیده ارتباط تنگاتنگی وجود دارد، زیرا با افزایش دمای هوا شدت بارش افزایش می‌یابد. شهرها به دلیل جذب و تابش مجدد گرما از سازه‌های ساخته شده، پایین آمدن شار گرمای نهان از پوشش گیاهی و خاک و آزاد شدن گرمای تولید شده توسط انسان از ساختمان‌ها و اتومبیل‌ها، گرمتر از مناطق روستایی اطراف هستند. اقدامات در جهت به حداقل رساندن گرمایش شهری شامل ترویج حرکت باد در داخل ساختمان‌ها، بازتاب انرژی خورشیدی بیشتر با استفاده از مواد با آلبدو بالا و افزایش تبخیر و تعرق می‌باشد

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

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]

(Richards and Edwards, ۲۰۱۸). در مطالعات مربوط به سیلاب، موارد متعددی در ارتباط با تأثیر شهرنشینی بر الگوهای بارندگی مورد بررسی قرار گرفته است. هان و همکارانش سه مکانیسم را توصیف می‌کنند که توسط آنها شهرنشینی بر بارش تأثیر می‌گذارد: جزایر گرمایی، غلظت بالای هوا و افزایش زبری سطح ناشی از ساخت ساختمان‌های بلند شهری. از این میان، جزایر گرمایی معمولاً مهمترین تأثیر را دارد زیرا گرم شدن هوا منجر به تلاطم آن شده که به نوبه خود باعث بارندگی می‌شود (Han et al.,۲۰۱۴).

خشکسالی نیز پدیده‌ایست که از بارندگی، درجه حرارت، تبخیر و تعرق، وضعیت آب و خاک تأثیر می‌پذیرد. یکی از تفاوت‌های عمده خشکسالی با دیگر بلایای طبیعی در این است که نسبت به سایرین که به صورت ناگهانی اتفاق می‌افتند، در زمان طولانی‌تر و به تدریج رخ می‌دهد. به همین دلیل است که این بلا را بلایی خزنده دانسته‌اند. اکوسیستم‌های موجود در مناطق شهری در کاهش اثر جزایر گرمایی نقش دارند. این امر به این دلیل است که گیاهان و درختان دمای شاخ و برگ خود را با تبخیر و تعرق تنظیم می‌کنند که منجر به کاهش دمای هوا می‌شود. در دوره خشکسالی، به تدریج کاهش میزان عبور بخار آب یا دی اکسیدکربن از طریق روزنه‌ها یا منافذ کوچک گیاه مشاهده می‌شود (Pavlidou et al., ۲۰۱۹). به دلیل اینکه خشکسالی بیشتر در عرض‌های جغرافیایی کم رخ می‌دهد، یک رابطه منفی قوی بین شاخص اختلافات نرمال پوشش گیاهی و دمای سطح زمین وجود دارد (Depietri et al., ۲۰۱۲). تحقیقاتی نیز برای بررسی تأثیر وقوع زمین لرزه بر افزایش دمای سطح زمین انجام شده است. به عنوان نمونه، پاولیدو و همکاران در یک مطالعه با این رویکرد که زمین لرزه‌ها بر افزایش غیرعادی در انتشارات حرارتی ثبت شده توسط ماهواره‌ها تأثیر دارند، اما نتایج منتشر شده اغلب متناقض و یا محدود به دوره‌های کوتاه و مناطق اطراف زلزله هستند (Pavlidou et al., ۲۰۱۹). یکی دیگر از بلایای طبیعی، سونامی است که با تبدیل تالاب‌ها به دریاچه‌ها موجب افزایش پهنه‌های آبی می‌شود و به موجب آن افزایش شاخص اختلافات نرمال آبی که رابطه منفی قوی با دمای سطح زمین دارد. در مطالعه‌ای، آچمد و همکاران به بررسی رابطه بین دمای سطح زمین و سونامی پرداختند. در این مطالعه تغییرات جزیره گرمای شهری براساس دمای سطح زمین و شاخص آب در استان آچه در اندونزی برای سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۱۸ بررسی شده است (Achmad et al., ۲۰۱۹).

همه‌گیری کنونی ویروس کووید-۱۹ را نیز می‌توان به عنوان یکی از مخرب‌ترین بلایای طبیعی دامنگیر بشریت دانست (Ghaffar et al.,۲۰۲۱). در تحقیقی که توسط القاسمی و همکاران انجام شد، تأثیر قرنطینه ناشی از انتشار بیماری کووید-۱۹ بر کیفیت هوا و شدت جزیره گرمایی شهری در امارات متحده عربی بررسی گردید. در این مطالعه نشان داده شد که درصد تغییرات این پارامترها که توسط داده‌های ماهواره‌ای برای دو برهه زمانی در سال ۲۰۱۹ (۱ مارس تا ۳۰ ژوئن) و ۲۰۲۰ (۱ مارس تا ۳۰ ژوئن) برداشت شده‌اند در طول دوره‌های قرنطینه، میانگین سطح جزایر گرمایی شهری در مقایسه با مدت مشابه در سال ۲۰۱۹، ۱۹/۲٪ کاهش یافته است (Alqasemi et al., ۲۰۲۱). غلامرضا روشن و همکاران در تحقیقی ویژگی‌های جزیره گرمایی شهر تهران و چگونگی تأثیر آن از قرنطینه شهری مرتبط با ویروس کووید-۱۹ را در طول دوره ۲۰ مارس تا ۲۰ آوریل در سال‌های ۱۹۵۱ تا ۲۰۲۰ به روش رگرسیون و طبقه بندی درختی بررسی کردند (Roshan et al., ۲۰۲۱).

در تحقیقی که توسط هادیبصیر و همکاران انجام شد با مقایسه میانگین دمای شهر وهان چین در سه سال قبل از ظهور بیماری کووید-۱۹ و سال بعد از آن نتایج جالبی بدست آمد به طوریکه در زمان ظهور کووید-۱۹ با قرنطینه

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]

اعمال شده میانگین دمای سطح زمین نسبت به میانگین سه سال گذشته در تاریخ‌های مشابه پایین تر بود. در حالی که در زمان ظهور کووید-۱۹بدون اعمال قرنطینه، میانگین دمای سطح نسبتاً بالاتر از میانگین آن در سه سال گذشته بود (Hadibasir et al., ۲۰۲۰). در تحقیق دیگری، بچتی و همکاران اثر قرنطینه ناشی از بیماری کووید-۱۹ را به روش طبقه بندی مناطق شهری در ایتالیا ارزیابی کردند. در این تحقیق نیز تایید شد که ارتباط آماری بسیار مهمی بین آلودگی ناشی از جزایر گرمایی شهری و شدت اعمال محدودیت‌های ناشی از کووید-۱۹ وجود داشته است (Becchetti et al., ۲۰۲۰). در تحقیقی که پریدا و همکاران انجام دادند، با مقایسه دمای سطح زمین در اروپا و آمریکا در پنج سال قبل از انتشار بیماری کووید-۱۹ و سال بعد از همه‌گیری بیماری، به کاهش دمای سطح زمین و به موجب آن کاهش اثر جزیره گرمایی شهری در طول دوره قرنطینه به دلیل کاهش زیاد جذب آئروسل‌ها و آلاینده‌های هوا پی بردند (Parida et al., ۲۰۲۱).

با شیوع بیماری همه‌گیر کووید-۱۹ در شهرهای مختلف ایران از جمله تهران نیز مانند بسیاری از شهرهای بزرگ جهان اولین اقدام جهت پیشگیری از شیوع هرچه بیشتر بیماری، اعمال قرنطینه سراسری بود. هدف از انجام تحقیق ارائه شده در این مقاله این است که با به کارگیری داده‌های زمانمند ماهواره لندست، تأثیر اعمال قرنطینه ناشی از پاندمی کووید-۱۹ بر دمای هوا و به موجب آن تأثیر بر شکل‌گیری جزایر گرمایی شهری با توجه به تعطیل شدن فعالیت‌های صنعتی مانند کارخانه‌جات و نیروگاه‌ها و اعمال قوانین جدید تردد جهت کاهش حجم ترافیک در شهر تهران مورد بررسی قرار گیرد. به بیان دیگر، هدف از این تحقیق بررسی اثرات اعمال قرنطینه ناشی از انتشار ویروس کووید-۱۹در بهار سال ۱۳۹۹ بر شدت جزایر گرمایی در سه منطقه منتخب مسکونی، صنعتی و فضای سبز شهر تهران است. بدین منظور، نقشه‌های جزایر گرمایی شهر تهران در مدت مشابه قرنطینه در سه سال قبل و نیز یک سال بعد از آن تولید و با یکدیگر مقایسه می‌شوند تا تغییرات صورت گرفته در هر یک از مناطق مسکونی، صنعتی و فضای سبز ارزیابی و تحلیل گردند.

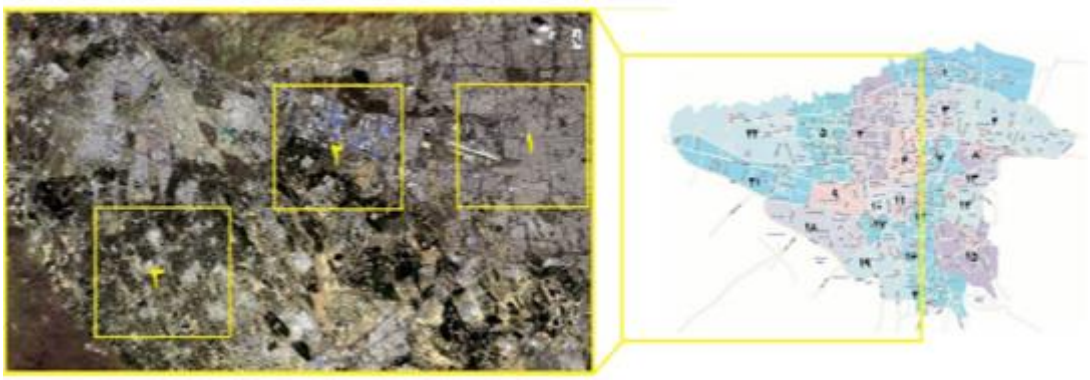
داده‌ها و روش کار

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، قسمتی از استان تهران واقع در بخش شمالی فلات مرکزی ایران است که با رشد جمعیت و ساخت و سازهای گسترده در طول چند دهه گذشته مواجه بوده است. اهداف مدنظر این مقاله در سه منطقه از شهر تهران مشتمل بر مناطق مسکونی، صنعتی و فضای سبز ارزیابی گردید. نواحی مسکونی مورد مطالعه شامل مناطق ۱۰ و ۱۱ شهرداری تهران دارای بافت مسکونی و همچنین قسمتی از منطقه ۹ به دلیل وجود فرودگاه مهرآباد است. نواحی صنعتی شامل منطقه ۲۱ شهرداری تهران است که دربرگیرنده کارخانجات نساجی، تولیدی‌های وسایل و تجهیزات پزشکی و کارخانجات ایران خودرو می‌باشد و فضای سبز نیز مشتمل بر باغستان و پارک‌های اطراف آن است.

داده‌های مورداستفاده، تصاویر اخذ شده توسط سنجنده OLI ماهواره لندست-۸ در بهار سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ است. در شکل ۱ مناطق مسکونی، صنعتی و فضای سبز موردمطالعه بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست- ۸ شهر تهران نشان داده شده‌اند.

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

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]



شکل۱. مناطق منتخب (۱) مسکونی، (۲) صنعتی و (۳) فضای سبز موردمطالعه

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده، روش پیشنهادی در این مقاله مشتمل بر دو مرحله اصلی است. مرحله اول تولید نقشه‌های جزایر گرمایی با استفاده از تحلیل قانون مبنای ویژگی‌های دمای سطح، شاخص اختلاف نرمال پوشش گیاهی و نقشه کاربری / پوششی اراضی است. در مرحله دوم به منظور تحلیل تغییرات رفتاری در شدت جزایر گرمایی شهری در مدت اعمال قرنطینه و مقایسه آن با سال‌های قبل و بعد، تغییرات شدت جزایر گرمایی پایش می‌گردند.

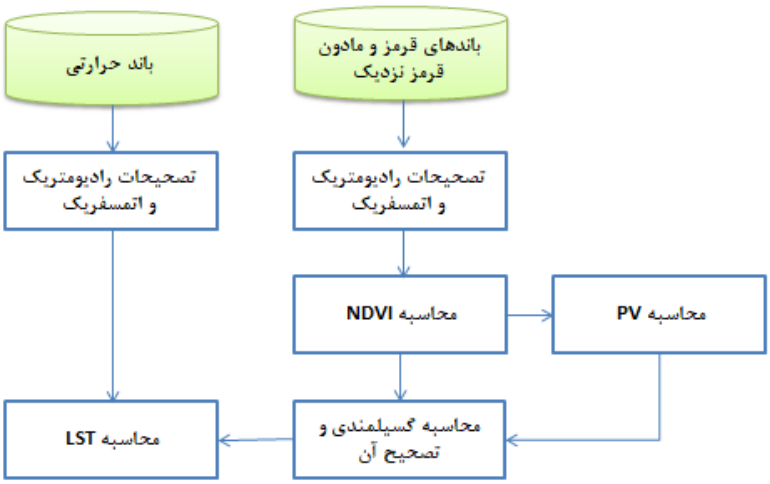


شکل ۲. ساختار روش پیشنهادی تحلیل تغییرات جزایر گرمایی در اثر قرنطینه

- **تولید نقشه های جزایر گرمایی**

نقشه‌های جزایر گرمایی شهری در این تحقیق، مشتمل بر سه کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد، متوسط و کم است که براساس تحلیل قانون مبنای ویژگی‌های دمای سطح زمین و شاخص اختلافات نرمال پوشش گیاهی مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای لندست-۸ و همچنین نقشه کاربری / پوششی اراضی تولید می‌شوند. نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی با روش طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان مشتمل بر سه کلاس خاک، ساختمان و پوشش گیاهی تولید شده‌اند.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]



شکل۳. روند تولید خطوط ویژگی

نحوه محاسبه ویژگی‌های مورداستفاده در تولید نقشه‌های جزایر گرمایی در دیاگرام شکل ۳ نشان داده شده است (Avdan and Javanovska., ۲۰۱۶). بدین منظور، ابتدا باید تصحیحات اتمسفریک و رادیومتریک بر روی باندهای طیفی قرمز، مادون قرمز نزدیک و حرارتی از تصویر برداشت شده توسط ماهواره لندست-۸ انجام شود. سپس، ویژگی‌های طیفی گیاهی مشتمل بر شاخص NDVI و PV به شرح زیر تولید می‌شوند:

شاخص گیاهی NDVI : این شاخص نمایش دهنده پوشش گیاهی و تراکم گیاه و متمایز کننده آن از سایر پدیده‌ها مانند ساختمان، جاده و سایه در منطقه و همچنین شاخصی برای توجیه سلامتی و افزایش و کاهش میزان کلروفیل در داخل گیاه مورد نظر می‌باشد.

$$NDVI = \frac{Mean_{NIR} - Mean_R}{Mean_{NIR} + Mean_R} \qquad (۱)$$

در این رابطه $Mean_{NIR}$ نشان دهنده میانگین درجات خاکستری باند مادون قرمز نزدیک و $Mean_R$ نشان دهنده میانگین درجات خاکستری باند قرمز است.

شاخص گیاهی PV : برای محاسبه این شاخص پوشش گیاهی از شاخص NDVI محاسبه شده در مرحله قبل، استفاده می شود.

$$\mathrm{Pv} = \frac{NDVI - Min_{NDVI}}{Max_{NDVI} - Min_{NDVI}} \qquad (۲)$$

در این مرحله، به منظور محاسبه ویژگی دمای سطح زمین لازم است با استفاده از شاخص گیاهی PV ، مقدار گسیلمندی (ε) طبق رابطه ۳ محاسبه گردد. مقدار گسیلمندی ε بدست آمده از رابطه (۳) باید مطابق جدول ۱ و با درنظر گرفتن نوع کلاس عارضه و مقدار ویژگی NDVI آن تصحیح گردد.

$$\varepsilon = ۰.۰۰۴ * pv + ۰.۹۸۶ \qquad (۳)$$

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]

جدول ۱. ارتباط گسیلمندی با نوع عارضه و NDVI است (Avdan and Javanovska, ۲۰۱۶)

ویژگی	کلاس عارضه		
	خاک- نواحی آبی	سایر عوارض	پوشش گیاهی
NDVI	<۰/۲	۰/۰< $NDVI$ <۲/۵	>۰/۵
گسیلمندی	=۰/۹۷	ε	=۰/۹۹

جدول۱ نشان می‌دهد مناطقی که NDVI آنها کمتر از ۰/۲ باشد، گسیلمندی آنها برابر ۰/۹۷، مناطقی که NDVI آنها بیشتر از ۰/۵ باشد، گسیلمندی آنها برابر ۰/۹۹ و مناطقی که دارای NDVI بین ۰/۲ و ۰/۵ هستند گسیلمندی آنها همان مقدار بدست آمده از رابطه (۳) است.

دمای سطح زمین (LST): به عنوان دمایی است که هنگام لمس سطح زمین با دست یا دمای پوست زمین احساس می‌شود. ویژگیLST یک عامل مهم در بسیاری از زمینه‌های مطالعاتی مانند تغییرات آب و هوای جهانی، فرآیندهای هیدرولوژیکی، کشاورزی و کاربری/ پوشش اراضی است (Zhan et al., ۲۰۱۳). نحوه محاسبه LST در این مقاله براساس رابطه زیر است:

$$T_S=\frac{BT}{\left\{1+\left[\left(\frac{\lambda BT}{14380}\right)Ln\varepsilon_\lambda\right]\right\}} \quad (۴)$$

در این فرمول T_S بیانگر دمای سطح زمین برحسب درجه سلسیوس است. همچنین BT نشان دهنده دمای درخشندگی یا دمای ثبت شده توسط سنجده، λ نشان دهنده رادیانس به معنای انرژی حرارتی رسیده به سنجنده می‌باشد که در این مطالعه مبنای پردازش باند حرارتی تصویر ماهواره‌ای لندست-۸ است.

تحلیل قانون مبنای ویژگی‌های LST و NDVI با درنظر گرفتن نوع کلاس عارضه در نقشه کاربری/پوششی اراضی منجر به تولید نقشه جزایر گرمایی گردید. نمونه قوانین مورداستفاده در این تحلیل مشتمل بر موارد زیر است:

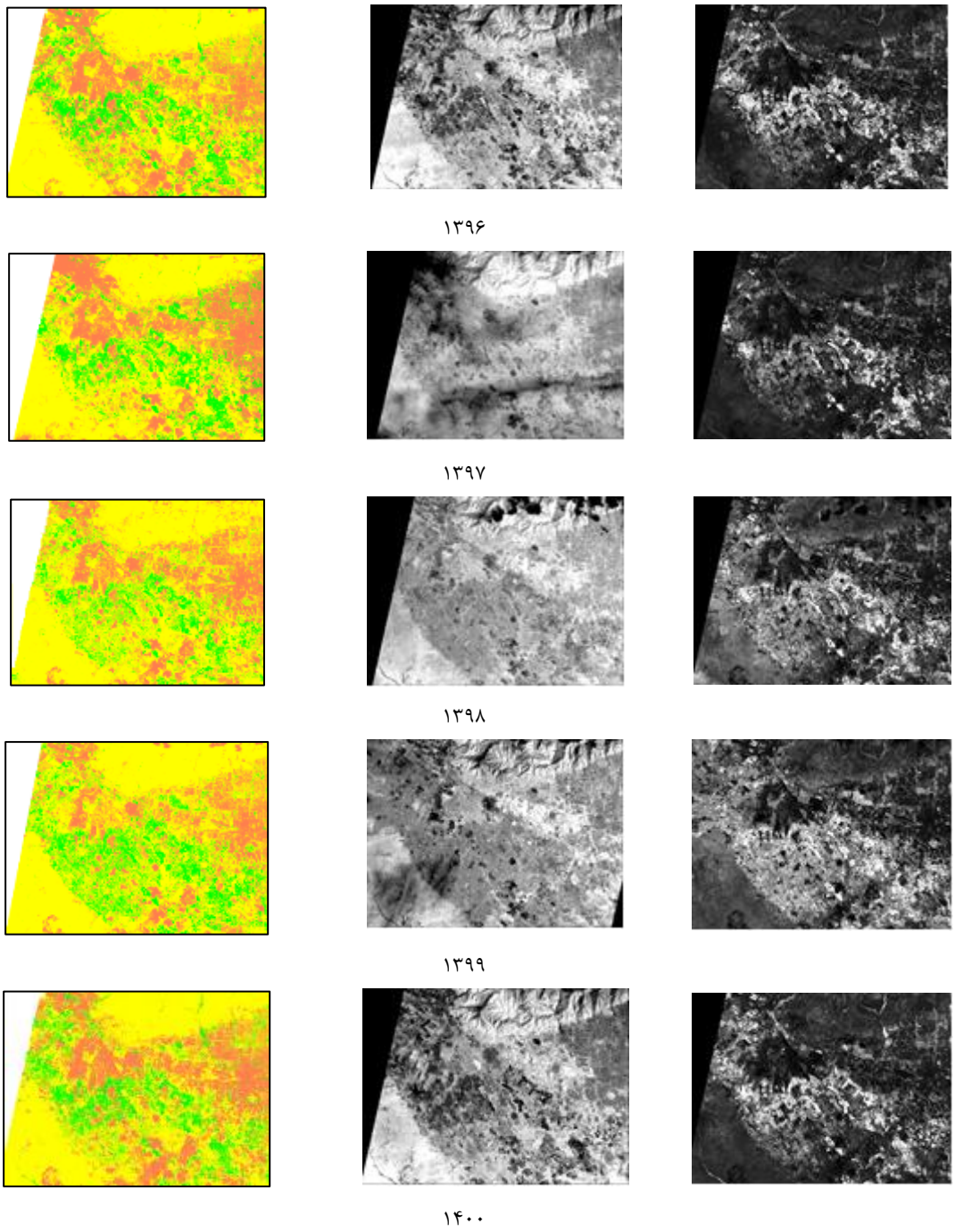
- اگر LST یک منطقه کمتر از مقدار میانگین آن و NDVI همان منطقه بیشتر از مقدار میانگین آن باشد و منطقه موردنظر در کلاس خاک یا پوشش گیاهی طبقه بندی شده باشد، منطقه را درکلاس جزایر گرمایی با شدت کم طبقه بندی می‌کند.
- اگر LST و NDVI یک منطقه هر دو بزرگتر یا کوچکتر از مقدار میانگین آنها باشند و منطقه مورد نظر در کلاس خاک یا پوشش گیاهی باشد، منطقه را درکلاس جزایر گرمایی با شدت متوسط طبقه بندی می‌کند.
- اگر مقدار LST یک منطقه بیشتر از مقدار میانگین و NDVI همان منطقه کمتر از مقدار میانگین باشند و منطقه موردنظر در کلاس خاک و یا ساختمان طبقه بندی شده باشد، منطقه را درکلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد طبقه بندی می‌کند.

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

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]

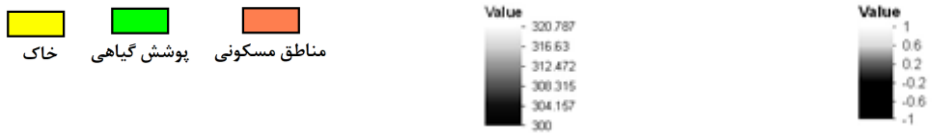
شرح و تفسیر نتایج

شاخص دمای سطح زمین LST، شاخص پوشش گیاهی NDVI و نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی در هر یک از سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ براساس تصاویر ماهواره‌ای برداشت شده از منطقه موردمطالعه در شکل ۴ نشان داده شده‌اند. شکل ۵ نمودار تغییرات میانگین LST و NDVI را بین سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ نشان می‌دهد. همانطور که در این نمودارها مشخص است، میانگین دمای سطح زمین کمترین مقدار و میزان پوشش گیاهی بیشترین مقدار خود را در مدت قرنطینه اعمال شده در سال ۱۳۹۹ دارا می‌باشند.



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

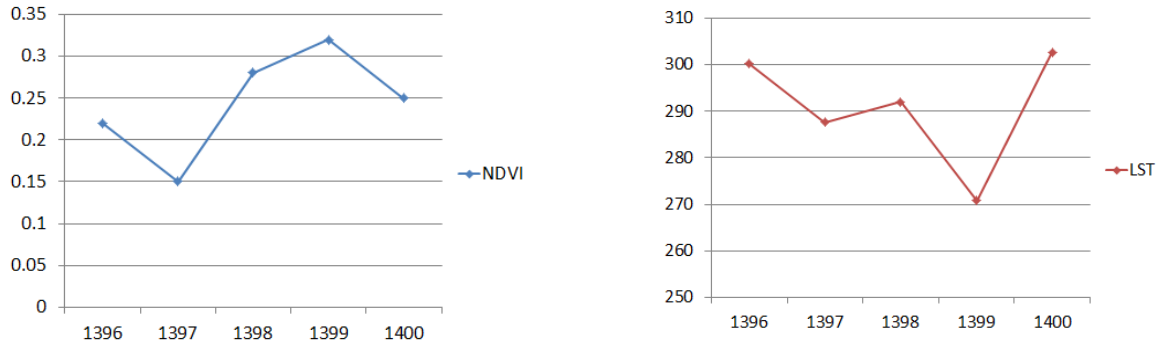
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]



الف ب ج

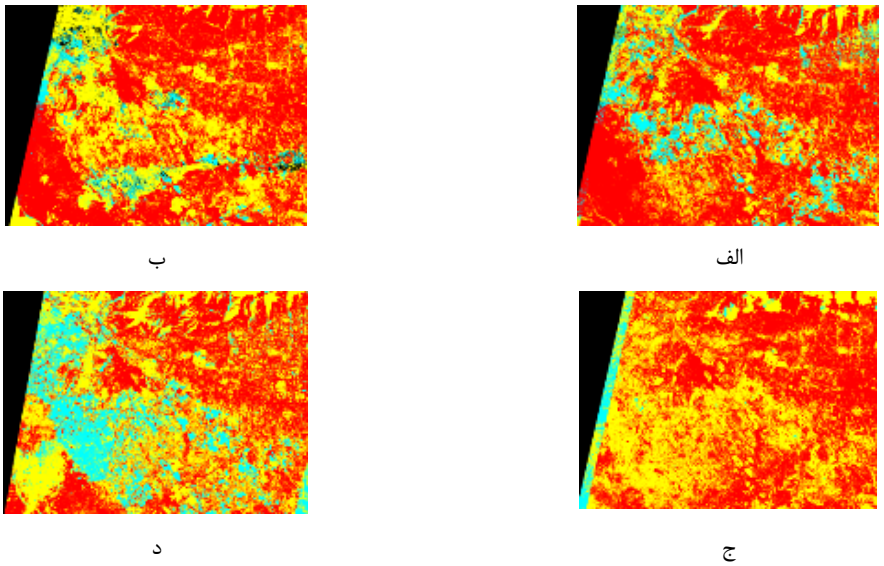
شکل۴.الف) شاخص پوشش گیاهی NDVI ، ب) شاخص دمای سطح زمین LST ، ج) نقشه های کاربری / پوشش اراضی از سال ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰

شکل ۶ نقشه‌های جزایر گرمایی شهری که براساس تصاویر زمانمند ماهواره‌ای لندست-۸ در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ و در محیط برنامه نویسی متلب تولید شدند را نشان می‌دهد.



الف ب

شکل ۵. نمودار تغییرات پنج ساله الف) LST ، ب) NDVI

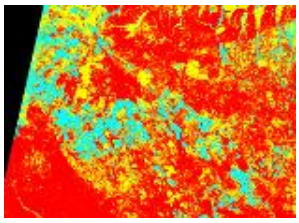


الف ب ج د

شکل ۶. نقشه جزایر گرمایی شهری الف) سال ۱۳۹۶ ، ب) سال ۱۳۹۷ ، ج) سال ۱۳۹۸ ، د) سال ۱۳۹۹ ، ه) سال ۱۴۰۰

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

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]



شکل ۶. نقشه جزایر گرمایی شهری تولید شده مبتنی بر اطلاعات سال های الف)۱۳۹۶، ب)۱۳۹۷، ج)۱۳۹۸، د)۱۳۹۹ ، و) ۱۴۰۰

با ارزیابی مساحت کلاس‌های عارضه در نقشه‌های جزایر گرمایی تولید شده برای کل منطقه مطالعاتی در استان تهران، درصد مساحت هر کلاس از نقشه جزایر گرمایی در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که در این جدول مشخص است، در سال ۱۳۹۹ و همزمان با اعمال قرنطینه سراسری در ایران و تهران، درصد مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد به حداقل مقدار خود رسیده است. همچنین، در این زمان درصد مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت کم نیز حداکثر مقدار خود را دارا بوده است.

جدول ۲. درصد مساحت کلاس‌های شدت جزایر گرمایی در شهر تهران

تاریخ اخذ داده	کلاس های نقشه UHI		
	شدت کم (٪)	شدت متوسط (٪)	شدت زیاد (٪)
۱۳۹۶	۸/۸	۳۲/۲۵	۵۸/۹۵
۱۳۹۷	۴/۸۸	۳۸/۸۵	۵۶/۲۷
۱۳۹۸	۲/۲۲	۴۵/۸۹	۵۱/۸۹
۱۳۹۹	**۱۸/۱۰**	۴۳/۸۰	**۳۸/۱۰**
۱۴۰۰	۱۲/۷۶	۳۰/۲۷	۵۶/۹۷

نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات جزایر گرمایی در بازه موردنظر در این تحقیق نشان داد که درصد مساحت مناطقی که در کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد قرار دارند در سال ۱۳۹۹ و همزمان با اعمال قرنطینه ناشی از پاندمی کووید - ۱۹ نسبت به میانگین سه سال قبل از آن که ۵۵/۷۱٪ می‌باشد، کاهش ۱۷/۶۱درصدی داشته است. در سال ۱۴۰۰ که محدودیت‌های ناشی از قرنطینه، کاهش محسوسی داشته مشاهده شد که مقدار درصد مساحت کلاس با شدت زیاد، دوباره به میانگین خود افزایش یافته است. مقدار درصد مساحت مناطقی که در کلاس جزایر گرمایی با شدت متوسط قرار دارند نیز در سال ۱۳۹۹ نسبت به میانگین سه سال قبل که ۳۹٪ می‌باشد، ۴/۸ ٪ افزایش داشته و در سال ۱۴۰۰ این مقدار دوباره به کمتر از میانگین کاهش یافته است. همچنین، مقدار درصد مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت کم در سال ۱۳۹۹ نسبت به میانگین سه سال قبل از آن که ۵/۳٪ می‌باشد، افزایش۱۲/۸درصدی داشته و در سال ۱۴۰۰ این مقدار دوباره به میانگین خود کاهش یافته است.

- **منطقه مسکونی منتخب**

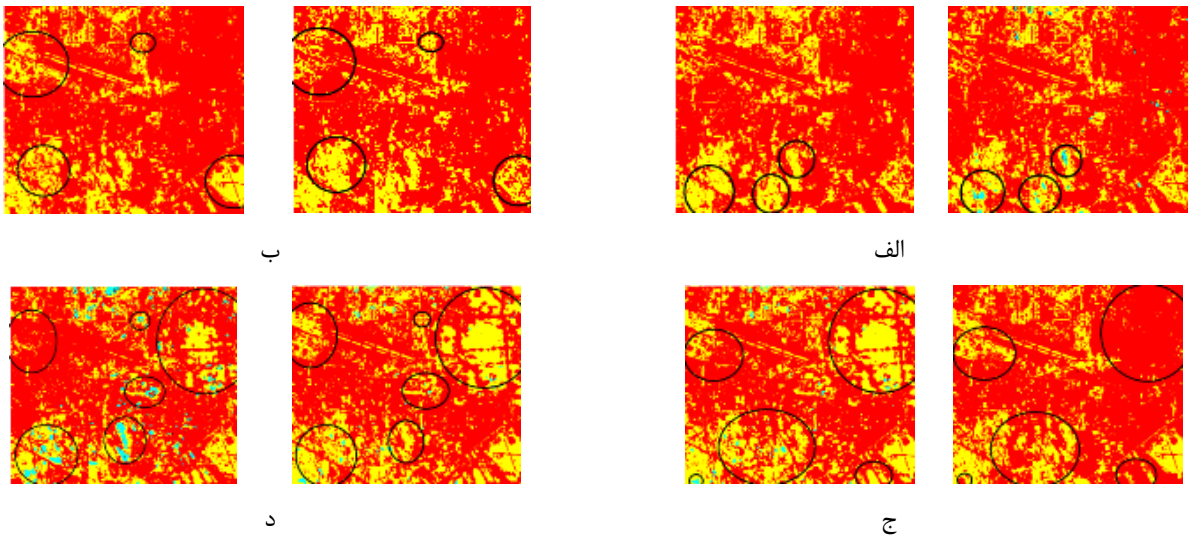
درصد مساحت هر کلاس شدت جزایر گرمایی برای ناحیه مسکونی منتخب در منطقه موردمطالعه نیز در بازه سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰، مطابق جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود که درصد مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد در سال ۱۳۹۹ و در زمان اعمال قرنطینه ناشی از بیماری کووید-۱۹ در منطقه مسکونی نسبت به

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]

میانگین درصد مساحت کلاس مذکور نسبت به سه سال قبل در مدت مشابه، به میزان ۷/۴۸٪ کاهش یافته است. این امر را می‌توان با کاهش فعالیت‌های شهری بخصوص میزان تردد وسایل نقلیه شخصی در مدت زمان اعمال قرنطینه مرتبط دانست. همچنین با مقایسه درصد مساحت این کلاس در سال ۱۳۹۹ با درصد مساحت کلاس مذکور در سال ۱۴۰۰در مدت مشابه که محدودیت‌ها کمتر شده، افزایش قابل توجه ۲۳/۶۳ درصدی را شاهد هستیم.

جدول ۳. درصد مساحت کلاس‌های شدت جزایر گرمایی در منطقه مسکونی

تاریخ اخذ داده	کلاس های نقشه UHI		
	شدت کم (٪)	شدت متوسط (٪)	شدت زیاد (٪)
۱۳۹۶	۰/۲	۸۹	۱۰/۸
۱۳۹۷	۰	۸۹/۳	۱۰/۷
۱۳۹۸	۰/۰۰۲	۹۵/۷۵	۴/۲۳
۱۳۹۹	۰/۰۲	۹۸/۹۷	**۱/۰۱**
۱۴۰۰	۱/۰۳	۷۴/۳۳	۲۴/۶۴



شکل ۷. تغییرات کلاس جزایر گرمایی در منطقه مسکونی منتخب بین سال های الف)۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، ب) ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸، ج)۱۳۹۸ و ۱۳۹۹، د)۱۳۹۹ و ۱۴۰۰

در شکل ۷ تعدادی از مناطق مشتمل بر تغییرات شدت جزایر گرمایی در مقایسه نقشه‌های جزایر گرمایی منطقه مسکونی منتخب در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ نشان داده شده است. همانطور که در این مقایسه مشخص است، سال ۱۳۹۹ نسبت به سال‌های دیگر حاوی مساحت بیشتری از کلاس جزایر گرمایی با شدت کم است.

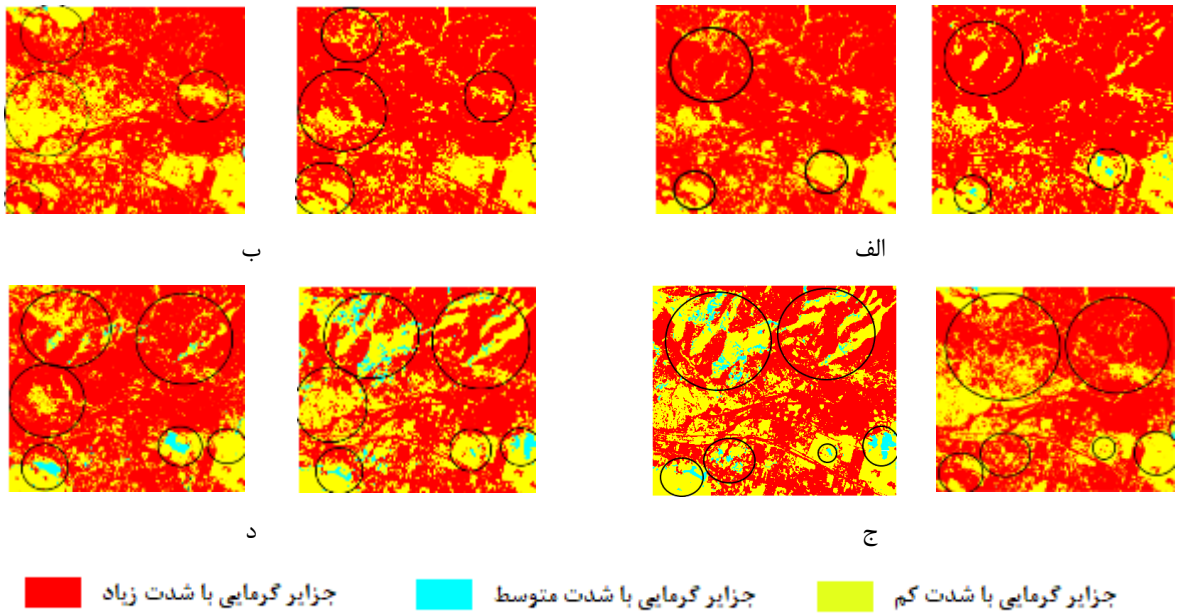
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]

- **منطقه صنعتی منتخب**

درصد مساحت هر کلاس شدت جزایر گرمایی در منطقه صنعتی منتخب در این تحقیق نیز در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به این جدول، درصد مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد در سال ۱۳۹۹ و در زمان اعمال قرنطینه ناشی از بیماری کووید-۱۹در منطقه صنعتی نسبت به میانگین درصد مساحت کلاس مذکور در سه سال قبل در مدت مشابه، به میزان ۲/۲۶٪ کاهش یافته است. دلیل این امر را می‌توان با کاهش فعالیت‌های کارخانجات صنعتی در این مدت زمان مرتبط دانست. همچنین با مقایسه درصد مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد در سال ۱۳۹۹ با درصد مساحت کلاس مذکور در سال ۱۴۰۰در مدت مشابه، افزایش ۱/۲۲ درصدی مشاهده می‌شود.

جدول ۴. درصد مساحت کلاس‌های شدت جزایر گرمایی در منطقه صنعتی

تاریخ اخذ داده	کلاس های نقشه UHI		
	شدت کم (٪)	شدت متوسط (٪)	شدت زیاد (٪)
۱۳۹۶	۰/۰۶	۸۸/۹۰	۱۱/۰۴
۱۳۹۷	۰/۰۰۲	۸۸/۹۸	۱۱/۰۲
۱۳۹۸	۰	۹۰/۴	۹/۶
۱۳۹۹	۰/۵	۹۱/۲۰	**۸/۳۰**
۱۴۰۰	۱/۲۲	۸۹/۲۵	۱۰/۵۳



شکل ۸. تغییرات کلاس جزایر گرمایی در منطقه صنعتی منتخب بین سال های الف)۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، ب) ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸، ج)۱۳۹۸ و ۱۳۹۹، د)۱۳۹۹ و ۱۴۰۰

در شکل ۸ تعدادی از مناطق مشتمل بر تغییرات شدت جزایر گرمایی در مقایسه نقشه‌های جزایر گرمایی منطقه صنعتی منتخب در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ نشان داده شده است. همانطور که در این شکل مشخص است، مساحت

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]

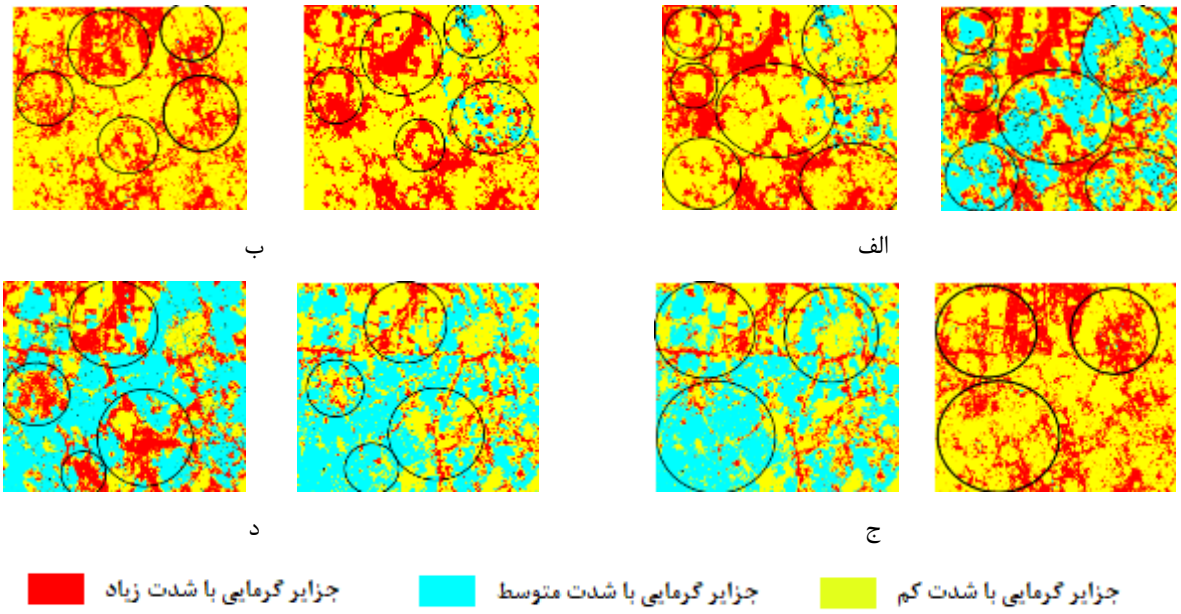
کلاس‌های جزایر گرمایی با شدت کم و متوسط در نقشه منطقه صنعتی سال ۱۳۹۹ نیز بیشتر از سایر سال‌ها در مدت زمان مشابه است.

- **منطقه فضای سبز منتخب**

جدول ۵ درصد مساحت کلاس‌های شدت جزایر گرمایی در منطقه فضای سبز منتخب این تحقیق را نشان می‌دهد. درصد مساحت کلاس دارای شدت زیاد جزایر گرمایی در سال ۱۳۹۹ در منطقه فضای سبز نسبت به میانگین درصد مساحت کلاس مذکور در سه سال قبل از آن در مدت زمان مشابه (۳٪)، به میزان ۱/۵٪ کاهش یافته است. همچنین درصد مساحت این کلاس در سال ۱۴۰۰در مدت مشابه سال ۱۳۹۹، افزایش ۲/۹درصدی را نشان می‌دهد. با مقایسه درصد کلاس جزایر گرمایی با شدت کم در سال ۱۳۹۹ با میانگین درصد مساحت کلاس مذکور در سه سال قبل از آن (۱٪/۷) افزایش ۵درصدی مشاهده می‌شود.

جدول ۵. درصد مساحت کلاس‌های شدت جزایر گرمایی در منطقه فضای سبز

تاریخ اخذ داده	کلاس های نقشه UHI		
	شدت کم (٪)	شدت متوسط (٪)	شدت زیاد (٪)
۱۳۹۶	۴/۵	۹۱/۴	۴/۱
۱۳۹۷	۰/۵	۹۵/۲	۴/۳
۱۳۹۸	۰/۱	۹۹/۳	۰/۶
۱۳۹۹	**۶/۷**	۹۱/۷	**۱/۶**
۱۴۰۰	۶/۴	۹۰/۲	۳/۴

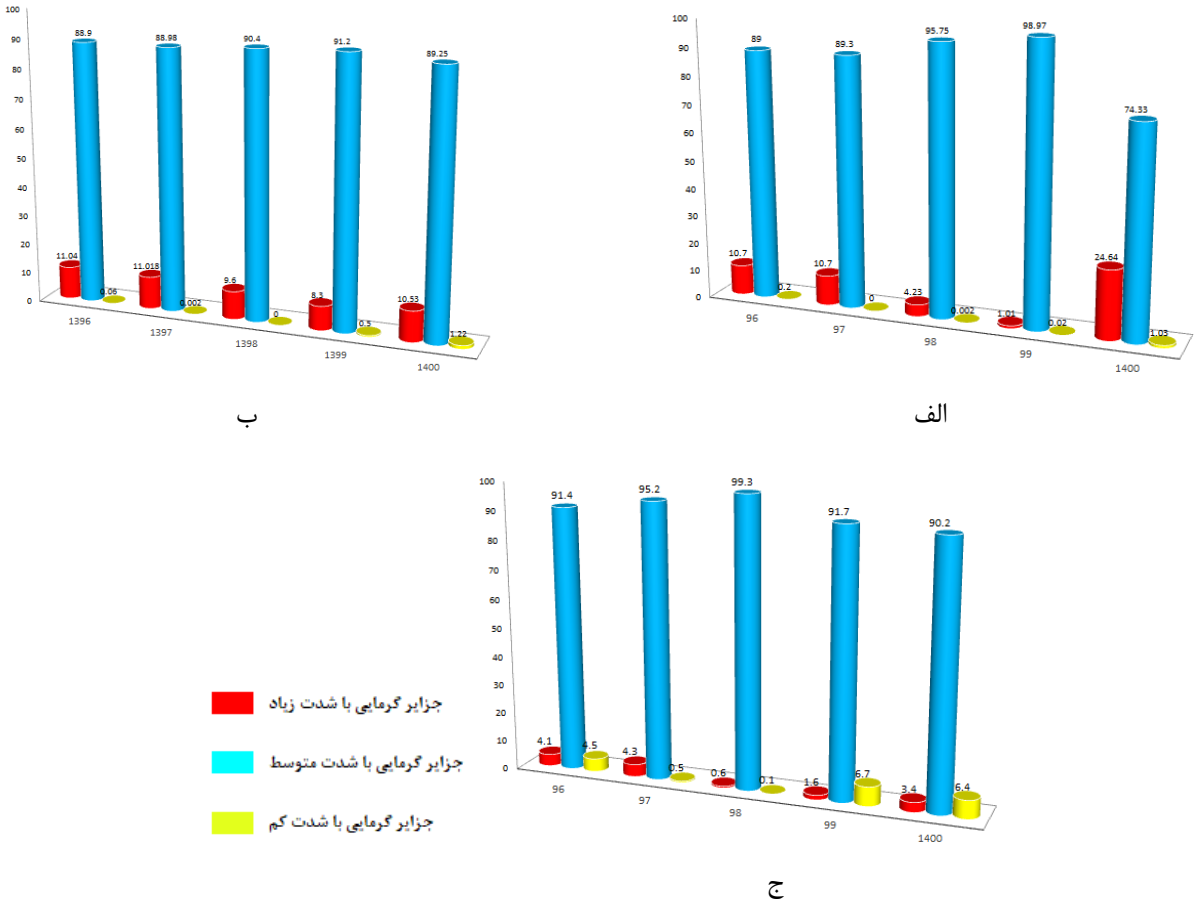


شکل ۹. تغییرات کلاس جزایر گرمایی در منطقه فضای سبز منتخب بین سال های الف)۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، ب) ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸، ج)۱۳۹۸ و ۱۳۹۹، د)۱۳۹۹ و ۱۴۰۰

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]

در شکل ۹ تعدادی از مناطق دارای تغییرات شدت جزایر گرمایی در مقایسه نقشه‌های جزایر گرمایی منطقه فضای سبز منتخب در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ نشان داده شده است. همانطور که در این شکل مشخص است، مساحت کلاس‌های جزایر گرمایی با شدت زیاد در نقشه منطقه فضای سبز سال ۱۳۹۹ نسبت به سه سال قبل از آن بسیار کاهش یافته و دوباره در سال ۱۴۰۰ افزایش یافته است.

بررسی نتایج آشکارسازی تغییرات شدت جزایر گرمایی در بازه پنج ساله این تحقیق، مبین این واقعیت است که هر سه منطقه دارای بافت مسکونی، صنعتی و فضای سبز در سال ۱۳۹۹ با کاهش مساحت کلاس جزایر گرمایی دارای شدت زیاد مواجه بوده‌اند. شکل ۱۰ نمودارهای میله‌ای برای آشکارسازی تغییرات کلاس‌های شدت جزایر گرمایی در بازه پنج ساله مدنظر در این تحقیق را به تفکیک هر یک از مناطق مسکونی، صنعتی و فضای سبز نشان می‌دهد.



شکل ۱۰. نمودار نتایج آشکارسازی تغییرات جزایر گرمایی در منطقه الف) مسکونی، ب) صنعتی، ج) فضای سبز

با توجه به اینکه روش مورداستفاده در این تحقیق به منظور آشکارسازی تغییرات جزایر گرمایی مبتنی بر روش پس-طبقه بندی و مقایسه نقشه‌های طبقه بندی جزایر گرمایی بوده است، از دقت نقشه‌های جزایر گرمایی به منظور ارزیابی صحت نتایج آشکارسازی تغییرات استفاده شده است. دقت نقشه‌های جزایر گرمایی وابسته به دقت و صحت نقشه‌های کاربری/ پوشش اراضی، ویژگی دمای سطح LST و شاخص پوشش گیاهی NDVI مورد استفاده در تولید آنها می‌باشد. جدول ۶ صحت کلی و ضریب کاپای حاصل از ارزیابی دقت هر یک از نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی تولید شده در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ را نشان می‌دهد. به منظور ارزیابی دقت این نقشه ها، تعداد ۲۰۴ نمونه در هر یک از سه کلاس خاک، پوشش گیاهی و منطقه مسکونی برداشت شده و با نتایج طبقه بندی آنها مقایسه گردیده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]

جدول ۶. نتایج ارزیابی دقت نقشه های کاربری/پوشش اراضی

نتایج ارزیابی	نقشه های کاربری/پوشش اراضی				
	سال ۱۳۹۶	سال ۱۳۹۷	سال ۱۳۹۸	سال ۱۳۹۹	سال ۱۴۰۰
صحت کلی (٪)	۸۷	۸۷	۸۹	۹۲	۹۰
ضریب کاپا	۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۸۶

برای ارزیابی دقت ویژگی دمای سطح LST مورد استفاده در تولید نقشه‌های جزایر گرمایی نیز از محصول LST ماهواره ASTER استفاده شد. اختلاف محتوای اطلاعاتی (آنتروپی) بین تصاویر LST مورد استفاده در این تحقیق و محصولات ASTER LST در حدود ۰/۰۲ ارزیابی گردید.

تحلیل نتایج آشکارسازی تغییرات شدت جزایر گرمایی در هریک از مناطق مسکونی، صنعتی و فضای سبز مطالعاتی در این مقاله به شرح ذیل است:

- در منطقه مسکونی منتخب، مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد در سال ۱۳۹۹ نسبت به میانگین سه سال قبل از آن ۷/۵٪ کاهش داشته و در سال ۱۴۰۰ با کاهش محدودیت‌های قرنطینه، کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد مجددا حدود ۲۳ ٪ افزایش یافته است.
- در منطقه صنعتی موردمطالعه، مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد در سال ۱۳۹۹ نسبت به میانگین سه سال قبل از آن ۲/۲۵٪ کاهش را نشان می‌دهد که این مقدار در سال ۱۴۰۰با کاهش محدودیت‌های ناشی از قرنطینه، حدود ۲ درصد افزایش یافته است.
- در منطقه فضای سبز موردمطالعه، مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد در سال ۱۳۹۹ نسبت به میانگین سه سال قبل از آن ۱/۵٪ کاهش را نشان می‌دهد که این مقدار در سال ۱۴۰۰با کاهش محدودیت‌های ناشی از قرنطینه، حدود ۲/۹درصد افزایش یافته است.

با تحلیل نتایج حاصل از بررسی های صورت گرفته بر روی نتایج آشکارسای تغییرات جزایر گرمایی در هریک از سه منطقه منتخب در این تحقیق، این نتیجه حاصل می‌شود که در منطقه مسکونی منتخب در این تحقیق، مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد در مدت قرنطینه سال ۱۳۹۹ به میزان ۵/۲۵ ٪ بیشتر از منطقه صنعتی منتخب و ۶/۱ ٪ بیشتر از منطقه فضای سبز منتخب، کاهش را نشان داده است.

در بررسی میانگین مقادیر LST و NDVI بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای لندست-۸ در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ این نتیجه بدست آمد که قرنطینه اعمال شده در سال ۱۳۹۹ باعث کاهش ۲۲/۵۲ واحدی LST و افزایش ۰/۱۰۳ واحدی NDVI نسبت به میانگین سه سال قبل شده است. در سال ۱۴۰۰ با کاهش محدودیت‌های قرنطینه، میانگین LST ۳۱/۸۸ واحد افزایش و میانگین NDVI ۰/۰۷ واحد کاهش را نسبت به سال ۱۳۹۹ نشان می‌دهد.

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

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]

نتیجه‌گیری

در این تحقیق تأثیر اعمال قرنطینه ناشی از پاندمی ویروس کووید-۱۹ که از بهار سال ۱۳۹۹ در ایران اعمال گردید، بر روی شدت جزایر گرمایی در قسمتی از شهر تهران و سه منطقه منتخب دارای بافت مسکونی، صنعتی و فضای سبز از آن مورد بررسی قرار گرفت. آشکارسازی تغییرات شدت جزایر گرمایی براساس روش پس-طبقه‌بندی و بر روی نقشه‌های طبقه‌بندی جزایر گرمایی مربوط به سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ انجام شد. به منظور تولید نقشه‌های جزایر گرمایی، علاوه بر دمای سطح، میزان شاخص پوشش گیاهی و نوع کلاس عارضه پوشش / کاربری اراضی نیز در قالب مجموعه قوانین طبقه‌بندی مورداستفاده قرار گرفت.

نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات شدت جزایر گرمایی نشان داد که در سال ۱۳۹۹ و همزمان با اعمال قرنطینه و محدودیت‌های ناشی از پاندمی، درصد مساحت کلاس جزایر گرمایی شهری با شدت زیاد ۱۷/۶۱ درصد کاهش داشته و به موازات آن مساحت کلاس جزایر گرمایی شهری با شدت کم نسبت به سه سال قبل ۱۲/۸ درصد افزایش را در کل منطقه مطالعاتی نشان داده است. در مقایسه نتایج حاصل از بررسی مناطق مسکونی، صنعتی و فضای سبز این نکته حائز اهمیت است که میزان کاهش مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد در منطقه مسکونی ۵/۲۵ ٪ بیشتر از منطقه صنعتی و ۶/۱ ٪ بیشتر از فضای سبز مطالعاتی است. با این حال، کاهش محدودیت‌های ناشی از قرنطینه در سال ۱۴۰۰ نیز بیشترین اثر را بر روی بازگشت مساحت کلاس جزایر گرمایی با شدت زیاد در منطقه شهری منتخب داشته است و باعث شده مساحت این کلاس نسبت به سال ۱۳۹۹ به میزان ۲۳درصد افزایش یابد. این نتایج مبین این واقعیت است که اعمال محدودیت در فعالیت واحدهای صنعتی مانند کارخانه ها و نیروگاه‌ها و اعمال قوانین جدید جهت کاهش حجم ترافیک، با وجود یکسان بودن شرایط جوی در یک منطقه توانسته به میزان قابل توجهی از شدت جزایر گرمایی شهری بکاهد.

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

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]

منابع

انجم الشجاع،فرحناز؛ مریم مروتی، مهدی تازه و فاطمه بهادری امجز. ۱۴۰۰. بررسی رابطهٔ جزایرحرارتی با محدوده های فضای سبز و آشکارسازی تغییرات آن(مطالعهٔموردی:شهرکرمان). نشریه جغرافیا و پایداری محیط، **۱۱**: ۸۳-۱۰۶.

حلبیان، امیرحسین و زهرا سلطانی. ۱۳۹۹. واکاوی تغییرات زمانی-فضایی جزایر گرمایی شهری و کاربری اراضی با رویکرد زیست محیطی در شیراز. فصلنامه علمی مطالعات ساختار و کارکرد شهری، **۷**: ۷۳-۹۷.

مطیعیان، حمید و سیدحسن هاشمی اشکاء. ۱۴۰۰. تحلیل عامل هندسه شهری بر میزان شدت جزایر گرمایی شبانه شهرها با استفاده از سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرک گلستان، منطقه ۲۲ شهر تهران). مجله مخاطرات محیط طبیعی، **۱۰**: ۵۱-۶۸.

Achmad, A.; M. Zainuddin, and M. Muftiadi. ۲۰۱۹. The relationship between land surface temperature and water index in the urban area of a tropical city. *OP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, **۳٦٥**. International Conference on Agricultural Technology, Engineering and Environmental Sciences, Banda Aceh, Indonesia.

Alqasemi, A.S.; M.E. Hereher, G. Kaplan, A.M. Fadhil Al-Quraishi, and H. Saibi. ۲۰۲۱. Impact of COVID-۱۹ lockdown upon the air quality and surface urban heat island intensity over the United Arab Emirates. *Science of the Total Environment*, ۷٦۷.

Avdan, U.; and G. Jovanovska. ۲۰۱٦. Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT ۸ Satellite Data. *Journal of Sensor*, ۱٤۸: ۱-۸.

Becchetti, L.; G. Conzo, P. Conzo and F. Salustri. ۲۰۲۰. Understanding the heterogeneity of adverse COVID-۱۹ outcomes: the role of poor quality of air and lockdown decisions. Outbreak, preprint research paper.

Chudnovsky, A.; E. Ben-Dor, and H. Saaroni. ۲۰۰٤. Diurnal thermal behavior of selected urban objects using remote sensing measurements. *Energy and Buildings*, **۳٦**: ۱۰٦۳–۱۰٤۷.

Depietri, Y.; G. Renaud, and G. Kallis. ۲۰۱۲. Heat waves and floods in urban areas: a policy-oriented review of ecosystem services. *Journal of Sustainability Science*, ۷: ۹٥-۱۰۷.

Ghaffar, A.; A. Sawaid, F. Qamer, M. Wong, R. Ghulam, S.M. Irteza, and N. Shahzad. ۲۰۲۱. Environmental impacts of shifts in energy, emissions, and urban heat island during the COVID-۱۹ lockdown across Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, **۲۹۱**.

Gordon, A.; D. Simondson, M. White, A. Moilanen, and S.A. Bekessy. ۲۰۰۹. Integrating conservation planning and landuse planning in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, **۹۱**: ۱۸۳–۱۹٤.

Hadibasyir, H.Z.; S. Samsu Rijal, and D. Ratna Sari. ۲۰۲۰. Comparison of Land Surface Temperature During and Before the Emergence of Covid-۱۹ Using Modis Imagery in Wuhan City, China. *Forum Geografi*, **۳٤**: ۱-۱٥.

Han, J.Y.; J.J. Baik, and H. Lee. ۲۰۱٤. Urban impacts on precipitation. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, **٥۰**: ۱۷–۳۰.**DOI** ۱۰.۱۰۰۷/s۱۳۱٤۳-۰۱٤-۰۰۱٦-۷.

Karimipour, N. ۲۰۱۷. Implications of Urban Design Strategies for Urban Heat Islands: An Investigation of the UHI Effect in Downtown Austin, Texas. UT Electronic Thesis and Dissertations.

Karnieli, A.; N. Agam, R.T. Pinker, M. Anderson, M.L. Imhoff, G. Gutman, N. Panov, and A. Goldberg. ۲۰۱۰. Use of NDVI and Land Surface Temperature for Drought Assessment: Merits and Limitations. *Journal of Climate*, **۲۳**: ٦۱۸-٦۳۳.

Li, H.; Y. Zhou, X. Li, L. Meng, X. Wang, Sh. Wu, and S. Sodoudi. ۲۰۱۸. A new method to quantify surface urban heat island intensity. *Science of the Total Environment*, **٦۲٤**: ۲٦۲–۲۷۲.

Parida B.R.; S. Bar, D. Kaskaoutis, A.C. Pandey, S.D. Polade, and S. Goswami. ۲۰۲۱. Impact of COVID-۱۹ induced lockdown on land surface temperature, aerosol, and urban heat in Europe and North America. *Sustainable Cities and Society*, **۷٥**: ۱۰۳۳۳٦.

Pavlidou E.; M. Van der Meijde, H. Van der Werff, Ch. Hecker. ۲۰۱۹. Time Series Analysis of Land Surface Temperatures in ۲۰ Earthquake Cases Worldwide. *Journal of Remote Sensing*, ۱۱: ٦۱-۷۰.

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

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]

Richards, D.R.; and P.J. Edwards. ۲۰۱۸. Using water management infrastructure to address both flood risk and the urban heat island. *International Journal of Water Resources Development*, ۳٤: ٤۹۰-٤۹۸.

Roshan, GH.; R. Sarli, and S.W. Grab. ۲۰۲۱. The case of Tehran's urban heat island, Iran: Impacts of urban 'lockdown' associated with the COVID-۱۹ pandemic. *Sustainable Cities and Societies*, ۷۵: ۱۰۳۲٦۳.

Streutker, D.R. ۲۰۰۳. Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas. *Remote Sensing of Environment*, ۸۵: ۲۸۲–۲۸۹.

Weng Q. ۲۰۰۹. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, ٦٤: ۳۳۵–۳٤٤.

Zhan, W.; Y. Chen, J. Zhou, J. Wang, W. Liu, J. Voogt, X. Zhu, J. Quan, and J. Li. ۲۰۱۳. Disaggregation of remotely sensed land surface temperature: Literature survey, taxonomy, issues, and caveats. *Remote Sensing of Environment*, ۱۳۱: ۱۱۹–۱۳۹.

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

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.4.4]