

برآورد دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم سبال (مطالعه موردی: استان همدان)

سمیرا امینی^{۱*}، حمید زارع ایبانه^۲ و مهدی اکبری^۳

چکیده

تعیین آب مورد نیاز یکی از پارامترهای مهم برای استفاده بهینه از منابع موجود آب در بخش کشاورزی است. برای برآورد دقیق آب لازم در سطح دشت‌های کشاورزی، به اطلاعاتی درخصوص وضعیت پوشش گیاهی از قبیل میزان پراکنش و دمای سطح پوشش گیاهی نیاز است که اندازه‌گیری آن با روش‌های سنتی مشکل و هزینه‌بر است. در حالیکه تهیه آن‌ها به کمک سنجنش از دور به‌سادگی انجام می‌شود. بنابراین در این پژوهش به کمک روش سنجنش از دور، دمای سطح زمین در استان همدان تعیین شد. ابتدا با پیش‌پردازش اطلاعات ۱۲ تصویر ماهواره Landsat 7 ETM+ (۱۳۷۷-۱۳۸۱)، ضریب بازتاب و ضریب تابش پوشش سطح زمین در باندهای مختلف محاسبه و شاخص‌های گیاهی NDVI تعیین و دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم سبال برآورد و با مقدار اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های هواشناسی مقایسه شد. نتایج نشان داد که دمای سطح زمین برآورد شده از اطلاعات سنجنش از دور هماهنگی خوبی با آمار ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی دارد و بین مقدار دمای پوشش سطح برآورد شده و اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. نتایج کلی نشان داد که الگوریتم سبال با ضریب همبستگی (R^2) ۰/۷۵ و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) ۵/۴ درجه، دارای دقت خوبی است.

واژه‌های کلیدی: تراکم پوشش گیاهی، دمای سطح زمین، سنجنش از دور، همدان.

ارجاع: امینی س. زارع ایبانه ح. و اکبری م. ۱۳۹۵. برآورد دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم سبال (مطالعه موردی: استان همدان). مجله پژوهش آب ایران. ۲۱: ۱۸۳-۱۸۸.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۲- دانشیار گروه آبیاری زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۳- استادیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج

* نویسنده مسئول: sa.amini89@yahoo.com

مقدمه

زمین یک عامل مهم برای افزایش دمای سطح زمین است. همچنین نتایج این بررسی نشان دهنده درجه حرارت بالا در مناطق با پوشش گیاهی پراکنده و درجه حرارت پایین در مناطق با پوشش گیاهی متراکم بود. با توجه به ضرورت آگاهی از توزیع مکانی و زمانی دما و شاخص پوشش گیاهی سطح زمین در بررسی بیلان انرژی، بررسی‌های هواشناسی، اقلیمی و تبخیر و تعرق، در این پژوهش توزیع مکانی دمای سطح زمین در پهنه وسیع استان همدان برآورد و دمای سطح برآورد شده از اطلاعات ماهواره‌ای با مقدار اندازه‌گیری شده در عمق ۵ سانتی‌متری خاک در ایستگاه‌های هواشناسی مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

استان همدان با مساحتی در حدود ۱۹۵۴۶ کیلومتر مربع یکی از نواحی کوهستانی غربی کشور است. اقلیم استان براساس دیاگرام اقلیمی آمبرژه نیمه خشک سرد با میانگین دمای حداقل و حداکثر ۲/۸ و ۱۹/۲ درجه و بارش بلند مدت سالانه ۳۱۲/۳ میلی‌متر است (زارع ایبانه و همکاران، ۱۳۹۰). در این پژوهش از داده‌های هواشناسی ۴ ایستگاه سینوپتیک استان همدان استفاده شد. به دلیل عدم وجود ایستگاه سینوپتیک در شهرستان بهار و اسدآباد از داده‌های ایستگاه سینوپتیک قروه در استان کردستان به‌عنوان ایستگاه کمکی استفاده شد تا محدودیت مورد بررسی را با دقت بیشتری دربرگیرد. موقعیت و مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد استفاده در جدول ۱ و شکل ۱ آورده شده است.

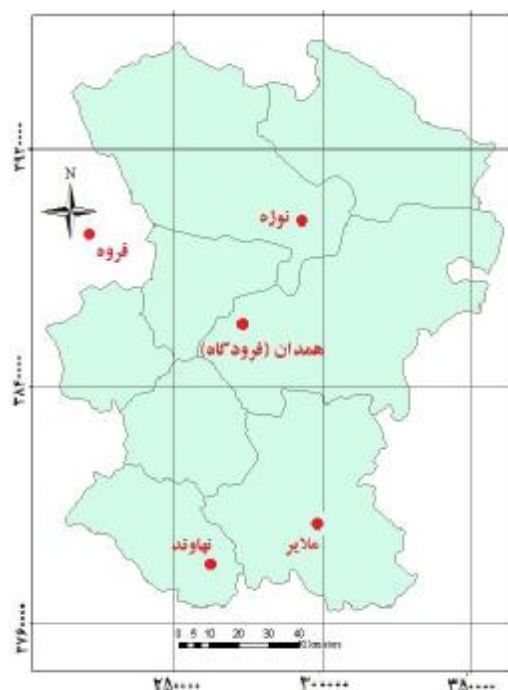
تعیین آب مورد نیاز یکی از پارامترهای مهم برای استفاده بهینه از منابع موجود آب در بخش کشاورزی است. برای برآورد دقیق آب لازم در سطح دشت‌های کشاورزی، به اطلاعاتی درخصوص وضعیت پوشش گیاهی از قبیل میزان، پراکنش و دمای سطح پوشش گیاهی نیاز است که اندازه‌گیری آن با روش‌های سنتی مشکل و هزینه‌بر است. در حالیکه تهیه آن‌ها به کمک سنجش از دور به‌سادگی انجام می‌شود. از طرفی برای برآورد دمای سطح زمین باید تغییرات گسیلندگی سطح زمین مدنظر قرار گیرد. در عمل نمی‌توان گسیلندگی سطح زمین را به طور مستقیم با داده‌های ماهواره‌ای تعیین کرد، ولی با توجه به تابعیت گسیلندگی از تراکم پوشش گیاهی، می‌توان مقدار گسیلندگی را به طور غیرمستقیم با تعیین شاخص‌های پوشش گیاهی از اطلاعات ماهواره‌ای برآورد کرد. از جمله شاخص‌های گیاهی، شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده است که برای ماهواره لندست به‌صورت رابطه (۱) تعریف شده است.

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (1)$$

ρ_4 و ρ_3 به ترتیب بازتاب طیفی باندهای شماره ۳ و ۴ ماهواره لندست است. در رابطه با برآورد دمای سطح با استفاده از الگوریتم‌های مختلف پژوهش‌های زیادی انجام شده است. جیانگ و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی با استفاده از شاخص‌های گیاهی، اثرات زیان‌بار تغییرات پوشش و کاربری سطح زمین روی دمای سطح زمین را از سه تصویر سنجنده TM و ETM+ بررسی کردند. بدین منظور شاخص پوشش گیاهی - دما (TVX) را از تصاویر استخراج کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که تغییر کاربری

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد استفاده

ایستگاه	عرض جغرافیایی (درجه دقیقه)	طول جغرافیایی (درجه دقیقه)	ارتفاع (متر)	ایستگاه	عرض جغرافیایی (درجه دقیقه)	طول جغرافیایی (درجه دقیقه)	ارتفاع (متر)
همدان	۳۴°۵۲'	۴۸°۳۲'	۱۷۴۱	نوزه	۳۵°۱۲'	۴۸°۴۳'	۱۶۷۹
قروه	۳۵°۱۰'	۴۷°۴۸'	۱۹۰۶	ملایر	۳۴°۱۵'	۴۸°۵۱'	۱۷۷۷
نهابند	۳۴°۰۹'	۴۸°۲۵'	۱۶۸۰				



شکل ۱- نمای کلی منطقه مورد بررسی

$$T_s = \frac{K_2}{\ln \left[\frac{\varepsilon_{NB} \times K_1 + 1}{L_6} \right]} \quad (1)$$

که در آن T_s درجه حرارت تشعشعی پوشش سطح زمین ($^{\circ}K$)، L_6 شار گسیل شده از پوشش سطح زمین در طیف باند حرارتی ($wm^{-2} \cdot \mu m$) و K_1 و K_2 ضریب‌های ثابت برای ماهواره لندست است.

با توجه به اینکه در ایستگاه‌های هواشناسی ایران براساس استاندارد سازمان هواشناسی جهانی (WMO) دمای خاک را در عمق‌های مختلف و در ساعت‌های مشخصی اندازه‌گیری می‌شود. در این بررسی دمای برآورد شده از اطلاعات ماهواره‌ای با دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متری در زمان گذر ماهواره مقایسه شد. نظر به اینکه براساس جدول ۲، زمان گذر ماهواره لندست در تصاویر مورد استفاده، حدود ساعت ۷ به‌وقت گرینویچ می‌باشد و اطلاعات هواشناسی در ساعت‌های ۳ و ۹ گرینویچ اندازه‌گیری شده است، مقدار دما در زمان گذر ماهواره به‌وسیله روش درون‌یابی خطی بین ساعت‌های بالا تعیین شد. بدیهی است که دما در عمق ۵ سانتی‌متری با دمای سطح خاک متفاوت است. بنابراین با توجه به بررسی‌های رحیمی خوب و همکاران (۱۳۸۴) و وزکوئس و همکاران، (۱۹۹۷) برای تعیین دما در سطح زمین، ۸ درجه سانتی‌گراد به داده‌های دما در عمق ۵ سانتی‌متری اضافه

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از آمار درجه حرارت خاک در عمق ۵ سانتی‌متری ایستگاه‌های هواشناسی (جدول ۱) در ساعت ۳ و ۹ گرینویچ (۶:۳۰ و ۱۲:۳۰ محلی) و میان‌یابی دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متری در زمان گذر ماهواره مربوط به سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۷۷ و تصاویر ماهواره لندست TM و ETM+ استفاده شد.

پیش پردازش اطلاعات ماهواره‌ای

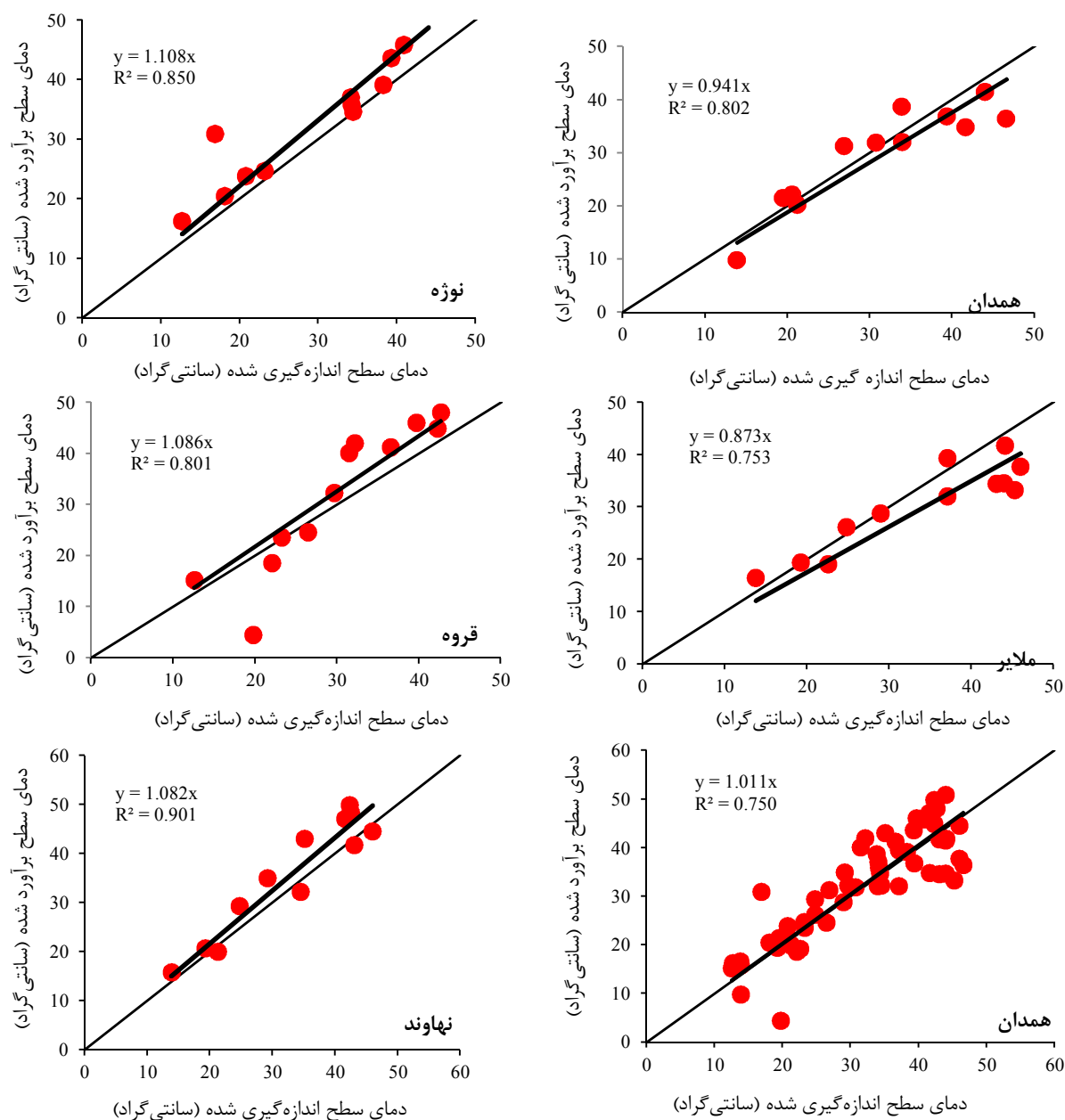
برای تصحیح هندسی تصاویر مورد استفاده در این پژوهش از یک تصویر سنجنده استر که از قبل روی آن تصحیح هندسی انجام شده بود استفاده شد. تصحیح رادیومتریک در دو مرحله شامل تبدیل ارزش رقومی به تابش طیفی و تبدیل تابش طیفی به بازتاب طیفی انجام شد. شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی نمادی از شدت و ضعف پوشش گیاهی در منطقه است که از رابطه (۱) محاسبه شد. گسیلندگی سطحی براساس پوشش سطح زمین و با استفاده از روابط تجربی الگوریتم سیال محاسبه شدند (کریمی، ۱۳۹۰). دمای پوشش سطح زمین از پارامترهای اصلی الگوریتم سیال است. دمای سطحی با استفاده از اطلاعات مربوط به باند حرارتی ماهواره (باند ۶) براساس رابطه زیر برآورد شد (آلن و همکاران، ۲۰۰۳).

بررسی‌های بین ۰/۷۵ تا ۰/۹۰ متغیر بود (شکل ۲). ضریب همبستگی برای ایستگاه ملایر کمترین مقدار (۰/۷۵) و برای ایستگاه نهاوند بیشترین مقدار (۰/۹۰) است. این ضریب برای سایر ایستگاه‌ها بیشتر از ۰/۸۰ است. ضریب همبستگی برای استان همدان برابر ۰/۷۵ به دست آمد و نشان از آن است که دمای سطح برآورد شده با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای دارای دقت خوبی است.

شد و نتایج آن به‌عنوان مبنا برای مقایسه با نتایج الگوریتم سبال استفاده شد. این مقایسه با استفاده از شاخص‌های آماری ضریب همبستگی (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، کارایی مدل‌سازی (EF) و ضریب جرم باقی‌مانده (CRM) انجام شد.

نتایج و بحث

ضریب همبستگی بین دمای سطح برآورد شده از اطلاعات ماهواره‌ای و مقادیر ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی



شکل ۲- دمای سطح زمین برآورد شده با استفاده از الگوریتم سبال و مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های هواشناسی همدان، قروه، نهاوند، نوژه و ملایر و استان همدان

برآورد شده از الگوریتم سبال برای ایستگاه‌های مختلف از ۴/۴ تا ۶/۶ درجه متفاوت است. ایستگاه همدان کمترین اختلاف (۴/۴ درجه) و ایستگاه قروه دارای بیشترین اختلاف (۶/۶ درجه) بود.

برای بررسی‌های دقیق‌تر دقت دمای سطح برآورد شده از سنجش از دور، از شاخص‌های ارزیابی استفاده و نتایج در جدول ۲ ارائه شده است. این نتایج (جدول ۲) نشان می‌دهد که ریشه میانگین مربع خطا بین مقادیر واقعی و

جدول ۲- نتایج شاخص‌های ارزیابی دقت دمای سطح برآورد شده از اطلاعات ماهواره‌ای

نام ایستگاه	R ²	RMSE (C°)	EF	CRM
همدان	۰/۸۰	۴/۴	۰/۸۱	۰/۰۴
قروه	۰/۸۰	۶/۶	۰/۴۶	-۰/۰۶
نهادند	۰/۹۰	۴/۶	۰/۸۱	-۰/۰۸
نوزه	۰/۸۵	۵/۲	۰/۷۴	-۰/۱۳
ملایر	۰/۷۵	۶/۰	۰/۷۰	۰/۱۱
استان همدان	۰/۷۵	۵/۴	۰/۷۲	-۰/۰۲

پیشنهاد می‌شود از اطلاعات ماهواره‌های با دقت بالا مانند استر، برای افزایش دقت استفاده شود.

منابع

۱. اکبری ا. و کوه بنانی ح. ۱۳۸۹. استفاده از الگوریتم DTC و SEBAL به منظور برآورد دمای سطح از باند حرارتی ETM+ همایش ملی ژئوماتیک ۸۹. اردیبهشت ۱۳۸۹.
 ۲. رحیمی خوب ع. کوچک‌زاده م. شریفی ف. سامانی ج. م. و. و بهبهانی س. م. ر. ۱۳۸۴. برآورد ماکزیمم دمای هوا با استفاده از تصاویر ماهواره نوا- مطالعه موردی حوزه آبریز دریاچه ارومیه. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. ۲۴. ۴۵-۵۴.
 ۳. زارع ابیانه ح. بیات ورکشی م. و ایلدرومی ع. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر برخی پارامترهای اقلیمی و پدیده انسو در عملکرد گندم و جو (مطالعه موردی: منطقه همدان). مجله پژوهش آب ایران. ۹: ۱۸۱-۱۹۲.
 ۴. کریمی ع. ۱۳۹۰. ارزیابی الگوریتم سنجش از دور (SEBAL و SEBS) جهت محاسبه تبخیر و تعرق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه رازی. ۹۸ صفحه.
 ۵. میریعقوب زاده م. و قنبرپور م. ر. ۱۳۸۸. بکارگیری داده‌های سنجش از دور در برآورد دمای سطح اراضی (مطالعه موردی حوزه آبخیز وردین، آذربایجان شرقی). مجله علمی پژوهشی مرتع. (۴): ۷۳۴-۷۲۳.
6. Allen R. Morse A. and Tasumi M. 2003.

نتایج کلی نشان داد که جذر میانگین مربع خطا حدود ۵ درجه سانتی‌گراد است که با نتایج اکبری و کوه‌بنانی (۱۳۸۹) هماهنگی دارد. نتایج شاخص کارایی مدل‌سازی نشان داد ایستگاه قروه با ۰/۴۶ دارای کمترین کارایی و ایستگاه همدان و نهادند با ۰/۸۱ دارای بیشترین کارایی است. سایر ایستگاه‌ها نیز با توجه به کارایی بیش از ۰/۷۰ در حد خوبی هستند. شاخص CRM تمایل مدل را برای برآورد بیش از حد و یا کمتر از حد در مقایسه با اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد. تغییرات این شاخص بین ۰/۱۳- تا ۰/۱۱ است و برای کل داده‌های مورد استفاده، مقدار ۰/۰۲- را نشان می‌دهد. به طور کلی نتایج شاخص‌های ارزیابی الگوریتم سبال در برآورد دمای سطح زمین (جدول ۲) نشان داد که این الگوریتم دارای دقت و ضریب همبستگی به نسبت بالایی است که با نتایج سایر پژوهشگران از جمله جیانگ و همکاران (۲۰۱۰)، هرب و همکاران (۲۰۰۸)، میریعقوب‌زاده و قنبرپور (۱۳۸۸) هماهنگی دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش و تحقیقات انجام شده نشان داد که فناوری‌های سنجش از دور می‌تواند نقش مؤثری در تعیین نقشه‌های به‌هنگام دمای سطح زمین و استفاده بهینه از منابع آب ایفا کند. همچنین، از امکانات سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان به‌عنوان ابزاری مناسب و قابل اعتماد در بررسی پراکنش دمای سطح پوشش گیاهی و سطح زمین استفاده کرد. همچنین،

- Application of SEBAL for western US water rights regulation and planning. ICID workshop on remote sensing of ET for large regions. 1-13.
7. Herb W. R. Janke B. Mohseni O. and Stefan H. G. 2008. Ground surface temperature simulation for different land covers. *Journal of Hydrology*. 356: 327– 343.
 8. Jiang J. and Tian G. 2010. Analysis of the impact of Land use/Land cover change on Land Surface Temperature with Remote Sensing. *Procedia Environmental Sciences*. 2: 571–575.
 9. Vazques D. P. Reyes F. J. O. and Arboledas L. A. 1997. A comparative study of algorithms for estimating land surface temperature from AVHRR Data. *Remote Sensing of Environment*. 62 (3): 215- 222.