



تعیین درجه حرارت سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست (مطالعه موردی: اراضی ساحلی بوشهر)

مقاله
پژوهشی

فاضل امیری، طیبه طباطبایی

دریافت: ۲۹ مهر ۱۳۹۵ / بازنگری: ۱۵ دی ۱۳۹۵ / پذیرش: ۱۰ بهمن ۱۳۹۵

دسترسی اینترنتی: ۳ شهریور ۱۴۰۰ / دسترسی چاپی: ۱ مهر ۱۴۰۱

چکیده

مواد و روش‌ها منطقه مطالعه اراضی شهر بوشهر که در ساحل شمالی خلیج فارس، با ابعاد ۲۰ در ۸ کیلومتر با مساحت ۱۰۱۱/۵ کیلومترمربع و با متوسط حداقل دما ۱۸/۱ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداکثر دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد، میزان رطوبت نسبی بین ۵۸-۷۵ در صد و متوسط بارندگی سالیانه ۲۷۲ میلی‌متر در موقعیت جغرافیایی ۵۰°۵۰' تا ۵۱°۱۰' طول شرقی و ۲۸°۴۰' تا ۲۹°۰۰' عرض شمالی واقع شده است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل؛ داده سنجنده لندست ۸ (OLI) در سال ۲۰۱۸ و داده TM در سال ۱۹۹۰ که از مرکز داده‌های سازمان زمین شناسی ایالات متحده (USGS) دانلود گردید. جهت محاسبه پارامترهای مربوط به استخراج دما از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک مستقر در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. بعد از اخذ تصاویر، به دلیل بزرگ‌تر بودن محدوده تصاویر اخذ شده، تصاویر برش داده شدند (Resize) و سپس تصحیح هندسی تصاویر با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ انجام شد و کلیه تصاویر به سیستم مختصات UTM ناحیه ۳۹ شمالی انطباق داده شدند.

پیشینه و هدف دمای سطح زمین (LST) از آنجایی که آب و هوا و محیط را در سطح محلی، منطقه‌ای و جهانی تحت تأثیر قرار می‌دهد، امروزه به عنوان به یک موضوع مهم در جهان تبدیل شده است که این تغییرات در دمای سطح زمین عمدتاً ناشی از شهرنشینی، فعالیت‌های انسانی و تغییر در کاربری و پوشش زمین بوجود می‌آید. با توجه به محدودیت ایستگاه‌های هواشناسی، سنجنش از دور می‌تواند به عنوان پایه و اساس بسیاری از داده‌های هواشناسی مورد استفاده قرار گیرد. یکی از مهمترین جنبه‌های کاربردی سنجنش از دور در مطالعات اقلیم شناسی برآورد دمای سطح زمین می‌باشد. در این تحقیق درجه حرارت سطح زمین بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ از تصاویر سنجنده‌های TM و OLI اراضی ساحلی بوشهر، از روش استفان-بولتزمن استخراج شد.

فاضل امیری (✉) ۱، طیبه طباطبایی ۲

۱. دانشیار گروه منابع طبیعی و محیط زیست، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران
۲. دانشیار گروه محیط زیست، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات : Fazel.Amiri@iau.ac.ir

<https://doi.org/10.30495/GIRS.2022.695160>

<http://dori.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.3.3.5>

نتیجه‌گیری این تحقیق با هدف استخراج LST با روش استفان-بولتزمن است. نتایج این روش با استفاده از شاخص آماری میانگین خطای مطلق برای دوره مطالعاتی (۲۰۱۸-۱۹۹۰) برآورد گردید. اجرای شاخص میانگین خطای مطلق بر روی نقشه‌های حرارتی تولید شده، مشخص شد که روش استفان-بولتزمن برای تحقیقات آبی در زمینه‌های سنجش‌ازدور حرارتی با مشاهده نتایج حاصل از استفاده شاخص MAE بر روی نقشه‌های حرارتی مناسب است. بنابراین نتایج نشان داد که روش استفان-بولتزمن مناسب برای برآورد دمای سطح زمین در اراضی مناطق ساحلی است. در نهایت، پیشنهاد می‌شود که برای توصیف کمی الگوهای LST از یک روش مبتنی بر GIS/RS و روش‌هایی مانند همبستگی مکانی و نیمه‌واریانس استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: درجه حرارت سطح زمین، روش استفان-بولتزمن، ماهواره لندست، اراضی ساحلی

در تصحیح هندسی تمام تصاویر خطای RMS کمتر از ۰/۵ پیکسل بود. برای مقایسه نتایج اجرای روش استفان-بولتزمن برای استخراج LST با داده‌های زمینی داده‌های نقشه‌های حرارتی به‌دست آمده با داده‌های دمای خاک (به‌دست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی موجود در محدوده انتخاب شده) مقایسه شد. به‌منظور ارزیابی روش استفان-بولتزمن از داده‌های زمینی، از روش آماری شاخص میانگین خطای مطلق استفاده شد.

نتایج و بحث میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت سطح زمین LST استخراج شده از تصویر TM سال ۱۹۹۰ به ترتیب ۲۶/۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد و برای تصویر OLI سال ۲۰۱۸ به ترتیب ۳۰/۱ و ۴۸/۶ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. نتایج نشان داد که مقادیر شاخص میانگین خطای مطلق برای سنجنده‌های TM و OLI، به‌ترتیب برابر با ۷/۱ و ۵/۶ است. نتایج تحقیق نشان داد که روش استفان-بولتزمن، نتیجه قابل اعتماد و مطمئنی را در برآورد دمای سطح زمین ارائه داد.

مقدمه

محلی، منطقه‌ای و جهانی استفاده شده‌اند. این به دلیل وضوح نسبی بالای داده‌های لندست (۱ و ۲۲)، در مقایسه با MODIS و AVHRR است. برای دستیابی به تخمین دقیق‌تر LST، ووگت و اوکه (۲۴) پیشنهاد کردند از تصاویری با وضوح کم‌تر از ۱۰۰ متر استفاده شود. مطالعات قبلی (۷، ۱۳، ۱۵ و ۲۰)، نیز گزارش کردند که استفاده از تصاویر با وضوح مکانی خوب برای برآورد LST بسیار ضروری است. تصاویر لندست برای تهیه نقشه جزایر حرارتی در محیط‌های شهری استفاده شده است (۱۴، ۱۶ و ۱۹). کومار و همکاران (۹) از تصاویر لندست ETM⁺ و روش استفان-بولتزمن برای برآورد دمای سطح زمین در شهر ویجایاوادا در آندرا پرادش، هند استفاده کردند. میا و همکاران (۱۰) از تصاویر لندست ETM⁺ و روش استفان-بولتزمن برای برآورد دمای سطح زمین در منطقه آتشفشانی آسو در ژاپن استفاده کردند. میا و همکاران (۱۱) برآورد دمای سطح زمین در شبه جزیره شیبابارا-جزیره کیوشو در ژاپن، از هفت سری تصاویر لندست ETM⁺ سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ استفاده کردند. در این تحقیق از شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) برای تخمین گسیل طیفی، الگوریتم تک پنجره‌ای برای دمای سطح زمین (LST)، و معادله استفان-بولتزمن برای تجزیه و تحلیل تصاویر TIR استفاده گردید.

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق اراضی ساحلی بوشهر می‌باشد که در سال‌های اخیر به دلیل همجواری با مناطق صنعتی و فرصت‌های شغلی، به سرعت در حال رشد و توسعه است. بنابراین به واسطه داشتن چنین جایگاهی، نیاز به بررسی نقشه حرارتی و بررسی ارتباط آن به کاربری زمین، بیش از پیش احساس می‌شود چراکه هرچه شهر بزرگتر و متراکم‌تر و با جمعیت بالاتر باشد آلودگی آن بیشتر بوده و در پی آن باعث ایجاد جزایر حرارتی و به تبع آن مشکلات پس از آن می‌شود. بنابراین هدف از انجام این تحقیق تهیه نقشه حرارتی اراضی ساحلی بوشهر با استفاده از روش استفان-بولتزمن است و نتایج بدست آمده با استفاده از به داده‌های زمینی به‌وسیله شاخص آماری میانگین خطای مطلق مورد ارزیابی قرار گرفت.

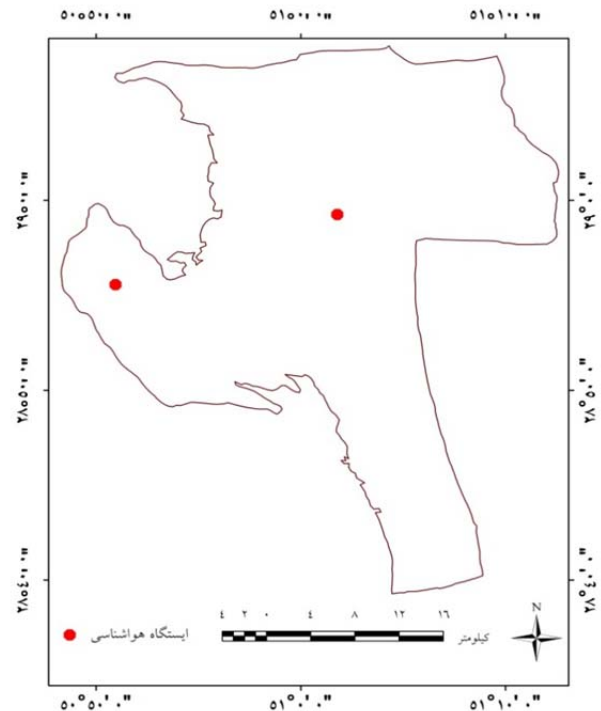
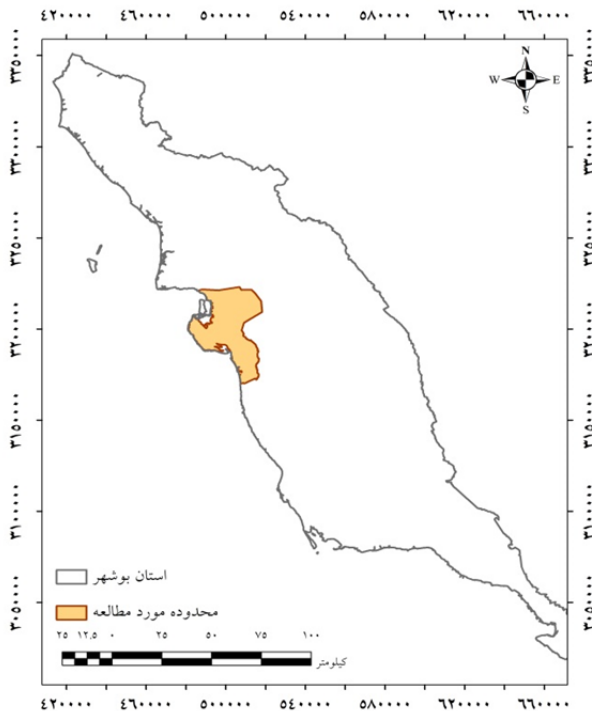
پیامدهای زیست محیطی همیشه دغدغه اصلی در سراسر جهان بوده است. گرم شدن کره زمین، تغییرات آب و هوایی، شهرنشینی برنامه ریزی نشده و تخریب محیط زیست از مسائل چالش برانگیز حال حاضر است (۱۷). افزایش مداوم دمای سطح زمین LST و انباشت گرمای زیاد در منطقه شهری در مقایسه با مناطق روستایی پیرامونی آن جزایر حرارتی شهری بالاتری را ایجاد می‌کند (۱۴). جزایر حرارتی شهری بر اقلیم شهری و مناطق اطراف آن تأثیر می‌گذارد. این غلظت بالای گرما عمدتاً به شهرنشینی سریع (رشد و گسترش سریع شهری) و فعالیت های انسانی مربوط می‌شود (۲، ۸ و ۱۲). بنابراین، تجزیه و تحلیل LST برای مدیریت بهتر زیست محیطی و کاهش تغییرات آب و هوایی بسیار ضروری است. سنجش از دور حرارتی در پایش LST و ارزیابی ویژگی‌های حرارتی سطح زمین و همچنین روابط آن‌ها بسیار مهم است (۴ و ۲۳). در این راستا، سنجنده‌های ماهواره حرارتی با تفکیک مکانی پایین، مانند، MODIS و NOAA، تا تفکیک مکانی متوسط مانند لندست TM، ETM⁺ و OLI / سنجنده مادون قرمز حرارتی (TIRS)؛ و ASTER در تهیه اطلاعات حرارتی برای تعیین دمای سطح زمین LST استفاده شده است (۳، ۲۱ و ۲۶). توان تفکیک سنجنده‌ها بر دقت بررسی تغییرات LST مکانی-زمانی تأثیر می‌گذارد (۴، ۱۸ و ۲۳). علاوه بر این، تجزیه و تحلیل تغییرات LST با استفاده از تصاویر با تفکیک مکانی پایین، بسیار دشوار است. بنابراین، سنجنده‌های حرارتی که تصاویری با وضوح مکانی بسیار خوب ارائه می‌دهند برای بررسی تغییرات LST ضروری هستند. سنجنده‌های حرارتی معمولاً در طیف سنجش از دور نوری فعال هستند. اما، هیچ سنجنده وجود ندارد که به طور فعال اطلاعات را در هر فصل و زمانی با جزئیات مکانی بسیار دقیق ارائه دهد. بنابراین، برای تحقیقات LST، استفاده از سنجنده‌های فعال حرارتی باید توسعه یابد. با توجه به اینکه سنجنده‌های حرارتی دارای اشکالاتی هستند که در بالا ذکر شد، لندست TM، ETM⁺ و OLI/TIRS به طور گسترده برای تهیه نقشه LST در مقیاس

متوسط حداکثر دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد، میزان رطوبت نسبی بین ۵۸-۷۵ درصد و متوسط بارندگی سالیانه ۲۷۲ میلی‌متر در موقعیت جغرافیایی ۵۰°۵۰' تا ۵۱°۱۰' طول شرقی و ۲۸°۴۰' تا ۲۹°۰۰' عرض شمالی است (شکل ۱).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعه اراضی شهر بوشهر که در ساحل شمالی خلیج فارس، با ابعاد ۲۰ در ۸ کیلومتر با مساحت ۱۰۱۱/۵ کیلومترمربع و با متوسط حداقل دما ۱۸/۱ درجه سانتی‌گراد و



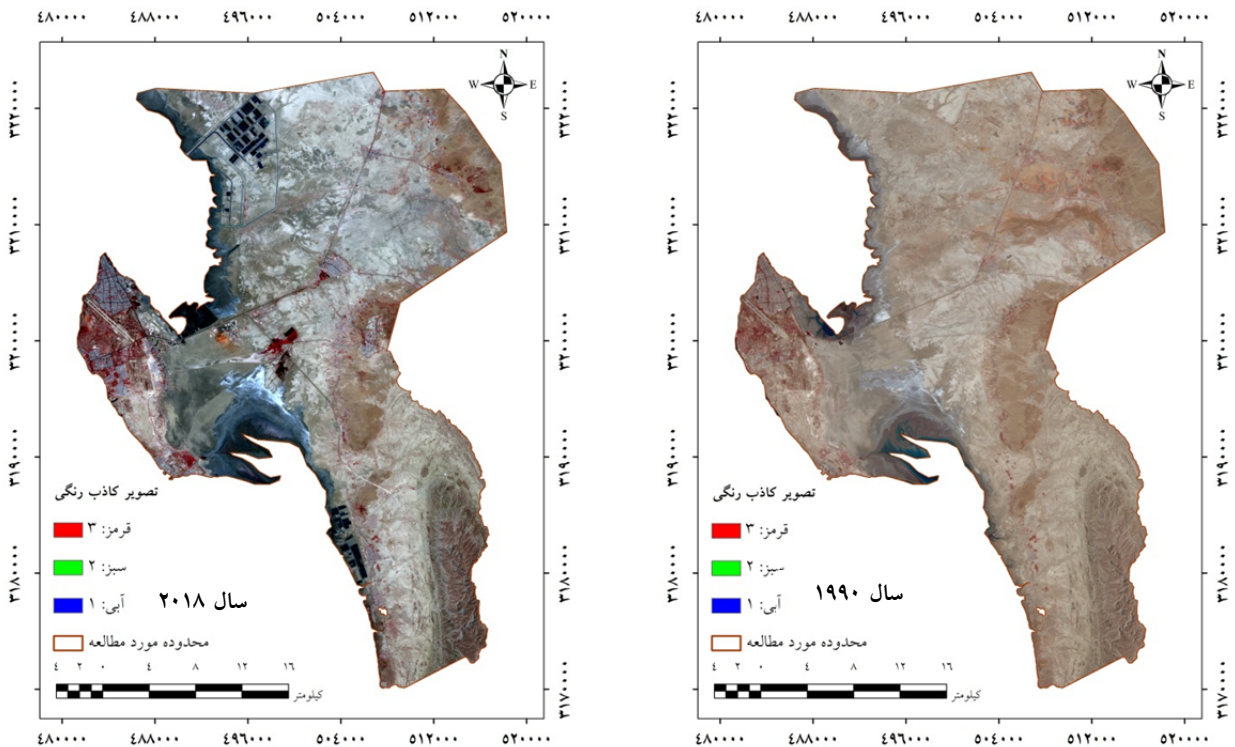
شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان بوشهر و ایستگاه‌های هواشناسی

Fig. 1. Location of the study area in Bushehr province and meteorological stations

از مرکز داده‌های سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov>) دانلود شده است (شکل ۲).

داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل؛ داده سنجنده لندست ۸ (OLI) در سال ۲۰۱۸ و داده TM در سال ۱۹۹۰ که



شکل ۲. ترکیب رنگ کاذب تصاویر لندست از محدوده مطالعه

Fig. 2. False color composition of Landsat images from the study area

شد، برای این منظور از داده‌های دو ایستگاه سینوپتیک در محدوده مورد مطالعه استفاده شد. در شکل ۳ مراحل انجام پژوهش ارائه شده است.

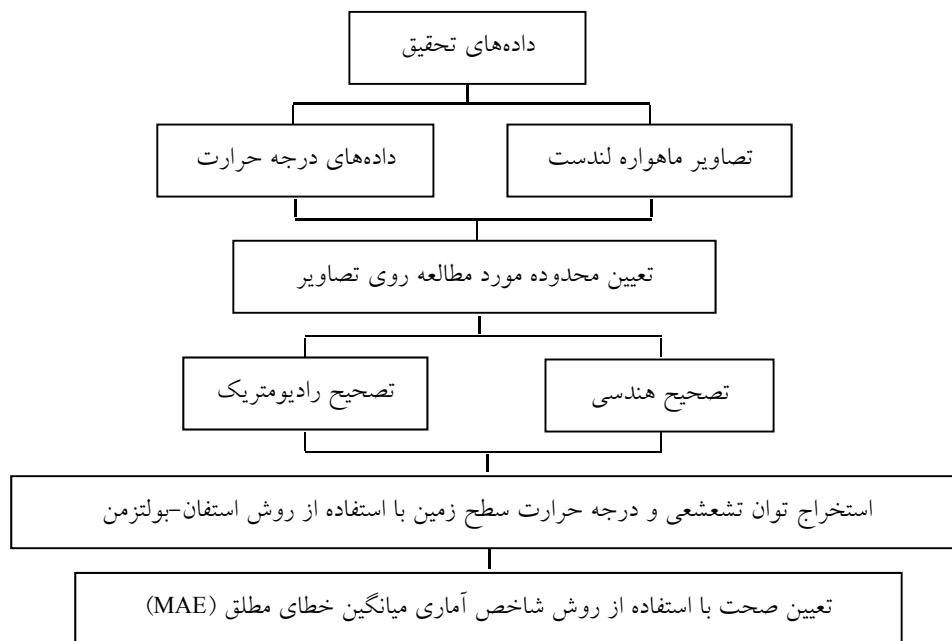
جدول ۱. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق

Table 1. Data used in this research

سال	مسیر	اندازه پیکسل	نوع داده	منطقه مطالعه
۱۹۹۰	Path ۱۶۳ - row ۴۱	۲۸/۵ متر	تصویر TM لندست	اراضی شهر
۲۰۱۸	Path ۱۶۳ - row ۴۱	۳۰ متر	تصویر لندست-۸ OLI	بو شهر

جهت محاسبه پارامترهای مربوط به استخراج دما از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک مستقر در منطقه مورد مطالعه (شکل ۱)، استفاده شد. بعد از اخذ تصاویر، به دلیل بزرگ‌تر بودن محدوده تصاویر اخذ شده، تصاویر برش داده شدند (Resize) و سپس تصحیح هندسی تصاویر با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ انجام شد و کلیه تصاویر به سیستم مختصات UTM ناحیه ۳۹ شمالی انطباق داده شدند. در تصحیح هندسی تمام تصاویر خطای RMS کمتر از ۰/۵ پیکسل بود. جدول ۱، ویژگی‌های تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده را نشان می‌دهد.

برای اجرای روش استخراج LST بر روی تصاویر، هرچه تعداد ایستگاه‌های هواشناسی بیشتر باشد دقت نتایج روش‌های استخراج LST نیز بیشتر خواهد شد زیرا برای اجرای روش‌های استخراج LST نیاز به داده‌های زمینی (درجه حرارت) است که هر چه این داده‌ها بیشتر و دقیق‌تر باشند دقت نتیجه نهایی اجرای روش استخراج LST نیز بیشتر خواهد



شکل ۳. مراحل انجام استخراج درجه حرارت سطح زمین
Fig. 3. The steps of extracting the Land surface temperature (LST)

سرعت نور $(\times 10^8 \text{ m/s})$ ، λ طول موج تابش گسیل شده (m) ، B_λ تابش جسم سیاه $(\text{Wm}^{-2} \mu)$ است. در نهایت دمای سطح زمین با استفاده از روش استفان-بولتزمن با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$T_B^4 = \sigma T_s^4 B = \varepsilon \sigma \quad [2]$$

$$T_s = \frac{T_B}{\sqrt[4]{\varepsilon}} \quad [3]$$

در این رابطه؛ ε گسیل مندی سطح زمین است. جهت تعیین صحت روش از شاخص آماری میانگین خطای مطلق (Mean Absolute Error) استفاده گردید (۲۰).

$$MAE = \frac{\sum_1^k |X_k - Y_k|}{k} \quad [4]$$

در این رابطه؛ k تعداد داده‌ها، $X_k - Y_k$ اختلاف بین نتایج حاصل از روش سنجش از دور با داده‌های زمینی می‌باشد. شاخص میانگین خطای مطلق بیانگر مقدار خطا نسبت به مقادیر استاندارد هستند. این مقادیر هرچه به صفر نزدیک‌تر باشند به این معنی است که مقادیر دارای خطای کم‌تری نسبت به حالت

مراحل استخراج درجه حرارت سطح زمین

بعد از برش تصاویر و همچنین انجام تصحیحات هندسی و رادیومتریک، لازم است تا LST بر روی باندهای حرارتی تصاویر مورد استفاده اجرا شوند که نتیجه آن استخراج نقشه حرارتی برای تصاویر است. روش مورد استفاده در این تحقیق روش استفان-بولتزمن (Stefan-Boltzmann method) است.

روش استفان-بولتزمن

سنجندهای مادون قرمز حرارتی تابش را در قسمت بالایی اتمسفر (Top Of Atmosphere) اندازه‌گیری می‌کنند که به این مقدار درجه حرارت و روشنایی (و همچنین درجه حرارت جسم سیاه) گفته می‌شود که با استفاده از رابطه ۱ به دست می‌آید (۹).

$$TB = \left(\frac{1}{\ln\left(\frac{2hc^2\lambda^{-5}}{B_\lambda} + 1\right)} \right) \left(\frac{hc}{k\lambda} \right) \quad [1]$$

در این رابطه؛ h ثابت پلانک $(\text{j-sec } 6.62 \times 10^{-34})$

می‌دهد. در رابطه‌های ارائه شده در جدول ۲، X نشان‌دهنده مقادیر دمای خاک و Y نیز نشان‌دهنده داده‌های دمای هوا می‌باشند. بدین‌منظور داده‌های دمای خاک ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مشخص گردید و برای انجام مقایسات داده‌های دمای خاک به‌دست آمده از طریق داده‌های هواشناسی و داده‌های درجه حرارت استخراج شده به‌وسیله تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد.

جدول ۲. رابطه دمای خاک و دمای هوا در سنجنده‌های

مورد استفاده در این تحقیق

Table 2. The relationship between soil and air temperature in the sensors used in this research

نام سنجنده	معادله	ضریب رگرسیون
OLI	$Y = 0.179X + 3.78$	$R^2 = 0.901$
TM	$Y = 0.83X + 4.12$	$R^2 = 0.942$

X دمای خاک و Y دمای هوا است.

نتایج استخراج درجه حرارت سطح زمین حاصل از روش استفان-بولتزمن در سنجنده‌های TM و OLI در جدول ۳ آورده شده است. نتایج حاصل از اجرای شاخص میانگین خطای مطلق MAE برای سنجنده‌های TM و OLI در جدول ۴ ارائه شده است.

استاندارد می‌باشند (۲۰). برای مقایسه نتایج اجرای برای مقایسه نتایج اجرای روش استفان-بولتزمن برای استخراج LST با داده‌های زمینی داده‌های نقشه‌های حرارتی به‌دست آمده با داده‌های دمای خاک (به‌دست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی موجود در محدوده انتخاب شده) مقایسه شد، زیرا داده‌های نقشه‌های حرارتی به‌دست آمده مربوط به دمای سطح زمین است و منطقی و درست نیست که این داده را با داده دمای هوای سطح زمین مقایسه شود مگر اینکه رابطه دقیق و درست بین دمای هوا و دمای خاک در منطقه مورد مطالعه به‌دست آمده باشد که این خود نیاز به داشتن سری زمانی طولانی داده‌های دمای هوا و دمای خاک است. در غیر این صورت می‌توان داده‌های نقشه‌های حرارتی را با داده‌های دمای خاک (حاصل از ایستگاه‌های هواشناسی) مقایسه کرد. بنابراین با استفاده از داده‌های دمای خاک و دمای هوای دو ایستگاه‌های هواشناسی موجود در محدوده اقدام به برآزش رابطه بین دمای خاک و دمای هوا شد. در مرحله بعد این داده‌ها به‌وسیله روش شاخص آماری میانگین خطای مطلق مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

رابطه ارتباط بین دمای خاک و دمای هوای را نشان

جدول ۳. نتایج استخراج دمای سطح زمین حاصل از روش استفان-بولتزمن و داده‌های دمای سطح زمین در دو ایستگاه‌های هواشناسی

برای تصویر سنجنده OLI و TM

Table 3. The results of extracting the Land surface temperature from the Stefan-Boltzmann method and the data of the Land surface temperature in two meteorological stations for the OLI and TM sensor image

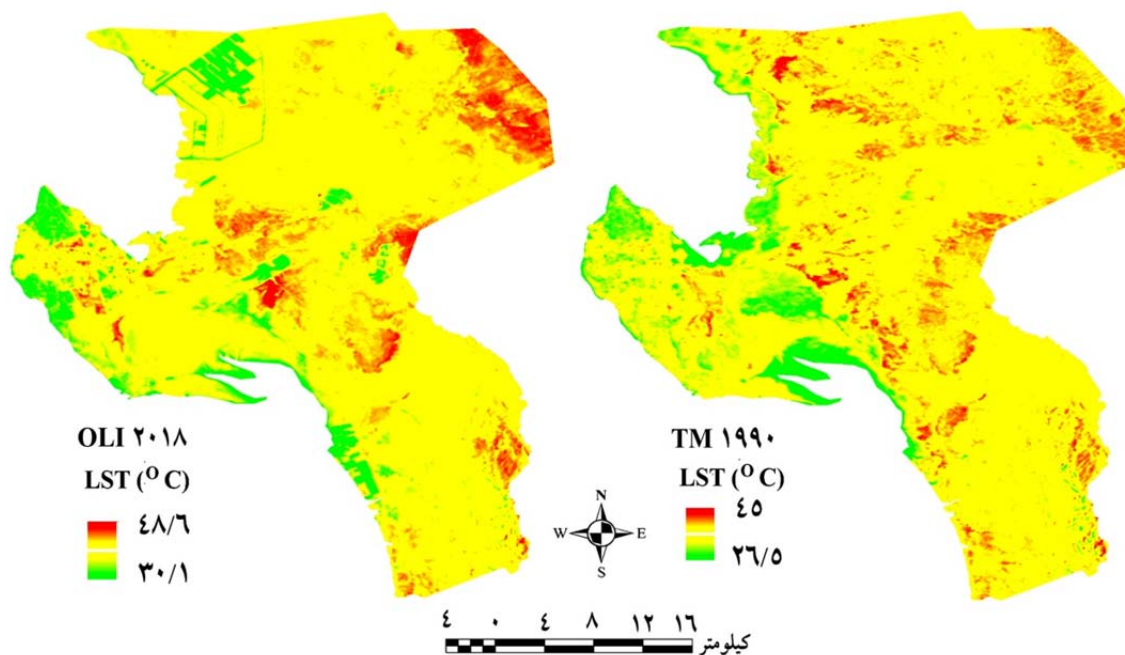
		ایستگاه هواشناسی ۱				ایستگاه هواشناسی ۲				روش استفان-بولتزمن	شماره باند	L	H	-	-	-
		۴	۳	۲	۱	۴	۳	۲	۱							
۳ ۴ ۱ ۲	۳	۳۹/۹۸	۳۸/۱۱	۴۰/۴۲	۴۱/۳۷	۳۹/۷	۴۰/۳	۴۴/۳	۴۶	L	شماره باند	L	H	-	-	-
		۴۰/۷۲	۳۸/۴۸	۴۰/۵۱	۴۰/۹۴	۴۰/۴	۴۰/۷	۴۴/۸	۴۶							
	۴۱/۶	۴۰/۱	۳۹/۶	۳۹/۳	۴۱/۳	۴۲/۲	۴۳/۴	۴۳/۷	-	دمای هوا						
	۴۸	۴۶/۱۰	۴۵/۴۶	۴۵/۰۸	۴۷/۶۲	۴۸/۷۶	۵۰/۲۷	۵۰/۶۵	-	دمای خاک						
	۳۹/۳	۳۹	۳۸/۷	۳۸/۲	۴۰/۷	۴۱/۵	۴۲/۸	۴۳		دمای هوا						
	۴۲/۳۸	۴۲/۰۲	۴۱/۶۶	۴۱/۰۶	۴۴/۰۷	۴۵/۰۳	۴۶/۶	۴۶/۸۴		دمای خاک						

علامت‌های L و H در ستون شماره باند به ترتیب نشان‌دهنده Low gain و High gain است؛ اعداد ۱، ۲، ۳ و ۴ تکرار مقادیر اندازه‌گیری در هر ایستگاه است.

در شکل ۴ نقشه‌های درجه حرارت سطح زمین در سال-های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۸ برای تصاویر سنجنده‌های TM و OLI (روش استفان-بولتزمن باند L) ارائه شده است. میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت سطح زمین LST استخراج شده از تصویر TM سال ۱۹۹۰ به ترتیب ۲۶/۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد و برای تصویر OLI سال ۲۰۱۸ به ترتیب ۳۰/۱ و ۴۸/۶ درجه سانتی‌گراد بدست آمد.

جدول ۴. مقدار کمی شاخص MAE برای سنجنده‌های OLI و TM

سنجنده	استفان-بولتزمن	مقدار کمی شاخص MAE
OLI	H	۶/۷
	L	۵/۶
TM	-	۷/۱



شکل ۴. نقشه‌های درجه حرارت سطح زمین در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۸ برای تصاویر سنجنده‌های TM و OLI

Fig. 4. Land surface temperature maps in 1990 and 2018 for TM and OLI sensor images

مورد استفاده بهترین روش برای استخراج درجه حرارت سطح زمین در هر دو سنجنده TM و ETM^+ ، روش استفان-بولتزمن است. تحقیق‌های انجام شده توسط؛ گلوچ و همکاران (۷)، سوبرینو و همکاران (۲۰)، ساهانا و همکاران (۱۷) و وانگ و همکاران (۲۰۲۱) نیز که با استفاده از دو روش پنجره تکی و تک کانالی و روش استفان-بولتزمن اقدام به استخراج LST کرده بودند در نهایت به این نتیجه رسیدند که روش استفان-بولتزمن دقت بالاتری نسبت به روش پنجره تکی و تک کانالی دارد.

مقایسه نتایج تحقیق حاضر با پژوهش‌های انجام شده، نتایج تحقیق حاضر را تأیید می‌کنند چرا که تحقیق انجام شده توسط دشتکیان و دهقانی (۵) که در آن با استفاده از سه روش دفتر علوم لندست، روش پیشنهادی و روش سنئول اقدام به استخراج LST در اشکذر یزد کرده بودند و به این نتیجه رسیدند که روش استفان-بولتزمن از دقت خوبی برخوردارند و نتایج بهتری داشت. ابراهیمی-هروی و همکاران (۶) از روش‌های دفتر علوم لندست، پنجره تکی، سبال، استفان-بولتزمن و تک کانالی برای استخراج درجه حرارت سطح زمین استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که در بین روش‌های

نتیجه گیری

روش استفان-بولتزمن مناسب برای برآورد دمای سطح زمین در اراضی مناطق ساحلی است.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر تحت طرح تحقیقی با کد ۱۴۶۹۵۰۶۰۲۰۰۴۳، در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را داریم.

این تحقیق با هدف استخراج LST با روش استفان-بولتزمن است. نتایج این روش با استفاده از شاخص آماری میانگین خطای مطلق برای دوره مطالعاتی (۱۹۹۰-۲۰۱۸) برآورد گردید. اجرای شاخص میانگین خطای مطلق بر روی نقشه‌های حرارتی تولید شده، مشخص شد که روش استفان-بولتزمن برای تحقیقات آبی در زمینه‌های سنجش از دور حرارتی با مشاهده نتایج حاصل از استفاده شاخص MAE بر روی نقشه‌های حرارتی مناسب است. بنابراین نتیجه می‌گیریم که

References

- Cai G, Du M, Xue Y. 2011. Monitoring of urban heat island effect in Beijing combining ASTER and TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 32(5): 1213-1232. doi:https://doi.org/10.1080/01431160903469079.
- Chen X, Zhang Y. 2017. Impacts of urban surface characteristics on spatiotemporal pattern of land surface temperature in Kunming of China. *Sustainable Cities and Society*, 32: 87-99. doi:https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.03.013.
- Chen X-L, Zhao H-M, Li P-X, Yin Z-Y. 2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*, 104(2): 133-146. doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.11.016.
- Clinton N, Gong P. 2013. MODIS detected surface urban heat islands and sinks: Global locations and controls. *Remote Sensing of Environment*, 134: 294-304. doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.03.008.
- Dashtakian K, Dehghani M. 2008. Land surface temperature analysis of desert area in relation with vegetation and urban development using RS and GIS (Case study: Yazd-Ashkezar area). *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 20(4): 169-179. (In Persian).
- Ebrahimi Heravi B, Rangzan K, Riahi Bakhtiari H, Taghizadeh A. 2015. Determination of urban surface temperature using landSat images (Case study: Karaj). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 6(2): 19-32. https://girs.bushehr.iau.ir/article_516786.html?lang=en. (In Persian).
- Gluch R, Quattrochi DA, Luvall JC. 2006. A multi-scale approach to urban thermal analysis. *Remote Sensing of Environment*, 104(2): 123-132. doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.01.025.
- Imhoff ML, Zhang P, Wolfe RE, Bounoua L. 2010. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote Sensing of Environment*, 114(3): 504-513. doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.10.008.
- Kumar KS, Bhaskar PU, Padmakumari K. 2012. Estimation of land surface temperature to study urban heat island effect using Landsat ETM+ image. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 4(2): 771-778.
- Mia MB, Bromley CJ, Fujimitsu Y. 2013. Monitoring heat losses using Landsat ETM+ thermal infrared data: a Case study in Unzen Geothermal field, Kyushu, Japan. *Pure and Applied Geophysics*, 170(12): 2263-2271. doi:https://doi.org/10.1007/s00024-013-0662-1.
- Mia MB, Nishijima J, Fujimitsu Y. 2014. Exploration and monitoring geothermal activity using Landsat ETM+ images: A case study at Aso volcanic area in Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 275: 14-21. doi:https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2014.02.008.
- Nichol JE, Fung WY, Lam K-s, Wong MS. 2009. Urban heat island diagnosis using ASTER satellite images and 'in situ' air temperature. *Atmospheric Research*, 94(2): 276-284. doi:https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2009.06.011.
- Pu R, Gong P, Michishita R, Sasagawa T. 2006. Assessment of multi-resolution and multi-sensor data for urban surface temperature retrieval. *Remote Sensing of Environment*, 104(2): 211-225. doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.09.022.
- Ranagalage M, Dissanayake D, Murayama Y, Zhang X, Estoque RC, Perera E, Morimoto T. 2018. Quantifying surface urban heat island formation in the world heritage tropical mountain city of Sri Lanka. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(9): 341. doi:https://doi.org/10.3390/ijgi7090341.

15. Roberts DA, Quattrochi DA, Hulley GC, Hook SJ, Green RO. 2012. Synergies between VSWIR and TIR data for the urban environment: An evaluation of the potential for the Hyperspectral Infrared Imager (HyspIRI) Decadal Survey mission. *Remote Sensing of Environment*, 117: 83-101. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.07.021>.
16. Rousta I, Sarif MO, Gupta RD, Olafsson H, Ranagalage M, Murayama Y, Zhang H, Mushore TD. 2018. Spatiotemporal analysis of land use/land cover and its effects on surface urban heat island using Landsat data: A case study of Metropolitan City Tehran (1988–2018). *Sustainability*, 10(12): 4433. doi:<https://doi.org/10.3390/su10124433>.
17. Sahana M, Dutta S, Sajjad H. 2019. Assessing land transformation and its relation with land surface temperature in Mumbai city, India using geospatial techniques. *International Journal of Urban Sciences*, 23(2): 205-225. doi:<https://doi.org/10.1080/12265934.2018.1488604>.
18. Schwarz N, Lautenbach S, Seppelt R. 2011. Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of European cities with MODIS land surface temperatures. *Remote Sensing of Environment*, 115(12): 3175-3186. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.07.003>.
19. Simwanda M, Murayama Y. 2018. Spatiotemporal patterns of urban land use change in the rapidly growing city of Lusaka, Zambia: Implications for sustainable urban development. *Sustainable Cities and Society*, 39: 262-274. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.01.039>.
20. Sobrino JA, Oltra-Carrió R, Sòria G, Jiménez-Muñoz JC, Franch B, Hidalgo V, Mattar C, Julien Y, Cuenca J, Romaguera M. 2013. Evaluation of the surface urban heat island effect in the city of Madrid by thermal remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 34(9-10): 3177-3192. doi:<https://doi.org/10.1080/01431161.2012.716548>.
21. Song J, Du S, Feng X, Guo L. 2014. The relationships between landscape compositions and land surface temperature: Quantifying their resolution sensitivity with spatial regression models. *Landscape and Urban Planning*, 123: 145-157. doi:<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.014>.
22. Stathopoulou M, Cartalis C. 2007. Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land cover data: An application to major cities in Greece. *Solar Energy*, 81(3): 358-368. doi:<https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.06.014>.
23. Sun Q, Wu Z, Tan J. 2012. The relationship between land surface temperature and land use/land cover in Guangzhou, China. *Environmental Earth Sciences*, 65(6): 1687-1694. doi:<https://doi.org/10.1007/s12665-011-1145-2>.
24. Voogt JA, Oke TR. 2003. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3): 370-384. doi:[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8).
25. Wang J, Wang G, Liu Y, Qi J. 2021. Temporal normalization of land surface temperature retrieved from Landsat-8 data. In: 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS. IEEE, pp 6921-6924. doi:<https://doi.org/6910.1109/IGARSS47720.42021.9553163>.
26. Wang W, Liu K, Tang R, Wang S. 2019. Remote sensing image-based analysis of the urban heat island effect in Shenzhen, China. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 110: 168-175. doi:<https://doi.org/10.1016/j.pce.2019.01.002>.



Original
paper

Determination of land surface temperature using Landsat images (Case study: Bushehr coastal lands)

Fazel Amiri, Tayebeh Tabatabaie

Received: 20 October 2016 / Received in revised form 5 January 2017 / Accepted: 29 January 2021
Available online 25 August 2021 / Available print 23 September 2022

Abstract

Background and Objective Land surface temperature (LST) has become an important issue in the world today, as it affects the climate and environment at the local, regional and global levels, and these changes in land surface temperature are mainly caused by it arises from urbanization, and human activities and extreme Landuse and Land-cover (LULC) changes. Due to the limitations of meteorological stations, remote sensing can be used as the basis of many meteorological data. One of the most important practical aspects of remote sensing in climate studies is the estimation of surface temperature. In this research, the temperature of the earth's surface between 1990 and 2018 was extracted from the images of TM and OLI sensors of the coastal lands of Bushehr, using the Stefan-Boltzmann method.

F. Amiri¹, **T. Tabatabaie**

1. Associate Professor, Department of Natural Resources and Environment, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran
2. Associate Professor, Department of Environment, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran

e-mail: Fazel.Amiri@iau.ac.ir

<https://doi.org/10.30495/GIRS.2022.695160>

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.3.3.5>

Materials and Methods The land study area of Bushehr city, which is on the northern coast of the Persian Gulf, with dimensions of 20×8 km² an area of 1011.5 km² and with an average minimum temperature of 18.1°C and an average maximum temperature of 33 °C, relative humidity between 58-75% and the average annual rainfall is 272 mm, it's located in the geographical location of 50°50' to 10°51' E longitude and 28°40' to 29°00' N latitude. The data used in this research include; Landsat 8 (OLI) data in 2018 and TM data in 1990, which were downloaded from the United States Geological Survey (USGS) data center (<https://earthexplorer.usgs.gov>). In order to calculate the parameters related to temperature extraction, the meteorological data of the synoptic stations located in the studied area were used. After taking the images, due to the larger range of the images, the images were cut (Resized) and then the geometric correction of the images was done using topographic maps on a scale of 1/25000 and all the images were adjusted to the UTM coordinate system of the 39 N were adapted. In geometric correction, the RMS error of all images was less than 0.5 pixels. In order to compare the results of Stefan-Boltzmann method for extracting LST with ground data, thermal map data obtained was compared with soil temperature data (obtained from meteorological stations in the selected area).

In order to evaluate the Stefan-Boltzmann method from ground data, the Mean Absolute Error (MAE) index statistical method was used.

Results and Discussion The average minimum and maximum Land surface temperature (LST) extracted from the 1990 TM image was 26.5 and 45 °C, respectively, and for the 2018 OLI image, it was 30.1 and 48.6 °C, respectively. The results showed that the Mean Absolute Error (MAE) index values for TM and OLI sensors are to 7.1 and 5.6, respectively. The results of the research showed that the Stefan-Boltzmann method provided a reliable result in estimating the Land surface temperature.

Conclusion This research aims to extract LST by Stefan-Boltzmann method. The results of this method were estimated using the Mean Absolute Error (MAE)

statistical index for the study period (1990-2018). Applying the MAE on the produced thermal maps, it was found that the Stefan-Boltzmann method is suitable for future research in the fields of thermal remote sensing by observing the results of using the MAE index on thermal maps. Therefore, we conclude that the Stefan-Boltzmann method is suitable for estimating the surface temperature of the land in coastal areas. Finally, it is suggested that for quantitatively describing LST patterns a GIS/RS-based method, and methods such as spatial autocorrelation and semivariance are used.

Keywords: Land surface temperature (LST), Stefan-Boltzmann method, Landsat satellite, Coastal land