

## پیش بینی ساعتی سرعت و جهت بادهای فرساینده با استفاده از داده های سه ساعته

(مطالعه موردی: منطقه زابل)

ناصر میرزا مصطفی<sup>۱</sup>، داور خلیلی<sup>۲</sup>، محمد جعفر ناظم السادات<sup>۳</sup>، غلامرضا هادربادی<sup>۴</sup>

۱- استادیار بخش خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

۲- استادیار بخش آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۳- استادیار بخش آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

۴- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی.

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۰۸/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۲/۰۲

### چکیده

در حال حاضر، سطح بیابان‌ها، کویرها و شن‌زارهای کشور ۳۴ میلیون هکتار برآورد می‌شود که ۲۴ و ۱۵ درصد آن به ترتیب شن‌زار و تپه‌های شنی است. یکی از مناطقی که در معرض فرسایش شدید بادی می‌باشد، منطقه زابل بوده که در جنوب شرقی ایران واقع می‌باشد. مسطح بودن منطقه و وزش بادهای شدید در طول تابستان که گاه سرعت آنها به ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت می‌رسد، از دلایل عمده وجود فرسایش بادی در این منطقه می‌باشند. از آنجایی که قدرت باد رابطه مستقیمی با توان سوم سرعت باد داشته و جهت باد نیز بیانگر جهت فرسایش می‌باشد، دانستن سرعت و جهت باد به صورت ساعتی، به منظور پیش بینی و کنترل فرسایش بادی و آلودگی هوا ضروری است. مدل‌های متعددی نظیر نرمال، گاما، ریله و نمایی به منظور بیان توزیع سرعت باد توسط پژوهشگران پیشنهاد شده است، اما توزیع فراوانی ویبل به دلایلی نظیر انعطاف پذیری بیشتر و نیاز به تخمین تنها دو پارامتر مقیاس و شکل (c و k)، در این پژوهش به کار گرفته شد. پیش بینی ساعتی سرعت و جهت باد در زابل با استفاده از زیر مدل وضعیت هوا در مدل WEPS انجام گرفت. به دلیل فقدان برخی داده‌های سرعت و جهت باد (پنج مشاهده بجای هشت) در ایستگاه‌های هواشناسی نظیر ایستگاه سینوپتیک زابل، تاثیر این کمبود بر روی پیش بینی سرعت و جهت باد مورد بررسی قرار گرفت. از این رو این پژوهش با هدف تعیین کمینه تعداد سال آماری مورد نیاز جهت پیش بینی ساعتی سرعت و جهت باد، پیش بینی ساعتی سرعت و جهت باد، اعتبار سنجی مدل ویبل در پیش بینی ساعتی سرعت و جهت باد و تجزیه و تحلیل بادهای فرساینده منطقه زابل انجام شد. در این مطالعه، ضرایب همبستگی احتمال وقوع باد با سرعت‌های مختلف در هر کدام از ۱۶ جهت بین دو دوره آماری پنج ساله (۱۹۸۶-۱۹۹۰) و ده ساله (۱۹۸۶-۱۹۹۵) محاسبه و با مقادیر موجود در جدول معنی داری ضرایب همبستگی مقایسه شدند. به منظور پیش بینی سرعت و جهت باد، ابتدا پارامترهای مقیاس و شکل توزیع ویبل با استفاده از روش حداقل مربعات محاسبه شدند. سپس توزیع جهت باد، نسبت بیشینه به کمینه سرعت باد و ساعت‌های دارای بیشینه سرعت باد در هر ماه تعیین و با انتخاب اعداد تصادفی، سرعت و جهت باد به صورت ساعتی شبیه سازی گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که، با اطمینان ۹۹٪ می‌توان از آمار خام دوره ۵ ساله به جای ۱۰ ساله در پیش بینی سرعت و جهت باد استفاده نمود. بیشترین تطابق داده‌های سرعت باد با توزیع فراوانی ویبل در ماه‌هایی مشاهده شد که احتمال وقوع باد آرام یا انحراف معیار احتمال وقوع باد از جهت‌های مختلف کمتر از سایر ماه‌ها بود. بیشینه و کمینه سرعت باد به ترتیب

در حدود ساعت ۶ صبح و ۶ بعد از ظهر اتفاق افتاد. ماههای خرداد، تیر، مرداد و شهریور بیشترین احتمال وقوع بادهای فرساینده (با سرعت مساوی یا بزرگتر از ۸ متر بر ثانیه) را دارا بودند. تجزیه و تحلیل دادهای سرعت و جهت باد نشان داد که بیشترین درصد بادهای فرساینده متعلق به جهت‌های غالب باد منطقه، یعنی شمال شمال غربی (NNW)، شمال غربی (NW)، و شمال (N) بود. با اطمینان ۹۹٪، توزیع فراوانی ویبل مدلی قابل قبول برای پیش بینی سرعت و جهت باد در منطقه زابل بود. نتایج این پژوهش، به پژوهشگران و متخصصان حفاظت خاک در پیش بینی و کنترل فرسایش بادی کمک می‌نماید.

واژه های کلیدی: پیش بینی سرعت باد، جهت باد، فرسایش بادی، توزیع فراوانی ویبول، زابل.

## مقدمه

در حال حاضر، سطح بیابان‌ها، کویرها و شنزارهای کشور ۳۴ میلیون هکتار برآورد می‌شود. بر اساس دومین گزارش وضعیت محیط زیست سال ۱۳۸۴، فلات ایران با قرار گرفتن روی کمربند خشک نیم‌کره شمالی دارای ذخایر منابع آبی بسیار ضعیف و نزولات جوی کم، تغییر سالیانه بسیار شدید و میزان پوشش گیاهی اندک است. در حال حاضر بیابان‌های کشور شامل ۶۱ درصد اراضی بیابانی و کویری، ۲۴ درصد شنزارها و ۱۵ درصد تپه‌های شنی است (پایگاه اطلاع رسانی آفتاب، ۱۳۸۴). افزایش جمعیت جهان با نرخ رشد ۱/۷ درصد بدان معناست که سالیانه بیش از ۹۰ میلیون نفر به جمعیت جهان افزوده می‌شود (فاجرنیا، ۱۳۷۵). سازمان ملل تخمین می‌زند که نیم تا یک سوم این مسافران تازه وارد گرسنه بوده و یا سوء تغذیه دارند (خسروشاهی و قوامی، ۱۳۷۳). خاک منبعی حیاتی برای تولید غذا و سایر ضروریات زندگی می‌باشد و بقدری کند تولید می‌شود که به عنوان منبعی تجدیدناپذیر به شمار می‌آید (Troeh et al., 1980). به طور کلی، تشکیل و تحولات خاک در مدت چندین هزار سال صورت می‌گیرد (هنری، ۱۳۸۵). در مناطق گرمسیر و معتدله ۱۰۰۰-۲۰۰۰ سال برای تشکیل ۲/۵ سانتی‌متر از خاک سطحی زمان لازم است (Pimental et al., 1987). باد که عامل اصلی ایجاد آن شیب تغییرات فشار بین نقاط

گرم و سرد می‌باشد (کاویانی و علیجانی، ۱۳۷۴) هنگامی که سرعت آن بیشتر از آستانه سرعت لازم برای شروع حرکت ذرات خاک را به صورت جهشی<sup>۱</sup>، چرخشی<sup>۲</sup> و معلق<sup>۳</sup> به حرکت در می‌آورد (Hagen, 1976). بطور کلی، خاکهای مناطق خشک در مقابل عوامل فرساینده بدلیل کمبود مواد آلی و کلوئیدی آسیب پذیر ترند. لازمه فرسایش بادی، جدابودن ذرات خاک است و به محض آنکه این وضعیت بوجود آمد باد قادر خواهد بود ذرات خاک را بلند کرده و به حرکت درآورد (احمدی، ۱۳۸۵). نیروهای باد در طول سال و حتی در طول روز تا حد زیادی تغییر می‌نمایند (Zobeck, 1991). میزان فرسایش ذرات خاک با توان سوم سرعت باد متناسب است (Hagen, 1976). به منظور تعیین سهم باد در فرسایش خاک و تولید گرد و غبار، دانستن ویژگی‌های باد منطقه (عمدتاً سرعت و جهت باد) در طول شبانه روز ضروری بوده و بنابراین توزیع فراوانی سرعت باد در هر منطقه حائز اهمیت می‌باشد (Stewart & Essenwanger, 1987). در ضمن علاوه بر سرعت باد، دانستن چگونگی تغییرات جهت باد در منطقه نیز امری ضروری است (Skidmore, 1987). در حال حاضر مدل‌هایی نظیر

1. Saltation
2. Creep
3. Suspension

عامل اصلی ایجاد حرکت هوا به صورت باد است. باد بر خلاف عناصر دیگر هواشناسی، یک بردار تلقی می‌شود. بردار باد نظیر هر بردار دیگر دارای جهت و اندازه‌ای است که این اندازه معرف سرعت باد می‌باشد. سرعت باد مسافتی است که باد در واحد زمان می‌پیماید و بر حسب گره (یک گره =  $1/852$  کیلومتر در ساعت)، متر در ثانیه (یک متر در ثانیه =  $3/6$  کیلومتر در ساعت) و یا کیلومتر در ساعت (یک کیلومتر در ساعت =  $0/277$  متر در ثانیه) بیان می‌شود (کاوایانی و علیجانی، ۱۳۷۴).

#### موقعیت منطقه مورد مطالعه

زابل (سیستان)، از شهرهای استان سیستان و بلوچستان بوده که با ۸۱۱۷ کیلومتر مربع مساحت در شمال شرقی این استان واقع است (زند رضوی، ۱۳۶۹). سیستان با قدمت پنج هزار ساله،  $67/2$  درصد از اراضی کشاورزی استان را به خود اختصاص داده است (اکبری مقدم و اعتصام، ۱۳۷۰).

بر اساس آمار ۳۰ ساله هواشناسی زابل (۱۹۶۵ - ۱۹۹۶)، در این منطقه، به طور متوسط سالیانه بیش از ۳۰۰ روز خشکی وجود دارد. اقلیم آن به روش گوسن، بیابانی و به روش کوپن، خشک بسیار گرم با تابستان خشک می‌باشد. از خصوصیات مهم اقلیمی این منطقه می‌توان به متوسط تعداد روزهای آفتابی سالیانه بیش از ۲۶۰ روز، تابش زیاد آفتاب، دامنه زیاد تغییرات درجه حرارت در شبانه روز، بارندگی متوسط سالیانه ناچیز (۶۴ میلی متر) با پراکندگی نامناسب، وزش بادهای تند، بالا بودن درجه حرارت و تعداد ساعات آفتابی را نام برد. مجموعه این عوامل باعث شده تا این منطقه بیشترین مقدار تبخیر

EPIC،<sup>۴</sup> و WEPS<sup>۵</sup> برای ارزیابی و پیش بینی سرعت و جهت باد ارائه شده است که برای استفاده از آنها به آمار ساعتی سرعت و جهت باد نیاز بوده، در حالیکه داده‌های آماری موجود در غالب ایستگاههای بادسنجی، ۳ ساعته، ۵ ساعته و یا هشت ساعته می‌باشد (Hagen, 1991). در این پژوهش با استفاده از زیر مدل وضعیت هوا<sup>۶</sup> در مدل WEPS با استفاده از داده های ۳ ساعته ایستگاههای سینوپتیک به پیش بینی ساعتی سرعت و جهت باد در زابل پرداخته شده است.

#### چگونگی تشکیل باد

دریافت گرمای بیشتری در قسمتی از زمین، باعث می‌شود که هوای بالاتر از آن نیز گرمتر از اطراف باشد. طبق قانون چارلز، در صورت ثابت بودن فشار یک گاز، افزایش دما، سبب افزایش حجم آن می‌شود. در طبیعت هم اگر هوای قسمتی از زمین گرمتر از نواحی مجاور باشد، حجم آن افزایش می‌یابد. یعنی در جهت عمودی حرکت کرده و گسترش می‌یابد. در روی زمین، در منطقه گرم شده، ملکول های هوا در اثر کسب انرژی حرارتی گرم و سبک شده و صعود می‌کنند. بنابراین فشار هوا در روی زمین نسبت به نواحی مجاور کمتر شده و در نتیجه بر روی منطقه گرم مراکز کم فشار یا فروبار ایجاد شده و به عکس بر روی منطقه سرد، مرکز پر فشار یا فرابار پدید می‌آید. به مناطق فروبار و فرابار به ترتیب چرخند<sup>۷</sup> و واچرخند<sup>۸</sup> اطلاق می‌گردد. پس هوا از منطقه پر فشار به منطقه کم فشار جریان پیدا می‌کند. شیب تغییرات فشار

- 
- 4- Erosion Productivity Impact Calculator
  - 5- Wind Erosion Prediction System
  - 6- Weather
  - 7- Cyclone
  - 8- Anticyclone

پژوهش با هدف تعیین کمینه تعداد سال آماری مورد نیاز جهت پیش بینی ساعتی سرعت و جهت باد، اعتبار سنجی مدل ویبل در پیش بینی ساعتی سرعت و جهت باد و تجزیه و تحلیل بادهای فرساینده منطقه زابل انجام گرفت. Zingg, (1949)، توزیع سرعتهای باد در یک محل را حدوداً نرمال می‌دانست. Justus et al., (1976)، ضمن مقایسه دو توزیع دو پارامتری لاگ - نرمال و ویبل اظهار داشتند که داده‌های سرعت باد تطابق بهتری با توزیع ویبل نشان می‌دهند. Hennessey, (1977)، به دلایل زیر، توزیع ویبل را برای تجزیه و تحلیل قدرت باد مناسب می‌دانست:

الف- چولگی توزیع سرعت باد در آن به خوبی مشخص می‌شود.

ب- در مناطقی که قدرت باد حداکثر است، داده‌های سرعت باد، بیشترین میانگین و کمترین پارامتر شکل را دارا می‌باشند.

Justus et al., (1978)، ضمن تأکید بر این نکته که توزیع ویبل از تطابق مناسبی با داده‌های سرعت باد برخوردار است، مزایای این توزیع را به شرح زیر بیان نمودند:

الف- توزیع ویبل خطای کمتری را نسبت به توزیع نرمال ریشه دوم داده‌های سرعت باد داراست.

ب- در صورت تغییر ارتفاع بادسنج، باز هم می‌توان پارامترهای توزیع ویبل را تخمین زد.

ج- تنها دو پارامتر  $c$  و  $k$  در این توزیع وجود دارد، در نتیجه انجام محاسبات در مقایسه با توزیعهای نظیر توزیع نرمال دو متغیره با سهولت بیشتری همراه است.

Skidmore & Tatarko, (1990, 1991) و Wagner, (1992)، از طریق توزیع ویبل و با استفاده از

پتانسیل سالانه کشور (۵۰۰۰ - ۴۰۰۰ میلی متر در سال) را داشته باشد (منصوری، ۱۳۷۰).

منطقه زابل از دریاها و اقیانوسها فاصله زیادی داشته و فقط دریاچه هامون به صورت کمربندی در شمال آن قرار دارد که در هنگام پر آبی بر رطوبت و دمای دشت مؤثر می‌باشد (احمدی، ۱۳۷۰). تنها منبع آب دشت سیستان، رودخانه هیرمند است که از کوههای هندوکش و بابایغما در شمال غرب کابل سرچشمه گرفته و پس از طی مسیر ۱۰۵۰ کیلومتری، به دریاچه هامون به وسعت ۴۰۰۰ کیلومتر مربع وارد می‌شود (اکبری مقدم و اعتصام، ۱۳۷۰). مقدار آبی که در هر ثانیه وارد سیستان می‌شود، ۵۰ متر مکعب است و این هنگامی است که آب فرو نشسته و به کمترین میزان می‌رسد، اما در مواقع عادی دبی سیلاب در هر ثانیه ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر مکعب می‌باشد (احمدی، ۱۳۷۱).

باد ۱۲۰ روزه سیستان سهمناکترین باد ایران بوده که سرعت وزش آن به ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت نیز می‌رسد. سرچشمه این باد از فلات پامیر و صحاری هرات بوده و از سرحد شرقی افغانستان وارد خاک ایران می‌شود (رفاهی، ۱۳۸۵). این بادهای از اواخر اردیبهشت ماه تا اواخر شهریور ماه در این منطقه می‌وزند و تبخیر از هامون و مخازن آب و سطح اراضی کشاورزی را سرعت می‌بخشند. وجود کوهها و دریاچه در شمال سیستان و کویرهای خشک در منطقه جنوبی نیز گرادیان حرارتی بالایی را ایجاد کرده از بین رفتن نزارها در ناحیه شمال سیستان که خود عامل تثبیت بستر دریاچه محسوب می‌گردد، در آینده از یکسو باعث افزایش گرادیان حرارتی در سالهای کم آب و خشک و از طرف دیگر، وزش بادهای ۱۲۰ روزه را با شدت‌های بسیار بالا برای منطقه سیستان به ارمغان خواهد آورد (شیردلی، ۱۳۷۲). این

می‌باشد که یک نات معادل ۰/۵۱۵ متر بر ثانیه می‌باشد. و بنابراین داده های سرعت باد از واحد نات، به متر بر ثانیه تبدیل گردید.

در مرحله بعد، داده‌های سرعت و جهت باد مرتب شده، به طوری که داده های ماههای مشابه در طول پنج سال با یکدیگر تلفیق شدند و جدول فراوانی جهت - سرعت باد را که نشانگر تعداد وقایع بادی با سرعت مشخص و جهت معین می‌باشد، برای هر ماه به طور جداگانه و برای مجموع ۱۲ ماه در طول پنج سال رسم گردید. در این جدولها ۱۷ جهت، شامل ۱۶ جهت به علاوه باد آرام (با سرعت باد کمتر از یک نات یا ۰/۵ متر بر ثانیه) در ستون افقی، و سرعتهای باد مشاهده شده در هر ماه شامل سرعت باد آرام یا سرعت صفر و سایر سرعتها (از یک متر بر ثانیه تا آخرین سرعتی که در آن ماه در طول پنج سال وجود دارد) در ستون عمودی قرار می‌گرفت. اعداد داخل جدول بیانگر فراوانی یا تعداد سرعت مشخص با جهت معین بودند. با تقسیم کردن داده های این جدول بر فراوانی کل وقایع بادی مشاهده شده در طول پنج سال، احتمال وقوع هر واقعه بادی با جهت و سرعت خاص بدست آمد، به طوری که این احتمالات وقوع بین صفر و یک بوده و مجموع آنها یک بود (جدول ۱). رابطه توزیع تجمعی ویبل به صورت زیر می‌باشد:

آمار هواشناسی ماهیانه، سرعت و جهت باد را شبیه سازی نموده و نتیجه گرفتند که با توجه به هیستوگرام باد، توزیع نرمال معمولی، توزیعی مناسب برای داده های سرعت باد نبوده و توزیع ویبل بدون شک گسترده ترین مدل قابل استفاده در زمینه سرعتهای باد می‌باشد.

## مواد و روشها

ابتدا آمار ۱۰ ساله سرعت و جهت باد در فواصل زمانی سه ساعته مربوط به ایستگاه هواشناسی سینوپتیک زابل را از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. این ۱۰ سال آمار کامل (۱۹۸۶-۱۹۹۵) به دو دوره پنج ساله تقسیم گردید، به طوری که از پنج سال اول (۱۹۸۶-۱۹۹۰) جهت شبیه سازی و از پنج سال دوم (۱۹۹۵-۱۹۹۱) به منظور انجام آزمون اعتبار سنجی مدل (که توسط معنی دار بودن یا نبودن ضرایب رگرسیون صورت می‌گیرد)، استفاده شد. در داده‌های هواشناسی، زاویه باد برحسب درجه مشخص شده است، اما نوع جهت تعیین نشده است، از این رو، در ابتدا زاویه‌های باد به صورت جهت مشخص شد. لازم به یادآوری است که چون در این پژوهش ۱۶ جهت باد (شمال، شمال شرقی، شمال شرق و...) مورد ارزیابی قرار گرفتند، تفاوت زاویه هر جهت باد با جهت بعدی، ۲۲/۵ درجه خواهد بود. از طرفی واحد سرعت در داده های هواشناسی نات یا گره دریایی

$$F(u) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{u}{c}\right)^k\right] \quad u \geq 0 \quad (1)$$

که در آن:

$F(u)$  = توزیع تجمعی ویبل که احتمال وقوع سرعتهای مورد نظر باد، را پیش بینی می‌نماید.

$U$  = سرعت باد (متر بر ثانیه) در ارتفاع ۱۰ متر،

$C$  = پارامتر مقیاس (متر بر ثانیه)،

$K$  = پارامتر شکل (بدون واحد).

سرعت باد مشخص را تعیین نماید و به صورت معادله زیر می باشد:

$$f(u) = \frac{df(u)}{d(u)} = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{u}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{u}{c}\right)^k\right] \quad (2)$$

هر جهت معین را با عدد احتمال وقوع سرعت باد قبلی در همان جهت جمع نموده، به طوری که در آخرین سرعت باد مشاهده شده در هر جهت خاص، این حاصل جمع یک گردد. در صورتیکه اعداد احتمال وقوع سرعت باد در جهت های مختلف بین صفر و ۱۰۰ باشند، به منظور کوچک شدن اعداد و در نتیجه سهولت در انجام محاسبات، این اعداد نرمال شدند. بدین مفهوم که با تقسیم این اعداد بر بیشترین مقدار احتمال وقوع تجمعی سرعت باد در آن جهت خاص، اعداد احتمال وقوع سرعت باد بین صفر و یک قرار گرفتند به طوریکه در هر کدام از جهت های باد، مقدار احتمال وقوع تجمعی و نرمال شده آخرین سرعت باد، یک بود (جدول ۲) بنابراین، بدون در نظر گرفتن  $F_0$  توزیع تجمعی ویبل  $F(u)$  را می توانیم با  $F_1(u)$  بصورت زیر نشان دهیم:

در صورت مشتق گیری از معادله (۱)، تابع فراوانی احتمال ویبل بدست می آید، که قادر است احتمال وقوع

برای حذف حالت های آرام از احتمال وقوع باد با سرعت های مشخص در هر جهت، به گونه ای عمل شد که به جهت های دارای باد آرام بیشتر، سهم بیشتری از حذف کردن برسد. به این منظوره  $F_0$  به نسبت  $\frac{1}{N}$  ( $N =$  کل احتمال وقوع سرعت های باد مختلف در جهتی مشخص) بین جهت های مختلف تقسیم شده و مقدار بدست آمده برای هر جهت را که در واقع بخشی از  $F_0$  می باشد، از احتمال وقوع هر کدام از سرعت های مختلف در آن جهت خاص کم شد. از آنجایی که بعد از حذف بادهای آرام، مجموع احتمال وقوع سرعت های باد در جهت های مختلف کمتر از یک می شود، مقداری به نسبت کوچکی و بزرگی اعداد احتمال وقوع سرعت باد، به آنها اضافه شد تا مجموع احتمالات وقوع در جدول فراوانی سرعت - جهت به یک برسد.

گام بعدی، تجمعی کردن احتمالات وقوع سرعت باد بود. بدین صورت که عدد احتمال وقوع هر سرعت باد

$$F_1(u) = [(F(u) - F_0)] = 1 - \exp\left[-\left(\frac{u}{c}\right)^k\right] \quad (3)$$

معادله (۳) را می توان به صورت زیر نوشت:

$$1 - F_1(u) = \exp\left[-\left(\frac{u}{c}\right)^k\right] \quad (4)$$

به این منظور، از دو طرف این معادله دو مرتبه لگاریتم گرفته تا معادله (۵) بدست آید.

به منظور محاسبه پارامترهای  $c$  و  $K$  برای هر جهت معین، می بایست معادله (۴) را به صورت خطی در آورد.

$$\ln[-\ln(1 - F_1(u))] = -k \ln c + k \ln u \quad (5)$$

### شبیه سازی جهت باد

به منظور شبیه سازی جهت باد، ابتدا جدول فراوانی جهت باد را برای ماههای مختلف و در مجموع پنج سال در دو ستون تهیه گردید. ستون افقی این جدول شامل، ماههای سال (ژانویه تا دسامبر) بوده و ستون عمودی آن جهت‌های ۱۷ گانه (آرام، شمالی، شمال شرقی و...) را شامل می‌شد. اعداد داخل جدول نیز احتمال وقوع جهتی خاص را در ماه معین، در طول پنج سال نشان می‌داد. در مرحله بعد اعداد مربوط به احتمال وقوع جهت‌های مختلف هر ماه به طور جداگانه به صورت تجمعی در آمده و با تقسیم این اعداد بر بزرگترین (آخرین) احتمال وقوع تجمعی جهت باد در آن ماه خاص، به صورت نرمال شده تبدیل شدند. به طوری که در دامنه صفر و یک قرار گرفته و آخرین احتمال وقوع تجمعی نرمال شده در هر جهت خاص یک بود (جدول ۶).

با استفاده از روش انتخاب عدد تصادفی<sup>۱۰</sup>، اعدادی بین صفر و یک ( $0 \leq RN \leq 1$ ) انتخاب گردید. شاید بتوان گفت که یکی از دلایل نرمال نمودن احتمال وقوع تجمعی جهت باد، این است که بتوان آنها را با اعداد تصادفی که مانند اعداد نرمال در دامنه صفر و یک قرار دارند، مقایسه نمود. اگر عدد تصادفی انتخابی کمتر یا مساوی احتمال وقوع تجمعی نرمال شده جهت معینی از باد باشد، جهت شبیه سازی شده باد همان جهت بخصوص در نظر گرفته می‌شود. بدیهی است، اگر عدد تصادفی انتخابی، بزرگتر از احتمال تجمعی تمام جهت‌ها باشد، جهت شبیه سازی شده باد، آرام فرض می‌شود. این عمل برای تمام ۱۲ ماه در طول مدت پنج سال انجام

حال، می‌توان بجای متغیرهای این معادله خطی، معادل فرضی آنها را به گونه‌ای در نظر گرفت که به طور مثال  $y = \ln[-\ln(1 - F_1(u))]$ ،  $a = -k \ln c$ ،  $b = k$  و  $x = \ln u$  باشد معادله (۵) را می‌توان به صورت معادله خطی  $y = a + bx$  نوشت که  $x$  و  $y$  را می‌توان با محاسبه  $F_1(u)$  بدست آورد. مقدار  $F_1(u)$  نیز در هر ماه و برای هر کدام از ۱۶ جهت اصلی با استفاده از جدول فراوانی سرعت - جهت باد در آن ماه که از داده های آماری پنج ساله سرعت و جهت باد منطقه بدست آمده بود، محاسبه گردید.

جهت محاسبه مقادیر  $c$  و  $k$  مربوط به توزیع ویبل با استفاده از روش استاندارد حداقل مربعات<sup>۹</sup>، یعنی رگرسیون بین سرعت‌های مختلف ( $u$ ) مشاهده شده در هر ماه و احتمال وقوع تجمعی نرمال شده آنها در هر جهت خاص (که در جدول فراوانی سرعت - جهت باد وجود دارد)، ضرایب رگرسیون  $a$  و  $b$  از معادله (۵) قابل محاسبه خواهد بود. با دانستن ضرایب رگرسیون، ابتدا مقدار  $k$  و سپس با قرار دادن این مقدار در معادله  $a = -k \ln c$ ، مقدار  $c$  را برای هر جهت معین در هر ماه بدست آمد و از رگرسیون ستون کل در جدول فراوانی سرعت - جهت با سرعت‌های مختلف ( $u$ ) مشاهده شده در مجموع ماهها، یک  $c$  و  $k$  کلی نیز بدست آمد (جدول ۳ و ۴). بدین ترتیب، با دانستن پارامترهای توزیع ویبل، مقدار فراوانی  $F(u)$  و نرمال شده هر جهت خاص در هر ماه با استفاده از داده های خام دوره پنج ساله (۱۹۸۶-۱۹۹۰) محاسبه گردید (جدول ۵).

10. Random Number (RN)

9. Least Square

## شبیه سازی سرعت باد

در داده های هواشناسی، اعداد مربوط به سرعت باد در فواصل زمانی سه ساعتی وجود داشته و حال آنکه شبیه سازی سرعت باد به طور ساعتی در طول روز صورت می گیرد. به این منظور، ابتدا معادله (۳) به صورت معادله (۶) مرتب شد.

$$u = c \left\{ -\ln \left[ 1 - \frac{(F(u) - F_0)}{1 - F_0} \right] \right\}^{\frac{1}{k}} \quad (6)$$

تصادفی (۱۰۰۰)، سرعتهای مختلف برای آن جهت خاص از طریق فرمول (۶) شبیه سازی شد. نکته سوم اینکه در موارد معدودی که  $F(u) = 1.0$  باشد، مقدار  $\ln$  در معادله (۶) صفر شده و لذا معادله غیر قابل محاسبه می شود. در نتیجه اگر  $F(u) > 0.999$  می بود، آنرا مساوی  $0.999$  قرار می دادیم. در ضمن اگر  $F(u) \leq F_0$  می بود، سرعت شبیه سازی شده، آرام در نظر گرفته می شد، در غیر این صورت اگر  $F_0 \leq F(u) \leq 0.999$  بود، مقدار  $u$  شبیه سازی شده از معادله (۶) محاسبه می گردید.

در اینجا نیز همانند شبیه سازی جهت باد، هر چقدر احتمال وقوع سرعت باد تجمعی نرمال شده در جهتی خاص بیشتر باشد، احتمال اینکه در شبیه سازی باد هم سهم بیشتری را به خود اختصاص دهد، افزایش می یابد، بنابراین انتظار بر این است که احتمال وقوع تجمعی شبیه سازی شده آن سرعت نیز بیشتر باشد (جدول ۸).

از آنجایی که با استفاده از فرمول (۶) احتمال وقوع تجمعی سرعتهای مختلف در هر ماه معین را می توان شبیه سازی نمود، اما هدف اصلی، شبیه سازی سرعت باد

گرفت. تعداد اعداد تصادفی انتخابی برای شبیه سازی جهت باد در هر ماه اختیاری بوده و به منظور دقت بیشتر، تعداد ۱۰۰۰ (هزار) عدد تصادفی با هدف شبیه سازی جهتهای مختلف باد در هر ماه بکار گرفته شد. بدیهی است، جهتی که احتمال وقوع تجمعی نرمال شده آن در هر ماه بیشتر باشد، احتمال قرار گرفتن اعداد تصادفی بیشتری در آن وجود داشته، بنابراین در شبیه سازی نیز احتمال وقوع تجمعی آن بیشتر خواهد بود (جدول ۷).

که در آن:

$F_0$  = احتمال وقوع تجمعی حالتی آرام در هر جهت می باشد. نحوه حذف  $F_0$  از هر جهت معین، در توضیح فرمول (۳) بیان شد.

در معادله بالا، سرعت باد متغیری وابسته می باشد. با استفاده از روش انتخاب عدد تصادفی، اعدادی را که به طور تصادفی انتخاب کرده و به دلیلی که در شبیه سازی جهت عنوان شد، جایگزین احتمال تجمعی سرعت باد یا  $F(u)$  در معادله (۶) شد و سرعت باد شبیه سازی شده محاسبه گردید. در استفاده از این معادله چند نکته مهم مورد توجه قرار داده شد:

نخست آنکه چون این معادله دارای پارامتر مقیاس و شکل (به ترتیب  $c$  و  $k$ ) بوده و از طرفی هر جهت خاص در هر ماه دارای یک پارامتر  $c$  و یک پارامتر  $k$  می باشد، لذا شبیه سازی سرعت باد برای هر جهت و در هر ماه با استفاده از  $c$  و  $k$  مربوط به خود صورت گرفت.

دومین نکته اینکه بلافاصله بعد از مشخص شدن جهت شبیه سازی شده با انتخاب همان تعداد عدد



سرعت باد در هر کدام از ۲۴ ساعت شبانه روز شبیه سازی شد (Skidmore & Tatarko, 1990).

بصورت ساعتی می باشد، بنابراین با استفاده از رابطه زیر که به معادله شبیه سازی سرعت باد معروف می باشد،

$$u(I) = u_{rep} + 0.5(U_{max} - U_{min}) \cos \left[ \frac{2\pi(24 - hr_{max} + I)}{24} \right] \quad (7)$$

که در آن:

$hr_{max}$  = ساعتی از روز که در آن سرعت باد بیشینه است.

$I$  = شاخص ساعت روز،

$u_{rep}$  = همان  $u$  شبیه سازی شده حاصل از معادله (۵) می باشد.

$U_{min}$  و  $U_{max}$  از روابط زیر بدست آمدند:

$$U_{max} = \frac{2U_{ratio} + U_{rep}}{1 + U_{ratio}} \quad (8)$$

$$U_{min} = \frac{U_{mx}}{U_{ratio}} \quad (9)$$

شبیه سازی که با انتخاب اعداد تصادفی صورت گرفت، مقایسه گردید (شکل ۱). تغییرات روزانه حداقل، حداکثر و میانگین سرعت باد شبیه سازی شده در طی ۲۴ ساعت و همچنین مقایسه تغییرات کلی سرعت باد روزانه حاصل از داده های هواشناسی و شبیه سازی شده مشخص و نشان داده شد (شکل ۲).

به منظور ارزیابی اعتبار مدل، مقایسه ای بین نتایج حاصل از پیش بینی سرعت و جهت باد (که با استفاده از آمار خام سرعت و جهت باد دوره پنج ساله ۱۹۸۶-۱۹۹۰ صورت گرفت) و داده های خام سرعت و جهت باد که در پیش بینی مورد استفاده واقع نشده اند (دوره آماری پنج ساله ۱۹۹۱-۱۹۹۵) از طریق تعیین ضرایب همبستگی بین آنها و انجام آزمون معنی دار بودن صورت گرفت (جدول ۱۰)

آخرین مورد در این تحقیق، رسم گلبادهای ۱۶ جهته در ماههای مختلف در طول پنج سال بود که در آن درصد

نحوه بدست آوردن  $U_{ratio}$  بدین صورت بود که با استفاده از داده های پنج ساله ایستگاه هواشناسی زابل، میانگین سرعت باد را در ساعتهای ۰، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۱ در طول پنج سال و برای هر ماه بدست آوردیم. برای محاسبه میانگین سرعت باد در هر ساعت در طول پنج سال، حدود ۱۵۰ داده سرعت باد در هر ماه با هم جمع و بر تعداد آنها تقسیم شد. بیشترین میانگین ساعتی سرعت باد به عنوان  $u_{max}$  و کمترین آنها را به عنوان  $u_{min}$  در نظر گرفته شد. از تقسیم  $u_{max}$  بر  $u_{min}$ ، مقدار  $u_{ratio}$  بدست آمد که در معادلات (۸) و (۹) بکار می رفت. نتایج حاصل از پیش بینی ساعتی سرعت باد در جدولی ارائه گردید (جدول ۹).

از طریق معادله (۳) که توسط آن فراوانی تجمعی باد بعد از حذف حالت های آرام محاسبه می شود، احتمال وقوع تجمعی سرعت بادهای مختلف در ماههای مختلف بدست آمده و از طریق نمودار با احتمال وقوع تجمعی حاصل از

نامید. توزیع فراوانی ویبل به عنوان توزیع مناسبی جهت داده‌های سرعت باد منطقه زابل برگزیده شد و پارامترهای مقیاس (c) شکل (k) آ بدست آمد. نتایج حاصل شبیه سازی در این منطقه نشان داد که بیشینه سرعت باد در ساعت‌های اولیه صبح و کمینه سرعت آن در غروب و اوایل شب اتفاق می‌افتد. مقایسه بین نتایج حاصل از شبیه سازی سرعت و جهت باد و داده‌های خام سرعت و جهت باد دوره آماری پنج ساله بعدی (۱۹۹۵-۱۹۹۱) که به منظور تعیین دقت پیش بینی مدل صورت گرفت، نشان داد که با اطمینان ۹۹ درصد پیش بینی مدل با واقعیت همراه بود.

### بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از توزیع احتمال ویبل می‌توان سرعت‌های ساعتی باد را در هر کدام از جهت‌ها برآورد یا پیش بینی نمود. به عبارت دیگر، داده‌های سرعت باد از توزیع ویبل پیروی می‌نمایند. این نتیجه‌گیری مشابه نتایج حاصل از مطالعه داده‌های سرعت باد بیست ساله (۱۹۹۰-۱۹۷۰) ده ایستگاه سینوپتیک کشور عربستان بود که در سال ۱۹۹۴ انجام و نشان داد داده‌های سرعت باد تطابق بسیار خوبی با توزیع ویبل دارند (Shafiq et al., 1994). در مطالعه‌ای که در سال ۱۹۸۳ با هدف بررسی تطابق توزیع ویبول با داده‌های سرعت باد بر روی اقیانوس‌های هند، آتلانتیک و آرام صورت گرفت، مشخص گردید به‌رغم تطابق و تناسب کامل این توزیع با داده‌های باد، میزان این تناسب دارای تغییراتی بوده که این تغییرات از درصد بادهای آرام یروی می‌کرد به‌گونه‌ای که بیشترین تطابق در مناطق با کمترین درصد وقوع باد آرام اتفاق می‌افتاد (Edgar & Obrien, 1986)، که مشابه نتایج این تحقیق می‌باشد، به‌گونه‌ای

بادهای آرام، بادهای با سرعت کمتر و مساوی چهار متر بر ثانیه با سرعت بین چهار و هشت متر بر ثانیه و بادهای با سرعت بزرگتر یا مساوی هشت متر بر ثانیه در جهت‌های مختلف، بر روی بازوهای گلباد مشخص شدند (شکل ۳).

### نتایج

نتایج بدست آمده نشان داد که با اطمینان ۹۹٪ می‌توان از آمار خام دوره ۵ ساله به جای ۱۰ ساله در پیش بینی سرعت و جهت باد استفاده نمود. از طرفی، همبستگی قابل توجهی بین نتایج حاصل از مدل پیش بینی سرعت باد و محاسبه شده توسط پارامترهای توزیع ویبل وجود داشته، به طوری که در تمامی ۱۲ ماه در سطح یک درصد ضرایب همبستگی معنی‌دار شده بودند، یعنی با اطمینان ۹۹ درصد تفاوتی بین نتایج حاصل شبیه سازی و محاسبه شده توسط توزیع ویبل وجود ندارد. این نتیجه گیری نشان داد که داده‌های سرعت باد از توزیع ویبل پیروی کرده و استفاده از این توزیع در امر شبیه سازی سرعت باد، منطقی و قابل قبول می‌باشد. از طرفی معنی دار شدن تمامی ضرایب همبستگی بدان معنی است که بین نتایج شبیه سازی داده‌های دوره اول (۱۹۹۰-۱۹۸۶) و داده‌های خام دوره دوم (۱۹۹۵-۱۹۹۱) با اطمینان ۹۹ درصد هیچ اختلافی وجود ندارد.

در داده‌های خام دوره پنج ساله (۱۹۹۰-۱۹۸۶) منطقه زابل، در تمام ماه‌ها، جهت‌های شمال شمال غربی (NNW) شمال غربی (NW) و شمال (N) دارای بیشترین احتمال وقوع باد با سرعت‌های مختلف بودند و بیشترین و کمترین احتمال وقوع باد آرام به ترتیب متعلق به ماه‌های دسامبر (دی) و جولای (تیر) بود. به عبارت دیگر، ماه‌های دسامبر و جولای را میتوان ماه‌های کم باد و پرباد منطقه

- ۲- احمدی، ح. ۱۳۸۵. ژئومورفولوژی کاربردی، بیابان- فرسایش بادی (جلد دوم). انتشارات دانشگاه تهران. ۷۰۶ صفحه.
- ۳- احمدی، ح. ۱۳۷۰. نگرشی بر اقلیم سیستان. مرکز تحقیقات کشاورزی زابل.
- ۴- احمدی، ح. ۱۳۷۱. نگرشی بر سیستان و بهره برداری از منابع آب آن، سیمناز بهره برداری از سدها و شبکه های آبیاری و زهکشی، شرکت سهامی آب منطقه ای سیستان و بلوچستان.
- ۵- خسرو شاهی، م.، و قوامی، ش.، ۱۳۷۳. هشدار. مجله جنگل و مرتع شماره ۲۵. سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور. صفحه ۴۳-۴۲.
- ۶- رفاهی، ح. ۱۳۸۵. فرسایش بادی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۰ صفحه.
- ۷- زند رضوی، س. ۱۳۶۹. بررسی تغییرات ساختارهای اقتصادی، اجتماعی در جامعه روستایی سیستان (دفتر دوم): سیستان قطب کشاورزی استان و مسئله کوچکی، پراکندگی و دوری قطعات اراضی مورد کشت و کار هر خانوار کشاورز بر مبنای پژوهشهای انجام شده در ۱۰ آبادی زابل، شماره ۲، انتشارات دفتر پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ۸- سایت اطلاع رسانی آفتاب. دومین گزارش وضعیت محیط زیست سال ۱۳۸۴.
- ۹- شیر دلی، ع. ۱۳۷۲. طرح احیاء منابع طبیعی سیستان، مدیریت آب و خاک و کشاورزی سازمان عمران سیستان.
- ۱۰- فاجرنیا، ان، کا. ۱۳۷۵. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. ترجمه: ا. هاشمی دزفولی، ع. کوچکی و م. بنایان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۷ صفحه.
- ۱۱- کاویانی، م.، و علیجانی، ب. ۱۳۷۴. مبانی آب و هوا شناسی، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی در دانشگاهها (سمت)، ۵۷۶ صفحه.
- ۱۲- منصوری، ح. ۱۳۷۰. تختک نشینان دریاچه هامون (بخش دوم): تالاب هامون، نشریه شماره ۳۳، سازمان برنامه و بودجه استان سیستان و بلوچستان.
- ۱۳- هنری، د.، ف. ۱۳۸۵. مبانی خاکشناسی. ترجمه: ش. محمودی و م. حکیمیان. انتشارات دانشگاه تهران. ۷۰۶ صفحه.

14. Edgar, G. P. Obrien. , J. J., 1986. Weibull statistics of wind speed over the ocean. J. Appl. Meteor. 25: 324-332.

که در منطقه زابل، بیشترین تطابق توزیع ویبل با داده های باد در تیر ماه (جولای) با کمترین درصد احتمال باد آرام مشاهده گردید. این روش می تواند در سایر نقاط باد خیز کشور نیز به منظور پیش بینی سرعت و جهت بادهای فرساینده مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به نتایج گفته شده، پیشنهادهای زیر ارائه می شود:

- ۱- شبیه سازی جهت باد نشان داد جهت های غالب وزش باد در تمام ماهها به ترتیب شامل شمال شمال غربی (NNW)، شمال غربی (NW) و شمال (N) بود، پس به منظور کنترل فرسایش بادی، ردیفهای کاشت بادشکنها، محصولات زراعی و همچنین جهت شخم، می بایست عمود بر این جهت های غالب باشد.
- ۲- بدلیل وسعت زیاد منطقه سیستان، بهتر است پیش بینی سرعت و جهت باد در سایر ایستگاههای هواشناسی مجاور نظیر زهک، نهبندان و زاهدان نیز صورت گرفته و نتایج حاصل با یکدیگر تلفیق گردد.

## سپاسگزاری:

انجام این تحقیق با مساعدت سازمانهای یاد شده زیر محقق گردید که از همه آنها تشکر می نمایم:

بخش مدیریت مناطق بیابانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

بخش خاک شناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

بخش آبیاری دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

سازمان عمران سیستان.

## منابع مورد استفاده

- ۱- اکبری مقدم، ح. و اعتصام، غ. ۱۳۷۰. کشاورزی و سیستان. گردهمایی سیمای فردای سیستان، دانشکده کشاورزی زابل.

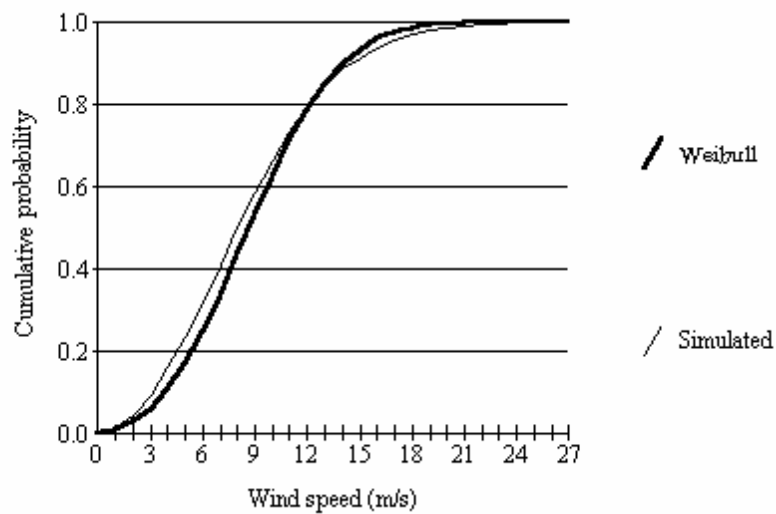
22. Skidmore, E.L. 1987. Wind erosion direction factor as influenced by field shape and wind preponderance. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:198-202.
23. Skidmore, E.L., and J. Tatarko. 1990. Stochastic wind simulation for wind erosion modeling. *Trans. ASAE.* 33: 1893.
24. Skidmore, E.L., and Tatarko. J., 1991. Wind in the Great Plains: Speed and direction distributions by month. p. 245-263. *In.* J.D. Hanson, M.J. Shaffer, D.A. Ball., and C.V. Cole (eds). *Sustainable Agriculture for the Great Plains, Symposium Proceedings, USDA, ARS, ARS-89, 255 p.*
25. Stewart, D.A., and Essenwanger. O.M., 1978. Frequency distribution of wind speed near the surface. *J. Appl. Meteor.* 17: 1633-1642.
26. Troeh, F.R., Hobbs., J.A., and Donahue. R.L., 1980. *Soil and Water Conservation for Productivity and Environmental protection*. Prentice - Hall, Englewood Cliffs, NJ.
27. Wagner, L.E., Tatarko, J., and Skidmore. E.L., 1992. WIND-GEN: A statistical database and generator for wind data. P. 1-7. *Int'l. summer meeting. Trans. ASAE. Charollote, NC, U.S.A.*
28. Zingg, A.W. 1949. A study of the movement of surface wind. *Agric. Engin.* 30: 11-13, 19.
29. Zobeck, T.M. 1991. Soil properties affecting wind erosion. *J. Soil Water Conserv.* 46: 112-118.
15. Hagen, L.J. 1976. Windbreak design for optimum wind erosion control. P. 31-36. *In proc. Shelterbelt on the Great Plains. Denver, CO. 20-22 Apr. 1976.*
16. Hagen, L.J. 1991. A wind erosion prediction system to meet user needs. *J. Soil Water Conserv.* 46: 106-111.
17. Hennessey, J.P. 1977. Some aspects of wind power statistics. *J. Appl. Meteor.* 16:119-128.
18. Justus, C.G., Hargraves, W.R., Mikhail, A., and Graber. D., 1978. Methods for estimating wind speed frequency distributions. *J. Appl. Meteor.* 17: 350-353.
19. Justus, C.G., Hargraves, W.R., and Raclin. A., 1976. Nationwide assessment of potential output from wind powered generators. *J. Appl. Meteor.* 15: 673-678.
20. Pimental, D., Allen, J., Beers, A., Guinand, L., Linder, R. Mc- Laughlin, P., Meer, B., Musonda, D., Perdue, D., Poisson, S., Siebert, S., Stoner, K., Salazar, R., and Hawkins. A., 1987. World agriculture and soil erosion. *Bio. Sci.* 37: 277-282.
21. Shafiq, R., Halvani, T. and Husain. T., 1994. Weibull parameters for wind speed distribution in Saudi Arabia. *J. Sol. Energy Science and Engineering* 53: 473-479. King Fahd Univ. Petroleum & minerals, res. inst., meteorology standards materials div., Dhahran.

جدول ۱- احتمال وقوع سرعتهای مختلف باد در هر جهت خاص مربوط به داده های دوره پنج ساله (۱۹۸۶-۱۹۹۰) در ماه جولای

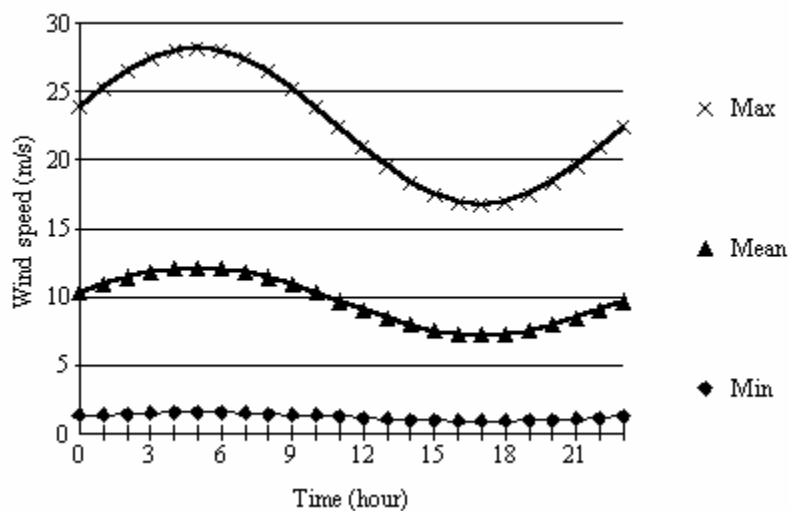
Speed (m/s)	Wind Direction																	
	CALM	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
CALM	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
2	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.007	0.002	0.018
3	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.010	0.010	0.025
4	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.007	0.012	0.024
5	0.000	0.004	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.004	0.012	0.011	0.034
6	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.024	0.019	0.051
7	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.023	0.017	0.044
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.022	0.028	0.052
9	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.038	0.046	0.086
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.076	0.090	0.167
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.012	0.023	0.035
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048	0.081	0.129
13	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.034	0.046	0.081
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.056	0.083
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.036	0.059
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.014	0.029
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.010	0.017
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.012	0.016
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.006
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.003	0.007
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002
TOTAL	0.032	0.009	0.001	0.003	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.005	0.027	0.396	0.523	1.000

جدول ۲: تعداد ۲۰ نمونه از شبیه سازی ساعتی سرعت و جهت باد با استفاده از کاربرد داده های دوره پنج ساله (۱۹۸۶-۱۹۹۰) در ماه جولای.

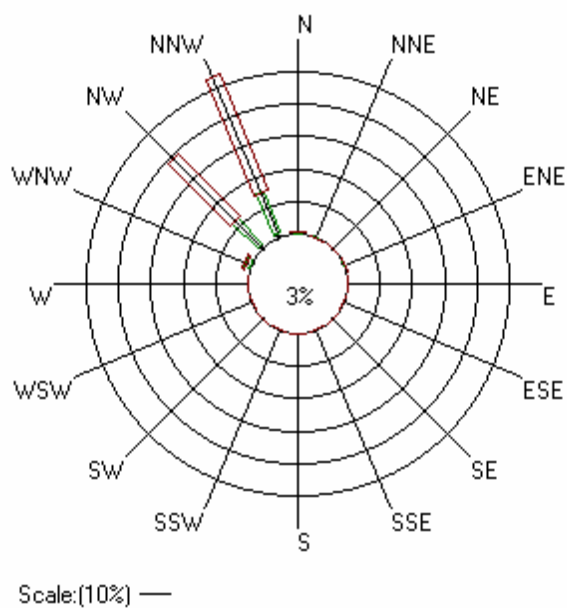
Wind Direction	Hour of Day																								Erosion
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 m/s	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
14	7.4	7.8	8.2	8.4	8.6	8.7	8.6	8.4	8.2	7.8	7.4	6.9	6.5	6.0	5.7	5.4	5.2	5.2	5.2	5.4	5.7	6.0	6.5	6.9	Yes
16	4.9	5.1	5.4	5.6	5.7	5.7	5.7	5.6	5.4	5.1	4.9	4.6	4.3	4.0	3.7	3.5	3.4	3.4	3.4	3.5	3.7	4.0	4.3	4.6	No
15	5.6	5.9	6.2	6.4	6.5	6.6	6.5	6.4	6.2	5.9	5.6	5.3	4.9	4.6	4.3	4.1	4.0	3.9	4.0	4.1	4.3	4.6	4.9	5.3	No
16	6.3	6.7	7.0	7.3	7.4	7.5	7.4	7.3	7.0	6.7	6.3	5.9	5.5	5.2	4.9	4.6	4.5	4.4	4.5	4.6	4.9	5.2	5.5	5.9	No
15	3.5	3.7	3.9	4.0	4.1	4.1	4.1	4.0	3.9	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.1	3.3	No
15	16.7	17.6	18.5	19.1	19.5	19.6	19.5	19.1	18.5	17.6	16.7	15.6	14.6	13.7	12.8	12.2	11.8	11.7	11.8	12.2	12.8	13.7	14.6	15.6	Yes
15	8.8	9.3	9.8	10.1	10.3	10.4	10.3	10.1	9.8	9.3	8.8	8.3	7.7	7.2	6.8	6.5	6.2	6.2	6.2	6.5	6.8	7.2	7.7	8.3	Yes
15	11.7	12.4	12.9	13.4	13.7	13.8	13.7	13.4	12.9	12.4	11.7	11.0	10.2	9.6	9.0	8.5	8.3	8.2	8.3	8.5	9.0	9.6	10.2	11.0	Yes
16	15.5	16.4	17.2	17.8	18.2	18.3	18.2	17.8	17.2	16.4	15.5	14.6	13.6	12.7	12.0	11.4	11.0	10.9	11.0	11.4	12.0	12.7	13.6	14.6	Yes
15	8.3	8.8	9.2	9.5	9.7	9.8	9.7	9.5	9.2	8.8	8.3	7.8	7.3	6.8	6.4	6.1	5.9	5.8	5.9	6.1	6.4	6.8	7.3	7.8	Yes
16	3.8	4.0	4.2	4.3	4.4	4.4	4.4	4.3	4.2	4.0	3.8	3.5	3.3	3.1	2.9	2.8	2.7	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.3	3.5	No
16	11.1	11.7	12.3	12.7	13.0	13.1	13.0	12.7	12.3	11.7	11.1	10.4	9.7	9.1	8.5	8.1	7.8	7.8	7.8	8.1	8.5	9.1	9.7	10.4	Yes
16	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3	3.3	3.2	3.1	3.0	2.8	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	No
15	19.6	20.7	21.7	22.4	22.9	23.1	22.9	22.4	21.7	20.7	19.6	18.4	17.2	16.0	15.1	14.3	13.9	13.7	13.9	14.3	15.1	16.0	17.2	18.4	Yes
16	3.8	4.0	4.2	4.3	4.4	4.5	4.4	4.3	4.2	4.0	3.8	3.6	3.3	3.1	2.9	2.8	2.7	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.3	3.6	No
16	5.3	5.6	5.9	6.1	6.2	6.3	6.2	6.1	5.9	5.6	5.3	5.0	4.7	4.4	4.1	3.9	3.8	3.7	3.8	3.9	4.1	4.4	4.7	5.0	No
1	4.2	4.4	4.6	4.8	4.9	4.9	4.9	4.8	4.6	4.4	4.2	3.9	3.6	3.4	3.2	3.0	2.9	2.9	2.9	3.0	3.2	3.4	3.6	3.9	No
16	7.0	7.4	7.8	8.0	8.2	8.2	8.2	8.0	7.8	7.4	7.0	6.6	6.1	5.7	5.4	5.1	5.0	4.9	5.0	5.1	5.4	5.7	6.1	6.6	Yes
16	8.1	8.6	9.0	9.3	9.5	9.6	9.5	9.3	9.0	8.6	8.1	7.6	7.1	6.7	6.3	5.9	5.8	5.7	5.8	5.9	6.3	6.7	7.1	7.6	Yes
15	12.6	13.3	13.9	14.4	14.7	14.8	14.7	14.4	13.9	13.3	12.6	11.8	11.0	10.3	9.7	9.2	8.9	8.8	8.9	9.2	9.7	10.3	11.0	11.8	Yes



شکل ۱- مقایسه احتمال وقوع تجمعی سرعت باد بین مقادیر محاسبه شده توسط پارامترهای توزیع فراوانی ویبل و ۱۰۰۰ مرتبه شبیه سازی داده های سرعت باد دوره پنج ساله (۱۹۸۶-۱۹۹۰) در ماه جولای ( $r=0.99$ ).



شکل ۲- تغییرات ساعتی سرعت باد روزانه (بیشینه، کمینه و متوسط) در ماه جولای، حاصل از ۱۰۰۰ مرتبه شبیه سازی داده های سرعت باد دوره پنج ساله (۱۹۸۶-۱۹۹۰).



شکل ۳- گلباد حاصل از نتایج شبیه سازی داده های دوره پنج ساله (۱۹۸۶-۱۹۹۰). در ماه جولای. بیشینه، متوسط و کمینه ضخامت هر بازو به ترتیب نشان دهنده بادهای با سرعت مساوی یا بیشتر از ۸ متر بر ثانیه، بیشتر از ۴ و کمتر از ۸ متر بر ثانیه، و کمتر از ۴ متر بر ثانیه می باشد. طول هر بازو بیانگر درصد هر کدام از بادهای مورد اشاره بوده و عدد داخل دایره مرکزی درصد باد آرام در این ماه را نشان می دهد.



## Hourly prediction of speed and direction of erodible winds using three hourly data (A case study: Zabol region)

S. N. Mirzamostafa <sup>1</sup> D. Khalili <sup>2</sup> S. M. J. Nazemossadat <sup>3</sup> Gh.Hadarbadi <sup>4</sup>

1- Agricultural faculty of Shiraz University

2- Agricultural faculty of Shiraz University

3- Agricultural faculty of Shiraz University

4- Scientific board, Agricultural and natural resources research center of southern khorasan

Received: 22.04.2007

Accepted: 10.11.2007

### Abstract:

Zabol region is one of the places that is exposed to severe wind erosion, which is located in southeast Iran. Due to the fact that, some stations like Zabol suffers from missing data (having five observations instead of eight), thus, the effects of missing data on prediction of wind speed and direction also needed to be considered. This study aim to determine the minimum years of data required in predicting hourly wind speed and direction, and predicts hourly wind speed and direction, also to verify suitability of Weibull distribution in predicting hourly wind speed and direction and finally to analyze the erosive winds in Zabol region. In this study, the regression coefficients ( $r$ ) of probability of wind occurrence in various speeds for 16 cardinal directions in two different periods (1986- 1990 and 1986-1995) were separately calculated and compared. To predict hourly wind speed and direction by Weibull distribution, at first its scale and shape parameters ( $c$  and  $k$ ) were determined using the least square method. Then, wind direction distribution, the ratio of maximum to minimum of wind speed, and the hours with maximum wind speed during any month were determined. Using these parameters along with generation of random numbers, the hourly wind speed and direction were simulated. The results indicated five years instead of ten years of data can be used to predict wind speed and direction with a confidence level at 99%. Weibull distribution provided best fit during the months that both the probability of calm periods or standard deviation of probability of wind occurrence in different directions were low. The maximum and minimum wind speed occurred at about 6:00 AM and 6:00 PM, respectively. The probability of occurrence of erosive winds ( $V \geq 8\text{m/s}$ ) were maximum in June, July, August, and September. The analyses of wind data indicated that the most erosive winds were from North-Northwest, Northwest, and North. The wind speed and direction were predicted by Weibull distribution in the region with 99% accuracy. The results obtained from this research can help researchers and soil conservationists to predict and control wind erosion.

**Key words:** Wind speed prediction, Wind direction, Wind erosion, Weibull distribution, Zabol