

## واکوی الگوهای دمایی در ارتباط با کاربری‌های شهری با بکارگیری داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: شهر کرمانشاه)

مهدي نارنگي فرد<sup>۱</sup> - دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، مخاطرات محیطی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

احمد مزیدی - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

اسماعیل عبدلی - دانشجو دکتری ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی مدیریت محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۲۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۵/۰۴

### چکیده

تنوع و تفاوت در کاربری و پوشش اراضی و تغییر در چشم اندازهای شهری و تخریب فضای سبز به عنوان پیامدی از افزایش جمعیت و گسترش نواحی متراکم شهری، باعث تغییر در تراز انرژی، انباشت گرمایی و دگرگونی در الگوهای دمایی در سطح نواحی شهری می‌گردد. بنابراین تحلیل روابط کاربری، پوشش اراضی بر دامنه‌های دمایی و میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر کدام از یکدیگر می‌تواند در مدیریت شهری نقش مهمی ایفا کند. در این پژوهش، الگوهای حرارتی شهر کرمانشاه به عنوان مهم‌ترین مرکز جمعیتی غرب ایران که با رشد فزاینده جمعیت و نرخ بالای مهاجرت مواجه است، مورد مطالعه قرار گرفته است. هدف از انجام این پژوهش استخراج الگوهای حرارتی و کاربری‌های موجود در نواحی شهری با بکارگیری داده‌های سنجش از دور است. بدین منظور طبقه‌بندی پوشش اراضی بر اساس طبقه‌بندی نظارت شده با اعمال الگوریتم بیشترین شباهت و استخراج دمایی سطح زمین با استفاده از تصاویر سنجنده TM ماهواره LANDSAT به تاریخ: ۳۱ آگوست سال ۲۰۱۱ انجام گرفت. در پایان با تحلیل آماری و مکانی، میزان تأثیر هر یک از کاربری‌ها بر الگوهای حرارتی مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های پژوهش بیانگر پنج دامنه دمایی و سه کاربری مسکونی، پوشش گیاهی و بایر استخراج شده در شهر می‌باشد، کاربری بایر، مسکونی و پوشش گیاهی با دامنه دمایی ۳۰-۳۶، ۱۶-۲۲ و ۲۵-۲۶ درجه سانتی‌گراد بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است.

واژه‌گان کلیدی: الگوهای دمایی، دمایی سطح زمین، کاربری شهری، تصاویر LANDSAT، شهر کرمانشاه

## مقدمه

درجه حرارت سطح زمین، می‌تواند اطلاعات مفیدی را در رابطه با خصوصیات فیزیکی سطح زمین و اقلیم که نقش بسزایی را در فرآیندهای محیط زیستی بازی می‌کنند، فراهم نماید (ملک‌پور و همکاران، ۱۳۸۹: ۲). ویژگی‌های سطوح مختلف مانند: آب، خاک، رستنی‌ها، پوشش‌های شهری بر تغییرات عناصر آب و هوایی مجاور سطح مؤثر بوده و به شکل‌گیری شرایط مختلفی از ویژگی‌های آب و هوایی در مقیاس‌های کوچک منجر می‌شوند که به خرد آب و هوا معروف هستند؛ به طوری که جنس و ترکیب مواد به کار رفته در سطوح شهری، به ویژه در تابستان و مناطقی که تابش خورشیدی بالایی دارند، دلیل اصلی تفاوت دمای هوا در نواحی شهری با نواحی روستایی است (شمسی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲: ۶۸). یکی از شاخص‌های مهم تأثیرگذار آب و هوایی در نواحی شهری، فرآیندهای دمایی است (جلال‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۱۰). مطالعه در زمینه دمای سطح زمین از اهمیت نخست در پژوهش‌های آب و هواشناسی شهری برخوردار است (Voogt and Oke, 2003: 370). دما، به ویژه دمای هوای مجاور سطح زمین که محل سکونت انسان را احاطه می‌کند از مهم‌ترین ویژگی‌های آب و هوایی در نواحی شهری است، شناسایی مناطقی از شهرها که در تابستان‌ها گرم‌تر یا در زمستان‌ها سردتر از سایر نواحی باشند هشدار در زمینه مصرف بی‌رویه انرژی است که دما مهم‌ترین مؤلفه آن بشمار می‌رود (فلاح، ۱۳۸۸: ۹۵). فعالیت‌های بشری و تغییر در سیمای طبیعی شهر، تفاوت‌هایی را از نظر دما بین مناطق مرکزی شهر و پیرامون آن ایجاد می‌کند. این پدیده، به ویژه در شهرهای بزرگ، بیشتر مشهود است (رمضانی و دخت محمد، ۱۳۸۹: ۴۹). توسعه شهرنشینی و فعالیت‌های صنعتی در شهرهای بزرگ منجر به تغییرات وسیعی در مشخصات فیزیکی سطح زمین، انرژی گرمایی آزاد شده، آلودگی هوا، تغییرات دما و سایر پارامترهای هوا شناختی می‌شود و جزیره گرمایی شهری را ایجاد می‌کند (رنجبر و همکاران، ۱۳۸۴: ۵۹).

الگوهای متفاوت دمایی نتیجه تأثیرات پیچیده فرآیندهای شهری بر شرایط آب‌وهوای محلی است. تراکم، فشردگی، آلودگی، ترافیک، کمبود و کاهش فضای سبز، افزایش مصرف انرژی از جمله دلایل وجود الگوهای دمایی متفاوت در سطح شهر می‌باشند. بدین جهت تحلیل الگوهای دمایی مرتبط با کاربری شهری جهت ارائه راهکارهایی برای مدیران شهری اهمیت دوچندان می‌یابد. بررسی الگوهای دمایی در شهر ابتدا با سنجش دمای هوا توسط ایستگاه‌های زمینی صورت می‌گرفت؛ با روی کار آمدن فن‌آوری سنجش از دور، برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای متداول گردید، که این روش به مراتب ارزان‌تر از اندازه‌گیری بر پایه داده‌های زمینی است. از طرفی با توجه به محدودیت اطلاعاتی که در راه تأمین داده‌ها به ویژه در وسعت زیاد با مشکلات و موانع فراوان همراه است و از طرفی دستیابی به آن در زمان واقعی سخت و یا غیر ممکن است، بنابراین لزوم استفاده از فن‌آوری سنجش از دور با شرایط زمانی مورد اشاره، همراه با ویژگی پیوستگی و داده برداری در محدوده‌های گسترده برای نیل به هدف بالا، بسیار می‌تواند کارا باشد (جلیلی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۳۹).

در مطالعات انجام گرفته در این زمینه می‌توان به پژوهش‌های صورت گرفته توسط ژیاو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۵) اشاره کرد، در این پژوهش رابطه بین تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین را با الگوی دمای سطح زمین در جنوب چین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست سنجنده TM و ETM+ بررسی کردند تصاویر در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰، برای استخراج دمای روشنایی و کاربری - پوشش اراضی استفاده شد و یک شاخص جدید برای استخراج مناطق بایر از تصاویر

ماهواره‌های پیشنهاد گردید. ونگ<sup>۱</sup> و دنگ‌شنگ<sup>۲</sup> (۲۰۰۶) با استفاده از تصاویر سنجنده ASTER با تحلیل چند زمانه به برآورد رابطه میان الگوی حرارتی شهری و توصیفگرهای بیوفیزیکی در شهر ایندیاناپولیس<sup>۳</sup> امریکا پرداختند. جیانگ<sup>۴</sup> و تیان<sup>۵</sup> (۲۰۱۰) در پژوهشی با تجزیه و تحلیل تأثیر تغییرات کاربری زمین و پوشش زمین بر دمای سطح زمین با استفاده از داده‌های سنجنش از دور پرداخته شد. زینگ‌پنگ<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۱) با بکارگیری ایستگاه‌های خودکار هواشناسی<sup>۷</sup> (AWS) و استفاده از تکنیک‌های سنجنش از دور، رابطه بین پوشش نسبی زمین و جزیره حرارتی شهر گونگجو در جنوب چین را مورد مطالعه قرار دادند. همچنین مطالعات متعددی در زمینه جزایر حرارتی با بکارگیری داده‌های زمین‌منا در شهرهای بزرگ جهان انجام گرفته که از جمله می‌توان به پژوهش‌های (Holmer and Eliasson, 1999), (Torok et al, 2001), (Hawkins et al, 2004) و (Han and Baik, 2008) اشاره کرد.

در ایران نیز کاربرد تصاویر حرارتی در زمینه‌های مختلف مورد توجه بوده است. از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. علوی‌پناه و همکاران (۲۰۰۶) در مقاله‌ای با مقایسه محتوای اطلاعاتی باندهای سنجنده TM و ETM+ در محیط‌های بیابانی (پلایای دامغان، دشت کاشان) و شهری تبریز پرداختند. امیری و همکاران (۱۳۸۶) و (Amiri et al, 2009) به بررسی و پایش رابطه بین الگوی توزیع و تغییرات دما با کاربری / پوشش زمین در منطقه شهری تبریز با استفاده از داده‌های حرارتی و انعکاسی TM و ETM+ پرداخته است که نشان دهنده ارتباط قوی میان نوع کاربری و دمای سطح زمین است. اسمعیل‌پور و عزیزپور (۱۳۸۸) در مقاله‌ای با محاسبه دمای سطح زمین در شهر یزد، تأثیرات تغییر کاربری اراضی کشاورزی بر افزایش نسبی دما را مورد مطالعه قرار دادند. میریعقوب‌زاده و قنبرپور (۱۳۸۸) نیز در مقاله‌ای با عنوان بکارگیری داده‌های سنجنش از دور در برآورد دمای سطح اراضی حوزه آبخیز وردین در آذربایجان خاوری پرداختند، در این پژوهش به بررسی روش‌های تعیین دمای سطح بر اساس داده‌های دورسنجی با استفاده از الگوریتم سیال داده‌های سنجنده ETM+ است. ارزیابی نتایج محاسبه دما توسط الگوریتم سیال با نتایج حاصل از ثبت دما نشان داد که اختلاف بین دمای محاسباتی و مشاهداتی اندک می‌باشد. شکیب و همکاران (۱۳۸۹) و نامداری (۱۳۸۹) نیز در پژوهشی، تأثیرات کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران، با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ را مورد بررسی قرار دادند. بختیاری و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از الگوریتم تک پنجره‌ای Qin et al تصویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست، با پیاده سازی این الگوریتم که بر اساس پارامترهایی چون عبور اتمسفری، دمای میانگین موثر هوا سپهر و گسیل‌مندی اعمال می‌شود به مطالعه‌ی دمای سطحی زمین شهر اهواز پرداختند، که در نتیجه با آشکار سازی تفاوت‌های حرارتی مناطق مختلف، مناطق گرما خیز مشخص گردید. در پژوهش دیگری نیز رنگزن و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با عنوان تهیه نقشه LST با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نمونه موردی شهر اهواز، با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ ، و با روش‌های (NOR)<sup>۸</sup> و (REF)<sup>۹</sup>، به تهیه نقشه حرارتی از شهر اهواز پرداختند، یافته‌های این پژوهش بیانگر آن بود که خروجی این روش‌ها در ترکیب با داده‌های دیگر، می‌تواند برای پیدا کردن راه حل‌هایی برای مسائل جزیره حرارتی شهر مورد استفاده قرار گیرد.

ملک‌پور و طالعی (۱۳۹۰) ارتباط کاربری و پوشش اراضی و دمای سطح زمین، با استفاده از داده‌های سنجنده ASTER در شهر تهران مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار دادند. بهارلو و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی تأثیر عوامل

1. Weng
2. Dengsheng
3. Indianapolis
4. Jiang
5. Tian
6. Xingping
7. Automatic Weather Stations
8. Emissivity Normalization Method
9. Reference Chanel Emissivity

کاربری اراضی، مونواکسید کربن، جمعیت و فاصله از راه بر میزان دمای جزیره حرارتی تولید شده از داده‌های سنجنده ETM+ و ارتباط بین پارامترها با میزان دمای جزایر حرارتی مورد بررسی قرار دادند و در نهایت با استفاده از روش رگرسیونی چندگانه به مدل‌سازی تغییرات جزایر حرارتی شهر تهران با استفاده از عوامل بالا پرداختند. نتایج حاصله نشان داد که در میان پارامترهای مورد مطالعه، میزان آلاینده مونواکسید کربن بیشترین تأثیر را بر افزایش یا کاهش دمایی جزایر حرارتی دارند. موسوی بایگانی و همکاران (۱۳۹۱) نیز با بررسی جزیره حرارتی با استفاده از تصاویر سنجنده TM و ETM+ و نظریه فرکتال در شهر مشهد و شمسی‌پور و همکاران (۱۳۹۱) تغییرات مکانی هسته‌ی جزیره‌ی گرمایی شهر تهران را مطالعه کردند. همچنین احمدی و همکاران (۱۳۹۱) و (۱۳۹۴) به بررسی تغییرات زمانی و مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ & TM ماهواره لندست پرداختند. هاشمی و همکاران (۱۳۹۲) توزیع مکانی دمای سطح زمین با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور حرارتی، محیط زیست شهری تهران را مورد ارزیابی قرار دادند. صادقی‌نیا و همکاران (۱۳۹۲) با کاربرد تکنیک‌های خود همبستگی فضایی به تحلیل جزایر حرارتی و همچنین ساسانپور و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی رابطه بین پوشش و کاربری اراضی و جزایر حرارتی در شهر تهران با استفاده از تصاویر چند زمانه لندست پرداختند. از سوی دیگر، استفاده از داده‌های زمینی در مطالعات جزایر حرارتی نیز توسط افشار (۱۳۸۱) و رنجبر سعادت‌آبادی و همکاران (۱۳۸۳) و (۱۳۸۴)، علی‌تبریزی و قبادی (۱۳۸۸) در تهران و عظیمی و تراب‌پور (۱۳۸۸) و غضنفری‌مقدم و همکاران (۱۳۸۷) در شهر اهواز و مشهد انجام گرفته است. با توجه به موارد مطروحه هدف در این پژوهش مطالعه الگوها و آشکارسازی تفاوت‌های دمایی شهر کرمانشاه، به منظور تهیه پهنه‌های دمایی شهر و امکان تشکیل جزیره دمایی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای است. بدین منظور با استفاده از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست، الگوهای دمایی شهر کرمانشاه در محیط نرم افزار ERDAS IMAGINE استخراج و مورد تحلیل قرار گرفت.

## روش پژوهش

در این پژوهش به منظور استحصال دمای سطح زمین از تصاویر ماهواره‌ای، مراحل زیر انجام پذیرفت: نخست داده‌های ساعتی درجه حرارت روز مدنظر ایستگاه همدید شهر کرمانشاه از سازمان هواشناسی اخذ شد. سپس تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست، (جدول ۱) به منظور استخراج الگوهای دمایی و همچنین تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از تارنمای <http://Earthexplorer.usgs.gov> دریافت گردید. در پژوهش حاضر از نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی و پردازش تصویر شامل نرم‌افزار ArcGIS 9.3 و ERDAS IMAGINE 9.2 جهت پردازش و استخراج اطلاعات و تحلیل‌های مکانی استفاده گردید.

جدول ۱. تصاویر ماهواره لندست سنجنده TM استفاده شده در پژوهش

ردیف	تاریخ برداشت میلادی	تاریخ برداشت خورشیدی	ردیف و گذر	نوع سنجنده
۱	۲۰۱۱/۸/۳۱	۱۳۹۰/۶/۹	۳۶-۱۶۷	TM

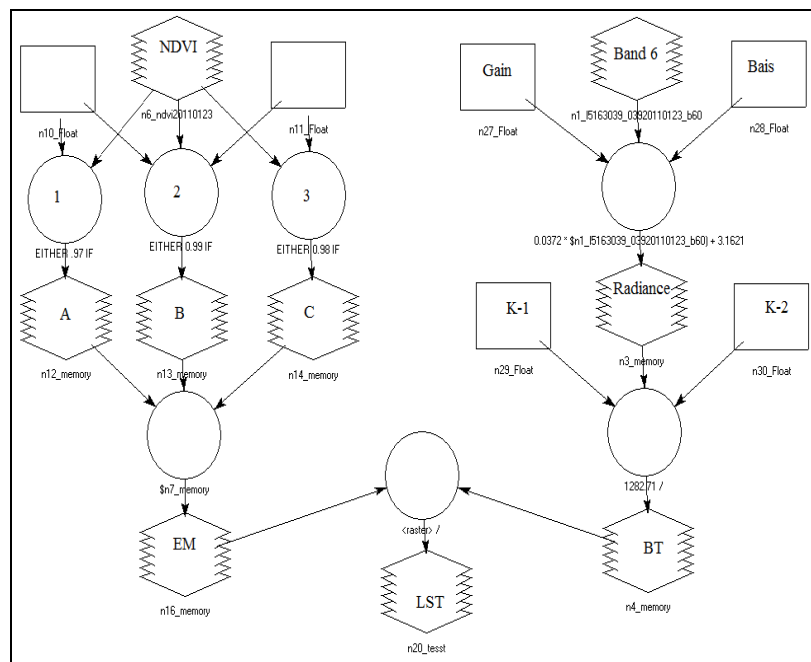
## – استخراج دمای سطح زمین از تصاویر ماهواره‌ای

جهت استخراج نقشه حرارتی از باند ۶ سنجنده TM استفاده گردید. تصاویر بالا برای تحصیل و تعیین تفاوت‌های دمایی میان پدیده‌های شهری پیچیده مناسب است و امکان آنالیز موثر اقلیم شهری را فراهم می‌نماید (نامداری، ۱۳۸۸):

۵۸). در این پژوهش از میان تصاویر موجود، تلاش شده تصویر انتخابی در شرایط مناسب هواپیمایی در فصل انتقالی تهیه گردد.

### - مراحل تهیه تصویر دمایی زمین

الگوریتم اعمال شده برای تحصیل دمای سطح زمین از تصویر در (شکل) نمایش داده شده است.



شکل ۱. مراحل اعمال الگوریتم تهیه تصویر حرارتی زمین از تصویر ماهواره‌ای

### الف) محاسبه رادیانس طیفی

تصویر حرارتی با بهره بالای<sup>۱</sup> این سنجنده، با روش پیکسل به پیکسل به ترتیب به دمای سطحی تبدیل شد: تبدیل ارزش‌های رقومی به رادیانس طیفی بر اساس مرجع تابش طیفی (Landsat Project Science Office, 2002): بر اساس معادله زیر:

$$L = \text{gain} \times \text{DN} + \text{offset} \quad \text{معادله (۱)}$$

تابش طیفی مرجع باند ۶ در DN به ترتیب معادل ۱ و ۲۵۵ بر حسب  $(W \text{ m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1})$  است. مقدار Gain و Bias از Headerfile تصاویر استخراج شده است.

### ب) بازیابی دمای روشنایی<sup>۲</sup>

گام بعدی تبدیل رادیانس طیفی به دمای جسم سیاه است، که از رابطه پلانک برای تبدیل مقادیر تابش طیفی به دمای جسم سیاه (BT) استفاده می‌گردد:

<sup>۱</sup> - High Gain

<sup>۲</sup> - Retrieving Brightness Temperature

$$BT = \frac{K_2}{\left\{ \text{LN} \left[ \frac{K_1}{L} + 1 \right] \right\}} \quad \text{معادله (۲)}$$

که در این رابطه BT دمای روشنایی سنجنده بر حسب کلوین،  $K_1$  ثابت کالیبراسیون اول معادل  $666/0.9$  بر حسب  $(W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1})$ ،  $K_2$  ثابت کالیبراسیون دوم معادل  $1282/71$  بر حسب کلوین و  $L$  رادیانس طیفی بر حسب  $(W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1})$  است.

### پ) محاسبه گسیل‌مندی سطح<sup>۱</sup> و دمای سطح زمین

نسبت بین گسیلش از یک شیء به گسیلش از جسمی سیاه در دمای ثابت را گسیل‌مندی (تابندگی) می‌گویند. مقدار گسیل‌مندی برای تبدیل دمای روشنایی به دمای جنبشی سطح مورد نیاز است، چرا که دمای روشنایی به دست آمده از معادله (۲) دمایی است که جسم سیاه به منظور تولید رادیانس معلوم در طول موج معلوم ( $11.5 \mu m$ ) دارد یکی از روش‌های مؤثر برای تخمین دمای سطح که می‌تواند استفاده شود، مدل ترکیبی درصد پوشش زمین است، با این فرض که خاک و پوشش گیاهی مقدار گسیل‌مندی را معلوم دارند و با توجه به درصد پوشش خود ترکیب می‌شوند (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۸: ۴۲). مقدار درصد پوشش گیاهی با استفاده از NDVI محاسبه می‌شود. در این روش، آستانه گذاری NDVI مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱.  $NDVI > 0.2$ : در این حالت پیکسل مربوط به خاک خشک (لخت) و ارزش گسیل‌مندی آن بر اساس آنالیز کتابخانه‌ای نمونه‌های خاک برای باند حرارتی لندست  $0.97$  است.

۲.  $NDVI < 0.5$ : پیکسل‌های با ارزش NDVI بالاتر از  $0.5$  مناطق با پوشش گیاهی کامل و مقدار ارزش ثابت برای گسیل‌مندی  $0.99$  در نظر گرفته شده است.

۳.  $0.2 \leq NDVI \leq 0.5$ : در این حالت، پیکسل ترکیبی از خاک خشک (لخت) و پوشش گیاهی تشکیل داده است و گسیل‌مندی آن با توجه به معادله زیر محاسبه می‌گردد:

$$\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) + d\varepsilon \quad \text{معادله (۳)}$$

که  $\varepsilon_v$  گسیل‌مندی پوشش گیاهی،  $\varepsilon_s$  گسیل‌مندی خاک،  $P_v$  نسبت پوشش گیاهی به دست آمده از معادله (۴) است (Sobrino et al, 2004: 436).

$$P_v = \left[ \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right]^2 \quad \text{معادله (۴)}$$

مقدار  $NDVI_{\max}$  برابر با  $0.5$  و  $NDVI_{\min}$  برابر با  $0.2$  می‌باشد.

که  $d\varepsilon$  در معادله (۳) شامل اثر توزیع هندسی سطوح طبیعی و همچنین بازتاب داخلی است، که برای سطوح هموار، این مقدار ناچیز است، اما برای سطوح ناهمگن و خشن، به عنوان مثال جنگل، این مقدار می‌تواند تا ۲ درصد برسد. البته به صورت تقریبی با توجه به معادله زیر می‌توان این مقدار را محاسبه کرد:

$$d\varepsilon = (1 - \varepsilon_s)(1 - P_v)F\varepsilon_v \quad \text{معادله (۵)}$$

که در آن  $F$  ضریب شکل، که ارزش میانگین آن، با فرض توزیع هندسی متفاوت  $0.55$  است. با توجه به معادلات (۳) و (۴) گسیل‌مندی سطح زمین  $(LSE)^2$  را به وسیله معادله (۶) و (۷) بدست آورد:

$$\varepsilon = m P_v + n \quad \text{معادله (۶)}$$

1. Surface emissivity

2. Land Surface Emissivity (LSE)

$$m = \varepsilon_p - \varepsilon_s - (1 - \varepsilon_s)F\varepsilon_p \quad \& \quad n = \varepsilon_s + (1 - \varepsilon_s)F\varepsilon_p \quad (7) \text{ معادله}$$

به منظور اعمال این روش، مقدار گسیل مندی خاک و پوشش گیاهی مورد نیاز است. بدین جهت، مقدار گسیل مندی ۰/۹۹ برای پوشش گیاهی انتخاب گردید. با توجه به تنوع بالای گسیل مندی خاک در مقایسه با پوشش گیاهی مقدار میانگین آن با (انحراف استاندارد ۰/۰۰۴)، ۰/۹۷۳ در نظر گرفته شد (Sobrin et al, 2004: 436).

### ج) محاسبه NDVI

برای محاسبه NDVI از دو باند قرمز و فروسرخ نزدیک استفاده گردید تا شاخص اختلاف گیاهی بهنجار شده از معادله (۸) (Rouse et al, 1974: 309) حساب گردید.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (8) \text{ معادله}$$

سپس دمای سطح زمین با استفاده از معادله (۹) (Artis and Carnahan, 1982) محاسبه می شود.

$$T_s = \frac{T_b}{\left[1 + \left(\frac{\lambda b T}{a}\right) L n \varepsilon\right]} \quad (9) \text{ معادله}$$

که در آن:  $\lambda$  طول موج رادیانس ساطع شده (11.5  $\mu\text{m}$ )،  $a = \frac{hc}{k}$  ثابت پلانک (6/62\*10<sup>-34</sup> j.sec)، c سرعت نور (2/998\*10<sup>8</sup> m/sec)، k ثابت استفان بولتزمن (1/38\*10<sup>23</sup> j/k) و  $\varepsilon$  گسیلمندی است. سرانجام جهت تبدیل داده ها، تغییر واحد از درجه کلون به درجه سلسیوس با معادله (۱۰) انجام پذیرفت:

$$CELSIUS = KELVIN - ۲۷۳/۱۵ \quad (10) \text{ معادله}$$

### - طبقه بندی تصاویر

با توجه به هدف اصلی فن آوری سنجش از دور، طبقه بندی تصاویر سنجنده های مورد نظر را می توان به عنوان مهم ترین بخش تفسیر اطلاعات ماهواره ای مطالعه بشمار آورد. با بکارگیری روش طبقه بندی نظارت شده<sup>۱</sup> و معرفی علائم طیفی پوشش گیاهی، مسکونی و بایر با اعمال الگوریتم بیشترین شباهت<sup>۲</sup>، طبقه بندی نظارت شده با تقسیم بندی سه کلاس شهری، بایر و پوشش گیاهی انجام پذیرفت.

نخستین گام طبقه بندی محاسبه احتمال  $P(x|w_i)$  از تابع چگالی نرمال چند متغیره n بعدی معادله (۱۰) استفاده می گردد:

$$P(x|w_i) = (2\pi)^{-f/2} |\Sigma i|^{-1/2} \exp \left\langle \left(-\frac{1}{2}\right) (x - m_i)^t \Sigma_i^{-1} (x - m_i) \right\rangle \quad (10) \text{ معادله}$$

در این رابطه  $m_i$  بردار میانگین  $\Sigma i$  ماتریس کواریانس داده های کلاس  $w_i$  می باشند. f تعداد باندها و علامت // نماد دترمینال است. میانگین و واریانس بر اساس پیکسل های معلوم هر کلاس که در مرحله تمرینی مشخص می شوند انجام می پذیرد (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۹: ۲۱۷). ارزیابی دقت نتایج طبقه بندی بخش پایانی مراحل یک فرآیند طبقه بندی است به همین منظور، جهت ارزیابی دقت نقشه های طبقه بندی شده، ماتریس خطا<sup>۳</sup> تشکیل و بر اساس معادله (۱۱) دقت کلی<sup>۴</sup> محاسبه گردید.

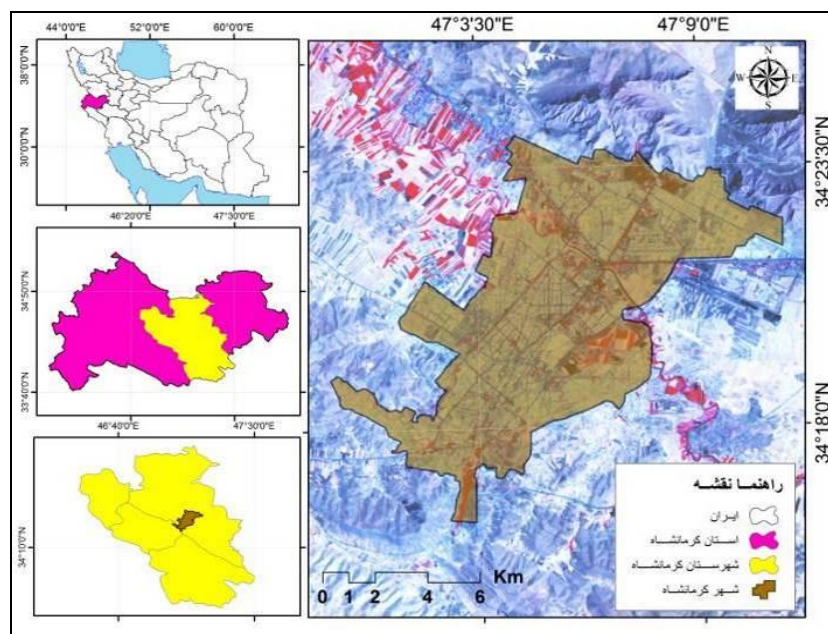
1. Supervised Classification
2. Maximum Likelihood
3. Confuse Matrix
4. Overall Accuracy

$$OA = \frac{1}{N} \sum P_{ii} \quad \text{معادله (۱۱)}$$

در این رابطه، OA دقت کلی، N تعداد پیکسل‌های آزمایشی،  $\sum P_{ii}$  جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا می‌باشد.

### محدوده مورد مطالعه

شهر کرمانشاه نهمین شهر پرجمعیت و یکی از کلان‌شهرهای ایران و مرکز استان کرمانشاه در ایران می‌باشد؛ که دارای جمعیتی بالغ بر ۸۸۴۷۰۶ نفر مهم‌ترین شهر در منطقه مرکزی غرب ایران است (شکل ۱).



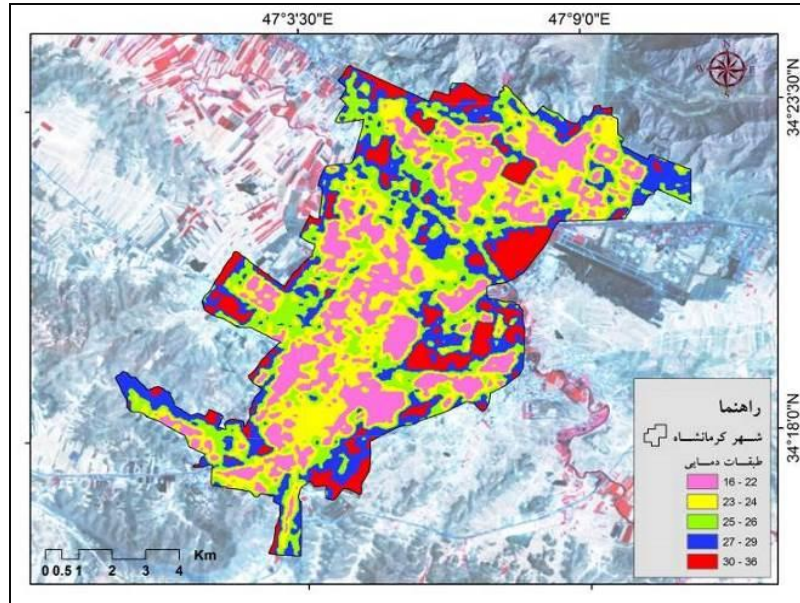
شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

### یافته‌ها و بحث

#### تهیه نقشه الگوهای دمایی شهر کرمانشاه

تصویر حرارتی شهر کرمانشاه پس از اعمال الگوریتم‌های استخراج دمای سطح زمین (LST)، تهیه و سپس طبقه‌بندی، بر اساس روش میانگین انحراف استاندارد (Xu et al, 2011: 1232)، به پنج کلاس، (شکل ۲) تهیه گردید.

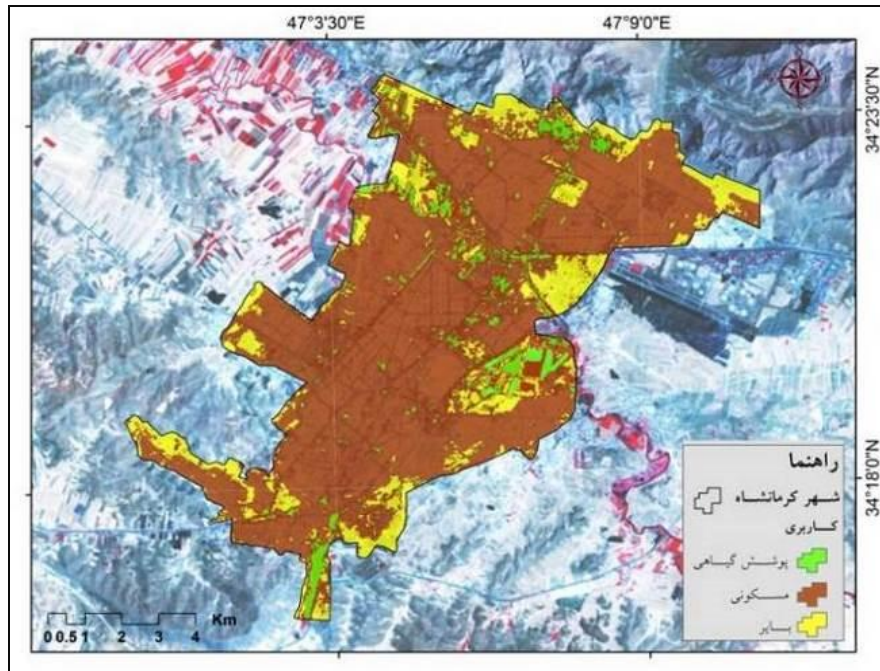




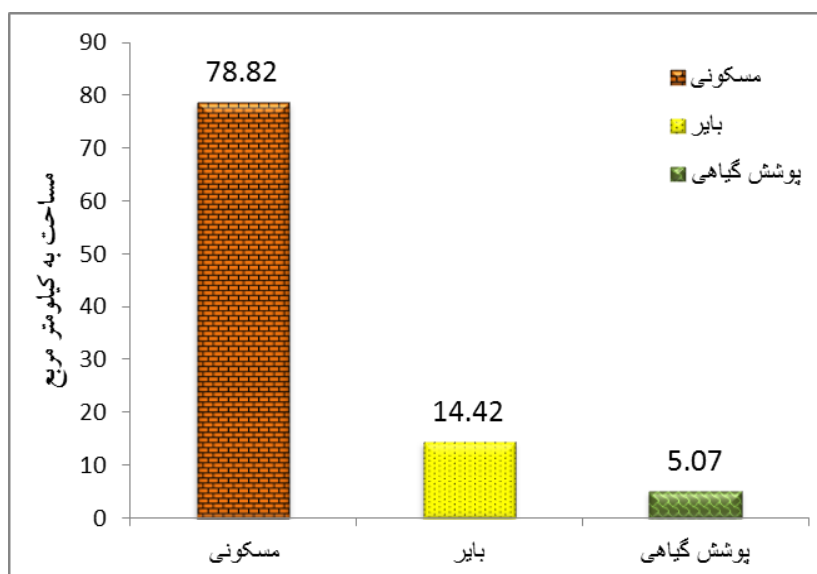
شکل ۲. نقشه حرارتی تصویر ماهواره لندست سنجنده TM در تاریخ: ۲۰۱۱/۸/۳۱

### استخراج نقشه کاربری اراضی

با بکارگیری روش پارامتریک طبقه‌بندی نظارت شده با اعمال الگوریتم بیشترین شباهت، نقشه کاربری ارضی در کلاس‌های پوشش گیاهی، مسکونی و بایر استخراج گردید (شکل ۳) نقشه کاربری ارضی منطقه را در کلاس‌های مذکور نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصله کلاس مسکونی بیشترین و کلاس پوشش گیاهی کم‌ترین میزان مساحت را به خود اختصاص داده است؛ نحوه توزیع مساحت کلاس‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه در (شکل ۵) مشاهده می‌شود.



شکل ۳. طبقه‌بندی نظارت شده تصویر ماهواره لندست سنجنده TM در تاریخ: ۲۰۱۱/۸/۳۱



شکل ۴: نحوه توزیع مساحت کلاس‌های کاربری اراضی در شهر کرمانشاه در تاریخ: ۲۰۱۱/۸/۳۱

### ارزیابی صحت کاربری استخراج شده

جهت بررسی صحت نقشه‌های تولیدی و دقت تصاویر طبقه بندی شده از جدول ماتریس خطای مربوط استفاده گردید. میزان دقت تصاویر طبقه بندی در (جدول ۲) ارائه گردید.

جدول ۲. ماتریس خطای طبقه بندی تصویر سال

کاربری	پوشش گیاهی	مسکونی	بایر	مجموع
پوشش گیاهی	۸۱	۰	۰	۸۱
مسکونی	۰	۳۰۱	۱۸	۳۱۹
بایر	۰	۷	۵۴	۶۱
مجموع	۸۱	۳۰۸	۷۲	۴۶۱

دقت کلی ۹۵ درصد

### تعیین الگوهای حرارتی

با توجه به نقشه طبقات دمایی شهر کرمانشاه، پنج الگوی دمایی استخراج گردید. که کمینه دمایی ۱۶ درجه سانتی‌گراد و بیشینه آن ۳۶ درجه سانتی‌گراد با میانگین ۲۵ درجه سانتی‌گراد با انحراف معیار ۳/۱ (جدول ۳) محاسبه گردید.

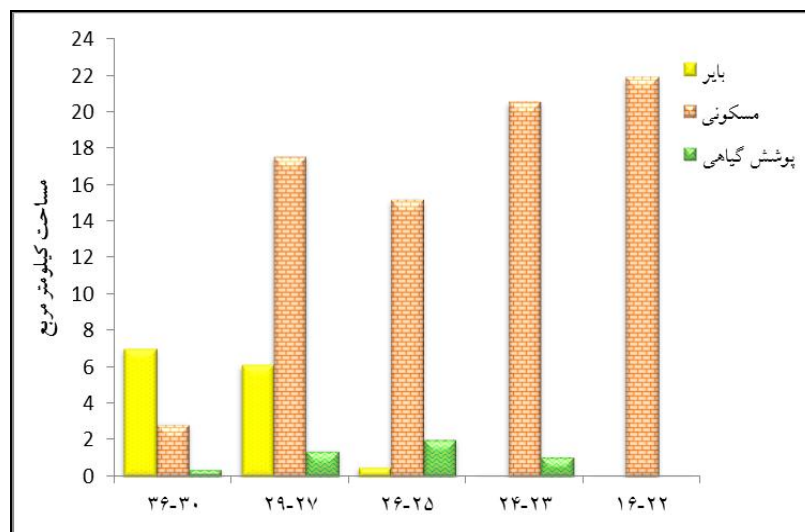
جدول ۳. اطلاعات آماری دما در تصاویر حرارتی استخراج شده

پارامتر	دامنه دمایی	میانگین	انحراف معیار	مساحت (کیلومتر مربع)
کل شهر	۱۶-۳۶	۲۵	۳/۱	۹۷/۲۴
الگوی بسیار گرم	۳۰-۳۶	۳۰/۲۶	۱	۲۲/۳۱
الگوی گرم	۲۷-۲۹	۲۷/۷۲	۰/۷	۲۴/۵۲
الگوی معمولی	۲۵-۲۶	۲۵/۵۱	۰/۶۵	۲۰/۸۱
الگوی معتدل	۲۳-۲۴	۲۳/۱۵	۰/۷	۱۹/۵۱
الگوی خنک	۱۶-۲۲	۲۱	۰/۹	۱۰/۰۸

الگوهای حرارتی بسیار گرم با دامنه دمایی ۳۰-۳۶ درجه سانتی‌گراد، ۲۲/۳۱ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است که شامل مناطق حافظیه، جلالیه، شهرک بسیج، قسمت‌های از منطقه کسری و قسمت‌های شمال باختری شهر است. الگوهای حرارتی گرم با دامنه دمایی ۱۷-۲۹ درجه سانتی‌گراد، با ۲۴/۵۲ کیلومتر مربع بیشترین مساحت را مابین الگوهای حرارتی در بر گرفته است؛ که شامل نواحی حاشیه‌ای طبقه دمای ۳۰-۳۶ درجه سانتی‌گراد و نواحی ۲۲ بهمن و وحدت می-باشد. الگوی حرارتی حد واسط با دامنه دمایی ۲۵-۲۶ درجه سانتی‌گراد مساحتی بالغ بر ۲۰/۸۱ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است که مناطق اسلامیه، کارمندان، ۲۲ بهمن و وحدت را شامل می‌شود. الگوهای حرارتی معتدل و خنک نیز به ترتیب با دامنه دمایی ۲۳-۲۴ و ۱۶-۲۲ درجه سانتی‌گراد، ۱۹/۵۱ و ۱۰ کیلومتر مربع کم‌ترین مساحت را به خود اختصاص داده است. این دامنه دمایی با کاربری‌های و نواحی ظفر، کارمندان، الهیه، کسری، فرهنگیان و قسمت‌های از جلالیه انطباق دارد.

### بررسی رابطه بین الگوهای دمایی و پوشش کاربری‌های

با در نظر گرفتن اطلاعات به دست آمده از کاربری‌های سه‌گانه آشکار است، کاربری بایر در دامنه دمایی ۳۰-۳۶ درجه سانتی‌گراد و کاربری مسکونی نیز در دامنه دمایی ۱۶-۲۲ درجه سانتی‌گراد و کاربری پوشش گیاهی هم دامنه دمایی ۲۵-۲۶ درجه سانتی‌گراد بیشترین مساحت را در بر گرفته است. مساحت مطلق مجموع سه کاربری بایر، مسکونی و پوشش گیاهی در دامنه‌های دمایی در (شکل ۵) نمایش داده شده است.



شکل ۵. مساحت طبقات دمایی کاربری‌های سه‌گانه شهر کرمانشاه

با توجه به مطالب عنوان شده مشخص گردید الگوهای دمایی در مناطق شهری با نوع کاربری در این مناطق رابطه مستقیم دارد. بنابراین ویژگی‌های دمایی هر یک از کاربری‌های سه‌گانه در منطقه مورد مطالعه در (جدول ۴) ارائه گردید.

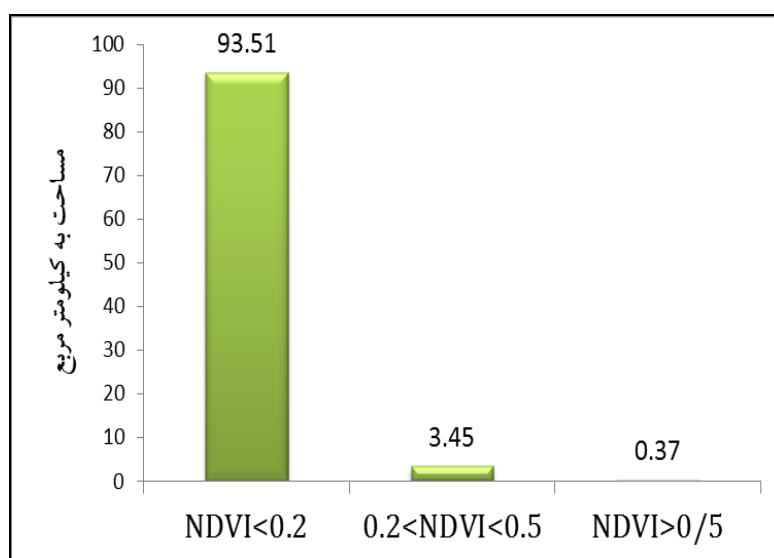
جدول ۴. ویژگی‌های دمایی کاربری‌های سه‌گانه شهری شهر کرمانشاه

ردیف	کاربری	میانگین دما	کمینه دما	بیشینه دما	انحراف معیار
۱	مسکونی	۲۴	۱۶/۴۲	۳۵/۷۳	۲/۷
۲	پوشش گیاهی	۲۴/۶۹	۱۹/۳۸	۳۱/۵۷	۱/۸
۳	بایر	۲۸/۹۳	۲۱/۶۹	۳۳/۶۷	۱/۶۷

با بررسی شاخص پوشش گیاهی یافته‌های حاصله بیانگر آن است که ۹۵ درصد از منطقه معادل ۹۳/۵۱ کیلومتر مربع به خاک خشک و ۳/۵ درصد با ۳/۴۵ کیلومتر مربع به مناطق ترکیبی و ۰/۳ درصد نیز با ۰/۳۷ کیلومتر مربع به پوشش گیاهی کامل اختصاص دارد (شکل ۶) و (جدول ۵).

جدول ۵. میزان مساحت شاخص پوشش گیاهی در شهر کرمانشاه به کیلومتر مربع

شاخص NDVI	مساحت	مساحت درصد
NDVI<0.2	۹۳/۵۱	۹۵/۸۱
0.2<NDVI<0.5	۳/۴۵	۳/۵۳
NDVI>0/5	۰/۳	۰/۳۷



شکل ۶. میزان شاخص NDVI در شهر کرمانشاه

## نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن مطالب بیان شده در رابطه با نحوه توزیع الگوهای دمایی شهر، عوامل و دلایل تشکیل دهنده این الگوها به اجمال در زیر بررسی می‌گردد:

۱. با توجه به محدودیت استفاده از داده‌های زمین مینا مطالعه الگوهای دمایی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ضروری به نظر می‌رسد.

۲. در سطح شهر پنج طبقه حرارتی قابل شناسایی است که دامنه اختلاف آن ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

۳. در کل، وسیع‌ترین طبقه دمایی دامنه دمایی ۲۷-۲۹ درجه سانتی‌گراد و کوچک‌ترین مساحت مربوط به دامنه دمایی ۱۶-۲۲ درجه می‌باشد.

۴. کاربری پوشش گیاهی دامنه دمایی ۲۵-۲۶ و کاربری مسکونی و بایر به ترتیب با دامنه دمایی ۱۶-۲۲ و ۳۰-۳۶ بیشترین فراوانی را دارد.

۵. به دلیل عدم وجود پوشش گیاهی متراکم در داخل شهر دمای کاربری پوشش گیاهی از کاربری مناطق مسکونی بیشتر می‌باشد به عبارتی پوشش گیاهی باید به اندازه‌ای از تراکم رسیده باشد که دمای اطراف خود را تعدیل کند.

۶. در کاربری مسکونی مناطق بافت فرسوده بیشترین دما را به خود اختصاص داده است که ناشی از تراکم کاربری مسکونی به صورت تجمعی و عدم رعایت اصول مهندسی همچون در امتداد قرار ندادن کوچه و خیابان های مناطق مسکونی در جهت باد می باشد.
۷. رود قره سو که از شهر کرمانشاه عبور می کند، دمای محیط پیرامونی خود را کاهش داده است به طوری که با فاصله گرفتن از این رود به کاربری های بایر و مناطق مسکونی برخورد می کنیم در (شکل ۳) کاهش دمای محیط پیرامونی این رود به صورت سینوسی قابل مشاهده است.
۸. از مناطق بایری که مساحت زیادی به خود اختصاص داده و در طبقه دمای ۳۶-۳۰ درجه سانتی گراد می باشد منطق بر کاربری فرودگاه است که در جهت خاوری کرمانشاه قرار گرفته است.
۹. از مناطق بایری که به صورت یکپارچه مساحت زیادی را به خود اختصاص داده در جهت خاوری و ورودی خاوری شهر می باشد که می توان با ایجاد پوشش گیاهی گسترده منجر به تعدیل دمای خود و اطراف این منطقه شد.

## منابع

۱. احمدی، محمود؛ عاشورلو، داوود و نارنگی فرد، مهدی. (۱۳۹۱). تغییرات زمانی - مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده های سنجنده ETM+ & TM. *سنجش از دور و GIS/ایران*، سال چهارم، شماره ۴، ۵۵-۶۸.
۲. احمدی، محمود؛ عاشورلو، داوود؛ نارنگی فرد، مهدی. (۱۳۹۴). تحلیل فضایی دمای شهر شیراز در فصول گرم و سرد با بکارگیری تحلیل های آماری و تصاویر ماهواره ای. *تحقیقات جغرافیایی*، دوره ۳۰، شماره ۱۱۷، ۱۴۷-۱۶۰.
۳. اسمعیل پور، نجما و عزیزپور، ملکه. (۱۳۸۸). تغییر کاربری اراضی کشاورزی و افزایش نسبی دمای شهر یزد ناشی از رشد سریع آن، *جغرافیا و توسعه ناحیه ای*، سال ۷، شماره ۱۲، ۳۷-۵۴.
۴. افشار، مزگان. (۱۳۸۸). بررسی و شناخت جزیره حرارتی شهر تهران، *مجله سپهر*، سال ۱۸، شماره ۷۱، ۵۶-۶۲.
۵. امیری، رضا؛ علی محمدی، عباس و علوی پناه، سید کاظم. (۱۳۸۶). مطالعه تغییرپذیری فضایی - زمانی حرارت در ارتباط با کاربری / پوشش زمین در منطقه شهری تبریز با استفاده از داده های حرارتی و انعکاسی TM و ETM+ *مجله محیط شناسی*، سال ۳۳، شماره ۴۳، ۱۰۷-۱۲۰.
۶. بختیاری، محسن؛ رنگزن، کاظم؛ صابری، عظیم و فتاحی، مهدی. (اردیبهشت ۱۳۹۰). کاربرد سنجش از دور حرارتی در مطالعه - ی دمای سطحی زمین شهر اهواز با استفاده از الگوریتم تک پنجره ای. *همایش ملی ژئوماتیک*، تهران: سازمان نقشه برداری کشور.
۷. بهارلو، ایمان؛ نامداری، سودابه و شکیب، علیرضا. (اردیبهشت ۱۳۹۰). تأثیر کاربری اراضی و آلاینده مونواکسید کربن بر میزان جزایر حرارتی سطحی تولید شده از داده های ETM+، *همایش ملی ژئوماتیک*. تهران: سازمان نقشه برداری کشور.
۸. جلال زاده، زهره؛ ترابی، مسعود و دالکی، احمد. (۱۳۸۷). مقایسه دمای سطحی حاصل از داده های میدانی و ماهواره ای در خزر جنوبی، *پژوهش های جغرافیایی طبیعی*، شماره ۶۵، ۱۱۰-۱۲۱.
۹. جلیلی، شیدا؛ مرید، سعید و ضیاییان فیروزآبادی، پرویز. (۱۳۸۷). مقایسه عملکرد شاخص های ماهواره ای و هواشناسی در پایش خشکسالی، *تحقیقات آب و خاک/ایران*، شماره ۱، ۱۳۹-۱۴۹.
۱۰. رضانی، بهمن ودخت محمد، مریم. (۱۳۸۹). شناخت محدوده مکانی تشکیل جزیره گرمایی در شهر رشت. *پژوهش و برنامه ریزی شهری*، سال اول، شماره ۱، ۴۹-۶۴.
۱۱. رنجبر سعادت آبادی، عباس؛ آزادی، مجید و علی اکبری بیدختی، عباسعلی. (اسفند ۱۳۸۳). شبیه سازی عددی جزیره گرمایی تهران. *نهمین کنفرانس دینامیک شهرها*، شیراز: دانشگاه شیراز. صص ۱۸-۲۰.
۱۲. رنجبر سعادت آبادی؛ عباس، آزادی، مجید؛ علی اکبری بیدختی، عباسعلی و صادقی حسینی، علیرضا. (۱۳۸۴). مطالعه موردی جزیره گرمایی تهران و شبیه سازی عددی آن، *فیزیک زمین و فضا*، شماره ۱، ۶۳-۷۸.

۱۳. رنجبر سعادت‌آبادی، عباس؛ علی اکبری بیدختی، عباسعلی و صادقی حسینی، علیرضا. (۱۳۸۴). آثار جزیره گرمایی و شهرنشینی روی وضع هوا و اقلیم محلی در کلان‌شهر تهران بر اساس داده‌های مهرآباد و ورامین. *محیط‌شناسی*، سال ۳۲، شماره ۳۹، ۵۹-۶۸.
۱۴. رنگزن، کاظم؛ فیروزی، محمدعلی؛ تقی‌زاده، ایوب و مهدی زاده، رامین. (اردیبهشت ۱۳۹۰). تهیه نقشه LST با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نمونه موردی شهر اهواز. *همایش ملی ژئوماتیک*. تهران: سازمان نقشه برداری کشور.
۱۵. ساسان‌پور، فرزانه؛ ضیاییان، پرویز و بهادری، مریم. (۱۳۹۲). بررسی رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران، *جغرافیا*، سال ۱۱، شماره ۳۲، ۲۵۶-۲۷۰.
۱۶. شکبیا، علیرضا؛ ضیاییان فیروزآبادی، پرویز؛ عاشورلو، داوود و نامداری، سودابه. (۱۳۸۸). تحلیل رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران، با استفاده از داده‌های ETM+ *سنجش‌از دور و GIS/ایران*، سال اول، شماره ۱، ۳۹-۵۶.
۱۷. شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ عزیزی، قاسم؛ کریمی احمدآباد، مصطفی و مقبل، معصومه. (۱۳۹۲). رفتارسنجی الگوهای دمای سطوح فیزیکی مختلف در محیط زیست شهری مطالعه موردی: شهر تهران. *جغرافیا و پایداری محیط پژوهشنامه جغرافیایی*، سال ۳، شماره ۶، ۶۷-۸۶.
۱۸. شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ مهدیان ماهفروزی، مجتبی و حسین‌پور، زینب. (۱۳۹۱). واکاوی تغییرات مکانی هسته‌ی جزیره‌ی گرمایی شهر تهران. *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، سال ۴۴، شماره ۳، ۱۲۷-۱۴۶.
۱۹. صادقی‌نیا، علیرضا علیچانی؛ بهلول ضیاییان، پرویز و خالدی، شهریار. (۱۳۹۲). کاربرد تکنیک‌های خودهمبستگی فضایی در تحلیل جزیره حرارتی شهر تهران. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال ۱۳، شماره ۳۰، ۶۷-۹۰.
۲۰. عظیمی فریده و تراب‌پور، علی. (۱۳۸۸). جزیره حرارتی شهر اهواز و راه‌های پیشگیری. *سپهر*، سال ۱۸، شماره ۷۰، ۲۰-۲۲.
۲۱. علوی‌پناه، کاظم؛ احسانی، امیرحوشنگ؛ متین‌فر، حمیدرضا؛ رفیعی‌امام، عمار و امیری، رضا. (۱۳۸۵). مقایسه محتوای اطلاعاتی باندهای سنجنده TM و ETM+ در محیط‌های بیابانی و شهری ایران. *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۵۶، ۴۷-۶۴.
۲۲. علی‌تبریزی، مریم و قبادی، فرناز. (۱۳۸۸). جزیره گرمایی و تغییرات دمایی شهر تهران. *سومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، انجمن مهندسی محیط زیست ایران*، تهران.
۲۳. غضنفری مقدم، محمد صادق؛ ناصر مقدم، مهیار و میرزایی، ابراهیم. (۱۳۸۷). بررسی تاثیرات جزیره حرارتی مشهد بر روند تغییرات نزولات جوی، *دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست*، تهران: دانشگاه تهران.
۲۴. فاطمی، باقر و رضایی، یوسف. (۱۳۸۹). *مبانی سنجش‌از دور*. چاپ دوم، تهران: آزاده.
۲۵. فلاح شمسی، سید رشید؛ مجنونی، ابوالفضل و ناظم السادات، سید جعفر. (۱۳۸۸). بررسی اثر تخصیص زمین به فضای سبز بر جزایر گرمایی شهر UHI شیراز با استفاده از فنون سنجش‌از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی. *طرح پژوهشی*، دانشگاه شیراز.
۲۶. ملک‌پور، پیمان و طالعی، محمد. (۱۳۹۰). مدل سازی ارتباط کاربری- پوشش اراضی و حرارت سطح زمین، با استفاده از داده های سنجنده ASTER. *محیط‌شناسی*، سال ۳۷، شماره ۵۸، ۲۹-۴۲.
۲۷. ملک‌پور، پیمان؛ طالعی، محمد؛ رضایی، یوسف و خوش‌گفتار، مهدی. (۱۳۸۹). بررسی درجه حرارت سطح زمین و ارتباط آن با کلاس‌های پوشش کاربری زمین شهری با استفاده از داده‌ی سنجنده ETM+ مطالعه موردی شهر تهران. *همایش ژئوماتیک*، تهران: سازمان نقشه برداری کشور.
۲۸. موسوی بایگانی، محمد؛ اشرف، بتول؛ فرید حسینی، بتول و میان‌آبادی، آمنه. (۱۳۹۱). بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نظریه فرکتال. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، شماره اول، ۳۵-۴۹.
۲۹. میریعقوب‌زاده، میرحسین و قنبرپور، محمدرضا. (۱۳۸۸). بکارگیری داده‌های سنجش‌از دور در برآورد دمای سطح اراضی مطالعه موردی حوزه آبخیز وردین، آذربایجان خاوری. *مرتع*، سال ۳، شماره ۴، ۷۲۳-۷۳۴.
۳۰. نامداری، سودابه. (۱۳۸۸). استخراج جزایر حرارتی در مناطق شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه موردی شهر تهران. پایان‌نامه منتشر نشده کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه سنجش‌از دور و GIS.
۳۱. هاشمی، محمود؛ علوی پناه، کاظم و دیناروندی، مرتضی. (۱۳۹۲). ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط زیست شهری با کاربرد سنجش‌از دور حرارتی، *محیط‌شناسی*، سال ۳۹، شماره ۱، ۸۱-۹۲.

31. Amiri, R., Weng, Q.H., 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*, No 113, 2606-2617.
32. Artis, D. A., & Carnahan, W. H. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, No 12, 313- 329.
33. Dengsheng, Lu., & Qihao, Weng. (2006). Spectral mixture analysis of ASTER images for examining the relationship between urban thermal features and biophysical descriptors in Indianapolis, Indiana. USA, *Remote Sensing of Environment*, NO. 104, 157-167.
34. Han, Ji-Young & Jong-jin Baik. (2008). A Theoretical and Numerical Study of Urban Heat Island-Induced Circulation and Convection, *Journal of the atmospheric*, Vol 65, 1858-1877.
35. Hawkins, Timothy W., Brazel, Anthony J., Stefanov, William L., Bigler, Wendy., Saffell., & Erinanne, M. (2004). The Role of Rural Variability in Urban Heat Island Determination for Phoenix, Arizona. *Journals of Applied Meteorology*, Vol 43, 476-486.
36. Holmer, Bjorn & Ingeard Eliasson. (1999). urban-rural Vapour pressure differences And their role in the development of urban heat islands. *international journal of climatology*, No19, 989-1009.
37. <http://Earthexplorer.usgs.gov>
38. Jiang, Jing., & Tian, Guangjin. (2010). Analysis of the impact of Land use/ Land cover change on Land Surface Temperature with Remote Sensing. *Procedia Environmental Sciences*, NO. 2, 571-575.
39. Landsat Project Science Office. (2002). Landsat 7 Science Data User's Handbook URL: [http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook\\_toc.html](http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html).
40. Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, & D.W. Deering. (1973). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Third ERTS Symposium*, NASA SP-351, 309-317.
41. Sobrino, A., Juan, C., Jiménez-Muñoz. & Leonardo Paolinib. (2004). Land Surface temperature Retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, No 90, 434-440.
42. Torok, Simon J., Morris, Christopher J.G., Skinner, Carol., & Plummer, Neil. (2001). Urban heat island features of southeast Australian towns. *Australian Meteorological Magazine*, No 50, 1-13.
43. Vooget J.A & T.R, Oke. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *remote Sensing of Environment*, No 86, 370-282.
44. 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 2-3, 237- 25.
45. Xingping, Wen. Xiaofeng, Yang., & Guangdao, Hu.(2011). Relationship Between Land Cover Ratio and Urban Heat Island from Remote Sensing and Automatic Weather Stations Data. *J Indian Soc Remote Sens*, NO. 392, 193-201.
46. Xu, Huixi., Chen, Yunhao., Dan, Shangming., & Qiu, Wenxia. (2011). Dynamical Monitoring and Evaluation Methods to Urban Heat Island Effects Based on RS&GIS. *Procedia Environmental Sciences*, No 10, 1228-1237.