



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال شانزدهم، شماره‌ی ۵۶
زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۲۲۰-۲۰۱

احمد مزیدی^۱
مهدی نارنگی فرد^۲

ارزیابی پیامد تغییرات کیفیت پوشش گیاهی بر دامنه‌های دمایی در منطقه یک شهر شیراز

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۴

چکیده

در طی سال‌های گذشته، منطقه یک شهر شیراز از تغییرات شدید در کمیت و کیفیت پوشش گیاهی به شدت رنج می‌برد، با توجه به این‌که فراوانی پوشش گیاهی یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر دمای سطح زمین است، بنابراین در این پژوهش ویژگی‌های حرارتی و ارتباط آن با درصد نمایه بهنجار شده اختلاف پوشش گیاهی در یک محیط شهری با استفاده از تصاویر چند زمانه ماهواره لندست مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا چهار تصویر سنجنده TM در تاریخ‌های ۲۲ مارس سال ۲۰۰۹ (دوم فروردین ۱۳۸۸)، ۱۵ جولای ۲۰۱۰ (۲۴ تیرماه ۱۳۸۹)، ۱۹ اکتبر ۲۰۱۰ (۲۷ مهرماه ۱۳۸۹)، ۲۲ نوامبر ۲۰۱۰ (۱ دی‌ماه ۱۳۸۹) دریافت، سپس دمای سطح زمین (LST) و میزان شاخص بهنجار شده اختلاف پوشش گیاهی آن استخراج گردید. یافته‌های پژوهش نشان داد بالاترین میزان درصد شاخص پوشش گیاهی به‌جز در فصل زمستان و بهار با کم‌ترین میزان دمای سطح زمین مرتبط است. بالاترین میزان دما در تمامی فصول متعلق به ارتفاعات با جهت جنوب، جنوب خاوری، نواحی بایر و فاقد پوشش گیاهی است. در فصل بهار بالاترین درصد شاخص پوشش گیاهی با پایین‌ترین میزان درجه حرارت انطباق مکانی ندارد، به عبارت دیگر درصد شاخص پوشش گیاهی با درجه حرارت سطح زمین رابطه معکوس ندارد. در فصل تابستان بالاترین میزان درصد شاخص پوشش گیاهی از نظر مکانی با کم‌ترین میزان دمای سطح زمین انطباق مکانی کامل دارد. در فصل زمستان نحوه پراکنش الگوهای دمایی به دلیل نقش تعدیل‌کننده دمایی پوشش گیاهی با استفاده از سازوکار تبخیر و تعرق در مقایسه با سایر فصول کاملاً متفاوت است، بالاترین دامنه دمایی نخست در ارتفاعات و سپس در مناطقی با کاربری

E-mail: mahdi.narangifard@gmail.com

۱- دانشیار گروه جغرافیا طبیعی آب‌وهواشناسی دانشگاه یزد.

۲- دانشجوی دوره دکتری جغرافیا طبیعی-آب‌وهواشناسی دانشگاه یزد.

پوشش گیاهی مشاهده می‌گردد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که فراوانی و کیفیت پوشش گیاهی یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیر گذار بر دمای سطح زمین می‌باشد.

کلید واژه‌ها: دمای سطح زمین، NDVI، سنجنده TM، شیراز.

مقدمه

شهرنشینی سبب تغییر چشم‌اندازهای طبیعی به کاربری‌های انسان ساخت و تغییر سطوح با ویژگی‌های فیزیکی متفاوت می‌شود. تغییر و تبدیل در پوشش‌های سطحی، تأثیر مهمی بر شرایط جوی و آب‌وهوای محلی دارد (شمسی‌پور و همکاران، ۱۳۹۳: ۵۹). تغییرات ناگهانی محیطی در مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی به تهدیدی خطرناک برای انسان در این قرن تبدیل شده است (تان^۳ و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۵۱۰). اطلاعات جامع پوشش کاربری و پوشش زمین، پیش شرط اولیه لازم برای بررسی منابع زمین، مدیریت و ارزیابی زیست‌محیطی است (پاکیا لاکشمی^۴ و همکاران، ۲۰۱۰: ۳۴۰). کاربری زمین و تغییر نوع پوشش اراضی جزء اصلی در راهبرد کنونی برای مدیریت منابع طبیعی و نظارت بر تغییرات زیست‌محیطی تبدیل شده است (پراساد^۵ و اسرینوسلیو^۶، ۲۰۱۴: ۱). کاربری و پوشش زمین دو واژه جداگانه‌ای است که بیش‌تر به جای یکدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد (پاریا^۷ و بات^۸، ۲۰۱۲: ۹۶). مزیت داده‌های ماهواره‌ای در مشاهده زمین برای پایش زیست‌محیطی به‌خوبی به اثبات رسیده است (دئو^۹ و همکاران، ۲۰۰۱: ۲). گردآوری اطلاعات در مورد تغییرات پوشش زمین برای درک بهتر روابط و تعاملات بین انسان‌ها و محیط طبیعی اساسی است. داده‌های سنجش از دور به یکی از مهم‌ترین منابع اطلاعات برای مطالعات تغییرات مکانی و زمانی پوشش زمین بدل شده است (فیچرا^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۲: ۱). فناوری سنجش از دور به‌طور گسترده‌ای در کاربری شهری، طبقه‌بندی پوشش زمین و آشکارسازی تغییرات استفاده می‌گردد (ونگ^{۱۱} و لئو^{۱۲}، ۲۰۰۹: ۲۵۴۸). آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش زمین را می‌توان در مقیاس زمانی مثل یک دهه، جهت ارزیابی تغییرات در چشم‌اندازهای ناشی از فعالیت‌های انسانی بر روی زمین انجام داد (پاریا و بات، ۲۰۱۲: ۹۶). تصاویر چند طیفی سنجش از دور برای به دست آوردن درک بهتری از محیط‌زیست بسیار کارآمد است (بهنداری^{۱۳}

3- Tan

4- Packialakshmi

5- Prasad

6- Sreenivasulu

7- Paria

8- Bhatt

9- Du

10- Fichera

11- Weng

12- Lu

13- Bhandari

و همکاران، ۲۰۱۲: ۶۱۳). تجزیه و تحلیل تصویر ماهواره‌ای داده‌های ارزشمندی برای نظارت بر محیط‌زیست در طول چند دهه گذشته ارائه داده است (تان و همکاران، ۲۰۱۲: ۳۸۱).

دمای سطح زمین را می‌توان به‌عنوان یک متغیر کلیدی ارزشمند در مطالعات محیطی و اقلیم‌شناسی در نظر گرفت (حجازی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۴). دمای سطح زمین یک متغیر مهم فیزیکی است که آسایش انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (لو^{۱۴} و فابر^{۱۵}، ۱۹۹۷: ۱۴۸)، همچنین نقش مهمی در تعامل انسان و محیط‌زیست بازی می‌کند (تان و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۵۱۰). دمای سطح زمین یک عامل مهم در کنترل بسیاری از فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی زمین است (تان و همکاران، ۲۰۱۰: ۷۱۷) و ممکن است عوارض نامطلوب بهداشتی را برای جمعیت شهری ایجاد کند (مربیتز^{۱۶} و همکاران، ۲۰۱۲: ۹۴). رابطه بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی اغلب با استفاده از شاخص پوشش گیاهی مانند نمایه (NDVI)^{۱۷} مورد مطالعه قرار می‌گیرد (لئو و ونگ، ۲۰۰۶: ۱۵۸).

پژوهش‌ها در زمینه دمای سطح زمین بیش‌تر در ارتباط با جزایر حرارتی در شهرهای بزرگ (لئو و ونگ، ۲۰۰۶؛ جیانگ^{۱۸} و تیان^{۱۹}، ۲۰۱۰؛ ون^{۲۰} و همکاران، ۲۰۱۱) انجام شده است؛ اما در رابطه با ارتباط دمای سطح زمین و نمایه بهنجار شده اختلاف پوشش گیاهی می‌توان به پژوهش‌های (رینولدز^{۲۱} و همکاران، ۲۰۰۸؛ جولین^{۲۲} و سوبرینو^{۲۳}، ۲۰۰۹؛ جولین و همکاران، ۲۰۱۱؛ تان و همکاران، ۲۰۱۱) اشاره کرد. پژوهش‌های بسیاری نیز در زمینه رابطه بین دمای سطح زمین و فراوانی پوشش گیاهی مورد توجه و توصیه پژوهشگران بوده است (کارسون^{۲۴} و همکاران، ۱۹۹۴؛ گلینز^{۲۵} و کارسون، ۱۹۹۵؛ گلینز و همکاران، ۱۹۹۷؛ لو و همکاران، ۱۹۹۷؛ گالو^{۲۶} و اوون^{۲۷}، ۱۹۹۸؛ ونگ، ۲۰۰۱؛ گوارد^{۲۸} و همکاران، ۲۰۰۲).

در ایران نیز پژوهش‌های انجام گرفته جهت دستیابی به دمای سطح زمین بیش‌تر در ارتباط با الگوهای دمایی در شهرهای بزرگ از جمله تهران (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۸؛ صادقی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۲)، شیراز (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۴) و بخش مرکزی شهرستان مراغه (جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۰) بوده است. همچنین پژوهش‌هایی نیز در پیوند با ارتباط دمای سطح زمین و نمایه بهنجار شده اختلاف پوشش گیاهی صورت گرفته که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

-
- 14- Lo
 - 15- Faber
 - 16- Merbitz
 - 17- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
 - 18- Jiang
 - 19- Tian
 - 20- Wen
 - 21- Raynolds
 - 22- Julien
 - 23- Sobrino
 - 24- Carson
 - 25- Gillies
 - 26- Gallo
 - 27- Owen
 - 28- Goward

ملک‌پور و طالعی (۱۳۹۰) در پژوهشی ارتباط تاثیر تغییرات کاربری زمین و پوشش گیاهی بر درجه حرارت سطح زمین در تهران را با استفاده از تصاویر سنجنده ASTER مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های پژوهش بیانگر وابستگی شدید درجه حرارت سطح زمین و مقادیر NDVI در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین پژوهش موسوی بایگانی و همکاران (۱۳۹۱) در خصوص بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با به‌کارگیری تصاویر ماهواره لندست، نشان داد با توسعه یافتن مناطق مسکونی و از بین رفتن پوشش گیاهی میزان دمای تابشی در این شهر افزایش چشمگیری داشته است. ساسان‌پور و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی رابطه کاربری و پوشش اراضی با جزایر حرارتی شهر تهران پرداختند، یافته‌های پژوهش نشان داد که ارتباط مستقیمی میان وجود جزایر حرارتی و ساخت‌وساز بیش‌تر و مناطق بایر گسترده‌تر و رابطه معکوس میان مقادیر NDVI و پوشش گیاهی با دما و جزایر حرارتی وجود دارد. همچنین هاشمی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای، توزیع مکانی و شیو تغییرات دمای سطح و همچنین شاخص پوشش گیاهی در منطقه شهری تهران را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد بر خلاف انتظار، بیشینه‌های دمایی سطح در پهنه‌های متراکم شهری حضور گسترده‌ای ندارند و در پهنه‌های کوهستانی، ارتباط بین NDVI و $LST^{۲۹}$ پایین است و به‌طور کلی شیوه توزیع دمایی در منطقه شهری تهران از شمال‌شرق به جنوب‌غرب کاهش می‌یابد. همچنین بیشینه دماهای LST بیش‌تر در پهنه‌های کوهستانی شرق (بی‌بی شهربانو) و پهنه صنعتی غرب مشاهده می‌گردد.

محدوده شهرداری منطقه یک شهر شیراز در حال حاضر با رشد بی‌رویه ساخت‌وساز و تخریب گسترده پوشش گیاهی به‌ویژه نابودی باغ‌های قصرالدشت همراه است. با توجه به استقرار باغ‌های گسترده در این منطقه، وجود ارتفاعات و چشم‌اندازهای زیبا در ارتفاعات هم‌جوار، سطح نسبتاً مناسب آب‌های زیرزمینی و کیفیت مناسب منابع آبی آن، آب‌وهوای مناسب و وجود چشمه‌ها و قنوت در غرب این محدوده، این ویژگی‌ها به‌طور کلی جایگاه ویژه و منحصر به فردی به این منطقه از دیدگاه ویژگی‌های طبیعی بخشیده است؛ بنابراین با در نظر گرفتن نقش پر اهمیت باغات و فضای سبز شهری در تعدیل دمایی و تلطیف هوا، لزوم بررسی تغییرات کیفی پوشش گیاهی در خلال فصل‌های مختلف ضروری به نظر می‌رسد.

بنابراین هدف اصلی در این پژوهش ارزیابی تاثیر تغییرات کیفی پوشش گیاهی با به‌کارگیری درصد نمایه بهنجار شده اختلاف پوشش گیاهی بر دامنه‌های دمایی با استفاده از داده‌های سنجنده $TM^{۳۰}$ ماهواره لندست در طی فصل‌های چهارگانه می‌باشد.

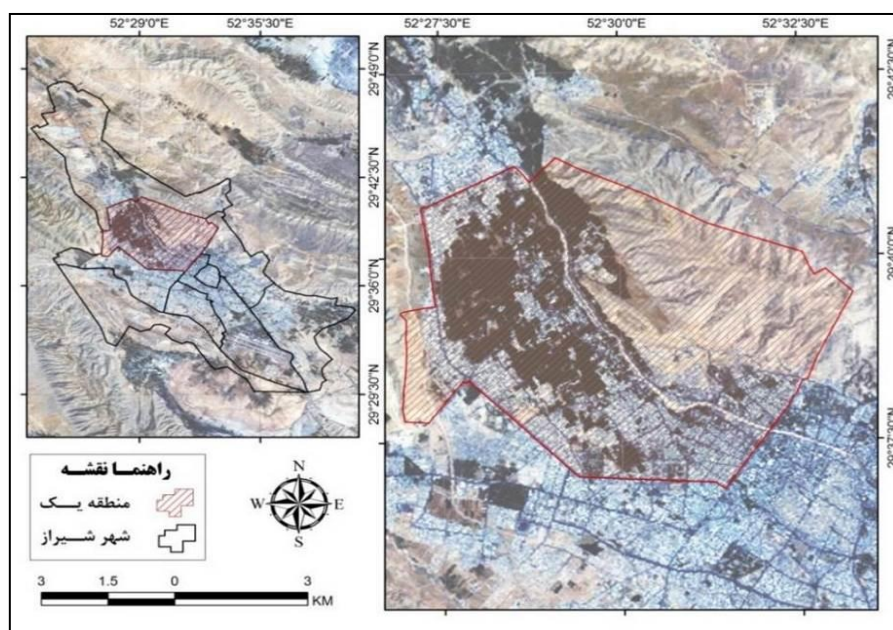
مواد و روش‌ها

منطقه یک شهرداری شیراز، بخش عمده‌ای از شمال، مرکز و شمال باختر شهر را در بر می‌گیرد. این منطقه از جنوب با منطقه چهار از خاور با مناطق هشت، دو و سه و از شمال باختری با منطقه شش هم‌جوار می‌باشد. مرزهای منطقه

29- Land Surface Temperature (LST)

30- hematic Mapper

از جنوب به خیابان هنگ و بلوار پاسداران، چهارراه گاز و همت جنوبی از باختر به مرزهای کوه دراک تا فلکه احسان و محور معالی‌آباد از خاور به خیابان حر، خیابان سعدی بخشی از خیابان زند و خیابان انقلاب تا باسکول نادر و از شمال به محدوده خدماتی طرح تفصیلی ۷۴ محدود می‌گردد. مساحت کنونی منطقه ۵۵/۶۵ کیلومتر مربع می‌باشد که این مساحت جمعیت ۲۱۲۴۹۱ نفری (آمار سال ۱۳۹۰) را در خود جای داده است. تعداد خانوار ساکن در منطقه نیز ۵۸۰۵۸ نفر می‌باشد. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در (شکل ۱) نمایش داده شده است.



شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه یک شهرداری شهر شیراز

در این پژوهش از داده‌های میانگین ماهانه دما و بارش ایستگاه همدیدی شیراز در بازه زمانی (۱۹۵۱-۲۰۱۱) و چهار تصویر سنجنده TM ماهواره لندست با شماره ردیف^{۳۱} ۳۹ و گذر^{۳۲} ۱۶۳ به تاریخ‌های ۲۲ مارس سال ۲۰۰۹ (برابر با دوم فروردین سال ۱۳۸۸)، ۱۵ جولای ۲۰۱۰ (۲۴ تیرماه ۱۳۸۹)، ۱۹ اکتبر ۲۰۱۰ (۲۷ مهرماه ۱۳۸۹)، ۲۲ نوامبر ۲۰۱۰ (۱ دی‌ماه ۱۳۸۹)، در ساعت (۰۶: ۰۵: ۱۰ به وقت گرینویچ و ۳۰: ۱۱ به وقت محلی) از تارنمای سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS)^{۳۳} استفاده گردید^{۳۴}. توان تفکیک مکانی باندهای تصاویر ماهواره لندست در باندهای ۱ الی ۵ و ۷ سنجنده TM ۳۰ متر، باند ۶ (حرارتی^{۳۵}) ۶۰ متر می‌باشد. گزینش تاریخ تصاویر بر اساس فصول چهارگانه انجام پذیرفته است. تصحیح هندسی تصاویر با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ انجام گرفت که تصحیح چهار تصویر با خطای کم‌تر RMSE (خطای جذر میانگین مربعات) کم‌تر از ۰/۵ واحد به دست

31- Row

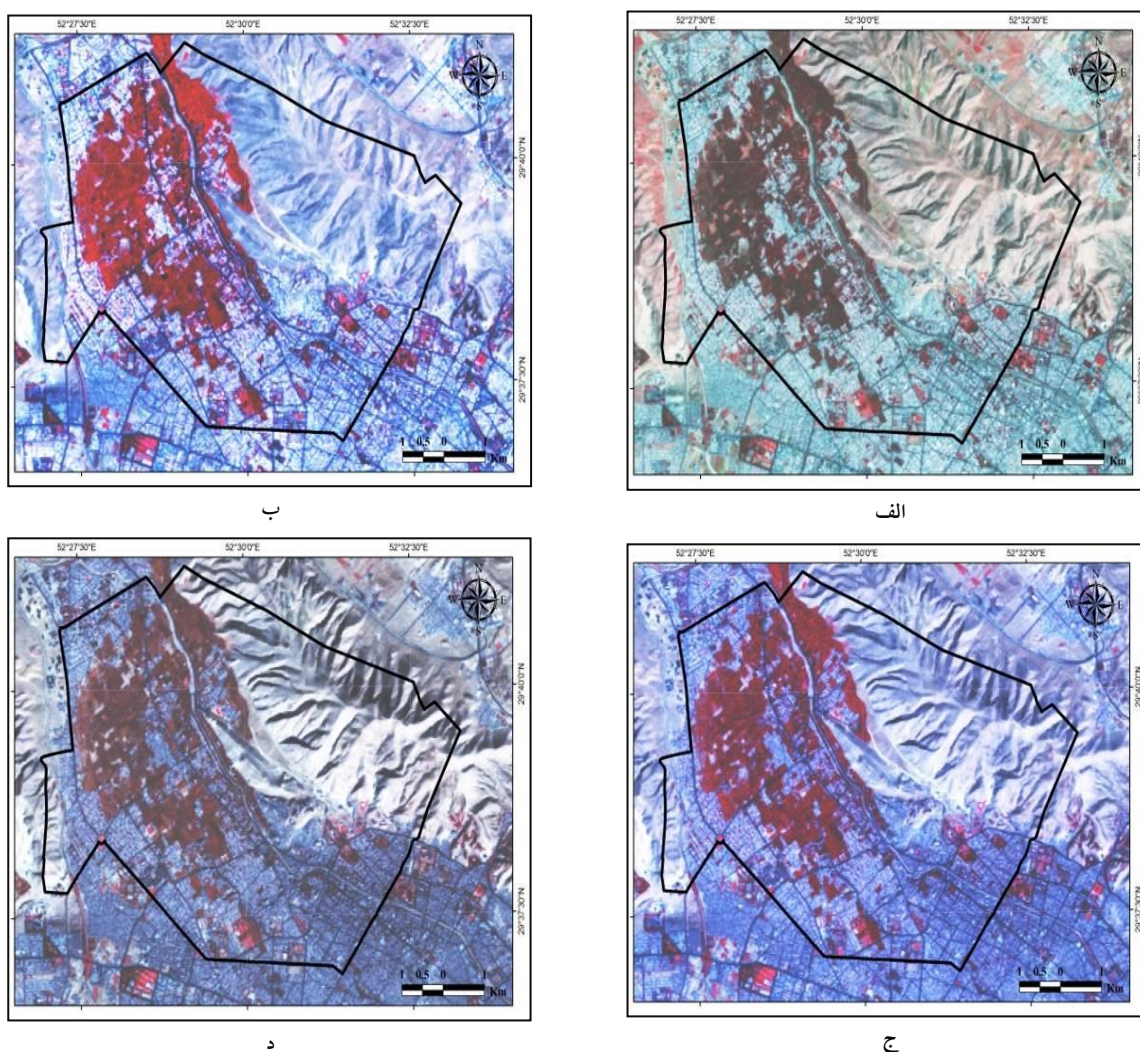
32- Path

33- United States Geological Survey

۳۴- تصاویر از تارنمای <http://earthexplorer.usgs.gov> دریافت گردید.

35- Thermal

آمد. همچنین ترکیب رنگی کاذب^{۳۶} و بازسازی شده تصاویر^{۳۷} با به‌کارگیری تابع تعدیل هیستوگرام^{۳۸} در شکل (۲) نمایش داده شده است. در ادامه تغییرات کیفی پوشش گیاهی (نمایه بهنجار شده اختلاف پوشش گیاهی)^{۳۹} و الگوهای دمایی سطح زمین از تصاویر در محیط نرم‌افزار ERDAS IMAGINE 9.2 استخراج گردید. سپس لایه‌های تهیه شده با ساختار شبکه‌ای^{۴۰} به ساختار برداری^{۴۱} تبدیل و تجزیه و تحلیل‌های مکانی و محاسبات مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.3 صورت گرفت.



شکل ۲: ترکیب کاذب رنگی (RGB ۴۳۲) تصویر ماهواره‌ای منطقه‌ی یک شهر شیراز در تاریخ‌های

(الف: ۲۰۰۹/۳/۲۲، ب: ۲۰۱۰/۷/۱۵، ج: ۲۰۱۰/۱۰/۱۹، د: ۲۰۱۰/۱۲/۲۲)

- 36- False Color Composite (FCC)
- 37- Image Enhancement
- 38- Histogram Equalization
- 39- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
- 40- Raster
- 41- Vector

برای محاسبه نمایه بهنجار شده اختلاف پوشش گیاهی، از دو باند قرمز و فرورسرخ نزدیک استفاده و از طریق معادله (۱) محاسبه (روز^۲ و همکاران، ۱۹۷۴: ۳۰۹) و سپس به منظور تفکیک کیفی پوشش گیاهی، با استفاده از معادله (۲) نقشه درصد پوشش گیاهی تهیه گردید.

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{IR}}{\text{NIR} + \text{IR}} \quad \text{معادله (۱)}$$

$$50 \times \text{CP} = (\text{NDVI} + 1) \quad \text{معادله (۲)}$$

مقادیر این شاخص بین -۱ و +۱ می‌باشد، مقادیر ۰/۰۵ تا ۰/۱ برای مناطق گیاهی تنک، مقادیر ۰/۱ تا ۰/۵ برای مناطق گیاهی معمولی و از ۰/۵ به بالا برای مناطق گیاهی بسیار متراکم و غنی می‌باشد. آب، برف و یخ دارای مقادیر منفی و خاک‌ها دارای مقادیر کم‌تر از ۰/۰۵ و ابرها معمولاً دارای مقادیر حول صفر هستند (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۹: ۱۳۸). جهت استخراج نقشه دمای سطح زمین از تصاویر حرارتی باند ۶ ماهواره لندست استفاده شد. تصاویر مورد نظر در شرایط اتمسفری مناسب از لحاظ فقدان ابر تهیه شد. با توجه به این‌که در این پژوهش تفاوت الگوهای دمایی در کاربری‌های مختلف مورد توجه بوده است و در محدوده فضایی همگن از لحاظ اتمسفری برداشت شده است. خطای ناشی از اثر اتمسفری تصحیح نشده و از دمای روشنایی سنجنده جهت به‌دست آوردن دمای سطح زمین به روش زیر استفاده شده است.

الف: محاسبه رادیانس طیفی

تصویر حرارتی با بهره بالای^{۴۳} 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 رابطه (۴) (Landsat Project Science Office, 2002)

$$L = \text{gain} \times \text{DN} + \text{offset} \quad \text{رابطه (۴)}$$

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

ب: بازیابی دمای روشنایی^{۴۴}

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 شد:

42- Rouse

43- High Gain

44- Retrieving Brightness Temperature

$$BT = \frac{K_2}{\left\{ \text{LN} \left[\frac{K_1}{L} + 1 \right] \right\}} \quad \text{معادله (۴)}$$

که در این رابطه BT دمای روشنایی سنجنده برحسب کلوین، K_1 ثابت کالیبراسیون اول معادل $666/09$ برحسب (W $m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$) K_2 ثابت کالیبراسیون دوم معادل $1282/71$ برحسب کلوین و L رادیانس طیفی برحسب (W $m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$) است.

پ: محاسبه گسیل‌مندی سطح^{۴۵} و دمای سطح زمین

نسبت بین گسیلش از یک شیء به گسیلش از جسمی سیاه در دمای ثابت را گسیل‌مندی می‌گویند. یکی از روش‌های موثر برای تخمین دمای سطح، 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: ۴۳) مقدار درصد پوشش گیاهی با استفاده از NDVI محاسبه می‌شود. در این روش، آستانه‌گذاری NDVI مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱: $NDVI < 0/2$: در این مورد پیکسل مربوط به خاک خشک و مقدار گسیل‌مندی آن براساس آنالیز کتابخانه‌ای نمونه‌های خاک برای باند حرارتی لندست $0/978$ است.

۲: $NDVI > 0/5$: پیکسل‌های با ارزش NDVI بزرگ‌تر از $0/5$ مناطق با پوشش گیاهی کامل و مقدار ارزش ثابت برای گسیل‌مندی $0/985$ تخمین زده شده است.

۳: $0/2 \leq NDVI \leq 0/5$: در این مورد پیکسل ترکیبی است.

در پایان پس از تصحیح تصاویر حرارتی و محاسبه گسیل‌مندی دمای سطح زمین با استفاده از معادله (۵) محاسبه شد.

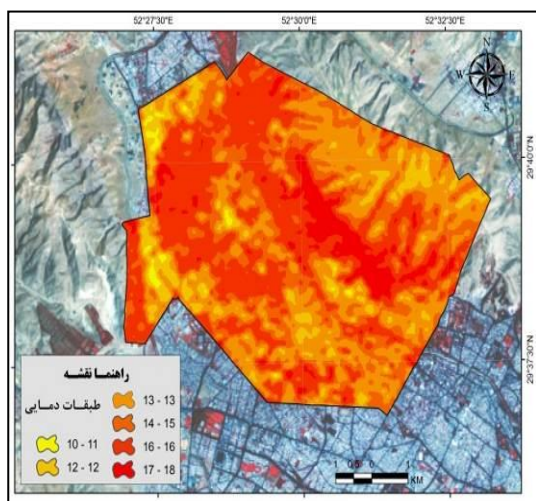
$$T_s = \frac{T_b}{\left[1 + \left(\frac{\lambda b t}{a} \right) \text{Ln} \epsilon \right]} \quad \text{معادله (۵)}$$

که در آن: λ طول موج رادیانس ساطع شده ($11.5 \mu m$)، $a = \frac{hc}{k}$ ، ثابت پلانک ($6/62 * 10^{-34} \text{ j.sec}$)، c سرعت نور ($2/998 * 10^8 \text{ m/sec}$)، k ثابت استفان بولتزمن ($1/38 * 10^{23} \text{ j/k}$) و ϵ گسیل‌مندی است.

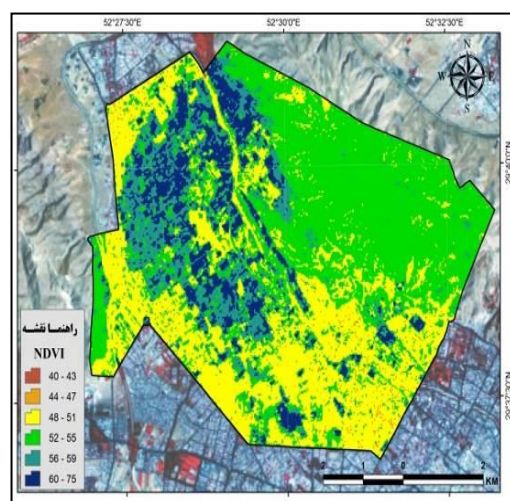
یافته‌ها و بحث

در این پژوهش جهت پایش روند تغییرات کیفی پوشش گیاهی از نمایه بهنجار شده اختلاف پوشش گیاهی استفاده گردید. برای بررسی این تغییرات بر اساس روش انحراف معیار، نقشه درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ‌های مورد نظر (فصول چهارگانه) ترسیم گردید؛ همچنین نقشه الگوهای دمای سطح زمین جهت مقایسه با نقشه درصد

شاخص پوشش گیاهی در همان بازه زمانی تهیه شد. همان‌گونه که در (شکل ۳) قابل مشاهده است بر اساس روش انحراف معیار (شکل ۵) درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ ۱۳۸۸/۱/۲ (۲۰۰۹/۳/۲۲) به شش طبقه تقسیم شده است. بالاترین میزان درصد شاخص پوشش گیاهی مربوط به طبقه ۵۲-۵۵ درصد می‌باشد. پس از آن طبقه ۴۸-۵۱ درصد و در ادامه طبقات ۵۶-۵۹، ۶۰-۷۵، ۴۴-۴۷، ۴۰-۴۳ درصد به ترتیب کم‌ترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. نقشه الگوهای دمای سطح زمین نیز بر اساس روش میانگین انحراف معیار (کو^۶ و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۲۳۲)، به شش طبقه تقسیم گردید. (شکل ۴) نقشه الگوهای دمایی در تاریخ دوم فروردین سال ۱۳۸۸ نشان می‌دهد. بالاترین دامنه دمایی ۱۷-۱۸ درجه سانتی‌گراد مربوط به دامنه‌های جنوب باختری ارتفاعات شمالی است. دامنه دمایی ۱۴-۱۶ درجه سانتی‌گراد منطبق بر کاربری پوشش گیاهی (باغات قصرالدشت) می‌باشد؛ این دامنه دمایی با بالاترین میزان درصد شاخص پوشش گیاهی (۶۰-۷۵ درصد) انطباق دارد. دامنه دمایی ۱۰-۱۳ درجه سانتی‌گراد منطبق بر بافت‌های مسکونی و نواحی پیرامونی پوشش گیاهی است، این دامنه دمایی عمدتاً با طبقه ۴۸-۵۱ درصد شاخص پوشش گیاهی منطبق است.

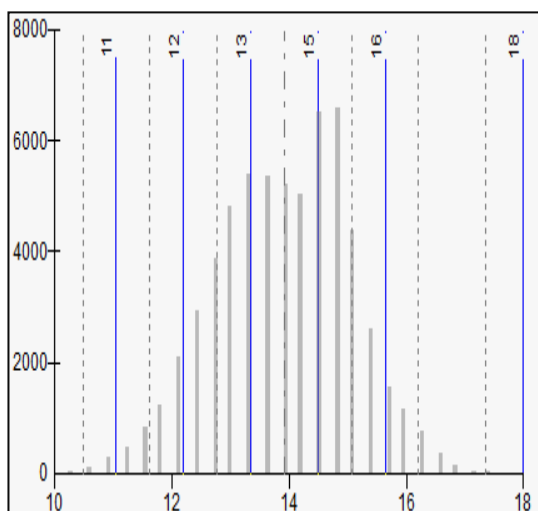


شکل ۴: نقشه الگوهای دمایی در تاریخ: ۱۳۸۸/۱/۲

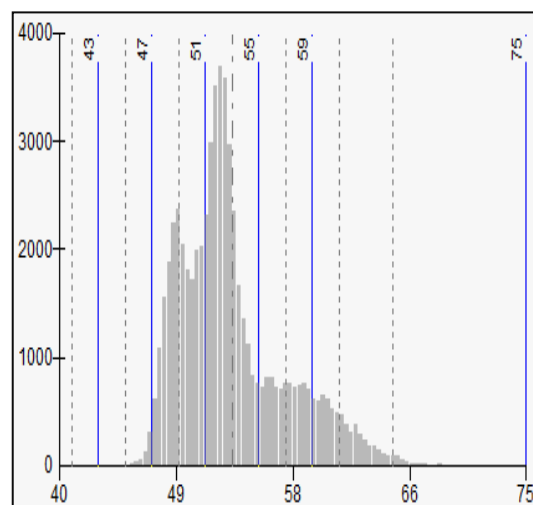


شکل ۳: نقشه درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ: ۱۳۸۸/۱/۲

توزیع میزان درصد شاخص پوشش گیاهی (شکل ۵) و دمای سطح زمین (شکل ۶) نشان داده شده است. همچنین ویژگی‌های آماری دمای سطح زمین و درصد شاخص پوشش گیاهی در (جدول ۱) قابل مشاهده است. برابر این جدول کمینه درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ (۱۳۸۸/۱/۲) ۴۰ درصد، میانگین ۵۳ و بیشینه ۷۵ درصد با میزان انحراف معیار ۴ می‌باشد. کمینه دمای سطح زمین ۹/۹۶ درجه سانتی‌گراد، میانگین ۱۴ و بیشینه ۱۸/۲ درجه سانتی‌گراد و میزان انحراف معیار ۱/۱۸ است.



شکل ۶: انحراف معیار دمای سطح زمین در تاریخ: ۱۳۸۸/۱/۲

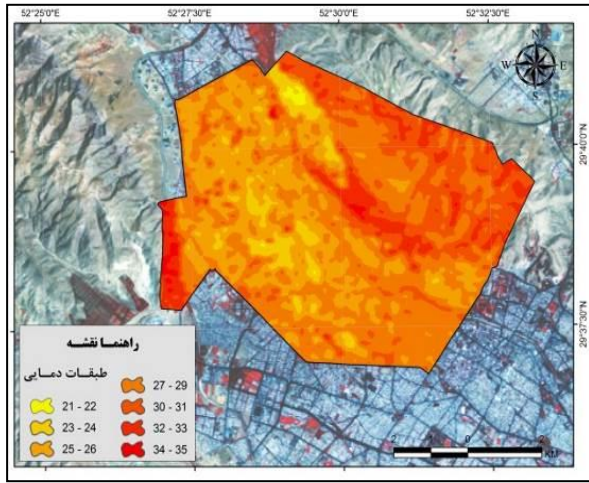


شکل ۵: انحراف معیار درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ: ۱۳۸۸/۱/۲

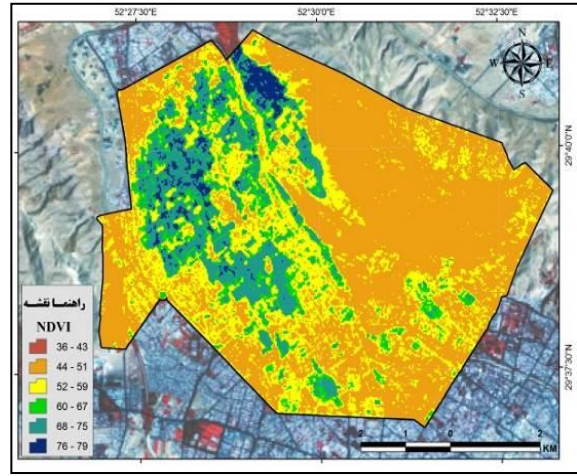
جدول ۱- ویژگی‌های آماری دمای سطح زمین و درصد شاخص پوشش گیاهی منطقه یک شهرداری شیراز در تاریخ: ۱۳۸۸/۱/۲

انحراف معیار NDVI	بیشینه NDVI	میانگین NDVI	کمینه NDVI	ویژگی‌های NDVI
۴	۷۵/۳۲	۵۳	۴۰	
انحراف معیار LST	بیشینه LST	میانگین LST	کمینه LST	ویژگی‌های LST
۱/۱۸	۱۸/۲	۱۴	۹/۹۶	

دومین تصویر مربوط به تاریخ ۱۳۸۹/۴/۲۴ (۲۰۱۰/۷/۱۵) است. در این تصویر نیز بر اساس روش انحراف معیار (شکل ۹) مقادیر درصد شاخص پوشش گیاهی به شش طبقه تقسیم شده است. بالاترین میزان درصد شاخص پوشش گیاهی مربوط به طبقه ۵۱-۴۴ درصد می‌باشد. پس از آن طبقه دوم ۵۹-۵۲، طبقه سوم ۷۵-۶۸، طبقه چهارم ۶۷-۶۰، طبقه پنجم ۷۹-۷۶، طبقه ششم ۳۲-۴۳ درصد به ترتیب کم‌ترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۷). نحوه پراکنش الگوهای دمایی در تاریخ ۲۴ تیر سال ۱۳۸۹ در (شکل ۸) قابل مشاهده است، این تصویر بر اساس روش میانگین انحراف معیار به هفت طبقه تقسیم شده است. بالاترین دامنه دمایی ۳۲-۳۵ درجه سانتی‌گراد در ارتفاعات شمالی و نوار باریک باختری دیده می‌شود. دامنه دمایی ۲۵-۳۱ درجه سانتی‌گراد عمدتاً منطبق بر مناطق مسکونی است؛ پایین‌ترین طبقه دمایی مربوط به کاربری پوشش گیاهی در نواحی شمال باختری منطقه که با بالاترین درصد شاخص پوشش گیاهی ۶۷-۷۹ درصد انطباق کامل دارد.

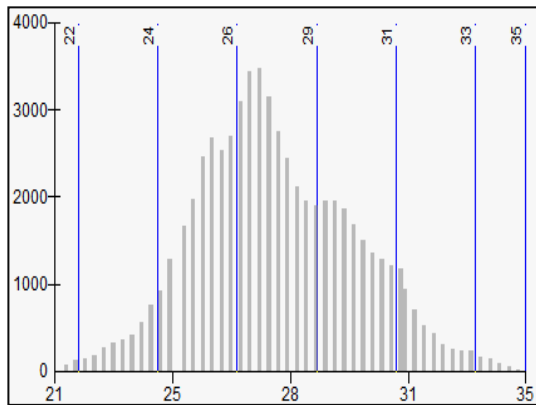


شکل ۸: نقشه الگوهای دمایی در تاریخ: ۱۳۸۹/۴/۲۴

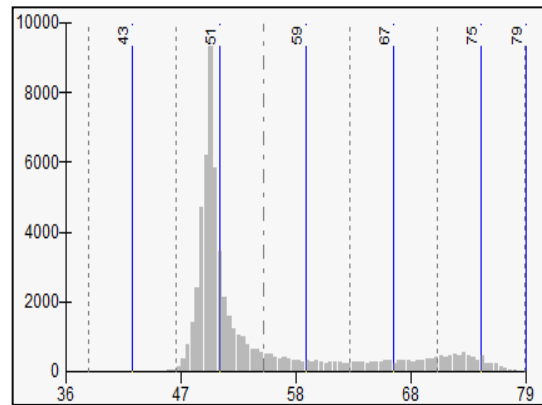


شکل ۷: نقشه درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ: ۱۳۸۹/۴/۲۴

توزیع میزان درصد شاخص پوشش گیاهی (شکل ۹) و دمای سطح زمین نشان داده شده است. همچنین ویژگی‌های آماری دمای سطح زمین و درصد شاخص پوشش گیاهی در (جدول ۲) قابل مشاهده است. برابر این جدول کمینه درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ (۱۳۸۹/۴/۲۴) ۳۶ درصد، میانگین ۵۵ و بیشینه ۷۹ درصد با انحراف معیار ۸/۱ می‌باشد. کمینه دمای سطح زمین ۲۱/۱۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین ۲۷/۵۲ و بیشینه ۳۴/۷ درجه سانتی‌گراد و میزان انحراف معیار ۲/۳ است.



شکل ۱۰: انحراف معیار دمای سطح زمین در تاریخ: ۱۳۸۹/۴/۲۴

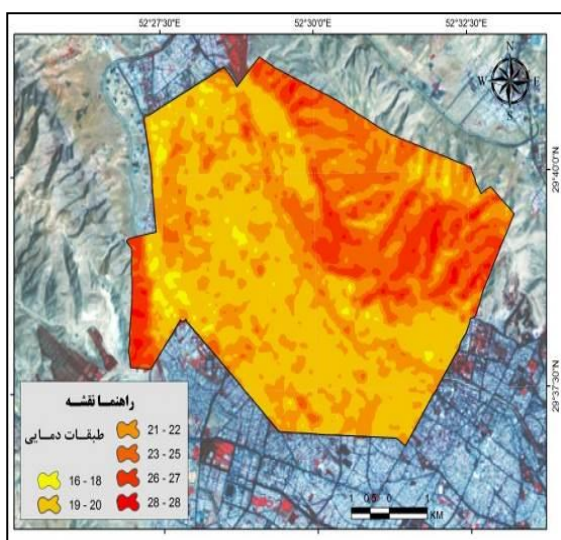


شکل ۹: انحراف معیار درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ: ۱۳۸۹/۴/۲۴

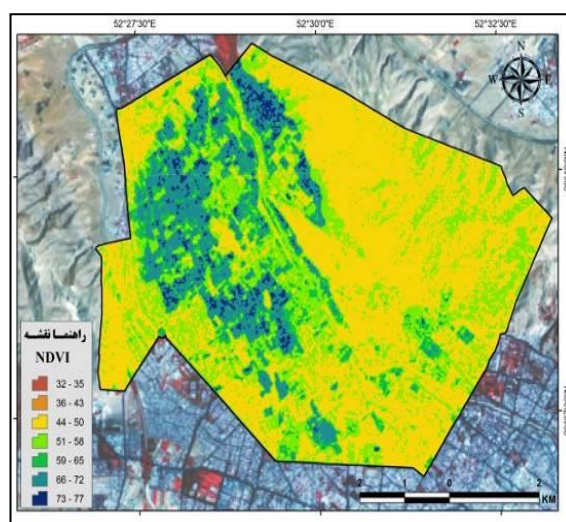
جدول ۲- ویژگی‌های آماری دمای سطح زمین و درصد شاخص پوشش گیاهی منطقه یک شهرداری شیراز در تاریخ: ۱۳۸۹/۴/۲۴

ویژگی‌های NDVI	کمینه NDVI	میانگین NDVI	بیشینه NDVI	انحراف معیار NDVI
	۳۶	۵۵	۷۹	۸/۱
ویژگی‌های LST	کمینه LST	میانگین LST	بیشینه LST	انحراف معیار LST
	۲۱/۱۱	۲۷/۵۲	۳۴/۷	۲/۳

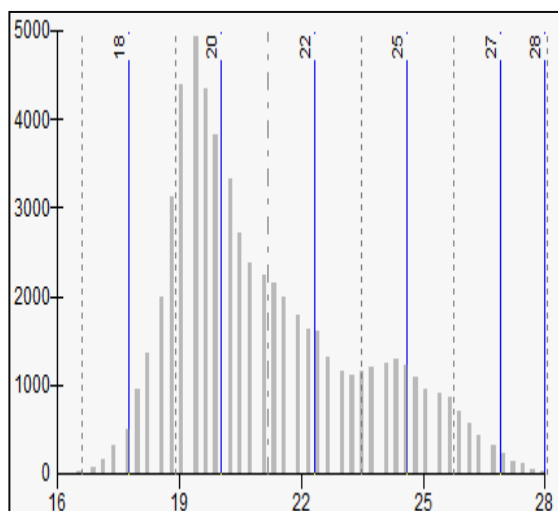
سومین تصویر مورد مطالعه در این پژوهش مربوط به فصل پاییز در تاریخ ۱۳۸۹/۷/۲۷ (۲۰۱۰/۱۰/۱۹) انتخاب و مورد پردازش قرار گرفت. در این تصویر نیز بر اساس روش انحراف معیار (شکل ۱۳) مقادیر درصد شاخص پوشش گیاهی به هفت طبقه تقسیم شده است. بالاترین میزان وسعت درصد شاخص پوشش گیاهی مربوط به طبقه ۴۴-۵۰ درصد می‌باشد. پس از آن طبقه دوم ۵۱-۵۸، طبقه سوم ۶۶-۷۲، طبقه چهارم ۵۹-۶۵، طبقه پنجم ۷۳-۷۵، طبقه ششم ۳۶-۴۳ و طبقه هفتم ۳۵-۳۲ درصد به ترتیب کم‌ترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۱۱). گرم‌ترین دامنه دمایی ۲۶-۲۷ درجه سانتی‌گراد در ارتفاعات شمالی منطقه و نوار باریک باختری مشاهده می‌گردد. سردترین دامنه دمایی در این تاریخ مربوط مناطق مسکونی و نواحی پیرامونی کاربری پوشش گیاهی است. وسیع‌ترین الگوی دمایی متعلق به دامنه ۱۹-۲۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شکل ۱۲).



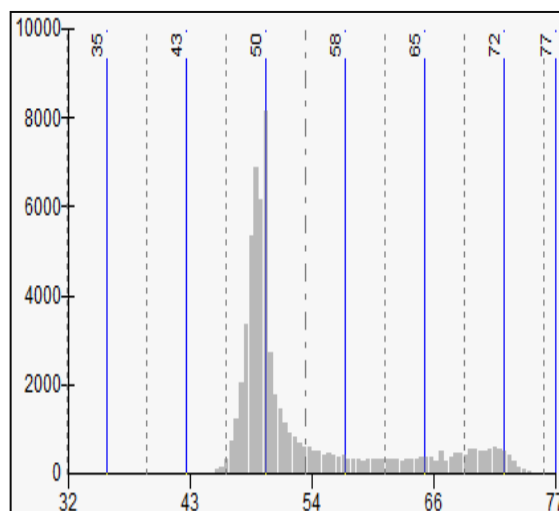
شکل ۱۲: نقشه الگوهای دمایی در تاریخ ۱۳۸۹/۷/۲۷



شکل ۱۱: نقشه درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ ۱۳۸۹/۷/۲۷



شکل ۱۴: انحراف معیار دمای سطح زمین در تاریخ ۱۳۸۹/۷/۲۷



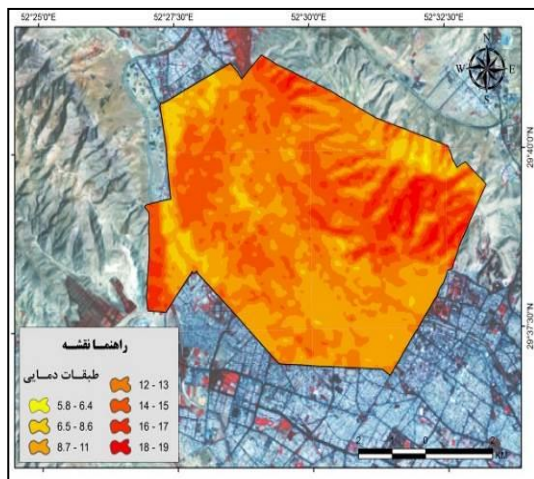
شکل ۱۳: انحراف معیار درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ ۱۳۸۹/۷/۲۷

توزیع میزان درصد شاخص پوشش گیاهی (شکل ۱۳) و دمای سطح زمین (شکل ۱۴) نشان داده شده است. همچنین ویژگی‌های آماری دمای سطح زمین و درصد شاخص پوشش گیاهی در (جدول ۳) قابل مشاهده است. برابر این جدول کمینه درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ ۲۷ مهر ماه سال ۱۳۸۹، ۳۲ درصد، میانگین ۵۴ و بیشینه ۷۷ درصد با انحراف معیار ۷/۴ می‌باشد. کمینه دمای سطح زمین ۱۵/۸۲ درجه سانتی‌گراد، میانگین ۲۱/۲۴ و بیشینه ۲۸/۳۶ درجه سانتی‌گراد و میزان انحراف معیار ۲/۳۹ می‌باشد.

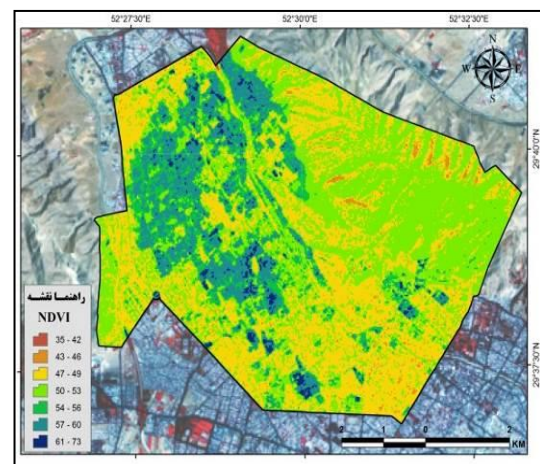
جدول ۳- ویژگی‌های آماری دمای سطح زمین و درصد شاخص پوشش گیاهی منطقه یک شهرداری شیراز در تاریخ: ۱۳۸۹/۷/۲۷

ویژگی‌های NDVI	کمینه NDVI	میانگین NDVI	بیشینه NDVI	انحراف معیار NDVI
۳۲	۵۴	۷۷	۷/۴	
ویژگی‌های LST	کمینه LST	میانگین LST	بیشینه LST	انحراف معیار LST
۱۵/۸۲	۲۱/۲۴	۲۸/۳۶	۲/۳۹	

چهارمین تصویر مربوط به فصل زمستان می‌باشد که در تاریخ اول دی ماه سال ۱۳۸۹ انتخاب و نقشه‌های مورد نظر استخراج گردیده است. در این تصویر نیز بر اساس روش انحراف معیار (شکل ۱۷) مقادیر درصد شاخص پوشش گیاهی به هفت طبقه تقسیم شده است. بالاترین میزان مساحت درصد شاخص پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه متعلق به طبقه ۵۰-۵۳ درصد می‌باشد؛ اما در کاربری پوشش گیاهی بالاترین وسعت متعلق به طبقه ۵۷-۶۰ درصد است (شکل ۱۵).



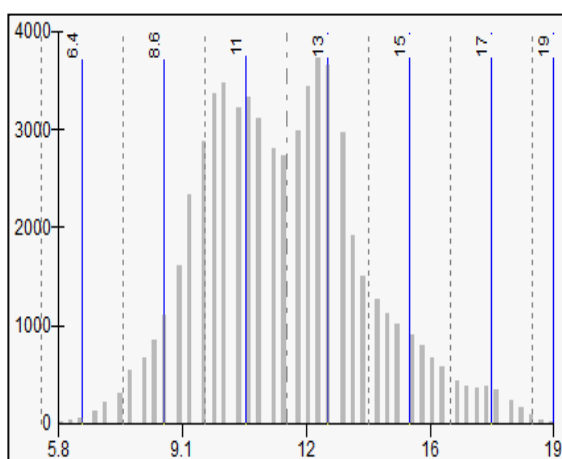
شکل ۱۶: نقشه الگوهای دمایی در تاریخ: ۱۳۸۹/۱۰/۱



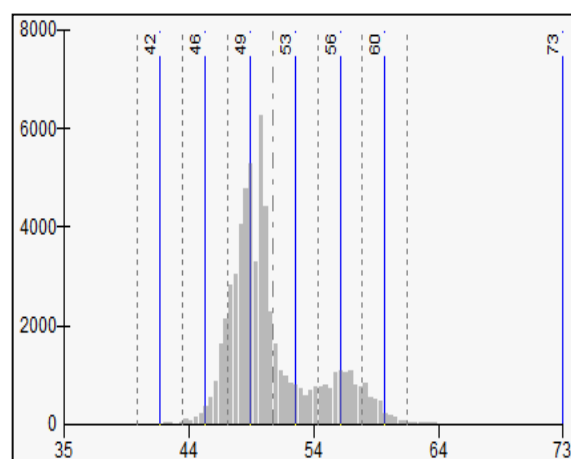
شکل ۱۵: نقشه درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ: ۱۳۸۹/۱۰/۱

ت نحوه پراکنش الگوهای دمایی در تاریخ (۱۳۸۹/۱۰/۱) در (شکل ۱۶) مشاهده می‌گردد، این تصویر بر اساس روش میانگین انحراف معیار (شکل ۱۸) به هفت طبقه تقسیم شده است. گرم‌ترین دامنه دمایی ۱۶-۱۹ درجه سانتی‌گراد متعلق به ارتفاعات شمالی و نوار باریک باختری است؛ اما پس از آن دامنه دمایی ۱۲ تا ۱۵

درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین گستره را کاربری پوشش گیاهی منطبق بر باغات قصرالدشت در فصل زمستان دارد. همچنین سردترین طبقه دمایی مربوط به نواحی مسکونی و پیرامونی باغات با دامنه دمایی ۸/۸-۸/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. توزیع میزان درصد شاخص پوشش گیاهی (شکل ۱۷) و دمای سطح زمین (شکل ۱۸) نشان داده شده است. همچنین ویژگی‌های آماری دمای سطح زمین و درصد شاخص پوشش گیاهی در (جدول ۴) قابل مشاهده است. برابر این جدول کمینه درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ ۱ دی‌ماه سال ۱۳۸۹، ۳۴/۹ درصد، میانگین ۵۱ و بیشینه ۷۳/۳۳ درصد با انحراف معیار ۳/۴۷ می‌باشد. کمینه دمای سطح زمین ۵/۸ درجه سانتی‌گراد، میانگین ۱۱/۹ و بیشینه ۱۹/۱ درجه سانتی‌گراد و میزان انحراف معیار ۲/۲ می‌باشد.



شکل ۱۸: انحراف معیار دمای سطح زمین در تاریخ: ۱۳۸۹/۱۰/۱

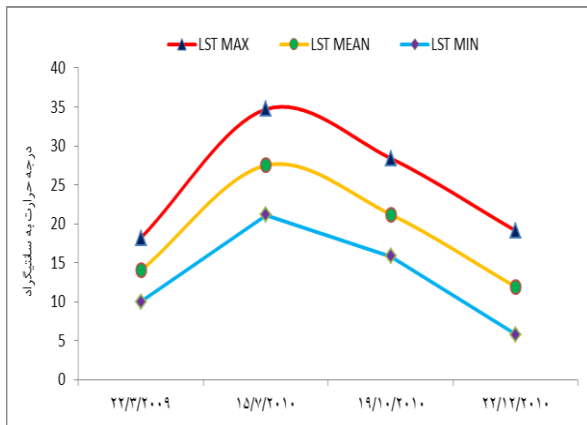


شکل ۱۷: انحراف معیار درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ: ۱۳۸۹/۱۰/۱

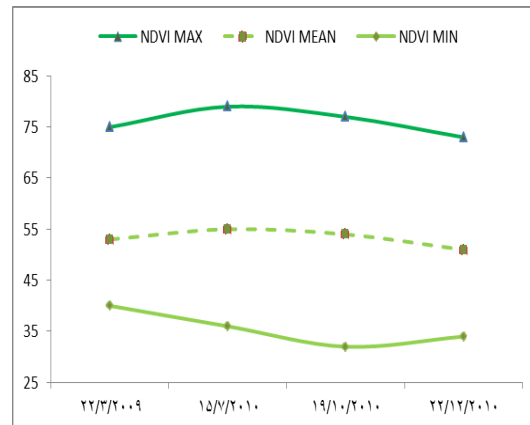
جدول ۴- ویژگی‌های آماری دمای سطح زمین و درصد شاخص پوشش گیاهی منطقه یک شهرداری شیراز در تاریخ: ۱۳۸۹/۱۰/۱

انحراف معیار NDVI	بیشینه NDVI	میانگین NDVI	کمینه NDVI	ویژگی‌های NDVI
۳/۴۷	۷۳/۳۳	۵۱	۳۴/۹	ویژگی‌های NDVI
انحراف معیار LST	بیشینه LST	میانگین LST	کمینه LST	ویژگی‌های LST
۲/۲	۱۹/۱	۱۱/۹	۵/۸	ویژگی‌های LST

روند داده‌های کمینه، میانگین و بیشینه میزان درصد شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در فصول چهارگانه قابل مشاهده است (شکل ۱۹) و (شکل ۲۰). بر اساس این اشکال روند بیشینه و میانگین درصد شاخص پوشش گیاهی در فصل تابستان در بیش‌ترین مقدار خود و در فصل زمستان در کم‌ترین میزان خود قرار دارد؛ اما مقادیر کمینه درصد شاخص پوشش گیاهی در فصل بهار با ۴۰ درصد از بیش‌ترین و در فصل پاییز با ۳۲ درصد از کم‌ترین مقدار برخوردار می‌باشد. همچنین روند سه فراسنج دمای سطح زمین نیز در تابستان به بالاترین مقدار و در زمستان به کم‌ترین مقدار خود می‌رسد.

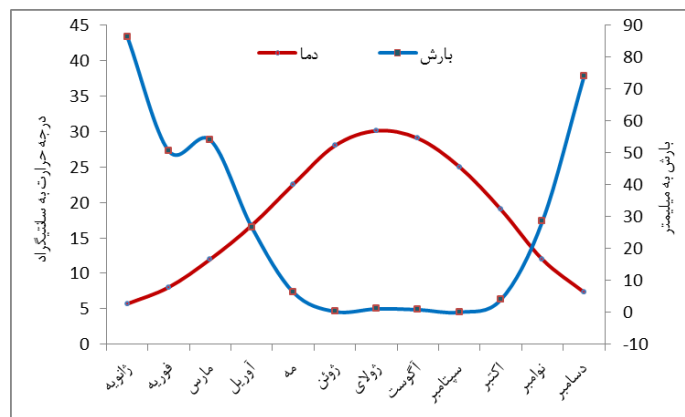


شکل ۲۰: روند کمینه، میانگین و بیشینه دمای سطح زمین در تاریخ‌های چهارگانه



شکل ۱۹: روند کمینه، میانگین و بیشینه درصد شاخص پوشش گیاهی در تاریخ‌های چهارگانه

همان‌گونه که در نمودار آمبروترمیک^{۴۷} ایستگاه همدیدی شیراز مشخص است (شکل ۲۱) تا پایان ماه مارس ایستگاه همدیدی شیراز در دوره مرطوب به سر می‌برد؛ نخستین تصویر ۲۲ مارس در این دوره می‌باشد. تصاویر بعدی در ۱۵ جولای و ۱۹ اکتبر در دوره خشک و تصویر پایانی ۲۲ دسامبر متعلق به دوره مرطوب است.



شکل ۲۱: نمودار آمبروترمیک ایستگاه همدید شیراز (۱۹۵۱-۲۰۱۱)

نتیجه گیری

در این پژوهش، الگوهای دمای سطح زمین و درصد شاخص پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های سنجش از دور در فصول مختلف در منطقه یک شهر شیراز مورد بررسی قرار گرفت. نمایه بهنجار شده اختلاف پوشش گیاهی نشان‌دهنده‌ی ویژگی‌های بیوفیزیکی پوشش گیاهی-مانند شاخص سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی (میزان سبزینه) و فراوانی پوشش گیاهی است. افزایش NDVI به معنی افزایش فراوانی پوشش گیاهی، همگن‌تر و یکدست شدن پوشش زمین است؛ اما کاهش NDVI معرف پدیده‌های متنوع‌تر (آب، فضای باز، خاک لخت، ساخت‌وساز و ...) و

ناهمگن‌تر شدن موزایک سرزمین است (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۲: ۹۰). در همین راستا ارزیابی رابطه (همبستگی) بین کیفیت پوشش گیاهی و درجه حرارت سطح زمین، در این بررسی نشان داد بالاترین میزان درصد شاخص پوشش گیاهی به جز در فصل زمستان و بهار با کم‌ترین میزان دمای سطح زمین مرتبط است. بالاترین میزان دما در تمام فصول متعلق به ارتفاعات با جهت جنوب، جنوب خاوری، نواحی بایر و فاقد پوشش گیاهی است. همچنین به تفکیک در فصول مختلف باید اشاره کرد که در فصل بهار بالاترین دامنه دمایی (۱۶-۱۸) درجه سانتی‌گراد مربوط به ارتفاعات شمال با جهت جنوب، جنوب خاوری و کاربری پوشش گیاهی است، سردترین دامنه دمایی (۱۰-۱۲) درجه سانتی‌گراد متعلق به مناطق مسکونی است. طبقه ۶۰-۷۵ درصد شاخص پوشش گیاهی نیز بیش‌ترین مساحت را در این فصل در کاربری پوشش‌یاهی به‌خود اختصاص داده است؛ کاربری پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه در حدود ۱۰ کیلومترمربع می‌باشد که حدود ۱۸ درصد از مساحت کل منطقه را به‌خود اختصاص داده است. در فصل بهار بالاترین درصد شاخص پوشش گیاهی با پایین‌ترین میزان درجه حرارت انطباق مکانی ندارد، به عبارت دیگر درصد شاخص پوشش گیاهی با درجه حرارت سطح زمین رابطه معکوس ندارد. در فصل تابستان گرم‌ترین دامنه دمایی در ارتفاعات شمالی و باختری منطقه با (۳۲-۳۵) درجه سانتی‌گراد و سردترین دامنه دمایی با (۲۱-۲۴) درجه سانتی‌گراد در مناطقی با پوشش گیاهی متراکم تعلق دارد، طبقه ۷۶-۷۹ درصد شاخص پوشش گیاهی بالاترین میزان این شاخص در این تاریخ (۲۰۱۷/۱۵) می‌باشد که از نظر مکانی با کم‌ترین میزان دمای سطح زمین انطباق مکانی کامل دارد. در فصل پاییز بالاترین دامنه دمایی (۲۶-۲۸) درجه سانتی‌گراد مربوط به ارتفاعات و سردترین دامنه دمایی (۱۶-۲۰) درجه سانتی‌گراد به مناطق مسکونی و پس از آن پوشش گیاهی تعلق دارد. طبقه ۷۳-۷۷ درصد شاخص پوشش گیاهی بالاترین میزان این شاخص را به‌خود اختصاص داده است. در فصل زمستان نحوه پراکنش الگوهای دمایی در مقایسه با سایر فصول کاملاً متفاوت است، بالاترین دامنه دمایی نخست در ارتفاعات و سپس در مناطقی با کاربری پوشش گیاهی مشاهده می‌گردد؛ طبقه ۶۱-۷۳ درصد شاخص پوشش گیاهی بالاترین میزان نمایه بهنجار شده اختلاف پوشش گیاهی به‌خود اختصاص داده که در مقایسه با دیگر فصل‌ها کم‌ترین میزان است.

رابطه معکوس نمایه بهنجار شده اختلاف پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در فصول پاییز و تابستان در این پژوهش، با مطالعات (ساسان‌پور و همکاران، ۱۳۹۲؛ هاشمی و همکاران، ۱۳۹۲؛ ملک‌پور و طالعی، ۱۳۹۰) مشابهت دارد، اما بررسی الگوهای دمای سطح زمین در فصول بهار و زمستان در این پژوهش شرایط ناهمسانی را نشان می‌دهد. همچنین یافته‌های پژوهش امیری و همکاران (۱۳۸۶) نیز نشان داد که ارتباط مستقیمی بین کاهش مقدار توده گیاهی و افزایش حرارت سطح زمین وجود دارد. با توجه به این‌که فراوانی پوشش گیاهی یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر دمای سطح زمین است و در حالی که در بیش‌تر پژوهش‌ها بر گسترش فضای سبز، احداث بوستان‌ها، بام‌های سبز و دریاچه‌های مصنوعی جهت ساماندهی دمایی به‌ویژه در سطح کلان‌شهرها تاکید دارد، نگهداشت پوشش گیاهی متراکم طبیعی (باغات قصرالدشت) در منطقه یک شهر شیراز امری حیاتی و اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. بالا بودن ارزش زمین‌های محدوده قصرالدشت، سوداگری زمین و مسکن، اقدام به آتش زدن خود

خواسته این باغ‌ها و سپس تغییر کاربری زمین‌های و نرخ رشد بالای جمعیت از جمله دشواری‌هایی است که کمیت و کیفیت پوشش گیاهی این مناطق را با چالش جدی رویارو کرده است.

منابع

- احمدی، م؛ عاشورلو، د؛ نارنگی فرد، م (۱۳۹۱)، «تغییرات زمانی-مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ & TM»، *سنجش از دور و GIS ایران*، شماره ۴، صص ۶۸-۵۵.
- احمدی، م؛ عاشورلو، د؛ نارنگی فرد، م (۱۳۹۴)، «تحلیل فضایی دمای شهر شیراز در فصول گرم و سرد با به‌کارگیری تحلیل‌های آماری و تصاویر ماهواره‌ای»، *تحقیقات جغرافیایی*، شماره ۱۱۷، صص ۱۶۰-۱۴۷.
- امیری، ر؛ علی‌محمدی، ع؛ علوی‌پناه، ک (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*، شماره ۴۳، ۱۲۰-۱۰۷.
- جهانبخش، س؛ زاهدی، م؛ ولیزاده کامران، خ (۱۳۹۰)، «محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از روش سبال و درخت تصمیم در محیط RS, GIS در بخش مرکزی منطقه مراغه»، *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، شماره ۳۸، صص ۴۲-۱۹.
- حجازی‌زاده، ز؛ ضیائیان، پ؛ شیرخانی، ع (۱۳۹۲)، «مقایسه تخمین دمای سطح با استفاده از داده‌های باند حرارتی سنجنده‌های ماهواره‌ای در غرب استان تهران و قزوین»، *جغرافیا*، شماره ۳۸، صص ۴۹-۳۳.
- ساسان‌پور، ف؛ ضیائیان، پ؛ بهادری، م (۱۳۹۲)، «بررسی رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران»، *جغرافیا*، شماره ۳۲، صص ۲۷۰-۲۵۶.
- شکیب، ع؛ ضیائیان فیروزآبادی، پ؛ عاشورلو، د؛ نامداری، س (۱۳۸۸)، «تحلیل رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران، با استفاده از داده‌های ETM+»، *سنجش از دور و GIS ایران*، شماره ۱، صص ۵۶-۳۹.
- شمسی‌پور، ع؛ عزیزی، ق؛ کریمی احمدآباد، م؛ مقبل، م (۱۳۹۳)، «مطالعه الگوی دمای سطوح فیزیکی در شرایط جوی متفاوت»، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، شماره ۱، صص ۷۶-۵۹.
- صادقی‌نیا، ع؛ علیجانی، ب؛ ضیائیان، پ؛ خالدی، ش (۱۳۹۲)، «کاربرد تکنیک‌های خودهمبستگی فضایی در تحلیل جزیره حرارتی شهر تهران»، *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، شماره ۳۰، صص ۹۰-۶۷.
- فاطمی، ب؛ رضایی، ی (۱۳۸۹)، «مبانی سنجش از دور»، تهران، انتشارات آزاده.
- ملک‌پور، پ؛ طالعی، م (۱۳۹۰)، «مدل‌سازی ارتباط کاربری-پوشش اراضی و حرارت سطح زمین»، با استفاده از داده‌های سنجنده ASTER، *محیط‌شناسی*، شماره ۵۸، صص ۴۲-۲۹.
- موسوی بایگانی، م؛ اشرف، ب؛ فرید حسینی، ب؛ میان‌آبادی، آ (۱۳۹۱)، «بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نظریه فرکتال»، *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، شماره ۱، صص ۴۹-۳۵.
- هاشمی، م؛ علوی‌پناه، ک؛ دیناروندی، م (۱۳۹۲)، «ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط‌زیست شهری با کاربرد سنجش از دور حرارتی»، *محیط‌شناسی*، شماره ۱، صص ۹۲-۸۱.

- Bhandari, A. K., Kumar, A., Singh, G. K., (2012), "Feature extraction using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A case study of Jabalpur city", *Procedia Technology*, 6: 612-621.
- Carlson, T. N., Gillies, R. R., Perry, E. M., (1994), "A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover", *Remote Sensing Reviews*, 9 (1-2): 161-173.
- Du, Y., Teillet, P. M., Cihlar, J., (2002), "Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection", *Remote Sensing of Environment*, 82 (1): 123-134.
- Fichera, C. R., Modica, G., Pollino, M., (2012), "Land cover classification and change-detection analysis using multi-temporal remote sensed imagery and landscape metrics", *European Journal of Remote Sensing*, 45 (1): 1-18.
- Gallo, K. P., Owen, T. W., (1998), "Assessment of urban heat Islands: A multi-sensor perspective for the Dallas-Ft. worth, USA region", *Geocarto International*, 13(4): 35-41.
- Gillies, R. R., Carlson, T. N., (1995), "Thermal remote sensing of surface soil water content with partial vegetation cover for incorporation into climate models", *Journal of Applied Meteorology*, 34(4), 745-756.
- Gillies, R. R., Kustas, W. P., Humes, K. S., (1997), "A verification of the 'triangle' method for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface", *International Journal of Remote Sensing*, 18 (15): 3145-3166.
- Goward, S. N., Xue, Y., Czajkowski, K. P., (2002), "Evaluating land surface moisture conditions from the remotely sensed temperature/vegetation index measurements: an exploration with the simplified simple biosphere model", *Remote Sensing of Environment*, 79(2): 225-242.
- Jiang, J., Tian, G., (2010), "Analysis of the impact of land use/land cover change on land surface temperature with remote sensing", *Procedia Environmental Sciences*, 2: 571-575.
- Julien, Y., Sobrino, J. A., (2009), "The yearly land cover dynamics (YLCD) method: An analysis of global vegetation from NDVI and LST parameters", *Remote Sensing of Environment*, 113 (2): 329-334.
- Julien, Y., Sobrino, J. A., Mattar, C., Ruescas, A. B., Jimenez-Munoz, J. C., Soria, G., Cuenca, J., (2011), "Temporal analysis of normalized difference vegetation index (NDVI) and land surface temperature (LST) parameters to detect changes in the Iberian land cover between 1981 and 2001", *International Journal of Remote Sensing*, 32 (7): 2057-2068.
- Landsat Project Science Office., (2002), Landsat 7 science data user's handbook URL: [on line]: http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html.
- Lo, C. P., Quattrochi, D. A., Luvall, J. C., (1997), "Application of high-resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban heat island effect", *International Journal of Remote Sensing*, 18 (2): 287-304.
- Lo, C.P., Faber, B., (1997), "Integration of landsat thematic mapper and census data for quality of life assessment", *Remote Sensing of Environment*, 62: 143-157.
- Lu, D., Weng, Q., (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(2): 157-167.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E., (2004), "Change detection techniques", *International journal of remote sensing*, 25 (12): 2365-2401.

- Merbitz, H., Buttstadt, M., Michael, S., Dott, W., Schneider, C., (2012), "GIS-based identification of spatial variables enhancing heat and poor air quality in urban areas", *Applied Geography*, 33: 94-106.
- Packialakshmi, S., Ambujam, N. K., Mahalingam, S., (2010), "Emerging land use changes and their effects on groundwater: A study of the Mambakkam mini watershed, Southern Suburban area of Chennai, India", *Journal of Environmental Research and Development*, 5 (2): 340-349.
- Paria, P., Bhatt, B., (2012), "A spatio-temporal land use change analysis of waghodia taluka using rs and GIS", *Geoscience Research*, 3 (2): 96-99.
- Prasad, T. L., Sreenivasulu, G., (2014), "Land use/land cover analysis using remote sensing and gis, a case study on pulivendula taluk, kadapa district, andhra pradesh, India", *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, 4 (6): 1-5.
- Raynolds, M. K., Comiso, J. C., Walker, D. A., Verbyla, D., (2008), "Relationship between satellite-derived land surface temperatures, arctic vegetation types, and NDVI", *Remote Sensing of Environment*, 112 (4): 1884-1894.
- Rouse, J.W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W., (1973), "Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS", *Third ERTS Symposium*, 351: 309-317.
- Tan, K. C., Lim, H. S., MatJafri, M. Z., Abdullah, K., (2010), "Land surface temperature retrieval by using ATCOR3_T and normalized difference vegetation index methods in Penang Island", *American Journal of Applied Sciences*, 7 (5): 717-723.
- Tan, K. C., San Lim, H., MatJafri, M. Z., Abdullah, K., (2010), "Landsat data to evaluate urban expansion and determine land use/land cover changes in Penang Island, Malaysia" *Environmental Earth Sciences*, 60(7), 1509-1521.
- Tan, K. C., San Lim, H., MatJafri, M. Z., Abdullah, K., (2012), "A comparison of radiometric correction techniques in the evaluation of the relationship between LST and NDVI in Landsat imagery", *Environmental Monitoring and Assessment*, 184 (6): 3813-3829.
- Wen, X., Yang, X., Hu, G., (2011), "Relationship between land cover ratio and urban heat island from remote sensing and automatic weather stations data", *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 39 (2): 193-201.
- Weng, Q., (2001), "A remote sensing GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China", *International Journal of Remote Sensing*, 22 (10): 1999-2014.
- Weng, Q., Lu, D., (2009), "Landscape as a continuum: an examination of the urban landscape structures and dynamics of Indianapolis City, 1991–2000, by using satellite images", *International Journal of Remote Sensing*, 30 (10): 2547-2577.
- Xiaolu, S., Cheng, B., (2011), "Change detection using change vector analysis from Landsat TM images in Wuhan, *Procedia Environmental Sciences*, 11: 238–244.
- Xu, H., Chen, Y., Dan, S., Qiu, W., (2011), "Dynamical monitoring and evaluation methods to urban heat island effects based on RS & GIS", *Procedia Environmental Sciences*, 10: 1228-1237.