نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه برداری

سال پنجم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۶
Vol.5, No.2, Summer 2017
۷۹-۹۸

ارزیابی روش‌های مختلف تعیین دمای پوشش گیاهی درختان پسته به کمک تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸

محمدحسن رحیمیان[۱]، محمد شایان نژاد[۲*]، سعید اسلامیان[۳]، رضا جعفری[۴]، مهدی قیصری[۵]، صالح تقوائیان[۶]

۱- دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان،
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان،
۳- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان،
۴- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۵- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان،
۶- استادیار دانشکده بیوسیستم‌ها و مهندسی کشاورزی، دانشگاه اوکلاهوما

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۰/۲۷

چکیده

یکی از کاربردهای تصاویر ماهواره‌ای، محاسبه دمای سطح زمین (*LST*) و استفاده وسیع این پارامتر در تخمین دمای هوا (*Tair*)، تخمین دمای پوشش گیاهی (*Tcanopy*)، بررسی تاثیر تنش‌های محیطی و مدیریتی بر گیاهان و غیره است. تعیین *LST* به کمک تصاویر ماهواره‌ای از طریق الگوریتم‌های مختلفی انجام می‌شود که هر یک به تناسب داده‌های موجود و شرایط اقلیمی، دارای مزایا و معایبی هستند. در این پژوهش به منظور تخمین دمای پوشش گیاهی باغات پسته منطقه بهاباد در استان یزد، چهار الگوریتم تعیین دمای سطح شامل *MW*، *IMW*، *SC* و *SW* به کمک داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸ و آماربرداری‌های زمینی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که اختلاف میانگین دمای سطح محاسباتی توسط الگوریتم‌های مختلف، قابل توجه و در حدود ۲/۵ درجه سانتیگراد است. همچنین روند مقایسه‌ای دمای سطح محاسبه شده با الگوریتم‌های مختلف، در ماههای مختلف سال متفاوت بوده و نشان‌دهنده اهمیت و نقش بیشتر روش تعیین *LST* در فصول (مناطق) گرم نسبت به فصول (مناطق) سرد است. علاوه بر این، مشخص شد که دمای سطح زمین (*LST*) نسبت به دمای هوا (*Tair*)، پارامتر مناسب‌تری برای تخمین دمای پوشش گیاهی باغات پسته (*Tcanopy*) است؛ بطوری‌که، معادلات تعیین دمای پوشش گیاهی پسته به کمک *LST*، خطای کمتر از ۱ درجه سانتیگراد دارند. همچنین الگوریتم پنجره‌مجزا (*SW*)، از دقت بالاتری نسبت به سایر الگوریتم‌های تعیین *LST* برخوردار بوده و می‌تواند در تعیین دمای پوشش گیاهی باغات پسته استفاده شود.

کلیدواژه‌ها: الگوریتم پنجره‌مجزا، دمای پوشش گیاهی، ترمومتر مادون قرمز، پسته، لندست ۸.

نویسنده مکاتبه‌کننده: اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی آب
تلفن: ۳۳۹۱۳۴۵۶ ۰۳۱

Email: shayannejad@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

۱- مقدمه

دمای سطح زمین (LST[1]) یکی از پارامترهای کلیدی در مطالعات فرایندهای سطح زمین در مقیاس‌های مختلف مکانی اعم از محلی تا جهانی است. این پارامتر بیانگر وضعیت تعادل ترمودینامیکی سطح زمین است که از طریق تبادل اجزای مختلف بیلان انرژی بین جو، سطح زمین و خاک زیرسطحی صورت می‌گیرد [۱]. لذا آگاهی از LST کاربردهای زیادی نظیر مطالعه بیلان آب و انرژی [۲]، تخمین تبخیر و تعرق، کاربرد در مدلهای گردش عمومی جو (GCM) و مطالعه گازهای گلخانه‌ای دارد [۳]. سیر صعودی روند مطالعات موجود در این زمینه بویژه در دو دهه اخیر نشان می‌دهد که اهمیت LST نیز بطور فزاینده‌ای در حال گسترش بوده و علائق زیادی برای توسعه روش‌های اندازه‌گیری LST بویژه از طریق ماهواره‌ها بوجود آمده است [۴]. با پرتاب ماهواره لندست ۸ در ۱۱ فوریه ۲۰۱۳ میلادی به فضا، امکان ادامه فعالیت ۴۰ ساله سنجنده‌های قبلی نصب شده بر روی ماهواره لندست نظیر MSS[2]، TM[3] و ETM+[4] و تداوم در اخذ اطلاعات سنجش از دور با قدرت تفکیک مکانی بالا فراهم گردید. ماهواره لندست ۸ دو سنجنده به نامهای OLI[5] و TIRS[6] را حمل می‌کند. سنجنده OLI، داده‌ها را با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و ۸ باند در محدوده طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک (NIR[7]) و همچنین مادون قرمز با طول موج کوتاه (SWIR[8]) به همراه یک باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر جمع‌آوری می‌نماید. سنجنده TIRS به کمک دو باند واقع در محدوده‌های پنجره جوی ۱۰٫۶ تا ۱۱٫۲ میکرومتر برای باند شماره ۱۰ و ۱۱٫۵ تا ۱۲٫۵ میکرومتر برای باند شماره ۱۱، قادر به ثبت تابش‌های مادون قرمز حرارتی با قدرت تفکیک مکانی ۱۰۰ متر می‌باشد [۵ و ۶]. یکی از مهمترین کاربردهای این سنجنده، محاسبه دمای سطح زمین و استفاده وسیع این پارامتر در مطالعات مختلف زمین‌فیزیک[9] و زیست‌فیزیک[10] است [۷، ۸ و ۹]. اصلی‌ترین تفاوت بین سنجنده جدید TIRS با سنجنده‌های قبلی لندست TM و ETM، در حضور دو باند حرارتی مادون قرمز (TIR) در پنجره جوی ۱۰٫۸ و ۱۲ میکرون است. همین موضوع سبب شده تا باب استفاده از الگوریتم‌های پنجره‌مجزا[11] (SW) به جای الگوریتم‌های تک‌پنجره[12] (MW) یا تک‌کاناله[13] (SC) برای محاسبه LST باز شود. الگوریتم‌های *SC* بر روی هر یک از باندهای *TIRS* قابل اجرا می‌باشد. اما از آنجایی که باند اول *TIRS* (به‌عبارتی دیگر باند شماره ۱۰ لندست ۸) در ناحیه جذب کمتر اتمسفری به‌دلیل بیشتر بودن مقادیر عبور اتمسفری قرار دارد، این باند نسبت به باند دوم *TIRS* (باند شماره ۱۱ لندست ۸) ارجح است. یکی از الگوریتم‌های تک‌کاناله (SC) که توسط جیمنز مونوز و همکاران [۱۰] توسعه یافته، از رابطه (۱) برای محاسبه LST یا T_s استفاده می‌نماید.

$$T_s = \gamma\left[\frac{1}{\varepsilon}(\psi_1 L_{sen} + \psi_2) + \psi_3\right] + \delta \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن L_{sen} مقدار تشعشع حرارتی ثبت شده از اجسام در محل سنجنده، ε قابلیت انتشار یا گسیلندگی سطحی[14]، ضرایب ψ_1 و ψ_2 و ψ_3 توابع اتمسفری[15] و پارامترهای گاما و دلتا (γ و δ) از طریق معادله پلانک و به‌صورت زیر قابل محاسبه‌اند:

[1] - Land Surface Temperature
[2] -Multi Spectral Scanner
[3] -Thematic Mapper
[4] -Enhanced Thematic Mapper
[5] -Operational Land Imager
[6] -Thermal Infra Red Sensor
[7] -Near Infra Red
[8] -Short Wave Infra Red

[9] -Geophysics
[10] -Biophysics
[11] - Split-Window (SW) algorithms
[12] - Mono Window (MW) algorithms
[13] -Single-Channel (SC) algorithms
[14] -Surface Emissivity
[15] -Atmospheric functions

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

رابطه (۲) $\gamma \approx \frac{T_{sen}^2}{b_\gamma L_{sen}}$

رابطه (۳) $\delta \approx T_{sen} - \frac{T_{sen}^2}{b_\gamma}$

که در آن T_{sen} دمای درخشندگی[1] در محل سنجنده (کلوین)، b_γ در واقع نسبت بین C_2/γ است که برای سنجنده TIRS ماهواره لندست ۸ و برای باند ۱۰ و ۱۱ به ترتیب برابر با ۱۳۲۴ و ۱۱۹۹ پیشنهاد شده است. ضریب C_2 یکی از ضرایب الگوریتم پنجره‌مجزا است و برای هر سنجنده، از طریق داده‌های شبیه‌سازی به‌دست می‌آید. این ضریب در معادلات مربوط به الگوریتم SW حضور داشته و برای تعدادی از سنجنده‌های پرکاربرد در [۱۱ و ۱۲] ارائه شده است. ارتباط بین T_{sen} و L_{sen} از طریق معکوس قانون پلانک[2] و مفهوم طول موج موثر[3] قابل بررسی است:

رابطه (۴) $T_{sen} = \frac{K_2}{ln\left(\frac{K_1}{L_{sen}}+1\right)}$

که مقادیر K_1 و K_2 بر حسب وات بر مترمربع بر میکرون بر استرادیان ($Wm^{-2}\mu m^{-1}sr^{-1}$) و از طریق تقسیم ثابت‌های بازتابندگی بر طول موج موثر (λ) به‌دست می‌آیند. در مورد سنجنده حرارتی لندست ۸ و برای باند ۱۰، مقادیر K_1 و K_2 به ترتیب برابر با ۷۷۴٫۸۹ و ۱۳۲۱٫۰۸ و برای باند ۱۱، مقادیر K_1 و K_2 به ترتیب برابر با ۴۸۰٫۸۹ و ۱۲۰۱٫۱۴ می‌باشند [۱۳]. توابع اتمسفری ارائه شده در رابطه (۱) نیز به‌صورت زیر تعریف شده‌اند:

رابطه (۵) $\psi_1 = \frac{1}{\tau}$

رابطه (۶) $\psi_2 = -L_d - \frac{L_u}{\tau}$

رابطه (۷) $\psi_3 = L_d$

که τ، L_u و L_d به ترتیب ضریب انتقال یا عبور اتمسفری[4] (بدون واحد)، تابش موثر اتمسفری رو به بالا[5] (وات بر مترمربع بر میکرون بر استرادیان) و تابش موثر اتمسفری رو به پایین[6] (وات بر مترمربع بر میکرون بر استرادیان) نام دارند. ضرایب τ، L_u و L_d در محیط وب و توسط محاسبه‌گر پارامترهای اتمسفری[7] نیز قابل تعیین‌اند [۱۴]. این محاسبه‌گر به اطلاعات مکان و زمان مورد نظر، دمای هوا، رطوبت نسبی و فشار هوا نیاز دارد و محاسبات را برای انواع سنجنده‌های لندست انجام می‌دهد. این محاسبه‌گر بر اساس اطلاعات دریافتی از کاربر، ابتدا نیمرخ‌های جو برای پارامترهای دما، بخار آب و فشار هوا را به کمک بانک اطلاعاتی *NCEP*[8] و با دقت مکانی ۱ درجه جغرافیایی و دقت زمانی ۶ ساعت شبیه‌سازی می‌کند. پس از شبیه‌سازی نیمرخ جو برای این پارامترها، داده‌های مذکور وارد مدل *MODTRAN* شده و طی دو مرحله شبیه‌سازی پی در پی، ضرایب τ، L_u و L_d به‌دست می‌آیند [۱۵]. راهکار عملی پیشنهاد شده توسط جیمنز مونوز و همکاران [۱۰] در الگوریتم *SC*، شامل تخمین توابع اتمسفری تعریف شده در روابط (۵، ۶ و ۷) بر اساس میزان بخار آب اتمسفری (ω) و از طریق برازش یک تابع چندجمله‌ای درجه دوم بین این توابع و ω می‌باشد ($\psi = C\omega$) که این رابطه به‌صورت ماتریس زیر خواهد بود:

رابطه (۸)
$$\begin{bmatrix}\psi_1\\ \psi_2\\ \psi_3\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}C_{11} & C_{12} & C_{13}\\ C_{21} & C_{22} & C_{23}\\ C_{31} & C_{32} & C_{33}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\omega^2\\ \omega\\ 1\end{bmatrix}$$

که در این ماتریس، ضرایب C_{ij} از طریق شبیه‌سازی به‌دست می‌آیند. همچنین در صورت در دسترس بودن ضرایب τ، L_u و L_d، توابع اتمسفری از طریق روابط (۷، ۸ و ۹) هم قابل محاسبه می‌باشند که در این‌صورت، نیازی به برازش روابط تجربی بین ψ و ω نخواهد بود. فرمولاسیون ساده‌تری نیز برای تبدیل دمای درخشندگی (T_{sen}) به دمای سطحی (T_s) بر پایه

[1] -At satellite Brightness Temperature
[2] -Planck's Law
[3] -Effective Wavelength
[4] - Band average atmospheric transmission
[5] -Effective bandpass upwelling radiance
[6] -Effective bandpass downwelling radiance
[7] -Atmospheric correction parameter calculator, available in: http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/
[8] - National Centers for Environmental Prediction

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

روش تک‌پنجره[1] پیشنهاد گردیده که شامل رابطه (۹) می‌باشد [۱۶]:

رابطه (۹)
$$T_s = \frac{T_{sen}}{1+\lambda*10^{-6}*\left(\frac{T_{sen}}{\rho}\right)*\ln(\varepsilon)}$$

که ε قابلیت انتشار (گسیلندگی) زمینی و λ طول موج موثر باند حرارتی مورد نظر بر حسب میکرون است که برای باندهای ۱۰ و ۱۱ سنجنده TIRS، به ترتیب برابر با ۱۰/۸ و ۱۲ می‌باشند. مقدار ρ برابر با عدد ثابت $1.438*10^{-2}\ mK$ است. ضریب ρ در واقع از حاصلضرب ثابت پلانک ($6.626*10^{-34}\ J.s$) در سرعت نور ($2.998*10^{8}\ m/s$) تقسیم بر ثابت بولتزمن ($1.38*10^{-23}\ J/K$) به‌دست می‌آید. علاوه بر این، یک الگوریتم تک‌پنجره بهبودیافته[2] به نام IMW توسط وانگ و همکاران [۶] ارائه شده است که به چهار پارامتر دمای درخشندگی، دمای میانگین موثر[3]، ضریب عبور اتمسفری[4] و گسیلندگی نیازمند است [۱۷]. پارامتر ضریب عبور اتمسفری بر اساس میزان بخار آب اتمسفر (ω) و از طریق دمای هوا در نزدیک سطح زمین (T_0) و رطوبت نسبی هوا (RH) تعیین خواهد شد. پیشنهاد دهنده مدل IMW تاکید کرده است که تعیین دقیق بخار آب اتمسفری، نقش تاثیرگذاری در دقت نهایی LST خواهد داشت. در یک شرایط متوسط از نظر دقت تخمین بخار آب و گسیلندگی سطح، خطای این مدل ۱/۴ کلوین عنوان شده است. در این الگوریتم به کمک باند ۱۰ سنجنده حرارتی لندست ۸ (TIRS-*1*)، دمای سطح زمین (LST) توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۱۰)
$$T_s = [a_{10}(1 - C_{10} - D_{10}) + (b_{10}(1 - C_{10} - D_{10}) + C_{10} + D_{10})T_{10} - D_{10}T_a]/C_{10}$$

که T_s دمای سطح، T_a دمای میانگین موثر، T_{10} دمای درخشندگی باند ۱۰ سنجنده حرارتی، a_{10} و b_{10} ضرایب باند شماره ۱۰ سنجنده حرارتی لندست ۸ هستند که برای محدوده دمایی ۰ تا ۵۰ درجه به ترتیب برابر با ۶۲/۷۱۸۲- و ۰/۴۳۳۹ برآورد شده‌اند [۶]. ضرایب C_{10} و D_{10} پارامترهای داخلی الگوریتم تک‌پنجره‌اند که به کمک روابط (۱۱ و ۱۲) محاسبه می‌شوند:

رابطه (۱۱)
$$C_{10} = \tau_{10}\varepsilon_{10}$$

رابطه (۱۲)
$$D_{10} = (1 - \tau_{10})[1 + (1 - \varepsilon_{10})\tau_{10}]$$

که τ_{10} و ε_{10} به ترتیب ضریب عبور اتمسفری و گسیلندگی محاسبه شده از طریق باند ۱۰ می‌باشند. برای تعیین T_a، از دمای هوای نزدیک به سطح زمین[5] (T_0) در زمان گذر ماهواره (t) استفاده می‌شود که این پارامتر در ایستگاه‌های هواشناسی زمینی و از طریق اندازه‌گیری دمای حداقل (T_{min})، دمای حداکثر (T_{max})، ساعات طول روز (t_{dl}) و در نظر گرفتن اختلاف ساعات بین ظهر خورشیدی تا وقوع دمای حداکثر روزانه (t_{Tmax}) قابل محاسبه است [۱۸].

رابطه (۱۳)
$$T_{0j} = T_{min} + (T_a - T_a)\sin[\pi(t + t_{dI}/2 - 12)/(t_{dI} + 2t_{Tmax})]$$

دمای T_0 با دمای T_a ارتباط رگرسیونی خطی مستقیم دارد و در شرایط مختلف فصلی و عرض جغرافیایی قابل استخراج است. مثلاً برای تابستان عرض میانی[6] این رابطه به‌صورت $T_a = 16.0110 + 0.9262T_0$ تعریف شده است [۱۹ و ۶]. ضریب عبور اتمسفری (τ_{10}) تحت تاثیر فاکتورهای زیادی نظیر بخار آب، طول موج، اوزون و آئروسولها است. در این بین، بخار آب اتمسفری (ω) نقش مهمتری در تعیین ضریب عبور اتمسفری در محدوده طیف حرارتی دارد. بخار آب اتمسفری از طریق دمای هوای نزدیک به سطح زمین (T_0) بر حسب کلوین و رطوبت نسبی هوا

[1] -Mono Window
[2] -Improved Mono-Window
[3] -Effective mean temperature
[4] -Atmospheric transmittance
[5] -Near surface air temperature
[6] -Mid latitude summer

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

(RH) به‌صورت اعشار و طبق رابطه زیر قابل محاسبه است [۱۷].

رابطه (۱۴)
$$\omega = 0.0981 * \left\{10 * 0.6108 * exp\left(\frac{17.27*(T_0-273.15)}{237.3+(T_0-273.15)}\right) * RH\right\} + 0.1697$$

که ضریب ۱۰ برای تبدیل فشار بخار اشباع از کیلوپاسکال به هکتوپاسکال، ضریب ۰٫۰۹۸۱ برای تبدیل بخار اتمسفری از هکتوپاسکال به گرم بر سانتیمتر مربع و ضریب ۰٫۱۶۹۷ مربوط به اصلاح فشار بخار اتمسفری است. پس از محاسبه ω، امکان محاسبه ضریب عبور اتمسفری باند ۱۰ (τ_{10}) به کمک روابط تجربی ارائه شده توسط وانگ و همکاران [۶] و یا جدول مشابه ارائه شده توسط یو و همکاران [۴] قابل محاسبه است. به‌عنوان مثال برای تابستان عرض میانی، می‌توان رابطه $\tau_{10} = 0.9184 - 0.0725\ \omega$ را به‌کار برد.

بر خلاف الگوریتم‌های تک‌پنجره یا تک‌کاناله، در الگوریتم پنجره‌مجزا (SW) از هر دو باند ۱۰ و ۱۱ لندست ۸ با طول موج‌های موثر ۱۰٫۸ و ۱۲ میکرون استفاده می‌شود. اساس این تکنیک بر این فرض استوار است که کاهش تشعشع به خاطر انجام جذب اتمسفری، تابعی از اختلاف تشعشعی است که به‌صورت همزمان در دو طول موج مجزا (که همان باندهای ۱۰ و ۱۱ می‌باشند) اندازه‌گیری می‌شود. در این شرایط، هر یک از باندها (طول موج‌ها) مقادیر متفاوتی از جذب اتمسفری را ثبت خواهند نمود. الگوریتم SW تشریح شده در زیر بر اساس روش سوبرینو و همکاران [۲۰] می‌باشد که در سنجنده‌های مختلف نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

در این روش داریم:

رابطه (۱۵)
$$T_s = T_i + C_1(T_i - T_j) + C_2(T_i - T_j)^2 + C_0 + (C_3 + C_4\omega)(1-\varepsilon) + (C_5 + C_6\omega)\Delta\varepsilon$$

که در آن، T_i و T_j دمای درخشندگی در محل سنجنده برای باندهای i و j (یعنی باندهای ۱۰ و ۱۱ ماهواره لندست ۸) بر حسب کلوین، ضرایب C_1 تا C_6 ضرایب الگوریتم پنجره‌مجزا، ω بخار آب اتمسفری، ε میانگین قابلیت انتشار اتمسفری (گسیلندگی) دو باند i و j و $\Delta\varepsilon$ اختلاف گسیلندگی این دو باند می‌باشد. بنابراین مقدار ε برابر خواهد بود با:

رابطه (۱۶)
$$\varepsilon = 0.5(\varepsilon_i + \varepsilon_j)$$

و برای $\Delta\varepsilon$ خواهیم داشت:

رابطه (۱۷)
$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_i - \varepsilon_j$$

بخار آب اتمسفری (ω) در واقع تجمع عمودی بخار آب در واحد سطح است که بر حسب سانتیمتر و یا گرم بر سانتیمتر مربع ($gr.cm^{-2}$) بیان می‌شود [۲۱]. بخار آب اتمسفری به کمک ابزارهایی نظیر رادیوسوند[1] و یا از طریق سنجنده‌هایی نظیر MODIS[2]، AVHRR[3] و یا ATSR[4] قابل اندازه‌گیری هستند [۲۲]. همچنین از طریق آماربرداری هواشناسی و تعیین دمای خشک هوا (T_0) بر حسب کلوین، فشار هوا (P_a) بر حسب کیلوپاسکال و رطوبت نسبی (RH) به‌صورت اعشار، ابتدا فشار بخار اشباع (e_s) بر حسب کیلوپاسکال توسط یکی از روابط (۱۸ یا ۱۹) زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۱۸)
$$e_s = 0.6108 * exp\left(\frac{17.27T_0}{237.3+T_0}\right)$$

رابطه (۱۹)
$$e_s = (1.0007 + 3.46 * 10^{-6}P) * 0.61121 * exp\left(\frac{17.502T_0}{240.97+T_0}\right)$$

و سپس فشار بخار هوا (e) از طریق رابطه (۲۰) به‌دست می‌آید.

رابطه (۲۰)
$$e = RH * e_s$$

برای تبدیل e برحسب کیلوپاسکال به ω بر حسب گرم بر سانتیمترمربع از ضریب ۰٫۹۸ استفاده می‌شود. تعیین ضرایب C_{ij} در الگوریتم SC و ضرایب C_i در الگوریتم SW نیازمند مجموعه‌ای از داده‌ها برای

[1] -Radiosonde
[2] - Moderate Resolution Imaging Spectrometer
[3] - Advanced Very High Resolution Radiometer
[4] - Along-Track Scanning Radiometer

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

انجام فرآیند شبیه‌سازی است که از بانک‌های اطلاعاتی مربوط به نیمرخ جو در هر منطقه قابل استخراج می‌باشند. بانک‌های اطلاعاتی مذکور در مدل‌های انتقال تابش[1] نظیر MODTRAN استفاده می‌شوند و خروجی این مدل‌ها شامل برخی توابع پاسخ طیفی است که از طریق آن‌ها می‌توان پارامترهای τ، L_u و L_d را به‌دست آورد. در تحقیقات گسترده انجام شده توسط جیمنز مونوز و همکاران [۱۰ و ۲۳] و کریستوبال و همکاران [۲۴] از بانک‌های اطلاعاتی مختلف برای اخذ داده‌های نیمرخ جو کمک گرفته‌اند و ضرایب مذکور را برای دو الگوریتم SC و SW به‌دست آورده‌اند. این بانک‌های اطلاعاتی در مقیاس جهانی تعریف شده‌اند و داده‌هایی نظیر ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار جو، دمای هوا و رطوبت نسبی را برای نیمرخ جو ثبت کرده‌اند. در مطالعه جیمنز مونوز و همکاران [۲۳] از مدل جهانی $GAPRI$[2] استفاده شده و پس از استخراج ۴۷۱۴ داده از نیمرخ جو در نقاط مختلف کره زمین و با آب و هواهای مختلف حاره‌ای، عرض‌میانی و شمالگان، ضرایب آلگوریتم‌های SC و SW به‌صورت جداولی ارائه شده و قابل تعمیم به مناطق مشابه است. تحقیقات متعددی نیز در زمینه مقایسه و ارزیابی روش‌های تعیین LST به کمک تصاویر ماهواره‌ای انجام شده است. به‌عنوان مثال بن‌مچتا و همکاران [۲۵] اقدام به یک مطالعه جامع بر روی این روش‌ها و اجزای آن‌ها اعم از فرآیند محاسبه، پارامترهای ورودی در هر روش، دقت نسبی و کاربردپذیری آنها در مسایل مختلف کرده‌اند. آن‌ها اذعان نموده‌اند که روش تک‌کاناله جیمنزمونوز و سوبرینو [۱۲] موسوم به روش $SC^{JM\&S}$ تنها به پارامتر فشار بخار آب وابسته است. در حالی که روش تک پنجره کین و همکاران [۱۹] موسوم به روش $MW^{QK\&B}$ به دو پارامتر فشار بخار آب و دمای هوای نزدیک سطح زمین وابسته است. آنها $SC^{JM\&S}$ را روشی جامع و قابل استفاده برای هر نوع باند حرارتی دانسته‌اند که خطای تقریبی ۱ تا ۲ درجه کلوین برای محدوده فشار بخار ۰/۵ تا ۲ گرم بر سانتیمتر مربع دارد [۱۰]. جیانینی و همکاران [۲۶] نیز اقدام به مقایسه روش‌های مختلف تعیین LST توسط ماهواره لندست ۵ نموده‌اند. آن‌ها بکارگیری روش تک‌پنجره و استخراج گسیلندگی از شاخص نسبت پوشش گیاهی (Pv) و محاسبه دمای سطح زمین از طریق دمای درخشندگی (T_{sen}) و به‌کارگیری رابطه (۹) را پیشنهاد کرده‌اند. یو و همکاران [۴] نیز مقایسه‌ای بین سه روش مختلف تعیین LST توسط تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ کرده‌اند. آنها خطای استخراج دمای سطح از معادله انتقال تشعشع و باندهای ۱۰ و ۱۱ را به ترتیب برابر با ۰/۹۰۳ و ۱/۱۵۳ کلوین دانسته‌اند. همچنین خطای به‌دست آمده در روش تک‌کاناله تعیین LST توسط باندهای ۱۰ و ۱۱ به ترتیب برابر با ۱/۳۹ و ۱/۶۷ کلوین و برای روش پنجره‌مجزا ۱/۰۲۵ کلوین بوده است. آن‌ها اذعان کرده‌اند که باند ۱۱ نسبت به باند ۱۰ ماهواره لندست ۸، از عدم قطعیت بیشتری برای تعیین LST برخوردار است. هدف از اجرای این پژوهش مقایسه و ارزیابی روش‌های مختلف تعیین LST به کمک داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸، دقت و کاربردپذیری آن‌ها در تعیین دمای هوا و دمای پوشش گیاهی باغات پسته در استان یزد است. این کار از طریق محاسبه دمای سطح توسط آلگوریتم‌های مختلف تک‌کاناله و پنجره‌مجزا، داده‌برداری‌های زمینی از طریق ترمومتر مادون قرمز، استفاده از آمار هواشناسی لحظه‌ای و مقایسه نتایج حاصله با یکدیگر حاصل شده است. دمای پوشش گیاهی باغات پسته در شناسایی اثرات تنش‌های محیطی نظیر خشکی و همچنین محاسبه تبخیر و تعرق و نیاز آبی آن توسط روش‌های بیلان انرژی کاربرد دارد.

[1] - Radiative transfer
[2] - Global Atmospheric Profiles from Reanalysis Information

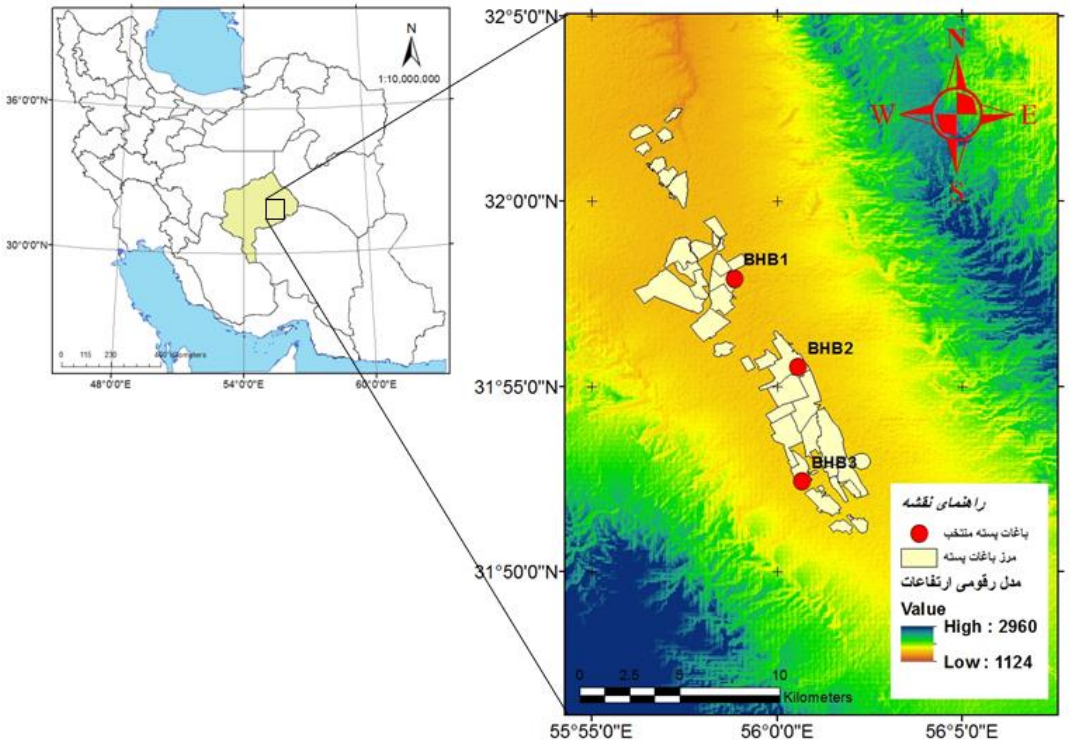
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

۲- مواد و روش‌ها

در ادامه به معرفی منطقه مورد مطالعه، داده‌های مورد استفاده و روش شناسی حل مساله پرداخته می‌شود.

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در منطقه بهاباد واقع در شرق استان یزد انجام شده است. منطقه مطالعاتی در بین عرض‌های جغرافیایی '۴۷ °۳۱ تا '۱۰ °۳۲ شمالی و طول‌های جغرافیایی '۵۰ °۵۵ تا '۱۰ °۵۶ شرقی قرار گرفته است (شکل (۱)). بر اساس آمار درازمدت ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بهاباد، میانگین درجه حرارت ۱۸/۵ درجه سانتیگراد، متوسط بارندگی ۶۸ میلیمتر و میانگین رطوبت نسبی هوا ۳۲/۵ درصد است. باغات پسته بهاباد با مساحتی بالغ بر ۲۸۰۰ هکتار در اراضی مسطح واقع در خط‌القعر دشت و با ارتفاع تقریبی ۱۳۵۰ تا ۱۴۲۰ متر نسبت به سطح دریا قرار گرفته‌اند. میانگین ارتفاع از سطح دریای این منطقه حدود ۱۶۰۰ متر است.



شکل ۱ : نقشه موقعیت قرارگیری منطقه مطالعاتی بر روی نقشه و مدل رقومی ارتفاعات

۲-۲-داده‌های مورد استفاده

تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده برای این پژوهش، یک سری زمانی از تصاویر لندست ۸ مربوط به سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ میلادی (سال ۱۳۹۴) با فاصله زمانی ۱۶ روز از همدیگر هستند که از طریق وبگاه ناسا اخذ گردیده‌اند. تصاویر مذکور مربوط به تاریخهای ۲۱ فروردین، ۶ اردیبهشت، ۲۲ اردیبهشت، ۷ خرداد، ۲۳ خرداد، ۸ تیر، ۲۴ تیر، ۹ مرداد، ۲۵ مرداد، ۱۰ شهریور، ۲۶ شهریور، ۱۱ مهر، ۲۷ مهر، ۱۳ آبان، ۲۹ آبان، ۱۵ آذر، ۱ دی و ۱۷ دی می‌باشند که بازه زمانی نیمه‌فروردین تا پایان مهرماه (دوره رویش درختان پسته در منطقه مطالعاتی) و پس از آن را شامل می‌شوند. علاوه بر این از آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک بهاباد واقع در جنوب منطقه مطالعاتی برای تعیین دمای هوای نزدیک سطح (T_0)، دمای موثر اتمسفری (T_a)، بخار آب اتمسفری (ω) و ضریب عبور اتمسفری (τ) استفاده شد. همچنین از دمای هوای لحظه‌ای ایستگاه مذکور در زمان گذر ماهواره برای

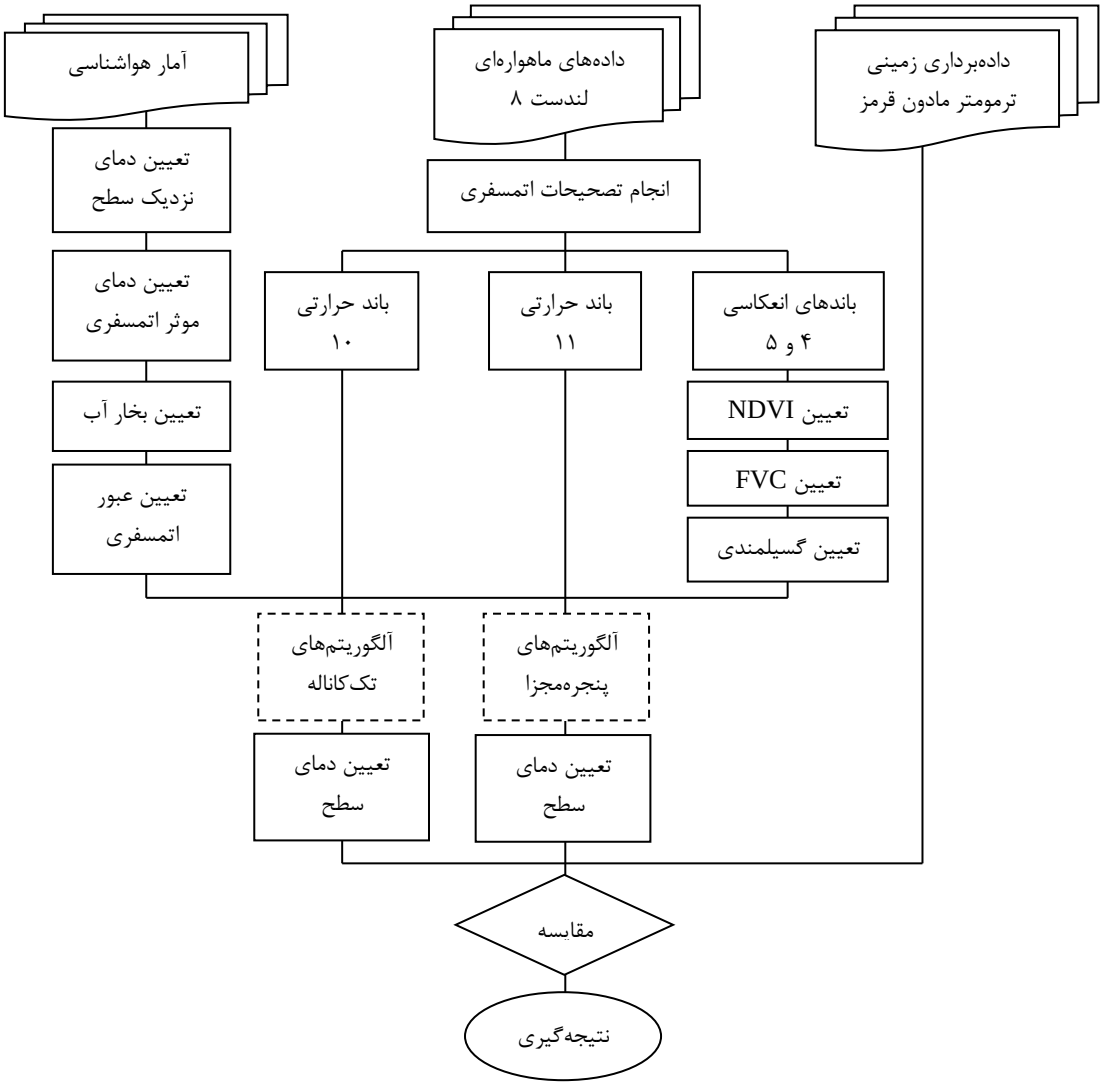
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

مقایسه با LST استفاده گردید. علاوه بر این، برای ارزیابی و مقایسه نتایج LST در باغات پسته، دمای تاج پوشش گیاهی به کمک دماسنج مادون قرمز EXTECH مدل IR400 در سه باغ پسته واقع در منطقه مطالعاتی (که بر روی شکل (۱) با نقاط BHB1، BHB2 و BHB3 مشخص‌اند) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در سه نقطه مختلف دور از همدیگر در هر باغ و در هر نقطه، در جاهای مختلف از درخت (بالا، وسط و پائین تاج پوشش) و پشت به آفتاب انجام و میانگین‌گیری شده است.

زمان‌های اندازه‌گیری تقریباً منطبق بر لحظه گذر ماهواره در منطقه مطالعاتی (ساعت ۱۰:۲۰ دقیقه صبح) و مربوط به تاریخ‌های ۲۲ اردیبهشت، ۷ خرداد، ۲۳ خرداد، ۸ تیر، ۲۴ تیر، ۹ مرداد، ۲۵ مرداد، ۱۰ شهریور، ۲۶ شهریور و ۱۱ مهر بوده است.

۲-۳-روش‌شناسی

شکل (۲) مراحل مختلف انجام این پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۲: روندنمای انجام پژوهش

پس از اخذ تصاویر ماهواره‌ای و انجام تصحیحات اتمسفری در محیط نرم‌افزاری ENVI و

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

بـــــه روش‌هـــــای FLAASH[1] و TAC[2] بـــــرای باندهای انعکاسی و حرارتی، اقدام به تصحیح رادیومتری تصـاویر و محاسـبه بازتـابش بانـدهای انعکاسـی ۴ و ۵ (مقادیر ρ) و تشعشع باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱ (مقادیر L_{sen}) در محـیط نـرم‌افـزاری ILWIS گردیـد. در ایـن روش‌ها از طریـق اجـرای الگـوریتمی بـر پایـه فیزیـک معادله انتقال تشعشع در مدل MODTRAN4، اقدام به حذف اثرات جوی ناشی از پـراکنش و جـذب مولکـولی ذرات از مقـادیر تشعشـع ثبـت شـده توسـط سـنجنده می‌کند. سپس برای تعیین ضریب انتشار (گسیلندگی)، از روش آستانه‌گذاری شـاخص پوشـش گیـاهی NDVI [۲۷] اسـتفاده شـده اسـت. بـدین‌منظـور ابتـدا نقشه شاخص تفاضـل پوشـش گیـاهی نرمـال شـده یـا NDVI محاسبه گردید:

رابطه (۲۱) $$NDVI = \frac{\rho_{NIR}-\rho_{red}}{\rho_{NIR}+\rho_{red}} = \frac{\rho_5-\rho_4}{\rho_5+\rho_4}$$

پس از تهیه نقشه NDVI، مقـادیر ایـن شـاخص بـرای خـــــاک ($NDVI_s$) و پوشـــــش گیـــــاهی ($NDVI_v$) به‌دست آمد و سپس، پارامتر کسر پوشـش گیـاهی[3] یـا FVC به‌صورت زیر محاسبه گردید:

رابطه (۲۲) $$FVC = \frac{NDVI-NDVI_s}{NDVI_v-NDVI_s}$$

سپس از فرمول زیر برای تعیین گسیلندگی سطح زمین اسـتفاده شـد کـه در آن مقـادیر ε_s و ε_v بـه ترتیـب گسیلندگی (قابلیت انتشـار) مربـوط بـه خـاک لخـت و پوشش گیاهی متراکم می‌باشند.

رابطه (۲۳) $$\varepsilon = \varepsilon_v * FVC + \varepsilon_s (1 - FVC)$$

معادلـه مـذکور یـک معادلـه نیمـه‌تجربـی اسـت کـه ضرایب گسیلندگی خـاک و پوشـش گیـاهی (ε_s و ε_v)، در طول مـوج‌هـای مختلـف و شـرایط مختلـف از نظـر نـــوع خـــاک و پوشـــش گیـــاهی تغییـــر مـــی‌کننـــد. به‌عنوان مثال بـر اسـاس نظـر اسـکوکوویچ و همکـاران [۲۸] و برای باند ۱۰ مـاهواره لندسـت ۸، ایـن ضـرایب بـه‌ترتیـب برابـر بـا ۰/۹۷۱ و ۰/۹۸۷[۲۹] و در مطالعـه اودان و جوانوفسکا [۳۰] این ضرایب به ترتیب برابـر بـا ۰/۹۶۶ و ۰/۹۷۳ در نظـر گرفتـه شـده‌انـد. در مطالعـه سوبرینو و همکاران [۳] این ضرایب به ترتیـب برابـر بـا ۰/۹۶۶ و ۰/۹۸۰ (میانگین پوشش‌هـای گیـاهی یونجـه، ذرت و جـــو دیـــم) در نظـــر گرفتـــه شـــده‌انـــد. روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری قابلیت‌هـای انتشـار خاک لخت (ε_s) و پوشش گیاهی کامل (ε_v) وجود دارد کـه مـی‌تـوان بـه لـی و همکـاران [۳۱] رجـوع کـرد. برخـی محققـین نیـز مقـادیر گسـیلندگی را بـرای کـــلاس‌هـــای مختلـــف پوشـــش گیـــاهی و خـــاک در طول مـوج‌هـای مختلـف انـدازه‌گیـری و بـه‌صـورت جـداولی ارائـه کـرده‌انـد [۳۲] کـه در صـورت شـباهت کلاس‌هـای مـذکور بـا منطقـه مطالعـاتی، مـی‌تـوان از ایـن مقـادیر در محـدوده طـول مـوج مـورد نظـر استفاده نمود. در مطالعه حاضر با مقایسه شرایط منطقه مطالعاتی با این جداول، این ضرایب به ترتیـب برابـر بـا ۰/۹۶۶ و ۰/۹۷۸ در نظـــــر گرفتـــــه شـــــده و نقشـه‌هـای گسـیلمندی بـر اسـاس رابطـه (۲۳) تهیـه شـــده‌انـــد. ســـپس بـــه کمـــک روش‌هـــای مختلـــف تعیین دمای سطح (LST)، دمای پوشش گیاهی باغـات پسته در منطقه بهاباد محاسبه و با مقادیر انـدازه‌گیـری شـده توسـط دماسـنج مـادون قرمـز در روزهـای گـذر مـاهواره مقایسـه و سـپس تحلیـل شـدند. جـدول (۱) روش‌های به‌کارگرفته شده در ایـن پـژوهش را بـه‌طـور خلاصه نشان مـی‌دهـد. توضـیحات کامـل در خصـوص ایـن روش‌هـا و معـادلات هـر یـک، در بخـش مقدمـه آورده شده است.

[1] - Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes
[2] -Thermal Atmospheric Correction
[3] -Fractional Vegetation Cover

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

جدول ۱: روش‌های استفاده شده برای محاسبه دمای سطح باغات پسته منطقه مطالعاتی به کمک تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸

نام روش	علامت اختصاری	توضیح و فرمولهای مورد استفاده
تک‌پنجره [۱۶]	MW	حل روابط (۴ و ۹) بر اساس باند حرارتی ۱۰ لندست ۸
تک‌پنجره اصلاح شده [۶]	IMW	حل روابط (۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴) بر اساس باند حرارتی ۱۰ لندست ۸ و آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک بهاباد
تک‌کاناله [۱۰]	SC	حل روابط (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸) بر اساس باند حرارتی ۱۰ لندست ۸ ، آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک بهاباد و استفاده از محاسبه‌گر پارامترهای جوی
پنجره‌مجزا [۲۰]	SW	حل روباط (۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰) بر اساس باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱ لندست ۸ وآمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک بهاباد

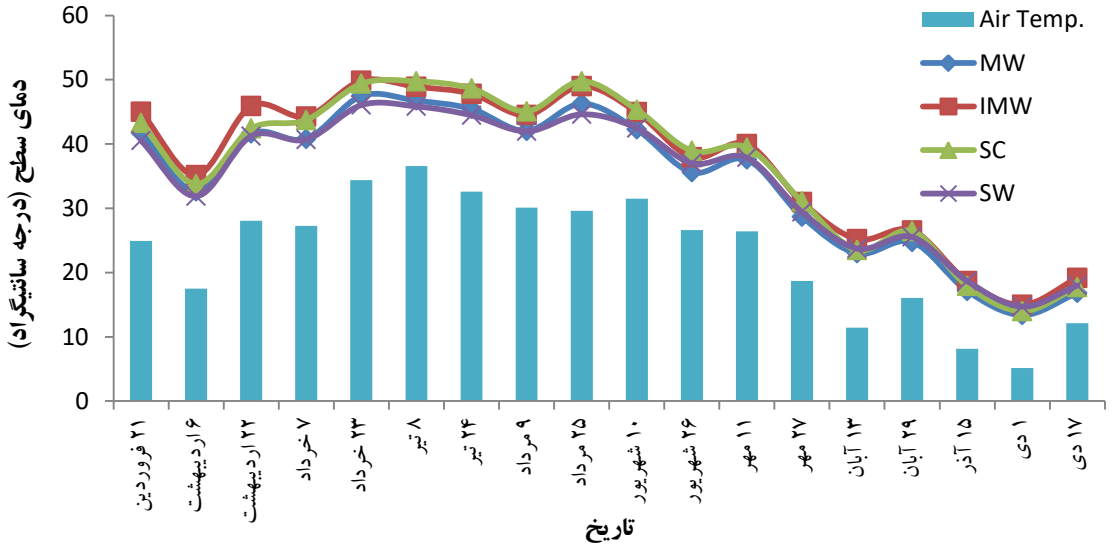
۳- نتایج

شکل (۳) میانگین دمای سطح محاسبه شده به روش‌های مختلف تک‌پنجره یا MW، تک‌پنجره اصلاح شده یا IMW، تک‌کاناله یا SC و پنجره‌مجزا یا SW را نشان می‌دهد که به کمک باندهای ۱۰ و ۱۱ ماهواره لندست ۸ و آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک بهاباد (برای برخی از این روش‌ها) به‌دست آمده است. میله‌های قرار گرفته بر روی هر ستون از نمودار، مقادیر حدی حداقل و حداکثر دمای سطح باغات پسته در هر روش را نشان می‌دهد که در تاریخهای مختلف و یا محل‌های مختلف مشاهده شده است. میانگین دمای سطح پوشش گیاهی در روشهای مذکور به ترتیب برابر با ۳۴/۷، ۳۷/۲، ۳۶/۷ و ۳۴/۷ بوده است. بنابراین، اختلاف میانگین دمای محاسباتی توسط روشهای مختلف در حدود ۲/۵ درجه سانتیگراد است که عدد قابل توجهی می‌باشد. بیشترین دمای سطحی باغات پسته توسط روش تک‌پنجره اصلاح شده یا IMW محاسبه شده است. روشهای تک‌پنجره و پنجره مجزا میانگین‌های مشابهی را به‌دست داده‌اند؛ این در حالی است که روش MW بر پایه باند ۱۰ و روش SW بر پایه ترکیبی از باندهای ۱۰ و ۱۱ و آمار هواشناسی، دمای سطح باغات پسته را محاسبه نموده است. در این بین، روش تک‌کاناله SC مقادیر حد وسط از دمای سطح را به ثبت رسانیده است. کمترین دمای سطحی باغات پسته به روش MW (۱۳/۴ درجه سانتیگراد در ۱ دیماه) و بیشترین دمای سطحی باغات پسته به روش IMW (۴۹/۹ درجه سانتیگراد در ۲۳ خردادماه) محاسبه شده است.

شکل ۳: مقایسه میانگین دمای سطحی باغات پسته، محاسبه شده به روش‌های مختلف

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

شکل (۴) مقایسه‌ای بین دمای سطحی محاسبه شده به روش‌های مختلف (MW، IMW، SC، SW) با میانگین دمای هوای ایستگاه هواشناسی بهاباد در روزهای مختلف سال را نشان می‌دهد. روند مقایسه‌ای دمای سطح محاسبه شده به روش‌های مختلف تعیین LST، در ماه‌های مختلف سال متفاوت است؛ به‌طوری‌که در ماه‌های گرم (مردادماه)، بیشترین اختلاف بین نتایج روش SC و SW با ۵/۱ درجه سانتیگراد دیده می‌شود. این اختلاف در ماه‌های سرد (دی‌ماه) به حداقل خود یعنی ۰/۳ درجه سانتیگراد می‌رسد. بنابراین می‌توان به اهمیت و نقش بیشتر روش تعیین LST در فصول (مناطق) گرم نسبت به فصول (مناطق) سرد اشاره کرد. همچنین اختلاف چشمگیری بین دمای سطح زمین (محاسبه شده توسط روش‌های مختلف سنجش از دور) با دمای هوا در محل ایستگاه هواشناسی وجود دارد. این تفاوت‌ها ممکن است در فصول مختلف سال بیشتر و یا کمتر شود. به‌طور کلی، اختلاف بین دمای سطحی زمین با دمای هوا در فصول گرم، بیشتر (تا ۲۰ درجه سانتیگراد در مردادماه) و در فصول سرد، کمتر (تا ۵ درجه سانتیگراد در دیماه) بوده است.

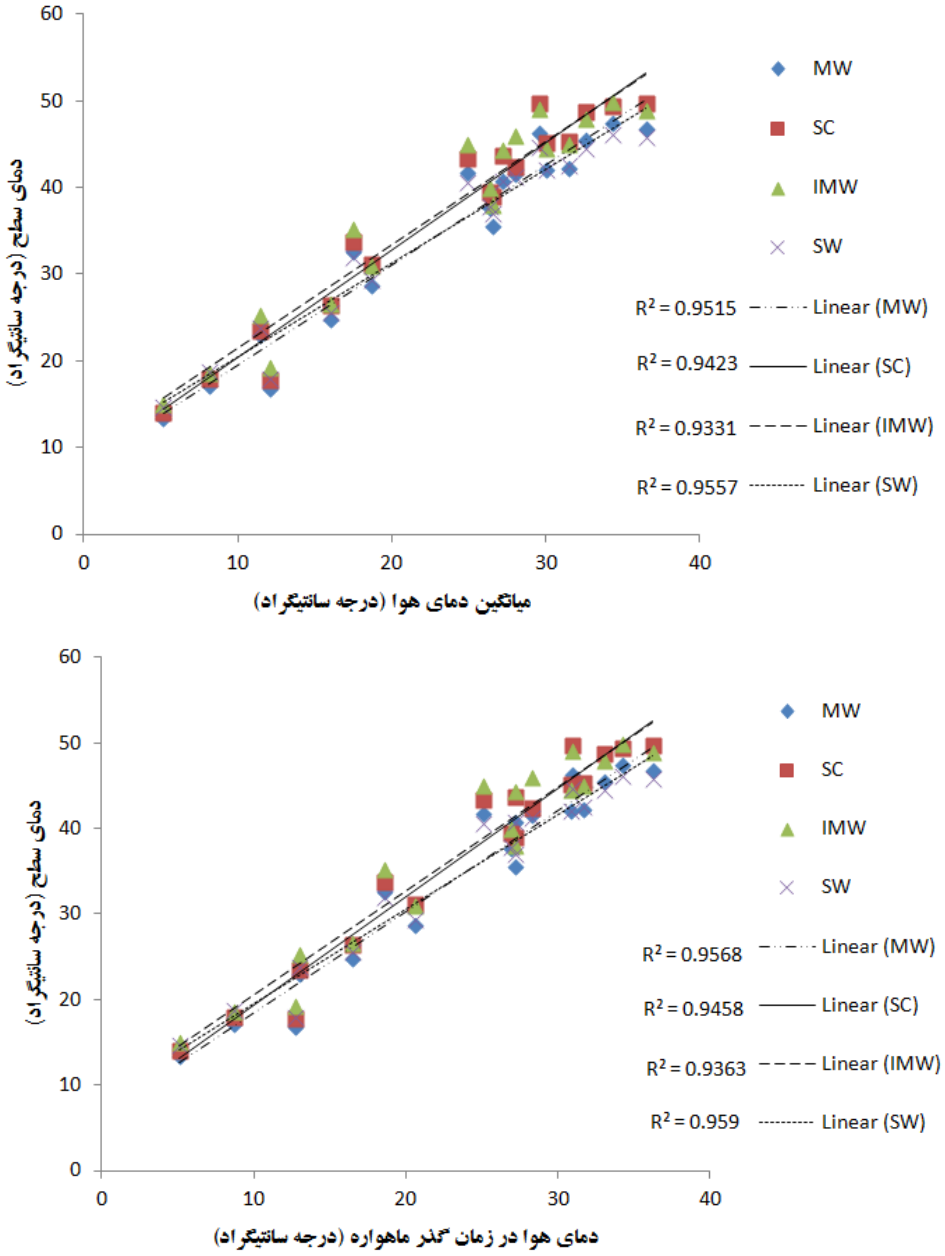


شکل ۴: مقایسه دمای سطحی محاسبه شده به روش‌های مختلف (MW، IMW، SC، SW) با میانگین دمای هوا در منطقه مطالعاتی

شکل (۵) ارتباط رگرسیونی بین دمای سطح زمین با میانگین دمای هوا و همچنین با دمای هوای لحظه‌ای در زمان گذر ماهواره را نشان می‌دهد. ارتباط رگرسیونی بین دمای سطح (LST) و دمای هوا (اعم از دمای میانگین و یا دمای لحظه‌ای) نشان می‌دهد که دمای سطح زمین متاثر از دمای هوا بوده و بدیهی است که با افزایش دمای هوا، دمای سطح نیز افزایش خواهد یافت. تفاوت دمای هوا و دمای سطح زمین (که به مقادیر آن در شکل (۴) اشاره شد)، مربوط به پتانسیل حرارتی بین هوا و سطح زمین است که در زمانهای مختلف روز و یا روزهای مختلف سال می‌تواند تغییر کرده و این روند را عوض کند.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]



شکل ۵: ارتباط رگرسیونی بین دمای سطح زمین با (الف) میانگین دمای هوا و (ب) دمای هوا در زمان گذر ماهواره

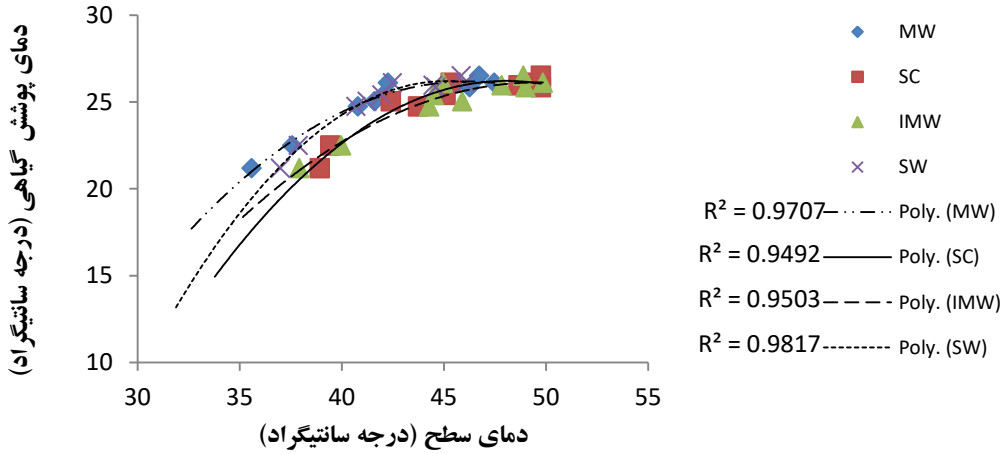
مقایسه ضرایب تبیین (R^2) و خطای مجذور میانگین مربعات (RMSE) بین LST محاسبه شده به روش‌های مختلف و دمای هوا، نشان می‌دهد که روش‌های مختلف دارای همبستگی‌های نسبتاً مشابهی هستند. در این بین، روش پنجره‌مجزا با ضریب تبیین (R^2) ۰/۹۵۵۷ و خطای مجذور میانگین مربعات (RMSE) ۱/۹۴ درجه سانتیگراد، نسبت به سایر روش‌های محاسبه LST برای تخمین دمای هوا ارجح است. جدول (۲) مناسبترین معادلات رگرسیونی برازش شده برای تخمین دمای هوا به کمک دمای سطح زمین یا LST (که به روش‌های مختلف و با به‌کارگیری تصاویر لندست ۸ قابل محاسبه است) را نشان می‌دهد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

جدول ۲: مناسبترین معادلات تخمین دمای هوا به کمک دمای سطح محاسبه شده به روش‌های مختلف و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸

روش تعیین LST	مناسبترین معادله تخمین دمای هوا	R^2	RMSE
تک‌پنجره یا MW	T_{air} = 0.8158*LST - 5.1111	0.9423	2.22
تک‌پنجره اصلاح شده یا IMW	T_{air} = 0.7849*LST - 5.9908	0.9331	2.39
تک‌کاناله یا SC	T_{air} = 0.7676*LST - 4.9815	0.9515	2.03
پنجره‌مجزا یا SW	T_{air} = 0.8862*LST - 7.5865	0.9557	1.94

شکل (۶) مقایسه بین دمای سطح زمین (که به روش‌های مختلف سنجش از دور و به‌کارگیری تصاویر لندست ۸ محاسبه شده است) و دمای تاج پوشش گیاهی درختان پسته را نشان می‌دهد. دمای مذکور میانگین دمای بالا، وسط و پائین تاج پوشش گیاهی درختان است که در لحظه گذر ماهواره اندازه‌گیری شده است. بر خلاف رابطه رگرسیونی بین LST و دمای هوا که به‌صورت خطی درجه اول برازش شده است، مناسب‌ترین رابطه رگرسیونی بین LST و دمای پوشش گیاهی باغات پسته، غیرخطی بوده و به‌صورت چندجمله‌ای درجه دوم است.



شکل ۶: مقایسه دمای پوشش گیاهی اندازه گیری شده و دمای سطح محاسبه شده به روش‌های مختلف

جدول (۳) مناسبترین معادلات برازش شده برای تعیین دمای پوشش گیاهی باغات پسته (T_{canopy}) توسط LST را نشان می‌دهد. در بین روشهای مختلف تعیین LST، روش پنجره‌مجزا نسبت به سایر روش‌ها دقت بالاتر (R^2=0.9817) و خطای کمتر (RMSE=0.23) دارد و برای تخمین دمای پوشش گیاهی باغات پسته در منطقه مطالعاتی پیشنهاد می‌شود.

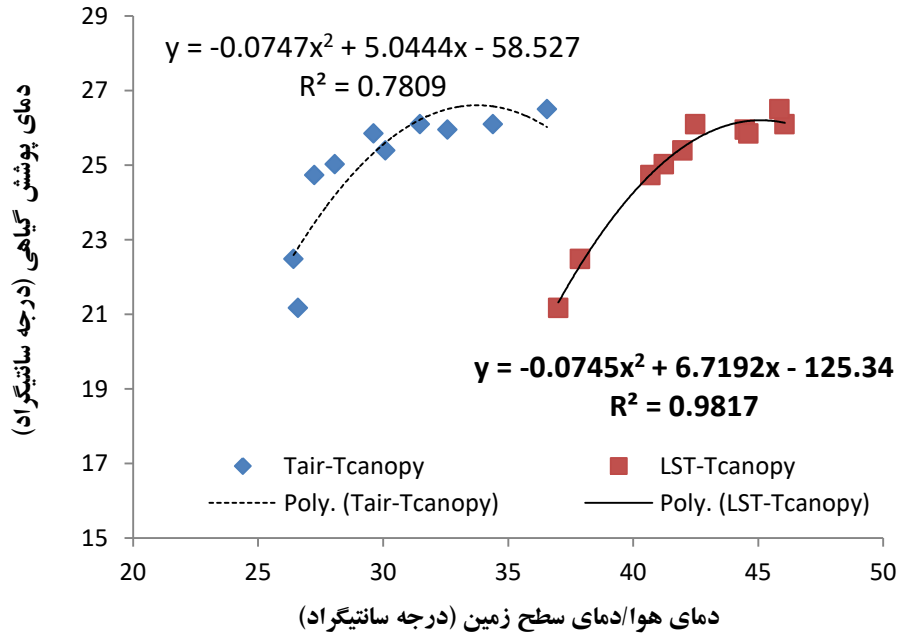
در تعیین دمای پوشش گیاهی باغات پسته (T_{canopy}) علاوه بر به‌کارگیری LST، امکان استفاده از دمای هوای اندازه‌گیری شده در محل ایستگاه هواشناسی (T_{air}) هم وجود دارد. در شکل (۷) مقایسه‌ای بین دمای پوشش گیاهی پسته تخمینی با دو پارامتر مذکور صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که دمای سطح زمین (LST) نسبت به دمای هوا (T_{air})، پارامتر مناسبتری برای تخمین دمای پوشش گیاهی باغات پسته در منطقه مطالعاتی است؛ به‌طوری‌که ضرایب تبیین (R^2) بین دمای هوا و دمای پوشش

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

گیاهی ۰/۷۸ و بین دمای سطح زمین و دمای پوشش گیاهی ۰/۹۸ می‌باشد. مضافاً اینکه LST دارای توزیع مکانی در سطح منطقه مطالعاتی بوده و از این جهت نیز نسبت به آمار هواشناسی نقطه‌ای ارجح خواهد بود. در نمودار مذکور، دمای سطح زمین به روش پنجره‌مجزا (SW) محاسبه شده است. یکی از مهمترین نکات این نمودار، اینست که دمای پوشش گیاهی (T_{canopy}) نسبت به دو پارامتر دمای سطح زمین (LST) و دمای هوا (T_{air})، مقدار عددی کمتری دارد. به همین منظور، تعیین ضرایب کالیبراسیونی مربوطه در کاربردی شدن مقادیر LST و یا T_{air} و تبدیل آن‌ها به دمای پوشش گیاهی ضروری به‌نظر می‌رسد. از دلایل افزایش قابل توجه مقادیر LST (به‌دست آمده توسط ماهواره) نسبت به دمای پوشش گیاهی درختان پسته (اندازه‌گیری شده توسط ترمومتر مادون قرمز)، ترکیب دمای پوشش گیاهی موجود در هر پیکسل تصویر ماهواره‌ای با دمای خاک اطراف درختان پسته در همان ناحیه می‌باشد که باعث افزایش دمای سطح در پیکسل‌های مذکور شده است.

جدول ۳: مناسبترین معادلات تخمین دمای پوشش گیاهی پسته (Tcanopy) به کمک دمای سطح زمین (LST)

روش محاسباتی LST	مناسبترین معادله تخمین دمای پوشش گیاهی پسته	R^2	RMSE
تک‌پنجره یا MW	$T_{canopy} = -0.0463*LST^2 + 4.2746*LST - 72.494$	0.9707	0.28
تک‌پنجره اصلاح شده یا IMW	$T_{canopy} = -0.0372*LST^2 + 3.6856*LST - 65.279$	0.9492	0.39
تک‌کاناله یا SC	$T_{canopy} = -0.0553*LST^2 + 5.3123*LST - 101.43$	0.9503	0.37
پنجره‌مجزا یا SW	$T_{canopy} = -0.0745*LST^2 + 6.7192*LST – 125.34$	0.9817	0.23



شکل ۷: مقایسه تخمین دمای پوشش گیاهی باغات پسته (Tcanopy) توسط دو پارامتر دمای هوا (Tair) و دمای سطح زمین (LST)

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

نگاهی به نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که روش پنجره‌مجزا، از دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌های تعیین LST برخوردار بوده و قادر است که دمای هوا و دمای پوشش گیاهی باغات پسته را به‌نحو مناسبی تخمین بزند. از مزایای الگوریتم پنجره‌مجزا این است که در شرایط مختلف جوی و برای محدوده وسیعی از مقادیر بخار آب خوب عمل می‌کند [۳۳]. این الگوریتم تنها به پارامترهای بخار آب (قابل محاسبه از طریق آمار هواشناسی) و گسیلندگی سطح در دو باند حرارتی (قابل محاسبه از طریق کسر پوشش گیاهی) به‌عنوان ورودی‌ها نیاز دارد. شکل (۸) نقشه‌های گسیلندگی (ε)، کسر پوشش گیاهی (FVC)، دمای سطح محاسبه شده به روش پنجره‌مجزا (LST_SW) و دمای پوشش باغات پسته (T_{canopy}) در تاریخ ۱۰ شهریور ۱۳۹۴ را به‌عنوان مثال نشان می‌دهد.

نقشه‌های مذکور برای روزهای مختلف از فصل رشد پسته در سال ۱۳۹۴ تولید شده‌اند و مقادیر عددی میانگین، حداقل و حداکثر دمای پوشش گیاهی باغات منتخب پسته در منطقه مطالعاتی از آنها استخراج شده است. تغییرات این مقادیر در نمودار شکل (۹) مشاهده می‌شود. در این نمودار، مقادیر اندازه‌گیری‌شده دمای پوشش گیاهی باغات منتخب پسته نیز به‌صورت نمودار خطی آورده شده است. دماهای پوشش گیاهی به‌دست آمده توسط تصاویر ماهواره‌ای، بین ۲۲ تا ۲۵ درجه سانتیگراد در نقاط و روزهای مختلف سال متغیر است. همچنین، تغییرات مقادیر اندازه‌گیری شده دمای پوشش گیاهی در باغات منتخب پسته بین ۲۱ تا ۲۵ درجه سانتیگراد است که در برخی تاریخ‌ها، حدود ۱ درجه سانتیگراد با مقادیر محاسباتی به روش SW اختلاف دارند. دلایل تغییرات دمای پوشش گیاهی، ضمن تاثیرپذیری از دمای هوا و دمای سطح زمین، ناشی از مدیریت آبیاری و وضعیت رطوبت خاک ناحیه ریشه در زمان‌ها و مکان‌های مختلف است که خود، تحقیقات جداگانه‌ای را می‌طلبد.

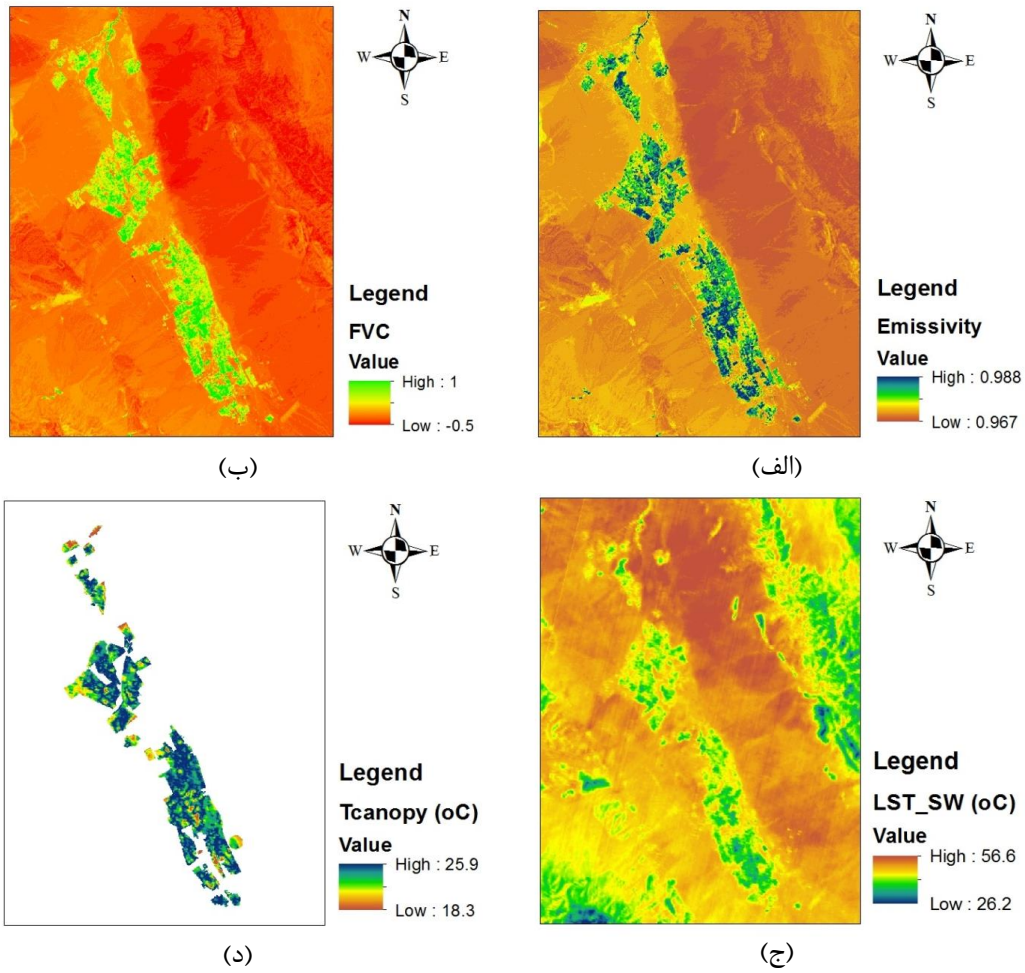
۴- نتیجه‌گیری و بحث

- در این پژوهش الگوریتم‌های مختلف سنجش از دوری تعیین دمای سطح زمین (LST) شامل MW، IMW، SC و SW مورد ارزیابی قرار گرفتند و مشخص شد که اختلاف میانگین دمای محاسباتی توسط الگوریتم‌های مختلف، در حدود ۲/۵ درجه است. این اختلاف دما، اهمیت روش محاسباتی تعیین LST در انجام مطالعات مربوطه را نشان می‌دهد. البته در مطالعه انجام شده توسط یو و همکاران [۴] اختلاف دمای به‌دست آمده توسط روش‌های مختلف با همدیگر در حدود ۳ درجه بوده است. در مطالعه آنان، روش SC (اعم از بکارگیری باند ۱۰ یا باند ۱۱) نسبت به روش SW، دماهای بیشتری را در روزهای مختلف سال به‌دست داده است. همچنین در مطالعه وانگ و همکاران [۶] و در تابستان عرض‌های میانی، خطای روش SC ۲/۳ تا ۳/۷ درجه و خطای روش IMW ۰/۱ تا ۱/۲۹ درجه عنوان شده و بیان کرده‌اند که خطاهای مذکور با افزایش دمای هوا، افزایش یافته است.

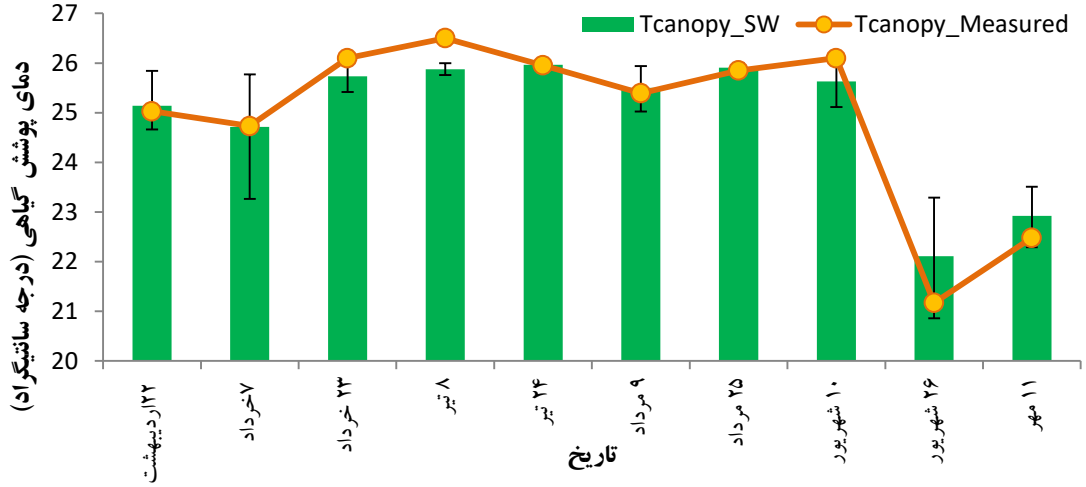
- نتایج پژوهش حاضر نشان داد که روند مقایسه‌ای دمای سطح محاسبه شده با الگوریتم‌های مختلف، در ماه‌های مختلف سال متفاوت بوده و نشان‌دهنده اهمیت و نقش بیشتر روش تعیین LST در فصول (مناطق) گرم نسبت به فصول (مناطق) سرد است. این نتیجه‌گیری تلویحاً توسط روژنشتین و همکاران [۳۴] نیز بیان شده است. آن‌ها خطای محاسبه LST را با میزان بخار آب موجود در جو مرتبط دانسته‌اند و اذعان کرده‌اند که با کاهش میزان بخار آب اتمسفری، خطای تعیین دمای سطح زمین توسط ماهواره لندست ۸ افزایش خواهد یافت. لذا می‌توان پیش‌بینی نمود که در ماه‌های گرم یا مناطق خشک، با کاهش بخار آب جو، از دقت محاسبه LST به کمک تصاویر ماهواره‌ای کاسته می‌شود.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]



شکل ۸: (الف) نقشه گسیلندگی، (ب) نقشه کسر پوشش گیاهی، (ج) نقشه دمای سطحی محاسبه شده به روش پنجره‌مجزا، (ب) نقشه دمای پوشش باغات پسته منطقه مطالعاتی در تاریخ ۱۰ شهریور ۱۳۹۴



شکل ۹: نمایش تغییرات دمای پوشش گیاهی باغات پسته منطقه بهاباد به دو روش (۱) اندازه‌گیری شده توسط ترمومتر مادون قرمز و (۲) محاسبه‌شده توسط تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و به روش پنجره‌مجزا

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

در این پژوهش اختلاف چشمگیری بین دمای سطح زمین (محاسبه شده توسط روشهای مختلف سنجش از دور) با دمای هوا در محل ایستگاه هواشناسی بهاباد وجود داشت که این اختلاف در فصول گرم، بیشتر (تا ۲۰ درجه سانتیگراد در مردادماه) و در فصول سرد، کمتر (تا ۵ درجه سانتیگراد در دیماه) بود. در خصوص نتیجه‌گیری اخیر یعنی اختلاف بین دمای هوا و دمای سطح زمین، مطالعات زیادی انجام شده است. به‌عنوان مثال در مطالعه رن و همکاران [۳۳] این اختلاف بین ۱۰- تا ۲۵+ درجه در فصول مختلف سال عنوان شده است. آن‌ها اشاره کرده‌اند که افزایش اختلاف دما بین سطح زمین و هوای مجاور، منجر به افزایش خطای محاسباتی در استخراج پارامتر بخار آب جو و نهایتاً محاسبه LST خواهد شد. در مطالعه مشابه اودان و جوانوفسکا [۳۰] که برای دو سایت مختلف و به کمک تصاویر لندست ۸ انجام شده بود، اختلاف دمای سطح زمین با دمای هوا در محل ایستگاه‌های مختلف هواشناسی بین ۰/۷ تا ۸/۷ درجه عنوان شده است. در مطالعه ایشان، LST برای برخی مناطق کمتر از دمای هوا و برخی مناطق بیشتر از دمای هوا به‌دست آمده است.

در این پژوهش مشخص شد که ضریب همبستگی بین دمای پوشش گیاهی باغات پسته (T_{canopy}) و دمای سطح زمین (LST) بیشتر از ضریب همبستگی بین دمای پوشش گیاهی باغات پسته و دمای هوا (T_{air}) است و لذا، LST پارامتر مناسب‌تری برای تخمین دمای پوشش گیاهی باغات پسته نسبت به T_{air} است؛ به‌طوری‌که، معادلات مربوطه خطای کمتر از ۱ درجه سانتیگراد دارند. این معادلات پس از برازش خط رگرسیونی بین LST محاسباتی و دمای پوشش گیاهی اندازه‌گیری شده با ترمومتر مادون قرمز دستی حاصل شده‌اند. از دیگر مزایای به‌کارگیری LST ماهواره‌ای به‌جای T_{air} ایستگاهی اینست که LST دارای توزیع مکانی در سطح منطقه مطالعاتی بوده و نسبت به آمار نقطه‌ای هواشناسی ارجح است.

در این پژوهش مشخص شد که الگوریتم پنجره‌مجزا (SW)، از دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌های تعیین LST برخوردار بوده و می‌تواند در تعیین دمای پوشش گیاهی باغات پسته استفاده شود. طبق گفته محققین، در شرایطی که اطلاعات کافی و دقیق از شرایط اتمسفر (ضرایب τ، L_u و L_d) موجود باشد، الگوریتم تک‌کاناله که از وارونه‌سازی مستقیم معادله انتقال تشعشع حاصل می‌شود، به‌عنوان یک روش مناسب‌تر نسبت به SW شناخته می‌شود. اما در شرایطی که مقدار بخار آب بالاست (بیشتر از ۳ گرم بر سانتیمترمربع) و یا اطلاعات اتمسفری دقیق نیست (نظیر مناطقی از ایران)، این الگوریتم دارای خطای بیشتری نسبت به الگوریتم پنجره‌مجزا خواهد بود [۲۳]. البته یکی دیگر از منابع اصلی خطا در چنین مطالعاتی، ضریب گسیلندگی است که افزایش دقت در تعیین آن، به‌دقت بیشتر LST خواهد انجامید. با این وجود بر اساس نتایج به‌دست آمده برای منطقه مطالعاتی، پیشنهاد می‌شود که از روش SW برای محاسبه دمای سطح زمین و دمای پوشش گیاهی باغات پسته استفاده شود.

مراجع

[1] T. Schmugge, A. French, J. C. Ritchie, A. Rango and H. Pelgrum, "Temperature and emissivity separation from multispectral thermal infrared observations", Remote Sensing of Environment, Vol. 79, pp. 189–198. 2002.

[2] J. P. Laguarde, Y. H. Kerr and Y. Brunet, "An experimental study of angular effects on surface temperature for various plant canopies and bare soils", Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 77, pp. 16–190, 1995.

[3] J. A. Sobrino, J. C. Jimenez-munoz, J. El-Kharraz, M. Gomez, M. Romaguera and G.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

Soria, "Single-channel and two-channel methods for land surface temperature retrieval from DAIS data and its application to the Barrax site", International Journal of Remote sensing, Vol. 25, (1),pp. 215–230, 2004.

[4] X. Yu, X. Guo and Z. Wu, "Land surface temperature retrieval from Landsat 8 TIRS - Comparison between radiative transfer equation-based method, split window algorithm and single channel method", International Journal of Remote Sensing, Vol. 6(10), pp. 9829-9852, 2014.

[5] J. R. Irons, J. L. Dwyer, and J. A. Barsi, "The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission", Remote Sensing and Environment Journal, Vol. 122, pp. 11–21, 2012.

[6] F. Wang, Z. Qin, C. Song, L. Tu, A. Karnieli and S. Zhao, "An Improved Mono-Window Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 Thermal Infrared Sensor Data", International Journal of Remote Sensing, Vol. 7, pp. 4268-4289, 2015.

[7] D. A. Quattrochi and J.C. Luvall, "Thermal Remote Sensing in Land Surface Processing", CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2004.

[8] J. D. Kalma, T. R. McVicar and M. F. McCabe, "Estimating land surface evaporation: A review of methods using remotely sensed surface temperature data," Journal of Surveys Geophysics, Vol. 29 (4/5), pp. 421–469, 2008.

[9] W. Kustas and M. Anderson, "Advances in thermal infrared remote sensing for land surface modeling", Agricultural Forest Meteorology, Vol. 149 (12), pp. 2071–2081, 2009.

[10] J. C. Jiménez-Muñoz, J. Cristóbal, J. A. Sobrino, G. Sòria, M. Ninyerola, and X. Pons, "Revision of the single-channel algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat thermal-infrared data", IEEE Transaction of Geosciences in Remote Sensing, Vol. 47(1), pp. 339–349, 2009.

[11] J. C. Jiménez-Muñoz, J. A. Sobrino, D. Skokovic, C. Mattar, and J. Cristóbal, "Land Surface Temperature Retrieval Methods From Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Data", IEEE geosciences and remote sensing letters, Vol. 11(10), pp. 25-37, 2014.

[12] J. C. Jimenez-Munoz and J.A. Sobrino, "A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data", Journal of Geophysical Research, Vol. 108 (D22-4688), pp. 1-9 2003.

[13] USGS, "Landsat 8 Instruments", Available online: http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php (accessed on 29 Nov. 2016), 2016.

[14] J. A. Barsi, J. L. Barker and J. R. Schott, "An Atmospheric Correction Parameter Calculator for a Single Thermal Band Earth-Sensing Instrument", presented at the IGARSS03, Centre de Congres Pierre Baudis, Toulouse, France, 2003.

[15] J. A. Barsi., J. R. Schott, F. D. Palluconi and S. J. Hook, "Validation of a Web-Based Atmospheric Correction Tool for Single Thermal Band Instruments", Earth Observing Systems, X, Proc. SPIE, San Diego, CA, Vol. 5882, 2005.

[16] D. A. Artis and W. H. Carnahan, "Survey of emissivity variability in thermography of urban areas", Remote Sensing of Environment, Vol. 12 (4), pp. 313–329, 1982.

[17] F. B. Balcik and E. M. Ergene, "Determining the impacts of land cover/use categories on land surface temperature using Landsat8-OLI", presented at The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XLI-B8, XXIII ISPRS Congress, Prague, Czech Republic, 2016.

[18] R. Leuning, F. M. Kelliher, D. G. G. Pury and E. D. Schulze, "Leaf nitrogen,

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

photosynthesis, conductance and transpiration: scaling from leaves to canopies". Journal of Plant Cell Environment, Vol. 18, pp. 1183-1200, 1995.

[19] Z. Qin, A. Karnieli and P. Berliner, "A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region", International Journal of Remote Sensing, Vol. 22, pp. 3719-3746, 2001.

[20] J. A. Sobrino, Z. L. Li, M. P. Stoll, and F. Becker, "Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR data," International Journal of Remote Sensing, Vol. 17(11), pp. 2089–2114, 1996.

[21] L. Morales-Salinas, J. C. Parra-Aravena, F. Lang-Tasso, R. Abarca-Del Río and E. Jorquera-Fontena, "Simple linear algorithm to estimate the space-time variability of precipitable water in the Araucanía Region, Chile", Journal of Soil Science and Plant Nutrition, Vol. 12, pp. 295–302, 2012.

[22] M. Moradizadeh, M. Momeni and M. R. Saradjian, "Estimation of atmospheric column and near surface water vapor content using the radiance values of MODIS", presented at The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing, 2008.

[23] J. C. Jiménez-Muñoz, J. A. Sobrino, D. Skokovic, C. Mattar, and J. Cristóbal, "Land Surface Temperature Retrieval Methods From Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Data", IEEE geosciences and remote sensing letters, Vol. 11(10), pp. 25-37, 2014.

[24] J. Cristóbal, J. C. Jiménez-Muñoz, J. A. Sobrino, M. Ninyerola and X. Pons, "Improvements in land surface temperature retrieval from the Landsat series thermal band using water vapor and air temperature", Journal of Geophysics Research, Vol. 114, pp. 91-107, 2009.

[25] A. Benmecheta, A. Abdellaoui, and A. Hamou, "A comparative study of land surface temperature retrieval methods from remote sensing data", Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 39 (1), pp. 59-73, 2013

[26] M. B. Giannini, O. R. Belfiore, C. Parente and R. Santamaria, "Land Surface Temperature from Landsat 5 TM images: comparison of different methods using airborne thermal data", Journal of Engineering Science and Technology Review, Vol. 8 (3), pp. 83-90, 2015.

[27] J. A. Sobrino, J. C. Jimenez-Munoz, G. Soria, M. Romaguera, L. Guanter, J. Moreno, A. Plaza and P. Martinez, "Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors". IEEE Transaction of Geoscience Remote Sensing, Vol. 46, pp. 316–327, 2008.

[28] D. Skokovic, J. A. Sobrino, J. C. Jimenez-Munoz, G. Soria, Y. Julien, C. Mattar and J. Cristobal, "Calibration and Validation of Land Surface Temperature for Landsat 8 TIRS Sensor", presented at Land product Validation and Evolution, ESA/ESRIN Frascati, Italy, 2014.

[29] M. S. Latif, "Land Surface Temperature Retrival of Landsat-8 Data Using Split Window Algorithm- A Case Study of Ranchi District", International Journal of Engineering Development and Research, Vol. 2 (4), pp. 23-39, 2014.

[30] U. Avdan and G. Jovanovska, "Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data", Hindawi Publishing Corporation, Journal of Sensors, Vol. 2016, Article ID 1480307, P. 8, 2016.

[31] Z. L. Li, H. Wu , N. Wang , S. Qiu , J. A. Sobrino , Z. Wan , B.H. Tang and G. Yan, Land surface emissivity retrieval from satellite data", International Journal of Remote Sensing, Vol 34 (9-10), pp. 3084-3127, 2013.

[32] E. Rubio, V. Caselles, C. Badenas, 1997, Emissivity measurements of several soils and vegetation types in the 8–14, μm Wave band: Analysis of two field methods, Remote Sensing of Environment, Volume

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

59, Issue 3, Pages 490-521.

[33] H. Ren, C. Du, R. Liu, Q. Qin, G. Yan, Z. L. Li, and J. Meng "Atmospheric water vapor retrieval from Landsat 8 thermal infrared images", Journal of Geophysics Research and Atmosphere, Vol. 120, pp. 81-99, 2015.

[34] O. Rozenstein, Z. Qin, Y. Derimian and A. Karnieli, "Derivation of Land Surface Temperature for Landsat-8 TIRS Using a Split Window Algorithm", Sensors , Vol. 14, pp. 5768-5780, 2014.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.5, No.2, Summer 2017

Evaluation of different LST approaches for determination of pistachio tree canopy temperature through Landsat 8 satellite data

Rahimian, M.H.[1], Shayannejhad, M.*[1], Eslamian, S.S.[1], Jafari, R.[2], Gheysari, M.[1], Taghvaeian, S.[3]

1- Isfahan University of Technology, College of Agriculture, Water Engineering Department
2- Isfahan University of Technology, College of Natural Resources, Watershed Engineering Department
3- Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, USA, Department of Biosystems and Agricultural Engineering

Abstract

One of the applications of satellite images is to determine Land Surface Temperature (LST), which has widespread uses in estimation of air temperature (Tair), estimation of vegetation canopy temperature (Tcanopy), investigation of environmental stresses and management options on plant health status and so on. Remotely sensed based LST maps can be generated through different approaches or algorithms; each one fits with a set of input data and climatic conditions and has some advantages and shortcomings. In this study, four LST determination algorithms, namely Mono Window (MW), Improved Mono Window (IMW), Single Channel (SC) and Split Window (SW) algorithms were used to estimate pistachio tree Tcanopy through Landsat 8 OLI/TIRS images and then were evaluated with the aid of ground based measurements in Bahabad region, Yazd province of Iran. The results indicate a substantial difference of about 2.5 degrees Celsius in the average LSTs of different algorithms. Moreover, trend of their differences changes seasonally, emphasizing on importance of LST generation algorithm in warm seasons (regions), compared to cold seasons (regions). Also it was found that LST is a more appropriate parameter than air temperature (Tair) to estimate canopy temperature of pistachio trees (Tcanopy) in the studied area. Under such a condition, Tcanopy determining equations, as a function of LST, have had the error of less than 1 degree Celsius. Furthermore, Split Window algorithm (SW) was found to be more accurate than other LST determining algorithms and substantially, can be recommended for estimation of pistachio canopy temperature, as well.

Key words: Split Window Algorithm, Canopy Temperature, IR Thermometer, Pistachio, Landsat 8.

Correspondence Address Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
Tel: +89 13 11831933
Email: : shayannejad@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.79]