

## تحلیل آماری و پیش‌بینی احتمال وقوع بادهای شدید و طوفانی استان کرمانشاه

تقی طابوسی: دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران \*  
کوهزاد رئیس‌پور: دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران  
احسان بیگزرسایی: دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

وصول: ۱۳۹۰/۱/۱۹ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۲۰، صص ۱۰۶-۹۳

### چکیده

طوفان یکی از مخاطره‌آمیزترین بلایای طبیعی می‌باشد که حدود ۳۰ درصد از سهم ۹۰ درصدی بلایای طبیعی مرتبط با عوامل اقلیمی را به خود اختصاص داده و همه ساله خسارات مالی و جانی جبران‌ناپذیری وارد می‌سازد. به منظور بررسی آماری طوفان‌های با سرعت مساوی و بیشتر از  $17 \text{ m/s}$  (پایه باد شدید در مقیاس بیوفورت) و پیش‌بینی احتمال وقوع بادهای شدید و طوفانی استان کرمانشاه به روش تجزیه و تحلیل سریهای جزئی، از داده‌های بادسنجی ۵ ایستگاه سینوپتیک اسلام‌آباد، روانسر، کرمانشاه، سرپل‌ذهاب و کنگاور طی دوره ی آماری ۲۰ ساله (۱۹۹۰-۲۰۰۹) استفاده گردید. صحت و همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون دنباله‌ها تأیید شد. از میان داده‌های ثبت شده در طول دوره ی آماری، ایستگاه سرپل‌ذهاب با ۹۸ روز همراه با باد شدید و طوفانی بیشترین و ایستگاه اسلام‌آباد با ۷۲ روز از کمترین روزهای با باد شدید و طوفانی برخوردار بوده‌است. بیشینه سرعت طوفان مشاهده شده ۳۴ متر بر ثانیه و متعلق به ایستگاه سرپل‌ذهاب بوده است. ترسیم گلباد سالانه نشان داد که جهت بادهای شدید و طوفانی منطقه، در ایستگاههای مورد مطالعه متفاوت بوده است. نتایج، احتمال وقوع بادهای شدید و طوفانی را برای ایستگاههای مطالعه شده در دوره های بازگشت مختلف پیش‌بینی می‌کند. احتمال وقوع بالاترین سرعت طوفان در یک دوره بازگشت صد ساله در ایستگاه سرپل‌ذهاب، تا  $41/09 \text{ m/s}$  پیش‌بینی می‌شود. علاوه بر آن با احتمال وقوع بادهای شدید با سرعت بیش از  $18 \text{ m/s}$  در دوره بازگشت یک ساله در ایستگاههای مذکور نزدیک به ۱۰۰٪ می‌باشد. بنابراین، در برنامه ریزیهای محیطی و ایمن‌سازی سازه‌ها بایستی وقوع این مخاطره طبیعی را مد نظر قرار داد تا در صورت وقوع، خسارات وارده به کمینه ممکن کاهش یابد.

**واژه‌های کلیدی:** مخاطرات طبیعی، بادهای شدید و طوفان، سریهای جزئی، استان کرمانشاه.

### مقدمه

طبیعی در جهان بیش از ۳۰ مورد آن در ایران رخ می‌دهد (محمدی، ۱۳۸۷: ۳۵). در میان این بلایا، طوفان یکی از مخاطره‌آمیزترین آنها می‌باشد و در ردیف بلایایی قرار دارد که منشأ آب‌وهوایی دارند (قائمی و عدل، ۱۳۷۱: ۷). پژوهش‌ها نشان می‌دهند

در سراسر جهان بلایا و مخاطراتی روی می‌دهد که همواره جان و مال بشر را در معرض خطر قرار می‌دهد. کشور ایران نیز در یکی از مناطق حادثه‌خیز کره زمین قرار گرفته، به طوری که از ۴۰ نوع بلایای

می‌رسند. اما میزان آسیب پذیری نتیجه عملکرد عوامل انسانی است و همان طوری که گفته شده، پیشگیری از حادثه، بهتر از واکنش در مقابله حادثه است. به عبارت دیگر، به کمینه رساندن خطرات ناشی از رخداد طوفان، با انتخاب راهکارهای مؤثر ممکن خواهد بود. به هرحال سؤال اصلی پژوهش این است که: آیا پیش بینی وقوع بادهای شدید و طوفانی در دوره های بازگشت مختلف امکان پذیر است؟

#### - مبانی نظری و پیشینه تحقیق

بشر از ابتدای خلقت با بلایای طبیعی دست به گریبان بوده است و همواره سعی نموده تا با شناخت آنها، حوادث ناشی از آنها به گونه‌ای کاهش دهد. در سراسر جهان بلایا و مخاطراتی روی می‌دهد که همواره جان و مال انسان‌ها را در معرض خطر قرار می‌دهد (خالدی، ۱۳۸۰). اما میزان آسیب پذیری نتیجه عملکرد عوامل انسانی است، لذا ارتقای دانش و آگاهیهای عمومی خود عامل مهمی در کاهش اثرات بلایای طبیعی محسوب می‌گردد. مخاطرات جوی ناشی از علل های مختلفی هستند و در مقیاس های خیلی زیاد رخ می دهند (هاوس نر، ۱۹۸۷). بنابراین درک درست وقایع و پدیده‌های طبیعی منجر به پیش بینی، پیشگیری و تقابل منطقی و درست با آنها خواهد شد. بادهای شدید و طوفان نیز در ردیف مخاطرات طبیعی قرار گرفته‌اند. تغییرات دمایی در سطح زمین باعث می‌شود، روی منطقه گرم، مراکز کم فشار یا فروبار ایجاد شده به عکس بر روی منطقه سرد، مرکز پرفشار یا فرابار پدید می‌آید (جعفرپور، ۱۳۸۵: ۱۱۲). باد که عامل اصلی ایجاد آن، شیب تغییرات فشار بین نقاط پرفشار و کم فشار می‌باشد (کاوایانی و علیجانی، ۱۳۸۶: ۱۴۷). هرگاه سرعت باد از آستانه‌های

که حدود ۹۰ درصد از بلایای طبیعی جهان در ارتباط با عوامل اقلیمی بوده و در میان آنها، طوفانها بعد از سیل (۳۵ درصد)، حدود ۳۰ درصد از سهم این بلایا را به خود اختصاص می‌دهد (بولتن علمی سازمان هواشناسی، ۱۳۸۵). طوفان به آشفتگی شدید جوی و اختلال شدید هوا گفته می‌شود که بر اثر حرکت شدید باد و در جریان دو جبهه هوای سرد و گرم تولید می‌شود. شدت بادهای طوفانی به قدری زیاد است که به صورت امواج هوایی سریع به حرکت در می‌آید و در مسیر خود باعث قطع درختان، خرابی ساختمان‌ها و شکستن شیشه‌ها می‌شود و مناطق وسیعی را در هم می‌کوبد (رازجویان، ۱۳۸۶: ۵). سرعت طوفان گاه به صدها کیلومتر در ساعت می‌رسد (لین، ۲۰۰۲: ۵۲). در پاره‌ای از مناطق ایران نیز وقوع طوفانهای با سرعت بیش از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت بارها اتفاق افتاده است. در این میان می‌توان به باد شدید و طوفان ۸۵/۵/۱۸ زابل، ۸۷/۲/۱۷ دهلران، ۸۸/۱۰/۱۶ اردبیل، ۸۸/۱۲/۳ گلبلیگان، در شهرستانهای ماکو، نقده و پیرانشهر، ۸۸/۱۲/۲۶ مهاباد، ۸۹/۱/۹ در زنجان و اردبیل، ۸۹/۲/۲۰ در اردبیل، ۸۵/۹/۲۶ در شهرستانهای روانسر، پاوه، سرپل ذهاب و کنگاور، ۸۷/۶/۱۸ شهرستانهای سرپل ذهاب، ثلاث و کرمانشاه و ۸۸/۱۲/۵ در بخش وسیعی از استان کرمانشاه اشاره نمود. این طوفانها، علاوه بر ایجاد خسارات مالی زیاد به تأسیسات، شبکه‌ها و مناطق مسکونی، باعث کشته شدن حدود ۱۰ نفر و زخمی شدن بیش از ۱۰۰ نفر گردید (ستاد حوادث غیرمترقبه کشور، ۱۳۸۹). آمار و ارقام بیانگر اهمیت بسیار زیاد مسئله است. گرچه بلایای طبیعی اصولاً ماهیتی پیچیده دارند و در شرایط کنونی بسیاری از آنها خارج از کنترل انسان به نظر

حجازی زاده و همکاران (۱۳۸۳) در تحقیقی با عنوان تحلیل بادهای شدید استان تهران، نتیجه گرفته اند که ترکیب کم فشار مدیترانه ای و دریای سیاه موجب بروز تندبادهای شدید در استان تهران می شود. دلایان (۱۳۸۲) با تعیین مدل عددی بادهای شدید در ایران نتیجه گرفته اند که بیشترین سرعت متعلق به ایستگاه زابل و کمترین سرعت متعلق به ایستگاه سمنان می باشد. میرزا مصطفی و همکاران (۱۳۸۷) با پیش بینی ساعتی سرعت و جهت بادهای فرساینده در منطقه سیستان، بیان کردند که بیشترین درصد بادهای فرساینده در منطقه سیستان متعلق به جهت بادهای غالب منطقه بوده و با اطمینان ۹۹٪ توزیع فراوانی ویبول مدل قابل قبولی برای پیش بینی سرعت و جهت باد در منطقه می باشد. خسروی و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی عوامل ژنتیکی بادهای ۱۲۰ روزه سیستان نشان داده‌اند، طوفان‌های سریع با سرعت حدود ۸۰ گره در تائیه هنگامی رخ می‌دهد که منطقه تاوایی مثبت بادهای غربی در مجاورت زبانه کم‌فشار فرعی موسمی قرارگیرد. رخداد بادهای صدویست روزه از ویژگیهای ذاتی منطقه سیستان است و معمولاً از اوایل خرداد شروع و تا اوایل مهر به پایان می‌رسند (علیجانی، ۱۳۸۵: ۷۶). در استان کرمانشاه نیز وقوع بادهای شدید و طوفانی امری طبیعی بوده، به طوری که همه ساله خسارات زیادی به تأسیسات اقتصادی و زیربنایی استان وارد می‌آورد (ستاد حوادث غیرمترقبه استان کرمانشاه، ۱۳۸۸). بنابراین مطالعه و شناخت بادهای شدید و طوفانی بوقوع پیوسته در مناطق مختلف استان کرمانشاه و پیش بینی احتمال وقوع آنها طی دوره های بلند مدت، ضروری به نظر می‌رسد. با شناخت این

مشخصی که در این تحقیق، مقیاس بیوفورت ملاک عمل قرار گرفته‌است عبور نماید، بستگی به میزان سرعت، به آن عناوین مختلفی از باد آرام تا هاریکن اطلاق می‌شود (جدول ۱). سرعت یک کمیت برداری است که دارای دو مؤلفه سمت و سرعت می‌باشد. سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه، گره بر ثانیه، کیلومتر بر ساعت، مایل بر ساعت و... اندازه گیری می‌شود. در مورد بادهای شدید و طوفانها، واحد کیلومتر بر ساعت نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (مهدوی، ۱۳۸۵: ۷۸). جهت باد نیز بر حسب درجه و شانزده جهت اصلی و فرعی به ترتیب شامل شمال، شمال شرقی، شرق، جنوب شرق، جنوب، جنوب غربی، غرب، شمال غربی و... اندازه گیری می‌شود (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶: ۱۸۷). هنگامی که سرعت باد از یک آستانه مشخص بیشتر شود، فعالیت تخریبی آن آغاز شده و منجر به وقوع طوفان می‌گردد (هانگن، ۱۹۷۶: ۱۰۷). نیروهای باد در طول سال و حتی در طول روز تا حد زیادی تغییر می‌نمایند (زوبک، ۱۹۹۱: ۱۱۲). به منظور تعیین سهم بادهای شدید و طوفانی، دانستن ویژگیهای باد منطقه (عمدتاً "سرعت و جهت) در طول شبانه روز ضروری بوده و بنابراین توزیع فراوانی سرعت باد در هر منطقه حائز اهمیت است (استیوارت و همکاران، ۱۹۸۷: ۱۶۳). مرجانی (۱۳۷۲) با استفاده از نقشه‌های همدید، عامل موثر بر وقوع طوفان در خراسان را، وجود مرکز کم فشار در نقاط مختلف ایران می‌داند. دایان (۱۹۸۶) با انجام روشهای آماری و خوشه‌بندی بر روی طوفانهای شدید در اسرائیل، سه نوع طوفان با ویژگیهای تخریبی را شناسایی کرده‌است که از سه مسیر اصلی اروپای شمالغربی، اردن و عربستان و سرزمین آفریقای شمالی منشأ می‌گیرند.

پدیده می‌توان در تعیین آستانه آسیب‌پذیری سازه‌ها در مناطق شهری و روستایی، طراحی سازه‌های مقاوم در آینده، کاهش خسارات و مدیریت آن به وضعیت مطلوب دست یافت.

#### جدول ۱. طبقه‌بندی سرعت باد بر اساس شاخص بیوفورت

نیروی بیوفورت	سرعت			شرح وضعیت	
	M/S	Mi/h	Knot		
0	0/5	1	1	Calm	وضعیت آرام
1	0/5-1/5	1-3	1-3	Light air	هوای سبک
2	2-3	4-7	4-6	Light breeze	نسیم سبک
3	3/5-5	8-12	7-10	Gentle breeze	نسیم ملایم
4	5/5-8	13-18	11-16	Moderate breeze	باد خفیف
5	8/5-10/5	19-24	17-21	Fresh breeze	نسیم خنک
6	11-13/5	25-31	22-27	Strong breeze	باد تند
7	14-16/5	32-38	28-33	Moderate gale	باد نسبتاً شدید
8	17-20	39-46	34-40	Fresh gale	باد شدید
9	20/5-23/5	47-54	41-47	Strong gale	تندباد
10	24-27/5	55-63	48-55	Whole gale	طوفان
11	28-31/5	64-72	56-63	Storm	طوفان شدید
12-17	>32	> 72	> 64	Hurricane	طوفان بسیار شدید

#### - موقعیت منطقه مورد مطالعه

استانهای ایران، ۱۳۸۳). گستره‌ی استان کرمانشاه با مساحت ۲۴۷۴۱ کیلومتر مربع، دارای جمعیتی بالغ بر ۱۸۷۹۳۸۵ نفر می‌باشد (سالنامه آماری استان کرمانشاه، ۱۳۸۷: ۲۶). ارتفاع متوسط استان ۱۲۰۰ متر از سطح دریاست و میانگین بارندگی سالانه آن در نقاط مختلف استان بین ۳۰۰ تا ۸۰۰ میلیمتر متغیر می‌باشد. آب و هوای استان تحت تأثیر رژیم مرطوب مدیترانه‌ای و بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن دارای ۴ اقلیم متفاوت: ۱- زمستان ملایم و تابستان گرم و خشک (در شهرستان‌های قصرشیرین، سرپل‌ذهاب و جنوب غربی جوانرود). ۲- زمستان سرد و تابستان خنک (پاوه، جوانرود و کرند غرب). ۳- نیمه خشک و استپی خنک (شهرستان سنقر و دهستان پشت دربند کرمانشاه) و ۴- نیمه خشک و استپی گرم (کنگاور، صحنه، هرسین) می‌باشد (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷).

استان کرمانشاه در منتهی‌الیه غربی کشور ایران واقع شده که از سه طرف دارای مرز داخلی با استان‌های (لرستان، کردستان، ایلام، همدان) و از یک سمت دارای مرز بین‌المللی با کشور عراق است. مختصات جغرافیایی آن بین ۳۳ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). مرکز این استان شهر کرمانشاه می‌باشد و شهرستان‌هایی از قبیل اسلام‌آباد غرب، پاوه، جوانرود، روانسر، ثلاث باباجانی، سرپل‌ذهاب، سنقر، صحنه، قصر شیرین، کرمانشاه، کنگاور، گیلان‌غرب، هرسین و دالاهو را شامل می‌شود. این استان ناحیه‌ای کوهستانی است که بین فلات ایران و جلگه بین‌النهرین قرار گرفته و سراسر آن را قله‌ها و ارتفاعات سلسه کوه‌های زاگرس پوشانده‌اند (اطلس گیتاشناسی

## - داده‌ها و روش شناسی

میان ایستگاههای سینوپتیک استان از آمار نسبتاً بلندمدت برخوردار بوده و طی دوره آماری مذکور، کامل و فاقد نبود آماری بوده اند، جهت انجام پژوهش انتخاب گردیدند و استفاده از آمار سایر ایستگاهها (سه مورد دیگر) به دلیل در دسترس نبودن آمار بلند مدت و وجود خلأ آماری در داده‌های آنها، امکان استفاده از آنها مقدور نبوده است (جدول ۲).

برای بررسی وضعیت بادهای شدید و طوفانی در استان کرمانشاه، از داده‌های بادسنجی ۳ ساعته سرعت و جهت باد ایستگاههای سینوپتیک شهرستانهای اسلام‌آباد، روانسر، سرپل‌ذهاب، کرمانشاه و کنگاور طی دوره آماری ۲۰ ساله (۱۹۹۰-۲۰۰۹) استفاده گردید. از آنجایی که فقط ۵ ایستگاه مذکور از

جدول ۲. مشخصات ایستگاههای مورد مطالعه در استان کرمانشاه

دوره آماری (۲۰ ساله)	تاریخ وقوع			جهت (درجه)	شدیدترین باد ثبت شده (m/s)	ارتفاع از سطح دريا (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ایستگاه (سینوپتیک)
	سال	ماه	روز						
۱۹۹۰ - ۲۰۰۹	۲۰۰۳	۶	۵	۳۰۰	۱۹/۵	۱۳۴۸	۳۴ ۰۷N	۴۶ ۲۸E	اسلام آباد
۱۹۹۰ - ۲۰۰۹	۲۰۰۳	۱۲	۱۱	۳۰	۲۴/۵	۱۳۷۹	۳۴ ۴۳N	۴۶ ۴۰E	روانسر
۱۹۹۰ - ۲۰۰۹	۲۰۰۶	۳	۲۵	۱۲۰	۳۴	۵۴۵	۳۴ ۲۷N	۴۵ ۵۲E	سرپل ذهاب
۱۹۹۰ - ۲۰۰۹	۲۰۰۳	۱۰	۲۵	۱۸۰	۲۰	۱۳۱۸	۳۴ ۲۱ N	۴۷ ۰۹E	کرمانشاه
۱۹۹۰ - ۲۰۰۹	۲۰۰۷	۳	۷	۲۰۰	۲۲	۱۴۶۸	۳۴ ۳۰ N	۴۷ ۵۹E	کنگاور

شدید و طوفانی محاسبه گردید. صحت و همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون دنباله‌ها<sup>۱</sup> حاصل گردید. پس از انجام تحلیل‌های آماری، به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های بادسنجی، از نرم افزار WRPLOT ver 5.2 که برای انجام محاسبات آماری و رسم گلباد طراحی شده است، استفاده شد. با استفاده از قابلیت نرم افزار مذکور و با در نظر گرفتن سرعت پایه ۱۷ m/s در ثانیه، به ترسیم گلباد در مقیاس زمانی سالانه اقدام گردید. بدین نحو که سرعت پایه باد شدید<sup>۲</sup> به جای سرعت پایه گلباد (حذف بادهای با سرعت کمتر از باد شدید)، مورد محاسبه قرار گرفت. سپس برای پیش‌بینی احتمال وقوع بادهای شدید و طوفانی، از روش موسوم به تجزیه و تحلیل سریهای جزئی<sup>۳</sup> استفاده شده است (مهدوی، ۱۳۸۶: ۸۱). در این روش با مطرح نمودن این استدلال که در بعضی از سالها بادهای

در داده‌های هواشناسی، زاویه باد بر حسب درجه مشخص گردیده، اما نوع جهت تعیین نشده است، از این رو، در ابتدا زاویه‌های باد به صورت جهت مشخص گردید. در این پژوهش ۱۶ جهت باد مورد ارزیابی قرارگرفتند که تفاوت زاویه هر جهت باد با جهت بعدی ۲۲/۵ درجه خواهد بود (طاوسی، ۱۳۸۰). از طرفی واحد سرعت در داده‌های هواشناسی نات یا گره دریایی می‌باشد که یک گره معادل ۰/۵۱۵ متر بر ثانیه می‌باشد و بنابراین داده‌های سرعت باد از واحد گره، به متر بر ثانیه تبدیل گردید. پس از تنظیم جدول ماتریس داده‌ها، با استفاده از نرم افزار SPSS داده‌ها مرتب گردید. برای انتخاب روزهای توأم با باد شدید و بالاتر، سرعت پایه ۱۷ m/s، براساس مقیاس بیوفورت (جدول ۲) و مورد تأیید سازمان هواشناسی (WMO) در نظر گرفته شد. بنابراین بادهای با سرعت پایه و شدیدتر از آن به عنوان روزهای همراه با باد

1- Run Test 2- fresh gale 3- Partial series

$$\bar{W} = (W_0 + (\beta \times \ln \lambda)) + (0.5772 \times \beta) \quad (۴)$$

$$\beta = \sum_{i=1}^N (W_i - W_0) / M$$

در اینجا:

$\lambda(f)$ : متوسط روزهای همراه با باد شدید و طوفان

با سرعت بیش از سرعت پایه (۳۴ گره) در طول دوره آماری.

M: فراوانی روزهای توأم با بادهای شدید و طوفانی با سرعت بیش از سرعت پایه طی دوره آماری.

N: طول دوره آماری.

$W_T$ : پیش بینی سرعت باد با دوره بازگشت T.

T: دوره بازگشت

$W_0$ : سرعت باد پایه به متر بر ثانیه یا گره بر ثانیه) برحسب استفاده از واحد متر بر ثانیه یا گره در ثانیه در فرمول، سرعت باد به دست آمده نیز برحسب واحد بکار گرفته شده خواهد بود).

$\beta$ : ضریبی که به انحراف از عدد پایه بستگی دارد.

Ln: لگاریتم نپرین.

$(\beta \times \ln T)$ : ضریب تناوب.

$\bar{W}$ : میانگین سرعت طوفانهای پیش بینی شده.

$W_i$ : سرعت طوفانهای مشاهده شده با سرعت بیش از سرعت پایه.

0.5772: ثابت اولر (Euler Constant).

- یافته‌های پژوهش

با بررسی آماری روزهای طوفانی با سرعت پایه ۱۷ m/s و شدیدتر از آن طی دوره آماری مورد مطالعه (۲۰۰۹-۱۹۹۰)، همان طوری که جدول (۳) نشان می‌دهد، ایستگاه سینوپتیک سرپل‌ذهاب با ۹۸ مورد مشاهدات بیشترین و ایستگاه سینوپتیک اسلام‌آباد با ۷۲ مورد از کمترین فراوانی برخوردار بوده‌اند. سریعترین باد ثبت شده با سرعت ۳۴ m/s نیز

شدید و یا طوفان‌هایی رخ می‌دهد که سرعت آنها از سرعت بیشینه در بعضی از سال‌ها بزرگتر می‌باشد و بایستی از نظر جلوگیری از خسارات آنها و ایمنی سازه‌ها مد نظر قرار گیرند. تاکنون در پژوهشهای صورت گرفته توسط محققین و بکارگیری روشهایی مانند توزیع نرمال، توزیع گمبل و توزیع ویبول، تنها حداکثر سرعت طوفان هر سال در نظر گرفته می‌شد. در این تحقیق به روش تجزیه و تحلیل سریهای جزئی، ابتدا بادهای بالاتر از یک سرعت پایه، انتخاب گردیده و بدون توجه به سالی که در آن اتفاق افتاده‌اند ردیف شده و از رابطه ویبول احتمال وقوع آنها محاسبه گردید. سپس در بررسی طوفانهای شدید با دوره بازگشت معین و با استفاده از سالهای آماری مشخص (۱۹۹۰-۲۰۰۹)، سرعت پایه ( $W_0$ ) به نحوی انتخاب گردید که سالانه به طور میانگین بین ۳ تا ۵ بار بادهای شدیدتر از آن اتفاق افتاده باشد. در این روش، درستی نتایج منوط به چنین شرطی است که:

$$3 \leq \lambda(f) \leq 5$$

برای پایه انتخابی برقرار شود. در گام دیگر آمار تمام بادهای شدید و طوفان‌هایی که بیش از مقدار پایه ( $W_0$ ) است استخراج گردید. با در نظر گرفتن کلیه بادهای شدید با سرعت بیش از سرعت پایه ( $W_0$ ) که با ( $W_i$ ) مشخص شده است، متوسط وقوع آنها در سال با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید. برای پیش بینی سرعت طوفان با دوره بازگشت مورد نظر از معادله (۲) و سرعت متوسط طوفانهای پیش بینی شده از معادله (۳) استفاده گردید (مه‌دوی، ۱۳۸۶: ۸۹) که نتایج کلی در جدول (۳) آمده است.

معادله (۱) (مه‌دوی، ۱۳۸۶: ۸۹):  $\lambda(f) = \frac{M}{N}$  معادله (۲)

معادله (۳)  $W_T = (W_0 + (\beta \times \ln \lambda)) + (\beta \times \ln T)$

متعلق به ایستگاه سرپل ذهاب بوده است. کمترین مقدار سرعت بادهای شدید و طوفانی در ایستگاههای

جدول ۳. تعداد روزهای همراه با باد شدید ( $17 \text{ m/s}$  و بالاتر) و سریعترین باد ثبت شده در

ایستگاه‌های مورد مطالعه طی سالهای (۲۰۰۹-۱۹۹۰)

ردیف	ایستگاه سینوپتیک	روزهای همراه با باد شدید ( $17 \text{ m/s}$ و بالاتر)	سرعت شدیدترین باد ثبت شده (متر بر ثانیه)
۱	اسلام آباد	۷۲	۱۹/۵
۲	روانسر	۹۴	۲۴/۵
۳	کرمانشاه	۷۶	۲۰
۴	سرپل ذهاب	۹۸	۳۴
۵	کنگاور	۹۰	۲۲

روش تحقیق (معادلات ۲ و ۳) صورت گرفته است، به اختصار در جدول شماره (۴) آمده است. براساس نتایج حاصله، پیش‌بینی می‌شود در یک دوره بازگشت ۱ ساله، با احتمال نزدیک به ۱۰۰ درصد، طوفانی با سرعت  $18/84 \text{ m/s}$  به وقوع پیوندد. پیش‌بینی احتمال وقوع طوفان، برای دوره‌های بازگشت با بازه زمانی طولانی‌تر (۲ تا ۱۰۰ سال)، از احتمال وقوع بادهای شدید و طوفانی با سرعتهای بیشتر خبر می‌دهد، به این مفهوم که یک رابطه خطی و مستقیم میان این دو برقرار می‌باشد، هرچند که با طولانی‌تر شدن دوره بازگشت، درصد احتمال وقوع ضعیف‌تر می‌گردد. به طوری که در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله، پیش‌بینی می‌شود با احتمال ۱ درصد، طوفانی با سرعت  $24/06 \text{ m/s}$  در شهرستان اسلام‌آباد اتفاق بیفتد. گرچه درصد احتمال وقوع طوفان با سرعت مذکور خیلی ضعیف می‌باشد، اما احتمال اینکه طوفانی با سرعت قید شده، در یک بازه زمانی ۱۰۰ ساله رخ دهد، دور از انتظار نمی‌باشد. بنابراین در برنامه ریزیهای محیطی منطقه، باید احتمال وقوع طوفانهای با سرعت بیش از  $24 \text{ m/s}$  را در نظر گرفت تا با ایمن‌سازی سازه‌ها، در

- پیش‌بینی احتمال وقوع بادهای شدید و طوفان

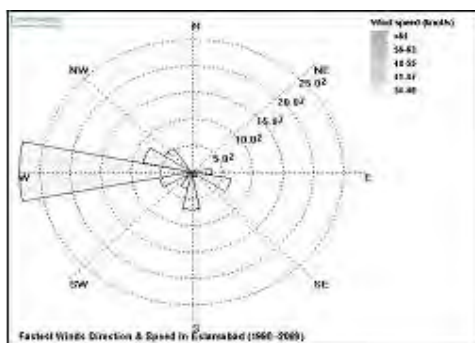
در ایستگاه‌های مورد مطالعه

- ایستگاه سینوپتیک اسلام‌آباد

گلباد سالانه‌ی حاصل از سریعترین بادهای ( $17 \text{ m/s}$  و بیشتر) ایستگاه سینوپتیک اسلام‌آباد طی دوره‌ی آماری (۲۰۰۹-۱۹۹۰) در شکل (۲) آمده است. گلباد مذکور براساس سرعت پایه  $17 \text{ m/s}$  به جای سرعت پایه گلباد (حذف بادهای با سرعت کمتر از مقدار مذکور) حاصل شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، تمامی بادهای سریع در ایستگاه اسلام‌آباد دارای سرعتی بین ۱۷ تا ۲۰ متر در ثانیه یعنی در ردیف باد شدید (Fresh gale) جدول مقیاس بیوفورت قرار می‌گیرند. براساس گلباد مذکور، بیشترین و سریعترین بادهای اسلام‌آباد در جهت غربی (W) اتفاق افتاده است. میانگین بادهای شدید این ایستگاه طی دوره مذکور  $18/2 \text{ m/s}$  بوده است.

نتایج حاصل از پیش‌بینی احتمال وقوع بادهای شدید و طوفانی با سرعت بالاتر از سرعت پایه ( $\text{m/s}$ ) ایستگاه سینوپتیک اسلام‌آباد، در بازه‌های زمانی مختلف، که براساس معادلات معرفی شده در

صورت وقوع طوفانی با خصوصیات مذکور، خساراتی به تأسیسات وارد نگردد.



شکل ۲. گلباد سریعترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از ۱۷ m/s ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (۱۹۹۰-۲۰۰۹)

جدول ۴. میانگین سرعت و پیش بینی احتمال وقوع طوفانهای با سرعت پایه ۱۷ m/s با دوره بازگشت T به روش سریهای جزئی در ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد

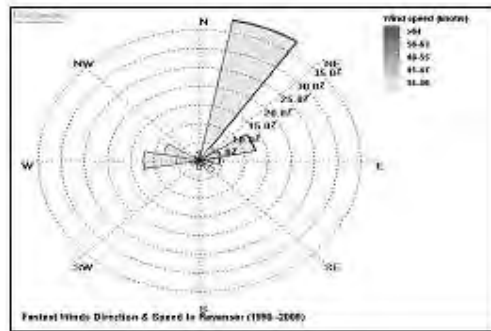
P%= درصد احتمال	۱	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
T= دوره بازگشت به سال	۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۵	۲	۱
$\beta * \ln T =$ ضریب تناوب	۱۰/۱۲	۸/۵۸	۶/۶	۵/۰۶	۳/۵۲	۱/۵۴	۰
سرعت باد پیش‌بینی شده (knots/s)	۴۶/۷۲	۴۵/۳۸	۴۳/۴	۴۱/۸۶	۴۰/۳۲	۳۸/۳۴	۳۶/۸
سرعت باد پیش‌بینی شده (m/s)	۲۴/۰۶	۲۳/۳۷	۲۲/۳۵	۲۱/۵۵	۲۰/۷۶	۱۹/۷۴	۱۸/۸۴
$\lambda(f) = 3/6 \quad \beta = 2/2 \quad \beta * \ln \lambda = 7/8 \quad W_0 = 34 \text{ (knots/s)}$ $\bar{W} = 37/4 \text{ (knots/s)} \quad M = 72 \quad N = 20 \quad \ln \lambda(f) = 1/28$							

ردیف تند باد (Strong gale) از جدول مقیاس بیوفورت جای می‌گیرند (شکل ۳). پیش‌بینی احتمال وقوع و دوره بازگشت سریع‌ترین بادهای شهرستان روانسر با استفاده از روش سری‌های نسبی نیز در جدول (۵) آمده است. بر اساس محاسبات، احتمال وقوع طوفانی با سرعت ۲۰/۵۳ m/s نزدیک به ۱۰۰٪ می‌باشد. همچنین احتمال وقوع طوفانهای با سرعت ۲۹ m/s با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله متصور می‌باشد. در صورت رخداد این طوفانهای شدید، قدرت تخریبی آن بسیار زیاد بوده و می‌تواند خساراتی را ببار آورد.

- ایستگاه سینوپتیک روانسر

طی دوره آماری مورد مطالعه (۱۹۹۰-۲۰۰۹) سریعترین باد مشاهده شده در ایستگاه سینوپتیک روانسر، m/s ۲۴/۵ بوده که در تاریخ (۲۰۰۳/۱۲/۱۱) با جهت ۳۰ درجه شمال شرقی اتفاق افتاده است. میانگین سرعت بادهای با سرعت بیش از سرعت پایه، m/s ۱۸/۸ بوده است. بر اساس گلباد سالانه سریعترین بادهای (۱۷ m/s) بیشتر) ایستگاه سینوپتیک روانسر در طول دوره آماری (۱۹۹۰-۲۰۰۹)، حدود ۳۸/۵ درصد از بادهای سریع ایستگاه مذکور دارای جهت شمال شرقی (NE) و در





شکل ۳. گلباد سریعترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از ۱۷ m/s ایستگاه سینوپتیک روانسر (۱۹۹۰-۲۰۰۹)

جدول ۵. میانگین سرعت و پیش‌بینی احتمال وقوع طوفانهای با سرعت پایه ۱۷ m/s با دوره بازگشت T به

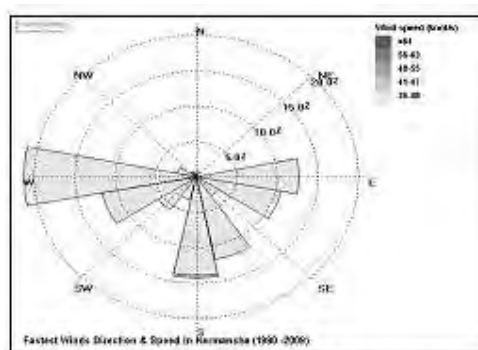
روش سریهای جزئی در ایستگاه سینوپتیک روانسر

P% = درصد احتمال	۱	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
T = دوره بازگشت به سال	۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۵	۲	۱
$\beta * \ln T =$ ضریب تناوب	۱۷/۴۸	۱۴/۸۲	۱۱/۴	۸/۷۴	۶/۰۸	۲/۶۶	۰
سرعت باد پیش‌بینی شده (knots/s)	۵۷/۳۶	۵۴/۷	۵۱/۲۸	۴۸/۶۲	۴۵/۹۶	۴۲/۵۴	۳۹/۸۸
سرعت باد پیش‌بینی شده (m/s)	۲۹/۵۴	۲۸/۱۷	۲۶/۴۰	۲۵/۰۳	۲۳/۶۶	۲۱/۹۰	۲۰/۵۳
$\lambda(f) = 4.7 \beta = 3.8 \beta * \ln \lambda = 5.88 \quad W_p = 3.4 \text{ (knots/s)}$							
$\bar{W} = 37.7 \text{ (knots/s)} \quad M = 9.4 \quad N = 20 \quad \ln \lambda(f) = 1.05$							

- ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه

حدود ۲۰/۶ m/s را به خود اختصاص داده و فراوانی بادهای سریع در قطاع شرقی ایستگاه کرمانشاه نسبت به قطاع غربی آن کمتر است. پیش‌بینی احتمال وقوع بادهای شدید و با دوره های بازگشت (۱، ۲، ۵، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ ساله) به روش تجزیه و تحلیل سریهای جزئی بیانگر احتمال وقوع بادهای شدید و گاهها" طوفان در شهرستان کرمانشاه می باشد (جدول ۶). به طوری که احتمال وقوع سالانه باد شدید و با سرعت ۱۹ m/s نزدیک به ۱۰۰٪ می باشد. در دوره ی بازگشت ۱۰۰ ساله نیز، پیش‌بینی می شود، طوفانی با سرعت ۲۴/۲۶ m/s رخ دهد.

طی دوره آماری مورد مطالعه (۱۹۹۰-۲۰۰۹) سریعترین باد مشاهده شده در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه m/s ۲۰/۶ که در تاریخ (۲۰۰۰/۱۰/۲۵) با جهت (۱۸۰) درجه (جنوبی اتفاق افتاده است. میانگین سرعت بادهای تند، شدید و طوفانی با سرعت پایه ۱۷ m/s و بالاتر در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه، ۳۴/۴ m/s بوده است. بر اساس گلباد حاصل از سریعترین بادهای ایستگاه مذکور (شکل ۴)، سریع‌ترین بادهای در شهرستان کرمانشاه از قطاع جنوبی می‌وزند، جهت غربی با حدود ۲۱/۵ درصد بیشترین فراوانی وقوع و سرعت



شکل ۴. گلباد سریعترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از ۱۷ m/s ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه (۱۹۹۰-۲۰۰۹)

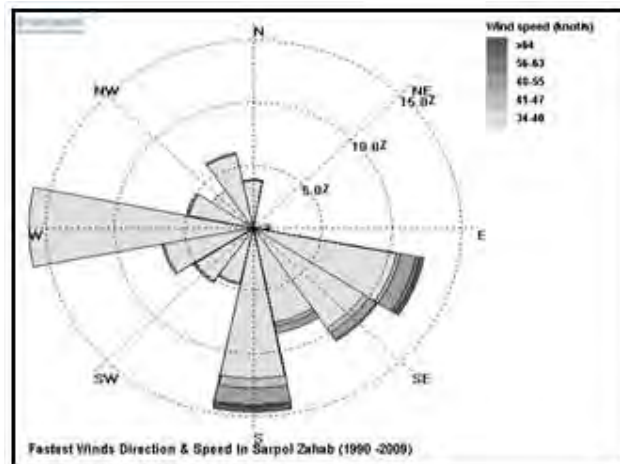
جدول ۶. میانگین سرعت و پیش بینی احتمال وقوع طوفانهای با سرعت پایه ۱۷ m/s با دوره بازگشت T به روش سریهای جزئی در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه

P% = درصد احتمال	۱	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
T = دوره بازگشت به سال	۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۵	۲	۱
$\beta * \ln T =$ ضریب تناوب	۱۰/۰۲	۸/۵۰	۶/۳۹	۵/۰۱	۳/۴۸	۱/۵۲	۰
سرعت باد پیش‌بینی شده (knots/s)	۴۷/۱۱	۴۵/۴۱	۴۳/۳	۴۱/۹۲	۴۰/۳۹	۳۸/۴۳	۳۶/۹۱
سرعت باد پیش‌بینی شده (m/s)	۲۴/۲۶	۲۳/۳۸	۲۲/۲۹	۲۱/۵۸	۲۰/۸۰	۱۹/۷۶	۱۹
$\ln \lambda = 2.18 \beta = 3.78 \ln(f) =$							
$1.33 \ln \lambda(f) = 2.0 \quad N = 76 \quad (knots/s) \quad M = 35.8 \quad \bar{W} =$							

سریعترین باد های سرپل ذهاب از سمت جنوب و جنوب شرق است. در اولویت بعدی بادهای غربی از بالاترین فراوانی برخوردارند ولی شدت آنها نسبت به بادهای جنوب و جنوب شرقی کمتر است (شکل ۵). نتایج حاصل از پیش‌بینی احتمال وقوع و دوره بازگشت بادهای تند، شدید و طوفانی ایستگاه سرپل ذهاب به روش سریهای جزئی بیانگر احتمال وقوع بادهای شدید و مخاطره‌آمیزی می‌باشد. به طوری که همه ساله احتمال وقوع تندبادی با سرعت  $23/56 \text{ m/s}$  نزدیک به ۱۰۰٪ می‌باشد. همچنین احتمال وقوع طوفان بسیار شدید با سرعت  $41/09 \text{ m/s}$  در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله متصور می‌باشد (جدول ۷). بنابراین وقوع طوفانهای مخرب را می‌توان به عنوان یکی از مخاطرات طبیعی شهرستان سرپل ذهاب برشمرد که ضرورت دارد برنامه‌ریزان شهرستانی و

ایستگاه سینوپتیک سرپل ذهاب فراوانی و شدت بادهای با سرعت  $17 \text{ m/s}$  در ایستگاه سینوپتیک سرپل ذهاب، از دیگر ایستگاه‌ها بیشتر بوده است. به طوری که طی دوره آماری (۱۹۹۰-۲۰۰۹) سریعترین باد مشاهده شده در ایستگاه سینوپتیک مذکور  $35 \text{ m/s}$  در ثانیه با جهت جنوبی (S) و (SE) در دو مورد اتفاق افتاده است. شهر سرپل ذهاب که در غرب استان کرمانشاه واقع شده است، عواملی از قبیل ارتفاع پایین آن از سطح دریا، استقرار آن در یک پهنه نسبتاً هموار و نبود ارتفاعات و ناهمواریهای قابل توجه در مسیر جریان باد، از دلایل افزایش سرعت باد در این شهر می‌باشد. میانگین سرعت بادهای با سرعت پایه و بالاتر در ایستگاه مذکور  $30 \text{ m/s}$  بوده است. بر اساس گلباد سالانه با سرعت پایه و بالاتر بیشترین فراوانی و

استانی در راستای کاهش خسارات و مشکلات ناشی از این پدیده، تدابیر لازم را اتخاذ نمایند.



شکل ۵. گلباد سریعترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از ۱۷ m/s ایستگاه سینوپتیک سرپل ذهاب (۱۹۹۰-۲۰۰۹)

جدول ۷. میانگین سرعت و پیش‌بینی احتمال وقوع طوفانهای با سرعت پایه ۱۷ متر در ثانیه با دوره بازگشت T به روش سریهای جزئی در ایستگاه سینوپتیک سرپل ذهاب

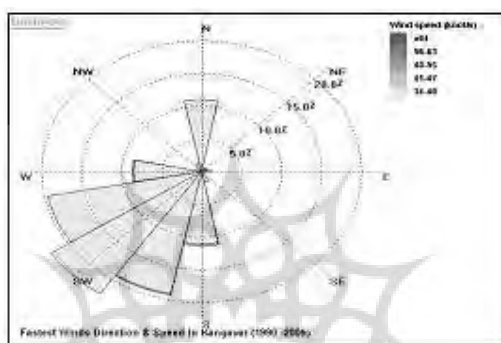
P% = درصد احتمال	۱	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
T = دوره بازگشت به سال	۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۵	۲	۱
$\beta * \ln T =$ ضریب تناوب	۳۴/۰۴	۲۸/۸۶	۲۲/۲	۱۷/۰۲	۱۱/۸۴	۵/۱۸	۰
سرعت باد پیش‌بینی شده (knots/s)	۷۹/۸	۷۴/۶۲	۶۷/۶۹	۶۲/۷۸	۵۷/۶	۵۰/۹۴	۴۵/۷۶
سرعت باد پیش‌بینی شده (m/s)	۴۱/۰۹	۳۸/۴۲	۳۴/۸۶	۳۲/۳۳	۲۹/۶۶	۲۶/۲۳	۲۳/۵۶
$\lambda(f) = 4/9 \beta = 7/4 \beta * \ln \lambda = 11/76 W_{0.3} = 34 \text{ (knots/s)}$							
$\bar{W} = 58/72 \text{ (knots/s)} \quad M = 98 \quad N = 20 \quad \ln \lambda(f) = 1/59$							

سریعترین بادهای کنگاور متعلق به جهات جغرافیایی جنوب، جنوب‌غرب و غرب می‌باشد به طوری که می‌توان این جهات را جهات غالب بادهای تند، شدید و طوفانی کنگاور معرفی نمود. آخرین مورد در این تحقیق، پیش‌بینی احتمال وقوع طوفانهای با سرعت بالاتر از سرعت پایه در ایستگاه سینوپتیک کنگاور بوده است. نتایج حاصل از پیش‌بینی در دوره‌های بازگشت مختلف، به اختصار در جدول شماره (۸) آمده است. پیش‌بینی می‌شود در یک دوره بازگشت ۱ ساله، با احتمال نزدیک به ۱۰۰ درصد، تندبادی با

ایستگاه سینوپتیک کنگاور گلباد سالانه‌ی بادهای تند، شدید و طوفانی ایستگاه کنگاور طی دوره‌ی آماری (۱۹۹۰-۲۰۰۹) در شکل (۶) آمده است. همان‌طوری که دیده می‌شود، سریعترین بادهای مشاهده شده در ایستگاه سینوپتیک کنگاور در راستای جنوب جنوب شرقی و غرب (۱۶۰ درجه تا ۲۸۰ درجه) رخ داده‌اند. درصد کمی از آنها نیز (حدود ۱۲ درصد) از جهت شمالی وزیده‌اند. میانگین بادهای تند، شدید و طوفانی در ایستگاه مذکور ۳۸/۹ گره در ثانیه بوده است. در مجموع بیشترین فراوانی وقوع و

شدن دوره‌ی بازگشت، درصد احتمال وقوع ضعیف‌تر می‌گردد. به طوری که در دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ ساله، پیش‌بینی می‌شود با احتمال ۱ درصد، طوفان شدیدی با سرعت نزدیک به  $30/39 \text{ m/s}$  در شهرستان کنگاور اتفاق بیفتد. گرچه درصد احتمال وقوع چنین طوفانی خیلی ضعیف می‌باشد، اما امکان رخداد آن، در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله دور از انتظار نیست.

سرعت  $40/16$  گره در ثانیه در ایستگاه مذکور رخ دهد. بنابراین در شهرستان کنگاور، هر ساله می‌توان شاهد تندی‌بادی بود که با سرعت حداقل ( $20/68 \text{ m/s}$ ) اتفاق بیفتد. پیش‌بینی احتمال وقوع طوفان، برای دوره‌های بازگشت با بازه‌ی زمانی طولانی‌تر (۲ تا ۱۰۰ سال)، از احتمال وقوع طوفان‌های شدیدتر خبر می‌دهد، به این مفهوم که یک رابطه خطی و مستقیم میان این دو برقرار می‌باشد، هرچند که با طولانی‌تر



شکل ۶. گلباد سریعترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از  $17 \text{ m/s}$  ایستگاه سینوپتیک کنگاور (۱۹۹۰-۲۰۰۹)

جدول ۸. میانگین سرعت و پیش‌بینی احتمال وقوع طوفانهای با سرعت پایه  $17 \text{ m/s}$  با دوره بازگشت  $T$  به روش سریهای جزئی در ایستگاه سینوپتیک کنگاور

P%= درصد احتمال	۱	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
T= دوره بازگشت به سال	۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۵	۲	۱
سرعت باد پیش‌بینی شده (knots/s)	۵۹/۰۲	۵۶/۱۶	۵۲/۴۶	۴۹/۵۹	۴۶/۷۲	۴۳/۰۳	۴۰/۱۶
سرعت باد پیش‌بینی شده (m/s)	۳۰/۳۹	۲۸/۹۲	۲۷/۰۱	۲۵/۰۵	۲۴/۰۶	۲۲/۱۶	۲۰/۶۸
$\lambda(f) = 4/5 \quad \beta = 4/1 \quad \beta * \ln \lambda = 6/16 \quad W_0 = 34 \text{ (knots/s)}$							
$\bar{W} = 38/9 \text{ (knots/s)} \quad M = 90 \quad N = 20 \quad \ln \lambda(f) = 1/5$							

کرمانشاه ۷۶ روز، ایستگاه کنگاور ۹۰ روز، ایستگاه روانسر ۹۴ روز و ایستگاه سرپل‌ذهاب ۹۸ روز همراه با باد (سرعت  $17 \text{ m/s}$  و بیشتر) مشاهده شده است. براساس بررسی داده‌های بادسنجی، حداکثر سرعت باد ثبت شده در میان ۵ ایستگاه مورد مطالعه،  $35 \text{ m/s}$  و متعلق به ایستگاه سرپل‌ذهاب بوده است. به لحاظ مقایسه ایستگاه‌ها، احتمال وقوع طوفان‌های مخاطره‌آمیز در ایستگاه سرپل‌ذهاب نسبت به بقیه

#### - نتیجه گیری

با توجه به یافته‌های به دست آمده، وقوع بادهای تند، شدید و طوفانی با سرعت  $17 \text{ m/s}$  و بالاتر، در ایستگاه‌های اسلام‌آباد، روانسر، کرمانشاه، سرپل‌ذهاب و کنگاور از توابع استان کرمانشاه، یک پدیده نسبتاً متداول و از خصوصیات طبیعی منطقه می‌باشد. به طوری که طی یک دوره‌ی آماری ۲۰ ساله (۲۰۰۹-۱۹۹۰)، در ایستگاه اسلام‌آباد ۷۲ روز، ایستگاه

بازگشت ۱۰۰ ساله، با احتمال ۱ درصد طوفانی با سرعت  $41/09\text{m/s}$  در ایستگاه سرپل‌ذهاب،  $30/39\text{m/s}$  در ایستگاه کنگاور،  $29/54\text{m/s}$  در ایستگاه روانسر،  $24/26\text{m/s}$  در ایستگاه کرمانشاه و  $24/06\text{m/s}$  در ایستگاه اسلام‌آباد رخ دهد. بنابراین جهت برنامه‌ریزیها در مطالعات محیطی، می‌بایست احتمال وقوع طوفانهای با سرعت بیش  $17\text{m/s}$  را در نظر گرفت تا ضمن ایمن‌سازی سازه‌ها، در صورت وقوع بادهای تند، شدید و طوفانی میزان خسارات وارده به حداقل ممکن تقلیل یابد.

ایستگاه‌ها بیشتر و در ایستگاه اسلام‌آباد کمتر بوده است. نتایج حاصل از پیش‌بینی احتمال وقوع طوفان‌های با سرعت بالاتر از سرعت پایه ( $17\text{m/s}$ )، که به روش تجزیه و تحلیل سریهای جزئی در دوره‌های بازگشت مختلف انجام گرفت، نشان داده است با احتمال نزدیک به ۱۰۰ درصد در دوره بازگشت ۱ ساله بادهای شدید و طوفانی با سرعت  $18/84\text{m/s}$  در ایستگاه اسلام‌آباد،  $19\text{m/s}$  در ایستگاه کرمانشاه،  $20/53\text{m/s}$  در ایستگاه روانسر،  $20/68\text{m/s}$  در ایستگاه کنگاور و  $23/56\text{m/s}$  در ایستگاه سرپل‌ذهاب به وقوع پیوندند. همچنین پیش‌بینی می‌شود در یک دوره

#### جدول ۹. نتایج کلی پیش‌بینی احتمال وقوع بادهای شدید و طوفانی

با دوره بازگشت T به روش سریهای جزئی در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

P%=1/T: (درصد احتمال):							
۱	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰	T: (دوره بازگشت به سال):
۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۵	۲	۱	سرپل‌ذهاب
۴۱/۰۹	۳۸/۴۲	۳۴/۸۶	۳۲/۳۳	۲۹/۶۶	۲۶/۲۳	۲۲/۵۶	سرعت باد
۳۰/۳۹	۲۸/۹۲	۲۷/۰۱	۲۵/۰۵	۲۴/۰۶	۲۲/۱۶	۲۰/۶۸	پیش‌بینی شده به
۲۹/۵۴	۲۸/۱۷	۲۶/۴۰	۲۵/۰۳	۲۳/۶۶	۲۱/۹۰	۲۰/۵۳	در (m/s)-
۲۴/۲۶	۲۳/۳۸	۲۲/۲۹	۲۱/۵۸	۲۰/۸۰	۱۹/۷۶	۱۹	ایستگاههای مورد
۲۴/۰۶	۲۳/۳۷	۲۲/۳۵	۲۱/۵۵	۲۰/۷۶	۱۹/۷۴	۱۸/۸۴	مطالعه

سیستان، طرح پژوهشی، پژوهشکده علوم زمین و جغرافیا، انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان، ص ۲.

دلایان، محمدرضا، (۱۳۸۲)، تعیین مدل آماری مناسب برای پیش‌بینی سرعت و جهت بادهای فرساینده در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، میرزا مصطفی، ناصر، دانشگاه شیراز، گروه خاکشناسی.

رازجویان، محمود، (۱۳۸۶)، آسایش در پناه باد، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۲۴۶.

منابع

خالدی، شهریار، (۱۳۸۰)، بلایای طبیعی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۴۶.

جعفرپور، ابراهیم، (۱۳۸۵)، اقلیم‌شناسی، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، ۱۹۴.

جوان‌نشان، مهیندخت، (۱۳۸۳)، تحلیل آماری بادهای شدید در استان تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گرایش اقلیم‌شناسی در برنامه ریزی محیطی، حجازی زاده، زهرا، دانشگاه تربیت معلم، گروه جغرافیا.

خسروی، محمود، و سلیقه، محمد، (۱۳۸۴)، اثرات اکولوژیکی و زیست محیطی بادهای ۱۲۰ روزه

- سازمان هواشناسی کشور، (۱۳۸۵)، مرکز پژوهش مخاطرات اقلیمی، بولتن علمی شماره ۳، تابستان ۱۳۸۵، صص ۲۶-۱۷.
- ستاد حوادث غیرمترقبه کشور، (۱۳۸۹)، گزارش فنی ستاد حوادث غیرمترقبه کشور از رخداد طوفان در ایران.
- ستاد حوادث غیرمترقبه استان کرمانشاه، (۱۳۸۸)، گزارش مسئول ستاد حوادث غیرمترقبه استان کرمانشاه از رخداد طوفان در برخی از شهرستانهای استان کرمانشاه.
- طاوسی، تقی، (۱۳۸۰)، تحلیل علل هیدروکلیماتولوژی بیابان زایی، مطالعه موردی: حاشیه چاله گاوخونی، رساله دوره دکتری، غیور، حسنعلی (استاد راهنما)، دانشگاه تربیت مدرس، گروه جغرافیا.
- علیجانی، بهلول، (۱۳۸۵)، آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، ۲۲۰.
- علیزاده، امین، و کمالی، غلامعلی، (۱۳۸۶)، هوا و اقلیم شناسی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۷۸.
- قائمی، هوشنگ، و عدل، محمود، (۱۳۷۱)، ناپایداری و طوفانهای رعد و برق، سازمان هواشناسی کشور، صص ۱۰-۷.
- کاویانی، محمدرضا، و علیجانی، بهلول، (۱۳۸۶)، مبانی آب و هواشناسی، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی در دانشگاهها (سمت)، ۵۸۲.
- محمدی، حسین، (۱۳۸۷)، مخاطرات جوی، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۱۷.
- مرجانی، سید صدرالدین، (۱۳۷۲)، بررسی سینوپتیکی بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه در خراسان، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه تهران.
- مسعودیان، سید ابوالفضل، و کاویانی، محمدرضا، (۱۳۸۶)، اقلیم شناسی ایران، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۱۸۰.
- مصطفی، ناصر میرزا، و خلیلی، داور، و ناظم السادات، محمد جعفر، (۱۳۸۷)، پیش بینی ساعتی سرعت و جهت بادهای فرساینده با استفاده از داده های ۳ ساعته، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان، جلد ۱۵، شماره ۱، صص ۸۵-۶۹.
- معاونت برنامه ریزی استانداری، (۱۳۸۷)، سالنامه آماری استان کرمانشاه، انتشارات مرکز آمار ایران.
- مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، (۱۳۸۳)، اطلس گیتاشناسی استانهای ایران، چاپ هامون.
- مهدوی، محمد، (۱۳۸۵)، هیدرولوژی کاربردی (جلد اول)، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۴۲.
- مهدوی، محمد، (۱۳۸۶)، هیدرولوژی کاربردی (جلد دوم)، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۲۵.
- Dayan U. and Koch J. (1986), A Synoptic analysis of the meteorological conditions affecting dispersion of pollutants emitted from tallstacksin the coastal plain of Israel, pp: 537- 543.
- Hagen, L.J. (1976), A wind erosion predication system to meet user needs. j. soil water conserve. 46: 106-11.
- Housner, G.W. 1989, An international decade for natural disaster reduction, 1990-2000. Natural Hazards 2: 45-75.
- Lin, Gguanghui. (2002), dust storm in the 1930 and sand storm in 1999 in the USA, Global Alarm; dust and sand storm from the world dry lands, pp: 160-170.
- Stewart, D.A. and Essenwanger. O.M. (1987), Frequency distribution of wind speed near the surface. j. Appl. Meteor. 17:633-642.
- Zobeck, T.M. (1991), Soil properties affecting wind erosion. J. Soil water conserve. 46: 112-118.

## Statistical Analyze and Predicting Incident Probability of Stormy and Strong Winds in Kermanshah Province

T. Tavoosi, K. Raeispoor, E. Feykrezaei

Received: April 8, 2011 / Accepted: June 9, 2012, 23-24 P

### Extended Abstract

#### 1- Introduction

All around the world disasters and hazards occurs that always endanger human life and property. Among these disasters, storm is one of the most dangerous that allocate about 30 percent share of 90 percent natural disasters related to climatic factors and yearly enter irreparable damage in life and property. In some area of Iran occur incidence of storms by speed more than 100 kilometers in one hour occurred times.

Kermanshah province has located in the western end of Iran's country, is one of the areas that effected by these storms.

#### 2- Methodology

To study statistically and predicting incident probability of stormy and strong winds of Kermanshah province is used way of analyzing and partial series used anemometer data in 5 stations synoptic in Islamabad, Ravansar, Kermanshah,

Sarpolzehab and Kangavar throughout statistical period 20 years (1990-2009). In this method by proposing this argument that occur strong winds or storms in few years which their speed is more than maximum speed and must consider for preventing damages and safety. After regulating matrix table of data, by using SPSS software data are arranged. To select days along with stormy and strong wind, winds with equal speed and more than 17m/s (strong wind base in scale of Biofort ) and accepted by weather meteorology organization(WMO) is accounted as days by stormy and strong wind. Correctness and homogeneous of data is accepted by using of followings test. At first winds by speed higher than base speed is selected and without attention to the year occurrence are ranked and accounted incident probability by Vibol relation. Then in studying strong storms by certain return period and by using certain statistical years (2009-1990) base speed is selected that occurs annual at average between 3 to 5 stronger winds. At the other stage all strong winds and storms that is more than base amount is extracted. By considering all strong winds by speed more than base speed, average occurrence at year is

---

#### Author(s)

T. Tavoosi(✉)  
Associate Professor of Climatology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran  
E-mail: t.tavoosi@gep.usb.ac.ir  
K. Raeispoor  
Ph D. student of Climatology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran  
E. Feykrezaei  
MA. of Climatology, University of Zanjan, Zanjan, Iran

accounted and finally storm speed by certain return period and average speed of predicted storms is obtained.

### 3– Discussion and Conclusion

Considering that obtained findings, occurrence of strong winds and storm with speed (17m/s) and more at Islamabad, Ravansar, Kermanshah, Sarpolzahab and Kangavar station is phenomenon relative common and is natural properties of region. Throughout statistical period (1990-2009), Islamabad station 72 days, Kermanshah station 76 days, Kangaver station 90 days, Ravansar station 94 days Sarpolzahab station 98 days. With wind (17 m/s and higher) has been observed. According to studying and movneter data, maximum recorded wind speed among studied 5 stations, has been 34 m/s and belonged to Sarpolzahab station. By comparison of station, probability of occurrence at dangerous storms at Sarpol Zahab station has been more than other station and less at Islamabad station. predicting probability of occurrence of storms by speed more than base that performed by analyzing and decomposition method of partial series in return periods, has been showed that by probability near to 100 percent in return period of 1 year stormy and stormy and strong winds by speed 18/84 m/s at Islamabad station, 19 m/s at Kermanshah station, 20/53 m/s at Ravansar station, 20/68 m/s at Kangaver station and 23/56 m/s at Sarpolzahab have been occurred. Also predicted that in one return period 100 years, by probability 1 percent storm by speed 41/09 m/s at Sarpolzahab station, 30/39 m/s at Kangaver station, 29/54 m/s at Islamabad station has been occurred. Among recorded data throughout statistical period, Sarpolzahab by 98 days, along with stormy and strong wind and Islamabad station by 72 days, have been the least days by stormy and strong wind. Maximum observed storm speed 34 m/s belonged to Sarpolzahab station

minimum observed storm speed 19/57 s belonged to Islamabad station.

Drawing annul wind rose by WRPLOT software is showed that direction of stormy and strong wind of region has been different at studied station. The results predict probability of incidence of stormy and stormy winds for studied stations in return period. Probability of occurrence predict maximum speed in one return period 100 years at Sarpolzahab station to 41/09 m/s. In addition probability of occurrence of strong winds by speed more than 18 m/s in return period one year at mentioned stations is near to 100%. Thus, in environmental planning and safety of structures must consider occurrence of this natural danger that decrease these damages.

**Keywords:** Natural calamities, Severe winds and Storm, Partial series, Kermansha Province.

### References

- Dayan U. and Koch J.(1986), A Synoptic analysis of the meteorological conditions affecting dispersion of pollutants emitted from tallstacksin the coastal plain of Israel, pp: 537– 543.
- Hagen, L.J. (1976), A wind erosion predication system to meet user needs . j . soil water conserve .46: 106-11.
- Housner, G.W . 1989, An international decade for natural disaster reduction, 1990-2000. Natural Hazards 2: 45-75.
- Lin, Gguanghai. (2002), dust storm in the 1930 and sand storm in 1999 in the USA, Global Alarm; dust and sand storm from the world dry lands, pp: 160-170.
- Stewart, D.A. and Essenwanger. O.M. (1987), Frequency distribution of wind speed near the surface . j .Appl. Meteor .17:633-642.
- Zobeck, T.M. (1991), Soil properties affecting wind erosion. J. Soil water conserve. 46: 112-118.