مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره نوزدهم، بهار ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۰۵

صفحات: - - ۹۱

آشکارسازی دمای رویه سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

عباسعلی آروین[1]*

چکیده

یکی از مهمترین کاربرد تصاویر ماهواره‌ای استفاده از آن برای تعیین و تخمین دمای سطح زمین است. برای بررسی این موضوع از سری تصاویر لندست ۸ جهت محاسبه و تخمین دمای هوای شهر اصفهان و منطقه اطراف استفاده شد. برای برآورد دمای سطح زمین (LST) از روش آلگوریتم پنجره مجزای سوبرینو بهره‌گیری شد. نتایج نشان داد کابرد این روش بر روی تصاویر ماهواره‌ای منطقه اصفهان که از پوشش متنوع ناحیه شهری، فضای سبز و مناطق صنعتی عمده برخوردار است، توانایی این مدل و تناسب تصاویر مذکور را برای این منظور نشان می‌دهد. مقایسه دمای دمای اندازه‌گیری شده بر روی تصویر و دمای محاسبه شده در دو ایستگاه اُزون سنجی و فرودگاه اصفهان، نشان دهنده دامنه تغییرات حدود ۴/۵ درجه سلسیوس است. با این حال دمای محاسبه شده در چهار روز از سال عمدتاً بیشتر از دمای اندازه گیری شده در عمق ۵ سانتی متری خاک در محل دو ایستگاه اُزون سنجی و فرودگاه اصفهان است و این مقدار در بالاترین میزان ۴/۲۵ درجه سلسیوس بیشتر از دمای ایستگاه است. روابط همبستگی بین نقشه دمای سطح زمین LST و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) در ۹۱۰۰ پیکسل کد منطقه با ضریب همبستگی ۰/۴۵۸ در سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید می‌گردد که اعتبار روش بکارگفته شده برای برآورد دمای سطح را تأیید کرد.

واژگان کلیدی: دمای سطح زمین، اصفهان، تصاویر ماهواره‌ای، تخمین دما.

[1]- دانشیار گروه جغرافیای دانشگاه پیام نور (نویسنده مسئول) a_arvin@pnu.ac.ir

مقدمه

فناوری سنجش از دور مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای ابزار قوی در جهت سنجش منابع زمینی و از جمله دمای سطح زمین است که می‌تواند در بسیاری از زمینه‌ها کاربرد داشته باشد. یکی از نتایج کابردی تخمین دمای سطح زمین، استفاده از آن در برنامه‌ریزی شهری و اصلاح میکروکلیمای شهری است. دمای سطح زمین شامل خاک، آب، برف و پوشش گیاهی از جمله متغیرهایی است که در دامنه وسیعی از مطالعات و تحقیقات علوم زمین و محیط زیست کاربرد دارد (دانش کار آراسته و همکاران، ۱۳۸۴). درجه حرارت سطح زمین (LST) یکی از پارامترهای کلیدی در فرایندهای فیزیک سطح زمین از مقیاس محلی تا جهانی است (اکسالویی یو و همکاران ۲۰۱۰) مطالعات بسیاری از این تکنیک در جهت پیشبرد مطالعات خویش بهره برده‌اند. رحیمی خوب و همکاران (۱۳۸۴) الگوریتم‌های مختلف روزانه مجزا را برای برآورد دمای سطح در حوزه دریاچه ارومیه را مورد مقایسه قرار دادند و دمای برآورد شده از روی تصویر ماهواره‌ای را با دمای اندازه گیری شده در عمق ۵ سانتی‌متری خاک در ایستگاه‌های هواشناسی مقایسه کردند. نتایج نشان داد آلگوریتم پرایس بیشترین دقت را در برآورد دمای سطح زمین دارد. عظیمی (۱۳۸۷) به پهنه‌بندی دمای سطح شهر اهواز با استفاده از تصاویر حرارتی سنجنده ETM پرداخت و به این نتیجه رسید که از جمله عوامل اصلی افزایش دمای سطح شهر اهواز وجود صنایع آلاینده و حرارت زا در این شهر می‌باشد که لازم است جهت از بین رفتن این نواحی حرارتی، صنایع مذکور به مناطق خارج از شهر منتقل گرد. بررسی صادقی‌نیا و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد الگوی توزیع دمای سطحی شهر تهران در دوره زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰ روند افزایشی دارد. این تغییر و دگرگونی به نفع افزایش مساحت دماهای بسیار گرم و کاهش وسعت دماهای بسیار خنک پیش رفته است. در حالی که از وسعت دماهای متوسط و بسیار خنک به طور قابل توجهی کاسته شده، نواحی بسیار گرم گسترش چشمگیری داشته‌اند. کاویانی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از تصاویر سنجنده های MODIS و +ETM به تخمین دمای سطح زمین برای دست‌یابی به پارامترهای هیدرولوژیکی در اراضی پایین دست شبکه آبیاری دشت قزوین پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در صورت حذف پیکره‌های آبی در تصاویر سنجنده‌های MODIS و +ETM یک رابطه معکوس خطی بین داده‌های سطح زمین و شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) وجود دارد. حجازی‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) از الگوریتم پرایس برای محاسبه دمای سطح زمین از تصاویر NOAA/AVHRR و از آلگوریتم کی ین[1] برای برآورد دما از تصاویر MODIS استفاده کردند و نشان دادند دمای تخمینی از تصاویر AVHRR به دمای اندازه‌گیری شدن در عمق ۵ سانتی‌متری زمین نزدیک‌تر است. مطالعه حاجیلو و همکاران (۱۳۹۳) بر روی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح نشان داد بین داده‌های دماهای سطحی محاسبه شده بر روی تصویر و دماهای اندازه-گیری ایستگاه‌های سینوپتیک همزمان با گذر ماهواره همخوانی نسبی وجود دارد با این تفاوت که دماهای سطحی تصویر بدلیل رابطه با کاربری اراضی و جزایر حرارتی با دماهای اندازه‌گیری شده اختلاف ۱ الی ۱۱درجه‌ای داشتند. بررسی بابایی فینی (۱۳۹۴) در مورد رابطه دمای سطح زمین و شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی در محیط شهری

[1]- Key Yen Algorithm

اصفهان نشان داد در ماههای گرم سال مانند ژوئیه شهر اصفهان مناطق کمینه دمای شهری با مناطق پوشش گیاهی متراکم منطبق می باشد که علت اصلی آن وجود زاینده رود است در حالی که ماههای سرد مانند دسامبر و ژانویه کمترین دامنه دمای منطبق بر مناطق مرتفع است. جویباری مقدم و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند استفاده داده‌های ماهواره لندست ۸ به دلیل قدرت تفکیک بالاتر می‌تواند تخمین بهتری از دمای سطح زمین ارائه نماید. نتایج مطالعه فیضی زاده و همکاران (۱۳۹۵) جهت برآورد دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا بر روی تصاویر ماهواره لندست ۸ نشان داد که دمای سطح زمین تحت تأثیر کاربری اراضی مختلف سطح زمین و دقت بالای این روش جهت برآورد دمای سطح حاکی از این است که با این روش می‌توان در مناطقی که امکان ایجاد ایستگاه هواشناسی دما را محاسبه کرد.

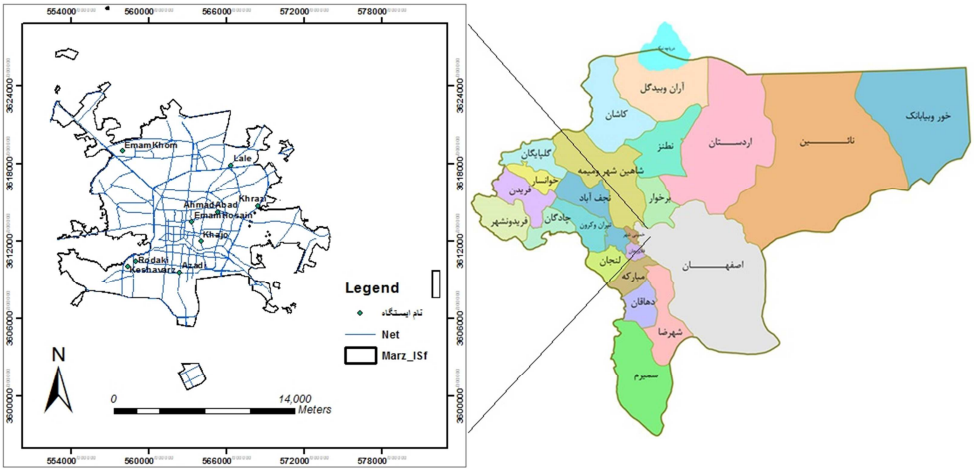
تجزیه و تحلیل یان و بوئر[1] (۲۰۰۷) بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ نشان داد یک رابطه قوی خطی بین دمای سطح زمین (LST) و درصد سطوح غیر قابل نفوذ شهری (آسفالت معابر و پشت‌بامها) برای تمام فصول وجود دارد، در حالی که رابطه بین دمای سطح زمین (LST) و شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی (NDVI) بسیار کمتر است و با فصل تغییر می‌کند. فلورس و لیلو[2] (۲۰۱۰) به تخمین دمای اتمسفر از روی نیمرخ دمای اتمسفری استخراج شده از روی سنجده طیف رادیومتری سنجده مودیس پرداختند و به این نتیجه رسیدند وقتی ارتفاع سنجده مودیس با SRTM جایگزین می‌شود تخمین بهتری از دما بدست می‌دهد و خطای برآورد را به ۳/۷۲ کاهش می‌دهد. کاتروچی و لووال[3] (۲۰۱۰) کاربرد سنجش از دور مادون قرمز با توان تفکیک بالا را برای دست‌یابی به اثرات جزیره حرارتی شهر بررسی کردند. گوارد[4] (۲۰۱۳) رفتار حرارتی چشم‌انداز شهری و جزیره حرارتی شهر را با استفاده از مدل‌های رقومی داده‌های حسگرهای راداری مطالعه کرد و نشان داد پیکربندی و چشم‌انداز شهری اثر قابل توجهی بر جزیره حرارتی شهر دارد. یو و همکاران[5] (۲۰۱۴) از آلگوریتم پنجره مجزا برای تخمین دمای سطح زمین از داده های TIRS چهار سری تصویر لندست ۸ استفاده کرند. نتایج نشان می‌دهد که LST معکوس شده از روش انتقال معادله تابشی باند ۱۰ دارای بالاترین دقت با خطای کمتر از ۱ K است، در حالی که الگوریتم SW دارای دقت متوسط است و روش SC دارای کمترین دقت. ژائو و همکاران[6] (۲۰۱۵) درجه حرارت سطح پشت بام در مناطق مسکونی شهری را مطالعه کرده و به این نتیجه رسیدند که درجه حرارت پشت بام در روز به شدت با ویژگی‌های طیفی پشت بام، مقدار و جهت شیب و درختان اطراف مرتبط است. درجه حرارت شبانه فقط تحت تأثیر ویژگی‌های طیفی و شیب پشت بام قرار دارد. نتایج مطالعات کارنیا[7] (۲۰۱۵) نشان داد از مطالعات جزیره حرارتی شهر می‌توان برای کنترل رشد جمعیت شهری و برنامه‌ریزی شهری بهره جست. اصلان و کوک سان[8] (۲۰۱۶) نشان دادند که دمای در نواحی مرکزی شهری

1- Yuan and Bauer
2- Flores and Lillo
3- Quattrochi &. Luvall
4- Goward
5- Yu et al.
6- Zhao et al.
7- Karenia
8- Aslan and Koc-San

داغتر از نواحی جنگلی خارج شهری است و اثرات جزیره حراتی شهری باعث گردیده دمای شهری از ۵/۶ درجه سال ۲۰۰۱ به ۶/۹ درجه تا سال ۲۰۱۴ افزایش پیدا کند. آوادان و جوانسکاو[1] (۲۰۱۶) الگوریتمی را جهت نقشه‌کشی خودکار دمای سطح زمین از روی داده‌های لندست ۸ ارائه دادند. برای تأیید الگوریتم دمای محاسبه شده با دمای اندازه‌گیری شده در ایستگاه با هم مقایسه شد. کمترین اختلاف دما بین دمای محاسبه شده و دمای اندازه‌گیری شده در نزدیک‌ترین ایستگاه در مورد اول ۰/۷ و بیشترین ۵/۸ درجه سلسیوس و در مورد دوم کمترین ۰/۲ و بیشترین ۷/۸ درجه سلسیوس بود.

داده‌ها و روش‌ها

شهر اصفهان در محدوده عرض جغرافیایی "۲۴/۲۲ ´۳۲ °۳۲ تا "۱۸/۴۹ ´۴۸ °۳۲ و طول جغرافیایی "۲۷/۸۲ ´۳۳ °۵۱ تا "۵۰/۹۳ ´۵۲ °۵۱ در مرکز ایران واقع شده است (شکل ۱) این شهر با جمعیت ۱/۷۹۶/۹۶۷ در سال ۱۳۹۰ و ۲/۲۴۹/۲۴۳ در سال ۱۳۹۵ از جمله کلان شهرهای ایران محسوب می‌گردد که به علت داشتن رشد شتابان جمعیت و نیز به دلیل ویژگی‌های توپوگرافی و اقلیمی مواجه با افزایش میزان آلودگی و بدنبال آن افزایش شدت جزیره حرارتی شهر در این شهر بوده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهر اصفهان در استان

الف: داده‌ها

به منظور مطالعه دمای سطح شهر اصفهان، از سری تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ سالهای ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ که از قدرت تفکیک مناسبی برخوردار است استفاده شد. ماهواره منابع زمینی لندست ۸ محصول همکاری بین سازمانی ملی هوانوردی و فضانوردی امریکا (ناسا) و سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS) است که در تاریخ ۱۱ فوریه

[1]- Avdan. and Jovanovska

۲۰۱۳ به فضا پرتاب شد. این هشتمین ماهواره در برنامه ماهواره‌های لندست و هفتمین ماهواره‌ای است که با موفقیت به مدار رسیده است. این ماهواره هر ۱۶ روز یکبار هر منطقه را به عرض ۱۸۵ کیلومتر تصویر برداری می-کند. لندست ۸ در ۱۱ باند طیفی تصویربرداری می‌نماید که باندهای ۱ تا ۹ به باندهای OLI[1] معروف بوده و در محدوده طیف‌های رنگی و مادون قرمز نزدیک تصویربرداری می‌کنند. باندهای ۱۰ و ۱۱ به باندهای حرارتی TIRS[2] مشهور است و در محدوده طیفی امواج مادون قرمز بلند تصویربرداری می‌کند (زنتر[3]، ۲۰۱۶). در این تحقیق از باندهای ۴ یا قرمز و ۵ یا مادون قرمز نزدیک و نیز از باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱ برای مطالعه جزیره حرارتی شهر اصفهان استفاده شده است که مشخصات آن به شرح زیر است (جدول ۱).

جدول ۱: مشخصات تصاویر استفاده شده

باند طیفی	طول موج	قدرت تفکیک	مسیر /ردیف Path/Row
باند ۴- قرمز	۰/۶۳۰ – ۰/۶۸۰ نانومتر	۳۰ متر	۳۷/۱۶۴
باند ۵ مادون قرمز نزدیک	۰/۸۴۵/ - ۰/۸۸۵ نانومتر		
باند ۱۰ مادون قرمز با طول موج بلند	۱۰/۳-۱۱/۳ نانومتر	۱۰۰ متر	
باند ۱۰ مادون قرمز با طول موج بلند	۱۱/۳-۱۲/۳ نانومتر		

ب: روش کار

مراحل انجام این پژوهش به ترتیب زیر بوده است:

الف: محاسبه دمای سطح زمین: روش‌های مختلفی برای محاسبه دمای سطح زمین از روی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ وجود دارد که از جمله آن می‌توان به اول: روش آلگوریتم تک پنجره[4] (MWA) مبتنی بر محاسبات باند ۱۰ لندست ۸ شامل پارامترهای متوسط دمای اتمسفر، دمای روشنایی، انتقال اتمسفری و انتشار سطح زمین اشاره کرد. دوم؛ روش تک کانال[5] (SCM) مبتنی بر محاسبه رادیانس طیفی و دمای روشنایی باند ۱۰ لندست ۸، محتوای بخار آب اتمسفر و انتشار سطح زمین می‌باشد. سوم؛ روش آلگوریتم تقسیم پنجره کوین[6] (SWA-Q) است که دمای سطح زمین (LST) را برمبنای پارامترهای مختلف باندهای ۱۰ و ۱۱ لندست ۸ شامل محتوای بخار آب اتمسفر، دمای روشنایی، انتقال اتمسفری و انتشار سطح زمین محاسبه می‌نماید. چهارم؛ روش الگوریتم پنجره مجزای سوبرینو[7] (SWA-S) است که دمای سطح زمین را نیز مانند روش قبل بر مبنای پارامترهای باند ۱۰ و ۱۱ لندست ۸ شامل محاسبه محتوای بخار آب اتمسفر، دمای روشنایی و انتشار گرمای سطح زمین برآورد می‌کند (جین‌یئو تسو و

[1]- Operational Land Imager
[2]- Thermal Infrared Sensor
[3]- Zanter
[4]- Mono-Window Algorithm
[5]- Single-Channel Method
[6]- Qin's Split-Window Algorithm
[7]- Sobrino's Split-Window Algorithm

همکاران، ۲۰۱۷). در این پژوهش از روش الگوریتم پنجره مجزا سوبرینو برای محاسبه دمای سطح زمین استفاده شد. روش الگوریتم پنجره مجزا با برآورد دمای سطح زمین نزدیک به دمای اندازه‌گیری شده ایستگاه هواشناسی، توانایی و دقت این الگوریتم را نشان می‌دهد (فیضی زاده و همکاران ۱۳۹۵: ۱۸۰). این روش مبتنی بر محاسبه دمای روشنایی باندهای ۱۰ و ۱۱ و نیز محاسبه شاخص پوشش گیاهی از روی باندهای ۴ و ۵ صورت گرفته است. برای این منظور از نرم افزار ArcGIS10.3 جهت محاسبات دمای سطح زمین و دمای هوای و از نرم افزار ENVI برای تصحیحات اتمسفری استفاده شد که مراحل آن یه شرح زیر است.

برای محاسبه دمای سطح زمین بر اساس روش آلگوریتم پنجره مجزا از رابطه ۱ استفاده می‌گردد. پارامترهای معادله شامل دمای روشنایی، متوسط و اختلاف انتشار سطح زمین و محتوای بخار آب اتمسفر است (راجشواری و مانی ۲۱۰۴:۱۲۴) که در ادامه توضیح داده می‌شود.

$$LST = TB_{10} + C_1(TB_{10} - TB_{11}) + C_2(TB_{10} - TB_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4W)(1-\varepsilon) + (C_5 + C_6W)\Delta\varepsilon \qquad (۱)$$

در این رابطه: $TB_{10/11}$ دمای روشنایی باندهای ۱۰ و ۱۱

W محتوای بخار آب اتمسفر

ε میانگین میزان انتشار سطح زمین یا LSE دو باند ۱۰ و ۱۱

$\Delta\varepsilon$ اختلاف میزان انتشار سطح زمین دو باند ۱۰ و ۱۱

C_{0-6} ضرایب ثابت معادله هستند که بر اساس روابط تجربی بدست آمده و به شرح جدول ۴ می‌باشند:

جدول ۴: ضرایب ثابت معادله ۱

ثابت معادله	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
مقادیر	-۰/۲۶۸	۱/۳۷۸	۰/۱۸۳	۵۴/۳	-۲/۲۳۸	-۱۲۹/۲	۱۶/۴

منبع: راجشواری و مانی ۲۰۱۴

ب: محاسبه محتوای بخار آب اتمسفر

جهت محاسبه محتوای بخار آب اتمسفر از معادله زیر بهره‌گیری شده است (جین‌یئو تسو و همکاران ۲۰۱۷)

$$\omega = \omega(0)/R_\omega(0) \qquad (۲)$$

$$\omega(0) = H \times E \times a/1000 \qquad (۳)$$

در اینجا: ω محتوای بخار آب اتمسفر به گرم بر سانتیمتر مربع

$\omega(0)$ محتوای بخار آب در سطح زمین

$R_\omega(0)$ بت بخار آب در اولین لایه به کل ستون بخار آب اتمسفر

H رطوبت نسبی به درصد

E نسبت مخلوط به گرم بر کیلوگرم

ج: محاسبه دمای روشنایی باندهای ۱۰ و ۱۱

دمای روشنایی (TB)[1] رادیانس تشعشع امواج میکروویو عبوری از بالای اتمسفر به سطح زمین است. فرایند محاسبه آن به این شکل است که ابتدا باید مقادیر درجات خاکستری (DN)[2] باندهای ۱۰ و ۱۱ را به رادیانس بالای اتمسفر تبدیل کرد. برای محاسبه دمای روشنایی نیاز به رادیانس طیفی بالای اتمسفر (ly) است که از رابطه زیر محاسبه می‌شود (راجشواری و مانی ۲۰۱۴):

$$ly = M_L \times Q_{cal} + A_L \quad (۴)$$

در این رابطه :

M_L: Radiance_Mult_Band_10/11

Q_{cal}: تصاویر باندهای ۱۰ و ۱۱

A_L: Radiance_Add_Band_10/11

برای محاسبه دمای روشنایی از رابطه ۵ بهره گرفته شد:

$$TB = \frac{K2}{ln\left[\left(\frac{K1}{ly}\right)+1\right]} \quad (۵)$$

در این رابطه: K1 و K2 ثابت تبدیل امواج گرمایی است که از فایل فراداده تصویر قابل استخراج است.

Ly رادیانس طیفی بالای اتمسفر است که از رابطه یک بدست می‌آید.

مقایر ثابتهای معادلات فوق از فایل متادیتای تصاویر ماهواره‌ای قابل استخراج است.

د: انتشار سطح زمین

میزان انتشار حرارت سطح زمین[3] (LSE) بر اساس شاخص NDVI تخمین زده می‌شود و برای دو باند ۱۰ و ۱۱ بصورت جداگانه از فرمول زیر قابل محاسبه است (راجشواری و مانی ۲۰۱۴):

$$LSE = \varepsilon_S(1 - FVC) + \varepsilon_V \times FVC \quad (۶)$$

در این رابطه: ε_S و ε_V مقادیر ضریب انتشار خاک و پوشش گیاهی از باندهای مربوطه هستند.

جدول ۵: مقادیر ضریب انتشار خاک و پوشش گیاهی

	باند ۱۰	باند ۱۱
ضریب انتشار خاک (ε_S)	۰/۹۷۱	۰/۹۷۷
ضریب انتشار خاک (ε_V)	۰/۹۸۷	۰/۹۸۹

منبع: راجشواری و مانی ۲۰۱۴

[1]- Brightness temperature
[2]- Digital Number
[3]- Land Surface Emissivity

شاخص پوشش گیاهی NDVI با استفاده از رابطه شماره بر اساس اطلاعات باندهای ۴ و ۵ محاسبه گردیده است (فیضی زاده و همکاران ۱۳۹۴:۱۷۶-۱۷۵). پیش از محاسبه شاخص پوشش گیاهی ابتدا تصاویر باند ۴ و ۵ با استفاده از روش فلش در نرم افزار ENVI تصحیح رادیومتریک شدند.

$$NDVI = (Band5 - Band4)/(Band5 + Band4) \quad (۷)$$

جزء پوشش گیاهی (FVC) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردیده است.

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI_S}{NDVI_V - NDVI_S} \quad (۸)$$

در این رابطه: $NDVI_S$ شاخص انتشار خاک

NDVIS : شاخص انتشار پوشش گیاهی

نتایج و بحث

اصفهان یکی از کلان شهرهای ایران محسوب می‌گردد که به دلیل تنوع محیط سطحی، دمای رویه سطح زمین دارای تغییرات مکانی قابل توجه می‌باشد. در این پژوهش جهت تخمین دمای سطح زمین در منطقه شهری و برون شهری از تصاویر ماهواره‌ای چهار روز از سال که دارای شرایط متفاوت اقلیمی بودند استفاده شد (جدول ۶). محدوده مورد نظر طوری انتخاب شد که دمای سطح زمین در موقعیت دو ایستگاه اُزون سنجی و فرودگاه اصفهان از روی تصویر جهت مقایسه دمای برآورد شده با دمای اندازه‌گیری شده ایستگاه قابل محاسبه باشد.

دمای محاسبه شده از تصویر ماهواره‌ای سطح شهر در روز دوم بهمن ۱۳۹۲ بین ۲۳/۳ تا ۳/۶- درجه سلیسیوس در نوسان بوده است. بصورت کلی دمای بیشتر نقاط بین ۵ تا ۹ درجه در نوسان بوده و خط همدمای ۷ درجه بیشتر نقاط شهر را دور می‌زند. ضریب همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و دمای سطح زمین LST برابر با ۰/۳۷۰۶۴ بوده که در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار است. در روز ۱۸ بهمن ۹۲ دمای سطح بین ۸/۷- تا ۱۸/۹ درجه سلسیوس در نوسان بوده است. روابط همبستگی بین نقشه دمای سطح زمین LST و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در ۹۱۰۰ پیکسل کد منطقه با ضریب همبستگی ۰/۴۵۸ در سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید می‌گردد. بر اساس یافته‌های ونگ و همکاران (۲۰۰۴) تغییرات LST همبستگی مثبتی با NDVI دارد. مقایسه دمای اندازه‌گیری شده در محل ایستگاه اُزون سنجی و فرودگاه اصفهان در عمق ۵ سانتی‌متری خاک و دمای محاسبه شده سطح خاک در همین محل نشان داد، دمای برآورد شده در ایستگاه اصفهان در روز ۲ و ۱۸ بهمن و ۹ شهریور ۹۲ دمای محاسبه به ترتیب ۲/۳ ، ۴/۲۵ و ۱/۴۵ درجه سلسیوس بیشتر و در روز یک آذر ۹۲ دمای سطح زمین در تصویر ۰/۲۵- کمتر از دمای اندازه‌گیری شده در عمق ۵ سانتی‌متری سطح خاک است. در ایستگاه فرودگاه در روز ۲ و ۱۸ بهمن و ۹ شهریور و یک آذر ۹۲ دمای محاسبه به ترتیب ۲/۶۹ ، ۳/۸ ، ۳/۱ و ۰/۹ درجه سلسیوس بیشتر از دمای اندازه‌گیری شده در عمق ۵ سانتی‌متری سطح خاک است. دمای محاسبه شده توسط مدل بر روی تصاویر ماهواره‌ای و دمای اندازه‌گیری شده در عمق ۵ سانتی‌متری خاک در دو ایستگاه اُزون سنجی اصفهان و فرودگاه اصفهان در جدول ۶ با هم مقایسه شده است. کمترین اختلاف دما در روز یک آذر ۹۳ در ایستگاه ازون سنجی دیده می‌شود که مقدار دمای

اندازه‌گیری شده ۰/۲۵- کمتر از دمای ایستگاه است و بیشترین اختلاف در ایستگاه اُزون سنجی اصفهان در روز ۱۸ بهمن ۹۲ به ۴/۲۵ درجه سلسیوس می‌رسد.

جدول ۶: مقایسه دمای برآورد شده و دمای اندازه‌گیری شده در عمق ۵ سانتی متری خاک در ایستگاه اصفهان و فرودگاه

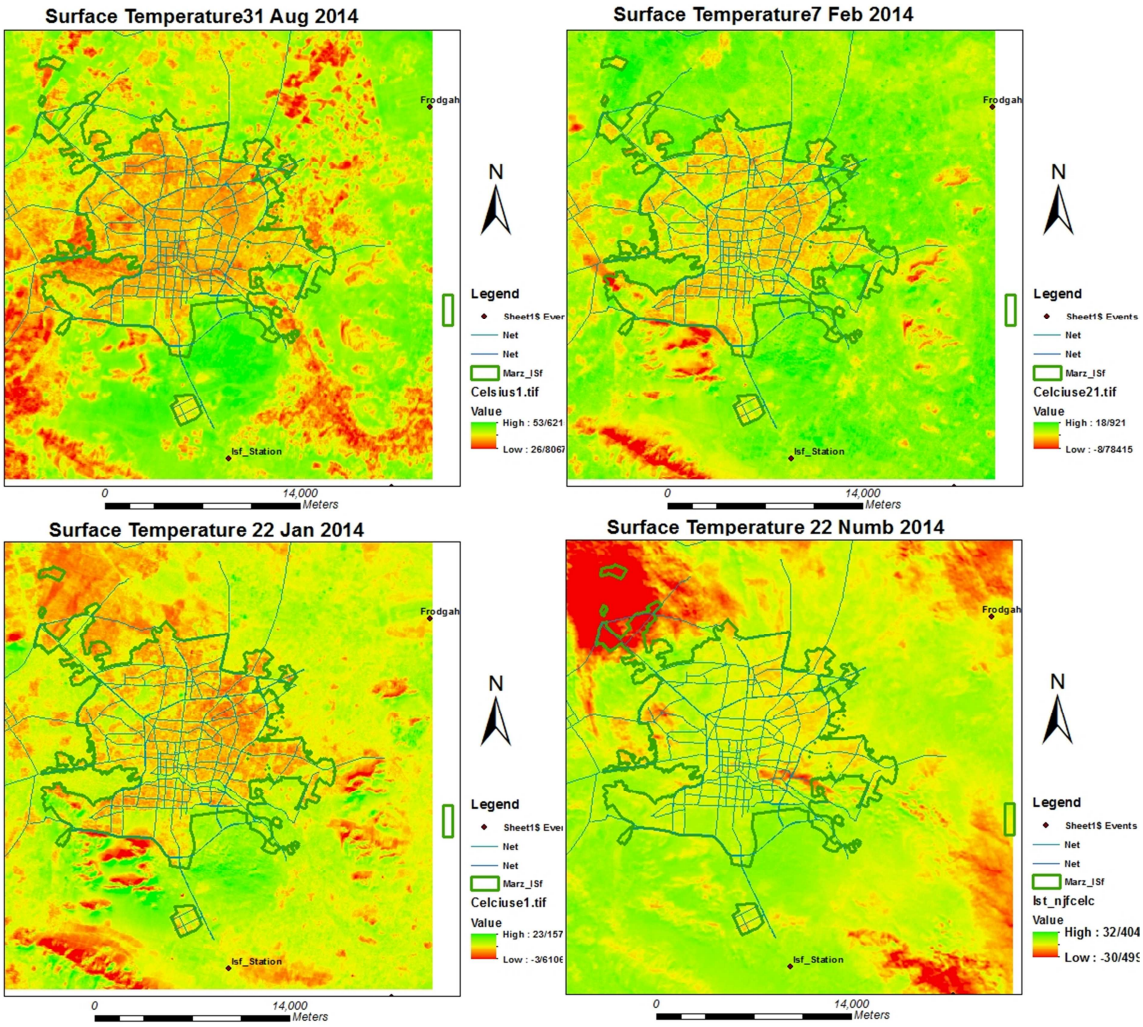
	روز ۲ بهمن ۹۲		روز ۱۸ بهمن ۹۲		روز ۹ شهریور ۹۲		روز یک آذر ۹۳	
	اصفهان	فرودگاه	اصفهان	فرودگاه	اصفهان	فرودگاه	اصفهان	فرودگاه
دما در عمق ۵ سانتیمتری سطح خاک	۴/۸	۴/۴	۲/۴۵	۱/۱	۴۰/۹۵	۳۳/۳	۱۷/۷۵	۱۱/۸
دمای محاسبه شده توسط مدل	۷/۱	۷/۰۹	۶/۷	۴/۹	۴۲/۴	۳۶/۴	۱۷/۵	۱۲/۴
اختلاف دمای محاسبه شده و دمای اندازه گیری شده در ایستگاه	۲/۳	۲/۶۹	۴/۲۵	۳/۸	۱/۴۵	۳/۱	-۰/۲۵	۰/۹

روابط همبستگی بین نقشه دمای سطح زمین LST و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در روز ۲ و ۱۸ بهمن ۹۲ به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۳۷۱ و ۰/۴۵۹ ، با توجه به رکورد ۹۱۰۰ پیکسل کُد منطقه در سطح اطمینان قابل قبولی تأیید می‌گردد. ولی باید به این نکته توجه داشت ارتباط بین NDVI و LST با توجه به فصل و تغییر پوشش گیاهی تغییر می‌کند. زیرا روابط همبستگی NDVI با LST در منطقه با پوشش گیاهی متراکم منفی و قوی و در سطوح لخت و بدون پوشش مثبت و قوی است (ونگ و همکاران[1] ۲۰۰۴) و لذا رابطه کاملاً مشخصی در تصاویر با پوشش مختلط (نواحی سطوح شهری و نواحی با پوشش سبز) دیده نمی‌شود. ولی با توجه به اینکه روزهای مورد مطالعه هر دو مربوط به فصل سرد و خزان اصفهان هستند، این روابط مثبت و قوی بوده‌اند.

همچنین نقشه دمای سطح (LST) شهر اصفهان و منطقه حومه که موقعیت دو ایستگاه اُزون سنجی و فرودگاه در آن مشخص شده در چهار تاریخ مشخص در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. در این نقشه‌ها نقاط سبز به سمت پُر رنگ‌ترین آن مبتنی بر کمترین دمای سطح و رنگ قرمز و بالاترین تُن آن مبتنی بر گرمترین نقاط سطح است. منطقه شهری اصفهان توسط مرز آن از حومه مجزا شده است. اختلاف دمای شهر اصفهان با سایر نقاط اطراف در تصویر روز ۳۱ آگوست (۹ شهریور ۹۲) از بقیه تصاویر واضح‌تر است که به این دلیل است که در شهریور پوشش سبز هنوز وارد دوره خزان نشده و تباین رنگ سطوح لخت شهری و مناطق سبز حومه واضح‌تر دیده می‌شود. جالب اینکه منطقه سبز جنوب شرقی چسبیده به شهر اصفهان منطقه هوانیروز اصفهان بوده که محل باند فرودگاه سابق اصفهان و فرودگاه پروازهای آموزشی اصفهان است. در روز یک آذر ۹۳ (۲۲ نوامبر ۲۰۱۴) در شمال غرب اصفهان منطقه

[1]- Weng et al.

قرمز پُرنگ مربوط به محل نیروگاه و پالایشگاه اصفهان است که افزایش شدت گرما می‌تواند ناشی از حادثه یا عوامل گرمازای صنعتی باشد.



شکل ۲: موقعیت دمای سطح (LST) شهر اصفهان در روزهای ۳۱ آگوست ۲۰۱۳ و ۲۲ ژانویه، ۷ فوریه و ۲۲ نوامبر ۲۰۱۴ را نشان می‌دهد نقاط قرمز، نارنجی و زرد رنگ لکه‌ها و گرم سطح شهر و نقاط سبز رنگ مناطق سرد و خنک شهر را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

محاسبه دمای سطح زمین (LST) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند در بسیاری از مطالعات محیطی و شناخت رخدادها و پدیده‌های سطح زمین کاربرد داشته باشد لیکن مدل تخمین و نوع تصاویر مورد استفاده برای این منظور از اهمیت زیادی برخوردار است. در این پژوهش نشان داده شد استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ به دلیل قدرت

تفکیک بالای آن در مقایسه با سایر تصاویر، تصویر روشن‌تری از دمای سطح زمین می‌تواند ارائه دهد. همچنین روش تخمین پنجره سوبرینو نیز مدلی مناسب برای تخمین دما بر روی این تصاویر است که با نتایج کار اکسالویی یو و همکاران (۲۰۱۴)، جویباری مقدم و همکاران (۱۳۹۴) و فیضی زاده و همکاران (۱۳۹۵) انطباق دارد. کابرد این مدل بر روی تصاویر ماهواره‌ای منطقه اصفهان که از پوشش متنوع ناحیه شهری، فضای سبز و مناطق صنعتی عمده برخوردار است، قدرت عمل این مدل و تناسب تصاویر مذکور را برای این منظور نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش نشان داد دمای محاسبه شده در چهار روز از سال عمدتاً بیشتر از دمای اندازه‌گیری شده در عمق ۵ سانتی‌متری خاک در محل دو ایستگاه اُزون سنجی و فرودگاه اصفهان است. به این ترتیب دمای سطح محاسبه شده در روز ۲ و ۱۸ بهمن ۹۲ و ۹ شهریور بر روی تصویر به ترتیب ۲/۳، ۴/۲۵ و ۱/۴۵ درجه سلسیوس بیشتر از دمای اندازه‌گیری شده در عمق ۵ سانتی متری سطح خاک در محل ایستگاه اُزون سنجی اصفهان است که با نتایج کار بازیانی و انطباق دارد. دمای محاسبه شده در روزهای مذکور به ترتیب ۲/۶۹، ۳/۸، ۳/۱ و ۰/۹ درجه سلسیوس بیشتر از دمای ایستگاه فرودگاه است. با افزایش شاخص پوشش گیاهی، مقدار دمای سطح زمین افزایش می‌یابد بطوری که ضریب همبستگی بین نقشه دمای سطح زمین LST و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) محدوده مورد مطالعه برابر با ۰/۴۵۸ که در سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید می‌گردد که با نتایج کار اصلان و کوک سان (۲۰۱۶) و ونگ و همکاران (۲۰۰۴) منطبق است.

منابع

بابایی فینی ام السلمه (۱۳۹۴). بررسی رابطه دمای سطح زمین و شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی در محیط شهری (مطالعه موردی: کلانشهر اصفهان)، جغرافیای طبیعی، سال هشتم، شماره ۹۲، صص ۹۰-۷۵.

حاجیلو مرضیه؛ المدرسی سید علی؛ زرنگ نسیم؛ سرکارگر اردکانی علی (۱۳۹۳). پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصویر سنجنده ETM +و OLI (مطالعه موردی: استان قم)، نخستین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در تحلیل فضایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، ۵ و ۶ اسفند. ص ۱۰-۱.

جویباری مقدم یاسر؛ آخوندزاده مهدی؛ سراجیان محمدرضا (۱۳۹۴). ارائه یک الگوریتم پنجره مجزا نوین به منظور تخمین دمای سطح زمین از داده‌های ماهواره لندست ۸، نشریه علوم و فنون نقشه برداری، دوره پنجم. شماره ۱، صص ۲۲۶-۲۱۵.

صادقی نیا علیرضا؛ علیجانی بهلول؛ ضیائیان پرویز (۱۳۹۱). تحلیل فضایی- زمانی جزیره حرارتی کلان شهر تهران با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره چهارم، صص ۱۷-۱.

رحیمی خوب علی؛ کوچک زاده مهدی؛ سامانی جمال محمد ولی؛ شریفی فرود (۱۳۸۴). ارزیابی چند روش برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای NOAA در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، پژوهش و سازندگی، شماره ۶۸، صص ۹۰-۸۴.

دانش کار آراسته پیمان؛ تجریشی مسعود؛ ثقفیان بهرام (۱۳۸۴). تعیین دمای سطح با استفاده از فن آوری سنجش از دور در منطقه سیستان، نشریه علمی پژوهشی آب و آبخیز، شماره ۲، ۲۹-۲۰.

کاویانی عباس؛ سهرابی تیمور؛ دانش کارآراسته پیمان (۱۳۹۲). تخمین دمای سطح زمین با استفاده از شاخص اختلاف نرمال شده (NDVI) در تصاویر سنجنده های Landsat ETM+وMODIS ، مجله هواشناسی کشاورزی، شماره ۱ جلد ۱ صص ۲۵-۱۴.

فیضی زاده بختیار؛ دیده بان خلیل؛ غلام نیا خلیل (۱۳۹۵). برآورد دمای سطح زمین و الگوریتم پنجره مجزا با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ مطالعه موردی: حوضه آبریز مهاباد، فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۵، شماره ۹۸، صص ۱۸۱-۱۷۱.

عظیمی فریده (۱۳۸۷). پهنه بندی دمای سطح شهر اهواز با استفاده از تصاویر حرارتی سنجنده ETM، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال پنجم، شماره ۱۷، صص ۱۰۹-۹۷.

Avdan U., Jovanovska, G. (2016), "Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data", Journal of Sensors, volume. 2016, pp. 1-8.

Aslan, N. and Koc-San, D. (2016), "Analysis of Relationship Between Urban Heat Island Effect and Land USE/COVER Type Using Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI Image", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Congress, 12–19 July, Prague, Czech Republic, XLI-B8, pp. 821-288.

Flores, P. F. Lillo S. M. (2010), "SIMPLE AIR TEMPERATURE ESTIMATION METHOD FROM MODIS SATELLITE IMAGES ON A REGIONAL SCALE, CHILEAN", JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH, volume.70, number 3, pp. 436-445.

Karenia, C. S. G. (2015). "Spatial Geo-technologies and GIS tools for urban planners applied to the analysis of urban heat island. Case Caracas city, Venezuela, ICUC9", 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment, pp. 1-5.

Leo, C. P., Quattrochi D. A., Luvall, J. C. (2010), "Application of high-resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban heat island effect", International Journal of Remote Sensing, volume 18, number 2.

Samuel, N. G. (2013), "THERMAL BEHAVIOR OF URBAN LANDSCAPES AND THE URBAN HEAT ISLAND", Physical Geography, volume 2 number 1, pp. 19-33.

STHOMAS, C. P., TIMOTHY, W. O. (2005), Urban Heat Island Assessment. Journal of climate, volume 81, pp. 2637-2646.

Tsou, J. Zhuang, J., Yu Li and Zhang, Y. (2017), "Urban Heat Island Assessment Using the Landsat 8 Data: A Case Study in Shenzhen and Hong Kong", Urban Science, volume 1, number 10, pp. 1-22.

Weng, Q., Lub, D., Schubring, J. (2004), "Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies", Remote Sensing of Environment, volume 89, pp. 467–483.

Yuan, F., Bauer, M.E. (2007), "Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery", Remote Sensing of Environment, volume 106, pp. 375-386.

Yu., X., Guo, X., Wu., Z., (2014), "Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 TIRS—Comparison between Radiative Transfer Equation-Based Method, Split Window Algorithm and Single Channel Method", Remote Sensing, volume 6, pp. 9829-9852

Zanter, K. (2016), LANDSAT 8 (L8) DATA USERS HANDBOOK. USGS science for changing word, EROS, Sioux Falls, South Dakota.

Zhao, Q., Soe W. Myint, E. A. Wentz, Chao F. (2015), "Rooftop Surface Temperature Analysis in an Urban Residential Environment", Remote Sensing, volume 7, pp. 12135-12159.

Land Surface Temperature Detection Using of Satellite Images

Abbas Ali Arvin*[1]

Received: 19-06-2017 Accepted: 26-11-2017

Abstract

One of the most important applications of satellite images is the use of it to determine and estimate the surface temperature of the earth. To investigate this, the Landsat 8 series was used to calculate and estimate the air temperature in the city of Isfahan and surrounding area. The surface of the earth's surface temperature (LST) was calculated using the Subrino window algorithm. The results showed that the use of this method on satellite images of Isfahan region, which covers a variety of urban areas, green spaces, and major industrial areas, shows the ability of this model and the proportion of these images for this purpose. The comparison of a temperature measured on the image and the temperature calculated in two of Ozone-metric and Airport stations in Isfahan shows a range of changes of about 4.5 degrees Celsius. However, the calculated temperature in four days of the year is more than the measured temperature at a depth of 5 cm in the soil at the site of the two Ozone-metric and Isfahan Airport stations and this value is at a maximum of 4.25 degrees Celsius above the station's temperature. The correlation relations between the LST surface temperature map and the normalized vegetation difference index (NDVI) at 9100 pixels of the area code with a correlation coefficient of 0.445 are confirmed at a confidence level of 99% which confirmed the validity of the method used to estimate the surface temperature..

Keywords: Land Surface Temperature (LST), Isfahan, Estimation of Temperature, Satellite Image.

[1]*- Associated Professor in Payame Noor University, Iran Email: a_arvin@pnu.ac.ir