

تحلیل فضایی دمای شهر شیراز در فصول گرم و سرد با به کارگیری تحلیل های آماری و تصاویر ماهواره ای

چکیده

در چند دهه گذشته مناطق شهری در سراسر جهان با رشد نمایی جمعیت همراه بوده، که باعث تغییرات گسترده در پوشش سطح زمین و کاربری های شهری شده است. بدین منظور، در این پژوهش داده های دمایی روزانه ایستگاه همدید شیراز از تاریخ ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ در بازه زمانی ۶۰ ساله بررسی و سپس میانگین روزانه دما به میانگین پنج روزه پنجگ تبدیل شد. نتایج حاصل از تحلیل خوشه ای به روی فواصل اقلیدسی به روش وارد چهار فصل متمایز دمایی را مشخص می نماید. بر این اساس، دوره گرم از ۱۸ خرداد آغاز می شود و در ۷ شهریور به پایان می رسد. همچنین، دوره سرد از ۱۷ آبان شروع می شود و تا ۸ فرودین ادامه پیدا می کند. پس از تعیین فصول با استفاده از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست دامنه های دمایی (دمای سطح زمین) و میزان شاخص پوشش گیاهی NDVI برای هر دو فصل گرم و سرد با استفاده از نرم افزار اردس در تاریخ های ۶ دسامبر ۲۰۱۰ و ۱۵ ژوئیه ۲۰۱۰ به ترتیب جهت فصول سرد و گرم تهیه و ارزیابی شد و محاسبه تفاوت های آن به کمک نرم افزار 9.3 ARCGIS انجام پذیرفت. یافته ها نشان داد نحوه توزیع الگوهای دمایی در دو فصل متفاوت است؛ بدین صورت که در فصل گرم سال پایین ترین دامنه دمایی مربوط به کاربری پوشش گیاهی است؛ اما در فصل سرد مناطق شمال و شمال باختری متمرکز است، که شامل شهرک های نوساز باختری و دامنه های باختری ارتفاعات شمالی است.

واژه های کلیدی: تحلیل فضایی، دمای سطح زمین، فصل سرد و گرم، تصاویر ماهواره ای، شهر شیراز

مقدمه

تحلیل های فضایی^۱ و جغرافیایی اغلب چندمتغیره و چند معیاره اند. جغرافیدانان، برنامه ریزان و تصمیم گیرندگان فضایی (مکانی) برای حل مسائل خویش با طیف وسیعی از داده ها و اطلاعات مواجهند که استفاده، تلفیق و تحلیل آن ها به سبب حجم زیاد و ماهیت های متفاوت، معمولاً بسیار پیچیده و مشکل است (کرم، ۱۳۸۴: ۹۳). جغرافیا برای حضور فعال و مؤثر در محیط، باید رابطه منطقی و کاربردی با محیط خود برقرار نماید. این رابطه؛ یعنی شرکت فعال در هدایت و رهبری فرایند تحولات محیطی که جز از طریق تحلیل علمی و صحیح محیط امکان پذیر نخواهد بود (نوری، ۱۳۷۹: ۱). یکی از شاخص های مهم تأثیرگذار آب و هوایی در نواحی شهری، فرایندهای دمایی است. دما بنا به تعریف، همان

انرژی خورشیدی جذب شده به وسیله مواد است که به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود (جلال‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۱۰).

فصل به دوره زمانی مشخصی که با توجه به مدت تابش خورشید و شرایط جوی حاصل از تغییرات زمانی و شدت تشعشع خورشید تقسیم‌بندی شده است، نامیده می‌شود. به عبارت دیگر، یک دوره زمانی از سال تقویمی که به وسیله یک سری از هواهای همگن و متجانس قابل تفکیک است، یک فصل نامیده می‌شود (ذوالفقاری، ۱۳۸۴: ۹۱). به جهت اینکه دما مهم‌ترین عامل در تعیین فصول است، جهت شناسایی فصول طبیعی، برای تفکیک و مقایسه با همدیگر از روش آماری تحلیل خوشه‌ای، زمان‌های طبیعی (حرارتی) هر کدام از فصول رسمی سال تعیین گردید. الگوهای متفاوت گرمایی نتیجه تأثیرات پیچیده فرایندهای شهری بر شرایط آب و هوای محلی است. تراکم، فشردگی، آلودگی، ترافیک، کمبود و کاهش فضای سبز، افزایش مصرف انرژی و عوامل متعدد دیگر، از دلایل وجود الگوهای دمایی متفاوت در سطح شهر هستند. از این رو، پژوهش درباره این پدیده و مطالعه سازوکارهای به وجود آورنده و تداوم بخش آن جهت ارائه راهکارهایی برای برنامه‌ریزان شهری اهمیت دوچندان می‌یابد.

مطالعه جزیره حرارتی شهری نخست با استفاده از اندازه‌گیری دمای هوا توسط ایستگاه‌های سیار و ثابت شهری انجام می‌گرفت و بر پایه داده‌های زمینی استوار بود؛ اما استفاده از داده‌های سنجش از دور برای برآورد دمای سطح زمین^۱ روش نسبتاً جدیدی به شمار می‌آید که هزینه‌های تخمین دما به روش کلاسیک را به طور چشمگیری کاهش می‌دهد (میری‌عقوب‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸: ۷۲۴). 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 غیرممکن است، بنابراین، لزوم استفاده از فناوری 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). بدین جهت، در این پژوهش با استفاده از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست الگوهای حرارتی سطح زمین در دو فصل سرد و گرم شهر شیراز استخراج شد. همچنین، تغییرات در میزان پوشش گیاهی (کمّی و کیفی) در فصول مختلف و میزان تأثیرگذاری آن بر دامنه‌های دمایی، همچنین، تغییر در نحوه پراکنش الگوهای دمای سطح زمین در این فصول به عنوان هدف اصلی این پژوهش مورد توجه قرار گرفت. در مطالعات انجام گرفته در این زمینه می‌توان به پژوهش‌های صورت گرفته توسط ژیاو^۲ 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. دنک‌شنگ^۳ و ونگ^۴ (۲۰۰۶) با استفاده از تصاویر سنجنده استر^۵ با تحلیل چند زمانه به برآورد رابطه میان الگوی حرارتی شهری و توصیفگرهای بیوفیزیکی در شهر

1- Land Surface Temperature (LST)

2- Xiao

3- Dengsheng

4- Weng

5- ASTER

این‌دیاناپولیس^۱ آمریکا پرداختند. جیانگ^۲ و تیان^۳ (۲۰۱۰) در پژوهشی با تجزیه و تحلیل تأثیر تغییرات کاربری زمین و پوشش زمین بر دمای سطح زمین با استفاده از داده‌های سنجش از دور پرداخته شد. زینگ‌پنگ^۴ و همکاران (۲۰۱۱) با به کارگیری ایستگاه‌های خودکار هواشناسی^۵ و استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور، رابطه بین پوشش نسبی زمین و جزیره حرارتی شهر گونگجو در جنوب چین را مطالعه کردند. همچنین، پژوهش‌های متعددی در زمینه جزایر حرارتی با به کارگیری داده‌های زمین‌مبنا در کلان‌شهرها انجام گرفته؛ از جمله به مطالعات هولمر^۶ و الیسون^۷ (۱۹۹۹)؛ تورک^۸ و همکاران (۲۰۰۱)، هاو‌کینز^۹ و همکاران (۲۰۰۴) و هان^{۱۰} و بیک^{۱۱} (۲۰۰۸) می‌توان اشاره کرد.

در ایران نیز کاربرد تصاویر حرارتی در زمینه‌های مختلف مورد توجه بوده است؛ از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: امیری و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی و پایش رابطه بین الگوی توزیع و تغییرات دما با کاربری / پوشش زمین در منطقه شهری در حال رشد تبریز با استفاده از داده‌های حرارتی و انعکاسی TM و ETM+ پرداخته است که نشان دهنده ارتباط قوی میان نوع کاربری و دمای سطح است. بختیاری و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از الگوریتم تک پنجره‌ای Qin et al تصویر سنجنده ETM+ ۲۰۰۳ ماهواره لندست، با پیاده‌سازی این الگوریتم که بر اساس پارامترهایی چون عبور اتمسفری، دمای میانگین مؤثر اتمسفر و گسیلمندی اعمال می‌شود؛ به مطالعه دمای سطحی زمین شهر اهواز پرداختند، که در نتیجه با آشکارسازی تفاوت‌های حرارتی مناطق مختلف، مناطق گرم‌اخیز مشخص شد. 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)^{۱۲} و (REF)^{۱۳}، به تهیه نقشه حرارتی از شهر اهواز پرداختند. 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 استفاده شود. اسمعیل‌پور و عزیزپور (۱۳۸۸) در مقاله‌ای با محاسبه دمای سطح زمین در شهر یزد، تأثیرات تغییر کاربری اراضی کشاورزی بر افزایش نسبی دما را مطالعه کردند. بهارلو و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی تأثیر عوامل کاربری اراضی، مونواکسید کربن (CO)، جمعیت و فاصله از راه را بر میزان دمای جزیره حرارتی تولید شده از داده‌های سنجنده ETM+ و ارتباط بین پارامترها با میزان دمای جزایر حرارتی بررسی کردند 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 آلانده مونواکسید کربن بیشترین تأثیر را بر افزایش یا کاهش دمایی جزایر حرارتی دارند. موسوی بایگانی و همکاران (۱۳۹۱) جزیره حرارتی شهر مشهد

1- Indianapolis

2- Jiang

3- Tian

4- Xingping

5- Automatic Weather Stations (AWS)

6- Holmer

7- Eliasson

8- Torok

9- Hawkins

10- Han

11- Baik

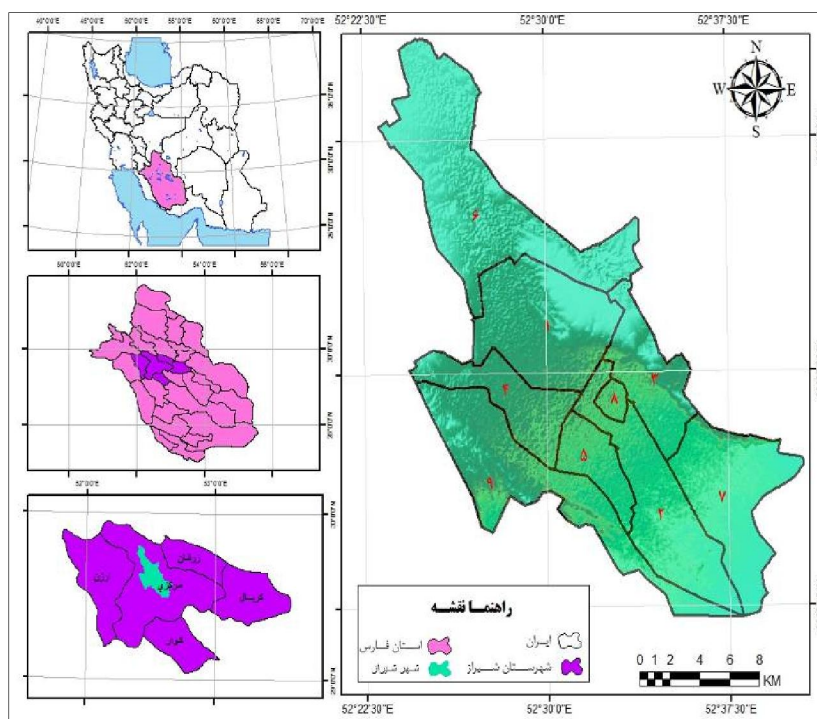
12- Emissivity Normalization Method

13- Reference Chanel Emissivity

را با استفاده از تصاویر سنجنده TM و ETM+ و نظریه فرکتال بررسی کردند. هاشمی و همکاران (۱۳۹۲) توزیع مکانی دمای سطح زمین را با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور حرارتی محیط زیست شهری تهران ارزیابی کردند.

داده‌ها و روش پژوهش

شهر شیراز مرکز استان فارس با طول جغرافیایی ۵۲ درجه ۳۳ دقیقه خاوری و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی در حدود ۱/۷۱ درصد مساحت شهرستان شیراز و حدود ۰/۱۵ درصد از کل مساحت استان را شامل می‌شود. این شهر با میانگین ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا، بر اساس طول دوره آماری سال ۱۹۵۱ الی ۲۰۱۰ با میانگین سالانه بارش ۳۳۷ میلی‌متر و میانگین سالانه دمایی ۱۸ درجه سانتی‌گراد، بر اساس آخرین سرشماری سال (۱۳۹۰) با جمعیتی بالغ بر ۱۵۴۹۴۵۳ در جنوب باختری ایران واقع است. موقعیت منطقه مورد مطالعه نیز در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

داده‌های پژوهش شامل: نخست میانگین داده‌های دمایی روزانه ایستگاه هواشناسی شیراز از سازمان هواشناسی اخذ گردید. سپس تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست، جدول (۱) به منظور استخراج دامنه‌های دمایی شهر در فصول گرم و سرد استفاده شد. همچنین، در پژوهش حاضر از نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی و پردازش تصویر شامل نرم‌افزار آرک جی‌آی‌اس و اردس برای پردازش و استخراج اطلاعات و تحلیل‌های مکانی و نیز از نرم‌افزار تحلیل آماری اسپ‌اس‌اس برای تحلیل‌های آماری استفاده شد.

جدول ۱) تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM استفاده شده در پژوهش‌تعیین فصول گرم و سرد سال

ردیف	فصل	تاریخ برداشت میلادی	تاریخ برداشت خورشیدی	ردیف و گذر	نوع سنجنده
۱	گرم	۲۰۱۰/۷/۱۵	۱۳۸۹/۴/۲۴	۱۶۳-۳۹	TM
۲	سرد	۲۰۱۰/۱۲/۶	۱۳۸۹/۹/۱۵	۱۶۳-۳۹	TM

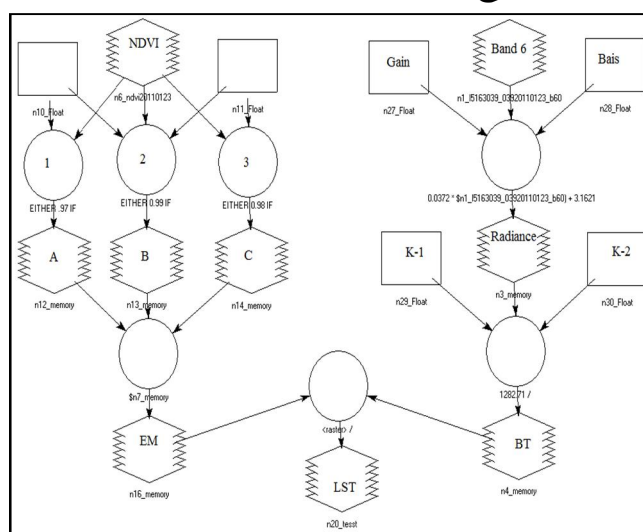
برای بررسی و مطالعه داده‌ها، نخست میانگین روزانه دما به میانگین دوره‌های پنج روزه تبدیل گردید. در نتیجه ۳۶۵ روز سال به ۷۳ پنجک تقسیم شد. سپس برای تعیین فصول گرم و سرد سال به روش خوشه‌بندی بروی فواصل اقلیدسی به روش وارد^۱ انجام پذیرفت، در این روش میانگین پنج روزه دما با استفاده نرم‌افزار SPSS، گروه‌بندی شد. در نتیجه خوشه‌بندی به صورت نمودارهای درختی به دست آمد. بر اساس روش چنگلان^۲ (علی‌جانی، ۱۳۷۶: ۲۴). همه پنجک‌ها با میانگین دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد و بیشتر، جزو دوره گرم و پنجک‌های با دمای میانگین کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد جزو دوره سرد محسوب شد.

استخراج دمای سطح زمین از تصاویر ماهواره‌ای

برای استخراج نقشه حرارتی از باند ۶ سنجنده TM استفاده شد. تصاویر بالا برای تحصیل و تعیین تفاوت‌های دمایی میان پدیده‌های شهری پیچیده مناسب است و امکان آنالیز مؤثر اقلیم شهری را فراهم می‌نماید (نامداری، ۱۳۸۸: ۵۸). در این پژوهش کوشش شد تصاویر مورد استفاده در شرایط مناسب هواشناسی در فصول گرم و سرد سال تهیه گردد.

مراحل تهیه تصویر دمایی زمین

الگوریتم اعمال شده برای تحصیل دمای سطح زمین از تصویر در شکل (۲) نمایش داده شده است.



شکل ۲) مراحل اعمال الگوریتم تهیه تصویر حرارتی زمین از تصویر ماهواره‌ای

الف - محاسبه رادیانس طیفی

تصویر حرارتی با بهره بالای^۱ 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)

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

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.

ب - محاسبه دمای روشنایی

تبدیل رادیانس طیفی به دمای جسم سیاه: از رابطه پلانک برای تبدیل مقادیر تابش طیفی به دمای جسم سیاه (BT) استفاده شد:

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

که در این رابطه BT دمای روشنایی^۲ سنجنده بر حسب کلون، K_1 ثابت کالیبراسیون اول معادل ۶۶۶/۰۹ بر حسب $(W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1})$ ، K_2 ثابت کالیبراسیون دوم معادل ۱۲۸۲/۷۱ بر حسب کلون و L رادیانس طیفی بر حسب $(W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1})$ است.

پ - محاسبه گسیلمندی سطح^۳ 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 می‌دارند و با توجه به درصد پوشش خود ترکیب می‌شوند (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۸: ۴۲). مقدار درصد پوشش گیاهی با استفاده از NDVI^۴ محاسبه می‌شود. در این روش، آستانه گذاری NDVI استفاده می‌شود.

۱. $NDVI > ۰/۲$: در این مورد پیکسل مربوط به خاک خشک، و مقدار گسیلمندی آن بر اساس آنالیز کتابخانه‌ای نمونه‌های خاک برای باند حرارتی لندست ۰/۹۷۸ است.

۲. $NDVI < ۰/۵$: پیکسل‌های با ارزش NDVI بزرگ‌تر از ۰/۵ مناطق با پوشش گیاهی کامل و مقدار ارزش ثابت برای گسیلمندی ۰/۹۸۵ تخمین زده شده است.

1- High Gain

2- Brightness Temperature

3- Surface emissivity

4- Normalized Difference Vegetation Index

۳. $0.5 \leq NDVI \leq 0.2$: در این مورد پیکسل ترکیبی است.

ج- محاسبه NDVI

برای محاسبه NDVI از دو باند قرمز و فروسرخ نزدیک استفاده شد تا شاخص اختلاف گیاهی بهنجار شده از معادله (۳) (Rouse et al, 1974: 309) حساب گردد.

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad (3)$$

در پایان پس از تصحیح تصاویر حرارتی و محاسبه گسیلمندی دمای سطح زمین با استفاده از معادله (۴) محاسبه می‌شود.

$$T_s = \frac{T_b}{[1 + (\frac{\lambda b t}{a}) \ln \varepsilon]} \quad (4)$$

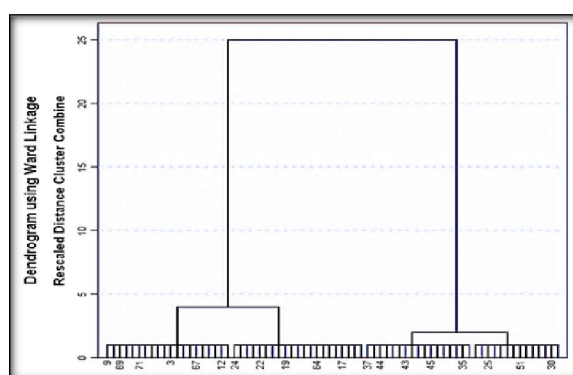
λ طول موج رادیانس ساطع شده ($11.5 \mu m$)، $\alpha = \frac{hc}{k}$ ؛ ثابت پلانک ($6.62 \times 10^{-34} j \cdot sec$)؛ c سرعت نور ($2.998 \times 10^8 m/sec$)؛ k ثابت استفان بولتزمن ($1.38 \times 10^{-23} j/k$) و ε گسیلمندی است. سرانجام برای تبدیل داده‌ها، تغییر واحد از درجه کلون به درجه سلسیوس با معادله (۵) انجام پذیرفت:

$$CELSIUS = KELVIN - 273.15 \quad (5)$$

یافته‌های پژوهش

تقسیم به دو فصل سرد و گرم

با بررسی داده‌های دمایی (پنجک‌های دمایی) شکل (۳) ایستگاه همدید شیراز دوره گرم از ۱۸ خرداد (هشتم ژوئن) آغاز می‌شود و در ۷ شهریور (۲۹ آگوست) به پایان می‌رسد (پنجک‌ها با میانگین دمای مساوی و بیشتر از ۲۲ درجه سانتی‌گراد)، همچنین، دوره سرد از ۱۷ آبان (۸ نوامبر) شروع می‌شود و تا ۸ فرودین (۲۸ مارس) ادامه پیدا می‌کند (پنجک‌های با دمای میانگین کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد).

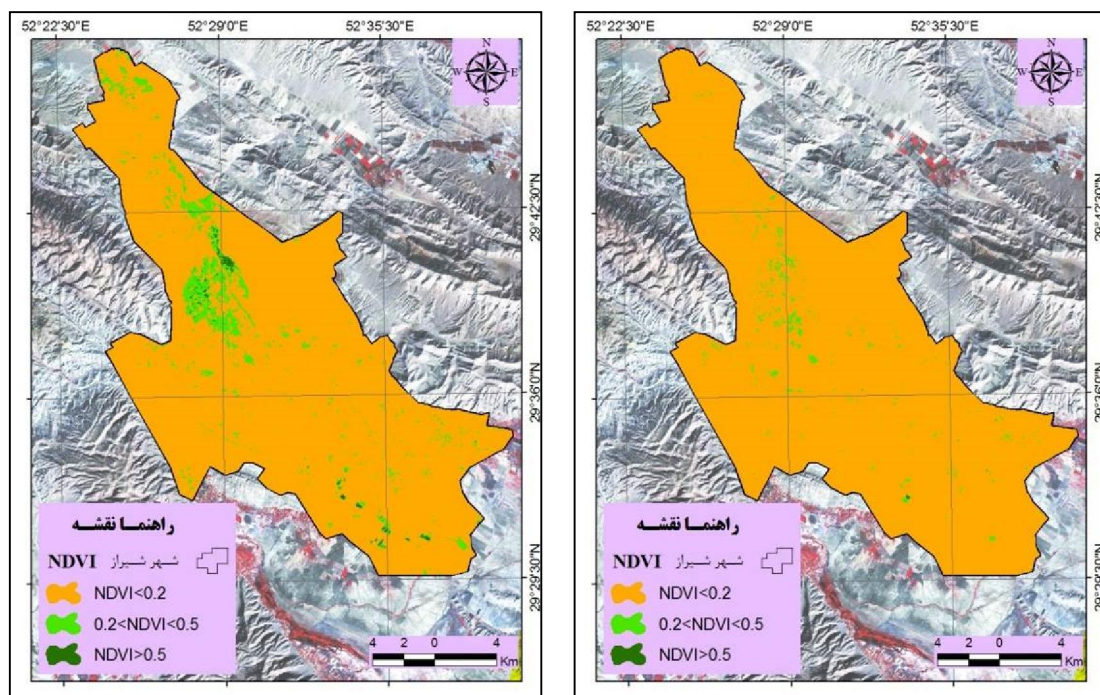


شکل ۳) نمودار شاخه درختی پنجک‌های دمایی شهر شیراز

مقایسه تفاوت‌ها در میزان پوشش گیاهی در دو فصل سرد و گرم

شاخص‌های گیاهی از پرکاربردترین نمونه‌های محاسبات باندی هستند که به منظور محاسبه درصد پوشش گیاهی، بررسی انواع پوشش گیاهی و وضعیت سبزی‌نگی یک منطقه طی دوران‌های مختلف به کار می‌روند. شاخص‌های گیاهی

اساساً به صورت کسری یا خطی، سیگنال‌های باندهای رادیومتری را ترکیب می‌کنند (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۹). بدین منظور، برای ارزیابی تغییرات کیفی و کمی پوشش گیاهی از شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی استفاده گردید. دامنه این شاخص (NDVI) بین ۱- تا ۱+ است، که برای تصویر فصل سرد بین ۰/۳- تا ۰/۶۱ و فصل گرم ۰/۲۷ تا ۰/۶۵ محاسبه گردید. نقشه شاخص پوشش گیاهی در سه طبقه: شامل مناطق با پوشش گیاهی کامل، خاک خشک و مناطق ترکیبی است که جهت دو فصل سرد و گرم تقسیم‌بندی و ترسیم گردید. اشکال (۵) و (۶) توزیع مقادیر شاخص NDVI در دوره گرم نشان می‌دهد که میزان بیش از ۰/۵ این شاخص بیشتر در نواحی شمالی رودخانه خشک در منطقه یک تعلق دارد، که در دوره سرد از بین می‌رود؛ همچنین، مقادیر کمتر از ۰/۵ و بیش از ۰/۲ نیز با کاهش چشمگیری در دوره سرد سال همراه است.



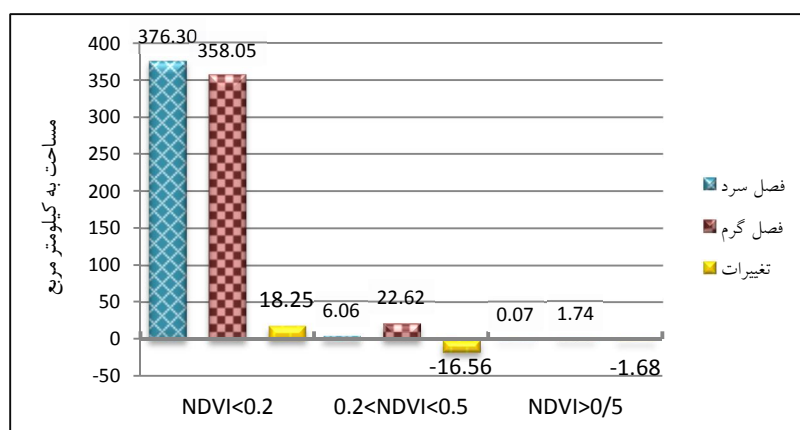
شکل ۴) میزان شاخص NDVI تصویر ماهواره‌ای لندست

سنجنده TM شهر شیراز در فصل گرم

شکل ۵) میزان شاخص NDVI تصویر ماهواره‌ای لندست

سنجنده TM شهر شیراز در فصل سرد

یافته‌های به‌دست آمده بیانگر آن است که ۹۳/۶۳ درصد از منطقه معادل ۳۵۸ کیلومتر مربع به خاک خشک و ۶ درصد با ۲۲/۶۲ کیلومتر مربع به مناطق ترکیبی و ۰/۴۶ درصد نیز با ۱/۷۴ کیلومتر مربع به پوشش گیاهی کامل در فصل گرم اختصاص دارد، که در فصل سرد با کاهش ۴/۳۴ و ۰/۴۴ درصدی به ترتیب برای مناطق ترکیبی و پوشش گیاهی کامل و افزایش ۴/۷۷ درصدی برای مناطقی با خاک خشک همراه است؛ در نتیجه ۹۸/۴ درصد از منطقه معادل ۳۷۶/۳ کیلومتر مربع به خاک خشک و ۱/۵۸ درصد با ۶/۰۶ کیلومتر مربع به مناطق ترکیبی و ۰/۰۲ درصد نیز با ۰/۰۷ کیلومتر مربع به پوشش گیاهی کامل تشکیل می‌دهد (شکل ۷ و جدول ۱).



شکل ۶) مقایسه میزان و تغییرات NDVI در دو فصل سرد و گرم شهر شیراز

جدول ۲) تغییرات شاخص پوشش گیاهی شهر شیراز در دو فصل سرد و گرم

تغییرات		فصل گرم		فصل سرد		شاخص NDVI
درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	
۴/۷۷	۱۸/۲۵	۹۳/۶۳	۳۵۸/۰۵	۹۸/۴	۳۷۶/۳	NDVI < 0.2
-۴/۳۴	-۱۶/۵۶	۵/۹۲	۲۲/۶۲	۱/۵۸	۶/۰۶	0.2 < NDVI < 0.5
-۰/۴۴	-۱/۶۸	۰/۴۶	۱/۷۴	۰/۰۲	۰/۰۷	NDVI > 0.5

مقایسه تفاوت در الگوهای دمایی در دو فصل سرد و گرم

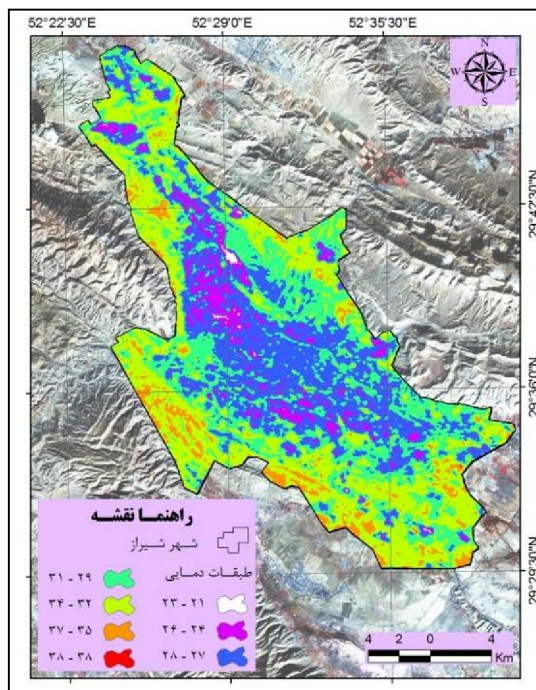
با اعمال الگوریتم‌های اشاره شده به روی تصاویر، تصویر حرارتی شهر شیراز تهیه گردید (شکل‌های ۷ و ۸). سپس طبقه‌بندی تصویر حرارتی، با توجه به منحنی توزیع فراوانی تصویر حرارتی و بر اساس روش میانگین انحراف استاندارد (Xu et al, 2011: 1232)، در محیط نرم‌افزار آرک جی‌آی‌اس انجام پذیرفت. در نتیجه، عملیات طبقه‌بندی تصویر، ۶ الگوی دمایی برای دوره گرم و ۶ الگوی دمایی برای دوره سرد استخراج گردید که کمینه دمایی برای دوره سرد سال ۵/۴ و بیشینه آن ۲۱ با میانگین ۱۴ درجه سانتی‌گراد با انحراف معیار ۲/۳ و دوره گرم با کمینه دمایی ۲۱ و بیشینه ۳۸ با میانگین ۳۰ درجه سانتی‌گراد با انحراف معیار ۲/۹ (جدول ۲) است.

جدول ۳) اطلاعات آماری دما در تصاویر حرارتی استخراج شده در دوره سرد و گرم

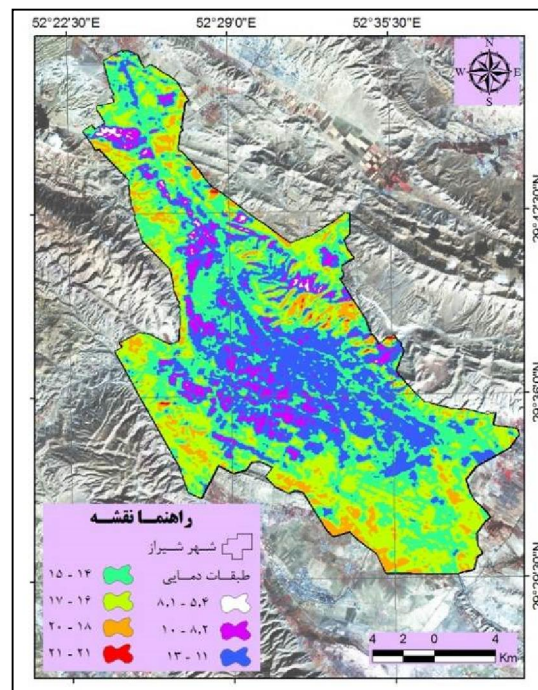
ردیف	پارامتر دما	دوره سرد	دوره گرم
۱	کمینه	۵/۴	۲۱
۲	بیشینه	۲۱	۳۸
۳	میانگین	۱۴	۳۰
۴	انحراف معیار	۲/۳	۲/۹

الگوهای دمایی در دوره سرد

با ملاحظه شکل (۷) دامنه‌های دمایی بسیار سرد بروی نقشه دمایی شهر مشاهده می‌شود. براین اساس، دامنه دمایی ۵/۴ - ۸/۱ درجه سانتی‌گراد، عمدتاً در مناطق شمال و شمال باختری متمرکز است، که شامل شهرک‌های تازه تأسیس باختری (شهرک گلستان) و دامنه‌های باختری ارتفاعات شمالی است. دامنه دمایی سرد بعدی ۸/۲ - ۱۰ سانتی‌گراد نیز در پیرامون دامنه قبلی است که همچنان در مناطق مسکونی شمال باختری و جنوبی پراکندگی دارد و حلقه‌های سردی نیز شامل شهرک سعدی و رکن آباد به صورت منفرد به این دامنه دمایی تعلق دارند. همچنین، دامنه‌های جنوبی ارتفاعات شمالی شهر نیز شامل این دامنه دمایی است. این دامنه دمایی ۱۱ - ۱۳ درجه سانتی‌گراد بیشترین وسعت از کاربری مسکونی را در بر گرفته است که کاملاً بر کاربری مسکونی شهر هماهنگی دارد. الگوی دمایی میانی ۱۴ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین مساحت در کل شهر با ۱۳۱ کیلومتر مربع شکل (۹) و جدول (۲)، با بیشترین همپوشانی کاربری پوشش گیاهی همراه است، باغ‌های قصرالدشت در قسمت باختری، فضاهای بایر پیرامونی، حلقه‌های دمایی منطبق بر کاربری فضای سبز در درون شهر و رودخانه خشک جزو این طبقه دمایی محسوب می‌شوند. دامنه دمایی نسبتاً گرم و گرم بعدی ۱۶ - ۲۱ درجه سانتی‌گراد، در مناطق بایر (فاقد پوشش گیاهی) پیرامون شهر، محدوده فرودگاه و دامنه‌های خاوری ارتفاعات شمال شهر منطبق است.



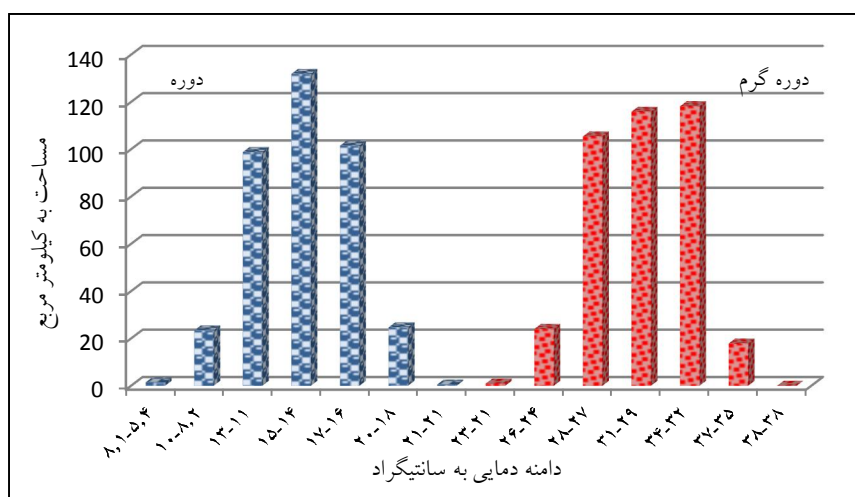
شکل ۸) نقشه طبقه‌بندی دمایی استخراج شده از تصویر
سنجنده TM شهر شیراز در فصل گرم



شکل ۷) نقشه طبقه‌بندی دمایی استخراج شده از تصویر
سنجنده TM شهر شیراز در فصل سرد

الگوهای دمایی در دوره گرم

برخلاف دوره سرد، سردترین دامنه دمایی ۲۱-۲۳ درجه سانتی‌گراد، منطبق بر کاربری پوشش گیاهی (باغ‌های قصرالدشت) است؛ همچنین، دامنه بعدی ۲۴-۲۶ درجه‌ای نیز با همپوشانی بالا با کاربری پوشش گیاهی مناطق باختری و کاربری مسکونی در شمال باختری شهر دارد، حلقه‌های دمایی در شهر ک سعدی و رکن آباد در شمال شهر نیز از همین دامنه دمایی تبعیت می‌کند. گسترده‌ترین دامنه دمایی ۲۷ الی ۲۸ درجه سانتی‌گراد در کاربری مسکونی، با بالاترین همپوشانی با کاربری مسکونی همراه است. دامنه دمایی ۲۹-۳۱ درجه سانتی‌گراد با شروع فضای پیرامونی همراه است. دامنه دمایی ۳۲-۳۴ درجه سانتی‌گراد بیشترین مساحت را در بین الگوهای دمایی در کل شهر با ۱۱۸ کیلومتر مربع (شکل ۹ و جدول ۳)، به خود اختصاص داده است. الگوهای دمایی گرم (دامنه دمایی ۳۲-۳۸ درجه سانتی‌گراد) انطباق کاملی بر کاربری بایر، مناطق خاکی و فضای پیرامونی شهر دارد.



شکل ۹) مساحت دامنه‌های دمایی در دوره سرد و گرم سال در شهر شیراز

جدول ۴) طبقات دمایی و مساحت به کیلومتر مربع برای دوره سرد و گرم سال در شهر شیراز

ردیف	طبقه دمایی دوره سرد	مساحت به کیلومتر مربع	طبقه دمایی دوره گرم	مساحت به کیلومتر مربع
۱	۵/۴-۸/۱	۱/۴۵	۲۱-۲۳	۰/۹۴
۲	۸/۲-۱۰	۲۳/۴۴	۲۴-۲۶	۲۴
۳	۱۱-۱۳	۹۸/۸۱	۲۷-۲۹	۱۰۵/۴۱
۴	۱۴-۱۵	۱۳۱/۸۸	۲۹-۳۱	۱۱۵/۸۸
۵	۱۶-۱۷	۱۰۱/۵۲	۳۲-۳۴	۱۱۸/۱۹
۶	۱۸-۲۰	۲۴/۷۱	۳۵-۳۷	۱۷/۸۸
۷	۲۱-۲۱	۰/۵۲	۳۸-۳۸	۰/۰۳

نتیجه گیری

با بررسی داده‌های دمایی چهار فصل متمایز در شهر شیراز مشاهده می‌شود. همچنین، در بررسی شاخص بهنجارشده پوشش گیاهی شهر شیراز با کاهش چشمگیر کیفیت پوشش گیاهی در دوره سرد سال مواجه است، که با توجه به افزایش آلودگی در دوره سرد سال به همراه کاهش کیفیت پوشش گیاهی، این دو عامل به صورت همزمان سبب بروز مشکلات زیست-محیطی و سرانجام کاهش کیفیت زندگی در محیط شهری می‌گردد. بنابراین، جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی (بالا بردن سرانه فضای سبز از لحاظ کمی)، همچنین، کاشت و غرس گونه‌ها و گیاهان چهار فصل برای افزایش کیفیت پوشش گیاهی در دوره سرد سال به عنوان دو ضرورت مهم جهت تعدیل شرایط آب و هوایی؛ به ویژه شرایط دمایی بسیار پر اهمیت به نظر می‌رسد. با توجه به اینکه دما از مهم‌ترین عناصر شکل دهنده آب و هوای یک منطقه است، دگرگونی و تغییرات در دامنه‌های دمایی به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر ساختار آب و هوایی و پیامد آن بر کیفیت زیستی این مناطق تأثیرگذار است. در این راستا، با ارزیابی الگوهای دمایی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای به نقش مهم کاربری پوشش گیاهی؛ به‌ویژه باغ‌های قصرالدشت در شیراز به عنوان یک عامل تعدیل کننده‌ای در الگوی حرارتی شهر پی برده می‌شود. اثر خنک‌کنندگی پوشش گیاهی با استفاده از سازوکار تبخیر و تعرق در الگوهای حرارتی به صورت جزایر خنک در مناطق پرحرارت شهری به خوبی مشهود است؛ بدین صورت که در فصل گرم سال پایین‌ترین دامنه دمایی مربوط به کاربری پوشش گیاهی است؛ اما در فصل سرد پایین‌ترین دامنه دمایی بیشتر در مناطق شمال و شمال باختری متمرکز است، که شامل شهرک‌های نوساز باختری و دامنه‌های باختری ارتفاعات شمالی است. در کل مناطق شهرداری شیراز، وسیع‌ترین طبقه دمایی ۱۵-۱۴ و ۳۴-۳۲ درجه سانتی‌گراد با ۱۳۱ و ۱۱۸ کیلومترمربع و کوچک‌ترین مساحت مربوط به دامنه دمایی ۸/۱-۵/۴ و ۲۱-۲۳ درجه سانتی‌گراد با ۱/۴۵ و ۰/۹۴ کیلومترمربع به ترتیب برای دوره سرد و گرم به خود اختصاص داده است. در مجموع، با توجه به مطالب مطروحه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

از بین رفتن طبقه دمایی حد واسط کاربری پوشش گیاهی و کاربری شهری در دوره سرد نسبت به دوره گرم سال، کاهش وسعت طبقات دمایی گرم‌تر نسبت به سرد در دوره سرد سال، عمده‌ترین تفاوت در دامنه‌های دمایی در دو فصل مربوط به کاربری پوشش گیاهی است؛ اما در مورد کاربری بایر شاهد تغییرات دامنه‌های دمایی کمتری هستیم. اختلاف دمایی در دوره سرد نسبت به گرم کمتر است؛ بدین ترتیب که اختلاف دمایی ۱۵/۶ و ۱۷ درجه سانتی‌گراد برای دوره سرد و گرم است. به طور کلی، شاهد همگنی بیشتر الگوهای دمایی در دوره گرم نسبت به سرد سال هستیم. پایش تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی در مناطقی که با رشد فزاینده جمعیت روبه‌رو هستند، از اهمیت دوچندانی برخوردار است. در این راستا، ایجاد سازوکاری برای پایش کمی و کیفی پیوسته پوشش گیاهی توسط نهادهای مسئول در مدیریت شهری بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

- ۱- اسمعیل‌پور، 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*، ش ۱۲، صص ۳۷-۹۴.
- ۲- امیری، رضا؛ علی‌محمدی، عباس و 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 محیط‌شناسی*، ش ۴۳، صص ۱۰۷-۱۲۰.
- ۳- بختیاری، محسن؛ رنگرن، کاظم؛ صابری، عظیم و فتاحی، مهدی. (۱۳۹۰). کاربرد سنجش از دور حرارتی در مطالعه دمای سطحی زمین شهر اهواز با استفاده از الگوریتم تک پنجره‌ای، *همایش ملی ژئوماتیک*.
- ۴- بهارلو، ایمان؛ نامداری، سودابه و شکیا، علیرضا. (۱۳۹۰). تأثیر کاربری اراضی و آلاینده مونواکسید کربن بر میزان جزایر حرارتی سطحی تولید شده از داده‌های ETM+، *همایش ملی ژئوماتیک*.
- ۵- جلال‌زاده، زهره؛ ترابی، مسعود و دالکی، احمد. (۱۳۸۷). مقایسه دمای سطحی حاصل از داده‌های میدانی و ماهواره‌ای در خزر جنوبی، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ش ۶۵، صص ۱۱۰-۱۲۱.
- ۶- جلیلی، شیدا، مرید، سعید، ضیایان فیروزآبادی، پرویز. (۱۳۸۷). مقایسه عملکرد شاخص‌های ماهواره‌ای و هواشناسی در پایش خشکسالی، *تحقیقات آب و خاک ایران*، ش ۱، صص ۱۳۹-۱۴۹.
- ۷- ذوالفقاری، حسن. (۱۳۸۴). بررسی فصول طبیعی در استان کرمانشاه، *مجله تحقیقات جغرافیایی*، سال بیستم، ش ۷۶، صص ۹۰-۱۰۶.
- ۸- رحمانی، ناصح؛ شاهدی، کاکا و میرعقوب‌زاده، میرحسین. (۱۳۹۰). ارزیابی شاخص‌های پوشش گیاهی مورد استفاده در سنجش از دور (مطالعه موردی؛ حوضه هرسیک)، *همایش ژئوماتیک*، تهران.
- ۹- رنگرن، کاظم؛ فیروزی، محمدعلی؛ تقی‌زاده، ایوب و مهدی‌زاده، رامین. (۱۳۹۰). تهیه نقشه LST با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نمونه موردی "شهر اهواز"، *همایش ملی ژئوماتیک*.
- ۱۰- شکیا، علیرضا؛ ضیایان فیروزآبادی، پرویز؛ عاشورلو، داوود و نامداری، سودابه. (۱۳۸۸). تحلیل رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران، با استفاده از داده‌های ETM+، *مجله سنجش از دور و GIS ایران*، ش ۱، صص ۳۹-۵۶.
- ۱۱- علیجانی، بهلول. (۱۳۷۶). تعیین فصول طبیعی ایران، *مجله پژوهش‌های جغرافیایی*، ش ۳۵، صص ۲۱-۳۳.
- ۱۲- کرم، عبدالامیر. (۱۳۸۴). تحلیل تناسب زمین برای توسعه کالبدی در محور شمال باختر شیراز با استفاده از رویکرد ارزیابی چند معیاری (MCE) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (ساج - GIS)، *پژوهش‌های جغرافیایی*، ش ۵۴، صص ۹۳-۱۰۶.
- ۱۳- 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، *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ش ۱، صص ۳۵-۴۹.

- ۱۴- میریعقوبزاده، میرحسین و محمدرضا قنبرپور. (۱۳۸۸). به کارگیری داده‌های سنجش از دور در برآورد دمای سطح اراضی (مطالعه موردی حوزه آبخیز وردین، آذربایجان خاوری)، *مجله علمی پژوهشی مرتع*، ش ۴، صص ۷۲۳-۷۳۴.
- ۱۵- 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.
- ۱۶- نوری، هدایت (۱۳۷۹). تحلیل فضایی در جغرافیای کشاورزی، *پژوهش‌های جغرافیایی*، ش ۳۹، صص ۱-۱۰.
- ۱۷- هاشمی، محمود؛ علوی‌پناه، کاظم و دیناروندی، مرتضی. (۱۳۹۲). ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط زیست شهری با کاربرد سنجش از دور حرارتی، *محیط شناسی*، ش ۳۹، صص ۸۱-۹۲.
- 18- 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*. 104, 157-167.
- 19- 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*. 65, 1858-1877.
- 20- 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*. 65, 1858-1877.
- 21- 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*. 43, 476-486.
- 22- Holmer, Bjorn and Ingeard Eliasson (1999), Urban-Rural Vapour Pressure Differences and Their Role in the development of Urban Heat islands, *international journal of climatology*, 19, 989-1009.
- 23- <http://earthexplorer.usgs.gov>
- 24- 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*. 2, 571-575.
- 25- Landsat Project Science Office (2002), Landsat 7 Science Data User's Handbook URL: http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html.
- 26- 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, 309-317.
- 27- Torok, Simon J., Morris, Christopher J.G., Skinner, Carol., Plummer, Neil (2001), Urban heat island features of southeast Australian towns, *Australian Meteorological Magazine*. 50, 1-13.
- 28- 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 , 237- 25.
- 29- 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*. 39, 193-201.
- 30- 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*. 10, 1228-1237.