



شماره ۱۰۳، تابستان ۱۳۹۳

پژوهش‌های آبخیزداری
(پژوهش و سازندگی)

بررسی و تعیین مناسب‌ترین شاخص‌های فرساینده‌گی باران در استان کرمانشاه

• **یحیی پرویزی**

استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه (نویسنده مسئول)

• **داود نیک‌کامی**

استاد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

• **محمد قیطوری**

استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه

• **همایون حسادی**

مربی پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه

تاریخ دریافت: آبان ماه ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ماه ۱۳۹۳

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۱۳۰۶۴۱۱

Email: yparvizi1360@gmail.com

چکیده

نیروی فرساینده‌گی باران، توانایی بالقوه باران در ایجاد فرسایش بوده و عامل مهمی در فرسایش خاک است. جهت کمی نمودن تاثیر عامل فرساینده‌گی باران در کمیت فرسایش خاک شاخص‌های مختلفی در مطالعات مختلف و در سطح دنیا توسعه داده شده‌اند. این تحقیق با هدف تعیین بهترین شاخص فرساینده‌گی باران در شرایط اقلیمی نیمه خشک کرمانشاه انجام شد. برای این تحقیق، ۲۴ کرت جمع آوری رواناب و رسوب همراه با باران‌نگار ثبات جهت ثبت و اندازه‌گیری داده‌های رواناب، رسوب و بارندگی نصب شد. در طی دو سال اندازه‌گیری، مجموعاً ۲۵ واقعه رگبار که منجر به ایجاد رواناب و تلفات خاک شده بودند، پایش و اندازه‌گیری شدند. با محاسبه ۱۱ شاخص فرساینده‌گی و تعیین ضرایب همبستگی بین شاخص‌های محاسبه شده در رگبارهای منتج به فرسایش، کارایی آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شاخص‌های فرساینده‌گی AI_{30} و EI_{60} به ترتیب با ضریب همبستگی ۰/۷۸۰ و ۰/۷۱۴ به عنوان بهترین شاخص‌های فرساینده‌گی باران، بالاترین مقدار ضرایب همبستگی و معنی‌داری را با مقادیر تلفات خاک داشته‌اند.

کلمات کلیدی: فرسایش خاک، شاخص فرساینده‌گی باران، استان کرمانشاه.

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 103 pp: 131-137

Assessing and Determining the best rainfall erosivity indices in Kermanshah Province

By: Y. Parvizi, Assistant professor of agriculture and natural resources research and education center, Kermanshah, Iran. (Corresponding Author; Tel: +989181306411). D. Nikkami, Professor of soil conservation and watershed management research institute, Tehran Iran. M. Gheituri, Assistant professor of agriculture and natural resources research and education center, Kermanshah, Iran. H. Hesadi, Scientific board of agriculture and natural resources research and education center, Kermanshah, Iran.

The effective energy for erosion is called rainfall erosivity, which is rainfall erosion potential and depends on rainfall physical characteristics. Different indices have been developed to quantify the rainfall erosivity. In this research, study fields were conducted in Kermanshah provinces. The study site was Kaboudeh soil conservation research station and two types of land uses were selected for the study including 24 established runoff and sediment plots. The sites were equipped with digital rain gauges, thus necessary rainfall data were collected and used. Based on literature review, 11 rainfall erosivity indices were identified to fit more for erosivity so their efficiency were checked on the study. Best erosivity indices were selected by determination of correlation coefficient between the amount of erosion in each single storm and calculated rainfall erosivity indices. The results indicated that the best index for the study sites was EI_{60} and AI_{30} that has maximum correlation coefficient with soil loss.

Keywords: soil erosion, rainfall erosivity index, Kermanshah province.

مقدمه

در فرسایش آبی نیروی فرساینده‌ی منتج از باران با کندن ذرات خاک و ایجاد رواناب سطحی تاثیر بسیار مهمی را در پدیده فرسایش دارد (Lal, 1976). Lal, 1998). بررسی و مطالعه جهت کمی نمودن عامل فرساینده‌ی باران یک ضرورت جدی جهت درک فرآیند فرسایش و نیز کمی نمودن فرآیند فرسایش در سطح منطقه‌ای است. جهت کمی نمودن تاثیر عامل فرساینده‌ی باران شاخص‌های مختلفی توسعه داده شده‌اند، برخی از آنها بر مقدار بارش و برخی دیگر بر شدت بارش تاکید داشته‌اند (Morgan, 2005 و Nearing, 2001). از بین شاخص‌های موجود نیز شاخص EI_{30} یا بیش از سایر شاخص‌ها برای برآورد فرساینده‌ی باران در دنیا به کار رفته است (Hoyos, 2009 و Osman et al., 2003).

در تحقیقی هویوس (2005)، به کمک روابط رگرسیونی توانست 2 معادله را جهت برآورد EI_{30} ارائه کند و به کمک این روابط توانست مقدار EI_{30} را برای ایستگاه‌های فاقد ثبات برآورد نماید و در نهایت با عملیات میان‌یابی در محیط GIS توانست پراکنش مکانی EI_{30} را مشخص نماید. یو و همکاران (2005)، با جمع‌آوری آمار محدود باران‌نگارها و نیز آمار بلندمدت بارش روزانه به تعمیم مدلی پرداختند که به کمک مقادیر بارش روزانه بتوان شاخص R معادله جهانی را در پایه زمانی ماهانه برآورد نمود. همچنین گوپتا و همکاران (2005)، جهت کمی کردن عامل فرساینده‌ی باران با ارائه یک مدل رگرسیونی خطی نسبت به برآورد فرساینده‌ی سالانه باران اقدام کردند. این مدل به صورت معادله 1 بود.

$$R = 79 + 0.363r \quad (1)$$

که در آن R معادل بارش متوسط سالانه است. در تحقیقات عثمان و همکاران (2003)، جهت تخمین فرساینده‌ی باران رابطه رگرسیونی معادله (2) را توسعه دادند.

$$EI_i = a.P_i^b \quad (2)$$

در خصوص شاخص‌های فرساینده‌ی باران تحقیقات مختلفی در سطح ایران و دنیا انجام شده است. اسمعیلی و همکاران (2010) با استفاده از تعیین همبستگی بین شاخص‌های فرساینده‌ی حاصل از داده‌های بارندگی و میزان رسوبدهی در حوزه‌های معرف، شاخص حداکثر شدت بارندگی یک ساعته I_{60} را بهترین شاخص برای استان اردبیل معرفی نمودند. سرخوش (1996)، با استفاده از شاخص فورنیه اصلاح شده و حداکثر بارندگی روزانه و برآورد EI_{30} ، برای سه استان فارس، بوشهر و کهگیلویه و بویراحمد، نقشه فرساینده‌ی ارائه داده است.

در شمال کشور و در منطقه سنگده مازندران و مراوه‌تپه گلستان خرسندی و همکاران (2011) با بررسی همبستگی بین مقادیر فرسایش حاصل از کرتهای فرسایش و مقادیر فرساینده‌ی محاسبه شده بهترین شاخص‌های فرساینده‌ی را تعیین کردند. آنها نشان دادند که در 12 رگبار منفرد شاخص‌های EI_{10} و EI_{30} به ترتیب با ضرایب همبستگی 0/727 و 0/803 برای منطقه سنگده و مراوه تپه بهترین شاخص‌ها می‌باشند. مطالعاتی در غرب ایران شاهی و رفاهی (1996)، با تکیه بر جداول شدت، مدت و فراوانی برخی از ایستگاه‌های منطقه غرب ایران، با روابطی خطی و به کمک مقادیر بارش 6 ساعته، حداکثر بارندگی روزانه و بارش 1 ساعته مقدار EI_{30} را برآورد نمود. یزدانی و همکاران (1996)، جهت بررسی شاخص فرساینده‌ی باران در استان اصفهان، EI_{30} را شاخص مناسبی برای فرساینده‌ی باران معرفی کردند.

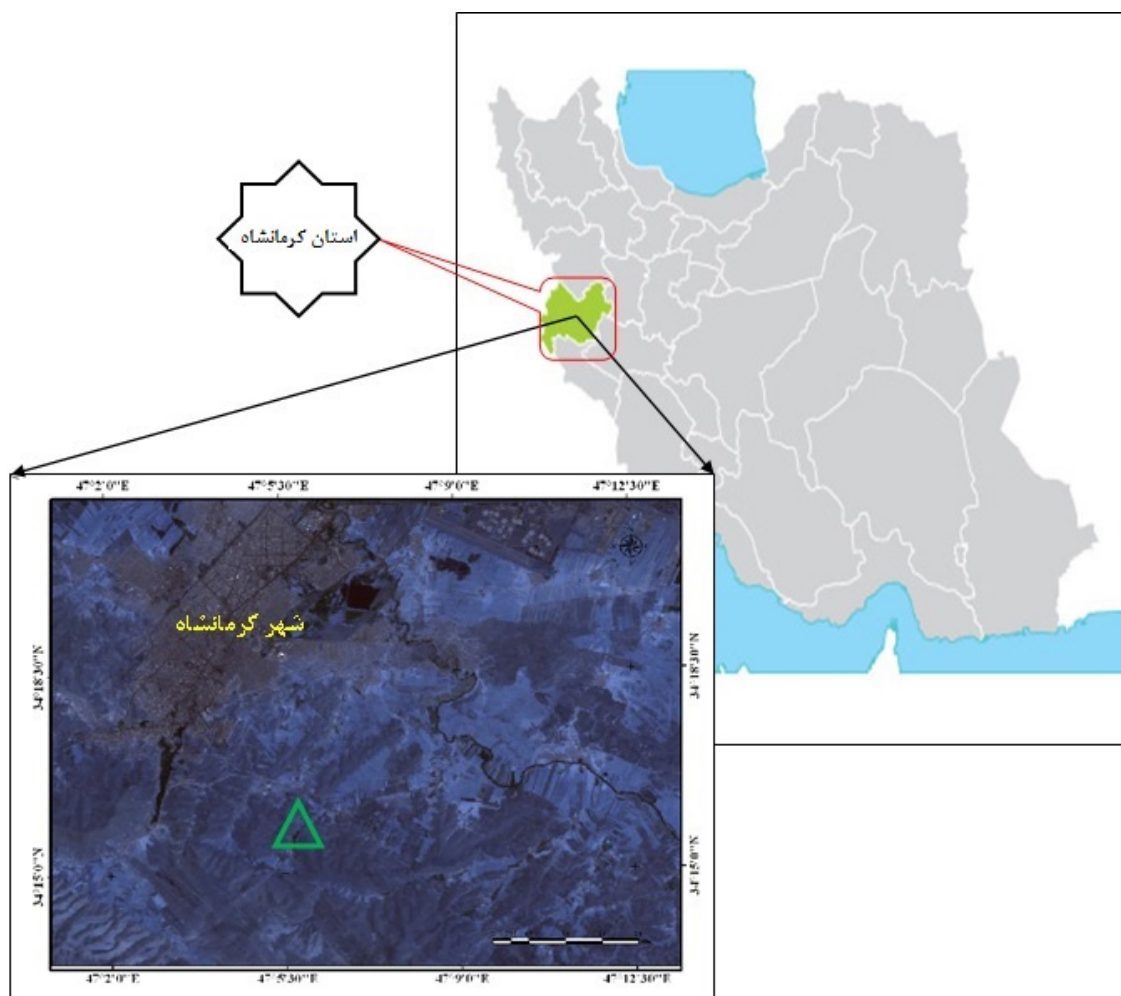
موسوی کیاسری و همکاران (2013) به بررسی همبستگی بین شاخص‌های مختلف فرساینده‌ی باران و فرسایش حاصل از پلاتهای استاندارد در شیبه‌های 3 و 15 درصد پرداختند. آنها دریافتند که شاخص فرساینده‌ی در منطقه مورد مطالعه در استان سمنان شاخص حداکثر شدت بارش در پایه‌های زمانی 60 دقیقه I_{60} با ضرایب همبستگی 0/641 با مقادیر فرسایش بهترین شاخص فرساینده‌ی است. نیک‌کامی و همکاران (1996)، جهت بررسی

میلی‌متر است. خاک این محدوده از رده انتی‌سول است. در مجموع ۲۴ کرت رواناب و رسوب در دو کاربری مرتع و دیمزار در شیب‌های ۶، ۱۲، ۱۷، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد احداث شدند. رواناب و رسوب در مخازنی در انتهای پلات جمع‌آوری و ثبت شد. همچنین اطلاعات رگبارها با استفاده از یک دستگاه باران‌نگار ثبات دیجیتالی ثبت گردید. سپس با اطلاعات موجود و برای هر بارندگی منجر به فرسایش مقادیر شاخص‌های فرساینده باران شامل شاخص I^p یا شاخص رز، شاخص P یا شاخص نیرینگ، مقدار عددی انرژی جنبشی یا KE ، شاخص $KE > 25$ یا شاخص هادسون، شاخص $KE > 10$ یا شاخص مورگان، شاخص EI_{30} یا شاخص ویشمایر و اسمیت، شاخص AI_m یا شاخص LAI ، شاخص فرساینده AI_{30} ، شاخص AI_{30}^2 و شاخص $A\sqrt{I_{30}}$ اندازه‌گیری شد. پس از محاسبه شاخص‌های یاد شده برای هر رگبار و برای کل رگبارها، با داشتن مقادیر فرسایش خاک مربوط به هر بارندگی، ضریب همبستگی بین شاخص‌های یاد شده و مقادیر فرسایش محاسبه گردید. در نهایت بر اساس مقادیر کمی ضریب همبستگی بین شاخص‌های فرساینده باران و کمیت فرسایش، شاخص‌های فرساینده با بیشترین همبستگی به عنوان شاخص بهینه انتخاب و اولویت‌بندی شدند.

شاخص فرساینده باران در اراضی دیم، (EI) هر رگبار را برای پایه‌های زمانی مختلف محاسبه نمود، و به این نتیجه رسید که مقدار رسوب با متغیر مقدار بارندگی و حداکثر شدت بارندگی به ترتیب در پایه‌های زمانی ۱۲۰ و ۶۰ دقیقه بالاترین همبستگی را دارند. در استان کرمانشاه تا کنون تحقیق جامعی در خصوص تعیین شاخص فرساینده باران بهینه با آزمون نمودن طیف نسبتاً گسترده‌ای از شاخص‌های فرساینده باران، صورت نپذیرفته است. لذا این تحقیق با هدف تعیین بهترین شاخص فرساینده باران در یکی از مناطق معرف استان کرمانشاه به نام منطقه کبوده طرح‌ریزی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

برای این تحقیق ایستگاه تحقیقاتی حفاظت خاک روستای کبوده علیا در استان کرمانشاه انتخاب شد. این منطقه در محدوده $30^{\circ} 05' 47''$ شرقی و $34^{\circ} 16' 30''$ شمالی قرار دارد. شکل ۱ موقعیت محدوده مورد مطالعه را نسبت به کشور و شهر کرمانشاه نشان می‌دهد. وضعیت اقلیمی محدوده مورد مطالعه در اقلیم‌نمای آمبرژه نیمه‌خشک سرد با میانگین بارندگی ۴۶۵



شکل ۱- محدوده ایستگاه تحقیقات حفاظت خاک کبوده علیا (مثلث سبز) بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست و موقعیت آن نسبت به کشور و شهر کرمانشاه

نتایج

در زمان شروع طرح مجموعاً ۱۵ رگبار رواناب ساز از میان ۲۵ رگبار اتفاق افتاده انتخاب و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقادیر رسوب جمع آوری شده از مخازن نصب شده در انتهای سه پلات نمونه در شیب‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد در جدول یک نشان داده شده است. نتایج مربوط به مقادیر تولید رسوب هر یک از کرت‌های آزمایشی واقع در کاربری‌های مختلف و

در طبقات شیب‌های مختلف، نشان می‌دهد که در غالب موارد هم‌گام با افزایش شیب متوسط زمین، مقدار تلفات خاک ثبت شده بیشتر شده است. اما با این وجود، نتایج از روند یکسانی برخوردار نیستند. این امر خود بیانگر پیچیدگی تاثیر عواملی نظیر، وضعیت پوشش سطحی، درصد تاج پوشش گیاهی، نوع کاربری و مدیریت رایج در آنها در مقادیر فرسایش خاک و تولید رسوب می‌باشد. Z

جدول ۱- مقادیر میانگین وزن رسوب در سه کرت نمونه در شیب‌های مختلف

ردیف	مقدار رگبار (میلی‌متر)	%۲۵	%۳۵	%۴۵
۱	۸/۶۳	۱/۸۱	۲/۰۷	۲/۳۸
۲	۹/۷۶	۲/۲۰	۲/۲۰	۲/۸۷
۳	۲۲/۱۸	۳۸/۵۹	۴۰/۶۶	۴۷/۹۱
۴	۱۱/۸۵	۱۸/۱۳	۱۸/۱۳	۲۳/۱۱
۵	۲۲/۰۴	۲۵/۱۳	۲۵/۱۳	۲۹/۷۵
۶	۴۰/۰۰	۴۵/۶۰	۴۶/۸۰	۷۵/۶۰
۷	۱۶/۵۷	۲۶/۸۴	۲۶/۸۴	۲۶/۸۴
۸	۸/۶۷	۱۱/۱۸	۱۱/۱۸	۱۲/۲۲
۹	۸/۴۳	۳/۷۹	۳/۰۳	۴/۵۵
۱۰	۱۲/۰۲	۱۸/۳۹	۱۸/۳۹	۱۸/۷۵
۱۱	۲۷/۲۰	۴۳/۲۵	۴۳/۲۵	۴۷/۳۳
۱۲	۳۱/۰۸	۵۵/۰۱	۵۲/۲۱	۵۹/۶۷
۱۳	۱۲/۳۶	۱۹/۶۵	۱۸/۹۱	۱۹/۶۵
۱۴	۳۷/۱۶	۶۱/۳۱	۶۰/۲۰	۶۹/۱۲
۱۵	۱۳/۳۹	۱۲/۸۵	۱۴/۴۶	۱۴/۸۶

جمع‌بندی نهایی از نتایج بدست آمده می‌توان به ترتیب الویت استفاده از سه شاخص برتر زیر را پیشنهاد و توصیه نمود، این شاخص‌ها به ترتیب الویت در جدول ۴ ارائه شده اند که عبارتند از:

- ۱- شاخص فرساینده‌گی EI_{60} (حاصل ضرب انرژی جنبشی کل در حداکثر شدت ۶۰ دقیقه‌ای بارندگی)
- ۲- شاخص فرساینده‌گی AI_{30} (شاخص مبتنی بر حاصل ضرب مقدار کل بارش در حداکثر شدت بارش در پایه زمانی ۳۰ دقیقه)
- ۳- شاخص فرساینده‌گی AI_{30}^2 (شاخص مبتنی بر حاصل ضرب انرژی جنبشی کل بارش در مربع حداکثر شدت بارش در پایه زمانی ۳۰ دقیقه)

نتایج اندازه‌گیری متوسط شاخص‌های فرساینده‌گی باران برای رگبارهای اتفاق افتاده در جدول ۲ آورده شده است. همچنین مقادیر ضرایب همبستگی بین هر یک از شاخص‌ها برای رگبارهای مختلف و مقادیر رسوب ثبت شده در هر رگبار تعیین گردید (جدول ۳).

بررسی نتایج همبستگی‌های آماری نشان می‌دهد که در میان ۱۱ شاخص فرساینده‌گی مورد بررسی، شاخص فرساینده‌گی EI_{60} با ضریب همبستگی ۰/۷۸۰ و سطح احتمال معنی‌داری بیش از ۹۹ درصد در میان سایر شاخص‌ها از بالاترین مقدار همبستگی برخوردار است و باید آن را به عنوان بهترین شاخص فرساینده‌گی برای این منطقه در نظر گرفت. در یک

جدول ۲- نتایج محاسبات شاخص‌های فرساینده‌گی باران برای رگبارهای مختلف

ردیف	شاخص فرساینده‌گی	واحد اندازه‌گیری	شماره رگبار														
			۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
۱	$I^{1.5}$	$mm^{1.5}.hr^{-1.5}$	۰/۶۴	۱/۵۲	۱/۶۲	۳۲/۳۴	۰/۹۲	۹/۳۹	۱/۱۱	۳/۸۸	۱۷/۲۶	۱/۰۵	۲/۹۸	۲/۸۹	۱۵/۳۳	۲/۰۶	۹/۴۲
۲	I^2	$mm^2.hr^{-2}$	۰/۵۵	۱/۷۷	۱/۹۰	۱۰۳/۰۲	۰/۹۰	۱۹/۸۰	۱/۱۴	۶/۱۰	۴۴/۶۲	۱/۰۶	۴/۲۸	۴/۱۲	۳۸/۰۷	۲/۶۲	۱۹/۸۹
۳	KE	$J.m^{-2}.mm^{-1}$	۱۳۴۳۵	۱۳۴۳۵	۳۳۸۸۷	۲۵۹۸۹	۳۷۸۶۸	۸۱۷۸۱	۲۸۸۶۵	۱۶۸۰۲	۱۶۷۳۵	۳۱۱۱۲	۵۱۹۵۸	۵۷۶۳۶	۲۴۳۲۴	۷۶۰۳۰	۳۱۰/۷
۴	$KE > 25$	$J.m^{-2}$	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۱۲/۷۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۷۲/۷۷
۵	$KE > 10$	$J.m^{-2}$	۰/۰۰	۰/۰۰	۴۱/۸۸	۲۰۰/۳۶	۴۱/۸۸	۵۶/۱۵۵	۹۴/۶۹	۸۹/۳۲	۸۷/۰۹	۰/۰۰	۱۵۳/۹۸	۲۶۱/۴۷	۱۰۸/۰۳	۳۸۳/۳۳	۲۵۴/۴۴
۶	EI_{30}	$J.m^{-2}.mm.hr^{-1}$	۵۴۹۳۵	۶۲۰۲۸	۱۳۲۲۰۵	۳۷۸۳۹۹	۳۷۹۴۳۷	۱۷۱۴۴۸۶	۳۰۴۸۱۵	۱۸۰۱/۱۹	۱۷۷۰/۶۱	۳۳۶۸۸۱	۶۳۹۰/۸۹	۶۵۷۰/۴۵	۳۲۴۰/۰۱	۸۱۳۹۰/۳۱	۶۶۲۹/۳۱
۷	EI_{60}	$J.m^{-2}.mm.hr^{-1}$	۵۱۱۸۸	۴۳۰/۰۰	۱۱۰۸/۲۸	۳۰۶۹/۲۹	۳۵۱۰/۳۶	۱۳۶۸۱/۹۰	۱۸۸۴/۸۹	۱۰۴۶/۷۷	۱۰۳۵/۹۲	۱۴۶۰/۹۸	۴۵۰۴/۸۰	۵۶۴۸/۲۸	۲۲۸۴/۰۶	۷۱۰۲۷/۹۲	۳۷۵۴/۹۰
۸	AI_m	$mm^2.hr^{-1}$	۵۴/۱۱	۷۲/۴۲	۱۵۱/۷۱	۳۵۸/۳۴	۲۷۶/۱۶	۱۰۵۶/۸۰	۳۰۶/۰۴	۱۶۲/۸۲	۱۶۱/۳۵	۳۲۲/۹۸	۷۰۸/۸۱	۲۵۷/۵۸	۹۳۳/۴۶	۵۳۳/۸۲	
۹	AI_{30}^2	$mm^3.hr^{-2}$	۱۳۳/۹۷	۱۶۷/۲۸	۳۵۸/۴۴	۲۵۱۲/۱۲	۲۲۱۳/۸۲	۱۷۵۳۹/۳۴	۱۸۴۷/۸۸	۹۹۶/۳۴	۹۴۳/۶۲	۱۵۱۳/۱۸	۴۱۱۸/۱۱	۴۰۳۹/۱۶	۲۱۹۲/۹۴	۳۱۰۷/۱۹۹	۶۱۲۰/۶۳
۱۰	AI_{30}	$mm^2.hr^{-1}$	۳۴/۰۰	۴۰/۴۱	۸۹/۱۶	۱۷۲/۵۴	۲۲۰/۸۴	۸۳۷/۶۰	۱۷۴/۹۸	۹۲/۹۴	۸۹/۱۹	۱۳۴/۸۶	۳۳۴/۸۱	۳۵۴/۳۱	۱۶۴/۶۴	۶۳۰/۹۸	۲۸۶/۲۸
۱۱	$A\sqrt{I_{30}}$	$mm^{1.5}.hr^{-0.5}$	۱۷/۱۳	۱۹/۸۶	۴۴/۴۷	۴۵/۲۲	۶۹/۷۷	۱۸۳/۰۴	۵۳/۸۵	۲۸/۳۹	۲۷/۴۲	۴۰/۲۶	۹۵/۲۶	۱۰۴/۹۴	۴۵/۱۱	۱۵۳/۱۲	۶/۹۱

جدول ۳- نتایج بررسی تعیین ضرایب همبستگی میان تلفات خاک و شاخص‌های مختلف فرساینده‌گی باران

شاخص فرساینده‌گی	ضریب همبستگی	سطح معنی‌داری (درصد)
$I^{1.5}$	۰/۱۳۵	۰/۷۲۶
I^2	۰/۱۶۰	۰/۵۴۱
KE_2	۰/۶۷۲	۰/۰۰۱
$KE > 25$	۰/۱۱۷	۰/۲۶۴
$KE > 10$	۰/۶۵۵	۰/۰۰۰
EI_{30}	۰/۷۲۱	۰/۰۰۰
AI_m	۰/۶۴۶	۰/۰۰۷
AI_{30}^2	۰/۷۱۰	۰/۰۰۰
AI_{30}	۰/۷۱۴	۰/۰۰۰
$A\sqrt{I_{30}}$	۰/۷۰۰	۰/۰۰۰

جدول ۴- نتایج نهایی انتخاب بهترین شاخص‌های فرساینده‌گی باران در منطقه مورد مطالعه

نوع شاخص فرساینده‌گی باران		
اولویت اول	اولویت دوم	اولویت سوم
EI_{60}	AI_{30}	AI_{30}^2

و حداکثر شدت بارندگی به ترتیب در پایه‌های زمانی ۱۲۰ و ۶۰ دقیقه را مناسب‌ترین شاخص‌ها دانسته‌اند که با شاخص دارای اولویت دوم در این پژوهش مطابقت دارد. بیشتر محققین نظیر هویوس (۲۰۰۵) و یو و همکاران (۲۰۰۵) با قبول اینکه شاخص فرساینده‌گی EI_{30} یا R ویشمایر و اسمیت بهترین تخمین‌گر فرساینده‌گی باران می‌باشد، به معرفی روش‌های ساده‌تری برای محاسبه شاخص EI_{30} یا R پرداخته‌اند. در واقع حساسیت خاصی از سوی این محققین برای این که آیا EI_{30} بهترین شاخص فرساینده‌گی باران بوده و یا خیر، مطرح نبوده و عملاً آنان این شاخص را بدون کنترل‌های بعدی پذیرفته‌اند.

پاورقی‌ها

- 1- Perceptron
- 2- Nielson
- 3- Mean Error
- 4- Root Mean Square Method
- 5- Average Absolute Relative Error

بحث

نتایج نشان داد که شاخص‌های مبتنی بر استفاده توامان انرژی جنبشی باران و شدت بارندگی و بطور اخص شاخص EI_{60} بهترین کارایی را در ترسیم سیمای فرساینده‌گی باران در منطقه داراست. در مورد شاخص‌های مبتنی بر استفاده هم‌زمان از پارامترهای مقدار بارش و شدت، ضریب همبستگی در حد قابل قبول و مناسبی می‌باشد، اما باز هم شاخص‌های این گروه مقادیر همبستگی کمتری نسبت به شاخص EI_{60} دارند. همچنین خرسندی و همکاران (۲۰۱۱) شاخص EI_{60} را شاخص مناسب برای سنجده مازندران تشخیص دادند.

نتایج این تحقیق با یافته‌های سایر محققین نظیر شاهوئی و رفاهی (۱۹۹۶) و یزدانی و همکاران (۱۹۹۶) در ایران که شاخص‌های مبتنی بر انرژی جنبشی باران را شاخص‌های مناسبی برای فرساینده‌گی باران معرفی نموده‌اند همخوانی دارد. اما موسوی کیاسری و همکاران (۲۰۱۳) در سمنان شاخص‌هایی که ترکیبی از مقدار بارش و حداکثر شدت ۶۰ دقیقه‌ای بارش بودند، در مقایسه با شاخص‌های ترکیبی از انرژی جنبشی و حداکثر شدت ۶۰ دقیقه‌ای بارش، همبستگی بهتری را با تلفات خاک نشان دادند. نیک کامی و همکاران (۱۹۹۶) نیز شاخص‌های مبتنی بر مقدار بارندگی

appropriate rainfall erosivity index by soil erosion plots in Semnan. *Journal of Water and Soil Conservation*, 39-21:(5)20.

10. Nearing, M.A. (2001) Potential changes in rainfall erosivity in the U.S. with climate change during the 21 century, *journal of soil and water conservation*. Third quarter, 56,3. Academic research library, pp.229.

11. Nikkami, N., Razmjoo, P. and Jaffari ardakani, A. (1996) Study of rainfall erosivity index in drylands. *Proceedings in 3th erosion and sediment national conference*. Tehran. Iran.

12. Osman, M., Sauerborn, P. and Skoeronek, A. (2003) Application of numerical models to estimate rainfall erosivity in Ethiopia – Case study of the central highlands, *Deutscher tropontag*, October 10-8. Gottingen

13. Sarkhosh, P. (1996) Determination of rainfall erosivity index in Fars, Boshehr and Kohgiluyeh and boyerahmad. M.Sc. Degree thesis, Shiraz university, Iran. Pp:189.

14. Shahoei, S. and Refahi, H. (1996) Use of intensity, duration, frequency tables for determining rainfall erosivity index and comparison with other methods. *Proceedings in erosion and sediment national conference*. Noor, Iran.

15. Yazdani, M., Chavoshi, S., Shirvani, K. and Eskandari, Z. (1996) Evaluation of rainfall erosivity index in USLE model (case study: Esfahan province). *Proceedings in 3th erosion and sediment national conference*. Tehran. Iran.

16. Yu, b., Hashim, G.M. and Eusof, Z. (2005) Estimating the R-factor with limited rainfall data: a case study from Peninsular Malaysia, *journal of soil and water conservation*, second quarter. 56,2, academic research library. pp.101.

منابع مورد استفاده

1. Esmali, A., Abedini, M., Kaviani, A. and Saadati, H. 2010. Study the relations between rainfall erosivity and sediment yield using geostatistic and GIS in Ardabil province. *Iranian Watershed Management Science & Engineering*, 55-51:(10)4.
2. Gupta, R.D., Agarwal, V.C. and Hari Kishan, G.S. (2005) Implementation of USLE Model Under GIS Environment for Soil Erosion Assessment: A Case Study of LONI River Watershed, Motilal Nehru National Institute of Technology (MNNIT), Allahabad 211004-, India
3. Hoyos, N. (2005) Spatial modeling of soil erosion potential in a tropical watershed of the Colombian andes. *Catena* 108-85 :(1) 63.
4. Hoyos, N., Peter, R. and Waylen, A.J. (2005) Seasonal and spatial patterns of erosivity in a tropical watershed of the Colombian Andes, *Journal of Hydrology* xx P 15-1.
5. Khorsandi, N., Mahdian, M.H., Pazira, A. and Nikkami, D. 2011. Determination of the best rainfall erosivity index in two semi arid and very humid climate in Khazar basin. *Soil and Water Science Journal*. 125-117 :(2)6.
6. Lal, R. (1976) Soil erosion on alfisols in western Nigeria, III, effects of rainfall characteristics, *Geoderma*, 401-16:389.
7. Lal, R. (1998) Drop size distribution and energy load of rainstorms at Ibadan, western Nigeria, *Soil & Tillage Research* 114-48:103.
8. Morgan, R.P.C (2005) *Soil erosion and conservation*, national soil resources institute, Cranfield university, Blackwell publishing, third edition, 304 ,2005 Pages.
9. Mousavi Kiasari, E., Niknami, D., Mahdian, M.H. and Pazira, E. 2013. Determining the

□ □ □ □ □ □ □ □ □ □