کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم محیطی، شماره ۲، سال اول، بهار ۱۴۰۱، صص ۸۸-۷۳
Application of remote sensing and GIS in environmental sciences, Vol 1, No. 2, Spring 2022, pp. 73-88

بررسی تغییرات دمای سطح زمین با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای لندست ۸ در شهر اهواز

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۷

قدرت‌الله رستمی پایدار [*1]، هومن مرادپور [2]، سمانه باقری [3]، مهسا بندرزاده [4]

۱- استادیار، گروه زمین‌شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲- کارشناس ارشدسنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۳- کارشناس ارشدسنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

گسترش صنعتی شدن و مهاجرت جمعیت روستایی به مناطق شهری موجب رشد بی‌رویه جمعیت شهری در سال‌های گذشته شده است. رشد سریع جمعیت و توسعه زیرساختی شهر موجب تغییرات الگوی شهری خواهد شد و با از بین رفتن محیط زیست و جایگزینی ساختمان‌ها باعث آلودگی محیطی و تغییرات آب و هوای می‌شود. تصویر ماهواره‌ای مورد بررسی در این پژوهش مربوط به ماهواره‌ی لندست ۸ است، که برای منطقه‌ی مورد مطالعه برداشت شده است. سپس اصلاح اتمسفری بر روی داده‌ها انجام شده و تبدیل عدد رقومی (DN) به تابش طیفی و تبدیل رادیانس طیفی به دمای جسم سیاه و تبدیل دمای آن از کلوین به سانتی گراد سپس تصحیح توان تشعشعی و در نهایت استخراج شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و استخراج شاخص دمای سطح زمین (LST) صورت گرفته است. میزان شاخص پوشش گیاهی (NDVI) با حداکثر میزان آن با ۰,۶۴ و حداقل ۰/۳۶- و شاخص دمای سطح زمین (LST) با حداکثر دمای ۶۵ درجه و حداقل ۳۴ درجه می‌باشد، که دمای بالا در برخی از نقاط حاکی از فعالیت‌های صنعتی موجود در شهر اهواز اعم از صنایع فولاد، شرکت‌های نفت و نبود پوشش گیاهی کافی در زمین‌های عریان شهر بود.

کلمات کلیدی: اهواز، لندست ۸، دمای سح زمین، LST

* نویسنده مسئول
E-mail:rostamigsi2006@gmail.com

۱-مقدمه

لهوچکی و همکاران (۱۸)، در مطالعه خود عنوان کردند که گرمای شدید خطرات قابل توجهی برای جمعیت رو به رشد شهری جهان به همراه دارد و استرس گرمایی برای سلامت انسان احتمالاً با افزایش دماهای انسانی پیش‌بینی شده توسط مدل‌های آب و هوایی تشدید می‌شود . این مطالعه به بررسی شدت و الگوی فضایی جزیره حرارتی شهری (UHI) در طول سه روز گرم تابستانی متوالی همراه با رکورد گرما در شهر والنسیا (اسپانیا)، متمرکز است. به منظور انجام تجزیه‌وتحلیل‌ها، آنها اندازه‌گیری‌های بلندمدت در محل و داده‌های سنجش از راه دور را با هم ترکیب کردند. اثر UHI با استفاده از دو رویکرد ارزیابی شد : (الف) بر اساس سری زمانی دمای هوا (AT) از دو ایستگاه هواشناسی و (ب) با استفاده از تصاویر دمای سطح زمین (LST) از محصولات MODIS توسط ناسا با وضوح ۱ کیلومتر. قوی‌ترین UHI شبانه تخمین زده شده از AT 2.3 درجه سانتی‌گراد بود، در حالی که شدیدترین UHI سطحی که به‌عنوان تفاوت بین LST مناطق شهری و روستایی محاسبه شد تعریف شده توسط (NDVI) 2.6 درجه سانتی‌گراد بود. آنها اظهار کردند که با افزایش تعداد شب‌های گرمسیری، کاهش UHI شبانه یک موضوع مبرم بوده و باید در برنامه‌ریزی شهری مرتبط به آب‌وهوا مورد توجه قرار گیرد.

نینگروم (۲۱)، در مطالعه خود در بانکوک نشان داد که شهرنشینی در دوره ۱۹۸۴-۲۰۱۳ به عنوان یکی از عوامل مهم موثر بر افزایش دما است. او نتایج خود را اینگونه بیان کرده است که شهرنشینی می‌تواند نه تنها مکانیسم تعادل انرژی در سطوح شهری، بلکه سیستم نسیم دریا را در شهرهای بزرگ ساحلی تغییر دهد. به دلیل گسترش شهری، پدیده جزیره گرمایی شهری (UHI) گسترش یافت است. IPCC (تغییر آب و هوای سیاره‌ای بین دولتی) روند دمای جهانی را منتشر می‌کند که از گرم شدن محلی UHI شکل گرفته است. داده‌ها توسط واحد تحقیقات اقلیمی (UK Met ،CRU) گردآوری شده است. او در مطالعه به این ادعای CRU و IPCC اشاره کرده است که بر اساس آن جو از قرن نوزدهم بین ۰/۶ تا ۰/۸ درجه سانتی‌گراد در حال گرم شدن است.

یانگ و همکاران (۲۲)، در مطالعه خود عنوان کرده‌اند که اثر جزیره گرمایی شهری (UHI) نوعی پدیده انباشت گرما در محدوده شهری به دلیل ساخت‌وساز شهری و فعالیت‌های انسانی است و به عنوان بارزترین ویژگی اقلیم شهری شناخته می‌شود. افزایش دمای سطح زمین ناشی از اثر UHI قطعاً بر جریان مواد و انرژی در سیستم‌های اکولوژیکی شهری تأثیر می‌گذارد و همچنین ساختار و عملکرد آنها را تغییر می‌دهد و مجموعه‌ای از اثرات اکولوژیکی و محیطی را بر اقلیم شهری، موقعیت‌های هیدرولوژیکی شهری، ویژگی‌های خاک اعمال می‌کند و برروی محیط جوی، عادات بیولوژیکی، چرخه مواد، متابولیسم انرژی و سلامت ساکنان تأثیر می‌گذارد. آنها بیان کردند که از طریق بهبود بهره‌وری انرژی، بهینه‌سازی منظر شهری، ساخت بام سبز، استفاده از مواد با بازتاب بالا و کشت زمین سبز، اثرات UHI می تواند به طور قابل توجهی کاهش یابد. بر اساس فن‌آوری سنجش از دور

و روش‌های شبیه‌سازی عددی، تحقیقات بر روی اثرات اکولوژیکی و زیست محیطی UHI چندمقیاسی انجام شده است که مرجع نظری برای بهبود محیط زیست شهری و تحقق توسعه پایدار شهری ارائه می‌کند.

آروین (۱۲)، در پژوهش خود اینگونه بیان کرده است که آلودگی هوا یکی از علل ایجاد جزیره حرارتی شهر است که در شهرهای بزرگ از جمله اصفهان به دلیل تراکم بالای جمعیت و به دنبال آن افزایش تعداد روزهای آلوده، رخداد آن در سال‌های اخیر رو به افزایش بوده است. او به دلیل فقدان داده های دمایی سطح شهر، ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ و با بهره‌گیری از روش الگوریتم پنجره مجزای سوبرینو دمای سطح زمین (LST) را محاسبه کرده و در ادامه جزیره حرارتی شهر را با استفاده از روابط آماری بدست آورده است. نتایج مطالعه وی نشان داده است که اختلاف دمای LST با دمای خاک در عمق ۵ سانتی متری در موقعیت ایستگاه های هواشناسی به طور متوسط ۴/۱ سلسیوس است و در حداکثر مقدار به ۵/۹ درجه می‌رسد. بررسی دمای هوای تخمین زده شده برای شهر اصفهان نشان داده است که اختلاف دمای جزیره حرارت هوای شهری و دمای پیرامونی شهر در زمان رخداد حداکثر آلودگی بیشتر است. نقشه‌های جزیره حرارتی و نقشه های توزیع آلودگی بر یکدیگر انطباق داشته و نواحی آلوده‌تر دارای دماهای بالاتری بوده اند. همچنین روابط همبستگی بین نقشه توزیع آلودگی و نقشه جزیره حرارتی شهر اصفهان در سطح معناداری تأیید شده است و در روزهای با آلودگی بیشتر، ضرایب همبستگی مذکور قوی‌تر هستند.

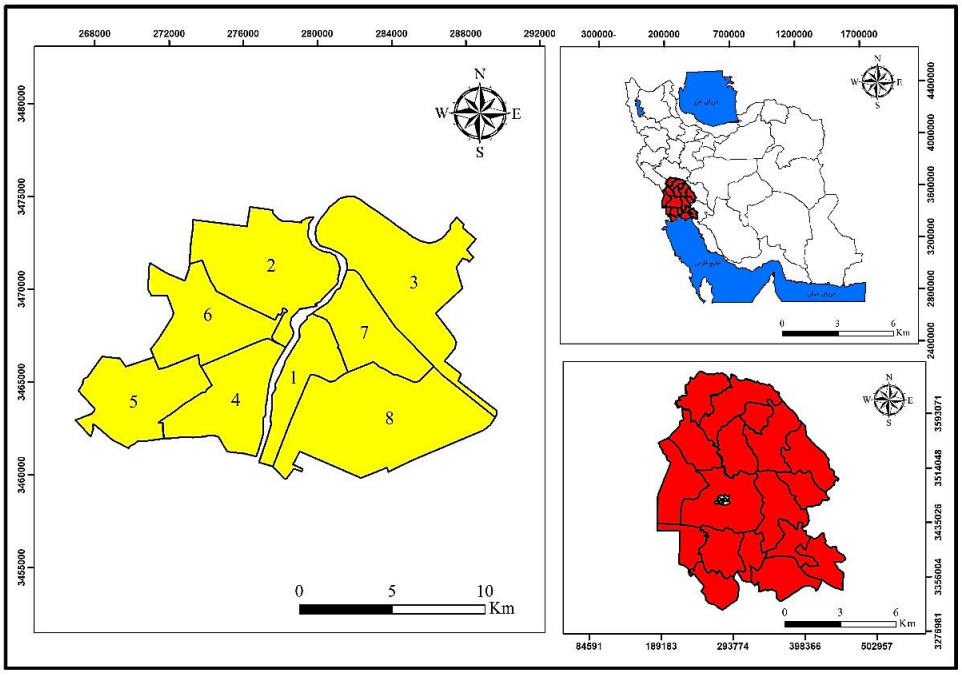
مرئی و همکاران (۸)، در مطالعه خود تأثیر ویژگی مصالح مختلف مورد استفاده در سطوح شهری بر ایجاد جزیره حرارتی در اقلیم گرم و خشک را مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها به منظور شناسایی تأثیر مصالح مختلف پوسته شهری بر افزایش دمای هوای مجاور سطوح، یک مطالعه تجربی بر روی ۳۰ نمونه از مصالح رایج مورد استفاده در پیاده راه، خیابان و بام در شهر تهران انجام داده‌اند. در این پژوهش آنها با هدف بررسی تأثیر خواص ترموفیزیکی و تابشی مصالح و با بهره‌گیری از ابزارهایی چون ترمومتر تماسی، دوربین مادون قرمز و طیف سنج، عملکرد حرارتی و نوری نمونه‌ها را مورد مطالعه قرار داده‌اند. سپس با استفاده از روش‌های آماری، خصوصیات فیزیکی نمونه‌ها چون رنگ، جنس و بافت سطح و اثر هر یک بر تغییرات دمای سطوح به کمک داده‌های جمع‌آوری شده مشخص گردیده است. نتایج نشان داده است که در اکثر نمونه‌ها، بیشینه دمای سطح بالاتر از ۵۴ درجه سانتیگراد و شاخص بازتاب خورشیدی (SRI) و آلبیدوی کمتر از ٪۵۰ است که در افزایش دمای هوای مجاور نقش به سزایی دارند. لذا استفاده از مصالح با رنگ روشن و صیقلی و همچنین آلبیدو بالا، به شرط کنترل خیرگی، از مؤثرترین راهکارهای کنترل افزایش دمای هوای مجاور است. آنها اظهار داشتند که این مطالعه می‌تواند در انتخاب هرچه بهتر مصالح مناسب، کاهش اثر جزیره حرارتی و در نتیجه بهبود شرایط آسایش حرارتی در محیط‌های خارجی در ایران مؤثر باشد.

علوی‌پناه و همکاران (۱۰)، با استفاده از باند حرارتی سنجنده TM به تهیه نقشه دمای سطح در بیابان لوت پرداختند، نتایج این تحقیق حداکثر دمای اندازه‌گیری شده را ۵۴/۵۳ درجه نشان داد. فیضی‌زاده و بلاشکه (۲۵)، یک اتحاد از تحلیل ترکیب طیفی و شاخص سنجش از دور عضو نهایی برای استخراج دمای سطح زمین را برای شناسایی جزایر حرارتی شهری و به منظور بررسی رابطه کاربری زمین/ پوشش زمین وآلودگی هوا در شهرستان تبریز، ارائه کردند، نتایج نشان داد که دمای سطح زمین به شدت توسط کاربری و پوشش زمین تحت تاثیر قرار می‌گیرد و اینکه جزایر حرارتی شهر به دمای سطح زمین با کاربری و پوشش زمین مرتبط است. ولیزاده کامران و همکاران (۱۱)، در مطالعه‌ای تحت عنوان "بازیابی دمای سطح زمین با استفاده از سنجنده‌ی TIRS لندست ۸ : مقایسه‌ای بین الگوریتم پنجره مجزا و روش سبال" وارونگی دمای سطح زمین را در شهر تهران مقایسه کردند. نتایج نشان داد که وارونگی دمای سطح زمین در روش پنجره مجزا دارای دقت با RMSE کمتر از ۰/۱۷ درجه سانتی‌گراد بود، درحالی که روش سبال دقتی برابر با ۳/۲۷ درجه سانتی‌گراد داشت، به طوری که الگوریتم پنجره مجزا روش مناسبی برای منطقه مورد مطالعه است.

در جمع‌بندی نتایج حاصل از پژوهش‌های صورت گرفته مشخص شد که اولاً تصاویر ماهواره‌ای در برآورد دمای سطح زمین نتایج قابل قبول و قابل استنادی را ارائـه می‌دهند، ثانیاً روش های مختلف برآورد دمای سـطح زمین نتـایج تقریباً یکسانی را به دست می‌دهند و ثالثاً کاربری‌های مختلف ارتباط مستقیمی در کاهش یا افزایش دمای سطح زمین در شهرها دارند که تمامی این‌ها باید در پژوهش‌های مختلف در خصوص برآورد دمای سطح زمین در سطوح شهری مورد نظر قرار گیرد.

۱-۱-معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر اهواز مرکز استان خوزستان با ارتفاع متوسط ۱۶ متر از سطح دریا بین N31°13 تا N23°31 و E32°48 تا E47°48 واقع شده و شامل هشت منطقه شهرداری می‌باشد. مساحت محدوده طرح جامعه آن ۲۹۵ کیلومتر مربع است میانگین سالانه دمای شهر اهواز ۳۲/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداکثر دمای آن ۳۸/۳ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل دمای آن ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد است. میزان بارندگی سالیانه در حدود ۲۰۵ میلی‌متر گزارش شده که با توجه به اقلیم‌بندی دو مارتن در ناحیه خشک قرار می‌گیرد.



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه

Fig. (1): Case study

۱-۲-داده‌های مورد استفاده

تصویر ماهواره‌ای استفاده شده در این پژوهش مربوط به Landsat 8 OLI-TIRS به تاریخ ۱۴۰۰/۰۴/۰۴ است. این تصویر مربوط به گذر(Path 165 و ردیف Row 38) از طریق سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) تهیه شده است. تصویر UTM بیضوی WGS-84 و زون ۳۹ شمالی قرار دارد.

۱-۲-روش تحقیق

برای انجام این پژوهش از تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ استفاده شدو در ادامه با استفاده از نرم افزار ENVI5.3 تصحیحات رادیومتریکی و تصحیح اتمسفری با روش FLAASH انجام شد. در ادامه به منظور اجرای عملیات برآورد دمای سطح زمین با استفاده از روش پنجره مجزا به ترتیب مراحل زیر انجام شد.

۱-۴-برآورد شاخص پوشش گیاهی (NDVI)

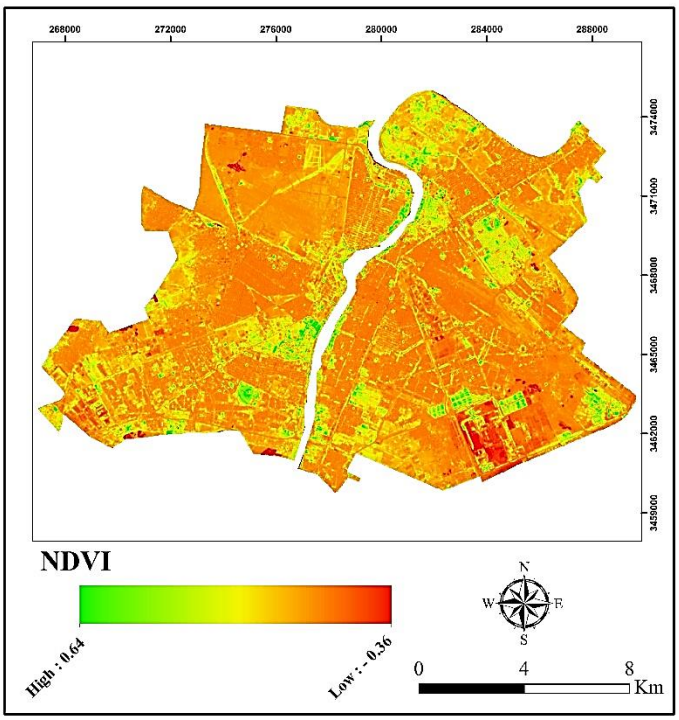
شاخص‌های پوشش گیاهی مختلفی برای بارزسازی اطلاعات پوشش گیاهی در تصاویر سنجش از دور وجود دارد که معمولاً باند مادون قرمز (انعکاس بالای پوشش گیاهی) و قرمز (جذب بالای رنگدانه) را بکار می‌گیرند. تقریباً

هر کسی که با سنجش از دور پوشش گیاهی کار کرده باشد شاخص NDVI را می شناسد و می توان گفت معروف ترین شاخص در این زمینه است. گووارد (۱۶)، به منظور محاسبه شاخص NDVI به عنوان یکی از موثر ترین عوامل کاهش دمای محیطی، لازم است تا شاخص پوشش گیاهی،از نواحی دارای پوشش گیاهی را از مناطق خالی از پوشش گیاهی جدا می‌کند. ولیزاده کامران و همکاران (۱۱)، شاخص پوشش گیاهی از طریق رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$NDVI = (Band5 - Band4) / (Band5+Band4) \qquad [۱]$$

که نتیجه حاصل از این رابطه تصویری با دامنه ۱+>۰>-۱ می‌باشد (شکل ۲) .

سوزنگر (۶)، از آنجای که باند ρNIR و ρRED هر دو تابش باز تابندگی از واحد باند به ترتیب **NIR** و RED است.میزان شاخص گیاهی از ۱- تا ۱+ متغییر است. بدنه آب تمایل به جدای از شاخص پوشش گیاهی دارد. میزان زمین عریان نزدیک به ۰ است درحالی که میزان پوشش سبز نزدیک به ۱+ است. میزان شاخص پوشش گیاهی با حداکثر میزان آن به ۰/۰۷۵ و میانگین این شاخص در منطقه ۰/۱۷ بوده و حداقل آن ۰/۵۰- است. بیشترین مقدار پوشش گیاهی متعلق به کشت و زرع در شمال منطقه مورد مطالعه است و پوشش گیاهی در اطراف رودخانه محیط شهری میزانی از حدواسط داشته و زمین‌های عریان منطقه میزان این شاخص را در برگرفته‌اند. لازم به ذکر است شاخص پوشش گیاهی در آب صفر می‌باشد.



شکل (۲): نقشه شاخص پوشش گیاهی (NDVI) محدوده شهر اهواز
Fig. (2): NDVI map of Ahvaz city area

۱-۵-برآورد کسری پوشش گیاهی(FVC)

پوشش گیاهی سبز جزءبه‌جزء (FVC) یکی از پارامترهایی است کـــه در بسیاری از برنامه‌های کاربردی محیط زیست و تغییرات آب و هوایی کاربرد دارد. یک رویکرد مشترک برای برآورد FVC، شامل ترکیبی غیرخطی از دو عنصر طیفی در یک تصویر سنجش از راه دور شامل خاک لخت وپوشش گیاهی سبز است. جیسون و همکاران (۲۶)، خواص طیفی از این دو عنصر معمولاً به صورت برآوردهای مختلف می‌شود که شامل اندازه-گیری‌های میدانی، برآورد از منـابع داده‌های اضافی به عنوان مثال، پایگاه داده خاک و یا نقشه‌های پوشش اراضی) و یا به طور مستقیم از تصاویر استخراج شده است. یوان و همکاران (۲۵)، الگوریتم وابسته به یک تجزیه و تحلیل روش بهینه‌سازی مخلوط طیفی (SAM) براساس قضیه پوشش گیاهی، همراه با استفاده از استاندارد SAM، برای بهبور درک از تأثیرپذیری دو عنصر در اشتقاق از بخش پوشش گیاهی زیرپیکسل‌ها در مقیاس جهانی است. ولیزاده کامران و همکاران (۱۱)، برآورد کسری پوشش گیاهی از طریق رابطه ۲ محاسبه شد.

$$FVC = ((NDVI - NDVI(min)) / (NDVI(max) - NDVI(min)) \quad [۲]$$

NDVI: ارزش پیکسل‌ها در شاخص

NDVImax: حداقل ارزش پیکسل‌ها در شاخص

NDVImin: حداکثر ارزش پیکسل‌ها در شاخص

۱-۶-برآورد گسیلمندی (Emissivity)

مقدار گسیلمندی (Emissivity) بر روی مقدار دمای سطح زمین به شدت تأثیرگذار است. گسیلمندی یک ماده واقعی در مقایسه با جسم سیاه ، بسته به نوع ماده تشکیل‌دهنده پدیده‌های مختلف متفاوت و در طول موج‌های مختلف ناحیه مادون قرمز حرارتی با یکدیگر تفاوت می‌کند به همین دلیل پدیده‌های مختلف را با وجود دمای یکسان می‌توان با استفاده از این پارامتر تشخیص داد(ویسی و همکاران،۱۳۹۵). که این گسیلمندی اجسام وابسته به طول موج است.یعنی هنگامی که گسیلمندی اجسام واقعی در طول موج‌های مختلف اندازه‌گیری شود، مقادیر متفاوتی حاصل خواهد شد. گسیلمندی برخی از مواد طبیعی در محدوده طول موج۸ -۱۲ میکرومتر که در سنجش از دور کاربرد زیادی دارند دیده می شود. وند گریند و اوو در سال ۱۹۹۳ رابطه بین شار تابشی و شاخص پوشش گیاهی را به دست آوردند. ولیزاده کامران و همکاران (۱۱)، مقدار گسیلمندی اجسام با استفاده از شاخص پوشش گیاهی از طریق رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$E = 0.004\ FVC + 0.986 \qquad [۳]$$

E: گسیلمندی اجسام (Emissivity)

۱-۷-برآورد قابلیت انتشار سطح زمین (LSE)

یکی دیگر از معیارهایی که برای محاسبه دمای سطح زمین لازم و ضروری می‌باشد برآورد قابلیت انتشار در سطح زمین است. که این معیار بصورت جدا گانه در هر دو باند حرارتی ماهواره لندست ۸ برای گیاه و خاک محاسبه شد. ولیزاده کامران و همکاران (۱۱)، LST با استفاده از رابطه ۴ به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$LSE=Es\ (1-FVC) +Ev * FVC \qquad [۴]$$

LST : گسیلمندی سطح زمین

E s-v: انتشار گیاه وخاک برای باندهای حرارتی طبق جدول شماره ۱

FVC: نسبت پوشش گیاهی

جدول (۱): قابلیت انتشار برای خاک و گیاه

Table (1): Distributability for soil and plants

Emissivity	B10	B11
Es	0.971	0.977
Ev	0.987	0.989

ولیزاده کامران و همکاران (۱۱)، بعد از محاسبه کردن قابلیت انتشار سطح زمین برای هر یک از باندهای حرارتی، اختلاف و میانگین این دو باند نیز بر اساس رابطه ۵ محاسبه شد.

$$\text{Mean } E=(E10 - E11)/2 \qquad [۵]$$

$$\Delta E=(E10 - E11)$$

Mean E: میانگین قابلیت انتشار سطح زمین

ΔE: اختلاف قابلیت انتشار سطح زمین برای باندهای ۱۰و۱۱

اما کاربرد باندهای حرارتی بیشتر در این مراحل نمود پیدا می کند که ابتدا نیاز به انجام رادیانس باندهای حرارتی تصویر لندست ۸ می‌باشد. ولیزاده کامران و همکاران (۱۱)، برای این امر می‌توان از رابطه ۶ استفاده کرد.

$$Ly = ML * Qcal + AL \qquad [۶]$$

$$ML = radiance_mult_band\text{-}10/11$$

$$Qcal = B10, B11$$

$$Al = radiance_add_band_10/11$$

۱-۸-برآورد دمای روشنایی ماهواره (BRIGHTNESS TEMPERATURE)

داده‌های باند حرارتی را می‌توان با استفاده از ثابت حرارتی موجود در فایل متا دیتا از طیف درخشندگی به دمای روشنایی تبدیل کرد. ولیزاده کامران و همکاران (۱۱)، این امر مطابق رابطه ۷ انجام می‌شود.

$$T = K2 / LN (K1 / Ly+1) - 272.15 \qquad [۷]$$

T: دمای روشنایی ماهواره

k2 وK1: ثابت حرارتی برای هـر دو باند حرارتی موجود در متا دیتا

Ly: درخشندگی جو بالا

۱-۹-برآورد ستون بخارآب (CWV)

ولیزاده کامران و همکاران (۱۱)، ستون بخار آب در بهبود دقت و بازیابی دمای سطح زمین نقش مهمی را ایفا

می‌کند که با استفاده از رابطه ۸ قابل محاسبه است که در این رابطه C0…C2 ضرایب ثابت به دست آمده از داده‌های شبیه‌سازی‌شده هستند.

$$CWV = C0 + C1 * (Tj / Ti) + C2 * (Tj / Ti)^2 \quad [۸]$$

میانگین دمای روشنایی **Tj / Ti**

C0 = -9.674
C1 = 0.653
C2 = 9.087

۱-۱۰-الگوریتم Split-Window

این الگوریتم از جمله روش‌های مهم در برآورد دمای سطح زمین به حساب می آید که نسبت به سایر روش‌ها از دقت بهتری برای محاسبه دمای سطح زمین برخوردار می‌باشد. ویژگی مهم این الگوریتم حذف اثرات جوی می‌باشد. با توجه به این که این الگوریتم اطلاعات دقیق در مورد پروفیل جوی در طول کسب ماهواره‌ای نیاز ندارد، چنین الگوریتم به طور گسترده در بازیابی LST از دو سنسور چندطیفی Multi spectral و سنسور حرارتی Tirs استفاده می‌کند. با توجه به در دسترس نبودن یک پایگاه داده برای اندازه‌گیری‌های LST با لندست ۸ ضرایب C از طریق شبیه‌سازی با اعداد مختلف از شرایط اتمسفر و سطح بدست آمد.

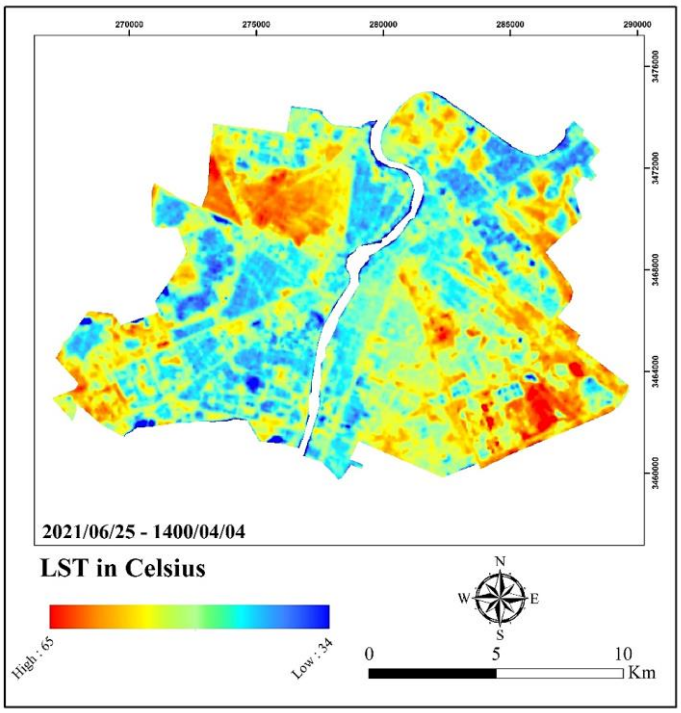
جدول (۲): ضرایب الگوریتم Split-Window
Table (2): Split-Window algorithm coefficients

ضرایب ثابت	ارزش ها
C0	-0.268
C1	1.378
C2	0.183
C3	54.300
C4	-2.238
C5	-129.200
C6	16.400

ولیزاده کامران و همکاران (۱۱)، با بدست آوردن ضرایب بالا تمام مجهولات موجود در رابطه ۹ به منظور محاسبه دمای سطح زمین بدست آمد و با جایگزین کردن مقادیر، دمای سطح زمین در محدوده مورد مطالعه فراهم آمد.

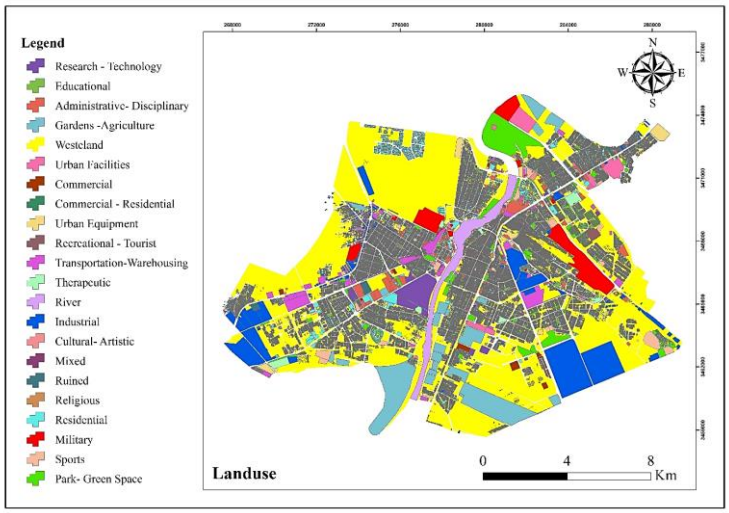
$$LST=TB10+C1(TB10-TB11)+C2(TB10–TB11)^2+C0+(C3+C4W)(1-\varepsilon)+(C5+C6W)\Delta\varepsilon \quad [۹]$$

دمای روشنایی=TB10 - TB11 ؛ ضرایب الگوریتم=C0… C6 ؛ اختلاف LSE = Δε ؛
ستون بخار آب=W



شکل (۳): نقشه دمای سطح زمین در محدوده شهر اهواز

Fig. (3): Earth surface temperature map within the city of Ahvaz



شکل (۴): نقشه کاربری اراضی محدوده شهر اهواز

Fig. (4): Landuse map of Ahvaz city

جدول (۳): کمینه، بیشینه و میانگین دما در هر یک از کاربری‌ها
Table (3): Min, Max and Mean Temperature in each of the uses

کاربری‌ها	کمینه دما	بیشینه دما	میانگین دما
آموزش و تحقیقات فناوری	۴۳/۹	۵۱/۲۳	۴۷/۵۶
اداری - انتظامی	۴۰/۵۵	۶۳/۱۹	۵۱/۸۷
آموزشی	۴۱/۱۴	۶۲/۲۷	۵۱/۷
باغات - کشاورزی	۳۶/۳۳	۶۱/۴۷	۴۸/۹
بایر	۳۶/۶۷	۶۴/۹۷	۵۰/۸۲
پارک - فضای سبز	۳۴/۷۲	۶۲/۱۵	۴۸/۴۳
تاسیسات شهری	۴۲/۱۷	۶۱/۷۳	۵۱/۹۵
تجاری	۴۳/۱۳	۶۳/۴۴	۵۳/۲۸
تجاری - مسکونی	۴۳/۸۰	۵۷/۶۵	۵۰/۷۲
تجهیزات شهری	۳۵/۲۸	۶۱/۳۵	۴۸/۳۱
تفریحی – توریستی	۴۲/۴۴	۵۸/۱۲	۵۰/۲۸
حمل و نقل - انبارداری	۳۷/۹۲	۶۴/۷۲	۵۱/۳۲
درمانی	۳۷/۴۹	۶۲/۱۵	۴۹/۸۲
رودخانه	۳۴/۵۸	۶۳/۹۰	۴۹/۲۴
صنعتی	۴۴/۱۹	۶۴/۲۷	۵۴/۲۳
فرهنگی - هنری	۳۷/۶۲	۵۶/۳۶	۴۶/۹۹
مخروبه	۴۳/۷۳	۵۸/۲۳	۵۰/۹۸
مذهبی	۴۲/۶۱	۵۵/۶۷	۴۹/۱۴
مسکونی	۳۶/۶۸	۶۱/۱۵	۴۸/۹۱
نظامی	۴۲/۵۴	۶۳/۲۹	۵۲/۹۱

۱-۱۱-نتیجه‌گیری از روش Split-Window

با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (OLI) و پس از اصلاحات اتمسفری و هندسی بر روی این تصاویر صورت گرفته و شاخص پوشش گیاهی استخراج گردیده که با حداکثر میزان ۰/۶۴ در شمال منطقه مورد مطالعه و میزان حدواسط آن ۰/۳۶s- در امتداد رودخانه کارون و نهایتاً جنوب غربی منطقه را تشکیل می‌دهد. میزان حداقل این شاخص ۰/۵۰- در جنوب شرقی و شمال غربی است. شاخص دمایی سطح زمین (LST) با استفاده از روابط ذکر شده بدست آمده که حداقل دمای نشان داده شده در این مطالعه ۳۴ درجه سانتی‌گراد است که بیشتر شامل نواحی می شود که در محدوده رود کارون قرار دارند. حداکثر دما ۶۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که شامل شمال غرب، شرق و جنوب شرقی اهواز می‌باشد. این دما در برخی از نقاط شهر حاکی از فعالیت‌های

صنعتی موجود در شهر و نبود پوشش گیاهی کافی در زمین‌های عریان شهر است. به منظور کنترل و یا کاهش این میزان دما، به صورت کلی منطقه مطالعاتی نیاز به افزایش پوشش گیاهی و جابه جایی صنایع به محدوده‌های بیرون شهر دارد.

۴-نتیجه‌گیری

با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ (OLI) و پس از اصلاحات اتمسفری و هندسی بر روی این تصاویر صورت گرفته و شاخص پوشش گیاهی استخراج گردیده که با حداکثر میزان ۰/۶۴ در شمال منطقه مورد مطالعه و میزان حدواسط آن ۰/۲ در امتداد رودخانه کارون و نهایتاً جنوب غربی منطقه را تشکیل می‌دهد. میزان حداقل این شاخص ۰/۳۶- در جنوب شرقی و شمال غربی است. شاخص دمایی سطح زمین (LST) با استفاده از رابطه ذکر شده بدست آمده است. بر اساس نتایج بیشترین میزان دما مربوط به کاربری‌های صنعتی و کمترین میزان دما مربوط به کاربری آموزش و تحقیقات فناوری است. علت بالا بودن دما در کاربری صنعتی این می‌باشد که برای مثال صنایع فولاد دارای چندین کوره هستند که دمایی بالای ۷۰ درجه سانتی‌گراد را دارا می‌باشند. افزایش دمای سطحی شب هنگام در مقایسه با سال‌های ابتدایی دوره مورد مطالعه می‌تواند ناشی از نقش بسزای نوع، اندازه ذرات و رنگ مصالح ساختمانی مناطق شهری در میزان بازتاب و جذب انرژی خورشید، توسعه شهر و اثر گرمای ویژه کاربریهای شهری باشد.

بحث و ارائه پیشنهاد

این پژوهش با هدف برآورد دمای سطح زمین شهر اهواز با استفاده از الگوریتم Split-Window انجام گرفته است. برمبنای داده‌های دست به آمده از دمای هر یک از کاربری‌های شهری و براساس تحلیل‌های آماری، مشخص گردید که تفاوت‌های معناداری در هریک از کاربری‌ها وجود دارد، بطوریکه، در مناطق نظامی و صنعتی شهر، به دلیل وجودکاربری‌ها و عواملی مانند سطوح غیرقابل نفوذ مانند آسفالت، بتن، پوشش گیاهی کم، گرمای ناشی از سوخت‌های فسیلی و افزایش آلودگی در این نواحی باعث ایجاد جزایر حرارتی شده است. از طرف دیگر تراکم و وجود پوشش گیاهی تأثیرکاملاً متفاوتی بر دمای سطحی دارند چنان که، محدوده‌های‌کم تراکم دمای بسیار بالا در تابستان و برعکس دمای بسیار پایین را در زمستان دارا بودند، اما مناطق دارای پوشش گیاهی در فصل زمستان دمای بالاتری را به خود اختصاص می‌دهد در حالی که در فصل تابستان با توجه به نتایج به دست آمده یکی از مناطق خنک محسوب می‌شوند. مناطق بایر حاشیه شهر به دلیل عدم وجود پوشش گیاهی، ظرفیت بالای جذب گرما توسط خاک و لخت ظرفیت هدایتی پایین خاک دمای سطحی زمین در هر دو فصل، آستانه‌های دمایی بالایی را نشان می‌دهند.

به طور اجمالی برای کاهش و افزایش آستانه‌های دمای سطح زمین به ترتیـب برای فصول تابستان و زمستان پیشنهاداتی به شرح زیر ارائه می‌گردد:

- گسترش فضاهای سبز در محیط شهری و صنعتی و بالا بردن تراکم فضاهای سبز فعلی؛
- جابه جایی مراکز صنعتی و سایر مناطقی که ایجاد جزایر حرارتی می‌کنند به خارج و یا مناطق دورتر از محدوده شهری؛
- عدم ایجاد اختلال مناطق جدید شهری و شهرک‌ها در مسیر طبیعی باد؛
- ترویج و احداث بام سبز با هدف جذب حداکثری انرژی تابش خورشیدی؛
- استفاده از خودروهای الکتریکی و همچنین برقی نمودن دستگاه‌های تولیدی صنعتی.

۵- منابع

Aniello, C.K. (1995). Mapping micro-urban heat island using Landsat Tm and a Gis. *Computers and Geosciences* 21, 8, 965-969.

Artis, D. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environmental*, 12, 313-329.

Becker, F., Li, Z.-L. (1995). Surface temperature and emissivity at various scales: Definition, measurement and related problems, *Remote Sens*. Rev, 12, 225–253.

Chen, X.Z. (2006). Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover change. *Remote Sensing of Environment* 104, 2, 133-146.

Feizizadeh, B., Blaschke, T., Nazmfar, H., Akbari, E., & Kohbanani, H. R. (2013). Monitoring land surface temperature relationship to land use/land cover from satellite imagery in Maraqeh County, Iran. *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 56, No, 9, s1290-1315.

Goward, S.T. (1985). North American vegetation patterns observed with the NOAA-7 advanced very high resolution radiometer. *Plant Ecology*, 64, 397-403.

Johnson, B, Tateishi, R and Kobayashi, T. (2012). Remote Sensing of Fractional Green Vegetation Cover UsingSpatially-Interpolated Endmembers, *Remote Sens*., 4, 2619-2634.

Lehoczky, A., A. Sobrino, J., Skokovic, D., Aguilar, E. (2017). The Urban Heat Island Effect in the City of Valencia:A Case Study for Hot Summer Days, *Urban Sci*. 2017, 1, 9; doi:10.3390/urbansci1010009

Li, Y. Z. (2012). Monitoring Patterns of urban heat island of the fast-growing Shanghai metropolis, China using time-series of TM/ETM+ data. *International journal of Applied Earth Observation and Geo information*, 19, 127-138.

Ningrum,W.(2017). Urban Heat Island towards Urban Climate, Global Colloquium on GeoSciences and Engineering, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 118 (2018) 012048.

Rose A.L., M.D. Devadas. (2009). Analysis of land surface temperature and land use/land cover types using remote sensing imagary a case inchennal c ity, india. The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.

Shahid,L, (2014). Land Surface Temperature Retrival of Landsat-8 Data Using Split Window Algorithm- A Case Study of Ranchi District, IJEDR, Vol. 2, Issue 4.

Yang,L., Qian,F., Song,D., Zheng. K. (2016). Research on Urban Heat-island Effect, 4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island (UHI), *Procedia Engineering*, 169 (2016) 11-18.

Yuan, F., and 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*, 106, 375-386.