



برآورد دمای مزارع نیشکر با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تصاویر سنجنده OLI

ماهواره لندست ۸

شادمان ویسی^{۱*}، عبدعلی ناصری^۲، سعید حمزه^۳، پوریا مرادی^۴

۱. دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲. استاد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳. استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

۴. کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه شهید چمران اهواز

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۵ اردیبهشت ۱۳۹۴

پذیرش: ۹ مهر ۱۳۹۴

دسترسی اینترنتی: ۱۰ فروردین ۱۳۹۵

واژه‌های کلیدی:

دمای مزارع نیشکر

الگوریتم پنجره مجزا

لندست ۸

دماسنج مادون قرمز

کشت و صنعت سلمان فارسی

چکیده

دمای سطح زمین یکی از مهم‌ترین پارامترهای است که امروزه توسط باندهای حرارتی ماهواره‌ها و به کمک ابزار سنجش از دور قابل محاسبه است. اهمیت این موضوع زمانی آشکار می‌شود که اثر مستقیم دما، افزایش و یا کاهش میزان تبخیر و تعرق و در نتیجه تغییر در میزان رطوبت در دسترس گیاه را نشان می‌دهد. در این تحقیق دمای پوشش سبز گیاه نیشکر با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ۸ در هشت مزرعه از مزارع کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی (هر مزرعه پنج نقطه) جمعاً ۴۰ نقطه که این نقاط در روزهای مختلف آبیاری بودند با استفاده از دماسنج مادون قرمز (که در بازه ۸ تا ۱۴ میکرومتر کار می‌کند)، اندازه‌گیری شد. نقاط انتخابی به منظور عدم ترکیب با پیکسل‌های فاقد پوشش گیاهی از لبه مزارع دارای فاصله ۳۰ متری بودند. به منظور واسنجی الگوریتم پنجره مجزا از داده‌های بخار آب اتمسفر، قابلیت انتشار، قابلیت عبور اتمسفری و از تصاویر ماهواره لندست ۸ دمای مزارع استخراج شد. نتایج نشان داد که محاسبه دمای پوشش سبز مزارع نیشکر در روزهای مختلف آبیاری با الگوریتم پنجره مجزا با دقت قابل قبول برآورد گردید. همچنین نتایج نشان داد که در نقاطی که پوشش گیاهی یکسان است، آبیاری عامل اصلی در تغییر مقادیر دما است. حداقل مجذور مربعات خطا و میانگین مربعات خطا بین دمای اندازه‌گیری شده میدانی و دمای استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای به ترتیب ۰/۹۲۵ و ۰/۷۶۶ درجه سانتیگراد محاسبه گردید.

*shadman2010@yahoo.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

مقدمه

درخت تصمیم‌گیری برای محاسبه دمای سطح زمین استفاده کردند. در این تحقیق با پیش‌پردازش یک تصویر ماهواره لندست ۷ از شهر مراغه واقع در آذربایجان غربی اختلاف دمای به دست آمده از تصویر ماهواره‌ای با میانگین دوازده ساله کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد شد و جواب‌های به دست آمده را در مقایسه با نقاط کنترل زمینی خوب ارزیابی نمودند. بهرامی و همکاران (۲) در تحقیقی به بررسی تأثیر عوامل جغرافیایی بر حرارت سطحی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM^+ در مخروط آتشفشان تفتان نسبت به تهیه نقشه دما مخروط تفتان پرداختند، و با در نظر گرفتن شرایط دمایی نسبت به کاشت محصولات کشاورزی در نقاط مختلف برنامه‌ریزی نمودند. آسنر و هایدبریچ (۴) در تحقیقی در مناطقی با پوشش گیاهی تنک به این نتیجه رسیدند که بررسی این مناطق با ماهواره‌هایی مانند لندست (LANDSAT)، مودیس (MODIS) و اسپات (SPOT) بخاطر اینکه قدرت تفکیک مکانی آن‌ها کم است، تصویر حاصل از آن دچار آمیختگی پیکسلی می‌شود و در واقع درجه روشنایی هر پیکسل معرف خاص آن پیکسل نیست و پایگاه داده‌ای که به دست می‌آید نشان‌دهنده واقعیت موجود نیست و دریافتند که با ماهواره‌هایی مانند Quickbird2 و WorldView2 که دارای قدرت تفکیک مکانی بهتری هستند می‌توان داده‌های واقعی‌تری به منظور بررسی وضعیت پوشش گیاهی در این مناطق به دست آورد. سنجنده حرارتی ماهواره لندست ۸ دارای دو باند حرارتی در بازه ۱۰/۶-۱۱/۱۹ و ۱۲/۵۱-۱۱/۵ میکرومتر با قدرت تفکیک مکانی ۱۰۰ متر است.

با توجه به اینکه گیاه نیشکر دارای پوشش گسترده و پر است، در میانه‌های دوره رشد (فصل تابستان) عملاً حرکت در میان این مزارع به منظور پایش داده‌های آب و خاک مزرعه همواره مشکل و پرهزینه است. لذا در این تحقیق، با علم بر این نکته که اگر دمای پوشش گیاهی افزایش یابد، گیاه روزنه‌های خود را بسته و تبخیر و تعرق انجام نمی‌دهد (۵، ۱۳ و ۲۷) و به عبارتی به گیاه تنش وارد شده است نسبت به برآورد دما که اصلی‌ترین معیار نشان‌دهنده وضعیت رطوبتی

دمای سطح زمین پارامتر مهمی است که می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات در سطح زمین باشد. اخیراً این پارامتر در مطالعات تغییر اقلیم، گرمایش جهانی، پدیده‌های زیست‌محیطی مانند خشکسالی کشاورزی، بررسی جزایر حرارتی شهری مؤثر بودن خود را بیشتر نمایان نموده است (۷، ۱۵، ۲۰ و ۲۸). در گذشته به منظور اندازه‌گیری دما از ایستگاه‌های ثابت یا ترمومترهای فروسرخ استفاده می‌شد، و این در حالی است که دمای سطح یک پارامتر منغیر نسبت به مکان و زمان است که بازه نوسان آن در مناطق وسیع بیشتر است. از سوی دیگر اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای نیازمند صرف هزینه و وقت زیاد است. در این راستا علم سنجش از دور با استفاده از باندهای حرارتی تصاویر ماهواره‌ای قابلیت خود را نسبت به تغییرات این پارامتر نشان داده است (۸ و ۱۶). از سال ۱۹۸۰ تاکنون تحقیقات متعددی بر روی دقت دمای محاسبه شده توسط تصاویر ماهواره‌ها انجام شده است (۱۴ و ۲۳). باستیانسن و همکاران (۵) در سال ۱۹۹۸ و در مطالعه دیگر سوپرینو و همکاران (۲۲) الگوریتمی را جهت تعیین تغییرات منابع آب در مصر با عنوان الگوریتم رابطه زمین، خاک، پوشش گیاهی و آب ارائه کردند. هم‌راستا با این تصاویر الگوریتم‌های مختلفی به منظور محاسبه دمای سطح بسط و توسعه داده شده‌اند. در این الگوریتم‌ها از باندهای مادون قرمز حرارتی سنجنده استفاده می‌شود که از جمله این الگوریتم‌ها می‌توان به الگوریتم پنجره تکی (Mono Window)، الگوریتم تک کانال (Single Channel)، الگوریتم دفتر علوم لندست و الگوریتم پنجره مجزا (Spilt Window) اشاره کرد (۱۹ و ۲۵). در تحقیقات اخیر نشان داده شده است که در میان این الگوریتم‌ها، الگوریتم پنجره تکی برای داده‌های باند حرارتی لندست ۷ که یک باند حرارتی دارد، و از سوی دیگر الگوریتم پنجره مجزا برای تصاویر ماهواره‌هایی مانند مودیس (MODIS) (دو باند حرارتی) و استر (ASTER) که دارای چند باند حرارتی هستند نتایج قابل قبولی ارائه داده است (۱۱، ۱۲، ۲۲ و ۲۶).

اکبری و کوهبنانی (۱) از الگوریتم سبال و طبقه‌بندی

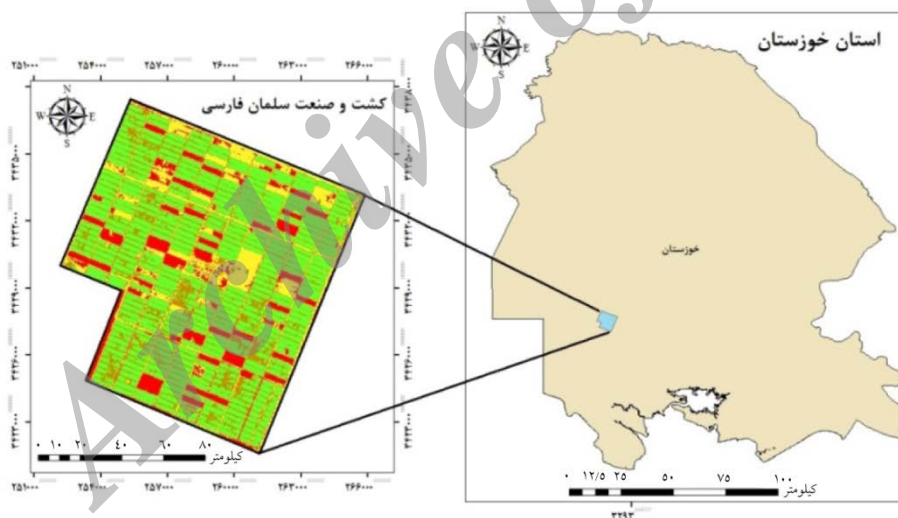
خالص اراضی آن ۱۲۰۰۰ هکتار و مابقی کانال، جاده، ساختمان و کارخانه می‌باشد که سالانه از ۱۰۰۰۰ هکتار آن برداشت نیشکر صورت گرفته و ۲۰۰۰ هکتار آن در حال آیش و کشت مجدد است. از نظر فیزیوگرافی، محدوده مورد مطالعه، سرزمین مسطح و نسبتاً کم ارتفاعی است که در پهنه وسیع و گسترده دشت بین‌النهرین قرار گرفته است. شیب عمومی زمین از دامنه ارتفاعات در شمال به سمت سواحل خلیج فارس در جنوب است. بطوری‌که شیب زمین در جنوب اهواز تا آبادان، بسیار کم (حدود یک دهم متر در کیلومتر) است. ارتفاع این کشت و صنعت از سطح دریا بین دو تا چهار متر می‌باشد. کشت و صنعت سلمان فارسی از شمال به کشت و صنعت نیشکر دعبیل خزاعی و از شرق به جاده اهواز- آبادان محدود می‌شود و پیچان‌رودهای رودخانه کارون بزرگ از غرب و جنوب آن را در برگرفته‌اند (شکل ۱).

مزارع است با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا بر روی باندهای حرارتی تصویر لندست ۸ اقدام شد و مقدار همبستگی دماهای بدست آمده از این الگوریتم با دمای نقاط کنترل برداشت شده توسط دماسنج مادون قرمز در سطح مزارع همزمان با گذر ماهواره لندست ۸ مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق، در طول دو سال زراعی (۹۴-۱۳۹۳) در مزارع کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی که یکی از واحدهای هفت‌گانه شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی در استان خوزستان است به اجرا در آمد. این کشت و صنعت در ۴۵ کیلومتری جنوب شهرستان اهواز واقع شده است. وسعت این کشت و صنعت در حدود ۱۴۰۰۰ هکتار است که مساحت

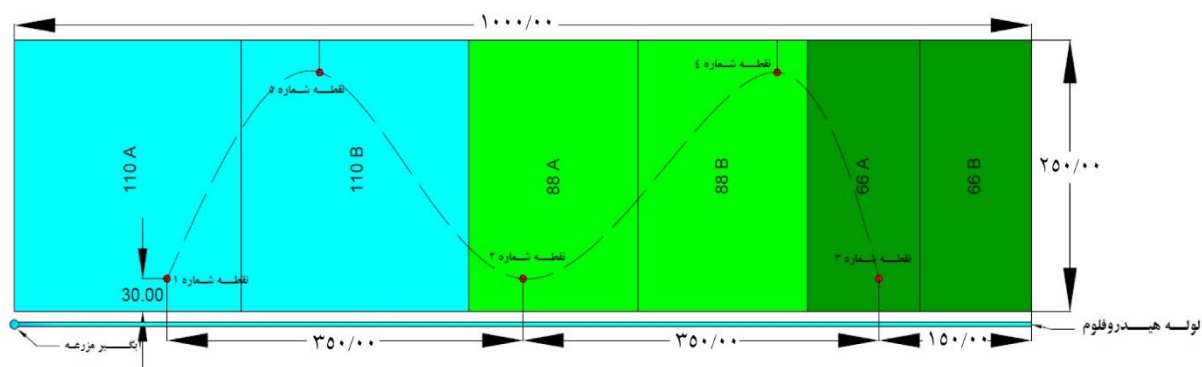


شکل ۱. موقعیت کشت و صنعت سلمان فارسی در استان خوزستان

می‌باشند (۳). در این تحقیق هشت مزرعه که در سن بازرونی اول، واریته CP69، که در روزهای مختلف آبیاری بودند، انتخاب شدند. میانگین زمان مورد نیاز برای آبیاری هر مزرعه ۴-۳/۵ روز است. سپس در هر مزرعه ۵ نقطه برداشت انتخاب و موقعیت مکانی آن‌ها ثبت گردید (شکل ۲).

اندازه‌گیری‌های میدانی

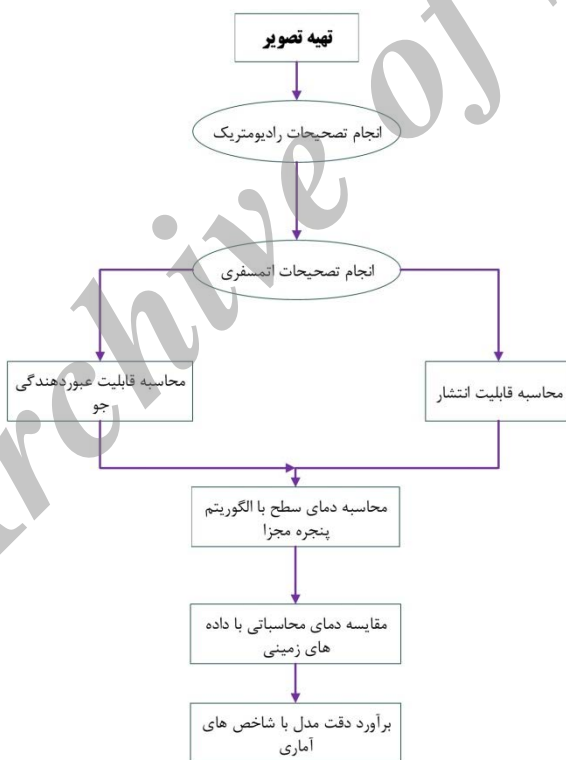
واحد سلمان فارسی دارای ۴۲۰ مزرعه است که در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ تعداد ۳۴۰ مزرعه از کل مزارع تحت کشت نیشکر قرار داشتند و بقیه مزارع آیش بودند. تمام مزارع کشت و صنعت ۲۵ هکتاری و دارای ابعاد (۲۵۰×۱۰۰۰) متر



شکل ۲. تصویر شماتیک قطعات آبیاری در مزارع نیشکر و نقاط برداشت اطلاعات میدانی

داده‌های مربوط به دمای پوشش سبز با استفاده از دماسنج مادون قرمز که در محدود ۸ تا ۱۴ میکرومتر کار می‌کند از مزارع همزمان با گذر ماهواره ساعت (۱۰:۴۵ به وقت محلی، ۷:۱۵ به وقت گرینویچ)، یک ربع قبل از زمان گذر تا یک ربع بعد از زمان گذر در ۴۰ نقطه اندازه‌گیری شد. سپس دمای اندازه‌گیری شده با دمای استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم پنجره مجزا مقایسه شد که روند محاسبه دما در شکل ۳ نشان داده شده است.

داده‌های مربوط به دمای پوشش سبز با استفاده از دماسنج مادون قرمز که در محدود ۸ تا ۱۴ میکرومتر کار می‌کند از مزارع همزمان با گذر ماهواره ساعت (۱۰:۴۵ به وقت محلی، ۷:۱۵ به وقت گرینویچ)، یک ربع قبل از زمان گذر تا یک ربع بعد از زمان گذر در ۴۰ نقطه اندازه‌گیری شد. سپس دمای اندازه‌گیری شده با دمای استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم پنجره مجزا مقایسه شد که روند محاسبه دما در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. روند محاسبه دمای مزارع نیشکر با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا در تصاویر ماهواره‌ای

دانلود شد. تصویر هیچ گونه درصد ابرناکی نداشت. تصحیح اتمسفری بر روی باندهای اپتیک (۷ باند اول) با استفاده از افزونه ATCORE در نرم‌افزار ERDAS® 2014، که کدهای

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای تصویر تاریخ ۲۷ جولای ۲۰۱۵ برابر با ۵ مرداد ۱۳۹۴ از سایت USGS با شماره ردیف (Path) ۱۶۵ و مسیر (Row) ۳۹

می‌رسد الگوریتم کین و همکاران (۲۱)، چون بر پایه یک سری از محاسبات می‌باشد، الگوریتم بهتری است. با توجه به خصوصیات مشترکی که به نظر می‌رسد بین باندهای حرارتی ماهواره لندست ۸ و AVHRR وجود دارد می‌توان این الگوریتم را برای تصاویر لندست ۸ به منظور محاسبه دمای سطح زمین بکار برد. دمای سطح از رابطه ۳ محاسبه گردید. که ضرایب رابطه ۳ از رابطه‌های ۴ تا ۸ مشخص شد.

$$T_s = A_0 + A_1 T_{10} - A_2 T_{11} \quad [3]$$

$$A_0 = \frac{[a_{10} D_{11} (1 - C_{10} - D_{10}) - a_{11} D_{10} (1 - C_{11} - D_{11})]}{(D_{11} C_{10} - D_{10} C_{11})} \quad [4]$$

$$A_1 = 1 + \frac{[D_{10} + b_{10} D_{11} (1 - C_{10} - D_{10})]}{(D_{11} C_{10} - D_{10} C_{11})} \quad [5]$$

$$A_2 = \frac{D_{10} [1 + b_{11} (1 - C_{11} - D_{11})]}{(D_{11} C_{10} - D_{10} C_{11})} \quad [6]$$

$$C_i = \varepsilon \tau_i(\theta) \quad [7]$$

$$D_i = [1 - \tau_i(\theta)] + (1 - \varepsilon) \tau_i(\theta) \quad [8]$$

که در این رابطه‌ها؛ ε_i گسیلمندی سطح زمین در باند i ، $\tau_i(\theta)$ قابلیت عبور اتمسفری برای زاویه زینت معین، T_s درجه حرارت سطح زمین، T_{10} و T_{11} درجه حرارت روشنایی باندهای ۱۰ و ۱۱، A_0 ، A_1 ، A_2 ضرایبی هستند که با استفاده از قابلیت انتشار و قابلیت عبور اتمسفری برای زاویه زینت مشخصی محاسبه می‌شوند. در این الگوریتم به منظور محاسبه پارامترهای a_{10} ، a_{11} ، b_{10} ، b_{11} از رابطه پلانک استفاده شد.

$$L_i = \frac{B_i(T_\lambda)}{\partial B_i(T)/\partial T} \quad [9]$$

$$B_\lambda(T_\lambda) = \frac{C_1}{\lambda^5 [e^{C_2/(\lambda T_\lambda)} - 1]} \quad [10]$$

انتقال تابشی MODTRAN را استفاده می‌کند انجام گرفت. پارامترهای ورودی مورد نیاز عبارتند از؛ اطلاعات زاویه زینت (Zenith Angle)، جهت شیب، فاکتور دید آسمان و سایه که هر کدام از آن‌ها محاسبه شدند. به منظور انجام تصحیح رادیومتریک، برای تبدیل مقادیر رقومی (Digital Number) تصویر به تابش طیفی (Spectral Radiance) مربوط به باندهای اپتیک و میزان دمای روشنایی برای باندهای حرارتی از رابطه‌های ۱ و ۲ که در زیر نشان داده شده است، استفاده شد.

$$L_\lambda = (M_L \times Q_{cal}) + A_L \quad [1]$$

در این رابطه؛ L_λ تابش طیفی در بالای اتمسفر (Top Of Atmosphere spectral radiance)، M_L عامل مقیاس‌سازی ضربی باند خاص (Band-specific multiplicative rescaling factor)، A_L عامل مقیاس‌سازی افزایشی باند خاص (Band-specific additive rescaling factor)، Q_{cal} عدد رقومی باند مربوطه. مقادیر M_L و A_L در فایل مرجع تصاویر اخذ شده موجود می‌باشد، سپس در باندهای حرارتی تابش طیفی به درجه حرارت روشنایی در سطح سنجنده تبدیل گردید.

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad [2]$$

در این رابطه؛ T_b دمای تابشی که بر روی سطح سنجنده ثبت می‌گردد (کلوین)، K_1 و K_2 ثابت‌های تبدیل حرارتی باندهای حرارتی هستند که از فایل مرجع (Header File) استخراج گردید.

الگوریتم پنجره مجزا

اساس این الگوریتم بر پایه تفاوت دمای تابشی دو باند حرارتی است که در مجاورت همدیگر قرار دارند. در طول سه دهه گذشته محققین زیادی بر اساس روش‌های تجربی پارامترهای الگوریتم پنجره مجزا را محاسبه کرده‌اند، اما به نظر

طول موج ۱۲ میکرومتر قرار دارد.

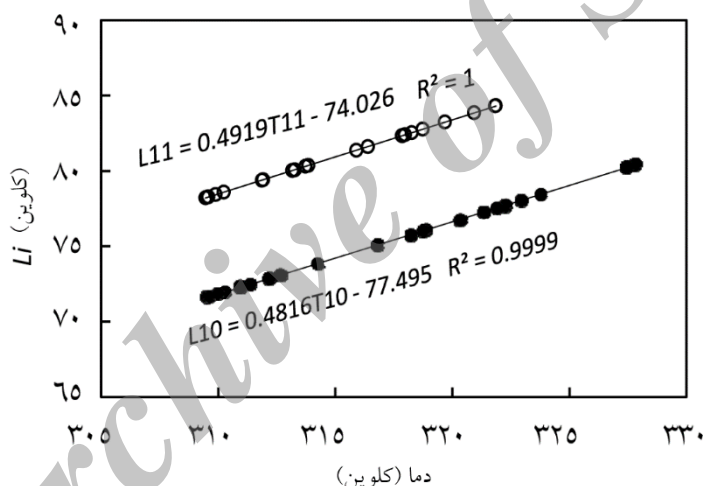
گائو و کین (۹) بیان کردند که رابطه بین دمای روشنایی و طول موج بر حسب رادیانس یک رابطه خطی با همبستگی بالا است که ضرایب و عرض از مبدأ این رابطه به ترتیب پارامترهای a_{10} , a_{11} , b_{10} , b_{11} استخراج می‌شوند. در شکل ۴، برای محاسبه این ضرائب در تصویر، بین متغیر حد واسط (Intermediate parameter) و درجه حرارت روشنایی، معادله خطی برازش داده شد که در رابطه ۱۲ معادله خطی برازش آورده شده است.

$$L_i = a_i + b_i T_i \quad [12]$$

در این رابطه‌ها؛ L_i مقدار درجه حرارت (کلوین)، $B_i(T_\lambda)$ رادیانس تابع پلانک، $\partial B_i(T)/\partial T$ مشتق تابع پلانک برای باند i در درجه حرارت T می‌باشد. از ترکیب دو رابطه ۹ و ۱۰ رابطه ۱۱ استخراج شد.

$$L_i = \left(\frac{T^2 \lambda}{C_2}\right) (1 - e^{-C_2/\lambda T}) \quad [11]$$

در این رابطه؛ C_1 و C_2 ثابت‌های رادیانس هستند که مقدار آن‌ها به ترتیب 3.7415×10^{-16} (وات بر متر مربع) و $14387/685$ (میکرومتر بر کلوین) است. λ مرکز باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱ است، از آنجائی که باند ۱۰ در محدوده $10/6-11/19$ ، بنابراین مرکز آن $10/9$ میکرومتر است و همچنین باند ۱۱ که در محدوده $11/5-12/51$ مرکز آن در



شکل ۴. نمودار برازش داده شده بین دمای سنجنده و متغیر حد واسط برای باندهای ۱۰ و ۱۱ ماهواره لندست

میلیس (۱۷) و پنگ و همکاران (۱۸) با استفاده از نتایج تصاویر سنجنده MODIS، خطای معادل ۰/۰۱ در تعیین قابلیت انتشار باعث خطایی در حدود ۱/۶ درجه سانتی‌گراد در دمای سطح زمین شد. در این تحقیق برای به دست آوردن توان تشعشعی از روش کسر پوشش گیاهی، استفاده شد که برای این منظور ابتدا شاخص (NDVI) محاسبه گردید.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad [13]$$

قابلیت انتشار

مقدار قابلیت انتشار (Emissivity) بر روی مقدار دمای سطح به شدت تأثیرگذار است. قابلیت انتشار یک ماده واقعی در مقایسه با جسم سیاه، بسته به نوع ماده تشکیل‌دهنده پدیده‌ها مختلف، متفاوت و در طول موج‌های مختلف ناحیه مادون قرمز حرارتی با یکدیگر تفاوت می‌کند. به همین دلیل پدیده‌های مختلف را با وجود دمای یکسان می‌توان با استفاده از این پارامتر تشخیص داد (۱۱). تعیین قابلیت انتشار باندها از جمله پارامترهای مؤثر در دمای سطح زمین است، میلر و

شاخص به سمت ۱- تمایل پیدا می‌کند. دامنه متداول برای این شاخص ۰/۲ برای خاک‌های لخت و ۰/۹ برای پوشش گیاهی متراکم است.

در این رابطه؛ مقادیر شاخص NDVI بین ۱- و ۱+ متغیر است. هر چه پوشش گیاهی منطقه متراکم‌تر باشد، این میزان به ۱+ نزدیک‌تر است و در مناطق با پوشش گیاهی ضعیف، این

جدول ۱. روابط قابلیت انتشار و شاخص NDVI

شاخص تفاضل گیاهی نرمال شده NDVI	گسیلمندی سطح زمین (ε)
NDVI < 0.2	$a_i \rho_{Red} + b_i$
$0.2 \leq NDVI \leq 0.5$	$\varepsilon = \varepsilon_v p_v + \varepsilon_s (1 - p_v) + C_i$
$0.5 \leq NDVI$	$\varepsilon = \varepsilon_v + C_i$

$$C_i = (1 - \varepsilon_s) \varepsilon_v \cdot F' \cdot (1 - P_v) \quad [15]$$

جدول ۲. مقادیر قابلیت انتشار برای خاک و پوشش گیاهی در تصاویر لندست ۸ (۲۴)

شماره باند	خاک بدون پوشش	پوشش گیاهی
باند ۱۰	۰/۹۶۶۸	۰/۹۷۳
باند ۱۱	۰/۹۷۴۶	۰/۹۸۹۶

قابلیت عبوردهندگی جو

از آنجائی که بازتاب‌های طیفی سطح توسط جو جذب می‌شوند و بیشترین جذب‌کننده بازتاب امواج بخار آب هوا (w) است، لذا با استفاده از این پارامتر قابلیت عبوردهندگی جو محاسبه می‌شود. که مقدار بخار آب هوا با استفاده از رابطه زیر استخراج شد.

$$w = 0.0981 \times \left\{ 10 \times 0.6108 \times \exp \left[\frac{17.27 \times (T_0 - 273.15)}{237.3 + (T_0 - 273.15)} \right] \times RH \right\} + 0.1697 \quad [16]$$

اتمسفر مقدار میانگین این بازه زمانی قرار داده شد. در مرحله بعد با استفاده از جدول ۳ رابطه بین قابلیت عبور اتمسفری و محتوای بخار آب اتمسفر، میزان قابلیت گذر اتمسفری محاسبه شد.

با توجه به جدول ۱، در نواحی که شاخص پوشش گیاهی کمتر از ۰/۲ است خاک بدون پوشش گیاهی تلقی می‌شود، بازتاب باند مادون قرمز نشان‌دهنده گسیلمندی سطح است. از سوئی زمانی که شاخص پوشش گیاهی بیشتر از ۰/۵ باشد، کل سطح را پوشش کامل در نظر گرفته اما در حالت بینابینی، باید قابلیت انتشار خاک و پوشش گیاهی با هم در نظر گرفته شود و به‌منظور یکنواخت کردن تأثیر این دو پارامتر، شاخص کسر پوشش گیاهی محاسبه شد (۶).

$$PVI = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \quad [14]$$

مقادیر قابلیت انتشار خاک و پوشش گیاهی برای باندهای ۱۰ و ۱۱ از جدول ۲ مشخص گردید. مقدار C نیز ناهمواری‌های زمین است که برای توپوگرافی مسطح صفر در نظر گرفته می‌شود و از رابطه ۱۵ محاسبه گردید. در این رابطه؛ مقدار F، عامل شکل که معمولاً مقدار ۰/۵۵ در نظر گرفته می‌شود.

در این رابطه؛ T_0 دمای نزدیک سطح زمین (دمای ۵ و یا ۱۰ سانتی‌متری سطح زمین)، RH رطوبت نسبی هوا. دو پارامتر دمای نزدیک سطح زمین و رطوبت نسبی در هنگام عبور ماهواره در بازه ۶۰ دقیقه، (۱۰:۱۵-۱۱:۱۵) هر ۱۰ دقیقه یکبار قرائت شد و در محاسبات مقدار بخار آب موجود در

جدول ۳. رابطه بین قابلیت عبور اتمسفری و محتوای بخار آب اتمسفری

معادله برآورد	بخار آب اتمسفر	نمایه
$\tau_{10} = -0.0164w^2 - 0.04203w + 0.9715$	۰/۲-۳	تابستان عرض‌های میانی
$\tau_{11} = -0.01218w^2 - 0.0735w + 0.9603$		
$\tau_{10} = -0.00168w^2 - 0.1329w + 1.127$	۳-۶	
$\tau_{11} = 0.009186w^2 - 0.2137w + 1.181$		

نتایج و بحث

یکی از اصلی‌ترین مشکلات در واسنجی داده‌های سنجش از دور با استفاده از داده‌های زمینی عدم هماهنگی بین مقیاس اندازه‌گیری زمینی (کوچک‌تر از یک مترمربع) و پیکسل ماهواره‌ای (۳۰×۳۰ متر) برای لندست ۸ است. زمانی این نوع اعتبارسنجی داده‌ها معتبر است که پوشش سطح در مقیاس زمینی همگن باشد. چرا که داده‌های ماهواره‌ای دمای یک پیکسل خاص با مساحت خاصی را بطور متوسط نشان می‌دهد.

بولگرین و همکاران (۶) در سال ۱۹۹۵، با استفاده از تصویر ماهواره اوپرا نقشه توزیع دمای سطح دریاچه بایکال را استخراج نمودند.

میلر و میلین (۱۷) نقشه توزیع دمای سطح دریاچه گریت سالت واقع در ایالت متحده را با استفاده از تصاویر لندست ۵ استخراج کردند. در زمین‌های کشت و صنعت نیشکر چون مزارع بطور یکدست، کشت نیشکر می‌باشند، بنابراین به نظر می‌رسد این مشکل وجود نداشته باشد و می‌توان ادعا نمود که دمای هر نقطه از پیکسل تصویر ماهواره‌ای با توجه به پوشش گیاهی آن معرف کل آن پیکسل است. پس از پیاده کردن الگوریتم، دمای مزارع نیشکر و نقاط اندازه‌گیری میدانی مطابق شکل ۵ استخراج شد.

شاخص‌های ارزیابی

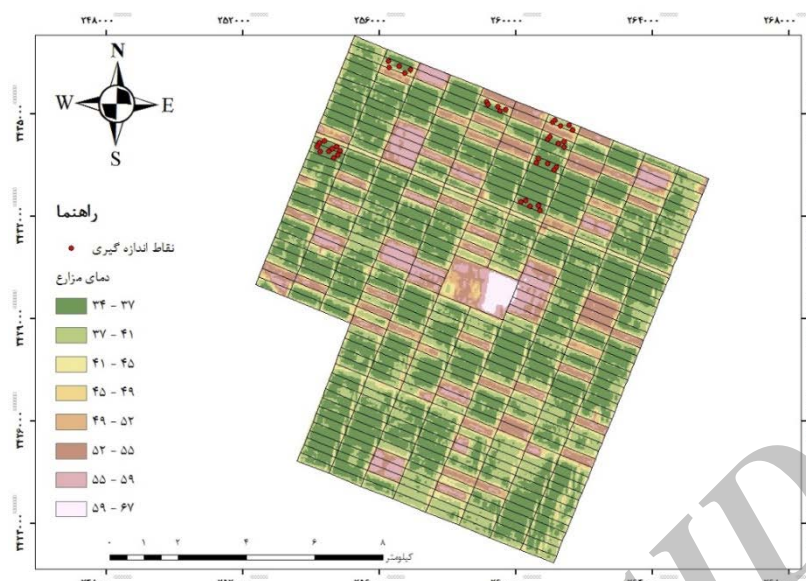
شاخص‌های آماری متفاوتی برای سنجش اعتبار و درستی مدل‌ها وجود دارد که از آن جمله می‌توان به ضریب همبستگی (Correlation Coefficient)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSe)، کارایی مدل‌سازی (EF)، ضریب جرم باقیمانده (CRM)، میانگین خطای مطلق (MAE) و میانگین انحراف معیار (ME) اشاره کرد که به شرح زیر است.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad [17]$$

$$RMSe = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N}} \quad [18]$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i|}{N} \quad [19]$$

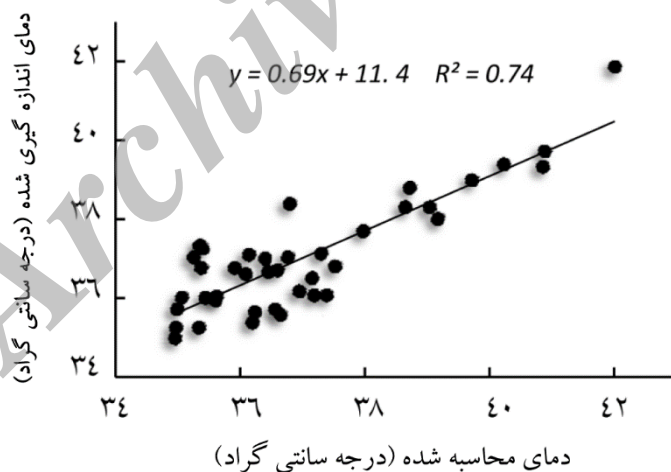
در این رابطه‌ها؛ y_i مقادیر اندازه‌گیری شده، \bar{y}_i میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده، \hat{y}_i مقادیر برآورد شده به کمک مدل و N تعداد کل مشاهدات است. مقدار RMSe نشان می‌دهد که پیش‌بینی‌ها تا چه حد اندازه‌گیری‌ها را بیشتر یا کمتر تخمین زده‌اند.



شکل ۵. دمای سطح محاسبه شده مزارع نیشکر با الگوریتم پنجره مجزا

دمای محاسبه شده با دمای اندازه‌گیری دارای همبستگی ۰/۷۴٪ است. مقدار حداقل مجذور مربعات خطا و میانگین مربعات خطا به ترتیب ۰/۹۲۵ و ۰/۷۶۶ درجه سانتیگراد محاسبه شد.

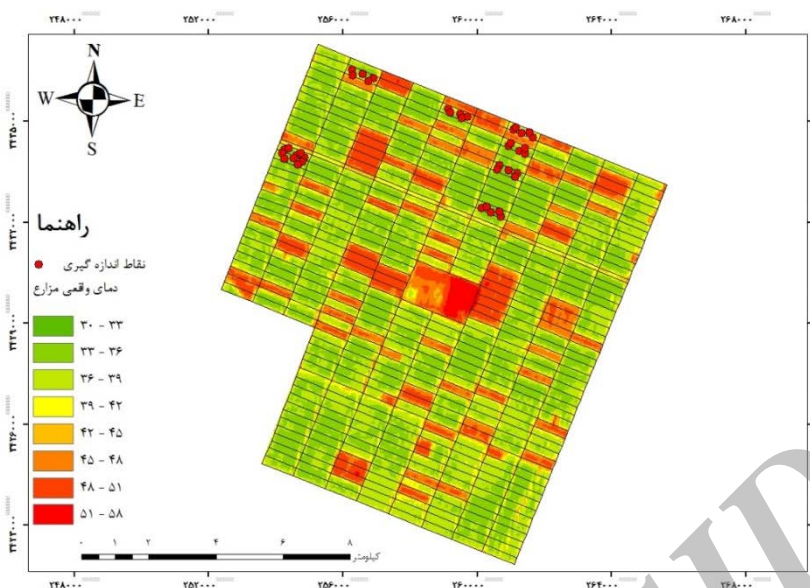
بعد از محاسبه دمای مزارع توسط الگوریتم پنجره مجزا، با توجه به نقاط اندازه‌گیری، بین دمای اندازه‌گیری شده میدانی و دمای محاسبه شده از الگوریتم طبق شکل ۶ مقدار همبستگی محاسبه شد. همان طور که در شکل ۶ نشان داده شده است،



شکل ۶. مقدار همبستگی بین دمای اندازه‌گیری شده و دمای محاسبه شده

گردید که نتیجه آن در شکل ۷ نشان داده شده است.

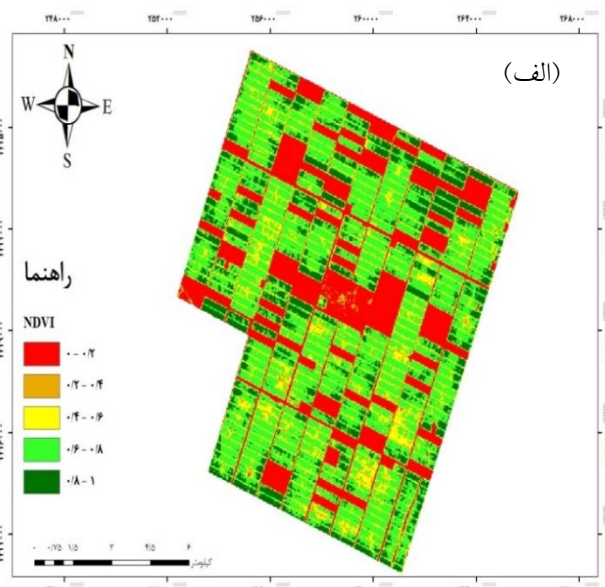
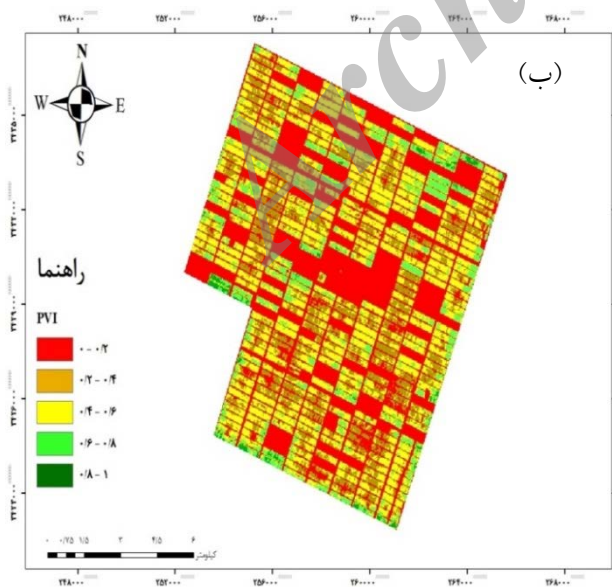
به منظور به دست آوردن دمای واقعی مزارع با توجه به داده‌های زمینی رابطه خطی همبستگی بر روی تصویر اعمال



شکل ۷. دمای سطح واقعی مزارع نیشکر

یکنواخت می‌باشند (شکل ۹)، به نظر می‌رسد، آبیاری اصلی‌ترین عامل تأثیرگذار در تغییرات و اختلاف دمای نقاط اندازه‌گیری و ماهواره باشد. لیانگ (۱۳) نشان داد که در شرایط پوشش گیاهی یکنواخت، پارامتر اصلی تعیین کننده دما، مقدار رطوبت است.

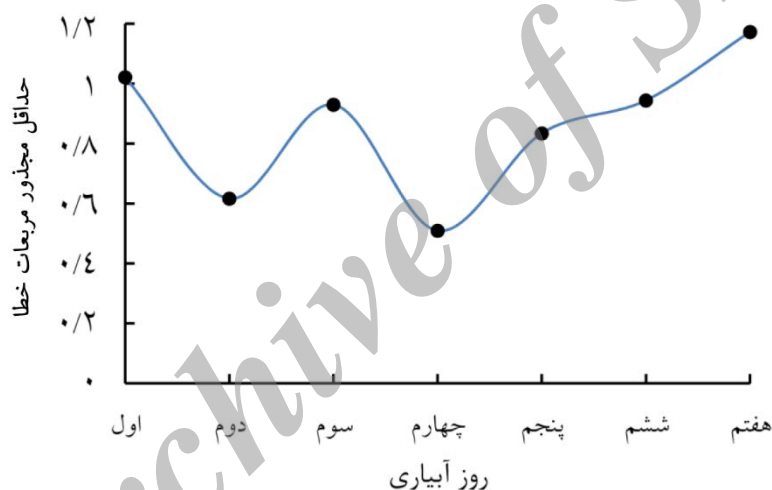
طبق تحقیقات هرب و همکاران (۱۰) و همان طور که در شکل ۸ نشان داده شده است، حداکثر دمای سطح مربوط به اراضی آیش بوده و در اراضی با پوشش گیاهی نسبتاً متراکم، دمای سطح اراضی به شدت پائین‌تر از زمین‌های آیش است که اختلاف دمای بین زمین‌های آیش و دارای پوشش نیشکر بیشتر از ۲۰ درجه است، اما در مزارع نیشکر که دارای پوشش



شکل ۸ شاخص تفاضلی پوشش گیاهی (الف)، شاخص کسر پوشش گیاهی (ب)

بیشتر شود. در روز اول نیز اختلاف همچنان زیاد است، ولی نسبت به روز هفتم اختلاف دما کمتر می‌شود، و این نیز بنظر می‌رسد به دلیل عدم جذب آب از سوی گیاه (تأخیر در فرایند تعرق گیاه) است. در روز دوم چون مزرعه به راحتی می‌تواند آب جذب نماید و جریان تعرق در پوشش گیاهی انجام می‌گیرد و از سوی دیگر به دلیل اینکه بیشتر مزرعه پوشش گیاهی است، اختلاف دمای ماهواره که ترکیبی از خاک و پوشش است بسیار کمتر می‌شود. در روز سوم اختلاف دما صعودی می‌شود ولی در روز چهارم به کمترین مقدار خود می‌رسد، این پدیده به دلیل استفاده گیاه از تمام پتانسیل ریشه برای جذب آب است.

به منظور مشاهده تأثیرات عامل آبیاری، تعداد نقاطی که در روز اول تا هفتم آبیاری بودند به تفکیک مقدار تغییرات شاخص حداقل مجذور مربعات خطای آن‌ها در مقابل روزهای مختلف آبیاری به منظور مشاهده تأثیرات هر کدام از روزهای آبیاری و بیشترین سهم اختلاف دو دمای اندازه‌گیری شده و برآورد شده از سطح ماهواره در شکل ۱۰ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱۰ از روز چهارم به بعد (پنجم، ششم و هفتم) که رطوبت خاک مزرعه کاهش می‌یابد و از آنجایی که دمای ماهواره ترکیبی از دمای خاک و پوشش گیاهی است، تأثیرات خاک باعث می‌شود که اختلاف دمای ماهواره با دمای اندازه‌گیری شده پوشش گیاهی توسط دماسنج روز به روز



شکل ۹. حداقل مجذور مربعات خطا در روزهای مختلف آبیاری بین دمای ماهواره و دمای اندازه‌گیری شده میدانی

توجه به اهمیت موضوع دما، دمای این مزارع با الگوریتم‌های دیگری مانند الگوریتم کانال تکی و الگوریتم دفتر علوم لندست محاسبه شود. همچنین در جهت برآورد سایر پارامترها، مانند برآورد سطح زیر کشت، تخمین عملکرد محصول مزارع نیشکر و بهره‌وری آب کشاورزی اقدام شود، چرا که واحدهای کشت و صنعت از بزرگترین مصرف‌کنندگان منابع آب می‌باشند. از دیدگاه دورسنجی نیز می‌توان از تصاویر ماهواره‌های دیگر مانند مودیس که در اختیار هستند، بهره گرفت.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر و پژوهش‌های انجام شده نشان داد که فناوری سنسجس از دور می‌تواند نقش مؤثری را در تعیین نقشه دمای مزارع نیشکر و از سوی دیگر تعیین نقاط پر تنش در مزارع تحت آبیاری و مشاهده روند تغییرات رطوبت در مزارع نیشکر ایفا نماید. از نتایج این تحقیق می‌توان بمنظور آبیاری دقیق که هدف آن تعیین محل انجام آبیاری، زمان آبیاری و مقدار آبیاری مورد نیاز است، استفاده نمود، که این مهم نقش عمده‌ای در بهبود مصرف منابع آب دارد. پیشنهاد می‌شود که با

parameter model in split window algorithm. *Geography and Geo-Information Science*, 23(4): 9-12.

10. Herb WR, Janke B, Mohseni O, Stefan HG. 2008. Ground surface temperature simulation for different land covers. *Journal of Hydrology*, 356(3): 327-343.
11. Jiménez-Muñoz JC, Sobrino JA. 2010. A single-channel algorithm for land-surface temperature retrieval from ASTER data. *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*, 7(1): 176-179.
12. Li Z-L, Tang B-H, Wu H, Ren H, Yan G, Wan Z, Trigo IF, Sobrino JA. 2013. Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 131: 14-37.
13. Liang S. 2004. *Quantitative Remote Sensing of Land Surfaces*, Wiley-interscience, John Wiley & Sons In. ISBN 0-471-28166-2, Ch. 2, 10. 560 pp.
14. Lillesand T, Kiefer RW, Chipman J. 2014. *Remote sensing and image interpretation*. 6th Edition. John Wiley & Sons, 804 pp.
15. Lin L, Chen J, Cai C. 2012. High rate of nitrogen fertilization increases the crop water stress index of corn under soil drought. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(22): 2865-2877.
16. Maimaitiyiming M, Ghulam A, Tiyip T, Pla F, Latorre-Carmona P, Halik Ü, Sawut M, Caetano M. 2014. Effects of green space spatial pattern on land surface temperature: Implications for sustainable urban planning and climate change adaptation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 89: 59-66.
17. Miller W, Millis E. 1989. Estimating evaporation from Utah's Great Salt Lake using thermal infrared satellite imagery. *Water Resources Bulletin*, 25: 541-550.
18. Peng S-S, Piao S, Zeng Z, Ciais P, Zhou L, Li LZ, Myneni RB, Yin Y, Zeng H. 2014. Afforestation in China cools local land surface temperature. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(8): 2915-2919.
19. Petitcolin F, Vermote E. 2002. Land surface reflectance, emissivity and temperature from MODIS middle and thermal infrared data. *Remote Sensing of Environment*, 83(1): 112-134.
20. Pôças I, Cunha M, Pereira LS, Allen RG. 2013. Using remote sensing energy balance

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند که از همکاری کشت و صنعت سلمان فارسی در مرحله اخذ اطلاعات و برداشت داده‌های میدانی از بخش مرکز مطالعات آن واحد تشکر و قدردانی نمایند.

منابع مورد استفاده

۱. اکبری، ا. و ح. کوهبنانی. ۱۳۸۹. استفاده از الگوریتم DTC و SEBAL به منظور برآورد دمای سطح از باند حرارتی ETM⁺. همایش ملی ژئوماتیک، تهران، سازمان نقشه‌برداری، ۱۹ و ۲۰ اردیبهشت ماه.
۲. بهرامی، ش.، ا. اکبری و ع. دوران. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر عوامل جغرافیایی بر حرارت سطحی زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مخروط آتشفشان تفتان. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۴(۴): ۱۱-۲۴.
۳. مرکز تحقیقات نیشکر. ۱۳۸۹. گزارش نتایج مطالعات فازی یک کشت و صنعت سلمان فارسی، آمار سالانه. ۱۳۵ صفحه.
4. Asner GP, Heidebrecht KB. 2002. Spectral unmixing of vegetation, soil and dry carbon cover in arid regions: comparing multispectral and hyperspectral observations. *International Journal of Remote Sensing*, 23(19): 3939-3958.
5. Bastiaanssen W, Menenti M, Feddes R, Holtslag A. 1998. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation. *Journal of Hydrology*, 212: 198-212.
6. Bolgrien DW, Granin NG, Levin L. 1995. Surface temperature dynamics of Lake Baikal observed from AVHRR images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61(2): 211-216.
7. Carlson TN, Ripley DA. 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 62(3): 241-252.
8. Friedel MJ. 2012. Data-driven modeling of surface temperature anomaly and solar activity trends. *Environmental Modelling & Software*, 37: 217-232.
9. Gao L, Qin Z. 2007. Research on the fitting relation of the plank equation expansion

- spatial variability of midlatitude land surface temperature. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(D2): 2156–2202.
25. Wan Z. 2008. New refinements and validation of the MODIS land-surface temperature/emissivity products. *Remote Sensing of Environment*, 112(1): 59-74.
26. Yu X, Guo X, Wu Z. 2014. Land surface temperature retrieval from Landsat 8 TIRS—Comparison between radiative transfer equation-based method, split window algorithm and single channel method. *Remote Sensing*, 6(10): 9829-9852
27. Zhou C, Zhang S, Wang L, Miao F. 2005. Effect of fertilization on the canopy temperature of winter wheat and its relationship with biological characteristics. *Acta Ecologica Sinica*, 25(1): 18-221.
28. Zhou J, Zhan W, Hu D, Zhao X. 2010. Improvement of mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from HJ-1B satellite data. *Chinese Geographical Science*, 20(2): 123-131.
- and evapotranspiration to characterize montane landscape vegetation with focus on grass and pasture lands. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21: 159-172.
21. Qin Z, Zhang M, Arnon K. 2001. Split window algorithms for retrieving land surface temperature from NOAA-AVHRR data. *Remote Sensing For Land & Resources*, 56(2): 33-42.
22. Sobrino JA, Jiménez-Muñoz JC, Paolini L. 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of environment*, 90(4): 434-440.
23. Son N, Chen C, Chen C, Chang L, Minh V. 2012. Monitoring agricultural drought in the Lower Mekong Basin using MODIS NDVI and land surface temperature data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 18: 417-427
24. Vinnikov KY, Yu Y, Goldberg MD, Chen M, Tarpley D. 2011. Scales of temporal and

Archive of SID



Estimation of sugarcane field temperature using Split Window Algorithm and OLI LandSat 8 satellite images

Sh. Veysi^{1*}, A. A. Naseri², S. Hamzeh³, P. Moradi⁴

1. PhD. Student of Irrigation & Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz

2. Prof. College of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz

3. Assis. Prof. College of Geography, University of Tehran

4. MSc. of Remote Sensing & Geographic Information System, Shahid Chamran University of Ahvaz

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 April 2015

Accepted 1 October 2015

Available online 29 March 2016

Keywords:

Sugarcane fields temperature

Split window algorithm

LandSat 8

Infrared thermometer

Salman Farsi agro industry unit

ABSTRACT

Land Surface Temperature (LST) is one of important parameters that is measured using Remote-sensing tools and thermal bands of satellites. The importance of this issue is revealed when direct effects of temperature are shown on the increase and decrease of evaporation, evapotranspiration and as a result, the moisture content changes in the plant. In this study, the temperature of sugarcane canopy cover was measured by LandSat 8 satellite data in 8 sugarcane fields out of Salman Farsi Sugarcane Industry involving 5 points from each field (totally 40 points); these points were irrigated in different days and measured by the infrared thermometer. The points were selected at the edges of fields with the intervals of 30 m in order to avoid the combination of them with the pixels with no vegetation. To calibrate the Split Window (SW) algorithm, the input data of water evaporation, emissivity and transmittance as well as LandSat 8 satellite images were applied. Results have shown that the estimation of vegetation temperature of sugarcane fields in different days of irrigation was of an acceptable accuracy. Also, in the points with the same vegetation, irrigation is the main factor for the changes of temperature. In this research, Residual Mean Error Square (RMSE), and Mean Average Error for the measured field temperature and extracted one by the satellite images were given as 0.925 and 0.766 °C, respectively.

* Corresponding author e-mail address: shadman2010@yahoo.com