

تحلیل الگوهای مکانی عامل فرساینده‌گی باران در مقیاس‌های زمانی متفاوت در ایران

محسن ذبیحی^۱، سید حمیدرضا صادقی^{۲*} و مهدی وفاخواه^۳

^۱ کارشناس ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ^۲ استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس و ^۳ دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۱۴

چکیده

فرسایش خاک به‌عنوان پدیده‌ای تهدید کننده برای جمعیت جهان، اغلب نتیجه اثرات توأم کاربری ناصحیح اراضی و عوامل اقلیمی است. در بین عوامل اقلیمی، باران به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل فرساینده خاک محسوب می‌شود و بر همین اساس مطالعه دقیق خصوصیات مختلف باران از جمله فرساینده‌گی آن در ایجاد فرسایش خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. حال آن‌که بررسی دقیق تغییرپذیری مکانی عامل فرساینده‌گی باران در مقیاس‌های مختلف زمانی در سطح ملی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات مکانی عامل فرساینده‌گی باران رابطه جهانی فرسایش خاک در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در ایران برنامه‌ریزی شده است. بدین منظور پس از محاسبه انرژی جنبشی و حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای بیش از ۱۲۰۰۰ رگبار به‌وقوع پیوسته در ۷۰ ایستگاه مطالعاتی در دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۶۳-۱۳۸۲) در کشور، مقادیر عامل فرساینده‌گی باران با استفاده از روش معکوس وزنی فاصله در محیط نرم‌افزار GIS پهنه‌بندی و الگوهای مکانی آن در مقیاس‌های مختلف تحلیل شد. بر اساس نتایج، ایستگاه‌های موجود در جنوب غرب و شمال کشور در اولویت نخست از نظر خطر عامل فرساینده‌گی باران سالانه قرار دارند. در فصول مختلف نیز همچون ماه‌های موجود در آن‌ها، ایستگاه‌های غرب و جنوب غربی و ایستگاه‌های جنوب شرق به ترتیب در اولویت‌های بالا و پایین خطر عامل فرساینده‌گی قرار گرفتند. همچنین، نتایج نشان داد که ایستگاه‌های تنگ‌پیچ خوزستان، انزلی و پل‌شالو در خوزستان بیشترین و بند انحرافی سمنان، طبس و بم کمترین خطر عامل فرساینده‌گی سالانه در کشور را به‌خود اختصاص داده‌اند. مقدار میانگین عامل فرساینده‌گی باران سالانه در کشور نیز ۱۴/۱۳ تن‌متر سانتی‌متر بر هکتار ساعت به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: انرژی جنبشی، تخریب خاک، تغییرات مکانی فرسایش، شاخص Wischmeier و Smith، فرسایش خاک

مقدمه

اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. فرسایش خاک^۱ به‌عنوان پدیده‌ای تهدید کننده برای جمعیت

خاک به‌عنوان بستر تولید از عوامل مهم استمرار حیات در کره زمین بوده و نقش آن به‌عنوان بستر حیات و منبعی با محدودیت‌های فراوان در سال‌های

¹ Soil Erosion

حفاظت خاک، مهار فرسایش و مدیریت اراضی کمک نماید.

پژوهش‌های متعددی در مورد ابعاد مختلف عامل فرساینده‌ی باران در دنیا صورت گرفته است. در این راستا Qihu و همکاران (۲۰۰۰) تغییرات مکانی عامل فرساینده‌ی باران در جمهوری کره را ارزیابی کرده و به این نتیجه رسیدند که مقادیر R در شرق کره بیشتر و در مناطق ساحلی کمتر است. Van der Knijff و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشتند که مقادیر میانگین طولانی مدت R در اروپا با داده‌های بارندگی مانند بارندگی سالانه یا شاخص Fournier اصلاح شده دارای ارتباط نزدیک بوده است.

Silva (۲۰۰۴) عامل R را بر اساس مقادیر میانگین بارندگی سالانه و میانگین بارندگی ماهانه به دست آورد و تغییرات زمانی و مکانی آن در برزیل را مورد بررسی قرار داد. بر اساس نتایج وی بیشترین کمترین مقادیر فرساینده‌ی به ترتیب مربوط به شمال غربی و شمال شرقی برزیل بوده و ماه‌های دسامبر تا ژانویه و ژوئن تا سپتامبر نیز به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر فرساینده‌ی را به خود اختصاص دادند. Vrieling و همکاران (۲۰۱۰) عامل فرساینده‌ی باران بر اساس داده‌های ماهواره‌ها در آفریقا را تخمین زدند. آن‌ها با استفاده از ارتباط شدت-انرژی جنبشی و ۱۱ سال داده‌های TMPA^۵، میانگین عامل فرساینده‌ی سالانه را محاسبه نمودند. نتایج مقایسه‌ها نشان داد که شاخص Fournier اصلاح شده همبستگی بالایی ($r=0/84$) نسبت به داده‌های TMPA ($r=0/71$) داشت. ایشان اذعان نمودند که بارندگی ماهانه مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای تخمین مکانی خوبی از میانگین عامل فرساینده‌ی سالانه ارائه داده است.

Lee و Heo (۲۰۱۱) با هدف شناسایی کاربردی‌ترین مدل برای کشور کره، روش‌های تخمین عامل فرساینده‌ی باران RUSLE^۶ بر اساس بارندگی سالانه را ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد که از ۳۳ ایستگاه، ۳۱ ایستگاه ارتباط مثبت بالایی بین عامل فرساینده‌ی مقدار باران سالانه در سطح اطمینان ۹۹ درصد داشتند. Meusburger و همکاران (۲۰۱۲)

جهان شناخته شده و اغلب نتیجه اثرات کاربری ناصحیح اراضی و عوامل اقلیمی است (Gobin و همکاران، ۲۰۰۴). فرسایش خاک تابعی از فرساینده‌ی باران^۱ و فرسایش‌پذیری خاک^۲ است که فرساینده‌ی به‌عنوان نیروی محرک و فرسایش‌پذیری به‌عنوان نیروی مقاوم عمل می‌کنند. در بین عوامل اقلیمی، باران به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل فرساینده خاک محسوب می‌شود (Hoyos و همکاران، ۲۰۰۵، Sadeghi و Ghazanfarpour، ۲۰۰۷).

انرژی قطرات باران عامل اصلی تخریب خاک‌دانه و در نتیجه وقوع فرسایش پاشمانی و سطحی خاک است (Rosewell، ۱۹۸۶) و میزان آن تابع قطر قطرات، شدت و انرژی جنبشی باران است (Bhattacharyya و همکاران، ۲۰۱۰، Shahoei و Khaledian، ۲۰۱۰). فرساینده‌ی باران به قابلیت بالقوه باران در ایجاد فرسایش خاک اطلاق (Smith و Wischmeier، ۱۹۷۸) شده و به دلیل تغییرپذیری زمانی و مکانی زیاد آن نسبت به فرسایش‌پذیری و همچنین، نقش آن به‌عنوان یکی از ورودی‌های مهم و مؤثر به سامانه آبخیز طی فرایند فرسایش خاک دارای اهمیت زیاد می‌باشد (Lafren و Moldenhauer، ۲۰۰۳، Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۱). طبیعی است در صورت ثبات نسبی سایر عوامل سامانه آبخیز، عامل فرساینده‌ی نقش کلیدی در تعیین میزان فرسایش خاک ایفا می‌کند (Sadeghi، ۲۰۰۳، Hakimkhani و همکاران، ۲۰۰۵). حال از آنجایی که شناخت تغییرات مکانی عامل فرساینده‌ی باران، ابزاری سودمند برای درک چگونگی پراکنش غیریکنواخت فرسایش خاک بالقوه در هر منطقه می‌باشد، برآورد منطقه‌ای فرساینده‌ی باران بر اساس داده‌های محدود نقطه‌ای، یکی از مسائل مهم در مطالعات فرسایش خاک است.

بر این اساس، روش‌های درون‌یابی^۳ از جمله روش‌های پرکاربرد برای تهیه نقشه‌های هم‌فرساینده‌ی باران^۴ می‌باشند. بر همین اساس نقشه فرساینده‌ی باران به‌عنوان منبع مهمی از اطلاعات می‌تواند متخصصان و کارشناسان را در راستای ارائه طرح‌های

^۱ Rainfall Erosivity (R)

^۲ Soil Erodibility

^۳ Interpolation

^۴ Isoerodent Maps

^۵ Multi-Satellite Precipitation Analysis

^۶ Revised Universal Soil Loss Equation

به کمک آنالیز رگرسیون در مقاطع زمانی ماهانه، فصلی و سالانه مدل سازی نمودند. نتایج آن ها نشان دهنده ارتباط بالای فرساینده با متغیر تغییر شکل یافته مقدار بارندگی با ضریب تبیین کمینه ۹۰ درصد بود. Safarrad و همکاران (۲۰۰۹) با بهره گیری از روش های زمین آمار به مدل سازی عامل فرساینده باران Fournier در حوزه آبخیز باش قشلاق پرداختند. ایشان با ارزیابی روش های مختلف درون پایی با استفاده از اعتبارسنجی متوالی، به برتری روش معکوس وزنی فاصله^۱ نسبت به سایر روش ها دست یافتند.

Hakimkhani و Hakimkhani (۲۰۱۰) نقشه فرساینده باران در استان لرستان را با برقراری رابطه رگرسیونی بین EI_{30} و تعدادی از شاخص های زود یافت، تهیه نمودند. بر اساس نتایج ایشان، بهترین ارتباط بین شاخص فرساینده Wischmeier و Smith با شاخص Fournier اصلاح شده برقرار شد. Sadeghi و همکاران (۲۰۱۱) تغییرات زمانی و مکانی عامل فرساینده باران ۱۸ ایستگاه را بر اساس رابطه Wischmeier و Smith در مقیاس های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در یک دوره آماری ۲۳ ساله ارزیابی نمودند. نتایج پژوهش نشان داد که بیشینه عامل فرساینده در ماه های مارس، دسامبر و نوامبر و کمینه آن طی ماه های جولای و اوت اتفاق افتاده است.

علاوه بر این مشخص شد که انزلی و بابلسر واقع در شمال کشور با مقادیر به ترتیب ۱۱/۵۱ و ۴/۲۶ مگاژول میلی متر بر هکتار ساعت دارای بیشترین و سمنان با مقادیر به ترتیب ۰/۲۰ و ۰/۲۱ مگاژول میلی متر بر هکتار ساعت دارای کمترین مقدار فرساینده بوده اند. Sadeghi و Hazbavi (۲۰۱۳) روند مکانی فرساینده باران ۱۸ ایستگاه کشور در یک دوره زمانی ۲۳ ساله را مورد ارزیابی و تحلیل قرار دادند و روند کاهشی آن در شمال ایران و روند افزایشی آن به سمت بخش های جنوبی کشور را گزارش کردند.

با بررسی پیشینه پژوهش می توان جمع بندی نمود که بیشتر پژوهش های صورت گرفته در زمینه عامل

تغییرات زمانی و مکانی شاخص فرساینده باران RUSLE در سوئیس را ارزیابی نمودند. در این پژوهش سری زمانی ۲۲ ساله داده های ۷۱ ایستگاه تحلیل شد. بر اساس نتایج ایشان بیشترین و کمترین مقادیر عامل فرساینده با میانگین بلندمدت ۱۳۳۰ مگاژول میلی متر بر هکتار ساعت سال برای تمامی ایستگاه ها به ترتیب مربوط به ماه های جولای تا اوت و فصل زمستان بوده است.

Sanchez-Moreno و همکاران (۲۰۱۴) عامل فرساینده باران در جزیره Santiago واقع در ۵۰۰ کیلومتری ساحل غربی افریقا را پهنه بندی نمودند. ایشان حاصل ضرب انرژی جنبشی در بیشینه شدت ۳۰ دقیقه ای (EI_{30}) را با استفاده از داده های جمع آوری شده در سال های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ با دقت زمانی سه دقیقه با استفاده از ارتباط شدت-انرژی جنبشی به دست آوردند. نتایج نشان داد، مقدار فرساینده سالانه در منطقه مورد مطالعه بیش از ۱۷۰۰ ژول میلی متر بر مترمربع ساعت بوده است.

در ایران نیز Mokhtarzadeh (۱۹۸۸) به تعیین عامل فرساینده باران Wischmeier و Smith در رابطه جهانی فرسایش خاک برای ایران با استفاده از آمار هشت سال مربوط به ۱۳ ایستگاه سینوپتیک پرداخت و بیان نمود که مناطق فرسایشی دامنه های شمالی البرز و دشت خوزستان بالاترین و نواحی شرقی ایران کمینه میزان فرساینده را داشتند. ایشان مقدار عامل فرساینده در ایستگاه های مورد مطالعه را بین دو تا ۱۶۰ مگاژول میلی متر بر هکتار ساعت به دست آورد.

Hakimkhani و همکاران (۲۰۰۵) عامل فرساینده باران بر اساس روش Fournier اصلاح شده در سطح کشور را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که روش کریجینگ معمولی روشی مناسب برای برآورد شاخص فرساینده و نقشه فرساینده باران در سطح کشور بوده است. Sadeghi و Behzadfar (۲۰۰۵) به بررسی ارتباط بین متغیرهای بارندگی و عامل فرساینده آن در ایستگاه های هواشناسی استان مازندران و گلستان پرداختند. ایشان ارتباط بین پارامترهای بارندگی به دست آمده از نمودارهای باران نگاری و عامل فرساینده باران را

¹ Inverse Distance Weighting (IDW)

حفاظت خاک و آب‌خیزداری و سازمان‌های آب منطقه‌ای استان‌ها طی مراجعه‌های متعدد جمع‌آوری شد. لکن متأسفانه طبق اظهار نظر کارشناسان مسئول، اجازه در اختیار گذاشتن بخشی از داده‌های مورد نظر وجود نداشت. با این وجود پس از تلاش‌های چندین ماهه در راستای انجام تحقیق و نیز اخذ داده‌ها، داده‌های ۲۶۶ ایستگاه اخذ و در تحلیل‌های اولیه مورد استفاده قرار گرفت.

سپس در تعیین دوره مشترک آماری ایستگاه به دلیل عدم ثبت داده و نیز ناقص بودن داده‌ها در تعداد زیادی از ایستگاه‌ها، با در نظر داشتن کمینه حذف ممکن از داده‌های موجود و همچنین، بیشینه هم‌پوشانی داده‌ها، آمار ۱۹۶ ایستگاه حذف و نهایتاً ۷۰ ایستگاه برای انجام تحلیل‌های نهایی انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت.

لازم به توضیح است که پراکنش مکانی تعداد ۲۶۶ ایستگاه‌های جمع‌آوری شده در کشور از نظر نمایش تغییرات مکانی قابل قبول بوده و لکن پس انتخاب دوره آماری مشترک و حذف تعداد زیادی از ایستگاه‌ها با اذعان کمبود تعداد ایستگاه‌ها در فلات مرکزی و شرق کشور، استفاده از ۷۰ ایستگاه منتخب و موجود اجتناب ناپذیر می‌نمود. از طرفی تأکید بر استفاده مستقیم از رابطه Wischmeier و Smith در محاسبه شاخص فرساینده‌گی استفاده از ایستگاه‌های با داده‌های با پایه زمانی کوتاه‌مدت (۱۰ دقیقه) را الزام می‌نمود.

لذا پس از چندین مرحله پایش، به دلیل حجم بسیار زیاد اطلاعات و با رعایت کمینه حذف ممکن از داده‌های موجود، بیشینه هم‌پوشانی داده‌ها، موجودیت الکترونیکی داده‌های مذکور و نیز دسترسی به آن‌ها، دوره مشترک آماری ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۲ به مدت ۲۰ سال انتخاب شد. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در کشور در شکل ۱ نشان داده شده است.

پس از آماده‌سازی اطلاعات رگبارهای کلیه ایستگاه‌های کشور در محیط نرم‌افزار Excel، مقدار عامل فرساینده‌گی رگبارهای ثبت شده به روش معادله جهانی فرسایش خاک (Wischmeier و Smith، ۱۹۷۸) به سبب جامعیت بین‌المللی و مبنای استاندارد بر اساس روابط (۱) و (۲) محاسبه شد.

$$E = 210.3 + 89.7 \log I_i \quad (1)$$

فرساینده‌گی باران به ارتباط عامل فرساینده‌گی باران با شاخص‌های زود یافت بارندگی و واسنجی مدل‌های برآورد کننده و همچنین، بررسی تغییرات مکانی عامل فرساینده‌گی تنها در مقیاس سالانه پرداخته‌اند. همچنین، مطالعات موجود مرتبط با تحلیل عامل فرساینده‌گی باران Wischmeier و Smith، با توجه به میزان دستیابی به اطلاعات و دوره‌های زمانی مختلف تنها مبادرت به مطالعه عامل فرساینده‌گی باران بیشینه در ۱۳ ایستگاه و به مدت هشت سال (Mokhtarzadeh، ۱۹۸۸) و نیز در ۱۸ ایستگاه و به مدت ۲۳ سال (Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۱) انجام شده است.

حال آن‌که ارزیابی تغییرات الگوی مکانی عامل فرساینده‌گی باران در سطح کشور و بر اساس بیشینه تعداد ایستگاه‌های قابل دسترس و با دوره آماری طولانی و نیز عامل فرساینده‌گی Wischmeier و Smith به سبب مقبولیت جهانی و نیز قابلیت استفاده در بسیاری از مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب، ضروری به نظر می‌رسد. به همین دلیل پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تغییرات و تحلیل الگوی مکانی عامل فرساینده‌گی باران در سه مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه بر اساس اطلاعات ۷۰ ایستگاه با ۲۰ سال طول دوره آماری انجام خواهد شد.

مواد و روش‌ها

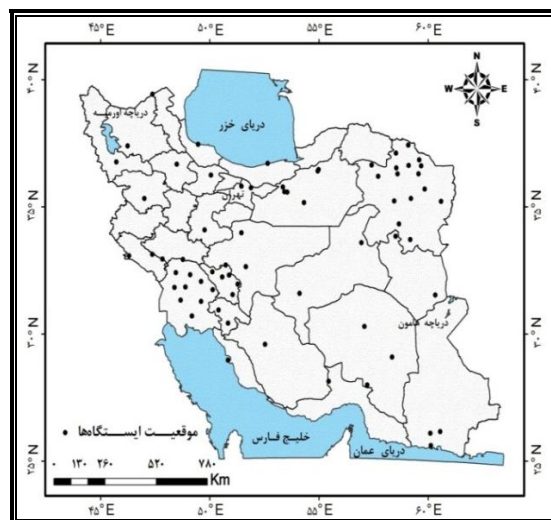
منطقه مطالعاتی، کشور ایران با تنوع بسیار زیاد اقلیمی، خاکی، اکولوژیک و اقتصادی-اجتماعی و مساحتی حدود ۱۸۷۳۹۵۰ کیلومترمربع است. از نظر پستی و بلندی ایران از جلگه‌های پست هم‌تراز دریا و حتی پایین‌تر از آن تا نواحی کوهستانی به ارتفاع چندین هزار متر تشکیل یافته است، به نحوی که کمینه و بیشینه ارتفاع در کشور ۲۸ و ۵۷۶۰ متر از سطح دریا می‌باشد.

در پژوهش حاضر تلاش شد تا بیشینه تعداد ایستگاه با طول دوره آماری لازم و پراکنده در کل کشور مورد استفاده قرار گیرد. لذا به منظور انجام پژوهش حاضر نخست آمار و اطلاعات مورد نیاز، شامل تمامی رگبارهای ثبت شده به وسیله باران‌نگارهای موجود در ایستگاه‌های سازمان هواشناسی کشور، سازمان مدیریت منابع آب ایران (تماب)، پژوهشکده

فرسایندگی باران (تن متر سانتی متر بر هکتار ساعت) و I_{30} حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای پیوسته رگبار (سانتی متر بر ساعت) می‌باشد (Wischmeier و Smith، ۱۹۷۸، Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۱).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n E_i I_{30}}{100} \quad (2)$$

که در آن‌ها، E انرژی جنبشی رگبار (تن متر بر هکتار به‌ازای یک سانتی‌متر باران) از گام زمانی ۱ تا (n) ، I_i شدت بارندگی (سانتی‌متر بر ساعت)، R عامل



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد استفاده در تحلیل عامل فرسایندگی Wischmeier و Smith در کشور

فصلی و سالانه در ایستگاه‌های مطالعاتی برای کل کشور و همچنین، مقادیر میانگین وزنی عامل فرسایندگی باران در کشور بر اساس روش تیسن در مقیاس‌های زمانی مذکور به‌تبعیت از روش کار ارائه شده در جدول ۱ آورده شده است.

نتایج حاصل از پهنه‌بندی تغییرات مکانی عامل فرسایندگی باران در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.3 و از طریق روش معکوس وزنی فاصله در ایستگاه‌های مطالعاتی نیز در شکل ۲ نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۱ و بررسی‌ها و تحلیل‌های صورت گرفته، مقدار میانگین سالانه عامل فرسایندگی باران طی دوره آماری ۲۰ ساله در کشور برابر با ۱۴/۱۳ تن‌متر سانتی‌متر بر هکتار ساعت محاسبه شد که مقادیر میانگین به‌دست آمده در پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌های انجام شده در مناطق مختلف و همچنین، برای کل کشور متفاوت می‌باشد که دلیل این امر می‌تواند اختلاف در طول و دوره آماری مورد مطالعه و همچنین، لحاظ ایستگاه‌های متفاوت در محاسبه مقادیر عامل فرسایندگی باشد.

پس از محاسبه مقادیر عامل فرسایندگی رگبارها در ایستگاه‌های مورد مطالعه، مقادیر فرسایندگی باران به‌طور جداگانه برای مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه نیز برآورد شد. عامل فرسایندگی باران ماهانه از مجموع مقادیر عامل فرسایندگی رگبارهای به‌وقوع پیوسته در هر یک از روزهای ماه به‌دست آمد. فرسایندگی باران فصلی از مجموع مقادیر عامل فرسایندگی ماه‌های فصل و فرسایندگی باران سالانه نیز از مجموع مقادیر عامل فرسایندگی فصلی محاسبه شد. در پژوهش حاضر به‌منظور تکمیل داده‌ها و رفع نواقص آماری داده‌های فرسایندگی در مقیاس ماهانه از روش هم‌بستگی بین ایستگاه‌ها (Mahdavi، ۲۰۰۹، Gholami و همکاران، ۲۰۰۱) استفاده و نهایتاً برای ترسیم نقشه هم‌فرسایندگی باران Wischmeier و Smith از روش معکوس وزنی فاصله به‌سبب تأمین پیش‌نیازهای مربوط در نرم‌افزار ArcGIS 9.3 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی و محاسبه مقادیر میانگین عامل فرسایندگی باران در مقیاس‌های زمانی ماهانه،

ادامه جدول ۱ - مقادیر میانگین ماهانه، فصلی و سالانه عامل فرسایشی باران (تن متر سانتی متر بر هکتار ساعت) در ایستگاه‌های مطالعاتی طی دوره مورد مطالعه در ایران

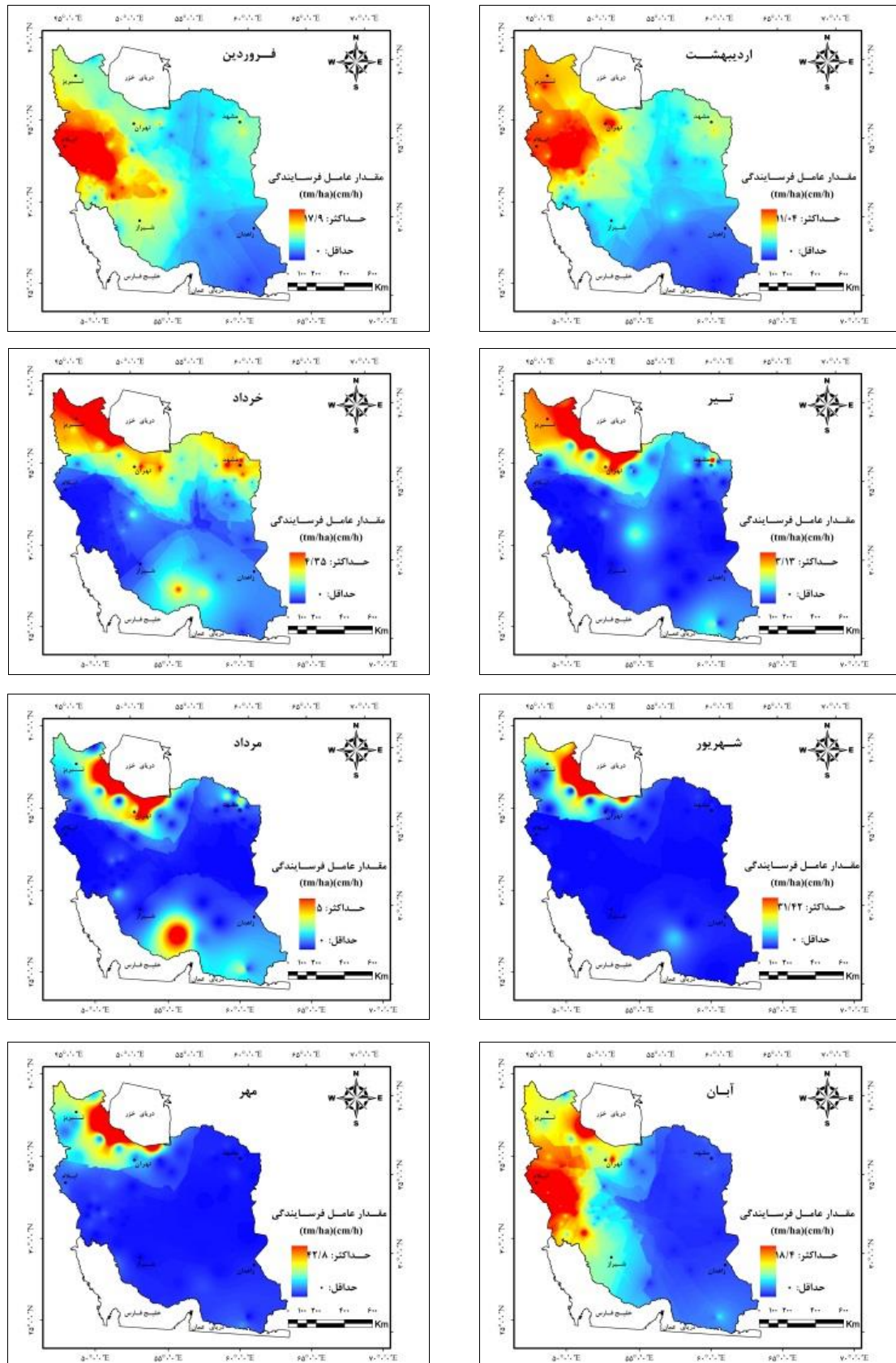
سالانه	زمستان	بیاپز	تابستان	بهار	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	مقیاس زمانی	نوع
۱۷۴/۶۲	۸۹/۱۴	۵۶/۳۶	۰	۲۹/۱	۳۳/۶۲	۲۰/۹	۳۴/۶۲	۳۹/۰	۱۶/۷۶	۰/۵۲	۰	۰	۰	۰	۱۱/۱۰	۱۸/۰۲	تنگ پیچ	۲۰
۴۸/۰۴	۱۹/۳۲	۱۷/۱۸	۰	۱۰/۸	۱۰/۲	۴/۰۰	۵/۱۲	۴/۷۴	۱۲/۸	۰/۳۳	۰	۰	۰	۰	۴/۲۸	۶/۶۱	چم‌گز	۲۱
۴/۷۰	۱/۲۶	۰/۷۶	۰/۱۶	۲/۵۲	۰/۷۷	۰/۴۳	۰/۰۶	۰/۴۷	۰/۲۷	۰/۰۲	۰/۰۳	۰	۰/۱۳	۰/۸۰	۰/۷۰	۱/۰۲	چناران	۲۲
۵۰/۷۸	۱۸/۹۸	۱۱/۴	۰/۱۵	۲۰/۲	۸/۳۱	۴/۸۸	۵/۸۰	۸/۵۴	۲/۶۵	۰/۲۴	۰	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۰۸	۴/۶۶	۱۵/۴۸	چهلگرد	۲۳
۳۱/۳۴	۱۵/۱۸	۸/۵۷	۰/۱۱	۷/۴۸	۵/۸۲	۳/۴۱	۵/۹۴	۴/۳۲	۳/۹۵	۰/۲۹	۰/۱۱	۰	۰	۰	۲/۰۱	۵/۴۷	دره‌شهر	۲۴
۷/۶۱	۱/۶۳	۱/۶۴	۰/۲۵	۴/۰۹	۱/۰۴	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۵۳	۰/۹۴	۰/۱۷	۰/۱۴	۰	۰/۱۱	۱/۱۲	۱/۵۶	۱/۴۲	درگز	۲۵
۲۰/۸۰	۸/۵۴	۵/۴۷	۰/۳۱	۶/۴۸	۲/۹۹	۲/۲۹	۳/۲۵	۴/۶۳	۰/۷۶	۰/۰۷	۰	۰	۰/۳۱	۰/۰۸	۰/۹۷	۵/۴۳	ده بالا	۲۶
۱۶/۸۵	۹/۲۲	۶/۳۹	۰	۱/۲۴	۱/۴۰	۱/۴۷	۶/۳۵	۲/۲۴	۳/۹۹	۰/۱۶	۰	۰	۰	۰	۰/۶۹	۰/۵۵	دهملا	۲۷
۷/۷۹	۱/۲۰	۲/۵۵	۰/۳۶	۳/۶۸	۰/۷۱	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۷۱	۰/۷۳	۱/۱۱	۰	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۳۳	۱/۵۴	۱/۸۱	زنجان	۲۸
۱۰/۷۸	۴/۸۹	۲/۲۵	۰/۲۹	۳/۳۶	۱/۶۹	۲/۶۹	۰/۵۱	۱/۷۶	۰/۴۸	۰/۰۱	۰	۰	۰/۲۹	۰/۶۲	۰/۷۵	۱/۹۹	سبزوار	۲۹
۴۲/۵۲	۱۸/۳۳	۱۷/۵	۰	۶/۶۱	۸/۲۴	۳/۸۲	۶/۲۷	۱۳/۲	۴/۳۷	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۴۹	۴/۱۲	سد درفول	۳۰
۱۱/۹۱	۵/۶۱	۳/۷۴	۰/۲۱	۲/۳۵	۱/۹۳	۱/۳۳	۲/۳۶	۲/۲۹	۱/۲۲	۰/۳۳	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۴	۰	۰/۷۱	۱/۶۴	سد زاینده‌رود	۳۱
۵۵/۰۸	۲۲/۵۹	۳۳/۵	۰	۸/۹۵	۸/۵۶	۳/۲۵	۱۰/۷	۱۴/۴	۸/۴۱	۰/۷۲	۰	۰	۰	۰/۱۸	۱/۸۳	۶/۹۳	سد عباسپور	۳۲
۵/۹۵	۳/۱۲	۰/۵۹	۰/۰۴	۲/۱۹	۱/۲۷	۱/۴۳	۰/۴۲	۰/۴۶	۰/۱۳	۰	۰	۰	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۵۹	۱/۵۱	سرایان	۳۳
۵/۴۱	۱/۷۴	۰/۳۹	۰	۳/۲۹	۰/۸۱	۰/۴۵	۰/۴۸	۰/۲۴	۰/۱۵	۰	۰	۰	۰	۰/۱۰	۱/۶۱	۱/۵۸	سرخس	۳۴
۵/۱۰	۲/۷۴	۰/۹۳	۰/۱۶	۱/۳۷	۱/۱۷	۰/۴۲	۱/۱۶	۰/۴۳	۰/۴۰	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۱۴	۰	۰/۰۴	۰/۵۶	۰/۶۷	سمنان	۳۵
۲۰/۳۰	۶/۷۰	۷/۴۶	۰	۶/۱۴	۱/۵۶	۲/۰۶	۳/۰۷	۱/۷۱	۳/۸۸	۱/۸۷	۰	۰	۰	۰/۰۵	۲/۰۵	۴/۰۴	سندج	۳۶
۶/۱۷	۲/۴۲	۰/۸۵	۰/۲۰	۲/۷۰	۱/۴۶	۰/۶۵	۰/۳۱	۰/۲۳	۰/۴۱	۰/۲۱	۰/۰۹	۰	۰/۱۱	۰/۴۵	۱/۲۴	۱/۰۱	شاهرود	۳۷

جدول ۱- مقادیر میانگین ماهانه، فصلی و سالانه عامل فرسایندگی باران (تن متر سانتی‌متر بر هکتار ساعت) در ایستگاه‌های مطالعاتی طی دوره مورد مطالعه در ایران

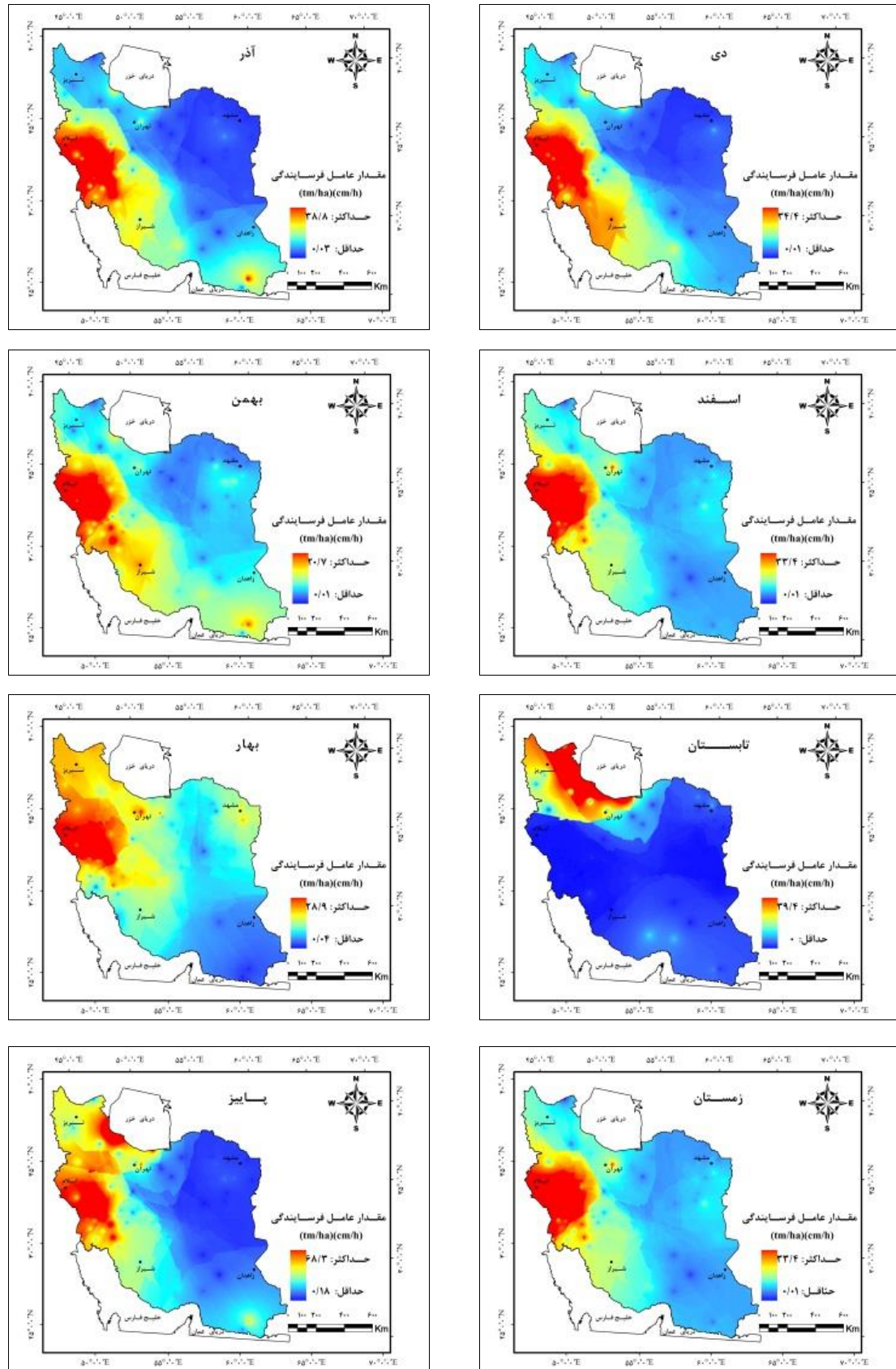
سالانه	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	میانگین	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	مقیاس زمانی		نقطه
													ایستگاه	مقیاس زمانی	
۱۳/۰۳	۳/۳۰	۴/۴۱	۱/۰۰	۱/۲۹	۱/۰۲	۴/۵۰	۰/۷۵	۰/۰۶	۰	۰	۳/۴۶	۰/۹۵	شهرکرد	۳۸	
۱۴/۰۷	۳/۰۵	۹/۹۶	۱/۴۵	۱/۰۵	۰/۵۶	۰/۳۷	۰/۱۰	۰/۴۴	۰/۱۷	۱/۶۰	۲/۳۳	۶/۰۳	شهمیرزاد	۳۹	
۲۵/۶۱	۱۵/۶۹	۳/۹۹	۳/۹۱	۴/۲۱	۷/۵۷	۳/۸۰	۲/۱۲	۰	۰	۰	۱/۰۰	۲/۹۹	شیراز	۴۰	
۱۹/۰۴	۸/۴۴	۲/۸۳	۲/۹۷	۱/۴۴	۴/۰۳	۵/۹۹	۰/۰۷	۰/۱۱	۱/۳۳	۱/۲۸	۰/۴۰	۱/۱۵	طاشکویه	۴۱	
۲/۴۴	۱/۷۶	۰/۴۹	۱/۱۷	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۰۵	۰/۱۴	۰	۰	۰	۰/۱۸	۰/۳۱	طبس	۴۲	
۳۰/۸۲	۱۱/۹۶	۴/۱۹	۳/۴۱	۳/۱۷	۵/۳۷	۸/۹۸	۵/۶۰	۰	۰/۰۹	۰	۲/۳۵	۱/۸۴	عبدالخاں	۴۳	
۲۹/۶۶	۱۵/۰۳	۴/۹۹	۵/۰۲	۱/۷۹	۸/۲۲	۶/۶۱	۲/۵۴	۰/۵۱	۰	۰	۲/۷۹	۲/۱۹	عرب حسن	۴۴	
۱۸/۱۸	۹/۴۸	۳/۵۵	۳/۶۷	۳/۳۵	۲/۴۶	۳/۸۳	۱/۱۶	۰/۱۷	۰	۰/۰۸	۰/۶۵	۲/۸۱	فارسان	۴۵	
۱۸/۱۲	۸/۱۳	۸/۱۸	۳/۳۲	۱/۸۹	۲/۹۲	۰/۷۲	۰/۸۸	۰/۰۷	۰/۰۸	۱/۳۵	۲/۸۰	۴/۰۳	فریمان	۴۶	
۸/۵۷	۴/۸۱	۲/۵۶	۳/۴۱	۰/۷۲	۰/۶۸	۰/۸۰	۰/۳۴	۰/۰۷	۰	۰	۰/۵۶	۱/۹۹	قائن	۴۷	
۱۴/۱۸	۵/۵۰	۵/۳۷	۲/۲۰	۱/۱۱	۲/۱۹	۰/۹۵	۰/۸۳	۱/۵۲	۰/۱۲	۰/۰۳	۲/۳۵	۲/۸۸	قزوین	۴۸	
۲۲/۳۱	۷/۷۱	۰/۱۱	۱/۸۱	۴/۷۱	۱/۱۸	۱۱/۹۶	۲/۳۷	۰	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۰۱	۰	قصر قند	۴۹	
۸/۳۰	۱/۹۹	۴/۰۷	۱/۲۴	۰/۵۰	۰/۲۴	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۲۶	۰/۵۵	۰/۸۰	۱/۷۷	۱/۵۰	قوچان	۵۰	
۱۰/۴۳	۴/۷۵	۳/۰۴	۱/۲۸	۲/۵۰	۰/۹۷	۱/۳۹	۰/۸۴	۰/۳۳	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۹۸	۱/۹۶	تربت حیدریه	۵۱	
۵/۱۵	۲/۴۲	۱/۴۲	۱/۵۳	۰/۳۰	۰/۶۰	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۴۳	۰/۳۵	۰/۶۵	جوین	۵۲	
۱۰/۸۷	۳/۷۶	۵/۹۰	۱/۹۵	۱/۱۷	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۴۱	۰/۰۷	۰/۰۵	۲/۱۹	۱/۴۹	۲/۲۲	نیشابور	۵۳	
۱۵/۱۲	۳/۵۴	۸/۲۸	۲/۲۷	۰/۸۱	۰/۴۶	۰/۶۴	۰/۷۳	۰/۱۸	۱/۲۰	۱/۸۸	۲/۲۲	۴/۱۹	کارده	۵۴	
۳/۹۱	۲/۲۶	۱/۳۴	۰/۶۱	۱/۴۲	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۰۱	۰	۰/۰۱	۰/۸۴	۰/۳۹	کاشان	۵۵	
۱۲/۵۰	۵/۳۷	۴/۰۷	۲/۳۹	۲/۱۹	۰/۷۹	۲/۳۲	۰/۵۴	۰/۱۲	۰	۰/۰۴	۱/۷۴	۲/۲۹	کاشمر	۵۶	

ادامه جدول ۱ - مقادیر میانگین ماهانه فصلی و سالانه عامل فرسایشی باران (تن متر سانتی متر بر هکتار ساعت) در ایستگاه‌های مطالعاتی طی دوره مورد مطالعه در ایران

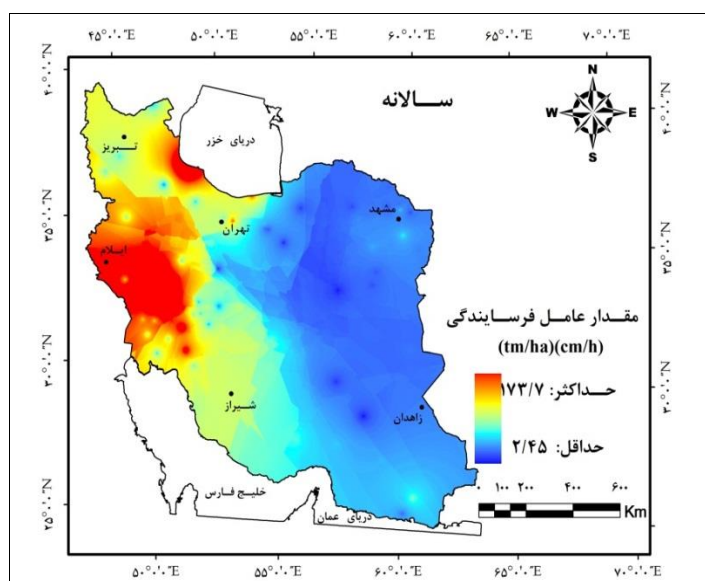
سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	مقیاس زمانی		ردیف
																	ایستگاه	مقیاس زمانی	
۴/۳۲	۱/۵۷	۰/۴۳	۰/۰۵	۲/۲۶	۰/۷۱	۰/۵۲	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۵	۰	۰	۰/۱۱	۱/۵۷	۰/۵۹	کرمان	۵۷	
۱۳/۹۰	۸/۸۶	۱/۸۸	۱/۳۸	۱/۷۹	۰/۷۶	۲/۶۸	۵/۴۳	۰/۸۴	۰/۵۵	۰/۴۹	۱/۲۳	۰/۱۵	۰	۰/۸۶	۰/۱۳	۰/۷۹	کلاشگرد	۵۸	
۱۳/۰۴	۷/۵۴	۵/۵۰	۰	۰	۲/۴۰	۳/۴۹	۱/۶۵	۴/۴۲	۱/۰۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	کمپ جراحی	۵۹	
۷/۸۶	۴/۴۳	۲/۷۱	۰/۶۱	۰/۱۱	۱/۹۸	۰/۳۸	۲/۰۸	۰/۵۹	۰/۹۲	۱/۱۹	۰	۰/۳۳	۰/۲۸	۰	۰	۰/۱۱	کهیر	۶۰	
۱۷/۵۰	۹/۰۸	۶/۳۵	۰/۳۸	۱/۷۰	۱/۷۷	۱/۹۲	۵/۳۸	۳/۱۳	۳/۱۹	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۲۸	۰	۰	۰/۰۱	۱/۶۹	گچساران	۶۱	
۶/۳۲	۲/۶۹	۰/۴۷	۰	۳/۱۶	۱/۳۹	۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۴۶	۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۶۵	۱/۵۲	گناباد	۶۲	
۵۴/۳۱	۲۵/۳۲	۲۳/۵۶	۰	۵/۴۳	۸/۰۷	۶/۷۳	۱۰/۵	۱۴/۷	۸/۸۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۶۳	۴/۸۰	لاهی - بندسرخ	۶۳	
۸/۳۲	۲/۱۹	۱/۲۷	۰/۲۹	۴/۵۶	۰/۸۵	۰/۸۱	۰/۵۴	۰/۷۸	۰/۴۳	۰/۰۷	۰/۲۱	۰	۰/۰۸	۰/۵۸	۲/۴۲	۱/۵۶	ماروسک	۶۴	
۱۶/۷۹	۴/۰۷	۴/۳۶	۱/۰۸	۷/۴۹	۲/۱۰	۰/۴۰	۱/۵۷	۱/۲۶	۱/۷۹	۱/۳۱	۰/۱۸	۰/۳۰	۰/۶۰	۰/۶۴	۳/۸۴	۲/۸۱	مرآغه	۶۵	
۶/۹۹	۲/۱۸	۰/۶۴	۰/۲۵	۳/۹۲	۱/۷۱	۰/۱۸	۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۳۶	۰/۰۴	۰	۰	۰/۲۵	۱/۴۵	۱/۵۰	۰/۹۷	پژوهشی سمنان	۶۶	
۱۰/۵۰	۳/۱۷	۱/۳۳	۰/۲۳	۵/۷۷	۱/۸۴	۰/۸۱	۰/۵۱	۰/۶۹	۰/۵۱	۰/۱۳	۰/۰۶	۰	۰/۱۸	۱/۱۸	۲/۰۷	۲/۵۱	مشهد	۶۷	
۱۸/۰۳	۵/۷۷	۶/۱۰	۰/۶۱	۵/۵۶	۳/۰۱	۱/۲۱	۱/۵۵	۲/۲۲	۲/۹۸	۰/۹۰	۰	۰/۰۳	۰/۵۸	۰/۹۷	۱/۹۱	۲/۶۷	مهاباد	۶۸	
۸/۷۴	۴/۸۵	۱/۲۳	۰	۲/۶۷	۲/۲۴	۱/۰۰	۱/۶۱	۱/۱۷	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۷۹	۱/۸۸	نهبندان	۶۹	
۱۸/۳۹	۶/۱۳	۳/۹۸	۰/۸۷	۷/۴۲	۲/۴۹	۲/۱۱	۱/۵۲	۱/۷۹	۱/۱۶	۱/۰۳	۰	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۳۹	۳/۸۷	۳/۱۶	نیاوران	۷۰	



شکل ۲- نقشه‌های عامل فرسایشی باران در مقاطع زمانی مختلف در ایران



ادامه شکل ۲- نقشه‌های عامل فرساینده باران در مقاطع زمانی مختلف در ایران



ادامه شکل ۲- نقشه‌های عامل فرساینده باران در مقاطع زمانی مختلف در ایران

فرساینده باران در سطح کشور و همچنین در مقیاس‌های زمانی مورد مطالعه زیاد بوده است.

وجود تغییرات مکانی عامل فرساینده باران در مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه در پژوهش‌های Sadeghi و Behzadfar (۲۰۰۵) در استان‌های مازندران و گلستان و Sadeghi و همکاران (۲۰۱۱) در کل کشور و همچنین، Mokhtarzadeh (۱۹۸۸) در ایران، Nabavinameghi (۱۹۹۸) در خراسان، Alipour و همکاران (۲۰۱۰) در حوزه آبخیز دریاچه نمک و Hakimkhani و Hakimkhani (۲۰۱۰) در لرستان تنها در مقیاس سالانه نیز گزارش شده است.

در تحلیل نقشه‌های حاصل از پهنه‌بندی عامل فرساینده باران در کشور و با توجه به شکل ۲ در فروردین بیشترین مقدار عامل فرساینده در جنوب غربی کشور (استان‌های ایلام و خوزستان) به‌وقوع می‌پیوندد که این روند در ماه‌های اردیبهشت و خرداد به سمت شمال غرب در حرکت است و با شروع فصل تابستان تنها بخش‌هایی از نوار شمالی تا شمال غربی دارای بیشترین مقدار عامل فرساینده هستند. به‌گونه‌ای که در شهریور و مهر مقادیر کم فرساینده باران سطح وسیعی از کشور را می‌پوشاند. این نتیجه با الگوهای توزیع مکانی و زمانی باران در شش ماه نخست سال مطابقت دارد (Water Resources Research Organization, Masudian, ۱۹۹۰). (۲۰۱۱).

با افزایش تعداد ایستگاه‌ها نسبت به پژوهش Sadeghi و همکاران (۲۰۱۱)، مسلماً قدرت تفکیک مکانی و صحت مقادیر فرساینده به میزان قابل توجهی بهبود یافته است. همچنین، علاوه بر تعداد بیشتر ایستگاه‌ها، پراکنش مکانی آن‌ها نیز بهتر شده است. همچنین، دوره آماری مورد مطالعه در پژوهش فعلی (سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۲) و Sadeghi و همکاران (۲۰۱۱) (سال‌های ۱۳۴۹ تا ۱۳۷۱) جدیدتر و متفاوت بوده و لذا اختلاف در مقادیر عامل فرساینده نیز طبیعی به‌نظر می‌رسد.

بر اساس نتایج، بیشینه مقادیر میانگین ماهانه، فصلی و سالانه عامل فرساینده باران در کشور نیز به‌ترتیب مربوط به ایستگاه انزلی در ماه مهر، ایستگاه تنگ‌پیچ در فصل زمستان و همچنین، در مقیاس سالانه می‌باشد. این نتایج با یافته‌های Sadeghi و همکاران (۲۰۱۱) مبنی بر حداکثر مقدار عامل فرساینده در ایستگاه انزلی در مقیاس ماهانه و سالانه کاملاً هم‌خوانی دارد. در مقیاس فصلی بیشترین مقدار عامل فرساینده را فصل زمستان و ایستگاه تنگ‌پیچ در استان خوزستان به خود اختصاص داد. حال آن‌که Sadeghi و همکاران (۲۰۱۱) به‌سبب لحاظ ایستگاه‌های متفاوت مقدار بیشینه عامل فرساینده در فصل پاییز و ایستگاه دزفول را گزارش نموده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده و همچنین شکل ۲، مشخص شد که تغییرات مکانی عامل

تعیین‌کنندگی الگوهای فصلی بارش (Masudian, 2011) و طبعاً تأثیرپذیری عامل فرساینده‌گی باران از آن مورد تأیید قرار گرفت. الگوی مکانی عامل فرساینده‌گی باران در مقیاس سالانه در بخش‌هایی از نوار شمالی و همچنین، جنوب غربی کشور شامل استان‌های خوزستان و ایلام دارای بیشترین مقدار می‌باشد که این مقدار به سمت شرق و جنوب شرقی کشور کاهش می‌یابد. به‌نحوی که کمترین مقدار را می‌توان در نوار شرقی کشور مشاهده نمود (شکل ۲). این نتیجه با یافته‌های Sadeghifard و همکاران (2004)، Hakimkhani و همکاران (2005) با استفاده از روش Fournier اصلاح‌شده و Sadeghi و همکاران (2011) در توزیع الگوی مکانی عامل فرساینده‌گی باران در کشور مطابقت دارد. اولویت‌بندی خطر عامل فرساینده‌گی باران ایستگاه‌های مطالعاتی در مقیاس سالانه در شکل ۳ نشان داده شده است.

بر اساس نتایج حاصله از اولویت‌بندی ایستگاه‌ها بر اساس خطر عامل فرساینده‌گی باران ماهانه و فصلی، در اکثر فصول سال و نیز ماه‌های مربوط به هر فصل ایستگاه‌های غرب و جنوب غربی در اولویت‌های نخست و ایستگاه‌های جنوب شرق کشور پایین‌ترین اولویت را به‌خود اختصاص دادند. اما در تابستان ایستگاه‌های موجود در شمال و اکثر بخش‌های کشور به‌ترتیب در اولویت‌های بالا و پایین خطر عامل فرساینده‌گی قرار گرفتند. همچنین، ایستگاه‌های موجود در جنوب غرب و شمال کشور در اولویت نخست از نظر خطر عامل فرساینده‌گی باران در مقیاس سالانه در کشور قرار دارند.

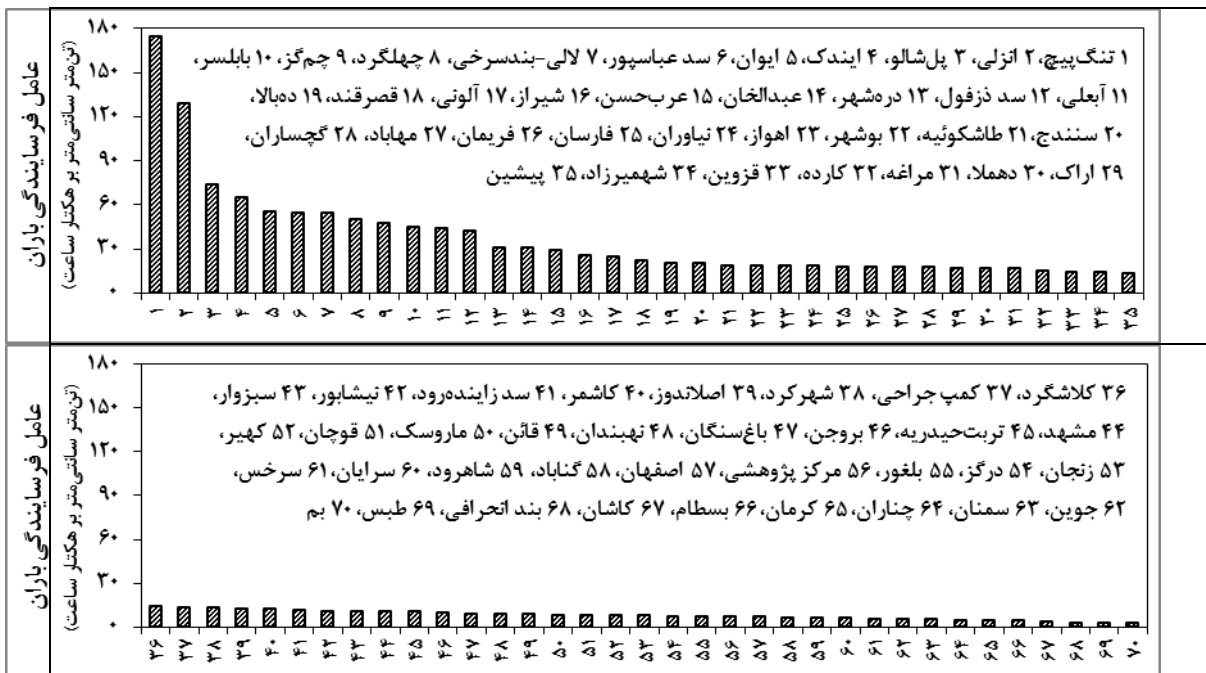
همچنین، ایستگاه‌های موجود در نوار شرقی کشور کمینه خطر عامل فرساینده‌گی را به‌خود اختصاص می‌دهند. ایستگاه‌های شمال غربی و همچنین، بخش داخلی کشور نیز در معرض خطر عامل فرساینده‌گی نسبتاً بالایی قرار دارند. به‌صورت موردی ایستگاه‌های تنگ‌پیچ و انزلی بیشترین، پیشین و کلاشگرد در حد متوسط و طبس و بم کمترین خطر عامل فرساینده‌گی را دارند. متأثر شدن مناطق مختلف کشور از توده‌های هوایی متفاوت و در نتیجه متفاوت بودن خصوصیات بارندگی حاصل از آن‌ها همچون شدت و مدت آن و نیز تفاوت در نوع ریزش‌های جوی در بخش‌های

در آبان ماه مجدداً منطقه غربی بیشینه، نوار مرکزی متوسط و نوار شرقی کشور کمینه خطر عامل فرساینده‌گی را دارند. این وضعیت با حرکت مقادیر فرساینده‌گی بالا از شمال غرب به سمت جنوب شرقی باعث گسترش این مقادیر در بخش جنوبی کشور در بهمن می‌شود. در اسفند نیز بخش شرقی کشور کمینه و جنوب غربی بیشترین مقدار عامل فرساینده‌گی را به‌خود اختصاص می‌دهند. نتایج این بخش ضمن تأیید الگوهای اصلی بارش در مقیاس ماهانه در کشور (Water Resources Research Organization, 1990, Masudian, 2011) تا حدودی با نتایج حاصل از پژوهش Sadeghi و همکاران (2011) مطابقت دارد. دلیل عدم تطابق کامل یافته‌های دو پژوهش مذکور را می‌توان به طول دوره آماری و همچنین، سال‌های آماری متفاوت مورد مطالعه مرتبط دانست. وقوع بارش‌های شدید در اثر برخورد توده‌های هوایی با منشأ متفاوت در ماه‌های سرد سال را می‌توان از جمله دلایل وقوع بیشینه مقدار فرساینده‌گی در این منطقه از کشور دانست (Alizadeh و همکاران، 2009).

در مقیاس فصلی، در فصل بهار همچون هر یک از سه ماه اول سال بخش غرب و جنوب غربی بیشینه مقدار عامل فرساینده‌گی را داشته و جنوب شرقی کمینه مقدار را دارد. به‌تدریج با حرکت مقادیر کمینه عامل فرساینده‌گی از جنوب شرق به سمت سایر مناطق کشور در تابستان، سطح وسیعی از کشور جز نوار شمالی تحت تأثیر مقدار فرساینده‌گی پایین می‌باشند. دلیل این امر را می‌توان به الگوی توزیع زمانی بارندگی در کشور نسبت داد (Water Resources Research Organization, 1990). این وضعیت در فصل پاییز تنها در شرق و شمال شرق کشور مشهود است. نهایتاً در فصل زمستان نیز همچون اکثر ماه‌ها و فصل‌های سال بیشینه مقادیر را در بخش جنوب غربی کشور شاهد بوده و نوار شرقی کمینه مقدار فرساینده‌گی را شامل می‌شود.

به‌طور کلی می‌توان گفت شرق و جنوب شرقی کشور کمینه و بخش مرکزی دارای مقدار فرساینده‌گی متوسط هستند و منطقه غرب، جنوب غربی و همچنین، شمال کشور در معرض بیشترین خطر فرساینده‌گی قرار دارند. در این پژوهش نقش

مختلف کشور را می‌توان از جمله دلایل تفاوت ایستگاه‌ها در قرارگیری در اولویت‌های مختلف خطر عامل فرساینده‌گی باران ذکر نمود.



شکل ۳- اولویت‌بندی خطر عامل فرساینده‌گی باران سالانه در ایستگاه‌های مطالعاتی در کشور

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تغییرات مکانی عامل فرساینده‌گی باران رابطه جهانی فرسایش خاک در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در ایران صورت پذیرفت. محاسبه مقادیر عامل فرساینده‌گی در مناطق مختلف به‌عنوان سرآغازی در مطالعات فرسایش خاک، استفاده از رابطه جهانی فرسایش خاک را امکان‌پذیر می‌نماید. نتایج حاصل از بررسی الگوی تغییرات مکانی فرساینده‌گی در کشور می‌تواند مورد توجه مدیران و برنامه‌ریزان برای اتخاذ تصمیمات صحیح مدیریتی قرار گیرد.

انجام اقدامات حفاظتی مناسب و انتخاب بهترین الگوی کشت در مناطق مختلف و نیز زمان کشت محصولات کشاورزی با توجه به مقادیر عامل فرساینده‌گی محاسبه شده توصیه می‌شود. نتایج این

پژوهش توجه بیشتر مسئولین، برنامه‌ریزان و سیاست‌گزاران به مناطق با خطر فرساینده‌گی بالا نظیر غرب، قطب کشاورزی جنوب غربی و همچنین، شمال کشور را طلب می‌نماید. اگرچه تبیین سیاست‌های جامع و همه‌جانبه نیازمند بررسی‌های جامع‌تر و لحاظ سایر ابعاد موثر بر فرایند پیچیده فرسایش خاک در کشور می‌باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از سازمان‌های هواشناسی کشور، مدیریت منابع آب ایران و آب منطقه‌ای استان‌ها و به‌ویژه پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به‌سبب در اختیار قرار دادن آمار و اطلاعات و قایع بارندگی‌های به‌وقوع پیوسته در سطح منطقه‌ای، استانی و ملی تشکر نمایند.

منابع مورد استفاده

1. Alipour, Z.T., M.H. Mahdian, E. Pazira, S. Bandarabadi and M. Saeidi. 2010. Efficiency comparison of common geostatistics methods with of fuzzy kriging method in preparing rainfall isoerodent map in namak lake watershed. Watershed Management Research Journal, 86: 32-41 (in Persian).

2. Alizadeh, A., Gh. Kamali, F. Mosavi and M. Mosavi Baygi. 2009. Weather and climate. Ferdosi University of Mashhad Press, 381 Pages (in Persian).
3. Bhattacharyya, R., M.A. Fullen, K. Davies and C.A. Booth. 2010. Use of palm-mat geotextiles for rain splash erosion control. *Geomorphology*, 119: 52-61.
4. Gholami, A., M. Mahdavi, M.R. Ghanadha and M. Vafakhah. 2001. Investigation of probability distributions to minimum, average and maximum discharge using by L Moment, case study: Mazandaran province. *Iran Natural Resources Journal*, 54(4): 345-354 (in Persian).
5. Gobin, A., R. Joens, M. Kirkby, P. Campling, G. Govers, C. Kosmas and A.R. Gentile. 2004. Indicators for pan-european assessment and monitoring of soil erosion by water. *Environmental Science and Policy*, 7: 25-38.
6. Hakimkhani, Sh. and E. Hakimkhani. 2010. Rainfall erosivity mapping for Lorestan province. *Watershed Management Research Journal*, 89: 62-72 (in Persian).
7. Hakimkhani, Sh., M.H. Mahdian, M. Arabkhedri and D. Ghorbanpour. 2005. Investigation of rainfall erosivity in the country. 3th National Conference of Erosion and Sediment, Tehran. August 27-30, 2005: 434-440 (in Persian).
8. Hazbavi, Z. and S.H.R. Sadeghi. 2013. Analysis of spatial trend of rainfall erosivity in Iran. 1st International Conference on Environmental Crisis and its Solutions, Kish Island-Iran, february 13, 434-440.
9. Hoyos, N., P.R. Waylen and A. Jaramillo. 2005. Seasonal and spatial patterns of erosivity in a tropical watershed of the Colombian Andes. *Journal of Hydrology*, 314(4): 177-191.
10. Khaledian, H. and S.S. Shahoei. 2010. Measuring of splash erosion and it's relation with rain intensity in Kordestan province. *Iran Water Research Journal*, 4(6): 19-24 (in Persian).
11. Laflen, J.M. and W.C. Moldenhauer. 2003. The USLE story. World Association of Soil and Water Conservation (WASWC), Special Publication. No.1, 54 Pages.
12. Lee, J.K. and J.H. Heo. 2011. Evaluation of estimation methods for rainfall erosivity based on annual precipitation in Korea. *Journal of Hydrology*, 409(2): 30-48.
13. Mahdavi, M. 2009. Applied hydrology. Tehran University Press, 342 Pages (in Persian).
14. Masudian, S.A. 2011. Iran weather. Mashhad Sharie Toos Press, 242 Pages (in Persian).
15. Meusburger, K., A. Steel, P. Panagos, L. Montanarella and C. Alewell. 2012. Spatial and temporal variability of rainfall erosivity factor for Switzerland. *Journal of Hydrology and Earth System Sciences*, 16(1): 167-177.
16. Mokhtarzadeh, M. 1988. Determination of Wischmeier erosivity factor for Iran. MSc Thesis, Tarbiat Modares University, 111 Pages.
17. Nabavinameghi, Gh. 1998. Determination of rainfall erosivity index in Khorasan province. MSc Thesis, Tarbiat Modares University, 96 Pages (in Persian).
18. Qihu, C., Y. Gantzer, P.K. Jung and L.L. Byong. 2000. Rainfall erosivity in the Republic of Korea. *Journal of Soil and Water Conservation*, 41: 115-120.
19. Rosewell, C.J. 1986. Rainfall kinetic energy in eastern Australia. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 25(11): 1695-1701.
20. Sadeghi, S.H.R and M. Behzadfar. 2005. Study on relationship between erosivity factor and rain parameters in climatological Mazandaran Province and Gorgan stations. *Water and Watershed Journal*, 1(1): 2-10 (in Persian).
21. Sadeghi, S.H.R and N. Ghazanfarpour. 2007. Comparative evaluation of temporal and spatial frequency distribution for rainfall erosivity in few Iranian climatological stations. *Agricultural Technology and Sciences Journal*, 21(2): 55-66 (in Persian).
22. Sadeghi, S.H.R. 2003. Comparison of methods to estimate rainfall erosivity. *Agricultural Technology and Sciences Journal*, 19(1): 45-52 (in Persian).
23. Sadeghi, S.H.R., M. Moatamednia and M. Behzadfar. 2011. Spatial and temporal variations in the rainfall erosivity factor in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13: 451-464.
24. Sadeghifard, D., E. Jabari and H. Ghiasain. 2004. Rainfall erosivity coefficient zoning in Iran. 1st National Congress on Civil Engineering, Tehran, May 11-13, 2004: 1-8 (in Persian).
25. Safarrad, T., S.H. Hashemi and J. Amini. 2009. Use of geostatistics methods in rainfall erosivity modeling by Fournier index, case study: Bashgheshlagh Watershed. Spatial Information System Conference, Tehran. November 22-23, 2009: 409-416 (in Persian).
26. Sanchez-Moreno, J.F., C.M. Mannaerts and V. Jetten. 2014. Rainfall erosivity mapping for Santiago island, Cape Verde. *Geoderma*, 217-218: 74-82.
27. Silva, A.M. 2004. Rainfall erosivity map for brazil. *Catena*, 57(3): 251-259.
28. Van der Knijff, J.M., R.J.A. Jones and L. Montanarella. 2000. Soil erosion risk assessment in Europe. European Commission Joint Research Centre (JRC), 38 Pages.

29. Vrieling, A., G. Sterk and S.M. De Jong, 2010. Satellite-based estimation of rainfall erosivity for Africa. *Journal of Hydrology*, 395: 235-241.
30. Water Resources Research Organization. 1990. Atlas report of Iran water resources. Water Resources Research Center Press, 50 Pages (in Persian).
31. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook. No. 537, 58 Pages.

Spatial analysis of rainfall erosivity index patterns at different time scales in Iran

Mohsen Zabihi¹, Seyed Hamidreza Sadeghi^{*2} and Mehdi Vafakhah³

¹MSc, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran, ²Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran and ³Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran

Received: 05 July 2014

Accepted: 10 December 2014

Abstract

Soil erosion as a threatening phenomenon for the world population is mostly the result of the combined effects of unsuitable land use and climatic factors. Among climatic factors, rainfall is considered as one of the main causes of soil erosion and therefore detailed study of the different properties of rainfall such as rainfall erosivity is necessary. However, investigation of spatial variability of rainfall erosivity factor at different scales at national level has been less considered. Therefore, the present study aimed to investigate the spatial variability of rainfall erosivity factor in Universal Soil Loss Equation (USLE) for monthly, seasonal and annual scales in Iran. Towards this attempt, the amounts of rainfall erosivity factor were calculated through calculation of kinetic energy and maximum 30-minute intensity over 12,000 showers occurred at 70 stations in the study period of 20 years (1984-2004) in Iran. The spatial patterns of temporal variation were also in different time scales. According to the results, existing stations in the south west and north of the country had the first priority of annual rainfall erosivity factor hazard. The west and south west stations and south east stations had also the highest and the lowest seasonal and monthly risk rainfall erosivity factor, respectively. Also, results showed Tangpich in Khuzistan, Anzali in Giulan and Poleshalo in Khuzistan had the maximum rainfall erosivity factor whereas Bande Enherafi in Semnan, Tabas in South Khorasan and Bam in Kerman Provinces had the minimum annual rainfall erosivity factor hazard country wide. The average annual rainfall erosivity factor in the country was ultimately obtained $14.13 \text{ tm.ha}^{-1}.\text{cm.h}^{-1}$.

Keywords: Kinetic energy, Soil Degradation, Soil Erosion, Spatial Variation of Erosion, Wischmeier and Smith Factor

* Corresponding author: sadeghi@modares.ac.ir