



مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس

پژوهش‌های آب‌نخرداری

شاپا: ۲۰۳۸-۲۹۸۱



مآذان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

تغییرات زمانی و مکانی فرساینده‌گی باران با اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در بخش ایرانی آبخیز دریای خزر

خدیدجه حاجی^۱، عبدالواحد خالدی درویشان^{۲*}، رئوف مصطفی زاده^۳

۱ - دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب‌نخرداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۲ - دانشیار گروه مهندسی آب‌نخرداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۳ - دانشیار گروه منابع طبیعی و عضو پژوهشکده‌ی مدیریت آب، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف

آگاهی از الگوی تغییرات مکانی و زمانی فرساینده‌گی باران برای بهبود برآوردهای فرسایش خاک به‌ویژه با در نظر گرفتن پوشش برف در ماه‌های مختلف ضروری است. در آبخیز دریای خزر به‌دلیل فاصله‌ی کم بین مناطق کوهستانی و جلگه‌ی پرباران، برآورد عامل فرساینده‌گی باران بدون اعمال ضریب‌های اصلاحی پوشش برف صحت و دقت لازم را ندارد. بر این اساس این پژوهش با هدف بررسی تغییرات زمانی و مکانی عامل فرساینده‌گی باران با اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در بخش ایرانی بزرگ آبخیز دریای خزر برنامه‌ریزی شد.

مواد و روش‌ها

برای تعیین عامل فرساینده‌گی باران ماهانه، فصلی و سالانه، داده‌های بارندگی ماهانه‌ی ۵۶ ایستگاه همدید (سینوپتیک) بزرگ آبخیز دریای خزر از سازمان هواشناسی کشور و سال‌نامه‌های آماری با دوره‌ی مشترک آماری ۲۵-۲۰ ساله (۱۳۷۵-۱۳۹۹) جمع‌آوری شد. در نتیجه لایه‌ی فرساینده‌گی باران در پایه‌های زمانی مختلف با استفاده از روش زمین آماری کوکریجینگ با متغیر کمکی بلندی از سطح دریا با ریشه‌ی میانگین مربعات خطا (RMSE) کمتر به‌عنوان معمول‌ترین شاخص ارزیابی و انتخاب روش بهینه استفاده شد. سپس لایه‌ی پوشش برف ماهانه از محصول MOD10CM تهیه و نقشه‌ی فرساینده‌گی باران اصلاح شد.

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.khaledi@modares.ac.ir

استناد: حاجی، خ.، خالدی درویشان، ع.، مصطفی زاده، ر. ۱۴۰۲. تغییرات زمانی و مکانی فرساینده‌گی باران با اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در بخش ایرانی آبخیز دریای خزر. پژوهش‌های آب‌نخرداری، ۳۶ (۳): ۸۹-۷۰.

شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/WMRJ.2023.359311.1484

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۱، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۷/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۳۰، تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱
پژوهش‌های آب‌نخرداری، سال ۱۴۰۲، دوره‌ی ۳۶، شماره‌ی ۳، شماره‌ی پیاپی ۱۴۰، پاییز ۱۴۰۲، صفحه‌های ۷۰ تا ۸۹.

© نویسندگان

ناشر: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس



نتایج و بحث

براساس نتایج، اندازه‌ی میانگین عامل فرساینده‌ی باران سالانه در بخش ایرانی آبخیز دریای خزر برابر با $254/61$ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت به‌دست آمد، در حالی که با اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف، فرساینده‌ی باران سالانه به $210/53$ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت کاهش یافت. هم‌چنین ایستگاه‌های همدید بندرانزلی و منجیل به‌ترتیب بیشترین و کمترین اندازه‌ی میانگین عامل فرساینده‌ی باران سالانه (به‌ترتیب $749/30$ و $162/87$ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت) را داشتند. افزون بر این بیشترین اندازه‌های میانگین فرساینده‌ی باران ماهانه با اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در آوریل، اکتبر و نوامبر به‌ترتیب برابر با $27/27$ ، $25/81$ ، $25/56$ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت مشاهده شد. از طرفی $12/81\%$ از مساحت منطقه‌ی مطالعه شده در طبقه‌های متوسط تا خیلی‌زیاد فرساینده‌ی باران در بخش شمالی بزرگ آبخیز دریای خزر بود، که می‌تواند در اولویت‌بندی مناطق مختلف برای انجام اقدام‌های حفاظتی به‌منظور کاهش اثر عامل فرساینده‌ی باران بر اندازه‌ی فرسایش خاک و تولید رسوب استفاده شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

براساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت که نوسان فرساینده‌ی باران در ماه‌ها و فصل‌های مختلف نیز متأثر از توزیع زمانی بارش در طول سال است. بنابراین بیشترین اندازه‌های فرساینده‌ی باران در اکثر مناطق مطالعه شده مطابق با زمان‌های اصلی فعالیت‌های کشاورزی (کاشت و برداشت محصولات) است و زمان‌های بحرانی برای فرسایش خاک به‌شمار می‌روند. نتایج بررسی الگوی مکانی فرساینده‌ی باران در بخش ایرانی بزرگ آبخیز دریای خزر نشان داد که تغییرات نسبی زیادی بین مناطق مختلف از جلگه تا بخش‌های بلند است. این الگو اگرچه تا حدی منطبق بر الگوی تغییرات اقلیمی از مناطق خشک‌تر و کم‌باران‌تر به مناطق مرطوب‌تر و پر باران‌تر است، اما نوع نزولات جوی و به‌طور ویژه برف در مناطق بلند باعث کاهش فرساینده‌ی باران در این مناطق شده است. بنابراین در این پژوهش ارزیابی زمانی فرساینده‌ی باران با اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در آن، با زمان‌بندی حضور و تراکم پوشش گیاهی در سطح خاک نتایج قابل استنادتری برای استفاده‌ی مدیران و برنامه‌ریزان آمایش سرزمین به‌ویژه در بخش کشاورزی برای انتخاب نوع محصولات مناسب برای هر منطقه خواهد داشت.

واژگان کلیدی: نابودی خاک، زمین آمار، سطح پوشش برف، شاخص فرساینده‌ی باران، مدیریت آبخیز

مقدمه

خطر فرسایش افزایش می‌یابد (عرب‌خدری و همکاران ۲۰۲۱). برآورد فرسایش ناشی از باران به‌منظور پیش‌بینی فرسایش خاک و بهبود عملکرد اقدام‌های حفاظت خاک ضروری است. فرساینده‌ی باران عامل مهمی در ایجاد سیل، زمین‌لغزش، هدررفت خاک، تولید رسوب است و در پدیده‌هایی از بارندگی که با شدت زیاد رخ می‌دهند، می‌باشد (برخورداری و همکاران ۲۰۱۵؛ راج و همکاران ۲۰۲۲الف).

فرساینده‌ی باران معمولاً در قالب شاخص‌هایی که مبتنی بر ویژگی‌های بارندگی است، بیان می‌شود و در دامنه‌ی گسترده‌ای از مدل‌های برآورد فرسایش خاک به‌ویژه مدل‌های خانواده‌ی معادله‌ی جهانی هدررفت خاک (USLE)^۳ و نسخه‌ی معروف اصلاح شده‌ی آن (RUSLE)^۴ استفاده شده است. به‌طور کلی شاخص‌های فرساینده‌ی باران را می‌توان به دو گروه

امروزه فرسایش خاک یکی از مسئله‌های مطرح و مهم در کشاورزی و آبخیزداری است و هم‌چنین به‌عنوان یک مشکل مهم اجتماعی و اقتصادی و یک عامل ضروری در ارزیابی سلامت و کارکرد بوم‌سازگان است، که پژوهش‌گران با انجام پژوهش‌های مختلف به‌دنبال راهکارهایی برای به حداقل رساندن آن هستند (صادقی و حزب‌اوی ۲۰۱۵؛ خالدی‌درویشان و همکاران ۲۰۱۸). بنابراین فرسایش خاک تابعی از فرساینده‌ی باران^۱ و فرسایش‌پذیری خاک^۲ است که فرساینده‌ی باران به‌عنوان نیروی محرکه و فرسایش‌پذیری به‌عنوان نیروی مقاوم عمل می‌کنند. در بین عامل‌های اقلیمی، بارندگی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عامل‌های فرساینده‌ی خاک به‌شمار می‌آید (ذبیحی و همکاران ۲۰۱۶؛ گیسری و همکاران ۲۰۲۰). به‌طور کلی، چنان‌چه در دوره‌ای از سال که فرساینده‌ی باران زیاد است، سطح‌های بدون پوشش و لخت زیاد باشد،

1 - Rainfall Erosivity

2 - Soil Erosion

3 - Universal Soil Loss Equation (USLE)

4 - Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)

باران روی پوشش برف رخ می‌دهد (محمدی و همکاران ۲۰۲۱). بنابراین برآورد سطح برف و نقش آن در تعدیل شاخص فرساینده‌گی باران ضروری است. اندازه‌گیری‌های زمینی برف در ایستگاه‌های برف‌سنجی در مناطق کوهستانی و دور از دسترس با تعداد کم شبکه‌ی اندازه‌گیری، محدودیت دارد. کاربرد سنسجش از دور در مقایسه با روش‌های اندازه‌گیری زمینی، برای تشخیص سطح پوشش برف، به دلیل صرف زمان و هزینه‌ی کم و در برگرفتن مناطق گسترده، سودمندتر است (هال و ریگس ۲۰۰۷). از آن جمله می‌توان به محصولات ماهواره‌ی MODIS با نام MOD10CM اشاره کرد که به طور مستقیم سطح پوشش برف را تعیین می‌کند (انتظامی و همکاران ۲۰۲۱؛ محمدی و همکاران ۲۰۲۱؛ دسینیاک و همکاران ۲۰۲۲).

پژوهش‌های پرشماری روی تغییرات مکانی و زمانی عامل فرساینده‌گی باران در دنیا انجام شده است. در این راستا صادقی و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از داده‌های ۱۸ ایستگاه باران‌نگاری سازمان هواشناسی، تغییرات مکانی و زمانی عامل فرساینده‌گی باران در ایران را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین اندازه‌های فرساینده‌گی باران ۱۱/۵۲ و ۴/۲۶ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت سال به ترتیب در ایستگاه‌های انزلی و بابلسر و کمترین آن ۰/۲۰ و ۰/۲۱ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت سال به ترتیب در ایستگاه‌های بم و سمنان بود. در نتیجه بیشترین اندازه‌ی فرساینده‌گی باران در ماه‌های مارس، دسامبر و نوامبر و کمترین آن در ماه آگوست مشاهده شد. حزابوی و صادقی (۲۰۱۳) روند مکانی فرساینده‌گی باران در ۱۸ ایستگاه باران‌نگاری در ایران را با دوره‌ی زمانی ۲۳ ساله ارزیابی و تحلیل کردند. نتایج این پژوهش نشان داد روند فرساینده‌گی باران سالانه در شمال ایران کاهشی و به سمت بخش‌های جنوبی کشور افزایشی است. همچنین تغییرات مکانی عامل فرساینده‌گی باران در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در ایران به وسیله‌ی ذبیحی و همکاران (۲۰۱۶) برای ۷۰ ایستگاه همدید کشور در دوره‌ی آماری ۲۰ ساله بررسی شد. براساس نتایج این پژوهش، میانگین عامل فرساینده‌گی باران سالانه در کشور ۱۴/۱۳ تن متر سانتی‌متر بر هکتار ساعت به دست آمد و ایستگاه‌های موجود در جنوب غرب و شمال کشور (تنگ‌پیچ، پل‌شالو و انزلی) و برخی ایستگاه‌های مناطق مرکزی و جنوب کشور (ایستگاه‌های سمنان، طبس و بم) به ترتیب بیشترین و کمترین خطر عامل فرساینده‌گی باران سالانه در کشور را داشتند. پاناگوس و همکاران (۲۰۱۷) فرساینده‌گی باران جهانی را برای ۳۶۲۵ ایستگاه در ۶۳ کشور برآورد کردند و

شاخص‌های مبتنی بر انرژی جنبشی یا شدت بارندگی و شاخص‌های مبتنی بر داده‌ها و آمار در دسترس بارش، تقسیم کرد (بهزادفر و همکاران ۲۰۱۶؛ پادولانو و همکاران ۲۰۲۱). در گروه اول به شکلی از شدت بارندگی یا انرژی جنبشی یا هر دوی آن‌ها در تعیین شاخص فرساینده‌گی استفاده می‌شوند. یکی از مشکلات این دسته از شاخص‌ها نیاز به آمار طولانی‌مدت شدت بارندگی و ایستگاه‌های مجهز به باران‌نگار است که چنین شرایطی در بیش‌تر نقاط دنیا به خصوص برای دوره‌های زمانی طولانی‌مدت وجود ندارد (پاناگوس و همکاران ۲۰۱۵). بر این اساس دسته‌ی دیگری از شاخص‌ها که مبتنی بر داده‌ها و آمار در دسترس بارش در منطقه است و به راحتی با استفاده از آمار روزانه‌ی بارش محاسبه می‌شوند، معرفی شده‌اند (نیک‌کامی و مهدیان ۲۰۱۵؛ لی و همکاران ۲۰۲۲). در نتیجه‌ی محاسبه‌ی اندازه‌ی شاخص‌های فرساینده‌گی باران در ایستگاه‌های باران‌سنجی و تبدیل اندازه‌های نقطه‌ای این شاخص‌ها به کل منطقه‌ی مطالعه شده، اولین گام در تهیه‌ی نقشه‌های ظرفیت فرسایش است و به عنوان ابزار اساسی در اولویت بندی و جانمایی عملیات حفاظت خاک برای نقاط مختلف به شمار می‌رود (دی لینا و همکاران ۲۰۲۱؛ شاه‌حسین و همکاران ۲۰۲۲).

همچنین استفاده‌ی گسترده از روش‌های زمین آمار، از روش‌های پرکاربرد برای تهیه‌ی نقشه‌های هم‌فرساینده‌گی باران است، که افزون بر اندازه‌ی یک کمیت معین در یک نمونه، به موقعیت فضایی نمونه نیز توجه شده است (زارع و همکاران ۲۰۱۷؛ اسلامی ۲۰۲۲). از آن جایی که برف بخش مهمی از ریزش‌های جوی در مناطق کوهستانی است، با داشتن پاسخ آب‌شناختی (هیدرولوژیک) کند، در تغذیه‌ی آبخوان‌ها، رواناب، فرسایش و رسوب تأثیر به سزایی دارد و همچنین وجود برف روی سطح زمین به عنوان یک عامل فیزیکی در مقابل برخورد قطره‌های باران با سطح خاک و کاهش قدرت فرساینده‌گی باران عمل می‌کند؛ از طرف دیگر پوشش برف و تغییرات زمانی آن، از ویژگی‌های اساسی آب‌شناسی در مناطق بلند به شمار می‌آیند (ژانگ و همکاران ۲۰۱۰). از این رو در ماه‌هایی که سطح زمین به وسیله‌ی برف پوشیده شده است، در عمل باران نمی‌تواند با سطح خاک برخورد کند و قدرت فرساینده‌گی باران بسیار کاهش می‌یابد. اگرچه پوشش برف منجر به کاهش فرسایش‌پذیری خاک می‌شود، اما بهتر آن است که به یخزدگی خاک در بررسی‌های مربوط به فرسایش‌پذیری نیز توجه شود و اثر پوشش برف در فرساینده‌گی باران اعمال شود، چون که در ماه‌هایی که سطح زمین پوشیده از برف است معمولاً نوع نزولات جوی هم از نوع برف است و تنها در انتهای فصل سرد بارش

براساس نتایج این پژوهش‌ها می‌توان گفت که بررسی تغییرات زمانی و مکانی بارش و شناخت روندهای معنی‌دار افزایشی، کاهش‌ی و یا ثبات آن اهمیت زیادی دارد و با توجه به ویژگی‌های خاص مکانی (موقعیت جغرافیایی و شرایط پستی‌بلندی)، در هر منطقه، انطباق تغییرات مکانی و زمانی و تهیه‌ی نقشه آن، کمک شایانی به برنامه‌ریزان محیطی برای برنامه‌ریزی‌های جامع‌تر خواهد کرد. در بخش ایرانی بزرگ آبخیز دریای خزر، بارش‌ها بیشتر در فصل‌های پاییز و زمستان رخ می‌دهند و این بارش‌ها در زمان و مکان متغیر است و به‌ویژه این که به‌دلیل کمترین فاصله ممکن بین مناطق کوهستانی و جلگه‌ی پرباران در این بخش از کشور برآورد عامل فرساینده‌ی باران بدون اعمال ضریب‌های اصلاحی پوشش برف خطای زیادی دارد. بنابراین این پژوهش با هدف ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی عامل فرساینده‌ی باران به‌ویژه پس از اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در بخش ایرانی آبخیز دریای خزر برنامه‌ریزی شد.

مواد و روش‌ها

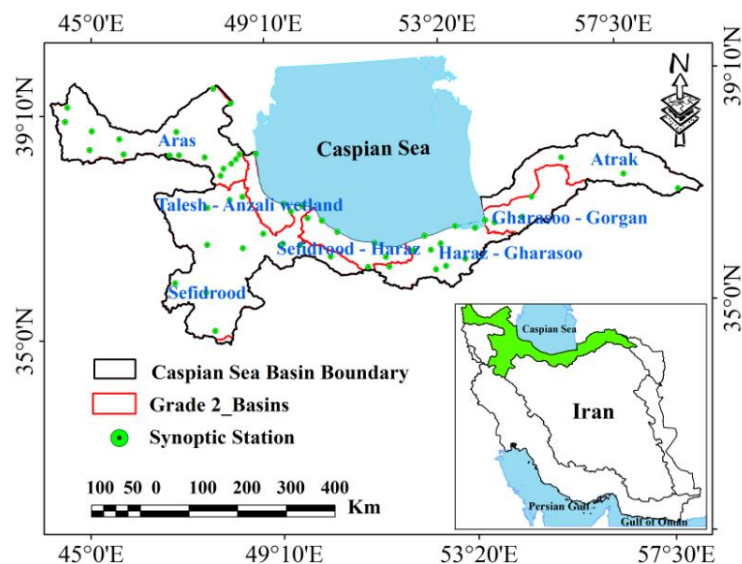
موقعیت منطقه‌ی مطالعه شده

آبخیز دریای خزر با پوشش کامل نوار شمالی کشور، از غرب به آبخیز دریاچه‌ی ارومیه، از جنوب به آبخیز فلات مرکزی و آبخیز خلیج فارس و از شرق به آبخیز قره‌قوم محدود است. این آبخیز تمام یا بخش‌هایی از استان‌های آذربایجان غربی و شرقی، اردبیل، زنجان، کردستان، گیلان، مازندران، قزوین، تهران، سمنان، گلستان و خراسان شمالی را شامل می‌شود. بخش ایرانی بزرگ آبخیز دریای خزر با مساحت $۱۷۶۳۹۳/۹۱$ کیلومتر مربع در حد ۳۵° - ۳۹° عرض شمالی و نصف‌النهار $۵۹^{\circ}۰۵'$ - ۴۴° طول شرقی است. متوسط بلندی این آبخیز ۱۱۹۵ متر است که بلندترین نقطه آن، قله‌ی دماوند با بلندی ۵۶۷۱ متر و کمترین نقطه‌ی آن ساحل دریای خزر با بلندی ۲۸ متر است، به این ترتیب اختلاف بلندی موجود در آبخیز معادل ۵۶۹۹ متر برآورد شده است (چاووشی و همکاران ۲۰۱۳). آبخیز دریای خزر به‌علت گستردگی زیاد و تنوع مناطق آبگیر و رودهای وارد شده به آن، به هفت آبخیز اصلی از غرب به شرق شامل ارس، تالش-تالاب انزلی، سفیدرود، سفیدرود-هراز، هراز-قره‌سو، قره-سو-گرگان و اترک تقسیم شده است (ربانی‌ها ۲۰۱۷). مهم‌ترین رودهایی که به دریای خزر می‌ریزند شامل ارس، سفیدرود، چالوس، هراز، سه هزار، بابل‌رود، پل‌رود، تالار، تجن، گرگان‌رود، اترک، قره‌سو و نکا هستند که ارس و سفیدرود بزرگ‌ترین

نقشه‌ی فرساینده‌ی جهانی را براساس روش GPR^۵ تهیه کردند. براساس نتایج این پژوهش در سطح جهانی، میانگین فرساینده‌ی باران سالانه ۲۱۹۰ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت برآورد شد که بیشترین اندازه‌ی آن در آمریکای جنوبی، آفریقای شرقی مرکزی و جنوب شرقی آسیا و به‌طور کلی منطقه‌ی آب و هوای گرمسیری و پس از آن منطقه‌ی معتدل بود. کمترین فرساینده‌ی باران سالانه عمدتاً در کانادا، روسیه، شمال اروپا، شمال آفریقا و خاورمیانه و نیز در اقلیم‌های سرد برآورد شد. زارع و همکاران (۲۰۱۹) در پهنه‌بندی شاخص فرساینده‌ی باران استان فارس نتیجه گرفتند که اندازه‌ی شاخص فرساینده‌ی باران از شرق به غرب افزایش یافت و در ۴۶% از سطح استان فرساینده‌ی کم و در ۳% از سطح استان فرساینده‌ی زیاد مشاهده شد. تغییرات زمانی و مکانی خطر عامل فرساینده‌ی باران در آبخیز گرگان‌رود به‌وسیله‌ی مصطفی‌زاده و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از روش معکوس فاصله‌ی وزنی برای درونیابی و تهیه‌ی نقشه‌های فرساینده‌ی باران بررسی شد. براساس نتایج این پژوهش، اندازه‌ی میانگین عامل فرساینده‌ی باران سالانه بر پایه‌ی شاخص فورنیه در آبخیز گرگان‌رود $۷۳/۰۸$ میلی‌متر به‌دست آمد و $۳۷/۴۴\%$ از سطح آبخیز بررسی شده در طبقه‌ی زیاد خطر عامل فرساینده‌ی بود. گیو و همکاران (۲۰۲۰) الگوی زمانی و مکانی فرساینده‌ی باران در فلات تبت را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که این شاخص از جنوب شرق به شمال غرب کاهش یافت و از نظر زمانی نیز بیشترین تمرکز بارندگی و در نهایت فرساینده‌ی باران در فصل‌های تابستان و پاییز است. محمدی و همکاران (۲۰۲۱) تغییرات مکانی-زمانی فرسایش خاک با استفاده از مدل G2 در ایران را مطالعه کردند. این پژوهش‌گران اندازه‌ی فرسایش سالانه‌ی خاک را $۱۶/۵$ تن بر هکتار برآورد کردند. بیشترین اندازه‌های فرساینده‌ی باران با اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در شمال و غرب کشور ایران در ماه‌های فروردین تا خرداد رخ داده است و کمترین آن در ماه‌های تیر و مرداد در بخش زیادی از ایران بود. بنابراین بیشترین اندازه‌ی فرساینده‌ی باران را می‌توان در مناطق شمال، غرب و جنوب غربی ایران یافت. راج و همکاران (۲۰۲۲) در هند نتیجه گرفتند که شبه جزیره‌ی هند با کمترین میانگین عامل فرساینده‌ی باران سالانه $۶۱۵/۶۱$ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت، کمترین آسیب‌پذیری را در برابر فرساینده‌ی باران داشت. در حالی که شرق و شمال شرق هند با بیشترین اندازه‌ی فرساینده‌ی سالانه $۳۳۱۲/۳۹$ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت به‌عنوان حساس‌ترین مناطق شناخته شدند.

آبخیزهای وسیع کوهستانی است و پوشش گیاهی غالب آن‌ها جنگلی است. موقعیت جغرافیایی بزرگ آبخیز دریای خزر در کشور در شکل ۱ نشان داده شده است.

آن‌ها به‌شمار می‌روند. رودهای ارس، سفیدرود، هراز و اترک از نظر وسعت آبخیز و ویژگی‌های اقلیمی و تداوم آب‌دهی متفاوت از آبخیزهای دیگر است و شامل



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی بزرگ آبخیز دریای خزر در ایران.

Figure 1- Geographical location of the Caspian Sea Basin in Iran.

هواشناسی کشور و سال‌نامه‌های آماری جمع‌آوری شد. پس از بررسی اولیه داده‌ها با در نظر داشتن طولانی‌ترین دوره‌ی آماری و همچنین پراکنش مکانی مناسب ایستگاه‌های موجود در داخل آبخیز مطالعه شده، دوره‌ی مشترک آماری ۲۵-۲۰ ساله (۱۳۷۵-۱۳۹۹) انتخاب شد (جدول ۱). شایان ذکر است که کمبودهای داده‌های آماری موجود در ایستگاه‌های مطالعاتی از روش همبستگی بین ایستگاه‌ها تکمیل شد.

روش پژوهش

عامل فرساینده‌ی باران بیان‌گر تنش به‌وجود آمده از برخورد قطره‌های باران با خاکدانه‌های سطح خاک است و به‌منظور تعیین تأثیر متغیر اصلی فرساینده (باران) در بسیاری از مدل‌ها و معادله‌های برآورد فرسایش خاک استفاده شده است. برای تعیین عامل فرساینده‌ی باران ماهانه، فصلی و سالانه، داده‌های بارندگی ماهانه‌ی ۵۶ ایستگاه همدید بزرگ آبخیز دریای خزر از سازمان

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های همدید مطالعه شده در بزرگ آبخیز دریای خزر.

Table 1- The characteristics of the studied synoptic stations in the Caspian Sea Basin.

Number	Province	Station	Longitude	Latitude	Elevation (m)	Mean Annual Precipitation (mm)
1	Ardabil	Meshkinshahr	47.67	38.38	1560.6	385.48
2		Ardebil	48.28	38.25	1335.2	270.44
3		Khalkhal	48.52	37.63	1796	365.75
4		Ardebil foroudgah	48.40	38.33	1317.3	235.29
5		Sareyn	48.10	38.17	1658.3	391.56
6		Firouzabad(kosar)	48.22	37.58	1175.7	280.08
7		Parsabad moghan	47.92	39.65	82	268.90
8		Bilesavar	48.32	39.37	101.4	358.30
9		Nir	48.03	38.04	1593	347.69
10		Namin	48.49	38.42	1480.2	276.23
11	East Azarbijan	Jolfa	45.67	38.75	736	217.63
12		Ahar	47.07	38.43	1391	280.05
13		Kaleibar	47.02	38.87	1210	389.05
14		Mianeh	47.70	37.45	1110	267.77
15		Marand	45.77	38.47	1550	381.51
16		Boostan abad	46.85	38.43	1750	333.80
17	West Azarbijan	Makoo	44.43	39.33	1411.3	311.54
18		Khoy	44.97	38.55	1103	269.86
19		Chaypareh	45.02	38.90	1170.9	333.75
20		Chaldoran	44.38	39.07	1888	407.01
21	Razavi Khorasan	Ghoochan	58.50	37.07	1287	315.18
22	North Khorasan	Bojnurd	57.32	37.47	1068	251.80
23	Zanjan	Mah neshan	47.67	36.77	1285	252.62
24		Zanjan	48.48	36.68	1659	286.81
25		Abbar	48.97	36.93	625	248.43
26	Ghazvin	Moallem kelayeh	50.48	36.45	1629.2	396.67
27	Kurdishan	Bijar	47.62	35.88	1883.4	324.98
28		Zarneh obato	46.92	36.07	2142.6	364.82
29		Ghorveh	47.80	35.17	1906	325.49
30	Golestan	Moravehtappeh	55.95	37.90	450	369.62
31		Hashemabad gorgan	54.27	36.85	13.3	512.71
32		Gonbade kawoos	55.17	37.25	37.2	442.70
33		Torkaman	54.06	36.91	-20	450.41
34		Aliabad	54.91	36.90	184	697.66
35	Gilan	Astara	48.87	38.42	-21.1	1403.37
36		Bandar anzali	49.47	37.47	-23.6	1783.68
37		Rasht	49.62	37.32	-8.6	1273.62
38		Manjil	49.40	36.73	338	214.14
39		Lahijan	50.00	37.18	34.2	1424.79
40		Kiashahr	49.88	37.42	-22	1283.24
41		Roudsar	50.32	37.13	-22	1279.92
42		Jirandeh	49.80	36.70	1581.4	297.36
43	Mazandran	Ramsar	50.67	36.90	-20	1253.13
44		Noushahr	51.50	36.65	-20.9	1332.59
45		Siahbisheh	51.32	36.22	1855	528.23
46		Gharakhil	52.77	36.45	14.7	709.81

ادامه‌ی جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های همدید مطالعه شده در بزرگ آبخیز دریای خزر.

The characteristics of the studied synoptic stations in the Caspian Sea Basin - ۱ CountinueTable

Number	Province	Station	Longitude	Latitude	Elevation (m)	Mean Annual Precipitation (mm)
47		ghaemshr				
48		Sari	53.00	36.55	25.7	738.65
49		Kiasar	53.53	36.23	1294.3	522.22
50		Amol	52.38	36.47	23.7	675.48
51		Polesefid	53.08	36.13	610	583.46
52		Alasht	52.85	36.08	1805	542.29
53		Bandar mirabad	53.37	36.85	-20	656.47
54		Galogah	53.82	36.78	-10	610.17
55		Kojoor	51.73	36.38	1550	335.09
56		Baladeh	51.80	36.20	2120	327.74
		Babolsar	52.65	36.72	-21	905.18

مزبور، کوکریجینگ با متغیر کمکی بلندی از سطح دریا با ریشه‌ی میانگین مربعات خطا (RMSE)^۶ کمتر به عنوان معمول ترین شاخص ارزیابی روش‌های زمین آمار برای ارزیابی و انتخاب روش بهینه استفاده شد. معادله کوکریجینگ برای برآورد نقاط مجهول به شکل رابطه‌ی ۲ و روش محاسبه‌ی RMSE به شکل رابطه‌ی ۳ است (اسلامی و همکاران ۲۰۲۲).

$$Z^*(x_i) = \sum \lambda_i \cdot Z(x_i) \cdot \sum \lambda_k \cdot y(x_k) \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Z^*(x_i) - Z(x_i)]^2}{n}} \quad (3)$$

$Z^*(x_i)$: اندازه‌ی تخمین زده شده برای نقطه‌ی x_i ; λ_i : وزن مربوط به متغیر Z ; λ_k : وزن مربوط به متغیر کمکی، $Z(x_i)$: اندازه‌ی مشاهده شده متغیر اصلی، $y(x_k)$: اندازه‌ی مشاهده شده متغیر کمکی، n : تعداد متغیر مشاهده شده است.

هر چه RMSE به صفر نزدیک تر باشد نشان دهنده‌ی اختلاف کمتر اندازه‌های برآورد شده در مقایسه با اندازه‌های مشاهده‌ای است. بین عامل فرساینده‌ی باران و بلندی همبستگی معنی دار نبود، چون آرایش نقاط در منطقه‌ی مطالعه شده به گونه‌ای بود که همبستگی معنی دار بین آن‌ها مشاهده نشد. با این حال استفاده از متغیر کمکی بلندی به بهبود نتایج درونیابی منجر شد. در همبستگی اندازه‌های دو متغیر مدنظر است، اما در روش‌های درونیابی افزون بر این اندازه‌ها، همبستگی مکانی نیز مدنظر است و از این رو می‌توان از متغیر کمکی بلندی که روی همبستگی مکانی اندازه‌های بارندگی تأثیرگذار است، استفاده کرد تا به بهبود و صحت درونیابی کمک کند.

در این پژوهش برای تهیه لایه پوشش برف بزرگ

برای برآورد عامل فرساینده‌ی باران در مناطقی که داده‌ی شدت بارندگی نبود، می‌توان از معادله‌های مبتنی بر همبستگی بین فرساینده‌ی و بارش سالانه و ماهانه استفاده کرد. در این پژوهش نیز اندازه‌ی عامل فرساینده‌ی باران سالانه با استفاده از یک معادله‌ی خطی (رابطه‌ی ۱) برای ایستگاه‌های مطالعه شده محاسبه شد (جاین و داس ۲۰۱۰). همبستگی بین نتایج برآورد فرساینده‌ی باران در این معادله با شاخص فرساینده‌ی باران محاسبه شده برای کشور بررسی و تأیید شد و بنابراین برای برآورد فرساینده‌ی باران در این پژوهش استفاده شد.

(۱)

$$R = 81.5 + (0.38 \times P) \quad (340 < P < 3500 \text{mm})$$

P : متوسط بارش سالانه (میلی‌متر) برای یک ایستگاه و R : فرساینده‌ی باران سالانه همان ایستگاه بر حسب مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت است.

باید توجه داشت این رابطه برای برآورد فرساینده‌ی باران سالانه است و برای برآورد فرساینده‌ی باران ماهانه، ابتدا میانگین بارندگی ماهانه هر ایستگاه تقسیم بر میانگین بارندگی سالانه همان ایستگاه شده است و سهم بارندگی هر ماه بر حسب درصد به دست آمد و سپس با ضرب در اندازه‌های فرساینده‌ی باران سالانه هر ایستگاه، فرساینده‌ی باران ماهانه برآورد شد و برای محاسبه فرساینده‌ی باران فصلی نیز استفاده شد.

پس از برآورد اندازه‌های عامل فرساینده‌ی باران (مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت) در پایه‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه برای ایستگاه‌های مطالعه شده، لایه‌ی فرساینده‌ی باران در پایه‌های زمانی مختلف با استفاده از روش‌های زمین آماری وزن‌دهی معکوس فاصله^۶ (IDW)، کریجینگ معمولی^۷ و کوکریجینگ^۸ در نرم‌افزار ArcGIS 10.8 تهیه شد. در بین روش‌های

6 - Inverse Distance Weighted (IDW)

7 - Ordinary Kriging

8 - Co-Kriging

9- Root Mean Square Error (RMSE)

$$SCC_m = \frac{Sci - Sc_{min}}{Sc_{max} + Sc_{min}} \quad (۴)$$

$$R_{ms} = R_m \times SCC_m \quad (۵)$$

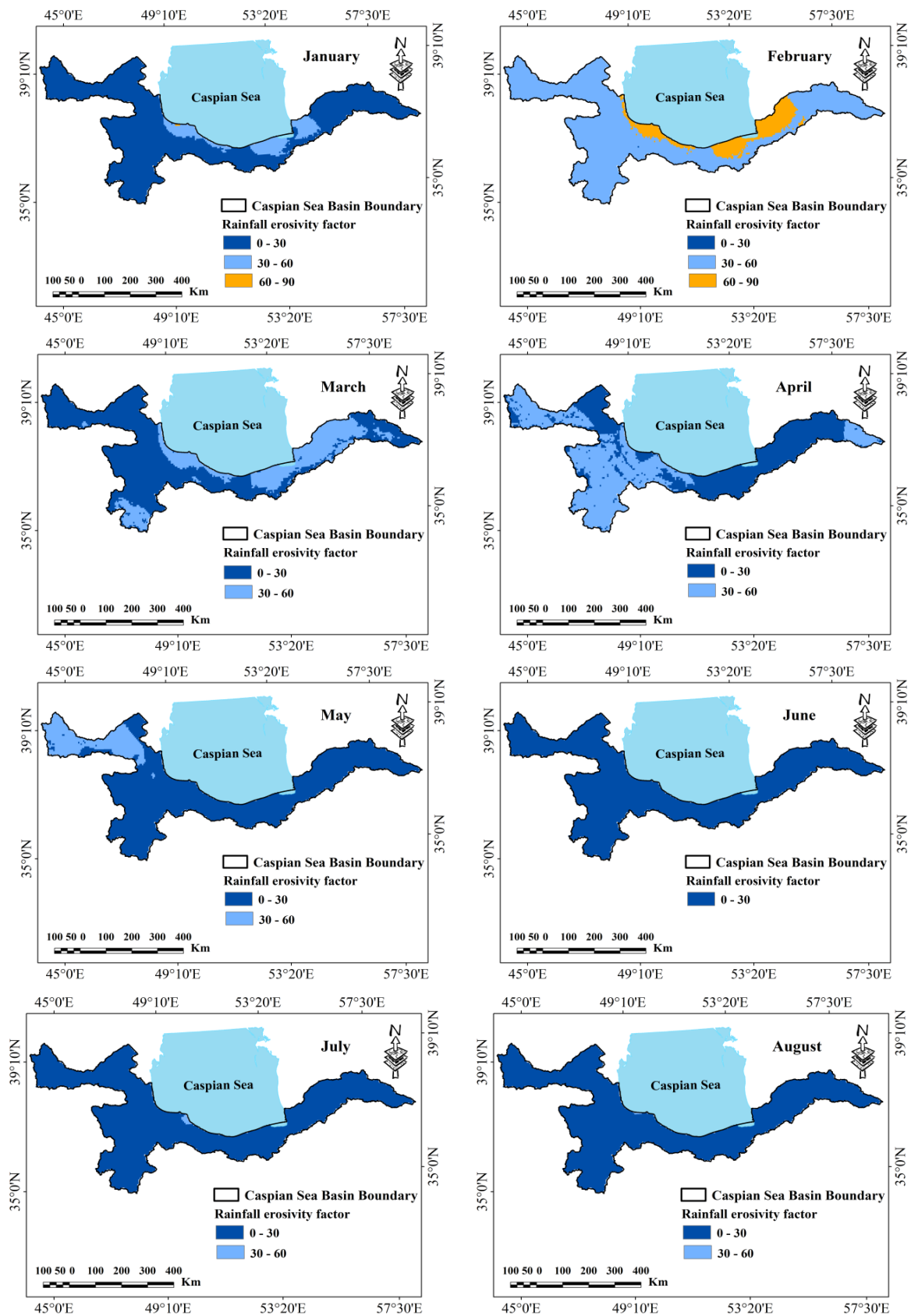
Sci: اندازه‌ی عددی پیکسل حاصل از محصول MOD10CM، Scmin و Scmax: به ترتیب اندازه‌های کمترین و بیشترین احتمال وجود برف در آن پیکسل است. Rm: عامل فرسایندگی باران در ماه، m بدون تأثیر پوشش برف سطحی، Sccm: ضریب اصلاح برف^۱، Rms: عامل فرسایندگی باران در ماه، m: با اعمال اثر پوشش برف سطحی است. پس از برآورد فرسایندگی باران در محل ایستگاه‌ها، نقشه‌های عامل فرسایندگی باران اصلاح شده‌ی ماهانه، فصلی و سالانه با استفاده از روش کوکریجینگ تهیه شد.

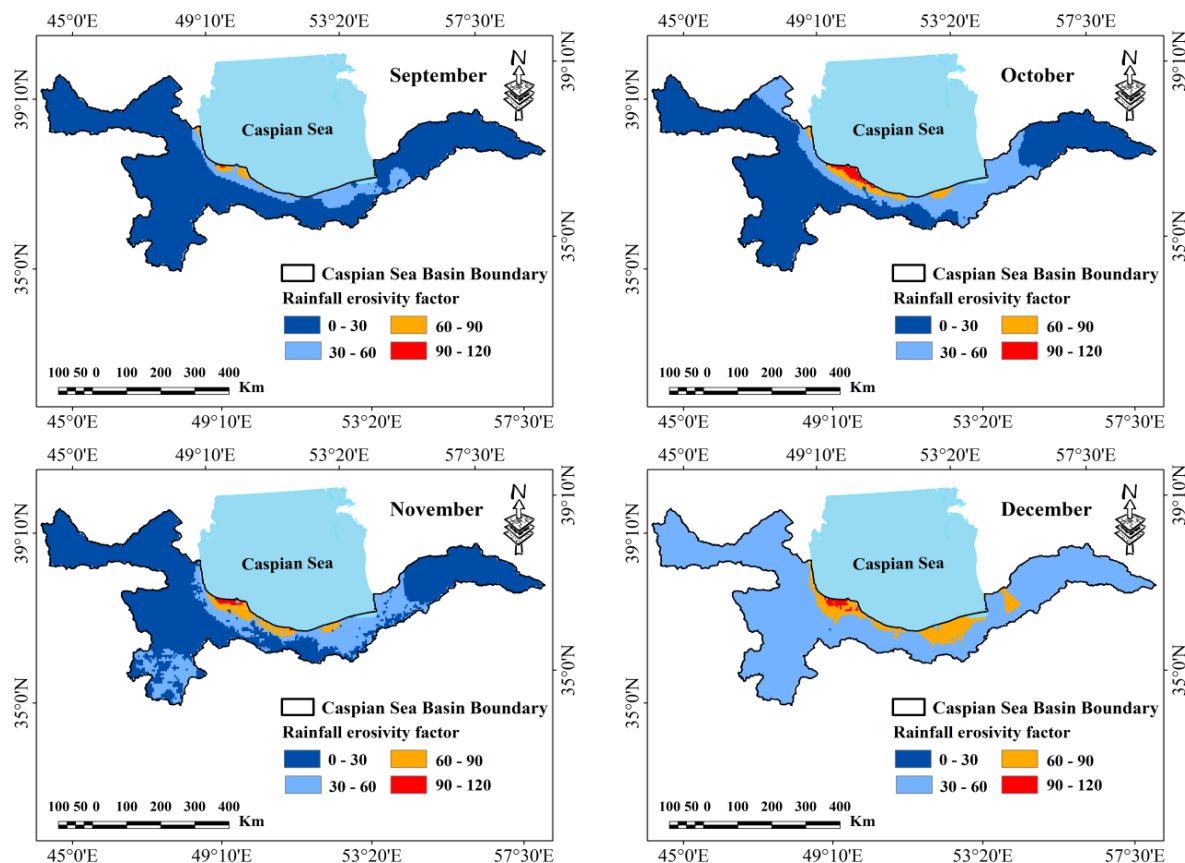
نتایج

تغییرات زمانی و مکانی بارش و فرسایندگی باران ماهانه با ضریب اصلاحی پوشش برف

در این پژوهش از روش‌های مختلف درون‌یابی زمین آماری استفاده شد. براساس نتایج به‌دست آمده روش کوکریجینگ به‌دلیل استفاده از متغیر کمکی بلندی با همبستگی زیاد با متغیر اصلی (بارش) و نیز اندازه‌ی RMSE، ۰/۷۸، که کمتر از دیگر روش‌های درون‌یابی به‌دست آمد، انتخاب شد. هم‌چنین در این پژوهش پس از بررسی ساختار مکانی داده‌ها مدل کروی بهترین برازش را با داده‌ها نشان داد. در نهایت نقشه‌های عامل فرسایندگی باران ماهانه به‌دست آمد و با استفاده از روش‌های مزبور و بعد از اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در شکل ۲ نشان داده شده است. هم‌چنین میانگین عامل فرسایندگی باران ماهانه (مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت) قبل و بعد از اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در بزرگ آبخیز دریای خزر در جدول ۲ آمده است.

آبخیز دریای خزر از سنجنده‌ی MODIS و محصول MOD10CM استفاده شد. با توجه به این که محصول مزبور به‌صورت ماهانه و در مقیاس جهانی موجود است، می‌تواند به‌عنوان یک محصول مناسب برای ارزیابی وضعیت پوشش برف در هر ماه به‌کار گرفته شود. در این محصول اندازه‌ی عددی هر پیکسل در هر ماه بین صفر تا ۱۰۰ متغیر می‌باشد که عدد صفر بیان‌گر نبودن برف و عدد ۱۰۰ نشان‌دهنده‌ی پوشش کامل پیکسل به‌وسیله‌ی برف است. بنابراین پس از تهیه‌ی این محصول، برای تهیه‌ی ضریب اصلاحی پوشش برف، این ضریب با یک معادله‌ی خطی (رابطه‌ی ۴) بین صفر تا یک به‌دست آمد. در عمل ضریب اصلاحی پوشش برف بعد از معکوس کردن لایه‌های تولید شده در رابطه‌ی ۴ محاسبه شد و رابطه‌ی بین محصول MOD10CM و ضریب اصلاحی برف یک رابطه‌ی معکوس بود. یعنی وقتی ضریب اصلاحی پوشش برف برابر با یک باشد روی زمین (سطح یک پیکسل) برف نیست و فرسایندگی باران اصلاحی بدون تغییر است و برابر با فرسایندگی باران برآورد شده خواهد شد. از طرف دیگر در ماه‌هایی که سطح زمین (یک پیکسل) به‌وسیله‌ی برف پوشیده شده باشد، در عمل باران نمی‌تواند با سطح خاک برخورد کند و از این رو قدرت فرسایندگی باران در عدد صفر ضرب خواهد شد. در نهایت می‌توان گفت که اعداد بین صفر و یک نشان‌دهنده‌ی سهم پوشش برف در هر پیکسل است (به‌عنوان مثال ضریب اصلاحی پوشش برف ۰/۳ نشان‌دهنده‌ی این است که ۷۰٪ از مساحت پیکسل پوشیده از برف است و فرسایندگی باران برآورد شده باید در عدد اصلاحی ۰/۳ ضرب شود). هم‌چنین هر ماه اندازه‌ی فرسایندگی باران با اثر پوشش برف اصلاح شد. بر این اساس محاسبه‌ی عامل فرسایندگی باران اصلاح شده در نرم‌افزار ArcGIS10.8 از رابطه‌ی ۵ به‌دست آمد (محمدی و همکاران ۲۰۲۱).





شکل ۲- نقشه‌ی عامل فرساینده‌ی باران ماهانه در بزرگ آبخیز دریای خزر بعد از اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف.

Figure 2- Map of the monthly rainfall erosivity factor in the Caspian Sea Basin after applying the snow cover correction coefficient.

جدول ۲- میانگین عامل فرساینده‌ی باران ماهانه قبل و بعد از اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در بزرگ آبخیز دریای خزر.

Table 2- The average monthly rainfall erosivity factor before and after applying the snow cover correction coefficient in the Caspian Sea Basin.

Month	Rainfall erosivity without SCC	Rainfall erosivity with SCC	Month	Rainfall erosivity without SCC	Rainfall erosivity with SCC
January	20.84	13.22	July	9.68	9.59
February	25.38	15.48	August	8.55	8.46
March	28.90	21.98	September	15.56	15.36
April	30.13	27.27	October	26.44	25.81
May	23.44	22.82	November	30.26	25.56
June	11.30	11.19	December	24.07	13.76

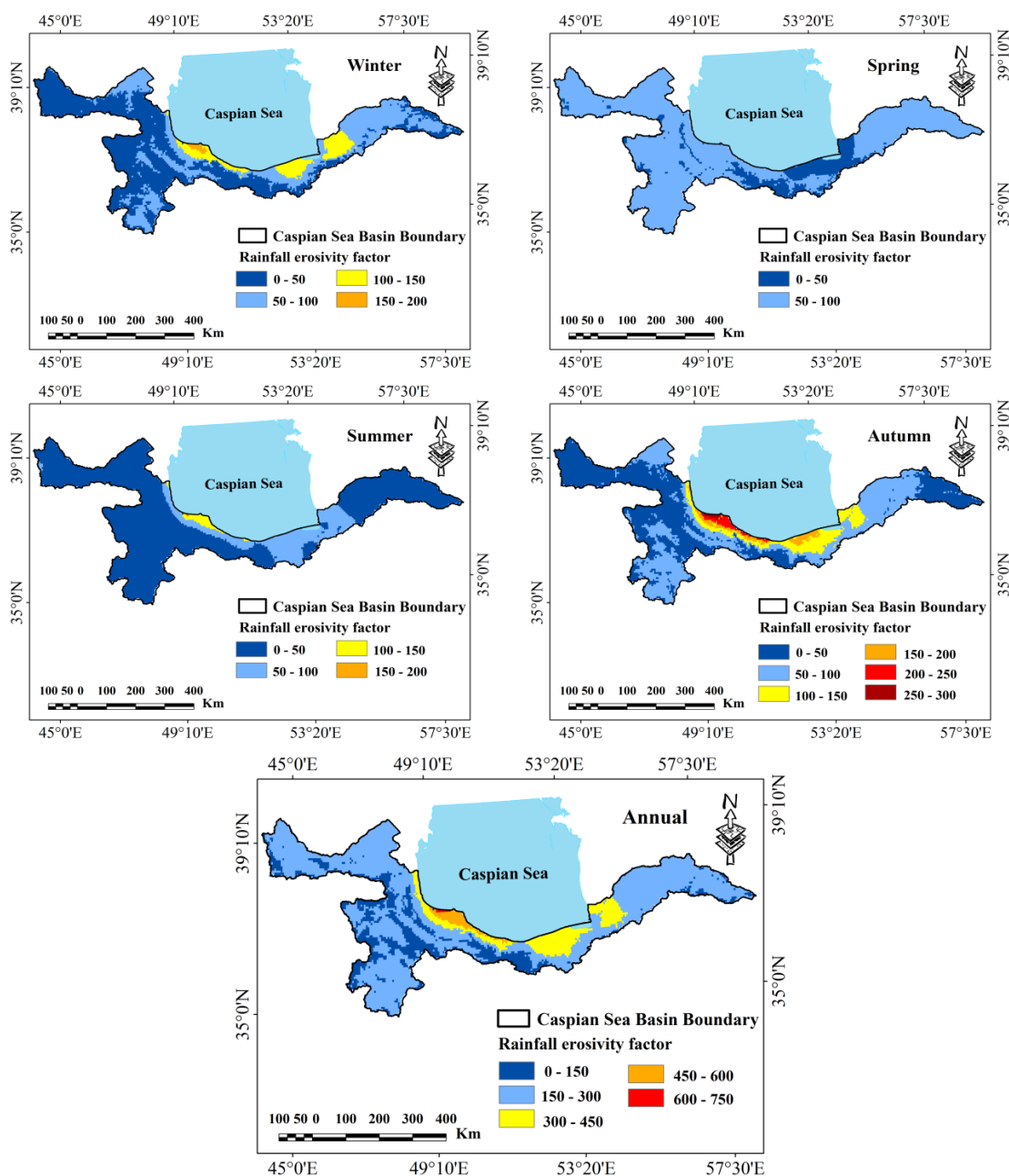
کاهش فرساینده‌ی باران اصلاح شده در ماه‌های دسامبر از ۲۴/۰۷ به ۱۳/۷۶ و فوریه از ۲۵/۳۸ به ۱۵/۴۸ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت (به ترتیب ۴۳ و ۳۹٪ کاهش) به دست آمد که نشان داد کاهش فرساینده‌ی باران اصلاح شده در ماه‌های فصل زمستان به دلیل وجود پوشش برف در مقایسه با ماه‌های دیگر بیشتر بوده است. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات فرساینده‌ی باران ناشی از موقعیت جغرافیایی و مقیاس‌های مختلف زمانی است. ماه‌های آوریل تا ژوئن، مناطق شمال غربی و جنوب غربی بیشترین فرساینده‌ی باران را دارند، در حالی که در سایر ماه‌ها، به دلیل شدت بارندگی بیشتر در بخش شمالی

بر اساس نتایج به دست آمده از تغییرات فرساینده‌ی باران مشخص شد که ماه‌های نوامبر، آوریل و مارس با اندازه‌های ۳۰/۲۶، ۳۰/۱۳ و ۲۸/۹۰ و ماه اوت با اندازه‌ی ۸/۵۵ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت به ترتیب بیشترین و کمترین اندازه‌های فرساینده‌ی باران ماهانه را داشتند در حالی که بعد از اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف میانگین فرساینده‌ی باران ماهانه در آوریل، اکتبر و نوامبر با اندازه‌های ۲۷/۲۷، ۲۵/۸۱ و ۲۵/۵۶ و ماه اوت با اندازه‌ی ۸/۴۶ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت به ترتیب بیشترین و کمترین اندازه‌های فرساینده‌ی باران ماهانه را داشتند (شکل ۲ و جدول ۲). هم‌چنین بیشترین تغییرات

بزرگ آبخیز دریای خزر بعد از اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در شکل ۳ نشان داده شده است. همچنین میانگین عامل فرساینده‌گی باران فصلی و سالانه (مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت) در بزرگ آبخیز دریای خزر قبل و بعد از اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در جدول ۳ آمده است.

منطقه مطالعه شده، بیشترین فرساینده‌گی بارندگی نیز وجود دارد (شکل ۲).

تغییرات زمانی و مکانی بارش و فرساینده‌گی باران فصلی و سالانه با ضریب اصلاحی پوشش برف نقشه‌های عامل فرساینده‌گی باران فصلی و سالانه در



شکل ۳- نقشه‌های عامل فرساینده‌گی باران فصلی و سالانه در بزرگ آبخیز دریای خزر بعد از اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف.
Figure 3- Maps of the seasonal and annual rainfall erosivity factor in the Caspian Sea Basin after applying the snow cover correction coefficient.

جدول ۳- میانگین عامل فرساینده‌ی باران فصلی و سالانه قبل و بعد از اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در بزرگ آبخیز دریای خزر.

Table 3- The average seasonal and annual rainfall erosivity factor before and after applying the snow cover correction coefficient in the Caspian Sea Basin.

Season	Rainfall erosivity without SCC	Rainfall erosivity with SCC
Winter	75.13	50.69
Spring	64.88	61.28
Summer	33.80	33.42
Autumn	80.79	65.14
Annual	254.61	210.53

رتبه‌ی سوم است. از این رو در منطقه‌ی مطالعه شده بیشترین سطح پوشش برف و در نتیجه بیشترین ضریب اصلاحی کاهشی برای فرساینده‌ی باران مربوط به این فصل بود. همچنین از نظر مکانی بیشترین اندازه‌ی فرساینده‌ی باران در بخش شمالی منطقه‌ی مطالعه شده در بخش جلگه‌ای استان‌های گیلان، مازندران و گلستان در فصل‌های پاییز، زمستان و تابستان رخ داد. در حالی که در فصل بهار بیشترین اندازه‌ی فرساینده‌ی باران در کل منطقه‌ی مطالعه شده به‌طور یکنواخت در دامنه‌ی ۵۰ تا ۱۰۰ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت بود (شکل ۳). نقشه‌های فرساینده‌ی باران ماهانه و فصلی تا حد زیادی با هم مطابقت داشتند و تغییرات مکانی مشابهی را نشان دادند. در نهایت در کل منطقه‌ی مطالعه شده اندازه‌های حداقل، حداکثر و میانگین فرساینده‌ی باران اصلاح شده سالانه به‌ترتیب صفر، ۷۴۹/۳۰ و ۲۱۰/۵۳ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت به‌دست آمد. بنابراین می‌توان گفت که بزرگ آبخیز دریای خزر در بخش شمالی و جلگه‌ای استان‌های هم‌جوار آن در مقایسه با بخش‌های دیگر منطقه‌ی مطالعه شده بیشترین فرساینده‌ی باران سالانه را دارد.

اندازه‌های درصد مساحت و طبقه‌های مختلف عامل فرساینده‌ی باران سالانه در بزرگ آبخیز دریای خزر در جدول ۴ نشان داده شده است.

براساس نتایج به‌دست آمده از تغییرات فصلی در طول دوره‌ی آماری سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۹، فصل‌های پاییز و زمستان در بزرگ آبخیز دریای خزر بیشترین بارندگی را داشتند و قبل از اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف، بیشترین فرساینده‌ی باران مربوط به فصل‌های پاییز و زمستان به‌ترتیب با اندازه‌های ۸۰/۷۹ و ۷۵/۱۳ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت بود و تابستان نیز با اندازه‌ی ۳۳/۸۰ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت کم‌ترین فرساینده‌ی فصلی را داشت (شکل ۳ و جدول ۳). در حالی که بعد از اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در منطقه‌ی مطالعه شده، فصل‌های پاییز و بهار به‌ترتیب با اندازه‌های ۶۵/۱۴ و ۶۱/۲۸ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت بیشترین فرساینده‌ی باران را داشتند و مجدداً فصل تابستان با اندازه‌ی ۳۳/۴۲ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت کم‌ترین فرساینده‌ی باران را داشت. همچنین بیشترین تغییرات کاهش فرساینده‌ی باران بعد از اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف با اندازه‌ی ۳۲٪ در فصل زمستان در مقایسه با سایر فصل‌ها رخ داد. ولی در فصل تابستان نیز این کاهش کمتر از یک درصد بود. بنابراین کمترین تغییرات فرساینده‌ی باران بعد از اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف مربوط به فصل تابستان بود (شکل ۳ و جدول ۳).

زمستان دومین فصل از نظر اندازه‌ی بارش است ولی از نظر فرساینده‌ی باران، بعد از فصل‌های پاییز و بهار در

جدول ۴- اندازه‌های درصد مساحت و طبقه‌های مختلف عامل فرساینده‌ی باران سالانه در بزرگ آبخیز دریای خزر.

Table 4- Percentage values of area and different classes of annual rainfall erosivity factor in the Caspian Sea Basin.

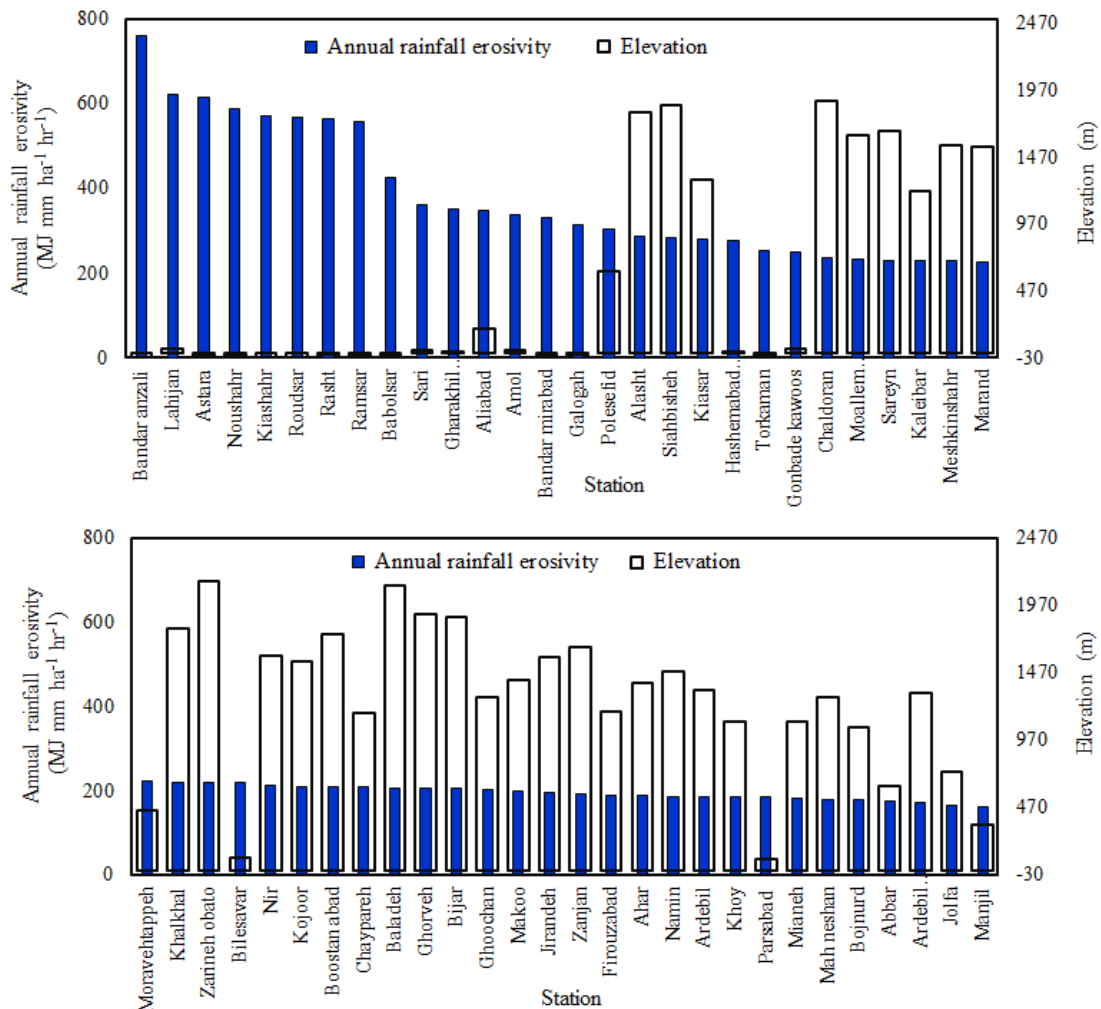
Class	Range of rainfall erosivity classes	The qualitative state of erosivity	Area (km ²)	Area (%)
1	0-150	Very low	34575.38	19.60
2	150-300	Low	119224	67.59
3	300-450	Medium	18797.04	10.66
4	450-600	High	3516.292	1.99
5	600-750	Very high	281.1922	0.16
Total			176393.90	100

مختلف به‌منظور انجام اقدام‌های حفاظتی برای کاهش اثر عامل فرساینده‌ی باران بر اندازه‌ی فرسایش خاک و تولید رسوب استفاده شود. در حالی که بخش‌های غربی، شرقی و جنوب منطقه‌ی مطالعه شده با مساحت

براساس نتایج به‌دست آمده ۱۲/۸۱٪ از مساحت منطقه‌ی مطالعه شده در طبقه‌های متوسط تا خیلی زیاد فرساینده‌ی باران در بخش شمالی بزرگ آبخیز دریای خزر بود (جدول ۴)، که می‌تواند در اولویت‌بندی مناطق

رابطه‌ی بین بلندی و فرسایندهی باران سالانه (مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت) در ایستگاه‌های همدید بزرگ آبخیز دریای خزر در شکل ۴ نشان داده شده است.

۸۷/۱۹٪ در طبقه‌های خیلی کم تا کم با اندازه‌های فرسایندهی باران صفر تا ۳۰۰ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت سال بودند.



شکل ۴- رابطه‌ی بین بلندی و فرسایندهی باران سالانه در ایستگاه‌های همدید بزرگ آبخیز دریای خزر.
Figure 4- Relationship between elevation and annual rainfall erosivity factor in the synoptic stations of the Caspian Sea Basin.

یافت. به‌طور کلی در بسیاری از بخش‌های منطقه‌ی مطالعه شده همبستگی بین بلندی و فرسایندهی باران منفی و معکوس بود و ضریب اصلاحی پوشش برف نیز این همبستگی منفی را تشدید کرد (شکل ۴).

بحث و نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت توزیع بارندگی در هر منطقه تحت تأثیر عامل‌های پستی‌بلندی و جغرافیایی از جمله بلندی، طول و عرض جغرافیایی و دوری یا نزدیکی به دریا است. تغییرات فرسایندهی باران در ماه‌ها و فصل‌های مختلف نیز متأثر از توزیع

با توجه به شکل ۴، رابطه‌ی مثبت افزایشی بین بارش (فرسایندهی باران) با متغیر بلندی در تمام ایستگاه‌های همدید منطقه‌ی مطالعه شده مشاهده نشد. به‌عبارت دیگر برخی از ایستگاه‌های منطقه‌ی مطالعه شده از جمله ترکمن، آستارا، رشت، بندرانزلی، کیشهر، نوشهر، رودسر، رامسر، بندر میرآباد، گلوگاه و بابل‌سر که بلندی آن‌ها منفی بود، اندازه‌های فرسایندهی باران زیاد بود و بیشترین اندازه‌های بارندگی در ایستگاه‌های با بلندی کم و در بخش جلگه‌ای مشاهده شد. اگرچه در برخی از ایستگاه‌ها شرایط برعکس بود و با افزایش بلندی تا یک حد مشخص، اندازه‌ی فرسایندهی باران نیز افزایش

(فتح‌الله‌نژاد دامغانی ۲۰۰۸).

بررسی الگوی مکانی فرساینده‌ی باران در بخش ایرانی بزرگ آبخیز دریای خزر نشان‌دهنده‌ی تغییرات نسبی زیاد بین مناطق مختلف از جلگه تا بخش‌های بلند است. با توجه به شکل ۳، نقشه‌های خروجی فرساینده‌ی باران فصلی و سالانه، روند افزایشی شاخص فرساینده‌ی باران را از مناطق جنوبی (بلندی‌ها) و بخش‌های شرقی و غربی بزرگ آبخیز دریای خزر به مناطق مرکزی و شمالی منطقه‌ی مطالعه شده (جلگه‌های حاشیه‌ی دریای خزر در استان‌های شمالی کشور) را نشان داد که با یافته‌های نیک‌کامی و مهدیان (۲۰۱۵) که گزارش کردند روند تغییرات عامل فرساینده‌ی باران از مناطق شرقی و جنوبی کشور به مناطق شمالی افزایشی است، هم‌خوانی دارد. این الگو اگرچه تا حدی هماهنگ بر الگوی تغییرات اقلیمی (از مناطق خشک‌تر و کم‌باران به سوی مناطق مرطوب‌تر و پر باران) است، اما نوع نزولات جوی و به‌طور ویژه برف در مناطق بلند باعث کاهش فرساینده‌ی باران در این مناطق شده است. از این‌رو بخش شمالی منطقه‌ی مطالعه شده اکثراً شامل بخش‌های جلگه‌ای همراه با بارش بیشتر و از نوع باران هستند، که در اکثر زمان‌های سال بیشترین اندازه‌های فرساینده‌ی باران را دارند. بنابراین ایستگاه بندرانزلی در بخش شمالی منطقه‌ی مطالعه شده با کمترین بلندی (۲۶ متر) و بیشترین میانگین بارندگی سالانه (۱۷۸۳/۶۸ میلی‌متر) بیشترین اندازه‌ی فرساینده‌ی باران سالانه (۷۴۹/۳۰ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت) را داشت. صادقی و همکاران (۲۰۱۱)، نیک‌کامی و مهدیان (۲۰۱۵)، صادقی و همکاران (۲۰۱۷) و محمدی و همکاران (۲۰۲۱) نیز بیشتر بودن اندازه‌ی فرساینده‌ی باران در ایستگاه بندرانزلی استان گیلان در مقایسه با دیگر ایستگاه‌های مطالعاتی کشور را گزارش کردند که با یافته‌های این پژوهش هم‌سو است. در حالی که کمترین اندازه‌های میانگین بارندگی (۲۱۴/۱۴ میلی‌متر) و فرساینده‌ی باران سالانه (۱۶۲/۸۷ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت) در ایستگاه منجیل مشاهده شد. دو ایستگاه بندرانزلی و منجیل در فاصله کمی از هستند و این اندازه تغییرپذیری مکانی در اندازه‌ی میانگین بارندگی سالانه را می‌توان به دلیل عامل‌هایی مانند پستی‌بلندی محلی دره‌ی سفیدرود، برای حرکت ابرهای باران‌زا، فاصله از دریا و بلندی دو ایستگاه مرتبط دانست. به‌عبارت دیگر بلندی با تأثیر روی اندازه‌های نوع نزولات جوی در نهایت منجر به تغییر در اندازه‌های فرساینده‌ی باران در منطقه‌ی پژوهش شده است. در نهایت باید گفت که هم‌زمان بودن تغییرات فرساینده‌ی باران با فعالیت‌های خاک‌ورزی (عملیات

زمانی بارش در طول سال است. براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، روش کوکریجینگ با متغیر کمکی بلندی به عنوان بهترین روش درون‌یابی زمین‌آماري انتخاب شد و مدل کروی برای تعمیم داده‌های نقطه‌ای فرساینده‌ی باران در محل ایستگاه‌ها به سطح انتخاب شد که با نتایج اسلامی (۲۰۲۲) در یک راستا است. نتایج بررسی تغییرات زمانی فرساینده‌ی باران نشان داد که متوسط فرساینده‌ی سالانه در بخش ایرانی بزرگ آبخیز دریای خزر ۲۱۰/۵۳ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت بوده است. در حالی که کمترین فرساینده‌ی باران در ماه‌های تابستان به‌ویژه در ماه‌های ژوئیه و اوت بود و بیشترین فرساینده‌ی باران در ماه‌های آوریل، اکتبر و نوامبر مشاهده شد. این نتایج از توزیع بارندگی در ماه‌های مختلف سال تبعیت نیز می‌کند. گرمی‌لوشابی و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی آبخیز کسلیان گزارش کردند که بیشترین اندازه‌های فرساینده‌ی باران ماهانه در فصل پاییز (ماه‌های آبان و آذر) و اوایل بهار (ماه فروردین) بود و در فاصله‌ی زمانی بین این دو اوج، فرساینده‌ی در ماه‌های مختلف ناچیز برآورد شد. این پژوهشگران تغییر نوع بارش‌ها به‌دلیل کاهش دما در طول زمستان را دلیل احتمالی این موضوع دانستند. در این راستا نتایج این پژوهش با یافته‌های در این راستا نتایج این پژوهش با یافته‌های هماهنگی دارد. هویس و همکاران (۲۰۰۵)، شمشاد و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیش‌ترین اندازه‌های فرساینده‌ی باران را در ماه‌های آوریل تا ژوئن و اکتبر تا دسامبر گزارش کردند. داویسون و همکاران (۲۰۰۵)، صادقی و همکاران (۲۰۱۱) و مصطفی‌زاده و همکاران (۲۰۱۹) نیز بیش‌ترین اندازه‌های فرساینده‌ی باران را در اوایل فصل پاییز گزارش کردند. یافته‌های این پژوهش با تمام نتایج پژوهش‌های مزبور هم‌خوانی دارد. تحلیل دیگر این است که بیشترین اندازه‌های فرساینده‌ی باران در بسیاری از این مناطق هم‌زمان با انجام فعالیت‌های اصلی کشاورزی (کاشت و برداشت محصولات) است. به‌عبارت دیگر عملیات کشاورزی در زمین‌های زراعی (شخم زدن زمین) در فصل پاییز (نوامبر) و برداشت محصول در تابستان انجام می‌شود که زمان‌های بحرانی برای فرسایش خاک به‌شمار می‌روند. در پژوهش‌های پیشین (گیو و همکاران ۲۰۲۰) نیز به این موضوع اشاره شده است. هم‌چنین بررسی تغییرات فرساینده‌ی در ماه‌ها یا فصل‌های خشک و مرطوب سال نیز نشان داد که افزایش بارش تنها عامل اصلی برای تغییرات فرساینده‌ی باران نبود، بلکه در برخی از ماه‌ها نوع بارندگی اهمیت بیشتری داشت (بارندگی همرفتی معدود در تابستان، چرخشی و کوهستانی در زمستان و پاییز)

کاشت و برداشت) در زمین‌های کشاورزی و هم‌چنین زمان حضور، تراکم و توان حفاظتی پوشش گیاهی زمین‌های غیرکشاورزی در مقابل قطره‌های باران نگران‌کننده است. شوربختانه در زمین‌های کشاورزی در زمان‌هایی از سال که بیشترین عملیات خاک‌ورزی انجام می‌شود (بهار و پاییز) فرساینده‌گی باران نیز بیشترین اندازه است. اما در زمین‌های مرتعی به‌ویژه در بلندی‌ها در فصل‌های پاییز و زمستان که در سطح خاک کمترین

پوشش حفاظتی گیاهی است، نوع نزولات جوی به‌شکل برف از شدت فرساینده‌گی باران می‌کاهد. بنابراین در این پژوهش ارزیابی زمانی فرساینده‌گی باران با اعمال ضریب اصلاحی پوشش برف در آن، با زمان‌بندی حضور و تراکم پوشش گیاهی در سطح خاک نتایج قابل استنادتری برای استفاده‌ی مدیران و برنامه‌ریزان آمایش سرزمین به‌ویژه در بخش کشاورزی برای انتخاب نوع محصولات مناسب برای هر منطقه خواهد داشت.

فهرست منابع

- Arabkhedri M, Asadi H, Eslami F, Gerami Loshabi Z, Vazifehdoost M. 2021. Application of vegetation cover seasonality, temporal variation of rainfall erosivity and sediment yield for land utilization planning. *Journal of Water and Soil Conservation*. 27(5): 217-232. (In Persian).
- Barkhordari J, Nikkami D, Samadi MB, Tabatabaeizadeh M. 2015. Suitability of different rainfall erosivity indices in cold, dry climate of central Iran, a Case study in Nir range-land research station-Yazd Province. *Journal of Watershed Engineering and Management*. 7(2): 136-144. (In Persian).
- Behzadfar A, Khaledi Darvishan A, Gharagozlou A. 2016. Preparation of rainfall erosivity factor map by using GIS (Case Study: Darkesh Watershed, North Khorasan province). 11th National Seminar on Watershed Management Sciences and Engineering. 648-655. (In Persian).
- Chavoshi S, Sulaiman WNA, Saghaian B, Sulaiman MNB, Abd Mana L. 2013. Flood prediction in southern strip of Caspian Sea Watershed. *Water Resources and the Regime of Water Bodies*. 40(6): 593-605.
- Davison P, Hutchins MG, Anthony SG, Betson M, Johnson C, Lord EI. 2005. The Relationship between potentially erosive storm energy and daily rainfall quantity in England and Wales. *Science of the Total Environment*. 15: 344 (1-3): 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.02.002>.
- Desinayak N, Prasad AK, El-Askary H, Kafatos M, Asrar GR. 2022. Snow cover variability and trend over the Hindu Kush Himalayan region using MODIS and SRTM Data. *Annals of Geophysics*. 40(1): 67-82. <https://doi.org/10.5194/angeo-40-67-2022>.
- Di Lena B, Curci G, Vergni L. 2021. Analysis of rainfall erosivity trends 1980-2018 in a complex terrain region (Abruzzo, Central Italy) from Rain Gauges and Gridded Datasets. *Atmosphere*. 12(6): 657. <https://doi.org/10.3390/atmos12060657>.
- Entezami H, Mojarrad F, Darand M, Shahabi H. 2021. Investigating the changes in snow cover in Sefidrood drainage basin using remote sensing. *Geography and Environmental Sustainability*. 11(2): 1-18. (In Persian).
- Eslami H. 2022. Evaluation of spatio-temporal variations of rainfall erosivity index using cokriging method in Khouzestan Province. *Watershed Engineering*. 8(3): 1-15. (In Persian).
- Fathollahnejad Damghani Y. 2008. The study of rainfall spatial and temporal changes effects on rainfall erosivity (Case study: Gorganrood Watershed). M.Sc. Thesis. Department of Range and Watershed Management. Mazandran University. 1-96. (In Persian).
- Gerami Loshabi Z, Arabkhedri M, Asadi H, Bayat R. 2016. The influence of rainfall erosivity temporal variation on suspended sediment load seasonality (Case study: Kasiliyan Basin). *Journal of Watershed Management Research*. 7(14): 167-176. (In Persian).
- Gu Z, Feng D, Duan X, Gong K, Li Y, Yue T. 2020. Spatial and temporal patterns of rainfall erosivity in the Tibetan Plateau. *Water*. 12(1): 200. <https://doi.org/10.3390/w12010200>.
- Guesri M, Megnounif A, Nekkache Ghenim A. 2020. Rainfall erosivity and sediment yield in northeast Algeria: K'sob Watershed Case Study. *Arabian Journal of Geosciences*. 13(299): 1-11. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-5276-1>.
- Hall DK, Riggs GA. 2007. Accuracy assessment of the MODIS snow products. *Hydrological Processes*. 21(12): 1534-1547. <https://doi.org/10.1002/hyp.6715>.
- Hazbavi Z, Sadeghi SHR. 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.
- Hoyos N, Waylen PR, Jaramillo A. 2005. Seasonal and spatial of erosivity in a tropical watershed of the Colombia Andes. *Journal of Hydrology*. 314(1-4): 177-191. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.03.014>.
- Jain MK, Das D. 2010. Estimation of sediment yield and areas of soil erosion and deposition for watershed prioritization using GIS and Remote Sensing. *Water Resources Management*. 24(10): 2091-2112. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9540-0>.
- Khaledi Darvishan A, Derikvandi M, Aliramaee R, Khorsand M, Spalevic V, Gholami L, Vujacic D. 2018. Efficiency of IntErO Model to predict soil erosion intensity and sediment yield in Khamsan representative watershed (West of Iran). *Agrofor International Journal*. 3(2): 22-31.
- Lee S, Hyun Bae J, Hong J, Yang D, Panagos P, Borrelli P, Yang JE, Kim J, Lim KJ. 2022. Estimation of rainfall erosivity factor in Italy and Switzerland using bayesian optimization based machine learning models. *Catena*. 211(105957): 1-14.
- Mohammadi Sh, Balouei F, Haji Kh, Khaledi Darvishan A, Karydas C. 2021. Country-scale spatio-temporal monitoring of soil erosion in Iran using the G2 Model. *International Journal of Digital Earth*. 14(8): 1019-1039. <https://doi.org/10.1080/17538947.2021.1919230>.
- Mostafazadeh R, Zabihi M, Haji Kh, Ghavimipannah MH. 2019. Spatiotemporal variations of rainfall erosivity factor in Gorganroud Watershed. *Nivar*. 42(102): 9-18. ((In Persian
- Nikkami D, Mahdian MH. 2015. Rainfall erosivity mapping in Iran. *Journal of Watershed Engineering and Management*. 6(4): 364-376. (In Persian).
- Padulano R, Rianna G, Santini M. 2021. Datasets and approaches for the estimation of rainfall erosivity over Italy: a comprehensive comparison study and a new method. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 34(1): 100788. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100788>.
- Panagos P, Ballabio C, Borrelli P, Meusburger K, Klik A, Rousseva S, Tadić MP, Michaelides S, Hrabalíková M, Olsen P, Aalto J, Lakatos M, Rymaszewicz A, Dumitrescu A, Beguería S, Alewell C. 2015. Rainfall erosivity in Europe. *Science of the Total Environment*. 1(511): 801-814. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.008>.
- Panagos P, Borrelli P, Meusburger K, Yu B, Klik A, Lim KJ, Yang JE, Ni J, Miao C, Chattopadhyay N, Sadeghi SHR, Hazbavi Z, Zabihi M, Larionov GA, Krasnov SF, Gorobets AV, Levi Y, Erpul G, Birkel C, Hoyos N, Naipal V, Oliveira PTS, Bonilla CA, Meddi M, Nel W, Al Dashti H, Boni M, Diodato N, Van Oost K, Nearing M, Ballabio C. 2017. Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. *Scientific Reports*. 7:4175; 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04282-8>.
- Rabbaniha M, 2017. Environmental and ecological studies in the northern Alborz of Golestan Province with the aim of fisheries development. Ministry of Jihad Agriculture Research Organization. Agriculture Education and Extension, Inland Fisheries Research Institute - Inland Aquatic Resources Research Center. 156 p. (In Persian).
- Raj R, Saharia M, Chakma S, Rafieinasab A. 2022a. Mapping rainfall erosivity over India using multiple precipitation datasets. *Catena*. 214(106256): 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106256>.
- Raj R, Saharia M, Chakma S, Rafieinasab A. 2022b. Spatial variability of rainfall erosivity over India. *EGU General Assembly 2022*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-152>.
- Sadeghi SHR, Hazbavi Z. 2015. Trend analysis of the rainfall erosivity index at differ-

- ent time scales in Iran. *Natural Hazards*. 77(1): 383-404. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1607-z>.
- Sadeghi SHR, Moatamednia M, Behzadfar M. 2011. Spatial and temporal variations in the rainfall erosivity factor in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 13(1): 451-464.
- Sadeghi SHR, Zabihi M, Vafakhah M, Hazbavi Z. 2017. Spatiotemporal mapping of rainfall erosivity index for different return periods in Iran. *Natural Hazards*. 87(1): 35-56. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2752-3>.
- Shahhossein T, Nazarnejad H, Asadzadeh F. 2022. Rainfall erosivity mapping for West Azerbaijan province. *Applied Soil Research*. 9(4): 49-61. (In Persian).
- Shamshad A, Azhari MN, Isa MH, Wan Hus-sin WMA, Parida BP. 2008. Development of an appropriate procedure for estimation of RUSLE EI30 index and preparation of erosivity maps for Pulau Penang in Peninsular Malaysia. *Catena*. 72(3): 423-432. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2007.08.002>.
- Zabihi M, Sadeghi SHR, Vafakhah M. 2016. Spatial analysis of rainfall erosivity index patterns at different time scales in Iran. *Journal of Watershed Engineering and Management*. 7(4): 442-457. (In Persian).
- Zare S, Soltani Gerdefaramarzi S, Tazeh M. 2019. Comparison of geostatistical methods in the zoning of erosivity index (Case study: Fars Province). *Geography and Programming*. 23(68): 157-177. (In Persian).
- Zare S, Soltani Gerd faramarzi S, Tazeh M. 2017. Determination of the best rainfall erosivity index in Fars Province and its zoning. *Geography and Development*. 15(48): 231-244. (In Persian).
- Zhang Y, Yan S, Lu Y. 2010. Snow cover monitoring using MODIS Data in Liaoning Province. Northeastern China. *Remote Sensing*. 2(3): 777-793. <https://doi.org/10.3390/rs2030777>.



Fars Agricultural and Natural Resources
Research and Education Center



Agricultural Research, Education
and Extension Organization

Spatiotemporal Variations of the Rainfall Erosivity with Considering Snow Cover Correction Coefficient in the Iranian Part of the Caspian Sea Basin

Khadijeh Haji¹, Abdulvahed Khaledi Darvishan^{*2}, Raoof Mostafazade³

1-Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources,
Tarbiat Modares University, Noor, Iran

2-Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources
, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

3-Associate Professor, Department of Watershed Management and Member of Water Management Research Institute,
University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Extended Abstract

Introduction and Objective

Awareness of the pattern of spatial and temporal variations of the rainfall erosivity is essential for improving soil erosion estimates, especially considering snow cover in different months. In the Caspian Sea Basin, due to the low distance between mountain regions and rainy plain, estimation of rainfall erosivity factor without considering snow cover correction coefficients is associated with a significant uncertainty. Accordingly, the current study aims to analyze the spatiotemporal variations of the rainfall erosivity factor with considering snow cover correction coefficient in the Iranian part of the Caspian Sea Basin.

Materials and Methods

To prepare monthly, seasonal and annual rainfall erosivity factor, monthly rainfall data of 56 synoptic stations of the Caspian Sea Basin were obtained from the national meteorological organization and statistical yearbooks with a common statistical period of 20-25 years (1996-2020). As a result, the rain erosive layer in different time bases using Co-Kriging geostatistical method with auxiliary variable of height above sea level with less root mean square error (RMSE) was used as the most common evaluation index and selection of the optimal method. Then the monthly snow cover layer was prepared

Article Type: Research Article

***Corresponding Author E-mail:** a.khaledi@modares.ac.ir

Citation: Haji, KH., Khaledi Darvishan, A., Mostafazade, R. 2023. Spatiotemporal variations of the rainfall erosivity with considering snow cover correction coefficient in the Iranian part of the Caspian Sea Basin. Watershed Management Research. 36(3): 70-89.

DOI: 10.22092/WMRJ.2023.359311.1484

Received: 12 July 2022, **Received in revised form:** 04 October 2022, **Accepted:** 21 December 2022,

Published online: 23 September 2023

Watershed Management Research, VOL. 36, No.3, Ser. No: 140, Autumn 2023, pp. 70-89.

Publisher: Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center © Author(s)



from MOD10CM product and the rainfall erosivity for each month was modified.

Results and Discussion

Based on the results, the average annual rainfall erosivity factor of the Iranian part of the Caspian Sea Basin was 254.61 (MJ mm ha⁻¹ hr⁻¹), while by considering the snow cover correction coefficient, the rainfall erosivity value was reduced to 210.53 (MJ mm ha⁻¹ hr⁻¹). Also, Bandar Anzali and Manjil synoptic stations have the highest and lowest values of the average annual rainfall erosivity factor equal to 749.30 and 162.87 (MJ mm ha⁻¹ hr⁻¹), respectively. In addition, after considering the snow cover correction coefficient, the highest monthly rainfall erosivity values of 27.27, 25.81 and, 25.56 MJ mm ha⁻¹ hr⁻¹ were observed in April, October and, November, respectively. On the other hand, 12.81% of the studied area is in the medium to very high levels of rainfall erosivity in the northern part of the Caspian Sea Basin, which can be used to prioritize different areas in order to carry out conservation measures to reduce the effect of the rainfall erosivity factor on the amount of soil erosion and sediment yield were used.

Conclusion and Suggestions

Based on the results of the current research, it can be stated that the fluctuation of rainfall erosivity in different months and seasons is also affected by the rainfall time distribution throughout the year. Therefore, the maximum amounts of rainfall erosivity in most of the studied areas correspond to the main times of agricultural activities, i.e. planting and harvesting, which are critical times for soil erosion. Investigating the spatial pattern of rainfall erosivity in the Iranian part of the Caspian Sea Basin shows many relative changes between different regions from the plains to the highlands. Although this pattern is somewhat consistent with the pattern of climate changes from drier and less rainy areas to wetter and more rainy areas, the type of precipitation and especially snow in high areas has reduced the rainfall erosivity in these areas. Therefore, the temporal evaluation of rainfall erosivity resulting from the current research, in which the snow cover correction coefficient is applied, with the timing of the presence and density of vegetation on the soil surface, provides more reliable results for land management managers and planners, especially in the agricultural sector, to choose the right type of crops for each will place the area.

Keywords: Geostatistics, rainfall erosivity index, snow cover area, soil degradation, watershed management