نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ششم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸.
صفحات ۱۰۳ تا ۱۲۰

# بررسی تغییر پذیری مخاطره جزیرۀ گرمایی با توجه به تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در شهر اصفهان

**زهرا تقی زاده؛ دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران.**
**احمد مزیدی؛[1] دانشیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران.**

**دریافت مقاله : ۱۳۹۵/۱۰/۱۳ پذیرش نهایی:۱۳۹۸/۰۴/۲۷**

**چکیده**

**جزیره گرمایی شهری به عنوان یکی از مخاطرات محیطی نو ظهور شرایط زیست محیطی دشواری را برای ساکنان شهرها به وجود آورده است. هدف این مطالعه ارزیابی تغییر پذیری فضایی و مکانی جزیره گرمایی شهر اصفهان با توجه به نقش کاربری اراضی می‌باشد. پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ روش شناسی توصیفی - تحلیلی است. گردآوری اطلاعات در بخش توصیفی از طریق مطالعه اسنادی کتابخانه‌ای و در بخش تحلیلی پژوهش از طریق استخراج داده‌ها از تصاویر ماهواره‌ای انجام گرفته است. در این مطالعه، از تصاویر لندست ۷ (سنجنده TM و +ETM) و لندست ۸ ( سنجنده OLI/TIRS) در تاریخ ۲۰ جولای ۱۹۸۹، ۱۷ آگوست ۲۰۰۵ و ۱۸ آگوست ۲۰۱۴ برای دستیابی به نتایج استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که نواحی شهری دارای ۳۱ درصد تغییرات در جهت مثبت بوده این در حالی است که مساحت اراضی کشاورزی و فضای سبز با ۲۵ درصد کاهش مواجه شده است. بررسی شدت جزیره گرمایی نشان می‌دهد هسته‌های پر حرارت متعلق به اراضی نامرغوب و اراضی بایر با میانگین ۳۷/۳۳ و ۳۶/۵ درجه سانتی‌گراد بوده است همچنین بیشترین مساحت طبقه‌ی دمایی در سال ۱۹۸۹ و ۲۰۰۵ مربوط به طبقه دمایی گرم بوده است این در حالی است که در سال ۲۰۱۴ درصد طبقات دمایی متوسط ۶۳/۸ درصد را به خود اختصاص داده است. توزیع تغییرات مکانی جزیره گرمایی در شهر اصفهان نیز نشان می‌دهد که جزایر گرمایی به مرور زمان تغییر مکانی داشته است به طوری که در سال ۲۰۱۴ به لکه‌هایی در اطراف شهر اصفهان محدود شده است به عبارتی نتایج این پژوهش نشان داد که گسترش شهر عامل اصلی افزایش دمای سطح و گسترش جزیره گرمایی نمی‌تواند باشد بلکه تغییر نوع کاربری سایر اراضی در افزایش یا کاهش دما نیز موثر بوده است.**

**واژه های کلیدی: جزیره گرمایی، مخاطره محیطی، کاربری اراضی، تصاویر ماهواره‌ای، شهر اصفهان.**

[1] . نویسنده مسئول: Email: mazidi@yazd.ac.ir

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

**مقدمه**

یکی از مخاطرات محیطی نو ظهور ناشی از گسترش شهرنشینی، پدیده جزیره گرمایی شهری است این پدیده هنگامی شکل می‌گیرد که درصد زیادی از پوشش‌های طبیعی سطحی از بین می‌روند و جای خود را به جاده‌ها و سایر تأسیسات شهری می‌دهند (موسوی بایگی و همکاران، ۱۳۹۱). این تغییر مواد سطح سبب یک سری از تغییرات بازتاب سطح، نگهداشت گرما و انتقال گرما یا به عبارتی اثرات معنی داری بر آب و هوای محلی می‌گردد (Zhang et al, ۲۰۱۲). به عبارتی لایه مرزی شهری، مستقیماً تحت تأثیر واداشت‌های[۱] سطحی از قبیل انتقال گرما، گسیل آلاینده‌ها، کشال مالشی[۲]، تبخیر و تعرق و عوارض زمینی قرار دارد (کاویانی، ۱۳۸۰: ۲۳۵). بر این اساس تغییرات کاربری پوشش زمین در مناطق شهری می‌تواند منجر به افزایش دما در مناطق شهری نسبت به دمای هوای مناطق پیرامون شود که جزیره گرمایی نامیده می‌شود (امیری و همکاران، ۱۳۸۶)، (Liu & Zhang, ۲۰۱۱) که به‌طور منظم توصیف می‌کند در یک شهر درجه حرارت بالاتر از مناطق اطراف خود است این اثر ممکن است تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر باشد (Ketterer & Matzaraki, ۲۰۱٤) و حتی این اختلاف درجه حرارت ممکن است تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد نیز برسد (Senanayake& Welivitiya,۲۰۱۳). بر این اساس جزیره گرمایی شهری خطوط هم دمای بسته‌ای هستند که نماینده‌ی پهنه گرم می‌باشند، به‌ویژه پهنه‌هایی که بشر وضع طبیعی زمین را بر هم زده است مانند (شهرها و شهرک-ها). دلیل این نام‌گذاری شباهت خطوط هم‌دما در این پهنه‌ها با خطوط تراز ارتفاعی جزایر بر روی نقشه‌های توپوگرافی بوده است (واژه‌نامه هواشناسی انجمن هواشناسی ایالات متحده آمریکا، ۲۰۱۵). علت اصلی توجه خاص اقلیم شناسان شهری به این پدیده پیامدهای بسیار نامطلوب آن است به عبارتی این پدیده نه تنها آرامش و سلامت ساکنان شهر را تحت تأثیر قرار می‌دهد بلکه شرایط محیطی، مانند کیفیت تنوع زیستی هوا و مصرف انرژی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد

بررسی وضعیت پراکندگی تابش‌های حرارتی و ارتباط آن با نوع کاربری‌های موجود در شناخت میکروکلیمای نواحی شهری دارای اهمیت زیادی است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱). لذا با توجه به این مهم امروزه در دنیا توجه خاصی به کنترل تحولات کاربری اراضی و پوشش سطح زمین شده است. تغییر کاربری اراضی یعنی تغییر در نوع استفاده از زمین که لزوماً تغییر در سطح زمین نبوده، بلکه تغییر در تراکم و مدیریت زمین نیز است به عبارتی تغییر کاربری زمین شامل تغییر نوع کاربری‌ها و تغییر در نحوه پراکنش و الگوهای فضایی فعالیت‌ها و کاربری‌ها می‌باشد (امان پور و همکاران، ۱۳۹۶).

مطالعه جزیره گرمایی شهری نخست با استفاده از اندازه‌گیری دمای هوا توسط ایستگاه‌های سیار و ثابت شهری انجام می‌گرفت و بر پایه‌ی داده‌های زمینی استوار بود؛ اما استفاده از داده‌های سنجش از دور برای برآورد دمای سطح زمین روش نسبتاً جدیدی به شمار می‌آید که هزینه‌های تخمین دما به روش کلاسیک را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱). داده‌های سنجش از دور حرارتی امکان نظارت و ارزیابی جزایر گرمایی شهری را به صورت پویا فراهم کرده است (متکان و همکاران، ۱۳۹۳). این داده‌ها می‌تواند به طور مستمر یک دید کلی از همه‌ی شهر داشته باشند و اهمیت ویژه‌ای برای بررسی دقیق اقلیم سطح شهر دارد (Weng, ۲۰۰۹). به طور کلی یک شهر

[۱] Forcing
[۲] Frictional drag

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

ترکیبی از کاربری‌ها و مصالح ساختمانی مختلف‌اند. در تفکیک تصاویر حرارتی لندست، پیکسل‌های حرارتی مخلوطی از پدیده‌های مختلف‌اند و نمی‌توان جزایر گرمایی را با استفاده از این تصاویر به صورت مطلق و با نقش مواد و کاربری-های مجزا بررسی کرد .پس باید به بررسی‌های نسبی از جزیره گرمایی اکتفا کرد. همچنین محاسبه‌ی جزیره گرمایی شهری و نسبت دادن آن با یکی از عوامل مؤثر در جزیره گرمایی مانند شاخص‌های پوشش گیاهی، تغییرات کاربری اراضی و تغییرات زمانی مکانی به صورت جداگانه، واقعیات را به خوبی نمایش نمی‌دهد؛ بنابراین، بررسی همه جانبه جزیره گرمایی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند تا حدودی بیان کننده‌ی واقعیات باشد (علوی پناه و همکاران، ۱۳۹۴).

بررسی اثرات افزایش جزیره گرمایی شهری یکی از مهم‌ترین مطالعاتی بوده که در رابطه با تغییرات محیطی ناشی از شهرنشینی انجام شده است؛ که به نمونه‌هایی از مطالعات داخلی و خارجی اشاره می‌شود.

رائو (Rao, ۱۹۷۲) برای اولین بار با استفاده از داده‌های ماهواره NOAA به مطالعه جزیره گرمایی شهری پرداخت. شیان و کرین (Xian & Crane, ۲۰۰٦) با بررسی پوشش زمین و ویژگی‌های حرارتی آن به کمک داده‌های لندست در مناطق شهری نشان دادند که می‌توان ویژگی‌های حرارتی سطح زمین و الگوهای آن را از طریق کیفیت کاربری اراضی شناسایی کرد. چن و همکاران (Chen et al, ۲۰۰٦) با بررسی رابطه بین جزایر گرمایی شهر و تغییرات کاربری اراضی در ایالت کوآنگ دانگ (چین) دریافتند که جزایر گرمایی در مناطق شهری، آشکارتر شده است. نانومرا و همکاران (Nonomura et al, ۲۰۰۹) اثر جزایر گرمایی را در ارتباط با پوشش گیاهی و افزایش جمعیت انسانی بررسی کردند. نتیجه این مطالعه نشان داد که در مناطقی که پوشش گیاهی کاهش و یا جمعیت انسانی افزایش داشته، روند ایجاد جزایر گرمایی افزایش یافته است. جیانگ و تیان ( Jing&Tian, ۲۰۱۰) اثر زیان بار تغییرات پوشش کاربری سطح زمین روی دمای سطح را بررسی کردند نتایج آن نشان داد که تغییر کاربری زمین یک عامل مهم برای افزایش دمای سطح زمین است و درجه حرارت بالا در مناطق با پوشش گیاهی پراکنده و درجه حرارت پایین در مناطق با پوشش گیاهی متراکم وجود دارد. نی نگ (Ning, ۲۰۱۱) تأثیر تغییرات کاربری اراضی ساحلی بر دمای سطح زمین را به کمک سنجنده TM ماهواره لندست بررسی کرد و دریافت که با افزایش فاصله از دریا دمای سطح زمین افزایش می‌یابد. سو و همکاران (Su et al, ۲۰۱۲) روابط بین پوشش زمین و درجه حرارت سطح در یک محیط شهری و اثرات آن بر حساسیت گرمایی جمعیت را تعیین کردند و نشان دادند که جزیره گرمایی شهری توسط مدل جهانی دست‌کم گرفته شده و خطر بیماری برای جمعیت شهری افزایش‌یافته است. چن و همکاران (Chen et al, ۲۰۱٤) به شبیه سازی جزیره گرمایی شهر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداخته‌اند. تجزیه و تحلیل‌ها سطح نشان داد که جزیره گرمایی عمدتاً توسط ذخیره سازی گرما بیشتر در بافت شهری در طول روز و انتشار این حرارت در شب صورت می‌گیرد. واوو و همکاران (Wu et al, ۲۰۱٤)، به بررسی اثرات ساختار فضایی جزیره گرمایی شهر با استفاده از تصاویر سنجش از دور پرداخته‌اند. این یافته‌ها نه تنها کاربرد و اثر بخشی وجه غالب سامانه‌های ماهواره‌ای HJ-۱B را برای مطالعه جزیره گرمایی شهر تائید می‌کند بلکه اثرات ساختار فضایی کاربری اراضی در جزیره گرمایی شهر را برای بهبود برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست شهری مفید نشان می‌دهد.

ون هوو و همکاران (Van Hove et al,۲۰۱۵) به تحلیل زمانی- مکانی جزیره حرارتی شهری در شهر روتردام پرداخته‌اند بر اساس این مطالعه این میزان در فصل تابستان بالاتر و در فصل زمستان پایین است. رسول و همکاران ( Rasul et al,

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

۲۰۱۵)، دریافتند که یک رابطه معکوس بین تراکم ساخت و ساز و دمای سطح وجود دارد و در سطح شهر رطوبت و عدم برهنگی عوامل اصلی هستند که منجر به SUCI[۱] در محیط نیمه خشک شهر اربیل شده است. در ایران نیز در این زمینه مطالعاتی صورت پذیرفته است که می‌توان به مواردی اشاره نمود.

نتایج مطالعه اکبری (۱۳۷۹) نشان داد مناطق با آلودگی بالا دمای بالاتری دارند و جزایر گرمایی منطبق بر مناطق بسیار آلوده است، دشتکیان و دهقانی (۱۳۸۶) در منطقه‌ی شهری یزد -اشکذر، به بررسی دمای سطح و همبستگی آن با شاخص پوشش گیاهی پرداختند و همچنین یک روش جدید را برای محاسبه‌ی دمای سطح زمین در این منطقه ارائه دادند. نتایج مطالعه شکیبا و همکاران (۱۳۸۸)، نشان داد که سطوح نفوذ ناپذیر از طریق جذب و ذخیره انرژی خورشیدی اثر گرمایشی دارند، در حالی که پوشش گیاهی از طریق ایجاد توازن گرمایی به‌وسیله تبخیر و تعرق و تولید سایه، دارای اثر خنک کننده‌اند. نتایج مطالعه‌ی رنگزن و همکاران (۱۳۹۰) در شهر اهواز از یک‌سو نشان دهنده‌ی توانایی بالای داده‌های سنجش از دور و از سویی دیگر میزان اثرگذاری کاربری‌های شهری بر جزیره گرمایی را ارزیابی می‌کند. نتایج مطالعه موسوی بایگی و همکاران (۱۳۹۱)، نشان داد دمای تابشی سطح مشهد به طور کلی در طی دهه ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲ افزایش داشته و این افزایش در مناطق مسکونی چشمگیرتر است. ساسان پور و همکاران (۱۳۹۲)، به بررسی رابطه کاربری پوشش اراضی و جزیره گرمایی در شهر تهران پرداخته‌اند نتایج نشان داد که ارتباط مستقیم بین جزیره گرمایی و ساخت و ساز بیشتر و مناطق بایر گسترده‌تر و رابطه معکوس میان NDVI و پوشش گیاهی با دما و جزیره گرمایی وجود دارد. مزیدی و حسینی (۱۳۹۴)، در مطالعه‌ی خود تأثیر تغییر کاربری و پوشش زمین بر جزیره‌ی گرمایی در شهر یزد را ارزیابی نموده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که هسته‌های پر حرارت متعلق به تپه‌های ماسه‌ای و اراضی بایر بوده و بر روی مناطق دارای پوشش گیاهی جزایر خنک قرارگرفته است. یافته‌های علوی پناه و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد که چندین خوشه‌ی دمایی در شمال غرب، جنوب و جنوب غرب مشهد توسعه یافته‌اند. این پژوهش‌ها بیشتر روی الگوهای دمای سطح زمین اشاره دارد و ارتباط آن‌ها با ویژگی بیو فیزیک سطوح شهری به ویژه بر شاخص‌های پوشش گیاهی و انواع کاربری پوشش زمین متمرکز بوده‌اند؛ بنابراین، بررسی همه جانبه‌ی جزیره گرمایی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند تا حدودی بیان‌کننده‌ی واقعیات باشد (علوی پناه و همکاران، ۱۳۹۴).

رشد اقتصادی چند دهه گذشته در سطح کشور و لزوم هماهنگی با تحولات جهانی موجب گردیده که اغلب شهرهای بزرگ ایران در معرض تحولات سریع از نقطه نظر کاربری اراضی قرار گیرند .شهر اصفهان نیز یکی از این شهرها است که به دلیل موقعیت خاص خود در چند سال گذشته دچار تحولات اساسی شده است. به طوری که با روند استقرار صنایع متعدد، جمعیت منطقه به سرعت افزایش یافته که خود این امر باعث گسترش بی رویه شهرهای موجود و ایجاد شهرهای متعددی در محدوده‌ی شهر اصفهان گردیده است.

لذا با توجه به تغییرات روز افزون کاربری اراضی و تأثیر آن بر روی دمای سطحی زمین بر آن شدیم تا در این پژوهش با استفاده از تصاویر چند زمانه ماهواره لندست، رابطه‌ی بین تغییرات کاربری زمین و جزیره گرمایی در شهر اصفهان را در بازه‌ی زمانی ۱۹۸۹- ۲۰۱۴ بررسی کنیم.

[۱] Surface Urban Cool Island

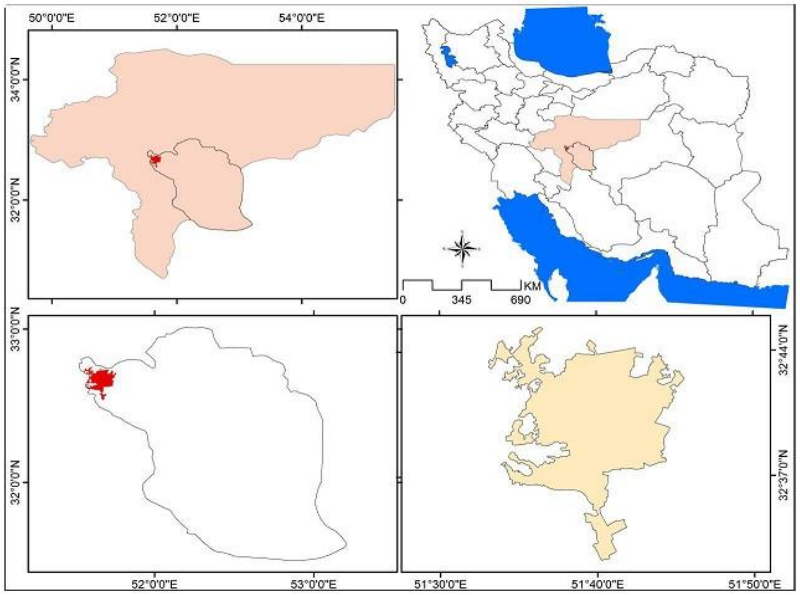
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

## داده‌ها و روش کار

### الف) قلمرو جغرافیایی موردمطالعه

اصفهان به عنوان سومین کلان‌شهر برتر ایران بعد از کلانشهرهای تهران و مشهد در قلب نظام شهری ایران قرار دارد و از ۴۰۰ سال پیش تاکنون به‌عنوان یک مادر شهر ملی و منطقه‌ای نقش مهمی در توسعه مناطق ایران مرکزی داشته است (صابری و همکاران،۱۳۹۱). شهر اصفهان در بخش شمالی و جنوبی به اراضی بیابانی و در بخش شرقی و غربی به اراضی کشاورزی منتهی می‌شود (سفیانیان، ۱۳۸۸). میانگین بارندگی و دمای سالیانه آن در طول دوره آماری (۱۹۸۹-۲۰۱۴) به ترتیب برابر ۱۳۷/۵ میلی‌متر و ۱۶/۹ درجه سانتی‌گراد است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی شهر اصفهان را نشان می‌دهد.




**شکل ۱: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه**

### ب) روش‌ها

مطالعه حاضر از لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ روش شناسی توصیفی - تحلیلی می‌باشد. گردآوری اطلاعات در بخش توصیفی از طریق مطالعه اسنادی کتابخانه‌ای و در بخش تحلیلی پژوهش از طریق استخراج داده‌ها از تصاویر ماهواره‌ای در محدوده شهر اصفهان صورت پذیرفته است در این پژوهش از تصاویر سنجنده TM تاریخ ۲۰ جولای ۱۹۸۹، سنجنده ETM تاریخ (۲۰۰۵/۰۸/۱۷) و سنجنده TIRS /OLI (۲۰۱۴/۰۸/۱۸) استفاده گردیده است (جدول ۱) این تصاویر محدوده زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۴ را شامل می‌شود که این تصاویر از تارنمای http://Earthexplorer.usgs.gov اخذ گردید. مشخصات و قدرت تفکیک مکانی سنجنده‌های مورد استفاده در این پژوهش به تفکیک در جدول (۱) آمده است.

**جدول ۱: مشخصات و قدرت تفکیک مکانی سنجنده‌های مورد استفاده**

| ماهواره | سنجنده | تفکیک مکانی باندهای حرارتی | تفکیک رادیو متریک | تفکیک باند پن کروماتیک | تفکیک مکانی باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک و میانی |
|---|---|---|---|---|---|
| لندست ۵ | TM | ۱۲۰*۱۲۰ | ۸ بیت | ندارد | ۳۰*۳۰ |
| لندست ۷ | ETM+ | ۶۰*۶۰ | ۸ بیت | ۱۵*۱۵ | ۳۰*۳۰ |
| لندست ۸ | OLI/TIRS | ۱۰۰*۱۰۰ | ۱۶ بیت | ۱۵*۱۵ | ۳۰*۳۰ |

https://earthexplorer.usgs.gov

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

برای مقایسه و بررسی تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه در حالت ایدئال، داشتن تصاویر مربوط به یک روز در سال‌های مختلف مناسب است؛ اما به دلیل مشکلاتی از قبیل در دسترس نبودن تصویر برای پژوهشگر، دوره‌ی زمانی عبور ماهواره از منطقه، پوشش ابر و ...استفاده از تصاویر نزدیک به هم ارجحیت دارد که در این پژوهش از سعی شد از تاریخ‌های نزدیک به هم استفاده شده است

نرم افزار مورد استفاده در پژوهش حاضر شامل ENVI ٤,٨ که برای انجام تصحیح رادیومتریک، اتمسفری، طبقه‌بندی تصاویر و عملیات پیش پردازش استفاده شده است و از نرم افزار Arc Gis برای تحلیل تغییرات پوشش زمین در رابطه با تغییرات صورت گرفته و خروجی اطلاعات استفاده شده است.

**- بازیابی دمای سطح زمین (LST)**

برای استخراج دمای سطح، مراحل ذیل انجام شده است

**- تبدیل عدد رقومی[۱](DN) به رادیانس طیفی[۲] در سنجنده ETM و TM**

برای تبدیل ارزش‌های خام تصویر به تابش طیفی بـرای تصـاویر خام لندسـت TM و ETM+ از رابطه (۱) اسـتفاده می‌شود:

$$L_\lambda = \left(\frac{LMAX\lambda - LMIN\lambda}{Qcalmax - Qcalmin}\right)(Qcal - Qcalmin) + LMIN\lambda$$ رابطه (۱)

Lλ =رادیانس طیفی در سنجنده (W/ (m۲sr µm، Qcal ارزش پیکسل، Qcalmin، حداقل ارزش پیکسل، Qcalmax، حداکثر ارزش پیکسل و LMAXλ و LMINλ حداقل و حداکثر رادیانس طیفی در سنجنده [(W/ (m۲sr µm است. همچنین میزان رادیانس طیفی سنجنده TIRS/OLI لندست ۸ از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$L\lambda = ML * Qcal + AL$$ رابطه (۲)

در این رابطه Lλ رادیانس در بالای اتمسفر(watts/m۲*srad* µm)، ML ضریب تبدیلی ضربی، Qcal ارزش پیکسل باند ۱۰ و ۱۱ و AL ضریب تبدیلی تجمیع کننده است ضرایب ML و AL در جدول (۲) آماده است.

**جدول ۲: فاکتور تغییر مقیاس برای باندهای ۱۰ و ۱۱ سنجنده OLI (chander et al,۲۰۰۹)**

| ضریب کالیبراسیون | ML باند ۱۰ | AL باند ۱۰ | ML باند ۱۱ | AL باند ۱۱ |
|---|---|---|---|---|
| مقدار ضریب | ۰/۰۰۰۳۴۲ | ۰/۱ | ۰/۰۰۰۳۴۲ | ۰/۱ |

**-به دست آوردن دمای درخشندگی[۳]**

داده‌های باندهای حرارتی می‌تواند از رادیانس طیفی در سنجنده به دمای درخشندگی تبدیل شود .دمای درخشندگی با فرض اینکه زمین جسم سیاه[۴] (emissivity =۱) محاسبه می‌شود و شامل تأثیرات اتمسفر است (جذب و تشعشع[۵]) دمای درخشندگی با استفاده از ضرایب کالیبراسیون سنجنده از رابطهٔ (۳) به دست می‌آید:

$$T = K2/In[k1/(L\lambda) + 1]$$ رابطه (۳)

[۱] Digital Number (DN)
[۲] Spectral Radiance
[۳] Brightness Temperature
[۴] Black Body
[۵] Absorption and Emissions

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

T دمای مؤثر درخشندگی در سنجنده برحسب کلوین، K۲، ضریب کالیبراسیون ۲ برحسب کلوین، K۱ ضریب کالیبراسیون ۱ برحسب (W/(m۲ sr µm) و Lλ رادیانس طیفی در سنجنده است. ضرایب K۱ و K۲ بر اساس جدول (۳) محاسبه می‌شود.

**جدول (۳): ضرایب کالیبراسیون باندهای حرارتی سنجنده‌های TM، ETM و OLI**(chander et al,۲۰۰۹)

| ضریب سنجنده (باند) | K۱ (W/(m۲ sr µm) | K۲ کلوین |
|---|---|---|
| L۵-TMB۶ | ۶۰۷/۷۶ | ۱۲۶۰/۵۶ |
| L۷-ETM+B۶ | ۶۶۶/۰۹ | ۱۲۸۲/۷۱ |
| L۸-OLIB۱۰ | ۷۷۷/۸۹ | ۱۳۲۱/۰۸ |
| L۸-OLIB۱۱ | ۴۸۰/۸۹ | ۱۲۰۱/۱۴ |

**-تصحیح توان تشعشعی (به دست آوردن دمای سطح زمین)**[۱]

یکی از گزینه‌های عملیاتی و کاربردی برای به دست آوردن توان تشعشعی، روش آستانه NDVI[۲] است که نحوه محاسبه NDVI در ادامه ارائه می‌گردد (Sobrino, ۲۰۰٤). برای داده‌های سنجنده های ETM+ و TM مقدار NDVI از رابطه (۴) به دست می‌آید.

رابطه (۴)

$$NDVI = (p(band4) - p(band3))/(p(band4) + p(band3))$$

B٤ باند مادون قرمز نزدیک و B۳ باند قرمز در این سنجنده‌ها است همچنین برای سنجنده OLI لندست ۸ مقدار NDVI از رابطه‌ی (۵) به دست می‌آید.

رابطهٔ (۵)

$$NDVI_(OLI/TIRST) = (B5 - B4)/(B5 + B4)$$

در محاسبه NDVI برای داده‌های سنجنده‌های ETM+ وTM ، P ضریب انعکاس باند است که در ادامه ارائه می‌گردد. توان تشعشعی سطح زمین (LSE) با استفاده از ترکیب روش آستانه NDVI و طبقه‌بندی تصاویر برآورد شد (باند ۵ مادون قرمز نزدیک و باند ۴ مادون‌قرمز سنجنده).

رابطه (۶)

$$LSE = \varepsilon s\,(1 - Fr) + \varepsilon v * FVC$$

در این رابط، εs و εv به ترتیب مقادیر توان تشعشعی خاک و پوشش گیاهی و Fr کسر پوشش گیاهی است (رابطه ۶)

$$FVC = [\frac{NDVI - NDVImin}{NDVImax - NDVImin}]^2$$

(رابطه ۷)

[۱] Land Surface Temperature
[۲] NDVI Threshold Method

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

در رابطه (۷)، NDVImax بیشترین میزان پوشش گیاهی و NDVImin مربوط به خاک کمترین میزان پوشش گیاهی است. Fr برای محیط‌های با پوشش ترکیبی مانند محیط شهری که عوارض متعددی در داخل یک پیکسل قرار می‌گیرند مناسب است. با به دست آوردن مقادیر توان تشعشعی، دمای سطح زمین (LST) از رابطه (۸) محاسبه می‌شود.

رابطه (۸)

$$LST=T_B \frac{T_B}{1+(\lambda * T_B/P)1ne}$$

در این رابطه دمای مؤثر در ماهواره به کلوین، λ طول موج رادیانس ساطع‌شده (μm۱۱/۵)، مقدار p از رابطه α=hc/K به دست می‌آید که در آن h ضریب پلانک، C سرعت نور، K ثابت استفان بولتزمان و ε گسیلمندی است. سرانجام برای ترسیم نقشه‌ی حرارتی دما بر اساس رابطه (۷) از درجه کلوین به درجه سانتی‌گراد تبدیل شد

رابطه (۷)

S = Kelvin-۲۷۳/۱۵

**محاسبه ضریب انعکاس**

میزان ضریب انعکاس برای سنجنده TM۵ و ETM۷ لندست از رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود

رابطه (۱۰)

$$\rho_\lambda = \frac{\pi . L_\lambda . d^2}{ESUN_\lambda . cos\theta_s}$$

$\rho_\lambda$ضریب انعکاس، π = ۱۴۵۹/۳، $L_\lambda$ رادیانس طیفی در سنجنده [W/($m^2$sr μm)]، d فاصله زمین تا خورشید (واحد نجومی)، ESUN میانگین تابش خورشید [W/($m^2$ sr μm)] و θ زاویه زنیت خورشید[1] (درجه) انعکاس طیفی سنجنده OLI لندست ۸ از طریق رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود.

رابطه (۱۱)

Pλ' = MρQcal + Aρ

Pλ'، میزان انعکاس صورت گرفته بدون در نظر گرفتن زاویه‌ی خورشیدی، Mρ، برگ خرید مؤثر باند با توجه به متا دیتا (میزان انعکاس باند موردنظر) Aρ، فاکتور مؤثر باند با توجه به متا دیتا (میزان انعکاس باند موردنظر)، $Q_{cal}$ ارزش پیکسل باند.

**-استخراج کاربری اراضی**

تصاویر چند زمانه استفاده شده در این تحقیق پس از تصحیح هندسی، برای تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده[2]، با روش الگوریتم حداکثر احتمال[3] با بالاترین میزان صحت مورد بررسی قرار گرفته است. این روش به عنوان دقیق‌ترین و پر استفاده‌ترین روش طبقه‌بندی نظارت شده است. این روش واریانس و کوواریانس کلاس‌ها را ارزیابی می‌کند (نیازی و همکاران، ۱۳۸۹) .در این روش طبقه‌بندی، هر پیکسل به کلاسی انتساب داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق به آن کلاس را دارد در واقع در این روش از واریانس و کوواریانس کلاس‌ها استفاده می‌شود و هر پیکسل تصویر به کلاسی که بیشترین شباهت را با آن دارد اختصاص داده می‌شود (علوی پناه، ۱۳۹۲)(علوی پناه و همکاران، ۱۳۹۴). سپس با توجه به تصاویر، نقشه کاربری اراضی موجود، شرایط

[1] Solar Zenith Angle
[2] Supervised Classification
[3] Maximum likelihood

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

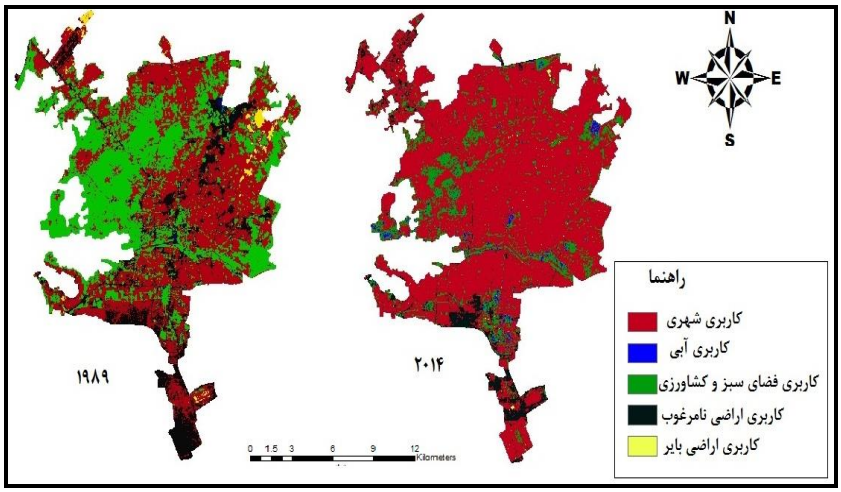
منطقه مورد مطالعه و بازدید میدانی نگارنده ۵ کلاس کاربری اراضی شامل فضای سبز و اراضی کشاورزی، کاربری شهری، اراضی بایر، اراضی نامناسب و نامرغوب و اراضی آبی استخراج گردید .

## شرح و تفسیر نتایج

### -تغییرات پوشش زمین

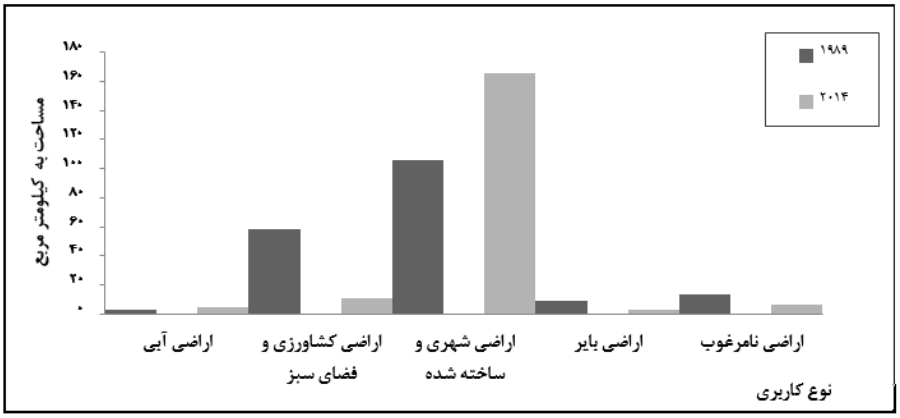
تصاویر چند زمانه استفاده شده در این تحقیق پس از تصحیح هندسی، برای تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از روش حداکثر احتمال با بالاترین میزان صحت مورد بررسی قرار گرفته است سپس کاربری اراضی به ۵ کلاس (فضای سبز و اراضی کشاورزی، کاربری شهری، اراضی بایر، اراضی نامناسب و نامرغوب و اراضی آبی) تقسیم شده است.

قبل از هرگونه بحث در زمینه‌ی جزیره گرمایی برای شناسایی نوع و ماهیت تغییرات، لازم است تصاویر سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۱۴ موردبررسی قرار گیرد شکل (۲) نقشه تغییر کاربری اراضی برای سال ۱۹۸۹ و ۲۰۱۴ را نشان می‌دهد.




**شکل (۲): گسترش شهر اصفهان در طول دوره موردمطالعه (۱۹۸۹- ۲۰۱۴)**

شکل (۳) تغییرات پوشش زمین را در بازه زمانی ۱۹۸۹- ۲۰۱۴ در شهر اصفهان را نشان می¬دهد از مهم‌ترین تغییرات در این مدت می‌توان به کاهش فضای سبز و اراضی کشاورزی اشاره نمود.




**شکل (۳): مساحت نسبی طبقات کاربری اراضی شهر اصفهان در سال دوره آماری (۱۹۸۹-۲۰۱۴)**

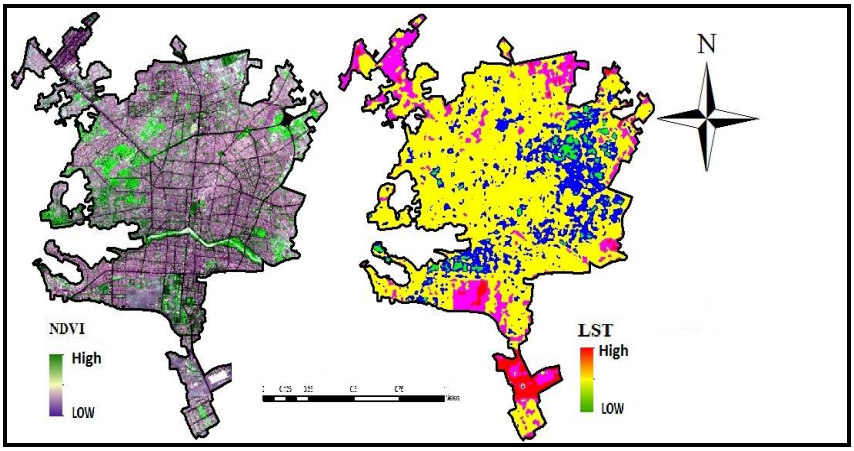
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

با استفاده از تصاویر طبقه‌بندی شده، اطلاعات آماری مربوط به هر کلاس کاربری سرزمین استخراج شد .اراضی کشاورزی و فضای سبز از ۵۸/۶ کیلومترمربع در سال ۱۹۸۹ به ۱۱/۲ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۴ کاهش پیدا کرده و این اراضی اغلب به اراضی شهری تغییر کاربری داده است. به‌طوری‌که تقریباً ۴۷/۴ کیلو متر مربع از وسعت این اراضی کاسته و این اراضی اغلب به اراضی شهری و سکونت‌گاه‌های شهری تغییر کاربری داده‌اند (جدول ۴).

**جدول (۴): تغییرات کاربری‌های زمین در سال ۱۹۸۹ و ۲۰۱۴ در منطقه‌ی مورد مطالعه**

| نوع کاربری | مساحت ۱۹۸۹ | | مساحت ۲۰۱۴ | | درصد تغییرات | جهت تغییرات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | کیلومترمربع | درصد | کیلومترمربع | درصد | | |
| اراضی کشاورزی و فضای سبز | ۵۸/۶ | ۳۱ | ۱۱/۲ | ۶ | ۲۵ | منفی |
| اراضی شهری و ساخته‌شده | ۱۰۶/۲ | ۵۶ | ۱۶۵/۷ | ۸۷ | ۳۱ | مثبت |
| اراضی بایر | ۸/۹ | ۵ | ۲/۷ | ۲ | ۳ | منفی |
| اراضی نامرغوب | ۱۳/۴ | ۷ | ۶/۳ | ۳ | ۷/۱ | منفی |
| اراضی آبی | ۳/۱ | ۱ | ۴/۳ | ۳ | ۱/۲ | مثبت |

شکل (۴) نیز توزیع دمای سطح زمین یا پوشش گیاهی در شهر اصفهان در سال ۲۰۱۴ را نشان می‌دهد همان‌طور که گفته شد وضعیت پوشش گیاهی دارای روند منفی بوده است که در نقشه NDVI نیز قابل مشاهده است. افزایش دما در مناطق جنوب شهر اصفهان به علت وجود اراضی بایری است که در برخی قسمت‌ها به شهرک‌های مسکونی و یا نظامی بدون پوشش گیاهی تبدیل‌شده‌اند. در حومه شهر مناطقی که دارای اراضی بایر می‌باشند و یا تغییر کاربری آن-ها از کشاورزی و فضای سبز به اراضی بایر و شهری بوده است دارای بیشترین شدت گرما بوده‌اند زیرا زمین‌های بایر به دلیل نقصان در بهره‌مندی از سازوکارهای خنک‌کننده تبخیر و تعرق، دارا بودن ظرفیت بالای جذب گرما و ظرفیت هدایتی پایین به مقدار زیادی انرژی جذب کرده و به‌سرعت گرم می‌شوند؛ بنابراین در شهر اصفهان نیز در قسمت جنوبی شهر که شامل مناطق ۵ و ۶ شهر اصفهان می‌شود شدت گرمای بیشتری حاکم است همچنین قسمت‌های از شمال شهر که اراضی اطراف فرودگاه و بخش‌هایی از شمال غرب (منطقه ۱۲) که دارای اراضی بایر بیشتر است شدت گرما نمود بیشتری دارد. همان‌طور که در نقشه دمایی و پوشش گیاهی واضح است شدت گرما در شهر اصفهان نمی-تواند رابطه مستقیم با پوشش گیاهی داشته باشد؛ و این شرایط در نیمه غرب و شرق به‌وضوح قابل مشاهده است.

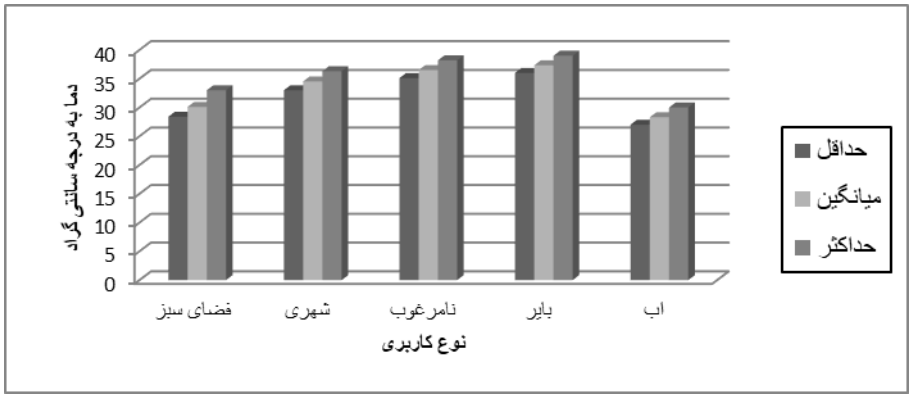



**شکل ۴: مقایسه توزیع دمای سطح زمین و پوشش گیاهی شهر اصفهان در سال ۲۰۱۴**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

**-بررسی شدت جزیره گرمایی در رابطه با انواع کاربری‌های پوشش زمین**

به منظور بررسی شدت جزیره گرمایی با توجه به نوع کاربری پوشش زمین، دمای سطح برای انواع کاربری‌ها به‌وسیله‌ی تصاویر– طبقه‌بندی شده و تصاویر دمای سطح زمین استخراج و میانگین آن‌ها محاسبه شد. رابطه شدت دمای سطح زمین با پوشش زمین، نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی و دمای سطح زمین با هم تلاقی داده شده و نتایج آن به صورت نمودار میانگین وزنی ارائه شده است. با توجه به شکل (۵) بیشترین دما مربوط به اراضی بایر و اراضی نامرغوب با میانگین ۳۷/۳۳ و ۳۶/۵ است. اراضی نامرغوب و بایر به دلیل داشتن ظرفیت حرارتی پایین زود گرم و زود سرد شده و به این علت بیشترین دماها در نقشه‌های LST منطقه در دوره مورد مطالعه بر روی این پوشش قابل مشاهده است. کمترین دما مربوط به آب با میانگین ۲۸/۳ و پوشش گیاهی با میانگین ۳۰/۱ است که این موضوع به علت تبخیر و تعرقی است که در این دو پوشش صورت می‌گیرد. در این مطالعه پوشش گیاهی و آب شامل رودخانه‌ها، زمین‌های کشاورزی، فضای سبز و بوستان‌ها و ... می‌باشد. توان تشعشعی پوشش گیاهی بسته به نوع پوشش و تراکم آن متفاوت است ولی در مقایسه با دیگر پدیده‌های سطح زمین توان تشعشعی نسبتاً بالایی دارد اما همان‌طور که گفته شد لزوم وجود پوشش گیاهی نمی‌تواند به تنهایی باعث خنک شدن سطح شود کما اینکه درجاهایی نیز این شرایط حکم فرماست و جزایر خنک وسیعی در جایی که اراضی کشاورزی قرار دارد، گسترده شده است اراضی ساخته شده شهری در منطقه‌ی مورد مطالعه ترکیب غیر یکنواخت از فضای سبز، سطوح آلومینیومی مستقر بر روی پشت بام‌ها و کوچه‌ها است که به علت ناهمگونی فوق‌العاده زیاد (آسفالت، سیمان، بام، پوشش گیاهی، فلزات) دمای متوسطی دارند که میانگینی از ترکیب مواد ذکر شده در یک پیکسل است. از این‌رو برخلاف انتظار میانگین دما در نواحی شهری پایین‌تر از محیط‌های باز اطراف است.




**شکل ۵: میانگین دمای سطح زمین برای کاربری‌های مختلف طی سال ۱۹۸۹-۲۰۱۴**

**-بررسی تغییرات توزیع مکانی جزیره گرمایی**

برای بررسی این تغییرات ابتدا تصاویر نرمال شده با استفاده از مقدار میانگین و انحراف معیار خود به ۵ طبقه‌ی دمایی تقسیم می‌شود(Xu et al: ۲۰۱۱) (صادقی نیا و همکاران، ۱۳۹۲) اما چون دماهای بالای ۴۵ درجه نیز در سطح شهر مشاهده گردید یک طبقه‌بندی به آن اضافه گردید و مطالعه ما بر اساس ۶ طبقه دمایی ادامه پیدا کرد. جدول (۵) بیانگر میانگین دمای هر یک از تصاویر نرمال شده و std نشان‌دهنده‌ی مقدار انحراف معیار هر یک از تصاویر نرمال شده است.

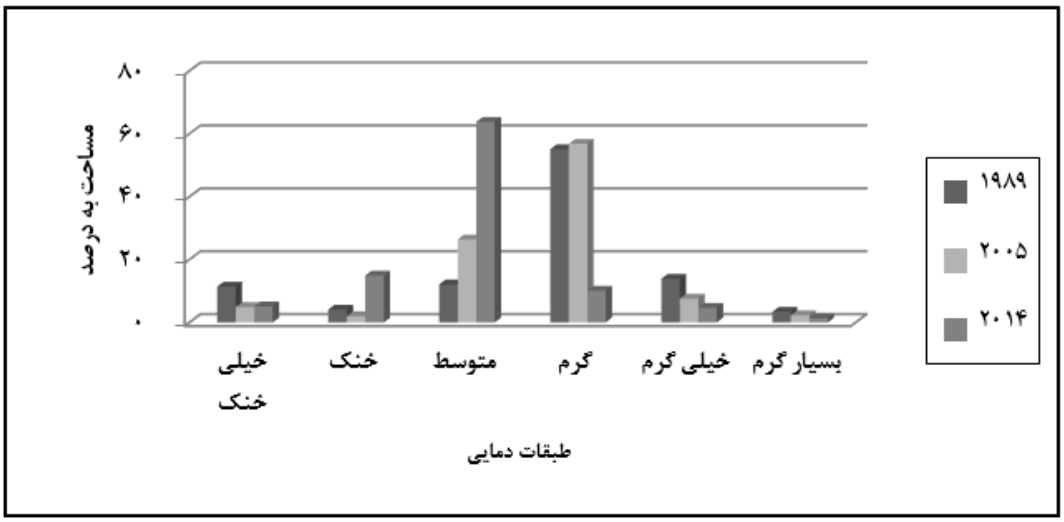
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

**جدول ۵: نحوه‌ی طبقه‌بندی دمای سطحی تصاویر مطالعه شده به شش طبقه‌ی دمایی**

| طبقه‌بندی دما | | دامنهٔ مربوط به هر طبقه‌بندی |
|---|---|---|
| دمای بسیار پایین | | T ≤ Tmean – ۱٫۵ std |
| دمای پایین | | Tmean – ۱٫۵ std < T < Tmean-std |
| دمای متوسط | | Tmean – std < T ≤ Tmean + std |
| دمای بالا | | Tmean + std < T ≤ Tmean + ۱٫۵ std |
| دمای بسیار بالا | خیلی گرم | T > Tmean +۱٫۵ std |
| | بسیار گرم | |

بعد از طبقه‌بندی داده‌های حرارتی نرمال شده به طبقات دمایی، مساحت مربوط به هر طبقه‌ی دمایی محاسبه شد و تغییرات آن در بازه‌ی زمانی تحت مطالعه به دست آمد. طبقات دمایی به ترتیب شامل خیلی خنک (۲۵-۲۹)، خنک (۲۹-۳۳)، متوسط (۳۳-۳۷)، گرم (۳۷-۴۱)، خیلی گرم (۴۱-۴۵) و بسیار گرم بالاتر از ۴۵ درجه سانتی‌گراد طبقه-بندی‌شده است. بعد از طبقه‌بندی داده‌های حرارتی نرمال شده به طبقات دمایی، مساحت مربوط به هر طبقه‌ی دمایی محاسبه شد و تغییرات آن در بازه‌ی زمانی تحت مطالعه به دست آمد. بر اساس شکل (۶) بیشترین مساحت طبقه‌ی دمایی مربوط به دمای متوسط در سال ۲۰۱۴، سپس دمای گرم در سال ۲۰۰۵ و ۱۹۸۹ است.

با توجه به توسعه شهرنشینی و افزایش ساخت و ساز در نواحی بایر و نامرغوب دماهای گرم و خیلی گرم و بسیار گرم کاهش داشته و دمای متوسط جایگزین آن گشته است. طبقه دمایی خنک افزایش پیدا کرده که دلیل آن می‌تواند تغییر کاربری اراضی کشاورزی و فضای سبز داخل شهر باشد که باعث تغییر طبقه‌ی دمایی بسیار خنک به خنک شده است.

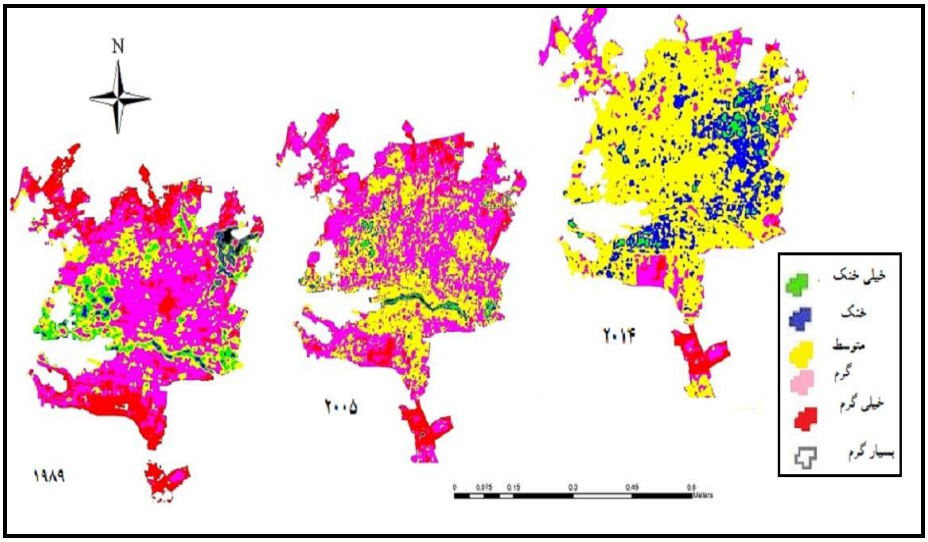



**شکل ۶: تغییرات مساحت طبقات دمایی در بازه‌ی زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۴ و در منطقه مورد مطالعه**

شکل (۷) تصاویر مربوط به سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۴ که تغییرات طبقات دمایی در طول این زمان را نشان می‌دهد. مقایسه‌ی این تصاویر نشان می‌دهد که طبقهٔ دمایی خیلی خنک که با رنگ سبز نمایش داده شده، در سال ۱۹۸۹ در سمت غرب اصفهان از سرشاخه‌های زاینده‌رود شروع می‌شود و در اطراف زاینده‌رود که از وسط شهر اصفهان گذر می‌کند تا قسمت‌هایی از شرق شهر اصفهان قابل‌مشاهده است و در سایر قسمت‌ها به‌صورت لکه دیده می‌شود اما این طبقه دمایی باگذشت زمان در سال ۲۰۰۵ محدود شده و مساحت آن کاهش یافته است به طوری‌که به لکه‌هایی

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

در قسمت غرب و شرق شهر اصفهان محدود شده است و در اطراف سی و سه پل نیز مساحت این طبقه دمایی کاهش پیداکرده است و اغلب جای خود را به طبقه دمایی متوسط داده است. در سال ۲۰۱۴ با توجه به خشکسالی‌های پی‌درپی زاینده‌رود ملاحظه می‌گردد در اطراف این رودخانه دیگر طبقه دمایی سبزرنگ (خنک) مشاهده نمی‌گردد و جای خود را به طبقه متوسط داده است. همان‌طور که در نقشه‌ها ملاحظه می‌گردد با تغییر کاربری‌ها خوشه‌های دمای خنک و خیلی خنک از سمت غرب کاسته شده‌اند و فقط به لکه‌هایی در سمت جنوب غرب محدود شده است این در حالی است که این خوشه‌های دمای به شمال شرق و شرق تغییر مکان داده‌اند و در بقیه قسمت‌ها این طبقه دمایی به‌صورت لکه‌های محدودی دیده می‌شود. از دلایل تغییر مسیر طبقات دمایی تغییر کاربری اراضی بایر در سمت شرق و ایجاد کمربندهای سبز شهری و توسعه شهر در این قسمت است و از دلایل کاهش طبقات دمایی خنک و خیلی خنک در قسمت‌های غرب شهر اصفهان می‌توان به کاهش سطح زیر کشت زمین‌های کشاورزی در سال‌های خشک-سالی اشاره کرد که به‌واسطه آن دما نیز افزایش پیداکرده است. نکته دیگر در نقشه دمایی شهر اصفهان این است که طبقات دمایی خیلی گرم و گرم کاهش پیداکرده است همان‌طور که در نقشه ۱۹۸۹ قابل مشاهده است وسعت این طبقات بیشتر از سایر طبقات بوده است و تقریباً به‌غیراز غرب، مرکز شهر اطراف رودخانه و قسمت‌هایی از شرق اصفهان بقیه قسمت‌های شهر در طبقه دمایی گرم و خیلی گرم قرار داشته‌اند این در حالی است که این طبقه‌ها در سال ۲۰۰۵ محدودتر شده است و در سال ۲۰۱۴ به چاهک‌های گرم بسیار کوچک در مرکز شهر، اطراف شهرک سپاهان شهر، مناطق نظامی و اراضی بایر در نیمه جنوبی، قسمت‌هایی در شمال غرب و شمال شرق محدود شده است. اختلاف دمایی این چاهک‌های گرمایی ۳ تا ۴ درجه سانتی‌گراد است.




**شکل ۷: تغییرات مکانی طبقات دمایی در شهر اصفهان در بازهٔ زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۴**

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده تصاویر حرارتی سنجنده TM، +ETM و سنجنده OLI به ارزیابی میزان تغییر پذیری مخاطره‌ی جزیره گرمایی با توجه به تغییرات در نوع کاربری اراضی- پوشش زمین در شهر اصفهان پرداخته شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که نواحی شهری دارای بیشترین تغییرات بوده است به طوری‌که ۳۱ درصد تغییرات در جهت مثبت داشته است این در حالی است که اراضی کشاورزی و فضای سبز، اراضی بایر، نامرغوب و آبی دارای روند

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

کاهشی بوده است. به طوری‌که مساحت اراضی کشاورزی و فضای سبز با ۲۵ درصد کاهش مواجه شده است (جدول ۳). اغلب اراضی درجاهایی که به مناطق شهری تغییر کاربری داده‌اند دارای گستره دمایی متوسط می‌باشند و درجاهایی که به اراضی بایر و نامرغوب تغییر کاربری داده‌اند دمای بالایی دارند. بررسی شدت جزیره‌ی گرمایی در رابطه با پوشش زمین نشان می‌دهد هسته‌های پرحرارت متعلق به اراضی نامرغوب و اراضی بایر با میانگین ۳۷/۳۳ و ۳۶/۵ بوده این موضوع به علت تبخیر و تعرقی است که در این دو پوشش صورت می‌گیرد و کمترین دما مربوط به آب با میانگین ۲۸/۳ و پوشش گیاهی با میانگین ۳۰/۱ است جزایر خنکی قرارگرفته است از این رو ویژگی‌های حرارتی سطح زمین و الگوهای آن را می‌توان از طریق کیفیت کاربری اراضی شناسایی کرد (شکل ۵). با توجه شکل (۶) بیشترین مساحت طبقه‌ی دمایی در سال ۱۹۸۹ و ۲۰۰۵ مربوط به طبقه دمایی گرم بوده است این در حالی است که در سال ۲۰۱۴ درصد طبقات دمایی متوسط ۶۳/۸ درصد را به خود اختصاص داده است. به عبارتی با توسعه شهرنشینی و افزایش ساخت و ساز در نواحی بایر و نامرغوب دماهای گرم و خیلی گرم و بسیار گرم کاهش چشمگیری داشته و دمای متوسط جایگزین آن گشته است. توزیع تغییرات مکانی جزیره گرمایی در شکل (۷)، نشان می‌دهد که جزایر گرمایی به مرور زمان تغییر مکانی داشته است به طوری‌که در نقشه ۱۹۸۹ قابل مشاهده است وسعت طبقات بسیار گرم، خیلی گرم و گرم گسترده بوده و در قسمت‌های زیادی از شمال، جنوب و مرکز شهر قابل‌مشاهده است این در حالی است که جزیره گرمایی در سال ۲۰۰۵ محدودتر شده است و اغلب جای خود را به طبقه دمایی متوسط داده که بارنگ زرد نشان داده‌شده است اما این گستره دمایی در سال ۲۰۱۴ به لکه‌هایی در اطراف شهرک سپاهان شهر، مناطق نظامی و اراضی بایر در نیمه جنوبی، قسمت‌هایی در شمال غرب و شمال شرق و لکه‌های کوچکی در شرق اصفهان محدود شده است. نتایج این پژوهش نشان داد گسترش شهر بر خلاف نتایج برخی پژوهش‌های مشابه که در قسمت پیشینه به آن اشاره‌شده است عامل اصلی افزایش دمای سطح و گسترش جزیره گرمایی نمی‌تواند باشد چون ایجاد شهر بر اساس مطالعات ایمهوف و همکاران (Imhoff,۲۰۱۰) در مناطق خشک و نیمه خشک اغلب باعث کاهش دمای محیط و سطح می‌گردد و جزایر گرمایی اغلب به‌صورت چاهک‌هایی در سطح و اطراف شهر گسترش یافته است که این شرایط نیز در اصفهان نیز حکم فرما است از سوی دیگر نوع کاربری سایر اراضی، عوامل و عناصر جغرافیایی و... در افزایش یا کاهش دما نیز مؤثر بوده است همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از داده-های ماهواره‌ای چند زمانه و ترکیب روش‌های معمول بررسی جزایر گرمایی می‌تواند دیدی همه جانبه از نحوه‌ی شکل‌گیری و گسترش جزایر گرمایی ایجاد کند.

## منابع

احمدی، محمود؛ داود عاشور لو و مهدی نارنگی فرد.۱۳۹۱. تغییرات زمانی- مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده TM و +ETM. *سنجش‌ازدور و GIS ایران*، **۴**: ۵۵- ۶۸.

اکبری، هادی.۱۳۷۹. بررسی الگوی توزیع درجه حرارت شهر تهران با استفاده از اطلاعات حرارتی لندست TM. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس*، ۱۲۰.

امان پور، سعید؛ محمد جواد کاملی فر و حجت بهمئی. ۱۳۹۶. تحلیلی بر تغییرات کاربری اراضی در کلانشهرها با استفاده از آنالیز تصاویر ماهواره‌ای در محیط ENVI مطالعه موردی :کلانشهر اهواز، *اطلاعات جغرافیایی(سپهر)*، **۱۰۲**، ۱۵۰- ۱۳۹.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

امیری، رضا؛ عباس علیمحمدی؛ سیدکاظم علوی پناه و عباس امان الهی. ۱۳۸۶. مطالعه تغییرپذیری مکانی -زمانی حرارت در ارتباط با کاربری- پوشش زمین در منطقه شهری تبریز با استفاده از داده‌های حرارتی و انعکاسی سنجنده‌های +ETM و TM لندست، محیط شناسی، **۴۳**، ۱۰۷-۱۲۰.

دشتکیان، کاظم و محمدعلی دهقانی.۱۳۸۶. بررسی دمای سطح زمین در ارتباط با پوشش گیاهی و توسعه شهری در مناطق بیابانی با استفاده از سنجش‌ازدور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی: منطقه یزد- اشکذر. *پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی*، **۷۷**: ۱۶۹- ۱۷۹.

رنگزن، کاظم؛ محمدعلی فیروزی؛ ایوب تقی زاده و رامین مهدی زاده.۱۳۹۰. بررسی و تحلیل نقش کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی با استفاده از RS و GIS: نمونه موردی شهر اهواز، *اولین هم‌اندیشی ملی کاربرد GIS در برنامه‌ریزی اقتصادی، اجتماعی و شهری.*

ساسان پور، فرزانه؛ پرویز ضیائیان فیروزآبادی و مریم، بهادری.۱۳۹۲. بررسی رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران. *جغرافیا*، **۳۹**: ۲۵۶- ۲۷۰.

سفیانیان، علیرضا. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کاربری اراضی محدوده شهر اصفهان با استفاده تکنیک آشکارسازی برداری تغییرات طی سال‌های ۱۳۶۶-۱۳۷۷. *علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)*، **۴۹**: ۱۵۳-۱۶۴.

شکیبا، علیرضا؛ پرویز ضیائیان فیروزآبادی؛ داوود عاشور لو و سودابه نامداری. ۱۳۸۸. تحلیل رابطه کاربری پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران با استفاده از داده‌های +ETM و TM، *سنجش از دور و GIS/ایران*، **۱**: ۳۹ – ۵۶.

صابری، حمید؛ اصغر ضرابی و جمال محمدی. ۱۳۹۱. اولویت‌بندی استراتژی‌های توسعه شهری (CDS) با استفاده از فرایند سلسه‌مراتبی AHP مطالعه موردی: کلان‌شهر اصفهان، *فضای جغرافیایی*، **۳۹**، ۵۹-۷۵.

صادقی نیا، علیرضا؛ بهلول علیجانی؛ پرویز، ضیائیان و شهریار خالدی.۱۳۹۲. کاربرد تکنیک‌های خود همبستگی فضایی در تحلیل جزیره حرارتی شهر تهران، *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، **۳۰**: ۶۷ – ۹۰.

علوی پناه، سید کاظم. ۱۳۹۲. *کاربرد سنجش‌ازدور در علوم زمین (علوم خاک)*، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران.

علوی پناه، سید کاظم؛ سیروس هاشمی دره بادامی و علی کاظم زاده.۱۳۹۴. تحلیل زمانی – مکانی جزیره حرارتی شهر مشهد با توجه به گسترش شهر و تغییرات کاربری- پوشش زمین. پژوهش‌های *جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، **۱**: ۱- ۱۷.

کاویانی، محمدرضا.۱۳۸۰. میکروکلیماتولوژی، چاپ دوم، انتشارات سمت.

متکان، علی‌اکبر؛ احمد نوحه‌گر؛ بابک میرباقری و ناهید ترک چین. ۱۳۹۳. تحلیل نقش کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی با استفاده از داده‌های چند زمانه سنجنده ASTER مطالعه موردی :شهر بندرعباس. *سنجش‌ازدور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، **۱۴**: ۱- ۱۴.

مزیدی، احمد و فاطمه حسینی. ۱۳۹۴. تأثیر تغییر کاربری و پوشش زمین‌بر جزیره‌ی گرمایی در منطقه‌ی شهری یزد با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور، *جغرافیا و توسعه*، **۳۸**: ۱-۱۲.

موسوی بایگی، محمد؛ بتول اشرف؛ علیرضا فرید حسینی و آمنه میان‌آبادی.۱۳۹۱. بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نظریه فرکتال. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، **۱**: ۳۵- ۴۹.

نیازی، یعقوب؛ محمدرضا اختصاصی؛ حسین ملکی نژاد و سید زین‌العابدین حسینی. ۱۳۸۹. مقایسه دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی در استخراج نقشه‌های کاربری اراضی مطالعه موردی: حوزه سد ایلام، *جغرافیا و توسعه*، **۲۰**: ۱۱۹-۱۳۲.

American Meteorological Society cited ۲۰۱۵: *Urban Heat Island, Glossary of Meteorology*, [Available online at http://glossary.ametsoc.org/wiki/Urban_heat_island .

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

Chander, G; B. L. Markham, and D. L. Helder. ۲۰۰۹. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-۱ ALI sensors. *Remote sensing of environment*, ۱۱۳**(۵)**: ۸۹۳-۹۰۳.

Chen, F; X. Yang, and W. Zhu. ۲۰۱٤. WRF simulations of urban heat island under hot-weather synoptic conditions: The case study of Hangzhou City, China. *Atmospheric research* ۱۳۸: ۳٦٤-۳۷۷.

Chen, X.L; H.M. Zhao, P.X, Li, and, Z.Y. Yin. ۲۰۰٦. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote sensing of environment*, ***104*(۲)**: ۱۳۳-۱٤٦.

https://earthexplorer.usgs.gov

Imhoff, M.L; P. Zhang, R.E. Wolfe and L. Bounoua, ۲۰۱۰. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote Sensing of Environment*, ***114*(۳)**: ۵۰٤-۵۱۳.

Jiang, J. and, G. Tian. ۲۰۱۰. Analysis of the impact of land use/land cover change on land surface temperature with remote sensing. *Procedia environmental sciences*, **۲**: ۵۷۱-۵۷۵.

Ketterer, C. and A. Matzarakis. ۲۰۱٤. Human-biometeorological assessment of the urban heat island in a city with complex topography–The case of Stuttgart, Germany. *Urban Climate*, **۱۰**: ۵۷۳-۵۸٤.

Liu, L. and Y. Zhang. ۲۰۱۱. Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong. *Remote Sensing*, **۳(۷)**: ۱۵۳۵-۱۵۵۲.

Ning, J; ۲۰۱۱. Influence of Coastal Land Use Change to Land Surface Temperature. *Energy Procedia*, **۱۱**: ۳۹۹۹-٤۰۰٤.

Nonomura, A; M. Kitahara and T. Masuda. ۲۰۰۹. Impact of land use and land cover changes on the ambient temperature in a middle scale city, Takamatsu, in Southwest Japan. *Journal of environmental management*, ***90*(۱۱)**, ۳۲۹۷-۳۳۰٤.

Rao, P. K.۱۹۷۲. Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite. *Bulletin of the American meteorological society*, ***53*(۷)**, ٦٤۷-٦٤۸.

Rasul, A; H. Balzter and C. Smith. ۲۰۱۵. Spatial variation of the daytime surface urban cool island during the dry season in Erbil, Iraqi Kurdistan, from Landsat ۸. *Urban climate*, **۱٤**: ۱۷٦-۱۸٦.

Senanayake, I. P; W. D. D. P. Welivitiya and P. M. Nadeeka. ۲۰۱۳. Remote sensing based analysis of urban heat islands with vegetation cover in Colombo city, Sri Lanka using Landsat-۷ ETM+ data. *Urban Climate*, ***5*:** ۱۹-۳۵.

Sobrino, J. A; R. Oltra-Carrió, G. Sòria, J. C. Jiménez-Muñoz, B, Franch,V Hidalgo and J. A Gómez. ۲۰۱۳. Evaluation of the surface urban heat island effect in the city of Madrid by thermal remote sensing. *International journal of remote sensing*, ***34*(۹-۱۰)**: ۳۱۷۷-۳۱۹۲.

Su, Y. F; G. M. Foody and K. S. Cheng.۲۰۱۲. Spatial non-stationarity in the relationships between land cover and surface temperature in an urban heat island and its impacts on thermally sensitive populations. *Landscape and Urban Planning*, ***107*(۲)**:۱۷۲-۱۸۰.

Van Hove, L. W. A; C. M. J. Jacobs, B. G. Heusinkveld, J. A. Elbers, B. L. Van Driel and A. A. M. Holtslag.۲۰۱۵. Temporal and spatial variability of urban heat island and thermal comfort within the Rotterdam agglomeration. *Building and Environment*, **۸۳**: ۹۱-۱۰۳.

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(٤)**: ۳۳۵-۳٤٤.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

Wu, H.Ye; L.P. Shi, W.Z. and Clarke, K.C. ۲۰۱٤. Assessing the effects of land use spatial structure on urban heat islands using HJ-۱B remote sensing imagery in Wuhan, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, **۳۲**: ٦۷-۷۸.

Xian, G and M. Crane. ۲۰۰٦. An analysis of urban thermal characteristics and associated land cover in Tampa Bay and Las Vegas using Landsat satellite data. *Remote Sensing of environment*, **۱۰٤(۲)**:۱٤۷-۱٥٦.

Xu, H; Y. Chen, S. Dan and W, Qiu. ۲۰۱۱. Spatial and temporal analysis of urban heat Island effects in Chengdu City by remote sensing. *In Geoinformatics, 2011 19th International Conference*, ۱-٥.

Zhang, Y; C. Yiyun, D. Qing and P. Jiang. ۲۰۱۲. Study on Urban Heat Island Effect Based on Normalized Difference Vegetated Index: A Case Study of Wuhan City, the ۱۸th Biennial Conference of International Society for Ecological Modeling, *Procedia Environmental Sciences*.**۱۳**: ٥۷٤-٥۸۱.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.103 ]