



کارایی توابع انتقالی جهانی و توابع انتقالی محلی مدل WEPP برای برآورد فرسایش خاک در منطقه کلیبر آذربایجان شرقی

سیده الهام موسوی^۱، شجاع قربانی دشتکی^۲، سلمان میرزایی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ۲- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد و ۳- دکتری خاکشناسی گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

چکیده

اندازه‌گیری مستقیم میزان فرسایش خاک در مقیاس بزرگ دشوار، زمان‌بر و هزینه‌بر است. لذا، جهت برنامه‌ریزی برای مقابله با فرسایش خاک نیاز به برآورد آن با یک مدل مناسب فرسایشی است. یکی از مدل‌ها برای برآورد فرسایش خاک مدل WEPP است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی امکان برآورد فرسایش خاک توسط مدل WEPP با استفاده از توابع انتقالی (رگرسیون خطی چندگانه) و توابع پیش‌بینی مکانی خاک (رگرسیون خطی چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی) پی‌ریزی شده توسط میرزایی و همکاران (۱۳۹۴) به منظور برآورد فرسایش‌پذیری خاک است. بدین منظور، میرزایی و همکاران (۱۳۹۴) طی پژوهشی، فرسایش بین‌شیاری و شیاری را با سه تکرار در ۱۰۰ نقطه شبیه‌سازی نمودند. به طور کلی، نتایج حاصل از ارزیابی مدل‌ها در فاز آزمون نشان داد که عملکرد شبکه عصبی که به منظور برآورد فرسایش‌پذیری خاک پی‌ریزی شده است (میرزایی و همکاران ۱۳۹۴) در تخمین فرسایش خاک ($ME=0/0.039$ ، $RMSE=0/0.052$ و $R^2=0/0.401$) در مقایسه با سایر مدل‌ها بهتر بوده و از توانایی بیشتری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی، فرسایش خاک، WEPP

مقدمه

به منظور برآورد فرسایش خاک به صورت کمی تاکنون مدل‌های زیادی ابداع شده‌اند. یکی از آن‌ها مدل WEPP است (Felangan et al, 2007). برای برآورد فرسایش بین‌شیاری در مدل WEPP از رابطه (۱) استفاده می‌شود (Nearing, 1995):

$$D_i = K_{ib} I q S_f \quad (1)$$

Liebenow et al, (1990) عامل شیب (S_f) را به عنوان تابعی از درجه شیب در نظر گرفته و برای محاسبه‌ی آن رابطه (۲) را پیشنهاد نمودند:

$$S_f = 1.5 - 0.85 \exp(-4 \sin(\theta)) \quad (2)$$

در این تابع، θ زاویه شیب بر حسب درجه می‌باشد. همچنین، رابطه (۳) نیز برای برآورد فرسایش شیاری در مدل WEPP مورد استفاده می‌گیرد:

$$D_r = D_c (1 - q \sqrt{T_c}) \quad (3)$$

در این رابطه D_r شدت فرسایش شیاری ($kg m^{-2} s^{-1}$)، D_c ظرفیت یا توان جدا شدن خاک ($kg m^{-2} s^{-1}$)، q_s بار رسوب ($kg m^{-1}$)، T_c توان حمل رسوب در شیاری ($kg m^{-1} s^{-1}$) است. ظرفیت یا توان جدا شدن نیز از رابطه (۴) محاسبه می‌گردد (Foster, 1982):

$$D_c = K_{rb} (\tau - \tau_c) \quad (4)$$

که K_{rb} فرسایش‌پذیری شیاری ($s m^{-1}$)، T_c تنش برش بحرانی خاک (pa) است. برای وقوع فرسایش شیاری تنش برشی حاصل از جریان سطحی بایستی بیش‌تر از تنش برشی بحرانی خاک گردد.



بررسی منابع و از جمله توسعه دهندگان مدل WEPP بیان داشتند که پارامتر فرسایش پذیری متأثر از ویژگی های خاک بوده و اندازه گیری مقادیر واقعی آن دشوار، زمان بر و هزینه بر می باشد. در مدل WEPP برای برآورد فرسایش پذیری بین شیبی میناء (K_{ib}) در خاک های زراعی که میزان شن آن برابر یا بیش از ۳۰٪ باشد از رابطه ی (۵) استفاده می شود (Elliot et al, 1989):

$$K_{ib} = 272800 + 19210000(vfs) \quad (5)$$

که vfs کسر شن خیلی ریز در خاک سطحی (افق شخم) است. چنانچه میزان شن خیلی ریز بیش از ۴۰ درصد باشد، همان مقدار ۰/۴ به جای شن خیلی ریز در رابطه (۶) به کار می رود. برای خاک های زراعی در حالتی که میزان شن کم تر از ۳۰ درصد باشد، رابطه زیر به کار می رود:

$$K_{ib} = 6054000 + 551300 (Clay) \quad (6)$$

که در آن clay کسر رس در خاک سطحی است. برای مقادیر رس کمتر از ۱۰ درصد در تابع همان ۰/۱ به جای میزان رس منظور می گردد. Elliot et al, (1989) بیان داشتند که برآورد پارامترهای فرسایش پذیری شیبی در خاک های کشاورزی حاوی ۳۰ درصد شن یا بیش تر به وسیله روابط (۷ و ۸) صورت می گیرد:

$$K_{rb} = 0.00197 + 0.03 vfs + 0.03863 e^{-184om} \quad (7)$$

$$T_c = 2.67 + 6.5 clay - 5.8 vfs \quad (8)$$

که vfs کسر شن خیلی ریز، clay کسر رس و OM کسر ماده آلی خاک است. در توسعه این تابع فرض بر آن است که ماده آلی برابر با ۱/۷۲۴ ضریب مقدار کربن آلی خاک است. اگر در معادلات فوق کسر میزان شن خیلی ریز و مقدار رس در سطح خاک به ترتیب کم تر و بیش تر از ۰/۴ باشد، در روابط یاد شده مقدار آن ها ۰/۴ قرار داده می شود. برای زمین های کشاورزی با کم تر از ۳۰ درصد شن در لایه سطحی خاک، روابط به صورت زیر ارائه شده است:

$$K_{rb} = 0.0069 + 0.134 e^{-20clay} \quad (9)$$

$$\tau_c = 3.5 \quad (10)$$

اگر کسر میزان رس کمتر از ۰/۱ باشد، مقدار رس ۰/۱ قرار داده می شود.

در مورد توابع انتقالی و توابع پیش بینی مکانی خاک به منظور برآورد اجزاء فرسایش پذیری مدل WEPP میرزائی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که با توجه به اینکه توابع انتقالی موجود در مدل WEPP برای خاک های آمریکا طراحی شده است لذا در خارج از آن منطقه کاربرد چندانی نداشته و از خطای زیادی برخوردار است. این محقق توابع انتقالی زیر را برای برآورد فرسایش پذیری بین شیبی، شیبی و تنش برشی بحرانی خاک مدل WEPP برای منطقه کلیدر واقع در استان آذربایجان شرقی به دست آوردند:

$$K_{ib} = 701210 + 6171700vfs - 17042 \ln(I_b) \quad (11)$$

$$K_{rb}^* = 0.0433 + 0.00211 \ln(Dg) - 0.3827OM - 0.0227CCE \quad (12)$$

$$T_c = -0.452 - 2.31 \ln(Dg) + 0.047CCE \quad (13)$$

که در معادلات فوق vfs کسر شن خیلی ریز، I_b سرعت نفوذ پایه، OM کسر ماده آلی، Dg میانگین هندسی قطر ذرات (میلی متر)، CCE کسر کربنات کلسیم معادل است. همچنین، یافته های این پژوهشگران نشان داد که استفاده از اطلاعات سنجش از دور ماهواره لندست ۷ و مدل رقومی ارتفاع موجب افزایش دقت تخمین پارامترهای فرسایش پذیری مدل WEPP می گردد و روابط زیر را ارائه نمودند:

$$K_{ib} = 132260 + 5707500vfs - 140000 \ln(I_b) - 297Elevation + 13901Band_3 \quad (14)$$

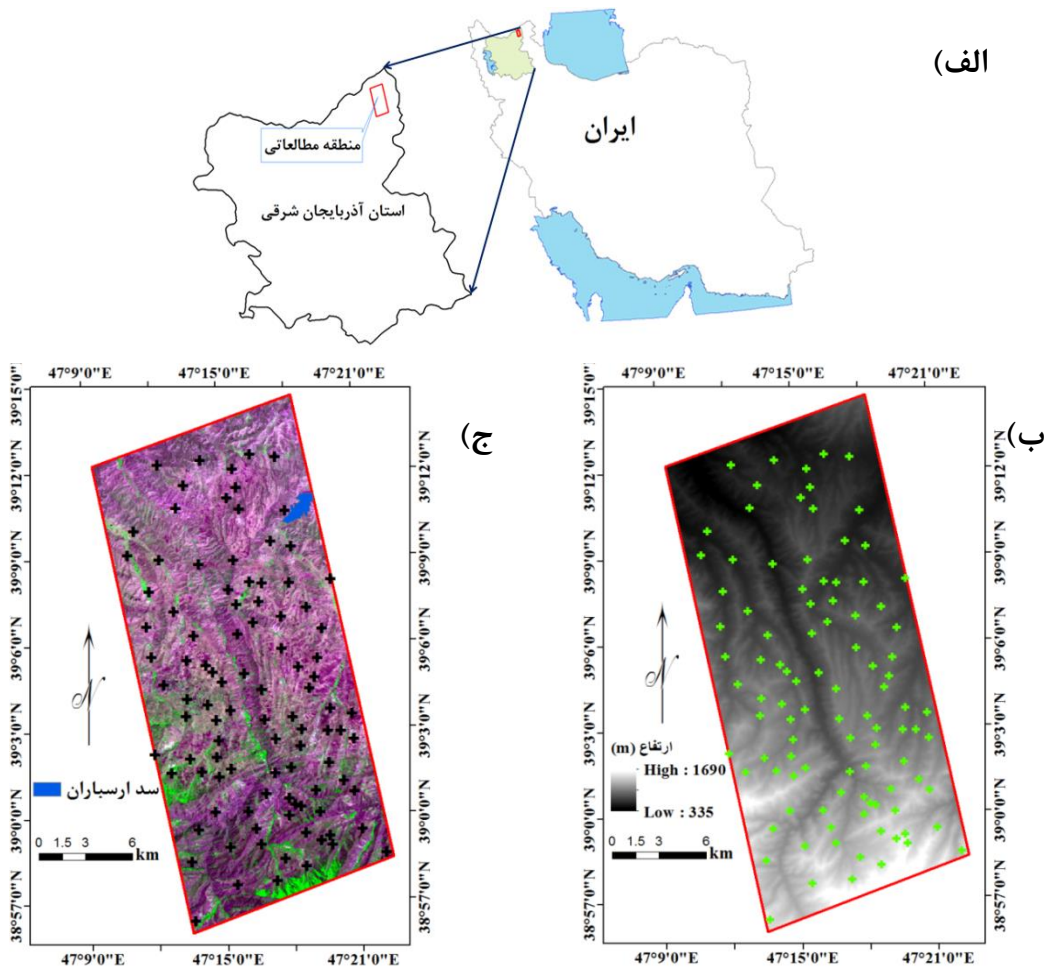
$$K_{rb}^* = 0.0511 + 0.0012 \ln(Dg) - 0.4809OM - 0.0222CCE + 0.00036Slope - 0.0001Band_4 \quad (15)$$

افزون بر این، میرزائی و همکاران (۲۰۱۷) عملکرد شبکه عصبی را در تخمین اجزاء فرسایش پذیری مدل WEPP مورد بررسی قرار دادند. یافته های این پژوهش حاکی از آن بود که عملکرد شبکه عصبی در مقایسه با رگرسیون خطی چندگانه بهتر بود.

به هر حال، میرزائی و همکاران (۲۰۱۷) تنها توانایی مدل‌های رگرسیونی و شبکه عصبی را در تخمین پارامتر فرسایش‌پذیری خاک که یکی از ورودی‌های مدل WEPP برای تخمین فرسایش خاک است مورد بررسی قرار دادند. از این‌رو، در این مطالعه تلاش شده است تا مدل‌های پی‌ریزی شده توسط میرزائی و همکاران (۲۰۱۷) به منظور برآورد پارامتر فرسایش‌پذیری خاک، در برآورد میزان فرسایش خاک در منطقه شمال غرب ایران مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در شمال غرب ایران، استان آذربایجان شرقی واقع و وسعتی برابر با ۴۱۳۵۳ هکتار از زمین‌های زراعی دشت سنلین شهرستان کلیبر را شامل می‌شود. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی $47^{\circ} 8'$ تا $47^{\circ} 22'$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $38^{\circ} 56'$ تا $39^{\circ} 15'$ شمالی قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت منطقه (الف) و توزیع نقاط نمونه‌برداری بر روی DEMs (ب) و تصویر ماهواره‌ای (ج)

در پژوهش حاضر از اطلاعات داده‌های پوشش‌های پایان نامه دکتری میرزائی (۱۳۹۴) استفاده شده است. در تحقیق فوق، ۱۰۰ نمونه خاک به صورت تصادفی نظارت شده بر اساس مساحت طبقات متفاوت شیب از زمین‌های زراعی دشت سنلین، شهرستان کلیبر، استان آذربایجان شرقی برداشت شد. فرسایش بین‌شیاری و شیاری نیز در نقاط انتخاب شده با سه تکرار شبیه‌سازی شد.

در پژوهش حاضر، داده‌های فرسایش‌پذیری خاک حاصل از مدل‌های رگرسیونی و شبکه عصبی مصنوعی پی‌ریزی شده توسط میرزائی (۱۳۹۴) در مدل‌های فرسایش بین‌شیاری و شیاری مدل WEPP جایگذاری شد. سپس، میزان فرسایش خاک کل با استفاده از مدل WEPP برآورد شدند. پس از آن اقدام به ارزیابی میزان فرسایش خاک اندازه‌گیری شده با میزان فرسایش خاک برآورد شده توسط مدل WEPP با استفاده از آماره‌های ضریب تبیین، میانگین خطا و میانگین ریشه مربعات خطا گردید.

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E}_i)(E_i^* - \bar{E}_i^*) \right]^2}{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E}_i)^2 \sum_{i=1}^n (E_i^* - \bar{E}_i^*)^2} \quad (16)$$

$$ME = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n (E_i^* - E_i) \quad (17)$$

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n (E_i^* - E_i)^2} \quad (18)$$

نتایج و بحث

نتایج آمار توصیفی مقادیر اندازه‌گیری شده فرسایش خاک در نقاط مطالعه شده، شامل میانگین، حداکثر، حداقل و ضریب تغییرات داده‌ها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- توصیف آماری فرسایش خاک

پارامتر	حداقل	حداکثر	میانگین	میانه	انحراف معیار	CV
فرسایش خاک ($\text{kg.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$)	۰/۰۰۳۲	۰/۰۱۶۲	۰/۰۰۷۰	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۲۷	۳۸/۶

بر اساس آماره میانگین خطا (ME)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین (R^2) کارایی همه مدل‌ها به منظور تخمین فرسایش‌پذیری خاک در برآورد مقدار فرسایش خاک از توابع انتقالی مدل WEPP بهتر بود (جدول ۲). با افزایش متغیرهای کمکی به مدل رگرسیونی نوع تابع انتقالی دقت مدل رگرسیونی نوع پیش‌بینی مکانی خاک جهت برآورد فرسایش کل افزایش یافت (جدول ۲). بر اساس نتایج جدول (۲)، بهترین مدل برای تخمین فرسایش کل شبکه عصبی برای برآورد فرسایش‌پذیری با آماره‌های RMSE و R^2 به ترتیب ۰/۰۰۵۲ و ۰/۴۰۱ بود. یکی دیگر از عوامل مهم و موثر در کارایی شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های رگرسیونی مربوط به نوع رابطه موجود بین متغیرهای وابسته و مستقل است. به نظر می‌رسد برخی از متغیرهای مورد مطالعه دارای رفتار غیرخطی بوده که موجب برتری شبکه عصبی بر مدل‌های رگرسیون چند متغیره خطی شده است.

جدول ۲- برآورد فرسایش خاک با استفاده از توابع پی‌ریزی شده برای برآورد فرسایش‌پذیری خاک توسط میرزائی (۱۳۹۴)

آزمون			آموزش			نام مدل
R ²	RMSE	ME	R ²	RMSE	ME	
۰/۰۱۸	۰/۳۷۶۷	۰/۳۵۸۴	۰/۰۵۱	۰/۴۰۰۷	۰/۳۷۹۴	تابع انتقالی مدل WEPP
۰/۱۶۳	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۲۹	۰/۱۳۲	۰/۰۰۴۹	۰/۰۰۳۲	تابع انتقالی (رگرسیون)
۰/۳۳۱	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۳۳	۰/۲۶۸	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۳۲	تابع پیش‌بینی مکانی (رگرسیون)
۰/۴۰۱	۰/۰۰۵۲	۰/۰۰۳۹	۰/۳۲۴	۰/۰۰۴۶	۰/۰۰۳۳	تابع پیش‌بینی مکانی (شبکه عصبی)

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از ارزیابی مدل‌های رگرسیونی و شبکه عصبی مصنوعی به منظور برآورد فرسایش‌پذیری خاک در برآورد فرسایش خاک نشان داد که دقت شبکه عصبی بیشتر از توابع انتقالی و توابع پیش‌بینی مکانی رگرسیونی و توابع انتقالی خود مدل WEPP است. یک عامل مهم و موثر در برتری کارایی شبکه عصبی مصنوعی بر مدل‌های رگرسیونی توابع انتقالی و توابع پیش‌بینی مکانی خاک مربوط به نوع رابطه موجود بین متغیرهای وابسته و مستقل است. به نظر می‌رسد برخی از متغیرهای مورد مطالعه دارای رفتار غیرخطی بوده که موجب برتری شبکه عصبی بر مدل‌های رگرسیونی چند متغیره خطی شده است.

منابع

- میرزائی، س. ۱۳۹۴. برآورد فرسایش‌پذیری بین‌شیاری، شیاری و تنش برشی بحرانی مدل WEPP با استفاده از توابع انتقالی و توابع پیش‌بینی مکانی خاک. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهرکرد، ایران.
- Elliot W.J., Liebenow A.M., Laflen J.M. and Kohl K.D. 1989. A Compendium of Soil Erodibility Data from WEPP Cropland Soil Field Erodibility Experiments 1987 and 88. NSERL Rep. 3. National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette.
- Flanagan D.C. and Nearing M.A. 1995. USDA-Water Erosion Prediction Project: Hillslope profile and watershed model documentation. NSERL Report. 10. National Soil Erosion Research Lab, West Lafayette. 141p.
- Flanagan D.C., Gilley J.E., and Franti G. 2007. Development History, Model Capabilities, and Future Enhancements. Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers, 50(5):1603-1612.
- Foster G.R. 1982. Modeling the erosion process, In: Haan C T et al (eds.) Hydrologic Modeling of Small Watersheds. Monograph No. 5. American Society Agriculture Engineering. pp 297-382.
- Liebenow A.M., Elliot W.J., Laflen J.M. and Kohi K.D. 1990. Interrill erodibility: collection and analysis of data from cropland soils. Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers, 33(6):1882-1888.
- Mirzaee S., Ghorbani-Dashtaki S., Mohammadi J., Asadzadeh F. and Kerry R. 2017. Modeling WEPP erodibility parameters in calcareous soils in northwest Iran. Ecological Indicators, 74: 302-310.



The Efficiency of Global Transfer Function and Local Transfer Function in WEPP Model for Estimating Soil Erosion in Kalibar Region in Western Azerbaijan

Abstract

Direct measurement of soil erosion in a large scale is difficult, time-consuming and costly. Therefore, for planning to control with soil erosion need to estimate soil erosion with an appropriate erosion model. One of these models is the WEPP (Water Erosion Prediction Project). The aim of this study was to investigate the feasibility assessment of soil erosion by using soil erodibility parameters soil transfer functions (multiple linear regression) and soil spatial prediction functions (multiple linear regression and neural network models) WEPP model developed by Mirzaee et al (2016). For this purpose, Mirzaee et al (2016) simulated the interrill and rill erosion at 100 points with three replications. In general, the results of the evaluating models in testing phase showed that neural network models developed by Mirzaee et al (2016) for predicting soil erodibility parameters were the best model and more capable to estimate soil erosion ($ME=0.0039$, $RMSE=0.0052$ and $R^2=0.401$).

Keywords: Artificial Neural Network, Soil Erosion, WEPP