

برآورد فاکتور اقلیمی فرسایش بادی با استفاده از تابع توزیع منطقه‌ای

سهیلا پویان^۱، مریم میراکبری^۲ و *سیدفخرالدین افضل^۳

^۱دانشجوی دکتری گروه بیابان‌زدایی، دانشگاه یزد، دانشجوی دکتری گروه بیابان‌زدایی، دانشگاه تهران،

^۲آستادیار گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۱

چکیده

فاکتور اقلیمی فرسایش بادی معیاری جهت بیان نقش عوامل اقلیمی در فرسایش بادی می‌باشد. از میان فاکتورهای مؤثر در فرسایش، رطوبت و سرعت باد به‌عنوان دو خصوصیت اقلیمی منطقه هستند، که باید مدنظر باشد. در این پژوهش از روش‌های گشتاور خطی و فاکتور اقلیمی فرسایش برای بررسی نقش منطقه‌ای عوامل اقلیمی بر فرسایش بادی در استان یزد استفاده شد. فاکتور اقلیمی فرسایش بادی با استفاده از کوانتیل‌های سرعت باد و دیگر داده‌های هواشناسی در دسترس محاسبه شد. میانگین ماهانه سرعت باد، بیشینه روزانه و دیگر پارامترهای اقلیمی از ۱۴ ایستگاه هواشناسی در استان یزد جهت تحلیل فاکتور اقلیمی فرسایش بادی استفاده شد. براساس نتایج تحلیل منطقه‌ای، سه گروه همگن سرعت باد در نظر گرفته شد. سپس کوانتیل‌های سرعت باد منطقه‌ای محاسبه و نتایج برای محاسبه مقادیر فاکتور اقلیمی فرسایش در دو دوره شش‌ماهه تر و خشک برای هر گروه همگن استفاده شدند. علاوه‌بر این، مقادیر فاکتور اقلیمی فرسایش برای هر ایستگاه با استفاده از توزیع ویبل تخمین زده شد و نتایج با مقادیر فاکتور اقلیمی فرسایش منطقه‌ای مقایسه شد. نتایج نشان داد که مقادیر فاکتور اقلیمی فرسایش تخمین زده شده با استفاده از روش منطقه‌ای نسبت به روش ویبل دارای میانگین مربعات خطای کوچک‌تری می‌باشد. بنابراین این روش می‌تواند ارزیابی خطر فرسایش بادی در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک را ارزیابی نماید.

واژه‌های کلیدی: تحلیل منطقه‌ای، تابع توزیع ویبل، پارامترهای اقلیمی، کوانتیل‌های سرعت باد

مقدمه

مناطق خشک و نیمه‌خشک عرصه اصلی وقوع فرسایش بادی بوده و مهم‌ترین عامل تخریب خاک در این مناطق به حساب می‌آید. عوامل متعددی در شکل‌گیری و فرسایش بادی مؤثر می‌باشند که می‌توان آن‌ها را به عوامل اقلیمی و غیراقلیمی تقسیم نمود.

یکی از پارامترهای مؤثر در مقدار هدررفت خاک ناشی از فرسایش بادی، عوامل اقلیمی می‌باشد (گومس و همکاران، ۲۰۰۳؛ لیندرس و همکاران، ۲۰۰۵؛ مزوسی و همکاران، ۲۰۱۳).

از میان عوامل اقلیمی، وجود باد فرساینده می‌تواند باعث افزایش فرسایش در سطوح حساس به فرسایش بادی گردد (کالوت و همکاران، ۲۰۰۰). رطوبت نیز

* مسئول مکاتبه: afzalif@shirazu.ac.ir

توزیع ویبل بدون شک مدل بهتری برای تخمین سرعت باد می‌باشد. گوئل و همکاران (۲۰۰۴) برای اولین بار از تئوری تحلیل منطقه‌ای^۳ با کاربرد روش گشتاورهای خطی^۴ برای تخمین کوانتیل‌های سرعت باد استفاده نمودند و کوانتیل منطقه‌ای سرعت باد را با استفاده از آمار ایستگاه‌های ایالت اونتاریا^۵ محاسبه و ارائه کردند. ایشان روش گشتاورهای خطی را رویکردی تازه برای تحلیل منطقه‌ای داده‌های سرعت باد در سایر نقاط جهان به‌منظور ارائه تخمین‌های بهتر از کوانتیل‌های سرعت باد، دانستند و تابع توزیع لجستیک تعمیم‌یافته^۶ را به‌عنوان تابع مناسب برای برازش به داده‌های سرعت باد تعیین کردند.

با توجه به اهمیت زیاد پارامترهای اقلیمی در فرسایش بادی، می‌توان از یک فاکتور اقلیمی فرسایش بادی برای معین کردن قدرت فرسایش بادی استفاده نمود. این فاکتور که به دو پارامتر تصادفی سرعت باد و آستانه تنش برشی^۷ بستگی دارد، باید براساس داده‌های بلندمدت اقلیمی همانند سرعت باد، بارندگی، دما و ساعت آفتابی محاسبه شود. یکی از مشکلات محاسبه این فاکتور، آمار و اطلاعات ناقص پارامترهای اقلیمی و حتی بدون آمار بودن برخی از ایستگاه‌ها است که در نهایت این کمبود آمار و اطلاعات به دنبال خود باعث عدم اطمینان در محاسبه این فاکتور اقلیمی خواهد شد. راهکارهای متعددی در رابطه با برخورد با این نوع عدم اطمینان که به عدم اطمینان آماری مشهور است، در منابع وجود دارد. یک راه تحلیل نقطه‌ای احتمال وقوع پارامترهای اقلیمی و استفاده از این احتمال در محاسبه متوسط فاکتور اقلیمی می‌باشد. اما راهکارهای آماری تحلیل وقوع فاکتورهای اقلیمی

ارتباط زیادی به حساسیت خاک در مقابل فرسایش بادی دارد (راوی و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین از میان فاکتورهای مؤثر در فرسایش، رطوبت و سرعت باد به‌عنوان دو ویژگی اقلیمی که دارای تغییرات مکانی و زمانی هستند، مدنظر می‌باشد. همچنین پیش‌بینی‌های اقلیمی آینده نشان می‌دهد که رطوبت خاک در نتیجه افزایش خشکسالی، کاهش خواهد یافت که مناطقی بادخیز را تحت تأثیر فرسایش بادی بیش‌تری قرار می‌دهد (بلانکا و همکاران، ۲۰۱۳؛ مزوسی و همکاران، ۲۰۱۳). بنابراین، باید روش‌های جدید و کارآمد برای برآورد تأثیر عوامل اقلیمی در فرسایش بادی مورد استفاده قرار گیرد.

در زمینه پژوهش‌های غیرآزمایشگاهی فرسایش بادی به‌ویژه تأثیر فاکتورهای اقلیمی، بیش‌تر بر سرعت باد تأکید بوده است. در بیش‌تر این مطالعات مقدار سرعت باد یا کوانتیل‌های سرعت باد برای استفاده در تخمین فاکتور اقلیمی^۱ زده شده است (پاندی، ۲۰۰۱؛ هریس، ۲۰۰۱). سرعت باد به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی است که با توان حمل خود، ظرفیت انتقال ذرات خاک و در نتیجه میزان حساسیت مناطق را به بادهای فرسایشی نشان می‌دهد (مانسون و همکاران، ۲۰۱۱). البته از آنجایی که تخمین سرعت باد بیشینه (عامل اصلی فرسایش) معمولاً در بسیاری از زمینه‌های مطالعات زیست‌محیطی مانند هواشناسی، هیدرولوژی، مدیریت مهم است (گومیس و همکاران، ۲۰۰۳)، توزیع‌های مختلفی برای تخمین آن ارائه شده است. واگنر و همکاران (۱۹۹۲) از طریق تابع توزیع ویبل^۲ و با استفاده از آمار هواشناسی ماهیانه، سرعت و جهت باد را شبیه‌سازی نموده و نتیجه گرفتند که با توجه به هیستوگرام سرعت باد، توزیع نرمال معمولی، توزیعی مناسب برای داده‌های سرعت باد نبوده و

3- Regional Analysis

4- Linear-moments (L-moments)

5- Ontario

6- Generalized Logistic (GLO)

7- Sum of Erosion Resistive Elements (R)

1- Climatic Erosivity (CE)

2- Weibull Distribution Function

مواد و روش‌ها

معرفی فاکتور اقلیمی فرسایش: نخستین بار، چپیل و همکاران (۱۹۶۲) به منظور تعیین معیاری جهت فرسایندگی باد در یک محل، فاکتور اقلیمی سالیانه را برای منطقه گاردن در ایالت کانزاس آمریکا ارایه دادند. سپس اسکیدمور (۱۹۸۶) با توجه به معیار ارایه شده قبلی، در شرایط متفاوت، تأثیر رطوبت خاک را بررسی و با استفاده از تابع احتمال چگالی سرعت باد، رابطه اصلاح شده زیر را برای محاسبه فاکتور اقلیمی فرسایش ارایه داد.

$$CE = \rho \int_R^{\infty} [u^{\gamma} - R]^{\gamma} f(u) du \quad (1)$$

$$R = u_T^{\gamma} + \gamma' / \rho a^{\gamma} \quad (2)$$

که در آن‌ها، CE : فاکتور اقلیمی فرسایش بادی، u : سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه و R : مجموعه پارامترهای مقاومتی فرسایندگی باد می‌باشد. $f(u)$ تابع چگالی احتمال سرعت باد، u_T : آستانه سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه، ρ : دانسیته هوا بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، a : ترکیبی از ضرایب ثابت و γ' : معیاری از مقاومت نسبت به فرسایش بادی است که ناشی از رطوبت خاک بر حسب نیوتن بر مترمربع می‌باشد و به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\gamma' = 0.05\omega^2 \quad (3)$$

مقدار ω را می‌توان با استفاده از روش‌های پیشنهادی اسکیدمور حساب کرد که استفاده از معکوس ضریب خشکی (D) برای برآورد ω می‌باشد. ضریب خشکی به شرح زیر تعریف می‌شود.

$$\omega = 1/D = \frac{LP}{R_n} \quad (4)$$

در هر شرایطی کارساز نیست. زیرا در شرایط طول دوره آماری کوتاه مدت یا شرایط عدم وجود آمار، نتایج مناسبی از تحلیل احتمالات به دست نمی‌آید و همچنین عدم اطمینان زیادی در تعیین گشتاورهای یک تابع توزیع وجود دارد. بنابراین روش‌های تحلیل منطقه‌ای باید مدنظر قرار گیرد. از خصوصیات بارز این روش‌ها استفاده اطلاعات بلندمدت یک منطقه در کنار اطلاعات کوتاه مدت آن منطقه می‌باشد که باعث کاهش عدم اطمینان آماری در تعیین توابع توزیع در ایستگاه‌های دارای نقص آماری خواهد شد. با کاهش عدم اطمینان در تابع توزیع احتمال، عدم اطمینان در محاسبه متوسط فاکتور اقلیمی فرسایش که براساس این توابع تعیین می‌شود، کاهش می‌یابد. در این مطالعه ابزار مناسب برای انجام تحلیل مکانی روش گشتاور خطی تشخیص داده شد. بنابراین در این پژوهش با کاربرد تخمین منطقه‌ای فاکتور اقلیمی فرسایش مشکل کمبود آمار و اطلاعات، با استفاده از اطلاعات چندین ایستگاه نزدیک به هم که دارای مشخصه‌های آماری مشابهی هستند، رفع خواهد شد و تخمین مناسب‌تری از مقدار فاکتور اقلیمی فرسایش به دست خواهد آمد. از طریق تحلیل منطقه‌ای فاکتور اقلیمی فرسایش بادی می‌توان به شناسایی مناطق مستعد فرسایش، پخش کردن و تخصیص مناسب اعتبارات برای جلوگیری از فرسایش و ارایه راهکارهایی جهت طراحی عملیات کنترلی فرسایش بادی رسید. با توجه به مقدمه فوق، هدف اصلی از انجام این پژوهش، تحلیل مکانی شاخص اقلیمی فرسایش بادی است که در انجام این پژوهش ابتدا بر روی فاکتور اقلیمی سرعت باد تحلیل مکانی انجام شد. سپس با استفاده از این تحلیل مکانی شاخص اقلیمی فرسایش برای هر منطقه همگن محاسبه شد.

می‌باشد (اسکیدمور و ودراف، ۱۹۶۸). در رابطه ۶ بزرگ‌ترین مشکل، فقدان یا کمبود آمار سرعت باد است که در نهایت ممکن است منجر به تخمین نامناسب مقدار فاکتور اقلیمی فرسایش توسط توزیع و بیل در اثر افزایش عدم اطمینان آماری شود.

بنابراین در این پژوهش، تحلیل منطقه‌ای فاکتور اقلیمی فرسایش بادی با توجه به دو پارامتر تأثیرگذار که عبارتند از میانگین سالانه بیشینه سه ساعته سرعت باد و رطوبت، انجام گرفت.

بدین منظور در این پژوهش از نتایج مطالعات پویان و همکاران (۲۰۱۴) که بر روی سرعت باد در منطقه مورد مطالعه با کاربرد روش گشتاورهای خطی به تحلیل منطقه‌ای سرعت باد پرداختند، استفاده شده است. براساس نتایج یاد شده در این مقاله، تخمین منطقه‌ای با استفاده از آزمون‌های آماری معیار غیریکنواختی، معیار همگنی و معیار بهترین برازش تابع توزیع، نشان داد تابع توزیع لجستیک تعمیم‌یافته^۱ به‌عنوان بهترین تابع توزیع منطقه‌ای برای سه گروه همگن سرعت باد (گروه‌های ۲، ۳ و ۵) در نواحی مرکزی و شرقی استان یزد می‌باشد.

برای محاسبه فاکتور اقلیمی فرسایش طبق رابطه پیشنهادی اسکیدمور (رابطه ۶) نیاز به محاسبه مقدار متوسط R و مقادیر کوانتیل‌های سرعت باد و احتمالات مربوطه می‌باشد. بدین منظور مقدار متوسط R طبق روابط (۲ تا ۴) در هر منطقه همگن با استفاده از داده‌های متوسط بیشینه سرعت باد سه ساعته، بارندگی ماهانه، دمای متوسط ماهانه، دمای کمینه ماهانه، دمای بیشینه ماهانه، ساعت آفتابی ماهانه به‌صورت دو دوره شش ماهه تر و خشک و همچنین ارتفاع ایستگاه محاسبه شد. قابل ذکر است دوره شش ماهه تر از ماه مهر تا فروردین و شش ماه خشک از اردیبهشت تا شهریور در نظر گرفته شده است. مقادیر کوانتیل‌های سرعت باد و احتمالات مربوطه نیز از

که در آن، R_n : تشعشع خالص بر حسب ژول بر مترمربع، L : گرمای نهان تبخیر ژول بر کیلوگرم و P : ارتفاع بارندگی بر حسب میلی‌متر می‌باشد.

در رابطه ۱، $[u^2 - R]^2$ بیان‌کننده اثر لحظه‌ای فاکتور اقلیمی فرسایش می‌باشد که با تغییر در مقدار سرعت باد و بارندگی تغییر می‌کند. از آنجایی که سرعت باد و بارندگی پارامترهای تصادفی می‌باشند، R و u^2 هر دو متغیرهای تصادفی بوده و بنابراین مقدار فاکتور اقلیمی نیز یک عدد تصادفی و دارای تابع چگالی خواهد بود. تابع چگالی احتمال سرعت باد، رابطه ۱ می‌تواند با استفاده از توزیع "ویبل" به‌صورت زیر بیان گردد:

$$F(u) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{u}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{u}{c}\right)^k\right] \quad (5)$$

که در آن، c و k به‌ترتیب پارامترهای مقیاس و شکل هستند. پارامتر c دارای واحد سرعت و پارامتر k بدون بعد هستند (اپت، ۱۹۷۶).

در حالت گسسته رابطه ۱ به‌صورت زیر ارایه شد:

$$CE = \rho \sum_{u_{i+1/5} > R}^n (u_{i+1/5} - R)^{\rho/\lambda} [F(u_{i+1}) - F(u_i)] \quad (6)$$

که در آن، $F(u_i)$ تابع توزیع می‌باشد که به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$F(u_i) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{u_i}{c}\right)^k\right] \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (7)$$

و $u_{i+1/5}$ نیز متوسط سرعت باد بین u_i و u_{i+1} می‌باشد.

براساس رابطه‌های بالا، رابطه ۱ بیان‌کننده قدرت فرساینده باد می‌باشد و زمانی که در تابع چگالی احتمال ضرب شود، انرژی فرساینده باد حاصل می‌شود. انرژی فرساینده باد پارامتر مفیدی برای ارزیابی فاکتور اقلیمی برای معادله فرسایش بادی

۳۳ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی واقع شده است، که دارای مساحت ۱۳۱۵۷۵ کیلومترمربع است. متوسط بارندگی سالانه بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی متر است. حداکثر حرارت ۴۵ درجه سانتی گراد بالای صفر و حداقل ۲۰ درجه سانتی گراد زیر صفر متغیر است. این استان با توجه به طبقه بندی اقلیمی دومارتن در اقلیمی خشک و فراخشک قرار می گیرد.

در این پژوهش جهت محاسبه فاکتور اقلیمی فرسایش بادی از داده های متوسط بیشینه سرعت باد سه ساعته، بارندگی ماهانه، دمای متوسط ماهانه، دمای کمینه ماهانه، دمای بیشینه ماهانه، ساعت آفتابی ماهانه به صورت دو دوره شش ماهه تر و خشک و همچنین ارتفاع ایستگاه استفاده شد. دوره شش ماهه تر از ماه مهر تا فروردین و شش ماه خشک از اردیبهشت تا شهریور در نظر گرفته شد. به دلیل عدم وجود پارامتر ساعت آفتابی در بیش تر ایستگاه های کلیماتولوژی موجود در منطقه مورد مطالعه، تنها از مجموع ۱۴ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی در استان یزد استفاده شد (شکل ۱).

نتایج و بحث

محاسبه فاکتور اقلیمی: همان گونه که در قسمت پیشین اشاره شد، برآورد فاکتور اقلیمی فرسایش با استفاده از تابع توزیع منطقه ای در گروه های همگن سرعت باد (گروه های همگن ۲، ۳ و ۵) صورت گرفت. گروه های همگن سرعت باد بر پایه روش گشتاورهای خطی تعیین شدند. برای محاسبه فاکتور اقلیمی (رابطه ۴) اطلاعات اقلیمی مربوط به هر ایستگاه در هر گروه همگن سرعت باد که شامل مقادیر R_s ، R_w و R می باشد، برای دو دوره خشک و تر سال محاسبه شد. نتایج حاصل برای هر یک از گروه های همگن در جداول ۱ تا ۳ ارائه شده است.

نتایج گشتاورهای خطی (پویان و همکاران، ۲۰۱۴) استخراج گردید. براساس نتایج به دست آمده از تحلیل منطقه ای سرعت باد توسط روش گشتاورهای خطی، تابع توزیع منطقه ای مورد قبول برای هر سه گروه همگن لجستیک تعمیم یافته بود که شکل تابع ریاضی آن به صورت زیر است:

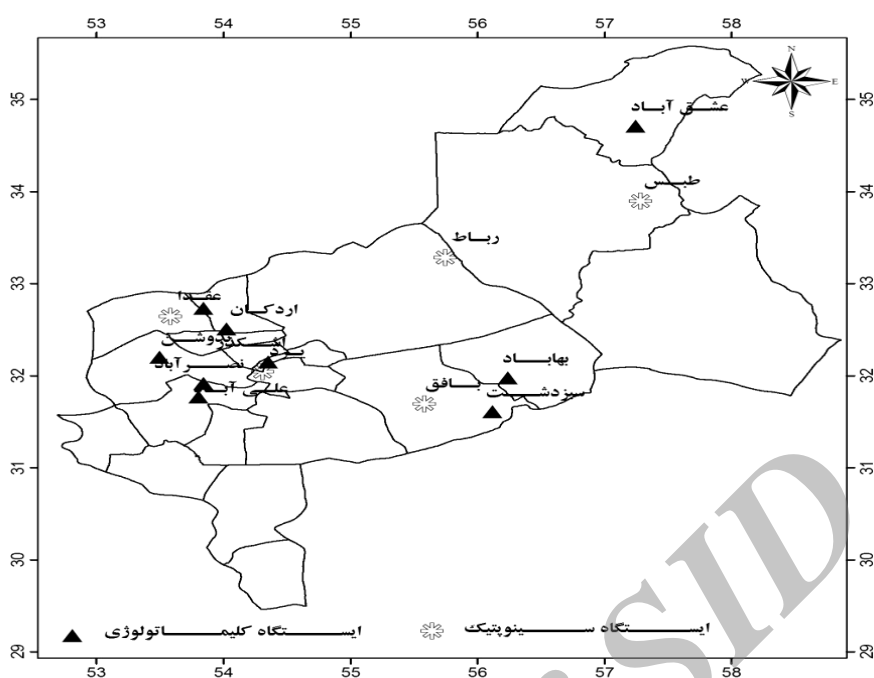
$$F = \frac{1}{k} \left[1 - \left\{ 1 - k(x - \xi) / \alpha \right\}^k \right] \quad (8)$$

که در آن، F : احتمال وقوع که همان (F_i) مورد نیاز برای محاسبه فاکتور اقلیمی فرسایش، α ، ξ و k پارامترهای تابع توزیع لجستیک تعمیم یافته و x مقادیر گروه های سرعت باد یا همان مقادیر (u_i) می باشد. برای به دست آوردن مقدار $(u_{i+1/5})$ در رابطه اسکیدمور (۱۹۸۶)، مقادیر (u_i) به گروه های مساوی به اندازه یک متر بر ثانیه تقسیم شدند و سپس مرکز این گروه های مساوی $(u_{i+1/5})$ معرفی گردید. بعد از محاسبه فاکتور اقلیمی فرسایش همچنین درصد فاکتور اقلیمی فرسایش از تقسیم فاکتور اقلیمی فرسایش فصلی به مجموع فاکتور اقلیمی فرسایش سالانه محاسبه شد.

لازم به ذکر است که در این پژوهش علاوه بر محاسبه مقدار فاکتور اقلیمی فرسایش تابع توزیع منطقه ای با تابع توزیع و بیل نیز محاسبه گردید تا برای اثبات مزایای استفاده از تابع توزیع منطقه ای که کاهش عدم اطمینان آماری در ایستگاه های دارای آمار کوتاه مدت می باشد، نتایج مقایسه شود و برای مقایسه بیشتر دقت برازش تابع توزیع منطقه ای و و بیل مقادیر مجذور میانگین مربعات خطا^۱ در سطوح مختلف کوانتیل ها تابع توزیع سرعت باد و برای تمامی ایستگاه ها در هر سه گروه همگن محاسبه شد.

منطقه مورد مطالعه: استان یزد در قسمت مرکزی فلات مرکزی ایران، مابین عرض های ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه تا

1- Root Mean Square Error (RMSE)



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی در منطقه مورد مطالعه.

جدول ۱- اطلاعات اقلیمی گروه همگن ۲.

R	R_n/LP	R_n	R_s	T	P	ایستگاه
$m^2 s^{-2}$	-	MJm^{-2}	MJm^{-2}	C	میلی‌متر	
۳۶/۰۲	۶۱/۴۹	۴۶۱/۰۲	۷۵۳/۷۷	۲۶/۸۳	۳/۰۶	رباط
۳۶/۰۰۸	۱۰۸/۰۶	۴۸۴/۴۹	۷۵۷/۳۸	۳۱/۱۹	۱/۸۳	طبس
۳۶/۰۰۲	۲۱۴/۰۳	۴۸۷/۶۸	۷۸۸/۳۷	۲۵/۷۲	۰/۹۳	بهباد
۳۶/۰۱	۱۰۱/۸۴	۴۵۱/۶۴	۷۵۴/۲۸	۲۷/۰۶	۱/۸۱	یزد
۳۶/۰۱	۷۶/۶۴	۴۳۰/۰۲	۷۵۶/۸۱	۲۱/۱۶	۲/۲۹	سبزدهشت
۳۶/۰۴	۴۸/۱	۴۶۶/۷۴	۷۴۷/۴۷	۲۹/۴۶	۳/۹۶	عشق‌آباد
۳۹/۹۱	۵/۰۶	۱۸۴/۹۵	۴۲۳/۶۶	۱۱/۷۱	۱۴/۹۱	رباط
۳۸/۷۵	۶/۰۳	۱۸۱/۰۶	۴۲۱/۲۱	۱۴/۶۷	۱۲/۲۵	طبس
۳۷/۹۶	۷/۱۴	۲۰۸/۳۱	۴۳۳/۸۰	۱۱/۳۲	۱۱/۹	بهباد
۳۷/۱۳	۹/۴۱	۱۸۲/۴۸	۴۱۷/۱۵	۱۱/۳۶	۷/۹۱	یزد
۴۰/۹۹	۴/۴۸	۱۸۷/۲۱	۴۳۷/۰۶	۷/۷۸	۱۷/۰۴	سبزدهشت
۳۹/۱۷	۵/۶۲	۱۷۳/۲۲	۴۲۱/۶۳	۱۲/۴۶	۱۲/۵۸	عشق‌آباد

R_n : تابش خالص رسیده به سطح زمین (مگاژول بر مترمربع)، R_s : تابش خورشیدی رسیده به سطح جو زمین (مگاژول بر مترمربع)، T : دما (درجه سانتی‌گراد)، P : بارندگی (میلی‌متر) و L : گرمای نهان تبخیر (ژول بر کیلوگرم).

جدول ۲- اطلاعات اقلیمی گروه همگن ۳.

R	R_n/LP	R_n	R_s	T	P	ایستگاه
$m^2 s^{-2}$	-	MJm^{-2}		C	میلی متر	
۳۷/۱۵	۹/۳۳	۴۵۶/۱۰	۷۳۰/۴۹	۲۸/۶۸	۱۹/۹۴	عقدا
۳۶	۱۱۸/۲۰	۴۲۸/۶۰	۷۱۷/۴۳	۲۶/۹۱	۱/۴۸	اردکان
۳۷/۸۶	۱۰/۷۴	۴۶۳/۵۴	۷۵۹/۱۹	۲۸/۷	۱۷/۶۱	دوره خشک بافق
۳۰/۰۳	۵۰/۲۴	۳۲۶/۱۹	۵۸۸/۸۱	۲۶/۳۴	۲/۶۵	کویر سیاهکوه
۳۷/۰۲	۶۰/۸۰	۴۳۶/۵۰	۷۷۰/۳۱	۲۱/۵۳	۲/۹۳	ندوشن
۶۱/۵۲	۱/۹۸	۱۹۰/۰۲	۴۳۳/۹۱	۱۳/۰۷	۳۹/۱۱	عقدا
۳۷/۶۰	۷/۹۱	۱۸۰/۸۶	۴۳۰/۵۷	۱۰/۸۶	۹/۳۳	اردکان
۵۵/۶۵	۲/۲۵	۱۹۰/۵۱	۴۴۲/۸۸	۱۳/۹۵	۳۴/۴۱	دوره تر بافق
۴۰/۲۰	۴/۸۸	۱۶۱/۶۳	۴۰۷/۶۶	۱۰/۱۹	۱۳/۵	کویر سیاهکوه
۳۸/۹۸	۵/۷۹	۲۰۶/۸۵	۴۶۴/۶۹	۷/۷۱	۱۴/۵۷	ندوشن

R_n : تابش خالص رسیده به سطح زمین (مگاژول بر مترمربع)، R_s : تابش خورشیدی رسیده به سطح جو زمین (مگاژول بر مترمربع)، T : دما (درجه سانتی‌گراد)، P : بارندگی (میلی‌متر) و L : گرمای نهان تبخیر (ژول بر کیلوگرم).

جدول ۳- اطلاعات اقلیمی گروه همگن ۵.

R	R_n/LP	R_n	R_s	T	P	ایستگاه
$m^2 s^{-2}$	-	MJm^{-2}		C	میلی متر	
۳۷/۲۱	۲۱/۸۳	۴۲۴/۸۲	۷۳۵/۲۳	۱۸/۷۸	۷/۹۴	علی‌آباد
۳۷/۰۰۴	۱۰۹/۱۹	۳۲۹/۰۴	۵۹۳/۸۷	۲۶/۸۹	۱/۲۳	دوره خشک اشکذر
۳۷/۰۷	۳۷/۷۷	۴۳۵/۹۵	۷۴۶/۴۱	۱۹/۸۰	۴/۷۱	نصرآباد
۴۸/۷۴	۲/۸۰	۱۹۵/۱۶	۴۳۳/۴۹	۶/۱۵	۲۸/۳۹	علی‌آباد
۳۷/۹۷	۱۰/۱۴	۱۷۸/۲۰	۴۲۲/۴۸	۱۱/۴۸	۷/۱۷	دوره تر اشکذر
۴۳/۸۵	۳/۵۷	۱۸۸/۳۴	۴۲۰/۶۲	۶/۵۶	۲۱/۵۱	نصرآباد

R_n : تابش خالص رسیده به سطح زمین (مگاژول بر مترمربع)، R_s : تابش خورشیدی رسیده به سطح جو زمین (مگاژول بر مترمربع)، T : دما (درجه سانتی‌گراد)، P : بارندگی (میلی‌متر) و L : گرمای نهان تبخیر (ژول بر کیلوگرم).

هر منطقه همگن محاسبه شد که در جدول‌های بالا آمده است همچنین نتایج به‌دست آمده از محاسبه فاکتور اقلیمی فرسایش مربوط به گروه‌های همگن برای دوره خشک و تر در جداول ۴ و ۵ آمده است.

محاسبه فاکتور اقلیمی با استفاده از تابع توزیع منطقه‌ای: همان‌گونه که اشاره گردید، برای محاسبه فاکتور اقلیمی فرسایش از رابطه پیشنهادی اسکیدمور (۱۹۸۶) استفاده شد. بدین منظور مقدار متوسط R در

جدول ۴- نتایج فاکتور اقلیمی فرسایش گروه‌های همگن دوره خشک.

C	CE	R	U	گروه
درصد	MJm^{-2}	$m^2 s^{-2}$	ms^{-1}	
۱۰۷/۴۲	۱۴۶/۹۸	۳۶/۰۱	۱۳/۹۴	۲
۱۳۲/۲۵	۸۸/۱۰	۳۶/۴۱	۱۲/۹۴	۳
۱۰۰	۱۲۵/۹۱	۳۶/۰۹	۱۳/۷۹	۵

C : درصد فاکتور اقلیمی فرسایش و U : متوسط سرعت باد در گروه همگن.

جدول ۵- نتایج فاکتور اقلیمی فرسایش گروه‌های همگن دوره تر.

گروه	U	R	CE	C
	ms^{-1}	$m^2 s^{-2}$	MJm^{-2}	درصد
۲	۱۳/۹۴	۳۸/۹۹	۱۲۶/۶۷	۹۲/۵۸
۳	۱۲/۹۴	۴۶/۷۹	۴۵/۱۲	۶۷/۷۵
۵	۱۳/۷۹	۴۳/۱۹	۸۵/۳۶	۱۰۰

C : درصد فاکتور اقلیمی فرسایش و U : متوسط سرعت باد در گروه همگن.

R نسبت داد. به عبارت دیگر افزایش شاخص R باعث کاهش اندازه فاکتور اقلیمی فرسایش در دوره تر سال است. برای نمایش توزیع تغییرات فاکتور اقلیمی فرسایش در سطح منطقه نیز نقشه این مقادیر برای دو دوره تر و خشک تهیه شد (شکل ۲). به دلیل ناقص بودن اطلاعات بیش‌تر ایستگاه‌های کلیماتولوژی در سطح استان، نقشه تهیه شده تنها نواحی مرکزی، شرق و شمال‌شرق استان را پوشش داده است.

علاوه بر این، مقادیر فاکتور اقلیمی فرسایش مربوط به هر ایستگاه در هر سه گروه همگن با استفاده از تابع توزیع منطقه‌ای نیز محاسبه شد که نتایج در جداول ۶ تا ۸ آمده است. نتایج به دست آمده از محاسبه فاکتور اقلیمی فرسایش در منطقه مورد مطالعه نشان داد مقدار فاکتور اقلیمی فرسایش برای تمام گروه‌های همگن در شش ماهه تر سال از مقدار کم‌تری نسبت به شش ماهه خشک سال برخوردار می‌باشد. دلیل این تفاوت را می‌توان افزایش شاخص

جدول ۶- مقایسه نتایج فاکتور اقلیمی فرسایش ایستگاه‌های گروه همگن ۲.

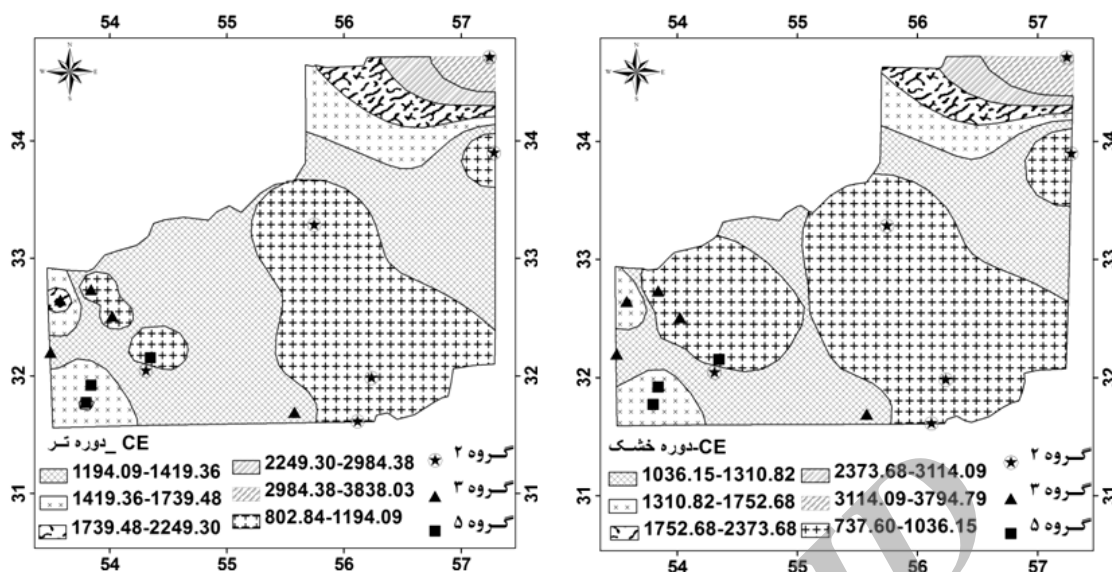
ایستگاه	CE (دوره خشک)	CE (دوره تر)
رباط	۱۰۴۳/۵	۹۸۴/۶
طبس	۱۰۲۰/۴	۹۲۰
بهباد	۸۰۲/۸	۷۳۷/۶
یزد	۱۳۶۴/۵	۱۳۰۹/۸
سبزدهشت	۹۸۹/۱	۹۰۲/۲
عشق‌آباد	۳۸۳۸/۲	۳۷۹۴/۸

جدول ۷- نتایج فاکتور اقلیمی فرسایش ایستگاه‌های گروه همگن ۳.

ایستگاه	CE (دوره خشک)	CE (دوره تر)
عقدا	۱۹۲۹	۱۷۵۳/۲
اردکان	۱۱۳۸/۱	۸۹۵/۱
باقق	۱۲۷۷/۷	۱۰۸۲/۲
کویر سیاهکوه	۱۰۴۰/۵	۷۵۱/۴
ندوشن	۱۳۷۲/۵	۱۱۱۸/۵

جدول ۸- نتایج فاکتور اقلیمی فرسایش ایستگاه‌های گروه همگن ۵.

ایستگاه	CE (دوره خشک)	CE (دوره تر)
علی‌آباد	۱۷۷۹/۸	۱۶۰۳/۹
اشکذر	۹۵۰/۷	۷۷۱/۸
نصرآباد	۱۴۹۵/۳	۱۳۳۲/۷



شکل ۲- تغییرات فاکتور اقلیمی فرسایش در شش ماه تر و خشک سال حاصل از توزیع منطقه ای سرعت باد.

کم داده‌های آماری است. داده‌های آماری کوتاه دارای مقادیر حدی^۱ کم‌تری هستند و بنابراین در هنگام برآزش تابع به فرکانس احتمال تجربی استخراج شده از این اعداد مقدار فرکانس وقوع اعداد بزرگ، ناچیز یا صفر خواهد شد. با نگاهی به رابطه پیشنهادی توسط اسکیدمور (۱۹۸۶) (رابطه ۶)، مشاهده شد که فاکتور اقلیمی فرسایش محاسبه شده با استفاده از تابع ویبل برای بعضی از ایستگاه‌ها بسیار کوچک یا نزدیک صفر می‌شود. یکی از دلایل آن است که مقادیر فرکانس احتمال نقاط حدی سرعت باد در این ایستگاه‌ها بسیار کوچک یا نزدیک صفر می‌باشد.

مشکل دیگر در رابطه ۶ با کاربرد تابع چگالی ویبل مربوط به ایستگاه کلیماتولوژی می‌باشد. تعداد آماربرداری در طول شبانه‌روز در ایستگاه‌های کلیماتولوژی سه مرتبه در شبانه روز می‌باشد که نسبت به ایستگاه‌های سینوپتیک (پنج بار) کم‌تر است. همین عامل باعث خواهد شد که مقادیر بیشینه سرعت باد در ایستگاه کلیماتولوژی نسبت به ایستگاه‌های

محاسبه فاکتور اقلیمی با استفاده از تابع ویبل: در این روش احتمال وقوع مقادیر سرعت باد برای هر ایستگاه با استفاده از تابع توزیع ویبل که از رابطه ۷ به دست می‌آید، محاسبه شد. بدین ترتیب که ابتدا مقادیر سرعت باد به گروه‌های مساوی به اندازه یک متر بر ثانیه تقسیم‌بندی می‌شود (u_i) و مقادیر مرکزی این گروه‌های مساوی به دست آمد ($u_{i+0.5}$). سپس، به ترتیب احتمال وقوع مقادیر گروه‌های سرعت باد تقسیم‌بندی شده (f_i) و مقادیر مرکزی گروه‌های مساوی سرعت باد ($f_{i+0.5}$) با استفاده از تابع توزیع ویبل محاسبه شد. در نهایت، مقادیر فاکتور اقلیمی فرسایش برای هر ایستگاه محاسبه شد که نتایج در جداول ۹ تا ۱۱ آمده است.

نتایج نشان داد استفاده از تابع توزیع ویبل برای تخمین مقادیر فاکتور اقلیمی فرسایش در هر منطقه مشکلاتی را ایجاد می‌کند که منجر به تخمین بد مقدار فاکتور اقلیمی فرسایش نسبت به محاسبات مقدار فاکتور اقلیمی فرسایش با تابع توزیع منطقه‌ای خواهد شد. اولین مشکل استفاده از تابع توزیع ویبل، تعداد

1- Extermum

روش تحلیل منطقه‌ای از آمار ایستگاه‌های مجاور سینوپتیک که با ایستگاه موجود همگن شده‌اند، برای چنین تخمینی استفاده می‌شود و این مشکل برطرف خواهد شد.

سینوپتیک کم‌تر باشد. بنابراین، با کم شدن دامنه تغییرات سرعت باد، متوسط فاکتور اقلیمی فرسایش کاهش خواهد یافت. در صورتی که استفاده از روش تحلیل منطقه‌ای چنین مشکلاتی را ندارد، زیرا در

جدول ۹- نتایج فاکتور اقلیمی فرسایش ایستگاه‌های گروه ۲ با استفاده از تابع توزیع ویبل.

ایستگاه	سرعت باد <i>knot</i>	R $m^2 s^{-2}$	Weibull's Parameters		CE MJm^{-2}	C درصد
			K	C		
رباط	۱۲/۴۲	۳۶/۰۲	۹/۷۶	۱۱/۲۳	۳/۸۷	۱۰۳/۶۶
طیس	۱۱/۸۸	۳۶/۰۰۸	۴/۶۶	۱۳/۳۷	۳/۵۳	۱۰۳/۱۹
بهباد	۹/۷۴	۳۶/۰۰۲	۴/۷۷	۱۰/۴۱	۰/۵۰	۷۶/۶۱
یزد	۱۴/۵۶	۳۶/۰۱	۸/۱۵	۱۵/۴۲	۸/۲۳	۱۰۱/۴۷
سبزدشت	۱۱/۷۲	۳۶/۰۱	۱۵/۹۷	۱۲/۳۲	۳/۰۷	۱۰۲/۲۸
عشق‌آباد	۲۲/۹۹	۳۶/۰۴	۵/۶۴	۲۴/۷۵	۱۰/۵۶	۸۶/۷۵
رباط	۱۲/۴۰	۳۹/۹۱	۷/۹۶	۱۳/۱۷	۳/۶۰	۹۶/۳۴
طیس	۱۲/۲۳	۳۸/۷۵	۵/۳۹	۱۲/۸۸	۳/۳۲	۹۶/۸۱
بهباد	۹/۵۴	۳۷/۹۶	۴/۴۹	۱۰/۶۷	۰/۸۱	۱۲۳/۳۹
یزد	۱۴/۵۵	۳۷/۱۳	۸/۶۸	۱۵/۳۹	۷/۹۹	۹۸/۵۳
سبزدشت	۱۱/۹۶	۴۰/۹۹	۱۰/۱۹	۱۲/۲۶	۲/۹۳	۹۷/۷۲
عشق‌آباد	۲۲/۹۴	۳۹/۱۷	۷/۰۲	۲۴/۴۴	۱۳/۷۹	۱۱۳/۲۵

جدول ۱۰- نتایج فاکتور اقلیمی فرسایش ایستگاه‌های گروه ۳ با استفاده از تابع توزیع ویبل.

ایستگاه	سرعت باد <i>knot</i>	R $m^2 s^{-2}$	Weibull's Parameters		CE MJm^{-2}	C درصد
			K	C		
عقدا	۱۶/۶۹	۳۷/۱۵	۷/۹۹	۱۷/۶۳	۹/۷۳	۱۱۱/۴۹
اردکان	۱۱/۵۸	۳۶	۴/۳۱	۱۲/۷۳	۱/۵۹	۹۶/۱۷
باقق	۱۳/۰۹	۳۶/۸۶	۴/۴۳	۱۴/۳۷	۳/۳۰	۹۸/۷۱
کوبر سیاهکوه	۹/۸۲	۳۰/۰۳	۶/۵۹	۱۰/۵۱	۰/۵۶	۱۱۷/۶۸
ندوشن	۱۳/۳۴	۳۶/۰۲	۵/۹۴	۱۴/۳۶	۳/۶۶	۹۰/۷۷
عقدا	۱۶/۵۵	۶۱/۵۲	۶/۲۳	۱۷/۷۵	۷/۷۲	۸۸/۵۱
اردکان	۱۱/۶۷	۳۷/۶۰	۴/۱	۱۲/۸۷	۱/۷۲	۱۰۳/۸۳
باقق	۱۲/۹۳	۵۵/۶۵	۴/۲	۱۴/۲۴	۳/۳۹	۱۰۱/۲۹
کوبر سیاهکوه	۹/۹۴	۴۰/۲۰	۴/۸	۱۰/۸۶	۰/۳۹	۸۲/۳۲
ندوشن	۱۳/۶۱	۳۸/۹۸	۵/۵۴	۱۴/۷۰	۴/۴۰	۱۰۹/۲۳

جدول ۱۱- نتایج فاکتور اقلیمی فرسایش ایستگاه‌های گروه ۵ با استفاده از تابع توزیع ویبل.

C	CE	Weibull,s Parameters		R	سرعت باد		ایستگاه
		K	C		m ² s ⁻²	knot	
۱۰۳/۹۱	۱۰/۶۴	۸/۸۱	۱۶/۸۱	۳۶/۲۱	۱۶/۰۵		علی‌آباد
۱۰۹/۰۴	۰/۹۴۹	۵/۵۱	۱۱/۱۰	۳۶/۰۰۴	۱۰/۲۶		دوره خشک اشکذر
۹۶/۸۱	۷/۲۱	۳/۷۸	۱۶/۲۶	۳۶/۰۷	۱۴/۶۸		نصرآباد
۹۶/۰۹	۹/۸۴	۸/۸۲	۱۶/۸۱	۴۸/۷۴	۱۶/۲۲		علی‌آباد
۹۰/۹۶	۰/۷۹	۵/۵۱	۱۱/۱۱	۳۶/۹۷	۱۰/۳۶		دوره تر اشکذر
۱۰۳/۱۹	۷/۶۹	۳/۷۹	۱۶/۲۷	۴۳/۸۵	۱۴/۸۱		نصرآباد

نتایج در جداول ۱۲ تا ۱۴، نشان داد کم‌ترین مقدار مجذور میانگین مربعات خطای مربوط به مجذور میانیگین مربعات خطای برازش ویبل می‌باشد. میانگین مربعات خطای منطقه‌ای و بیش‌ترین مقدار

جدول ۱۲- نتایج RMSE منطقه‌ای و ویبل ایستگاه‌های گروه ۲.

Regional	RMSE			ایستگاه
	GLO	Weibull (دوره خشک)	Weibull (دوره تر)	
۰/۰۹	۰/۰۶	۲/۴۸	۱/۷۳	رباط
	۰/۰۷	۳/۵۸	۴/۳۱	طیس
	۰/۱۶	۳/۵۷	۳/۲۸	بهباد
	۰/۰۵	۲/۱۱	۲/۲۶	یزد
	۰/۱۲	۱/۸۱	۱/۱۶	سبزدشت
	۰/۲۲	۵/۲۲	۶/۵۹	عشق‌آباد

جدول ۱۳- نتایج RMSE منطقه‌ای و ویبل ایستگاه‌های گروه ۳.

Regional	RMSE			ایستگاه
	GLO	Weibull (دوره خشک)	Weibull (دوره تر)	
۰/۱۵	۰/۲۶	۳/۳۱	۴/۲۷	عقدا
	۰/۱۴	۴/۴۳	۴/۷۲	اردکان
	۰/۴۳	۴/۸۷	۵/۱۱	باقق
	۰/۱۳	۱/۸۹	۲/۷۳	کویر سیاهکوه
	۰/۱۲	۳/۶۳	۳/۹۹	ندوشن

جدول ۱۴- نتایج RMSE منطقه‌ای و ویبل ایستگاه‌های گروه ۵.

Regional	RMSE			ایستگاه
	GLO	Weibull (دوره خشک)	Weibull (دوره تر)	
۰/۱۳	۰/۱۷	۲/۸۶	۶/۲۵	علی‌آباد
	۰/۱۵	۳/۰۳	۳/۸۲	اشکذر
	۰/۱۹	۶/۴۵	۶/۸۴	نصرآباد

کوانتیل‌های سرعت باد را بهبود می‌بخشد و مقادیر فاکتور اقلیمی نیز دقیق‌تر محاسبه خواهد شد. اما استفاده از روش تحلیل منطقه‌ای در تخمین کوانتیل‌های سرعت باد در پژوهش‌های اندکی گزارش شده است (گوئل و همکاران، ۲۰۰۴؛ رجبی و مدرس، ۲۰۰۸؛ مدرس، ۲۰۰۸؛ پویان و همکاران، ۲۰۱۱). گوئل و همکاران (۲۰۰۴) استفاده از این روش را برای بررسی داده‌های سرعت باد در سایر نقاط جهان به‌منظور ارایه تخمین‌های بهتر از کوانتیل‌های باد، را رویکردی تازه دانستند و تابع توزیع لجستیک تعمیم‌یافته را به‌عنوان تابع مناسب برای برازش به داده‌های سرعت باد تعیین کردند. مدرس (۲۰۰۸) در مطالعه خود بر روی عامل سرعت باد در فرسایش بادی با استفاده از روش گشتاورهای خطی به بررسی احتمال وقوع سرعت باد پرداخت و تابع لجستیک تعمیم‌یافته را به‌عنوان تابع مناسب انتخاب کرد. پویان و همکاران (۲۰۱۱) برای اولین بار به تحلیل مکانی فاکتور اقلیمی خطر فرسایش بادی در استان فارس پرداختند که در آن با استفاده از تابع لجستیک تعمیم‌یافته به‌عنوان بهترین تابع توزیع منطقه‌ای برای گروه‌های همگن سرعت باد، مقادیر فاکتور اقلیمی محاسبه شد که نتایج نشان داد که مقادیر فاکتور اقلیمی تخمین زده شده با استفاده از روش منطقه‌ای نسبت به روش ویبل دارای واریانس خطای کوچک‌تری می‌باشد. بنابراین، می‌توان نتایج مطالعات گذشته را بیانگر نتایج این پژوهش دانست.

مقایسه نتایج تابع توزیع منطقه‌ای با تابع توزیع ویبل نشان می‌دهد که استفاده از تابع توزیع منطقه‌ای جواب قابل‌قبول‌تری نسبت به تابع توزیع ویبل دارد. کاربرد تابع توزیع منطقه‌ای باعث کاهش عدم اطمینان آماری در ایستگاه‌های دارای آمار کوتاه‌مدت می‌شود که این سبب برتری تابع توزیع منطقه‌ای نسبت به تابع توزیع ویبل می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

مقایسه نتایج تابع توزیع منطقه‌ای با تابع توزیع ویبل در محاسبه فاکتور اقلیمی فرسایش، نشان داد که یکی از مشکلات استفاده از تابع توزیع ویبل، تعداد کم داده‌های آماری در بعضی از ایستگاه‌ها است. اما با کاربرد تابع توزیع منطقه‌ای این مشکل قابل‌حل است. در تابع توزیع ویبل مقادیر حدی دارای فرکانس ناچیز یا صفر است که باعث تخمین بسیار بد مقادیر فاکتور اقلیمی فرسایش می‌شود. همچنین، نتایج به‌دست آمده از مقایسه کاربرد دو توزیع منطقه‌ای و ویبل برای محاسبه فاکتور اقلیمی فرسایش بادی با استفاده از معیار مجذور میانگین مربعات خطای نشان داد که مجذور میانگین مربعات خطای تابع توزیع منطقه‌ای دارای مقادیری کم‌تری نسبت به تابع ویبل می‌باشد. بنابراین کاربرد تابع توزیع ویبل در مواردی که آمار و اطلاعات کوتاه‌مدت هستند باعث افزایش عدم اطمینان آماری بزرگی در محاسبه پارامترهای تابع توزیع و کوانتیل‌های سرعت باد خواهد شد. در حالی که استفاده از تئوری تحلیل منطقه‌ای تخمین

منابع

1. Apt, K.E. 1976. Applicability of the Weibull distribution to atmospheric radioactivity data. J. Atmospheric Environ. 10: 777-782.
2. Blanka, V., Mezösi, G., and Meyer, B. 2013. Projected changes in the drought hazard in Hungary due to climate change, Időjárás: Quarterly J. Hungarian Meteorol. Serv. 117: 219-237.

3. Callot, Y., Marticorena, B., and Bergametti, G. 2000. Geomorphologic approach for modelling the surface features of arid environments in a model of dust emissions: application to the Sahara desert. *J. Geodinamica. Acta.* 13: 5. 245-270.
4. Chepil, W.S., Siddoway, F.H., and Armbrust, D.V. 1962. Climatic factor for estimating wind erodibility of farm fields. *J. Soil Water Cons.* 17: 162-165.
5. Goel, N.K., Burn, D.H., Pandey, M.D., and Ying, A. 2004. Wind quantile estimation using a pooled frequency analysis approach. *J. Wind Engin. Ind. Aerodynamics.* 92: 509-528.
6. Gomes, L., Arrue, J.L., Lopez, M.V., Sterk, G., Richard, D., Gracia, R.M., Gaudichet, A., and Frangi, J.P. 2003. Wind erosion in a semiarid agricultural area of Spain: the WELSONS project. *J. CATENA.* 52: 235-256.
7. Harris, R.I. 2001. The accuracy of design values predicted from extreme value analysis. *J. Wind Engin. Ind. Aerodynamics.* 89: 153-164.
8. Leenders, J.K., van Boxel, J.H., and Sterk, G. 2005. Wind forces and related saltation transport. *J. Geomorphol.* 71: 357-372.
9. Mezösi, G., Blanka, V., Bata1, T., Kovács, F., and Meyer, B. 2013. Estimation of regional differences in wind erosion sensitivity in Hungary. *J. Natur. Hazards Earth Syst. Sci.* 1: 4713-4750.
10. Mezösi, G., Meyer, B.C., Loibl, W., Aubrecht, C., Csorba P., and Bata, T. 2013. Assessment of regional climate change impacts on Hungarian landscapes. *J. Region. Environ. Change.* 13: 797-811.
11. Modarres, R. 2008. Regional maximum wind speed frequency analysis for the arid and semi-arid regions of Iran. *J. Arid Environ.* 72: 1329-1342.
12. Munson, S.M., Belnap, J., and Okin, G.S. 2011. Responses of wind erosion to climate-induced vegetation changes on the Colorado Plateau. *J. PNAS.* 108: 3854-3859.
13. Pandey, M.D. 2001. Minimum cross-entropy method for extreme value estimation using peaks-over-threshold data. *J. Structural Safety.* 23: 345-363.
14. Pouyan, S., Ganji, A., and Behnia, P. 2011. Regional analysis of wind climatic erosivity factor: a case study in Fars province, southwest Iran. *J. Theor. Appl. Climatol.* 105: 553-562.
15. Pouyan, S., Mirakbari, M., and Afzali, S.F. 2014. Regional analysis and the regional distribution of the wind erosion main factor by the Linear moments approach. *Gorgan, J. Soil Manage. Sust. Prod.* 4: 1. 49-69.
16. Rajabi, M.R., and Modarres, R. 2008. Extreme value frequency analysis of wind data from Isfahan, Iran. *J. Wind Engin. Ind. Aerodynamics.* 96: 78-82.
17. Ravi, S., Zobeck, T.M., Over, T.M., Okin, G.S., and D'Odorico, P. 2006. On the effect of moisture bonding forces in air-dry soils on threshold friction velocity of wind erosion. *J. Sedimentol.* 53: 597-609.
18. Skidmore, E.L. 1986. Wind erosion control. *J. Climate Change.* 9: 195-208.
19. Skidmore, E.L., and Woodruff, N.P. 1968. Wind erosion forces in the United States and their use in predicting soil loss. *USDA-ARS Agriculture Handbook*, 42p.
20. Wagner, L.E., Tatarko, J., and Skidmore, E.L. 1992. A statistical database and generator for wind data. *J. Amer. Soc. Agric. Biol. Engin.* Pp: 21-24.



Estimating the wind erosion climatic factor using regional distribution function

S. Pouyan¹, M. Mirakbari² and *S.F. Afzali³

¹Ph.D. Student, Dept. of Combating of Desertification, Yazd University,

²Ph.D. Student, Dept. of Combating of Desertification, Tehran University,

³Assistant Prof., Dept. of Natural Resources and Environmental Engineering, Shiraz University

Received: 11/16/2013; Accepted: 09/23/2014

Abstract

Wind erosion climatic factor is a measure of explaining the role of climatic factors on wind erosion. Humidity and wind speed are climatic characteristics that must be considered as erosion parameters. In this study, linear moment analysis (L-moments) and wind erosion climatic factor were used to evaluate the regional climate's tendency effect on wind erosion in Yazd province. Wind erosion climatic factor was calculated from the wind speed quantiles and other available meteorological data. Climatic factor analysis was done by Monthly average and daily maximum of wind speed and other available meteorological data from 14 meteorological stations in Yazd province. Three homogeneous groups of wind speed were considered based on results of regional analysis. Then regional wind speed quantiles were calculated and their results used for calculating wind erosion climatic factor values for two 6-month wet and dry periods that belongs to every homogeneous region. In addition, erosion climatic factor values was estimated for each station by using Weibull distribution and the results were compared with the values of the regional erosion climatic factor. Results showed that estimated values using the regional-based approach have smaller mean square error than the Weibull method. Therefore, this method can assess the regional risk of wind erosion in arid and semi-arid environments.

Keywords: Regional analysis, Weibull distribution function, Climatic parameters, Wind speed quantiles

* Corresponding Authors; Email: afzalif@shirazu.ac.ir