

کارایی شاخص PSMI در برآورد رطوبت سطحی خاک در حوزه آبخیز گاودره کردستان

صلاح الدین زاهدی^{۱*}، باقر قرمزچشمه^۲

چکیده

اطلاع دقیق از میزان رطوبت ونوسان‌های آن می‌تواند، راهکاری مناسب در جهت تهیه نقشه‌های رطوبت لایه سطحی خاک، پیش‌بینی وقوع طوفان‌های خاک و ریزگردها، پیش‌بینی سیل، خشکسالی و سایر پدیده‌های اقلیمی، تعیین فصل چرای دام در مراتع و تعیین زمان کشت و آبیاری گیاهان را فراهم نماید. در این مطالعه جهت برآورد و تعیین رطوبت خاک از شاخص Perpendicular Soil Moisture Index (PSMI) که از تصاویر ماهواره لندست ۸ که دسترسی به آن آزاد و بدون هزینه می‌باشد، استفاده شد. با استفاده از داده‌های میدانی و داده‌های سنجنده لندست ۸ ارتباط مابین این شاخص و رطوبت خاک مشخص گردید. بدین منظور ابتدا پیش‌پردازش کلیه تصاویر ماهواره‌ای شامل اصلاحات رادیومتریک، ژئومتریک و نرمال سازی صورت گرفت. سپس پردازش تصاویر ماهواره‌ای و استخراج شاخص PSMI انجام شد. در مرحله بعدی تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها صورت گرفته و داده‌های میدانی رطوبت خاک در مقایسه با مجموعه مقادیر ترکیبی بدست آمده برای شاخص PSMI برای نقاط نمونه‌برداری و تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در طول سال با استفاده از روش رگرسیون خطی ساده آنالیز شدند. در ادامه تعیین صحت نقشه‌های رطوبت خاک حاصل از شاخص با داده‌های رطوبت خاک بدست آمده از مطالعات میدانی صورت گرفت و جهت بررسی آماری صحت برآورد رطوبت خاک، از شاخص‌های آماری مختلف از جمله جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطا (ME) استفاده شد. نتایج نشان دادند که مقادیر برآورد شده با شاخص PSMI همبستگی متوسطی با داده میدانی داشته و میانگین ضریب R^2 در تمامی زمان‌های نمونه‌برداری حدود ۰/۷ می‌باشد. این شاخص همبستگی بالایی با پوشش گیاهی منطقه داشته به نحوی که در فصل بهار و همزمان با افزونی پوشش گیاهی، همبستگی آن با رطوبت خاک افزایش می‌یابد.

واژگان کلیدی: رطوبت سطحی خاک، شاخص PSMI، لندست ۸

^{۱*} . استادیار پژوهش، دکترای علوم و مهندسی آبخیزداری، بخش پژوهشی حفاظت خاک و آبخیزداری، سنندج، ایران، نویسنده اول ، رایانامه (Email) (zahedi51@gmail.com)

^۲ . استادیار پژوهش، دکترای جغرافیای طبیعی، گروه هیدرولوژی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، تهران، ایران، رایانامه (Email) baghergh@gmail.com

داده های لندست ۸ بدلیل در دسترس و بدون هزینه بودن با پوشش وسیع و تکراری و آرشيو غنی در صورت اثبات کارایی می تواند گزینه بسیار مناسبی برای تعیین رطوبت سطحی خاک در سطوح وسیع باشد، که با توجه به مشخصات داده های این سنجنده می توان امیدوار بود که به صورت غیر مستقیم و با استفاده از شاخص های مختلفی که می توان با باندهای مختلف این سنجنده تهیه کرد قادر به برآورد مناسبی از میزان رطوبت سطحی و تغییرات آن در خاک مناطق نیمه خشک باشیم.

گروینولد و بارز (۴) سطوح مرطوب و و درجه رطوبت سطحی را با استفاده از باند مادون قرمز کوتاه سنجنده TM ماهواره لندست مورد ارزیابی قرار دادند. سیستم پایش رطوبت خاک با استفاده از باند ۵ TM نشان داد که می تواند یک وسیله قوی و قابل اعتماد برای طبقه بندی رطوبت در منطقه مورد مطالعه باشد.

شافعیان و ماس (۶) در مطالعه ای در آمریکا از شاخص PSMI به منظور برآورد رطوبت در زمین های کشاورزی استفاده کردند. نتایج نشان داد که این شاخص توانسته است رطوبت خاک را با دقت ۰/۷۶ برآورد نماید.

پنگ و همکاران (۵) در مطالعه ای در چین با استفاده از داده های لندست ۸ شاخص خشکی پوشش گیاهی حرارتی (Temperature Vegetation Dryness Index) را بر اساس شاخص NDVI و LST به منظور برآورد رطوبت خاک محاسبه کردند. در این رابطه از داده های میدانی ۹۶ نقطه نمونه برداری شده استفاده گردید. نتایج نشان دادند که رابطه منفی شدیدی بین شاخص TVDI و رطوبت خاک وجود دارد.

حسینی چمنی و همکاران (۱) با استفاده از شاخص های نرمال شده رطوبت (NMDI)، پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) و دمای سطح زمین (LST) بدست آمده از داده های ماهواره لندست ۸ در منطقه دهدز شهرستان ایذه رطوبت خاک را برآورد کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که بین مقادیر رطوبت سطحی با شاخص های NDVI، NDMI، LST همبستگی به میزان $R^2 = 0.78$ وجود دارد.

کوهبنانی و همکاران (۳) از شاخص های مختلف استخراج شده از داده های لندست ۸ جهت برآورد رطوبت خاک در استان سمنان استفاده کردند. نتایج نشان دادند که شاخص رطوبت خاک باند کوتاه مادون قرمز بیشترین همبستگی را با رطوبت خاک در مناطق با پوشش گیاهی فقیر نشان داده است. مطالعه حاضر بدلیل استفاده از سری زمانی داده های ماهواره ای تفاوت اساسی با مطالعات انجام شده داشته و امکان پایش تغییرات رطوبت خاک در کاربری ها و شرایط توپوگرافی مختلف را در طی ۳ سال فراهم ساخته است. همچنین شاخص تعریف شده در این مطالعه ویژه بوده و بندرت در چنین بازه زمانی برای این موضوع بکار گرفته شده اند. هدف از این مطالعه تعیین کارایی تصاویر سنجنده لندست ۸ در برآورد رطوبت سطحی خاک در یک حوزه آبخیز است.

۲- مواد و روشهای مطالعه

۱-۲- موقعیت حوزه آبخیز محل طرح

حوزه آبخیز گاودره بخشی از حوزه آبخیز سد قشلاق است که با مساحتی حدود ۶۵۰ هکتار بین طولهای جغرافیائی ۴۶،۲۸،۳۱ تا ۴۶،۳۰،۰۱ و عرض های جغرافیائی ۳۵،۲۲،۱۵ و ۳۵،۲۴،۲۸ درجه در شمال سندج واقع شده است. کاربری عمده در این حوزه مرتع است. و میانگین بارندگی آن حدود ۳۲۳ میلی متر در سال است. محیط حوزه ۱۱ و طول آن ۴ کیلومتر است. حداکثر ارتفاع ۲۲۶۰ و حداقل ارتفاع ۱۸۴۰ متر از سطح دریاست.

۲-۲- جمع آوری داده‌های صحرائی

روش نمونه برداری طبقه بندی شده تصادفی جهت نمونه برداری صحرائی انتخاب شد. نقاط نمونه برداری بر اساس دامنه تغییرات وضعیت توپوگرافیک و پوشش زمین انتخاب شدند. بدین گونه که با تغییر وضعیت توپوگرافی و به تبع آن تغییر نوع پوشش نقاط نمونه برداری انتخاب و بر اساس مساحت، تعداد کل نقاط نمونه برداری ۵۲ نقطه بود و مختصات جغرافیائی نقاط نمونه برداری با استفاده از GPS ثبت گردید.

۲-۳- نرمال سازی داده‌ها

از تبدیل باکس کوکس به منظور نرمال سازی داده‌های رطوبت خاک اندازه گیری شده استفاده گردید. نتایج این تبدیل نشان داد که داده‌های مورد مطالعه نرمال بوده‌اند.

$$t(x) = \frac{(x^\lambda - 1)}{\lambda} \quad (1-2)$$

$t(x)$ تبدیل متغیر X با پارامتر تبدیل λ است. λ به منظور به حداکثر رساندن شاخص آماری W در آزمون نرمال سازی شاپیرو ویلکس بکار گرفته شده است.

۲-۴- داده های ماهواره ای

سنسورهای OLI و TIRS نسبت سیگنال به نویز را در عملکرد رادیومتری بهبود بخشیده اند و در نتیجه این کوانتیزیشن دوازده بیتی داده ها از طریق همین بیت های بیشتر امکان توصیف بهتری از پوشش زمین را می دهد.

۲-۵- شاخص رطوبت خاک PSMI^۱

شاخص رطوبت عمودی با استفاده از دو شاخص دما و پوشش گیاهی برای اندازه گیری رطوبت سطحی معرفی شده است (۶). الگوریتم های محاسبه مرحله ای این شاخص به قرار زیر هستند.

$$PSMI_i = \frac{D_i}{(1 + GC_i)} \quad (2-2)$$

$$D_i = \frac{(TIR_{i,norm} + GC_i)}{\sqrt{2}} \quad (3-2)$$

$$TIR_{i,norm} = \frac{(TIR_{i_i} - TIR_{min})}{(TIR_{max} - TIR_{min})} \quad (4-2)$$

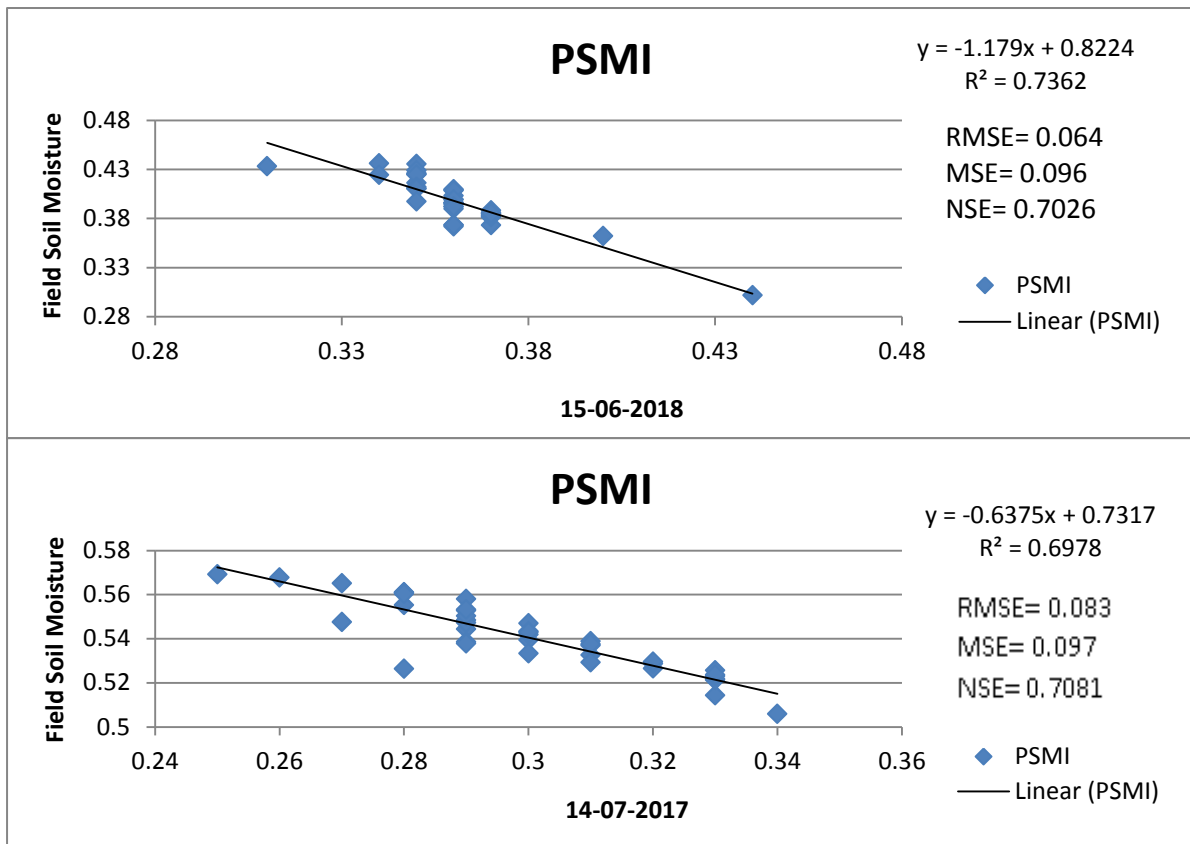
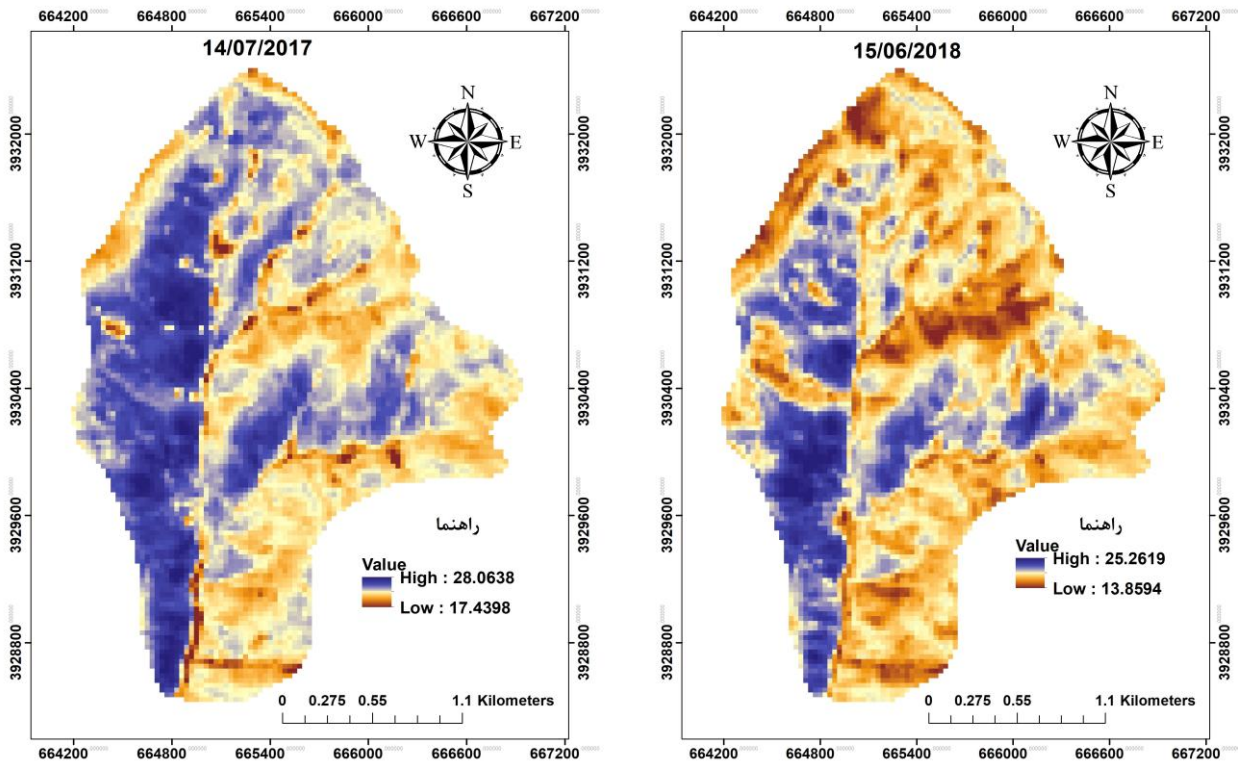
TIR_i = مقدار عددی باند مادون قرمز گرمایی برای هر پیکسل GC_i = پوشش زمین برای هر پیکسل تصویر

$TIR_{i,norm}$ = مقادیر نرمال شده باند گرمایی GC = پوشش زمین

۳- نتایج

برای هر تاریخ نمونه برداری با آماده سازی تصویر مربوطه شاخص رطوبتی خاک محاسبه و نقشه های آن تهیه گردید (شکل ۱).

^۱Perpendicular Soil Moisture Index



شکل (۱) نمونه ای از نقشه های تولیدی، نمودارهای مربوطه و معیارهای صحت سنجی

۳- بحث و نتیجه گیری

اندازه گیری رطوبت خاک در ۵۱ نقطه، با کاربری، جهت و شیب های مختلف در ۱۹ زمان در طی ۳ سال صورت گرفت. نتایج نشان می دهد که صحت و دقت این شاخص بشدت تحت تاثیر پوشش گیاهی می باشد بنحوی که با شروع فصل رشد گیاهی در بهار و افزایش پوشش مقادیر ضرایب اندازه گیر دقت بالا می رود. بیشترین میزان شاخص PSMI با ضریب تبیین یا R^2 ۰/۷۸ به مورخه ۹۸/۰۲/۲۷ تعلق دارد و کمترین آن با ۰/۶۷۹ مربوط به مورخه ۱۳۹۸/۰۸/۱۸ است. لذا می توان نتیجه گیری کرد که بالاترین همبستگی این شاخص در بهار و همزمان با اوج پوشش گیاهی و کمترین آن در اواسط پاییز، یعنی همزمان با کاهش میزان سبزیگی گیاهان است. صداقت و نظری پور (۲) در مطالعه ای با عنوان "پایش تغییرات رطوبت خاک در تالاب هورالعظیم و ارتباط آن با طوفان گردوغبار در جنوب غرب ایران" از شاخص PSMI استفاده کردند. نتایج کار موید این قضیه است که افزایش مقادیر این شاخص همبستگی بالایی با کاهش میزان رطوبت خاک در این مناطق و افزایش موارد طوفان های گرد و غبار داشته که نشان دهنده کارایی این شاخص در موارد این چنینی است.

کوهبنانی و همکاران (۳) در مطالعه ای در حوضه شهرستان سمنان به نتایج متفاوتی دست یافتند و این شاخص همبستگی پایینی را با داده های میدانی نشان داد که دلیل آن می تواند وضعیت اقلیمی خشک منطقه و در نتیجه ضعف پوشش گیاهی باشد. با توجه به بکارگیری کم این شاخص در دنیا مطالعات محدودی با آن انجام شده است. اما نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص PSMI از قابلیت مناسبی جهت سنجش، برآورد و پایش رطوبت سطحی خاک در اکثر کاربری های زمین بویژه در عرصه های طبیعی در مناطقی با ویژگی های منطقه مورد مطالعه این پژوهش برخوردار است.

منابع مورد استفاده

۱. حسینی چمنی، ف.، فرخیان فیروزی، ا و عامری خواه، ه. ۱۳۹۸. تابع انتقالی به منظور برآورد رطوبت خاک با شاخص های پوشش گیاهی، دمای سطح خاک و شاخص نرمال شده رطوبت. نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک، ۲۶(۴)، ۲۳۹-۲۵۴.
۲. صداقت، م و نظری پور، ح. ۱۳۹۹. پایش تغییرات رطوبت خاک در تالاب هورالعظیم و ارتباط آن با طوفان های گردوغبار در جنوب غرب ایران، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۲۹ (۱۱۴)، ۱۳۳-۱۴۵.
۳. کوه بنانی، ح و یزدانی، م. ۱۳۹۸. پهنه بندی رطوبت خاک سطحی با استفاده از تصاویر لندست ۸ (مطالعه موردی: حومه شهر سمنان). نشریه جغرافیا و پایداری محیط، ۲۸، ۶۵-۷۷.

4. Groeneveld, D. P and Barz. D. D. 2013. Remote Monitoring of Surfaces Wetted for Dust Control on the Dry Owens Lakebed, California. Open Journal of Modern Hydrology, 3, 241-252.
5. Peng, W., wang, J., Zhang, J and Zhang, Y. 2020. Soil moisture estimation in the transition zone from the Chengdu Plain region to the Longmen Mountains by field measurements and LANDSAT 8 OLI/TIRS-derived indices. Arabian Journal of Geosciences.13: 168.181.
6. Shafian, S and Mass, J.M. 2015. index of soil moisture using raw landsat image digital count data in texas high plains. Remote sensing. 7, 2352-2372.

Efficiency of PSMI index in estimating soil surface moisture in Gavdareh watershed of Kurdistan

Salahudin zahedi¹, Bagher Ghermezcheshmeh²

Abstract

Accurate information about the amount of moisture and its fluctuations can provide a suitable solution for preparing soil surface moisture maps, predicting the occurrence of soil storms and fine dust, predicting floods, drought and other climatic phenomena, determining the irrigation season and grazing season. In this study, the Perpendicular Soil Moisture Index (PSMI) was used to estimate and determine soil moisture, which is free and cost-free Landsat 8 satellite imagery. Using field data and Landsat 8 sensor data, the relationship between this index and soil moisture was determined. For this purpose, first pre-processing of all satellite images including radiometric, geometric and normalization corrections was performed. Then, satellite image processing and PSMI index extraction were performed. In the next step, the data were statistically analyzed and the soil moisture field data were analyzed in comparison with the set of combined values obtained for the PSMI index for sampling points and satellite images used during the year using simple linear regression method. Then, the accuracy of soil moisture maps obtained from the index was determined with soil moisture data obtained from field studies. To statistically evaluate the accuracy of soil moisture estimation, various statistical indicators such as root mean square error (RMSE) and mean error (ME) were used. The results showed that the estimated values with PSMI index had a moderate correlation with field data and the average coefficient of R² in all sampling times was about 0.7. This index has a high correlation with vegetation in the region so that in spring and at the same time with the increase of vegetation, its correlation with soil moisture increases.

Keywords: Surface Soil Moisture, Landsat8, PSMI

¹ Assistant Professor, Agricultural and natural Resources research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran, zahedi51@gmail.com

². Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, AREEO, Tehran, Iran; baghergh@gmail.com