واسنجی مدل شاخص فرسایش‌زایی ناشی از یک رگبار منفرد در حوضه دریاچه ارومیه

علیداد کرمی، سیروس آذرآبادی و محمدرضا نیشابوری

به ترتیب: پژوهندهٔ بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی فارس، و استادیار و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

مقدمه

فرسایش خاک از عوامل مخرب در شستشو و جابجا کردن خاک محسوب می‌شود و با از دست رفتن خاک، منابع طبیعی در شرف نابودی قرار می‌گیرد. طبق آمار سال ۱۳۷۰ کشورمان، در اثر فرسایش خاک در هر ثانیه حدود ۳۰۰ متر مربع از سطح جنگلها و حدود ۴۰۰ متر مربع از سطح مراتع تخریب می‌شوند، از طرفی سالانه حدود یک میلیون هکتار از مراتع کشور به اراضی کویری و شنزار تبدیل و غیر قابل استفاده می‌شوند(۱). مورگان(نقل از ۶) اظهار داشته است که فرسایش آبی رابطه تنگاتنگی با بارندگی دارد به خاطر این که فرسایش پاشمان دو مکانیزم مهم در جدا کردن ذرات خاک داشته و الگوی بارندگی تأثیر بسیار زیادی بر تولید رواناب دارد. ادوارد وبارنی(۸) علت جدا شدن ذرات خاک و انتقال آن را فرسایش پاشمان و رواناب بیان کرده‌اند. اصطلاح شاخص فرسایش‌زایی باران، به آن مقدار از رگبار یا الگوی بارندگی اطلاق می‌شود که توانایی فرسودن خاک را از مزارع بدون حفاظ داشته باشد. شاخص فرسایش‌زایی باران از ترکیب مقدار باران به صورت انرژی جنبشی آن و شدت بارش حاصل می‌گردد(۱۳). از آنجایی که محاسبه شاخص فرسایش‌زایی باران نیاز به آمار دراز مدت و پیوسته باران‌نگارهای ثبات داشته و محاسبات هم زمانبر می‌باشد، محققین زیادی جهت محاسبه مقدار این شاخص با استفاده از آمارهای در دسترس بارندگی تلاشهای فراوان مبذول داشته و معادلاتی را ارائه نموده‌اند (۴و۱۳). هدا و همکاران (۱۰) رابطهٔ بین شاخص فرسایش‌زایی باران و عمق بارندگی روزانه را در قالب معادله‌ای با دو مؤلفهٔ مشخص کننده، و مؤلفهٔ تصادفی ارائه نمودند. باگیریللو و داسارو (۵) شاخص فرسایش‌زایی یک رگبار منفرد را فقط به مقدار بارش ربط داده و معادلهٔ نمایی با نمای برابر ۱/۵۴ برای منطقهٔ مدیترانه ارائه نمودند. همچنین معادله‌ای که شاخص فوق را از مقدار بارش و حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای محاسبه می‌کند ارائه دادند. و برای تعیین رگبار فرسایش‌زا قانون دسته‌بندی کردن بارندگی چند روزهٔ فرسایش‌زا را ارائه نمودند. سیلکر و همکاران(۱۱) نیز برای تعیین شاخص فرسایش‌زایی، مدلی بر اساس بارندگی روزانه ارائه دادند و مدل ارائه شده بر اساس بارش ساعتی را نیز مورد آزمون قرار دادند. به طور کلی هدف از این تحقیق محاسبه شاخص فرسایش‌زایی یک رگبار منفرد با استفاده از آمار و اطلاعات بارندگی ایستگاههای باران‌نگار موجود در حوضه و یافتن معادله‌ای جهت تخمین مقادیر شاخص فرسایش‌زایی باران در حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد.

مواد و روشها

ابتدا ایستگاهها شناسایی گردید با جمع آوری نمودارهای باران‌نگار ایستگاه‌های حوضه دریاچه ارومیه، کلیه رگبارها از بدو تاسیس تا سال ۱۳۷۵ استخراج گردید. در محاسبه شاخص فرسایش‌زایی باران رگبارهای کمتر از ۱۲/۷ میلی‌متر که از بارندگیهای دیگر بیش از ۶ ساعت فاصله داشتند از محاسبه حذف شدند مگر اینکه شدت ۱۵ دقیقه‌ای آن حداقل ۲۵/۴ میلی‌متر بر ساعت باشد(۱۲). برای محاسبه شاخص فرسایش‌زایی یک رگبار منفرد ابتدا مدت بارش هر رگبار را به قسمتهای ۱۵ دقیقه‌ای تقسیم و شدت ۱۵ دقیقه‌ای برای هر قسمت محاسبه شد، سپس با استفاده از معادله زیر انرژی جنبشی رگبار به شرح‌زیر محاسبه گردید(۹).

$$ei = 0.199 + 0.0873 \log_{10} i \qquad i \quad ^{-1} \qquad (1)$$

$$ei = 0.283 \qquad i > 76 \text{ mm.hr}^{-1} \qquad (2)$$

ei انرژی جنبشی واحد بارندگی بر حسب مگاژول بر هکتار بر میلی‌متر بارندگی، i شدت بارندگی بر حسب میلی‌متر بر ساعت می‌باشد. مقدار ei محاسبه شده در مقدار بارش ۱۵ دقیقه‌ای ضرب تا Ei یا انرژی جنبشی بارش ۱۵دقیقه‌ای بر حسب مگاژول

بـر هکتار محاسبه شود، با جمع نمودن Ei های محاسبه شده برای هر رگبار E یا مقدار انرژی جنبشی کل آن رگبار بر حسب مگاژول بر هکتار محاسبه گردید. از سوی دیگر با جمع کردن هر جفت بارندگی۱۵ دقیقه‌ای متوالی و ضرب آنها در عدد ۲ شدت ۳۰ دقیقه‌ای محاسبه شد. سپس حداکثر مقدار آنها از طریق ردیف‌کردن مقادیر و یافتن بزرگترین آنها مشخص شد. در نهایت با ضـرب نمودن حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای بر حسب میلی‌متر بر ساعت در E مقدار EI30 یا شاخص فرسایش‌زایی ناشی از یک رگـبار بـر حسـب مگاژول میلی‌متر بر هکتارساعت محاسبه گردید. در این تحقیق برای ۴۶۷۴ رگبار مقدار بارش، حداکثر شدت ۳۰ دقـیقه‌ای، انـرژی جنبشـی رگـبار و شـاخص فرسـایش‌زایـی هـر رگـبار محاسبه گردید که به دلیل زیاد بودن حجم نتایج محاسـبات، ارقـام مذکور را نمی‌توانیم در مقاله بیاوریم و در منبع (۳) وجود دارد. به منظور دستیابی به یک مدل مناسب برای تخمیـن شاخص فرسایش‌زایی یک رگبار منفرد، مدل کولی(۷) ارزیابی گردید به اینصورت که ابتدا پارامترهای مورد نیاز EI30، P و D جهت بررسی و آزمون مدل کولی در ۱۹ ایستگاه باران‌نگار حوضه دریاچه ارومیه محاسبه گردید فرم کلی مدل کولی به صورت زیر می‌باشد:

$$EI30 = \frac{\alpha P^{\beta}}{D^{\gamma}} \qquad (۳)$$

EI_{30} شاخص فرسایش‌زایی ناشی از یک رگبار منفرد بر حسب مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت، P ارتفاع بارندگی‌بر حسب میلی‌متر، D زمان تداوم بارش بر حسب ساعت، α، β و γ ضرایب مدل کولی می‌باشند که از طریق رگرسیون‌گیری به دست می‌آیند. برای ارزیابی مدل کولی برنامه‌ای در نرم‌افزار سس نوشته شد و برای کلیه ایستگاههای مورد مطالعه ضرایب و مشخصات آماری مدل کولی محاسبه گردید و مدل ارزیابی شد.

نتایج و بحث

پس از گردآوری و استخراج اطلاعات با استفاده از برنامه کامپیوتری که به زبان کوئیک بیسیک نوشته شد، مقدار بارش، دوره تداوم رگبار، حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای، انرژی جنبشی هر رگبار، و شاخص فرسایش‌زایی محاسبه گردید. نتایج بدست آمده اعداد و ارقام زیادی است که در منبع (۷) موجود است. بنابراین با وارد کردن شاخص‌فرسایش‌زایی، ارتفاع بارش و زمان تداوم کلیه رگبارهای هر ایستگاه به نرم افزار سس، مقادیر α، β و γ همچنین مشخصات آماری رگرسیون چندگانه برای مدل کولی محاسبه و خلاصه نتایج ارزیابی مدل در جدول (۱) ارائه گردیده‌است. در تحلیل نتایج از ایستگاه بستان‌آباد به دلیل کم بودن دوره آماری صرفنظر گردید. در جدول(۱) ارتفاع از سطح دریا برای هر کدام از ایستگاهها، تعداد رگبارهای محاسبه شده در هر ایستگاه(n)، ضرائب مدل کولی(α، β و γ)، ضریب R^2 و میانگین مربعات رگرسیون چندگانه مدل ارائه گردیده است.

در این تحقیق بین EI30 هر رگبار به عنوان متغییر وابسته وP و D هر رگبار به عنوان متغییر مستقل رگرسیون چندگانه خطی گرفته شد. لازم به ذکر است ابتدا با لگاریتم‌گیری معادله بصورت خطی تبدیل و رگرسیون‌گیری انجام‌شد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که ضرایب، α، β و γ در محدوده بسیار کوچکی در ایستگاههای مختلف تغییرات داشته و بین ضرایب فوق و پارامترهای قابل دسترس بارندگی در ایستگاهها هیچگونه همبستگی مشاهده نشد. در صورتیکه در بررسی که سرخوش (۲) در استان فارس انجام داده نشان داده که ضریب α مدل فوق همبستگی خوبی با ارتفاع داشته ولی ضریب β در ایستگاههای مختلف روند خاصی را با ارتفاع نشان نداده و برای آن مقدار متوسط ۲ در نظر گرفته شده، با استثناء ایستگاههای برفگیر که ضریب β در قالب یک معادله درجه ۲ با ارتفاع همبستگی نشان داده است. آتشیان (۴) و کولی(۷) مقدار ضریب β را در محدوده ۱/۵ تا ۲/۲ گزارش کرده‌اند. ضریب γ نیز در ایستگاههای غیر برفگیر استان فارس با ارتفاع رابطه خطی درجه ۱ و در ایستگاههای برفگیر در قالب معادلهٔ درجه ۲ همبستگی نشان داده است (۲).

جدول ۱- ضرایب مدل کولی (معادلهٔ ۳) و مشخصات آماری آنها در ایستگاههای مختلف مورد مطالعه

مشخات آماری ← / نام ایستگاه ↓	ارتفاع از سطح دریا (متر)	n	α	β	γ	R^2	میانگین مربعات رگرسیون
پل‌نوایی	۱۰۵۰	۱۴۰	۰/۱۳۹۹	۲/۳۷۷۹	۰/۹۲۹۶	۰/۹۹۴	۱۴۲/۶۶۳
قره‌ضیاءالدین	۱۰۹۰	۱۱۷	۰/۱۴۰۰	۲/۳۷۳۰	۰/۹۱۱۵	۰/۹۹۴	۱۰۹/۹۰۲
قلعه‌چوبی	۱۲۸۵	۳۷۶	۰/۱۴۷۱	۲/۲۷۲۵	۰/۷۳۶۷	۰/۹۹۴	۲۸۱/۲۶۰
علیشاه	۱۳۳۰	۸۴	۰/۱۴۰۰	۲/۲۶۰۴	۰/۷۸۱۰	۰/۹۹۳	۵۷/۶۷۳
آذرشهر	۱۳۴۰	۳۲۹	۰/۱۴۱۲	۲/۲۷۳۱	۰/۷۷۸۳	۰/۹۹۵	۲۸۴/۰۸۰
مهاباد	۱۳۴۴	۷۰۹	۰/۱۴۴۹	۲/۳۰۷۰	۰/۸۰۹۴	۰/۹۹۵	۶۱۷/۷۱۹
ملکان	۱۳۵۰	۸۹	۰/۱۵۰۴	۲/۳۸۹۰	۰/۸۸۴۰	۰/۹۹۵	۸۵/۵۷۱
نوروزلو	۱۳۵۰	۱۴۲	۰/۱۴۴۶	۲/۳۷۱۱	۰/۹۷۸۶	۰/۹۹۰	۹۴/۴۲۸
ارومیه	۱۳۶۰	۵۵۵	۰/۱۳۹۸	۲/۳۴۲۲	۰/۸۷۴۴	۰/۹۹۶	۵۶۱/۵۶۳
سلماس	۱۳۸۰	۶۹	۰/۱۳۳۶	۲/۲۶۲۶	۰/۸۱۷۲	۰/۹۹۳	۷۶/۱۵۹
شاهیندژ	۱۳۹۵	۱۹۱	۰/۱۴۵۳	۲/۲۹۰۹	۰/۸۷۸۹	۰/۹۹۲	۱۱۵/۸۷۱
مراغه	۱۴۶۵	۴۶۶	۰/۱۴۱۵	۲/۳۰۴۷	۰/۸۱۴۰	۰/۹۹۴	۴۰۱/۴۸۶
تبریز	۱۴۷۰	۵۰	۰/۱۴۵۳	۲/۲۶۷۲	۰/۷۷۳۰	۰/۹۸۴	۴۰/۱۹۵
اشنویه	۱۴۸۰	۷۰۲	۰/۱۴۱۳	۲/۳۲۰۶	۰/۸۶۷۸	۰/۹۹۵	۶۳۱/۵۹۵
سقز	۱۴۸۰	۲۵۳	۰/۱۴۶۴	۲/۳۰۶۰	۰/۸۶۰۶	۰/۹۹۳	۱۵۹/۸۱۵
نقده	۱۵۶۵	۲۹۳	۰/۱۳۸۸	۲/۳۵۰۳	۰/۹۰۱۲	۰/۹۹۳	۲۵۸/۱۶۷
بستان‌آباد	۱۷۵۰	۷۶	۲/۶۳۰۲	۲/۲۴۳۰	۰/۷۱۸۴	۰/۹۹۱	۵۳/۶۰۶
سراب	۱۷۵۰	۳۷	۰/۱۶۲۷	۲/۲۴۳۷	۰/۶۸۹۵	۰/۹۹۰	۲۵/۹۳۳
لیقوان	۲۲۰۰	۷۲	۰/۱۶۲۵	۲/۲۳۰۲	۰/۶۲۴۶	۰/۹۹۰	۵۸/۱۲۱

: معنی‌دار در سطح ۱ درصد.ضرایب مدل کولی، γ و β ، α: تعداد رگبارهای محاسبه شده در هر ایستگاه، n

در تحقیق حاضر ضریب α در ایستگاههای مختلف از۰/۱۳۳۶ تا ۰/۱۶۲۷ متغیر بوده بنابراین می‌توان مقدار متوسط ۰/۱۵ را برای معادلهٔ شمارهٔ ۳ در نظر گرفت. ضریب β از ۲/۲۳۰۲ تا ۲/۳۸۹ تغییر کرده و مقدار متوسط آن ۲/۳۱ انتخاب شده است. ضریب γ نیز از ۰/۶۲۴۶ تا۰/۹۷۸۶ متغیر بوده و متوسط آن برابر ۰/۸۳ جهت استفاده در فرمول کولی برای محاسبهٔ شاخص فرسایش‌زایی یک رگبار منفرد در حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه بدست آمده است. مشخصات آماری ارزیابی مدل در ایستگاههای مختلف نشان می‌دهد که با ضرایب بدست آمده مدل مزبور به‌عنوان مدلی مناسب جهت تعیین شاخص فرسایش‌زایی یک رگبار منفرد قابل استفاده خواهد بود بنابراین توصیه‌می‌گردد جهت تعیین شاخص فرسایش‌زایی یک رگبار منفرد (EI30) بر حسب مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت از فرمول‌زیر که در آن، P ارتفاع بارندگی بر حسب میلی‌متر و D زمان تداوم بارش بر حسب ساعت است، استفاده گردد.

$$EI30 = \frac{0.15D^{2.31}}{D^{0.83}} \qquad (۴)$$

کولی مدل خود را برای تیپهای مختلف رگبار در آمریکا مورد آزمون قرار داده و ضرایب معادله‌های مربوط به هر تیپ را ارائه نمود. ولی از آنجایی که تیپ رگبارهای عرصهٔ این تحقیق مشخص نبود لذا پیشنهاد می‌گردد در صورت تهیه شدن تیپ رگبارهای حوضه مزبور تغییرات ضرایب α، β و γ مجدداً مورد بررسی قرار گرفته و نواقص احتمالی آنها رفع گردد.

منابع مورد استفاده

۱- رحمانی، حمیدرضا و احمد جلالیان. ۱۳۷۲ .مدل کامپیوتری Soiloss جهت تعیین فرسایش خاک .مجموعه‌مقالات سمینار کاربرد کامپیوتر در علوم کشاورزی ۱۴ و ۱۵ آذرماه ۱۳۷۲ .انتشارات دانشکده کشاورزی دانشگاه‌تبریز .صفحات ۲۶۵-۲۸۳.

۲- سرخوش، پرویز. ۱۳۷۴ .تعیین شاخص فرسایش‌زایی باران در استانهای فارس بوشهر و کهگیلویه و بویراحمد .پایاننامه کارشناسی ارشد .دانشکده کشاورزی .دانشگاه شیراز.

۳- کرمی، علیداد. ۱۳۷۶ .تعیین شاخص فرسایش‌زایی باران در حوضه دریاچه ارومیه .پایاننامه کارشناسی‌ارشد .دانشکده کشاورزی .دانشگاه تبریز.

4- Ateshian, J. K. H. 1974. Estimation of rainfall erosion index. J. of the Irrig. and Drainage Div., Proc. of the ASAE. 100(IR3): 293-307.

5- Bagagerello, V. and F. D,Asaro. 1994. Estimating single storm erosion index. Transaction of the ASAE. 37(3): 785-791.

6- Bullock, P. R., E. deJong and J. J. Kiss. 1990. An assessment of rainfall erosion potential in southern Saskachewan from daily rainfall records. Can.Agric. Eng. 32: 17-24.

7- Cooley, K. R. 1980. Erosivity values for individual design storms. J. of the Irrig. and Drainage Div., Proc. of the ASCE 106(IR2): 135-144.

8- Edwards, L. M. and J. R. Burney. 1987. Soil erosion losses under freeze/thaw and winter ground cover using a laboratory rainfall simulator. Can.Agric. Eng. 29: 109-115.

9- Foster, G. R., D. K. McCool, K. G. Renard and W. C. Moldenhauer. 1981. Conservation of the universal soil loss equation to SI metric units. J. of Soil andWater Conserv. 36(6): 355-359.

10- Hadda, M.S., H. S. Surt, and K. S. Sandhu. 1991. Relationship between daily rainfall depth and erosivity. J. of the Indian Soc. Of Soil Sci. 39(1): 37-39.

11- Selker, J. S., D. A. Haith, and J. E. Reynolds. 1990 Calibration and testing of a daily rainfall erosivity model. Transaction of the ASAE. 3(2): 1612-1618.

12- Wischmeier, W. H. 1974. New developments in estimating water erosion. 29th annual meeting of the Soil Conservation Society of America Proceedings, PP. 179-186.

13- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses- a guide to conservation planning. USDA Agric. Res. Serv. Handbook. No. 537.,U.S. Govt. Printing offce, Washington, DC. 58 P.