



نخستین از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال یازدهم / شماره سوم) پاییز ۱۳۹۹

نماینده شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز، سیولیکا، گوگل اسکولار
آدرس وب سایت: <http://girs.iaabushehr.ac.ir>



کاربرد مدل متریک برای برآورد تبخیر-تعرق واقعی ماهانه حوزه آبخیز ونک با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس

مریم رضائی، هدی قاسمیه، خدایار عبدالمهدی

دریافت: ۲۶ دی ۱۳۹۸ / پذیرش: ۱۰ تیر ۱۳۹۹

دسترسی اینترنتی: ۳ شهریور ۱۳۹۹

چکیده

مواد و روش‌ها روش‌های زیادی برای تخمین دقیق تبخیر-تعرق نقطه‌ای وجود دارد، از جمله لایسیمترهای وزنی (Weighing lysimeter)، روش نسبت بون (Bowen ratio technique) و روش ادی کوواریانس (Eddy covariance). نقطه‌ضعف روش‌های ذکر شده این است که، این روش‌ها فقط تبخیر-تعرق را برای یک مکان خاص برآورد می‌کنند و قادر به برآورد تبخیر-تعرق منطقه‌ای نیستند. مدل متریک توسط آلن و همکاران در سال ۲۰۰۷ بر اساس مدل شناخته شده سبال (باستیانسن، ۱۹۹۸)، ارائه گردیده است. مدل متریک، یک روش مبتنی بر سنجنده از دور است که تبخیر-تعرق واقعی را به عنوان باقیمانده معادله بیلان انرژی سطح برآورد می‌کند. در پژوهش حاضر، توزیع مکانی و زمانی تبخیر-تعرق واقعی حوزه ونک از آوریل تا نوامبر ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴، با استفاده از مدل متریک برآورد شد و با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس، امکان استفاده از متریک، مورد بررسی قرار گرفت. حوزه آبخیز ونک در قسمت جنوب شرقی حوزه کارون شمالی قرار گرفته است و از لحاظ جغرافیایی بین استان‌های چهارمحال و بختیاری و اصفهان قرار گرفته است.

پیشینه و هدف امروزه به منظور استفاده منطقی آب برای محصولات کشاورزی نیاز به درک و شناخت دقیق فرآیند تبخیر-تعرق وجود دارد. تبخیر-تعرق یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های بیلان آب است و از این رو یک متغیر کلیدی برای مدیریت بهینه منابع آب به شمار می‌آید. هدف از انجام پژوهش حاضر برآورد و تجزیه و تحلیل توزیع زمانی و مکانی تبخیر-تعرق واقعی در مقیاس زمانی ماهانه با استفاده از مدل متریک و مشاهدات ماهواره مودیس در حوزه آبخیز ونک و بررسی صحت نتایج متریک با الگوریتم بیلان انرژی سطحی برای زمین، سبال (SEBAL) است.

مریم رضائی^۱، هدی قاسمیه^۲ (✉)، خدایار عبدالمهدی^۳

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران

۲. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران

۳. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: h.ghasemieh@kashanu.ac.ir

سبال، (به‌عنوان روش استاندارد) است، که رویکردی است که به‌طور گسترده برای مقابله با چنین محدودیت‌هایی استفاده می‌شود. در گام دوم تجزیه و تحلیل، در پژوهش حاضر، مقادیر برآوردی تبخیر-تعرق ماهانه با استفاده از معادلات متریک در مقابل سبال برای حوزه ونک در سال ۲۰۱۴، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج مدل سبال به‌عنوان مرجعی برای مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از مدل متریک مورد استفاده قرار گرفت. بررسی آماری به‌منظور تعیین اختلاف بین تبخیر-تعرق ماهانه استخراج‌شده از سبال صورت گرفت. از معیارهای ارزیابی ضریب نش-ساتکلیف (NS; Nash-Sutcliffe coefficient)، ضریب تبیین Coefficient of Determination و میانگین خطای مطلق (MAE; Mean Absolute Error) استفاده شد. مقادیر بالای ضرایب R^2 و نش-ساتکلیف و مقادیر پایین MAE نشان داد که مدل متریک در بیشتر ماه‌ها با مدل سبال، ارتباط نزدیکی دارد. مقادیر تبخیر-تعرق ماهانه برآورد شده توسط مدل متریک در مقابل مقادیر تبخیر-تعرق ماهانه تخمین زده‌شده از مدل سبال، از آوریل تا نوامبر ۲۰۱۴ برای حوزه ونک ارزیابی و مقایسه گردید. بر اساس نتایج کلی نشان می‌دهد که پراکندگی برآوردها در یک حد قابل قبول است. در سال ۲۰۱۴، توافق خوبی بین مدل‌های متریک و سبال وجود داشت ($R^2 = 0.96-0.99$, $NSE = 0.93-0.99$ و $MAE = 1.3-7.53$). در سال ۲۰۱۴، نتایج دیگر نشان داد که در هر دو مدل، حد بالایی تبخیر-تعرق، افزایش تدریجی از آوریل تا جولای را نشان داد.

نتیجه‌گیری با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، نواحی دارای شاخص پوشش گیاهی بالا (LAI) و دمای سطح زمین پایین نسبت به سایر نواحی که دارای شاخص پوشش گیاهی پایین و دمای سطح زمین بالا هستند از میزان تبخیر-تعرق بیشتری برخوردارند. روند تغییرات سری زمانی شاخص LAI و تبخیر-تعرق در این پژوهش، با روند تغییرات پارامترهای مذکور در تحقیقی که توسط ریزگونزائلس و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از مدل متریک در داکوتا بررسی شده بود، مطابقت داشت.

واژه‌های کلیدی: تبخیر-تعرق واقعی، تغییرات زمانی-مکانی، سنجش‌ازدور، بیلان انرژی، حوزه آبخیز ونک

۶۰ تصویر سنجنده مودیس مربوط به شاخص سطح برگ (MOD15A2)، دمای سطح زمین (MOD11A2) و بازتاب سطحی (MOD09A1)، با فواصل زمانی هشت‌روزه استخراج گردید. تصاویر ذکرشده از وبسایت USGS دانلود گردید و سیستم مختصات تصاویر از حالت سینوسی به متریک (UTM) تبدیل شدند. فاکتور مقیاس مربوط به تصاویر LAI و LST و بازتاب سطحی به ترتیب ۰/۱، ۰/۰۲ و ۰/۰۰۰۱ است. شروع تخمین تبخیر-تعرق در مدل متریک با معادله بیلان انرژی، است. مجموعه داده‌ها شامل مشاهدات مودیس و داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های موجود در حوزه و اطراف آن به‌منظور محاسبه شارهای انرژی سطحی لحظه‌ای شامل؛ شار تابش خالص، شار گرمای خاک و شار گرمای محسوس در فن پردازش است. تبخیر-تعرق، در لحظه تصویر برای هر پیکسل، از تقسیم مقادیر شار گرمای نهان (LE) بر گرمای نهان تبخیر و چگالی آب، محاسبه شد.

نتایج و بحث در طول این تحقیق، حد بالایی تبخیر-تعرق، افزایش تدریجی از آوریل تا نوامبر را در هر دو سال ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ نشان داد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، حداکثر میزان تبخیر-تعرق واقعی در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ برای ماه جولای به ترتیب ۲۴۴ و ۲۶۳ میلی‌متر در ماه به‌دست‌آمده آمد. به‌طورکلی نتایج به‌دست‌آمده از این مقاله می‌تواند به شناخت بهتر تغییرات تبخیر-تعرق منطقه‌ای کمک کند. مقایسه توزیع‌های مکانی AET، LAI و LST، در منطقه مطالعاتی نتایج نشان داد که توزیع مکانی AET تحت تأثیر دو عامل LAI و LST، قرارگرفته است که از آزمون همبستگی پیرسون جهت آزمون رابطه دو متغیر LAI و LST با تبخیر-تعرق واقعی استفاده شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، نواحی با پوشش گیاهی متراکم و دمای سطح زمین پایین دارای مقادیر بالای تبخیر-تعرق بوده و مناطق دارای دمای سطح بالا و پوشش گیاهی پراکنده و کم از مقدار تبخیر-تعرق کمی برخوردارند. نتایج نشان داد که روند تغییرات میانگین دمای ماهانه، همسو با تبخیر-تعرق واقعی است، در مورد میانگین آلبیدو و شار تابش خالص نیز روند مشابهی دیده شد. لازم به ذکر است که عدم وجود اندازه‌گیری‌های زمینی برای مقایسه آن‌ها با مقادیر تبخیر-تعرق مدل، یک محدودیت بالقوه از پژوهش حاضر است. بااین‌حال، رویکرد پیشنهادی، ارزیابی برآوردهای تبخیر-تعرق به‌دست‌آمده از مدل متریک با برآوردهای تبخیر-تعرق حاصل از مدل



Utility of METRIC model for estimating actual monthly evapotranspiration of Vanak Basin using MODIS sensor images

Maryam Rezaei, Hoda Ghasemieh, Khodayar Abdollahi

Received: 16 January 2020 / Accepted: 30 June 2020
Available online 24 August 2020

Abstract

Background and Objective Nowadays, in order to logical use of water for agricultural products, an accurate understanding of the evapotranspiration process is needed. Evapotranspiration is one of the most significant components of water balance hence it is a key variable for the optimal management of water resources. In this paper, we aim to the analysis of the temporal and spatial distribution of actual evapotranspiration (AET) at monthly time scale using the METRIC approach, driven by MODIS satellite observations over the Vanak Basin and check the accuracy of the METRIC results with (SEBAL, Surface Energy Balance Algorithm for Land).

Materials and Methods There are many methods for correct estimation of point evapotranspiration, such as weighing lysimeters, the Bowen ratio, and the eddy correlation methods. The weakness of the mentioned methods is that these techniques only provide evapotranspiration for a specific site and they can't estimate regional evaporation. The METRIC model was developed by Allen et al., (2007) based on the well-known SEBAL model (Bastiaanssen, 1998).

METRIC model is a remote sensing-based method that estimates actual evapotranspiration as a residual of the surface energy balance. Herein, the spatial and temporal distribution of actual evapotranspiration of the Vanak Basin from April to November 2013–2014 was estimated using the METRIC model and using MODIS satellite data, the feasibility of using METRIC was investigated. Vanak Basin is located in the southeastern part of the Northern Karoon Basin. It is geographically placed between Chaharmahal va Bakhtiari and Isfahan provinces. 60 MODIS products of Leaf Area Index (MOD15A2), land surface temperature LST (MOD11A2) and surface reflectance (MOD09A1) in 8-day time step were extracted. The mentioned images were downloaded from the USGS website and the images were re-projected from the Sinusoidal projection to UTM projection. The scale factor for LAI, LST and Surface Reflectance were 0.1, 0.02 and 0.0001, respectively. Estimation of ET with the METRIC model begins with energy balance. Data sets such as MODIS observations and weather data from the stations in and near the Vanak Basin are used to calculate instantaneous surface energy fluxes including net radiation flux (R_n), soil heat flux (G) and sensible heat flux (H) in the processing technique. ET at the instant of the satellite image is computed for each pixel by dividing LE values by latent heat of vaporization and density of water.

M. Rezaei¹, H. Ghasemieh^(✉)², Kh. Abdollahi³

1. PhD. Student of Watershed Management Engineering and Science, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran
2. Associate Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran
3. Assistant Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
e-mail: h.ghasemieh@kashanu.ac.ir

Results and Discussion Throughout this research, the upper limit of the variation of AET showed a gradual increase from April to July in both 2013 and 2014. According to the results, the maximum amount of actual evapotranspiration in 2013 and 2014 for the July month was obtained 244 and 263 mm per month respectively. In general, the results of this paper will help us better understand the variations of regional AET. Comparison of the spatial distributions of AET, LAI and LST in the study area showed that the spatial distribution of AET was affected by two factors, LAI and LST, that Pearson correlation test was used to assess the relationship between two variables LAI and LST with actual evapotranspiration. Based on the results, the regions which had dense vegetation and low land surface temperatures had high AET rates, while in the regions with sparse vegetation and high land surface temperatures, the AET rate was low. The results showed that the trend of changes in the mean monthly temperature is in line with the monthly actual evapotranspiration; the same trend was observed in the case of albedo and net radiation flux. It should be noted that the absence of ground measurements for comparing them to the modelled AET amounts was a potential limitation of the current study. However, our approach of evaluating AET estimates derived from the METRIC model with the AET estimates derived from SEBAL model is a widely used (as standard approach) approach to tackle such limitations. In the second step of the analysis, this paper compares the estimated monthly AET using the equations of the METRIC versus the SEBAL, for the Vanak Basin in 2014. The outcome of the SEBAL model was used as a reference to compare the results obtained from the

METRIC model. The statistical analysis was performed to determine the differences between monthly AET derived from METRIC vs. monthly AET derived from SEBAL. The Nash–Sutcliffe model efficiency coefficient (NSE), Coefficient of Determination (R^2) and Mean absolute error (MAE) are used, that the results showed high R^2 values and NS coefficients and low MAE values indicate that METRIC is closely related to SEBAL Model in the most of the months. The monthly AET values estimated by the METRIC model versus the monthly AET values estimated from the SEBAL model were evaluated and compared for the Vanak Basin from April to November 2014. Based on the overall results the scatter of estimations is in an acceptable range. In 2014, there was good agreement between METRIC and SEBAL models ($R^2=0.96-0.99$, $NSE = 0.93-0.99$ and $MAE = 1.3-7.53$ mm month⁻¹). In 2014, other results indicated that in both models, the upper limit of the variation of AET showed a gradual increase from April to July.

Conclusion According to the results, the regions with high leaf area index (LAI) and low land surface temperature have more evapotranspiration than other regions with low leaf area index and high land surface temperature. The trend of the time series of LAI index and evapotranspiration in this study was consistent with the trend of changes in the parameters mentioned in the study, which was described by Reyes-González et al (2019) that use of the METRIC model in Dacota.

Keywords: Actual evapotranspiration, Spatial-temporal variation, Remote sensing, Energy balance, Vanak Basin