



بررسی تأثیر بام‌های انعکاسی در کاهش اثر جزیره حرارتی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی شهر کرمانشاه)

سیروس هاشمی دره بادامی: دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران*
علسی خزایی: دانشجوی دکتری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
سید کاظم علوی‌پناه: استاد گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۹۳/۶/۲۱ - پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۱۱، صص ۱-۱۸

چکیده

پدیده جزیره حرارتی شهری و تأثیر آن بر اقلیم شهری، آلودگی هوای شهری، سلامتی شهروندان و همچنین بالا رفتن مصرف انرژی، به یک نگرانی مهم زیست محیطی تبدیل شده است و تلاش برای کاهش اثر جزیره حرارتی شهری، یک امر مهم در برنامه ریزی شهری و توسعه پایدار شهری است. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر بام‌های انعکاسی در کاهش اثر جزیره حرارتی شهری است. در این تحقیق با استفاده از تصاویر چند زمانه لندست TM، تأثیر استفاده از بام‌های انعکاسی (ایزوگام) بروی تغییرات بازتاب، جذب و دمای سطح شهر کرمانشاه بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۱ مورد بررسی قرار گرفت. برای به دست آوردن دمای سطح زمین از تصاویر حرارتی (باند ۶) از الگوریتم تک بانندی کین و همکاران و حد آستانه NDVI استفاده شد. و برای بررسی تغییرات انعکاس سطح، ارزش رقومی تصاویر به انعکاس ظاهری سطح تبدیل گردید. نتایج بررسی‌های آماری نشان داد که میزان قابلیت انعکاس در دوره زمانی مورد مطالعه به طور میانگین ۸ درصد افزایش داشته است و این افزایش انعکاس موجب کاهش دمای تابشی تا ۸ درجه کلون شده است. بیشترین تغییرات دمای سطح زمین مربوط به مناطق مسکونی بود که به طبقه دمایی خنک تبدیل گشته است، این در حالیست که با توسعه شهر و کاهش پوشش گیاهی داخل شهر و اطراف رودخانه قره سو، مساحت طبقه دمایی بسیار خنک کاهش زیادی داشته است و مساحت طبقه دمایی بسیار گرم افزایش داشته است. بررسی تغییرات فضایی بازتاب و دمای سطح زمین در دوره مورد مطالعه نشان داد که در مکانهایی که بازتاب افزایش یافته است دمای سطح با کاهش همراه بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از بام‌های انعکاسی می‌تواند در کاهش اثر جزیره حرارتی شهری موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: بام‌های انعکاسی، جزیره حرارتی شهری، الگوریتم تک بانندی، کرمانشاه

۱- مقدمه

۱-۱- طرح مسأله

در طول نیم قرن گذشته، سطح زمین دستخوش تغییرات قابل ملاحظه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی از طریق جنگل زدایی و توسعه شهرها شده است (اوون^۱ و همکاران ۱۹۹۸). تغییرات سریع کاربری/پوشش زمین در مناطق شهری تبدیل به یک نگرانی عمده زیست محیطی شده است (امیری و دیگران). این تغییرات منجر به شکل‌گیری جزیره حرارتی شهری می‌شود پدیده‌ای که به موجب آن مناطق شهری درجه حرارت گرمتر از محیط روستایی اطراف خود تجربه می‌کنند. جایگزین شدن پوشش طبیعی زمین با سنگفرش، ساختمانها، بتون، آسفالت و سایر ساخت‌سازهای شهری، اثرات خنک‌کنندگی سطوح طبیعی را از بین می‌برند. علاوه بر آن حرارت و وسایل نقلیه، کارخانه‌ها و وسایل تهویه‌کننده هوا، گرمای محیطی را افزایش داده و اثرات جزیره حرارتی^۲ را تشدید می‌کند (لیو و هانگ^۳ ۲۰۱۱).

۱-۲- اهمیت و ضرورت

جزیره حرارتی با تغییر الگوی بادهای محلی، تقویت رشد ابرها و مه، افزایش تعداد رعد و برق و تأثیر بر میزان بارش، شرایط هوا و اقلیم محلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با گرم شدن هوا تقاضا برای مصرف انرژی ناشی از استفاده از خنک‌کننده‌ها، بالا می‌رود این امر علاوه بر مصرف انرژی، موجب بالا رفتن مضاعف

درجه حرارت هوا می‌شود. همچنین افزایش مصرف انرژی برای خنک‌کنندگی، کیفیت هوای شهری را پایین آورده و سبب ناراحتی و عدم آسایش شهرنشینان می‌شود و با تأثیر بر سلامتی انسان‌ها، احتمال بروز آسم و انواع بیماری‌های تنفسی دیگر را افزایش می‌دهد (لیو و هانگ ۲۰۱۱). از زمان اولین مشاهدات جزیره حرارتی شهری استراتژی‌های زیادی زیادتی مبنی بر خنک‌سازی شهرها توسعه یافته است این موضوع با توجه به افزایش جمعیت شهری در آینده و ایجاد محیط‌های شهری راحت‌تر و با کیفیت‌تر و همچنین نگرانی‌های مربوط به مصرف انرژی و به حداقل رساندن انرژی مورد استفاده برای دستیابی به آسایش حرارتی مورد تأکید است. علاوه بر این با پیش‌بینی‌های گرمایش جهانی تهدید به افزایش بیشتر دمای شهرها در سراسر جهان، تکنیک‌های خنک‌کننده شهری، حتی ممکن است در دهه‌های آینده مهم‌تر شود (اسمیت^۴ و لورمور^۵ ۲۰۰۸).

۱-۳- اهداف تحقیق

مهمترین اهداف این تحقیق عبارتند از:

- بررسی تأثیر بام‌های انعکاسی در کاهش تابش و دمای سطح
- بررسی تأثیر استفاده از بام‌های انعکاسی کاهش اثر جزایر حرارتی شهری
- بررسی تأثیر تغییرات پوشش بام‌ها در پراکندگی جزایر حرارتی شهری

4 Smith
5 Levermor

1 Owen
2 Urban Heat Island
3 Liu and Zhang

۱-۴- پیشینه تحقیق

تحقیقات بسیاری در زمینه کاهش اثر جزیره حرارتی صورت گرفته است از جمله ایجاد سطوح سرد شهری با افزایش پوشش گیاهی، استفاده از بام‌های سبز، استفاده از سطوح انعکاسی در بام‌ها و سطح بیرونی ساختمان‌ها و استفاده از کفسازی سرد که استفاده از آنها موجب کاهش جزیره حرارتی شهری می‌شود. از انجاییکه بیش از ۶۰ درصد سطوح شهری را بام‌ها، خیابان‌ها و پیاده روها تشکیل می‌دهند، توجه به این سطوح شهری در کاهش اثر جزیره حرارتی می‌تواند موثر باشد (اکبری و دیگران ۲۰۰۷). نوع، اندازه ذرات و رنگ مصالح بکار برده شده در ساختمان‌ها می‌تواند در میزان انعکاس و جذب انرژی خورشید نقش بسزایی داشته باشد. رنگ‌های تیره، اندازه درشت ذرات و توان تشعشعی^۶ بالای مواد باعث جذب بیشتر انرژی خورشید می‌شود و اجسام ریز دانه با رنگ روشن و براق باعث افزایش بازتاب می‌شوند. یکی از اقدامات متقابل مهم به اثر جزیره حرارتی برای کاهش ذخیره سازی حرارتی در ساختمان، نصب مواد بسیار بازتابنده در سقف و دیوارهای خارجی ساختمان است. (یوان^۷ و همکاران ۲۰۱۲). آسفالت با رنگ تیره و اندازه درشت مواد تشکیل دهنده آن می‌تواند بیشتر انرژی خورشید را جذب کند. اگرچه استفاده از آسفالت به عنوان عایق پشت بام در مناطق سردسیری در زمستان می‌تواند در صرفه جویی مصرف انرژی برای نیاز گرمایشی منازل موثر باشد در مناطق گرمسیری باعث افزایش مصرف

انرژی برای نیاز سرمایشی می‌شود. سقف‌های تیره در تابستان توسط نور خورشید گرم می‌شوند در نتیجه تقاضا برای خنک سازی در ساختمان در ایام تابستان بالا می‌رود (اکبری و کونوپاکی^۸ ۱۹۹۸). در معماری سنتی در آب و هوای گرم از مدت‌ها پیش روشنایی رنگ ساختمان به عنوان کاهش دهنده ظرفیت خنک سازی شناخته شده بود (جیوانی^۹ ۱۹۷۶). مجموعه‌ای از شبیه سازی‌ها و مطالعات تجربی نشان دادند که بازتاب ساختمان‌ها می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر نیاز سرمایشی داشته باشد (بانسل^{۱۰} و همکاران ۱۹۹۲). اکبری و کونوپاکی (۱۹۹۸) تأثیر انعکاس و توان تشعشعی پشت بام بر روی مصرف انرژی برای نیاز سرمایشی و گرمایشی برای یازده اقلیم نماینده برای سراسر کشور آمریکا محاسبه کردند نتایج نشان داد در آب و هوای گرم تغییرات توان تشعشعی از (۰.۲۵ تا ۰.۹) منجر به افزایش ۱۰٪ مصرف انرژی سالانه شده است.

بهبود قدرت تفکیک مکانی و طیفی نسل حاضر و آینده سنسورهای سنجش از دور، در نمایش مفصل تر از سطوح شهری قابل دسترس با هزینه کم باعث پیشرفت در کاربرد سنجش از دور در مطالعه آب و هوای مناطق شهری شده است (ووگت و اوکه^{۱۱} ۲۰۰۳). تصاویر حرارتی به طور گسترده‌ای برای ارزیابی جزیره حرارتی شهری مورد استفاده قرار گرفته است. پژوهش‌ها بیشتر بروی الگوهای Ist و ارتباط آنها با

8 Konopacki

9 Givani

10 Bansal

11 Voogt and Oke

6 Emissivity

7 Yuan

بیشتری برخوردار بوده اند همچنین استفاده از بام‌های سبز باعث افزایش میزان NDVI و کاهش دما شده است.

۱-۵- سوال‌ها و فرضیه‌ها

با توجه به مسائل فوق و اهمیت موضوع پژوهش حاضر در پی آن است به سوالات زیر پاسخ دهد:

- آیا افزایش انعکاس سطح تأثیری بر کاهش تابش و دمای سطح دارد؟

- آیا استفاده از بام‌های با انعکاس بالا می‌تواند راه حلی برای کاهش جزیره حرارتی شهری باشد؟

- آیا تغییر پوشش بام‌ها تغییری در پراکندگی جزایر حرارتی شهری ایجاد می‌کند؟



شکل ۱- تصاویری از پشت بام‌های آسفالت، سمت چپ و ایزوگام‌های انعکاسی، سمت راست. تهیه شده در محل

مورد مطالعه

۱-۶-۱- منطقه مورد مطالعه

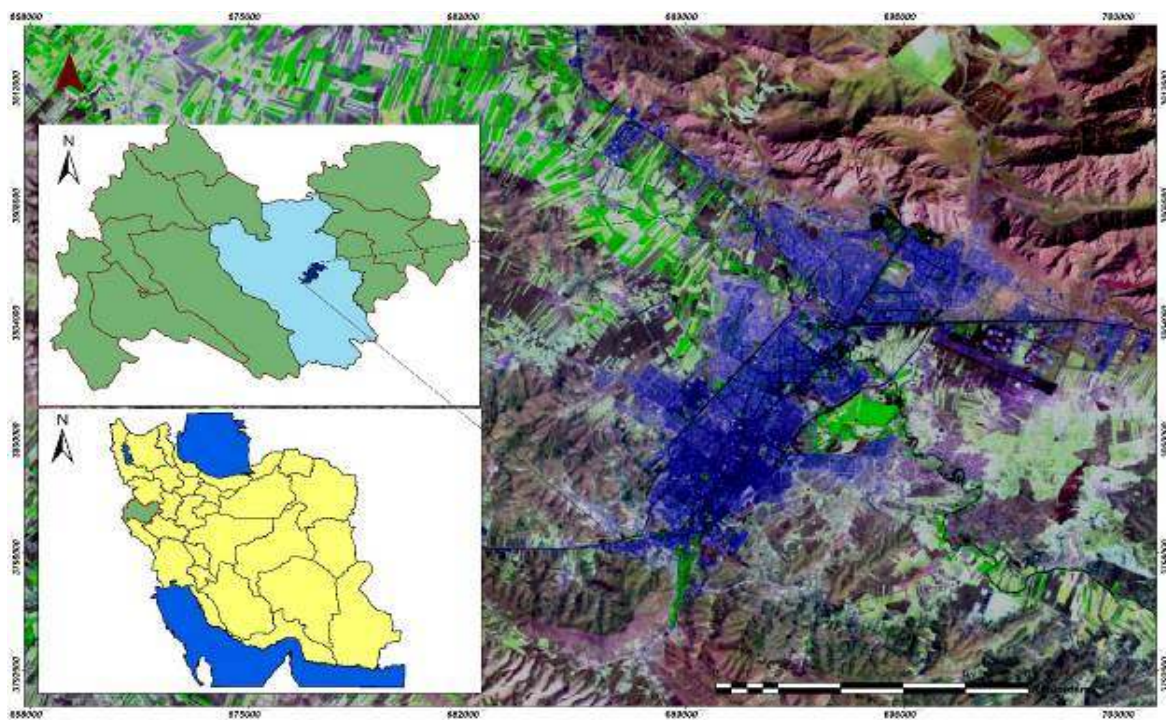
شهر کرمانشاه در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۶ دقیقه، به عنوان شهر

ویژگی بیوفیزیک سطوح شهری به خصوص با شاخص‌های پوشش گیاهی (ونگ^{۱۲} و همکاران ۲۰۰۴) و انواع کاربری/پوشش زمین (ژیو^{۱۳} و مودی^{۱۴}، ۲۰۰۵، امیری و دیگران ۲۰۰۹، ونگ و همکاران ۲۰۰۹) متمرکز بوده اند. همچنین عده ای از محققین (مو^{۱۵} و دیگران ۲۰۱۱، ژو^{۱۶} و دیگران ۲۰۱۱) به بررسی‌های آماری از جزیره حرارتی و تغییرات زمانی- مکانی جزیره حرارتی علاقمند بوده اند. عده ای نیز نتایج استراتژی‌های کاهش اثر جزیره حرارتی شهری را مورد بررسی قرار داده اند (ماکی^{۱۷} و دیگران ۲۰۱۰). با این حال رابطه Ist با انعکاس سطح در بررسی‌های جزیره حرارتی با توجه به استفاده‌های اخیر از استراتژی بام‌های انعکاسی در کاهش اثر جزیره حرارتی شهری می‌تواند جالب توجه باشد. ماکی^{۱۸} و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی جزیره حرارتی شیکاگو با هدف یافتن راه‌های کاهش آن با استفاده از تصاویر ماهواره ای و هوایی بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۹ پرداختند. نتایج نشان داد جاهایی که بیشترین افزایش قابلیت انعکاس را داشته اند با کاهش دما مواجه بوده اند و افزایش انعکاس به دلیل استفاده از پشت بام‌های انعکاسی جدید بوده است. درصد شیب پشت بام‌ها هم در میزان انعکاس تأثیر داشته است پشت بام‌های کم شیب نسبت به پشت بام‌های با شیب متوسط از قابلیت انعکاس

- 12 Weng
- 13 Xiao
- 14 Moddy
- 15 Mo
- 16 Xo
- 17 Mackey
- 18 Mockey

۱۳۹۰) پیدایش و پویایی شهر کرمانشاه ناشی از موقعیت ارتباطی شهر است این شهر رشد سریع جمعیتی را در دهه‌های اخیر پشت سر گذاشته است. بیشترین رشد و توسعه فیزیکی شهر کرمانشاه ناشی از شرایط به وجود آمده پس از انقلاب و جنگ تحمیلی بوده است که موجب مهاجرت مردم از شهرهای مرزی استان به این شهر گردیده است. در جریان این توسعه فیزیکی بیش از ۱۰ هزار هکتار از زمین‌های کشاورزی و باغ با تغییر کاربری به زیر ساخت رفته و تخریب شده است (ثروتی و دیگران ۱۳۹).

مرکز شهرستان کرمانشاه دارای اهمیت استراتژیک است بعد مسافت از این شهر تا مرز خسروی، مرکز استان کردستان، مرکز استان همدان و مرکز استان لرستان تقریباً به یک اندازه است (فرهنگ جغرافیایی شهرستان‌های کشور ۱۳۷۹: ۱۵) این شهر در ضلع غربی ایران قرار دارد و دارای مساحتی بالغ بر ۸۷۹۶ هکتار است و در آبان ماه سال ۱۳۹۰ جمعیت آن ۱۰۳۰۹۷۸ نفر بوده است که با ۸۲/۱ درصد از جمعیت شهر نشین استان، بیشترین جمعیت شهری استان را در خود جای داده است (مرکز آمار ایران



شکل ۲- موقعیت شهر کرمانشاه در ایران و استان کرمانشاه، تصویر ماهواره ای لندست TM و ترکیب رنگی آن (RGB:۷،۴،۱) است. منطقه آبی رنگ محدوده شهری کرمانشاه است.

۱-۷- مواد و روش‌ها

در این تحقیق از داده‌های ماهواره لندست، TM برای سال‌های (۲۰۱۱، ۲۰۰۷، ۲۰۰۰، ۱۹۹۸، ۱۹۹۱، ۱۹۸۷) استفاده شد. همه تصاویر مربوط به ماه جولای هستند. برای تصحیح هندسی از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰

کرمانشاه استفاده شد برای تصحیحات اتمسفری بروی تصاویر از نرم افزار FLAASH استفاده شد. این ابزار از مدل عبور اتمسفری MODTRAN4 برای تصحیحات اتمسفری استفاده می‌کند. سپس سایر تبدیلات بروی تصاویر برای استخراج اطلاعات صورت گرفت.

جدول ۱- مشخصات باندهای سنجنده TM

باند	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
محدوده طیفی μm	۰/۵۲ تا ۰/۴۵	۰/۶ تا ۰/۵۲	۰/۶۹ تا ۰/۶۳	۰/۹ تا ۰/۷۶	۱/۷۵ تا ۱/۵۵	۱۲/۵ تا ۱۰/۴	۲/۳۵ تا ۲/۰۸

۱-۷-۱- به دست آوردن رادیانس طیفی در سنجنده^{۱۹} به دست آوردن رادیانس طیفی در سنجنده گام اساسی در تبدیل داده‌های تصویر از سنجنده‌ها و سکویهای^{۲۰} مختلف به یک مقیاس رادیومتریکی مشترک و از لحاظ فیزیکی معنی دار است. برای تبدیل ارزش‌های خام پیکسل^{۲۱} به رادیانس در سنجنده برای تصاویر لندست از رابطه (۱) استفاده می‌شود.

(۱)

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \right) (Q_{cal} - Q_{calmin}) + LMIN_{\lambda}$$

L_{λ} رادیانس طیفی در سنجنده $[W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})]$ ، Q_{cal} مقدار پیکسل، Q_{calmin} حداقل مقدار پیکسل، Q_{calmax} حداکثر مقدار پیکسل، $LMAX_{\lambda}$ و $LMIN_{\lambda}$ حداقل و حداکثر رادیانس طیفی در سنجنده $[W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})]$

جزئیات دقیق در مورد مقدار LMAX و LMIN $[\mu\text{m}]$ مقاله چاندر^{۲۲} و همکاران (۲۰۰۹) موجود است.

۱-۷-۲- به دست آوردن ضریب انعکاس

وقتی می‌خواهیم سنجنده‌های مختلف را با هم مقایسه کنیم، استفاده از ضریب انعکاس سه مزیت دارد: (۱) حذف اثر زاویه کسینوس ارتفاع‌های مختلف خورشید ناشی از زمان‌های مختلف جمع آوری داده، (۲) تصحیح تنوع فاصله زمین تا خورشید بین زمان‌های مختلف کسب داده، (۳) جبران مقادیر متفاوت تابش خورشیدی بالای اتمسفر^{۲۳} حاصل از باندهای مختلف (چاندر و همکاران ۲۰۰۹). ضریب انعکاس بروی زمین طبق رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

¹⁹ At Sensor Spectral Radiance

²⁰ Satellite

²¹ Pixel Value

²² Chander

²³ Exoatmospheric Solar Irradiance

(۲) $L\lambda$ و $[W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})]$ رادیانس طیفی در سنجنده

است.

۱-۷-۴-به دست آوردن دمای سطح زمین^{۲۸}

برای به دست آوردن دمای سطح زمین از داده‌های

باند ۶ سنجنده TM از الگوریتم تک بانندی روش کین^{۲۹}

و همکارانش (۲۰۰۱) استفاده شد. محاسبه دقیق دمای

سطح با استفاده از الگوریتم تک بانندی نیازمند موارد

زیر است: (۱) مدل‌های انتقال تابش اتمسفری با کیفیت

(بالا، ۲) دانش پیرامون LSE (توان تشعشعی سطح

زمین^{۳۰})، (۳) یک پروفایل اتمسفری دقیق، (۴) در نظر

گرفتن اثرات توپوگرافیک به صورت دقیق (لی^{۳۱} و

همکاران ۲۰۱۲). در مدل پیشنهادی کین از دمای هوای

نزدیک سطح و مقدار بخار آب به جای پروفایل

اتم‌سفری با استفاده از روابط خطی تجربی بین انتقال

اتم‌سفری و مقدار بخار آب و رابطه خطی تجربی بین

میانگین دمای اتم‌سفری و دمای هوای نزدیک سطح

استفاده می‌شود. دمای هوای نزدیک سطح زمین و مقدار

بخار آب از آمار ساعتی سازمان هواشناسی کرمانشاه

همزمان با عبور ماهواره دریافت و با استفاده از آنها

میانگین دمای موثر جو و قابلیت عبور دهندگی جو به

دست آمد. برای به دست آوردن LSE از شاخص

NDVI و روش سویرینو و همکارانش (۲۰۰۴) استفاده

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

ρ_{λ} ضریب انعکاس، $\pi = 3.14159$ ، L_{λ} رادیانس طیفی

در سنجنده $[W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})]$ ، d فاصله زمین تا

خورشید (واحد نجومی)، $ESUN_{\lambda}$ میانگین تابش

خورشید $[W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})]$ و θ زاویه زینت خورشید^{۲۴}

(درجه)

۱-۷-۳-به دست آوردن دمای درخشندگی^{۲۵}

داده‌های باندهای حرارتی می‌تواند از رادیانس طیفی در

سنجنده به دمای درخشندگی تبدیل شود. دمای

درخشندگی با فرض اینکه زمین جسم سیاه^{۲۶} است

(emissivity=1) محاسبه می‌شود و شامل تأثیرات

اتم‌سفر است (جذب و تشعشع^{۲۷}). دمای درخشندگی

با استفاده از ضرایب کالیبراسیون سنجنده از رابطه (۳)

به دست می‌آید:

(۳)

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)}$$

T دمای موثر درخشندگی در سنجنده بر حسب کلوین،

K2 ضریب کالیبراسیون ۲ بر حسب کلوین (۱۲۸۲/۷۱)،

K1 ضریب کالیبراسیون ۱ معادل ۶۶۶/۰۹ بر حسب

²⁸ Land Surface Temperature

²⁹ Qin

³⁰ Land Surface Emissivity

³¹ Li

²⁴ Solar Zenith Angle

²⁵ Brightness Temperature

²⁶ Black Body

²⁷ Absorption and Emissions

موجها افزایش یافته است و منحنی‌ها تمایز بیشتری را نشان می‌دهند. سپس برای نمونه‌هایی از پیکسهای آسفالت و ایزوگام منحنی بازتاب طیفی تهیه شد که منحنی بازتاب طیفی نهایی برای آسفالت و ایزوگام از این نمونه‌ها استخراج شد شکل شماره (۳-ب). با توجه به بالا بودن قابلیت بازتاب ایزوگام نسبت به آسفالت و افزایش بازتاب از سال ۲۰۰۰ می‌توان نتیجه گرفت که از این سال استفاده از ایزوگام برای عایق بام‌ها افزایش چشمگیری یافته است. جدول شماره (۲) مربوط به مقادیر ضریب انعکاس استخراج شده از تصاویر انعکاسی سال‌های مورد مطالعه است همانطور که در این جدول نشان داده شده است نشان داده شده است میانگین ضریب انعکاس تا سال ۲۰۰۰ دارای تغییرات کمی است ولی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ حدود ۸ درصد افزایش یافته است. با توجه به جدول شماره (۳) میانگین دمای درخشندگی تا سال ۱۹۹۸ تقریباً ثابت است اما از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۱ حدود ۷ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است که این بیانگر کاهش تابش با توجه به افزایش انعکاس از سطح شهر است. برای درک بهتر از تغییرات انعکاس و دمای درخشندگی به شکل شماره (۴) توجه کنید. این شکل مربوط به نمودار تغییرات بازتاب و دمای درخشندگی در دوره مورد مطالعه است. در نمودارهای تغییرات حداقل، حداکثر و میانگین بازتاب و دمای درخشندگی، بازتاب سیر صعودی دارد

شد. در پایان با داشتن پارامترهای مذکور معادله تک بانندی کین و همکاران (۲۰۰۱) از رابطه (۴) به دست می‌آید:

(۴)

$$T_s = \frac{1}{\epsilon} [a(1 - \epsilon - \rho) + (b(1 - \epsilon - \rho) + \epsilon + \rho)T_{\text{sensor}} - \rho T_a]$$

$$\rho = \tau \epsilon \rho = (1 - \tau)(1 + \tau(1 - \epsilon)) \quad b=0.458606 \quad a=67.355351$$

T_s دمای سطح زمین، T_{sensor} دمای به دست آمده از سطح سنجنده، T_a میانگین دمای موثر جو، τ قابلیت عبور دهندگی جو و ϵ توان تشعشعی سطح است. جزئیات بیشتر در مقاله کین و همکاران (۲۰۰۱) موجود است.

۱-۸- تحلیل یافته‌ها

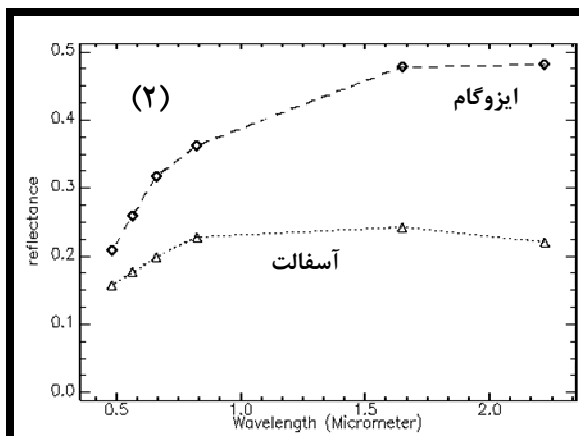
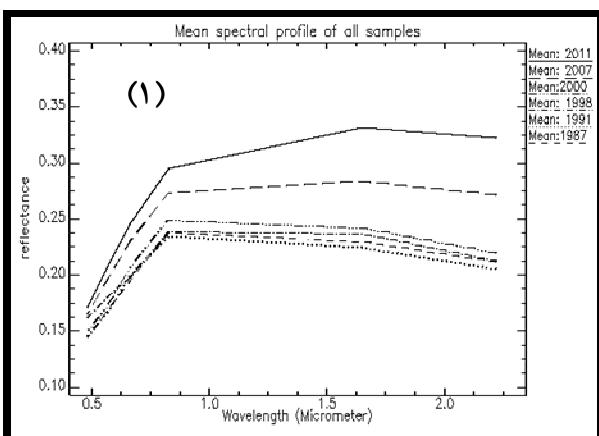
برای بررسی میزان تغییرات ضریب انعکاس برای سال‌های مورد مطالعه ابتدا برای همه تصاویر بر اساس محدوده شهری سال ۱۹۸۷ ماسک تصویر^{۳۲} تهیه شد و با استفاده از این ماسک، برای همه تصاویر منحنی میانگین بازتاب طیفی^{۳۳} استخراج شد (شکل ۳). این منحنی با استفاده از میانگین بازتاب پیکسل‌ها در محدوده مورد مطالعه برای باندهای انعکاسی به دست می‌آید و روشی سریع برای کشف تغییرات در محدوده مورد مطالعه است. با توجه به شکل شماره (۳-الف) تا سال ۲۰۰۰ منحنی‌های میانگین بازتاب طیفی تغییرات کمی دارند اما از سال ۲۰۰۰ میزان بازتاب در همه طول

32 Image Masking

33 Mean Spectral Profile

بیشتری را نشان می‌دهد که نشان از افزایش تغییرات در سطح شهر است.

و دمای درخشندگی سیر نزولی دارد در نمودار انحراف معیار، بازتاب و دمای درخشندگی هر دو سیر صعودی دارند که از سال ۲۰۰۰ انحراف معیار آنها افزایش



شکل ۳- (۱) میانگین پروفیل طیفی برای همه تصاویر با استفاده از ماسک تصویر تهیه شده از محدوده شهری سال ۱۹۸۷، (۲) پروفایل طیفی آسفالت و ایزوگام

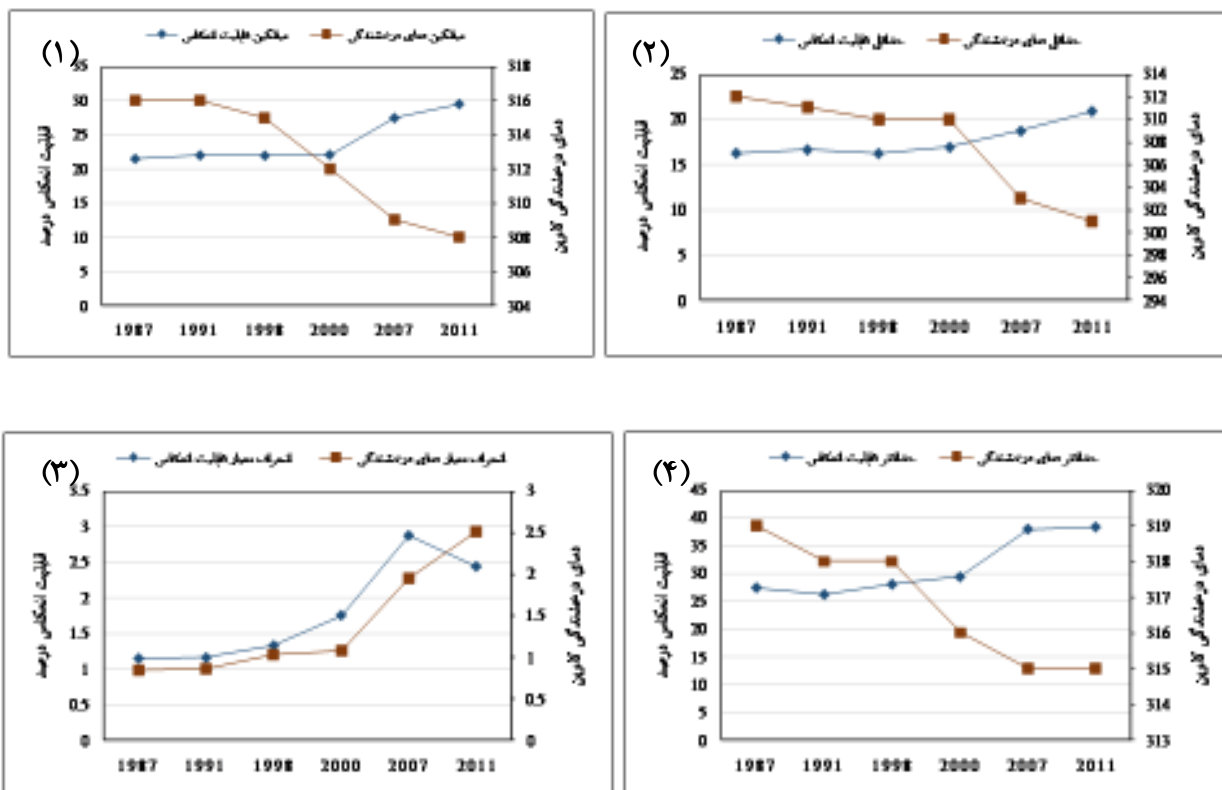
جدول ۲- مقادیر ضریب انعکاس برای تصاویر سال‌های مورد مطالعه

۲۰۱۱	۲۰۰۷	۲۰۰۰	۱۹۹۸	۱۹۹۱	۱۹۸۷	
۰/۲۰۹۷	۰/۱۸۷۶	۰/۱۶۹۳	۰/۱۶۲۴	۰/۱۶۶۶	۰/۱۶۲۷	حداقل انعکاس
۰/۳۸۳۸	۰/۳۸۰۱	۰/۲۹۴۳	۰/۲۸۱۰	۰/۲۶۲۷	۰/۲۷۴۸	حداکثر انعکاس
۰/۲۹۴۹	۰/۲۷۴۴	۰/۲۲۰۳	۰/۲۱۸۹	۰/۲۱۹۵	۰/۲۱۴۳	میانگین
۰/۰۲۴۴	۰/۰۲۸۷	۰/۰۱۷۶	۰/۰۱۳۴	۰/۰۱۱۷	۰/۰۱۱۶	انحراف معیار

جدول ۳- مقادیر دمای درخشندگی برای تصاویر سال‌های مورد مطالعه

۲۰۱۱	۲۰۰۷	۲۰۰۰	۱۹۹۸	۱۹۹۱	۱۹۸۷	
۳۰۱	۳۰۳	۳۱۰	۳۱۰	۳۱۱	۳۱۲	حداقل BT ^{۳۴}
۳۱۵	۳۱۵	۳۱۶	۳۱۸	۳۱۸	۳۱۹	حداکثر BT
۳۰۸	۳۰۹	۳۱۲	۳۱۵	۳۱۶	۳۱۶	میانگین
۲/۵۲	۱/۹۵	۱/۰۷	۱/۰۳	۰/۸۵	۰/۸۴	انحراف معیار

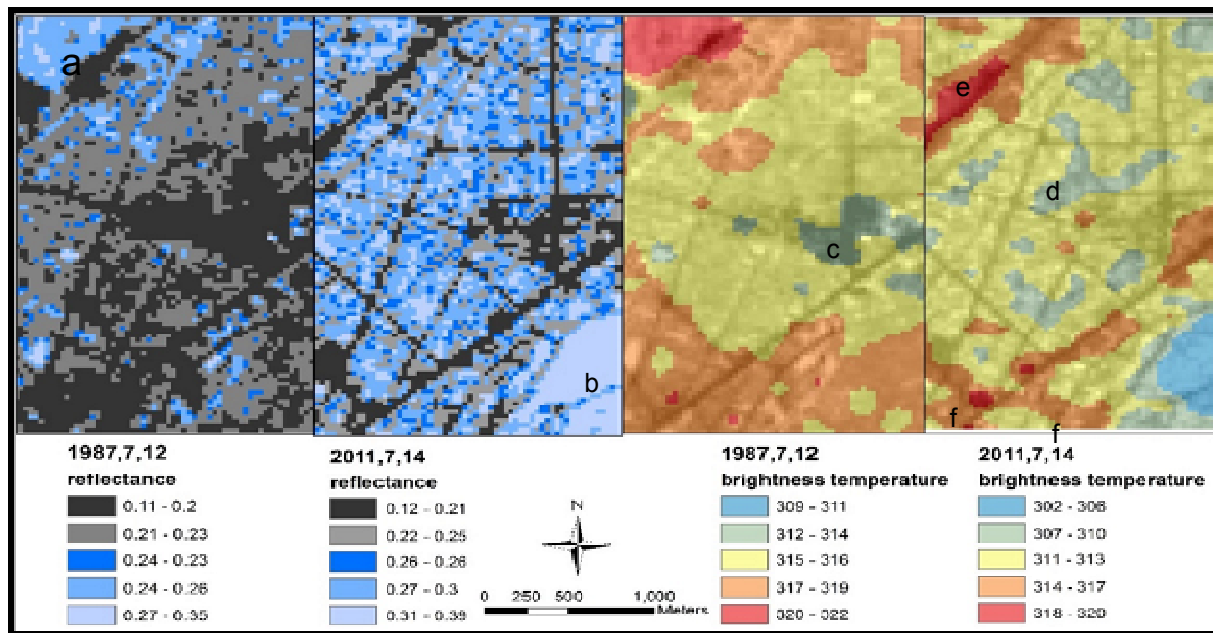
³⁴ Brightness Temperature



شکل-۴ تغییرات میزان بازتاب و دمای درخشندگی در دوره مورد مطالعه، نمودار (۱) تغییرات حداقل بازتاب و دمای درخشندگی، نمودار (۲) تغییرات میانگین بازتاب و دمای درخشندگی، نمودار (۳) تغییرات انحراف معیار بازتاب و دمای درخشندگی، نمودار (۴) تغییرات حداکثر بازتاب و دمای درخشندگی

ضریب انعکاس با دمای درخشندگی برای سال‌های مورد مطالعه در بخش مرکزی شهر کرمانشاه نشان داده شده است. در تصویر انعکاسی سال ۱۹۸۷ بیشتر سطح شهر از انعکاس پایینی برخوردار است به جز در منطقه ای که با a مشخص شده است این قسمت مربوط به شهرک بهداشتی جدید است که در آن سال بیشتر از خاک بایر پوشیده شده بود خاک و سنگ از گرمای ویژه و هدایت حرارتی پایینی برخوردارند زود گرم شده و در تصاویر حرارتی روزانه رنگ روشنتری دارند (علوی پناه ۱۳۸۶).

برطبق قانون کیرشف در ناحیه مادون قرمز طیف الکترو مغناطیس، توان تشعشعی طیفی از یک شیء اصولاً برابر جذب طیفی است بنابراین جذب کننده‌های خوب ساطع کننده‌های خوب و انعکاس دهندگان خوب ساطع کننده‌های ضعیف هستند (جنسن ۲۰۰۰). با توجه به این اصل با افزایش یافتن انعکاس از سال ۲۰۰۰ دمای تابشی کاهش می‌یابد به همین دلیل تغییرات حداکثر انعکاس با حداقل دمای درخشندگی و تغییرات حداقل انعکاس با حداکثر دمای درخشندگی در نمودار رابطه معکوس دارد. در شکل شماره (۵) تغییرات فضایی



شکل-۵- تصاویر تغییرات فضایی انعکاس و دمای درخشندگی در طی سال‌های مورد مطالعه برای بخش مرکزی کرمانشاه، (a) خاک بایر، (b) منطقه متراکم مسکونی با عایق ایزوگام، (c) پوشش متراکم گیاهی، (d) ساختمان‌های بزرگ با عایق ایزوگام، (e) بزرگراه، (f) ترمینال‌های اتوبوسرانی درون شهری

دمای متوسط و پایینی دارد فقط در مناطق بزرگراه‌ها e و ترمینال‌های اتوبوسرانی شهری f دمای بالا مشاهده می‌شود.

جهت بررسی تغییرات LST به علت همزمان نبودن تصاویر اخذ شده ابتدا با استفاده از دو پارامتر حداقل و حداکثر دمای هر تصویر داده‌های هر تصویر نرمال شد. برای نرمال سازی از رابطه (۵) استفاده شد. (ژانکینگ و همکاران ۲۰۱۱)

$$Ni = \frac{Ti - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \quad (5)$$

Ni مقدار نرمال شده پیکسل i، Ti مقدار دمای مطلق پیکسل i، T_{max} و T_{min} حداقل و حداکثر دمای هر تصویر. سپس تصاویر نرمال شده با استفاده از مقدار

به همین علت در تصویر دمای درخشندگی سال ۱۹۸۷ منطقه a با وجود انعکاس بالا دمای درخشندگی بالایی دارد. در تصویر انعکاسی سال ۲۰۱۱ بیشتر سطح شهر دارای انعکاس بالایی است در منطقه b شهرک‌های شاطرآباد و باغ نی قرار دارند که شامل ساختمانهای مسکونی با مساحت کم و تراکم بالا که عمدتاً دارای عایق ایزوگام هستند که باعث شده این منطقه از تصویر انعکاس بالا و دمای درخشندگی خیلی پایینی داشته باشد. در تصویر دمای درخشندگی سال ۱۹۸۷ بیشتر سطح شهر دمای متوسط و بالایی دارد بجز در منطقه c که به دلیل پوشش گیاهی متراکم دمای پایینی دارد. در تصویر دمای درخشندگی سال ۲۰۱۱ بیشتر سطح شهر

std نشان دهنده مقدار انحراف معیار هر یک از تصاویر نرمال شده است.

میانگین و انحراف معیار خود به پنج طبقه دمایی تقسیم شدند (ژو و همکاران ۲۰۱۱) در جدول ۴ Tmean بیانگر میانگین دمای هر یک از تصاویر نرمال شده و

جدول ۴- نحوه طبقه بندی دمای سطحی تصاویر مطالعه شده به پنج طبقه دمایی (ژو و همکاران)

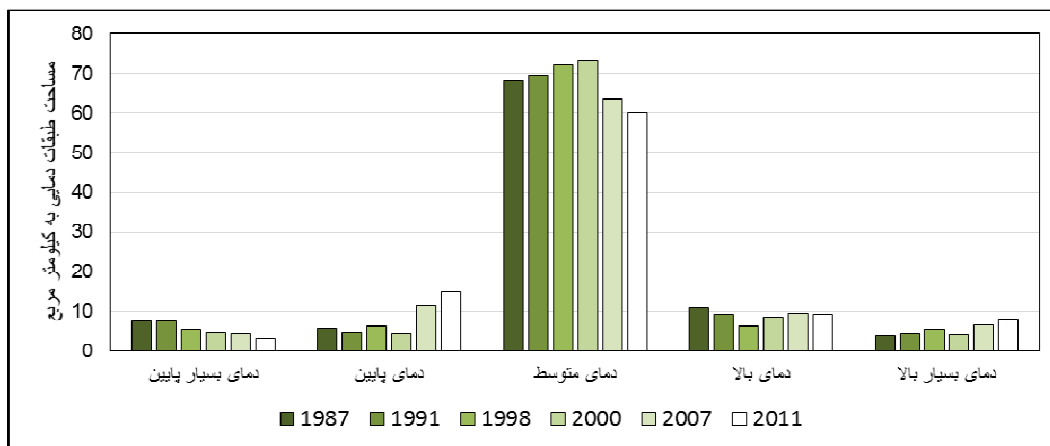
دامنه مربوط به هر طبقه بندی	طبقه بندی دما
$T \leq T_{mean} - 1.5 \text{ std}$	دمای بسیار پایین
$T_{mean} - 1.5 \text{ std} < T < T_{mean} - \text{std}$	دمای پایین
$T_{mean} - \text{std} < T \leq T_{mean} + \text{std}$	دمای متوسط
$T_{mean} + \text{std} < T \leq T_{mean} + 1.5 \text{ std}$	دمای بالا
$T > T_{mean} + 1.5 \text{ std}$	دمای بسیار بالا

بسیار پایین کاهش یافته و مقدار مساحت دمای بسیار بالا افزایش یافته است. بیشترین تغییرات مربوط به طبقه دمایی پایین است که حدود ۱۰ کیلومتر مربع افزایش یافته است.

بعد از طبقه بندی دمایی تصاویر، مقدار مساحت هر یک از طبقات دمایی محاسبه شد (جدول ۵ و شکل شماره ۶)) نتایج نشان داد که در همه سال‌های مورد مطالعه بیشتر سطح شهر دارای طبقه دمایی متوسط است و با توجه به کاهش پوشش گیاهی مقدار مساحت دمای

جدول ۵- مساحت طبقات دمایی تصاویر حرارتی طبقه بندی شده به کیلومتر مربع

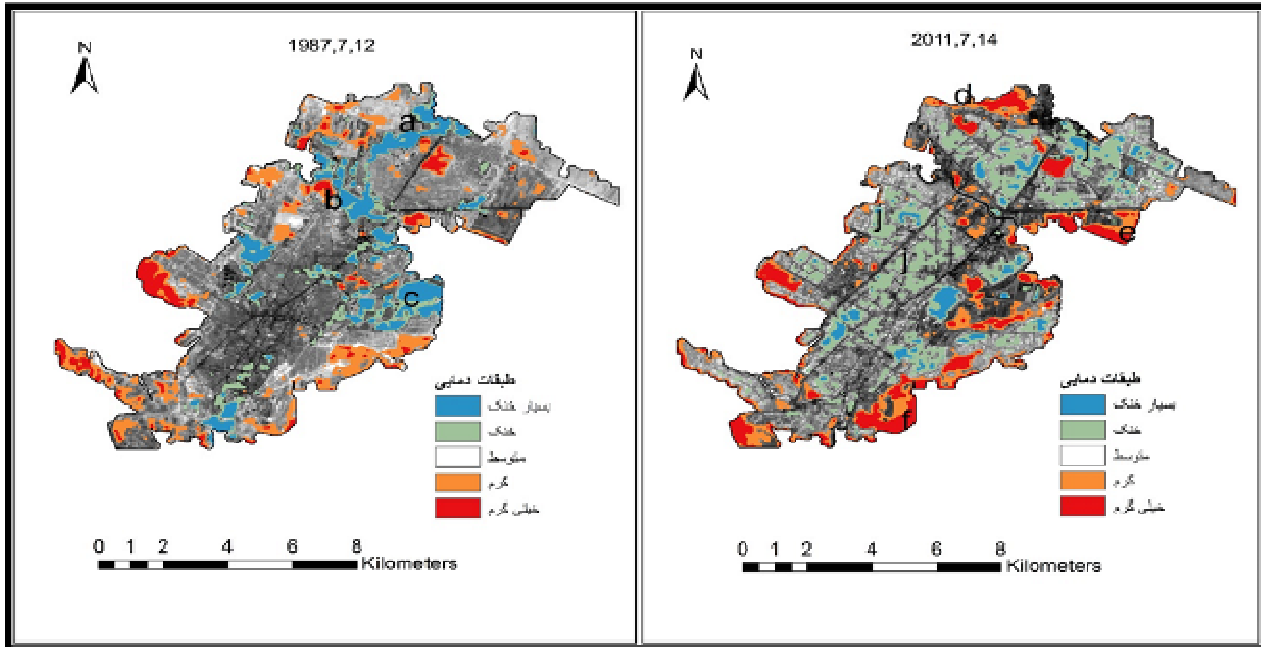
دمای بسیار بالا	دمای بالا	دمای متوسط	دمای پایین	دمای بسیار پایین	
۳/۶۹	۹/۲۳	۶۷/۸۹	۵/۶۱	۷/۴۴	۱۹۸۷
۴/۵۳	۹/۳۳	۶۹/۶۵	۴/۶۵	۷/۵۱	۱۹۹۱
۵/۴۸	۶/۳۶	۷۲/۰۸	۶/۲۰	۵/۴۴	۱۹۹۸
۴/۱۸	۸/۵۸	۷۳/۰۶	۴/۳۵	۴/۵۹	۲۰۰۰
۶/۴۵	۹/۶۹	۶۳/۶۶	۱۱/۳۰	۴/۴۶	۲۰۰۷
۷/۹۹	۹/۳۷	۶۰/۱۴	۱۴/۹۹	۳/۰۶	۲۰۱۱



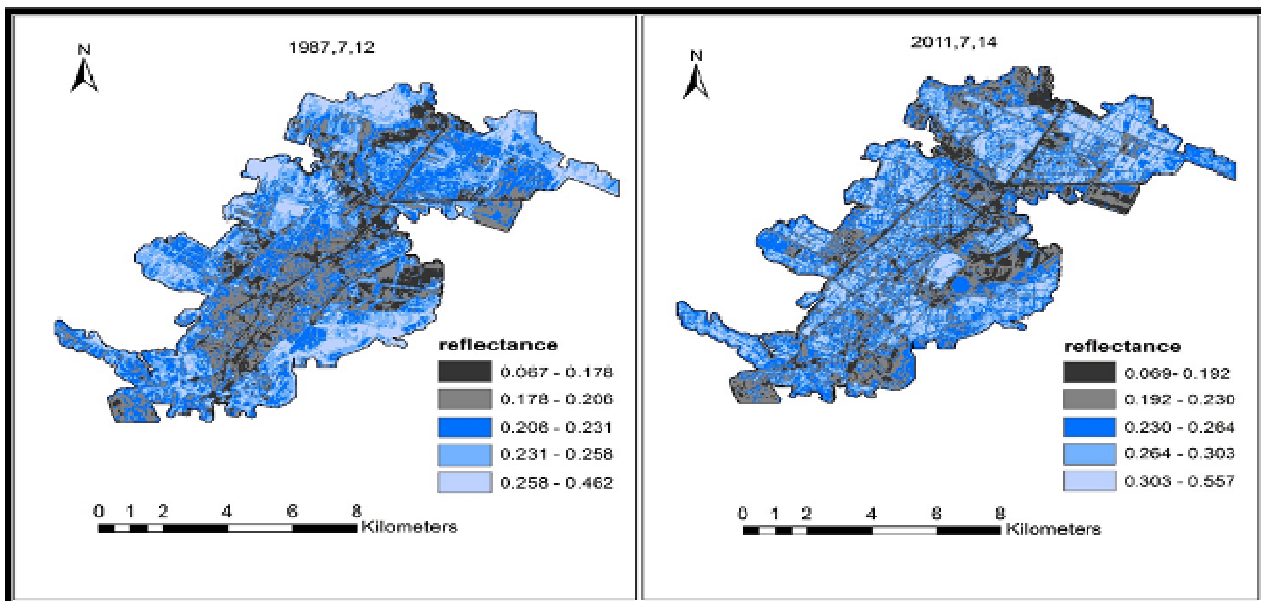
شکل ۶- نمودار تغییرات مساحت طبقه‌های دمایی در دوره مورد مطالعه

پوشش گیاهی اطراف چشمه طاقبستان است که امروزه فقط در پارک طاقبستان اثراتی از آن باقی مانده است در منطقه b رودخانه قره سو و پوشش گیاهی اطراف آن است که با ورود پسماندهای خانگی به داخل رودخانه و دستکاری اطراف رودخانه اثری از پوشش گیاهی و اثر خنک کنندگی آنها باقی نمانده است

شکل شماره (۷) مربوط به تغییرات فضایی دمای سطح زمین در دوره مورد مطالعه است. برای درک بهتر از تغییرات فضایی طبقه‌های دمایی در سطح شهر، طبقه دمایی متوسط به صورت بی رنگ نمایش داده شده است. در تصویر سال ۱۹۸۷ منطقه‌های a، b و c دارای دمای بسیار پایین هستند علت آن وجود پوشش گیاهی مترکم در این مناطق است. در منطقه a، باغات و



شکل ۷- تغییرات فضایی طبقات دمایی در طول دوره مورد مطالعه، (a) پوشش گیاهی و باغ‌های اطراف چشمه طاقبستان، (b) رودخانه قره سو، (c) باغات و زمین‌های کشاورزی، (d) بیمارستان و دانشگاه، (e) فرودگاه، (f) پادگان‌های نظامی و (j) مناطق مسکونی



شکل ۸- تغییرت فضایی ضریب انعکاس در دوره مورد مطالعه

۴- نتیجه‌گیری

نتایج آماری نشان داد میزان انعکاس از سطح شهر حدود ۸ درصد افزایش یافته است که این میزان افزایش باعث کاهش دمای درخشندگی تا ۸ درجه سانتی‌گراد شده است و این کاهش دمای تابشی مربوط به سطح مناطق مسکونی است. نتایج بررسی‌ها بروی دمای سطح نشان داد که با توجه به کاهش پوشش گیاهی و رشد و گسترش شهر طبقه دمایی بسیار خنک کاهش و طبقه دمایی بسیار گرم افزایش یافته است که این تغییرات با توجه به رشد و گسترش شهر دور از انتظار نیست ولی دلیل افزایش طبقه دمایی خنک در دوره مورد مطالعه نشان از نقش بام‌های انعکاسی در کاهش دمای سطحی و جزیره حرارتی است این گفته با بررسی تغییرات توزیع فضایی دمای سطح زمین و انعکاس مورد تایید است در مکانهایی که در دوره مورد مطالعه با افزایش انعکاس همراه بوده است دمای سطح کاهش یافته است. نتایج این بررسی بروی شهر کرمانشاه کاهش دمای سطح مناطق مسکونی با استفاده از بام‌های انعکاسی را نشان است. البته برای نتایج دقیق از دمای سطح و جزیره حرارتی شهری نیاز به تصاویر ماهواره ای شبانه و تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالاتر، برای محاسبه دقیق LSE است. با توجه به نتایج این تحقیق استفاده از عایق‌های پشت بام با انعکاس بالا می‌تواند راه

در منطقه c باغات و اراضی کشاورزی است که قسمتی از باغات اطراف کیهانشهر، زیر طرح ساخت ساز مسکن مهر قرار گرفتند و بقیه باغات تخریب گردید و زمین‌های کشاورزی هم به دلیل ممنوعیت استفاده از آب رودخانه قره سو برای کشاورزی به به اراضی دیم و بایر تبدیل گشتند. در منطقه d از تصویر سال ۲۰۱۱ طبقه دمایی خیلی بالا قرار گرفته است که قبلاً دارای طبقه دمایی متوسط بود علت آن احداث دانشگاه‌ها و بیمارستان‌ها در این منطقه است که موجب تخریب پوشش گیاهی و خاک دامنه‌های اطراف شده است. در منطقه e گسترش فرودگاه اشرفی اصفهانی و پادگان‌های نظامی باعث ایجاد منطقه بسیار گرم در این منطقه شده است. تشکیل منطقه دمایی بسیار گرم در منطقه f به علت وجود پادگان‌های نظامی در این منطقه و تخریب باغات این منطقه است. و در مناطق طبقه دمایی خنک افزایش زیادی داشته است که بروی مناطق مسکونی قرار دارد که علت آن استفاده از عایق ایزوگام بروی بام‌ها است با توجه به تصاویر تغییرات توزیع فضایی دمای سطح و انعکاس شکل‌های شماره (۸ و ۷) در مناطقی از سطح شهر که با افزایش انعکاس همراه بوده است دمای سطح کاهش یافته است.

استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۱.

علوی پناه، ک. س. (۱۳۸۵). سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین. انتشارات دانشگاه تهران.

Akbari, H., & Konopacki, S. J. (1998). The impact of reflectivity and emissivity of roofs on building cooling and heating energy use. *Proceedings of the Thermal Performance of The Exterior Envelopes of Building VII*, 6-10.

Akbari, H., Menon, S., & Rosenfeld, A. (2008). *Global cooling: effect of urban albedo on global temperature*. Lawrence Berkeley National Laboratory.

Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A., & Alavipanah, S. K. (2009). Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran. *Remote Sensing of Environment*, 113(12), 2606-2617.

Bansal, N. K., Garg, S. N., & Kothari, S. (1992). Effect of exterior surface colour on the thermal performance of buildings. *Building and Environment*, 27(1), 31-37.

Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote sensing of environment*, 113(5), 893-903.

Givoni, B., 1976. *Man, Climate and Architecture*, Applied Science Publishers Ltd., London.

Jensen, J.R., 2000. *Remote sensing of the environment, earth resources perspectives*,

حلی برای کاهش جزیره حرارتی شهری باشد. جذب پایین این عایق‌ها گرمای محیط را پایین می‌آورد و نیاز خنک سازی ساختمان و مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. افزایش مصرف انرژی برای خنک سازی ساختمان در تابستان خود موجب تولید گرما و تشدید جزایر حرارتی می‌شود. با توجه به تأثیر بام‌های انعکاسی در کاهش جزیره حرارتی و کاهش مصرف انرژی برای خنک سازی، امید است مطالعات جامع تری در این مورد صورت گیرد.

منابع

امیری، ر.، علیمحمدی، ع.، علوی پناه، ک. س. (۱۳۸۶). مطالعه تغییرپذیری فضایی-زمانی حرارت، در ارتباط با کاربری/پوشش زمین در منطقه شهری تبریز با استفاده از داده‌های حرارتی و انعکاسی TM و ETM+ لندست، محیط شناسی، سال سی و سوم، شماره ۴۳، پاییز ۱۳۸۶، صفحه ۱۰۷-۱۲۰

ثروتی، م.، حسین زاده، م. م.، صرافی، م.، پناهی، ر. (۱۳۹۰). بررسی روند شهرنشینی و توسعه فیزیکی شهر کرمانشاه، نخستین همایش ملی آرمان شهر ایران، نور، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

صادقی نیا، ع.، علیجانی، ب.، ضیایان، پ. (۱۳۹۱). تحلیل فضایی زمانی جزیره حرارتی کلان شهر تهران با

- DESIREX2008: ESTUDIO DE LA ISLA DE CALOR EN LA CIUDAD DE MADRID. *Revista de teledetección: Revista de la Asociación Española de Teledetección*, (31), 80-92.
- Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote sensing of Environment*, 89(4), 467-483.
- Weng, Q., Liu, H., & Lu, D. (2007). Assessing the effects of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis, United States. *Urban ecosystems*, 10(2), 203-219.
- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote sensing of environment*, 86(3), 370-384.
- Xiao, J., & Moody, A. (2005). A comparison of methods for estimating fractional green vegetation cover within a desert-to-upland transition zone in central New Mexico, USA. *Remote Sensing of Environment*, 98(2), 237-250.
- Xunqiang, M., Chen, C., Fuqun, Z., & Hongyuan, L. (2011, July). Study on temporal and spatial variation of the urban heat island based on Landsat TM/ETM+ in central city and Binhai New Area of Tianjin. In *Multimedia Technology (ICMT), 2011 International Conference on* (pp. 4616-4622). IEEE.
- Xu, H., Chen, Y., Dan, S., & Qiu, W. (2011, June). Spatial and temporal analysis of urban heat Island effects in Chengdu City by remote sensing. In *Geoinformatics, 2011 19th International Conference on* (pp. 1-5). IEEE.
- Uppr saddle River, N.Y., prentice-Hall., 544pp.
- Liu, L., & Zhang, Y. (2011). Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong. *Remote Sensing*, 3(7), 1535-1552.
- Mackey, C. W., Lee, X., & Smith, R. B. (2012). Remotely sensing the cooling effects of city scale efforts to reduce urban heat island. *Building and Environment*, 49, 348-358.
- Mo, X., Cheng, C., Zhai, F., & Li, H. (2011, July). Study on temporal and spatial variation of the urban heat island based on Landsat TM/ETM+ in central city and Binhai New Area of Tianjin, *Multimedia Technology (ICMT)*. In *2011 International Conference on* (pp. 4616-4622).
- Owen, T. W., Carlson, T. N., & Gillies, R. R. (1998). An assessment of satellite remotely-sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization. *International Journal of Remote Sensing*, 19(9), 1663-1681.
- Qin, Z. H., Karnieli, A., & Berliner, P. (2001). A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing*, 22(18), 3719-3746.
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., El-Kharraz, J., Gómez, M., Romaguera, M., & Soria, G. (2004). Single-channel and two-channel methods for land surface temperature retrieval from DAIS data and its application to the Barrax site. *International Journal of Remote Sensing*, 25(1), 215-230.
- Sobrino, J. A., Sòria, G., Oltra-Carrió, R., Jiménez-Muñoz, J. C., Cuenca, J., Hidalgo, V., .. & Gimeno, L. (2009).

Li, Z. L., Tang, B. H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., .. & Sobrino, J. A. (2013). Satellite-derived land surfac temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 131, 14-37.

Yuan, J., Emura, K., & Sakai, H. (2012). Evaluation of the Solar Reflectance of Highly Reflective Roofing Sheets Installed on Roofs. *Journal of Building Physics*, 1744259112459263.