



دانشگاه گوارن و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و یکم، شماره چهارم، ۱۳۹۳  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## تغییرات زمانی و مکانی ضریب فرساینده‌گی باران در جنوب غرب ایران

\*الهه ترابیان مقدم<sup>۱</sup>، مهدی نادری<sup>۲</sup>، جهانگرد محمدی<sup>۳</sup> و روح‌الله فتاحی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشگاه شهرکرد، آستادیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد،

<sup>۲</sup>دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد، آستادیار گروه آب، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۹۱/۵/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۲۲

### چکیده

شاخص فرساینده‌گی باران مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر فرسایش خاک است. این پژوهش با هدف تعیین تغییرات مکانی و زمانی انرژی فرساینده‌گی باران در جنوب غرب ایران انجام شده است. خصوصیات بیش از ۱۰۰۰۰ رگبار مربوط به ۲۷ ایستگاه سینوپتیک در جنوب غرب ایران مورد استفاده قرار گرفت و انرژی جنبشی (E) و حداکثر شدت بارندگی ۳۰ دقیقه‌ای (I<sub>۳۰</sub>) رگبارها محاسبه و متوسط شاخص فرساینده‌گی ماهیانه و سالیانه برای همه ایستگاه‌ها تعیین شد. پهنه‌بندی تغییرات مکانی به روش اسپلاین انجام گرفت. نتایج نشان دادند که ضریب فرساینده‌گی باران در ماه‌های مختلف از شمال به جنوب و از غرب به شرق کاهش می‌یابد. بالاترین و پایین‌ترین ضریب فرساینده‌گی سالیانه به ترتیب برابر ۲۶/۳۹ و ۶/۱۱  $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{yr}^{-1}$  و به ترتیب متعلق به ایستگاه‌های ایوان (استان ایلام) و ایستگاه بروجن (استان چهارمحال و بختیاری) می‌باشد. از نظر زمانی بالاترین ضریب فرساینده‌گی برابر با ۱۸۳/۷  $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{yr}^{-1}$  است که در فصل زمستان رخ می‌دهد. وجود ضرایب همبستگی معنی‌دار بین میانگین‌های سالانه مقادیر بارش و شدت بارش و ضرایب فرساینده‌گی مرتبط با آن دوره‌های زمانی به ترتیب برابر ۰/۹۴ و ۰/۹۳ می‌باشند که تخمین میانگین‌های سالانه ضرایب فرساینده‌گی باران را به کمک مقادیر بارش تسهیل می‌نمایند. نتایج نشان دادند که استفاده از میانگین‌های بارش و شدت بارش سالیانه در یک مدل رگرسیون چندگانه برای برآورد ضرایب فرساینده‌گی سالیانه قابل اعتمادتر از هنگامی است که از معادله‌های رگرسیون ساده برای این منظور استفاده شود.

**واژه‌های کلیدی:** پهنه‌بندی ضریب فرساینده‌گی باران، تغییرات زمانی و مکانی، جنوب غربی ایران

\* مسئول مکاتبه: [elahe.torabyan@yahoo.com](mailto:elahe.torabyan@yahoo.com)

## مقدمه

خاک از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشور و بزرگ‌ترین عامل تهدیدکننده این منبع فرسایش است. فرسایش، جداسازی ذرات از سطح خاک به وسیله عوامل فرساینده و سپس انتقال آن‌ها به مکان دیگر تعریف شده است (ناتالیا و همکاران، ۲۰۰۵). کنترل فرسایش خاک به حدی که سرعت فرسایش تقریباً برابر سرعت طبیعی تلفات خاک گردد، بستگی به انتخاب استراتژی‌های مناسب در حفاظت خاک دارد. این امر مستلزم شناخت تمامی فرآیندهای فرسایش است. عوامل مؤثر بر فرسایش عبارتند از بارندگی، رواناب، باد، خاک، شیب، پوشش گیاهی، وجود یا نبود تمهیدات حفاظتی و مدیریتی (گانگزینوانگ و همکاران، ۲۰۰۲). به‌طور کلی میزان فرسایش خاک به دو عامل فرساینده و فرسایش‌پذیری خاک بستگی دارد. قطرات باران عامل مهم فرساینده و میزان مقاومت خاک به جدا شدن و انتقال ذرات فاکتورهای مهم فرسایش‌پذیری هستند. ویشمایر و اسمیت (۱۹۵۹) به‌منظور تخمین فرسایش آبی، مفهوم فرساینده‌ی باران را ارائه کردند. این پژوهشگران در مطالعات خود مشاهده کردند که تلفات خاک در اثر برخورد قطرات باران با زمین به شاخصی بستگی دارد که در آن انرژی جنبشی باران (E) و حداکثر شدت بارش در دوره زمانی ۳۰ دقیقه‌ای ( $I_{30}$ ) در نظر گرفته شده باشد و حاصل ضرب این دو عامل یعنی  $EI_{30}$  شاخص ویشمایر نامیده می‌شود که بیش‌ترین همبستگی را با فرسایش خاک دارد. طبق تعریف هادسون (۱۹۷۱) و ویشمایر و اسمیت (۱۹۵۹) فرساینده‌ی باران به‌عنوان فعل و انفعال بین انرژی جنبشی قطرات باران و سطح خاک بیان شده است که در نتیجه این فعل و انفعال جداسازی و انتقال ذرات خاک رخ می‌دهد (سیلوا، ۲۰۰۴).

معادله جهانی فرسایش خاک مدلی تجربی برای پیش‌بینی فرسایش می‌باشد و عامل فرساینده‌ی باران (R) یکی از ۶ عامل این معادله است. در صورتی که سایر عوامل تغییر نکنند میزان فرسایش خاک به‌طور مستقیم متناسب با مقادیر فرساینده‌ی باران است. فرم نهایی این معادله توسط ویشمایر و اسمیت در سال ۱۹۵۹ ارائه گردید (پاریدا و همکاران، ۲۰۰۸):

$$A=R.K.L.S.C.P \quad (1)$$

که در آن، A: میزان تلفات خاک محاسبه شده در واحد سطح ( $t.ha^{-1}.yr^{-1}$ )، R: شاخص فرساینده‌ی باران ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.yr^{-1}$ )، K: شاخص فرسایش‌پذیری ( $t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$ )، L: شاخص طول شیب، S: شاخص شیب، C: عامل پوشش گیاهی و P: عامل مدیریت و حفاظت خاک است.

با توجه به کمبود داده‌های بارش و دشواری کسب آن داده‌ها پژوهشگران مختلف سعی نموده‌اند که به کمک داده‌های زودیافت بارش و یا داده‌های محیطی عامل فرساینده‌ی باران را تخمین بزنند. مورگان (۱۹۸۰) میزان انرژی جنبشی ناشی از رگبارهای رخ داده در انگلستان را به کمک معادله‌ی ارایه شده توسط هادسون محاسبه کرد و پهنه‌بندی فرساینده‌ی باران را برای این کشور انجام داد. باگارلو و آزارو (۱۹۹۴) بین شاخص فرسایش باران و مقدار بارندگی به یک نمایی دست یافت ( $R=0.058H^{1/05}$ ). رامپراساد و همکاران (۲۰۰۰) در هند رابطه رگرسیونی خطی ساده‌ای بین میانگین ضریب فرساینده‌ی سالانه باران و متوسط بارش سالانه ارایه نمودند ( $EI_{30}=0.0418(Rainfall)+1/449$ ). اسوتلانا و همکاران (۲۰۰۲) در اسناگو، رابطه نمایی ( $R=0.0043H^{1/02}$ ) بین ضریب فرساینده‌ی سالانه (R) و میانگین بارش سالانه (H) برآورد کردند.

صادقی (۲۰۰۴) تغییرات مکانی و زمانی شاخص فرساینده‌ی باران را در استان مازندران بررسی و رابطه‌ای قوی بین مقادیر فرساینده‌ی باران و حداکثر شدت بارش ۳۰ دقیقه‌ای گزارش کرد. مرادی و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی تغییرات مکانی و زمانی شاخص فرساینده‌ی در استان خوزستان، رابطه‌ای قوی بین فرساینده‌ی و مقدار حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای باران گزارش کرد ( $R^2=0.95$ ).

این پژوهشگران میزان فرساینده‌ی سالانه را برای این استان  $\left(\frac{1}{R}\right)^{0.29} = 0.72 \left[\left(\frac{1}{I_{30}}\right)^{0.97}\right]^{1/73}$  تن متر بر هکتار ساعت محاسبه کردند. شریفان (۲۰۰۶) در بررسی رابطه‌های بین فرساینده‌ی پارامترهای مختلف باران در گرگان میزان متوسط فرساینده‌ی سالانه را  $938/1 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.yr^{-1}$  برآورد کرد. فرساینده‌ی سالانه را شریفیان و همکاران (۲۰۰۶) و الکساندر و لوک (۲۰۰۹) در بررسی ارتباط بین فرساینده‌ی روزانه و مقدار بارش روزانه به ترتیب در مشهد و اسپانیا به رابطه‌های نمایی  $R=0.112H^{1/816}$  و  $EI_{30}=0.682P^{1/998}$  دست یافتند. سالاکو (۲۰۱۰) نیز معادله‌ای نمایی بین شاخص فرساینده‌ی و مقدار بارندگی گزارش کردند ( $R=0.0568P^{1/83}$ ).

پرایس و همکاران (۲۰۰۰) روش‌های پهنه‌بندی اسپلین و عکس مجذور فاصله را برای میان‌یابی مکانی درجه حرارت و بارندگی ماهانه و سالانه در غرب و شرق کانادا به کار بردند و گزارش کردند که روش اسپلین در بیش‌تر ماه‌ها نتیجه مناسب‌تری را ارایه می‌دهد اما روش عکس مجذور فاصله از نظر کاربرد ساده‌تر است. هارگروو (۲۰۰۱) به کمک مدل رقومی ارتفاع و روش‌های مختلف اسپلین،

تخمین دقیقی از میانه و متوسط بارندگی را در سوئیس به‌دست آورد. آرنولدز (۲۰۰۵) از شاخص فورنیه برای تخمین R سالیانه استفاده کرد. این پژوهشگر شاخص اصلاح شده فورنیه را به‌صورت رابطه ۲ ارائه نمود:

$$F = \frac{\sum P_i^{\gamma}}{P} \quad (2)$$

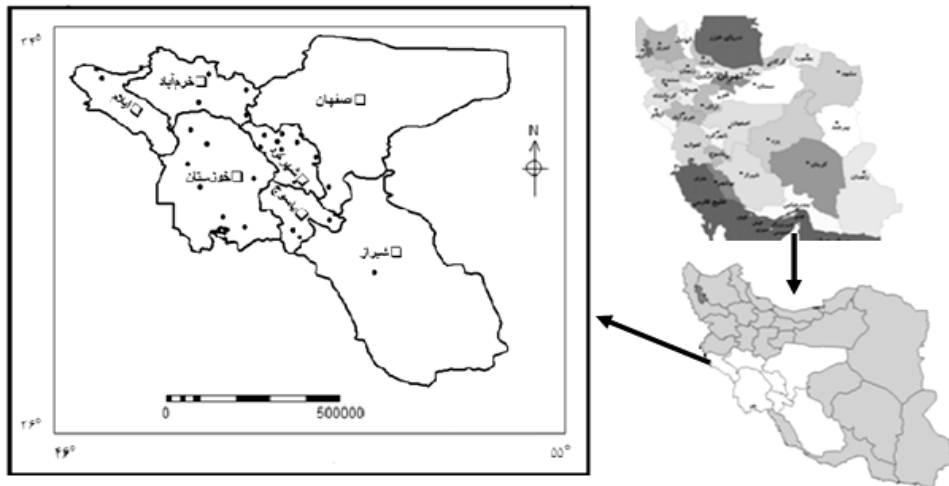
که در آن،  $P_i$ : میانگین ماهانه بارش در ماه  $i$  سال و  $P$ : متوسط سالانه بارندگی می‌باشند. این پژوهشگر گزارش کرد که شاخص فورنیه اصلاح شده همبستگی مناسب‌تری با شاخص فرسایندهگی باران (R) نشان می‌دهد. خالدیان و شاهویی (۲۰۰۵) در کردستان ضریب فرسایندهگی سالانه را با استفاده از شاخص فورنیه، ۱۲۰۰ ژول بر مترمربع محاسبه نمودند. صادقی و همکاران (۲۰۱۱) تغییرپذیری مکانی و زمانی فرسایندهگی در ایران را مورد بررسی قرار دادند. این پژوهشگران پس از محاسبه فرسایندهگی ماهانه، سالانه و فصلی به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین خطر فرسایندهگی مربوط به ماه دسامبر و کم‌ترین خطر فرسایندهگی مربوط به ماه‌های آگوست و ژوئن می‌باشد. ماکزیمم مقدار فرسایندهگی مربوط به ایستگاه‌هایی است که در شمال ایران واقع هستند و مینیمم مقدار این فاکتور مربوط به ایستگاه‌های مرکزی ایران می‌باشد. دلیل این تفاوت مربوط به شرایط اقلیمی مناطق و در نتیجه تفاوت در میزان بارندگی و خصوصیات دیگر بارش‌ها مانند شدت بارندگی می‌باشد.

با توجه به ضرورت وجود عامل فرسایندهگی باران برای محاسبه فرسایش در سطوح منطقه‌ای و نبود آن جز برای مناطقی محدود در اطراف ایستگاه‌های هواشناسی، این پژوهش در راستای محاسبه و بررسی تغییرات مکانی و زمانی این شاخص در جنوب غرب ایران انجام گردید. همچنین ارتباط بین عامل فرسایندهگی باران و میزان بارش و شدت متوسط بارش ارزیابی گردید و امکان تخمین میزان فرسایندهگی باران به کمک داده‌های زودیافت مورد بررسی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مطالعاتی:** منطقه مطالعاتی بخش‌هایی از غرب و جنوب غرب ایران می‌باشد که بین طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۶ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۰ دقیقه واقع شده است. این محدوده شامل استان‌های ایلام، لرستان، کهگیلویه و

بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، خوزستان، استان اصفهان و استان فارس می‌باشد (شکل ۱). این منطقه بخش‌هایی از رشته‌کوه‌های زاگرس، فلات مرکزی ایران و دشت‌های مشرف به خلیج فارس را در بر می‌گیرد. مرتفع‌ترین و پست‌ترین ایستگاه سینوپتیک در این منطقه به ترتیب ایستگاه‌های مرغملک و دهملا با ارتفاع ۲۴۱۵ و ۳۰ متر از سطح دریا می‌باشند. با توجه به تغییرات ارتفاعی این منطقه از نظر درجه حرارت و بارش نیز متنوع می‌باشد به طوری که بالاترین و پایین‌ترین میزان بارش سالیانه در این منطقه از کشور به ترتیب برابر ۷۸۷/۶۰ و ۳۱۸/۲۴ میلی‌متر متعلق به ایستگاه‌های سیلاخور (در استان لرستان) و بروجن (در استان چهارمحال و بختیاری) می‌باشد.



شکل ۱- نقشه پراکنش ایستگاه‌ها در عرصه مورد مطالعه.

محاسبه شاخص فرساینده‌گی: داده‌های بیش از ۱۰۰۰۰۰ رگبار مربوط به ۲۷ ایستگاه طی یک دوره آماری مشترک از سال ۹۸-۱۹۸۳ مورد مطالعه قرار گرفتند (جدول ۱). برای محاسبه فرساینده‌گی به روش ویشمایر و اسمیت (۱۹۵۹)، ابتدا مدت هر بارندگی به دوره‌های ۱۵ دقیقه‌ای تقسیم شد و با مشخص بودن شدت بارش از طریق رابطه ۳ انرژی جنبشی هر دوره با استفاده از رابطه ۴ محاسبه و در مقدار بارندگی آن دوره ضرب گردید. مجموع انرژی جنبشی در تمام دوره های یک رگبار انرژی جنبشی کل رگبار را نشان می‌دهد (ین و همکاران، ۲۰۰۷):

$$I = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (۳)$$

که در آن،  $\Delta V$ : مقدار بارش (میلی‌متر)،  $\Delta t$ : طول مدت بارش یا زمان بارش (h) و  $I$ : شدت بارش ( $\text{mm.h}^{-1}$ ) می‌باشد.

$$E_r = \sum_{r=1}^k 0.029 [1 - 0.72 \exp(-0.05 I_r)] (\Delta v_r) \quad (۴)$$

که در آن،  $E_r$ : انرژی جنبشی هر دوره ( $\text{MJ.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ )،  $I_r$ : شدت بارش هر دوره ( $\text{mm.h}^{-1}$ ) است. سپس با استفاده از رابطه ۶ شاخص ویشمایر بر حسب ( $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{yr}^{-1}$ )، محاسبه گردید. قابل ذکر است که  $EI_{30}$  با محاسبه بیش‌ترین شدت ۳۰ دقیقه‌ای ( $I_{30}$ ) (رابطه ۵) و انرژی جنبشی کل رگبارها محاسبه شد.

$$I_{30} = P_{30} / 0.05 \quad (۵)$$

$$R = EI_{30} / 100 \quad (۶)$$

از مجموع شاخص‌های فرساینده‌گی رگبارها در هر ماه، شاخص فرساینده‌گی ماهانه با استفاده از رابطه ۷ محاسبه شد:

$$R = \sum_{i=1}^n (E_i)(I_{30})_i \quad (۷)$$

که در آن، شاخص فرساینده‌گی ماهانه ( $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$ )،  $E_i$ : انرژی جنبشی هر بارش در ماه ( $\text{MJ.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ )،  $(I_{30})_i$ : ماکزیمم شدت ۳۰ دقیقه‌ای هر بارش در ماه ( $\text{mm.ha}^{-1}$ )،  $i$ : شماره بارش،  $n$ : تعداد کل بارش‌ها در یک ماه است.

با استفاده از رابطه ۸ میانگین ماهیانه و سالیانه شاخص فرساینده‌گی باران برآورد گردید (پاریدا و همکاران، ۲۰۰۸):

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[ \sum_{k=1}^n (E_k)(I_{30})_k \right] \quad (۸)$$

که در آن،  $J$ : شماره سال و  $n$ : تعداد کل سال‌های آماری مورد استفاده است. میانگین ماهانه این شاخص نیز برای ۱۷ سال، با استفاده از رابطه ۸ محاسبه گردید به طوری که  $J$  شماره ماه و  $n$  تعداد کل ماه‌های آماری مورد استفاده می‌باشد.

شرط نرمال بودن داده‌ها از جمله شرایط لازم برای بررسی ارتباط بین شاخص فرسایندگی و دیگر متغیرهاست. از این جهت آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون اسمیرنوف-کلموگروف انجام گرفت.

**رابطه شاخص فرسایندگی و دیگر متغیرهای بارش:** با توجه به نبود ایستگاه سینوپتیک برای ثبت داده‌های بارش در بسیاری از نقاط جنوب غربی کشور ضروری است که امکان تخمین شاخص فرسایندگی باران از طریق سایر داده‌های بارش مورد بررسی قرار گیرد. به این منظور رابطه پارامترهای زودیافت مانند ارتفاع ایستگاه‌ها، مقادیر بارندگی ماهانه، متوسط بارش ماهانه و متوسط بارش سالانه ایستگاه‌ها با میانگین شاخص فرسایندگی ماهانه و سالانه مورد بررسی و مناسب‌ترین مدل‌های رگرسیون برای تخمین عامل فرسایندگی محاسبه شدند.

اعتبارسنجی مدل‌ها با استفاده از ضریب تبیین ( $R^2$ )، میانگین مجذور مربعات خطا (RMSE) (رابطه ۹)، میانگین خطای تخمین (MEE) (رابطه ۱۰)، میانگین مطلق خطا (MAE) (رابطه ۱۱) انجام گرفت. هرچه مقادیر RMSE، MEE، MAE، به صفر نزدیک‌تر باشد مدل انتخاب شده مناسب‌تر است (محمدی، ۲۰۰۶).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [Z(x_i) - Z^*(x_i)]^2} \quad (9)$$

$$MEE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [(Z(x_i)) - (Z^*(x_i))] \quad (10)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Z(x_i) - Z^*(x_i)| \quad (11)$$

**پهنه‌بندی عامل فرسایندگی:** در اجرای این طرح، به دلیل محدود بودن تعداد ایستگاه‌ها (۲۷ ایستگاه)، به منظور میان‌یابی و پهنه‌بندی فرسایندگی باران از روش اسپلاین استفاده شد (محمدی، ۲۰۰۶). تخمین گره‌های اسپلین، از توابع پلی‌نومیال تشکیل شده‌اند. در تخمین گر اسپلاین، هر تابع پلی‌نومیال

درجه p، به صورت موضعی و نه عام برازش داده می‌شود. به این ترتیب، هر قطعه از خط یا بخشی از صفحه توسط یک تابع پلی‌نومیال مدل‌سازی می‌گردد و در مجموع منحنی یا صفحه پیوسته پیرایش یافته‌ای را برآورد می‌کند. به‌طور معمول، از اسپلاین‌های درجه سوم یا اسپلاین‌های مکعبی استفاده می‌گردد. این توابع، بیش‌تر، برای برازش و مدل‌سازی موجودیت‌های خطی و پستی و بلندی‌های طبیعی (مانند مدل‌های رقومی ارتفاع) و همچنین در شرایطی که تعداد مشاهده‌ها اندک هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرند (محمدی، ۲۰۰۶). محاسبه‌های آماری (محاسبه‌های آماری، مدل‌سازی، اعتبارسنجی مدل‌ها و رسم نمودارها) با استفاده از نرم‌افزار Excel 2007 و Statistica version 8 و پهنه‌بندی فرسایندها در محیط Arc GIS 9.3 انجام گرفت.

### نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از محاسبه میانگین بارش‌های سالانه و سایر خصوصیات بارندگی در ایستگاه‌های جنوب غرب ایران در یک دوره مشترک آماری ۹۸-۱۹۸۳، در جدول ۱ نشان داده شده است. بیش‌ترین مقدار بارش سالانه متعلق به ایستگاه سیلاخور (شمال منطقه) است (۷۸۷/۶۰ میلی‌متر) و کم‌ترین مقدار به ایستگاه بروجن (شرق منطقه) مربوط است (۳۱۸/۲۴ میلی‌متر). این اختلاف احتمالاً به دلیل تفاوت‌های اقلیمی و توپوگرافی می‌باشد. با توجه به این‌که از شمال منطقه به سمت جنوب (از منطقه‌ای با آب و هوای کوهستانی به طرف منطقه‌ای با آب و هوای گرم و خشک) و از شرق منطقه به طرف غرب، از مقدار بارش‌ها کاسته می‌شود از میزان شاخص فرسایندها سالیانه باران نیز کاسته می‌شود. همان‌طور که جدول ۱ نشان می‌دهد ایستگاه‌هایی که دارای بیش‌ترین مقدار بارندگی سالیانه می‌باشند، بیش‌ترین مقدار ضریب فرسایندها را نیز به خود اختصاص داده‌اند. نتایج صادقی و همکاران (۲۰۱۱) نیز بیانگر این مطلب است که حداکثر مقدار فرسایندها مربوط به ایستگاه‌هایی است که در شمال ایران واقع هستند و حداقل مقدار این فاکتور مربوط به ایستگاه‌های مرکزی ایران می‌باشد.



## الیهه تراییان مقدم و همکاران

جدول ۱- اسامی ایستگاه‌های سینوپتیک و میانگین بارش، فرساینده‌گی سالانه و ارتفاع از سطح دریا.

نام ایستگاه	استان	تعداد رگبارهای بیشتر از ۳۰ دقیقه طی ۱۷ سال	میانگین فرساینده‌گی سالانه (MJ.mm.ha <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	میانگین بارش سالانه (میلی‌متر)	ارتفاع از سطح دریا (متر)
الیگودرز	لرستان	۴۵۸	۱۵/۳۸	۵۹۱/۹۹	۵۲۵
امامزاده جعفر	ک. و بویراحمد*	۴۸۷	۱۲/۷۹	۳۸۵/۲۵	۲۰۳۲
اهواز	خوزستان	۳۸۲	۱۱/۹۷	۳۵۹/۰۴	۴۰
ایوان	ایلام	۴۳۴	۲۶/۳۹	۷۸۵/۵۹	۱۱۷۰
ایلام	ایلام	۴۶۸	۲۶/۲۹	۷۸۰/۷۶	۱۳۳۷
خان میرزا	چ. و بختیاری**	۳۳۷	۱۳/۲۰	۴۴۷/۰۳	۶۶۰
بازفت	چ. و بختیاری	۴۸۳	۱۳/۹۸	۴۶۱/۴۸	۲۰۴۸/۹۰
باغملک	خوزستان	۴۱۵	۱۲/۱۳	۳۷۸/۲۳	۲۰۷۲
بروجن	چ. و بختیاری	۳۶۴	۶/۱۱	۳۱۸/۲۴	۲۱۹۷
جونقان	چ. و بختیاری	۳۵۸	۱۲/۸۸	۴۲۱/۸۹	۱۸۳۱/۵۰
چلگرد	چ. و بختیاری	۴۰۳	۱۵/۱۵	۵۸۸/۳۶	۲۲۸۵
چم‌گزر	لرستان	۳۱۸	۱۴/۵۶	۵۵۲/۵۰	۲۲۰۲
شهرکرد	چ. و بختیاری	۳۳۶	۱۲/۹۸	۴۲۲/۰۳	۲۲۲۳
دهملا	خوزستان	۳۸۱	۱۰/۸۹	۳۵۲/۲۲	۳۰
سد دز	خوزستان	۳۴۸	۱۶/۳۵	۶۰۵/۰۹	۲۰۲۲
سمیرم	خوزستان	۳۷۱	۱۰/۸۳	۳۴۷/۷۶	۳۲
سیلاخور	لرستان	۴۶۳	۱۶/۲۳	۷۸۷/۶۰	۱۴۹۶/۹۰
باباحیدر	خوزستان	۴۸۱	۱۴/۲۹	۴۸۸/۴۲	۲۲۴۷
شیراز	فارس	۳۲۳	۱۰/۹۷	۳۵۲/۶۱	۱۴۸۴
عباسپور	خوزستان	۳۴۹	۱۲/۰۶	۳۶۴/۱۸	۶۷۵
فارسان	چ. و بختیاری	۳۲۲	۱۲/۶۷	۳۷۹/۷۴	۷۱۰
کشور	لرستان	۴۶۳	۱۶/۴۹	۶۱۵/۰۷	۱۹۸۸
کمپ جراحی	خوزستان	۳۵۵	۱۰/۹۷	۳۵۵/۳۳	۲۲/۵۰
گنوند	خوزستان	۳۹۲	۱۳/۵۶	۴۴۷/۷۴	۱۰۰
گچساران	ک. و بویراحمد	۳۸۷	۱۳/۵۹	۴۵۰/۷۷	۶۹۹/۵۰
مرغملک	چ. و بختیاری	۳۷۳	۱۳/۸۹	۴۴۹/۲۳	۲۴۱۵
یاسوج	ک. و بویراحمد	۴۴۱	۱۲/۵۸	۳۸۸/۷۲	۱۸۸۰

\* و \*\* به ترتیب معرف استان‌های که کیلویه و بویراحمد و چهارمحال و بختیاری می‌باشند.

آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون اسمیرنوف-کلموگروف انجام گرفت و با توجه به ضرایب چولگی و کشیدگی داده‌ها (جدول ۲) و ترسیم هیستوگرام‌ها، این داده‌ها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کردند، بنابراین با تغییر داده‌ها به صورت لگاریتمی در نرم‌افزار، توزیع آن‌ها، نرمال شد.

جدول ۲- توصیف آماری داده‌های میانگین فرسایندهای سالانه و متوسط شدت بارندگی و میانگین بارش سالیانه.

پارامترها	میانگین عددی	انحراف معیار	واریانس	انحراف از میانگین	میانه	دامنه	چولگی	کشیدگی
میانگین فرسایندهای سالیانه (MJ.mm.ha <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	۱۴/۰۵۴	۴/۵۰	۲۰/۳	۲/۹۳	۱۳/۲۰	۲۰/۲۸	۱/۵۹	۲/۹۹
میانگین بارش سالیانه (میلی‌متر)	۴۷۶/۹۲	۱۴۰/۰۸	۱۹۶۲۴/۴	۱۱۱/۳۴	۴۴۷/۰۳	۴۶۹/۳۶	۱/۱۶	۰/۴۲
متوسط شدت بارش سالیانه (میلی‌متر بر هکتار)	۹/۶۹	۲/۰۲	۰/۰۰۸	۱/۵۹	۹/۴۱	۲/۸۴	۰/۸۱	۰/۴۷

رابطه بین عامل فرسایندهای سالانه و سایر پارامترهای دیگر بارش: مبنای محاسبه مقادیر فرسایندهای بارش‌ها محاسبه شدت بارش با استفاده از منحنی باران نگار (pluviograph) می‌باشد ولی به‌دست آوردن این اطلاعات بسیار وقت‌گیر و گران است همچنین این اطلاعات برای بسیاری از ایستگاه‌های باران‌سنجی در شهرستان‌های منطقه مورد مطالعه وجود ندارد. از این‌رو، با اندازه‌گیری هم‌زمان میانگین ضریب فرسایندهای باران و دیگر خصوصیات بارش‌ها (مانند میانگین مقدار بارش و شدت متوسط بارندگی) رابطه‌های آماری بین آن‌ها بررسی گردید. جدول ۳ نشان می‌دهد که بین متوسط شاخص فرسایندهای سالیانه و میانگین بارش سالیانه و متوسط شدت بارندگی سالیانه همبستگی معنی‌داری در سطح (P<۰/۰۱) وجود دارد ولی بین این ضریب و ارتفاع از سطح دریا همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۳- همبستگی بین میانگین ضریب فرسایندهای سالیانه (R) و متوسط بارش سالیانه (P)، متوسط شدت بارش (I).

متغیر	میانگین بارش سالیانه (میلی‌متر)	متوسط شدت بارش سالیانه (mm.h <sup>-1</sup> )
متوسط شاخص فرسایندهای سالیانه (MJ.mm.ha <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	۰/۹۴**	۰/۹۳**

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ns غیرمعنی‌دار.

با توجه به این که تهیه داده‌های میانگین‌های بارش سالیانه و شدت بارش سالیانه سهل‌تر از محاسبه متوسط بارش سالیانه است تلاش به عمل آمد که مناسب‌ترین مدل برای تخمین شاخص فرساینده سالیانه از طریق داده‌های زودیاقت‌تر مشخص گردد.

جدول ۴ نشان می‌دهد که آماره F برای همه مدل‌ها بسیار معنی‌دار بود ضریب تبیین برای مدل‌های خطی از ضریب تبیین مدل‌های نمایی به نسبت بالاتر بود قرار گرفتن متوسط بارش سالیانه و شدت بارش سالیانه در یک مدل رگرسیون چندگانه ضریب تبیین بالاتری را ارایه می‌دهد و امکان برآورد ضریب فرساینده سالیانه از طریق متوسط بارش سالیانه و متوسط شدت بارندگی سالیانه وجود دارد. شریفیان و همکاران (۲۰۰۶) و الکساندر و همکاران (۲۰۰۹) نیز در بررسی مدل‌های ارتباط بین فرساینده سالیانه و مقدار بارش روزانه به ترتیب در مشهد و اسپانیا به رابطه‌های نمایی  $(R=0/112P^{1/816})$  و  $(EI_{30}=0/0682P^{1/998})$  دست یافتند. اسوتلانا و همکاران (۲۰۰۲) به منظور تعیین فرساینده سالیانه باران در اسناگو، رابطه توانی  $(R=0/0043H^{1/52})$  بین ضریب فرساینده سالیانه (R) و میانگین بارش سالیانه (H) به دست آوردند. رامپراساد و همکاران (۲۰۰۰) در هند به یک رابطه رگرسیونی خطی ساده بین میانگین ضریب فرساینده سالیانه باران و متوسط بارش سالیانه دست یافتند  $(EI_{30}=0/0418(Rainfall)+1/449)$ .

جدول ۴- مدل‌های برآورد متوسط فرساینده سالیانه با استفاده از متوسط بارش سالیانه (P) و متوسط شدت بارش سالیانه (R).

F	MEE	MAE	RMSE	R <sup>2</sup>	معادله	ردیف
۱۲۰/۸۳**	-۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۳۵	۰/۸۲	$R=0/98P-1/48$	۱
۱۲۴/۷۱**	-۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۳۵	۰/۷۸	$R=0/119P^{2/294}$	
۱۸۶/۸۷**	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۲۴	۰/۸۸	$R=1/34I-0/17$	۲
۱۷۵/۴۶**	۰/۰۱	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۸۷	$R=1/166I^{1/169}$	
۹۰/۴۱**	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۲۴	۰/۸۷	$R=1/2I+0/11P-0/33$	۳

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

### بررسی تغییرات مکانی ضریب فرساینده‌گی باران

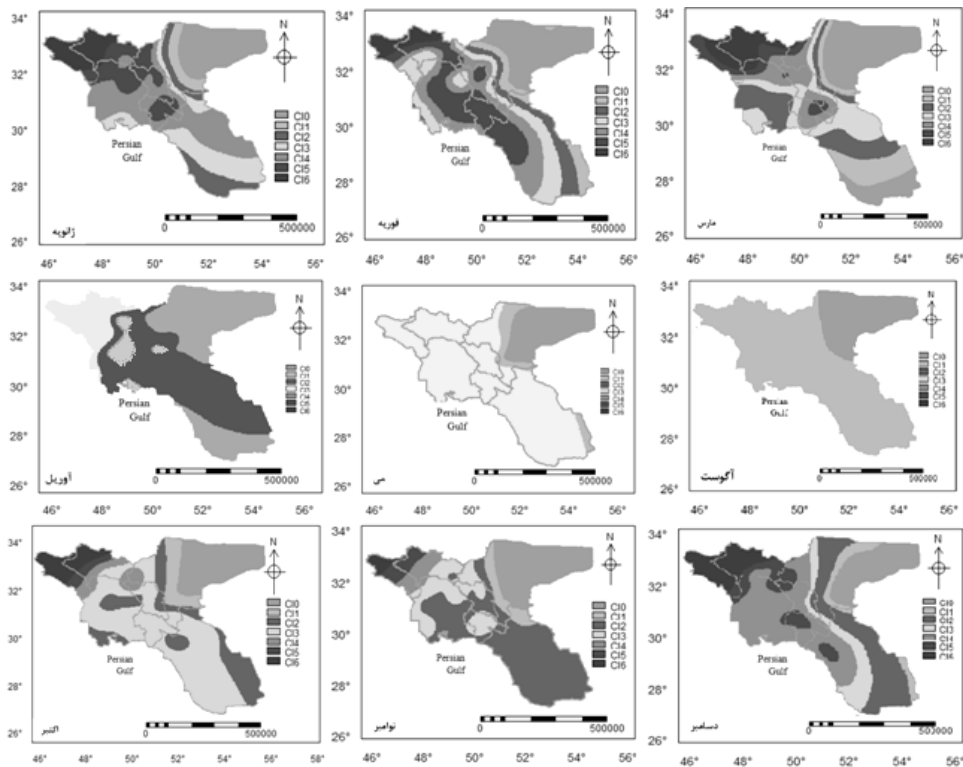
تغییرات مکانی شاخص فرساینده‌گی باران ماهانه: با استفاده از اطلاعات ۲۷ ایستگاه، نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی ضریب فرساینده‌گی ماهانه تهیه و به ۶ کلاس (CI) طبقه‌بندی شدند. کلاس‌های  $CI_1$ ،  $CI_2$ ،  $CI_3$ ،  $CI_4$ ،  $CI_5$  و  $CI_6$  به ترتیب نشان‌دهنده خطر فرساینده‌گی بسیار کم، کم، متوسط، متوسط تا زیاد، زیاد، و بسیار زیاد می‌باشند (جدول ۵).

جدول ۵- طبقه‌بندی ضریب فرساینده‌گی ماهانه.

علامت	کلاس فرساینده‌گی	دامنه ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.yr^{-1}$ )
$CI_1$	بدون داده	-
$CI_2$	بسیار کم	$< 0.67$
$CI_3$	کم	$0.67 - 1.67$
$CI_4$	متوسط	$1.67 - 2.67$
$CI_5$	متوسط تا زیاد	$2.67 - 3.67$
$CI_6$	زیاد	$3.67 - 4.67$
$CI_7$	بسیار زیاد	$4.67 <$

در یک تفسیر کلی از روند تغییرات مکانی ضریب فرساینده‌گی باران در همه ماه‌ها می‌توان روند کاهشی این عامل را از شمال غرب منطقه (استان ایلام) به سمت جنوب (استان فارس) و همچنین از غرب منطقه (استان خوزستان) به طرف شرق (استان اصفهان) مشاهده کرد (شکل ۲). مرادی و همکاران (۲۰۰۶) نیز در بررسی تغییرات ضریب فرساینده‌گی در خوزستان به نتایج مشابهی دست یافتند و کاهش آن را از شمال به جنوب و از غرب به شرق گزارش کردند. با رسم نمودارهای تعیین مساحت در همه ماه‌ها مشخص شد که بیش‌تر منطقه در ماه ژانویه در کلاس‌های  $CI_3$ ،  $CI_4$  و  $CI_5$ ، به معنای خطر فرساینده‌گی متوسط، متوسط تا زیاد و زیاد قرار می‌گیرد. در ماه فوریه نیز مساحت زیادی از منطقه با خطر فرساینده‌گی زیاد ( $CI_5$ )، متوسط تا زیاد ( $CI_4$ ) و متوسط ( $CI_3$ )، مواجه می‌باشد. کلاس‌های  $CI_2$ ،  $CI_3$  و  $CI_4$  با خطر فرساینده‌گی متوسط تا زیاد، کم و متوسط مساحت زیادی از منطقه مطالعاتی را در ماه مارس تشکیل می‌دهند. در ماه آوریل نیز، مناطق مرکزی تقریباً روند یکسانی از فرساینده‌گی را نشان می‌دهد به طوری که سطح وسیعی از منطقه، خطر فرساینده‌گی کم را نشان می‌دهد.

در ماه می، بخش اعظمی از منطقه در خطر فرساینده گی کم ( $CI_2$ ) قرار دارد. میانگین ضریب فرساینده گی ماهانه در ماه سپتامبر بسیار کم است و بیش تر وسعت منطقه مورد مطالعه در کلاس ۱ یعنی خطر فرساینده گی بسیار کم قرار می گیرد. در ماه اکتبر کلاس  $CI_3$ ، در نوامبر کلاس  $CI_2$  و در دسامبر، کلاس  $CI_4$  به ترتیب با خطر فرساینده گی متوسط، کم و متوسط تا زیاد، بیش تر مساحت منطقه را تحت شعاع خود قرار می دهند. روند کاهشی ضریب فرساینده گی باران از شمال غرب منطقه به سمت جنوب و از غرب به شرق به تغییر در توپوگرافی و کاهش مقدار بارندگی (که ارتباط نزدیکی با ضریب فرساینده گی دارد)، بستگی دارد (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه های پهنه بندی متوسط ضریب فرساینده گی ماهانه باران ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.yr^{-1}$ ).

اعتبارسنجی پهنه‌بندی ضریب فرساینده‌گی ماهانه: برای اعتبارسنجی پهنه‌بندی ضریب فرساینده‌گی ماهانه (رابطه ۸) با مدل Spline، ۱۵ ایستگاه از ۲۷ ایستگاه برای پهنه‌بندی و از ۱۲ ایستگاه دیگر برای صحت‌سنجی استفاده شد. نتایج به‌دست آمده از بررسی این مدل در جدول ۶ آورده شده است. عوامل ارزیابی محاسبه شده پایین و نشان‌دهنده اعتبار نقشه‌های شاخص فرساینده‌گی ماهانه می‌باشند.

جدول ۶- محاسبه شاخص‌های اعتبارسنجی پهنه‌بندی شاخص فرساینده‌گی ماهانه در دوره آماری ۱۹۸۳-۹۹۸.

شاخص فرساینده‌گی	RMSE	MEE	MAE
ژانویه	۰/۸۶	۰/۰۲۱	۰/۴۴
فوریه	۰/۳۸	۰/۰۳۸	۰/۲۲
مارس	۰/۹۴	۰/۰۲۱	۰/۳۳
آوریل	۰/۴۸	۰/۰۱۴	۰/۳۱
می	۰/۲۹	۰/۰۱۱	۰/۱۵
سپتامبر	۰/۵۶	۰/۰۳۲	۰/۳۴
اکتبر	۰/۶۳	۰/۰۱۱	۰/۳۱
نوامبر	۰/۸۷	۰/۰۱۲	۰/۳۵
دسامبر	۰/۷۴	۰/۰۲۱	۰/۳۰

پهنه‌بندی میانگین ضریب فرساینده‌گی سالیانه: همان‌طور که در تحلیل تغییرات مکانی و زمانی فرساینده‌گی باران در عرصه مورد مطالعه گفته شد مقدار بارندگی، عامل مهم و اصلی در تحلیل روند تغییرات بود. بررسی تغییرات مکانی متوسط ضریب فرساینده‌گی سالیانه نشان می‌دهد که عامل فرساینده‌گی از شمال‌غرب به جنوب و از غرب به شرق روند کاهشی دارد (شکل ۳). نقشه میانگین میزان فرساینده‌گی سالیانه به ۶ کلاس طبقه‌بندی شد (جدول ۷). اعتبارسنجی این نقشه نیز با استفاده از داده‌های ۱۲ ایستگاه از ۲۷ ایستگاه انجام شد. نتایج اعتبارسنجی که با محاسبه جذر میانگین مربع خطای (RMSE)، میانگین قدرمطلق خطای (MAE) و میانگین خطای تخمین (MEE) انجام شد، نشان‌دهنده قابل اعتماد بودن پهنه‌بندی می‌باشد (جدول ۸). با رسم نمودار تعیین مساحت، می‌توان گفت که کلاس‌های  $Cl_1$ ،  $Cl_2$  و  $Cl_3$  با خطر فرساینده‌گی کم، متوسط و متوسط تا زیاد بخش اعظمی از منطقه مطالعاتی را تحت پوشش قرار می‌دهند.

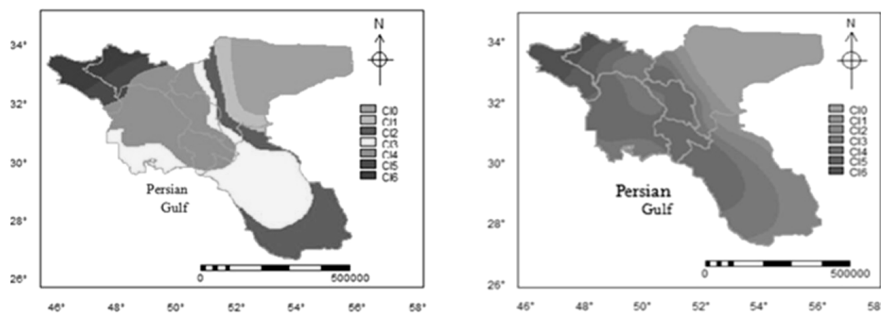
## الیه ترابیان مقدم و همکاران

جدول ۷- طبقه‌بندی ضریب فرساینده گی سالانه.

علامت	کلاس فرساینده گی	دامنه ( $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{yr}^{-1}$ )
Cl.	بدون داده	-
Cl <sub>1</sub>	بسیار کم	<۲/۹۹
Cl <sub>۲</sub>	کم	۲/۹۹-۷/۹۹
Cl <sub>۳</sub>	متوسط	۷/۹۹-۱۱/۹۹
Cl <sub>۴</sub>	متوسط تا زیاد	۱۱/۹۹-۱۶/۹۹
Cl <sub>۵</sub>	زیاد	۱۶/۹۹-۲۱/۹۹
Cl <sub>۶</sub>	بسیار زیاد	۲۱/۹۹<

جدول ۸- محاسبه شاخص‌های اعتبارسنجی پهنه‌بندی میانگین سالانه شاخص فرساینده گی باران.

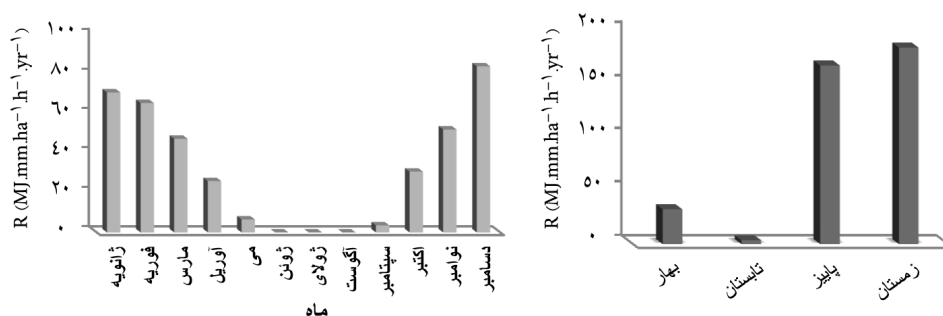
MAE	MEE	RMSE	متوسط شاخص فرساینده گی سالانه ( $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{yr}^{-1}$ )
۰/۶۳	۰/۱۱	۱/۰۱	



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی میانگین بارش سالانه (سمت راست) و میانگین ضریب فرساینده گی سالانه در دوره آماری ۱۹۸۳-۹۸ (سمت چپ).

با دقت در نقشه‌های شکل ۳ می‌توان نتیجه گرفت که به دلیل بارش زیاد در مناطق شمالی نسبت به مناطق جنوبی، بیش‌ترین فرساینده گی نیز در این مناطق رخ می‌دهد و با توجه به نمودارهای شکل ۴ بیش‌ترین خطر فرساینده گی در فصل زمستان و ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر رخ می‌دهد. این

نتیجه‌ای بود که صادقی و همکاران (۲۰۱۱) و مرادی و همکاران (۲۰۰۶) به آن دست یافتند. بنابراین بیش‌ترین عملیات و تمهیدات حفاظتی نیز این گونه زیر کشت بردن اراضی تا حد ممکن و حفظ پوشش گیاهی باید در ماه‌ها و مکان‌های پرخطر انجام شود تا از بروز فرسایش تا حد امکان جلوگیری شود.



شکل ۴- نمودارهای میانگین ضریب فرساینده‌گی فصلی (سمت راست) و میانگین ضریب فرساینده‌گی ماهانه (سمت چپ).

### نتیجه‌گیری کلی

با توجه به ضریب همبستگی معنی‌دار بین شاخص فرساینده‌گی سالانه و متوسط میزان بارش سالانه ( $R^2=0/94$ ) و همچنین بین این شاخص و شدت متوسط بارش سالانه ( $R^2=0/93$ )، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مقدار و شدت بارش، از مهم‌ترین خصوصیات بارندگی هستند که می‌توان به کمک آن‌ها شاخص فرساینده‌گی را تخمین زد. به‌خصوص این‌که که ضریب فرساینده‌گی در ماه‌ها و فصل‌های پر باران همبستگی بیش‌تری را با میزان بارش نشان داد. با توجه به معنی‌دار بودن همبستگی بین متوسط شاخص فرساینده‌گی سالیانه، میانگین بارش سالیانه از یک‌سو و متوسط شدت سالیانه از سوی دیگر، امکان برآورد ضریب فرساینده‌گی سالانه و ماهانه فراهم می‌باشد. با توجه به خطای کم روش اسپلاین در بررسی تغییرات مکانی، می‌توان نتیجه گرفت که این روش برای پهنه‌بندی و میان‌یابی داده‌های شاخص فرساینده‌گی سالانه و ماهانه در مناطق کم‌تر توسعه‌یافته و کشورهای در حال توسعه که ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک محدود و با تراکم کم می‌باشند روش قابل اعتمادی می‌باشد.



منابع

1. Alexandr, N.M., and Luc, B. 2009. Evaluation of soil erosion risk using analytic network process and GIS: a case study from Spanish mountain olive plantations. *J. Environ. Manage.* 90: 3091-3104.
2. Arnolds, H.M.J. 2005. Predicting soil losses due to Sheet and rill erosion. *FAO Conservation Guide*, 1: 99-124.
3. Bagarello, V., and Asaro, F.D. 1994. Estimation single storm erosivity index. *Transactions of the ASAE*. 31: 785-791.
4. Guangxing, W., George, G., Vivek, S., Svetlana, S., Pablo, P., and Alan, A. 2002. Spatial and temporal prediction and uncertainty of soil loss using the revised universal soil loss equation: a case study of the rainfall-runoff erosivity R factor. *Ecological Modelling*. 7153: 143-155.
5. Hargarove, W.W. 2001. Interpolation of rainfall in Switzerland using a regularized spline with tension. *Applied Meterology*. 34: 140-158.
6. Hudson, N.W. 1971. The influence of Rainfall on the mechanics of Soil Erosion. M.Sc. Thesis, University of Cape Towne, South Africa. 148p.
7. Khaledian, H., and Shahoe, S.S. 2005. Investigation of relation of rainfall intensity with rainfall kenetic energy and estimate of annually rainfall erosivity index in Kordestan province, 3<sup>th</sup> Conference of Erosion and Sediment. Tehran. Pp: 289-296. (In Persian)
8. Mohammadi, J. 2006. Pedometer: 2, Geostatistics. Tehran University, Pelk Propagations. 452p. (In Persian)
9. Moradi, H.R., Behzadfar, M., and Sadeghi, H.R. 2006. Study relation between rainfall parameter and erosivity index in Khozestan province. *Agric. Sci. J.* 29: 4. 69-83. (In Persian)
10. Morgan, R.P.C. 1980. Soil erosion and conservation in Britain. *Progress in Physical Geography*. 4: 24-47.
11. Natalia, H., Peter, R.W., and Alvaro, J. 2005. Seasonal and spatial patterns of erosivity in a tropical watershed of the Colombian Andes. *J. Hydrol.* 314: 177-191.
12. Parida, B.P., Shamshad, M.N., Azhari, M.H., and Wan Hussin, W.M.A. 2008. Development of an appropriate procedure for estimation of RUSLE EI<sub>30</sub> index and preparation of erosivity maps in Peninsular Malaysia. *Catena*. 72: 423-432.
13. Price, K.G., and Freimund, J.R. 2000. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *J. Hydrol.* 157: 287-306.
14. Ramprasad, B.K., Kothyari, U.B.P., and Pande, R.K. 2000. Evaluation of rainfall erosivity in Bheta Gad catchment, KumaunHills of Uttar Pradesh, Central Himalayas. *The Environmentalist*. 20: 301-308.
15. Sadeghi, H. 2004. Study temporal variations of rainfall erosivity index in Mazandaran Province, Iran. *The Fourth International Iran and Russia Conference on Agriculture and Natural Resources*. 10: 1280-1285.

16. Sadeghi, S.H.R., Moatamednia, M., and Behzadfar, M. 2011. Spatial and temporal variations in the rainfall erosivity factor in Iran. *J. Agric. Sci. Technol.* 13: 451-464.
17. Salako, F.K. 2010. Development of isoerodent maps for Nigeria from daily rainfall amount. *Geoderma.* 156: 372-378.
18. Sharifian, H., Alizade, A., and Mirlotfi, M. 2006. Rainfall erosivity index in Mashhad. *Geograph. J.* 52: 28-40.
19. Sharifan, H. 2006. Evaluation of equations erosivity index and parameters of rainfall in Gorgan. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 5: 31-45. (In Persian)
20. Silva, A.M. 2004. Rainfall erosivity map for Brazil. *Catena.* 57: 251-259.
21. Svetlana, B., Tomislav, S., and Sonja, B. 2002. Definition of rainfall erosivity in the Area of the Experimental Station Snagovo. *J. Hydrol.* 241: 25-31.
22. Wischmeier, W.H., and Smith, D.D. 1959. A Rainfall erosion index for the Universal Soil Loss Equation. *Soil Science Society Proceedings.* 23: 246-249.
23. Yin, S., Xie, Y., Nearing, M.A., and Wang, C. 2007. Estimation of rainfall erosivity using 5-to 60-minute fixed-interval rainfall data from China. *Catena.* 70: 306-312.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(4), 2014*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Temporal and spatial variations of rainfall erosivity in Southwest of Iran**

**\*E. Torabian Moghadam<sup>1</sup>, M. Naderi<sup>2</sup>, J. Mohammadi<sup>3</sup> and R. Fatahi<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, Shahrekord University, <sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Shahrekord University, <sup>3</sup>Associate Prof., Dept. of Soil Science, Shahrekord University, <sup>4</sup>Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Shahrekord University

Received: 08/18/2012; Accepted: 08/13/2013

### **Abstract**

Rainfall erosivity index is the most important factor which impacts soil erosion. The objective of this research was mapping spatial and temporal variations of rainfall erosivity in the southwest of Iran. Properties of 10,000 rain storms belonging to 27 climatological stations were analyzed and their synthetic energy (E) and maximum 30 minute rainfall intensity ( $I_{30}$ ) were calculated. The mean annual and monthly rainfall erosivities were calculated for all stations' data. Mapping spatial variations was carried out using Spline algorithm. The results showed that the monthly erosivity index values decrease from the north to the south and from the west to the east of the region. Maximum and minimum values of annual erosivity were equal to 26.39 and 6.11 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.yr<sup>-1</sup> belonging to Ivan (Ilam province) and Brojen stations (Chaharmahal Va Bakhtiari province), respectively. Temporal studies of rainfall erosivity index indicated that maximum rainfall erosivity was equal to 183.7 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.yr<sup>-1</sup> and occurred in winter. Existence of significant correlation coefficients between the means of monthly and annual rainfall values and their corresponding rainfall erosivities were 0.94 and 0.93, respectively and such significant correlation coefficients facilitate indirect estimations of monthly and annual rainfall erosivities through rainfall values and simple or multiple regression models. The results revealed higher reliability of multiple regression models consist of both means of annual rainfall and rain storm intensities than simple regression models for estimation of annual rainfall erosivity.

**Keywords:** Mapping rainfall erosivity, Southwest Iran, Temporal and spatial variations

---

\* Corresponding Author; Email: [elahe.torabian@yahoo.com](mailto:elahe.torabian@yahoo.com)

