

بررسی رابطه دمای سطح زمین و شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی در محیط شهری (مطالعه موردی: کلانشهر اصفهان)

ام السلّمه بابایی فینی*

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۲۷

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی نحوه توزیع الگوهای حرارتی سطح زمین و شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی و رابطه این دو متغیر در فصل‌های سرد و گرم در شهر اصفهان به عنوان یکی از مهم‌ترین مرکز جمعیتی ایران می‌باشد. در این راستا با به کارگیری چهار تصویر سنجنده TM ماهواره لندست در تاریخ‌های ۷ ژانویه سال ۱۹۹۱، ۱۶ ژوئن سال ۱۹۹۱، ۲۹ دسامبر سال ۲۰۱۰ و ۴ ژوئیه سال ۲۰۱۰ دمای سطح زمین و شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی در بازه زمانی ۱۹ ساله انجام پذیرفت. نتایج پژوهش نشان داد در تاریخ (۱۹۹۱/۱/۷) کمینه دمایی ۱/۱- درجه سانتی‌گراد و بیشینه آن ۱۶ درجه سانتی‌گراد با میانگین ۵/۱ درجه سانتی‌گراد با انحراف معیار ۱/۴ محاسبه گردید. در تاریخ (۱۹۹۱/۶/۱۶) کمینه دمایی ۱۶، بیشینه ۳۳، میانگین ۲۸ درجه سانتی‌گراد و انحراف معیار ۲، در تاریخ (۲۰۱۰/۶/۴) کمینه دمایی ۱۸، بیشینه ۳۷، میانگین ۲۹ درجه سانتی‌گراد و انحراف معیار ۳/۲، در تاریخ (۲۰۱۰/۱۲/۲۹) کمینه دمایی ۳/۶-، بیشینه ۱۹، میانگین ۷/۷ درجه سانتی‌گراد و انحراف معیار ۲/۳ می‌باشد. همچنین کمینه شاخص در تاریخ (۱۹۹۱/۱/۷) ۰/۹۶- و بیشینه آن ۰/۷۸ با انحراف معیار ۰/۱ محاسبه و در تاریخ (۱۹۹۱/۶/۱۶) کمینه شاخص ۰/۳۶-، بیشینه ۰/۶۶ و انحراف معیار ۰/۱۴، در تاریخ (۲۰۱۰/۶/۴) کمینه شاخص ۰/۲۳-، بیشینه ۰/۶۸ و انحراف معیار ۰/۱۱، در تاریخ (۲۰۱۰/۱۲/۲۹) کمینه شاخص ۰/۴-، بیشینه ۰/۵۶ و انحراف معیار ۰/۰۶۶ می‌باشد. پراکندگی دامنه دمایی گرم در مناطق ۶، ۵ و ۱۳ و سرد در نواحی مرتفع جنوبی در دوره سرد سال و دامنه دمایی گرم در مناطق ۶ و ۵ و سرد در نواحی پیرامونی رودخانه زاینده رود در دوره گرم سال قابل مشاهده است.

واژگان کلیدی: الگوهای دمایی، دمای سطح زمین، تصاویر لندست، شهر اصفهان.

مقدمه

افزایش رشد جمعیت و رشد سریع صنعتی یکی از دلایل اصلی تغییرات آب و هوایی در جهان است. امروزه مهم‌ترین مشکل در مناطق شهری، افزایش درجه حرارت سطح زمین به دلیل دگرگونی‌های به وجود آمده در سطوح طبیعی است، که در اثر آن پوشش گیاهی طبیعی حذف شده و با سطوح غیرقابل نفوذ، از جمله سنگ، آسفالت، سیمان و ... جایگزین

شده است (ملک‌پور و طالعی، ۱۳۹۰: ۲۹). نابودی اراضی کشاورزی و تبدیل آن‌ها به استفاده‌های شهری در اثر رشد و گسترش سریع شهرها امری فراگیر و تقریباً اجتناب‌ناپذیر شده است. این تغییرات دارای پیامدهای ناخوشایندی برای محیط زیست، مانند کاهش پوشش گیاهی و افزایش دمای محیط به بار می‌آورد (اسمعیل‌پور و عزیزپور، ۱۳۸۸: ۳۸). یکی از عناصر مهم در مطالعه محیط حرارتی شهرها دمای سطح زمین است. جهت مطالعه‌ی دمای سطح شهرها مدل‌های عددی و فیزیکی پیشرفته‌ای توسعه داده شده است. مدل‌های نامبرده شامل بیلان انرژی، آزمایشگاهی، گاوسین و شبیه‌سازی‌های دیگر هستند (صادقی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۲: ۶۹). 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 به شمار 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 هواشناختی می‌شود و جزیره گرمایی شهری را ایجاد می‌کند (رنجبر و همکاران، ۱۳۸۴: ۵۹).

با توجه به محدودیت اطلاعاتی که در راه تأمین داده‌ها به ویژه در وسعت زیاد با مشکلات و موانع فراوان همراه است و 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 داده‌برداری در محدوده‌های گسترده برای نیل به هدف بالا، بسیار می‌تواند کارا باشد (جلیلی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۳۹). در سال‌های اخیر با توسعه فن‌آوری سنجش از دور؛ دمای سطح زمین برای یک منطقه وسیع، با دقت بالایی قابل محاسبه (جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۰) و با استفاده از تشعشع فروسرخ حرارتی و کاربرد مدل‌های فیزیکی ابزار مناسبی جهت محاسبه مقدار دمای سطح در نواحی وسیعی محسوب می‌شود (حجازی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۳).

اجسام بسته به دما و خصوصیات فیزیکی که دارند از خود انرژی تابشی گسیل می‌نمایند و به صورت ایده آل یک جسم سیاه^۱ حداکثر انرژی تابشی ممکن را به ازای دمای مشخص از خود گسیل می‌نماید. مطابق با قانون پلانک^۲ گسیل انرژی از یک جسم سیاه تابع دمای فیزیکی جسم، طول موج و سرعت سیر نور در خلاء می‌باشد و به طور تجمعی در تمام طیف امواج الکترو مغناطیسی، کل انرژی گسیل یافته از جسم سیاه از قانون استفان-بولتزمن^۳ پیروی می‌نماید. اکثر

¹ - Black body

² - Planck's law

³ - Stefan-Boltzmann law

اجسام در طبیعت رفتاری مغایر با اجسام سیاه دارند و انرژی تابشی کمتری نسبت به جسم سیاه از خود گسیل می‌نمایند و تنها در یک طول موج خاص، حداکثر تابش را تولید می‌کنند. نسبت انرژی گسیل یافته از این اجسام نسبت به جسم سیاه با کمیتی به نام گسیلندگی جسم^۱ معرفی می‌شود. البته باید به این میزان انرژی گسیل شده از اجسام طبیعی، به مقدار انرژی تابشی بازتاب شده^۲ از آن‌ها که دارای منشاء خارجی است را نیز افزود (دانش کار آراسته و همکاران، ۱۳۹۰: ۶۸).

در مطالعات انجام گرفته در این زمینه می‌توان به پژوهش‌های صورت گرفته توسط ژیاو 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 ماهواره‌ای پیشنهاد گردید (Xiao et al, 2005). ونگ و دنگ‌سنگ (۲۰۰۶)، با استفاده از تصاویر سنجنده ASTER با تحلیل چند زمانه به برآورد رابطه میان الگوی حرارتی شهری و توصیف بیوفیزیکی در شهر ایندیاناپولیس^۳ آمریکا پرداختند (Dengsheng and Weng, 2006). جیانگ و تیان (۲۰۱۰) در پژوهشی با تجزیه و تحلیل تأثیر تغییرات کاربری زمین و پوشش زمین بر دمای سطح زمین با استفاده از داده‌های سنجنده از دور پرداخته شد (Jiang and Tian, 2010). زینگ‌پنگ و همکاران (۲۰۱۱) با به کارگیری ایستگاه‌های خودکار هواشناسی^۴ (AWS) و استفاده از تکنیک‌های سنجنده از دور، رابطه بین پوشش نسبی زمین و جزیره حرارتی شهر گونگجو در جنوب چین را مورد مطالعه قرار دادند (Xingping et al, 2011). همچنین در این راستا پژوهش‌های بسیاری در زمینه جزایر حرارتی با بکارگیری داده‌های زمینی در شهرهای بزرگ جهان انجام گرفته است که از جمله می‌توان به مطالعات (Holmer and Eliasson, 1999)، (Torok et al, 2001)، (Hawkins et al, 2004) 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. میریعقوب‌زاده و قنبرپور (۱۳۸۸) نیز در مقاله‌ای با عنوان بکارگیری داده‌های سنجنده 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 خوارزمیک 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

1 - Body emissivity

2 - Reflected radiant energy

3 - Indianapolis

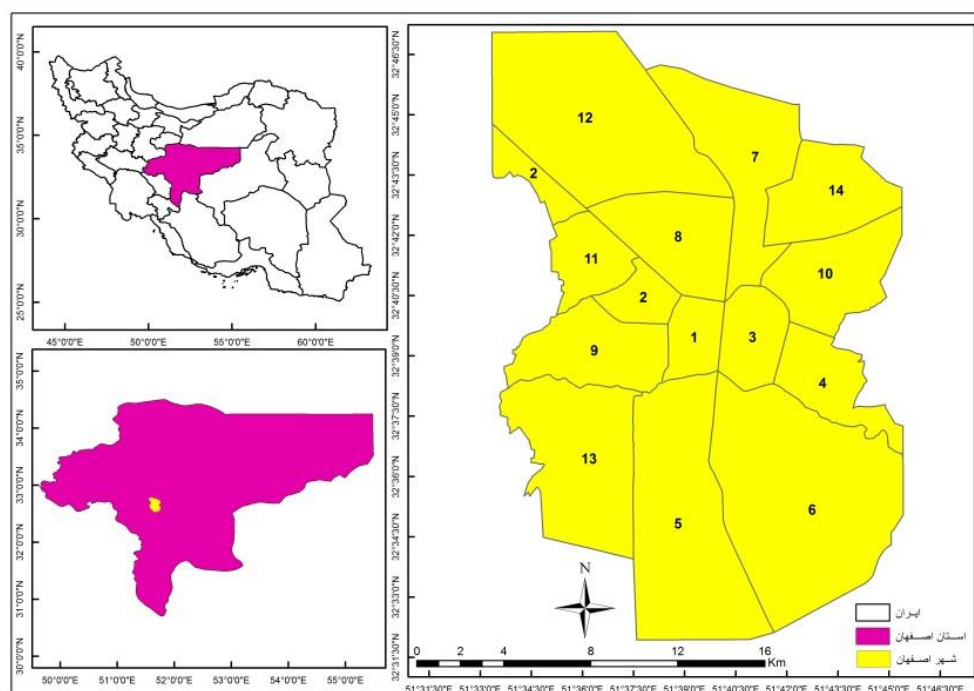
4 - Automatic Weather Stations

اندک می‌باشد. شکیبیا و همکاران (۱۳۸۹) و نامداری (۱۳۸۹) نیز در پژوهشی، تأثیرات کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۷ را مورد بررسی قرار دادند. 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. 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) به بررسی تغییرات زمانی و مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده TM & ETM+ 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. مزیدی و حسینی (۱۳۹۴) در پژوهشی، تأثیر تغییر کاربری و پوشش زمین بر جزیره‌ی گرمایی در منطقه شهری یزد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش رابطه میان NDVI و دمای سطح زمین با استفاده از تحلیل همبستگی و رگرسیون دو متغیره بیان کننده تأثیر پوشش گیاهی در کاهش دما است. با توجه به موارد اشاره شده، هدف در این پژوهش مطالعه الگوها و آشکارسازی تفاوت‌های دمایی شهر اصفهان، به منظور تهیه پهنه‌بندی دمایی شهر و امکان تشکیل جزیره دمایی با استفاده از فنون سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای است. بدین منظور با استفاده از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست، الگوهای دمایی شهر اصفهان در محیط نرم‌افزار ERDAS IMAGING استخراج و مورد پردازش قرار گرفت.

داده‌ها و روش‌ها

شهر اصفهان یکی از کلان‌شهرهای مهم ایران محسوب می‌شود؛ که دارای جمعیتی بالغ بر ۱,۷۵۶,۱۲۶ نفر مهم‌ترین شهر در منطقه مرکزی ایران است.

در پژوهش حاضر به منظور استخراج دمای سطح زمین از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست، (جدول ۱) از تارنمای <http://Earthexplorer.usgs.gov> دریافت و سپس در محیط نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی و پردازش تصویر شامل نرم افزار ArcGIS 9.3 و ERDAS IMAGING 9.2 مراحل انجام پژوهش و استخراج اطلاعات و تحلیل‌های مکانی استفاده گردید.



شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱: تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM استفاده شده در پژوهش

نوع سنجنده	ردیف ^۱ و	تاریخ برداشت میلادی	ردیف
TM	۳۷ - ۱۶۷	۱۹۹۱/۱/۷	۱
TM	۳۷ - ۱۶۷	۱۹۹۱/۶/۱۶	۲
TM	۳۷ - ۱۶۷	۲۰۱۰/۶/۴	۳
TM	۳۷ - ۱۶۷	۲۰۱۰/۱۲/۲۹	۴

مراحل تهیه تصویر دمایی زمین

الف: محاسبه رادیانس طیفی

تصویر حرارتی با بهره بالای^۲ 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؛ بر اساس معادله (۱) Landsat Project Science (Office 2002)

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

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

^۱ - Row

^۲ - Path

^۳ - High Gain

ب: بازیابی دمای روشنایی^۱

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

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

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^۲ 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 موثر 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:

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

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

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

^۱ - Retrieving Brightness Temperature

^۲ - Surface emissivity

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

که $d\epsilon$ 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٪ برسد. البته به صورت تقریبی با توجه به معادله زیر می‌توان این مقدار را محاسبه کرد:

$$d\epsilon = (1 - \epsilon_s)(1 - P_v)F\epsilon_v \quad \text{رابطه (۵)}$$

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) را به وسیله معادله (۶) و (۷) بدست آورد:

$$\epsilon = m P_v + n \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$m = \epsilon_v - \epsilon_s - (1 - \epsilon_s)F\epsilon_v \quad \& \quad n = \epsilon_s + (1 - \epsilon_s)F\epsilon_v \quad \text{رابطه (۷)}$$

به منظور اعمال این روش، مقدار گسیل‌مندی خاک و پوشش گیاهی مورد نیاز است. بدین جهت، مقدار گسیل‌مندی 0.99 برای پوشش گیاهی انتخاب گردید. با توجه به تنوع بالای گسیل‌مندی خاک در مقایسه با پوشش گیاهی مقدار میانگین آن با (انحراف استاندارد 0.004)، 0.973 در نظر گرفته شد (Sobrino et al, 2004: 436).

ج: محاسبه NDVI

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

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad \text{رابطه (۸)}$$

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

$$T_s = \frac{T_b}{1 + \left(\frac{abT}{a}\right) Lns} \quad \text{رابطه (۹)}$$

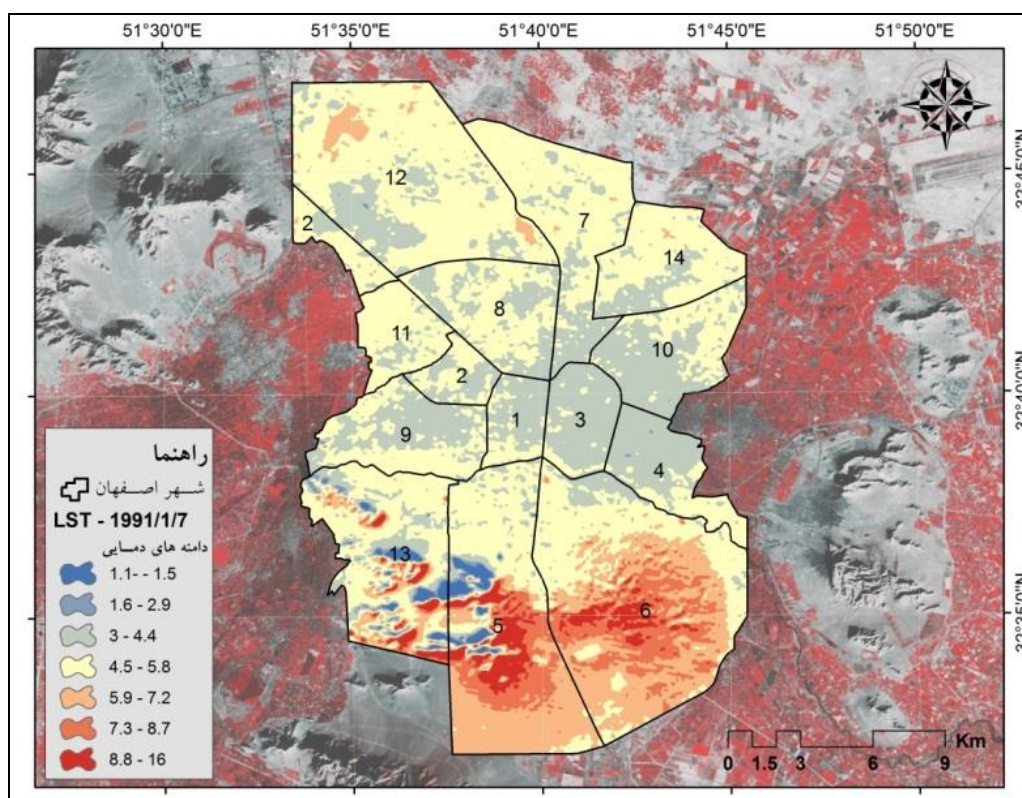
که در آن: λ طول موج رادیانس ساطع شده ($11.5 \mu m$)، $a = \frac{hc}{k}$ ، h ثابت پلانک ($6.62 \times 10^{-34} \text{ j}\cdot\text{sec}$)، c سرعت نور ($2.998 \times 10^8 \text{ m/sec}$)، k ثابت استفان بولتزمن ($1.38 \times 10^{23} \text{ j/k}$) و ϵ گسیل‌مندی است.

یافته‌های پژوهش

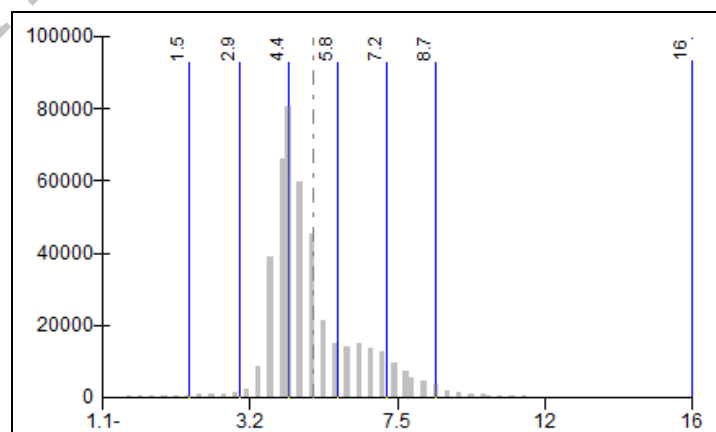
تصویر حرارتی شهر اصفهان پس از اعمال الگوریتم‌های استخراج دمای سطح زمین (LST)، تهیه و سپس طبقه‌بندی، بر اساس روش میانگین انحراف استاندارد (Xu et al, 2011: 1232)، در تاریخ: $1991/1/7$ به هفت کلاس، (شکل ۲) تهیه گردید. همچنین نمودار نحوه توزیع دمای سطح زمین نیز در (شکل ۲) نمایش داده شده است. بر اساس این شکل بیش‌ترین دامنه دمایی در مناطق جنوبی شهر می‌باشد که شامل مناطق ۱۳، ۵ و ۶ است که بیش‌ترین وسعت را نیز

¹ - Land Surface Emissivity (LSE)

مناطق ۵ و ۶ به خود اختصاص داده‌اند که منطبق بر مناطق بیابانی و لم یزرع شهر اصفهان می‌باشند و در مقایسه این نقشه (شکل ۲) با نقشه پوشش گیاهی در همان تاریخ ۱۹۹۱/۱/۷ (شکل ۱۴) قابل مشاهده است که مناطق ۵ و ۶ شهری اصفهان دارای کم‌ترین تراکم پوشش گیاهی است و کم‌ترین دمای شهر اصفهان در تاریخ مورد نظر مناطق مرتفع جنوبی (کوه‌های صفا) شهر هستند که با وجود گسترش در مناطق فاقد پوشش گیاهی و لم یزرع تأثیر دمای خود را بر مناطق اطراف تحمیل کرده‌اند.

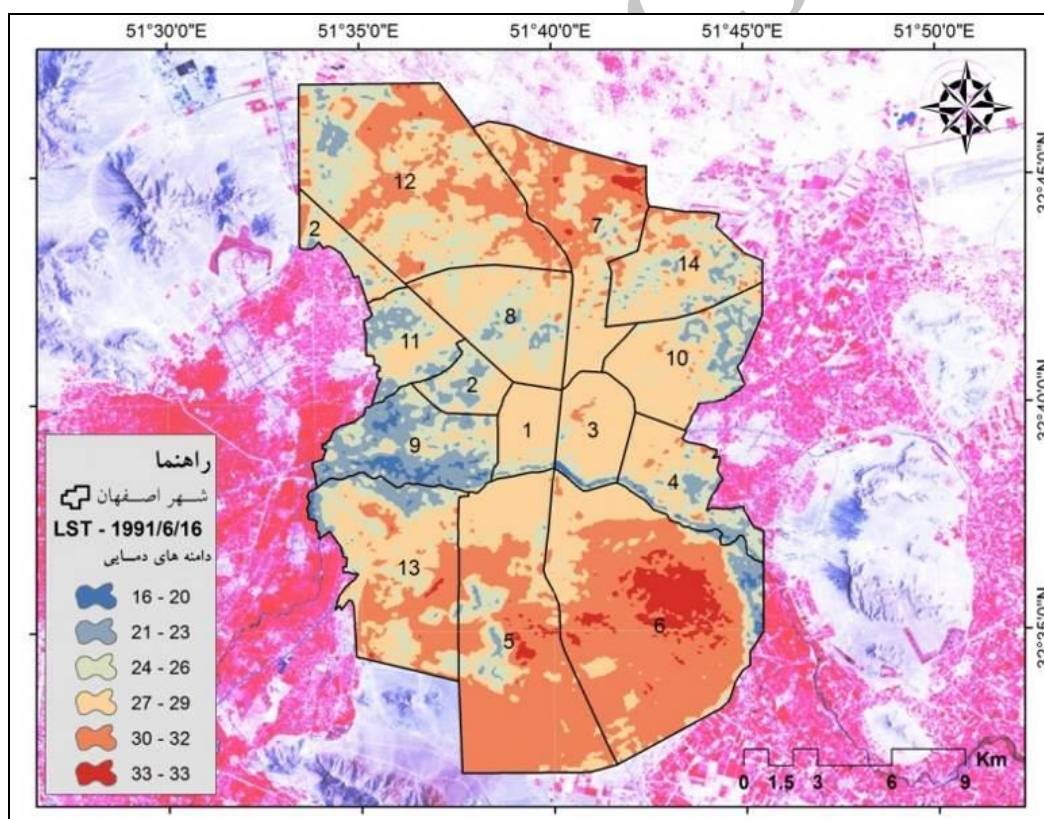


شکل ۲: نقشه حرارتی تصویر ماهواره لندست سنجنده TM در تاریخ: ۱۹۹۱/۱/۷

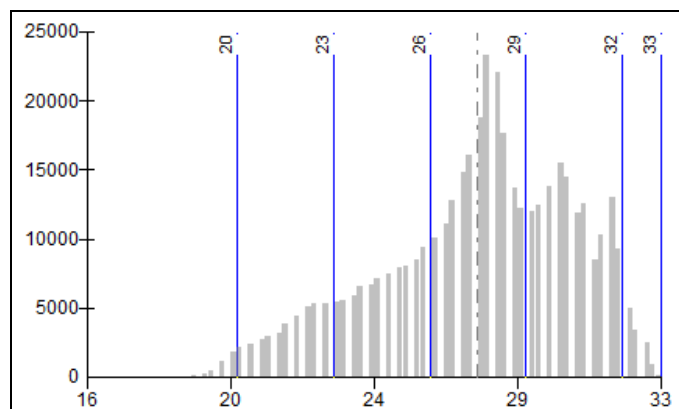


شکل ۳: نمودار میانگین انحراف معیار و توزیع دمای سطح زمین در تاریخ ۷ ژانویه سال ۱۹۹۱

نقشه دمای سطح زمین در تاریخ ۱۶ ژوئیه سال ۱۹۹۱ در (شکل ۴) و نمودار نحوه توزیع دمای سطح زمین نیز در (شکل ۵) نمایش داده شده است. بر اساس این شکل همچون ماه های ژانویه ۱۹۹۱ گرم ترین مناطق شهری اصفهان مناطق ۵ و ۶ می باشد که افزون بر این مناطق درصد زیادی از مناطق ۷ و ۱۲ نیز دارای دامنه دمای بسیار گرم می باشند. در حالی که مناطق پیرامون زاینده رود درصد زیادی از منطقه ۹ کم ترین دامنه دمایی را به خود اختصاص داده اند و مناطق مرکزی شهر اصفهان که شامل مناطق ۱، ۳، ۴ و ۸ نیز دارای دمایی بالای هستند و تنها نواحی که نزدیک زاینده رود می باشند از دمای معتدل و کم بهره مند هستند. با مقایسه نقشه دمای سطح زمین شهر اصفهان در ژوئیه ۱۹۹۱ با نقشه شاخص پوشش گیاهی (شکل ۱۵) در همان تاریخ نشان می دهد که مناطق با دمایی سطحی کم و متعادل کاملاً با مناطق دارای پوشش گیاهی مترکم همگونی کامل داشته و به عبارتی دمای سطحی کم این مناطق شهری تابع تراکم پوشش گیاهی بوده است. البته نقش تعدیل کننده زاینده رود در پیرامون خود هم در پوشش گیاهی و هم در تعدیل دمای پیرامونی کاملاً مشخص است (شکل ۴).

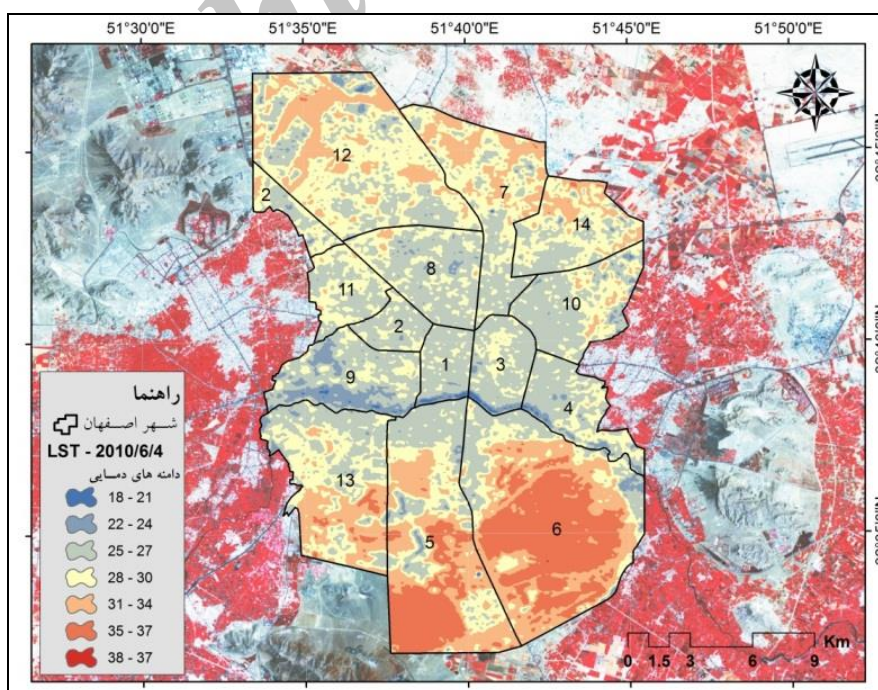


شکل ۴: نقشه دمای سطح زمین در شهر اصفهان در تاریخ ۱۶ ژوئیه سال ۱۹۹۱

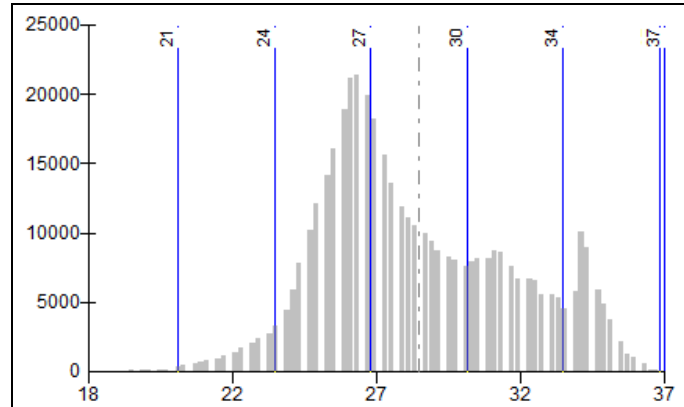


شکل ۵: نمودار میانگین انحراف معیار و توزیع دمای سطح زمین در تاریخ ۱۶ ژوئیه سال ۱۹۹۱

نقشه دمای سطح زمین در تاریخ ۴ ژوئیه سال ۲۰۱۰ در (شکل ۶) و نمودار نحوه توزیع دمای سطح زمین نیز در (شکل ۷) نمایش داده شده است. بر اساس این شکل همچنان گرم‌ترین مناطق شهری اصفهان مناطق ۵ و ۶ می‌باشند و نکته قابل توجه در این نقشه بالا رفتن دامنه دمایی مناطق گرم نسبت به همین ماه در سال ۱۹۹۱ در حدود ۵ درجه سانتیگراد است که نشان از گرم‌تر شدن محیط شهری در طی ۱۹ سال می‌باشد. کم‌ترین دمای مناطق شهری نیز همچون نواحی پیرامونی زاینده رود است و نکته مهمی دیگر در این زمینه بالا رفتن کمینه دمای شهری در حدود ۲ درجه نسبت به سال ۱۹۹۱ می‌باشد که نکته قابل تاملی است. مقایسه‌ای که بین نقشه دمای سطح زمین (شکل ۶) و نقشه پوشش گیاهی (شکل ۱۶) شهر اصفهان صورت گرفت همچون مقایسه پیشین بین نقشه‌های دمای و پوشش گیاهی نشان از انطباق بین مناطق دمای کم با مناطق پوشش گیاهی متراکم است که علت دما کمینه شهری و پوشش گیاهی فعالیت و وجود زاینده رود می‌باشد.

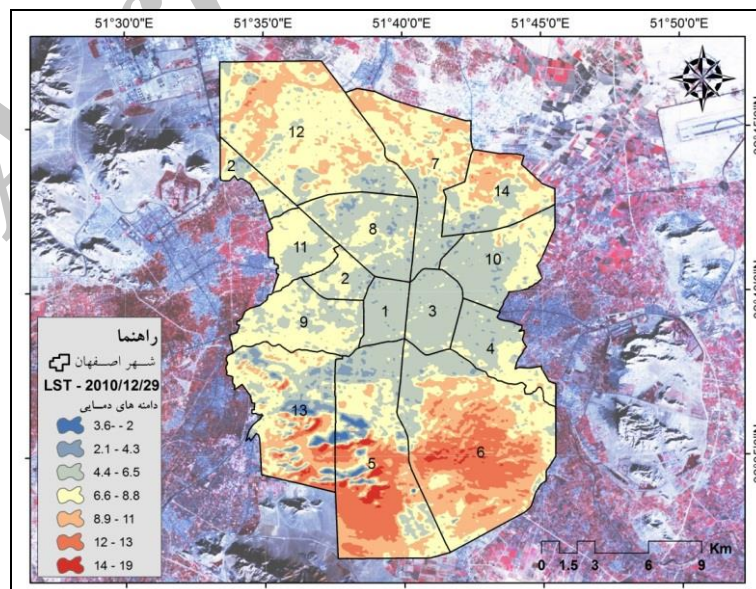


شکل ۶: نقشه دمای سطح زمین در شهر اصفهان در تاریخ ۴ ژوئیه سال ۲۰۱۰

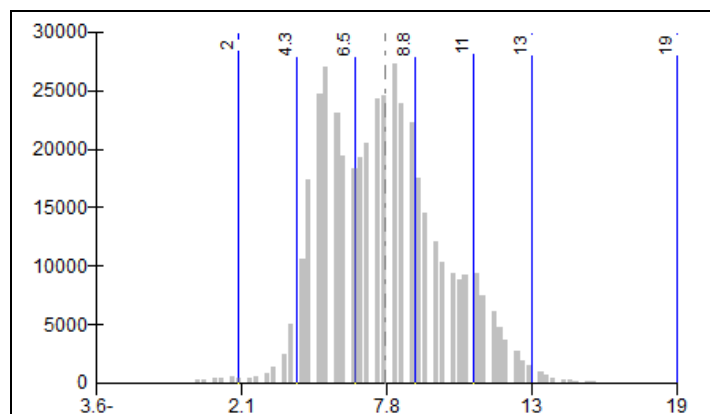


شکل ۷: نمودار میانگین انحراف معیار و توزیع دمای سطح زمین در تاریخ ۴ ژوئیه سال ۲۰۱۰

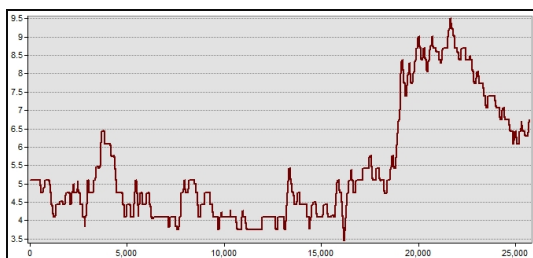
نقشه دمای سطح زمین در تاریخ ۲۹ دسامبر ۲۰۱۰ در (شکل ۷) و نمودار نحوه توزیع دمای سطح زمین نیز در (شکل ۸) نمایش داده شده است. بر اساس این شکل بیشترین دمای شهری اصفهان در ماه دسامبر ۲۰۱۰ مربوط به مناطق ۵ و ۶ است و کمترین دمای نیز در پیرامون مناطق مرتفع شهری (کوه صفه) می‌باشد (شکل ۷). در مقایسه نقشه دمای سطحی دسامبر سال ۲۰۱۰ با ژانویه سال ۱۹۹۱ (شکل ۲) که نشان از وجود اختلاف دمای زیاد در ۲۹ دسامبر ۲۰۱۰ می‌باشد به طوری که کمترین نقطه دمای شهر اصفهان در ۲۹ دسامبر (۲۰۱۰) $-۳/۶$ درجه سانتی‌گراد است که در مقایسه با همین نقطه در نقشه دمای سطحی ژانویه ۱۹۹۱ دمای $-۱/۱$ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد. علاوه بر این گرمای شهر اصفهان در دسامبر سال ۲۰۱۰ نسبت به ۱۹ سال پیش در همین ماه بیش‌تر بوده (۳ درجه سانتی‌گراد) به عبارتی اختلاف دمای بین کمترین و بیشترین دمای شهری اصفهان در دسامبر ۲۰۱۰ در حدود $۵/۵$ درجه سانتی‌گراد است که نسبت به دامنه دمای شهر در همان تاریخ در ۱۹ سال پیش معنی‌دار می‌باشد. نیمرخ عمودی دمایی تصاویر منطبق بر طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه خاوری در شکل‌های (۱۰ الی ۱۳) ترسیم گردید.



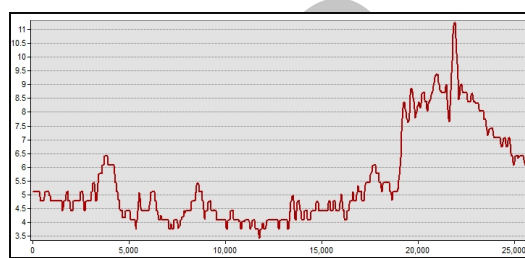
شکل ۸: نقشه دمای سطح زمین در شهر اصفهان در تاریخ ۲۹ دسامبر ۲۰۱۰



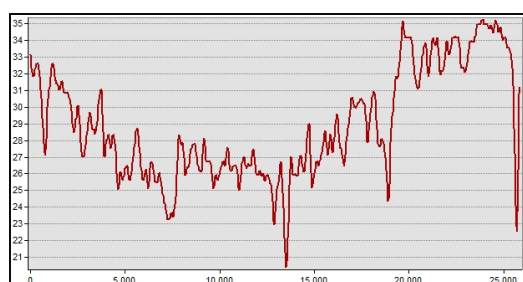
شکل ۹: نمودار میانگین انحراف معیار و توزیع دمای سطح زمین در تاریخ ۲۹ دسامبر ۲۰۱۰



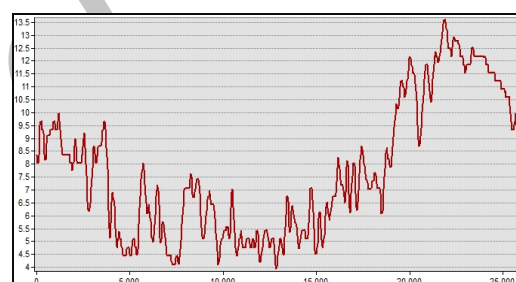
شکل ۱۱: نیمرخ دمایی در تاریخ: ۶ ژوئیه ۱۹۹۱



شکل ۱: نیمرخ دمایی در تاریخ: ۷ ژانویه ۱۹۹۱



شکل ۱۳: نیمرخ دمایی در تاریخ: ۴ ژوئیه ۲۰۱۰



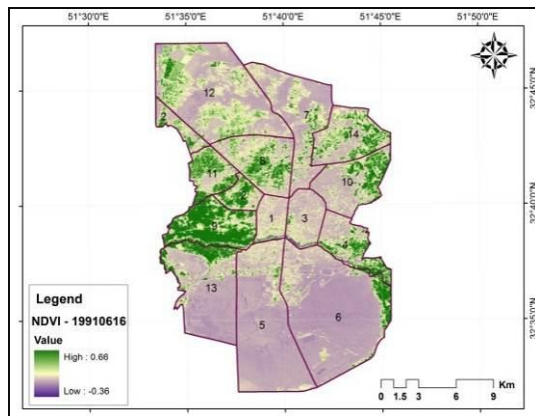
شکل ۱۲: نیمرخ دمایی در تاریخ: ۲۹ دسامبر ۲۰۱۰

با توجه به داده‌های طبقات دمایی شهر اصفهان، ویژگی‌های الگوهای حرارتی در (جدول ۳) نشان داده شده است. در تاریخ (۱۹۹۱/۱/۷) کمینه دمایی $-۱/۱$ درجه سانتی‌گراد و بیشینه آن ۱۶ درجه سانتی‌گراد با میانگین $۵/۱$ درجه سانتی‌گراد با انحراف معیار $۱/۴$ محاسبه گردید. در تاریخ (۱۹۹۱/۶/۱۶) کمینه دمایی ۱۶ بیشینه ۳۳ میانگین ۲۸ سانتی‌گراد و انحراف معیار ۳ ، در تاریخ (۲۰۱۰/۶/۴) کمینه دمایی ۱۸ بیشینه ۳۷ میانگین ۲۹ سانتی‌گراد و انحراف معیار $۳/۲$ ، در تاریخ (۲۰۱۰/۱۲/۲۹) کمینه دمایی $-۳/۶$ بیشینه ۱۹ میانگین $۷/۷$ سانتی‌گراد و انحراف معیار $۲/۳$ می‌باشد.

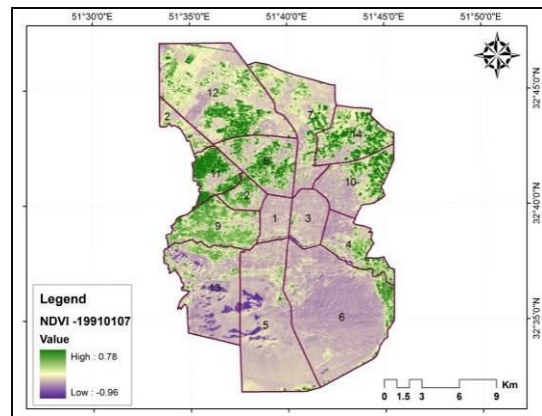
جدول ۳: اطلاعات آماری دما در تصاویر حرارتی استخراج شده

تاریخ تصاویر	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
۱۹۹۱/۱/۷	$-۱/۱$	۱۶	۵/۱	۱/۴
۱۹۹۱/۶/۱۶	۱۶	۳۳	۲۸	۳
۲۰۱۰/۶/۴	۱۸	۳۷	۲۹	۳/۲
۲۰۱۰/۱۲/۲۹	$-۳/۶$	۱۹	۷/۷	۲/۳

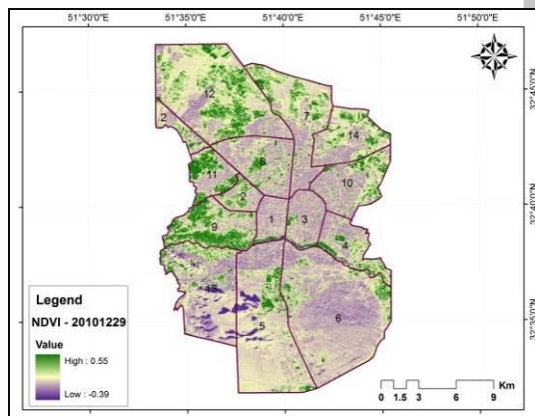
نقشه‌های شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی نیز ترسیم (شکل ۱۴) تا (شکل ۱۷) و ویژگی‌های آماری آن در (جدول ۴) نشان داده شده است. بر اساس این اشکال در تاریخ (۱۹۹۱/۱/۷) کمینه شاخص $-0/96$ و بیشینه آن $0/78$ با انحراف معیار $0/1$ محاسبه و در تاریخ (۱۹۹۱/۶/۱۶) کمینه شاخص $-0/36$ و بیشینه $0/66$ و انحراف معیار $0/14$ ، در تاریخ (۲۰۱۰/۶/۴) کمینه شاخص $-0/23$ و بیشینه $0/68$ و انحراف معیار $0/11$ ، در تاریخ (۲۰۱۰/۱۲/۲۹) کمینه شاخص $-0/4$ و بیشینه $0/56$ و انحراف معیار $0/066$ می‌باشد.



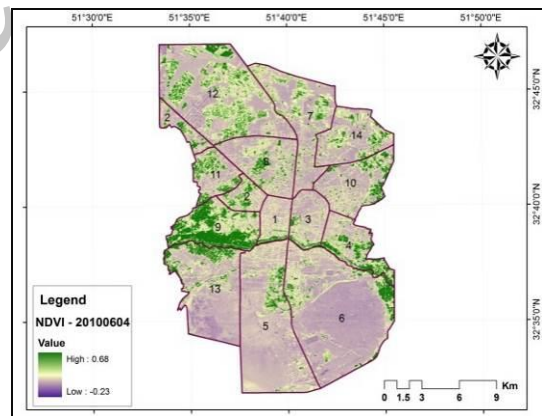
شکل ۱۵: نقشه شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی تاریخ ۱۹۹۱/۶/۱۶



شکل ۱۴: نقشه شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی تاریخ ۱۹۹۱/۱/۷



شکل ۱۷: نقشه شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی در تاریخ ۲۰۱۰/۱۲/۲۹



شکل ۱۶: نقشه شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی در تاریخ ۲۰۱۰/۶/۴

جدول ۴: اطلاعات آماری شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی

تاریخ تصاویر	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
۱۹۹۱/۱/۷	$-0/96$	$0/78$	$0/22$	$0/1$
۱۹۹۱/۶/۱۶	$-0/36$	$0/66$	$0/58$	$0/14$
۲۰۱۰/۶/۴	$-0/23$	$0/68$	$0/31$	$0/11$
۲۰۱۰/۱۲/۲۹	$-0/4$	$0/56$	$0/05$	$0/066$

بحث و نتیجه‌گیری

در این نوشتار، با به کارگیری داده‌های سنجش از دور در کلانشهر اصفهان به عنوان یک محیط شهری در دو دوره سرد و گرم سال در یک بازه زمانی ۱۹ ساله، به بررسی دمای سطح زمین و رابطه آن با شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی پرداخته شد. در مقایسه بین نقشه دمای سطح زمین با نقشه پوشش گیاهی ماه‌های گرم سال (ژوئیه) شهر اصفهان، نشان از انطباق مناطق کمینه دمای شهری با مناطق پوشش گیاهی مترکم می‌باشد که علت اصلی آن وجود زاینده رود و نقش تعدیل کننده دمای پیرامون و وجود آب کافی جهت ایجاد مناطق پوشش گیاهی و باغات پایین دست خود می‌باشد. در حالی که ماه‌های سرد (دسامبر و ژانویه) سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۱۰ که کم‌ترین دامنه دمای منطبق بر مناطق مرتفع جنوبی (کوه صفه) است و مناطق پیرامونی زاینده رود و مناطق پوشش گیاهی حالت متعادل دمای در رنج دمای ۴ الی ۶ درجه سانتی‌گراد را ایجاد کرده‌اند. به عبارتی دو کانون کمینه دمای در سطح شهر اصفهان وجود دارد که شامل مناطق مرتفع (کوه صفه) و نواحی پیرامونی آن و دومین کانون کمینه دمای شهر اصفهان نواحی پیرامونی زاینده رود و مناطق پوشش گیاهی پیرامونی و پایین دست آن می‌باشد. تفاوت بین این دو کانون در اختلاف دمای زیاد در مناطق مرتفع نسبت به اختلاف دمای کم نواحی پیرامونی زاینده رود می‌باشد. انطباق پایین‌ترین دامنه دمای سطح زمین با بالاترین میزان شاخص پوشش گیاهی در این پژوهش در یک محیط شهری با مطالعات هاشمی و همکاران (۱۳۹۲) و ساسانپور و همکاران (۱۳۹۲) در شهر تهران مطابقت دارد. بررسی رابطه کیفیت پوشش گیاهی و دمای سطح زمین گواه این موضوع است که کیفیت و کلاس‌های مختلف پوشش گیاهی ارتباط مستقیمی بویژه در دوره گرم سال دارند. در همین راستا به دلیل وجود همبستگی بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) لزوم و اهمیت حفاظت و نگهداری کاربری پوشش گیاهی و فضای سبز را به‌ویژه در محیط‌های شهری به عنوان یک متغیر بسیار مهم جهت تعدیل شرایط آب و هوایی برای نهادهای مسئول در مدیریت شهری ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

- ۱- احمدی، محمود، عاشورلو، داوود، نارنگی فرد، مهدی (۱۳۹۱): تغییرات زمانی- مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده TM & ETM+، سنجش از دور و GIS ایران، سال چهارم، شماره ۴، ۵۵-۶۸.
- ۲- اسمعیل پور، نجما و ملکه عزیزپور (۱۳۸۸): تغییر کاربری اراضی کشاورزی و افزایش نسبی دمای شهر یزد ناشی از رشد سریع آن، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال ۷، شماره ۱۲، صص ۵۴-۳۷.
- ۳- امیری، رضا، علی‌محمدی، عباس، علوی‌پناه، سید کاظم (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، مجله محیط شناسی، سال سی و سوم، شماره ۴۳، صص ۱۲۰-۱۰۷.
- ۴- جلال‌زاده، زهره، ترابی، مسعود، دالکی، احمد (۱۳۸۷): مقایسه دمای سطحی حاصل از داده‌های میدانی و ماهواره‌ای در خزر جنوبی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، صص ۱۲۱-۱۱۰.

- ۵- جلیلی، شیدا، مرید، سعید، ضیایان فیروزآبادی، پرویز (۱۳۸۷): مقایسه عملکرد شاخص‌های ماهواره‌ای و هواشناسی در پایش خشکسالی، تحقیقات آب و خاک ایران، شماره ۱، صص ۱۳۹-۱۴۹.
- ۶- جهانبخش، سعید، زاهدی، مجید، ولیزاده کامران، خلیل (۱۳۹۰): محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از روش سیال و درخت تصمیم در محیط RS, GIS در بخش مرکزی منطقه مراغه، جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۶، شماره ۳۸، صص ۱۹-۴۲.
- ۷- حجازی‌زاده، زهرا، ضیایان، پرویز، شیرخانی، علیرضا (۱۳۹۲): مقایسه تخمین دمای سطح با استفاده از داده‌های باند حرارتی سنجنده‌های ماهواره‌ای در غرب استان تهران و قزوین، جغرافیا، سال ۱۱، شماره ۳۸، صص ۳۳-۴۹.
- ۸- دانش کار آراسته، پیمان، تجربی، مسعود و بهرام تقفیان (۱۳۹۰): تعیین دمای سطح با استفاده از فن آوری سنجنش از دور در منطقه سیستان، مجله مهندسی و مدیریت آب، جلد ۳، شماره ۲، صص ۶۷-۷۷.
- ۹- رضانی، بهمن، دخت محمد، مریم (۱۳۸۹): شناخت محدوده مکانی تشکیل جزیره گرمایی در شهر رشت، پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال اول، شماره ۱، صص ۶۴-۴۹.
- ۱۰- ساسان‌پور، فرزانه، ضیایان، پرویز و مریم بهادری (۱۳۹۲): بررسی رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران، جغرافیا، سال ۱۱، شماره ۳۲، صص ۲۵۶-۲۷۰.
- ۱۱- شکیب، علیرضا، ضیایان فیروزآبادی، پرویز، عاشورلو، داوود، نامداری سودابه (۱۳۸۸): تحلیل رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران، با استفاده از داده‌های ETM+، مجله سنجنش از دور و GIS ایران، سال اول، شماره اول، صص ۵۶-۳۹.
- ۱۲- شمسی‌پور، علی‌اکبر، مهدیان ماهفروزی، مجتبی و زینب حسین‌پور (۱۳۹۱): واکاوی تغییرات مکانی هسته‌ی جزیره‌ی گرمایی شهر تهران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره ۳، صص ۱۴۶-۱۲۷.
- ۱۳- صادقی‌نیا، علیرضا علیجانی، بهلول ضیایان، پرویز و شهیار خالدی (۱۳۹۲): کاربرد تکنیک‌های خودهمبستگی فضایی در تحلیل جزیره حرارتی شهر تهران، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال سیزدهم، شماره ۳۰، صص ۶۷-۹۰.
- ۱۴- علوی‌پناه، کاظم، احسانی، امیرهوشنگ، متین‌فر، حمیدرضا، رفیعی‌امام، عمار، امیری، رضا (۱۳۸۵): «مقایسه محتوای اطلاعاتی باندهای سنجنده TM و ETM+ در محیط‌های بیابانی و شهری ایران»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۶، صص ۴۷-۶۴.
- ۱۵- فلاح شمسی، سید رشید، مجنون ابوالفضل، ناظم السادات، سید جعفر (۱۳۸۸): بررسی اثر تخصیص زمین به فضای سبز بر جزایر گرمایی شهر (UHI) شیراز با استفاده از فنون سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی. طرح پژوهشی، دانشگاه شیراز.
- ۱۶- مزیدی، احمد، حسینی، فاطمه‌سادات (۱۳۹۴): تأثیر تغییر کاربری و پوشش زمین بر جزیره‌ی گرمایی در منطقه‌ی شهری یزد با استفاده از داده‌های سنجنش از دور، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۸، صص ۱-۱۲.
- ۱۷- ملک‌پور، پیمان و محمد طالعی (۱۳۹۰): مدل‌سازی ارتباط کاربری- پوشش اراضی و حرارت سطح زمین، با استفاده از داده‌های سنجنده ASTER، محیط شناسی، سال سی و هفتم، شماره ۵۸، صص ۲۹-۴۲.
- ۱۸- موسوی بایگانی، محمد، اشرف، بتول، فرید حسینی، بتول، میان آبادی، آمنه (۱۳۹۱): بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نظریه فرکتال، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره اول، صص ۳۵-۴۹.
- ۱۹- میریعقوب‌زاده، میرحسین و محمدرضا قنبرپور (۱۳۸۸): بکارگیری داده‌های سنجنش از دور در برآورد دمای سطح اراضی (مطالعه موردی حوزه آبخیز وردین، آذربایجان خاوری)، مجله علمی پژوهشی مرتع، سال سوم، شماره ۴، صص ۷۲۳-۷۳۴.
- ۲۰- نامداری، سودابه (۱۳۸۸): استخراج جزایر حرارتی در مناطق شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی شهر تهران)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما علیرضا شکیب، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
- ۲۱- هاشمی، محمود، علوی پناه، کاظم، دیناروندی، مرتضی (۱۳۹۲): ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط زیست شهری با کاربرد سنجنش از دور حرارتی، محیط شناسی، سال ۳۹، شماره ۱، صص ۸۱-۹۲.

22- 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, Pp 2606-2617.

- 23- Artis, D. A., and Carnahan, W. H. (1982): Survey of Emissivity Variability in Thermography of Urban Areas. *Remote Sensing of Environment*, No 12, Pp 313–329.
- 24- DEng Sheng, 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, Pp 157–167.
- 25- Han, Ji-Young and Jong-jin Baik (2008): A Theoretical and Numerical Study of Urban Heat Island-Induced Circulation and Convection, *Journal of The Atmospheric*, Vol 65, Pp 1858-1877.
- 26- 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, Pp 476-486.
- 27- Holmer, Bjorn and Ingeard Eliasson (1999): Urban-Rural VA Pour Pressure Differences and Their Role In The Development of Urban Heat Islands, *International Journal of Climatology*, No 19, Pp 989-1009.
- 28- <http://Earthexplorer.usgs.gov>
- 29- Jiang, Jing, and 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, Pp 571–575.
- 30- Landsat Project Science Office (2002): Landsat 7 Science Data User's Handbook URL: http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html.
- 31- Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering, (1973): Monitoring Vegetation Systems in The Great Plains With ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-351, Pp 309-317.
- 32- Sobrino, A., Juan, C., Jiménez-Muñoz. And Leonardo Paolinib, (2004): Land Surface Temperature Retrieval From Landsat TM 5, *Remote Sensing of Environment*, No 90, and Pp 434-440.
- 33- 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, Pp 1-13.
- 34- Vooget J.A and T.R, Oke, (2003): Thermal Remote Sensing of Urban Climates, *Remote Sensing of Environment*, No 86, Pp 370-282.
- 35- 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), Pp 237- 25.
- 36- 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. 39(2), Pp 193–201.
- 37- 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, Pp 1228-1237.