

## برآورد شاخص فرسایش‌زایی از مقدار بارندگی روزانه (مطالعه موردی: شهر تهران)

### علی قدمی فیروزآبادی<sup>۱</sup> و ابوالفضل شمسایی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی همدان، دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شریف تهران

تاریخ دریافت: ۸۲/۸/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۵/۲۹

### چکیده

فرسایش عبارت است از جدا شدن و انتقال ذرات از سطح خاک که ممکن است توسط آب یا باد صورت گیرد. عواملی که بر فرسایش آبی اثر می‌گذارند عبارتند از: توان فرسایشی آب، فرسایش‌پذیری خاک، شیب، پوشش گیاهی، مدیریت. شاخص فرسایش‌زایی باران (R) یکی از پارامترهای تشکیل‌دهنده معادله جهانی فرسایش (USLE) است. معروف‌ترین شاخصی که در این زمینه ارائه شده است، نمایر و یشمایر  $R = \sum(EI_{30})$  است که در آن E انرژی جنبشی (ژول بر میلی‌مترمربع) و  $I_{30}$  حداکثر شدت سی دقیقه‌ای باران (میلی‌متر بر ساعت) است. در این تحقیق ابتدا با استفاده از دستگاه باران‌ساز، رابطه‌ای بین انرژی جنبشی و شدت باران ساخته شده به دست آمد، سپس با استفاده از آمار باران‌های تهران در دوره آماری ۲۰ ساله انرژی جنبشی هر باران و بالاخره R هر باران محاسبه گردید. از جمع R باران‌های هر سال R در سال مزبور محاسبه شد. برای تهران، با توجه به آمار بارندگی، R تخمینی (MJ.mm/ha/hr) ۹۸ برآورد گردید. با توجه به مقادیر R هر باران و R سالانه روابطی بین آنها و پارامترهای بارندگی از جمله مقدار باران، باران روزانه، حداکثر باران ۲۴ ساعته و باران متوسط ۶ ساعته به دست آمد. همچنین R در ماه‌های مختلف سال بررسی شده و به ازاء دوره برگشت‌های ۲، ۴، ۵، ۱۰، ۱۰۰، ۲۰۰ ساله، مقدار R محاسبه شد. بدین ترتیب در مناطقی که تیپ بارانهای آنها، نظیر بارندگی تهران است با رعایت مشخصات اقلیمی می‌توان برای تخمین R هر باران و یا R سالانه از معادلات به دست آمده استفاده نمود.

**واژه‌های کلیدی:** فرسایش، شاخص فرسایشی باران، باران، خاک

### مقدمه

خاک و مبارزه با فرسایش از ضروری‌ترین اقدامات هر کشور می‌باشد. یکی از اقدامات حفاظتی خاک، برآورد میزان فرسایش و عوامل مؤثر بر آن می‌باشد. با بررسی این عوامل می‌توان میزان فرسایش را تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. از عوامل مؤثر بر میزان فرسایش، توان فرسایش‌زایی باران است، بطوریکه با تصادم قطرات باران به سطح خاک موجب جدا شدن ذرات خاک شده و بعضی مواقع این فرایند می‌تواند باعث جابجایی ذرات خاک گردد. این موضوع همان پدیده فرسایش از نوع آبی

یکی از مشکلاتی که بشر از آغاز تاکنون با آن روبرو بوده، فرسایش سریع خاک‌ها توسط آب و باد می‌باشد. هر چند امروزه نسبت به گذشته کمتر با طوفان‌های ماسه که در بعضی از مناطق دنیا بخصوص کویر کشورما اتفاق می‌افتد، بر می‌خوریم. فرسایش نه تنها باعث فقیر شدن خاک و متروک شدن مزارع می‌گردد، بلکه با رسوب مواد در آبراه‌ها، مخازن سدها، بنا در و کاهش ظرفیت آبیگری آنها، باعث زیان‌های فراوانی می‌گردد. امروزه حفاظت

$$R=10.2 * P^{2.2} \quad (2)$$

که در آن  $R$  شاخص فرسایش‌زایی باران (J.mm/m<sup>2</sup>/hr) و  $p$  مقدار باران برحسب میلی‌متر می‌باشد.

آتشین (۱۹۷۵) با محاسبه انرژی جنبشی، تحقیقاتی را روی باران‌های هاوایی و آلاسکا انجام داد، وی برای باران‌های تیپ  $I$  رابطه ذیل را ارائه نمود:

$$R=2.176 * (P_{24})^{2.2} \quad (3)$$

که در آن  $p$  مقدار باران برحسب اینچ  $R$  شاخص فرسایش‌زایی باران (foot.ton.in/acre/hr) است.

فوستر و همکاران (۱۹۸۲) طی تحقیقاتی سه عامل باران، رواناب و عامل ترکیبی از باران و رواناب را روی فرسایش مؤثر دانستند. و به این منظور معادله ذیل را پیشنهاد کردند بطوریکه برای محاسبه آن رابطه زیر را به‌دست آوردند:

$$EIA = (I_{30})^2 * D \quad (4)$$

که  $EIA$  شاخص فرسایش‌زایی باران،  $D$  زمان تداوم رواناب و  $I_{30}$  حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای باران می‌باشد. و نیز عامل ترکیبی را چنین تعریف کردند:

$$EIA=I_{30} * (Vu * Vr)^{0.5} \quad (5)$$

که در آن  $Vu$  عمق رواناب به میلی‌متر،  $Vr$  عمق باران به میلی‌متر و  $EIA$  شاخص فرسایش‌زایی باران است.

آن‌چو (۱۹۸۵) شاخص عمومی را برای محاسبه فرسایش خاک پیشنهاد کرد. این شاخص عبارت است از:

$$R=P/St \quad (6)$$

لامباردی (۱۹۸۴) بین  $EI$  و باران روزانه رابطه زیر را به‌دست آورد:

$$R=1.03 * P^{1.51} \quad (7)$$

که در آن  $P$  مقدار باران روزانه به میلی‌متر و  $R$  شاخص فرسایش‌زایی باران (J.mm/m<sup>2</sup>/hr) می‌باشد.

سالاکو (۱۹۹۵) براساس تحقیقاتی که روی باران‌های منطقه جنگلی و مرطوب آکومو انجام داده شاخص  $E_{K.Im}$  را پیشنهاد نمود.

است. عامل شاخص فرسایش‌زایی باران می‌تواند نقش بسزایی در فرسایش داشته باشد. شدت باران عامل اساسی این شاخص بشمار می‌رود، (رفاهی، ۱۳۷۵).

از آنجا که فاکتور  $R$  به‌عنوان بزرگ‌ترین عامل همبستگی با فرسایش خاک در اکثر دنیا مطرح می‌باشد، بنابراین در اینجا بشرح مختصری در مورد روش‌های پیشنهاد شده برای محاسبه  $R$  پرداخته می‌شود.

ویشمایر و همکاران (۱۹۵۹) آمار ۳۵ ایستگاه حفاظت خاک را که بالغ بر ۸۲۵۰ نمونه کرتی بود، جمع‌آوری نموده و تحقیقاتی را روی ضریب فرسایش‌زایی باران انجام‌دادند. و طی تجزیه و تحلیل به این نتیجه رسیدند که میزان فرسایش خاک با مقدار باران و نیز حداکثر مقدار باران در مدت‌های ۵، ۱۵ و ۳۰ دقیقه دارای همبستگی ضعیفی است، ولی انرژی جنبشی با میزان خاک تلف شده دارای بالاترین همبستگی بود. آنها پس از یک رگرسیون مرکب بیان داشتند، که حاصلضرب انرژی جنبشی و حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای باران با مقدار خاک تلف شده از همبستگی بالایی برخوردار است و رابطه زیر را ارائه نمودند:

$$R=\sum (E * V) I_{30} \quad (1)$$

که در آن  $R$  شاخص فرسایش‌زایی باران برحسب J.mm/m<sup>2</sup>/hr،  $E$  انرژی جنبشی باران برای هر میلی‌متر از باران (J./m<sup>2</sup>/mm)،  $I_{30}$  حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای باران موردنظر (mm/hr) و  $V$  عمق باران فرو باریده (mm) است.

هادسون (۱۹۷۱) شاخص متفاوتی را برای محاسبه  $R$  ارائه نمود. شاخص هادسون در زیمباوه و فقط برای باران‌هایی که شدت آنها بیشتر از ۲۵ mm/hr می‌باشد، صادق است.

رنارد (۱۹۷۵) روی باران‌های آمریکا تحقیقاتی انجام داد، وی توانست برای باران‌های تیپ  $IA^1$  در کالیفرنیا بین  $R$  سالانه و باران ۶ ساعته با دوره برگشت ۲ ساله رابطه زیر را برقرار نماید:

شده است. باتوجه به وزن چند قطره تشکیل شده میتوان قطر متوسط قطره را به دست آورد ( $\rho=1 \text{ gr/cm}^3$ ). بنابراین با داشتن قطراتی با قطرهای مختلف، لکه‌های متفاوتی ایجاد شد، سپس بین قطر قطرات و قطر لکه‌ها، رگرسیون آماری گرفته و رابطه زیر حاصل شد:

$$D = 0.2142 \cdot S^{0.878} \quad r = 0.98 \quad (9)$$

که در آن  $S$  قطر لکه به میلی‌متر و  $D$  قطر قطره برحسب میلی‌متر می‌باشد.

**نحوه اجرای آزمایش:** قبل از روشن نمودن دستگاه تعدادی قوطی یکسان، زیر نازل‌ها طوری قرار داده شد که فاصله بین آنها از هر دو طرف یکسان باشد. سپس دستگاه را روشن نموده و شیر تنظیم ورودی جریان را باز کرده تا در یک حد ثابت شود. سپس صفحه کاغذ (مخصوص اندازه‌گیری لکه‌ها) آماده شده از قبل، طوری زیر قطرات گرفته شد که فقط یکبار روی آن بریزد. سپس قطر لکه‌ها با کولیس اندازه‌گیری شد. با داشتن سطح قوطی‌ها می‌توان ارتفاع آب داخل آنها را، در مدت زمان مشخص به دست آورد، که این همان شدت پاشش می‌باشد. با استفاده از معادله (۹) قطر قطره‌ها از روی قطر لکه‌ها محاسبه شد. حال با داشتن قطر قطرات و شدت پاشش، انرژی جنبشی هر باران قابل محاسبه است.

**نحوه انجام محاسبات:** هدف اصلی از آزمایش‌ها به دست آوردن رابطه‌ای بین انرژی جنبشی و شدت باران مصنوعی می‌باشد. در هر بار آزمایش، پس از محاسبه شدت بارندگی، با داشتن قطر قطرات و سرعت آنها می‌توان انرژی جنبشی قطرات را به دست آورد. سرعت قطرات باران با توجه به شکل ۱ محاسبه گردید. نمونه‌هایی از محاسبات در جدول ۱ آمده است.

$E_K$  - عبارت است از انرژی جنبشی باران که توسط کوال و کسام (۱۹۷۶) ارائه شد.

$I_m$  - حداکثر شدت ۷/۵ دقیقه‌ای باران می‌باشد.

ضریب فرسایشی باران به مقدار زیاد روی تخمین خاک فرسایش یافته مؤثر است و با محاسبه آن می‌توان از ارائه ارقام دور از واقعیت که در تصمیم‌گیری‌های حفاظت خاک مهم است، جلوگیری نمود. تعیین اثر کمی مقدار شدت بارندگی در ضریب فرسایش دهی باران و تعیین رابطه بین  $R$  و پارامترهای بارندگی هدف انجام این تحقیق می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق ابتدا رابطه‌ای بین قطر قطره و قطر لکه ایجاد شده روی کاغذ مخصوص به دست آمد و سپس با استفاده از دستگاه باران‌ساز، باران‌هایی با شدت‌های مختلف ایجاد شد، بطوریکه بطور همزمان با اندازه‌گیری شدت باران، قطر قطرات هم محاسبه گردید. بنابراین با داشتن قطر قطرات، حجم، وزن و سرعت حد قطرات و با استفاده از رابطه زیر انرژی جنبشی قطرات و مقدار باران محاسبه گردید (علیزاده، ۱۳۶۸):

$$E = 1/2 m v^2 \quad (8)$$

که در آن  $E$  انرژی جنبشی،  $m$  جرم و  $v$  سرعت قطرات می‌باشد.

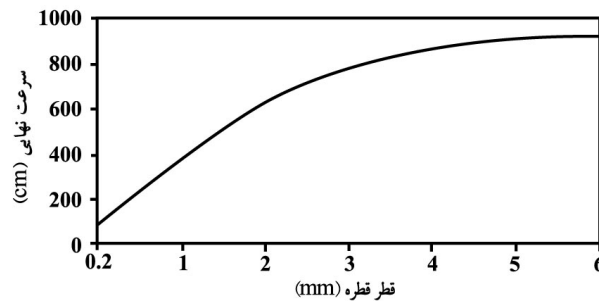
**اندازه قطرات باران:** در این طرح ابتدا گرد رنگی قابل حل در آب ریخته شد. سپس توسط انواع بورت، پی‌پت و قطره‌چکان، قطراتی به قطر مختلف تولید گردید. این قطرات تولید شده از ارتفاع بیش از ۸ متری به طرف پایین سقوط کرده و روی صفحه مخصوص که از قبل آماده شده بود برخورد و ایجاد لکه کردند. با داشتن چند لکه، قطر متوسط آنها برابر قطر لکه ایجاد شده در نظر گرفته

جدول ۱- نمونه‌ای از چگونگی محاسبه انرژی جنبشی باتوجه به باران ساخته شده (علیزاده، ۱۳۶۸).

$j$	قطر قطرات (mm)	قطر متوسط (mm)	سرعت (m/s)	تعداد قطره	حجم قطره $\text{mm}^3$	جرم قطره (gf) $\times 10^{-3}$	حجم قطرات $\text{mm}^3$	حجم تجمعی $\text{mm}^3$	انرژی جنبشی $\times 10^{-3}$
۱	۰/۵-۱	۰/۷۵	۳	۲	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۰۰۲
۲	۱-۱/۵	۱/۲۵	۴/۸	۳	۱/۰۲۲	۱/۰۲۲	۳/۰۶۶	۳/۵۰۶	۰/۰۳۵
۳	۱/۵-۲	۱/۷۵	۶/۲	۵	۲/۸۰۶	۲/۸۰۶	۱۴/۰۳	۱۷/۵۳۶	۰/۲۶۹
۴	۲-۲/۵	۲/۲۵	۶/۹۵	۶	۵/۹۶۴	۵/۹۶۴	۳۵/۷۸۴	۵۳/۳۲	۰/۸۶۴
					جمع				$۱/۱۷ \times 10^{-3}$

مقدار انرژی جنبشی در واحد سطح بازاء هر میلی‌متر باران به دست می‌آید، یعنی:

$$E = (1.17 \times 10^{-3} (j) / 53.32 (\text{mm}^3)) \times 10^6 \text{mm}^3 / \text{m}^2 / \text{mm} = 21.94 \text{ j} / \text{m}^2 / \text{mm}$$



شکل ۱- رابطه بین قطر قطره و سرعت نهایی قطرات باران (رفاهی، ۱۳۷۵).

$I_{30}$  - حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای هر باران  $\text{mm/hr}$  -  $E_i$

انرژی جنبشی هر باران برحسب  $\text{J/mm}^2$

$n$  - تعداد باران‌های اتفاق افتاده در سال  $i$  ام،  $K$  - تعداد سال موردنظر

دوره آماری تحلیل شده ۲۰ سال می‌باشد که مشتمل بر بیش از ۳۵۰ باران برای شهر تهران است. تجزیه و تحلیل مقدماتی و آزمون‌های لازم بر روی داده‌ها انجام گردید.

### نتایج

پس از محاسبه شاخص فرسایش‌زایی باران در تهران با استفاده از رابطه معروف ویشمایر که  $(\text{Mj.mm/ha/hr})$  ۹۸ برآورد گردید، یکسری روابط برای تخمین شاخص فرسایش‌زایی باران برحسب پارامترهای بارندگی به دست آمد. در زیر به تعدادی از

برای شدت‌های مختلف مقادیر انرژی جنبشی محاسبه

گردید و با یک رگرسیون بین آن دو رابطه نیمه لگاریتمی زیر حاصل شد:

$$E = 10.91 + 8.586 \times \text{LOG}(I) \quad (10)$$

$E$  انرژی جنبشی برحسب  $\text{J/mm}^2$  و  $I$  شدت باران برحسب  $\text{mm/hr}$  است.

**محاسبه R:** میزان بارندگی از روی گراف‌های باران سنج ثبات به ازای هر ده دقیقه قرائت گردید. برای محاسبه شاخص فرسایش‌زایی باران ( $R$ )، حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای هر باران را انتخاب نموده و در مقدار انرژی جنبشی باران ضرب شد تا مقدار ( $R$ ) همان باران حاصل گردد. ویشمایر (۱۹۶۹) برای محاسبه  $R$  متوسط سالانه رابطه زیر را ارائه نمود:

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^n E_i \cdot I_{30} \right) \quad (11)$$

روابطی که بین  $R$  و پارامترهای بارندگی در تهران به دست آمده است، پرداخته می‌شود.

**مقدار باران و  $R$  ناشی از آن:** بیش از ۳۵۰ بارندگی اتفاق افتاده در دور مشاهداتی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و پس از آنالیز رگرسیونی، بین دو پارامتر شاخص فرسایش‌زایی باران و مقدار بارندگی بهترین معادله نوع نمایی تشخیص داده شد:

$$R = 0.159 * P^{0.145} \quad r = 0.92 \quad (12)$$

$R$  شاخص فرسایش‌زایی باران (MJ.mm/ha/hr) و  $P$  مقدار باران (mm) است.

**باران روزانه و مقدار  $R$  آن:** پس از محاسبه  $R$  هر باران، مقدار باران‌هایی که در یک روز اتفاق افتاده بود، با یکدیگر جمع و سپس نظیر اینکار در مورد  $R$  انجام گرفت. سپس رابطه نمایی زیر بین  $R$  و  $P$  به دست آمد:

$$R = 0.1277 * P^{1.579} \quad r = 0.85 \quad (14)$$

$R$  شاخص فرسایش‌زایی در هر روزبارانی (MJ.mm/ha/hr) و  $P$  باران روزانه (mm) می‌باشد.

**باران حداکثر ۲۴ ساعته و  $R$  حداکثر:** برای هر سال، حداکثر باران نازل شده در آن سال و نیز  $R$  متناسب با آن باران انتخاب گردید. سپس این دو پارامتر مورد آنالیز رگرسیونی قرار گرفت و پس از حذف چند نقطه

نامناسب، بهترین معادله بر این نقاط برازش داده شد.

$$R_{max} = 6.21 * P_{max}^{1.834} \quad r = 0.768 \quad (14)$$

$R_{max}$  = حداکثر شاخص فرسایش‌زایی باران در سال (MJ.mm/ha/hr)

$P_{max}$  = حداکثر مقدار باران در سال (mm)

**$R$  و مقدار باران در مدت دوام‌های مختلف:** در هر منطقه، باران‌هایی با مدت دوام‌های مختلف فرو می‌ریزد، که مقدار آنها در هر مدت دوام متغیر می‌باشد. با توجه به آمار موجود، برای هر مدت دوام خاص تغییرات  $R$ ، با بارندگی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

چگونگی توزیع زمانی بارندگی‌های تهران در جدول ۳ داده شده است. که مدت دوام باران‌های تهران بیشتر ۳، ۴، ۵ و ۸ ساعته می‌باشد و یکساعته و کمتر از یکساعت خیلی کم اتفاق می‌افتد.

**باران متوسط ۶ ساعته و  $R$  سالانه:** با توجه به اینکه نمی‌توان باران‌های ۶ ساعته با دوره برگشت دو ساله را برای یک ایستگاه تهیه نمود و از طرفی دوره برگشت ۲ ساله به این معناست که به احتمال ۵۰ درصد چنین بارانی رخ می‌دهد، می‌توان آن را برابر باران متوسط در نظر گرفت. بنابراین باران‌های متوسط ۶ ساعته محاسبه و نسبت به مقدار  $R$  سالانه نظیر آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جدول ۲- رابطه بین  $R$  و مقدار باران در مدت دوام‌های مختلف (قدمی و همکاران، ۱۳۷۷).

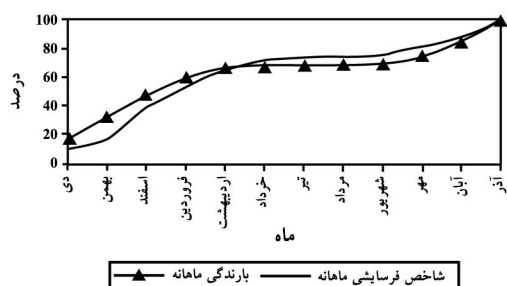
ردیف	مدت دوام (ساعت)	ضریب همبستگی ( $r$ )	$R =$
۱	۲	۰/۹۱۸	$0.049 \times P^{2.64}$
۲	۳	۰/۸۸	$0.048 \times P^{2.456}$
۳	۴	۰/۹۴	$0.096 \times P^{1.962}$
۴	۵	۰/۹۲۳	$0.044 \times P^{1.99}$

جدول ۳- توزیع فراوانی مدت دوام باران‌های تهران (ایستگاه مهرآباد).

ساعت	دقیقه	زمان	
		پارامتر	
>۸	۸ ۷ ۶ ۵ ۴ ۳	۱۵۰ ۱۲۰ ۹۰ ۷۵ ۶۰ ۴۵ ۳۰	مدت دوام بارندگی
۶۰	۱/۸ ۲/۳ ۴/۶ ۵/۵ ۸/۸ ۶/۱	۲/۶ ۲/۷ ۲/۲ ۰/۹ ۰/۴ ۰/۸۶ ۱	درصد مقدار باران

اردیبهشت، مهر و آبان مقدار R زیاد و در حالی که برای خرداد و سه ماه تابستان، R از مقدار کمتری برخوردار می‌باشد.

**مقدار R با دوره برگشت‌های مختلف:** با داشتن مقدار R سالانه در دوره برگشت‌های مختلف، می‌توان براساس آن در امور مدیریتی برنامه‌ریزی نمود، به همین منظور مقادیر R سالانه با دوره برگشت‌های مختلف با توزیع نرمال برآورد گردید.

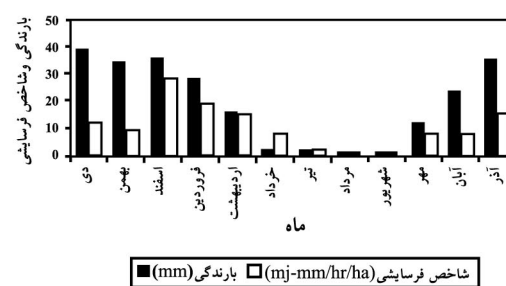


شکل ۳- مقادیر تجمعی درصد باران و شاخص فرسایشی ماهانه.

$$R = 13.99 * P^{0.771} \quad r = 0.77 \quad (15)$$

که در آن R شاخص فرسایش‌زایی باران (MJ.mm/ha/hr/yr) و P باران متوسط ۶ ساعته (mm) است.

شاخص فرسایش‌زایی ماهانه باران: شاخص فرسایش‌زایی ماهانه محاسبه و سپس روی آن بررسی‌هایی انجام گرفت. شکل‌های ۲ و ۳ چگونگی تغییرات R و P نسبت به ماه‌های مختلف سال را نشان می‌دهند. باتوجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که در ماه‌های اسفند، فروردین،



شکل ۲- نمودار تغییرات باران و شاخص فرسایشی در طول سال.

جدول ۳- مقادیر شاخص فرسایش‌زایی سالانه باران در دوره برگشت‌های مختلف (قدمی و همکاران، ۱۳۷۷).

دوره برگشت (سال)	۲	۴	۵	۱۰	۲۰	۴۰	۱۰۰	۲۰۰
مقدار R (Mj.mm/ha/hr)	۹۸	۱۳۷	۱۴۷	۱۷۳	۱۹۴	۲۱۲	۲۳۴	۲۴۸

قطره مورد آزمایش قرار گرفت، بهترین آنها استفاده از بورت بود که قطرات یکسان و کنترل شده‌ای را تولید می‌کرد.

معادله ۱۳ نشان می‌دهد که با افزایش مقدار باران روزانه، R همان روز نیز افزایش می‌یابد این معادله شبیه رابطه‌ای است که توسط لامباردی برای منطقه فلوریدا ارائه شده است.

## نتایج و بحث

از آنجا که انجام تحقیق شامل دو مرحله اساسی بود، یکی انجام آزمایش‌ها و دیگری تجزیه و تحلیل آمار بارندگی، در نتیجه در حین کار با نکات و مشکلاتی برخورد شد که لازم است بطور خلاصه به تعدادی از آنها که اهمیت بیشتری دارند اشاره شود:

برای به‌دست آوردن رابطه قطر قطره و قطر لکه به قطرات مختلفی نیاز بود، روش‌های مختلفی برای تولید

به این مقادیر می‌توان در مدیریت حفاظت خاک تجدید نظر کرد (شکل ۲).  
قبل از تجزیه و تحلیل آمار، لازم است که آزمون‌های آماری روی آنها انجام گیرد.  
پیشنهاد می‌گردد که مقدار  $R$  و روابط بین آنها با پارامترهای بارندگی برای اقلیم‌های مختلف انجام و محاسبه گردد.

معادله ۱۵ شبیه معادله‌ای است که جی‌رنالد برای کالیفرنیا ارائه کرد، این معادله بیانگر رابطه خوبی بین بارندگی متوسط ۶ ساعته و شاخص فرسایش زایی باران است.  
با مقایسه  $R$  در ماه‌های مختلف سال چگونگی توزیع بارندگی در طول سال مشخص می‌شود، بنابراین با توجه

## منابع

۱. رفاهی، ح. ۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۵۱ صفحه.
۲. علیزاده، ا. ۱۳۶۸. فرسایش و حفاظت خاک (ترجمه). انتشارات معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی. ۲۵۱ صفحه.
۳. قدمی فیروزآبادی، ع. و شمسایی، ا. ۱۳۷۷. تعیین شاخص فرسایشی باران در تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شریف تهران. ۱۳۷ ص.
4. Ateshian, J.K.H. 1974. Estimation of rainfall erosion index J of Irrig. Drain. Div., ASCE, 100 (IR3): 293-307.
5. Foster, G.R., Lombardi, F., and Moldenhauer, W.C. 1982. Elevation of rainfall erosivity factors for individual storms, Trans. ASE, 25(1): 124-128.
6. Hudson, N. 1971. Soil conservation."Cornell University Press, Ithaca, NewYork".
7. Kowall, J.M., and Kassam, A.H. 1976. Energy load insantaneous intensity of rainstorms at samaru, Northern Nigeria. Trop.Agric. 53(3):185-196.
8. Lombardi. 1989. Seasonal distribution of rainfall erosivity in peninsular florida. Trans. ASCE. 32(5):1555-1560.
9. Onchev, N.G. 1985. Soil Erosion and conservation. Soil Conservation Society of America, Ankeny, pp:384-392.
10. Renard, K.G. 1975. Estimation of rainfall erosion index. J of Irrig.Drain.Div.ASCE, 101(IR3): 240-241.
11. Salako, F.K., and Ghmanand, B.S. 1995. Rainfall erosivity in South-central Nigeria. Soil Technology. No. 7:279-290.
12. Wishmeier, W.H. 1959. Rainfall erosion index for Universal soil loss equation. Soil Sci. Soc. Proceedings. 23:246-249.
13. Wishmeier, W.H. 1969. Relation of soil properties to erodibility. Soil Sci. Soc. Am. 33:131-137. Oits.

## **Estimation of soil erosion index from daily rainfall amount**

**A. Ghadami Firouzabadi<sup>1</sup> and A. Shamsaei<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Agricultural Engineering Research Dept., Hamedan Agricultural Research Center, <sup>2</sup>Dept., of Civil Engineering of Sharif University, Tehran, Iran

---

---

### **Abstract**

Erosion is defined as the separation and transference of the soil particles from the surface, which can take place by water or wind. Among the factors affecting soil erosion by water are; water or rain erosivity, soil erodibility, slope of the surface, coverage of the soil surface, and soil management. Rain erosivity index is the most well known index rendered in the universal soil loss equation (USLE) which is called as Wischmeier index (R). This index is defined as the sum of  $(E.I30)$  in which E is the kinetic energy of the rain and I30 is the maximum intensity of 30 minutes rain. In this research first a relationship between kinetic energy of the rain and its intensity was established. This work was conducted by a rainfall simulator. Then, Theran rainfall data extracted from the graphs of rain gauge record was collected. Rainfall data course was for a period of 20 years. Therefore, it was possible to calculate the total kinetic energy and then the R factor. The annual estimated average R in Tehran was 98 Mj.mm/ha/hr. Also it was possible to calculate the erosivity index for the whole year. Based upon the index of R for each rain or the annual R relationships between R and some rainfall parameters were investigated. These parameters were, amount of climate, daily rainfall, maximum daily precipitation, average 6-hour precipitation. Erosivity index for different return periods was also calculated. By this means, for which regions having the same type of the climate, the amount of erosivity index can be estimated.

**Keywords:** Rain; Erosion; Rainfall Index; Soil