دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هفدهم، شماره‌ی۵۷
بهار ۱۳۹۶، صفحات ۱۲۶-۱۰۵

الهه اکبری[۱]
شهرام بهرامی[۲]
عاطفه دوران[۳]
*مجید ابراهیمی[٤]

بررسی تأثیر برخی پارامترهای جغرافیایی بر دمای سطح زمین با استفاده از روش سبال و درخت تصمیم‌گیری در مخروط آتشفشان تفتان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۲۱

چکیده

برآورد دمای سطح زمین در پهنه وسیع از طریق سنجش از دور، نقصان پایش آن را در ایستگاه‌های محدود هواشناسی رفع می‌کند. الگوریتم توازن انرژی سطح زمین (سبال)، در اکثر نقاط دنیا برای برآورد دما در سطح مورد استفاده قرار گرفته است. هدف این تحقیق، به‌دست آوردن دمای سطح زمین و بررسی ارتباط آن با عوامل جغرافیایی نظیر ارتفاع، شیب، جهات جغرافیایی، لیتولوژی و مورفومتری برخی از لندفرم‌ها در مخروط آتشفشانی تفتان می‌باشد. بنابراین، با اعمال الگوریتم سبال بر تصویر ماهواره‌ای ETM^{+} سال ۲۰۱۱، نقشه حرارتی منطقه تهیه شد. بدین منظور برای اجرای این روش، رادیانس حرارتی تصحیح شده (R_c)، گسیلمندی سطحی در باند حرارتی (ε)، رادیانس طیفی (L_λ)، بازتابندگی در هر باند (ρ_λ) وآلبدوی سطحی (α) نیز محاسبه شده است. نقشه خطالرأس‌ها و خطالقعرها براساس روش بررسی منحنی‌میزان‌های منطقه از طریق نقشه توپوگرافی و Google Earth ترسیم و نقشه مدل رقومی ارتفاع، شیب، لیتولوژی، جهات جغرافیایی و مورفولوژی در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه گردید. سپس

۱- مربی سنجش از دور و GIS، دانشگاه حکیم سبزواری. E-mail: e_akbari@hsu.ac.ir
۲- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
۳- کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری.
*٤- دانشجوی دکترای جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)، دانشگاه حکیم سبزواری. (نویسنده مسئول)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

با انطباق و همپوشانی نقشه‌های مذکور با نقشه دمای سطح زمین و استفاده از تحلیل توابع آمار منطقه‌ای، دمای سطح زمین در هر طبقه ارتفاعی، شیب، جهت جغرافیایی، سازند و لندفرم‌های خاص محاسبه گردید. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ارتباط معنی‌داری بین ارتفاع، شیب و جهت شیب با دمای سطح زمین (به‌ترتیب ۰/٤٤، ۰/٦٥- و ۰/٧٦-= r) وجود دارد؛ و در میزان دمای سطحی مخروط، جهات جغرافیایی نقش بسیار مهمی را ایفاء می‌نمایند، به‌طوری که کم‌ترین میانگین دما در جهت غربی و بیش‌ترین میانگین دما در جهت شرقی به‌چشم می‌خورد. به علاوه سازندها و لندفرم‌هایی که کم‌ترین و بیش‌ترین دما را دارا هستند نیز در این جهات قرار دارند. علاوه بر این، حداقل و حداکثر دمای سطح زمین به‌ترتیب در سازندهای Q^{a3} (آندزیت جدید) و Q^{1u} (سیلت‌استون و گل‌سنگ با میان لایه‌های توف آندزیتی) به‌چشم می‌خورد. بنابراین با در نظر گرفتن شرایط دمایی در جهات جغرافیایی و سازندهای مختلف، می‌توان به کاشت محصولات کشاورزی سازگار و برنامه‌ریزی محیطی مناسب اقدام نمود.

کلید واژه‌ها: دمای سطح زمین، سنجش از دور، روش سبال، درخت تصمیم‌گیری، مخروط آتشفشانی تفتان.

مقدمه

دمای خاک و چگونگی تغییرات آن نسبت به زمان و مکان یکی از مهم‌ترین عواملی است که نه تنها تبادل ماده و انرژی را در خاک تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه می‌توان گفت میزان و جهت کلیه فرآیندهای فیزیکی خاک به صورت مستقیم یا غیر مستقیم وابسته به دما است (اسدی و همکاران، ۱۳۹۲: ۳؛ پارسافر و معروفی، ۱۳۹۰: ١٤٠). دمای خاک در فرآیندهای تبخیر و تعرق، تهویه خاک، جوانه زنی بذر، رشد گیاه، توسعه ریشه‌ها و فعّالیت میکروارگانیسم‌های خاک نقش به‌سزایی دارد (نجفی‌مود و همکاران، ۱۳۸۷: ٤٥٧). دمای سطح زمین[5] (LST) عاملی مهم در مطالعات جهانی و تغییر و تعادل گرماست و به‌عنوان یک نماینده برای تغییر آب‌وهوا به‌شمار می‌رود (سیریواستاوا[6] و همکاران، ۲۰۰۹: ١٥٦٣). به‌طوری که عامل مهمی در کنترل فیزیکی-شیمیایی و فرآیندهای زیستی زمین محسوب می‌شود (علوی‌پناه و همکاران، ۲۰۰۷: ۲۸۷).

معمولاً دمای سطح زمین به‌صورت نقطه‌ای در تعداد محدودی از نقاط که عموماً ایستگاه‌های اندازه‌گیری می‌باشند، مورد پایش قرار می‌گیرد. در مواقعی که توزیع مکانی دمای سطح در پهنه وسیع و به طور همزمان مورد نیاز است، فن سنجش از دور قابلیت‌های خود را به نمایش می‌گذارد (دانش‌کار آراسته و همکاران،۱۳۹۰: ۷۰؛ اُپوکو[7]، ۲۰۰۸: ۲۷۳۹). به‌طوری که پورمحمدی و همکاران (۲۰۱۰)، در مقاله‌ای به شناسایی موانع به‌کارگیری سنجش از دور در کنترل گرما در ایران پرداخته‌اند. الگوریتم توازن انرژی سطح زمین (سبال)، الگوریتم نسبتا جدیدی است که در اکثر

5- Land Surface Temperature
6- Srivastava
7- Opoku

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نقاط دنیا برای برآورد دمای سطح زمین مورد استفاده قرار گرفته و نتایج رضایت بخشی داشته است (احمد[8] و همکاران، ۲۰۰٦: ۸۵؛ باستی‌آنسن[9] و همکاران، ۲۰۰۵: ۸٦؛ فاراح[10]، ۲۰۰۱: ۵۳).

در بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر دمای سطح زمین، ندولتی[11] و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از ٤ دوره تصویر ماهواره‌ای لندست به این نتیجه رسیده‌اند که همبستگی منفی بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین برقرار است. زدهانگ و بان[12] (۲۰۱۱) به بررسی اثر توسعه شهری در دمای سطح زمین با استفاده از سنجش از دور پرداخته‌اند و دریافتند که LST از الگوی متحدالمرکز برخوردار نیست اما در اطراف جاده پر تردد این شهر، بیش‌ترین دما به‌چشم خورده است. هرب[13] و همکاران (۲۰۰۸)، طی تحقیقی در سه منطقه مختلف در آمریکا، دمای سطح زمین در کاربری‌های مختلف را با استفاده از روابط شار گرمایی استخراج نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که تعیین دمای سطح خاک لخت از دقت کم‌تری نسبت به اراضی دارای پوشش گیاهی برخوردار می‌باشد. ونگ[14] و همکاران (۲۰۰۷) نیز اثر کاربری اراضی و پوشش زمین را بر دمای سطح زمین با استفاده از تصویر ETM^+ ارزیابی کرده‌اند. مسینا[15] (۲۰۱۲) نیز به ارزیابی دمای سطح زمین به روش سبال با استفاده از داده‌های MODIS پرداخت و ارتباط آن را با خشکسالی و تبخیر و تعرق واقعی از طریق شاخص NDVI و نیز مقدار تبخیر و تعرق (ET) بررسی نمود. ساویج[16] و همکاران (۲۰۰۵) نیز با استفاده از تصویر ETM^+ و روش سبال، دمای سطح زمین را محاسبه و با شاخص NDVI مقایسه نموده‌اند. کوریا[17] و همکاران (۲۰۱٤) با استفاده از تصویر ماهواره‌ای لندست TM و روش سبال، دمای جزایر حرارتی در شهر را ارزیابی کرده‌اند. وانگ[18] و همکاران (۲۰۱٤) با محاسبه دمای سطح زمین به روش سبال و بررسی ارتباط آن با شاخص پوشش گیاهی، رابطه سبال را بهبود و اصلاح نمودند.

فیضی‌زاده و همکاران (۲۰۱۲)، در منطقه مراغه به بررسی دمای سطح زمین به روش سبال با استفاده از تصویر ETM^+ پرداختند؛ و ارتباط کاربری اراضی و پوشش زمین با دمای سطح زمین برآورد شده را مقایسه نمودند و دریافتند که مناطق شهری و اراضی با رخنمون سنگی، بیش‌ترین میزان دمای سطح را دارا هستند. اکبری و کوه‌بنانی (۱۳۸۹)، با استفاده از تصویر ETM^+ مورخ ۳۱ اگوست سال ۲۰۰۰ جهت دستیابی به دمای سطح زمین با الگوریتم سبال با برآورد اختلاف کم‌تر از ۵ درجه سانتی‌گراد به اختلاف رضایت بخشی بین دمای سطح برآورد شده از طریق سنجش از دور و دمای برآورد شده از آمار اندازه‌گیری شده ۱۲ ساله در ایستگاه هواشناسی مراغه دست یافتند. میریعقوب‌زاده و قنبرپور (۱۳۸۸)، با استفاده از روش سبال و داده ETM^+، دمای سطح زمین را به‌دست آورده و با

8- Ahmad
9- Bastiaanssen
10- Farah
11- Nduati
12- Zhang and Ban
13- Herb
14- Weng
15- Messina
16- Savige
17- Correia
18- Wang

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

دمای مشاهداتی سازمان هواشناسی مقایسه نموده‌اند. ملک پور و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی ارتباط بین دمای سطح زمین و NDVI و مقادیر کسر فراوانی پوشش گیاهی (FVC) در کاربری‌های اراضی مختلف در شهر تهران پرداختند. آن ها به این نتیجه رسیدند که در صورت معلوم بودن NDVI و FVC، می‌توان مقادیر LST را در منطقه شهری نیز پیش‌بینی نمود. کاویانی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از داده‌های ETM^+ و MODIS، دمای سطح زمین را به روش سبال به‌دست آوردند. آن‌ها با مقایسه دمای سطح زمین با شاخص پوشش گیاهی NDVI، به رابطه معکوس و غیر خطی بین این دو دست یافتند. رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۹۲)، به مطالعه برآورد دمای سطح زمین به روش سبال با استفاده از داده MODIS در حوضه سفیدرود پرداختند. بعلاوه، آن‌ها تأثیر افزایش دمای سطح زمین به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در کاهش مقدار تبخیر-تعرق واقعی در اثر خشکی سطح زمین و کاهش پوشش گیاهی را مورد مطالعه قرار داده‌اند. آن‌ها همچنین عامل اصلی افزایش دمای سطح را کاهش میزان بارندگی دانسته‌اند.

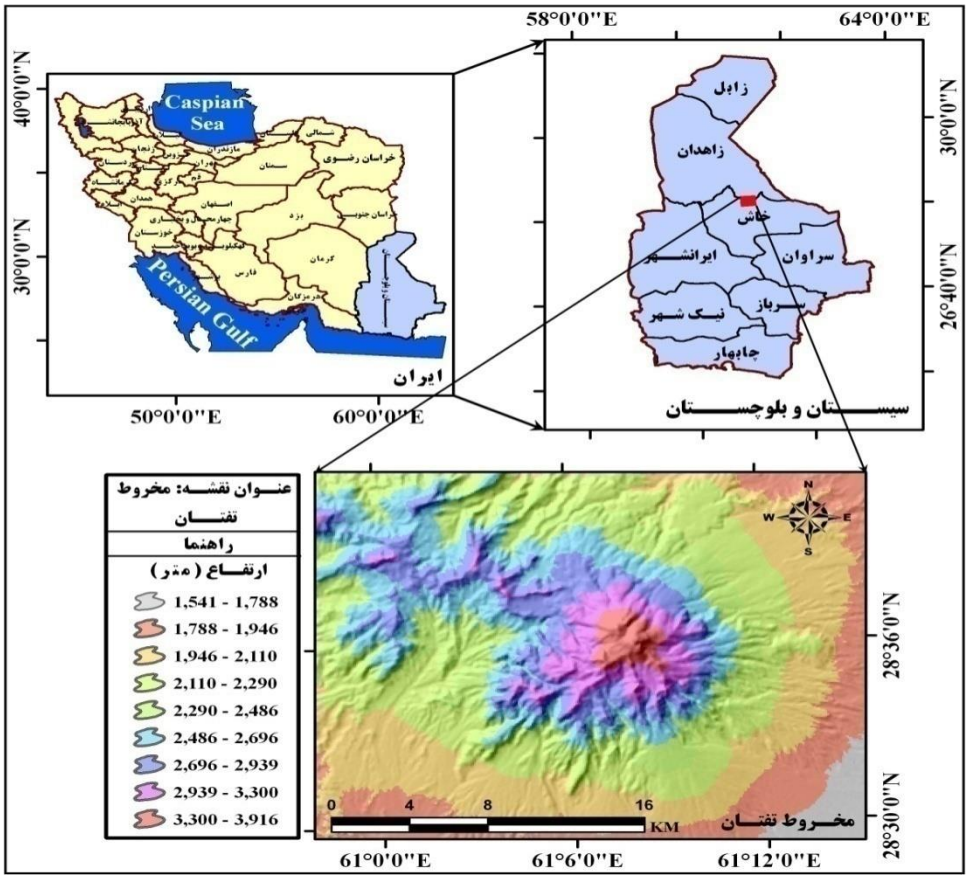
مخروط آتشفشان تفتان از پدیده‌های مهم و نادری است که به‌عنوان تنها آتشفشان نیمه فعال کشور مورد توجه قرار گرفته است، اما به‌دلیل شرایط سخت حاکم بر آن و کمبود امکانات در منطقه هنوز اطلاعات زیادی پیرامون وضعیت دمای سطحی مخروط در دست نیست. تا کنون مطالعه‌ای در زمینه برآورد دمای سطح با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در منطقه آتشفشانی در ایران صورت نگرفته و از آنجایی که این مخروط آتشفشانی دارای دمای متغیری در طول سال است، از طریق تصاویر ماهواره‌ای می‌توان روند تغییرات دما را در مخروط تفتان بررسی کرد. بنابراین با تهیه نقشه عوامل تأثیرگذار بر دمای سطحی این مخروط می‌توان به تحلیل دمای سطحی آن پرداخت. هدف از این پژوهش تهیه نقشه حرارتی مخروط آتشفشان تفتان، تعیین لندفرم غالب مخروط تفتان و تحلیل تفاوت حرارتی بین آن‌ها، بررسی رابطه درجه حرارت سطحی با سطوح ارتفاعی، شیب، جهت جغرافیایی و سازندهای مختلف می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

مخروط آتشفشانی تفتان در ٤٢ کیلومتری شمال‌غرب شهر خاش در استان سیستان و بلوچستان واقع شده است. این مخروط در مختصات جغرافیایی ۱۲ ۳۰ °۲۸ تا ۱۵ ٤۰ °۲۸ عرض شمالی و ۵۰ ۱۰ °٦۱ تا ۲۰ ۱۵ °٦۱ طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). تفتان با ۳۹۸/۹۸ کیلومترمربع مساحت، یک آتشفشان جوان پلیو کواترنر، نیمه فعّال و از نوع استراتو ولکان است (علایی طالقانی، ۱۳۸۱: ۲۱٤). بلندترین قله‌ی آن دارای ارتفاع ۳۹٤۳ متر و ارتفاع آن در پای مخروط حدود ۱۷۰۰ متر می‌باشد. همچنین ارتفاع آن از سطح دریا ٤۰۵۰ متر و نسبت به زمین‌های اطراف ۲۰۰۰ متر است. کوه آتشفشانی تفتان درون سنگ‌های رسوبی و آذرین متعلق به کرتاسه و ائوسن زون شرق ایران فوران کرده و یکی از آتشفشان‌های جوان ایران و متعلق به کواترنر است. سنگ‌های آتشفشانی تفتان شامل گدازه‌ها و توف‌های شدیداً دگرسان شده، سنگ‌های پیروکلاستیک و لاهار مانند است و تنوعی از گدازه‌های آندزیتی داسیتی و ریولیتی و حتی بازالتی در تناوب با آن‌ها دیده می‌شود. گازها و بخارات گوگردی از قله و دامنه‌های

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جنوبی کوه آتشفشانی تفتان در حال خارج شدن است. فعّال‌ترین مرحله بعد از فوران‌های آتشفشانی در ایران در حال حاضر در کوه تفتان دیده می‌شود (بومری و همکاران، ۱۳۸۳: ٤٠).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

برای دست‌یابی به اهداف تحقیق، ابتدا نقشه حرارتی با استفاده از الگوریتم سبال و طبقه‌بندی از نوع درخت تصمیم‌گیری[۱۹] با استفاده از نرم‌افزارهای Envi4.8 و ArcGIS9.3 تهیه شد. سپس نقشه مدل رقومی ارتفاع[۲۰] (DEM)، لیتولوژی، جهت و لندفرم غالب منطقه استخراج گردید. در مرحله بعدی با هدف بررسی آمار دمای سطحی در ارتفاعات، لیتولوژی‌ها، جهات و لندفرم‌ها، از تحلیل توابع آمار منطقه‌ای[۲۱] استفاده شد. با انتخاب تصویر ETM^+ در تاریخ ۱ می ۲۰۱۱ مطابق با ۱۱ اردیبهشت ۱۳۹۰ و با توجه به وجود تک باند حرارتی از روش سبال برای برآورد دمای سطح زمین استفاده شد. برای استفاده از تصویر ماهواره‌ای و برآورد دقیق‌تر دمای سطح زمین بایستی عملیات پیش‌پردازش[۲۲] شامل تصحیح رادیومتریکی، اتمسفری و هندسی اجرا گردد که تصحیح اتمسفری مورد

19- Decision Tree
20- Digital Elevation Model
21- Zonal Statistic
22- Pre-processing

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

استفاده در این مطالعه، تصحیح کلی[۲۳] با استفاده از گزینه Dark subtract می‌باشد. در مورد باند حرارتی نیز از گزینه Thermal Atm correction، برای تصحیح اتمسفری استفاده شده است.

- روش سبال برای محاسبه دمای سطح

در این روش دمای سطح با استفاده از رادیانس حرارتی تصحیح شده به‌دست می‌آید (ریچارد[۲۴] و همکاران، ۲۰۰۲: ۵۲). برای محاسبه رادیانس حرارتی تصحیح شده نیاز به محاسبه گسیلمندی در باند حرارتی می‌باشد. برای محاسبه گسیلمندی در باند حرارتی به‌ترتیب نیاز به محاسبه رادیانس طیفی (L_λ)، بازتابندگی در هر باند (ρ_λ) و آلبدوی سطحی می‌باشد. در ادامه این مراحل به‌صورت کامل توضیح داده شده است.

- رادیانس طیفی[۲۵] (L_λ)

رادیانس طیفی عبارت است از انرژی تابشی در بالای جو که توسط سنجنده مشاهده شده است. رادیانس طیفی برای هر باند توسط رابطه (۱) به‌دست می‌آید (ریچارد و همکاران، ۲۰۰۲: ۵۵):

رابطه (۱)
$$L\lambda = \frac{L\max - L\min}{255} \times DN + Lmin$$

- بازتابندگی[۲۶] نیمکره‌ای (ρ_λ)

بازتابندگی سطح به‌صورت نسبت شار طیفی بازتاب یافته[۲۷] به شار طیفی فرودی تعریف می‌شود. میزان بازتاب با استفاده از رابطه (۲) در هر باند محاسبه می‌شود (آلن[۲۸] و همکاران، ۲۰۰۲: ٦):

رابطه (۲)
$$\rho\lambda = \frac{\pi L\lambda}{ESUN\lambda \times \cos\theta \times dr}$$

که در رابطه بالا؛ θ: عبارت است از زاویه فرودی خورشید که به‌صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد:

رابطه (۳)
$$\theta = 90 - \beta$$

که در آن β: ارتفاع خورشید می‌باشد که از فایل مرجع[۲۹] تصویر ماهواره‌ای قابل استخراج است. در تصویر مورد نظر، SUN-ELEVATIO= ۰/٤۲۳۳۷٦٦۷ می‌باشد و Dr: عبارت است از معکوس مربع فاصله نسبی زمین تا خورشید، که

23- Bulk correction
24- Richard
25- Spectral radiance
26- Reflectivity
27- Reflected Radiant Energy
28- Allen
29- Header file

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

با استفاده از رابطه (٤) که توسط دفی و بکمن[30] (۱۹۸۰)، به‌دست آمده قابل محاسبه است (ریچارد و همکاران، ۲۰۰۲: ۵۵).

رابطه (٤)
$$dr = 1 + 0.033(DOY \frac{2\pi}{365})$$

که در آن؛ DOY: عبارت است از Sequential day که مقدار آن با توجه به تاریخ تصویر مورد استفاده در این تحقیق ۱۲۱ می‌باشد (احمدیان‌مرج، ۱۳۸٦: ۵۹).

آلبدوی سطحی[31] (α)

آلبدو به‌صورت نسبت تابش الکترومغناطیسی انعکاس یافته از سطح خاک و گیاه به تابش فرودی نورخورشید به آن سطح تعریف می‌شود. میزان آلبدوی سطحی را می‌توان از رابطه (۵) محاسبه نمود (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۷).

رابطه (۵)
$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_{path} - radiance}{t2sw}$$

که در این رابطه؛ α_{toa}: آلبدوی بالای جو، α_{path}-radiance: آلبدوی ناشی از رادیانس مسیر و τ_{sw}: قابلیت عبور جوی است. مقادیر path-radiance در محدوده مورد مطالعه ۰/۰۲۵ تا ۰/۰٤ می‌باشد که در مدل سبال مقدار ۰/۰۳ برای آن پیشنهاد شده است. مقدار τ_{sw}: با فرض صاف بودن آسمان و به تبع آن در شرایط خشک با استفاده از رابطه (٦) محاسبه می‌شود:

رابطه (٦)
$$\tau_{Sw} = 0.75 + 2 \times 10^{-5} \times Z$$

که در آن؛ Z: ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر می‌باشد. این ارتفاع باید به‌خوبی نشان دهنده ارتفاع منطقه مورد نظر باشد (مثل ارتفاع ایستگاه هواشناسی منطقه) ارتفاع ایستگاه هواشناسی خاش ۲٤۰۰ متر می‌باشد و مقدار α_{toa}: عبارت است از آلبدوی بالای جو که از رابطه (۷) قابل محاسبه است (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۷).

رابطه (۷)
$$\alpha_{toa} = \sum(\omega\lambda \times \rho\lambda)$$

باندهای مختلف و ω_λ: ضرایب وزن‌دار برای باندهای غیر حرارتی می‌باشند که از رابطه (۸) قابل محاسبه‌اند (ریچارد و همکاران، ۲۰۰۲: ٦۳).

رابطه (۸)
$$\omega\lambda = \frac{ESUN_\lambda}{\sum ESUN_\lambda}$$

30- Duffie and Beckman
31- Surface Albedo

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

برای باندهای غیر حرارتی لندست ETM^+ مقادیر ω_λ در (جدول ۱) آمده است.

جدول ۱- مقادیر ω_λ برای سنجنده ETM^+

باند	۱	۲	۳	٤	٥	۷
ω_λ	۳/٤۱	۳/٦٤	٤/۳۲	٦/٤۱	۲۹/٤۱	۸۳/۳۳

گسیلمندی سطحی[۳۲] (ε)

گسیلمندی سطحی به صورت نسبت انرژی گرمایی تابش شده به وسیله سطح به انرژی گرمایی تابش شده به وسیله جسم سیاه در همان دما تعریف می‌شود. گسیلمندی‌های سطحی با استفاده از روابط تجربی (۹ تا ۱۲) به‌دست می آیند (ریچارد و همکاران، ۲۰۰۲: ٦۳).

زمانی که $NDVI>0$ داریم:

رابطه (۹) (برای $LAI < ۳$): $\varepsilon_{NB} = 0.97 + 0.0033 \times LAI$

رابطه (۱۰) (برای $LAI \geq ۳$): $\varepsilon_{NB} = 0.98, \varepsilon_0 = 0.98$

که در آب و برف برای مقادیر ε_{NB} و ε_0 از فیلتر استفاده می‌شود.

رابطه (۱۱) (برای آب): $NDVI < 0, \alpha < 0.47 \rightarrow \varepsilon_{NB} = 0.99, \omega_0 = 0.985$

رابطه (۱۲) (برای برف): $NDVI < 0, \alpha < 0.47 \rightarrow \varepsilon_{NB} = 0.99, \varepsilon_0 = 0.985$

که در رابطه فوق، NDVI: شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی، LAI[۳۳]: شاخص سطح برگ و α: آلبدوی سطحی است. شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی (NDVI) به میزان و وضعیت پوشش گیاهی حساسیت دارد و از رابطه (۱۳) به‌دست می‌آید. شاخص NDVI مورد استفاده با میزان خطای کاپای ۰/۵۹ به‌دست آمده است.

رابطه (۱۳) $$NDVI = \frac{B_4 - B_3}{B_4 + B_3}$$

که در آن، B_4 و B_3 به‌ترتیب مقادیر بازتابندگی در باندهای ٤ و ۳ می‌باشند. مقادیر NDVI در محدوده ۱- تا ۱+ قرار دارند. شاخص سطح برگ (LAI)، شاخصی از بیوماس و مقاومت تاج پوشش گیاهی است و به‌صورت نسبت سطح

32- Surface emissivity
33- Leaf Area Index

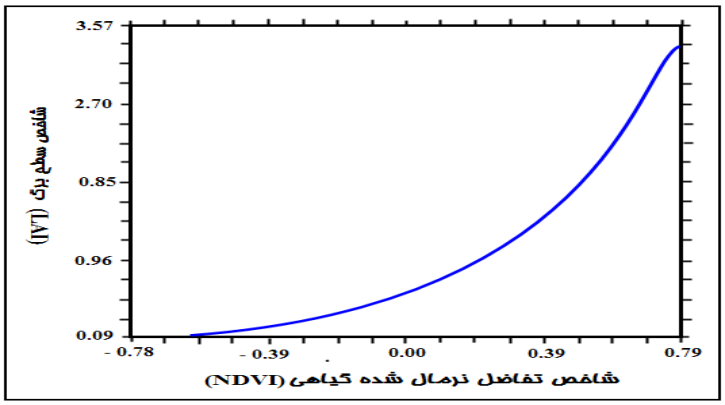
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

کل برگ‌های گیاه به سطح زمین پوشانده شده توسط آن گیاه تعریف می‌شود. شاخص سطح برگ (LAI) با استفاده از رابطه تجربی (۱٤) به‌دست می‌آید.

رابطه (۱٤)

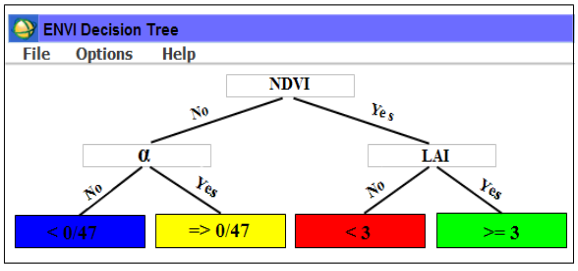
$$LAI = 0.57 \exp(2.33 \times NDVI)$$

شاخص سطح برگ (LAI) بستگی به نوع محصول و موقعیت جغرافیایی محل مورد مطالعه دارد و براساس میانگین رابطه LAI-NDVI در ناحیه جمهوری سزچ در آمریکا به‌دست آمده است (اکبری و کوه‌بنانی، ۱۳۸۹: ۵۹). بدیهی است که مناطق با درجه NDVI بالاتر با مناطق با LAI بیش‌تر متناسب است (شکل ۲).



شکل ۲: رابطه دو پارامتر LAI-NDVI

به دلیل وجود شروط و حدود آستانه برای برآورد گسیلمندی سطحی از طبقه‌بندی از نوع درخت تصمیم‌گیری بهره گرفته شد. با تعریف حدود آستانه و باندهای مورد نظر (NDVI, LAI, α)، از گزینه درخت تصمیم‌گیری در محیط نرم‌افزار Envi4.8 استفاده شد. این طبقه‌بندی در (شکل ۳) مشاهده می‌شود.



شکل ۳: درخت تصمیم‌گیری برای محاسبه گسیلمندی سطحی

بعد از تبدیل به فرمت برداری، تصویر حاصل از طبقه‌بندی وارد محیط ArcGIS 9.3 شد. با انجام مراحل ادغام[۳٤]، تبدیل به رستر[۳۵] و کلاس‌بندی مجدد[۳٦]، مقادیر هر کلاس را در یک تصویر جداگانه به‌صورت تابع بولین (اختصاص

34- Dissolve
35- Polygon to raster
36- Reclassify

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

مقدار ۱ به خود کلاس و صفر به کلاس‌های دیگر در هر کلاس جداگانه و تولید سه تصویر) ذخیره شد. با ورود این تصاویر به محیط Envi4.8 و محاسبه مقادیر گسیلمندی سطحی در هر کلاس و در نهایت جمع این سه تصویر، مقدار گسیلمندی سطحی در کل تصویر برآورد شده است.

- رادیانس حرارتی تصحیح شده[۳۷] (R_c)

رادیانس حرارتی تصحیح شده، رادیانس واقعی گسیل شده از سطح است که برای اثرات اتمسفری تصحیح شده باشد. رابطه (۱۵) توسط کلیک[۳۸] و همکاران (۱۹۸۹) جهت تصحیح رادیانس حرارتی گسیل شده از سطح ارائه گردیده است (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۲):

$$Rc = \frac{L_{NB} - R_p}{\tau_{NB}} - (1 - \varepsilon_{NB}) R_{sky}$$ رابطه (۱۵)

که در آن، L_{NB}: رادیانس باند حرارتی، R_P: رادیانس مسیر در باند حرارتی، R_{sky}: تابش آسمان صاف در باند حرارتی و τ_{NB}: قابلیت عبور جوی در باند حرارتی می‌باشد. R_{sky} را می‌توان از رابطه‌ی تجربی (۱۶) که توسط ایدسو جکسون[۳۹] به‌دست آمده و کلیک و همکارانش (۱۹۸۹) هم از آن استفاده کردند، محاسبه کرد.

$$R_{sky} = (1.807 \times 10^{10}) Ta^4 \left[1 - 0.26 \times \exp(-7.77 \times 10^4)[273.15 - T_a]^2\right]$$ رابطه (۱۶)

که در این فرمول T_a: دمای هوای نزدیک سطح (برحسب کلوین) در لحظه گذر می‌باشد. برای محاسبه پارامترهای مقادیر τ_{NB} وR_P احتیاج به داده‌های زمینی می‌باشد که در صورت نبود این اطلاعات می‌توان از آن‌ها صرف‌نظر نمود. جهت حذف این پارامترها، مقادیر τ_{NB} و R_P به‌ترتیب برابر ۱ و صفر قرار داده شدند. مقادیر R_{Sky} هم به اندازه‌ای کوچک است که می‌توان آن را نادیده گرفت ($R_{sky} \approx 0$)، بدین ترتیب R_c معادل با L_{NB} می‌شود. دمای هوای نزدیک سطح در تاریخ تصویر برداری مورد نظر ۸/۱۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

- دمای سطحی[۴۰] (Ts)

قانون استفان بولتزمن[۴۱] رابطه بین دما و تابش یک جسم را به‌صورت رابطه (۱۷) نشان می‌دهد.

$$B = \sigma T^4$$ رابطه (۱۷)

که در رابطه فوق؛ B: تابش جسم سیاه؛ T: دمای سطحی جسم سیاه؛ σ: مقدار ثابت استفان-بولتزمن که معادل ۵/۶۷×۱۰ ($W/m^2/K^4$) می‌باشد. با این وجود عرض باندهای حرارتی تصاویر ماهواره‌ای کم‌تر از آن است که بتوانند

37- Corrected Thermal Radiance
38- Wukelic
39- Idso-Jackson
40- Surface Temperataure
41- Stefan Boltzman Law

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

معرف تابش جسم سیاه (B) در معادله فوق باشند. محدوده تابش استفاده شده دررابطه استفان-بولتزمن ۳ تا ۳۰۰ میکرومتر است؛ درحالی‌که محدوده باندهای حرارتی تصاویر ماهواره‌ای عموماً بین ۱۰/۵ تا ۱۲/۵ میکرومتر می‌باشد. بنابراین روش سبال از رابطه پلانک (رابطه ۱۸) استفاده می‌کند.

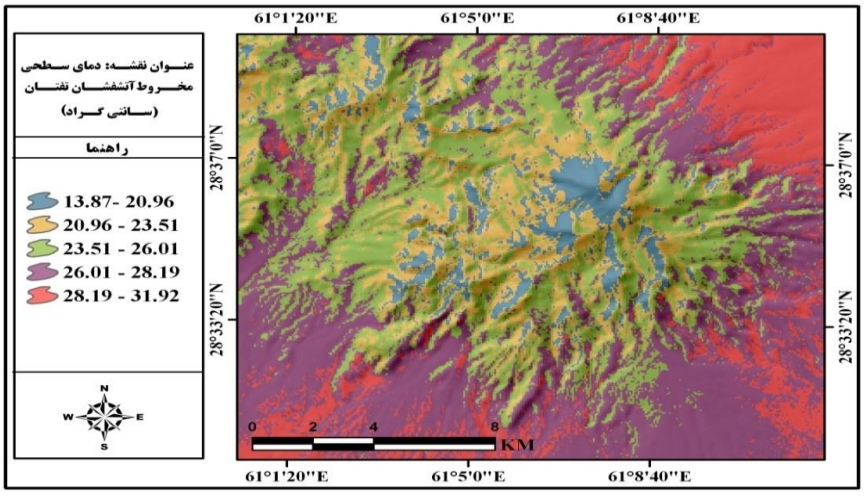
رابطه (۱۸)

$$Ts = \frac{K_2}{Ln(\frac{\varepsilon_{NB} \times K_1}{RC} + 1)}$$

که در آن R_c: رادیانس باند حرارتی تصحیح شده؛ $\varepsilon_{NB}(W/m^2/\mu m)$: گسیلمندی سطحی باند حرارتی و k_2, k_1 مقادیر ثابت معادله هستند. که به‌ترتیب برابر ٦٦٦/۰۹ و ۱۲۸۲/۷۱ می‌باشند که واحد k_2 درجه کلوین و واحد K_1 (W/m^2 /μm) می‌باشد. تمام مراحل محاسباتی دمای سطح زمین به جزء بخشی از مرحله درخت تصمیم‌گیری با استفاده از گزینه Band Math در نرم‌افزار Envi4.8 انجام شد. مرحله نهایی، محاسبه دمای سطحی، در نرم‌افزار ArcGIS9.3 صورت پذیرفت. به دلیل عدم یکسانی پیکسل سایزهای تصاویر باند حرارتی و باندهای انعکاسی از گزینه Resize Data استفاده گردید.

یافته‌ها و بحث

دمای سطح محاسبه شده با استفاده از الگوریتم سبال در (شکل ٤) ارائه شده است. در این نقشه، میزان دما برحسب درجه سانتی‌گراد تولید شده که در محدوده مورد مطالعه در اطراف آتشفشان تفتان، دمای سطح زمین بین ۱۳/۸۷ و ۳۱/۹۲ درجه سانتی‌گراد متغیر است. با توجه به (شکل ٤)، بیش‌ترین میزان دمای سطح زمین در اطراف قله آتشفشانی و پای مخروط به چشم می‌خورد. در منطقه مورد مطالعه تنها یک ایستگاه اندازه‌گیری داده دمای سطح زمین وجود دارد. با مقایسه دمای سطح زمین برآورد شده و دمای سطح زمین اندازه‌گیری شده در ایستگاه تفتان، میزان اختلاف ۲ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمده است. شاخص NDVI مورد استفاده در این الگوریتم با میزان خطای کاپای ۰/۵۹ محاسبه شد.



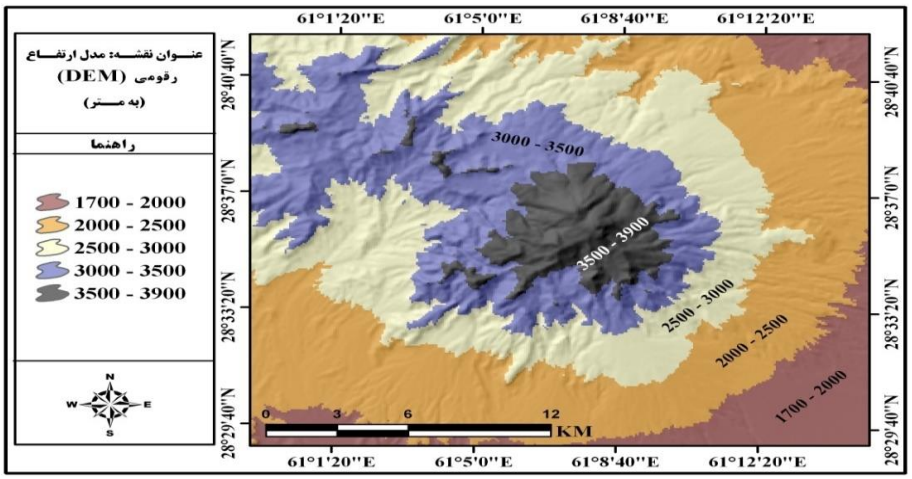
شکل ٤: نقشه حرارتی منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

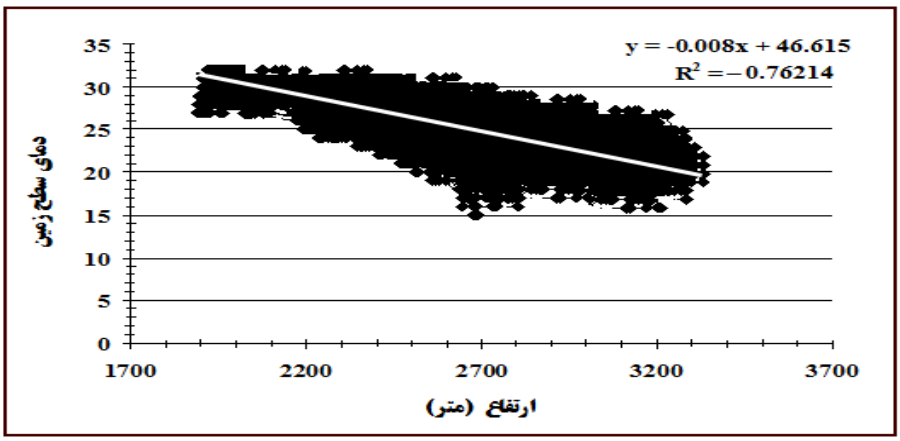
بررسی ارتباط عوامل جغرافیایی با دمای سطحی

- سطوح ارتفاعی

(شکل ۵)، نقشه مدل ارتفاعی رقومی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در منطقه مورد مطالعه، سطوح ارتفاعی بین ۱۷۰۰ الی ۳۹۰۰ متغیر است. در (جدول ۲) حداکثر، حداقل و میانگین دمای سطح زمین برای سطوح ارتفاعی مختلف قابل مشاهده است. با توجه به نقشه دمای سطحی محاسبه شده با استفاده از روش سبال و انطباق و همپوشانی با نقشه سطوح ارتفاعی، بیش‌ترین میانگین دما و حداکثر دما در طبقه ارتفاعی ۲۰۰۰-۱۷۰۰ و کم‌ترین میانگین دما و حداقل دما در طبقه ارتفاعی ۳۹۰۰-۳۵۰۰ قرار دارد. طبق داده‌های (جدول ۲)، همه پارامترهای مقادیر دمایی به سمت قله کاهش می‌یابد. با وجود صحت نقش ارتفاع بر میزان دمای هوا، دمای سطحی خاک نیز به دلیل کاهش دمای هوا با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. میزان ارتباط و همبستگی ارتفاع و دمای سطح زمین براورد شده r = -۰/۷۶۲۱٤ به‌دست آمده است. (شکل ٦)، گرادیان حرارتی منطقه مورد مطالعه را در راستای ارتفاع نشان می‌دهد.



شکل ۵: نقشه مدل رقومی ارتفاعی منطقه مورد مطالعه



شکل ٦: گرادیان حرارتی در سطوح ارتفاعی مختلف در منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۲- دمای سطحی در طبقات ارتفاعی

طبقات ارتفاعی (به متر)	دمای سطح زمین (درجه سانتی‌گراد)		
	حداقل	حداکثر	میانگین
۱۷۰۰-۲۰۰۰	۲٤/۰۷	۳۱/۹۲	۲۸/۷۷
۲۰۰۰-۲۵۰۰	۱۸/۹٤	۳۱/۳۹	۲۷/۳٤
۲۵۰۰-۳۰۰۰	۱٤/۷۸	۳۰/٦۰	۲٤/۳۵
۳۰۰۰-۳۵۰۰	۱۵/٦۸	۲۹/۰۰	۲۲/٦۱
۳۵۰۰-۳۹۰۰	۱۳/۸۷	۲۵/۷۳	۲۰/٤۱

- لیتولوژی

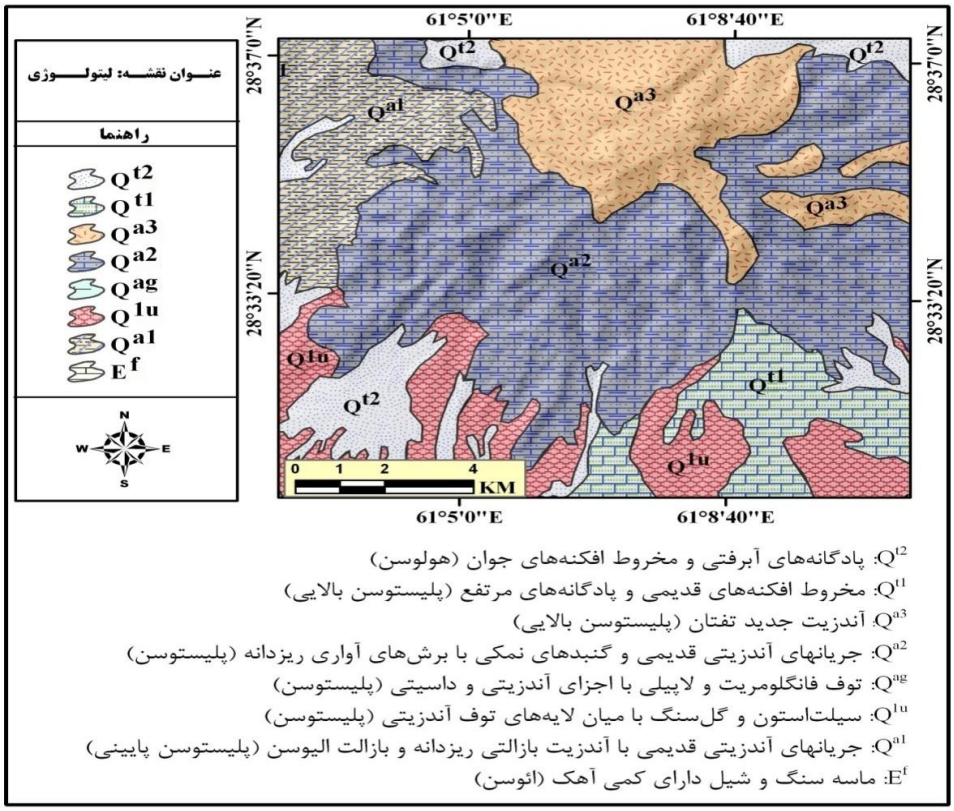
کوه آتشفشانی تفتان درون سنگ‌های رسوبی و آذرین متعلق به کرتاسه و ائوسن زون شرق ایران فوران کرده که واحدهای چینه‌ای از ائوسن (در شمال‌شرق) تا کواترنر (گدازه‌های جدید تفتان و پادگانه‌های آبرفتی) در آن گسترش دارند (شکل ۷). بررسی داده‌های حاصل از انطباق و تحلیل توابع آمار منطقه‌ای نقشه دمای سطح محاسبه شده با لیتولوژی نشان می‌دهد که حداقل دما در سازند Q^{a3} (آندزیت جدید تفتان) و حداکثر دما در سازند Q^{lu} (سیلت‌استون و گل‌سنگ با میان لایه‌های توف آندزیتی) و همچنین بیش‌ترین میانگین دما در سازند E^{f} (ماسه‌سنگ و شیل) و کم‌ترین میانگین دما در سازند Q^{a1} (جریان‌های آندزیتی قدیمی) قابل مشاهده است (جدول ۳).

جدول ۳- ارتباط بین سازندهای زمین‌شناسی و دمای سطح زمین

نام سازند زمین شناسی	دمای سطح زمین (درجه سانتی‌گراد)		
	حداقل	حداکثر	میانگین
Q^{a3}:آندزیت جدید تفتان	۱۳/۸۷	۳۱/۱۳	۲٤/۸۹
Q^{a2}: جریانهای آندزیتی قدیمی و گنبدهای نمکی با برش‌های آواری ریزدانه	۱۵/٦۸	۳۰/۳۳	۲٤/۸۸
Q^{a1}: جریانهای آندزیتی قدیمی با آندزیت بازالتی ریزدانه و بازالت	۱٤/۷۸	۳۰/٦۰	۲٤/٦٦
Q^{t2}: پادگانه‌های آبرفتی و مخروط افکنه‌های جوان	۱۸/۹٤	۳۱/٦۵	۲۸/۵۰
Q^{t1}: مخروط افکنه‌های قدیمی و پادگانه‌های مرتفع	۲۰/۹٦	۳۱/۱۳	۲۷/۸٤
E^{f}: ماسه سنگ و شیل دارای کمی آهک	۲٦/۵٦	۳۰/٦۰	۲۸/۷۳
Q^{lu}: سیلت‌استون و گل‌سنگ با میان لایه‌های توف آندزیتی	۲۱/۲٤	۳۱/۹۲	۲۸/۰٤
Q^{ag}: توف فانگلومریت و لاپیلی با اجزای آندزیتی و داسیتی	۲۳/۷۹	۲۹/۸۰	۲٦/۹۸

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

آندزیت‌ها (Q^{a1}،Q^{a2}،Q^{a3}) با حداقل دما و کم‌ترین میانگین دما سنگ‌های آذرین بیرونی هستند که از ماگماهای آندریتی تولید می‌شوند و سنگ‌های تیره‌ای هستند که می‌توانند در جذب بهتر انرژی خورشیدی تأثیرگذار باشد. با توجه به قرارگیری این سازند در ارتفاعات بالا و پایین به‌نظر می‌رسد که جهت نقش مهم‌تری را در کاهش دمای این سازند بر عهده دارد، البته عامل ارتفاع نیز در کاهش دما در این سازند بدون تأثیر نبوده است. شکل‌گیری سنگ‌هایی که اصولا ماسه سنگ هستند به گونه‌ای است که در برابر آب نفوذپذیرند و می‌توانند مقادیر زیادی آب را در خود نگه دارند. این عامل می‌تواند باعث شود دمای ماسه سنگ و شیل (با بیش‌ترین میانگین دما) کاهش داشته باشد که داده‌ها این موضوع را نشان نمی‌دهند. این سازند در شمال‌شرق منطقه و در ارتفاعات پایین قرار گرفته که نقش عامل ارتفاع و جهت در افزایش دمای این سازند به‌خوبی مشهود است.



Q^{t2}: پادگانه‌های آبرفتی و مخروط افکنه‌های جوان (هولوسن)
Q^{t1}: مخروط افکنه‌های قدیمی و پادگانه‌های مرتفع (پلیستوسن بالایی)
Q^{a3}: آندزیت جدید تفتان (پلیستوسن بالایی)
Q^{a2}: جریانهای آندزیتی قدیمی و گنبدهای نمکی با برش‌های آواری ریزدانه (پلیستوسن)
Q^{ag}: توف فانگلومریت و لاپیلی با اجزای آندزیتی و داسیتی (پلیستوسن)
Q^{1u}: سیلت‌استون و گل‌سنگ با میان لایه‌های توف آندزیتی (پلیستوسن)
Q^{a1}: جریانهای آندزیتی قدیمی با آندزیت بازالتی ریزدانه و بازالت الیوسن (پلیستوسن پایینی)
E^{f}: ماسه سنگ و شیل دارای کمی آهک (ائوسن)

شکل ۷: نقشه لیتولوژی منطقه مورد مطالعه

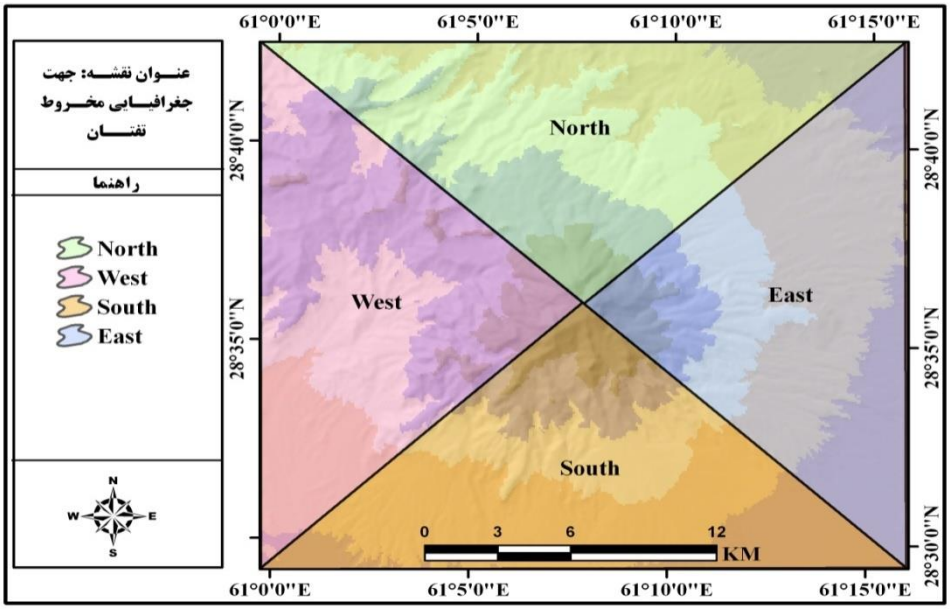
- جهت جغرافیایی

با توجه به نتایج این پژوهش به‌نظر می‌رسد که در دمای سطحی مخروط تفتان، جهات جغرافیایی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. براین اساس مقدار دمای سطحی در جهات اصلی نیز به‌دست آمد. ابتدا مخروط تفتان به چهار جهت اصلی تقسیم شد (شکل ۸)، سپس مقادیر دمایی در هر یک از این ٤ جهت اصلی محاسبه گردید.

با توجه به (جدول ٤)، حداقل دما در جهت شمالی با ۱۳/۸۷ درجه سانتی‌گراد، حداکثر دما در جهت شرق با ۳۱/۹۲ درجه سانتی‌گراد، بیش‌ترین میانگین دما در شرق با ۲۷/۹۰ درجه سانتی‌گراد و کم‌ترین میانگین دما هم در غرب با

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

۲٤/۹۵ درجه سانتی‌گراد برآورد گردید. از آنجایی که در منطقه مورد مطالعه خورشید از سمت شرق طلوع می‌کند، پس مدت زمان طولانی‌تری به دامنه‌های شرقی می‌تابد و با توجه به زمان تصویربرداری (ساعت ۱۰ صبح) دامنه‌های شرقی بیش‌تر در معرض تابش خورشید بوده که این امر به افزایش دما در جهات شرقی می‌تواند کمک کند. بیش‌ترین میانگین دمای سطحی که سازند E^f (ماسه سنگ و شیل دارای کمی آهک) داراست در شرق و کم‌ترین میانگین دمای سطحی که متعلق به سازند Q^{a1} (جریان‌های آندزیتی قدیمی با آندزیت بازالتی ریزدانه و بازالت الیوسن) است در غرب به چشم می‌خورد که با کم‌ترین و بیش‌ترین میانگین دمای جهات هماهنگ است.



شکل ۸: جهات جغرافیایی اصلی منطقه مورد مطالعه

جدول ٤- میزان دمای سطح زمین در جهات جغرافیایی مختلف

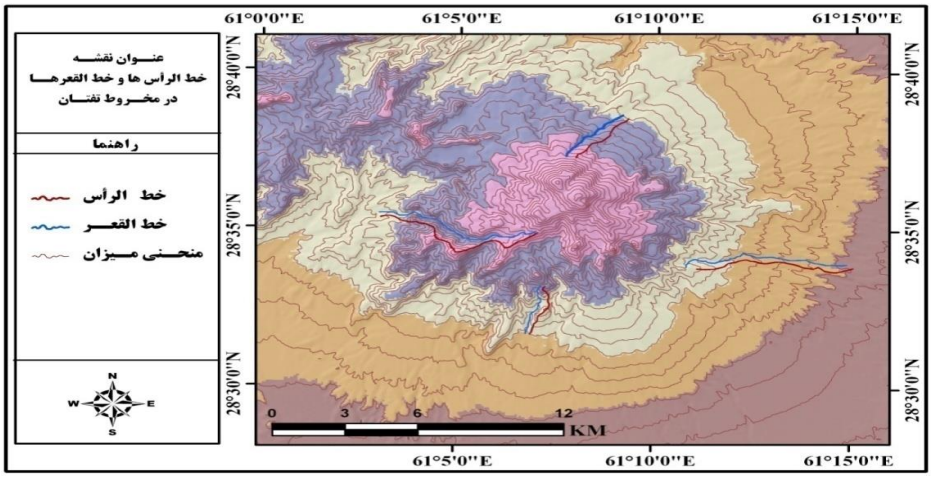
جهات جغرافیایی	دمای سطح زمین (درجه سانتی‌گراد)		
	حداقل	حداکثر	میانگین
North	۱۳/۸۷	۳۱/٦٥	۲٥/۸٤
East	۱٥/۹۸	۳۱/۹۲	۲۷/۹۰
West	۱٤/۷۸	۳۰/٦۰	۲٤/۸۲
South	۱٥/٦۸	۳۰/۸٦	۲٦/۹٥

- مورفولوژی

مورفولوژی غالب محدوده مورد مطالعه دره‌های عمیق فرسایشی هستند که طی زمان به‌تدریج روی مخروط تشکیل شده‌اند و مقطع آن‌ها U شکل است. در این تحقیق تنها به بررسی تفاوت دمایی لندفرم‌های خط القعر و خط الرأس

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

در راستای تحقیق پرداخته شده است. ابتدا خط القعر و خط الرأس‌های محدوده مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار ArcGIS و با کمک Google Earth و نقشه توپوگرافی رسم گردید و در هر جهت جغرافیایی، یک خط القعر و یک خط الرأس به‌عنوان نمونه انتخاب شدند (شکل ۹). اطراف این خط‌القعرها و خط‌الرأس‌ها، بافر ۲۰ متری در نظر گرفته شد و سپس با انطباق آن با نقشه دمای سطح زمین، میانگین وزنی دمای سطح زمین در این محدوده‌ها براساس تعداد پیکسل‌ها و مقادیر دمایی آن‌ها به‌دست آمد (جدول ۵).



شکل ۹: خط الرأس‌ها و خط‌القعرها در جهات مختلف در مخروط تفتان

جدول ۵- مقادیر دمای سطح زمین در جهات مختلف جغرافیایی در خط القعرها و خط الرأس‌ها

جهات جغرافیایی	دمای سطح زمین (بر حسب درجه سانتی‌گراد)	
	خط الرأس	خط القعر
شمال	۲۶/۸۷	۲٤/۳۵
شرق	۲۷/۸۹	۲۷/۲۷
غرب	۲۲/۱٦	۲۱/۸۹
جنوب	۲٦/۱۳	۲۳/۵۷

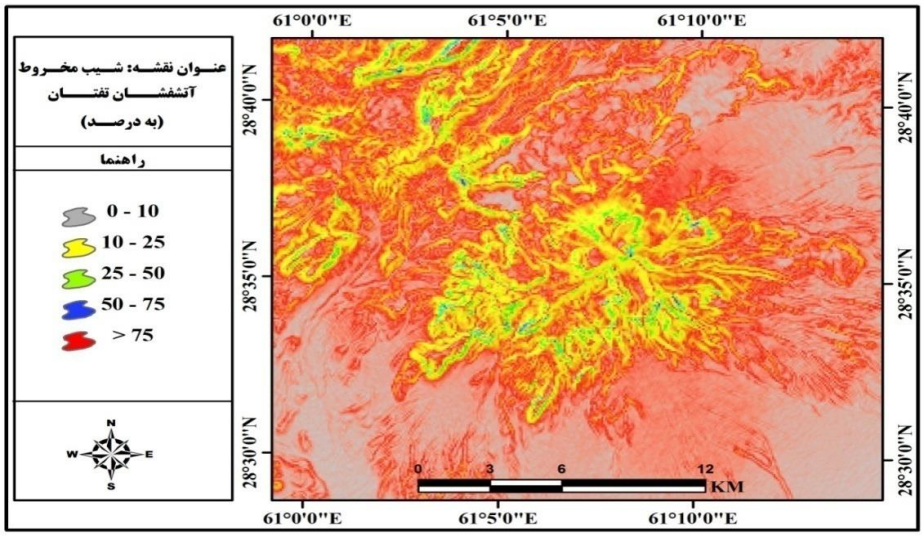
همان‌طور که در (جدول ۵) مشهود است، در خط الرأس‌ها، حداکثر دما در جهت شرق و حداقل آن در جهت غرب با اختلاف ۵/۷۳ درجه سانتی‌گراد به چشم می‌خورد. در خط‌القعرها نیز، وضعیت بر همین منوال اما با اختلاف ۵/۳۸ درجه سانتی‌گراد قابل مشاهده است. در جهت شمالی و جنوبی، دمای خط‌الرأس‌ها با خط‌القعرهای انتخابی اختلاف بیشتری را نسبت به لندفرم‌های شرقی و غربی نشان می‌دهد. دلیل این امر می‌تواند جهت شمالی-جنوبی تابش خورشید باشد که باعث شده خط‌الرأس‌ها دمای بیش‌تری نسبت به خط‌القعرها دریافت کنند. در جهت شرق و غرب، میانگین دمای سطحی در هر دو لندفرم تقریبا یکسان بوده و اختلاف بسیار کمی دارد. عاملی که باعث شده است دمای هر دو لندفرم در جهت شرقی و غربی تقریبا یکسان باشد، این است که خورشید در ساعت ۱۰ صبح

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

(زمان تصویر برداری ماهواره)، موازی با جهت یا امتداد دره‌ها و پشته‌ها (شرقی–غربی) می‌تابد، و باعث می‌شود که نور خورشید یکسان به هر دو لندفرم بتابد و حرارت یکسانی را دریافت کنند و دمای هر دو تقریبا یکسان شود. شایان ذکر است که یکی از دلایل پایین بودن دما در جهت غربی می‌تواند وزش باد از این سو در این منطقه باشد. البته دلیل دیگری نظیر شیب را نیز نباید نادیده گرفت.

- شیب

طبق (جدول ٦) که دماها را در شیب‌های با درصدهای مختلف نشان می‌دهد، دیده می‌شود که حداقل دما در شیب‌های با درصد پایین بیش‌تر از درجات شیب با درصد بالاتر است. حداقل دما از ١٤/٧٨ درجه در شیب‌های ١٠–٠ درصد به ١٣/٨٨ درجه در شیب‌های بالای ٧٥ درصد می‌رسد. حداکثر دما نیز در شیب‌های با درصد پایین بیش‌تر از درجات شیب با درصد بالاتر است. دما از ٣١/٩٢ درجه در شیب‌های ١٠–٠ درصد به ٢٩/٨ درجه در شیب‌های بالای ٧٥ درصد می‌رسد. این آمار نشان‌دهنده این است که شیب‌های بالا به‌دلیل عدم زاویه افقی، تابش کافی و جذب انرژی کم‌تر دارای دماهای پایین‌تری است و متوسط شیب دامنه‌های غربی هم بیش از سایر دامنه‌هاست که این امر نیز باعث دریافت انرژی تابشی کم‌تری در این دامنه‌ها شده است.



شکل ١٠: نقشه شیب منطقه مورد مطالعه

جدول ٦- مقادیر دمای سطح زمین در شیب‌های مختلف جغرافیایی

شیب جغرافیایی (درصد)	دمای سطح زمین (درجه سانتی‌گراد)		
	حداقل	حداکثر	میانگین
٠ – ١٠	١٤/٧٨	٣١/٩٢	٢٣/٣٥
١٠ – ٢٥	١٧/١٨	٣١/٦٦	٢٤/٤٢
٢٥ – ٥٠	١٥/٠٩	٣١/١٣	٢٣/١١
٥٠ –٧٥	١٤/١٨	٣٠/٨٧	٢٢/٥٣
> ٧٥	١٣/٨٨	٢٩/٨	٢١/٨٤

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نتیجه‌گیری

اهمیت دمای سطح زمین در علوم کشاورزی و هیدرولوژی از یک سو و وجود مشکلات فراوان در ثبت این پارامتر حیاتی پژوهشگران را بر آن داشته است تا به دنبال یافتن رابطه‌ای بین دمای سطح زمین و پارامترهای دیگر باشند که بتوانند دمای خاک را با دقت مطلوب برآورد کنند. مطالعه و ارزیابی دمای سطحی و عوامل تأثیرگذار بر آن نشان می‌دهد که در دمای سطحی مخروط آتشفشانی تفتان عواملی نظیر توپوگرافی، لیتولوژی، جهت جغرافیایی و لندفرم غالب منطقه مؤثر هستند. به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد که با وجود همبستگی r= - ۰/۷٦۲۱٤ بین ارتفاع و دمای سطح زمین، دمای سطحی خاک نیز به‌دلیل کاهش دمای هوا، با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. داده‌ها نشان می‌دهند که در میزان دمای سطحی مخروط آتشفشانی تفتان، جهات جغرافیایی نقش مهمی را ایفاء می‌نمایند به‌طوری که بین جهت غربی (کم‌ترین میانگین دما) و جهت شرقی (بیش‌ترین میانگین دما)، ۳/۰۸ درجه سانتی‌گراد اختلاف دمایی وجود دارد. البته شایان ذکر است که بین دمای سطح زمین و جهت شیب، میزان همبستگی ۰/٤۳۷۱۰- برآورد شده است. با دقت به دو نقشه لیتولوژی و جهت شیب مشاهده می‌شود که سازند سیلت استون و گل سنگ با میان لایه‌های توف آندزیتی (Q^{1u}) با ۳۱/۹۲ درجه سانتی‌گراد حداکثر دما را داراست که این سازند در جهت شرقی و جنوبی قرار گرفته که این امر نیز در افزایش دما در جهات شرق و جنوب بی‌تأثیر نبوده است. علاوه بر این، سازند Q^{a1} (جریان‌های آندزیتی قدیمی با آندزیت بازالتی ریزدانه و بازالت الیوین) با ۲٤/٦٦ درجه سانتی‌گراد (کم‌ترین میانگین دما) در غرب و سازند E^{f} (ماسه‌سنگ و شیل دارای کمی آهک) با ۲۸/۷۳ درجه سانتی‌گراد (بیش‌ترین میانگین دما) در شرق منطقه قرار دارند که با کم‌ترین و بیش‌ترین میانگین دمای جهات هماهنگ هستند. در مورد لندفرم‌ها نیز بین خط الرأس‌ها و خط القعرها از نظر دمایی اختلاف وجود دارد. این در حالی است که حداکثر دمای بین خط‌الرأس‌ها در جهت شرق و حداقل آن در جهت غرب با اختلاف دمایی حدود ۵ درجه سانتی‌گراد به چشم می‌خورد که نقش جهت به‌خوبی در نتایج آن مشهود است. در مورد خط القعرها نیز وضعیت مشابهی حکم‌فرماست. میانگین دمای سطحی در جهت شرقی و غربی در هر دو لندفرم تقریبا یکسان بوده و اختلاف بسیار کمی دارد. عاملی که باعث شده است دمای هر دو لندفرم تقریبا یکسان باشد، متأثر از جهت دره‌ها و جهت تابش خورشید در ساعت برداشت تصویر ماهواره‌ای است. هم جهت بودن تابش خورشید با جهات دره‌ها و خط‌الرأس‌ها باعث می‌شود که در دامنه‌های غربی و شرقی، دره‌ها و خط‌الرأس‌ها به یک اندازه در معرض تابش آفتاب قرار بگیرند، بنابراین تفاوت دمایی سطحی بین دره‌ها و خط‌الرأس‌ها در دو جهت شرق و غرب ناچیز است. در جهات شمالی و جنوبی، دمای دو لندفرم اختلاف بیش‌تری با هم دارند. دلیل اختلاف بیش‌تر در این جهت می‌تواند ناشی از اختلاف جهت دره‌ها (شمالی-جنوبی) با جهت تابش خورشید باشد که باعث شده است خط‌الراس‌ها بیش‌تر در معرض دریافت تابش خورشید قرار بگیرند. این امر نشان می‌دهد که علاوه بر این‌که لندفرم‌ها از نظر دمایی با هم اختلاف دارند، نقش جهت نیز در تفاوت بین آن‌ها مشهود است. البته بایستی تاثیر شیب را نیز در این زمینه نادیده نگرفت، با بررسی ارتباط شیب و دمای سطح زمین، میزان همبستگی ۰/٦٤۷۱٤- به‌دست آمده است. تاکنون اکثریت تحقیقات

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

صورت گرفته، بر روی دمای سطح زمین و ارتباط آن با NDVI و کاربری اراضی و پوشش زمین و بررسی میزان تبخیر و تعرق بوده، اما در اندک تحقیقات صورت گرفته نظیر تحقیق قهرودی تالی و خسروی (۱۳۹۱) نیز به تأثیرگذاری جهت‌گیری دامنه‌ها نسبت به تابش و شکست‌های تکتونیکی بر تغییرات دمایی، اشاره گردیده است. بنابراین با در نظر گرفتن شرایط دمایی در جهات جغرافیایی و سازندهای مختلف، می‌توان به کاشت محصولات کشاورزی سازگار و برنامه‌ریزی محیطی مناسب اقدام نمود. بدیهی است که با در دسترس بودن تصاویر ماهواره‌ای با دقت بیش‌تر می‌توان نقشه حرارتی دقیق‌تری را تهیه کرد که در بررسی این عوامل کمک بیش‌تری می‌نماید.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

منابع

- احمدیان‌مرج، ابوالفضل (۱۳۸٦)، «ارائه الگوریتم مناسب جهت تعیین مناطق با پتانسیل شیوع مالاریا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای». پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی.

- اسدی، لیدا؛ هزارجریبی، ابوطالب؛ قربانی، خلیل؛ آقاشریعتمداری، زهرا؛ ذاکری‌نیا، مهدی (۱۳۹۲)، «تخمین دمای خاک براساس داده‌های هواشناسی با استفاده از روابط رگرسیونی و نزدیک‌ترین K-همسایگی»، اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی، انجمن آبیاری و زهکشی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسکان، اصفهان، ۲٤ بهمن ۱۳۹۲.

- اکبری، الهه؛ کوه‌بنانی، حمیدرضا (۱۳۸۹)، «استفاده از الگوریتم DTC و SEBAL به‌منظور برآورد دمای سطح از باند حرارتی ETM^+»، همایش ملی ژئوماتیک سازمان نقشه برداری کشور، تهران، ۱۹ و ۲۰ اردیبهشت ماه ۱۳۸۹.

- بومری، محمد؛ بیابانگرد، حبیب‌الله؛ گرگیج، محمدنبی (۱۳۸٤)، «بافت‌های غیر تعادلی در سنگ‌های آتشفشانی کوه تفتان، جنوب‌شرقی ایران»، بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، تهران، ۸ تا ۱۰ اسفند ماه ۱۳۸٤.

- پارسافر، نصرالدین؛ صفر، معروفی (۱۳۹۰)، «برآورد دمای عمق‌های مختلف خاک از دمای هوا با به‌کارگیری روابط رگرسیونی، شبکه عصبی و عصبی-فازی (مطالعه موردی: منطقه کرمانشاه)»، ***فصلنامه دانش آب و خاک***، شماره ۳ (۲۱)، صص ۱۵۲-۱۳۹.

- دانش‌کار آراسته، پیمان؛ تجریشی، مسعود؛ ثقفیان، بهرام (۱۳۹۰)، «تعیین دمای سطح با استفاده از فناوری سنجش از دور در منطقه سیستان». ***فصلنامه مهندسی و مدیریت آبخیز***، شماره ۳ (۲)، صص ۷۷-٦۷.

- رضایی‌بنفشه، مجید؛ جهانبخش، سعید؛ ولیزاده‌کامران، خلیل (۱۳۹۲)، «برآورد تبخیر-تعرق واقعی در حوضه سفیدرود با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای». ***فصلنامه فضای جغرافیایی***، شماره ۱۳ (٤٤)، صص ۲٦۲-۲٤۱.

- علائی‌طالقانی، محمود (۱۳۸۱)، «***ژئومورفولوژی ایران***»، تهران، انتشارات قومس.

- قهرودی‌تالی، منیژه؛ خسروی، سمیه (۱۳۹۱)، «کاربرد باندهای حرارتی در ارزیابی تغییرات دمایی خطواره‌ها (مطالعه موردی: شمال شهر تهران)»، سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور، تهران، ۱۱ و ۱۲ آذر ۱۳۹۱.

- کاویانی، عباس؛ سهرابی، تیمور؛ پیمان، دانش‌کار آراسته (۱۳۹۲)، «تخمین دمای سطح زمین با استفاده از شاخص اختلاف نرمال شده (NDVI) در تصاویر سنجنده‌های MODIS و $Landsat\ ETM^+$» ***فصلنامه هواشناسی کشاورزی***، شماره ۱ (۱)، صص ۲۱ – ۱۰.

- ملک‌پور، پیمان؛ طالعی، محمد؛ رضائی، یوسف؛ خوش‌گفتار، مهدی (۱۳۸۹)، «بررسی درجه حرارت سطح زمین و ارتباط آن با کلاس‌های پوشش-کاربری زمین شهری با استفاده از داده‌ی سنجنده ETM^+»، مطالعه موردی شهر تهران»، همایش ملی ژئوماتیک، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران، ۱۰ اردیبهشت ۱۳۸۹.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- میریعقوب‌زاده، میرحسن؛ قنبرپور، محمدرضا (۱۳۸۸)، «به‌کارگیری داده‌های سنجش از دور در برآورد دمای سطح اراضی (مطالعه موردی حوزه آبخیز وردین، آذربایجان شرقی)»، ***فصلنامه مرتع***، شماره ۳ (٤)، صص ۷۳٤-۷۲۳.

- نجفی‌مود، محمدحسین؛ علیزاده، امین؛ محمدیان، آزاده؛ موسوی، جواد (۱۳۸۷)، «بررسی رابطه دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک و برآورد عمق یخبندان) (مطالعه موردی استان خراسان رضوی) »، ***فصلنامه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)***، شماره ۲۲ (۲)، صص ٤٦٦-٤٥٦.

- Ahmad. M. D., Biggs, T., Turral, H., Scott, C. A., (2006), "Application of SEBAL approach and MODIS time-series to map vegetation water use patterns in the data scarce Krishna river basin of India", ***Journal of Water Science & Technology***, 53 (10): 83–90.

- Alavipanah, S. K., Saradjian, M., Savaghebi, G. h. R., Komaki, Ch. B., Moghimi, E., Karimpour Reyhan, M., (2007), "Land surface temperature in the Yardang Region of Lut Desert (Iran) based on field measurements and Landsat thermal data", ***Journal of Agricultural Science and Technology (JAST)***, 9: 287–303.

-Allen, R., Tasumi, M., Trezza, R., Wim, B., (2002), "***SEBAL(Surface Energy Balance Algorithms for Land***", Advance Training and Users Manual–Idaho Implementation, version, 1, 97.

- Bastiaanssen, W. G. M., (2000), "SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey", ***Journal of Hydrology***, 229: 87-100.

- Bastiaanssen, W. G. M., Noordman, E. J. M., Pelgrum, H., Davids, G., Thoreson, B. P., Allen, R. G., (2005), "SEBAL model with remotely sensed data to improve water-resources management under actual field condition", ***Journal of Irrigation and Drainage Engineering***, 131(1): 85-93.

- Correia, A. M., Souza, W. M., Silva, R. F., Albuquerque, F. J. A., Freitas, R. M., (2014), "Use of satellite images Landsat 5 TM in identification of islands of heat in the city of Recife-PE", ***Journal of Hyperspectral Remote Sensing***, 4 (2): 45- 53.

- Farah, H. O., (2001), "Estimation of regional evaporation using a detailed agrohydrological model", ***Journal of Hydrology***, 229 (1–2): 50–58.

- Feizizadeh, B., Blaschke, T., Nazmfar, H., Akbari, E., Kohbanani, H. R., (2012), "Monitoring land surface temperature relationship to land use/land cover from satellite imagery in Maraqeh County", ***Journal of Environmental Planning and Management***. 56 (9): 1290-1315.

- Herb, W. R., Janke, B., Mohseni, O., Stefan, H. G., (2008), "Ground surface temperature simulation for different land covers", ***Journal of Hydrology***, 356: 327– 343.

- Messina, A.T., (2012), "Mapping drought in the Krishna basin with remote sensing", ph.D. Thesis faculty of San: Diego state university, Master of Science in watershed science.

- Nduati, E.W., Mundia, C. N., Ngigi, M. M., (2013), "Effects of vegetation change and land use/ land cover change on land surface temperature in the Mara ecosystem", ***International Journal of Science and Research (IJSR)***, 2: 22-28.

- Opoku-Duah, S., Donoghue, D. N. M., Burt, T. P., (2008), "Intercomparison of evapotranspiration over the Savannah Volta Basin in West Africa using remote sensing data", ***Sensors***, 8 (4): 2736-2761.

-Poormohammadi, S., Rahimian, M. H., Taghvaeian, S., (2010), "Applying remotely sensed energy balance models in Iran: potentials and limitations", Oral presentation in remote sensing and Hydrology 2010 International Symposium, Jackson Hole, Wyoming, USA.

- Richard, A., Masahiro, T., Trezza, R., Bastiaanssen, W., (2002), "SEBAL: surface energy balance algorithms for Land", Version 1.0. Funded by a nasa eosdis/synergy grant from the Raytheon Company through The Idaho, Department of Water Resources, Newyork.

-Savige, C., Western, A. W., Walker, J. P., Kalma, J. D., French, A, N., Abuzar, M., (2005), "Obtaining surface energy fluxes from remotely sensed data", International congress on modelling and simulation: advances and applications for management and decision making, 2946-2952. MODSIM 2005 Society of Australia and New Zealand. 10-12 December. -Srivastava, P. K., Majumdar, T. J.,

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

Bhattacharya, A. K., (2009), "Surface temperature estimation in Singhbhum Shear Zone of India using Landsat-7 ETM$^+$ thermal infrared data", ***Advances in space Research***, 4: 1563-1574.
- Wang, X.G., Wang, W., Huang, D., Yong, B., Chen, X., (2014), "Modifying SEBAL model based on the trapezoidal relationship between land surface temperature and vegetation index for actual evapotranspiration estimation", ***Remote Sensing***, 6: 1-29.
- Weng, Q., Liu, H., Lu, D., (2007), "Assessing the effects of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis, United States", ***Urban Ecosyst***, 10: 203–219.
- Zhang, Q., Ban, Y., (2011), "Evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in Beijing, China", ***Joint Urban Remote Sensing Event Munich***, ***Germany***, 11-13: 357-360.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]