



دانشکده‌ی ادبیات و علوم انسانی
گروه آموزشی جغرافیا

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
در رشته‌ی آب و هواشناسی گرایش آب و هواشناسی کاربردی

عنوان:

تحلیل آماری و پیش‌بینی احتمال وقوع بادهای شدید و توفانی استان اردبیل

استاد راهنما:

دکتر بتول زینالی

استاد مشاور:

دکتر بهروز سبحانی

پژوهشگر:

مریم احمدی شمس‌آباد

بهار ۱۳۹۶

نام خانوادگی دانشجو: احمدی شمس آباد	نام: مریم
عنوان پایان نامه: تحلیل آماری و پیش بینی احتمال وقوع بادهای شدید و توفانی استان اردبیل	
استاد راهنما: دکتر بتول زینالی	
استاد مشاور: دکتر بهروز سبحانی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	
رشته: آب و هواشناسی	گرایش: آب و هواشناسی کاربردی
دانشگاه: محقق اردبیلی	دانشکده: ادبیات و علوم انسانی
تاریخ دفاع: ۱۳۹۶/۲/۱۲	تعداد صفحات: ۹۵
<p>چکیده:</p> <p>در سراسر جهان بلایا و مخاطراتی است که همواره جان و مال بشر را در معرض خطر قرار می دهد. در میان این بلایا، توفان یکی از مخاطره آمیزترین آن ها می باشد و در ردیف بلایایی قرار دارد که منشأ آب و هوایی دارند. به منظور بررسی آماری و پیش بینی احتمال وقوع بادهای شدید و توفانی استان اردبیل به روش سری های جزئی، از داده های روزانه حداکثر سرعت و جهت باد ایستگاه های سینوپتیک اردبیل، مشکین شهر، خلخال و پارس آباد طی دوره آماری ۱۶ ساله (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) استفاده گردید. در این روش، سرعت پایه به نحوی انتخاب می شود که سالانه به طور میانگین بین ۳ تا ۵ بار بادهای شدیدتر از آن اتفاق افتاده باشد. بنابراین سرعت باد پایه برای ایستگاه های اردبیل و مشکین شهر، ۲۱ m/s و ایستگاه های خلخال و پارس آباد، ۱۵ m/s تعیین شد. صحت و همگنی داده ها با استفاده از آزمون دنباله ها (Run Test) تأیید گردید. بررسی فراوانی روزهای توفانی در طول دوره آماری بیانگر این است که ایستگاه مشکین شهر با ۷۹ روز بیشترین و ایستگاه خلخال با ۵۰ روز کمترین فراوانی روزهای توفانی را دارد. حداکثر سرعت توفان مشاهده شده ۴۵ m/s و متعلق به ایستگاه مشکین شهر است. با توجه به بررسی فصلی توفان ها، در ایستگاه اردبیل و مشکین شهر فصل زمستان توفان خیزترین و فصل تابستان در ایستگاه اردبیل فاقد روز توفانی و در ایستگاه مشکین شهر کم توفان ترین فصل می باشد. فصل بهار در ایستگاه پارس آباد و فصل بهار و زمستان در ایستگاه خلخال توفان خیزترین و فصل پاییز کم توفان ترین فصل این دو ایستگاه است. ترسیم گلباد سالانه و فصلی به کمک نرم افزار WRPLOT نشان داد که جهت بادهای شدید و توفانی منطقه، در ایستگاه های مورد مطالعه متفاوت است. نتایج، احتمال وقوع بادهای شدید و توفانی را برای ایستگاه های مطالعه شده در دوره بازگشت مختلف پیش بینی می کند. احتمال وقوع بالاترین سرعت توفان در یک دوره بازگشت صد ساله در ایستگاه مشکین شهر، تا ۴۸/۸۰ m/s پیش بینی می شود. علاوه بر آن احتمال وقوع بادهای شدید با سرعت بیش از ۱۵/۹۹ m/s در دوره بازگشت یک ساله در ایستگاه های مذکور نزدیک به ۱۰۰ درصد می باشد.</p>	
<p>کلید واژه ها: استان اردبیل، بادهای شدید، سری های جزئی، مخاطرات طبیعی</p>	

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
فصل اول: کلیات پژوهش	
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۱-۲- بیان مسئله
۵	۱-۳- سؤال پژوهش
۵	۱-۴- فرضیه پژوهش
۵	۱-۵- هدف پژوهش
۵	۱-۶- ضرورت و اهمیت پژوهش
فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه پژوهش	
۸	۲-۱- مبانی نظری پژوهش
۸	۲-۱-۱- تعریف باد
۸	۲-۱-۲- چگونگی تشکیل باد
۹	۲-۱-۳- عوامل مؤثر در بوجود آمدن باد
۹	۲-۳-۱-۱- شیب تغییرات فشار
۹	۲-۳-۱-۲- نیروی کوریولیس
۱۰	۲-۳-۱-۳- نیروی اصطکاک
۱۰	۲-۳-۱-۴- ترکیب عملکرد نیروها در ایجاد باد
۱۰	۲-۴-۱-۲- تقسیم‌بندی باد
۱۱	۲-۴-۱-۱- بادهای سیاره‌ای
۱۱	۲-۴-۱-۲- بادهای منطقه‌ای
۱۱	۲-۴-۱-۳- بادهای محلی
۱۲	۲-۵-۱-۲- تعریف توفان
۱۳	۲-۲- پیشینه‌های پژوهش

- ۱۳-۲-۱- پیشینه‌های خارجی ۱۳
- ۱۶-۲-۲- پیشینه‌های داخلی ۱۶
- ۲۳-۲-۳- جمع‌بندی ۲۳

فصل سوم: ویژگی‌های اقلیمی منطقه مورد مطالعه و مواد و روش پژوهش

- ۲۵-۱-۳- ویژگی‌های اقلیمی منطقه مورد مطالعه ۲۵
- ۲۵-۱-۱-۳- موقعیت جغرافیایی و وسعت استان اردبیل ۲۵
- ۲۶-۱-۲-۳- عوامل مؤثر بر آب و هوای استان اردبیل ۲۶
- ۲۸-۱-۳-۳- وضعیت ناهمواری‌ها ۲۸
- ۳۰-۲-۳- مواد و روش پژوهش ۳۰
- ۳۰-۱-۲-۳- داده‌های پژوهش ۳۰
- ۳۳-۲-۲-۳- روش پژوهش ۳۳
- ۳۳-۱-۲-۲-۳- تجزیه و تحلیل سری‌های جزئی ۳۳
- ۳۵-۲-۲-۲-۳- رسم گلباد ۳۵

فصل چهارم: نتایج و یافته‌های پژوهش

- ۳۷-۱-۴- یافته‌های پژوهش ۳۷
- ۳۸-۱-۱-۴- ایستگاه اردبیل ۳۸
- ۳۸-۱-۱-۱-۴- مشخصات روزهای توفانی ایستگاه اردبیل ۳۸
- ۴۶-۲-۱-۱-۴- پیش‌بینی احتمال وقوع توفان در ایستگاه اردبیل ۴۶
- ۴۸-۲-۱-۴- ایستگاه مشکین‌شهر ۴۸
- ۴۸-۱-۲-۱-۴- مشخصات روزهای توفانی ایستگاه مشکین‌شهر ۴۸
- ۵۸-۲-۲-۱-۴- پیش‌بینی احتمال وقوع توفان در ایستگاه مشکین‌شهر ۵۸
- ۶۰-۳-۱-۴- ایستگاه خلخال ۶۰
- ۶۰-۱-۳-۱-۴- مشخصات روزهای توفانی ایستگاه خلخال ۶۰
- ۷۰-۲-۳-۱-۴- پیش‌بینی احتمال وقوع توفان در ایستگاه خلخال ۷۰
- ۷۲-۴-۱-۴- ایستگاه پارس‌آباد ۷۲

۴-۱-۴-۱- مشخصات روزهای توفانی ایستگاه پارس آباد ۷۲

۴-۱-۴-۲- پیش‌بینی احتمال وقوع توفان در ایستگاه پارس آباد ۸۲

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و بحث

۵-۱- نتیجه‌گیری ۸۵

۵-۲- پاسخ به فرضیه پژوهش ۸۷

۵-۳- پیشنهادات ۸۸

فهرست منابع و مأخذ ۸۹

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۳: مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان اردبیل	۳۰
جدول ۲-۳: طبقه‌بندی سرعت باد براساس شاخص بیوفورت	۳۱
جدول ۳-۳: تعداد روزهای همراه با تندباد (21 m/s و شدیدتر) و سریع‌ترین باد ثبت شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰)	۳۲
جدول ۴-۳: تعداد روزهای همراه با باد شدید (15 m/s و شدیدتر) و سریع‌ترین باد ثبت شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰)	۳۲
جدول ۱-۴: سریع‌ترین باد ثبت شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰)	۳۷
جدول ۲-۴: وزش توفان در طبقات مختلف سرعت و جهات جغرافیایی در ایستگاه اردبیل طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰)	۳۹
جدول ۳-۴: میانگین سرعت و پیش‌بینی احتمال وقوع توفان‌های با سرعت پایه (21 m/s) با دوره بازگشت T به روش سری‌های جزئی در ایستگاه اردبیل	۴۷
جدول ۴-۴: وزش توفان در طبقات مختلف سرعت و جهات جغرافیایی در ایستگاه مشکین‌شهر طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰)	۵۰
جدول ۵-۴: میانگین سرعت و پیش‌بینی احتمال وقوع توفان‌های با سرعت پایه (21 m/s) با دوره بازگشت T به روش سری‌های جزئی در ایستگاه مشکین‌شهر	۵۹
جدول ۶-۴: وزش توفان در طبقات مختلف سرعت و جهات جغرافیایی در ایستگاه خلخال طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰)	۶۲
جدول ۷-۴: میانگین سرعت و پیش‌بینی احتمال وقوع توفان‌های با سرعت پایه (15 m/s) با دوره بازگشت T به روش سری‌های جزئی در ایستگاه خلخال	۷۱
جدول ۸-۴: وزش توفان در طبقات مختلف سرعت و جهات جغرافیایی در ایستگاه پارس‌آباد طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰)	۷۴

جدول ۴-۹: میانگین سرعت و پیش‌بینی احتمال وقوع توفان‌های با سرعت پایه (۱۵ m/s) با دوره بازگشت T به روش

سری‌های جزئی در ایستگاه پارس‌آباد ۸۳

جدول ۵-۱: نتایج کلی پیش‌بینی احتمال وقوع بادهای شدید و توفانی با دوره بازگشت T به روش سری‌های جزئی در

ایستگاه‌های مورد مطالعه ۸۷

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۳: موقعیت جغرافیایی منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه	۲۶
شکل ۱-۴: نمودار سالانه روزهای توفانی با سرعت پایه (۲۱ m/s و شدیدتر) در ایستگاه اردبیل طی دوره آماری (۲۰۰۰ - ۲۰۱۵)	۳۸
شکل ۲-۴: گلباد سالانه سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از ۲۱ m/s ایستگاه اردبیل طی دوره آماری (۲۰۰۰ - ۲۰۱۵)	۴۰
شکل ۳-۴: طبقه‌بندی روزهای توفانی ایستگاه اردبیل براساس مقیاس بیوفورت طی دوره آماری (۲۰۰۰ - ۲۰۱۵)	۴۱
شکل ۴-۴: گلباد فصل بهار سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از ۲۱ m/s ایستگاه اردبیل طی دوره آماری (۲۰۰۰ - ۲۰۱۵)	۴۲
شکل ۵-۴: گلباد فصل پاییز سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از ۲۱ m/s ایستگاه اردبیل طی دوره آماری (۲۰۰۰ - ۲۰۱۵)	۴۳
شکل ۶-۴: گلباد فصل زمستان سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از ۲۱ m/s ایستگاه اردبیل طی دوره آماری (۲۰۰۰ - ۲۰۱۵)	۴۴
شکل ۷-۴: فراوانی فصلی روزهای توفانی ایستگاه اردبیل طی دوره آماری (۲۰۰۰ - ۲۰۱۵)	۴۵
شکل ۸-۴: نمودار سالانه روزهای توفانی با سرعت پایه (۲۱ m/s و شدیدتر) در ایستگاه مشکین‌شهر طی دوره آماری (۲۰۰۰ - ۲۰۱۵)	۴۸
شکل ۹-۴: گلباد سالانه سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از ۲۱ m/s ایستگاه مشکین‌شهر طی دوره آماری (۲۰۰۰ - ۲۰۱۵)	۵۱
شکل ۱۰-۴: طبقه‌بندی روزهای توفانی ایستگاه مشکین‌شهر براساس مقیاس بیوفورت طی دوره آماری (۲۰۰۰ - ۲۰۱۵)	۵۲
شکل ۱۱-۴: گلباد فصل بهار سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از ۲۱ m/s ایستگاه مشکین‌شهر طی دوره آماری (۲۰۰۰ - ۲۰۱۵)	۵۳

- شکل ۴-۱۲: گلباد فصل تابستان سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از 21 m/s ایستگاه مشکین‌شهر طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۵۴
- شکل ۴-۱۳: گلباد فصل پاییز سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از 21 m/s ایستگاه مشکین‌شهر طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۵۵
- شکل ۴-۱۴: گلباد فصل زمستان سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از 21 m/s ایستگاه مشکین‌شهر طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۵۶
- شکل ۴-۱۵: فراوانی فصلی روزهای توفانی ایستگاه مشکین‌شهر طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۵۷
- شکل ۴-۱۶: نمودار سالانه روزهای توفانی با سرعت پایه (15 m/s و شدیدتر) در ایستگاه خلخال طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۶۰
- شکل ۴-۱۷: گلباد سالانه سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از 15 m/s ایستگاه خلخال طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۶۳
- شکل ۴-۱۸: طبقه‌بندی روزهای توفانی ایستگاه خلخال براساس مقیاس بیوفورت طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۶۴
- شکل ۳-۱۹: گلباد فصل بهار سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از 15 m/s ایستگاه خلخال طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۶۵
- شکل ۴-۲۰: گلباد فصل تابستان سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از 15 m/s ایستگاه خلخال طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۶۶
- شکل ۴-۲۱: گلباد فصل پاییز سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از 15 m/s ایستگاه خلخال طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۶۷
- شکل ۴-۲۲: گلباد فصل زمستان سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از 15 m/s ایستگاه خلخال طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۶۸
- شکل ۴-۲۳: فراوانی فصلی روزهای توفانی ایستگاه خلخال طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۶۹
- شکل ۴-۲۴: نمودار سالانه روزهای توفانی با سرعت پایه (15 m/s و شدیدتر) در ایستگاه پارس‌آباد طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۷۲
- شکل ۴-۲۵: گلباد سالانه سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از 15 m/s ایستگاه پارس‌آباد طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۷۵

- شکل ۴-۲۶: طبقه‌بندی روزهای توفانی ایستگاه پارس‌آباد براساس مقیاس بیوفورت طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۷۶
- شکل ۴-۲۷: گلباد فصل بهار سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از ۱۵ m/s ایستگاه پارس‌آباد طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۷۷
- شکل ۴-۲۸: گلباد فصل تابستان سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از ۱۵ m/s ایستگاه پارس‌آباد طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۷۸
- شکل ۴-۲۹: گلباد فصل پاییز سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از ۱۵ m/s ایستگاه پارس‌آباد طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۷۹
- شکل ۴-۳۰: گلباد فصل زمستان سریع‌ترین بادهای ثبت شده با سرعت بیش از ۱۵ m/s ایستگاه پارس‌آباد طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۸۰
- شکل ۴-۳۱: فراوانی فصلی روزهای توفانی ایستگاه پارس‌آباد طی دوره آماری (۲۰۱۵ - ۲۰۰۰) ۸۱

فصل اول:

کلیات پژوهش

۱- کلیات پژوهش

۱-۱- مقدمه

نیاز بشر به آرامش زیستن در محیط (که حوادث همواره وی را تهدید می‌کند) او را وادار می‌کند که عناصر، حوادث و نیروهای طبیعت را بهتر بشناسد و به نحوی معتدل با آن سازش پیدا کند. انسان اولیه به دلیل آگاهی نداشتن از علت‌های رخداد چنین حوادثی نه‌تنها خود را مقهور می‌دانست، بلکه گاهی اوقات آن‌ها را به قهر و خشم نیروهای ماورای طبیعت نسبت می‌داد. ولی با افزایش آگاهی و علم بشر مبنی بر علت‌های چنین حوادثی، به تدریج روش‌های کنترل، مهار و حتی پیش‌بینی آن بر افق ذهن بشر پدیدار گردید. دست پیدا کردن انسان به ابزار و تکنولوژی نوین، توانست ضمن کاستن از دامنه ضایعات و خسارت‌های ناشی از بلایای طبیعی، وحشت عمومی را از این‌گونه حوادث به نحوی مؤثر کاهش دهد (امیدوار، ۱۳۸۹: ۳۴).

آب و هوا مسبب بسیاری از مخاطرات طبیعی است. این مخاطرات در طول تاریخ به‌طور مداوم زندگی بشر را تحت تأثیر قرار داده و موجب وارد آمدن خسارت به محیط گردیده‌اند. در این راستا مخاطرات جوی که خود از زیر مجموعه‌های مخاطرات طبیعی محسوب می‌گردد، با منشأ جو عمل می‌کنند. مخاطرات جوی تنها زمانی به رسمیت شناخته می‌شوند که رخدادهای حدی، فشار سنگینی را بر پیکره جوامع انسانی وارد نمایند. در واقع رخداد حدی زمانی یک مخاطره تلقی می‌شود که سطح حداقلی از ضرر و زیان را بر جوامع انسانی و دارایی‌ها و اموال او تحمیل نماید. مخاطرات جوی تقریباً در همه جای کره زمین به وقوع می‌پیوندند و مکان‌های محدودی در دنیا وجود دارد که از اثرات آن‌ها مصون مانده و یا کمتر تحت تأثیر آن‌ها قرار گرفته باشند (مفیدی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲).

توفان یکی از جلوه‌های خشن و نیرومند طبیعت است. حالت توفانی که به معنی بادهای قوی و شدید می‌باشد، خسارات قابل ملاحظه‌ای به ساختمان‌ها وارد نموده و باعث ریشه‌کن شدن درختان می‌شود. به‌طور متوسط در هر سال حدود ۸۰ مورد توفان شدید در سراسر جهان اتفاق می‌افتد و موجب تلفات انسانی و خسارات مالی زیادی می‌شود (همتی و رضایی بنفشه، ۱۳۸۹: ۲ و ۳). مطابق با آمار سازمان‌های بین‌المللی صلیب سرخ و هلال‌احمر از سال ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ هر ساله بیش از ۵۶ میلیارد دلار خسارت از طریق توفان به بخش‌های مختلف جهان وارد شده است، همچنین براساس همین آمار طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۶ به‌طور متوسط همه ساله بیش از ۴۰ هزار نفر جان خود را در اثر این پدیده از دست داده‌اند (فرج‌زاده و رازی، ۱۳۹۰: ۲۳). داده‌های موجود نشان می‌دهد که شدت و ظرفیت‌های تخریب‌کننده توفان در طول ۳۰ سال گذشته دو برابر شده است (جعفری، ۱۳۸۷: ۵۸۴).

هر ساله تعداد وقوع این توفان‌ها در کشور ایران نیز افزایش پیدا کرده است که خسارت ناشی از آن قابل تأمل می‌باشد. افزایش توفان‌های شدید در کشور، باعث شده که هر ساله در زمینه‌ی باد و توفان مطالعات زیادی توسط کارشناسان سازمان هواشناسی کشور و دیگر دانشمندان این علم در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی انجام گیرد (میر احمدی، ۱۳۹۱: ۳).

۱-۲- بیان مسئله:

در سراسر جهان بلایا و مخاطراتی است که همواره جان و مال بشر را در معرض خطر قرار می‌دهد. در میان این بلایا، توفان یکی از مخاطره‌آمیزترین آن‌ها می‌باشد و در ردیف بلایایی قرار دارد که منشأ آب و هوایی دارند (قائمی و عدل، ۱۳۷۱: ۷ به نقل از طاووسی و رئیس‌پور، ۱۳۸۹: ۹۴). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که حدود ۹۰ درصد از بلایای طبیعی جهان در ارتباط با عوامل اقلیمی بوده و در میان آن‌ها، توفان‌ها بعد از سیل (۳۵ درصد)، حدود ۳۰ درصد از سهم این بلایا را به خود اختصاص می‌دهند (طاووسی و همکاران، ۱۳۹۲: ۹۴).

عامل اصلی ایجاد باد، شیب تغییرات فشار بین نقاط پرفشار و کم‌فشار می‌باشد (کاوینی و علیجانی، ۱۳۸۶: ۱۴۷). تبادل بین توده‌های هوای متضاد و همرفت سطحی قوی توفان‌های شدیدی را ایجاد می‌کند. بادهای شدید و توفانی از جمله مخاطرات جوی عرض‌های میانی و ناشی از عوامل متفاوتی هستند که در مقیاس‌های مختلف رخ می‌دهند. اگر چه تمامی مخاطرات خطرناک هستند اما توفان‌های شدید شرایط زیان‌بار خود را دارند. گردبادها و توفان‌های شدید تهدیدهای عرض‌های میانی هستند که اغلب در فصول گرم بروز می‌کنند. دیگر مخاطرات به ویژه بادهای شدید و توفانی، یخبندان و برف به وسیله توفان‌های شدید زمستانی به وجود می‌آیند. تأثیر خطر توفان‌ها تقریباً به شدت آن‌ها و موقعیت جغرافیایی منطقه بستگی دارد. این پدیده منشأ جوی دارد از این‌رو، همه مردم در معرض تهدیدات آن قرار دارند و زمانی که این پدیده تشدید شود تهدیدها نیز زیاد می‌شود (سپاده، ۱۳۹۰: ۲).

بادهای شدید و توفان‌ها از جمله پدیده‌های پر انرژی جو هستند که هر ساله در زمان و مکان خاصی تکرار می‌شوند و دروه بازگشت و شدت آن‌ها قابل محاسبه است و فرایند همراه آن اغلب خطرآفرین و گاهی به شدت مخرب می‌باشد. با توجه به انرژی باد در پدیده توفان صدمات زیادی به ساختمان‌ها و محصولات کشاورزی وارد می‌آید (فرج‌زاده و رازی، ۱۳۹۰: ۲۳). در پاره‌ای از مناطق ایران نیز وقوع توفان‌هایی با سرعت بیش از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت بارها اتفاق افتاده است. در این میان می‌توان به بادهای شدید و توفان‌های هجدهم مرداد سال ۱۳۸۵ شهر زابل، هفدهم اردیبهشت ۱۳۸۷ دهلران، شانزدهم آذر ۱۳۸۸ اردبیل، سوم اسفند ۱۳۸۸ گلپایگان، بیست‌وچهارم اسفند ۱۳۸۸ شهرستان‌های ماکو، نقده و پیرانشهر، بیست‌وششم اسفند ۱۳۸۸ مهاباد، نهم فروردین ۱۳۸۹ استان زنجان و اردبیل، بیست اردیبهشت ۱۳۸۹ شهر اردبیل اشاره نمود. آمار و ارقام بیانگر اهمیت این مسئله است. گرچه بلاهای طبیعی اصولاً ماهیتی پیچیده دارند و در شرایط کنونی بسیاری از آن‌ها خارج از کنترل انسان به نظر می‌رسد؛ اما میزان آسیب‌پذیری نتیجه عملکرد عوامل انسانی است و همان‌طور که گفته شده پیشگیری از حادثه، بهتر از واکنش در مقابله حادثه است (طاووسی و رئیس‌پور، ۱۳۸۹: ۹۴). با توجه به قرارگیری

استان اردبیل در یکی از مناطق بادخیز کشور با تعیین احتمال سرعت وزش بادهای شدید و توفانی استان اردبیل در دوره‌های بازگشت مختلف می‌توان آسیب‌های ناشی از آن را به کمینه ممکن کاهش داد.

۱-۳- سؤال پژوهش:

✓ در کدام ایستگاه استان اردبیل احتمال وقوع بالاترین سرعت توفان در یک دوره بازگشت صد ساله وجود دارد؟

۱-۴- فرضیه پژوهش:

✓ احتمال دارد بالاترین سرعت توفان در یک دوره بازگشت صد ساله در ایستگاه اردبیل رخ دهد.

۱-۵- هدف (اهداف) پژوهش:

هدف این پژوهش تحلیل آماری و پیش‌بینی احتمال وقوع بادهای شدید و توفانی استان اردبیل به منظور پیشگیری و کاهش آثار مخرب این پدیده می‌باشد.

۱-۶- ضرورت و اهمیت پژوهش:

بشر از ابتدای خلقت با بلایای طبیعی دست به گریبان بوده است و همواره سعی نموده تا با شناخت آن‌ها، حوادث ناشی از آن را به گونه‌ای کاهش دهد. یکی از عواملی که همیشه مورد بررسی و تحقیق بوده باد و پدیده‌های مربوط به آن می‌باشد (طاووسی و رئیس‌پور، ۱۳۸۹: ۹۵).

یکی از عوامل ایجاد خسارت در بخش‌های کشاورزی، عمرانی، صنعتی، عنصر باد می‌باشد که باعث شده مطالعه بر روی عنصر باد گسترش یابد (افشاری‌آزاد و شعبان‌زاده، ۱۳۸۹: ۲). هنگامی که سرعت باد از یک آستانه‌ی مشخص بیشتر شود، فعالیت تخریبی آن آغاز شده و منجر به وقوع توفان می‌گردد. توفان به عنوان یک پدیده اقلیمی، نقش بسیار مؤثری در زندگی انسان و برنامه‌ریزی‌های حال و آینده داشته و همواره یکی از پایه‌های مطالعاتی برنامه‌ریزی محیطی می‌باشد (عباس‌نیا و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۳۴). توفان‌های شدید اغلب با خسارات مالی فراوانی همراه هستند و چنان خسارات وسیعی ایجاد می‌کنند که

کمک‌های بین‌المللی برای سانحه ضروری می‌باشد و یا خسارات مالی و ویرانی ساختمان‌ها و بازسازی کارهای زیربنایی، اغلب به حمایت‌های فناوری قوی خارج از انتظار نیاز دارد (سپاده، ۱۳۹۰: ۳).

توفان یکی از بلاهای طبیعی است که وقوع آن طی سال‌های گذشته خسارات سنگینی به زیرساخت‌های توسعه کشور ایران وارد ساخته است بنابراین شناخت و بررسی توفان نقش به‌سزایی در زیست‌بوم داشته و به عنوان یکی از مخاطرات طبیعی، اثرات سیستمی در محیط‌زیست دارد، ضروری به نظر می‌رسد (طاووسی و رئیس‌پور، ۱۳۸۹: ۹۵). با توجه به این که خطه شمال‌غرب ایران به خصوص استان اردبیل یکی از مناطق بادخیز کشور است بنابراین مطالعه و شناخت بادهای شدید و توفانی به وقوع پیوسته در مناطق مختلف استان اردبیل و پیش‌بینی احتمال وقوع آن‌ها طی دوره‌های بلند مدت ضروری به نظر می‌رسد و با مطالعه و شناخت این 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.

فصل دوم:

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- مبانی نظری پژوهش

۲-۱-۱- تعریف باد

به جابه‌جایی افقی هوا نسبت به سطح زمین باد گفته می‌شود (ناظم‌السادات، ۱۳۹۲: ۱۸۱). سیستم‌های فشار در اتمسفر مناطق وسیعی را در بر می‌گیرند. از این سیستم‌ها، پرفشار را آنتی‌سیکلون و کم‌فشار را سیکلون گویند. باد جریان هوایی است که از مراکز فشار زیاد به طرف مراکز کم‌فشار و در جهت شیب تغییرات فشار به حرکت در آید (جعفرپور، ۱۳۸۵: ۸۶).

۲-۱-۲- چگونگی تشکیل باد

شدت انرژی تابشی خورشید در سطح زمین، به چهار عامل فاصله زمین از خورشید، زاویه تابش، مدت زمان تابش و مقدار انرژی گسیل شده از خورشید بستگی دارد. به‌طور کلی روند تغییرات متفاوت روزانه و سالانه باعث می‌شود که میزان دریافت انرژی خورشید در مناطق مختلف سطح کره زمین متفاوت باشد (آدابی، ۱۳۹۴: ۷). دریافت گرمای بیشتر 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 عمود حرکت کرده و گسترش می‌یابد. در روی زمین، در منطقه گرم شده، ملکول‌های هوا بر اثر کسب انرژی حرارتی گرم و سبک شده و صعود می‌کنند؛ بنابراین فشار هوا در روی زمین نسبت به نواحی مجاور کمتر شده در نتیجه بر روی منطقه گرم، مراکز کم‌فشار و به‌عکس بر روی منطقه سرد، مرکز پرفشار پدید می‌آید (میرزاصطفی، ۱۳۸۷: ۷۱). پس هوا از منطقه پرفشار به منطقه کم‌فشار جریان پیدا می‌کند و شیب تغییرات فشار موجب حرکت هوا و جریان باد از مرکز پرفشار به طرف مرکز کم‌فشار می‌شود (کاوپانی و علیجانی، ۱۳۸۶: ۱۴۶).

۲-۱-۳- عوامل مؤثر در بوجود آمدن باد

حرکت افقی هوا بر اثر عملکرد نیروهایی است که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از نیروی شیب تغییرات فشار، نیروی کوریولیس و نیروی اصطکاک (کاپانی و علیجانی، ۱۳۸۶: ۱۴۶).

۲-۱-۳-۱- شیب تغییرات فشار

حرکت افقی هوا که بین کانون‌های پرفشار و کم‌فشار انجام می‌گیرد، باد نامیده می‌شود. فشار هوا در سطح زمین در منطقه گرم کم و در منطقه سرد زیاد است، در نتیجه هوا از منطقه با فشار زیاد به منطقه با فشار کم جریان پیدا می‌کند، این مناطق گرم شده و سرد شده‌ی سطح زمین را به ترتیب، فروبار و فرابار می‌نامند. مقدار فشار از مرکز فرابار به مرکز فروبار، به تدریج کاهش می‌یابد. این تغییر فشار برحسب فاصله را که جهت آن از مرکز پرفشار به کم‌فشار است، شیب تغییرات فشار می‌نامند. شیب تغییرات فشار عامل اصلی ایجاد حرکت هوا به صورت باد است. شدت باد با میزان افزایش شیب تغییرات فشار و در نهایت اختلاف فشار بین مرکز فرابار و فروبار، رابطه‌ی مستقیم دارد. شیب تغییرات فشار را از روی فاصله بین خطوط هم‌فشار در نقشه‌های فشار به دست می‌آورند. هر اندازه این فاصله کمتر و خطوط فشردتر باشد، شیب تغییرات فشار بیشتر می‌باشد. در واقع هر اندازه شیب تغییرات فشار بیشتر باشد، سرعت باد سریع‌تر است و بالعکس (کاپانی و علیجانی، ۱۳۸۶: ۱۴۷).

۲-۱-۳-۲- نیروی کوریولیس

نیروی کوریولیس، نیرویی است که در نتیجه‌ی حرکت وضعی زمین، بر توده‌ی هوای متحرک اثر می‌کند (کاپانی و علیجانی، ۱۳۸۶: ۱۴۸) و جهت باد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به یادبود گاسپارد کوریولیس، دانشمند فرانسوی سده نوزدهم میلادی که فرمول ریاضی این نیروی مجازی را بیان کرد، آن را نیروی کوریولیس نامیدند. از دیدگاه هواشناسی، نیروی کوریولیس موجب می‌شود جریان باد در نیمکره‌ی شمالی به سمت راست مسیر حرکت و در نیمکره‌ی جنوبی به سمت چپ این مسیر منحرف شود (ناظم‌السادات، ۱۳۹۲: ۱۹۵ - ۱۹۳).

۲-۱-۳-۳- نیروی اصطکاک

اثر اصطکاک در لایه‌های پایین اتمسفر، در نتیجه‌ی تماس توده‌های هوای در حال حرکت با سطح زمین به وجود می‌آید. این تماس سبب کندی و تأخیر در حرکت هوا می‌شود. تأثیر نیروی اصطکاک در نواحی ناهموار به حداکثر خود می‌رسد به این سبب اثر اصطکاک در روی خشکی‌ها بسیار بارز و در سطوح دریاها بسیار جزئی است (جعفرپور، ۱۳۸۵: ۸۹ و ۹۰). به‌طور متوسط اصطکاک در سطح دریاها ۲۰ درصد کمتر از سطوح خشکی است. در سطوح فوقانی اتمسفر نیز اثر اصطکاک کمتر می‌شود (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۹۵).

۲-۱-۳-۴- ترکیب عملکرد نیروها در ایجاد باد

اگر خطوط هم‌فشار موازی فرض شوند و نیروی اصطکاک نیز وجود نداشته باشد، نیروی کوریولیس، باد را از مسیر نیروی شیب تغییرات فشار خارج می‌کند و در پی تعادل این دو نیرو به وضعیتی موازی با خطوط هم‌فشار در می‌آورد. چنین بادی را باد ژئوستروفیک می‌نامند. ولی در حالتی که خطوط هم‌فشار، مسیرهایی منحنی و موازی با یکدیگر داشته باشند، بادی که در پی تعادل جمع نیروهای گریز از مرکز یا جاذب مرکز و نیروی شیب تغییرات فشار با نیروی کوریولیس به وجود می‌آید، باد گرادیان نامیده می‌شود. این باد به موازات منحنی‌های هم‌فشار می‌وزد. (کاوایانی و علیجانی، ۱۳۸۶: ۱۵۱ و ۱۵۲).

۲-۱-۴- تقسیم‌بندی باد

باد را می‌توان به روش‌های متعددی تقسیم‌بندی کرد، ولی ساده‌ترین و مناسب‌ترین روش تقسیم‌بندی باد براساس وسعت منطقه وزش باد است که به سه دسته‌ی سیاره‌ای، منطقه‌ای و محلی تقسیم می‌شود.

۲-۱-۴-۱- بادهای سیاره‌ای

بادهای سیاره‌ای، گردش عمومی هوا را تشکیل می‌دهند و از این طریق تغییرات منطقه‌ای و محلی را کنترل می‌کنند. گردش عمومی هوا که عامل اصلی تمام تغییرات آب و هوایی سطح زمین است، باعث حرکت هوا در سه جهت مداری، نصف‌النهاری و عمودی می‌شود (منظور از حرکت عمودی هوا، جریان هوا در جهت عمود بر سطح زمین است). در دو منطقه از سطح زمین، حاره و برون‌حاره، سیستم‌های غالب هستند که ساختار گردش عمومی هوا را تشکیل می‌دهند. در منطقه حاره، مراکز پرفشار جنب‌حاره‌ای، بادهای بسامان و کمربند همگرایی حاره‌ای سیستم غالب منطقه هستند که اقلیم منطقه را تحت تأثیر قرار داده‌اند. در منطقه برون‌حاره موج بادهای غربی که با وجود اختلاف فشار و دمایی بین توده هوای سرد قطبی و گرم حاره‌ای به وجود می‌آیند سیستم غالب در این منطقه از زمین هستند (کاوپانی و علیجانی، ۱۳۸۶: ۱۵۳، ۱۶۰، ۱۶۵، ۱۶۸ و ۱۶۹).

۲-۱-۴-۲- بادهای منطقه‌ای

علاوه بر گردش عمومی هوا، اتمسفر زمین در مقیاس‌های کوچکتر نیز سیستم‌های گردشی خاصی دارد. این سیستم‌های کوچکتر اگرچه در اصل از وضعیت ویژه گردش عمومی در یک مکان معین ناشی شده‌اند، هر کدام ویژگی‌های معینی دارند. بادهای منطقه‌ای بر اثر تغییرات داراز مدت فشار (در مقیاس ماه و فصل) به وجود می‌آیند و عامل اصلی ایجاد آن‌ها بیشتر موارد، دینامیکی است. معروف‌ترین سیستم گردش منطقه‌ای هوا، سیستم گردشی موسمی جنوب آسیاست که در اثر جابه‌جایی فصلی کمربند همگرایی حاره به وجود می‌آیند. این سیستم در منطقه‌ای وسیع، از مرز شرقی ایران تا جنوب ژاپن، برقرار است (کاوپانی و علیجانی، ۱۳۸۶: ۱۵۳ و ۱۸۴).

۲-۱-۴-۳- بادهای محلی

بادهای محلی، بر اثر تغییرات روزانه فشار پدید می‌آیند (عبادی‌نژاد و اصانلو، ۱۳۸۹: ۸۸) و در نتیجه اختلاف درجه حرارت محلی شکل گرفته و به‌طور نسبی منطقه‌ای کوچکی را در بر می‌گیرند و معمولاً

منحصر به لایه‌های بسیار پایین تروپوسفر می‌باشند (جعفرپور، ۱۳۸۵: ۹۰). گرچه عامل اصلی ایجاد آن‌ها نیز تفاوت دما و فشار است اما این تفاوت در مقیاس کوچک بوده و به همین دلیل فقط در بعضی از نقاط خاص می‌توان آن‌ها را مشاهده کرد (علیزاده، ۱۳۸۵: ۱۰۴) و در بعضی از مناطق سطح کره زمین با تناوب منظمی می‌وزند. حوزه گسترش این بادهای محدود بوده و اسامی محلی دارند از انواع بادهای محلی؛ نسیم دریا و خشکی، نسیم کوه و دره، بادهای محلی دیگر همچون، باد سرد بورا در دامنه جنوبی کوه‌های آلپ، باد میسترال، در جنوب فرانسه، باد سیراکو که از بیابان آفریقا به طرف دریای مدیترانه می‌وزد، باد هارماتان که نتیجه وزش بادهای بسامان در غرب آفریقا است و باد صدوبیست روزه سیستان، در جنوب شرقی ایران را می‌توان نام برد (کاوایی و علیجانی، ۱۳۸۶: ۱۹۴ و ۱۹۹).

۲-۱-۵- تعریف توفان

هنگامی که سرعت باد از یک آستانه مشخص بیشتر شود، فعالیت تخریبی آن آغاز شده و منجر به وقوع توفان می‌گردد (عباس‌نیا و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۳۶). توفان به آشفتگی شدید جوی و اختلال شدید هوا گفته می‌شود که بر اثر حرکت شدید باد و در جریان دو جبهه سرد و گرم تولید می‌شود (طاووسی و همکاران، ۱۳۹۲: ۹۴).

از دیدگاه عامه، توفان به حالت‌های آشفته جوی و اثر گذار بر روی درختان، اشیاء، بوته‌ها، ابنیه و کلیه وسایل و ابزارآلات صنعتی و غیر صنعتی و درجه و میزان آسیب‌پذیری آن‌ها، در کل به تغییرات مخرب و ناخوشایند هوا گفته می‌شود. براساس استانداردهای جهانی و دستورالعمل‌های کدها و روش‌های دیدبانی، توفان به بادهای با سرعت بیش از ۳۰ نات (۱۵ متر در ثانیه) و دید افقی کمتر از ۱ کیلومتر اطلاق می‌گردد (فرج‌زاده و رازی، ۱۳۹۰: ۲۳).

براساس مقیاس بیوفورت زمانی که سرعت باد در ارتفاع استاندارد ۱۰ متر (۳۳ پا) از سطح زمین در محدوده ۵۵ - ۴۸ نات (۲۷/۵ - ۲۴ متر در ثانیه) و یا ۱۲۰ - ۸۹ کیلومتر بر ساعت باشد و یا درختان در

روی زمین ریشه‌کن شده و خسارات قابل ملاحظه‌ای به ساختمان‌ها وارد آید توفان اطلاق می‌شود (طالبی، ۱۳۸۴: ۴۹۸).

۲-۲- پیشینه‌های پژوهش

۲-۲-۱- پیشینه‌های خارجی:

برینک^۱ و همکاران (۲۰۰۴) اثر کلی بادهای سریع در مقیاس همدیدی در اقلیم حال و آینده را ارزیابی کردند. آن‌ها در کار خود بادهای با سرعت خیلی زیاد با دوره بازگشت ۱۰۳ ساله را ارزیابی و تحلیل نموده‌اند.

کام و یالدرز^۲ (۲۰۰۵) نوعی سیستم استنباطی برای محاسبه نیرو و سرعت باد در منطقه آناتولی مرکزی در ترکیه تحت عنوان ANFIS به کار گرفته‌اند و براساس ویژگی طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه، سرعت باد را اندازه‌گیری نموده و نیز ویژگی ناهموار بودن سطوح، قدرت و سرعت باد را پیش‌بینی کرده‌اند و نتایج نشان داد که مدل ANFIS می‌تواند روش مناسبی برای تخمین سرعت و قدرت باد در منطقه مورد مطالعه باشد.

ساکر^۳ و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از روش آماری، حداکثر سرعت‌های باد در فرانسه را مورد مطالعه قرار داده‌اند. ایشان به این نتیجه رسیده‌اند که بالاترین میزان سرعت باد فرانسه در طول نواحی ساحلی و در قسمت‌های شمالی بوده است.

وان^۴ و همکاران (۲۰۱۰) روند سرعت باد را در ۱۱۷ ایستگاه کانادا برای دوره آماری (۲۰۰۶ - ۱۹۵۳) مورد بررسی قرار داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که روند سرعت باد در قسمت‌های غربی کانادا و بیشتر نقاط جنوبی آن (به استثنای منطقه موسوم به ماری تایمز) در همه فصول کاهش

1. Brink
2. Cam & Yildiz
3. Sacre
4. Wan

است. ولی در قسمت‌های مرکزی و شمالی در همه فصول سال و در نواحی دریایی (ماری تایمز) در فصول بهار و پاییز روند افزایشی می‌باشد.

اکینسی^۵ (۲۰۱۱) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و داده‌های سرعت باد یک دوره آماری ۱۰ ساله، سرعت باد را در مناطقی از ترکیه پیش‌بینی کرد و به این نتیجه رسید که شبکه عصبی با سه لایه و ۴۰ نورون، نسبت به حالت‌های دیگر پاسخ بهتری دارد.

احمد و محمد^۶ (۲۰۱۲) پژوهشی در ناحیه پنجوان در سلیمانیه عراق انجام داده‌اند. این مطالعه که براساس تجزیه و تحلیل آماری برای دوره (۲۰۰۳ - ۲۰۰۱) با استفاده از میانگین ماهانه، میانگین سالانه سرعت باد و تراکم باد با بکارگیری توزیع ویبول می‌باشد. این منطقه دارای پتانسیل مناسب برای استفاده از انرژی باد است.

کامران‌زاد^۷ و همکاران (۲۰۱۳) میزان تغییرات سرعت باد را در آینده در خلیج فارس بررسی نموده‌اند. مطالعه مذکور نشان داد که روند تغییرات در سرعت متوسط باد سالانه در خلیج فارس تا سال ۲۱۰۰ کاهش است و اگر چه این کاهش بسیار کم است، اما می‌تواند منجر به تغییرات زیادی در انرژی باد یا مشخصات امواج شود.

براتی^۸ و همکاران (۲۰۱۳) سرعت باد را با هدف تولید برق با استفاده از داده‌های ۱۲ ساله (۲۰۰۵ - ۱۹۹۴) در ۸ ایستگاه جنوب ایران به وسیله شبکه عصبی مدل‌سازی نموده و عنوان کردند که از این مدل می‌توان برای بازسازی داده‌ها در ایستگاه بدون داده استفاده کرد.

ایروانتو^۹ و همکاران (۲۰۱۴) در ارزیابی توان و سرعت باد دو ناحیه چاپینگ و کانگار با استفاده از توزیع احتمال ویبول به این نتیجه رسیده‌اند که این دو ناحیه در مالزی از توان بادی خوبی برخوردارند و نصب توربین‌های برج بلند قادر خواهد بود نیرو و توان بادی زیادی را ایجاد کند.

-
1. Akinci
 2. Ahmad & Mahammed
 3. Kamranzad
 4. Barati
 5. Irwanto

پی‌جون^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۵) تغییر سرعت باد را به صورت کمی با استفاده از روند و تنوع روند سرعت باد طی دوره آماری (۲۰۱۲ - ۱۹۶۱) در چین مورد مطالعه و بررسی قرار داده و از داده‌های مشاهداتی متوسط سرعت باد و روش برازش خطی در پژوهش خود استفاده کرده‌اند. در نتیجه این منطقه را با توجه به روند سرعت باد به ۶ منطقه تقسیم کرده و در سطح ۲ چین را براساس روند تنوع سرعت باد و نتایج منطقه‌بندی سطح ۱ به ۱۲ منطقه تقسیم نموده‌اند.

بیلیر^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۵) توزیع سرعت باد فصلی و سالانه را براساس توزیع احتمال ویبول و با استفاده از داده‌های سرعت باد برای دوره یک ساله بین ژوئن ۲۰۱۲ تا ژوئن ۲۰۱۳ در منطقه‌ی از ترکیه مورد بررسی قرار داده و دریافتند که بالاترین مقدار انرژی باد در فصل زمستان و کمترین مقدار آن در فصل پاییز وجود دارد. جهت باد غالب جنوب‌شرقی بوده و قدرت باد در منطقه قابل توجه می‌باشد و برای استفاده از توربین‌های بادی در مقیاس کوچک مناسب است.

کلینک^{۱۲} (۲۰۱۵) روند آماری بادهای با سرعت بیش از ۲ متر در ثانیه و الگوی فصلی بادهای مذکور را در منطقه ساحلی ایالات متحده شناسایی و طبقه‌بندی کرد.

پیشگر^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۵) توان و سرعت باد را در شهرستان فیروزکوه (ایران)، براساس توزیع احتمال ویبول و با استفاده از داده‌های سه ساعته سرعت باد طی دوره آماری ۱۰ ساله (۲۰۱۰ - ۲۰۰۱) مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیده‌اند که منطقه فیروزکوه در کلاس ۴ (یک منطقه مناسب برای استقرار توربین بادی) می‌باشد و در نهایت نمودار گلباد نشان داد که جهت باد غالب بین ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه قرار دارد.

دباقیان^{۱۴} و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی انرژی باد در استان بوشهر با استفاده از داده‌های سرعت باد سال ۲۰۱۱ در ارتفاع ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ متر برای چهار منطقه بوشهر، عسلویه، بردخون و دلوار و تجزیه

-
1. Pei – Jun
 2. Bilir
 3. Klink
 4. Pishgar
 5. Dabbaghiyan

و تحلیل آماری سرعت متوسط باد ماهانه و روزانه پرداخته‌اند. نتیجه پژوهش ایشان نشان داد که بردخون از پتانسیل بیشتری برای استفاده از انرژی باد نسبت به سه شهر دیگر برخوردار است.

علوی^{۱۵} و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی مدل مناسب برای بررسی سرعت باد در پنج ایستگاه شرق و جنوب‌شرق ایران پرداخته و از توزیع ناکاگامی برای تخمین سرعت باد استفاده نموده‌اند. عملکرد تابع ناکاگامی را با هفت توابع توزیع مقایسه کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که عملکرد ناکاگامی و ویبول به هم نزدیک بوده و ارزیابی بیشتری برای عملکرد توزیع ناکاگامی مورد نیاز است.

۲-۲-۲- پیشینه‌های داخلی:

امیدوار (۱۳۸۴) با استفاده از داده‌های جهت و سرعت باد، دما، فشار، دید افقی، ابرناکی و دیگر نقشه‌های سینوپتیک بادهای شدید و توفان‌های گردوغبار ماه‌های می و آوریل سال ۲۰۰۳ در منطقه یزد را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیده است که علت اصلی باد شدید و توفان گردوغبار ۲۰ آوریل ۲۰۰۳ عبور یک سیستم ناپایدار در منطقه همراه با ابرهای کومه‌ای و پدیده توفان تندری و گردوخاک بوده توفان و بادهای شدید روز ۲۹ می ۲۰۰۳ به سبب ناپایداری محلی درون سیستم کم‌فشار و ایجاد ابرهای کومه‌ای رخ داده است.

طالبی (۱۳۸۴) با استفاده از داده‌های ساعات سینوپ فرعی ایستگاه‌های سینوپتیک استان یزد و نواحی مجاور در طول دوره آماری (۱۹۹۹ - ۱۹۸۰) و بهره‌گیری از نرم‌افزارهای Excel و Spss مشخص کرد که وزش توفان در ساعات ۱۲ گرینویچ با ۲۸ مورد، بیشترین فراوانی و در ساعت ۰۳ با ۲ مورد وزش کمترین فراوانی را دارد. متوسط سالانه روزهای توفانی طی دوره آماری ۱۰/۱ روز و حداکثر وزش توفان ۱۶ مورد مربوط به سال‌های ۱۹۸۵ و ۱۹۸۸ می‌باشد، در بررسی ماهانه بیشترین فراوانی ۳۴ و ۳۱ مورد وزش توفان به ترتیب در ماه می و مارس و بالاترین سرعت با ۱۱۶ نات در طیس در سال ۱۹۹۵ تحقق یافته است.

میرزا مصطفی و همکاران (۱۳۸۷) با پیش‌بینی ساعتی سرعت و جهت بادهای فرساینده زابل با استفاده از داده‌های سه ساعته طی دوره آماری ۱۰ ساله، توزیع فراوانی ویبول و زیر مدل وضعیت هوا در مدل WEPS بیان کردند که بیشترین درصد بادهای فرساینده متعلق به جهت بادهای غالب منطقه بوده و با احتمال ۹۹ درصد، توزیع فراوانی ویبول، مدل قابل قبولی برای پیش‌بینی سرعت و جهت باد در منطقه می‌باشد.

رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۸) به مطالعه میانگین ماهانه سرعت باد و انرژی آن براساس داده‌های ساعتی ۱۱ ایستگاه سینوپتیک استان اصفهان در دوره اقلیمی (۲۰۰۵ - ۱۹۹۲) پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که سرعت باد در طول ماه‌های سرد (نوامبر، دسامبر و ژانویه) نسبت به سایر ماه‌ها کمتر است و با شروع فصل بهار (آوریل)، سرعت باد در منطقه کم‌کم افزایش می‌یابد و روند کاهشی از ماه سپتامبر به بعد مجدداً شروع می‌شود.

گندمکار (۱۳۸۸) با بررسی آمار ده ساله وزش باد در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور، به منظور ارزیابی انرژی پتانسیل باد، آن‌ها را از نظر سرعت به چهار گروه تقسیم‌بندی کرد: گروه اول در بیشتر ایام سال توان بادخیزی بالایی دارند، گروه دوم در برخی زمان‌های سال در بخش‌هایی از شبانه‌روز توان بادخیزی بالایی دارند، گروه سوم در زمان‌های محدودی از سال توان بادخیزی دارند، گروه چهارم توان بادخیزی درخور توجهی ندارند.

طاووسی و رئیس‌پور (۱۳۸۹) به تحلیل آماری و پیش‌بینی احتمال وقوع توفان‌های شدید سیستان با استفاده از تجزیه و تحلیل سری‌های جزئی و داده‌های ایستگاه سینوپتیک زابل طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۸۸ - ۱۳۵۹) پرداخته و احتمال وقوع شدیدترین توفان‌های سیستان را در دوره بازگشت مختلف پیش‌بینی کردند نتایج نشان داد که جهت توفان‌های چیره منطقه، شمال شمال‌غربی، شمال و شمال‌غربی و احتمال وقوع بالاترین سرعت توفان در یک دوره بازگشت صد ساله در سیستان را تا ۴۲ متر در ثانیه پیش‌بینی نموده‌اند.

امیدوار (۱۳۸۹) با استفاده از داده‌های سرعت و جهت باد، دید افقی، رطوبت نسبی، دما، فشار، ابر و پدیده گردوخاک در طی دوره آماری (۱۳۸۲ - ۱۳۶۲) رژیم بادهای شدید و توفانی ایستگاه سینوپتیک کرمان و یزد را مطالعه نموده و به این نتیجه رسیده است که بیش از ۷۷ درصد بادهای شدید منطقه از سمت ۲۵۰ تا ۳۳۰ درجه وزیده و با سرعت ۱۵ تا ۲۹ متر در ثانیه در نوسان می‌باشند. وزش بادهای غالب از جهت شمال غرب و غرب و بیش از ۵۰ درصد از بادهای شدید منطقه در ماه‌های اردیبهشت و فروردین رخ داده که در دوره گرم سال و انتقال فصل، ناپایداری‌های جوی و توفان‌های گردوخاک در منطقه افزایش یافته و علت اصلی این پدیده را وزش بادهای شدید دانسته که به دنبال تغییرات سریع فشار و دمای هوا در این موقع از سال رخ می‌دهد. عبور سامانه کم‌فشار با جبهه سرد و خشک از سمت غرب و شمال غرب همراه با وجود ناوه در ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و ناپایداری‌های محلی، مهم‌ترین علل بروز این بادهای شدید در منطقه بوده است.

قهرمان و قره‌خانی (۱۳۸۹) به بررسی روند تغییرات زمانی سرعت باد ۴۰ ایستگاه سینوپتیک ایران در بازه زمانی (۲۰۰۵ - ۱۹۷۵) پرداخته‌اند. از روش سری‌های زمانی موجود توسط آزمون کولموگروف - اسمیرنوف و برای تحلیل روند تغییرات از دو روش غیرپارامتری، من - کندال و ضریب اسپیرمن و دو روش پارامتری تحلیل رگرسیون و ضریب همبستگی پیرسون استفاده نموده و به این نتیجه رسیده‌اند که براساس سری‌های زمانی ۵۰ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه و براساس روش من - کندال ۶۰ درصد و روش پیرسون ۷۰ درصد دارای روند بوده و روند افزایشی سرعت باد در فصل زمستان بیشتر از سایر فصول و در فصل تابستان کمتر از سایر فصول می‌باشد. بیشترین روند کاهشی در فصل پاییز و کمترین روند کاهشی در فصل تابستان است. بیشترین روند کاهشی سرعت باد در اقلیم نیمه‌خشک معتدل بوده و روند افزایشی سرعت باد بیشتر از روند کاهشی سرعت باد بوده است.

افشاری‌آزاد و شعبان‌زاده (۱۳۸۹) با استفاده از داده‌های ماهانه و سالانه سرعت باد طی دوره آماری

۳۳ ساله (۲۰۰۹ - ۱۹۷۷) روند تغییرات سرعت باد را در ایستگاه همدید رشت بررسی نموده و نتیجه

family name: Ahmadi shamsabad	Name: Maryam
Title of Thesi: Statistical Analysis and Predicting Incident Probability of Stormy and Strong Winds in Ardabil province	
Supervisor(s): Batool Zeinali (Ph. D)	
Advisor(s): Behrouz Sobhani (Ph. D)	
Graduate Degree M.A.	
Major: climatology	Specialty: Applied climatology
University: Mohaghegh Ardabili	Faculty: Literature and Humanities
Graduation date: 2017/5/2	Number of pages: 95
<p>Abstract:</p> <p>In all over the globe, there are disasters that threaten human being's life and property. Among them, storm is one of the most dangerous disasters and it has weather origin. In order to statistical analysis and predict the probability of strong winds and stormy occurrence in Ardabil province in the Partial series, the daily maximum wind speed and direction data of Ardabil, Meshkinshahr, khalkhal and Parsabad Synoptic stations in the period of 16 years (2000 - 2015) were used. In this way, the base speed is selected in such a way that the most sever winds have occurred per year on average between 3 to 5 times. Therefore, basic wind speed was determined 21 m/s for Ardabil and Meshkinshahr stations, and 15 m/s for Khalkhal and Parsabad stations. The accuracy and homogeneity of data was determined by Run Test. The review of the frequency of storm days during the statistical period, represents that Meshkinshahr station with 79 days, and Khalkhal station with 50 days, have the most and the least frequent windy days, respectively. The maximum rate observed was 45 m/s for Meshkinshahr station. According to the seasonal storm review, winter was the most active hurricane in Ardabil and Meshkinshahr stations, and summer in Ardabil, didn't have stormy day and it was the low storm season in Meshkinshahr station. Spring in Parsabad station and spring and summer in Khalkhal station, was the most active hurricane, and autumn was the least active hurricane season in these two stations. Annual and seasonal wind rose by WRPLOT software showed that the direction of strong and stormy winds of the area in under studied stations is different. The results, predict the probability of strong winds and stormy occurrence for these stations in the course of different return. The probability of the fastest storm in a return period of 100 years in Meshkinshahr station, is predicted 48/80 m/s. Moreover, the probability of strong wind occurrence with the speed higher than 15/99 m/s in the return of 1 year in the mentioned stations is closed to 100 percent.</p>	
Keywords: Ardabil province, Natural hazards, Partial series, Strong winds.	



University of Mohaghegh Ardabili

Faculty of Literature and Humanities

Department of Geography

Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of
M.A. in Applied Climatology

Title:

**Statistical Analysis and Predicting Incident Probability of Stormy and
Strong Winds in Ardabil province**

Supervisor(s):

Batool Zeinali (Ph. D)

Advisor(s):

Behrouz Sobhani (Ph. D)

By:

Maryam Ahmadi shamsabad

May – 2017