

برآورد تبخیر-تعرق واقعی اراضی شالیزاری با استفاده از سنجنده OLI و الگوریتم سبال (مطالعه موردی: شهرستان ساری)

محمدامین قلعه‌نوی^۱، محمدعلی غلامی سفیدکوهی^{۲*}، سید نوید نبوی^۳

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲-دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳-دانش آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی

magholamis@yahoo.com

چکیده

تبخیر-تعرق از جمله متغیرهای اصلی بیلان آب به حساب می‌آید. به منظور مدیریت بهتر در زمینه مصرف بهینه آب و برنامه‌ریزی صحیح شبکه‌های آبیاری و زهکشی لازم است تا میزان و چگونگی توزیع تبخیر-تعرق در سطح یک منطقه مورد پایش قرار گیرد. این پژوهش با هدف ارزیابی کارایی الگوریتم سبال جهت برآورد تبخیر-تعرق واقعی در اراضی شالیزاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. بدین منظور با استفاده از تصاویر سنجنده OLI از ماهواره LandSat-8 به کمک الگوریتم سبال مقدار تبخیر-تعرق واقعی اراضی شالیزاری محاسبه شد. سپس تبخیر-تعرق واقعی برآورد شده توسط الگوریتم سبال با مقادیر واقعی تبخیر-تعرق حاصله از معادله پنمن-مانتیث-فائو مقایسه شد. نتایج بررسی‌های آماری نشان داد الگوریتم سبال از توانایی خوبی در برآورد تبخیر-تعرق واقعی اراضی شالیزاری برخوردار است.

کلید واژه‌ها: سنجش از دور، سنجنده OLI، بیلان انرژی سطح، گیاه برنج، معادله پنمن-مانتیث-فائو

مقدمه

تبخیر-تعرق (ET) گیاهان یکی از متغیرهای اصلی در محاسبه بیلان آب و انرژی سطح زمین محسوب می‌گردد. پایش میزان و چگونگی توزیع تبخیر-تعرق جهت مدیریت بهینه منابع آب، برنامه‌ریزی آبیاری در شبکه‌های آبیاری و محاسبه راندمان کشاورزی، مهم به نظر می‌رسد (غلامی سفیدکوهی و همکاران، ۱۳۸۹). اغلب روش‌هایی که تاکنون ارائه شده است از اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای برای تخمین ET استفاده می‌کنند، لذا فقط مناسب مناطق محلی بوده و به خاطر طبیعت پویا و تغییرات منطقه‌ای ET قابل تعمیم به حوضه‌های بزرگ نمی‌باشند (ثنایی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۰). محدودیت‌های روش‌های معمول اندازه‌گیری تبخیر-تعرق باعث ایجاد انگیزه در استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در تعیین تبخیر-تعرق در سطوح وسیع می‌شود (سهیلی فر و همکاران، ۱۳۹۲). با استفاده از الگوریتم‌های موجود در سنجش از دور که مربوط به تبخیر-تعرق می‌باشند، می‌توان گام بزرگی را در مدیریت منابع آب برداشت. از جمله این الگوریتم‌ها می‌توان به الگوریتم سبال (SEBAL)^۱ اشاره نمود. ارجحیت الگوریتم سبال نسبت به دیگر الگوریتم‌های سنجش از دور این است که سبال شامل الگوریتم آنالیز تصاویر ماهواره‌ای بر مبنای اصول فیزیکی است و از شبیه‌سازی ماهواره‌ای استفاده می‌کند و نیاز به حداقل اطلاعات هواشناسی از اندازه‌گیری‌های زمینی یا مدل هوایی دارد (قمرنیا و همکاران، ۱۳۹۳). در پژوهشی رستمی و رائینی سرجاز (۱۳۹۵)، با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS^۱ و مدل SEBAL، تبخیر-تعرق واقعی و ضریب

¹ Surface Energy Balance Algorithm for Land

² Moderate Resolution Imaging Spectroradiometric

گیاهی سیب را برآورد کردند. نتایج مقایسه آماری بین تبخیر-تعرق واقعی حاصل از مدل SEBAL و روش معیار پنمن-مانتیث-فانو نشان داد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی داری میان این دو روش وجود ندارد. کرباسی و همکاران (۱۳۹۵)، تبخیر-تعرق واقعی منطقه‌ای را برای مزارع یونجه و ذرت شهرستان خرم‌دره با استفاده از تصاویر ماهواره LandSat-8 و الگوریتم SEBAL برآورد کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که این دو مدل مطابقت نسبتاً خوبی باهم دارند. وگل و همکاران (۲۰۱۷)، قابلیت پنج مدل مبتنی بر توازن سطح انرژی را برای تخمین تبخیر-تعرق روزانه گیاه پرمحصول سورگم ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که سه مدل SEBAL، S-SEBI^۳ و SEBS^۴ از کارایی خوبی در برآورد تبخیر-تعرق برخوردارند و دو مدل METRIC^۵ و SSEBOP^۶ دقت کافی را در این زمینه ندارند. صباح جابر و همکاران (۲۰۱۶)، کارایی الگوریتم SEBAL را در تخمین تبخیر-تعرق واقعی گیاه در شهر البابل عراق ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که الگوریتم SEBAL روش موثری در برآورد تبخیر-تعرق واقعی در منطقه مورد مطالعه است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی توانایی الگوریتم سبال به منظور برآورد تبخیر-تعرق واقعی گیاه برنج در اراضی شالیزاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان ساری صورت گرفت. به این منظور، از تصاویر سنجنده OLI ماهواره LandSat-8 طی سال ۲۰۱۷ استفاده شد. از بین تصاویر اخذ شده توسط سنجنده در طول فصل زراعی، تعداد ۳ تصویر با شرایط آب و هوایی مناسب و میزان ابرناکی اندک انتخاب شد. مشخصات و تاریخ تصاویر مورد استفاده در جدول ۱ آورده شد.

جدول ۱. مشخصات تصاویر استفاده شده در پژوهش

منطقه تحت پوشش	زمان تصویربرداری (گرینویچ)	تاریخ تصویربرداری (میلادی)	تاریخ تصویربرداری (شمسی)	سطر / ستون
شهرستان ساری	۰۷:۰۷	۲۰۱۷/۰۶/۰۷	۱۳۹۶/۰۳/۱۷	۳۵ / ۱۶۴
شهرستان ساری	۰۷:۰۱	۲۰۱۷/۰۷/۱۸	۱۳۹۶/۰۴/۲۷	۳۵ / ۱۶۳
شهرستان ساری	۰۷:۰۱	۲۰۱۷/۰۸/۰۳	۱۳۹۶/۰۵/۱۲	۳۵ / ۱۶۳

الگوریتم سبال با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و کم‌ترین داده‌های زمینی، بر مبنای معادله توازن انرژی مقدار تبخیر-تعرق واقعی را محاسبه می‌کند. با توجه به این که اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای تنها مربوط به زمان گذر ماهواره می‌باشد، لذا الگوریتم سبال، مقدار شار تبخیر-تعرق لحظه‌ای را در زمان تصویربرداری برآورد می‌نماید (ثنایی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۰).

$$\lambda ET = R_n - G - H \quad (1)$$

λET : شار گرمای نامحسوس، R_n : تشعشع خالص در سطح (Wm-2)، G : شار گرمای خاک (Wm-2)، H : شار گرمای محسوس (Wm-2).

در ادامه کار پس از برآورد شار گرمای نامحسوس، با استفاده از رابطه ۲، مقدار تبخیر-تعرق لحظه‌ای را محاسبه می‌کنیم.

³ Simplified Surface Energy Balance Index

⁴ Surface Energy Balance System

⁵ Mapping ET with Internalized Calibration

⁶ Operational Simplified Surface Energy Balance

$$ET_{inst} = 3600 * \frac{\lambda ET}{\lambda} \quad (2)$$

λ : گرمای نهان بخار آب و ET_{inst} برابر تبخیر-تعرق لحظه‌ای می‌باشد. در نهایت از نسبت تبخیر-تعرق لحظه‌ای محاسبه شده با مدل سبال به تبخیر-تعرق گیاه مرجع در مقیاس ساعتی در لحظه گذر ماهواره و حاصل ضرب این نسبت در تبخیر-تعرق روزانه گیاه مرجع، میزان تبخیر-تعرق واقعی روزانه محاسبه می‌شود.

$$ET_{act-24} = ET_{r-24} * (ET_{inst} / ET_{r-inst}) \quad (3)$$

در این معادله ET_{r-24} ، تبخیر-تعرق گیاه مرجع در مقیاس روزانه و ET_{r-inst} تبخیر-تعرق گیاه مرجع در مقیاس ساعتی می‌باشد.

نتایج و بحث

پیش از بررسی نتایج مربوط به تبخیر-تعرق ابتدا دو پارامتر دمای سطح (LST) و شاخص گیاهی (NDVI) مورد بررسی قرار گرفت. آمار مربوط به شاخص NDVI برای مناطق تحت پوشش گیاهی در جدول ۲ ارائه شد. مقدار میانگین NDVI در تاریخ ۱۳۹۶/۰۳/۱۷، برابر با ۰/۶۶۴ می‌باشد که با توجه به این که تقریباً یک ماه از فصل رشد گذشته و گیاه به بلوغ کامل نرسیده نسبت به مقدار NDVI در تاریخ ۱۳۹۶/۰۴/۲۷ که گیاه در دوره بلوغ خود به سر می‌برد، مقدار قابل قبولی است. همچنین در تاریخ ۱۳۹۶/۰۵/۱۲ مقدار NDVI به ۰/۶۰۸ رسید. از آنجایی که گیاه برنج تقریباً از اواسط مردادماه به بعد حالت سبزی خود را از دست می‌دهد و به سمت زرد شدن حرکت می‌کند و به روزهای برداشت نزدیک می‌شود این مقدار NDVI که کمترین مقدار در بین سایر تصاویر است، مقداری معقول و منطقی می‌باشد.

جدول ۲. آمار مربوط به شاخص پوشش گیاهی NDVI در منطقه مورد مطالعه

تاریخ تصویر (شمسی)	حداقل	حداکثر	میانگین
۱۳۹۶/۰۳/۱۷	۰/۳۶	۰/۹۷	۰/۶۶۴
۱۳۹۶/۰۴/۲۷	۰/۴۲	۰/۹۸	۰/۷
۱۳۹۶/۰۵/۱۲	۰/۲۶	۰/۹۶	۰/۶۰۸

جدول ۳، اطلاعات مربوط به دمای سطح زمین را نشان می‌دهد. با بررسی جدول مشخص شد که تاریخ ۱۳۹۶/۰۳/۱۷ کمترین و تاریخ ۱۳۹۶/۰۴/۲۷ بیشترین دمای سطح را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۳. آمار مربوط به دمای سطح زمین (LST) در منطقه مورد مطالعه

تاریخ تصویر (شمسی)	حداقل	حداکثر	میانگین
۱۳۹۶/۰۳/۱۷	۲۹۲/۶۸	۳۱۱/۲۸	۳۰۱/۹۸
۱۳۹۶/۰۴/۲۷	۲۹۳/۲۵	۳۱۵/۰۹	۳۰۴/۱۷
۱۳۹۶/۰۵/۱۲	۲۹۱/۷۶	۳۱۳/۷۶	۳۰۲/۷۶

⁷ Land Surface Temperature

⁸ Normalized difference Vegetation Index



هجدهمین همایش ملی برنج کشور

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری - پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان

۲۸ و ۲۹ آبان ۱۳۹۷

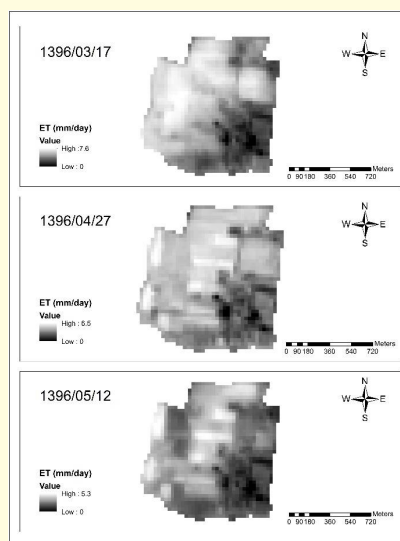
هجدهمین همایش ملی برنج کشور سی شاخص NDVI و دمای سطح زمین و اطمینان نسبی از روند کار و صحت نتایج به دست آمده از پارامترهای موثر بر مقدار تبخیر-تعرق، نتایج به دست آمده برای تبخیر-تعرق با استفاده از الگوریتم سبال با مقادیر حاصله از معادله فائو-پنمن-مانتیث مقایسه شد.

جدول ۴، ضمن نمایش مقدار تبخیر-تعرق واقعی و تبخیر-تعرق محاسبه شده توسط معادله فائو-پنمن-مانتیث، مقادیر آماره‌های MAE و RMSE را نیز نمایش می‌دهد. این دو آماره به ترتیب مقادیر ۲/۱ و ۲/۲ را به خود اختصاص داده‌اند که در واقع بیانگر مقدار خطای مدل نسبت به مقدار واقعی تبخیر-تعرق می‌باشند. بررسی این آماره‌ها نشان می‌دهد که مقادیر تخمینی برای تبخیر-تعرق واقعی گیاه برنج که توسط الگوریتم سبال محاسبه شده، از مقدار واقعی تبخیر-تعرق حاصله توسط رابطه فائو-پنمن-مانتیث کم‌تر است. علاوه بر بررسی مقادیر خطا، ارزیابی داده‌ها توسط شاخص همبستگی که مقدار ۰/۸۱ را به خود اختصاص داده، نشان از کارایی خوب مدل در پیش‌بینی مقدار واقعی تبخیر-تعرق دارد.

جدول ۴. مقایسه نتایج حاصله از الگوریتم سبال و معادله فائو-پنمن-مانتیث

تاریخ تصویر (شمسی)	الگوریتم سبال	معادله فائو-پنمن-مانتیث	میانگین خطای مطلق (MAE)	ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)	همبستگی
۱۷ خرداد ۱۳۹۶	۶/۱	۸/۳۶	۲/۱	۲/۲	۰/۸۱
۲۷ تیر ۱۳۹۶	۵/۸	۷/۴			
۱۲ مرداد ۱۳۹۶	۴/۶	۷/۱			

شکل ۲ تبخیر-تعرق واقعی برآورد شده توسط الگوریتم سبال را برای منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. همانگونه که در تصاویر قابل مشاهده است، مقدار تبخیر-تعرق در تاریخ ۱۳۹۶/۳/۱۷ بیشترین مقدار تبخیر-تعرق را داراست و در تاریخ‌های ۱۳۹۶/۴/۲۷ و ۱۳۹۶/۵/۱۲ به ترتیب از مقدار تبخیر-تعرق کاسته می‌شود.



شکل ۲. توزیع مکانی تبخیر-تعرق روزانه در محدوده مورد مطالعه



در این پژوهش با استفاده از تصاویر سنجنده OLI ماهواره LandSat-8 که جدیدترین ماهواره از سری ماهواره‌های LandSat می‌باشد، مقدار تبخیر-تعرق واقعی برای اراضی شالیزاری با به کارگیری از الگوریتم سبال برآورد شد و نتیجه حاصله با نتیجه به

دست آمده از تبخیر-تعرق واقعی در معادله فائو-پنمن-مانیتث مورد مقایسه قرار گرفت. با بررسی نتایج می‌توان گفت که الگوریتم سبال مقدار تبخیر-تعرق واقعی را برای سه دوره ابتدایی، میانی و پایانی رشد، کمتر از مقدار تبخیر-تعرق واقعی معادله فائو-پنمن-مانیتث برآورد می‌کند.

منابع

- غلامی سفیدکوهی، م.، میرلطیفی، م.، محمدی، ک.، علیمحمدی، ع. ۱۳۸۹. برآورد ضریب گیاهی واقعی گندم با استفاده از سنجنش از دور مطالعه موردی: حوضه گرگانرود. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۲، جلد ۴.
- ثنایی نژاد، ح.، نوری، س.، هاشمی نیا، م. ۱۳۹۰. برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در منطقه مشهد، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ۳.
- سهیلی فر، ز.، میرلطیفی، م.، ناصری، ع.، عصار، م. ۱۳۹۲. برآورد تبخیر-تعرق واقعی نیشکر با استفاده از داده‌های سنجنش از دور در اراضی کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان، نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۳، شماره ۱.
- قمرنیا، ه.، رضوانی، و. ۱۳۹۳. محاسبه و پهنه‌بندی تبخیر-تعرق با استفاده از الگوریتم سبال (SEBAL) در غرب ایران (دشت میان دربند)، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۸، شماره ۱.
- رستمی، ا.، راثینی سرجاز، م. ۱۳۹۵. دورسنجی تبخیر-تعرق واقعی و ضریب گیاهی سیب با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس و مدل سبال (مطالعه موردی: دشت اهر، ایران)، نشریه هواشناسی کشاورزی، جلد ۴، شماره ۱.
- کرباسی، م.، مقدم، م.، نیکبخت، ج.، کاویانی، ع. ۱۳۹۵. تخمین تبخیر-تعرق واقعی گیاه با استفاده از الگوریتم سبال (مطالعه موردی: منطقه خرم‌دره در استان زنجان)، اکوهیدرولوژی، دوره ۳، شماره ۳.

Wagle, P., Bhattarai, N., Gowda, P.H. and Kakani, V.G. 2017. Performance of five surface energy balance models for estimating daily evapotranspiration in high biomass sorghum. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 128, pp.192-203.

Jaber, H.S., Mansor, S., Pradhan, B. and Ahmad, N. 2016. Evaluation of SEBAL model for Evapotranspiration mapping in Iraq using remote sensing and GIS. Int. J. Appl. Eng. Res, 11, pp.3950-3955.

Actual evapotranspiration estimation of paddy fields using OLI sensor and SEBAL algorithm (case study: Sari county)

M. Ghalenovi¹, M. Gholami sefidkouhi^{1*}, N. Nabavi²

1- Dept. of Irrigation, University of Agricultural science and Natural Resources, Sari, Iran

2- MSc Garaduated of Remote sensing and geographical information system

*magholamis@yahoo.com

Abstract

Evapotranspiration is one of the main variables in water balance cycle. For better managing in the field of Optimum water consumption and right planinng of irrigation and drainage networks it's necessary to monitor the distribution of evapotranspiration in a region. The purpose of this study was to evaluate the efficiency of the SEBAL algorithm for estimating actual evapotranspiration in paddy fields of Sari agricultural science and natural resources university. For this purpose, the evapotranspiration of paddy fields was estimated by using Landsat-8 images and SEBAL algorithm. Then, the estimated evapotranspiration by SEBAL algorithm was

هجدهمین همایش ملی برنج کشور

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری - پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان

۲۸ و ۲۹ آبان ۱۳۹۷



compared with FAO Penman-Monteith model. The results of Statistical evaluations showed SEBAL algorithm has a good ability to estimate the actual evapotranspiration in paddy fields.

Key words: Remote sensing, OLI sensor, Surface energy balance, rice, Fao-penman-montieth