

Research Paper

Calculation of Wind Speed in Bandar Laft Wind Turbines and Its Impact on Urban Energy Consumption Management

Maziar Asmani^{*1}, Mohammad Atashinmaah^{2,3}

1. Department of Computer Engineering, Qeshm Branch, Islamic Azad University, Qeshm, Iran.
2. 2 PhD student in Architecture, Qeshm International Branch, Islamic Azad University, Qeshm, Iran.
3. The Mayor of Laft Port

ARTICLE INFO

PP: 675-694

Use your device to scan and read
the article online



Keywords: *Windbreak,
Port Laft, Multivariate
Regression*

Abstract

The local architecture of each region is influenced by its climatic conditions, and humans strive to create a suitable space for living. Wind plays an important role in this architecture, especially in hot and humid regions where local architects have developed solutions for using wind and natural ventilation. Factors such as building orientation, spatial organization, and the use of windbreaks are important in this architecture. Windbreaks, as a means of natural ventilation, use gravity and air flow to provide effective internal ventilation. They are usually installed on roofs and their ventilation capacity varies between 1 and 3.8 cubic meters per second. Positive pressure on the windward walls and negative pressure on the leeward walls cause fresh air to enter and hot air to exit. Windbreaks, as an example of a design compatible with hot climates, are effective in terms of natural ventilation in hot seasons. Due to their design, they can use up to 80 percent of the prevailing winds in summer. Finally, as energy resources are limited and renewable energies have become more important, examining old structures such as windbreaks can help optimize them and adapt to modern needs. Analyzing the hydrodynamic behavior of windbreaks with the aim of optimizing natural ventilation is examined in this article. The results of your studies indicate the importance of designing windbreaks, especially in the southern regions of Iran. Windbreaks, by creating lower air pressure in their lower part, absorb free air flow into themselves, which causes wind inside the building. Even in the absence of wind in the open environment, the wind exits the windbreak at a speed of about 3 m/s, which helps reduce the temperature of the surrounding environment. Wind blowing in windbreaks is of particular importance, especially in the city of Laft and the southern regions. Also, calculating a relationship for measuring wind speed under the windbreak using the multivariate regression method seems to be able to be used as an input for the design of future wind turbines. If this relationship has an acceptable error and appropriate accuracy, it can be a useful tool for engineers and researchers in future research.

Citation: Khosravi, Kh., Azadbakht, F., Hatami, M. (2024). **Calculation of Wind Speed in Bandar Laft Wind Turbines and Its Impact on Urban Energy Consumption Management.** *Geography (Regional Planning)*, Special Issue, Number 2, Winter 2024, 675-694

DOI: 10.22034/jgeoq.2025.212769

* **Corresponding author:** Farid Azadbakht, **Email:** faridazadbakht2014@gmail.com

Copyright © 2024 The Authors. Published by Qeshm Institute. This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Extended Abstract

Introduction

The direct impact of wind on various industries, including wind farms, necessitates further investigation of this element. There are various tools for measuring wind, including in-situ measurement tools and remote sensing methods. Wind collectors are known as a clear example of energy saving through building design in hot climates. The limitation of energy resources and its vital role in industrial developments has raised the use of renewable energies. Renewable energies, in addition to being economically affordable, also play an important role in maintaining a clean and pollution-free environment. Hence, the investigation of old structures is of great importance. This investigation can help optimize them and adapt to the needs of the modern era and pave the way for the presentation of new models. This article, while reviewing related concepts such as turbulence and wind arrangement, examines in-situ measurement tools and remote sensing of wind speed and direction.

Methodology

This research is field research using five sensors to measure temperature, humidity and pressure

installed in four openings of the windcatcher and its lower part, and they receive data 18 times per hour and transfer it to the server. After collecting the data, they were categorized and averaged in Excel software and the wind speed was calculated based on the values of temperature, humidity and pressure.

Results and Conclusion

According to the studies conducted, it can be stated that the structure of the windcatcher, and especially the windcatchers of southern Iran, due to the creation of lower air pressure in the lower part of the windcatcher compared to the air pressure of the free environment, air always flows from the free environment into the windcatcher, which causes wind in the windcatcher. If there is no wind in the free space, the wind will exit at a speed of 3 meters per second, which reduces the temperature of the volume around the outlet of the windcatcher, which is important in southern regions, especially in the city of Laft. The results of the research show that a relationship for measuring wind speed can be used in future research as a wind turbine input, which is significant compared to the wind turbine threshold.

References

1. Abadi, M. N., & Pajouh, D. (2015). Study of wind speed changes in selected stations in Iran. *Scientific Journal of Geography and Planning*, 19(52), 277-301. [In Persian]
2. Abolfazl, D. M. H. Y. S. D. A. A. V. D. M. (2016). Numerical analysis of the performance of a four-way wind collector connected to the hall and the central courtyard at different angles of wind impact. *Modares Mechanical Engineering*, 16(12), 134. [In Persian]
3. Chiniforsh, N., & Latif Shabangahi, G. (2018). Wind speed and direction measuring equipment: Methods, challenges and technological trends. *Climatological Research*, 2018(33), 43-62. https://clima.irimo.ir/article_77185_f6f291e750d365d4005ec5a3010d214c.pdf [In Persian]
4. Fatemeh, R. Z., Mozhdeh, P., Abdollah, S. K., & Gholamali, K. (2009). Wind energy estimation in synoptic stations of Isfahan province. [In Persian]
5. Gandomkar. (2010). Assessment of wind energy potential in Iran. *Geography and Environmental Planning*, 20(4), 85-100. [In Persian]
6. Hedayat, Z., Emadian Razavi, S. Z., & Ayatollahi, S. M. H. (2020). Achieving the wind behavior pattern in traditional Yazd windcatchers based on long-term measurements of climatic factors (case study: Mortaz house windcatcher). *Hot and Dry Climate Architecture*, 7(10), 53-70. <https://doi.org/10.29252/ahdc.2020.1782> [In Persian]
7. Jhahharia, D., Shrivastava, S., Sarkar, D., & Sarkar, S. (2009). Temporal characteristics of pan evaporation trends under the humid conditions of northeast India. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(5), 763-770.
8. Li, Q., Chen, J., & Luo, X. (2024). Estimating omnidirectional urban vertical wind speed with direction-dependent building morphologies. *Energy and Buildings*, 303, 113749.
9. Majid, R. B. D., Khadija, J., & Batoul, Z. Study of the trend of wind speed changes in northwest Iran. [In Persian]

10. Mohammadreza, A. A., & Faezeh, Sh. Z. (2010). Study of the trend of wind speed changes in Rasht synoptic station. [In Persian]
11. Nāyibī, F. Life in the Courtyard: The Courtyard in Traditional Iranian Houses (Isfahan, Kashan, and Tehran). (No Title). Nozar, Q., & Abuzar, Q. Kh. (2010). Study of the trend of temporal changes of wind speed in the climatic range of Iran. [In Persian]
12. Peyman, K. T. A. M. V. M. (2016). Wind speed prediction with RBF neural network based on chaos theory. Computational Intelligence in Electrical Engineering (Intelligent Systems in Electrical Engineering), 7(3), 95. [In Persian]
13. Pryor, S., & Ledolter, J. (2010). Addendum to "Wind speed trends over the contiguous United States". Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 115(D10).
14. 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.
15. Wang, P., Xiao, J., Huang, S., Wu, Q., Zhang, M., Wu, X., Shen, F., & Ma, K. (2025). An accelerated asynchronous distributed control for DFIG wind turbines and collection system loss minimization in waked wind farm. Applied Energy, 377, 124612.
16. Yaghoubi, M., Zamankhan, P., & Sabzevari, A. (1998). Numerical Analysis of Two-Dimensional Wind Flow in and Around Rectangular Buildings Part I: Modelling and Simulation. Wind Engineering, 81-97.
17. Zare, M. J. A. (2014). Study of wind-catcher structures and optimization of wind-catcher cross-section under the effect of renewable wind energy as an air-conditioning system in old architecture [Applicable]. Journal of Selected Topics in Energy, 1(1), 31-39. <http://yujs.yu.ac.ir/jste/article-1-25-fa.html> [In Persian]

مقاله پژوهشی

محاسبه سرعت باد در بادگیرهای بندر لافت و تاثیر آن بر مدیریت مصرف انرژی شهری

مازیار اسمنی* - گروه مهندسی کامپیوتر، واحد قشم، دانشگاه آزاد اسلامی، قشم، ایران.

محمد آتشین ماه - دانشجوی دکتری معماری، واحد بین الملل قشم، دانشگاه آزاد اسلامی، قشم، ایران

شهردار بندر لافت -

چکیده	اطلاعات مقاله
<p>معماری بومی هر منطقه تحت تاثیر شرایط اقلیمی آن شکل می‌گیرد و انسان برای ایجاد فضایی مناسب برای زندگی تلاش می‌کند. باد نقش مهمی در این معماری دارد، به‌ویژه در مناطق گرم و مرطوب که معماران بومی راهکارهایی برای استفاده از باد و تهویه طبیعی توسعه داده‌اند. عواملی مانند جهت‌گیری ساختمان، سازمان فضایی و استفاده از بادگیرها در این معماری اهمیت دارند. بادگیرها به‌عنوان ابزار تهویه طبیعی، با استفاده از نیروی ثقل و جریان هوا، موجب تهویه مؤثر داخلی می‌شوند. آنها معمولاً بر روی بام‌ها نصب می‌شوند و ظرفیت هوادهی آن‌ها بین ۱ تا ۳۸ متر مکعب در ثانیه متغیر است. فشار مثبت بر روی دیوارهای روبه‌باد و فشار منفی بر روی دیوارهای پشت به باد باعث ورود هوای تازه و خروج هوای گرم می‌شود. بادگیرها به‌عنوان نمونه‌ای از طراحی سازگار با اقلیم‌های گرم، از نظر تهویه طبیعی در فصول گرم عملکرد مؤثری دارند. آن‌ها به دلیل طراحی خود، می‌توانند تا ۸۰ درصد از بادهای غالب در تابستان را استفاده کنند. در نهایت، از آن‌جا که منابع انرژی محدود بوده و انرژی‌های تجدیدپذیر اهمیت بیشتری پیدا کرده‌اند، بررسی سازه‌های قدیمی مانند بادگیرها می‌تواند به بهینه‌سازی آن‌ها و انطباق با نیازهای مدرن کمک کند. تحلیل رفتار هیدرودینامیکی بادگیرها با هدف بهینه‌سازی تهویه طبیعی در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بررسی‌های شما نشان‌دهنده اهمیت طراحی بادگیرها به ویژه در مناطق جنوبی ایران است. بادگیرها با ایجاد فشار هوای کمتر در بخش تحتانی خود، جریان هوای آزاد را به درون خود جذب می‌کنند، که این امر باعث ایجاد باد در داخل ساختمان می‌شود. حتی در غیاب باد در محیط آزاد، باد با سرعتی حدود ۳ متر بر ثانیه از خروجی بادگیر خارج می‌شود، که به کاهش دمای محیط پیرامون کمک می‌کند. وزش باد در بادگیرها، به‌ویژه در شهر لافت و مناطق جنوبی، اهمیت ویژه‌ای دارد. همچنین، محاسبه رابطه‌ای برای سنجش سرعت باد زیر بادگیر با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره، به نظر می‌رسد که می‌تواند به عنوان ورودی برای طراحی توربین‌های بادی آینده مورد استفاده قرار گیرد. اگر این رابطه دارای خطای قابل پذیرش و دقت مناسبی باشد، می‌تواند ابزار مفیدی برای مهندسان و محققان در پژوهش‌های آینده باشد.</p>	<p>شماره صفحات: ۶۹۴-۶۷۵</p> <p>از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید</p> 
	<p>واژه‌های کلیدی:</p> <p>بادگیر، بندر لافت، رگرسیون چند متغیره</p>

استناد: اسمنی، مازیار؛ آتشین ماه، محمد (۱۴۰۲). محاسبه سرعت باد در بادگیرهای بندر لافت و تاثیر آن بر مدیریت مصرف

انرژی شهری. فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۱۴ (۵۶)، صص: ۶۹۴-۶۷۵

DOI: 10.22034/jgeoq.2025.212769

مقدمه

باد، پدیده‌ای نامنظم است که موجب بروز برخی پدیده‌های جوی می‌شود و تغییرات شدید و ناگهانی را به همراه دارد. تأثیرات گوناگونی که تندبادها بر پرواز هواپیماها دارند، به همراه خطرات ناشی از توفان‌ها برای مناطق مسکونی، صنعتی و کشاورزی، و همچنین تأثیر مستقیم باد بر صنایع مختلف، از جمله نیروگاه‌های بادی، بررسی بیشتر این عنصر را ضروری می‌سازد. برای اندازه‌گیری باد، ابزارهای مختلفی وجود دارد، از جمله ابزارهای سنجش در محل مانند بادسنج و روش‌های سنجش از دور مانند رادار؛ هر کدام با قابلیت‌ها و الزامات خاص خود. همچنین، روش‌های متنوعی برای کشف پدیده‌های مرتبط و پیش‌بینی این پدیده‌ها همراه با پیش‌بینی کمی سرعت و جهت باد توسعه یافته و به کار گرفته شده‌اند. این مقاله ضمن مرور مفاهیم مرتبط مانند تلاطم و چینش باد، به بررسی ابزارهای سنجش در محل و سنجش از دور سرعت و جهت باد می‌پردازد. همچنین، چارچوب‌های نوین اندازه‌گیری شامل روش‌های هوشمند و مبتنی بر اینترنت اشیا که تحولی در داده‌برداری و پردازش اطلاعات ایجاد کرده، معرفی شده و مقایسه‌ای بین روش‌های پیش‌بینی باد ارائه می‌دهد (چینی فروش & لطیف شبانگاهی، ۲۰۱۸). پیش‌بینی سرعت باد در مواردی همچون کنترل و برنامه‌ریزی جهت قطع و وصل توربین‌های بادی و تضمین عملکرد پایدار سیستم می‌تواند حائز اهمیت باشد که به طور کلاسیک به روش‌های متعددی صورت می‌گیرد (بیمان، ۱۳۹۵). بادگیرها به عنوان نمونه‌ای بارز از صرفه‌جویی انرژی از طریق طراحی ساختمان در اقلیم‌های گرم شناخته می‌شوند. بنابراین، بررسی و شناخت دقیق، کمی و عددی از نحوه عملکرد و الگوی رفتاری بادگیرها می‌تواند به عنوان گامی مؤثر در دستیابی به راهکارهای طراحی سازگار با اقلیم کمک کند. تحلیل شدت وزش بالای بادهای تابستانی نسبت به بادهای زمستانی در منطقه و به تبع آن افزایش سرعت جریان‌ات درون بادگیر در فصول گرم سال نشان‌دهنده عملکرد بهتر بادگیرها در ایجاد تهویه طبیعی در این دوره‌هاست. موضوع تهویه شبانه نیز در این زمینه قابل بررسی است. جهت‌گیری بادگیر نسبت به الگوی جریان‌ات باد محلی به گونه‌ای است که امکان استفاده ۸۰ درصدی از بادهای غالب منطقه در فصل تابستان را فراهم می‌آورد، که در این بین، ۴۸ درصد از بادهای غالب محلی شامل بادهای مطلوب هستند (هدایت et al., 2020). محدودیت منابع انرژی و نقش حیاتی آن در پیشرفت‌های صنعتی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند باد، خورشید و آب را به عنوان گزینه‌ای مناسب مطرح کرده است. انرژی‌های تجدیدپذیر علاوه بر اینکه از نظر اقتصادی مقرون به صرفه هستند، در حفظ محیط‌زیست پاک و بدون آلودگی نیز نقش مهمی ایفا می‌کنند. از این رو، بررسی سازه‌های قدیمی مانند بادگیرها که در گذشته به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گرفتند، اهمیت زیادی دارد. این بررسی می‌تواند به بهینه‌سازی آنها و انطباق با نیازهای عصر مدرن کمک کند و زمینه‌ساز ارائه مدل‌های جدید باشد (زارع، ۲۰۱۴). رفتار هیدرودینامیکی بادگیر چهارجهته متصل به تالار و حیاط مرکزی در یک مدل کوچک شده از یک خانه تاریخی موجود و در حال استفاده در قالب تحلیل عددی با متغیر زاویه حمله مورد بررسی قرار گرفته است. نوعی از بادگیرها دارای شش کانال با مقطع مستطیلی است که به همراه حیاط مرکزی و تالار، از رایج‌ترین گونه‌ها در معماری بومی به شمار می‌رود. شناخت رفتار بادگیرهای چهارجهته از نظر میزان مکش و دمش هوا به عنوان راهکار پاسخده بومی در تهویه طبیعی ساختمان است تا در کاربرد نوین راهنمای مهندسان باشد (ابوالفضل، ۱۳۹۵).

پیشینه پژوهش

بررسی تغییرات سرعت باد کاربردهای گسترده‌ای در حوزه‌های علمی و صنعتی دارد. یکی از این کاربردها، استفاده از باد به عنوان منبع تأمین انرژی است. در دنیای امروز، توجه به انرژی‌های نو به عنوان جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی افزایش یافته است.

انرژی باد، به‌عنوان منبعی پاک، نامتناهی و رایگان، در این زمینه جایگاه ویژه‌ای دارد. با پیش‌بینی سرعت باد، می‌توان نحوه کنترل و تنظیم توربین‌های بادی در یک منطقه را به شکلی مؤثرتر انجام داد. افزون بر این، سرعت باد به‌عنوان یک عامل کلیدی در مباحث کشاورزی و علوم مرتبط با آن، به تأمین آب موردنیاز گیاهان نیز کمک می‌کند. اهمیت پیش‌بینی سرعت باد به این دلیل است که این عامل، تأثیر قابل توجهی بر محاسبه تعرق و تعیین نیاز آبی گیاهان دارد. سرعت باد تحت تأثیر عواملی مانند فشار هوا، رطوبت نسبی، دمای هوا و دمای خاک متغیر است. در سال‌های اخیر، انرژی باد با توجه به حساسیت و فواید محیطی‌اش، مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. اهمیت این انرژی ناشی از مزایا و در عین حال چالش‌های زیست‌محیطی آن است. استفاده از انرژی پاک، از جمله انرژی‌های خورشیدی، اتمی و بادی، برای تأمین نیازهای بشری، به یکی از مسائل حائز اهمیت در سطح جهانی تبدیل شده است. خوشبختانه، ایران به‌دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود، قابلیت بهره‌برداری از این انرژی‌ها را در تمامی فصول دارد و می‌تواند انرژی‌هایی همچون برق را به صورت پاک و اقتصادی تأمین کند. با این وجود، باد می‌تواند در مسائل مربوط به خشکسالی، کم‌آبی و ایجاد طوفان‌های شن در مناطق بیابانی نیز نقش داشته باشد. در سال‌های اخیر، تحقیقات زیادی در زمینه انرژی باد انجام شده است. به‌عنوان مثال، گندم‌کار با بررسی دما و طول دوره وزش باد در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور، انرژی پتانسیل باد را به چهار گروه تقسیم‌بندی کرده است: گروه اول با وزش باد در بیشتر ایام سال، گروه دوم با وزش در برخی از ایام سال، گروه سوم با وزش محدود در سال و گروه چهارم که توان بادخیزی بالایی ندارند (گندم‌کار، ۲۰۱۰). پس از آن، رحیم‌زاده و همکارانش در دوره اقلیمی ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۵ به بررسی میانگین ماهانه سرعت باد و انرژی آن پرداختند. این تحقیق بر اساس داده‌های ساعتی ۱۱ ایستگاه سینوپتیک در استان اصفهان انجام شد. نتایج نشان داد که سرعت باد در ماه‌های سرد سال کمتر است و با آغاز فصل بهار، این سرعت افزایش می‌یابد (فاطمه et al., 2009). قهرمان و قره‌خانی نیز در دوره زمانی ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۵، در شبکه‌ای شامل ۴۰ ایستگاه سینوپتیک در ایران، به بررسی روند تغییرات میانگین سرعت باد در مقیاس‌های ماهانه و سالانه پرداختند (نوذر & ابوزر، ۲۰۱۰). همچنین افشاری‌آزاد و شعبان‌زاده روند تغییرات سرعت باد را در ایستگاه همدیدی رشت، طی دوره ۳۳ ساله ۱۹۷۷-۲۰۰۹ مورد بررسی قرار دادند (محمد رضا & فائزه، ۲۰۱۰). نتایج آن‌ها نشان داد که میانگین سرعت باد در ایستگاه رشت تغییرات قابل توجهی را تجربه کرده است، به طوری که این تغییرات حاکی از یک روند معنادار کاهشی می‌باشد. همچنین، در ماه‌های مختلف سال، زمان و نوع تغییرات ناگهانی، از جمله افزایش و کاهش سرعت باد مشاهده شد. رضایی بنفشه و همکاران نیز برای بررسی روند تغییرات سرعت باد در شمال غرب ایران، از هفت ایستگاه سینوپتیک با طولانی‌ترین دوره آماری (۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵) استفاده کردند (مجید et al.). نتایج این تحقیق در طول دوره آماری نشان داد که شمال غرب ایران از نظر سرعت باد منطقه‌ای همگن نیست. مشخص شد که در ایستگاه‌های ارومیه و خوی روندی کاهشی، در ایستگاه‌های اردبیل و زنجان روندی افزایشی، و در تبریز و سنندج به ترتیب در یک و دو سری زمانی روند کاهشی وجود دارد. همچنین ایستگاه سقز در مقیاس‌های فصلی و سالانه فاقد روند مشخصی است. در نتیجه، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که روندهای مشاهده‌شده در این منطقه تابع نظم خاصی نیستند. میرعباسی نجف‌آبادی و دین‌پژوه در مطالعه‌ای دیگر به بررسی روند تغییرات سرعت باد در ۲۲ ایستگاه مختلف کشور ایران پرداختند (آبادی & پژوه، ۲۰۱۵). برای این منظور، داده‌های مربوط به میانگین سرعت باد در دو مقیاس ماهانه و سالانه در دوره آماری ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵ بررسی شد. نتایج نشان داد که در اکثر ایستگاه‌های ایران، روند سرعت باد در تمام ماه‌های سال (به جز ماه‌های فوریه و نوامبر) کاهشی است. جیح هاریج نیز در بررسی روند تبخیر تشت و پارامترهای مؤثر بر تبخیر در شمال هند عنوان کرد که ساعات آفتابی و سرعت باد تقریباً در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روندی (افزایشی یا کاهشی) هستند (Jhajharia et al., 2009). پریر نوعی روند کاهشی غالب در صدک‌های ۵۰ و ۹۰ و میانگین سالانه سرعت باد در سطح آمریکا را گزارش کرد (Pryor & Ledolter, 2010). وان و همکاران روند سرعت بادهای نزدیک سطح زمین ۱۱۷ ایستگاه در

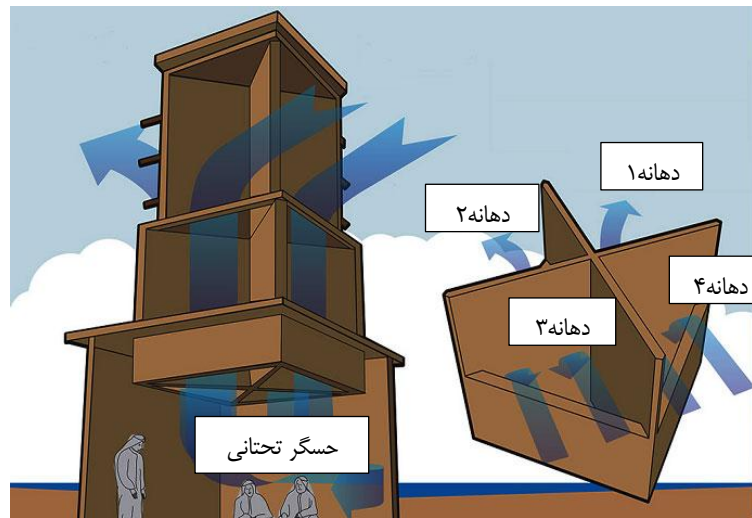
کانادا را مورد بررسی قرار دادند (Wan et al., 2010). نتیجه‌های یک پژوهش نشان داد که روند سرعت باد در قسمت‌های غربی کانادا و بیشتر قسمت‌های جنوبی آن (به‌استثنای ناحیه‌ای موسوم به ماری تایمز) در همه فصل‌های کاهشی است. ولی در قسمت‌های مرکزی و شمالی در همه فصل‌ها و در ناحیه‌های دریایی (ماری تایمز) در فصل‌های بهار و پاییز، روند افزایشی است. تحقیقات موجود نشان می‌دهد که سرعت باد و محاسبات سرعت آن در نحوه ساخت برج‌های مسکونی هم تأثیرگذار است، از این رو محاسبه سرعت افقی و عمودی باد حائز اهمیت است (Li et al., 2024). خطوط انتقال قدرت جهت پایایی انتقال خود بایستی به صورت مداوم نسبت به سرعت و جهت باد آگاه بوده و بر همین مبنا بروز اشکال احتمالی قابل پیش‌بینی است (Wang et al., 2025).

مبانی نظری

معماری بومی هر منطقه تحت تأثیر شرایط اقلیمی آنجا شکل می‌گیرد و انسان همواره در تلاش است فضایی مناسب برای زندگی ایجاد کند که این تلاش با امکانات و محدودیت‌های اقلیمی همراه است. باد به‌عنوان یک عنصر طبیعی در ایجاد این نوع معماری نقش کلیدی دارد. در مناطق گرم و مرطوب، معماران بومی راهکارهای متنوعی برای استفاده از باد به منظور تهویه طبیعی و خنک کردن فضاهای داخلی توسعه داده‌اند، که عملکرد مؤثری در بهره‌برداری از انرژی باد دارند. در این نواحی، مواردی نظیر جهت‌گیری ساختمان، الگوی سازمان فضایی و استفاده از بادگیرها در شکل‌گیری معماری سازگار با شرایط اقلیمی اهمیت زیاد دارند. روابط میان گرما و تفاوت دما در اتاق‌های بادگیر نشان‌دهنده‌ی اختلاف دما بین فضای آزاد و فضای داخلی خانه است. نیروی اصلی محرک هوا در بادگیر، نیروی ثقل می‌باشد که بدون نیاز به هیچ نوع وسیله الکترونیکی عمل می‌کند. بنابراین، دهانه‌ی بادگیر باید به‌اندازه کافی وسیع باشد تا فشار باد را تأمین کند. هوای سرد در غیاب باد، به دلیل سنگینی‌اش، به سمت پایین حرکت می‌کند و در نتیجه جریان خودکار هوا به‌راحتی برقرار می‌شود. وزش باد این عملیات را تسریع می‌کند. بادگیرها معمولاً بر روی بام‌ها قرار دارند و ارتفاع آنها بین ۱۰ تا ۱۵ متر و سطح مقطع آنها بین ۰.۶ تا یک متر مربع است. ظرفیت هوادهی این بادگیرها بین ۱ تا ۳.۸ متر مکعب در ثانیه متغیر است. تهویه طبیعی برای ایجاد تعادل فشار، به‌وسیله حرکت و جریان هوا در داخل ساختمان ایجاد می‌شود (Nāyibī). این عدم تعادل فشار عمدتاً به واسطه وزش باد یا نیروی شناوری که ناشی از تفاوت چگالی در طبقات مختلف است، به وجود می‌آید. در شرایط رطوبت یکسان، هوای سرد سنگین‌تر از هوای گرم است و جریان هوا با سقوط هوای سنگین آغاز می‌شود. نیرویی که پشت هوای سبک وجود دارد، سبب می‌شود هوای گرم از دیگر مجاری خارج شود. هرچه ارتفاع بادگیر بیشتر باشد، فاصله‌ی میان محل ورود و خروج هوا افزایش می‌یابد و به همین دلیل اختلاف فشار نیز بیشتر خواهد بود (Yaghoubi et al., 1998). این شرایط باعث می‌شود که روی دیوارهای روبه‌باد فشار مثبت و بر روی دیوارهای پشت به باد فشار منفی ایجاد شود. در نتیجه، هوای تازه از دیوار روبه‌باد وارد و هوای گرم از طریق سایر دیوارها خارج می‌شود.

روش پژوهش

مطابق با شکل ۱، پنج حسگر برای اندازه‌گیری دما، رطوبت و فشار در چهار دهانه بادگیر و بخش زیرین آن نصب شده‌اند و در هر ساعت ۱۸ بار داده‌ها را دریافت و به سرور منتقل می‌کنند. در طول ۱۰ ماه، ۸۰۰,۰۰۰ داده ثبت شده که شامل یک حسگر اضافی دما، رطوبت و فشار در محیط آزاد نیز می‌شود. پس از جمع‌آوری داده‌ها، آن‌ها در نرم‌افزار اکسل دسته‌بندی و میانگین‌گیری شدند. با استفاده از روابط ۱ تا ۴، سرعت باد بر اساس مقادیر دما، رطوبت و فشار محاسبه و نتایج در جدول ۱ ارائه گردید.



شکل ۱. ساختار بادگیر و محل استقرار حسگر های ۱ تا ۵

محاسبه سرعت باد بر اساس دما، رطوبت و فشار هوا معمولاً با استفاده از معادلات ترمودینامیکی و تدابیر فیزیکی انجام می‌شود. یکی از معادلات مهم که در این زمینه به کار می‌رود، معادله حالت گاز ایده‌آل و رابطه بین فشار، دما و چگالی هوا است که مطابق مراحل زیر محاسبه می‌شود.

۱. محاسبه فشار بخار اشباع (P_{sat}) در دمای مورد نظر با استفاده از جدول ترمودینامیکی

به عنوان مثال در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد طبق جداول یا معادله آنتوان مقدار فشار بخار اشباع تقریباً برابر ۳۱.۸ است.

۲. محاسبه فشار بخار (P_{vapor})

فشار بخار با استفاده از رابطه ۱ قابل محاسبه است.

$$P_{vapor} = RH \times P_{sat}$$

رابطه ۱

که در رابطه فوق P_{vapor} فشار بر حسب پاسکال، RH میزان رطوبت نسبی و P_{sat} از جداول ترمودینامیکی در دمای مورد نظر بدست می‌آید.

۳. محاسبه فشار جزئی هوا

$$P_d = P - P_{vapor}$$

رابطه ۲

۴. محاسبه تراکم هوا

از معادله حالت گاز ایده‌آل مطابق رابطه ۳ استفاده نموده و مقدار ρ را بدست می‌آوریم.

$$\rho = \frac{P_d}{R \times T}$$

رابطه ۳

که در رابطه فوق P_d بر حسب پاسکال، R دارا، مقدار ثابت ۲۸۷ بر حسب ژول بر کیلوگرم در دمای کلونین و چگالی بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب بدست می‌آید. مقدار T در رابطه ۳ بر حسب کلونین است.

۵. محاسبه سرعت باد

سرعت باد از رابطه ۴ استفاده می‌شود.

$$v = \sqrt{\frac{2 \times (P_1 - P_d)}{\rho}}$$

رابطه ۴

که در رابطه فوق سرعت بر حسب متر بر ثانیه محاسبه می‌شود. بر همین اساس برای کل داده‌های اخذ شده سرعت باد محاسبه شده و میانگین سرعت در دهانه‌های مختلف در جدول ۱ می‌آید.

جدول ۱. میانگین ده ماه کل داده‌های حسگرهای نصب شده

موقعیت حسگر	دما (سانتیگراد)	رطوبت(درصد)	فشار (هکتوپاسکال)	سرعت باد (متر بر ثانیه)
دهانه ۱	۲۷	۶۷.۴۹	۱۰۲۱.۹۱	۳.۲
دهانه ۲	۲۶.۰۶	۶۵.۶۵	۱۰۱۷.۰۷	۱.۳۸
دهانه ۳	۲۵.۵۱	۶۷.۲۱	۱۰۱۹.۷۶	۲.۵۶
دهانه ۴	۲۵.۴۴	۶۶.۶۴	۱۰۲۰.۹۷	۲.۹۳
بخش تختانی بادگیر	۲۵.۴۲	۶۵.۷۸	۱۰۱۵.۸۰	۳.۰۵
محیط آزاد(دمای محیط)	۲۸.۲۷	۵۷.۶۰	۱۰۲۱.۳۴	۰.۸

محدوده مورد مطالعه

بندر لافت، در شمال غربی جزیره قشم و در پیش‌آمدگی خشکی‌های آن واقع شده است. این بندر با مختصات ۵۵ درجه و پنج دقیقه شرقی و ۲۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی، در شرق جنگل حرا قرار دارد. فاصله بندر لافت تا قشم ۲۲ کیلومتر (معادل ۲۳ دقیقه) و تا فرودگاه بین‌المللی قشم ۲۵/۴ کیلومتر است. همچنین، فاصله آن با اسکله مسافربری شهید ذاکری ۵۶ کیلومتر و تا درگهان ۳۵ کیلومتر می‌باشد. نزدیک‌ترین نقطه به بندر پل در جزیره قشم قرار دارد و اسکله لافت (برای جابه‌جایی همراه با خودرو) در فاصله هفت کیلومتری آن واقع شده است. معماری بندر لافت به دلیل وجود بادگیرهای متعدد، بیانگر ویژگی‌های معماری کویری است. دمای هوا در این جزیره در تابستان‌ها به بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و بازتاب نور خورشید از سطح آب در کنار رطوبت شدید، زندگی را بسیار دشوار می‌کند. در گذشته، ساکنان لافت از سیستم‌های مناطق کویری برای طراحی خانه‌های خود بهره می‌بردند. بادگیرها که ارتفاع زیادی دارند، به ایجاد هوای خنک در داخل خانه‌ها کمک می‌کنند، چرا که باد در ارتفاع بیشتر قدرت بیشتری پیدا می‌کند و به داخل بادگیر وارد می‌شود. معماری کویری در خانه‌های بندر لافت به‌وضوح مشاهده می‌شود، به طوری که اتاق‌های تابستانی و زمستانی دور یک حیاط مرکزی و مربع شکل محصور شده‌اند. باغچه‌ها و طراحی نرده‌ها و پنجره‌ها همگی نشان‌دهنده الهام‌گیری از معماری ایرانی کویری هستند. ترکیب اتاق‌ها و راهروها و ارتباط آن‌ها با حیاط متأثر از معماری نواحی مرکزی و حاشیه کویری ایران است. وجود بادگیرهای فراوان از ویژگی‌های بارز بندر لافت به شمار می‌آید. خانه‌های این بندر که به بندر بادگیرها نیز مشهور است، به هم نزدیک ساخته شده‌اند و به همین دلیل بافتی متراکم و فشرده دارند. کوچه‌های لافت به گونه‌ای طراحی شده‌اند که معمولاً به بن‌بست نمی‌رسند و به محله‌های دیگر راهی پیدا می‌کنند. ساختار تنگ کوچه‌ها و نزدیکی خانه‌ها به یکدیگر، سبب می‌شود تا رهگذران از تابش نور آفتاب در امان باشند و همواره انتقال باد را حس کنند. موقعیت مورد مطالعه در تصاویر ۲ قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲. تصویر ماهواره ای از موقعیت قرار گیری بندر لافت و بادگیر مورد مطالعه

بحث و یافته ها

محاسبه سرعت باد در بادگیر می تواند در تحلیل های ترمودینامیکی راهگشا باشد. بدون در اختیار داشتن این مقدار تحلیلهای ترمو دینامیکی و تحلیلهای مبتنی بر CFD فاقد اعتبار بوده و اخذ این مقدار توسط حسگرها بسیار پرهزینه و گاه غیر ممکن می باشد. یکی از راههای محاسبه این مقدار استفاده از رگرسیون چند متغیره می باشد که بنا بر تعریف رگرسیون چند متغیره یک روش آماری است که برای تحلیل روابط میان یک متغیر وابسته و چندین متغیر مستقل به کار می رود. هدف اصلی این روش پیش بینی مقادیر متغیر وابسته با استفاده از اطلاعات متغیرهای مستقل است. این روش دارای ویژگی هایی به شرح زیر است:

۱. متغیر وابسته: این متغیر باید عددی باشد (مانند دما، رطوبت و غیره).
 ۲. متغیرهای مستقل: می توانند عددی یا دسته ای باشند. این متغیرها به نوعی به متغیر وابسته اثر می گذارند.
 ۳. مدل خطی: در اکثر موارد، فرض می شود که رابطه بین متغیر وابسته و مستقلها خطی است. این رابطه به صورت معادله ای نوشته می شود که شامل ضرایب برای هر متغیر مستقل است.
 ۴. تحلیل متغیرهای همبسته: این روش می تواند همبستگی و اثرات ترکیبی بین متغیرها را شناسایی کند.
- در این پژوهش با در نظر گرفتن داده های مستقل دما، رطوبت و فشار و داده وابسته سرعت از روش رگرسیون استفاده نموده و مطابق جدول ۲ ضرایب معادله بدست می آید.

جدول ۲. آماره های حاصل از رگرسیون چند متغیره داده ها

Regression Statistics	
Multiple R	0.819304643
R Square	0.671260097
Adjusted R Square	0.178150243
Standard Error	0.900282306
Observations	6

با بررسی میزان R Square می توان ۷۰ درصد پاسخ ها توسط این رگرسیون دارای پاسخ صحیح دانست و میزان Standard Error کمتر از یک نیز بهترین حالت می باشد.

جدول ۳. مقادیر محاسبه شده ضرایب معادله

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	-97.81474891	203.5146866	-0.48062747	0.67822038
T	-0.153793243	0.738604609	-0.208221342	0.854335672
H	0.187522454	0.194678825	0.963240115	0.437060763
P	0.090223718	0.215456533	0.418756011	0.716080106

با توجه به جدول ۳ می‌توان رابطه ۵ را برای محاسبه مقدار سرعت باد در قسمت تحتانی بادگیر استفاده نمود.

$$v = \text{Intercept} + a_1T + a_2H + a_3P$$

$$v = -97.814 - 0.154T + 0.187H + 0.09P$$

رابطه ۵

نتیجه گیری

با توجه به بررسی‌های به عمل آمده می‌توان بیان نمود که ساختار بادگیر و به خصوص بادگیرهای جنوب ایران به دلیل ایجاد فشار هوای کمتر در بخش تحتانی بادگیر نسبت به فشار هوای محیط آزاد همواره شاهد جریان هوا از محیط آزاد به درون بادگیر خواهیم بود که این امر باعث ایجاد باد در بادگیر می‌شود که در صورت عدم وجود باد در فضای آزاد شاهد باد با سرعت ۳ متر بر ثانیه در خروجی بادگیر هستیم که این امر باعث کاهش دمای حجم پیرامون خروجی بادگیر می‌شود و عموماً کاهش دما به همراه خواهد داشت که این پدیده در مناطق جنوبی بخصوص شهر لافت دارای اهمیت است. در این پژوهش رابطه‌ای جهت سنجش سرعت باد زیر بادگیر محاسبه گردیده است که این رابطه با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره بدست آمده و می‌توان در پژوهش‌های آینده به عنوان ورودی توربین بادی نیز از آن استفاده نمود و نسبت به آستانه حرکت توربین بادی رابطه ۵ قابل ملاحظه است. این رابطه با توجه به آماره‌های محاسبه شده دارای خطای قابل پذیرش بوده و دقت مناسبی دارد.

منابع

۱. آبادی، م. ن.، & پژوه، د. (۲۰۱۵). بررسی روند تغییرات سرعت باد در ایستگاه های منتخب ایران. نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، ۱۹(۵۲)، ۳۰۱-۳۷۷.
۲. ابوالفضل، د. م. ح. ی. س. د. ع. ا. و. د. م. (۱۳۹۵). تحلیل عددی عملکرد بادگیر چهار جهته متصل به تالار و حیاط مرکزی در زوایای مختلف برخورد باد. مهندسی مکانیک مدرس، ۱۶(۱۲)، ۱۳۴.
۳. پیمان، خ. ط. ع. م. و. م. (۱۳۹۵). پیش بینی سرعت باد با شبکه عصبی RBF بر اساس نظریه آشوب. هوش محاسباتی در مهندسی برق (سیستم های هوشمند در مهندسی برق)، ۷(۳)، ۹۵.
۴. چینی فروش، ن.، & لطیف شبانگاهی، غ. (۲۰۱۸). تجهیزات اندازه گیری سرعت و جهت باد: روش ها، چالش ها و روند فناوری. پژوهش های اقلیم شناسی، ۱۳۹۷(۳۳)، ۴۳-۶۲.
https://clima.irimo.ir/article_77185_f6f291e750d365d4005ec5a3010d214c.pdf
۵. زارع، م. ج. ع. (۲۰۱۴). مطالعه سازه های بادگیر و بهینه سازی مقطع بادگیر تحت اثر انرژی تجدید پذیر باد به عنوان یک سیستم تهویه مطبوع در معماری قدیمی [Applicable]. *Journal of Selected Topics in Energy*, 1(1), 31-39. <http://yujs.yu.ac.ir/jste/article-1-25-fa.html>
۶. فاطمه، ر. ز.، مؤده، پ.، عبدالله، ص. ک.، & غلامعلی، ک. (۲۰۰۹). برآورد انرژی باد در ایستگاه های همدیدی استان اصفهان.
۷. گندمکار. (۲۰۱۰). ارزیابی انرژی پتانسیل باد در کشور ایران. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۰(۴)، ۸۵-۱۰۰.
۸. مجید، ر. ب. د.، خدیجه، ج.، & بتول، ز. بررسی روند تغییرات سرعت باد در شمال غرب ایران.
۹. محمدرضا، ا. آ.، & فائزه، ش. ز. (۲۰۱۰). بررسی روند تغییرات سرعت باد در ایستگاه همدیدی رشت.
۱۰. نوذر، ق.، & ابوذر، ق. خ. (۲۰۱۰). بررسی روند تغییرات زمانی سرعت باد در گستره اقلیمی ایران.
۱۱. هدایت، ژ.، عمادیان رضوی، س. ز.، & آیت اللهی، س. م. ح. (۲۰۲۰). دستیابی به الگوی رفتاری باد در بادگیرهای سنتی یزد بر اساس اندازه گیری بلند مدت عوامل اقلیمی (نمونه موردی: بادگیر خانه مرتاض). معماری اقلیم گرم و خشک، ۷(۱۰)، ۵۳-۷۰. <https://doi.org/10.29252/ahdc.2020.1782>
12. Jhajharia, D., Shrivastava, S., Sarkar, D., & Sarkar, S. (2009). Temporal characteristics of pan evaporation trends under the humid conditions of northeast India. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(5), 763-770 .
13. Li, Q., Chen, J., & Luo, X. (2024). Estimating omnidirectional urban vertical wind speed with direction-dependent building morphologies. *Energy and Buildings*, 303, 113749 .
14. Nāyibī, F). *No Title*. حیات در حیاط: حیاط در خانه های سنتی ایران (اصفهان، کاشان و تهران).
15. Pryor, S., & Ledolter, J. (2010). Addendum to “Wind speed trends over the contiguous United States”. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115(D10).
16. 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 .
17. Wang, P., Xiao, J., Huang, S., Wu, Q., Zhang, M., Wu, X., Shen, F., & Ma, K. (2025). An accelerated asynchronous distributed control for DFIG wind turbines and collection system loss minimization in waked wind farm. *Applied Energy*, 377, 124612 .

18. Yaghoubi, M., Zamankhan, P., & Sabzevari, A. (1998). Numerical Analysis of Two-Dimensional Wind Flow in and Around Rectangular Buildings Part I: Modelling and Simulation. *Wind Engineering*, 81-97 .