

ESTIMATION OF BASIC WIND SPEED OF NAMIN CITY FOR THE DESIGN OF STRUCTURES UNDER WIND LOADING

Houshyar Eimani Kalehsar^{1*}, Abbas Adam²

1- Associate Professor, Department of Civil Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2- Master of Earthquake Engineering, Department of Civil Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

ABSTRACT

Investigating the incoming wind force is especially important in the analysis and design of sensitive and vulnerable structures against wind and windy structures in windy areas. In building design regulations, the speed of wind increase in each area is presented as the basis for determining the amount of load on structures. Considering the lack of presentation of wind speed in the third edition (year 2018) of the sixth topic of the National Building Regulations for the region of Namin city and considering the establishment of meteorological stations in this region, in this research, the wind speed is examined in terms of probabilities and the determination of the return period to an estimate of Wind speed is obtained according to different periods for this area. The statistical analysis of the data recorded from different weather stations shows that the prevailing wind direction in Namin region is from the east and the maximum and average annual wind speed according to the meteorological data of Namin station is 17.30 and 7.30 It is meter per second. The fitting of different statistical distributions on the meteorological data obtained from reliable sources showed that the Weibull, Log-Normal and Gamble distribution functions have the most compliance with the behavior of the investigated data. The basic wind speed of Ardabil according to the latest edition of the sixth topic of the National Building Regulations (which is used as the closest station to the Nemin region in the analysis and design calculations of structures under wind loading) is 38.9 meters per second. And it is still the basis for the design of structures in the Namin region. The statistical analysis of the data recorded from different weather stations shows that the prevailing wind direction in Namin region is from the east and the maximum and average annual wind speed according to the meteorological data of Namin station is 17.30 and 7.30 It is meter per second. The fitting of different statistical distributions on the meteorological data obtained from reliable sources showed that the Weibull, Log-Normal and Gamble distribution functions have the most compliance with the behavior of the investigated data. The basic wind speed of Ardabil according to the latest edition of the sixth topic of the National Building Regulations (which is used as the closest station to the Namin region in the analysis and design calculations of structures under wind loading) is 38.9 meters per second. it is still the basis for the design of structures in the Namin region.

ARTICLE INFO

Receive Date: 08 November 2023

Revise Date: 23 February 2024

Accept Date: 08 April 2024

Keywords:

Wind

Basic wind speed

Namin city

Statistical evaluation

Return period

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: <https://doi.org/10.22065/jsce.2024.422625.3251>

*Corresponding author: Houshyar Eimani Kalehsar
Email address: hek@uma.ac.ir

برآورد سرعت مبنای باد شهرستان نمین جهت طراحی سازه ها تحت اثر باد

هوشیار ایمانی کله سر^{*}، عباس آدم^۲

۱- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- کارشناسی ارشد مهندسی زلزله، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده

بررسی نیروی باد وارده به‌ویژه در تحلیل و طراحی سازه‌های حساس و آسیب‌پذیر در برابر باد و سازه‌های مستقر در پهنه‌های بادخیز از اهمیت بسزایی برخوردار است. در آیین‌نامه‌های طراحی ساختمان‌ها، سرعت مبنای باد در هر منطقه به‌عنوان پارامتر اساسی جهت برآورد اولیه از میزان بار وارد بر سازه‌ها ارائه می‌شود. با توجه به عدم ارائه سرعت مبنای باد در ویرایش سوم (سال ۱۳۹۸) مبحث ششم مقررات ملی ساختمان برای منطقه شهرستان نمین و نظر به استقرار ایستگاه‌های هواشناسی در منطقه مذکور، در این پژوهش به بررسی داده‌های سرعت باد از لحاظ توزیع احتمالاتی و تعیین دوره بازگشت پرداخته شده تا تخمینی از سرعت مبنای باد مطابق با دوره‌های بازگشت مختلف برای این منطقه به‌دست آید. بررسی‌های آماری داده‌های ثبت‌شده از ایستگاه‌های مختلف هواشناسی نشان می‌دهد که جهت باد غالب در منطقه نمین از جانب شرق بوده و حداکثر و میانگین سرعت سالانه باد مطابق داده‌های هواشناسی ایستگاه نمین ۳۰ و ۱۷/۷ متر بر ثانیه می‌باشد. برازش توزیع‌های آماری مختلف بر روی اطلاعات هواشناسی اخذشده از مراجع معتبر نشان داد به‌ترتیب توابع توزیع ویبل، لگ‌نرمال و گامبل بیش‌ترین انطباق را با رفتار داده‌های مورد بررسی دارند. سرعت مبنای باد اردبیل طبق آخرین ویرایش مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (که به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه شهرستان نمین در محاسبات تحلیل و طراحی سازه‌ها تحت بارگذاری باد مورد استفاده قرار می‌گیرد) ۳۸/۹ متر بر ثانیه است و کماکان مبنای طراحی سازه‌ها در منطقه‌ی نمین قرار می‌گیرد. طبق نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، سرعت مبنای باد براساس داده‌های اخذشده از شهرستان نمین با دوره بازگشت پنجاه ساله ۳۱/۲۸ متر بر ثانیه بوده و از مقدار ذکرشده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان برای ایستگاه اردبیل کم‌تر می‌باشد. لذا انتظار می‌رود نتایج این مطالعه و مطالعات تکمیلی دیگر در به‌روزرسانی آیین‌نامه جهت مدل‌سازی دقیق‌تر سازه‌های مستقر در این منطقه مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: مهندسی باد، سرعت مبنای باد، شهرستان نمین، ارزیابی آماری، دوره بازگشت.

شناسه دیجیتال:		سابقه مقاله:				
doi:	https://doi.org/10.22065/jsce.2024.422625.3251	چاپ	انتشار آنلاین	پذیرش	بازنگری	دریافت
	10.22065/jsce.2024.422625.3251	۱۴۰۳/۰۹/۳۰	۱۴۰۳/۰۱/۲۰	۱۴۰۳/۰۱/۲۰	۱۴۰۲/۱۲/۰۴	۱۴۰۲/۰۸/۱۷
هوشیار ایمانی کله سر hek@uma.ac.ir					*نویسنده مسئول: پست الکترونیکی:	

۱- مقدمه

باد از مهم ترین پارامترهای هواشناسی جهت شناخت پدیده های جوی و تاثیر آن بر محیط می باشد [۱]. هواشناسی حدی این پدیده طبیعی را می توان مجموعه ای از برآوردهای احتمالی تحت شرایط بادی حداکثر در آینده برای مناطق مختلف جغرافیایی تعریف نمود [۲]. به طور کلی توزیع فراوانی سرعت باد را می توان یک پارامتر مهم برای پیش بینی نیروهای وارد بر ساختمان های واقع در مناطق و ساختمان های بادخیز عنوان نمود [۳]. افزایش ساخت و ساز ساختمان های بلند و سازه های صنعتی و دیگر سازه های حساس در برابر باد [۴] نیازمند بروز رسانی و افزایش آگاهی در ارتباط با هواشناسی هر منطقه است.

آیین نامه ها و استانداردهای طراحی ساختمان براساس انجام آزمایش های متعدد، بررسی مشاهدات میدانی و تحلیل تجربه های گذشته، ضوابط و توصیه های متعددی با هدف کاهش آثار نامطلوب اعمال نیروی باد بر سازه ها ارائه نموده و مهندسان طراح و مجری را جهت رعایت آن ها ملزم شمرده اند. از سویی دیگر بهره گیری از پیشرفت روزافزون علوم هواشناسی، ارائه روش های تحلیلی جدید، افزایش قابلیت های تجهیزات هواشناسی جهت ثبت پیوسته داده ها و نگهداری اطلاعات در کنار گسترش تعداد ایستگاه ها با مکان یابی بهینه نیز می تواند در این زمینه موثر باشد. بر این مبنا بازنگری دوره ای آیین نامه های تحلیل و طراحی سازه ها با توجه به پیشرفت های مستمر روش ها و تجهیزات، ضروری به نظر می رسد. طراحی و اجرای سازه ها و ساختمان در ایران بر مبنای بارگذاری توصیه شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان - بارهای وارد بر ساختمان انجام می شود و بر این اساس انتظار می رود سازه های ساخته شده بر پایه این مقررات از بهره وری لازم کاربری آن متناسب با شرایط ساختگاه داشته باشد. بار باد نیز به عنوان یکی از بارهای اصلی وارد بر سازه ها در این آیین نامه عنوان شده و از این جهت به منظور طراحی سازه های مختلف در برابر این نیرو، سرعت و فشار مبنای باد برای مناطق مختلف کشور در آن ارائه شده است.

افزایش تعداد ایستگاه های ارائه دهنده سرعت مبنای باد در ویرایش سال ۱۳۹۸ مبحث ششم مقررات ملی به ۳۰۵ ایستگاه در مقایسه با ویرایش قبلی (ویرایش سال ۱۳۹۲) که به ارائه سرعت مبنای باد برای ۵۸ منطقه در سطح کل کشور بسنده کرده بود، نمایانگر اهمیت افزایش دقت در شبیه سازی بارگذاری باد وارد بر سازه ها متناسب با شرایط واقعی ساختگاه سازه ها می باشد. علی رغم استقرار ایستگاه سینوپتیک هواشناسی در شهرستان نمین، سرعت مبنای باد این شهرستان در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ارائه نشده است و مطابق با ضوابط و توصیه های ارائه شده در این آیین نامه، در صورت عدم ارائه سرعت مبنای طرح برای منطقه ساختگاه، سرعت مبنای نزدیک ترین ایستگاه ارائه شده به عنوان ایستگاه جایگزین در محاسبات مورد استفاده می گیرد. با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط توپوگرافی پهنه بادخیز شهرستان نمین، انتظار می رود سرعت مبنای باد طرح برای این منطقه دارای مقادیر کمتری نسبت به سرعت مبنای باد ایستگاه شهرستان اردبیل (با دارا بودن بالاترین سرعت مبنای باد ارائه شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان - ۱۴۰ کیلومتر بر ساعت) باشد. در حالت کلی هدف اساسی از انجام این پژوهش تعیین سرعت مبنای باد در منطقه شهرستان نمین در راستای افزایش دقت تحلیل و طراحی سازه های موجود و در حال ساخت تحت بارگذاری باد می باشد. این مهم با ارزیابی داده های هواشناسی سرعت باد و برآزش آماری و احتمالاتی داده های مختص به منطقه نمین انجام شده و در نهایت سرعت مبنای باد بر پایه احتمال فراگذشت در سال کمتر از ۲٪ (دوره بازگشت ۵۰ ساله) مطابق با آیین نامه بارگذاری ساختمان ها در برابر نیروی باد ارائه می شود.

علاوه بر پژوهش های بررسی پارامترهای هواشناسی همچون دما و بارش که عمده مطالعات انجام گرفته در حوزه ی اقلیم شناسی را شامل می شود، ارزیابی عنصر باد به عنوان یکی دیگر از متغیرهای پیچیده ی اقلیمی به خصوص در سه دهه اخیر مورد توجه محققین بوده است. هارناک و همکاران^۱ [۵] با بررسی رخداد بادهای شدید فصل گرم در ایالت یوتا^۲، بیان نمودند که همزمان با رخداد بادهای گرم و شدید در این ایالت، در ترازهای بالای جو، یک سامانه فرود به منطقه نزدیک می شود. اوپار^۳ [6] با مطالعه ویژگی های سرعت باد در هفت

1 Harnak et al.

2 Utah

3 Oyar

ایستگاه سینوپتیک کشور ترکیه سرعت متوسط باد ایستگاه‌های مورد مطالعه را تعیین و برآورد نمود. امانوئل^۴ [۷] به بررسی روند روزانه، ماهانه و سالانه سرعت‌های باد برای نواحی استوایی در اقیانوس‌های آرام و اطلس پرداخت. او جهت تعیین احتمال وقوع باد، از توابع توزیع ویبول و رایلی استفاده نموده و ضرایب x و y تابع ویبول را با روش حداقل مربعات و معادلات دو مجهولی به دست آورد. سما و همکاران^۵ [۸] با بررسی داده‌های آب و هوایی باد در حوزه دریای خزر در طی دوره سال‌های ۱۹۴۰-۱۹۹۰ و تحلیل نقشه‌های هوایی مربوط به رخداد ۱۹ طوفان، عنوان نمودند که باکو به عنوان محل بیشینه موج‌های باد می‌باشد و این می‌تواند بر وجه تسمیه این شهر یعنی بادکوبه عنوان شود. تالر^۶ [۹] به مطالعه روند سرعت باد در چهار ایستگاه مستقر در غرب کانادا پرداخت. نتایج حاشی از پژوهش نشان داد که سرعت سالانه و نیز فصلی (در زمستان) کاهش یافته است. مک تانیش و همکاران^۷ [۱۰] به بررسی ویژگی‌ها و شرایط هواشناسی طوفان خاکی اتفاق افتاده در سال ۲۰۰۲ استرالیا پرداختند. وجود دو منطقه پرفشار در مرکز استرالیا و شمال نیوزلند و تشکیل یک منطقه کم فشار در میان آنها دلیل اصلی بوجود آمدن این طوفان اعلام شد. برانو و همکاران^۸ [۱۱] به مقایسه هفت تابع توزیع چگالی احتمال شامل ویبل، ریلی، لگ نرمال، گاما، گاوسی معکوس، پیرسون نوع ۷ و بور در تحلیل داده‌های هواشناسی پرداخته و مناسب‌ترین توزیع چگالی را توزیع چگالی احتمالاتی بور بیان کردند. صفری^۹ [۱۲] با ارزیابی توابع توزیع احتمالی ویبل، ریلی، لگ نرمال، نرمال و گاما جهت تحلیل داده‌های سرعت باد در چهار ایستگاه رواندا^{۱۰}، مناسب‌ترین توزیع را مربوط به توابع ویبل و گاما عنوان نمود. همچنین از مهم‌ترین پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه موضوع توزیع داده‌های سرعت باد نیز می‌توان به مطالعات کارتا و همکاران^{۱۱} [۱۳-۱۴]، کلیک^{۱۲} [۱۵]، وانگت و همکاران^{۱۳} [۱۶] اشاره نمود. اصغر و لی یو^{۱۴} [۱۷]، به بررسی مزایای استفاده از سیستم عصبی- فازی تطبیقی مبتنی بر مکانیزم یادگیری هوشمند جهت برآورد تابع چگالی احتمال ویبل جهت پیش بینی توان خروجی توربین‌های بادی در مزارع بادی پرداختند. وانگ و همکاران^{۱۵} [۱۸]، با انجام مطالعه‌ای جهت بررسی واریانس سرعت باد، توزیع ویبل را برای داده‌های سرعت باد تگزاس مناسب عنوان کردند. شایان ذکر است مطالعات گسترده‌ای از گذشته تا زمان حاضر جهت تعیین روند سرعت باد در کشورهای مختلف انجام گرفته است. دانشمندان روند تغییرات سرعت باد را در ایستگاه‌های مختلف در سطح جهان انجام داده و نتایج مختلفی را به دست آورده‌اند. در بعضی ایستگاه‌ها، روند تغییرات سرعت باد، افزایشی و در بعضی ایستگاه‌های دیگر، کاهش یافته است. از مهم‌ترین پژوهش‌های انجام گرفته می‌توان به موارد اشاره شده در جدول ۱ اشاره نمود.

جدول ۱ مهم‌ترین پژوهش‌های انجام گرفته جهت تعیین روند سرعت باد

محل انجام پژوهش	پژوهشگران	سال	نتیجه پژوهش
انگلستان	پالوتیکوف و همکاران ^{۱۶} [۱۹]	۱۹۸۷	کاهش معناداری در روند سرعت باد وجود دارد که در نتیجه آن مقدار تولید انرژی بادی کاهش یافته است.
استرالیا	مک ویوار و همکاران ^{۱۷} [۲۰]	۲۰۰۸	روند سرعت باد در بخش‌های مرکزی و جنوبی افزایش یافته است.
کانادا	وان و همکاران ^{۱۸} [۲۱]	۲۰۱۰	در اغلب مناطق غربی و جنوبی کانادا سرعت باد دارای روند کاهشی و در بیشتری مناطق مرکزی و شمالی روند باد افزایشی می‌باشد.
چین	یینگ و همکاران ^{۱۹} [۲۲]	۲۰۱۳	رخدادهای تندباد سالانه و فصلی کاهش چشمگیری داشته است.
آمریکا	پریور و همکاران ^{۲۰} [۲۳]	۲۰۰۹	روند سرعت باد به صورت کاهشی می‌باشد.
	پریور و لدورتر ^{۲۱} [۲۴]	۲۰۱۰	

⁴ Emanuel

⁵ Somava et al.

⁶ Tuller

⁷ Mctanish et al.

⁸ Brano

⁹ Safari

¹⁰ Rwanda

¹¹ Carta et al.

¹² Celik

¹³ Wang et al.

¹⁴ Asghar & Liu

¹⁵ Wang et al.

¹⁶ Palutikof et al.

¹⁷ Mc Vivar et al.

¹⁸ Wan et al.

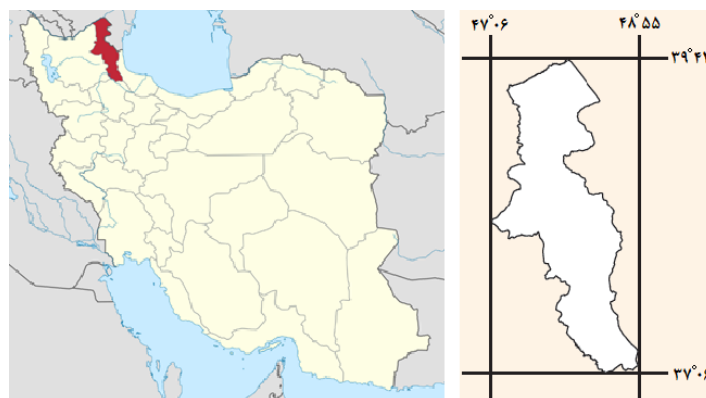
¹⁹ Ying et al.

²⁰ Pryor et al.

۲- روش تحقیق

۲-۱- مشخصات منطقه پژوهش

استان اردبیل در محدوده‌ی مختصات با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۶ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۶ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه در شمال غربی ایران واقع شده است. این استان از شمال با کشور جمهوری آذربایجان، و از غرب، شرق و جنوب به ترتیب با استان‌های آذربایجان شرقی، گیلان و زنجان همسایه می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱: محدوده‌ی مختصات جغرافیایی استان اردبیل.

شهرستان نمین با وسعت ۱۰۳۷ کیلومترمربع در شمال شرقی استان اردبیل، در منطقه‌ای کوهستانی قرار داشته و ۵/۵ درصد از کل مساحت این استان را شامل می‌شود. مرکز این شهرستان (شهر نمین) در فاصله‌ی ۲۵ کیلومتری از مرکز استان و در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۹ دقیقه و ۳۰ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۵ دقیقه و ۲۵ ثانیه قرار دارد. مطابق شکل ۲ شهرستان نمین از لحاظ تقسیمات سیاسی از سه بخش مرکزی، عنبران و ویلکیج تشکیل شده و دارای سه شهر نمین، عنبران و آبی بیگلر می‌باشد.



شکل ۲: شماتیک موقعیت جغرافیایی و تقسیمات سیاسی شهرستان نمین.

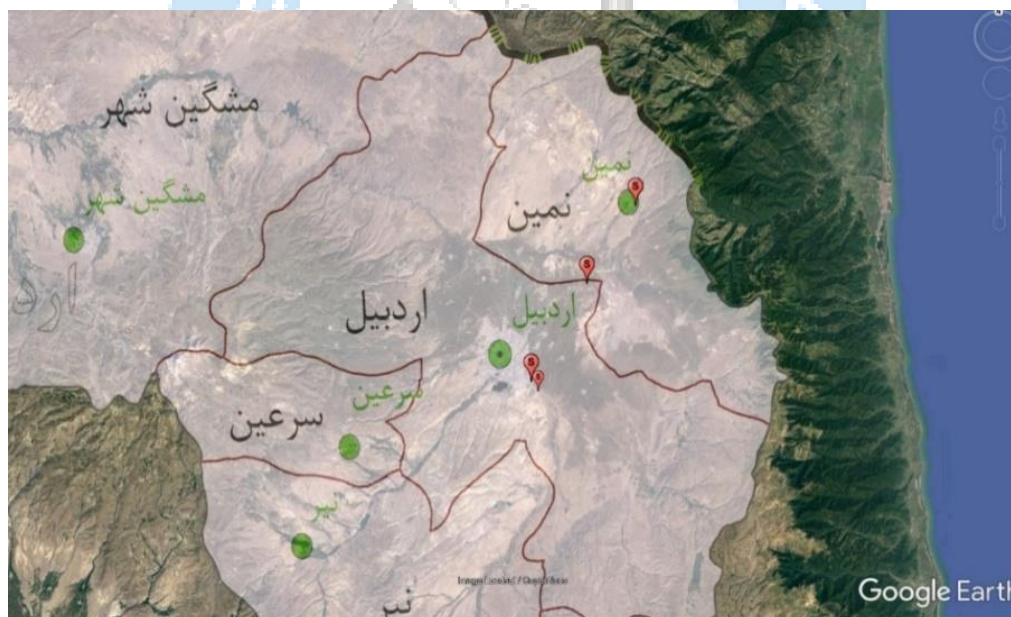
۲-۲- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی جهت داده‌برداری

داده‌های مربوط به بیشینه سرعت بادهای ثبت شده روزانه برای ایستگاه‌های اردبیل، فرودگاه و نمین به ترتیب از سال ۱۹۸۰، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۸ تا انتهای سال ۲۰۲۱ با کم‌ترین شکاف آماری از اداره کل هواشناسی استان اردبیل اخذ شده است. مشخصات محل استقرار ایستگاه‌های مورد بررسی در جدول ۲ و شماتیک موقعیت قرارگیری آن‌ها در شکل ۳ ارائه شده است.

جدول ۲: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی و دوره آماری داده‌های اخذ شده از ایستگاه‌های هواشناسی مرتبط با پژوهش

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	مختصات جغرافیایی				ارتفاع از سطح دریا (متر)	دوره آماری
		طول		عرض			
		درجه	دقیقه	درجه	دقیقه		
اردبیل	سینوپتیک	۴۸	۱۹	۳۸	۱۳	۱۳۳۵/۲	میلادی ۱۹۸۰-۲۰۲۱ شمسی ۱۳۵۸-۱۴۰۰
فرودگاه	سینوپتیک	۴۸	۲۴	۳۸	۱۹	۱۳۱۷/۳	میلادی ۲۰۰۴-۲۰۲۱ شمسی ۱۳۸۲-۱۴۰۰
نمین	سینوپتیک	۴۸	۲۹	۳۸	۲۵	۱۴۸۰/۲	میلادی ۲۰۰۸-۲۰۲۱ شمسی ۱۳۸۶-۱۴۰۰

* داده‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین ثبت شده‌اند.



شکل ۳: موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی اردبیل، فرودگاه و نمین.

به منظور تعیین مدل مناسب برای توزیع سرعت باد در ایستگاه‌های مختلف و در راستای محاسبه‌ی سرعت باد به ازای دوره‌های بازگشت مختلف، کدنویسی در محیط نرم‌افزار متلب انجام شده و داده‌های در دسترس به عنوان ورودی برنامه جهت استخراج پارامترهای هدف مورد استفاده قرار گرفته است. هم‌چنین پس‌پردازش داده‌ها جهت استخراج مشخصه‌های توزیع‌های آماری به همین شیوه انجام شده است.

۳-۲- روش بررسی آماری

شناسایی توزیعی مناسب‌ترین شیوه توصیف و ارائه‌ی روند سرعت باد به‌عنوان یک شاخص در یک مکان خاص می‌باشد [۲۵]. مدل‌های آماری ارائه یک بیان ریاضی برای رفتار متغیرها هستند که امکان برون‌یابی اطلاعات را فراهم می‌نمایند [۲۶]. توزیع‌های آماری متعددی جهت ارزیابی داده‌های آماری وجود دارد که از این میان توزیع‌های نرمال، لگ نرمال، گاما، وایبل و گامبل مطابق جدول ۳ در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول ۳: لیست توابع توزیع احتمال مورد بررسی در پژوهش

توزیع آماری	تابع توزیع احتمال
نرمال	$F(X) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)}{\sigma\sqrt{2\pi}}$
لگ نرمال	$F(X) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$
گاما	$F(X) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} x^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right)$
ویبل	$F(X) = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right]$
گامبل	$F(X) = \frac{1}{\sigma} \exp(-z - \exp(-z))$

۳-۳- بحث و بررسی

در مرحله ارزیابی آماری اطلاعات پژوهش، پس از جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک واقع در نزدیکی شهرستان نمین (ایستگاه‌های نمین، اردبیل و فرودگاه اردبیل)، تحلیل توصیفی با بررسی شاخص‌های آماری شامل دامنه تغییرات، میانگین، مد، میانه، واریانس، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی انجام شده است. در این پژوهش گلبادهای ایستگاه‌های مذکور به‌عنوان نمایه‌ای جهت دسته‌بندی فراوانی داده‌های باد براساس سرعت و جهت مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است تحلیل استنباطی داده‌های پژوهش با برازش توزیع‌های نرمال، لگ نرمال، گاما، وایبل و گامبل بر روی داده‌ها، تعیین مقادیر دوره‌های بازگشت چندین ساله برای حداکثر سرعت باد و در نهایت مقایسه نتایج با مقادیر ارائه شده توسط مبحث ششم مقررات ملی به‌عنوان اصلی‌ترین هدف پژوهش مورد توجه می‌باشد.

۳-۱- تحلیل شاخص‌های آماری

شاخص‌های آماری داده‌های حداکثر سرعت باد برای ایستگاه‌های اردبیل، فرودگاه و نمین به ترتیب در جداول ۴ تا ۶ ارائه شده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد بیش‌ترین سرعت باد ثبت شده سالانه در ایستگاه اردبیل مربوط به ماه مارس و برابر با ۳۷ متر بر ثانیه می‌باشد و دامنه‌ی تغییرات سرعت باد ثبت شده در این ایستگاه به ۲۹ متر بر ثانیه می‌رسد. میانگین بیش‌ترین سرعت باد سالانه ۱۷/۷ متر بر ثانیه است که بیشینه آن در ماه مارس برابر با ۲۰/۶ متر بر ثانیه و کمینه آن به‌طور مشترک در ماه‌های جولای، سپتامبر و آگوست با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه به ثبت رسیده است. بیش‌ترین تعداد تکرار (مد) سرعت باد ثبت شده برابر ۱۵ متر بر ثانیه بوده و واریانس و انحراف معیار داده‌های موجود نیز به ترتیب برابر با ۲۱/۷ و ۴/۷ می‌باشد. در ایستگاه‌های فرودگاه و نمین حداکثر سرعت باد سالانه به ترتیب برابر با ۳۳ و ۳۰ متر بر ثانیه بوده است و دامنه تغییرات داده‌های این ایستگاه‌ها ۲۱ و ۲۰ متر بر ثانیه برای دوره‌های متناظر تعیین شده است. همچنین بیش‌ترین فراوانی داده‌های حداکثر سرعت باد در ایستگاه فرودگاه برابر با ۱۵ متر بر ثانیه ثبت شده است که این شاخص برای ایستگاه نمین ۱۷ متر بر ثانیه است.

جدول ۴: شاخص‌های آماری ماهانه داده‌های ایستگاه هواشناسی اردبیل - یازمه زمانی ۱۹۸۰-۲۰۲۱

شاخص آماری	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
میان	۱۹/۵	۱۹/۰	۱۹/۰	۱۸/۰	۱۷/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۶/۵	۱۶/۵	۲۰/۰	۱۷/۰
انحراف معیار	۴/۷	۵/۱	۵/۴	۴/۸	۴/۱	۳/۰	۲/۵	۲/۳	۳/۰	۴/۲	۴/۷	۴/۹	۴/۷
خطای انحراف معیار	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۷	۰/۶	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۷	۰/۷	۰/۸	۰/۲
میانگین	۲۰/۴	۱۹/۹	۲۰/۶	۱۹/۰	۱۷/۸	۱۵/۲	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۷/۰	۱۷/۷	۱۹/۹	۱۷/۷
مد	۱۸/۰	۱۸/۰	۱۸/۰	۱۸/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۶/۰	۱۵/۰	۱۴/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰
واریانس	۲۲/۳	۲۶/۴	۲۹/۰	۲۳/۰	۱۷/۲	۸/۹	۶/۱	۵/۳	۸/۸	۱۸/۰	۲۱/۶	۲۳/۸	۲۱/۷
چولگی	۱/۱	۰/۸	۱/۲	۰/۴	۰/۸	۰/۵	۰/۰	-۰/۸	-۰/۱	۱/۲	۰/۵	۰/۸	۱/۱
بیشینه	۳۶/۰	۳۵/۰	۳۷/۰	۳۱/۰	۳۰/۰	۲۲/۰	۲۰/۰	۲۰/۰	۲۱/۰	۳۳/۰	۳۰/۰	۳۴/۰	۳۷/۰
کشیدگی	۴/۱	۴/۲	۴/۴	۳/۴	۳/۶	۳/۱	۲/۸	۳/۹	۲/۶	۶/۱	۳/۱	۳/۵	۴/۸
دامنه تغییرات	۲۲/۰	۲۵/۰	۲۴/۰	۲۲/۰	۲۰/۰	۱۲/۰	۱۰/۰	۱۱/۰	۱۳/۰	۲۴/۰	۲۲/۰	۲۲/۰	۲۹/۰

جدول ۵: شاخص‌های آماری ماهانه داده‌های ایستگاه هواشناسی فرودگاه - بازه زمانی ۲۰۰۴-۲۰۲۱

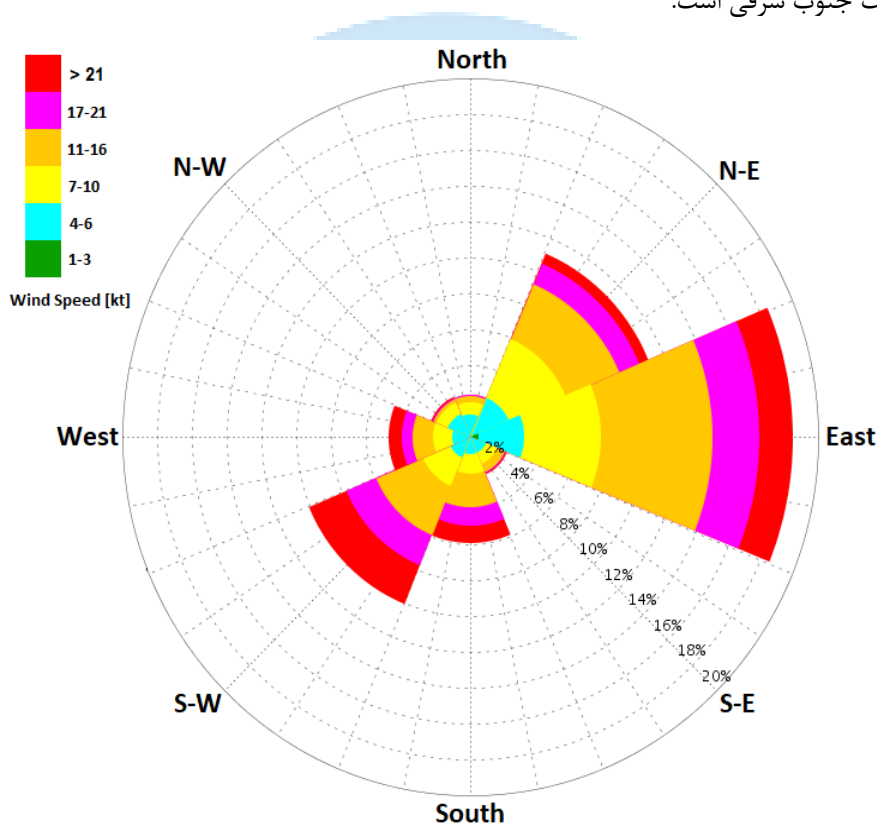
شاخص آماری	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
میان	۱۹/۰	۱۸/۰	۲۱/۵	۱۷/۰	۱۶/۵	۱۶/۰	۱۵/۰	۱۶/۰	۱۵/۰	۱۸/۰	۱۵/۵	۱۸/۰	۱۷/۰
انحراف معیار	۲/۲	۳/۰	۴/۲	۲/۹	۲/۵	۱/۷	۱/۵	۱/۵	۱/۶	۳/۹	۲/۳	۲/۵	۳/۱
خطای انحراف معیار	۰/۵	۰/۷	۱/۰	۰/۷	۰/۶	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۹	۰/۵	۰/۶	۰/۲
میانگین	۱۹/۰	۱۸/۳	۲۱/۳	۱۷/۹	۱۶/۷	۱۵/۸	۱۵/۶	۱۵/۹	۱۵/۳	۱۷/۸	۱۵/۸	۱۷/۹	۱۷/۳
مد	۲۰/۰	۱۸/۰	۲۲/۰	۱۶/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۷/۰	۱۵/۰	۱۳/۰	۱۵/۰	۱۸/۰	۱۵/۰
واریانس	۵/۱	۸/۹	۱۷/۶	۸/۲	۶/۳	۲/۹	۲/۱	۲/۱	۲/۷	۱۵/۶	۵/۲	۶/۳	۹/۵
چولگی	۰/۱	۰/۹	۰/۹	۱/۰	۰/۹	-۰/۲	۱/۵	-۱/۰	-۰/۳	۰/۴	۰/۷	-۰/۶	۱/۲
بیشینه	۲۴/۰	۲۵/۰	۳۳/۰	۲۵/۰	۲۳/۰	۱۹/۰	۲۰/۰	۱۸/۰	۱۸/۰	۲۵/۰	۲۲/۰	۲۲/۰	۳۳/۰
کشیدگی	۳/۱	۳/۱	۴/۵	۳/۳	۳/۳	۳/۰	۵/۵	۳/۹	۲/۳	۲/۰	۴/۵	۳/۰	۵/۷
دامنه تغییرات	۹/۰	۱۱/۰	۱۸/۰	۱۱/۰	۱۰/۰	۷/۰	۶/۰	۶/۰	۶/۰	۱۲/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۲۱/۰

جدول ۶: شاخص‌های آماری ماهانه داده‌های ایستگاه هواشناسی نمین - بازه زمانی ۲۰۰۸-۲۰۲۱

شاخص آماری	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
میان	۱۸/۰	۱۸/۰	۲۰/۰	۱۷/۰	۱۶/۵	۱۵/۰	۱۶/۵	۱۷/۰	۱۵/۵	۱۷/۵	۱۵/۰	۱۷/۰	۱۷/۰
انحراف معیار	۴/۲	۳/۴	۵/۱	۲/۷	۲/۰	۲/۴	۲/۱	۱/۸	۲/۴	۴/۳	۳/۲	۴/۳	۳/۵
خطای انحراف معیار	۱/۱	۰/۹	۱/۴	۰/۷	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۱/۱	۰/۹	۱/۲	۰/۳
میانگین	۱۸/۵	۱۹/۱	۲۰/۹	۱۷/۳	۱۶/۴	۱۶/۳	۱۶/۹	۱۷/۰	۱۵/۴	۱۸/۲	۱۶/۳	۱۷/۶	۱۷/۵
مد	۱۶/۰	۱۷/۰	۱۶/۰	۱۷/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۶/۰	۱۵/۰	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۵/۰	۱۷/۰	۱۷/۰
واریانس	۱۸/۰	۱۱/۵	۲۶/۴	۷/۵	۴/۱	۵/۹	۴/۵	۳/۱	۵/۶	۱۸/۵	۱۰/۵	۱۸/۹	۱۲/۵
چولگی	۰/۴	۰/۰	۰/۳	۱/۶	۰/۱	۰/۸	۱/۰	۰/۶	۰/۴	۰/۶	۰/۵	۰/۳	۱/۰
بیشینه	۲۷/۰	۲۴/۰	۳۰/۰	۲۵/۰	۲۰/۰	۲۱/۰	۲۲/۰	۲۱/۰	۲۱/۰	۲۷/۰	۲۳/۰	۲۶/۰	۳۰/۰
کشیدگی	۲/۴	۱/۹	۱/۷	۵/۷	۲/۰	۲/۵	۳/۵	۳/۰	۴/۰	۲/۶	۲/۶	۲/۹	۴/۰
دامنه تغییرات	۱۵/۰	۱۱/۰	۱۶/۰	۱۱/۰	۷/۰	۸/۰	۸/۰	۶/۰	۱۰/۰	۱۵/۰	۱۲/۰	۱۶/۰	۲۰/۰

۲-۳- گلباد

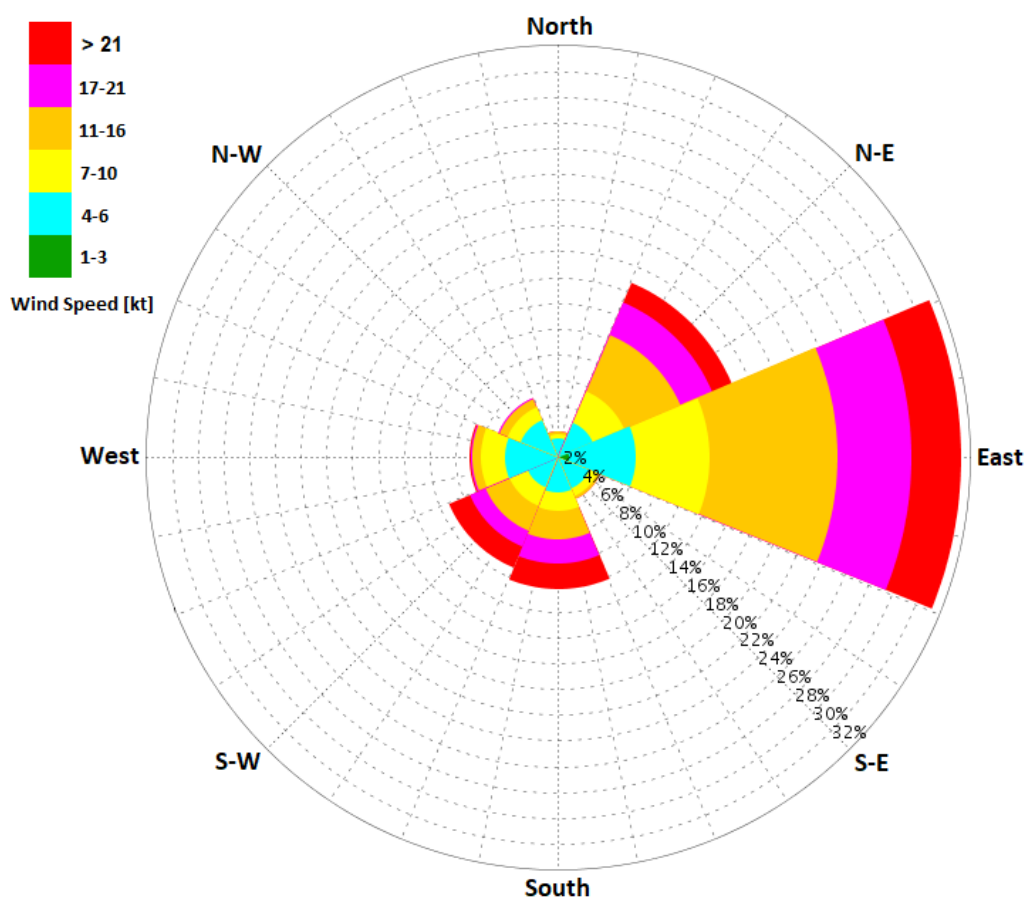
گلبادهای منطقه‌ای اردبیل، فرودگاه اردبیل و نمین با استفاده از داده‌های اخذ شده از ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی مورد بررسی به ترتیب در اشکال ۴ تا ۶ ارائه شده است. در شکل ۴ گلباد ایستگاه اردبیل در بازه زمانی ۱۹۸۰/۰۱/۰۱ الی ۲۰۲۰/۱۲/۳۱ نمایش داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، باد غالب در این ایستگاه شرقی بوده و ۱۹٪ از کل بادهای را در برمی‌گیرد که ۲٪ از آن دارای سرعت بیش‌تر از ۲۱ نات (معادل ۱۰/۸ متر بر ثانیه)، ۳٪ دارای سرعت ۱۷ تا ۲۱ نات (معادل ۸/۷۵ الی ۱۰/۸ متر بر ثانیه)، ۷٪ دارای سرعت ۱۱ تا ۱۶ نات (معادل ۵/۶۶ الی ۸/۲۳ متر بر ثانیه)، ۴٪ دارای سرعت ۷ تا ۱۰ نات (معادل ۳/۶ الی ۵/۱۴ متر بر ثانیه)، ۴٪ دارای سرعت ۷ تا ۱۰ نات (معادل ۳/۶ الی ۵/۱۴ متر بر ثانیه)، ۲٪ دارای سرعت ۴ تا ۶ نات (معادل ۲/۰۶ الی ۳/۰۹ متر بر ثانیه) و ۱٪ دارای سرعت ۱ تا ۳ نات (معادل ۰/۵ الی ۱/۵۴ متر بر ثانیه) می‌باشد. باد نائِب غالب در ایستگاه اردبیل باد شمال شرقی می‌باشد که ۱۳٪ از کل بادهای را شامل می‌شود، هم‌چنین باد جنوب غربی با دارا بودن ۱۳٪ از کل بادهای ثبت شده در این ایستگاه از مهم‌ترین بادهای این مرکز می‌باشند. لازم به ذکر است جهت سایر بادهای ثبت شده در این ایستگاه ۱۲٪ بادهای ثبت شده جنوبی، ۱۱٪ غربی، ۱۰٪ شمالی، ۱۰٪ شمال غربی و ۷٪ از سمت جنوب شرقی است.



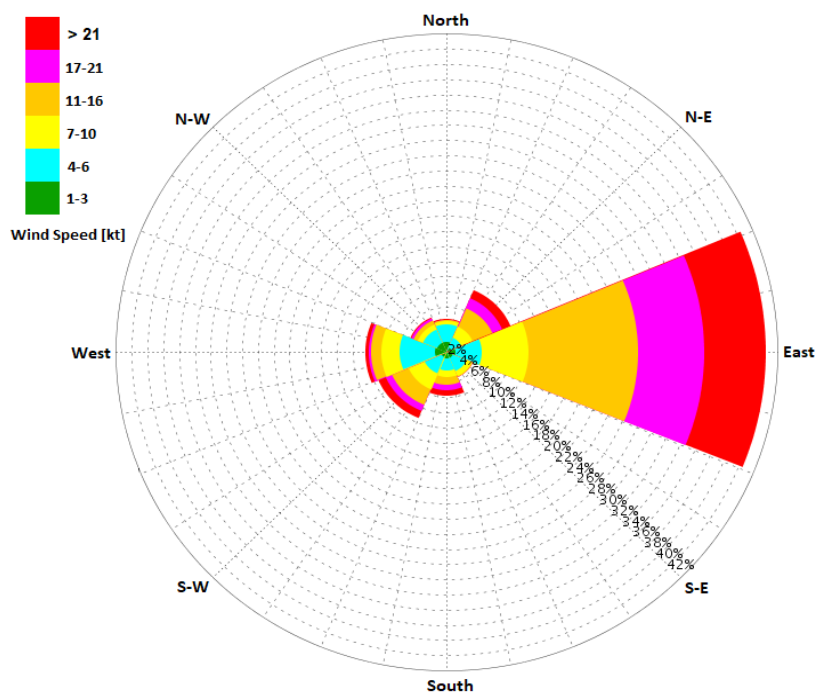
شکل ۴: گلباد ایستگاه هواشناسی اردبیل - دوره ۱۹۸۰-۲۰۲۱

بررسی گلباد ایستگاه فرودگاه اردبیل در بازه زمانی ۲۰۰۴/۰۱/۰۱ لغایت ۲۰۲۰/۱۲/۳۱ (شکل ۵) نشان می‌دهد که باد غالب این ایستگاه از جهت شرق می‌وزد و ۴۱٪ از کل بادهای این ایستگاه را شامل می‌شود. ۴٪ از باد غالب با سرعت بیش‌تر از ۲۱ نات، ۶٪ با سرعت ۱۷ تا ۲۱ نات، ۱۰٪ از باد غالب با سرعت ۱۱ تا ۱۶ نات، ۶٪ با سرعت ۷ تا ۱۰ نات، ۵٪ با سرعت ۴ تا ۶ نات و ۱٪ با سرعت ۱ تا ۳ می‌وزد. هم‌چنین ۱۶٪ از کل بادهای این ایستگاه که از جهت شمال شرقی می‌وزد که به عنوان باد نائِب غالب در این ایستگاه می‌باشد. هم‌چنین فراوانی سایر بادهای نشان می‌دهد که وزش ۱۴٪ از کل بادهای جهت جنوب، ۱۲٪ از جهت جنوب غربی، ۱۰٪ از جهت غربی، ۸٪ از جهت شمال غربی، ۶٪ از جهت جنوب شرقی و ۳٪ از سمت شمال است.

مطابق با گلباد شکل ۶، مشاهده می‌شود که باد غالب شرقی بوده و ۴۱٪ از کل بادهای این ایستگاه را دربرمی‌گیرد. سرعت وزش ۹٪ از باد غالب بیش‌تر از ۲۱ نات، ۹٪ با سرعت ۱۷ تا ۲۱ نات، ۱۴٪ با سرعت ۱۱ تا ۱۶ نات، ۵٪ با سرعت ۷ تا ۱۰ نات، ۳٪ با سرعت ۴ تا ۶ نات و ۱٪ از باد غالب با سرعت ۱ تا ۳ نات می‌باشد. باد نایب غالب غربی بوده و ۱۳٪ از کل بادهای این ایستگاه را شامل می‌شود. از سایر بادهای این ایستگاه، بادهای جنوب غربی و شمال شرقی می‌باشد که به ترتیب ۱۲٪ و ۱۱٪ از کل بادهای ثبت شده را شامل می‌شود. همچنین باد شمال غربی ۶٪، باد شمالی ۴٪ و باد جنوب شرقی ۳٪ از کل بادها را شامل می‌شود.



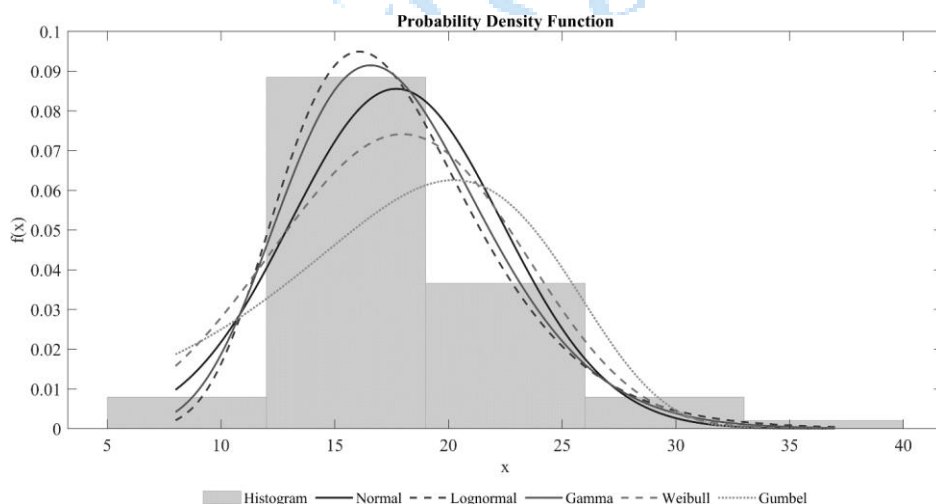
شکل ۵: گلباد ایستگاه هواشناسی فرودگاه - دوره ۲۰۲۱-۲۰۰۴



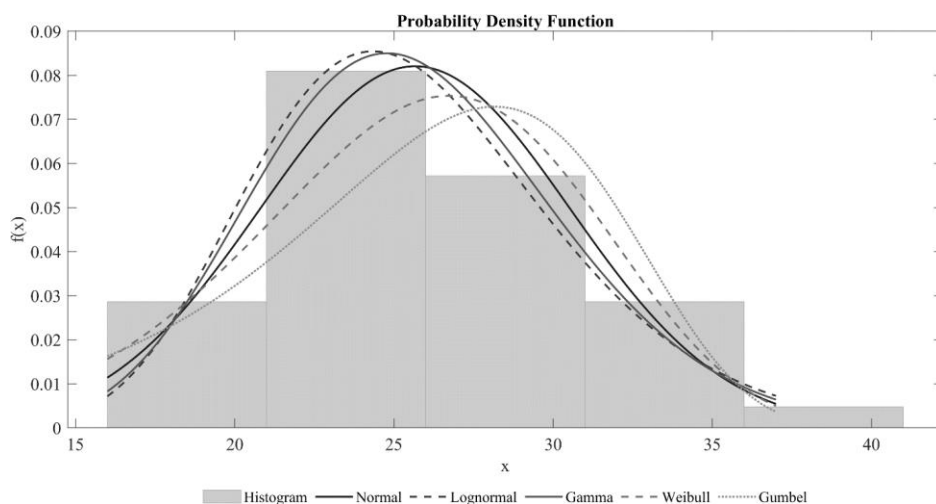
شکل ۶: گلباد ایستگاه هواشناسی نمین - دوره ۲۰۰۸-۲۰۲۱

۳-۳- مدل سازی و تطبیق داده ها با توابع چگالی مختلف

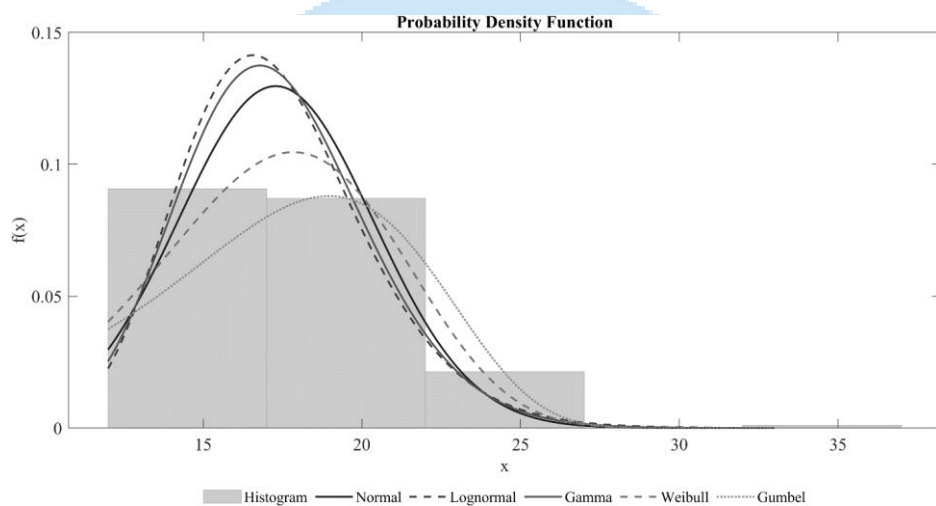
انطباق توابع چگالی احتمال مختلف (شامل توزیع های نرمال، لگ نرمال، گاما، ویبل و گامبل) بر روی مجموعه داده های در دسترس با هدف تعیین متناسب ترین توزیع در حالت های داده های ماهانه و سالانه برای ایستگاه اردبیل در اشکال ۷ و ۸، برای ایستگاه فرودگاه در اشکال ۹ و ۱۰ و برای ایستگاه نمین در اشکال ۱۱ تا ۱۶ ارائه شده است. لازم به ذکر است با توجه به شکاف آماری در داده های ایستگاه نمین، بررسی داده های موجود برای سه حالت ۱. داده های موجود (بدون در نظر گرفتن داده های گم شده)، ۲. جایگزینی داده های ناموجود (گم شده) با میانگین داده های موجود و ۳. جایگزینی داده های ناموجود با بیشینه داده های موجود برای دو حالت ماهانه و سالانه ارائه شده است. لازم به ذکر است روند اتخاذ شده در برخورد با مجموعه داده های به اصطلاح گم شده از جمله روش های تایید شده در مباحث آماری می باشد.



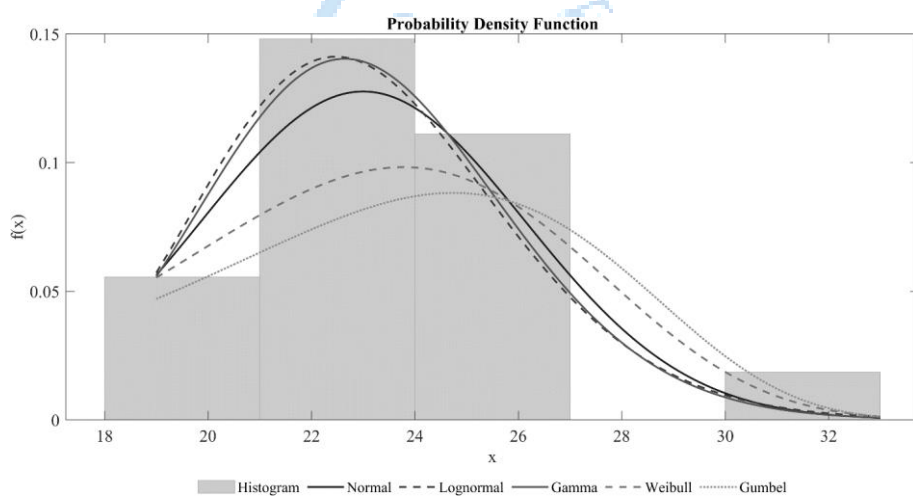
شکل ۷: نمودار تطبیق توزیع های احتمال بر داده های ماهانه ایستگاه اردبیل در دوره آماری ۲۰۲۱-۱۹۸۰



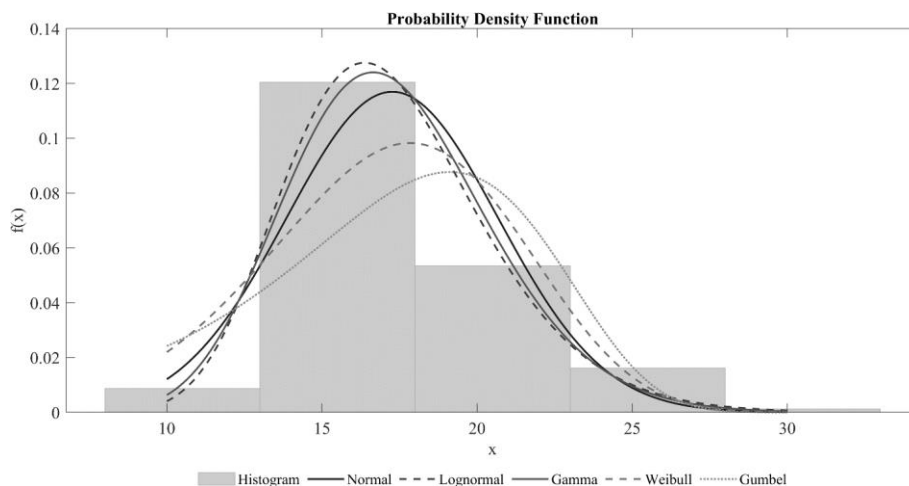
شکل ۸: نمودار تطبیق توزیع‌های احتمال بر داده‌های سالانه ایستگاه اردبیل در دوره آماری ۱۹۸۰-۲۰۲۱



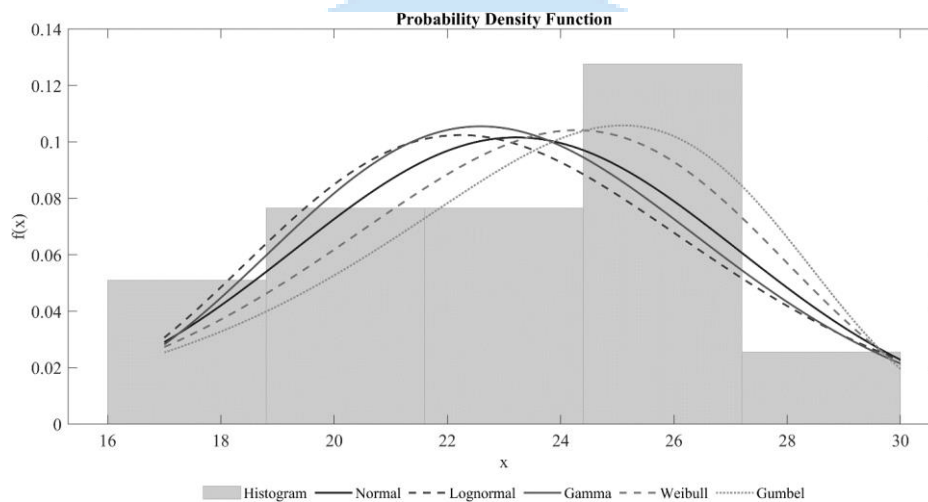
شکل ۹: نمودار تطبیق توزیع‌های احتمال بر داده‌های ماهانه ایستگاه فرودگاه در دوره آماری ۲۰۰۴-۲۰۲۱



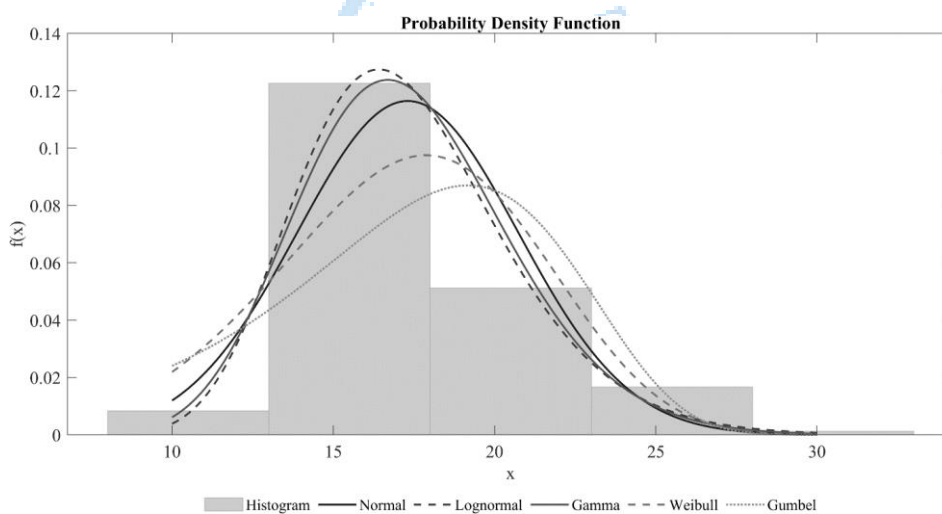
شکل ۱۰: نمودار تطبیق توزیع‌های احتمال بر داده‌های سالانه ایستگاه فرودگاه در دوره آماری ۲۰۰۴-۲۰۲۱



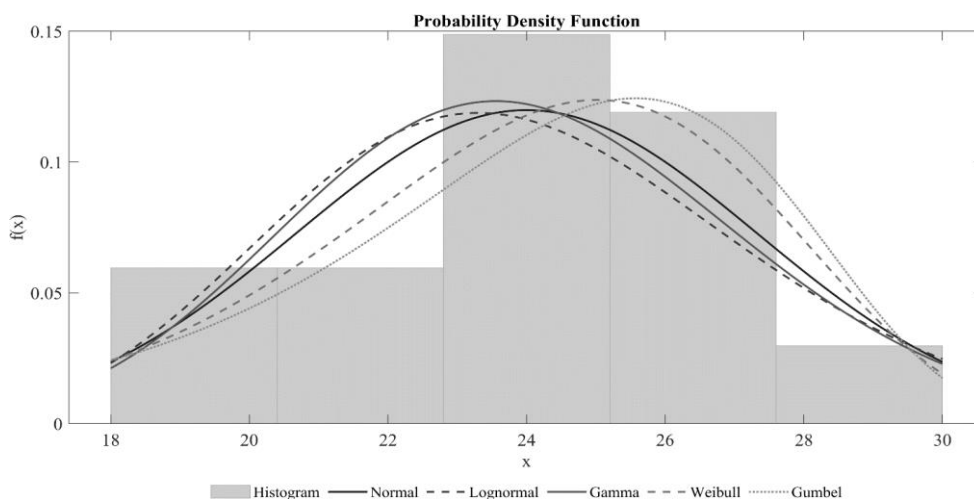
شکل ۱۱: نمودار تطبیق توزیع‌های احتمال بر داده‌های ماهانه ایستگاه نمین در دوره آماری ۲۰۰۸-۲۰۲۱ (حالت اول)



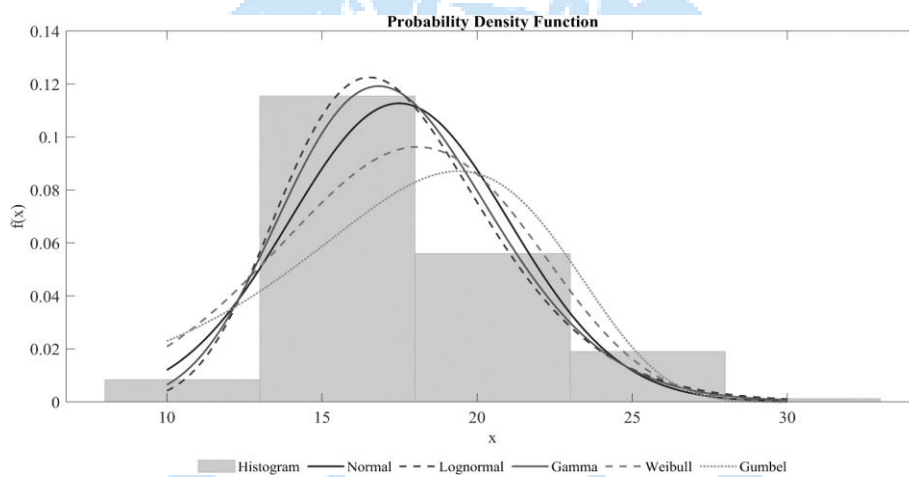
شکل ۱۲: نمودار تطبیق توزیع‌های احتمال بر داده‌های سالانه ایستگاه نمین در دوره آماری ۲۰۰۸-۲۰۲۱ (حالت اول)



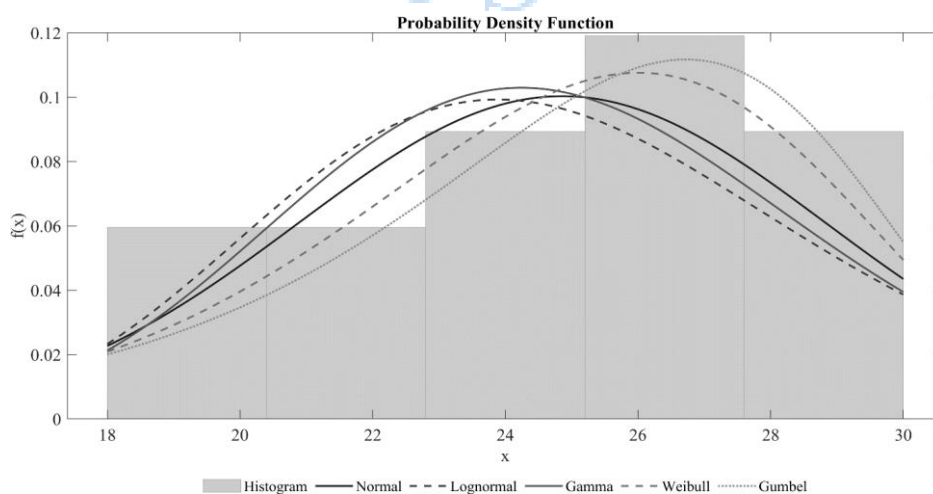
شکل ۱۳: نمودار تطبیق توزیع‌های احتمال بر داده‌های ماهانه ایستگاه نمین در دوره آماری ۲۰۰۸-۲۰۲۱ (حالت دوم)



شکل ۱۴: نمودار تطبیق توزیع‌های احتمال بر داده‌های سالانه ایستگاه نمین در دوره آماری ۲۰۰۸-۲۰۲۱ (حالت دوم)



شکل ۱۵: نمودار تطبیق توزیع‌های احتمال بر داده‌های ماهانه ایستگاه نمین در دوره آماری ۲۰۰۸-۲۰۲۱ (حالت سوم)



شکل ۱۶: نمودار تطبیق توزیع‌های احتمال بر داده‌های سالانه ایستگاه نمین در دوره آماری ۲۰۰۸-۲۰۲۱ (حالت سوم)

جدول ۷: پارامترهای محاسبه شده مربوط به توابع توزیع مختلف

Gumbel-max (Extreme)		Normal		Gamma		Weibull		Lognormal		ایستگاه / دوره زمانی
μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	
۲۵/۵۷۷	۲/۹۵۷	۲۴/۰۰۰	۳/۳۲۸	۰/۴۴۳	۵۴/۱۷۸	۸/۴۸۰	۲۵/۳۹۲	۳/۱۶۹	۰/۱۴۳	اردبیل (بیشینه سالانه)
۱۹/۱۷۹	۴/۳۲۹	۱۷/۳۰۸	۳/۴۲۶	۰/۶۱۹	۲۷/۹۸۳	۴/۸۵۵	۱۸/۷۴۳	۲/۸۳۳	۰/۱۸۷	اردبیل (بیشینه ماهانه)
۲۵/۰۹۷	۳/۴۷۵	۲۳/۲۱۴	۳/۹۲۶	۰/۶۳۰	۳۶/۸۶۱	۶/۹۵۵	۲۴/۸۳۰	۳/۱۳۱	۰/۱۷۳	فرودگاه (بیشینه سالانه)
۱۹/۱۲۳	۴/۱۹۵	۱۷/۳۶۷	۳/۴۱۱	۰/۶۱۷	۲۷/۹۷۰	۴/۸۸۲	۱۸/۶۹۴	۲/۸۳۱	۰/۱۸۸	فرودگاه (بیشینه ماهانه)
۲۶/۷۲۳	۳/۲۹۴	۲۴/۸۵۷	۳/۹۷۸	۰/۶۱۷	۴۰/۲۵۹	۷/۶۷۶	۲۶/۴۸۸	۳/۲۰۱	۰/۱۶۶	نمین (بیشینه سالانه) - حالت اول
۲۴/۷۴۱	۴/۱۶۹	۲۳/۰۰۰	۳/۱۲۵	۰/۳۵۶	۶۴/۶۴۸	۶/۴۳۷	۲۴/۴۱۲	۳/۱۲۸	۰/۱۲۵	نمین (بیشینه سالانه) - حالت دوم
۲۸/۱۷۰	۵/۰۴۸	۲۵/۶۶۷	۴/۸۶۲	۰/۸۸۴	۲۹/۰۴۴	۵/۵۷۶	۲۷/۶۹۳	۳/۲۲۸	۰/۱۸۸	نمین (بیشینه سالانه) - حالت سوم
۱۹/۲۹۳	۷/۱۷۸	۱۶/۵۳۱	۴/۹۸۷	۱/۳۳۴	۱۲/۳۹۱	۳/۲۶۰	۱۸/۳۲۴	۲/۷۶۴	۰/۲۸۴	نمین (بیشینه ماهانه) - حالت اول
۱۷/۳۲۵	۶/۷۴۹	۱۴/۸۲۹	۴/۵۰۰	۱/۲۰۰	۱۲/۳۵۶	۳/۲۲۵	۱۶/۴۳۹	۲/۶۵۶	۰/۲۸۳	نمین (بیشینه ماهانه) - حالت دوم
۱۸/۵۲۹	۴/۵۹۳	۱۶/۳۵۲	۴/۱۶۰	۱/۰۲۱	۱۶/۰۲۲	۴/۱۲۵	۱۷/۹۶۶	۲/۷۶۳	۰/۲۵۲	نمین (بیشینه ماهانه) - حالت سوم

۴-۳- تعیین دوره بازگشت

دوره‌های بازگشت حداکثر سرعت باد داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی اردبیل و فرودگاه در جدول ۸ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، دوره بازگشت پنجاه ساله در ایستگاه اردبیل برای دوره‌های (۲۰۱۸-۱۹۸۰) و (۲۰۲۰-۱۹۸۰) به ترتیب برابر با ۳۸/۵۹ و ۴۳/۳۸ متر بر ثانیه می‌باشد. برای دوره‌های (۲۰۱۸-۲۰۰۴) و (۲۰۲۰-۲۰۰۴) در ایستگاه فرودگاه نیز به ترتیب دوره بازگشت پنجاه ساله برابر با ۳۲/۰۴ و ۳۱/۲۸ متر بر ثانیه می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از داده‌های ایستگاه نمین (جدول ۹)، دوره‌ی بازگشت پنجاه ساله برای دوره‌های (۲۰۱۸-۲۰۰۸) و (۲۰۲۰-۲۰۰۸) با داده‌های موجود به ترتیب برابر با ۳۵/۲۷ و ۳۳/۸۲ متر بر ثانیه می‌باشد. با جایگزینی میانگین داده‌ها بجای داده‌های ناموجود، مقادیر مذکور کاهش و با جایگزینی بیشینه داده‌ها مقادیر مذکور افزایش یافته است.

جدول ۸: حداکثر سرعت باد ایستگاه‌های هواشناسی اردبیل و فرودگاه برای دوره‌های بازگشت مختلف

دوره‌ی بازگشت (سال)	اردبیل ۲۰۱۳	اردبیل ۲۰۱۸	اردبیل ۲۰۲۰	اردبیل ۲۰۲۱	فرودگاه ۲۰۱۸	فرودگاه ۲۰۲۰	فرودگاه ۲۰۲۱
۲	۲۵/۵۳	۲۵/۴۰	۲۴/۹۵	۲۴/۸۷	۲۲/۸۸	۲۲/۶۶	۲۲/۴۹
۵	۳۰/۰۰	۲۹/۶۳	۲۹/۲۷	۲۹/۱۶	۲۵/۸۲	۲۵/۴۳	۲۵/۲۵
۱۰	۳۲/۹۶	۳۲/۴۳	۳۲/۱۳	۳۲/۰۱	۲۷/۷۶	۲۷/۲۶	۲۷/۰۸
۲۵	۳۶/۶۹	۳۵/۹۷	۳۵/۷۵	۳۵/۶۰	۳۰/۲۲	۲۹/۵۷	۲۹/۳۹
۵۰	۳۹/۴۷	۳۸/۵۹	۳۸/۴۳	۳۸/۲۷	۳۲/۰۴	۳۱/۲۸	۳۱/۱۰
۱۰۰	۴۲/۲۲	۴۱/۲۰	۴۱/۰۹	۴۰/۹۲	۳۳/۸۵	۳۲/۹۹	۳۲/۸۰
۲۰۰	۴۴/۹۶	۴۳/۷۹	۴۳/۷۴	۴۳/۵۶	۳۵/۶۵	۳۴/۶۸	۳۴/۵۰
۴۷۵	۴۸/۳۸	۴۷/۰۳	۴۷/۰۴	۴۶/۸۴	۳۷/۸۹	۳۶/۷۹	۳۶/۶۱
۲۴۷۵	۵۴/۸۸	۵۳/۱۹	۵۳/۳۳	۵۳/۱۰	۴۲/۱۷	۴۰/۸۲	۴۰/۶۳
۳۵۰۰	۵۶/۲۵	۵۴/۴۹	۵۴/۶۵	۵۴/۴۲	۴۳/۰۷	۴۱/۶۷	۴۱/۴۸

جدول ۹: حداکثر سرعت باد ایستگاه هواشناسی نمین برای دوره‌های بازگشت مختلف

دوره‌ی بازگشت (سال)	نمین	نمین	نمین	نمین	نمین	نمین	نمین	نمین	نمین
	بیشینه داده‌ها	بیشینه داده‌ها	بیشینه داده‌ها	میانگین داده‌ها	میانگین داده‌ها	میانگین داده‌ها	بیشینه داده‌ها	بیشینه داده‌ها	بیشینه داده‌ها
	۲۰۲۱	۲۰۲۰	۲۰۲۱	۲۰۱۸	۲۰۲۰	۲۰۲۱	۲۰۱۸	۲۰۲۰	۲۰۲۱
۲	۲۴/۲۰	۲۴/۳۳	۲۴/۶۹	۲۳/۵۱	۲۳/۴۵	۲۳/۴۵	۲۵/۶۹	۲۴/۳۳	۲۴/۲۰
۵	۲۷/۷۲	۲۷/۹۵	۲۸/۹۷	۲۶/۵۶	۲۶/۳۹	۲۶/۳۹	۲۸/۹۷	۲۷/۹۵	۲۷/۷۲
۱۰	۳۰/۰۵	۳۰/۳۵	۳۱/۱۴	۲۸/۵۸	۲۸/۳۴	۲۸/۳۴	۳۱/۱۴	۳۰/۳۵	۳۰/۰۵
۲۵	۳۲/۹۹	۳۳/۳۹	۳۳/۸۹	۳۱/۱۳	۳۰/۸۰	۳۰/۸۰	۳۳/۸۹	۳۳/۳۹	۳۲/۹۹
۵۰	۳۵/۱۷	۳۵/۶۴	۳۵/۹۳	۳۳/۰۲	۳۲/۶۳	۳۲/۶۳	۳۵/۹۳	۳۵/۶۴	۳۵/۱۷
۱۰۰	۳۷/۳۳	۳۷/۸۷	۳۷/۹۵	۳۴/۹۰	۳۴/۴۴	۳۴/۴۴	۳۷/۹۵	۳۷/۸۷	۳۷/۳۳
۲۰۰	۳۹/۴۹	۴۰/۰۹	۴۰/۹۶	۳۶/۷۷	۳۶/۲۴	۳۶/۲۴	۴۰/۹۶	۴۰/۰۹	۳۹/۴۹
۴۷۵	۴۲/۱۸	۴۲/۸۷	۴۲/۴۷	۳۸/۴۹	۳۸/۴۹	۳۸/۴۹	۴۲/۴۷	۴۲/۸۷	۴۲/۱۸
۲۴۷۵	۴۷/۳۰	۴۸/۱۵	۴۷/۲۵	۴۲/۷۸	۴۲/۵۵	۴۲/۵۵	۴۷/۲۵	۴۸/۱۵	۴۷/۳۰
۳۵۰۰	۴۸/۳۸	۴۹/۲۶	۴۸/۲۶	۴۲/۶۸	۴۲/۶۸	۴۲/۶۸	۴۸/۲۶	۴۹/۲۶	۴۸/۳۸

براساس ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، در صورت عدم ارائه سرعت مبنای باد در منطقه ساختگاه محل سازه، تحلیل و طراحی انجام گرفته می‌بایست براساس سرعت مینا در نزدیک‌ترین ایستگاه ارائه شده انجام پذیرد. با توجه به مطلب عنوان شده، در حال حاضر برای سازه‌های واقع در منطقه شهرستان نمین از سرعت مبنای ایستگاه اردبیل استفاده می‌شود. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد، در صورت غالب بودن نیروی جانبی باد نسبت به زلزله-به عنوان اصلی‌ترین نیروهای جانبی موثر در اغلب سازه‌ها- سازه‌های طراحی شده در منطقه نمین برای نیروهای ناشی از سرعت مبنای باد بالاتری تحلیل و طراحی شده و در بیان کلی به صورت دست بالا^{۲۲} طراحی می‌شوند. با در نظر داشتن این مهم، پیشنهاد می‌شود با ارائه سرعت مبنای باد برای شهرستان نمین در ویرایش آینده مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، علاوه بر مدل‌سازی و تعیین رفتار دقیق سازه‌های مستقر در این ناحیه منطبق بر شرایط محیطی محل، در راستای صرفه‌جویی و استفاده بهینه از مصالح در ساخت‌وساز اقدام نمود.

²² Over Design

جدول ۱۰: مقایسه نتایج تعیین دوره بازگشت پنجاه ساله ایستگاه‌های مورد بررسی با مقادیر میحث ششم مقرات ملی ساختمان

نمین	فرودگاه	اردبیل	سرعت باد (متر بر ثانیه)	
۲۰۰۸	۲۰۰۴	۱۹۸۰		
۳۰	۳۳	۳۷	تاریخچه حداکثر باد	
۲۵	۳۳	۴۰	تاریخچه حداکثر باد گاستی	
۳۳/۳۹	۳۱/۱۰	۳۸/۲۷	۵۰ ساله حداکثر باد	
۳۲/۶۳				
۳۵/۱۷				
۲۵/۵۳	۴۶/۶۴	۴۶/۹۰	۵۰ ساله حداکثر باد گاستی	
۳۶/۴۶				
۳۰	۳۳	۳۷	تاریخچه حداکثر باد	
۲۵	۳۳	۴۰	تاریخچه حداکثر باد گاستی	
۳۳/۸۲	۳۱/۲۸	۳۸/۴۳	۵۰ ساله حداکثر باد	
۳۳/۰۲				
۳۵/۶۴				
۲۶/۵۵	۴۷/۲۶	۴۴/۹۲	۵۰ ساله حداکثر باد گاستی	
۳۷/۷۲				
-	-	۳۸/۸۹	میحث ششم ۱۳۹۸	
۳۰	۳۳	۳۷	تاریخچه حداکثر باد	
۲۵	۳۳	۴۰	تاریخچه حداکثر باد گاستی	
۳۵/۲۷	۳۲/۰۴	۳۸/۵۹	۵۰ ساله حداکثر باد	
۳۳/۴۳				
۳۵/۹۳				
۳۰/۴۵				
۴۲/۲۴	۴۹/۰۸	۴۱/۹۶	۵۰ ساله حداکثر باد گاستی	
-	-	۳۶/۱۱	میحث ششم ۱۳۹۲	
۳۰	۳۳	۳۶/۱۱	تاریخچه حداکثر باد	
۲۵	۳۱	۳۷	تاریخچه حداکثر باد گاستی	

۴- نتیجه گیری

تحلیل و طراحی سازه‌های حساس به باد (آسیب پذیر در برابر باد) نیازمند آگاهی دقیق از ویژگی‌های هواشناسی ساختگاه می‌باشد. تعیین سرعت مبنای باد که مطابق آیین‌نامه‌ها معیار طراحی سازه‌ها در برابر باد قرار می‌گیرد، وابسته به برآورد و ارزیابی دقیق تاریخچه سرعت باد در منطقه است. در این مطالعه پس از معرفی موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی منطقه شهرستان نمین، تاریخچه بیشینه سرعت باد برای سه ایستگاه سینوپتیک مستقر در این منطقه شامل: نمین (۲۰۲۱-۲۰۰۸)، اردبیل (۲۰۲۱-۱۹۸۰) و فرودگاه (۲۰۲۱-۲۰۰۴) از اداره‌ی کل هواشناسی استان اردبیل اخذ شده و ضمن تحلیل توصیفی داده‌های آماری، تحلیل استنباطی از نوع توزیع احتمالاتی و تعیین دوره بازگشت حداکثر سرعت باد انجام گرفته است. مهم‌ترین نتایج به‌دست آمده از واکاوی داده‌های مورد بررسی به قرار زیر است.

۱. میانگین سرعت باد سالانه در ایستگاه‌های اردبیل، فرودگاه و نمین به ترتیب برابر ۱۷/۷، ۱۷/۳ و ۱۷/۵ متر بر ثانیه بوده و دامنه‌ی تغییرات سرعت باد در سه ایستگاه مذکور به ترتیب برابر ۲۹، ۲۱ و ۲۰ می‌باشد.
۲. حداکثر سرعت باد ثبت شده برای دوره‌های آماری مورد بررسی در ایستگاه‌های اردبیل، فرودگاه و نمین به ترتیب برابر ۳۷، ۳۳ و ۳۰ متر بر ثانیه می‌باشد.

۳. باد غالب در هر سه ایستگاه شرقی می‌باشد. در ایستگاه اردبیل باد شرقی ۱۹٪ از کل بادهای ثبت شده را شامل می‌شود و در ایستگاه‌های نمین و فرودگاه ۴۱ درصد از مجموع بادهای ثبت شده شرقی هستند.
۴. توزیع ویبل بیش‌ترین انطباق را با داده‌های هر سه ایستگاه دارا بوده و توزیع‌های لگ نرمال و گامبل در رده‌های بعدی قرار دارند.
۵. سرعت مبنای باد (براساس دوره بازگشت پنجاه ساله) طبق داده‌های موجود برای ایستگاه‌های اردبیل، نمین و فرودگاه به ترتیب برابر با ۳۸/۴۳، ۳۱/۲۸ و ۳۳/۸۲ متر بر ثانیه به دست آمده است.

مراجع:

- [1] Yuming, L; Bingfang, W; Nana, Y; Weiwei, Zh; Hongwei, Z; Zonghan, M; Jiaming, X; Xinghua, W; Bo, P. (2021). Quantifying the contributions of environmental factors to wind characteristics over 2000-2019 in China. *ISPRS Int. J. Geo-Inf*, 10 (8), 515. <https://doi.org/10.3390/ijgi10080515>
- [2] Petersen, E; Mortensen, N; Landberg, L; Højstrup, J; Frank, H. (1999). Wind power meteorology. part I: climate and turbulence. *Wind Energy*, 1 (1), 25-45. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1824\(199804\)1:1+<25::AID-WE4>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1824(199804)1:1+<25::AID-WE4>3.0.CO;2-D)
- [3] Qiuhua, Ch; Xiaoxi, Zh. (2022). Experimental analysis of wind pressure characteristics in a reduced-scale model of a slab-shaped high-rise building at different inflow conditions with various wind flow directions. *Processes*, 10 (8), 1645. <https://doi.org/10.3390/pr10081645>
- [4] Sharma, A; Singh Verma, A; Tanwar, A; Sharma, A; Choudhary, N. (2023). Analysis of wind effects on different shapes of tall buildings. *Journal of Engineering Research and Application*, 2, 12-21. <http://dx.doi.org/10.55953/JERA.2023.2.102>
- [5] Harnack, R.P; Jensen, D.T; Cermak III, J.R. (1998). Investigation of Upper-Air Conditions Occurring With Heavy Summer Rain in Utah. *International Journal of Climatology*, 18 (7), 701-723. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(19980615\)18:7<701::AID-JOC265>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(19980615)18:7<701::AID-JOC265>3.0.CO;2-S)
- [6] Uyar, T.S; Molly, J. (2002). Wind energy in Turkey. *DEWI-Magazin*, 13.
- [7] Emanuel, K. (2005). Increasing Destructiveness of Tropical Cyclones Over the Past 30 Years. *Nature*, 436, 686-688. <https://doi.org/10.1038/nature0390>
- [8] Somava, S.M; Bolgov, M.V. (2003). Wind climate analysis of the Caspian sea. In: *world Climate changes conferences: Proceedings of the 2nd Workshop on the Caspian Sea*, Chapter 9.
- [9] Tuller, S.E. (2004). Measured Wind Speed Trends on the West Coast of Canada. *International Journal of Climatolog*, 24 (11), 1359-1374. <https://doi.org/10.1002/joc.1073>
- [10] McTainsh, G; Chan, Y.Ch; McGowan, H; Leys, J; Tews, K. (2005). The 23rd october 2002 dust storm in eastern Australia: characteristics and meteorological conditions. *Atmospheric Environment*, 39 (7), 1227-1236. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.10.016>
- [11] Brano, V.L; Orioli, A; Ciulla, G; Culotta, S. (2011). Quality of wind speed fitting distributions for the urban area of Palermo, Italy. *Renewable Energy*, 36 (3), 1026-1039. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.09.009>
- [12] Safari, B. (2011). Modeling wind speed and wind power distributions in Rwanda. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 (2), 925-935. <https://doi.org/10.1002/joc.1073>
- [13] Carta, J.A; Ramirez, P; Bueno, C. (2008). A joint probability density function of wind speed and direction for wind energy analysis. *Energy Conversion and Management*, 49 (6), 1309-1320. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.01.010>

- [14] Carta, J.A; Ramirez, P; Velazquez, C. (2009). A review of wind speed probability distributions used in wind energy analysis: case studies in the Canary Islands. *Energy Conversion and Management*, 13 (5), 933-955. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.05.005>
- [15] Celik, A. (2003). Assessing the suitability of wind speed probability distribution functions based on wind power density. *Renewable Energy*, 28 (10), 1563-1574. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00018-1](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00018-1)
- [16] Jianzhou, W; Hu, J; Ma, K. (2016). Wind speed probability distribution estimation and wind energy assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 881-199. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.057>
- [17] Asghar, A.B; Liu, X. (2018). Estimation of wind speed probability distribution and wind energy potential using adaptive neuro-fuzzy methodology. *Neurocomputing*, 287, 58-67. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.01.077>
- [18] Wang, Sh; Zhang, Y; Waring, M; James Lo, L. (2018). Statistical analysis of wind data using Weibull distribution for natural ventilation estimation. *Science and Technology for the Built Environment*, 24 (9), 922-932. <https://doi.org/10.1080/23744731.2018.1432936>
- [19] Palutikof, J. P; Kelly, P. M; Davies, T. D; Halliday, J. A. (1987). Impacts of spatial and temporal wind speed variability on wind energy output. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 26 (9), 1124-1133. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1987\)026](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1987)026)
- [20] McVicar, T.R; Van Niel, T.G; Li, L.T; Roderick, M.L; Rayner, D. P; Ricciardulli, L; Donohue, R. J. (2008). Wind speed climatology and trends for Australia, 1975–2006: Capturing the stilling phenomenon and comparison with near-surface reanalysis output. *Geophysical Research Letters*, 35 (20), 313. <https://doi.org/10.1029/2008GL035627>
- [21] Wan, H; Wang, X.L; Swail, V.R. (2010). Homogenization and trend analysis of Canadian near-Surface wind speeds. *Journal of Climate*, 23 (5), 1209-1225. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI3200.1>
- [22] Jiang, Y; Luo, Y; Zhao, Z. (2013). Maximum wind speed changes over China. *Meteorologica Sinica*, 27 (1), 63-74. <https://doi.org/10.1007/s13351-013-0107-x>
- [23] Pryor, S.C; Barthelmie, R.J; Yang, D.T; Takle, J; Arritt, R.W; Flory, D; Gutowski Jr, W.J; Nunes, A; Roads, J. (2008). Wind speed trends over the contiguous United States. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114 (D14), 1-18. <https://doi.org/10.1029/2008JD011416>
- [24] Pryor, S.C; Ledolter, J. (2010). Addendum to “Wind speed trends over the contiguous United States”. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115 (D14), 1-18. <https://doi.org/10.1029/013281>
- [25] Zhang, L; Li, Q; Guo, Y; Yang, Z; Zhang, L. (2018). An Investigation of Wind Direction and Speed in a Featured Wind Farm Using Joint Probability Distribution Methods. *Sustainability Renewable Energy*, 149, 664-681. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.048>
- [26] Singh, A.S; Masuku, M.B. (2013). Applications of modeling and statistical regression techniques in research. *Journal of Mathematical and Statistical Sciences*, 1 (6), 14-20.