

An Investigation of Manjil wind Changes and its Effect on Sustainable Development of the Region

Dr. Nasrin Nikandish^{1*}, Hedieh Akbari Ghamsari²

1-Assistant Professor of Payame Noor University, Aran and Bidgol Branch, Esfahan*

2-M.S.c of Payame Noor University, Aran and Bidgol Branch, Esfahan



Nikandish, N & Akbari Ghamsari, H. (2020). [An Investigation of Manjil wind Changes and its Effect on Sustainable Development of the Region]. *Geography and Development*, 18 (59), 149-170, <http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2020.5466>

doi: <http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2020.5466>

Received:29/08/2018

Accepted:18/04/2020

Keywords:

Wind Speed,
Manjil,
Climate Change,
Log-Normal,
Process.

ABSTRACT

Wind, like other climatic factors affect different aspects of human life. The research method is descriptive-analytic. The purpose of the study is to study the trend of wind changes in Manjil. The daily wind speed data of Manjil Station was obtained from the Iranian Meteorological Organization during the statistical period of 1993-2016. Using the Beaufort scale, the frequency of maximum wind speed was measured annually and monthly. Log-normal distribution, Weibull and the lowest level was used to determine wind speed probability density distribution. Examine possible changes in the wind in time series, the mean and variance in the probability density function curves were compared. Using three-level polynomial model, for the year and all months, three periods of forecasting were performed. The results showed that almost all of the months of the year are experiencing stormy weather, except for December. The mean and variance in the two time periods 2004-1993 and 2016-2005 were compared. The results showed that the average decrease in all months reduces the probability of occurrence of gusts and increases the occurrence of the breeze in winter and autumn. Increased variance in April, June, July and November showed an increase in the occurrence of extreme high and low. Projections indicate that the wind speed has a periodic fluctuation.

Copyright©2020, Geography and Development. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

Extended Abstract

1- Introduction

W

ind, like other climatic variables, affects various aspects of human life. The characteristics of this phenomenon can always play an effective role in land management,

especially in the topic of locating and establishment of settlements, industries, green space and other components of the land. Many countries in the world have paid special attention to clean energy sources such as wind (Chang, 2015). Change in wind speed which is resulted from climate change can affect energy production and, consequently, other its aspects. In his study, Barton noted a 5 to 15 percent decrease in wind in the last three decades (Barton, 2014).

Manjil is one of the most important windy areas in the country, which is a world famous city

*Corresponding Author:

Dr. Nasrin Nikandish

Address: Department of Payame Noor University,
Aran and Bidgol Branch, Esfahan

Tel: +98(315-4752709)

E-mail: nasrinnikandish@yahoo.com

known as the city of wind turbines in Iran. It has long been known as the Seven Winds of Manjil and is so intense that it often bends the olive trees to one side. There are a large number of studies in the world and in Iran on recognizing the wind phenomenon and determining the appropriate probability density models and determining the trend of wind speed changes such as Pes et al. (2017), Wang et al. (2016), Bilir et al. (2015), Ouarda et al. (2015), Chang (2011), Jahanbakhsh et al. (2015), Rezaei Banafsheh et al. (2011) and Ghahraman and Qarekhani (2010). On the other hand, Mostafapour et al. (2008), Alamdari et al. (2012) and Masoudian (2011) considered the energy generated by Manjil wind. There were also a few number of studies on the role of wind in tourism by De Freitas (2003), Matzarakis (2006), Becken (2010), Westerberg (2013) and Michailidou (2016).

The present study aims to investigate the trend of changes in Manjil wind hypothesizing that it has a trend in the passage of time and its trend is downward.

2-Methods and Material

The method of the present research is descriptive-analytical. After obtaining daily wind speed data of Manjil station during the statistical period of 1993-2016 from the Meteorological Organization, using Beaufort classification scale, the average annual and monthly maximum wind speed in kilometers per hour was classified and studied in Excel software.

Through analysis of probability density function, suitable probability models for different years and months, Weibull distributions, normal log and the smallest extreme value were determined. Also, in order to analyze the wind speed change, the means and variances in the probability density curves were compared. To obtain the trendline equation, linear regression, logarithmic, polynomial of degree 2, polynomial of degree 3,

combinatory, exponential and power models were fitted to the data.

3-Results and Discussion

The frequency, probability of occurrence and return period of different maximum wind speeds were investigated and analyzed and the following findings were obtained.

The maximum wind speed in different months was in this way: January 39.5-100.5, February 43-93.5, March 54-126, April 54-122, June 61-118.5, July 64.5-100.5, August 61-126, September 54-115, October 57.5-97, November 43-90, December 39.5-86.5 and the maximum annual wind speed was 64.5-126 km/h.

In addition, the average maximum wind speed in different months was in the following way January 66.5, February 70, March 80.5, April 86, May 86, June 88, July 82.5, September 80.5, October 74, November 68, December 62 and 97 km per hour annually. The highest change in the average is related to August and the lowest is related to November, and the maximum annual wind speed is associated with a decrease of 24.6% in the average. Comparing these data with the average showed that wind speeds follow a significant downward trend from January 2009, February 2008, October 2005, August, September and November 2006 and March, April, May, June, July, December and annually since 2007.

In general, the prevailing wind direction is Manjil with 73% north frequency. The quietest to most turbulent seasons of the year were known as autumn, winter, spring and summer, respectively.

Based on the probability density function analysis, the results showed that the most suitable models for the months of January, February, March, May, October, November and December was the normal log distribution; For April, July, August, September and the annual wind, it was Weibull distribution; And for June,

it is the smallest extreme value. The highest decrease in variance is related to October (-77%) and the lowest is related to December (0.17%); The highest increase in variance is related to June and July and the lowest is related to November.

The polynomial model of degree 3 showed the best fit for the year and all months. Based on this model, the results of forecasting the maximum wind speed compared to the data of 2016 showed that January had a decreasing period, a fixed period and an increasing period; March, April, June, August, September had a decreasing period and two increasing periods; May, July, October and December had three incremental periods; November and February will have a period of no change, two periods of increase, and annually, it will experience two periods of decrease and then one period of increase.

4-Conclusion

The study of the maximum wind showed that almost all months of the year experience stormy conditions except December. Storms are least likely to occur in November, January and February, and most likely in June and April. March, April, May, June and August also experience very severe storms. The Weibull distribution model fits the data of April, July, August and September, the distribution model with the smallest extreme value on the June data and the normal log model on the other months have the best fit. The prevailing wind direction in Manjil is Northward.

A decrease in the average in all months means a tendency of the frequency curve to minimum values, which reduces the probability of hurricanes and increases the occurrence of breeze in winter and autumn, and reduces the probability of storms and increases hurricanes in spring and summer. Along with the decrease in the average in April, June, July and November,

the increase in variance in these months indicates high variability, and points to an increase in the likelihood of high and low extremes. Trend analysis and forecast based on current and previous wind behavior showed that among the regression models, the 3rd degree polynomial model is the best fit for the year and all months.

According to the results, although the wind speed has decreased in the last decade, the city of Manjil still has a high potential for wind exploitation in various fields and this can be one of the important aspects of regional development. Therefore, it is recommended to study the solutions to increase the production of clean energy through wind energy, to study the possibility of developing sustainable tourism, especially ecotourism, and to examine appropriate methods for taking advantage of wind cooling properties with proper design of settlements.

Keywords: Wind speed, Mangil, Climate change, Normal log, Trend.

5-References

- Alamdari, P., Nematollahi, O., & Mirhosseini, M. (2012). Assessment of wind energy in Iran: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 836-860.
<https://scholar.google.com/citations?user=QL9SwwYAAAAJ&hl=uk>
- Barton, B. T. (2014). Reduced wind strengthens top-down control of an insect herbivore. *Ecology*, 95(9), 2375-2381.
<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/13-2171.1>
- Becken, S. (2010). The importance of climate and weather for tourism: literature review *Land Environmental & people*. Leap Research Paper, Center for *Land*, Retrieved from
https://www.researchgate.net/publication/47929582_The_importance_of_climate_and_weather_for_tourism_literature_review

- Bilir, L., Imir, M., Devrim, Y., & Albostan, A. (2015). Seasonal and yearly wind speed distribution and wind power density analysis based on Weibull distribution function. *International journal of hydrogen energy*, 40(44), 15301-15310.
<https://scholar.google.com/citations?user=VF4bA5sAAAAJ&hl=fa>
- Chang, T. P. (2011). Estimation of wind energy potential using different probability density functions. *Applied Energy*, 88(5), 1848-1856.
<https://ideas.repec.org/a/eee/appene/v88y2011i5p1848-1856.html>
- Chang, T.J., Chen, C.L., Tu, Y.L., Yeh, H.T., & Wu, Y.T. (2015). Evaluation of the climate change impact on wind resources in Taiwan Strait. *Energy Conversion and Management*, 95, 435-445.
https://www.researchgate.net/publication/276452313_Evaluation_of_the_climate_change_impact_onwind_resources_in_Taiwan_Strait
- De Freitas, C. R. (2003). Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *International Journal of Biometeorology*, 48(1).
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12739109/>
- Farajzadeh, M., & Razi, M. (2011). Investigation of temporal and spatial distribution of storms and strong winds in Iran. *Journal of Watershed Management Research (Research and Construction)*, 24 (2), 22-32.
<https://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=152451>
- Ghahreman, N., & Gharekhani, A. (2010). Investigation of temporal changes in wind speed in Iran. *Iranian Journal of irrigation and drainage*, 1(4), 31-43.
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=106839>
- Gülersoy, T., & Çetin, N. S. (2010). Menemen bölgesinde rüzgar türbinleri için Rayleigh ve Weibull dağılımlarının kullanılması. *Politeknik Dergisi*, 13(3).
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/politeknik/issue/33086/368229>
- Jahanbakhsh, S., Dinpazhooh, Y., Rezaei Banafsheh, M., & Ismailpour, M. (2015). Comparison of methods for estimating Weibull distribution parameters for wind energy in East Azerbaijan province. *Journal of Geography and Environmental Planning*, 59(3), 61-80.
<http://ensani.ir/fa/article/346256>
- Masoodian, S. (2011). The climate of Iran. *Sharia Toos publication*, P.193.
<https://scholar.google.com/citations?user=-N2LhoAAAAJ&hl=en>
- Masoudian, A. (2012). *Iran's Weather*. Mashhad: Shariee Toos Publication.
- Matzarakis, A. (2006). Weather-and climate-related information for tourism. *Tourism and Hospitality Planning & Development*, 3(2), 99-115.
https://www.researchgate.net/publication/233758628_Weather-and_Climate-Related_Information_for_Tourism
- Michailidou, A.V.Vlachokostas, C. & Moussiopoulos, N. (2016). Interactions between climate change and the tourism sector: Multiple-criteria decision analysis to assess mitigation and adaptation options in tourism areas. *Tourism Management*, 55, 1-12.
<https://ideas.repec.org/a/eee/touman/v55y2016icp1-12.html>
- Morgan, E. C., Lackner, M., Vogel, R. M., & Baise, L. G. (2011). Probability distributions for offshore wind speeds. *Energy Conversion and Management*, 52(1), 15-26.
<https://pennstate.pure.elsevier.com/en/publications/probability-distributions-for-offshore-wind-speeds>
- Mostafaiepour, A., & Abarghoeei, H. (2008). Harnessing wind energy at Manjil area located in north of Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(6), 1758-1766.
<https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v12y2008i6p1758-1766.html>

- Ouarda, T. B. M. J., Charron, C., Shin, J. Y., Marpu, P. R., Al-Mandoos, A. H., Al-Tamimi, M. H., ... & Al Hosary, T. N. (2015). Probability distributions of wind speed in the UAE. *Energy Conversion and Management*, 93, 414-434.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890415000400>
- Pes, M. P., Pereira, E. B., Marengo, J. A., Martins, F. R., Heinemann, D., & Schmidt, M. (2017). Climate trends on the extreme winds in Brazil. *Renewable Energy*, 109, 110-120.
<https://ideas.repec.org/a/eee/renene/v109y2017icp110-120.html>
- Rezaei Banafsheh, M., Javan, K., & Zeinali, B. (2011). Investigating the trend of wind speed changes in northwestern Iran. *Quarterly Journal of Natural Geography of Lar*, 4(13), 27-36.
- Tavoosi, T., & Raispur, K. (2010). Statistical analysis and prediction of the occurrence of severe storms using partial series analysis (A Case study of Sistan region). *Geographical studies of arid regions*, 1(2), 93-105.
<http://journals.hsu.ac.ir/jarhs/article-1-68-fa.html>
- Wang, J., Hu, J., & Ma, K. (2016). Wind speed probability distribution estimation and wind energy assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 881-899.
<https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v60y2016icp881-899.html>
- Westerberg, V. Jacobsen, J. B. & Lifran, R. (2013). The case for offshore wind farms, artificial reefs and sustainable tourism in the French mediterranean. *Tourism Management*, 34, 172-183.
http://macroeointern.dk/pdf-reprints/Westerberg_TM_2013.pdf
- Yılmaz, V., & Çelik, H. E. (2008). A statistical approach to estimate the wind speed distribution: the case of Gelibolu region. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 1(9),122-132.
<https://www.semanticscholar.org/paper/A-Statistical-Approach-to-Estimate-the-Wind-Speed-Yilmaz-%C3%87elik/a51d96faab1d59205673e082465de7b3d42d3757>

بررسی تغییرات باد منجیل و جایگاه آن در توسعه پایدار منطقه

دکتر نسرین نیک‌اندیش^{۱*}، هدیه اکبری قمصری^۲

چکیده

باد همچون سایر عوامل آب و هوایی، جنبه‌های مختلف زندگی انسان‌ها را متأثر می‌سازد. روش تحقیق حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی بوده که با هدف بررسی روند تغییرات باد منجیل انجام شده است. پس از اخذ داده‌های روزانه سرعت باد ایستگاه منجیل طی دوره آماری ۱۹۹۳-۲۰۱۶، فراوانی سرعت باد حداکثر سالانه و ماهانه مورد بررسی قرار گرفت. از توزیع‌های لوگ نرمال، ویبول و کمترین مقدار حد به‌منظور تعیین توزیع چگالی احتمال سرعت باد استفاده و به‌منظور بررسی تغییرات احتمال وقوع انواع باد در سری زمانی، میانگین و واریانس‌ها در منحنی‌های تابع چگالی احتمال مقایسه شد. برای به‌دست آوردن معادله خط روند، مدل چندجمله‌ای درجه ۳ برای سال و تمام ماه‌ها بهترین برازش را نشان داد. نتایج به‌دست آمده نشان داد، تقریباً به جز ماه دسامبر تمام ماه‌های سال شرایط توفانی را تجربه می‌کنند. مدل توزیع ویبول بر داده‌های ماه‌های آوریل، جولای، اوت و سپتامبر، مدل توزیع کمترین مقدار حد بر داده‌های ژوئن و مدل لوگ نرمال بر سایر ماه‌ها بهترین برازش را دارند. جهت باد غالب شمالی است. مقایسه میانگین و واریانس‌ها در دو مقطع زمانی ۲۰۰۴-۱۹۹۳ و ۲۰۱۶-۲۰۰۵ نشان داد، کاهش میانگین در تمام ماه‌ها باعث کاهش احتمال وقوع تندبادها و افزایش وقوع نسیم در زمستان و پاییز و کاهش احتمال وقوع توفان‌ها و افزایش تندبادها در بهار و تابستان می‌شود. از سوی دیگر، افزایش واریانس در ماه‌های آوریل، ژوئن، جولای و نوامبر حاکی از افزایش احتمال وقوع فرین‌های زیاد و کم است. پیش‌بینی‌ها نشان داد، سرعت باد دارای نوسانات دوره‌ای است. استیلای باد منجیل در بیش از ۳۱۰ روز از سال می‌تواند سبب برخورداری منطقه از پتانسیل‌های لازم در جهت هر گونه توسعه شود.

جغرافیا و توسعه، شماره ۵۹، تابستان ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۰۷

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۳۰

صفحات: ۱۷۰-۱۴۹



واژه‌های کلیدی:

سرعت باد، منجیل، تغییر اقلیم، لوگ نرمال، روند.

مقدمه

کنکاش قرار دهند (Chang, 2015: 435) این پدیده در مناطقی با پوشش گیاهی تنک و سازندهای سست زمین‌شناسی به‌صورت عامل فرسایشی و مخرب سبب هدررفت خاک و تهدید زیست‌بوم‌های این مناطق می‌شود (Gülersoy, 2010: 209). گاهی می‌تواند به‌واسطه انرژی زیاد و مکانیزم پیچیده خودزمانی که سرعت آن به بیش از ۴۸ نات برسد، به توفان تبدیل شود. توفان یکی از مخاطره‌آمیزترین بلاهای طبیعی است که منشأ آب و هوایی دارد (قائمی، ۱۳۷۱: ۷). باد به‌واسطه ماهیت عوامل ایجادکننده، از تغییرپذیری بالایی برخوردار است.

باد مانند متغیرهای اقلیمی دیگر جنبه‌های مختلف زندگی انسان‌ها را متأثر می‌سازد. باد جریان هوایی است که به‌منظور ایجاد تعادل میان کانون‌های مختلف فشار و دما که ناشی از توزیع ناهمگون انرژی گرمایی است، ایجاد می‌شود (Yilmaz, 2008: 122). ویژگی‌های این پدیده همواره در آمایش سرزمین به‌ویژه در بحث مکان‌یابی و استقرار سکونتگاه‌ها، صنایع، فضای سبز و سایر مؤلفه‌های سرزمین، می‌تواند به‌عنوان عامل تأثیرگذار ایفای نقش کند. بسیاری از کشورهای جهان، منابع انرژی پاک مانند باد را بیشتر مورد توجه و

می‌سازد. بدون شک باد مانند بسیاری از پدیده‌ها، معلول مجموعه‌ای از عوامل است. چنانچه به هر دلیلی این عوامل تغییر یابند، باد نیز تغییر ماهیت داده و ویژگی‌های آن تحت تأثیر قرار می‌گیرند؛ بنابراین شناخت دقیق عوامل مؤثر بر پیدایش، تداوم و استمرار باد و روند تغییرات آن در جهت استفاده بهینه در برنامه‌ریزی‌ها لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

کشور ما با دارا بودن موقعیت فضایی و ویژگی‌های زمین‌ریخت‌شناسی خاص خود از یک طرف در مسیر بادهایی است که از خارج از محدوده‌های سیاسی به آن وارد می‌شوند و از سوی دیگر، شدیداً متأثر از بادهایی است که با عنوان بادهای محلی نامیده شده و در نتیجه وجود شرایط خاص ایجاد شده‌اند.

تنوع ناهمواری‌ها در پهنه این سرزمین سبب ایجاد تفاوت‌های فشار و دما شده که موتور محرکه ایجاد باد می‌شوند. یکی از مهم‌ترین مناطق بادخیز، منجیل است که باد محلی آن شهرت جهانی دارد. منجیل به شهر توربین‌های بادی ایران و شهر انرژی گیلان معروف است. این باد محلی اغلب در بهار و تابستان با فراوانی بیشتری و در پاییز و زمستان با فراوانی کمتری می‌وزد. از قدیم معروف به «هفت باد منجیل» بوده و شدت آن به اندازه‌ای است که درختان زیتون را اغلب به یک سمت خم می‌کند.

با توجه به اهمیت سرعت باد، تحقیقات متعددی در مورد شناخت این پدیده و تعیین مدل‌های مناسب چگالی احتمال و تعیین روند تغییرات سرعت باد در جهان و کشور صورت گرفته است؛ به عنوان نمونه، می‌توان به تحقیقات مارسلو و همکاران (۲۰۱۷) در مورد استفاده از تحلیل روند داده‌های ۵۰ ساله سرعت بادهای شدید برای برزیل، وانگ و همکاران (۲۰۱۶) در مورد به کارگیری مدل‌های پارامتری و ناپارامتری برای توزیع احتمال سرعت باد، در چین، بیلر و همکاران (۲۰۱۵) در مورد استفاده از توزیع دو

برای طراحی توربین بادی و مکان‌یابی استقرار توربین و برآورد تولید انرژی، توزیع احتمال سرعت باد بسیار اهمیت دارد. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که سرعت باد مهم‌ترین پارامتر برای تولید برق است؛ بنابراین قبل از ارزیابی پتانسیل انرژی باد در یک منطقه ویژه، تعیین دقیق توزیع احتمال سرعت باد ضروری است. توزیع سرعت باد در مکان‌های گوناگون و مقاطع مختلف زمانی الزاماً از یک مدل تابع چگالی احتمال و تابع توزیع تجمعی تبعیت نمی‌کند. مدل‌های متناسب می‌توانند ضمن آشکارسازی ویژگی‌ها و رفتارسنجی باد، پیش‌بینی و احتمال وقوع باد را نیز میسر سازند. مدل‌های پیش‌بینی تحت تأثیر تغییر اقلیم تغییر خواهند کرد. در بحث تغییر اقلیم، غالباً تغییر دما و بارش مورد توجه قرار می‌گیرند؛ در حالی که باد نیز به نوعی دستخوش تغییر می‌شود، زیرا تغییر اقلیم تغییر حرکت‌های اتمسفری، بیان تابش و الگوهای باد را به همراه دارد. براندون بارتون در مطالعات خود به کاهش ۵ تا ۱۵ درصدی باد در سه دهه اخیر اشاره کرده است (Barton, 2014: 95). مقایسه خروجی مدل‌های تابع چگالی احتمال در دوره‌های مختلف زمانی می‌تواند اثرگذاری تغییر اقلیم بر ویژگی‌های باد را بهتر آشکار کند. تغییر سرعت باد که ناشی از تغییر اقلیم است، می‌تواند تولید انرژی و به تبع آن جنبه‌های دیگر را تحت تأثیر قرار دهد. در دانمارک کشوری که بیشترین سهم را در تولید برق از انرژی باد دارد، برآورد شده است که تغییر در یک متر بر ثانیه سرعت باد می‌تواند تولید برق را تا ۴۵۰ مگاوات تغییر دهد (Malte Humpert, 2011). از آنجایی که منحنی‌های تابع چگالی احتمال سرعت باد تحت تأثیر تغییر اقلیم شکل‌های متفاوتی به خود می‌گیرند؛ بنابراین مقایسه منحنی‌ها در دوره‌های زمانی مختلف، ضمن آشکارسازی وجوه تمایز ویژگی‌های آماری سرعت باد در دوره‌های مزبور، چگونگی و روند تغییرات را نیز مشخص

ویژگی باد منجیل با نگرش جغرافیایی مورد توجه برخی دیگر از محققان قرار گرفته است. مسعودیان (۲۰۱۱) منجیل را به عنوان تنها ایستگاه پرباد در کشور معرفی می‌کند که دارای رفتار فصلی بوده و در طول روز نیز سرعت آن تغییر می‌کند. در مقابل، فرج‌زاده (۱۳۹۰) برای بررسی توزیع زمانی و مکانی توفان‌ها و بادهای شدید در ایران، داده‌های سمت و سرعت باد ۳۳ ایستگاه سینوپتیک را در یک دوره ۴۰ ساله بررسی کرده و نتیجه گرفته شده که بیشترین فراوانی بادهای شدید در کشور در مناطق شرق و جنوب شرق است. به نظر می‌رسد طول دوره آماری کمتر از ۴۰ سال ایستگاه سینوپتیک منجیل مانع از بررسی این ایستگاه در تحقیق مزبور شده است.

در مورد نقش باد در گردشگری، تحقیقات محدودی صورت گرفته است که می‌توان به تحقیقات خارجی دو فریتاس (۲۰۰۳) در مورد جنبه‌های مختلف اقلیم گردشگری و تأثیر فیزیکی و حرارتی باد، ماتزاراکیس (۲۰۰۶) در مورد اطلاعات اقلیمی و هواشناسی برای گردشگری با تأکید بر دما، رطوبت و سرعت و جهت باد به عنوان مرتبط‌ترین متغیرهای اقلیمی با گردشگری، بیکن (۲۰۱۰) در مورد اهمیت هوا و آب و هوا و نقش مثبت و منفی باد در گردشگری، وستبرگ (۲۰۱۳) در مورد تأثیر مزارع بادی دور از ساحل و توریسم پایدار در اطراف مدیترانه در فرانسه، میچالدیو (۲۰۱۶) در مورد اندرکنش تغییر اقلیم و توریسم در یونان اشاره کرد.

تمامی مطالعاتی که در زمینه باد منجیل در ایران انجام شده، بر استفاده از این پدیده به عنوان انرژی پاک آن تأکید دارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی روند تغییرات باد منجیل و با فرض اینکه در بستر زمان دارای روند بوده و روند آن نزولی است، مورد بررسی قرار گرفته است.

پارامتری ویبول برای ارزیابی انرژی باد در ترکیه، اورادا و همکاران (۲۰۱۵) به کارگیری مدل کاپا و گاما برای امارات متحده عربی، پچانگ (۲۰۱۱) در مورد کاربرد دو تابع گاما و ویبول برای بررسی سرعت باد در تایوان و در کشور می‌توان به تحقیقات جهانبخش و همکاران (۱۳۹۴) در ارزیابی پنج روش برآورد پارامترهای توزیع ویبول در مورد سرعت باد استان آذربایجان شرقی، رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۹۰) در مورد استفاده از آزمون من‌کندال برای تحلیل روند سرعت باد ایستگاه‌های شمال غرب ایران و قهرمان و قره‌خانی (۱۳۸۹) در مورد بررسی روند تغییرات سرعت باد در ایران به روش پارامتری و ناپارامتری اشاره کرد.

مسعودیان (۱۳۹۱) منجیل را به عنوان تنها ایستگاه پرباد در کشور معرفی می‌کند که دارای رفتار فصلی بوده و در طول روز نیز سرعت آن تغییر می‌کند. با توجه به مقوله ضرورت بهره‌گیری از انرژی‌های نو در راستای حفاظت از محیط زیست، انرژی حاصل از باد منجیل توجه برخی از محققان را به خود جلب کرده است. مصطفی پور و همکاران (۲۰۰۸) در مورد امکان بهره‌برداری از انرژی باد منجیل تحقیق کرده‌اند. ایشان با بررسی آماری سرعت باد در شش ایستگاه، علی‌آباد، بابائیان، جرنندق، اسفستان، جیرنده و میرخوند در ارتفاع ۱۰، ۲۰ و ۴۰ متری نتیجه گرفته‌اند که منجیل یکی از بهترین مکان‌ها برای نصب توربین بادی و ایجاد مزرعه بادی در جهان است. علمداری و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی آماری داده‌های باد ۶۸ ایستگاه سینوپتیک با استفاده از روش همبستگی و در نظر گرفتن برخی از شرایط محلی و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌های سرعت متوسط و انرژی باد را ترسیم کردند و نشان دادند نواحی شرقی و شمال غربی ایران به دلیل واقع شدن در مسیر بادهای شدید، پتانسیل خوبی برای احداث توربین‌های بادی دارند.

داده‌ها و روش‌ها

فراوانی، احتمال وقوع و دوره بازگشت تندبادها و توفان‌ها می‌توانند در زمینه‌های مختلف کارایی داشته باشند. برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از انرژی باد، تدوین تقویم گردشگری، ایمن‌سازی مسکن و مزارع از جمله زمینه‌های کاربرد آن‌ها است. بدین منظور از طریق تحلیل تابع چگالی احتمال، مدل‌های مناسب احتمالاتی برای سال و ماه‌های مختلف تعیین شده و نکویی برازش مدل‌ها براساس آزمون‌های کلموسمیرو و آندرسن دارلینگ تأیید شدند.

روش تحقیق حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی است. پس از اخذ داده‌های روزانه سرعت باد ایستگاه منجیل طی دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۹۳ از سازمان هواشناسی کشور، با استفاده از مقیاس طبقه‌بندی بوفورت، میانگین سرعت باد حداکثر سالانه و ماهانه با واحد کیلومتر بر ساعت در نرم‌افزار اکسل طبقه‌بندی و مورد بررسی قرار گرفت. مقیاس بوفورت^۱ ابتدا برای استفاده دریانوردان طرح‌ریزی شد و سپس در خشکی نیز مورد استفاده قرار گرفت. این مقیاس، مقیاس تجربی سرعت باد است که توسط دریانوردان سنجیده می‌شود و براساس آن سرعت و شدت باد، به ۱۳ قسمت از ۰ تا ۱۲ تقسیم می‌شود. درجه صفر آن را «آرام» و درجه دوازده را «توفان بسیار شدید» نامیدند.

- تحلیل سرعت باد با توابع چگالی احتمال

رابطه ۱:

$$f(x) = \frac{\beta (x - \lambda)^{\beta - 1}}{\alpha^{\beta}} [-((x - \lambda) / \alpha)^{\beta}] \exp, \quad x > \theta, \alpha > 0, \beta > 0$$

α = پارامتر مقیاس، β = پارامتر شکل، λ = پارامتر حد، e = پایه لگاریتم نرمال

توزیع احتمال سرعت باد سطح زمین یک تابع ریاضی است که دامنه و فراوانی نسبی سرعت باد در یک مکان ویژه را شرح می‌دهد. این تابع برای محاسبه جریان‌های سطحی، فرین‌های باد و انرژی باد دارای اهمیت است. سرعت وزش باد، ماهیتی تصادفی دارد که برای مدل‌سازی آن، تعیین تابع توزیع چگالی احتمال یا تابع توزیع تجمعی احتمال مناسبی که بهترین برازش را بر داده‌ها داشته‌باشد، ضروری است. توزیع نرمال در زمینه تحلیل‌های آماری، خواص بسیار ساده‌ای دارد؛ از این رو در بسیاری مواقع فرض بر این است که سری‌های زمانی اقلیمی از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند. در این صورت فرض می‌شود که فراوانی مقادیر بیشتر از میانگین به‌صورت متقارن به اندازه فراوانی مقادیر کمتر از میانگین در دو سمت میانگین توزیع شده‌اند. این ویژگی برای بسیاری از متغیرهای اقلیمی نظیر باد و بارش صادق نیست. برخی از محققان در تحلیل‌هایشان مدل‌های توزیع ویبول دو پارامتری و رایلی^۱ را به‌کار برده و آن‌ها را به‌عنوان مدل مناسب برای تحلیل سرعت باد پیشنهاد می‌دهند. در مقابل، برخی دیگر نشان داده‌اند که نمی‌توان برای تمام رژیم‌های بادی از توزیع‌های مزبور استفاده کرد. در این تحقیق توزیع‌های ویبول (رابطه ۱)، لوگ نرمال (رابطه ۲) و کمترین مقدار حد^۲ (رابطه ۳) مورد استفاده قرار گرفت:

$$f(x) = \frac{\exp\{-[\log(x - \theta) - \zeta]^2 / (2\sigma^2)\}}{\sigma(x - \theta) \sqrt{2\pi}}, \quad x > \theta, \sigma > 0$$

رابطه ۲:

$$f(x) = \frac{1}{\theta} e^{-(x+\xi)/\theta} \exp(e^{-(x+\xi)/\theta})$$

رابطه ۳:

σ = پارامتر مقیاس، ζ = پارامتر موقعیت θ = پارامتر حد، c = پایه لگاریتم نرمال

یکی از روش‌های تحلیل روند استفاده از مدل‌های رگرسیونی است. تحلیل رگرسیونی، روشی آماری برای بررسی رابطه متغیرها و به‌طور کلی پژوهش‌های علی است. در این روش رابطه متغیر یا متغیرهای مستقل با متغیر وابسته نشان داده می‌شود. ساده‌ترین مدل رگرسیون، مدل رگرسیون خطی است که تنها شامل یک متغیر مستقل و یک متغیر وابسته با رابطه خطی است. برخی از روندهای مهم عبارت‌اند از:

$$Y = m \cdot x + b$$

رابطه ۴:

که m شیب خط و b عدد ثابت (عرض از مبدأ) است. این روند حاکی از آن است که متغیر موردنظر با نسبتی ثابت در حال افزایش یا کاهش است. لگاریتمی (رابطه ۵):

$$Y = c \cdot \ln x + b$$

رابطه ۵:

که c و b اعداد ثابت هستند. این خط روند هنگامی که متغیر به‌سرعت افزایش یا کاهش یافته و سپس ثابت می‌شود، استفاده می‌شود.

چند جمله‌ای (رابطه ۶):

$$Y = b + c_1 x + c_2 x^2 + c_3 x^3 + \dots + c_n x^n$$

رابطه ۶:

که در آن c عدد ثابت است. این روند هنگامی که متغیر دارای نوسان است، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

-توابع چگالی احتمال و تغییر اقلیم

یکی از کاربردهای منحنی‌های تابع چگالی احتمال بررسی تغییر متغیر در بازه زمانی است. اگرچه روند درازمدت اقلیم وابسته به رخداد یک توفان بسیار شدید نیست؛ اما بررسی تغییرات احتمال وقوع انواع باد در سری زمانی می‌تواند تغییر اقلیمی را آشکار کند. بدین‌منظور میانگین‌ها و واریانس‌ها در منحنی‌های تابع چگالی احتمال مقایسه شد تا گرایش متغیر به کم یا زیاد و درنهایت نوع روند کاهشی یا افزایشی تعیین شود. در این صورت تغییر اقلیم، حاصل تغییر در میانگین، واریانس یا هر دو آن‌ها و در نتیجه تغییر در مقادیر انتهایی توزیع است. تغییر در میانگین، یک نوع جابه‌جایی در شکل توزیع فراوانی را نشان می‌دهد و هیچ‌گونه دگرگونی در تغییرپذیری رخ نمی‌دهد؛ اما در صورت ثبات میانگین، افزایش واریانس می‌تواند موجب افزایش تغییرپذیری و افزایش احتمال و قدر مطلق فرین‌های انتهایی شود. در صورت تغییر میانگین و واریانس ضمن جابه‌جایی میانگین، احتمال مقادیر فرین (دنباله‌های توزیع) نیز تغییر می‌یابد.

تحلیل روند با مدل‌های رگرسیونی

روند یا تمایل بلندمدت عبارت است از تحول متغیر مورد مطالعه در یک دوره طولانی بدون در نظر گرفتن تغییرات دوره‌ای، فصلی و نامنظم که نشان‌دهنده کاهش یا افزایش بلندمدت یک سری زمانی است.

نمایی (رابطه ۷)؛

$$Y=C.e^{bx} \quad \text{رابطه ۷:}$$

که b و c اعداد ثابت هستند و e مبنای لگاریتم نپیرین است ($e=2.71$). این روند زمانی که افزایش یا کاهش متغیر با یک نسبت به طور مداوم افزایش یابد، بسیار مفید است. برای به دست آوردن معادله خط روند، مدل‌های رگرسیون خطی، لگاریتمی، چندجمله‌ای درجه ۲ (مربعی)، چندجمله‌ای درجه ۳ (مکعبی)، ترکیبی، نمایی و توانی بر داده‌ها برازش داده شد. با توجه به ضریب تعیین تعدیل شده، مدل چندجمله‌ای درجه ۳ (مکعبی) برای سال و تمام ماه‌ها به ویژه برای ماه‌های ژوئن، جولای و اوت بهترین برازش را نشان می‌دهد. معنی دار بودن معادلات با استفاده از P -value تأیید شد. بر اساس این مدل برای سه دوره، پیش‌بینی انجام شد.

نتایج و بحث

- بررسی فراوانی و احتمال وقوع و دوره بازگشت آشفته‌گی‌های جوی

فراوانی، احتمال وقوع و دوره بازگشت انواع سرعت باد حداکثر مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت و یافته‌های زیر به دست آمد. سرعت باد حداکثر ماه ژانویه از ۳۹/۵ (نسیم شدید) تا ۱۰۰/۵ (توفان) کیلومتر بر ساعت متغیر است. در این ماه از سال به علت کاهش تضادهای اقلیمی بین پهنه ساحلی دریای خزر و نواحی کم‌ارتفاع جنوب منجیل شرایط توفانی کمتر ایجاد می‌شود؛ از این رو فقط در سال‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۰۰ شرایط توفانی حاکم بوده است. میانگین سرعت باد در این ماه ۶۶/۵ کیلومتر بر ساعت

است. علت باد در این ماه با سایر ماه‌ها متفاوت بوده و غالباً تحت تأثیر جریان‌های غربی است. باین حال، مقایسه داده‌ها با میانگین نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۹ سرعت باد روند کاهشی را دنبال می‌کند (جدول ۱). در این موقع از سال انتظار مواجهه با شرایط نسیم و تندباد بیش از توفان است.

سرعت باد حداکثر ماه فوریه از ۴۳ (نسیم شدید) تا ۹۳/۵ (توفان) کیلومتر بر ساعت متغیر است. در این ماه مانند ژانویه شرایط توفانی کمتر ایجاد می‌شود؛ بنابراین در سه مورد، شرایط توفان از سال ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۸ حاکم بوده است. میانگین سرعت باد در این ماه ۷۰ کیلومتر بر ساعت است. مقایسه داده‌ها با میانگین نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۸ سرعت باد روند کاهشی را دنبال می‌کند (جدول ۱). سرعت باد حداکثر ماه مارس از ۵۴ (تندباد ملایم) تا ۱۲۶ (توفان خیلی شدید) کیلومتر بر ساعت متغیر است. ماه مارس زمان گذر از فصل زمستان به بهار بوده و شروع گرمایش است؛ از این رو بروز تغییرات محسوس در سرعت باد دور از انتظار نیست. دامنه تغییرات این ماه نسبت به ماه‌های قبل افزایش یافته و دامنه داده‌ها به حدود ۷۲ کیلومتر بر ساعت می‌رسد. در هشت مورد از دوره آماری شرایط ایجاد توفان مهیا شده است.

در شش مورد، از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۱ و ۲۰۰۴ شرایط توفان و در دو مورد، سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ توفان خیلی شدید حاکم بوده است. میانگین سرعت باد حداکثر ۸۰/۵ کیلومتر بر ساعت است. مقایسه داده‌ها با میانگین نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۷ سرعت باد روند کاهشی محسوس را دنبال می‌کند (جدول ۱).

جدول ۱: مشخصات و احتمال وقوع سرعت باد حداکثر ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس

مارس			فوریه			ژانویه			سال
۸۰/۵	میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)	۷۰	میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)	۶۶/۵	میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)				
۵۴-۱۲۶	دامنه تغییرات (کیلومتر بر ساعت)	۴۳-۳۹/۵	دامنه تغییرات (کیلومتر بر ساعت)	۳۹/۵-۱۰۰/۵	دامنه تغییرات (کیلومتر بر ساعت)				
لوگ نرمال	مدل توزیع	لوگ نرمال	مدل توزیع	لوگ نرمال	مدل توزیع				
احتمال تجمعی $P(X \leq x)$	احتمال $f(x)$	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	احتمال تجمعی $P(X \leq x)$	احتمال $f(x)$	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	احتمال تجمعی $P(X \leq x)$	احتمال $f(x)$	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	
۴۲/۳	۴/۳۱	۷۵/۵	۸۶/۰۷	۲/۲۳	۸۶/۵	۶۸/۵۶	۴/۵۵	۶۸	۱۹۹۳
۳۳/۹۷	۴/۲۳	۷۲	۴۹/۵۷	۵/۰۶	۶۸/۵	۴۸/۳۵	۵/۶۸	۶۵	۱۹۹۴
۵۰/۵۸	۴/۱۹	۷۹	۲۹/۷۴	۴/۹۱	۶۱	۸۳/۱	۲/۹۴	۷۹	۱۹۹۵
۳۳/۹۷	۴/۲۳	۷۲	۸۹/۸۸	۱/۷۱	۹۰	۳۷/۲۲	۵/۷	۶۱	۱۹۹۶
۵۲/۴۸	۲/۲۱	۹۷	۹۲/۷۷	۱/۲۸	۹۳/۵	۹۴/۴۶	۱/۱۵	۹۰	۱۹۹۷
۷۲/۱۹	۳/۱	۹۰	۹۲/۷۷	۱/۲۸	۹۳/۵	۲۶/۵	۵/۲۵	۵۷/۵	۱۹۹۸
۷۲/۱۹	۳/۱	۹۰	۸۱/۱۷	۲/۸۳	۸۳	۶۸/۵۶	۴/۵۵	۷۲	۱۹۹۹
۵۲/۴۸	۲/۲۱	۹۷	۸۱/۱۷	۲/۸۳	۸۳	۹۸/۴۶	۰/۳۵	۱۰۱	۲۰۰۰
۷۷/۷۷	۲/۶۵	۹۳/۵	۸۶/۰۷	۲/۲۳	۸۶/۵	۶۸/۵۶	۴/۵۵	۷۲	۲۰۰۱
۹۸/۲۱	۰/۳۹	۱۲۶	۷۵/۰۵	۳/۴۸	۷۹	۶۸/۵۶	۴/۵۵	۷۲	۲۰۰۲
۹۶/۶۷	۰/۵۲	۱۱۸/۵	۲۹/۷۴	۴/۹۱	۶۱	۸۳/۱	۲/۹۴	۷۹	۲۰۰۳
۵۲/۴۸	۲/۲۱	۹۰	۵۹/۰۷	۴/۶۸	۷۲	۵۹	۵/۲۵	۶۸/۵	۲۰۰۴
۵۰/۵۸	۴/۱۹	۷۹	۱۳/۱۷	۳/۴۳	۵۴	۲۶/۵	۵/۲۵	۵۷/۵	۲۰۰۵
۶۵/۷۳	۳/۵۴	۸۶/۵	۳۹/۵۸	۵/۱۶	۶۴/۵	۶۸/۵۶	۴/۵۵	۷۲	۲۰۰۶
۴/۴۱	۱/۴۴	۵۴	۵۹/۰۷	۴/۶۸	۷۲	۴۸/۳۵	۵/۶۸	۶۵	۲۰۰۷
۴۲/۳	۴/۳۱	۷۵/۵	۲۰/۷۳	۴/۳۱	۵۷/۵	۶۸/۵۶	۴/۵۵	۷۲	۲۰۰۸
۱۸/۷۸	۳/۴۶	۶۴/۵	۱/۵۲	۰/۷۷	۴۳	۳۷/۲۲	۵/۷	۶۱	۲۰۰۹
۵۰/۵۸	۴/۱۹	۷۹	۲۹/۷۴	۴/۹۱	۶۱	۲۶/۵	۵/۲۵	۵۷/۵	۲۰۱۰
۴/۴۱	۱/۴۴	۵۴	۲۰/۷۳	۴/۳۱	۵۷/۵	۰/۶۳	۰/۴۱	۳۹/۵	۲۰۱۱
۱۸/۷۸	۳/۴۶	۶۴/۵	۳۹/۵۸	۵/۱۶	۶۴/۵	۹/۸	۳/۱۷	۵۰	۲۰۱۲
۱۸/۷۸	۳/۴۶	۶۴/۵	۷/۴۷	۲/۴۳	۵۰/۵	۹/۸	۳/۱۷	۵۰	۲۰۱۳
۴۲/۳	۴/۳۱	۷۵/۵	۲۹/۷۴	۴/۹۱	۶۱	۲۶/۵	۵/۲۵	۵۷/۵	۲۰۱۴
۴/۴۱	۱/۴۳	۵۴	۱۳/۱۲	۳/۴۲	۵۴	۱۷/۰۵	۴/۳۳	۵۴	۲۰۱۵
۶۵/۷۳	۳/۵۴	۸۶	۸۱/۰۹	۲/۸۴	۸۲/۵	۶۸/۴۳	۴/۵۶	۷۲	۲۰۱۶
توفان خیلی شدید			تندباد شدید			تندباد ملایم			مقیاس
توفان			تندباد			نسیم شدید			بوفورت
+۱۱۸			۷۵-۸۸			۵۰-۶۱			(k/h)

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۷

۸۴/۶ درصد و دوره بازگشت آن ۱/۱۸ سال، در ماه فوریه با سرعت ۵۰-۸۸ کیلومتر بر ساعت ۸۲ درصد و دوره بازگشت ۱/۲۲ سال و در ماه مارس با سرعت

بر اساس تحلیل تابع چگالی احتمال که نشان داد مدل لوگ نرمال مناسب‌ترین مدل برای این توزیع در ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس است، احتمال وقوع باد در ماه ژانویه با سرعت ۳۹-۸۸ کیلومتر بر ساعت

تحلیل تابع چگالی احتمال نشان داد، مدل ویبول مناسب‌ترین مدل برای توزیع در ماه آوریل است. براساس این توزیع احتمال وقوع بادهای کمتر از ۵۰ کیلومتر بر ساعت ۴/۹۷ درصد و دوره بازگشت آن ۲۰ سال، تند بادهای ۴۸/۶۳ درصد و دوره بازگشت آن ۲ سال، توفان‌ها ۴۱/۳۳ درصد و دوره بازگشت آن‌ها ۲/۴۲ سال و احتمال وقوع توفان‌های خیلی شدید ۵/۰۵ درصد و دوره بازگشت ۲۰ سال است.

سرعت باد حداکثر در ماه می از ۶۱ (تندباد ملایم) تا ۱۲۶ (توفان بسیار شدید) کیلومتر بر ساعت متغیر است. ۳۷/۵ درصد دوره آماری شرایط ایجاد توفان مهیا شده‌است؛ یعنی در چهار مورد سال‌های ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۸ و ۲۰۰۵ شرایط توفان، در چهار مورد سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۲ شرایط توفان شدید و در یک مورد سال ۲۰۰۳ با بیش از ۱۱۸ کیلومتر بر ساعت توفان بسیار شدید حاکم بوده‌است. میانگین ۸۶ کیلومتر بر ساعت است. مقایسه داده‌ها با میانگین نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۷ سرعت باد روند کاهشی محسوسی را دنبال می‌کند (جدول ۲).

تحلیل تابع چگالی احتمال نشان داد، مدل لوگ نرمال مناسب‌ترین مدل برای توزیع است. براساس این توزیع، احتمال وقوع بادهای کمتر از ۵۰ کیلومتر بر ساعت ۰/۷۸ درصد و دوره بازگشت آن ۱۲۸ سال، تندبادها ۵۹/۳۱ درصد و دوره بازگشت آن ۱/۶۸ سال، توفان‌ها ۳۴/۳۵ درصد و دوره بازگشت آن‌ها ۲/۹۱ سال و احتمال وقوع توفان‌های بسیار شدید ۵/۵۶ درصد و دوره بازگشت ۱۸ سال است.

سرعت باد حداکثر ماه ژوئن از ۶۱ (تندباد ملایم) تا ۱۱۸/۵ (توفان بسیار شدید) کیلومتر بر ساعت متغیر است. در ۱۳ مورد دوره آماری شرایط ایجاد توفان مهیا شده‌است؛ یعنی در ده مورد سال‌های ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۸ و ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ شرایط توفان، در

۵۰-۸۸ کیلومتر بر ساعت ۶۸/۳۵ درصد و دوره بازگشت ۱/۴۶ سال، بیش از سایر بادهای است. پس از بررسی و تحلیل سرعت باد حداکثر ماهانه و سالانه نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ سرعت باد روند کاهشی پیدا کرده‌است؛ بنابراین دوره آماری به دو دوره ۲۰۰۴-۱۹۹۳ و ۲۰۱۶-۲۰۰۵ تقسیم و مورد مقایسه قرار گرفت.

کاهش میانگین در توزیع چگالی احتمال ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس در مقطع زمانی ۱۹۹۳-۲۰۰۴ احتمال وقوع تندبادها و پس از آن توفان‌ها بیشترین سهم را داشته و احتمال وقوع توفان‌های بسیار شدید تقریباً فقط در مارس وجود دارد. در مقطع زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۶ در ژانویه احتمال وقوع توفان‌ها و تندبادها کاهش یافته، اما احتمال وقوع نسیم افزایش چشمگیری می‌یابد. در فوریه و مارس ضمن کاهش درصد احتمال وقوع توفان‌ها و به صفر رسیدن احتمال وقوع توفان‌های بسیار شدید، احتمال وقوع تندبادها و نسیم افزایش قابل توجهی پیدا می‌کند.

سرعت باد حداکثر آوریل از ۵۴ (تندباد ملایم) تا ۱۲۲ (توفان خیلی شدید) کیلومتر بر ساعت متغیر است. ۵۰ درصد دوره آماری شرایط ایجاد توفان مهیا شده‌است؛ یعنی در شش مورد، در سال‌های ۱۹۹۴، ۱۹۹۶، ۱۹۹۸، ۲۰۰۱، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۹ شرایط توفان، چهار مورد در سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۶ شرایط توفان شدید و دو مورد در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۳ توفان خیلی شدید حاکم بوده‌است. میانگین سرعت در این ماه ۸۶ کیلومتر بر ساعت است. مقایسه داده‌ها با میانگین نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۷ سرعت باد روند کاهشی محسوسی را دنبال می‌کند (جدول ۲).

بر ساعت بوده و مقایسه داده‌ها با میانگین نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۷ سرعت باد روند کاهشی محسوسی را دنبال می‌کند (جدول ۲).

سه مورد سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲ با شرایط توفان شدید و در یک مورد سال ۲۰۰۱ توفان بسیار شدید با سرعت بیش ۱۱۸ کیلومتر بر ساعت رخ داده‌است. میانگین سرعت باد در این ماه ۸۸ کیلومتر

جدول ۲: مشخصات و احتمال وقوع سرعت باد حداکثر ماه‌های آوریل، می و ژوئن

سال	آوریل			می			ژوئن		
	میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)	دامنه تغییرات (کیلومتر بر ساعت)	۸۶	میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)	دامنه تغییرات (کیلومتر بر ساعت)	۸۶	میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)	دامنه تغییرات (کیلومتر بر ساعت)	۸۸
	۵۴-۱۲۲	۶۱-۱۲۶	۶۱-۱۲۶	۵۴-۱۲۲	۶۱-۱۲۶	۶۱-۱۲۶	۶۱-۱۱۸/۵	۶۱-۱۱۸/۵	۶۱-۱۱۸/۵
مدل توزیع			مدل توزیع			مدل توزیع			
ویبول			لوگ نرمال			کمترین مقدار حد			
سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	احتمال $f(x)$	احتمال تجمعی $P(X \leq x)$	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	احتمال $f(x)$	احتمال تجمعی $P(X \leq x)$	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	احتمال $f(x)$	احتمال تجمعی $P(X \leq x)$	
۱۹۹۳	۸۶/۵	۳/۴۷	۴۸/۸۳	۸۲/۵	۴/۱۴	۴۶/۹۵	۴/۲۹	۴۸/۰۹	
۱۹۹۴	۹۰	۳/۵	۵۵/۶۱	۸۶/۵	۳/۹۵	۵۴/۸۳	۴/۲۹	۴۸/۰۹	
۱۹۹۵	۶۱	۱/۶۵	۱۲/۳۵	۸۲/۵	۴/۱۴	۴۶/۹۵	۴/۲۹	۴۸/۰۹	
۱۹۹۶	۹۰	۳/۵	۵۵/۶۱	۹۳/۵	۳/۲۵	۶۸/۹۱	۴/۵۷	۵۶/۷۳	
۱۹۹۷	۷۹	۳/۱۴	۳۵/۸۹	۱۰۰/۵	۲/۴	۷۹/۸۹	۴/۳۹	۷۴/۵۱	
۱۹۹۸	۹۰	۳/۵	۵۵/۶۱	۹۷	۲/۸۳	۷۴/۸۲	۴/۳۹	۷۴/۵۱	
۱۹۹۹	۱۰۸	۲/۲۸	۸۵/۳۱	۱۰۸	۱/۶۳	۸۷/۶۶	۳/۰۲	۸۹/۲۶	
۲۰۰۰	۱۱۵	۱/۴۶	۹۲/۵۷	۱۱۵	۱/۰۳	۹۲/۷۶	۳/۰۲	۸۹/۲۶	
۲۰۰۱	۱۰۰/۵	۳	۷۴/۹۸	۱۱۵	۱/۰۳	۹۲/۷۶	-۱/۵۶	۹۹/۰۴	
۲۰۰۲	۱۰۸	۲/۲۸	۸۵/۳۱	۱۱۵	۱/۰۳	۹۲/۷۶	۳/۰۲	۸۹/۲۶	
۲۰۰۳	۱۲۲/۵	-۰/۷۸	۹۶/۸۶	۱۲۶	-۰/۴۷	۹۶/۹۶	۴/۳۹	۷۴/۵۱	
۲۰۰۴	۱۰۰/۵	۳	۷۴/۹۸	۷۹	۴/۱۷	۳۸/۸۶	۴/۶۳	۶۵/۷	
۲۰۰۵	۱۱۸/۵	۱/۰۹	۹۵/۰۵	۹۰	۳/۶۴	۶۲/۲۱	۴/۳۹	۷۴/۵۱	
۲۰۰۶	۱۰۸	۲/۲۸	۸۵/۳۱	۸۶/۵	۳/۹۵	۵۴/۸۳	۴/۵۷	۵۶/۷۳	
۲۰۰۷	۶۵	۴/۹۶	۱۵/۸۶	۷۲	۳/۶۷	۲۳/۴	۱/۶۴	۱۴	
۲۰۰۸	۶۸/۵	۲/۲۸	۱۹/۹۷	۷۲	۳/۶۷	۲۳/۴	۲/۴۳	۲۱/۸۲	
۲۰۰۹	۹۰	۳/۵	۵۵/۶۱	۷۲	۳/۶۷	۲۳/۴	۱/۶۴	۱۴	
۲۰۱۰	۶۱	۱/۶۵	۱۲/۳۵	۶۴/۵	۲/۵۳	۱۱/۲۱	۱/۳۲	۱۱/۱۴	
۲۰۱۱	۶۱	۱/۶۵	۱۲/۳۵	۶۴/۵	۲/۵۳	۱۱/۲۱	۲	۱۷/۵۳	
۲۰۱۲	۵۴	۱/۱	۷/۰۵	۶۱	۱/۸۷	۶/۹۳	۱/۰۶	۸/۸۳	
۲۰۱۳	۶۱	۱/۶۵	۱۲/۳۵	۶۸/۵	۳/۱۵	۱۶/۷۵	۱/۳۲	۱۱/۱۴	
۲۰۱۴	۶۸/۵	۲/۲۸	۱۹/۹۷	۶۴/۵	۲/۵۳	۱۱/۲۱	۱/۶۴	۱۴	
۲۰۱۵	۷۲	۲/۵۹	۲۴/۶۲	۶۸/۵	۳/۱۵	۱۶/۶۶	۲	۱۷/۴۷	
۲۰۱۶	۸۲/۵	۳/۳۴	۴۲/۱	۷۹	۴/۱۷	۳۸/۶۷	۴/۶۳	۶۵/۵۱	
مقیاس بوفورت (k/h)	تندباد ملایم	تندباد	تندباد شدید	توفان	توفان شدید	توفان خیلی شدید			
	۶۱-۵۰	۷۴-۶۲	۸۸-۷۵	۱۰۲-۸۹	۱۱۷-۱۰۳	+۱۱۸			

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۷

۲۰۰۵ با شرایط توفان، در سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۹ توفان شدید و در یک مورد سال ۱۹۹۴ توفان بسیار شدید رخ داده‌است. در ۵۰ درصد دوره آماری شرایط برای ایجاد توفان و در ۵۰ درصد دیگر دوره آماری شرایط ایجاد تندباد فراهم شده‌است. میانگین سرعت باد در ماه اوت ۸۲/۵ کیلومتر بر ساعت است. مقایسه داده‌ها با میانگین نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۶ سرعت باد روند کاهشی محسوسی را دنبال می‌کند (جدول ۳).

سرعت باد حداکثر ماه سپتامبر از ۵۴ (تندباد ملایم) تا ۱۱۵ (توفان شدید) کیلومتر بر ساعت متغیر است. ۴۱/۶۷ درصد دوره آماری شرایط ایجاد توفان مهیا شده‌است. در ۸ مورد سال‌های ۱۹۹۳، ۱۹۹۵، ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۰، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۵ شرایط توفان ملایم، در ۲ مورد سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۴ شرایط توفان شدید حاکم بوده‌است. در ۵۸/۳۳ درصد دوره آماری شرایط برای ایجاد تندباد فراهم شده‌است. میانگین سرعت باد ۸۰/۵ کیلومتر بر ساعت است. مقایسه داده‌ها با میانگین نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۶ سرعت باد روند کاهشی محسوسی را دنبال می‌کند (جدول ۳).

براساس تحلیل تابع چگالی احتمال که نشان داد مدل ویبول مناسب‌ترین مدل برای این توزیع در ماه‌های جولای، اوت و سپتامبر است که در ماه جولای احتمال وقوع نسیم و کمتر از آن ۰/۸۱ درصد و دوره بازگشت آن ۱۲۳ سال، تندبادها ۶۷/۱۲ درصد و دوره بازگشت آن ۱/۵ سال، توفان‌ها ۳۲/۰۶ درصد و دوره بازگشت آن‌ها ۳ سال و توفان‌های بسیار شدید تقریباً صفر، در ماه اوت وقوع نسیم و کمتر از آن ۵/۳ درصد و دوره بازگشت آن ۱۸/۸۷ سال، تندبادها ۵۵/۶ درصد و دوره بازگشت آن ۱/۸ سال، توفان‌ها ۳۷/۰۶ درصد و دوره بازگشت آن‌ها ۲/۷ سال و توفان‌های

تحلیل تابع چگالی احتمال نشان داد، مدل کم‌ترین مقدار حد، مناسب‌ترین مدل برای توزیع است. براساس این توزیع احتمال وقوع بادهای کمتر از ۵۰ کیلومتر بر ساعت، ۴/۲۳ درصد و دوره بازگشت آن ۲۳/۶۴ سال، تندبادها ۴۱/۴۳ درصد و دوره بازگشت آن ۲/۴۱ سال، توفان‌ها ۵۳/۳۲ درصد و دوره بازگشت آن‌ها ۱/۸۷ سال و احتمال وقوع توفان‌های بسیار شدید ۱ درصد و دوره بازگشت ۱۰۰ سال است.

در مقطع زمانی ۱۹۹۳-۲۰۰۴ احتمال وقوع نسیم در آوریل اندک و در ماه‌های می و ژوئن تقریباً صفر است. بیشترین احتمال وقوع در این ماه‌ها به توفان‌ها و بعد از آن به تندبادها اختصاص دارد. احتمال وقوع توفان‌های بسیار شدید وجود داشته و به‌ویژه در ماه می درخور توجه است. در مقطع زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۶ احتمال وقوع نسیم در ماه‌های آوریل و می افزایش یافته و بیشترین احتمال وقوع به تندبادها اختصاص می‌یابد. احتمال وقوع توفان‌ها و توفان‌های بسیار شدید به‌شدت کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که احتمال وقوع توفان‌های بسیار شدید در ماه می تقریباً صفر می‌شود.

سرعت باد حداکثر ماه جولای از ۶۴/۵ (تندباد) تا ۱۰۰/۵ (توفان) کیلومتر بر ساعت متغیر است. ۵۰ درصد دوره آماری شرایط ایجاد توفان با دامنه ۱۰۲-۸۹ از سال ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۴ و سال ۲۰۱۶ مهیا شده‌است. در ۵۰ درصد دوره آماری، شرایط تندباد ایجاد شده‌است. میانگین سرعت باد در این ماه ۸۲/۵ کیلومتر بر ساعت است. مقایسه داده‌ها با میانگین نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۷ سرعت باد روند کاهشی محسوسی را دنبال می‌کند (جدول ۳).

سرعت باد حداکثر ماه اوت از ۶۱ (تندباد ملایم) تا ۱۲۶ (توفان بسیار شدید) کیلومتر بر ساعت متغیر است. در سال‌های ۱۹۹۳، ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۷ و ۲۰۰۰ تا

درصد و دوره بازگشت آن‌ها ۲/۹۸ سال و احتمال وقوع توفان‌های بسیار شدید ۸۲ درصد و دوره بازگشت آن‌ها ۱۱۳ سال است.

بسیار شدید ۲/۰۴ درصد و دوره بازگشت آن‌ها ۴۳/۴۷ سال و در ماه سپتامبر احتمال وقوع نسیم ۵/۱ درصد و دوره بازگشت آن ۱۹/۴۷ سال، تندبادها ۶۰/۴۵ درصد و دوره بازگشت آن ۱/۶۵ سال، توفان‌ها ۳۳/۵۹

جدول ۳: مشخصات و احتمال وقوع سرعت باد حداکثر ماه‌های جولای، اوت و سپتامبر

سپتامبر			اوت			جولای			سال
میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)			میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)			میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)			
دامنه تغییرات (کیلومتر بر ساعت)			دامنه تغییرات (کیلومتر بر ساعت)			دامنه تغییرات (کیلومتر بر ساعت)			
مدل توزیع			مدل توزیع			مدل توزیع			
احتمال تجمعی $P(X \leq x)$	احتمال $f(x)$	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	احتمال تجمعی $P(X \leq x)$	احتمال $f(x)$	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	احتمال تجمعی $P(X \leq x)$	احتمال $f(x)$	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	
۶۷/۸۶	۳/۹۳	۹۰	۶۳/۰۷	۳/۷۵	۹۰	۳۴/۳۳	۵/۵۵	۷۹	۱۹۹۳
۱۸/۴۴	۲/۴۸	۶۴/۵	۹۹/۴۸	۰/۲	۱۲۶	۷۱/۶۳	۶/۳۲	۹۰	۱۹۹۴
۶۷/۸۶	۳/۹۳	۹۰	۹۱/۴۱	۱/۷۹	۱۰۸	۷۱/۶۳	۶/۳۲	۹۰	۱۹۹۵
۴۴/۱۲	۳/۹۸	۷۹	۷۶/۷۲	۳/۲	۹۷	۷۱/۶۳	۶/۳۲	۹۰	۱۹۹۶
۸۱/۶۸	۳/۱	۹۷	۷۰/۱۶	۳/۵۳	۹۳/۵	۹۱/۳۷	۳/۴۸	۹۷	۱۹۹۷
۷۵/۱۸	۳/۵۸	۹۳/۵	۵۵/۶۹	۳/۸۲	۸۶/۵	۷۱/۶۳	۶/۳۲	۹۰	۱۹۹۸
۸۱/۶۸	۳/۱	۹۷	۹۱/۴۱	۱/۷۹	۱۰۸	۹۶/۴۳	۱/۸۸	۱۰۰/۵	۱۹۹۹
۸۷/۱۶	۲/۵۳	۱۰۰/۵	۷۶/۷۲	۳/۲	۹۷	۹۱/۳۷	۳/۴۸	۹۷	۲۰۰۰
۶۰/۰۳	۴/۱۱	۸۶/۵	۶۳/۰۷	۳/۷۵	۹۰	۵۸/۸۳	۶/۷۳	۸۶	۲۰۰۱
۸۷/۱۶	۲/۵۳	۱۰۰/۵	۷۰/۱۶	۳/۵۳	۹۳/۵	۷۱/۶۳	۶/۳۲	۹۰	۲۰۰۲
۹۴/۷۳	۱/۳۹	۱۰۸	۶۳/۰۷	۳/۷۵	۹۰	۹۱/۳۷	۳/۴۸	۹۷	۲۰۰۳
۹۸/۳۸	۰/۵۶	۱۱۵	۷۰/۱۶	۳/۵۳	۹۳/۵	۸۲/۸۷	۵/۱۴	۹۳/۵	۲۰۰۴
۷۵/۱۸	۳/۵۸	۹۳/۵	۶۳/۰۷	۳/۷۵	۹۰	۳۴/۳۳	۵/۵۵	۷۹	۲۰۰۵
۲۹/۷۹	۳/۳۴	۷۲	۱۷/۸۲	۲/۲۸	۶۴/۵	۵۸/۸۳	۶/۷۳	۸۶/۵	۲۰۰۶
۱۸/۴۴	۲/۴۸	۶۴/۵	۱۷/۸۲	۲/۲۸	۶۴/۵	۱۱/۲۶	۲/۴۷	۶۸/۵	۲۰۰۷
۲۳/۷	۲/۹۲	۶۸/۵	۲۸/۱۴	۳/۰۲	۷۲	۱۶/۹۴	۳/۴	۷۲	۲۰۰۸
۱۸/۴۴	۲/۴۸	۶۴/۵	۲۲/۶۱	۲/۶۶	۶۸/۵	۱۱/۲۶	۲/۴۷	۶۸/۵	۲۰۰۹
۱۴/۰۳	۲/۰۶	۶۱	۱۳/۷۵	۱/۹۱	۶۱	۷/۲۴	۱/۷۱	۶۴/۵	۲۰۱۰
۲۳/۷	۲/۹۲	۶۸/۵	۱۷/۸۲	۲/۲۸	۶۴/۵	۱۱/۲۶	۲/۴۷	۶۸/۵	۲۰۱۱
۱۸/۴۴	۲/۴۸	۶۴/۵	۱۳/۷۵	۱/۹۱	۶۱	۷/۲۴	۱/۷۱	۶۴/۵	۲۰۱۲
۱۴/۰۳	۲/۰۶	۶۱	۱۳/۷۵	۱/۹۱	۶۱	۳۴/۳۳	۵/۵۵	۷۹	۲۰۱۳
۱۸/۴۴	۲/۴۸	۶۴/۵	۱۷/۸۲	۲/۲۸	۶۴/۵	۱۶/۹۴	۳/۴	۷۲	۲۰۱۴
۷/۵۴	۱/۳	۵۴	۱۳/۶۹	۱/۹	۶۱	۱۱/۲۶	۲/۴۶	۶۸/۵	۲۰۱۵
۴۴/۰۲	۳/۹۷	۷۹	۴۰/۹۴	۳/۶	۷۹	۷۱/۴۱	۶/۳۳	۹۰	۲۰۱۶
توفان خیلی شدید			توفان شدید			تندباد ملایم			مقیاس بوفورت (k/h)
+۱۱۸			۱۱۷-۱۰۳			۷۴-۶۲			۶۱-۵۰
			توفان			تندباد شدید			۸۸-۷۵
			۱۰۲-۸۹						

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۷

متغیر است. در مجموع این ماه فاقد توفان بوده است. در چهار مورد سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ شرایط برای ایجاد نسیم و در سایر موارد شرایط تندباد فراهم بوده است. میانگین سرعت باد ماه دسامبر ۶۲ کیلومتر بر ساعت است که مقایسه داده‌ها با میانگین نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۷ سرعت باد روند کاهشی محسوسی را دنبال می‌کند (جدول ۴).

بر اساس تحلیل تابع چگالی احتمال که نشان داد، مدل لوگ نرمال مناسب‌ترین مدل برای این توزیع در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر است که در ماه اکتبر احتمال وقوع نسیم شدید و کمتر از آن ۰/۹۴ درصد و دوره بازگشت آن ۱۰۶ سال، تندبادها ۸۷/۳۳ درصد و دوره بازگشت آن ۱/۱۴ سال، توفان‌ها ۱۱/۵۷ درصد و دوره بازگشت آنها ۸/۴ سال توفان‌های بسیار شدید تقریباً صفر، در ماه نوامبر احتمال وقوع نسیم شدید و کمتر از آن ۵/۳ درصد و دوره بازگشت آن ۱۸/۸۷ سال، تندبادها ۹۱/۵۹ درصد و دوره بازگشت آن ۱/۰۹ سال، توفان‌ها ۳/۱۱ درصد و دوره بازگشت آنها ۳۲/۱۵ سال و توفان‌های بسیار شدید تقریباً صفر و در ماه دسامبر احتمال وقوع تندبادهای با ۸۱/۸۵ درصد و دوره بازگشت آن ۱/۲۲ سال بیش از سایر بادهای است. در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر در مقطع زمانی ۱۹۹۳-۲۰۰۴ احتمال وقوع توفان‌های بسیار شدید و نسیم به ترتیب صفر و کم، اما احتمال وقوع تندبادها و سپس توفان‌ها بیشتر است. در مقطع زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۶ احتمال وقوع تندبادها در نوامبر و دسامبر کاهش یافته، اما در اکتبر به طور چشمگیری افزایش می‌یابد؛ به طوری که می‌توان گفت، حداکثر بادهای این ماه به صورت تندباد ظاهر می‌شوند. احتمال وقوع نسیم در نوامبر و دسامبر افزایش قابل توجهی یافته است.

در ماه‌های جولای، اوت و سپتامبر در مقطع زمانی ۱۹۹۳-۲۰۰۴ بیشترین احتمال وقوع مربوط به توفان‌ها و سپس تندبادها است. احتمال وقوع نسیم در ماه سپتامبر به مقدار خیلی کم و احتمال وقوع توفان‌های بسیار شدید در ماه اوت و به مقدار اندک در ماه سپتامبر وجود دارد. در مقطع زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۶ احتمال وقوع تندبادها بیش از ۹۵ درصد است که به معنای کاهش چشمگیر احتمال وقوع توفان‌ها است. اگرچه احتمال وقوع نسیم به صفر رسیده است، اما احتمال وقوع توفان‌های بسیار شدید در هر سه ماه وجود دارد.

سرعت باد حداکثر ماه اکتبر از ۵۷/۵ (تندباد ملایم) تا ۹۷ (توفان) کیلومتر بر ساعت متغیر است. ۲۵ درصد دوره آماری شرایط ایجاد توفان مهیا شده است. در ۶ مورد سال‌های ۱۹۹۵، ۱۹۹۷، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴ شرایط توفان حاکم بوده است. در ۷۵ درصد دوره آماری شرایط برای ایجاد تندباد فراهم شده است. میانگین سرعت باد در ماه اکتبر ۷۴ کیلومتر بر ساعت بوده و مقایسه داده‌ها با میانگین نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۵ سرعت باد روند کاهشی محسوسی را دنبال می‌کند (جدول ۴).

سرعت باد حداکثر ماه نوامبر از ۴۳ (نسیم شدید) تا ۹۰ (توفان) کیلومتر بر ساعت متغیر است. در دو مورد سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۱۶ و در یک مورد سال ۲۰۱۰ به ترتیب شرایط برای ایجاد توفان و نسیم شدید فراهم بوده است. در سایر موارد شرایط تندباد حاکم بوده است. میانگین سرعت باد در این ماه ۶۸ کیلومتر بر ساعت است که مقایسه داده‌ها با میانگین نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۶ سرعت باد روند کاهشی را دنبال می‌کند (جدول ۴).

سرعت باد حداکثر ماه دسامبر از ۳۹/۵ (نسیم شدید) تا ۸۶/۵ (تندباد شدید) کیلومتر بر ساعت

جدول ۴: مشخصات و احتمال وقوع سرعت باد حداکثر ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر

دسامبر			نوامبر			اکتبر			سال				
۶۲	میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)	۶۸	میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)	۷۴	میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)								
۳۹/۵-۸۶/۵	دامنه تغییرات (کیلومتر بر ساعت)	۴۳-۹۰	دامنه تغییرات (کیلومتر بر ساعت)	۵۷/۵-۹۷	دامنه تغییرات (کیلومتر بر ساعت)								
لوگ نرمال	مدل توزیع	لوگ نرمال	مدل توزیع	لوگ نرمال	مدل توزیع								
احتمال تجمعی $P(X \leq x)$	احتمال $f(x)$	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	احتمال تجمعی $P(X \leq x)$	احتمال $f(x)$	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	احتمال تجمعی $P(X \leq x)$	احتمال $f(x)$	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)					
۲۵/۵۵	۴/۷۵	۵۴	۱۰/۳۶	۲/۹۹	۵۴	۴۵/۶۲	۶/۲۷	۷۲	۱۹۹۳				
۷۸/۱۹	۴/۳۵	۷۲	۲۶/۸۶	۵/۴۷	۶۱	۱۳/۳۷	۴/۰۱	۶۱	۱۹۹۴				
۲۵/۵۵	۴/۷۵	۵۴	۳۸/۴۱	۶/۳۳	۶۴/۵	۸۹/۶۵	۲/۲۸	۹۰	۱۹۹۵				
۴۶/۷	۵/۸۸	۶۱	۶۳/۶۶	۶/۲۲	۶۸/۵	۵۷/۵۳	۵/۹	۷۵/۵	۱۹۹۶				
۷۸/۱۹	۴/۳۵	۷۲	۹۰/۵۸	۲/۷۸	۸۲/۵	۸۹/۶۵	۲/۲۸	۹۰	۱۹۹۷				
۹۷/۳	۰/۹۲	۸۶/۵	۹۷/۵	۰/۹۷	۹۰	۶۸/۲۹	۵/۱۲	۷۹	۱۹۹۸				
۷۸/۱۹	۴/۳۵	۷۲	۶۳/۶۶	۶/۲۲	۷۲	۹۳/۳۶	۱/۵۷	۹۳/۵	۱۹۹۹				
۷۸/۱۹	۴/۳۵	۷۲	۶۳/۶۶	۶/۲۲	۷۲	۸۹/۶۵	۲/۲۸	۹۰	۲۰۰۰				
۷۸/۱۹	۴/۳۵	۷۲	۸۳/۹۸	۴/۰۴	۷۹	۶۸/۲۹	۵/۱۲	۷۹	۲۰۰۱				
۹۱/۲	۲/۳۶	۷۹	۶۳/۶۶	۶/۲۲	۷۲	۹۵/۸۶	۱/۰۴	۹۷	۲۰۰۲				
۶۸/۸۵	۵/۲۳	۶۸/۵	۵۱/۰۹	۶/۶۱	۶۸/۵	۷۷/۳۱	۴/۱۵	۸۲/۵	۲۰۰۳				
۹۱/۲	۲/۳۶	۷۹	۶۳/۶۶	۶/۲۲	۷۲	۸۹/۶۵	۲/۲۸	۹۰	۲۰۰۴				
۶۸/۸۵	۵/۲۳	۶۸/۵	۷۴/۹	۵/۲۸	۷۵/۵	۴۵/۶۲	۶/۲۷	۷۲	۲۰۰۵				
۵۸/۱	۵/۷۸	۶۴/۵	۳۸/۴۱	۶/۳۳	۶۴/۵	۶/۹۲	۲/۶۳	۵۷/۵	۲۰۰۶				
۶/۴۴	۱/۸۶	۴۳	۵۱/۰۹	۶/۶۱	۶۸/۵	۱۳/۳۷	۴/۰۱	۶۱	۲۰۰۷				
۱۰/۹	۲/۷۶	۴۶/۵	۱۷/۳۹	۴/۲۶	۵۷/۵	۲۲/۴۳	۵/۲۶	۶۴/۵	۲۰۰۸				
۲۵/۵۵	۴/۷۵	۵۴	۱۷/۳۹	۴/۲۶	۵۷/۵	۱۳/۳۷	۴/۰۱	۶۱	۲۰۰۹				
۳/۵۴	۱/۱۵	۳۹/۵	۱/۳	۰/۵۵	۴۳	۲۲/۴۳	۵/۲۶	۶۴/۵	۲۰۱۰				
۲۵/۵۵	۴/۷۵	۵۴	۳۸/۴۱	۶/۳۳	۶۴/۵	۴۵/۶۲	۶/۲۷	۷۲	۲۰۱۱				
۲۵/۵۵	۴/۷۵	۵۴	۱۷/۳۹	۴/۲۶	۵۷/۵	۱۳/۳۷	۴/۰۱	۶۱	۲۰۱۲				
۳۵/۵۷	۵/۵۱	۵۷/۵	۶۳/۶۶	۶/۲۲	۷۲	۳۳/۵۳	۶/۰۷	۶۸/۵	۲۰۱۳				
۳۵/۵۷	۵/۵۱	۵۷/۵	۵۱/۰۹	۶/۶۱	۶۸/۵	۲۲/۴۳	۵/۲۶	۶۴/۵	۲۰۱۴				
۶/۴۱	۱/۸۵	۴۳	۱۰/۲۹	۲/۹۷	۵۴	۱۳/۲۴	۳/۹۹	۶۱	۲۰۱۵				
۶۸/۱۸	۵/۲۷	۶۸	۷۴/۹	۵/۲۸	۹۰	۴۵/۶۲	۶/۲۷	۷۲	۲۰۱۶				
توفان			تندباد شدید			تندباد			تندباد ملایم		نسیم شدید		مقیاس بوفورت (k/h)
۱۰۲-۸۹			۸۸-۷۵			۷۴-۶۲			۶۱-۵۰		۳۹-۴۹		

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۷

تحلیل تابع چگالی احتمال نشان داد، مدل ویبول مناسبترین مدل است که براساس این توزیع احتمال وقوع نسیم شدید و کمتر از آن ۱/۳ درصد و دوره بازگشت آن ۷۷ سال، تندبادها ۲۹/۸۹ درصد و دوره بازگشت آن ۳/۳۴ سال، توفانها ۵۵/۱۲ درصد و دوره بازگشت آنها ۱/۸۱ سال و توفانهای بسیار شدید ۱۳/۶۹ درصد و دوره بازگشت ۷/۳ سال است.

سرعت باد حداکثر سالانه از ۶۴/۵ (تندباد) تا ۱۲۶ (توفان خیلی شدید) کیلومتر بر ساعت متغیر می‌باشد. ۸ سال تندباد، ۴ سال توفان، ۶ سال توفان شدید و ۵ سال توفان بسیار شدید غالب بوده‌است. میانگین حداکثر سالانه ۹۷ کیلومتر بر ساعت بوده‌است که مقایسه داده‌ها با میانگین نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۷ سرعت باد، روند کاهشی محسوسی را دنبال می‌کند (جدول ۵).

جدول ۵: مشخصات و احتمال وقوع سرعت باد حداکثر سالانه

سال	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	f(x)	احتمال تجمعی P(X ≤ x)	سال	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	f(x)	احتمال تجمعی P(X ≤ x)
۱۹۹۳	۹۰	۳/۲۱	۳۳/۰۲	۲۰۰۵	۱۱۸/۵	۲/۴۴	۸۶/۶۱
۱۹۹۴	۱۲۶	۱/۴۳	۹۴/۱	۲۰۰۶	۱۰۸	۳/۶۳	۶۸/۵۱
۱۹۹۵	۱۰۸	۳/۶۳	۶۸/۵۱	۲۰۰۷	۷۲	۱/۴۷	۱۰/۳۸
۱۹۹۶	۱۱۵/۵	۳/۷۱	۴۶/۵۶	۲۰۰۸	۷۵/۵	۱/۷۹	۱۳/۵۴
۱۹۹۷	۱۱۰	۳/۸۱	۵۳/۸۹	۲۰۰۹	۹۰	۳/۲۱	۳۳/۰۲
۱۹۹۸	۱۱۰	۳/۸۱	۵۳/۸۹	۲۰۱۰	۷۹	۲/۱۴	۱۷/۳۶
۱۹۹۹	۱۰۸	۳/۶۳	۶۸/۵۱	۲۰۱۱	۷۲	۱/۴۷	۱۰/۳۸
۲۰۰۰	۱۱۵	۲/۹۲	۸۱/۳۹	۲۰۱۲	۶۴/۵	۰/۹۳	۵/۷۷
۲۰۰۱	۱۱۸/۵	۲/۴۴	۸۶/۶۱	۲۰۱۳	۷۹	۲/۱۴	۱۷/۳۶
۲۰۰۲	۱۲۶	۱/۴۳	۹۴/۱	۲۰۱۴	۷۵/۵	۱/۷۹	۱۳/۵۴
۲۰۰۳	۱۲۶	۱/۴۳	۹۴/۱	۲۰۱۵	۷۲	۱/۴۷	۱۰/۳۴
۲۰۰۴	۱۱۵	۲/۹۲	۸۱/۳۹	۲۰۱۶	۹۷	۳/۷۱	۴۶/۴۴
تندباد		تندباد شدید		توفان		توفان خیلی شدید	
۷۴-۶۲		۸۸-۷۵		۱۰۲-۸۹		+۱۱۸	

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۷

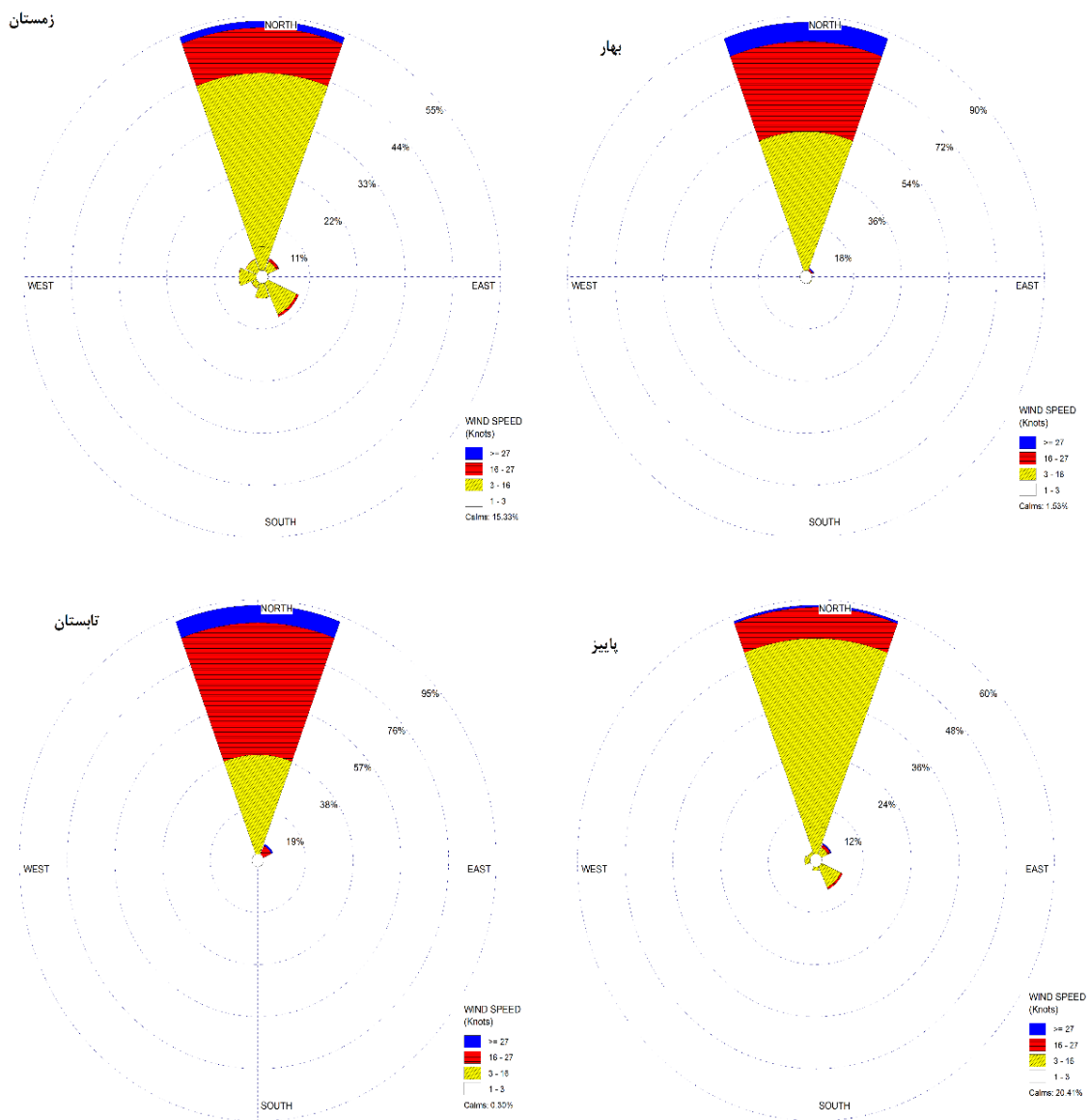
درصد است. جهت باد غالب در این فصل، ۵۸ درصد شمالی و باد نایب غالب با ۷ درصد فراوانی جنوب‌شرقی است.

فصل زمستان با ۱۵/۳ درصد باد آرام و بیش از ۸۳ درصد نسیم و ۱/۵ درصد تندباد آشفستگی کمتری داشته و بعد از پاییز آرام‌ترین فصل محسوب می‌شود. میانگین باد ۷/۵ نات، جهت باد غالب با ۵۴ درصد شمالی و نایب غالب با ۹ درصد جنوب‌شرقی است.

جهت باد منجیل و سرعت آن به‌صورت فصلی مورد بررسی قرار گرفته و ضمن تأیید نظرات مسعودیان (۱۳۹۱)، در این راستا نتایج به شرح ذیل حاصل شد. آرام‌ترین فصل سال با میانگین سرعت ۶/۴ درصد پاییز بوده و وزش باد آرام با ۲۰/۴ درصد بیشتر از سایر فصل‌ها در این فصل مشاهده می‌شود. بیش از ۸۳ درصد پاییز نسیم جریان دارد که ۵۵ درصد آن نسیم ملایم است. درصد وقوع تندباد کمتر از یک

درصد تندباد دومین فصل ناآرام بوده و جهت باد غالب آن با ۸۸ درصد، شمالی است. به‌طورکلی جهت باد غالب منجیل با ۷۳ درصد فراوانی شمالی و باد نائب غالب با ۴ درصد جنوب‌شرقی و شمال‌شرقی است (شکل ۱).

ناآرام‌ترین فصل سال با میانگین سرعت ۱۷/۲۵ نات فصل تابستان است. این فصل تقریباً فاقد باد آرام است و بیشترین درصد تندباد را با ۷/۱ درصد دارد. بیش از نیمی از این فصل نسیم تند جریان دارد. جهت باد غالب با ۹۳ درصد، شمالی است. میانگین سرعت باد بهار ۱۳/۵ نات است. این فصل با ۱/۵ درصد باد آرام، ۵۵ درصد نسیم ملایم و ۷



شکل ۱: گلیاد فصلی باد منجیل

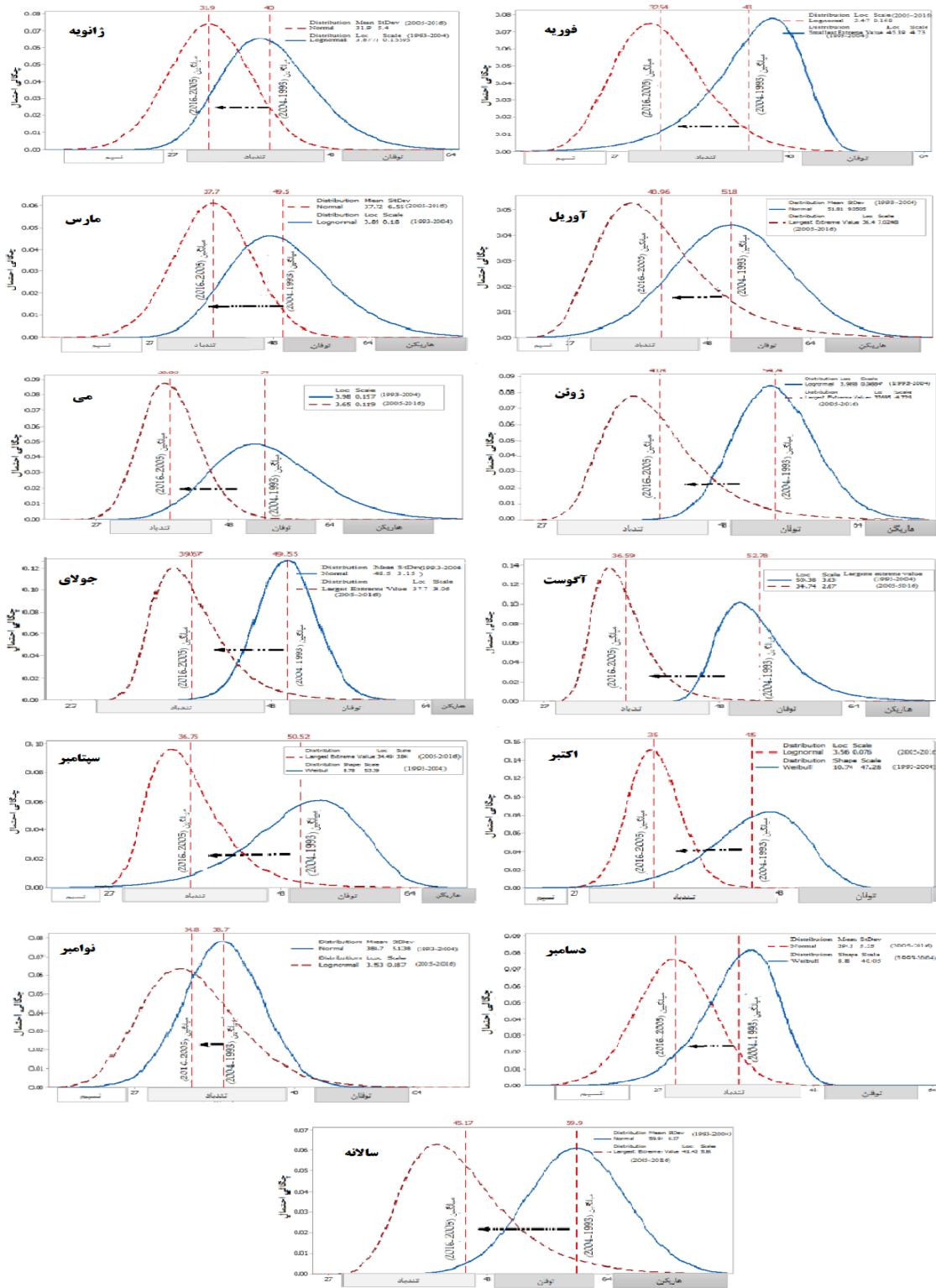
مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۷

ژانویه، فوریه، مارس، می، اوت، سپتامبر، اکتبر و دسامبر است. بیشترین کاهش واریانس مربوط به اکتبر (۷۷- درصد) و کمترین کاهش مربوط به دسامبر (۰/۱۷ درصد) است. از آنجایی که کاهش واریانس به معنی کاهش تغییر پذیری است؛ بنابراین در مقطع زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۶ در ماه‌های مذکور کشیدگی توزیع کاهش و به تبع آن احتمال و فراوانی وقوع فرین‌ها نیز کاهش می‌یابد؛ بنابراین ضمن اینکه به علت کاهش در میانگین در شکل توزیع فراوانی جابه‌جایی رخ داده که سبب تغییر مکان میانگین به چپ و سرعت‌ها کم می‌شود، به علت کاهش واریانس نیز فاصله داده‌ها از میانگین کمتر می‌شود. در ماه‌های آوریل، ژوئن، جولای و نوامبر به همراه کاهش میانگین، واریانس افزایش یافته است. بیشترین افزایش مربوط به ماه‌های ژوئن و جولای و کمترین افزایش مربوط به نوامبر است. با وجود کاهش میانگین در ماه‌های مذکور در مقطع زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۶ با افزایش واریانس، کشیدگی توزیع نیز افزایش یافته و احتمال و فراوانی وقوع فرین‌ها نیز افزایش می‌یابد (شکل ۲).

- تحلیل تغییر سرعت باد از طریق واکاوی توزیع چگالی احتمال

بررسی میانگین سرعت باد حداکثر در دو مقطع زمانی ۱۹۹۳-۲۰۰۴ و ۲۰۰۵-۲۰۱۶ بیانگر کاهش در میانگین است. این کاهش از ژانویه تا دسامبر به ترتیب ۲۰/۲۶، ۲۴/۴۵، ۲۳/۸۷، ۲۸/۱۸، ۲۰/۹۵، ۲۴/۷۹، ۱۹/۹۵، ۳۰/۶۹، ۲۷/۲۵، ۲۱/۹۶، ۱۰/۰۶، ۲۲/۶۸ درصد است. بیشترین تغییر در میانگین مربوط به ماه اوت و کمترین تغییرات مربوط به ماه نوامبر است. سرعت باد حداکثر سالانه با کاهش ۲۴/۶ درصدی میانگین همراه بوده است. با کاهش میانگین یک نوع جابه‌جایی در شکل توزیع فراوانی رخ داده است که سبب می‌شود احتمال وقوع باد حداکثر در محل میانگین به مقادیر کمینه میل کند؛ در نتیجه احتمال وقوع بادهای با سرعت کمتر افزایش چشمگیر و بادهای با سرعت بیشتر کاهش یابد. لازم به ذکر است کاهش در میانگین در توزیع چگالی احتمال ماه‌های مختلف سال به گونه‌های مختلفی تأثیر گذاشته است.

بررسی واریانس در دو مقطع زمانی ۱۹۹۳-۲۰۰۴ و ۲۰۰۵-۲۰۱۶ بیانگر کاهش واریانس در ماه‌های



شکل ۲: مقایسه توزیع چگالی احتمال دو دوره ۱۹۹۳-۲۰۰۴ و ۲۰۰۵-۲۰۱۶
 مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۷

شد. براساس این مدل برای سه دوره پیش‌بینی انجام شد. پیش‌بینی حداکثر باد نسبت به داده‌های سال ۲۰۱۶ برای سال ابتدا ۲ دوره کاهشی و سپس یک دوره افزایشی، ژانویه یک دوره کاهشی، یک دوره ثابت و یک دوره افزایشی، ماه‌های مارس، آوریل، ژوئن، اوت، سپتامبر یک دوره کاهشی و دو دوره افزایشی، می، جولای، اکتبر و دسامبر سه دوره افزایشی و نوامبر و فوریه یک دوره بدون تغییر و دو دوره افزایشی دارند (جدول ۶).

پیش‌بینی از طریق معادله خط روند برای به‌دست‌آوردن معادله خط روند، مدل‌های رگرسیون خطی، لگاریتمی، چندجمله‌ای درجه ۲ (مربعی)، چندجمله‌ای درجه ۳ (مکعبی)، ترکیبی، نمایی و توانی بر داده‌ها برازش داده‌شد. با توجه به ضریب تعیین تعدیل‌شده، مدل چندجمله‌ای درجه ۳ (مکعبی) برای سال و تمام ماه‌ها به‌ویژه برای ماه‌های ژوئن، جولای و اوت بهترین برازش را نشان می‌دهد. معنی‌دار بودن معادلات با استفاده از P-value تأیید

جدول ۶: معادلات خط روند سرعت حداکثر باد

زمان	معادله	ضریب R تعیین تعدیل‌شده	پیش‌بینی		
			۱	۲	۳
سال	$Y=0.016X^3-0.677X^2+7.816X+42.9$	۰/۵۴۷	۴۷/۴ ↓	۵۱/۴ ↓	۵۶/۶ ↑
ژانویه	$Y=0.01X^3-0.41X^2+3.99X+30.98$	۰/۳۴۷	۳۵/۷ ↓	۳۸/۹ →	۴۲/۹ ↑
فوریه	$Y=0.0146X^3-0.027X^2+4.403X+35.49$	۰/۵۳۷	۴۴/۵ →	۵۰/۵ ↑	۵۷/۸ ↑
مارس	$Y=0.0188X^3-0.7816X^2+8.78X+25.1$	۰/۴۵۷	۴۴/۳ ↓	۴۹/۵ ↑	۵۶ ↑
آوریل	$Y=0.0172X^3-0.756X^2+8.72X+27.33$	۰/۴۴۶	۴۱/۷۹ ↓	۴۵/۵ ↑	۵۰/۴ ↑
می	$Y=0.0216X^3-0.8925X^2+9.424X+29.7$	۰/۷۵۸	۴۵ ↑	۵۱ ↑	۵۸/۷ ↑
ژوئن	$Y=0.0215X^3-0.85X^2+8.55X+33.78$	۰/۷۸۳	۵۲ ↓	۵۹ ↑	۶۷/۹ ↑
ژولای	$Y=0.0148X^3-0.564X^2+5.334X+37.64$	۰/۷۵۴	۵۰ ↑	۵۵/۵ ↑	۶۲ ↑
اوت	$Y=0.01X^3-0.36X^2+2.21X+52.55$	۰/۷۴۶	۴۱/۴ ↓	۴۵ ↑	۴۹/۶ ↑
سپتامبر	$Y=0.0155X^3-0.755X^2+7X+31.615$	۰/۵۷۶	۳۹/۵ ↓	۴۳/۳ ↑	۴۸/۲ ↑
اکتبر	$Y=0.0137X^3-0.545X^2+5.55X+30.775$	۰/۵۵۴	۴۲/۹ ↑	۴۷/۴ ↑	۵۲/۹ ↑
نوامبر	$Y=0.0168X^3-0.741X^2+6.52X+22.73$	۰/۵۰۸	۴۸/۱ →	۵۴/۸ ↑	۶۲/۷۴ ↑
دسامبر	$Y=0.0148X^3-0.587X^2+6.022X+22.63$	۰/۵۲	۳۷/۴ ↑	۳۷/۴ ↑	۴۲/۳۹ ↑

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۷

توفان‌های بسیار شدید را نیز تجربه می‌کنند. همچنین پراکنش از حالت‌های مختلف باد سبب تنوع مدل‌های تابع چگالی احتمال در ماه‌های سال شد که ماه‌های نوامبر و دسامبر تنها ماه‌هایی از سال بوده‌اند که داده‌های آن‌ها دارای توزیع نرمال است. رفتارسنجی داده‌های حداکثر باد در سایر ماه‌ها نشان می‌دهد وقوع

نتیجه

بررسی باد حداکثر نشان داد، تقریباً به‌جز ماه دسامبر تمام ماه‌های سال شرایط توفانی را تجربه می‌کنند. کمترین احتمال رخداد توفان‌ها در ماه‌های نوامبر، ژانویه و فوریه و بیشترین در ماه‌های ژوئن و آوریل است. ماه‌های مارس، آوریل، می، ژوئن و اوت

خنک‌کنندگی باد با طراحی مناسب سکونتگاه‌ها پیشنهاد می‌شود؛ به‌عنوان مثال در زمینه گردشگری، باد منجیل سبب خلق فضایی می‌شود که منطقه می‌تواند جولانگاه دوستداران ورزش‌های آبی- بادی شده و بستر مناسبی برای توسعه آن در زمینه ورزش‌های بهاری، تابستانی و توریسم ورزشی فراهم کند. استیلای باد منجیل در بیش از ۳۱۰ روز از سال سبب برخورداری منطقه از هوای سالم شده که از هر لحاظ نیز حائز اهمیت است.

در مجموع باد منجیل می‌تواند به‌عنوان یکی از جنبه‌های مهم توسعه منطقه باشد. متأسفانه به این پدیده منحصر به فرد به‌عنوان یک عامل منفی نگاه می‌شود؛ در حالی که می‌توان با برنامه‌ریزی بهینه، در راستای توسعه منطقه، بهترین استفاده را از آن کرد.

منابع

- جهانبخش، سعید؛ یعقوب دین‌پژوه؛ مجید رضایی‌بنفشه؛ مرضیه اسمعیل‌پور (۱۳۹۴). مقایسه روش‌های برآورد پارامترهای توزیع ویبول جهت انرژی باد در استان آذربایجان شرقی، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. سال ۲۶. پیاپی ۵۹. شماره ۳. صفحات ۸۰-۶۱

<http://ensani.ir/fa/article/346256>

- رضایی‌بنفشه، سعید؛ خدیجه جوان؛ بتول زینالی (۱۳۹۰). بررسی روند تغییرات سرعت باد در شمال غرب ایران، فصلنامه جغرافیای طبیعی لار. سال ۴. شماره ۱۳. صفحات ۲۶-۲۷.

- طاووسی، تقی؛ کوهزاد رئیس‌پور (۱۳۸۹). تحلیل آماری و پیش‌بینی احتمال وقوع توفان‌های شدید با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سری‌های جزئی (مطالعه موردی: منطقه سیستان)، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. دوره اول. شماره ۲. صفحات ۱۰۵-۹۳.

<http://journals.hsu.ac.ir/jarhs/article-1-68-fa.html>

داده‌های فرین بالا در حد توفان‌های شدید و پایین در حد نسیم و کمتر از آن باعث شده‌است که مدل‌های توزیع نرمال بهترین برازش را بر داده‌ها نداشته باشند. مدل توزیع ویبول بر داده‌های ماه‌های آوریل، جولای، اوت و سپتامبر، مدل توزیع کمترین مقدار حد بر داده‌های ژوئن و مدل لوگ نرمال بر سایر ماه‌ها بهترین برازش دارند. جهت باد غالب منجیل شمالی است. بررسی داده‌های سرعت حداکثر باد منجیل در دو مقطع زمانی ۱۹۹۳-۲۰۰۴ و ۲۰۰۵-۲۰۱۶ نشان‌دهنده تغییر محسوس میانگین و واریانس است. کاهش میانگین در تمام ماه‌ها به معنی تمایل منحنی فراوانی به مقادیر کمینه است که سبب کاهش احتمال وقوع تندبادها و افزایش وقوع نسیم در زمستان و پاییز و کاهش احتمال وقوع توفان‌ها و افزایش تندبادها در بهار و تابستان می‌شود. همراه با کاهش میانگین در ماه‌های آوریل، ژوئن، جولای و نوامبر، افزایش واریانس در ماه‌های مذکور حاکی از تغییرپذیری بالا و افزایش احتمال وقوع فرین‌های زیاد و کم است.

تحلیل روند و پیش‌بینی با اتکاء بر رفتار فعلی و پیشین باد نشان داد، از میان مدل‌های رگرسیونی، مدل چندجمله‌ای درجه ۳ (مکعبی) برای سال و تمام ماه بهترین برازش را نشان می‌دهد. براساس این مدل، سرعت باد دارای نوسانات دوره‌ای است و حداکثر سرعت باد در سال‌های آتی با افت‌وخیزهایی مواجه است.

با توجه به نتایجی که بیان شد، اگرچه سرعت باد در دهه گذشته کاهش یافته‌است؛ اما هنوز شهر منجیل دارای پتانسیل بالایی برای بهره‌برداری از باد در زمینه‌های مختلف است؛ از این‌رو بررسی راهکارهای افزایش تولید انرژی پاک از طریق انرژی باد، بررسی امکان توسعه گردشگری پایدار به‌ویژه اکوتوریسم و بررسی روش‌های مناسب برای بهره‌گیری از خاصیت

- Chang, T. P. (2011). Estimation of wind energy potential using different probability density functions. *Applied Energy*, 88(5), 1848-1856.
<https://ideas.repec.org/a/eee/appene/v88y2011i5p1848-1856.html>
- Chang, T.-J., Chen, C.-L., Tu, Y.-L., Yeh, H.-T., & Wu, Y.-T. (2015). Evaluation of the climate change impact on wind resources in Taiwan Strait. *Energy Conversion and Management*, 95, 435-445.
https://www.researchgate.net/publication/276452313_Evaluation_of_the_climate_change_impact_on_wind_resources_in_Taiwan_Strait
- De Freitas, C. R. (2003), Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *International Journal of Biometeorology*, 48(1).
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12739109/>
- GÜLERSOY, T., & ÇETİN, N. S. (2010). Menemen bölgesinde rüzgar türbinleri için Rayleigh ve Weibull dağılımlarının kullanılması. *Politeknik Dergisi*, 13(3).
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/politeknik/issue/33086/368229>
- Masoodian, S. (2011). The climate of Iran. Sharia Toos publication, p193.
<https://scholar.google.com/citations?user=-N2LhoAAAAJ&hl=en>
- Matzarakis, A. (2006), Weather-and climate-related information for tourism. *Tourism and Hospitality Planning & Development*, 3(2).
https://www.researchgate.net/publication/233758628_Weather_and_Climate-Related_Information_for_Tourism
- Michailidou, A. V., Vlachokostas, C., & Moussiopoulos, N. (2016), Interactions between climate change and the tourism sector: Multiple-criteria decision analysis to assess mitigation and adaptation options in tourism areas. *Tourism Management*, 55.
<https://ideas.repec.org/a/eee/touman/v55y2016icp1-12.html>
- فرج‌زاده. منوچهر؛ م رازی (۱۳۹۰). بررسی توزیع زمانی و مکانی توفان‌ها و بادهای شدید در ایران، نشریه پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی). دوره بیست و چهارم، شماره ۲. صفحات ۳۲-۲۲.
<https://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=152451>
- قهرمان. نوذر؛ ابودر قره‌خانی (۱۳۸۹). بررسی روند تغییرات زمانی سرعت باد در گستره اقلیمی ایران، محله آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۱. جلد ۴. صفحات ۴۳-۳۱.
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=106839>
- مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۹۱). آب و هوای ایران. شریعه توس.
<https://www.gisoom.com/book/1842450>
- Alamdari, P., Nematollahi, O., & Mirhosseini, M. (2012). Assessment of wind energy in Iran: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 836-860.
<https://scholar.google.com/citations?user=QL9SwkYAAAAJ&hl=uk>
- Barton, B. T. (2014). Reduced wind strengthens top-down control of an insect herbivore. *Ecology*, 95(9), 2375-2381.
<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/13-2171.1>
- Becken, S. (2010), The importance of climate and weather for tourism: literature review *Land Environmental & people*.
https://www.researchgate.net/publication/47929582_The_importance_of_climate_and_weather_for_tourism_literature_review
- Bilir, L., Imir, M., Devrim, Y., & Albostan, A. (2015). Seasonal and yearly wind speed distribution and wind power density analysis based on Weibull distribution function. *international journal of hydrogen energy*, 40(44), 15301-15310.
<https://scholar.google.com/citations?user=VF4bA5sAAAAJ&hl=fa>

- Wang, J., Hu, J., & Ma, K. (2016). Wind speed probability distribution estimation and wind energy assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 881-899.
<https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v60y2016icp881-899.html>
- Morgan, E. C., Lackner, M., Vogel, R. M., & Baise, L. G. (2011). Probability distributions for offshore wind speeds. *Energy Conversion and Management*, 52(1), 15-26.
<https://pennstate.pure.elsevier.com/en/publications/probability-distributions-for-offshore-wind-speeds>
- Mostafaeipour, A., & Abarghoeei, H. (2008). Harnessing wind energy at Manjil area located in north of Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(6), 1758-1766.
<https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v12y2008i6p1758-1766.html>
- Westerberg, V. Jacobsen, J. B. & Lifran, R. (2013), The case for offshore wind farms, artificial reefs and sustainable tourism in the French mediterranean. *Tourism Management*, 34.
http://macroecointern.dk/pdf-reprints/Westerberg_TM_2013.pdf
- Ouarda, T. B. M. J., Charron, C., Shin, J. Y., Marpu, P. R., Al-Mandoos, A. H., Al-Tamimi, M. H., ... & Al Hosary, T. N. (2015). Probability distributions of wind speed in the UAE. *Energy Conversion and Management*, 93, 414-434.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890415000400>
- Yılmaz, V., & Çelik, H. E. (2008). A statistical approach to estimate the wind speed distribution: the case of Gelibolu region.
<https://www.semanticscholar.org/paper/A-Statistical-Approach-to-Estimate-the-Wind-Speed-Yilmaz-%C3%87elik/a51d96faab1d59205673e082465de7b3d42d3757>
- Pes, M. P., Pereira, E. B., Marengo, J. A., Martins, F. R., Heinemann, D., & Schmidt, M. (2017). Climate trends on the extreme winds in Brazil. *Renewable Energy*, 109, 110-120.
<https://ideas.repec.org/a/eee/renene/v109y2017icp110-120.html>

