

# The Effect of Traditional and Modern Urban Morphology Patterns on Wind Flow and its Interactions with the Energy Efficiency Approach (Case Study: Isfahan)

Zahra Babaei Frooshani<sup>1</sup> - Master of Urban Design, Islamic Azad University Naein Branch, Isfahan, Iran.

Yones Changalvaei<sup>2</sup> - PhD in Urban Planning - researcher in the field of morphology and sustainable urban design, Isfahan, Iran.

Received: 27 November 2019 Accepted: 29 March 2020

## Highlights

- Evaluation and comparison of key indicators of wind energy flows and their evaluation in the sustainability of urban morphology.
- Investigation of wind flow in three real urban patterns that represent the three general morphologies of the city of Isfahan.
- Numerical simulations were performed to visualize the steady state of three real urban patterns.
- Several urban morphological indices were found with high correlation with wind energy indices.
- Intervention and development strategies to reduce the negative effects of wind flow for urban management of Isfahan.

## Introduction

The development of wind energy in built environments is an old topic concerning sustainable urban residents, which has appealed to many researchers with the enhancement of new technologies and CFD techniques. This work seeks to study wind energy flows from the perspective of urban morphology.

## Methodology

In this research, the average numerical wind data have been collected from Isfahan meteorological station on the hottest day (21 July 2017) and the coldest day (20 January 2018) in the corresponding Iranian year for CFD studies on wind distribution in three urban configurations (traditional, gridded, and high-rise buildings) in local scale, which represents the overall structure of the morphological types in the city of Isfahan, Iran. The CFD have been numerically simulated and illustrated in the ENVI-met and DesignBuilder software to visualize the wind energy results obtained from each urban fabric.

## Results and Discussion

The simulation results demonstrate the following. 1) The results for the traditional fabric based on the maximum value of wind speed and direction obtained from the software include 2.26 m/s on the hottest day and 2.68 on the coldest, lying in the category of gentle breeze based on the Beaufort scale. In terms of the comfort zone for activities such as sitting, standing, and walking, this does not cause problems for citizens, and the texture lies in the comfort zone. 2) The results involving the maximum value of wind speed and direction in the gridded fabric include 2.73 m/s

1 This article is under review from the master's dissertation, Zahra Babaei Frooshani, as an analytical paper on the urban-city reshaping with the energy-efficient urban design approach. Comparative comparison of traditional and modern forms of the city with the guidance of Dr. Yones Changalvaei at Islamic Azad University, Naein Branch.

2 Responsible author: Urban.affairsco@gmail.com

on the hottest day and 2.80 on the coldest. For high-rise buildings, maximum wind speed is 4.26 m/s on the hottest day and 4.08 on the coldest. On the basis of the Beaufort scale, therefore, gridded and high-rise buildings lie in the medium breeze category. Moreover, the comfort zone for the sitting and standing activities in the gridded fabric is not a problem for citizens, but makes them feel a little uncomfortable with the walking activity. For high-rise buildings, however, there are many problems, and citizens feel plenty of discomfort based on the comfort range for the sitting, standing, and walking activities. 3) The results obtained from the study of the two pieces of software demonstrate that the power and accuracy of the numerical simulation made by ENVI-met is greater than that of DesignBuilder due to the focus and design of the former software in the field of urban planning, providing researchers with more accurate documentation.

### Conclusion

The results of the analysis are as follows. 1) The traditional fabric has been designed entirely based on the principles of sustainability. The urban morphological parameters indicate the important role that urban architects and designers can play in optimal energy consumption with respect to wind flow by determining the morphological parametric criteria. 2) The overall analyses of the geometry of the two new fabrics (gridded and high-rise buildings) demonstrate that modern urban planning is in less accordance with the natural environment, including climatic conditions and indigenous culture. 3) The large differences between the three fabrics in terms of the different characteristics of urban morphology and the different effects of wind energy flow indicate the significant effect of urban morphology on potential wind flows, showing that the urban morphological indicators are significantly correlated with wind flow. 4) The results can be used as a practical guide for evaluation of the effects of urban wind flows and their interaction with urban morphology. The methods proposed in this study can be used as maximal analyses made for practical measures taken to reduce the negative effects of wind flow for urban management in Isfahan. Future extensions of this study, which is currently under investigation, will be aimed at a comprehensive examination of all climatic factors affecting urban morphology and, finally, achievement of an optimal, sustainable model for Isfahan and all climates in Iran along with the factors examined in this research.

**Keywords:** traditional and modern urban morphology, wind flow, energy efficiency, numerical simulation, CFD, Isfahan.

**Citation:** Babaei Frooshani, Z., Changelvaiee, Y. (2020) The Effect of Traditional and Modern Urban Morphology Patterns on Wind Flow and its Interactions with the Energy Efficiency Approach (Case Study: Shahr Esfahan), *Motaleate Shahri*, 10(37), 127–142. doi: 10.34785/J011.2021.781/Jms.2020.141.

### Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Motaleate Shahri. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



# تأثیر الگوهای مرفولوژی شهری سنتی و نوین بر جریان باد و اثرات متقابل آن با رویکرد انرژی کارا

## نمونه مورد مطالعه: شهر اصفهان

زهرا بابایی فروشانی<sup>۱</sup> - کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نایین، اصفهان، ایران.  
یونس چنگلویایی<sup>۲</sup> - دکتری شهرسازی- پژوهشگر حوزه ریخت شناسی و طراحی پایدار شهری، اصفهان، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۰ فروردین ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: ۶ آذر ۱۳۹۸

### چکیده

توسعه انرژی باد در محیط‌های ساخته شده موضوعی قدیمی برای ساکنان پایدار شهر است که با افزایش فناوری‌های جدید توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. در این مقاله سعی شده، پتانسیل انرژی بادی شهری با استفاده از تحقیقات بر روی مرفولوژی شهری مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. در این مطالعه اطلاعات باد از ایستگاه هواشناسی اصفهان در میانگین گرمترین روز (۳۰ تیرماه) و سردترین روز (۳۰ دی ماه) در سال ۱۳۹۶ برای انجام مطالعات شبیه‌سازی عددی در سه پیکره‌بندی شهری (سنتی، شطرنجی و بلندمرتبه گسسته) در مقیاس محلی که معرف شاخص کلی از ریخت گونه شهر اصفهان هستند، با استفاده از نرم‌افزارهای Envi-met and Design Builder برای تجسم نتیجه انرژی باد شبیه‌سازی می‌شوند. در نهایت سه بافت مختلف شهری با چندین پارامتر مربوط به مرفولوژی شهری و محیط باد مقایسه و تحلیل شد. نتایج نشان می‌داد که (۱) بافت‌های سنتی براساس شبیه‌سازی عددی سرعت و جهت باد و همچنین تحلیل‌های کلی بر روی هندسه بافت از نظر شاخص‌های مرفولوژیک تأثیرگذار نشان از طراحی کاملاً منطبق بر اساس اصول پایداری است و این که چگونه شهرسازان و معماران با به کارگیری اصول صحیح مرفولوژی شهری می‌توانند در بهینه‌سازی مصرف انرژی و بهره‌وری درست از جریان‌های باد شهری مؤثر واقع گردند، (۲) نتایج شبیه‌سازی عددی سرعت و جهت باد در بافت شطرنجی و بلندمرتبه گسسته نشان داد که شهرسازی مدرن کمتر هماهنگ و همساز با اوضاع محیط طبیعی از جمله شرایط اقلیمی و فرهنگ بومی رشد و توسعه پیدا کرده است، (۳) شاخص‌های مرفولوژیک شهری با شاخص بالقوه جریان‌های باد همبستگی معنی‌داری دارند و به کمک این شاخص‌های مرفولوژیک می‌توانیم به طور دقیق، خروجی جریان‌های انرژی باد بر روی بافت‌های مختلف شهری با توجه به رویکرد انرژی کارا را مقایسه کنیم و (۴) در نهایت نتایج این مطالعه به عنوان یک راهنمای عملی برای ارزیابی تأثیرات جریان‌های باد شهری و اثرات متقابل آن بر روی مرفولوژی شهری و روش‌های پیشنهادی در این پژوهش به عنوان تحلیل‌های حداکثری برای اقدامات کاربردی به منظور کاهش اثرات منفی جریان باد برای مدیریت شهری در شهر اصفهان را به ارمغان می‌آورد.

**واژگان کلیدی:** مرفولوژی شهری سنتی و نوین، باد، انرژی کارا، شبیه‌سازی عددی (CFD)، شهر اصفهان.

### نکات برجسته

- ارزیابی و مقایسه شاخص‌های کلیدی جریان‌های انرژی باد و بررسی آن‌ها در پایداری مرفولوژی شهری.
- بررسی جریان باد در سه الگوی واقعی شهری که معرف سه شاخص کلی از ریخت‌شناسی شهر اصفهان است.
- شبیه‌سازی عددی برای تجسم حالت پایدار سه الگوی واقعی شهری انجام شد.
- چندین شاخص ریخت‌شناسی شهری با همبستگی بالایی با شاخص‌های انرژی باد پیدا شد.
- راهکارهای مداخله و توسعه دهنده جهت کاهش اثرات منفی جریان باد برای مدیریت شهری اصفهان.

۱ مقاله حاضر مستخرج از رساله کارشناسی ارشد زهرا بابایی فروشانی با عنوان تحلیلی بر تاب‌آوری شکل شهر با رویکرد طراحی شهری انرژی کارا-مقایسه تطبیقی الگوهای سنتی و نوین شکل شهر به راهنمایی یونس چنگلویایی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نایین است.

۲ نویسنده مسئول مقاله: Urban.affairsco@gmail.com

## ۱. مقدمه

شهرنشینی سریع و گسترش شهرها باعث افزایش تقاضای انرژی و نیاز شدید به استراتژی کارآمد مدیریت انرژی می‌شود بنابراین توسعه انرژی تجدیدپذیر بخش مهمی را برای تحقق شهر پایدار و هوشمند آینده ایفا می‌کند (Nations, U, 2015: group, E. E. p. 2016-2017). از جمله راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار و کاهش مصرف انرژی که در دو دهه اخیر بیشتر مورد توجه محققان و سیاست‌مداران قرار گرفته، اصلاح فرم شهر است. بر طبق گزارش سازمان ملل متحد، فرم شهر دارای تأثیر مستقیم بر مصرف انرژی و دستیابی به توسعه پایدار دارد (Troy et al, 2010). هنگامی که تأمین انرژی به یک شبکه هوشمند انرژی متصل شود، منجر به کارایی انرژی در مقیاس محلی، منطقه‌ای و در نهایت شهری می‌شود (Change, 2012: 16-18). امروزه با توجه به تحولات کالبدی در بافت‌های شهری، الگوهایی رواج یافته‌اند که به دلیل عدم سازگاری با شرایط اقلیمی، افزایش مصرف انرژی در شهرها را به دنبال دارند. به بیانی دیگر شهرسازی معاصر ایران با دنبال کردن بسیاری از آرمان‌های شهرسازی مدرن همچون طراحی الگوهای متراکم و شطرنجی و الگوی ۶۰ درصد ساخت، تنزل عملکرد زیست‌محیطی الگوهای شهری را به همراه داشته است؛ بنابراین ضرورت اهمیت ارزیابی کارایی انرژی و کاهش مصرف انرژی از طریق اقدامات بهره‌وری و بهبود یافته طراحی شهری می‌تواند وابستگی شهر را به سوخت‌های فسیلی کاهش و منجر به کاهش هزینه‌های انرژی، آزاد کردن منابع مالی برای بهبود شهر و مزایای اجتماعی-اقتصادی شود. از طرفی با توجه به محدودیت منابع فسیلی و شرایط اقتصادی ایران، طراحی شهری انرژی کارا یکی از کاربردی‌ترین تهییداتی است که می‌تواند در ارتقای عملکرد زیست‌محیطی الگوهای شهری و کاهش مصرف انرژی تأثیر بسزایی داشته باشد. بنابراین محدودیت منابع و مطالعات موجود در کشور در حوزه موضوعی شهرسازی و انرژی، اهمیت این موضوع در مقیاس محلی و جهانی، نشان‌دهنده ضرورت انجام مطالعات تکمیلی و طرح این موضوع در مقیاس ملی به‌عنوان یکی از محورهای مهم برنامه‌ریزی و طراحی شهری در کشور است تا به بررسی عمیق‌تری در این بخش پرداخته شود. با توجه به محوریت موضوع مقاله، انرژی باد به‌عنوان یک انرژی سبز نسبتاً ارزان در دو دهه گذشته به خوبی توسعه یافته است. بنابراین ما در پی جست‌وجوی راهی برای توسعه انرژی باد در زاویه برنامه‌ریزی شهری هستیم. مورفولوژی پیچیده شهرها، توصیف و تحلیل جریان باد در مناطق شهری را بسیار دشوار می‌کند. عدم درک کافی از تأثیر مورفولوژی شهری بر رفتار باد در مقیاس شهر منجر به عدم یکپارچه سازی یا عدم وجود استانداردهای مربوطه در دستورالعمل‌ها و کدهای برنامه‌ریزی شهری می‌شود. بر این اساس در پژوهش حاضر، ما مورفولوژی شهری را برای ارزیابی پتانسیل باد شهری به کار گرفته‌ایم و در پی ارائه چارچوبی منسجم در ارتباط تأثیر مورفولوژی شهری بر روی جریان باد در راستای مقوله انرژی کارا می‌باشیم. توصیف، تحلیل و ارزیابی شاخص‌های کلیدی جریان‌های انرژی باد و نیز بررسی آنها در پایداری مورفولوژی شهری از جمله مأموریت‌های مهم این تحقیق است. برای تحلیل و تجسم تأثیر مورفولوژی شهری بر جریان باد، سه بافت واقعی شهری در مقیاس محلی اعم از سنتی، نوین (شطرنجی و بلندمرتبه گسسته) که معرف شاکله کلی از ریخت‌گونه

شناسی شهر اصفهان هستند، برای شبیه‌سازی عددی (CFD) با استفاده از نرم‌افزارهای Design Builder and Envi-met v4.4 انتخاب شده‌اند. بنابراین با توجه به هدف تحقیق و مورد پژوهی از مهم‌ترین سؤالات تحقیق این است که ارتباط بین میزان جریان‌های باد شهری با مشخصه‌های فرم شهر چگونه است؟ و چگونه می‌توان با طراحی و انتخاب مناسب شاخص‌های مورفولوژی شهری اثرگذار، به بهره‌وری درست از انرژی باد برای اقلیم اصفهان دست پیدا کرد؟ همچنین از دیگر اهداف تحقیق، سنجش میزان قدرت دو نرم‌افزار Design Builder-Envi-met v4.4 در شبیه‌سازی عددی جریان‌های باد شهری بر روی مورفولوژی شهری است.

## ۲. چارچوب نظری

مطالعه شکل شهری به وسیله کوین لینچ به‌عنوان بخشی از منطقه شهری مشخص شده و مربوط به یک منطقه همگن از نظر مورفولوژیکی تعریف شده است. با ظهور عالی شهرسازی و سیستم پیچیده شهری، مورفولوژی شهری به روشی محبوب و مؤثر در حوزه برنامه‌ریزی شهری تبدیل شد (Eicker et al, 2015; Allegrini et al, 2015; Massimo et al, 2015). همچنین کارایی انرژی برای نخستین بار در حوزه طراحی شهری به وسیله بنتلی در پاسخ به انتقادهای کتاب محیط‌های پاسخ‌ده مطرح شد. وی در مقاله‌ای با عنوان طراحی شهری اکولوژیک، کارایی انرژی را به همراه حفاظت از اکوسیستم‌ها و تقلیل آلودگی‌ها برای دستیابی به طراحی شهری پایدار معرفی نمود. یکی از اجزای بنیادی که یک شهر را از محیط پیرامون آن متمایز می‌کند، اقلیم آن است. اقلیم‌های شهری را نخستین بار پرفسور «Oke» به سه مقیاس محلی، خرد و کلان برای ارائه به سازمان هواشناسی جهانی تقسیم نمود (Oke, 2004: 74). یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های آب و هوایی که به راحتی در آب‌وهوا تأثیر می‌گذارد، باد است. باد، همیشه نقش مهمی در برخورد با راحتی انسان در فضای باز در آب‌وهوای شهر دارد. راحتی به‌طور کلی ممکن است تحت تأثیر طیف وسیعی از پارامترهای اضافی هوا قرار گیرد. درجه حرارت، رطوبت نسبی، تابش خورشید، کیفیت هوا، سطح لباس، سن، جنس و غیره از جمله معیارهایی است که بر راحتی و ایمنی عابر پیاده تأثیر می‌گذارد (Stathopoulos, 2009). سرعت باد در خیابان به دو عامل اصلی سرعت باد منطقه‌ای و نحوه طراحی شهری در محدوده بستگی دارد. بررسی باد در یک پیکره‌بندی شهری، در بسیاری از مشکلات محیطی باد از جمله طراحی تهویه طبیعی، راحتی پیاده‌رو و پراکندگی آلاینده هوا و... بسیار مؤثر است (Abd Razak et al, 2015; Blocken, 2015). حل مشکلات محیط زیست باد مستلزم مطالعه جریان باد در یک پیکره‌بندی شهری است (Tamura & Yoshie, 2016). از جمله تحقیقات صورت گرفته در جهان بر روی ارزیابی انرژی باد با استفاده از شبیه‌سازی عددی در مقیاس شهری می‌توان به مطالعات یانلانگ و همکارانش که به بررسی همبستگی بین پارامترهای مورفولوژی شهری و شاخص‌های کارایی تهویه در فضای

۱ یک ابزار شبیه‌سازی قدرتمند است که به بررسی پراکندگی هوا و آلودگی هوا در مناطق شهری می‌پردازد و می‌تواند اطلاعات مهمی را برای برنامه‌ریزی شهری و ارزیابی سلامت عمومی فراهم کند و همچنین یک روش مهم برای محاسبه حرکت سیالات گردش باد در یک محیط ساخته شده پیچیده شهری است.

مورفولوژیکی شهری با دو شاخص بالقوه باد همبستگی معنی‌داری دارد. با کمک این شاخص‌های مورفولوژیکی می‌توان به طور دقیق و راحت خروجی پتانسیل باد بر روی بافت‌های مختلف شهری را مقایسه کرد (Wang et al, 2017). در ایران مطالعه جنگل‌وایی و همکاران به جست‌وجوی روابط یکپارچه درونی میان جریان‌های اصلی شکل شهر اصفهان در دو حالت شاخص بسته‌شدگی (آدولف و بندیکت) پرداختند و بیان کردند که بافت‌های قدیمی با ساختار ارگانیک، پایداری بالاتر محیطی (در فصول سرد سال با توجه به سرمای شدید فصول سرد سال در اقلیم گرم و خشک اصفهان) و همچنین پایداری بالاتر جریان‌های اطلاعاتی (بصری) دارند (Changalvaice et al, 2016). آنچه از موارد بیان شده می‌توان استنتاج نمود این است که میزان جریان‌های باد شهری با شاخص‌های مورفولوژیکی شهری هم‌پیوند است، این پیوند به‌گونه‌ای است که اعمال هرگونه تغییر در شاخص‌ها به واسطه تأثیری که بر خرد اقلیم شهری به جا می‌گذارند، تغییراتی در میزان تقاضای انرژی بافت‌های شهری و خصوصیات جریان‌های باد شهری به همراه دارد. در مورد ارزیابی انرژی بادی شهری، در این تحقیقات هر یک از محققان به کشف تأثیر پارامترهای مختلف مورفولوژیکی فیزیکی شهری در مقیاس همسایگی یا مقیاس شهری، در مدل جریان باد شهری پرداختند که برخی از پارامترهای بررسی شده در قالب جدول زیر ارائه می‌گردد که برای مطالعه ما بسیار ارزشمند است.

باز می‌پردازند، اشاره کرد. نتایج تحقیق نشان داد که تنظیم منطقی ساختمان‌ها می‌تواند عملکرد تهویه محلی را به طور مؤثر بهبود بخشد (Peng et al, 2019). آکسفینگ و فیی به بررسی وارونگی هوا از نظر جهت و سرعت در شبیه‌سازی به دو روش CFD و 'Flow' پرداختند. نتایج نشان داد که شبیه‌سازی پیشنهادی Flow پارامترهای دقیق‌تری در شبیه‌سازی پراکندگی، تجزیه و تحلیل آماری جریان باد دارد و تمرکز بیشتری را نشان می‌دهد (Li & Xue, 2018). سومیی و همکارانش به بررسی تأثیر ساختمان‌های اطراف بر جریان باد در یک پیکره‌بندی شهری پرداختند و نشان دادند که ساختمان‌های اطراف به دلیل اثر پناهندگی و کانال‌سازی تأثیر قابل توجهی بر جریان باد دارند (Liu et al., 2018). وانگ و همکارانش به بررسی ارزیابی پتانسیل باد بر روی مورفولوژی شهری در هفت بافت مختلف شهری یکن با استفاده از شبیه‌سازی عددی می‌پردازند. نتایج نشان داد، فرم‌هایی با نسبت سطح پایین طبقه معمولاً از تراکم پتانسیل باد بالاتری برخوردارند و معمولاً فرم‌هایی که دارای تخلخل بالاتری هستند، از تراکم پتانسیل باد بیشتر در واحد سطح سقف برخوردارند (Wang et al, 2018). وانگ و همکارانش پس از بررسی شش بافت مختلف شهری با استفاده از پارامتر شبیه‌سازی عددی و تجزیه و تحلیل مورفولوژیکی و ارزیابی پتانسیل باد نشان دادند که بین دو شاخص ظرفیت پتانسیل باد و تراکم پتانسیل باد با بافت‌های مختلف شهری و شرایط باد تفاوت وجود دارد. همچنین تجزیه و تحلیل همبستگی، نشان داد که چندین شاخص

جدول شماره ۱: پارامترهای مرتبط بین محیط باد و مورفولوژی شهری

شاخص‌های محیط باد	شاخص‌های مورفولوژی شهری
۱ جهت باد	جهت قرارگیری خیابان‌ها، جهت قرارگیری قطعه زمین، جهت قرارگیری ساختمان‌ها
۲ ضریب کشش باد و فشار باد	طرح کلی شهر، تپولوژی ساختمان‌ها
۳ پراکندگی آلودگی	تخلخل بافت، تناسب معابر
۴ سرعت متوسط در سطح زمین	ارتفاع ساختمان‌ها، فرم و مساحت فضاهای باز، فرم ساختمان‌ها
۵ تلاطم	ناهمواری‌های پوشش گیاهی، مساحت فضاهای باز، زاویه‌ها، فاصله بین ساختمان‌ها
۶ تهویه تولید شده توسط گرما	جهت بندی پیکره شهر، تراکم ساختمان‌ها، تعداد ساختمان‌ها، مصالح

مأخذ: Wang et al, 2014; Mortezaei et al, 2016; Peng et al, 2019; Wang et al, 2018; Wang et al, 2017

جدول تدوین شده در نهایت به‌عنوان الگوی تبیین‌کننده رابطه شاخص‌های مورفولوژی اثرگذار و محیط باد چارچوب‌بندی و ارائه گردید. همچنین از منظر سرعت و محدوده راحتی جریان باد در جدول

جدول شماره ۲: مقیاس بوفورت در استفاده از باد در ارتفاع ۱٫۷۵ متر بر تانیه

شرایط توصیفی	سرعت باد در ارتفاع ۱٫۷۵ (متر/ ثانیه)	تأثیر بر افراد
آرام (Calm)	۰٫۰-۰٫۱	باد قابل توجهی ندارد
نور هوا (Light Air)	۰٫۲-۱٫۰	باد احساس بر روی صورت
نسیم نور (Light Breeze)	۱٫۱-۲٫۳	اختلال در مو، لباس، روزنامه خواندن دشوار است
نسیم ملایم (Gentle Breeze)	۲٫۴-۳٫۸	گردوغبار را افزایش می‌دهد، مونا بود شده
نسیم متوسط (Breeze Moderate)	۳٫۹-۵٫۵	

مأخذ: Comfort, 2003

جدول شماره ۳: محدوده راحتی باد عابر پیاده مناسب برای انواع فعالیت‌ها

فعالیت	محدوده راحتی (متر/ ثانیه)
نشستن	۰-۲٫۶
ایستادن	۲٫۶-۳٫۹
پیاده‌روی	۳٫۹-۵٫۴
ناراحت‌کننده برای هر فعالیت	> ۵٫۴

مأخذ: Szucs, 2013

۱ روشی دیگر برای تحلیل محاسبات دینامیکی سیالات که اطلاعات دقیق‌تر و مهندسی‌تری نسبت به (CFD) در اختیار محقق قرار می‌دهد.

تاریخی، بافت گسترش‌های فرمی دگرگون شده، بافت حوزه‌های روستایی الحاق شده و بافت بلوک‌های آپارتمانی ردیفی در توسعه‌های جدید (Changalvaiee, 2016(a); Changalvaiee et al, 2016(b); Changalvaiee et al, 2017). در نهایت نمایی از سه نمونه این بافت‌ها اعم از سنتی، نوین (شطرنجی و بلندمرتبه گسسته) در مقیاس محلی، با ابعاد و وضوح ۱۵۰\*۱۵۰ مترمربع برای کالیبراسیون مدل در نظر گرفته شد. عامل اصلی تعیین کننده انتخاب چنین الگوهایی این است که سه الگوی انتخاب شده، نشان دهنده سه شاکله کلی از ریخت گونه‌های شهر اصفهان هستند. الگوی (۱) سنتی: واقع در محدوده بافت تاریخی شهر اصفهان، الگوی (۲) شطرنجی (مدرن): واقع در منطقه ۱۳ شهر اصفهان و الگوی (۳) بلندمرتبه گسسته (مدرن): در منطقه ۱۳ شهر اصفهان قرار دارد. برای تعیین موارد قابل مقایسه و اطمینان از این که پیکره‌بندی شهری عامل اصلی غالب در تجزیه و تحلیل است، مصالح برای تمام سطوح ساختمان‌ها یکسان هستند. خیابان‌ها و آسفالت نیز همان مصالح تعریف شده خود را دارند. پوشش گیاهی از مطالعه حذف شده زیرا این ماده در شرایط ریزگردها تأثیر دارد. بنابراین مطالعات گسترده‌ای بر روی شاخص‌های مورفولوژیکی الگوهای مورد نظر صورت می‌گیرد. در جدول شماره ۴ مشخصات سه مورفولوژی شهر مورد مطالعه نشان داده شده است.

بنابراین تاکنون کمتر تحقیقی در ایران منتشر شده که با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی عددی شرایط هندسه شهری بر روی جریان‌های باد شهری و اثرات متقابل آنها را بررسی کرده باشد. اما این پژوهش در نوع خود به صورت مدون به شبیه‌سازی عددی و محاسبه جریان‌های باد و اثرات آن با توجه به شرایط کلی هندسه واقعی شهری در شهر اصفهان می‌پردازد که به نوبه خود در زمره نخستین مطالعات صورت گرفته در ایران است.

### ۳. داده‌ها و روش کار تحقیق

در این مطالعه به بررسی شکل هندسه شهری و جریان‌های باد اعم از سرعت و جهت در سه الگوی شهری واقعی اعم از سنتی، شطرنجی و بلندمرتبه گسسته در مقیاس محلی که معرف سه شاکله کلی از ریخت گونه شناسی شهر اصفهان است، در دو مرحله (۱) انتخاب و مطالعه سه الگوی مورد مطالعه و (۲) شبیه‌سازی عددی با استفاده از نرم‌افزارهای Design Builder and Envi-met v4.4 می‌پردازد. در بخش‌های زیر توضیحات مفصلی از منابع و روش‌های خاص داده‌ها برای این تجزیه و تحلیل ارائه شده است.

#### ۳.۱. فاز نخست: محدوده‌های مورد مطالعه

برای دستیابی به هدف مطالعه و با توجه به تکنیک ریخت گونه شناسی<sup>۱</sup> تحلیل شده در شهر اصفهان که عبارتند از: بافت سنتی با هسته کهن و تاریخی، بافت توسعه دگرگون شده هسته کهن و

جدول شماره ۴: مشخصات سه الگوی مورفولوژی شهری مورد مطالعه در شهر اصفهان

بافت	گونه‌بندی معابر و فضاهای شهری	گونه‌بندی بلوک‌ها	تراکم (تعداد طبقات)	نسبت (H/W)	مساحت (مترمربع)			
شبه	(۱) شرقی-غربی با عرض ۳-۴ متر (۲) شمال شرقی-جنوب غربی با ۱۶-۳۰ درجه انحراف و عرض ۳ متر (۳) شمال غربی-جنوب شرقی با ۵۹ درجه انحراف و عرض ۳-۴ متر (۴) شمالی-جنوبی با ۸-۹ درجه انحراف و عرض ۱/۷-۴ متر (۵) شمالی-جنوبی با ۳ درجه انحراف به عرض ۱/۲۰ متر	(۱) شرقی-غربی با مساحت حیاط مرکزی ۲۰-۱۰۰ مترمربع (۲) شمالی-جنوبی با مساحت حیاط مرکزی ۵۰-۱۰۰ مترمربع (۳) شمال غربی-جنوب شرقی با مساحت حیاط مرکزی ۶۰-۹۹ مترمربع (۴) شمال شرقی-جنوبی غربی با مساحت حیاط مرکزی ۲۰-۱۰۰ مترمربع (۵) شرقی-غربی با ۱۵ درجه انحراف به سمت شمال شرق-جنوب غرب با مساحت حیاط مرکزی ۴۰-۱۰۰ مترمربع	۱-۲ طبقه	۱,۰	۴۶-۴۸۸			
			نمونه الگوی بافت					
			۸-۱۰ طبقه	۰,۲-۱,۵	۹۷-۳۴۰	نمونه الگوی بافت		
					(۱) شمالی-جنوبی با مساحت حیاط ۴۹ مترمربع و ۸ طبقه (۲) شمالی-جنوبی با مساحت حیاط ۵۸ مترمربع و ۸-۱۰ طبقه (۳) شمالی-جنوبی با مساحت حیاط ۸۴ مترمربع و ۸ طبقه	۱-۲ طبقه	۰,۲-۱,۵	۹۷-۳۴۰
			نمونه الگوی بافت					
بلندمرتبه گسسته	(۱) معابر شمالی-جنوبی با عرض ۵,۶ و ۱۶ متر (۲) معابر شرقی-غربی با عرض ۳,۵, ۴, ۱۰, ۱۲ متر (۳) فضای شهری وسط با مساحت ۲۶۷۷ مترمربع (۴) فضاهای شهری کنار با مساحت ۹۸۸ مترمربع	(۱) شرقی-غربی ۳۰ طبقه (۲) شرقی-غربی ۸ طبقه (۳) شرقی-غربی ۳ طبقه	۳-۸-۳۰ طبقه	۰,۴-۰,۸	۱۱۵-۴۵۰			
			نمونه الگوی بافت					
			نمونه الگوی بافت					
			نمونه الگوی بافت					

مأخذ: نگارندگان

### ۳.۲. فاز دوم: فرآیندهای شبیه‌سازی عددی

پس از بررسی مطالعات اولیه به مدل‌سازی الگوهای مورد مطالعه در نرم‌افزارهای شبیه‌سازی پرداخته می‌شود. اندازه‌گیری ریزسنجی در هر سه الگوی شهری مورد مطالعه در دو روز از میانگین سردترین و گرمترین ماه سال مصادف با ۳۰ تیرماه (۲۱ ژوئیه) و ۳۰ دی ماه (۱۹ ژانویه) در سال ۱۳۹۶ طی ۲۴:۰۰ ساعت انجام شده است. در نهایت پس از اتمام شبیه‌سازی، خروجی‌های مورد نظر را از نرم‌افزارها براساس (ساعت، روز، ماه و سال) در ساعت ۱۳:۰۰ به دلیل بالا بودن

دمای هوا، پراکندگی آلودگی‌ها و تهویه تولید شده بر اثر گرما گرفته می‌شود. متغیرهای ثبت شده در نرم‌افزار علاوه بر سرعت باد (m/s) و جهت باد مواردی شامل دمای هوا (TA °C) و رطوبت نسبی (RH) است. جدول شماره ۵ داده‌های آب و هوایی برای ورود به نرم‌افزار Design Builder v4.4 را نشان می‌دهد. در نرم‌افزار Design Builder احتیاجی به ورود داده‌های آب و هوایی نیست چرا که با انتخاب موقعیت کشور و شهر مورد نظر به صورت خودکار تمامی اطلاعات آب و هوایی در نظر گرفته می‌شود.

جدول شماره ۵: داده‌های ورودی مهم در نرم‌افزار Envi-met v4.4

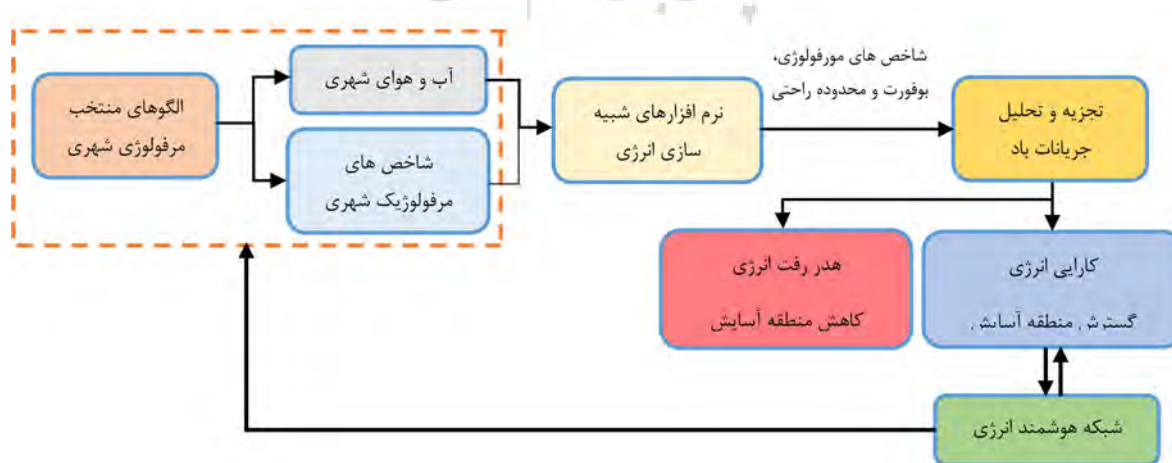
تاریخ شروع	میانگین دما (TA) °C	رطوبت نسبی (RH) %	سرعت باد غالب (m/s)	جهت باد
۳۰ تیر (۲۱ ژوئیه)	۲۹/۵	۲۳/۷	۳	شرق
۳۰ دی (۱۹ ژانویه)	۳	۵۹	۳	غرب

مأخذ: Office, I. M, 2016

### ۳.۳. شرحی بر مدل مفهومی تحقیق

باتوجه به نکات اشاره شده و روش تحقیق، مدل مفهومی تحقیق به عنوان یک مدل تحلیلی و ارزیابانه به صورت زیر مدنظر قرار می‌گیرد. در مرحله نخست سه الگوی منتخب مورفولوژی شهری اصفهان در مقیاس محلی که معرف شاخص کلی از شهر هستند، انتخاب می‌شود. در مرحله دوم به بررسی پارامترهای آب و هوایی (جدول‌های شماره ۲-۳) و شاخص‌های مورفولوژیکی شهری اثرگذار بر جریان‌های باد (جدول شماره ۱) و تجزیه و تحلیل مورفولوژیک شهری سه الگوی منتخب (جدول شماره ۴) پرداخته می‌شود. در مرحله بعد به مدل‌سازی الگوهای منتخب شهری در نرم‌افزارهای شبیه‌سازی و وارد کردن پارامترهای آب و هوایی (جدول شماره ۵) و سپس تجزیه و تحلیل خروجی‌های به دست آمده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی براساس (جدول‌های شماره ۱-۳-۲) پرداخته می‌شود. در نهایت برونداد این مرحله به دو دسته کارایی انرژی و هدر رفت انرژی تقسیم می‌شود. برونداد هدر رفت انرژی باعث اختلال در آسایش شهروندان می‌شود اما برونداد کارایی انرژی باعث گسترش منطقه آسایش شهری و پیوندی از یک شبکه هوشمند انرژی به وجود می‌آورد که تولید و مصرف انرژی را به صورت کارآمد و اقتصادی توزیع و مدیریت می‌کند.

در ادامه عملکردهای محیطی شکل شهر بر حسب میزان سرعت و جهت باد و نقش آن در کارایی انرژی در دو نرم‌افزار شبیه‌سازی بررسی می‌شود. نرم‌افزار Envi-met یک مدل ریزسنجی سه بعدی طراحی شده برای شبیه‌سازی جریان‌های اطراف و بین ساختمان‌ها، فرآیند تبادل حرارت و رطوبت در سطح زمین و دیوارها، آشفستگی، پارامترهای گیاهی، بیواقلیم‌شناسی، پراکندگی ذرات و آلاینده‌ها در محیط شهری با وضوح معمولی از ۰.۵-۱۰ متر در فضا و ۱۰ ثانیه در زمان است. قابلیت این نرم‌افزار در استخراج نتایج برای کل سال، ماه و یا حتی به صورت روزانه و ساعتی از قابلیت‌های منحصربه‌فردش است (Bakarman & Chang, 2015; Ahmadi & Mahdizade hak, 2015). نرم‌افزار Design Builder برای مدل‌سازی همه جنبه‌های ساختمان کاربرد دارد. در امر مدل‌سازی شهری از این نرم‌افزار فقط می‌توان شبیه‌سازی عددی سرعت و جهت باد را خروجی گرفت و بررسی کرد. قابلیت این نرم‌افزار در استخراج نتایج برای کل سال، ماه و یا حتی به صورت روزانه از قابلیت‌های منحصربه‌فردش است (Ahmadi & Mahdizadehe hak, 2015).



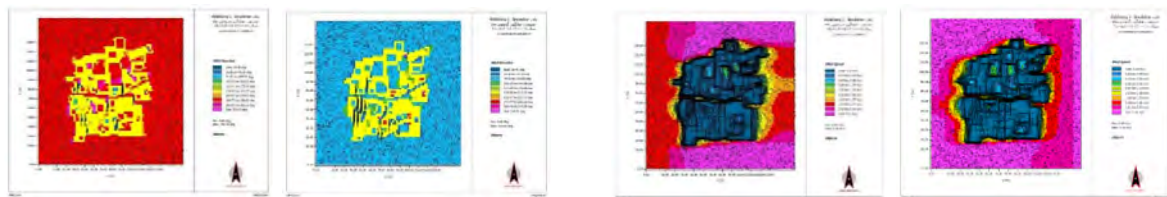
تصویر شماره ۱: مدل مفهومی تحقیق

۴. شرح و تفسیر نتایج و یافته‌های تحقیق

نتایج تحقیق در چهار بخش (۱) بررسی جریان باد و اثرات متقابل آن در بافت سنتی، (۲) بررسی جریان باد و اثرات متقابل آن در بافت شطرنجی، (۳) بررسی جریان باد و اثرات متقابل آن در بافت بلندمرتبه گسسته و (۴) جمع‌بندی یافته‌های تحقیق مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت.

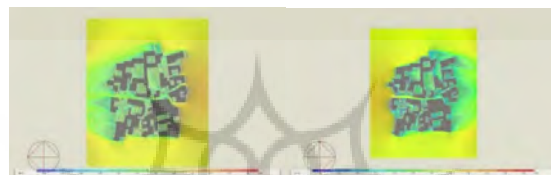
۴.۱. بررسی نتایج جریان باد و اثرات متقابل آن در بافت سنتی

خروجی‌های به دست آمده (تصاویر شماره ۲-۳-۴) از دو نرم‌افزار شبیه‌سازی به صورت گرافیکی و دارای طیف رنگی از کم (آبی) به زیاد (قرمز) سرعت و جهت باد را نشان می‌دهد. بر این اساس بهتر متوجه خواهیم شد که در کدامین محدوده‌ها با کاهش یا افزایش سرعت و جهت باد، تلاطم، آشفتنگی و... مواجه هستیم. در جدول شماره ۶ به بررسی اعداد به دست آمده از خروجی‌های گونه‌بندی معیار و در جدول شماره ۷ به بررسی گونه‌بندی بلوک‌ها به صورت مجزا پرداخته می‌شود.



تصویر شماره ۳: خروجی جهت باد روزهای گرم‌ترین و سردترین ماه سال بافت سنتی، نرم‌افزار Envi-met

تصویر شماره ۲: خروجی سرعت باد روزهای گرم‌ترین و سردترین ماه سال بافت سنتی، نرم‌افزار Envi-met



تصویر شماره ۴: خروجی سرعت و جهت باد روزهای گرم‌ترین و سردترین ماه سال بافت سنتی، نرم‌افزار Design Builder

جدول شماره ۶: بررسی سرعت و جهت باد گونه‌بندی معیار در روزهای گرم‌ترین و سردترین ماه سال بافت سنتی

گونه‌بندی معیار	سرعت باد در گرم‌ترین ماه سال (m/s)	جهت باد در گرم‌ترین ماه سال (deg)				سرعت باد در سردترین ماه سال (m/s)				جهت باد در سردترین ماه سال (deg)			
		کل معبر		کل معبر		کل معبر		کل معبر		کل معبر		کل معبر	
		ورودی	خداکثر	ورودی	خداکثر	ورودی	خداکثر	ورودی	خداکثر	ورودی	خداکثر	ورودی	خداکثر
T1	۱,۵۸	۰,۴۵	۱,۵۸	۷۰,۷۹	۳۵,۴۰	۷۰,۷۹	۱,۶۱	۰,۲۷	۱,۸۷	۲۴۹,۷۵	۲۱۴,۰۷	۲۴۹,۷۵	
T2	۱,۳۶	۰,۲۳	۱,۳۶	۷۰,۷۹	۳۵,۴۰	۷۰,۷۹	۱,۰۷	۰,۲۷	۱,۰۷	۲۴۹,۷۵	۲۱۴,۰۷	۲۴۹,۷۵	
T3	۱,۵۸	۰,۲۳	۱,۵۸	۷۰,۷۹	۷۰,۷۹	۱۷۶,۹۸	۱,۳۴	۰,۸۰	۱,۳۴	۲۴۹,۷۵	۳۵,۶۸	۲۴۹,۷۵	
T4	۰,۲۳	۰,۲۳	۰,۴۵	۷۰,۷۹	۳۵,۴۰	۲۱۲,۳۷	۰,۲۷	۰,۲۷	۰,۵۴	۲۴۹,۷۵	۳۵,۶۸	۳۲۱,۱۰	
T5	۰,۹۱	۰,۲۳	۰,۹۱	۷۰,۷۹	۳۵,۴۰	۱۷۶,۹۸	۱,۰۷	۰,۲۷	۱,۰۷	۱۷۸,۳۹	۳۵,۶۸	۲۴۹,۷۵	

جدول شماره ۷: بررسی سرعت و جهت باد گونه‌بندی بلوک‌ها در روزهای گرم‌ترین و سردترین ماه سال بافت سنتی

گونه‌بندی بلوک‌ها	سرعت باد در گرم‌ترین ماه سال (m/s)		جهت باد در گرم‌ترین ماه سال (deg)		سرعت باد در سردترین ماه سال (m/s)		جهت باد در سردترین ماه سال (deg)	
	کل معبر		کل معبر		کل معبر		کل معبر	
	ورودی	خداکثر	ورودی	خداکثر	ورودی	خداکثر	ورودی	خداکثر
B1	۰,۲۳	۰,۴۵	۳۵,۴۰	۲۴۷,۷۷	۰,۲۷	۰,۵۴	۳۵,۶۸	۲۴۹,۷۵
B2	۰,۲۳	۰,۶۸	۳۵,۴۰	۲۸۳,۱۶	۰,۲۷	۱,۰۷	۳۵,۶۸	۳۲۱,۱۰
B3	۰,۲۳	۰,۴۵	۳۵,۴۰	۲۸۳,۱۶	۰,۲۷	۱,۰۷	۱۷۸,۳۹	۳۲۱,۱۰
B4	۰,۲۳	۰,۹۱	۳۵,۴۰	۱۷۶,۹۸	۰,۲۷	۰,۵۴	۳۵,۶۸	۳۲۱,۱۰
B5	۰,۲۳	۰,۶۸	۳۵,۴۰	۲۴۷,۷۷	۰,۲۷	۱,۰۷	۳۵,۶۸	۳۲۱,۱۰



در نهایت به تحلیل و بررسی اعداد به دست آمده از جدول های شماره ۶ و ۷ در دو جدول مجزا (جدول های شماره ۸-۹) با توجه به پارامترهای به دست آمده از جدول های ۲ و ۳ در ارتباط با محدوده راحتی سرعت و

جدول شماره ۸: محدوده راحتی سرعت و جهت باد برای انجام انواع فعالیت‌ها مربوط به گرم‌ترین روز ماه سال در بافت سنتی

گونه بندی معابر و بلوک‌ها	سرعت باد در گرم‌ترین ماه سال (m/s)				جهت باد در گرم‌ترین ماه سال (deg)			
	نشستن (۰-۲/۶)	ایستادن (۲/۶-۳/۹)	پیاده روی (۳/۹-۵/۴)	ناراحت‌کننده (>۵/۴)	نشستن (۰-۲/۶)	ایستادن (۲/۶-۳/۹)	پیاده روی (۳/۹-۵/۴)	ناراحت‌کننده (>۵/۴)
T1	خوب	خوب	خوب	-	خوب	خوب	خوب	-
T2	خوب	خوب	خوب	-	خوب	خوب	خوب	-
T3	خوب	خوب	خوب	-	خوب	خوب	خوب	-
T4	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
T5	خوب	خوب	خوب	-	خوب	خوب	خوب	-
B1	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
B2	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
B3	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
B4	خوب	خوب	خوب	-	خوب	خوب	خوب	-
B5	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-

جدول شماره ۹: محدوده راحتی سرعت و جهت باد برای انجام انواع فعالیت‌ها مربوط به سردترین روز ماه سال در بافت سنتی

گونه بندی معابر و بلوک‌ها	سرعت باد در سردترین ماه سال (m/s)				جهت باد در سردترین ماه سال (deg)			
	نشستن (۰-۲/۶)	ایستادن (۲/۶-۳/۹)	پیاده روی (۳/۹-۵/۴)	ناراحت‌کننده (>۵/۴)	نشستن (۰-۲/۶)	ایستادن (۲/۶-۳/۹)	پیاده روی (۳/۹-۵/۴)	ناراحت‌کننده (>۵/۴)
T1	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
T2	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
T3	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
T4	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
T5	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
B1	خوب	خوب	خوب	-	خوب	خوب	خوب	-
B2	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
B3	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
B4	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
B5	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-

در این نواحی صورت می‌گیرد؛ بنابراین نسبت سطح بزرگ‌تر به حجم در ترکیب با حرکت باد یک مزیت مثبت در عملکرد تهویه بهتر است و از طرفی این مزیت باعث تابش حداکثری خورشید در این نواحی می‌گردد و دمای محیط در فصل زمستان در وضعیت بهتری قرار می‌گیرد اما در فصل تابستان با مشکل افزایش دمای هوا مواجه می‌شویم. در نواحی که مساحت حیاط مرکزی‌ها کم است، باعث پایین آمدن سرعت باد گردیده و این امر بر تشدید جزایر حرارتی در این نواحی تأثیرگذار خواهد بود. سرعت باد به دلیل فرم فشرده بافت پایین است و بلوک‌هایی که کشیدگی شرقی-غربی به زاویه انحرافی هستند، در وضعیت بهتری قرار دارند و سرعت باد به آرامی در بین آنها گردش پیدا می‌کند. اما در بلوک‌های شمالی-جنوبی به دلیل قرار گرفتن مساحت زیادی از بنا در معرض باد، سرعت باد در این بلوک‌ها کمی افزایش یافته است. به

با توجه به تحلیل خروجی‌های به دست آمده از جدول های شماره ۸ و ۹ و همچنین پارامترهای مرتبط بین محیط باد و مورفولوژی شهری در جدول شماره ۱ به این نتیجه می‌رسیم، معابری که نسبت به باد غالب و باد نامطلوب دارای زاویه انحراف هستند (شمال شرقی-جنوب غربی) عملکرد بهتری نسبت به دیگر معابر دارند. آرایش زیگزاکی معابر، عرض کم معابر، نسبت مناسب عرض معبر به ارتفاع بلوک‌ها در برخی قسمت‌ها، دیوارهای نسبتاً بلند، کم بودن طول معابر، کاهش سرعت باد را به همراه داشته و اینها از مزیت‌های مناسب این الگو است. جهت باد و حجم جریان باد در قسمت‌هایی که با تغییر زاویه و گوشه‌های تیز بلوک‌ها همراه است و معبر قیفی شکل باعث گردیده جریان‌های گردابی کوچکی به وجود آید. در حیاط مرکزی‌هایی که مساحت آنها ۹۰ مترمربع به بالاست، سرعت باد کمی افزایش پیدا می‌کند و تهویه بهتری

بیشتر باشد، سرعت باد کمتر و برای گرمایش محیط مناسب است. در نهایت پس از تحلیل و بررسی میزان سرعت و جهت باد مورفولوژی بافت سنتی، نقاط قوت و ضعف بافت به شرح زیر به دست آمد:

لحاظ جهت باد و فرم‌های مختلف بلوک‌بندی و فشردگی بافت، نسبت انسداد باد در بین بلوک‌ها در برخی مناطق بیشتر و برخی مناطق کمتر است. هرچه نسبت انسداد کمتر باشد، سرعت باد در درون بلوک بیشتر است و برای سرمایه‌های محیط بهتر است و هرچه نسبت انسداد

جدول شماره ۱۰: نقاط قوت و ضعف به دست آمده براساس تحلیل‌ها در بافت سنتی

نقاط ضعف	نقاط قوت
۱. هم‌راستا بودن معبر با بادهای زمستانی ۲. بالا رفتن جزایر حرارتی به دلیل فشردگی زیاد و عرض کم معابر ۳. بالا رفتن آلودگی‌ها ۴. کند شدن کاهش دما به واسطه مناسب نبودن نسبت ارتفاع ساختمان‌ها به عرض معبر ۵. فشار شدید باد در مدخل ورودی‌های معابر بدون زاویه ۶. گوشه‌های تیز ساختمان‌ها و به وجود آوردن جریان‌های گردابی پشت به باد ۷. قیفی شکل بودن معبر شرقی-غربی و ایجاد جریان باد و نتوری ۸. نسبت نامناسب حیاط مرکزی در برخی بلوک‌ها زیاد و برخی کم و تشدید جزایر حرارتی	۱. کاهش سرعت باد و محدود نمودن جریان‌های گردابی ثانویه ۲. الگوی خیابانی فشرده به لحاظ سایه‌اندازی و کنترل باد ۳. جهت‌گیری نسبتاً مناسب ۴. ارتفاع کم ساختمان‌ها و کاهش سرعت باد ۵. آرایش بلوک‌های پیرامونی ۶. آرایش زیگزاگی ساختمان‌ها برای تسهیل تهویه در نواحی کم تراکم ۷. سرعت و جهت باد مناسب در معبر شمال شرقی-جنوب غربی با ۱۶-۳۰ درجه انحراف ۸. سرعت و جهت باد مناسب در معابر شمالی-جنوبی با ۸-۱۹ درجه انحراف به سمت شمال شرقی-جنوب غربی ۹. کم بودن طول معابر و کاهش سرعت باد ۱۰. ناهمگون بودن ارتفاعات و کاهش سرعت باد

میزان سرعت و جهت باد به نمایش می‌گذارد. در جدول شماره ۱۱ به تیپ‌بندی معابر و فضاهای شهری و در جدول شماره ۱۲ گونه‌بندی بلوک‌ها به صورت مجزا پرداخته می‌شود.

۴٫۲. بررسی نتایج جریان باد و اثرات متقابل آن در بافت شطرنجی خروجی‌های سرعت و جهت باد به دست آمده (تصاویر شماره ۵-۶-۷) از دو نرم‌افزار شبیه‌سازی به صورت گرافیکی و عددی حد اقل و حداکثر



تصویر شماره ۶: خروجی جهت باد روزهای گرم‌ترین و سردترین ماه سال بافت شطرنجی، نرم‌افزار Envi-met

تصویر شماره ۵: خروجی سرعت باد روزهای گرم‌ترین و سردترین ماه سال بافت شطرنجی، نرم‌افزار Envi-met



تصویر شماره ۷: خروجی سرعت و جهت باد روزهای گرم‌ترین و سردترین ماه سال بافت شطرنجی، نرم‌افزار Design Builder

جدول شماره ۱۱: بررسی سرعت و جهت باد در گونه‌بندی معابر و فضای شهری در روزهای گرم‌ترین و سردترین ماه سال بافت شطرنجی

گونه‌بندی معابر و فضای شهری	سرعت باد در گرم‌ترین ماه سال (m/s)			جهت باد در گرم‌ترین ماه سال (deg)			سرعت باد در سردترین ماه سال (m/s)			جهت باد در سردترین ماه سال (deg)		
	ورودی معبر	کل معبر یا فضا		ورودی معبر	کل معبر یا فضا		ورودی معبر	کل معبر یا فضا		ورودی معبر	کل معبر یا فضا	
		حداقل	حداکثر		حداقل	حداکثر		حداقل	حداکثر		حداقل	حداکثر
T1 معبر اصلی شمالی-جنوبی با عرض ۸٫۷۹	۰٫۲۸	۰٫۲۸	۰٫۵۵	۷۰٫۹۶	۳۵٫۸۶	۳۱۶٫۷۲	۰٫۱۲	۰٫۱۲	۰٫۴۲	۲۴۸٫۰۰	۳۸٫۳۴	۲۴۸٫۰۰
T2 معابر فرعی شرقی-غربی با عرض ۳٫۹۱-۹٫۷۷	۲٫۴۶	۰٫۲۸	۲٫۴۶	۷۰٫۹۶	۳۵٫۸۶	۱۴۱٫۱۸	۲٫۵۰	۰٫۱۲	۲٫۵۰	۲۴۸٫۰۰	۲۴۸٫۰۰	۳۱۷٫۸۹
T3 فضای شهری میدان با مساحت ۱۲۳۹	-	۰٫۲۸	۱٫۱۰	-	۳۵٫۸۶	۳۱۶٫۷۲	-	۰٫۱۲	۱٫۰۱	-	۲۴۸٫۰۰	۳۱۷٫۸۹

جدول شماره ۱۲: بررسی سرعت و جهت باد در گونه‌بندی بلوک‌ها در روزهای گرم‌ترین و سردترین ماه سال بافت شطرنجی

گونه‌بندی بلوک‌ها	سرعت باد در گرم‌ترین ماه سال (m/s)		جهت باد در گرم‌ترین ماه سال (deg)		سرعت باد در سردترین ماه سال (m/s)		جهت باد در سردترین ماه سال (deg)	
	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل
	B1	۰٫۲۸	۰٫۵۵	۱۷۶٫۲۹	۷۰٫۹۶	۰٫۴۲	۰٫۱۲	۲۱۳٫۰۶
B2	۰٫۲۸	۰٫۵۵	۱۷۶٫۲۹	۷۰٫۹۶	۰٫۴۲	۰٫۱۲	۲۱۳٫۰۶	۳۱۷٫۸۹
B3	۰٫۲۸	۰٫۵۵	۱۷۶٫۲۹	۷۰٫۹۶	۰٫۴۲	۰٫۱۲	۲۱۳٫۰۶	۳۱۷٫۸۹

محدوده راحتی سرعت و جهت باد برای هرکدام از فعالیت‌ها به صورت مجزا (ستون‌های مجزا در جدول‌های زیر) پرداخته می‌شود.

در نهایت به تحلیل و بررسی اعداد به دست آمده از جدول‌های شماره ۱۱ و ۱۲ در دو جدول مجزا (جدول‌های شماره ۱۳-۱۴) با توجه به پارامترهای به دست آمده از جدول‌های شماره ۲ و ۳ در ارتباط با

جدول شماره ۱۳: محدوده راحتی سرعت و جهت باد برای انجام انواع فعالیت‌ها مربوط به گرم‌ترین روز ماه سال در بافت شطرنجی

گونه‌بندی معابر و بلوک‌ها	سرعت باد در گرم‌ترین ماه سال (m/s)				جهت باد در گرم‌ترین ماه سال (deg)			
	نشستن (۰-۲/۶)	ایستادن (۲/۶-۳/۹)	پیداده روی (۳/۹-۵/۴)	ناراحت‌کننده (>۵/۴)	نشستن (۰-۲/۶)	ایستادن (۲/۶-۳/۹)	پیداده روی (۳/۹-۵/۴)	ناراحت‌کننده (>۵/۴)
T1	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
T2	ضعیف	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
T3	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
B1	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
B2	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-
B3	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	خوب	خوب	-

جدول شماره ۱۴: محدوده راحتی سرعت و جهت باد برای انجام انواع فعالیت‌ها مربوط به سردترین روز ماه سال در بافت شطرنجی

گونه‌بندی معابر و بلوک‌ها	سرعت باد در سردترین ماه سال (m/s)				جهت باد در سردترین ماه سال (deg)			
	نشستن (۰-۲/۶)	ایستادن (۲/۶-۳/۹)	پیداده روی (۳/۹-۵/۴)	ناراحت‌کننده (>۵/۴)	نشستن (۰-۲/۶)	ایستادن (۲/۶-۳/۹)	پیداده روی (۳/۹-۵/۴)	ناراحت‌کننده (>۵/۴)
T1	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
T2	ضعیف	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
T3	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
B1	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
B2	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
B3	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-

دلیل عمود بودن بر جهت باد در وضعیت مطلوبی قرار دارد. به دلیل ارتفاع ساختمان‌ها و تیز گوشه بودن آنها و همچنین ورودی ناگهانی باد بدون مانع به ورودی‌های فرعی باعث شده که در مدخل ورودی‌ها و گوشه‌ها، جریان‌های گردابی ثانویه‌ای به وجود آید و بر سرعت باد بیفزاید. در بین ساختمان‌ها به دلیل پایین آمدن نسبت انسداد باعث گردیده تغییر جهت افزایش یابد که این محدوده‌ها در فصل زمستان فضای سرد و خشکی را ایجاد می‌کنند و باعث آزار شهروندان می‌گردد. سرعت انسداد در این بافت بیشتر از سرعت باد است و برای گرمایش محیط مناسب است. در نهایت پس از تحلیل و بررسی میزان سرعت و جهت باد مورفولوژی بافت شطرنجی، نقاط قوت و ضعف بافت به شرح زیر به دست آمد:

با توجه به تحلیل خروجی‌های به دست آمده از جدول‌های شماره ۱۳ و ۱۴ و همچنین پارامترهای مرتبط بین محیط باد و مورفولوژی شهری در جدول شماره ۱، به این نتیجه می‌رسیم که مستقیم‌الخط و یکنواختی معابر با دیوارهای ممتد دلیلی دیگر بر افزایش میزان سرعت باد و به وجود آمدن اثر کانال شده است. هنگامی که باد موازی با جهت معبر بوزد، زمینه نفوذ باد و تهویه هرچه بیشتر شهر فراهم می‌آید. از طرفی به دلیل ارتفاع ساختمان‌ها، باعث گردیده حرکت باد به سمت پایین کشیده شود و این خود باعث تهویه عبوری بیشتر و افزایش سرعت باد می‌شود. سرعت باد در فضای مستطیل شکل وسط بافت به دلیل نسبت مناسب عرض محوطه به ارتفاع ساختمان‌های مجاور در سطح مطلوبی قرار دارد. در خیابان‌های شمالی-جنوبی هم سرعت باد به

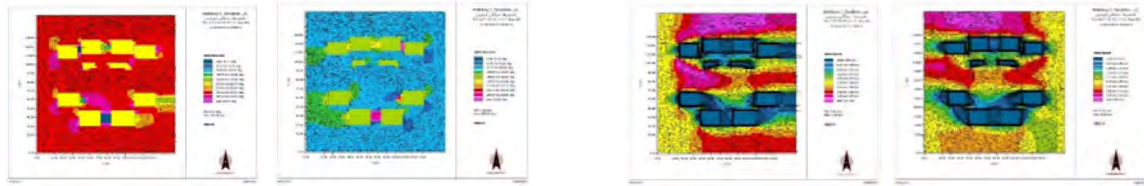
جدول شماره ۱۵: نقاط قوت و ضعف به دست آمده براساس تحلیل‌ها در بافت شطرنجی

نقاط ضعف	نقاط قوت
۱. سرعت نسبتاً بالای باد در مدخل ورودی‌های معابر شرقی-غربی و ایجاد جریان‌های گردابی	۱. موازی بودن فضای میدان با جهت باد غالب و کاهش تلاطم باد
۲. تیز گوشه بودن ساختمان‌ها و ایجاد جریان‌های گردابی	۲. سرعت انسداد بالا و برای گرمایش محیط در زمستان مناسب است
۳. ساختار خطی و به وجود آمدن اثر کانال شده باد	۳. نسبت مناسب ارتفاع به عرض معابر برای خروج آلودگی‌ها و کم شدن جزایر حرارتی
۴. سرعت برای فعالیت نشستن بالا	
۵. تغییر تند و ناگهانی در ارتفاع و افزایش سرعت باد	
۶. موازی بودن معابر یا جهت باد	

می‌دهد. در جدول شماره ۱۶ به تیپ‌بندی گونه‌بندی معابر و فضاهای شهری و در جدول شماره ۱۷ به گونه‌بندی بلوک‌ها به صورت مجزا پرداخته می‌شود.

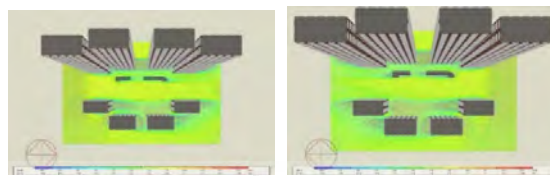
### ۴.۳. بررسی نتایج جریان باد و اثرات متقابل آن در بافت بلندمرتبه گسسته

خروجی‌های به دست آمده (تصاویر شماره ۸-۹-۱۰) از دو نرم‌افزار شبیه‌سازی حداقل و حداکثری را به صورت گرافیکی و عددی نشان



تصویر شماره ۹: خروجی جهت باد روزهای گرم‌ترین و سردترین ماه سال بافت بلندمرتبه گسسته، نرم‌افزار Envi-met

تصویر شماره ۸: خروجی سرعت باد روزهای گرم‌ترین و سردترین ماه سال بافت بلندمرتبه گسسته، نرم‌افزار Envi-met



تصویر شماره ۱۰: خروجی سرعت و جهت باد گرم‌ترین و سردترین ماه سال بافت بلندمرتبه گسسته، نرم‌افزار Design Builder

### جدول شماره ۱۶: بررسی سرعت و جهت باد در گونه‌بندی معابر و فضای شهری در بافت بلندمرتبه گسسته

گونه‌بندی معابر و فضای شهری	سرعت باد در گرم‌ترین ماه سال (m/s)		جهت باد در گرم‌ترین ماه سال (deg)		سرعت باد در سردترین ماه سال (m/s)		جهت باد در سردترین ماه سال (deg)						
	ورودی	کل معبر یا فضا	ورودی	کل معبر یا فضا	ورودی	کل معبر یا فضا	ورودی	کل معبر یا فضا					
	معیر	حداقل	حداکثر	معیر	حداقل	حداکثر	معیر	حداقل	حداکثر				
T1	معابر شمالی-جنوبی با عرض ۱۶	۱,۷۳	۰,۴۷	۱,۷۳	۷۳,۱۳	۱۰۸,۹۷	۳۲۴,۰۰	۱,۲۳	۰,۴۲	۰,۸۳	۲۵۱,۶۲	۳۶,۱۵	۳۲۳,۴۴
T2	معابر شمالی-جنوبی با عرض ۶	-	۰,۴۷	۳,۸۴	-	۳۷,۳۰	۳۲۴,۰۰	-	۰,۴۲	۳,۶۷	-	۳۶,۱۵	۳۲۳,۴۴
T3	معابر شمالی-جنوبی با عرض ۵	۱,۳۱	۰,۴۷	۱,۷۳	۷۳,۱۳	۳۷,۳۰	۳۲۴,۰۰	۱,۲۳	۰,۴۲	۱,۲۳	۲۵۱,۶۲	۳۶,۱۵	۳۲۳,۴۴
T4	معابر شرقی-غربی با عرض ۳	-	۲,۱۵	۳,۸۴	-	۷۳,۱۳	۱۰۸,۹۷	-	۱,۶۴	۳,۲۶	-	۲۱۵,۷۱	۲۵۱,۶۲
T5	معابر شرقی-غربی با عرض ۴	-	۱,۳۱	۳,۰۰	-	۳۷,۳۰	۱۰۸,۹۷	-	۰,۸۳	۳,۲۶	-	۲۵۱,۶۲	۲۸۷,۵۳
T6	معابر شرقی-غربی با عرض ۵	-	۰,۴۷	۲,۱۵	-	۳۷,۳۰	۱۰۸,۹۰	-	۰,۴۲	۲,۵۴	-	۲۱۵,۷۱	۲۸۷,۵۳
T7	معابر شرقی-غربی با عرض ۱۰	-	۱,۳۱	۲,۱۵	-	۳۷,۳۰	۱۰۸,۹۷	-	۰,۸۳	۱,۶۴	-	۲۵۱,۶۲	۲۸۷,۵۳
T8	معابر شرقی-غربی با عرض ۱۲	-	۰,۴۷	۲,۱۵	-	۳۷,۳۰	۷۳,۱۳	-	۰,۴۲	۲,۰۵	-	۲۵۱,۶۲	۲۸۷,۵۳
T9	فضای شهری وسط با مساحت ۲۶۷۷	-	۲,۱۵	۳,۸۴	-	۷۳,۱۳	۱۰۸,۹۷	-	۱,۶۴	۳,۶۷	-	۲۵۱,۶۲	۲۸۷,۵۳
T10	فضاهای شهری کنار با مساحت ۹۸۸	-	۱,۷۳	۳,۰۰	-	۳۷,۳۰	۱۰۸,۹۷	-	۱,۲۳	۳,۲۶	-	۲۱۵,۷۱	۲۸۷,۵۳

### جدول شماره ۱۷: بررسی سرعت و جهت باد در گونه‌بندی بلوک‌ها در روزهای گرم‌ترین و سردترین ماه سال بافت بلندمرتبه گسسته

گونه‌بندی بلوک‌ها	سرعت باد در گرم‌ترین ماه سال (m/s)		جهت باد در گرم‌ترین ماه سال (deg)		سرعت باد در سردترین ماه سال (m/s)		جهت باد در سردترین ماه سال (deg)		
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	
B1	شرقی-غربی ۳۰ طبقه	۰,۴۷	۰,۸۹	۱۴۴,۸۱	۱۸,۶۵	۰,۴۲	۰,۸۳	۱۷۹,۸۰	۲۱۵,۷۱
B2	شرقی-غربی ۸ طبقه	۰,۴۷	۰,۸۹	۱۴۴,۸۱	۱۸,۶۵	۰,۸۳	۰,۸۳	۱۷۹,۸۰	۲۱۵,۷۱
B3	شرقی-غربی ۳ طبقه	۰,۴۷	۰,۸۹	۱۴۴,۸۱	۱۸,۶۵	۰,۸۳	۰,۸۳	۱۷۹,۸۰	۲۱۵,۷۱

محدوده راحتی سرعت و جهت باد برای هرکدام از فعالیت‌ها به صورت مجزا (ستون‌های مجزا در جدول‌های زیر) پرداخته می‌شود.

در نهایت به تحلیل و بررسی اعداد به دست آمده از جدول‌های شماره ۱۶ و ۱۷ در دو جدول مجزا (جدول‌های شماره ۱۸-۱۹) با توجه به پارامترهای به دست آمده از جدول‌های شماره ۲ و ۳ در ارتباط با

جدول شماره ۱۸: محدوده راحتی سرعت و جهت باد برای انجام انواع فعالیت‌ها مربوط به گرم‌ترین روز در بافت بلندمرتبه گسسته

گونه‌بندی معابر و بلوک‌ها	سرعت باد در گرم‌ترین ماه سال (m/s)				جهت باد در گرم‌ترین ماه سال (deg)			
	نشستن (۰-۲/۶)	ایستادن (۲/۶-۳/۹)	پیاپیاده‌روی (۳/۹-۵/۴)	ناراحت‌کننده (>۵/۴)	نشستن (۰-۲/۶)	ایستادن (۲/۶-۳/۹)	پیاپیاده‌روی (۳/۹-۵/۴)	ناراحت‌کننده (>۵/۴)
T1	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ناراحت‌کننده
T2	ضعیف	ضعیف	خوب	-	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ناراحت‌کننده
T3	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ناراحت‌کننده
T4	ضعیف	ضعیف	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
T5	ضعیف	ضعیف	خوب	-	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ناراحت‌کننده
T6	ضعیف	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ناراحت‌کننده
T7	ضعیف	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ناراحت‌کننده
T8	ضعیف	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ناراحت‌کننده
T9	ضعیف	ضعیف	خوب	-	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ناراحت‌کننده
T10	ضعیف	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ناراحت‌کننده
B1	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
B2	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
B3	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-

جدول شماره ۱۹: محدوده راحتی سرعت و جهت باد برای انجام انواع فعالیت‌ها مربوط به سردترین روز در بافت بلندمرتبه گسسته

گونه‌بندی معابر و بلوک‌ها	سرعت باد در سردترین ماه سال (m/s)				جهت باد در سردترین ماه سال (deg)			
	نشستن (۰-۲/۶)	ایستادن (۲/۶-۳/۹)	پیاپیاده‌روی (۳/۹-۵/۴)	ناراحت‌کننده (>۵/۴)	نشستن (۰-۲/۶)	ایستادن (۲/۶-۳/۹)	پیاپیاده‌روی (۳/۹-۵/۴)	ناراحت‌کننده (>۵/۴)
T1	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ناراحت‌کننده
T2	ضعیف	ضعیف	خوب	-	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ناراحت‌کننده
T3	ضعیف	ضعیف	خوب	-	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ناراحت‌کننده
T4	ضعیف	ضعیف	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
T5	ضعیف	ضعیف	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
T6	ضعیف	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
T7	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
T8	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
T9	ضعیف	ضعیف	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
T10	ضعیف	ضعیف	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
B1	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
B2	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-
B3	خوب	خوب	خوب	-	ضعیف	ضعیف	خوب	-

است. براین اساس در مقابل نمای ساختمان‌های بلندپاکت فشار باد شکل می‌گیرد که جریان رو به پایین و قوی را سبب می‌شود. جریان هوا در برخورد با نقطه ایستایی در ساختمان‌های بلندمرتبه یک جریان معکوسی دارد که باعث افزایش جریان‌های کوچک گردابی پشت به باد به وسیله ساختمان‌های کوتاه اطراف می‌شود و یک جریان گردابی شدید را نزدیکی سطح زمین به وجود می‌آورد. ساختمان‌های بلندمرتبه باعث تشدید اثرات باد (گوشه، دنباله و گردابی پایین‌رونده) در بافت شده‌اند. همچنین قرار گرفتن فضای شهری رو به روی این

با توجه به تحلیل خروجی‌های به دست آمده از جدول‌های شماره ۱۸ و ۱۹ و همچنین پارامترهای مرتبط بین محیط باد و مورفولوژی شهری در جدول شماره ۱، ساختمان‌های بلندمرتبه باعث شدت جریان هوا در منطقه می‌شود. تغییر ارتفاع ساختمان بلندمرتبه با ساختمان‌های دیگر نباید بیشتر از ۱۰۰ درصد باشد، در غیر این صورت سرعت باد در خیابان شدید شده و دچار آشفتگی و تلاطم می‌گردد. ساختمان‌های مرتفع در معرض جریان باد اصلی قرار دارند که بالای سطح کلی آسمانه شهری می‌وزد و از جریانی که در میانه آسمانه شهری می‌وزد، قوی‌تر

کمتر از سرعت باد است که برای سرمایه‌ی محیط مناسب است. در نهایت پس از تحلیل و بررسی میزان سرعت و جهت باد مورفولوژی بافت بلندمرتبه گسسته، نقاط قوت و ضعف بافت به شرح زیر به دست آمد:

ساختمان‌ها باعث سلب آسایش شهروندان گردیده است. کشیدگی ساختمان‌های شرقی-غربی باعث کم شدن اثرات گوشه شده است. عرض زیاد معبر شمالی-جنوبی در جنوب سایت باعث ورود بادهای توفنده نامطلوب به سایت شده است. سرعت انسداد در این بافت

جدول شماره ۲۰: نقاط قوت و ضعف به دست آمده مربوط به گرم‌ترین و سردترین ماه سال در بافت بلندمرتبه گسسته

نقاط ضعف	نقاط قوت
۱. تغییرتند و ناگهانی در ارتفاع ساختمان‌ها و بالا رفتن سرعت باد ۲. تیز گوشه بودن ساختمان‌ها و به وجود آمدن جریان‌های گردابی ۳. به وجود آمدن پاکت فشار باد در جلوی ساختمان‌های بلندمرتبه ۴. سرعت بالا و خارج از محدوده راحتی ۵. الگوی خیابانی گسسته و کشیده شدن بادهای پایین و ایجاد محیطی بالقوه ناراحت‌کننده ۶. موازی بودن معابر با جهت باد ۷. ساختمان‌های بلندمرتبه باعث شدت جریان هوا در منطقه ۸. تغییر ارتفاع ساختمان بلندمرتبه با ساختمان‌های دیگر بیشتر از ۱۰۰ درصد ۹. ساختمان‌های بلندمرتبه باعث تشدید اثرات باد (گوشه، دنباله و گردابی پایین‌رونده) ۱۰. عرض زیاد معبر شمالی-جنوبی در جنوب سایت باعث ورود بادهای توفنده نامطلوب	۱. موازی بودن فضای میدان با جهت باد غالب ۲. سرعت انسداد پایین و مناسب برای سرمایه‌ی محیط

باد بر اساس مقیاس بوفورت در دسته نسیم متوسط قرار دارد و بر اساس محدوده راحتی برای انجام فعالیت‌های نشستن و ایستادن و پیاده‌روی شهروندان را با مشکلات زیادی مواجه می‌کند و احساس ناراحتی زیادی خواهند نمود. با توجه به تحلیل‌های به دست آمده از بافت‌های سنتی، شطرنجی و بلندمرتبه گسسته برای رفع نقاط ضعف هر یک از بافت‌ها (جدول‌های شماره ۱۰-۱۵-۲۰) راهبردهایی اتخاذ گردید. این راهبردها به مثابه سند اجرایی، حاوی راهکارهای مداخله است که می‌تواند توسعه‌دهنده را آموزش و تشویق به شکل مطلوب توسعه کند و نحوه برخورد با موضوع را نیز مورد آزمون مجدد قرار دهد. همچنین به علت گستردگی محدوده شهری روش‌های پیشنهادی در این پژوهش می‌تواند تحلیل‌های حداکثری برای اقدامات کاربردی به منظور کاهش اثرات منفی جریان باد برای مدیریت شهری در شهر اصفهان را به ارمغان آورد.

#### ۴.۴. جمع بندی نتایج جریان باد و اثرات متقابل آن در بافت‌های سنتی، شطرنجی و بلندمرتبه گسسته

نتایج شبیه‌سازی عددی در بافت سنتی نشان داد که حداقل حداکثر سرعت و جهت باد بر اساس مقیاس بوفورت (جدول شماره ۲) در دسته نسیم ملایم قرار دارد و بر اساس محدوده راحتی برای انجام فعالیت‌ها (جدول شماره ۳) شهروندان را با مشکل روبه‌رو نمی‌کند و بافت در محدوده آسایش قرار دارد. نتایج شبیه‌سازی عددی در بافت شطرنجی نشان داد که حداقل و حداکثر سرعت و جهت باد بر اساس مقیاس بوفورت در دسته نسیم متوسط قرار دارد و بر اساس محدوده راحتی برای انجام فعالیت‌های نشستن و ایستادن شهروندان را با مشکل روبه‌رو نمی‌کند، اما برای فعالیت پیاده‌روی کمی شهروندان احساس ناراحتی خواهند نمود. همچنین نتایج شبیه‌سازی بافت بلندمرتبه گسسته نشان داد که حداقل و حداکثر سرعت و جهت

جدول شماره ۲۱: گزاره‌های راهنمای طرح (راهبردهای عملیاتی) ←

طراحی مصدق	مستندات علمی	راهنمای طراحی
	معبر شمال شرقی-جنوب غربی با ۱۶-۳۰ درجه انحراف با عرض ۳ متر در بافت سنتی	برای دستیابی بیشینه به تهویه عبوری و حرکت هوا در خیابان‌ها، جهت بلوارها و توده‌های ساختمانی (کشیدگی شرقی-غربی) ۲۰ تا ۳۰ درجه نسبت به جهت بادهای تابستانی غالب قرار گیرد.
	معابر شرقی-غربی و شمالی-جنوبی در بافت شطرنجی	برای جلوگیری از هوای محبوس در فضای معبر و آلودگی‌ها و کنترل بادهای مزاحم توصیه می‌شود از ایجاد خیابان‌های طولانی با دیواره ممتد اجتناب شود.
	معبر شرقی-غربی با عرض ۳-۴ متر در بافت سنتی	برای پیشگیری از اثر ونتوری و جریان باد متلاطم می‌بایست از ساخت خیابان‌های قیفی شکل پرهیز شود. اگر بافتی با ساختار قیفی موجود باشد، برای جلوگیری از به وجود آمدن اثر ونتوری، عرض دهانه تنگ خیابان (W) می‌بایست از نصف ارتفاع (H) متوسط ساختمان‌های دو طرف معبر کمتر نباشد و از چهار برابر آن نیز تجاوز نکند.
	مداخلات در بافت سنتی که باعث گردش بهتر باد و حذف شدن جریان‌های گردابی گردید.	به منظور جلوگیری از اثرات گردابی در ضلع‌های چهارگوشه بلوک‌ها، گوشه‌ها را پخ زده تا باد راحت‌تر گردش کند و اثرات گردابی حذف گردد.
	بافت سنتی	برای تخلیه بهتر آلودگی‌ها و دو طرف خیابان‌ها می‌بایست از نظر ارتفاعی نامتقارن باشند.

← ادامه جدول شماره ۲۱: گزاره‌های راهنمای طرح (راهنمادهای عملیاتی)

طراحی مصداقی	مستندات علمی	راهنمای طراحی
	بافت شطرنجی	توصیه می‌شود درون معبر خطی طولانی با جداره صلب و ممتد به دلیل شرایط نامطلوب و تلاطمی که اثر کانال ایجاد می‌کند، فضای باز مکث قرار نگیرد (اگر فضای شهری درون معبر ممتد و طولانی واقع شده باید برای محافظت فضا از اثر کانال تمهیداتی از قبیل بادشکن سنجید).
	بافت بلندمرتبه گسسته	به منظور تأمین آسایش پیاده در برابر باد می‌بایست از قرار دادن فضاهای شهری نزدیک به ساختمان‌هایی که بلندتر از میانگین ارتفاع منطقه شهری اطراف هستند، دوری شود.
	مداخله صورت گرفته در بافت‌های شطرنجی و بلندمرتبه گسسته برای کاهش سرعت باد	طراحی بادشکن با استفاده از ترکیبی از گیاهان برگ‌ریز، همیشه‌سبز و بوته‌های کوتاه و با زاویه ۴۵ درجه نسبت به جهت وزش باد برای ایجاد بیشترین تأثیر در برابر باد (در بافت‌های ردیفی، معیار هم‌راستا با جهت وزش باد نامطبوع باید دارای بادشکن در مدخل جهت وزش باد نامطبوع خود باشد)
	ساختمان‌های ۳۰ طبقه بدون تغییر در فرم و ارتفاع یکنواخت در بافت بلندمرتبه گسسته و به وجود آوردن شرایط نامساعد	برای کاهش بادهای نامطلوب در فضاهای شهری در فصل سرد می‌بایست ساختمان‌هایی که از ساختمان‌های مجاور رو به باد خود خیلی بلندتر هستند، باید به صورت پله‌دار و با عقب‌نشینی طراحی شوند. عقب‌نشینی باید از شش تا ۱۰ متر بالاتر از سطح خیابان شروع شود.
	ساختمان‌های ۳۰ طبقه و فرم مستطیلی در بافت بلندمرتبه گسسته و به وجود آوردن شرایط نامساعد	جهت کاهش اثر گردابی پایین رونده و در نتیجه ارتفاعی شرایط آسایش در برابر باد زمستان می‌بایست ساختمان‌های بلند باید دارای گوشه‌های گرد و آیرودینامیک باشند و نمای باریک آن به سمت باد زمستانی بوده و یا نسبت به جهت باد زاویه‌دار باشد.
	پنج برابر بودن ارتفاع ساختمان‌های بلندمرتبه نسبت به ساختمان‌های اطراف در بافت بلندمرتبه گسسته	جهت تضعیف اثر دنباله ایجاد شده توسط ساختمان‌های بلند ارتفاع آنها باید کمتر از دو برابر ارتفاع متوسط ساختمان‌های مجاور رو به باد باشد.
	ساختمان‌های ۳۰ طبقه در بافت بلندمرتبه گسسته و به وجود آوردن شرایط نامساعد	به منظور پیشگیری از جریان‌های متلاطم باد در سطح پیاده‌تاجایی که ممکن است می‌بایست از ساخت ساختمان‌های بلندمرتبه (بیش از ۲۵ متر) در اطراف فضاهای شهری پرهیز شود.
	ساختمان‌های ۳۰ طبقه بدون تغییر در فرم و ارتفاع یکنواخت در بافت بلندمرتبه گسسته و به وجود آوردن شرایط نامساعد	برای جلوگیری از تلاطم باد در سطح پیاده در اطراف ساختمان‌های بلندمرتبه توصیه می‌شود دهانه وسیعی از نمای ساختمان بلندمرتبه در ارتفاعی بلندتر از ساختمان‌های مجاور به صورت خالی طراحی شود.
	بهترین گزینه بین سه بافت مورد مطالعه بافت سنتی است.	تغییر تدریجی ارتفاع ساختمان‌هایی که نسبت به جهت باد غالب اریب باشند، جریان باد را در خیابان‌ها کمتر می‌کند (تغییر تدریجی ارتفاع باعث می‌شود که بخش عمده از بادهای سرد از بالای ساختمان‌ها عبور کند).

## ۵. نتیجه‌گیری

آسایش حرارتی با نواقص چشمگیری ظاهر شده است؛ بنابراین می‌توان اذعان نمود که تحلیل‌ها و نتایج بررسی شده از بافت سنتی به‌عنوان شاهدی در اثبات الگوی بهینه و سازگار با جریان‌های باد شهری در عملکرد و پایداری شکل شهر است. بنابراین برای ساختار هندسی و پیکربندی شکل شهر در الگوهای پایداری شهری باید به صورت ترکیبی از این شاخص‌ها در طراحی شکل شهر منطبق بر انرژی کارا بهره‌جست. به‌جرت می‌توان گفت که تحقق طراحی شهری انرژی کارا در گرو، بلازنگری شهرسازی معاصر و بررسی تأثیرات مثبت و منفی شاخص‌های مورفولوژی شهری همچنین تصمیم‌گیری صحیح در مورد ساختار شهری، از جمله الگوی قطعه‌بندی زمین، ویژگی‌های کالبدی ساختمان، شبکه معابر، فضاهای باز و نهایتاً بلوک‌بندی ساختمان در ارتباط با مصرف انرژی در شهرها و ساختمان‌هاست و (۴) همچنین نتیجه به دست آمده از بررسی دو نرم‌افزار بدین صورت نشان داد که

محیط‌های ساخته شده تأثیر مهمی در عملکرد باد شهری دارد. نتایج در این مطالعه به صورت کلی و یکپارچه نشان داد که (۱) نتایج مقادیر مختلف باد در انواع مختلف بافت شهری متفاوت است که دلالت بر تأثیر بسیار بالای مورفولوژی شهری دارد و رابطه قوی و معنی‌داری بین این دو متغیر وجود دارد، (۲) عملکرد باد در بافت سنتی در جهت بهره‌مندی از پتانسیل انرژی طبیعی باد و گسترش محدوده آسایش شهروندان، بهترین عملکرد را داراست، (۳) در طراحی بافت‌های شطرنجی و بلندمرتبه گسسته اصول و ضوابط طراحی اقلیمی رعایت نگردیده و پیرو آن مشکلات خاصی در ارتباط با هر یک از عناصر اقلیمی به خصوص جریانات باد شهری که موضوع تخصصی این مقاله است، ایجاد شده و متأسفانه طراحی شهری معاصر ایران در ارتباط با چگونگی تعریف فرم کالبدی بافت شهری و بحث‌های مربوط به بهره‌وری انرژی و

- Thesis, Urban development studies, Tehran University of Science and Research. [in Persian]
- Changalvaiee, Y, Behzadfar, M. Mohammadi, M. Saedehzarabadi, Z. (2016(b)). "An Operational Approach to Evaluating Mainstream Sustainable City Streams Focusing on the Boom-Kara City Shape Model. Case Study: Morphology-Species of Isfahan". Journal of Urban Studies, No 28. 55-64. [in Persian]
  - Changalvaiee, Y, Behzadfar, M. Mohammadi, M. Saedehzarabadi, Z. (2017). "Urban Morphology and Energy Performances: Investigating the Impacts of Urban Openness Factor on Theoretical Energy Demand, Case Study: Isfahan Urban Morphological Types". Armanshahr Architecture & Urban Development, 10(18), 133-147, ISSN: 2008-5079, EISSN: 2538-2365. [in Persian]
  - Comfort, A. S. o. C. E. T. C. o. O. H. (2003). "Outdoor Human Comfort and its Assessment: State of the Art", Task Committee on Outdoor Human Comfort, American Society of Civil Engineers.
  - Eicker, U, Monien, D, Duminil, E, Nouvel, R. (2015). "Energy performance assessment in urban planning competitions". Applied Energy 155, 323-333.
  - Group, E. E. p. (2016-2017). "Wind energy barometer". (www.eurobserv-er.org) (accessed January 2017).
  - Li, X., & Xue, F. (2018). "Bayesian inversion of inflow direction and speed in urban dispersion simulations". Building and Environment, 144, 555-564.
  - Liu, S., Pan, W., Zhao, X., Zhang, H., Cheng, X., Long, Z., & Chen, Q. (2018). "Influence of surrounding buildings on wind flow around a building predicted by CFD simulations". Building and Environment, 140, 1-10.
  - Lynch, K. (1981). "A Theory of Good City Form". Cambridge, MA: MIT Press.
  - Mortezaei, G, Mohammadi, M. Nasrollahi, F. Ghalehnoee, M. (2016). "The Frame-Layers of Tissues More Than Energy Efficiency: A Case Study of Sepahan". Sustainability and Energy Planning Communities, No 9, 147-177. [in Persian]
  - Nations, U. (2015). "Department of economic and Social Affairs. World population ageing, 2015". <http://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf> (Accessed 21.5.2017).
  - Office, I. M. (2016). "Isfahan Climate Profile". [in Persian]
  - Oke, T.R. (2004). "Siting and exposure of قدرت و دقت شبیه‌سازی عددی نرم‌افزار Envi-met به دلیل تمرکز و طراحی این نرم‌افزار در رشته شهرسازی بیشتر از نرم‌افزار Builder است و مستندات دقیق‌تری در اختیار محققان قرار می‌دهد. در پایان می‌توان گفت، نتایج در این مطالعه نشان داد که مورفولوژی شهری تأثیرات مهمی بر جریان‌ات باد، پراکندگی آلودگی‌ها، تهویه فضاهای باز، آسایش حرارتی، جزایر گرمایی و... دارد. بنابراین نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان بخشی از برنامه‌ریزی شهری و طراحی شهری برای بازنگری بر روی مورفولوژی شهری در نظر گرفته شود تا اثرات مثبت تهویه شهری، جریان‌ات باد شهری، آسایش حرارتی و... در نهایت کارایی انرژی به حداکثر برسد. تحولات آتی این تحقیق که هم‌اکنون در دست بررسی است با هدف بررسی گسترده بر روی تمامی عوامل مرتبط اقلیمی و تأثیرگذار بر مورفولوژی شهری و در نهایت رسیدن به الگوی بهینه و پایدار برای شهر اصفهان و تمامی اقلیم‌ها در ایران، در کنار عوامل بررسی شده این تحقیق در نظر گرفته شده است.
- References::**
- Abd Razak, A., Hagishima, A., Awang Sa, Z. A., & Zaki, S. A. (2016). "Progress in wind environment and outdoor air ventilation at pedestrian level in urban area". Paper presented at the Applied Mechanics and Materials, 819 (2016) 236-240.
  - Ahmadi vanhare, A, Mahdizadehe hakak, A. (2015). "The basis of which is energy and energy consumption in the process of creating more efficient". Paper presented at the International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development 29-31 December 2015, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. [in Persian]
  - Allegrini, J, Dorer, V, Carmelie, J. (2015). "Influence of morphologies on the microclimate in urban neighborhoods". J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 144, 108-117.
  - Bakarman MA, Chang JD. (2015). "The Influence of Height/width Ratio on Urban Heat Island in Hot-arid Climates". Procedia Engineering. 118:101-8.
  - Blocken, B. (2015). "Computational Fluid Dynamics for urban physics: importance, scales, possibilities, Limitations and ten tips and tricks towards accurate and reliable simulations", Building and Environment. 91, 219-245.
  - Change, D. o. E. a. C. (2012). "The Energy Efficiency Strategy: The Energy Efficiency Opportunity in the UK". Paper presented at the Department of Energy and Climate Change, London. 16.18.
  - Changalvaiee, Y. (2016(a)). "Investigating the Relationship between Metabolism and Urban Morphology, The case of Isfahan city region", PhD



- meteorological instruments at urban sites". In Air pollution modeling and its application XVII (pp. 615-631): Springer.
- Palme, M., Clemente, C., & Buxeda, A. I. (2015). "Climate change and urban form: Simulation studies in temperate climates". Proceedings of the International conference PLEA (Passive and Low Energy Architecture, Bologna, Italy).
  - Peng, Y., Gao, Z., Buccolieri, R., & Ding, W. (2019). "An Investigation of the Quantitative Correlation between Urban Morphology Parameters and Outdoor Ventilation Efficiency Indices". Atmosphere, 10, 33; doi:10.3390/atmos10010033.
  - Stathopoulos, Ted. (2009), "Wind and Comfort. EACWE", Paper presented at the Proceedings of European-African Conference on Wind Engineering (EACWE 5). International Association for Wind Engineering, Florence Italy (July).
  - Szucs, A. (2013), "Wind comfort in a public urban space—Case study within Dublin Docklands", Frontiers of Architectural Research, 2, 50–66.
  - Tamura, Y., & Yoshie, R. (2016). "Advanced Environmental Wind Engineering". Springer
  - Troy, P., Holloway, D., Pullen, S., & Raymond, B. (2010), "Embodied and Operational Energy Consumption in the City". Urban Policy and Research, 21, 1, pp 9-44.
  - Wang, B., Cot. L.D, Adolphe. L, Geoffroy. S, Sun. S. (2017), "Cross Indicator Analysis between Wind Energy Potential and Urban Morphology", Renewable Energy 113, 989-1006.
  - Wang, B, Cot. L.D, Adolphe. L, Geoffroy. S, Morchain. J. (2014). "The Impact of Urban Form on Wind Energy Potential". In Oliveira V, Pinho P, Batista L, Patatas T and Monteiro C (eds.) (2014) Our common future in Urban Morphology, FEUP, Porto (pp1166-1175). ISBN: 978-972-99101-6-6.
  - Wang, B., Sun, S., & Duan, M. (2018). "Wind potential evaluation with urban morphology - A case study in Beijing". Energy Procedia, 153, 62-67.
  - Xue, F., & Li, X. (2017). "The impact of roadside trees on traffic released PM10 in urban street canyon: Aerodynamic and deposition effects", Sustainable Cities and Society, 30, 195-204.
  - Yuan, C., Ng, E., & Norford, L. K. (2014). "Improving air quality in high-density cities by understanding the relationship between air pollutant dispersion and urban morphologies", Building and Environment, 71, 245-258.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
 رتال جامع علوم انسانی

نحوه ارجاع به مقاله:

بابایی فروشانی، زهرا؛ چنگلویایی، یونس، (۱۳۹۹)، تأثیر الگوهای مرفولوژی شهری سنتی و نوین بر جریان باد و اثرات متقابل آن با رویکرد انرژی کارا (نمونه مورد مطالعه: شهر اصفهان)، مطالعات شهری، 10 (37)، 127-141. doi: 10.34785/J011.2021.781/Jms.2021.141. http://www.urbstudies.uok.ac.ir/article\_61437.html

#### Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Motaleate Shahri. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

