

# Evaluating the effects of Urban planning Principles on Outdoor Thermal comfort with an emphasis on Wind flow through Large Eddy Simulation (Case Study: row housing pattern in Isfahan)

**Samaneh Heidari** - Department of Urban Planning, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

**Golnaz Mortezaei**<sup>1</sup> - Department of Urban Planning, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

---

Received: 25 May 2020    Accepted: 5 October 2020

## Highlights

- The effect of some urban planning criteria on wind flow has been evaluated through a new method called Large Eddy Simulation.
- Simulation analysis of different scenarios confirmed that among density, lot coverage ratio and altitude, lot coverage ratio is the most influential parameter on the air flow.
- Examining the effect of only density factor on air flow cant lead us to good conclusions about how wind flows.
- Fluctuations in different scenarios indicate that at the beginning and the end of the streets, the wind speed is faster than the middle.

---

## Introduction

Along with the rapid growth of urbanization and the issues of global warming, environmental pollution, the urban heat island, and climate change, thermal comfort has turned into one of the most influential factors in adaptation of the design of climate-related urban open spaces. Today, the high temperature in human-made areas has doubled the need to consider thermal comfort in open urban spaces. Thus, wind flow is regarded as one of the most influential climatic parameters, where the speed and movement of the wind affect human thermal comfort.

## Theoretical Framework

The traditional architecture and urban planning applied in the city of Isfahan, Iran makes up a unique local examples of Iranian architecture, which has been forced to provide many climatic solutions due to the hot, dry climatic conditions. In the past half century, however, a new pattern has emerged in building massing models as a result of the changes in the forms of housing space into different types of dense multi-family housing. Due to their extension and pervasiveness in Iran, these terraced housing models can be considered as part of the new urban planning trend in the country. Because of the increase in density and building surface ratios, however, part of the self-purification capacity of the urban environment has vanished, and certain construction models have become common in different climates with unfavorable conditions. As many cities are looking for solutions to apply compression and massing as far as possible, the drawbacks of the previous model have become more prominent, and a need has arisen for solutions to the current situation, in order to reduce the probable adverse consequences in the future. The consequences that may arise from this trend include a lack of thermal comfort in open urban spaces, an increase in heat exchange between indoor and outdoor spaces, and a rise in energy loss as a result. A master plan and an auxiliary force to urban designers and planners, the Booklet for Urban Planning and Building Regulations of the city of Isfahan always seeks to modify this

---

1 Responsible author: mortezaei.g@gmail.com

pattern in the current situation. In the present study, therefore, attempts are made to consider the existing directions in the booklet and examine the role of physical factors in wind flow and its extent in the new fabric of the city.

### Methodology

Due to its applied nature, this research uses the descriptive-analytical method and documentary and field techniques for data collection. Moreover, the large eddy simulation (LES) model is used for analysis of the defined scenarios.

### Results and Discussion

In order to achieve its purposes, the present study was designed in three phases. Thus, the effective physical indicators were first extracted through examination of the theoretical foundations related to thermal comfort, and their overlap with the directions in the Booklet for Urban Planning and Building Regulations of Isfahan was then studied. In the final step, LES was conducted through definition of the probable scenarios based on terrace housing models of the dominant line in the new fabric of Isfahan. An analysis of the simulation of different scenarios confirmed that an increase in lot coverage ratio, among the extracted indicators, caused a sharp decrease in speed ratio, while an increase in building height led to a decrease in speed ratio, and density exhibited a different effect, which could be interpreted along with the other criteria.

### Conclusion

Based on the results, lot coverage ratio is the most effective parameter on air flow in the area, and density is not a suitable criterion for such measurement. Moreover, the effect of a change in lot coverage ratio on wind speed is greater than that of a change in building height. As for passage width, the fluctuations in speed ratio on narrow streets are far more limited than those on wide alleys and streets. Thus, speed is higher at the beginning and end of an alley than at the middle. In scenarios where building height is set between 10.5 and 14 meters, therefore, proper conditions are provided for urban air quality, ventilation, and air pollution.

**Keywords:** Architecture and Urban Planning Principles, Thermal Comfort, Wind Flow, Large Eddy Simulation (LES), Isfahan Terrace Housing Models.

**Citation:** Heidari, S., Mortezaei, G. (2020) Evaluating the effects of Urban planning Principles on Outdoor Thermal comfort with an emphasis on Wind flow through Large Eddy Simulation (Case Study: row housing pattern in Isfahan), *Motaleate Shahri*, 10(37), 113–126. doi: 10.34785/J011.2021.988/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.



# ارزیابی تاثیر ضوابط شهرسازی بر آسایش حرارتی فضاهای باز با تأکید بر جریان

## باد از طریق شبیه سازی پیچک های بزرگ<sup>۱</sup>

### نمونه مورد مطالعه: الگوهای مسکونی ردیفی شهر اصفهان

سمانه حیدری - دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه شهرسازی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.  
گلناز مرتضایی<sup>۲</sup> - استادیار، گروه شهرسازی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴ مهر ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: ۵ خرداد ۱۳۹۹

#### چکیده

همزمان با رشد سریع شهرنشینی و مطرح شدن مباحث مربوط به گرمایش زمین، جزایر گرمایی و تغییرات اقلیمی، جریان باد به عنوان یکی از تأثیرگذارترین عوامل در مناسب سازی طراحی فضاهای باز شهری مرتبط با آسایش حرارتی مطرح شده، به طوری که سرعت و نحوه حرکت باد بر آسایش حرارتی انسان تأثیرگذار است. در نیم قرن اخیر، بر اثر تغییر شکل سازمان فضایی بافت های شهری، الگوی جدیدی رواج یافته که با نیازهای اقلیمی شهر اصفهان مطابقت ندارد. با توجه به این که ضوابط شهرسازی و ساختمانی، سهم عمده ای در شکل دهی به بافت های شهری و تنظیم شرایط آسایش حرارتی به همراه دارد، پژوهش حاضر سعی دارد که با در نظر گرفتن محوریت های موجود در سند یاد شده، میزان تأثیرگذاری ضوابط شهرسازی و ساختمانی (سطح اشغال، ارتفاع، تراکم، تعداد طبقات و عرض گذر) در بافت جدید شهر اصفهان بر جریان باد را مورد ارزیابی قرار دهد. با توجه به ماهیت کاربردی این تحقیق، روش مورد استفاده در آن توصیفی-تحلیلی است و برای یافته اندوزی از روش های اسنادی و میدانی بهره جسته است. همچنین به منظور تجزیه و تحلیل سناریوهای تعریف شده، از مدل شبیه سازی پیچک های بزرگ استفاده گردیده است. در راستای دستیابی به اهداف پژوهش، مطالعه حاضر در سه گام متفاوت تعریف شده، به گونه ای که نخست با بررسی مبانی نظری مرتبط با آسایش حرارتی، شاخص های کالبدی تأثیرگذار استخراج گردیده سپس همپوشانی آنها با محورهای موجود در ضوابط شهرسازی و ساختمانی شهر اصفهان مورد بررسی قرار گرفته است. در گام پایانی نیز با تعریف سناریوهای محتمل بر اساس الگوهای مسکونی ردیفی غالب بافت جدید شهر اصفهان، شبیه سازی پیچک های بزرگ صورت پذیرفته است. تحلیل شبیه سازی سناریوهای مختلف مؤید این موضوع است که از میان شاخص های استخراج شده، سطح اشغال تأثیرگذارترین پارامتر بر روی جریان هوای محدوده است و تراکم معیار مناسبی برای سنجش این موضوع به شمار نمی آید. همچنین اثر تغییر سطح اشغال بر سرعت باد بیشتر از اثر تغییر ارتفاع ساختمان هاست. در ارتباط با عرض گذر، نوساناتی که سناریوهای مختلف بر نسبت سرعت در حیاط ها ایجاد می کنند، بسیار محدودتر از نوسانات ایجاد شده در کوچه ها و خیابان است. به طوری که در ابتدا و انتهای کوچه ها، سرعت بیشتر از بخش های میانی است. از این رو در سناریوهایی که ارتفاع ساختمان بین ۱۰/۵ تا ۱۴ متر تعریف شده، شرایط مطلوبی به منظور تهویه هوای شهری و کاهش آلودگی هوا فراهم است.

**واژگان کلیدی:** ضوابط شهرسازی و ساختمانی، آسایش حرارتی بیرونی، جریان باد، شبیه سازی پیچک های بزرگ، الگوهای مسکونی ردیفی شهر اصفهان.

#### نکات برجسته

- تأثیر برخی از ضوابط شهرسازی بر جریان باد از طریق روش جدیدی که شبیه سازی پیچک های بزرگ نامیده می شود، مورد ارزیابی قرار گرفته است.
- تجزیه و تحلیل شبیه سازی سناریوهای مختلف مؤید این موضوع است که از بین تراکم، سطح اشغال و ارتفاع، سطح اشغال مهمترین پارامتر تأثیرگذار بر جریان هوا می باشد.
- بررسی اثر تنها عامل تراکم بر جریان هوای محدوده، نمی تواند معیار مناسبی برای سنجش این موضوع باشد.
- نوسانات در سناریوهای مختلف نشان می دهد که در ابتدا و انتهای خیابان ها، سرعت باد بیشتر از بخش میانی است.

۱ این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته طراحی شهری با عنوان " راهنمای طراحی اقلیمی الگوهای ردیفی از طریق شبیه سازی پیچک های بزرگ (LES) با تأکید بر ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری شهر اصفهان " است که به وسیله نویسنده نخست و با راهنمایی نویسنده دوم در دانشگاه آزاد واحد نجف آباد دفاع شده است.

۲ نویسنده مسئول مقاله: mortezaei.g@gmail.com

## ۱. مقدمه

همزمان با رشد سریع شهرنشینی و مطرح شدن مباحث مربوط به گرمایش زمین، آلودگی محیط زیست، جزایر گرمایی شهرهای بزرگ و تغییرات اقلیمی، آسایش حرارتی به عنوان یکی از تأثیرگذارترین عوامل در مناسب سازی طراحی فضاهای باز شهری مرتبط با اقلیم مطرح شده است. به بیانی دیگر آسایش حرارتی به عنوان یکی از زیرمجموعه های آسایش محیطی بر پایه شرایط اقلیمی است که بحثی پیچیده قلمداد می شود (Heidari et al., 2013: 198). پیچیدگی مباحث مرتبط با آسایش حرارتی از یک سو با اقلیم به عنوان پدیده ای ناپایدار و از سوی دیگر با انسان مرتبط است (Ahmadpour et al., 2016: 59). حال چنانچه به محیط شهری به مثابه اکوسیستم نگریسته شود، برداشتن هر گامی به سوی پایداری زیست بوم، ولو خرد مقیاس تأثیری گسترده در سرتاسر سیستم طبیعی محله، شهر، منطقه و حتی کره زمین خواهد داشت (Rezazadeh et al., 2012: 166).

از نظر فانگرا شرایط آسایش حرارتی انسان از عوامل اقلیمی محیطی، دمای هوا، رطوبت نسبی، دمای متوسط تابشی و سرعت باد تأثیر می پذیرد (Baqaei et al., 2013: 62). از میان پارامترهای یاد شده جریان باد به عنوان یکی از تأثیرگذارترین عوامل در مناسب سازی طراحی فضاهای باز شهری مرتبط با اقلیم مطرح شده، به گونه ای که سرعت و نحوه حرکت باد بر آسایش حرارتی انسان تأثیرگذار است. با توجه به این که ضوابط شهرسازی و ساختمانی، سهم عمده ای در شکل دهی به بافت های شهری و تنظیم شرایط آسایش حرارتی به همراه دارد، اجرای ضوابط و مقررات مناسب در ساختمان ها و سطح شهر می تواند سهم عمده ای در تنظیم شرایط محیط و جریان باد داشته باشد. معماری و شهرسازی سنتی اصفهان، یکی از بومی ترین مصادیق منحصر به فرد معماری ایران است که با توجه به شرایط اقلیمی گرم و خشک، ناگزیر به خلق راهکارهای اقلیمی فراوان شده است. اما در نیم قرن اخیر، بر اثر تغییر شکل سازمان فضایی بافت های شهری الگوی جدیدی رواج یافته که با نیازهای اقلیمی این شهر سازگار نیست. به سبب گستردگی و فراگیر شدن این الگو ردیفی در کشور می توان از آن به عنوان بخشی از سنت جدید شهرسازی در کشور یاد کرد. این در حالی است که ساختمان سازی در اقلیم های مختلف با شرایط ناسازگار با اقلیم رواج یافته است. اکنون که بسیاری از شهرها در جست و جوی راه حل هایی برای فشردگی و تراکم هر چه بیشتر هستند، نقصان های الگوی پیشین برجسته تر شده است. در این میان طرح های شهرسازی مخصوصاً دفترچه ضوابط و مقررات شهرسازی و ساختمانی به عنوان طرحی فرادست می تواند در اصلاح هرچه بهتر این الگو نقش داشته باشد.

از این رو در پژوهش حاضر سعی بر اینست که با در نظر گرفتن محوریت های موجود در دفترچه ضوابط و مقررات شهرسازی و ساختمانی طرح تفصیلی شهر اصفهان، نقش و میزان تأثیر عواملی مانند ارتفاع، تراکم، تعداد طبقات، سطح اشغال و عرض معابر به عنوان شاخص های کالبدی تأثیرگذار بر جریان باد مورد ارزیابی قرار گیرد. با توجه به ضعف و نقصان ابزار و تکنیک های به کار گرفته شده در پژوهش های داخلی، در تحقیق پیش رو برای نخستین بار در حوزه

پژوهش های داخلی شهرسازی از مدل عددی شبیه سازی پیچک های بزرگ<sup>۲</sup> که مدلی جدید در مطالعات کشورهای پیشرفته در چند سال اخیر است، استفاده می گردد.

## ۲. چارچوب نظری

توجه به تأثیر متقابل اقلیم و معماری با پیشگامی هوارد<sup>۳</sup> از سال ۱۸۱۸ در لندن آغاز شد. از دهه ۱۹۶۰ مطالعات در زمینه تأثیر کالبد شهر بر روی تغییرات خرده اقلیم و همچنین آسایش حرارتی و تأثیر آن بر معماری مورد توجه قرار گرفت. در همین راستا، پژوهشگران متعددی در قالب مطالعاتی در زمینه تأثیر متغیرهای مربوط به فرم ساختمان، ابعاد ساختمان، نوع ساختمان، معابر و پوشش گیاهی بر روی خرد اقلیم شهری و آسایش حرارتی به ارائه راه حل هایی پرداختند. در پژوهشی کلهرودی و همکاران در سال ۲۰۱۵ با عنوان نقش و تأثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری تأثیرگذاری قابل توجه هندسه معبر، به ویژه عناصر الحاقی بر نمای ابنیه و سایبان را به اثبات می رسانند و یادآور می شوند، به طور کلی تأثیرگذاری سایه اندازی و کاهش میزان تابش دریافتی بیشتر از سایر ابزارهای کاهش تنش حرارتی چون کاربرد سطوح با آلبودی پایین و با استفاده از حضور آب در فضا است (Ahmadpour et al., 2016: 77). در پژوهشی دیگر علیمردانی با بررسی عوامل تأثیرگذار بر آسایش حرارتی در فضای باز شهری، نتایج تحلیلی وجود سازگاری حرارتی و ویژگی های نسبتی را در پژوهش خود نشان داده و این گونه می نویسد که اگرچه ترجیح حرارتی آنها به دمای خنک و تابش ضعیف خورشید است ولی با محیط حرارتی خود را انطباق می دهند (Alimardani, 2017: 1). ملکی و همکارانش تحقیق جامع و کاملی را در خصوص عملکرد حیاط و خصیصه های طراحی آن برای بهبود عملکرد گرمایی و آسایش حرارتی انجام دادند و با بررسی نسبت های متفاوت طول به عرض در حیاط های تمام بسته نشان دادند که با نزدیک تر شدن به نسبت طول به عرض، عملکرد حیاط در آسایش حرارتی و همین طور پایین تر آوردن دمای هوای ریز اقلیم موفق تر خواهد بود (Maleki et al., 2017: 369). شاعری و همکاران در مقاله خود با هدف بررسی دما، رطوبت نسبی و سرعت جریان باد در ساختمان های سنتی مسکونی بوشهر در پی آن هستند در بناها با معماری بومی چگونه از روش های غیرفعال خورشیدی و تهویه طبیعی می توان آسایش حرارتی را در فضاهای باز به همراه آورد (Shaeri et al., 2017: 95-103). شاعری و همکاران در مطالعه ای به بررسی راهبردهای طراحی منفعل در یک محله سنتی با هدف پیدا کردن چارچوب طراحی شهری در مجاورت دریا با استفاده از بافت قدیمی مطالعه و با استفاده از شبیه سازی دینامیک سیالات محاسباتی<sup>۴</sup> در یک بستر سنتی در ایران پرداختند. نتایج این پژوهش نشان می دهد که در فضاهای باز نسبت هوا در ورودی و خروجی ها بیشتر از سایر نقاط است و همچنین تجزیه و تحلیل مقطعی یادآور این موضوع است که سرعت باد در محله باد رانده شده است که در آن فشار هوای بالا در نزدیکی دریا باعث سرعت باد در محله می شود (Shaeri et al., 2018: 31-50).

2 Large Eddy Simulation (LES)

3 Howard

4 Computational Fluid Dynamics (CFD)

1 faunger

از این روانجام پژوهش حاضر از این جهت حائز اهمیت است که علاوه بر مشخص نمودن نقش و تأثیر برخی از محورهای ضوابط و مقررات شهرسازی و ساختمانی شهر اصفهان بر جریان باد، با نگاهی متفاوت به ضوابط، برای نخستین بار در مطالعات داخلی سعی دارد که از شیوه‌ای نوین به نام مدل عددی شبیه‌سازی پیچک‌های بزرگ بهره جوید.

#### ۲.۱. آسایش حرارتی و جریان باد

مطابق استاندارد اشرفی آسایش حرارتی هر شخص، شرایط ذهنی است که میزان رضایتمندی او از محیط دمایی را بیان می‌کند اما در حالت کلی آسایش حرارتی، عکس‌العمل بدن به شرایط محیطی در فضاهای داخلی و خارجی است. تعریف دقیق‌ترین شرایط در سه گروه قابل خلاصه شدن است. تعریف روان‌شناختی به بیان مغز از رضایت نسبت به دمای محیط بازمی‌گردد. تعریف حرارتی- فیزیولوژیکی که به عکس‌العمل بیولوژیکی بدن و سیستم عصبی به تأثیرات خارجی برگرفته‌های حرارتی پوست مرتبط است و تعریف سوم که به تعادل میان جریان حرارت به داخل و خارج از بدن بازمی‌گردد (Ahmadpour, 2016: 62). چهار متغیر اساسی که روی پاسخ‌های انسان به شرایط حرارتی محیط اثر مستقیم و قطعی دارند، دمای هوا، دمای تابشی، رطوبت و جریان هوا هستند. با توجه به این موضوع که داده‌های دمایی و رطوبت، از جمله شاخص تشخیص حرارتی به حساب می‌آیند اما جریان هوا که باعث تبادل حرارتی بین بدن و محیط می‌شود را می‌توان مهم‌ترین عامل بر احساس آسایش حرارتی دانست (Heidari, 2011: 38-39). همچنین باد از پارامترهای بسیار ناپایدار آب و هوایی است که بسته به شرایط آب و هوایی تغییر می‌کند. وزش بادهای مختلف در یک منطقه متأثر از عوامل محلی و شرایط جوی در سطح جهان است. سرعت وزش باد تابعی از منطقه و مکانی است که باد در آن می‌وزد. به عبارتی دیگر در واقع زمین نه تنها سرعت وزش باد را تحت تأثیر قرار می‌دهد بلکه حتی بر روی کیفیت آن تأثیر می‌گذارد (Najafi et al., 2013: 64). سرعت جریان هوا به دو طریق انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. یعنی افزایش سرعت هوا از یک سو باعث افزایش اثر همرفت و در نتیجه گرم‌تر شدن بدن و از سوی دیگر باعث افزایش ظرفیت تبخیر در هوا و سردتر شدن پوست می‌شود. در دماهای بالا، یک سرعت بهینه باد وجود دارد که در آن سرعت، بدن تا بیشترین حد ممکن خنک می‌شود بنابراین کاهش سرعت هوا از این حد باعث افزایش دمای پوست و در نتیجه گرم‌تر شدن بدن از طریق همرفت می‌گردد (Manshizadeh et al., 2013: 115).

#### ۲.۲. رابطه بین ضوابط شهرسازی و ساختمانی، پارامترهای اقلیمی و تغییر اقلیمی

ضوابط و مقررات شهرسازی و ساختمانی حاصل دانش و تجربه گروهی مدیران، مسئولان و کارشناسان حوزه‌های مختلف مرتبط با موضوعات توسعه شهری است. اهمیت این دفترچه از آن جهت است که شکل بافت شهری و به تبع آن وضعیت محیط خارجی ساختمان‌ها و شرایط آسایش محیطی کاملاً متأثر از این ضوابط است. به بیانی دیگر رابطه متقابل و تنگاتنگی بین ساختمان‌ها و محیط خارجی آنها وجود دارد. هر بنا وضعیت آب‌وهوایی اطراف خود را تغییر می‌دهد و اقلیم خرد شهر

در پژوهش دیگری در سال ۲۰۱۸ شکل‌دهی ساختمان‌ها به منظور ارتقای تهویه خیابانی و تأثیر هندسه‌های ساختمان‌های مختلف در تهویه شهر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که نرخ ارز هوایی به هندسه ساختمان بسیار حساس است. به منظور شکل‌دهی بهتر ساختمان‌ها و ارتقای تهویه شهرها راهکارهایی ارائه می‌شود (Maidier et al., 2018: 76-94). ونگ و همکارانش به منظور بررسی عملکرد تهویه در پارامترهای شهری شاخص‌هایی مانند پوشش زمین، ارتفاع ساختمان‌ها، تراکم شهری، ساختمان‌های نامتقارن و چگالی را با استفاده از مدل شبیه‌سازی LES مورد ارزیابی قرار دادند و به وسیله شبیه‌سازی تأثیر آنها بر یکدیگر و بهترین حالت نمونه مشخص نمودند (Wang et al., 2017: 202-227). همچنین در پژوهشی در سال ۲۰۱۷ با عنوان تهویه در هنگ‌کنگ که به وسیله گرونمیر و جمعی از همکاران انجام گرفت، نشان داده شد که تهویه به دلیل اختلاط عمودی افزایش می‌یابد، پس باین وجود تهویه در مجاورت ساختمان‌های معلق در طبقه بندی ناپایدار بسیار ضعیف‌تر از طبقه بندی خنثی است (Gronemeier et al., 2017: 1-15). در پژوهشی دیگر رامپنی و همکاران با شبیه‌سازی CFD از تهویه هوای آزاد در فضاهای عمومی شهری به این نتیجه رسیدند که جهت باد مایل یا عمود بر خیابان اصلی، حضور خیابان اصلی به‌طور کلی باعث بهبود راندمان تهویه می‌شود، چون خیابان اصلی به‌عنوان مخزن هوای پاک عمل می‌کند. باین حال به‌طور کلی موردی برای جهت باد موازی نیست که در آن نرخ جریان بالاتر از خیابان اصلی، نرخ جریان را از طریق خیابان‌های باریک‌تر موازی کاهش دهد و بر کارایی تهویه آنها تأثیر منفی گذارد (Ramponi et al., 2015: 152-166). علاوه بر این هو و همکاران در مطالعه‌ای دیگر کاربرد تهویه در سطح خیابان نشان داد که آشفستگی جوی بیشتر منجر به تهویه بهتر در سطح خیابان می‌شود. همچنین استفاده از فاکتور اصطکاک به‌تنهایی برای توصیف مقاومت آیرودینامیکی بر روی نواحی شهری از زبری سطوح مختلف و عمق کافی است (Ho et al., 2015: 345-355). آنچه از پژوهش‌های مطرح شده قابل استنتاج است، این است که اغلب پژوهش‌های خارجی در این حوزه با استفاده از روش‌های شاخص پیش‌بینی میانگین رای‌ا‌د هنی و عینی، شبیه‌سازی CFD، اطلاعات ذهنی برگرفته از پرسشنامه، استانداردهای ارزیابی تهویه هوا، روش سیستم تهویه عابر پیاده<sup>۳</sup> و مدل عددی LES مطالعات انجام پذیرفته‌اند. همچنین اکثر محققان داخلی به منظور بررسی آسایش حرارتی در فضای بیرونی از روش‌های راهبردهای تجربی، اندازه‌گیری داده‌های کمی و میدانی آمارهای اقلیمی، اندازه‌گیری کیفی تحلیلی، مانند نظرسنجی پرسشنامه‌ای و مدل اشرفی و اولگی و به تازگی روش شبیه‌سازی از طریق نرم‌افزار انویمت بهره جسته‌اند.

با توجه به این که الگوی بافت شهری متأثر از ضوابط و مقررات طرح‌های جامع و تفصیلی هر کشور است، ضرورت دارد در راستای دستیابی به برقراری آسایش حرارتی بیرونی در بافت‌های شهری با در نظر گرفتن تفاوت‌های محیطی و اقلیمی خاص هر منطقه، ضوابط شهرسازی و ساختمانی در هر کشور به‌طور ویژه مورد ارزیابی قرار گیرد.

- 1 Predicted Mean Vote (PMV)
- 2 Air Ventilation Assessments (AVA)
- 3 Pedestrian Ventilation System (PVS)

### ۲.۳. شاخص‌های تأثیرگذار بر آسایش حرارتی فضاهای بیرونی

شاخص‌های ریخت‌شناسی شهری در مقیاس‌های مختلف مانند شکل، ارتفاع و اندازه ساختمان، تراکم ساختمانی و سطح اشغال، قطعه‌بندی، اندازه و شکل بلوک، جهت خیابان‌ها و ساختمان‌ها، سطح فضاهای باز و غیره عواملی هستند که علاوه بر تأثیر در میزان تقاضای انرژی در بافت‌های شهری بر اقلیم خرد شهری و آسایش حرارتی نیز تأثیر می‌گذارند (Montazeri et al., 2018: 50). حال با بررسی مطالعات انجام شده در زمینه آسایش حرارتی می‌توان عوامل مختلف زیر را به عنوان برخی از شاخص‌های تأثیرگذار نام برد.

### ۳. روش پژوهش

با توجه به ماهیت کاربردی این تحقیق، روش مورد استفاده در آن توصیفی-تحلیلی است و برای یافته‌اندوزی از روش‌های اسنادی و میدانی بهره‌جسته. همچنین به منظور تجزیه و تحلیل سناریوهای تعریف شده از مدل شبیه‌سازی پیچک‌های بزرگ (LES) استفاده گردیده است. در راستای دستیابی به اهداف پژوهش، مطالعه حاضر در سه گام متفاوت تعریف شده به گونه‌ای که نخست با بررسی مبانی نظری مرتبط با آسایش حرارتی، شاخص‌های کالبدی تأثیرگذار استخراج گردیده سپس همپوشانی آنها با محورهای موجود در دفترچه ضوابط و مقررات شهرسازی و ساختمانی شهر اصفهان مورد بررسی قرار

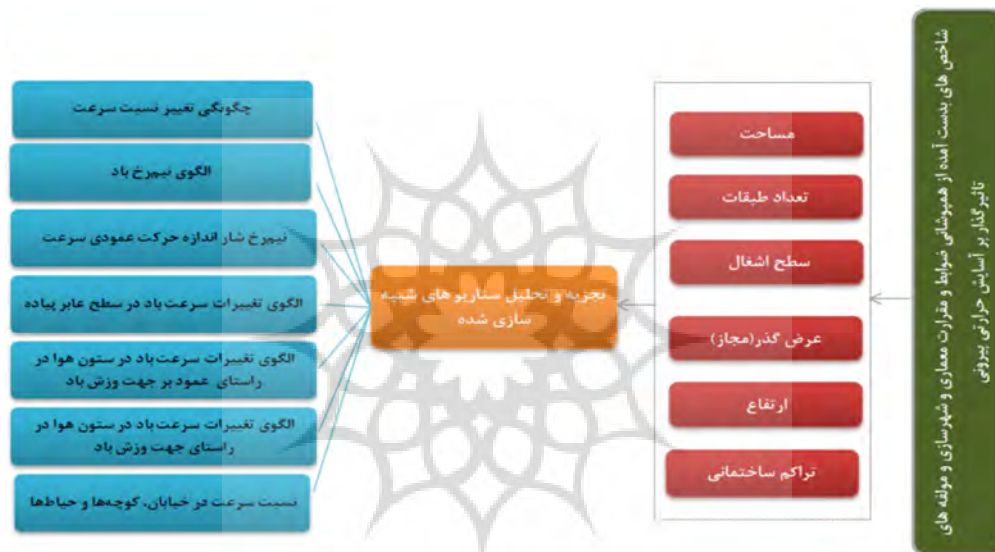
را تعیین می‌کند. بنابراین هر عنصر انسان ساخت شهری با توجه به تأثیراتی که بر فاکتورهای اقلیمی برجای می‌گذارد، در اطراف و بالای خود اقلیم مصنوعی خاصی پدید می‌آورد که همواره با آن در ارتباط متقابل قرار می‌گیرد (Bahreini, 2011: 156). این فاکتورها شامل دمای هوا (دمای خشک و دمای مرطوب) رطوبت نسبی، جریان باد و همچنین تابش خورشید (تابش مستقیم و پراکنده) هستند که دارای بیشترین اهمیت در یک طراحی اقلیمی هستند (Nasrollahi, 2013: 14). از این رو عدم سازگاری شکل بافت شهری با شرایط اقلیمی حاکم بر شهر می‌تواند معضلات زیست محیطی فراوانی مانند پدیده تغییر اقلیم و جزایر حرارتی را به همراه داشته باشد. امروزه پدیده تغییر اقلیم یکی از بحرانی‌ترین موضوعاتی است که ذهن برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران را به خود مشغول کرده است. تغییرات اقلیمی ایجاد شده در شهرها سطوح زیادی را در بر می‌گیرد. مهمترین تأثیر تغییر اقلیم بر شهر، بالا رفتن دمای درون شهرها و به وجود آمدن جزایر گرمایی است (Farshchi, 2011: 67). بر این اساس کنترل عوامل کالبدی که بر فاکتورهای اقلیمی و شکل‌گیری معضلات زیست محیطی مانند پدیده تغییر اقلیم در شهرها تأثیرگذار است، در حیطة وظایف معماران و شهرسازان در ارتباط با ضوابط و مقررات شهرسازی و ساختمانی طرح‌های توسعه شهری تعریف می‌گردد.

جدول شماره ۱: شاخص‌های تأثیرگذار بر آسایش حرارتی از دیدگاه صاحب‌نظران مختلف

شاخص‌ها	سال	نظریه‌پرداز
دما، رطوبت نسبی و سرعت جریان باد، نوع بافت، نوع معابر، عرض معابر، توده‌گذاری، رنگ مصالح، نوع معماری، نوع مصالح	۲۰۱۸	شاعری و همکاران
انواع طرح هندسی پلاک‌ها	۲۰۱۷	ملکی و همکاران
مؤلفه‌های فرم شهری، مساحت قطعه، مصالح، تراکم ساختمانی، عرض و طول معابر، محصوریت، نوع و تراکم پوشش گیاهی، جهت‌گیری بلوک‌ها	۲۰۱۸	منتظری و همکاران
عوامل روان‌شناختی و حرارتی-فیزیولوژیکی	۲۰۱۶	علیمردانی
ضریب دید به آسمان در فضای باز شهری	۲۰۱۰	بهبزادفر و همکاران
عرض‌گذر، ارتفاع و میزان پوشش گیاهی	۲۰۱۵	کلهرودی و همکاران
دمای معادل فیزیولوژیکی، ضریب دید آسمان، میزان سایه، فاصله تا ساختمان	۲۰۱۱	محمودی و همکاران
سایه‌اندازی	۲۰۱۳	حیدری
فرم و تراکم ساختمان‌ها به همراه مؤلفه‌های مختلف فرم پوشش گیاهی	۲۰۱۱	رفعیان و همکاران
عوامل فیزیولوژیکی (دامنه‌ی سطوح آسایش حرارتی در فضای باز برای ساکنین)	۲۰۱۱	کرمی راد و همکاران
جانمایی بلوک‌ها از نظر عبور جریان هوا، شکل ساختمان، محصوریت، نوع سایت پلان، جهت‌گیری ساختمان، فرم پلان، جهت‌گیری نما	۲۰۱۲	حیدری و همکاران
باد، رطوبت نسبی، آفتاب، ارتفاع ساختمان‌ها	۲۰۱۲	منشی‌زاده
توده‌گذاری در قطعات مسکونی	۲۰۱۱	رضازاده و آقاجان بیگلر
شکل‌دهی عوامل بیرونی ساختمان‌ها	۲۰۱۸	مایدی
شاخص‌هایی نظیر پوشش زمین، ارتفاع ساختمان‌ها، تراکم شهری و چگالی	۲۰۱۷	ونگ و همکاران
ارتفاع و مساحت پلاک‌ها	۲۰۱۷	گرونمیر و همکاران
شکل معابر، عرض معابر	۲۰۱۵	رامپنی و همکاران
سطوح و بدنه‌های ساختمان به‌عنوان توده	۲۰۱۵	نظریان
محیط‌های شهری باز و نیمه‌باز	۲۰۱۷	ونگ
سرعت، دما و نرخ مبادله هوا در سطوح پیاده‌رو	۲۰۱۰	میرزایی
انواع خیابان با عرض و عمق متفاوت	۲۰۰۸	لتزل
در راستای ارزیابی تأثیرات ضوابط شهرسازی و ساختمانی بر جریان باد، از میان شاخص‌های اشاره شده در پژوهش‌های ماقبل، عواملی همچون تراکم، ارتفاع، تعداد طبقات، مساحت، عرض مجاز گذر و سطح اشغال که با دفترچه ضوابط و مقررات شهرسازی و ساختمانی همپوشانی دارند، گزینش شده‌اند.		

در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته است (Wang, 2017: 204). شبیه‌سازی صورت گرفته در مطالعه حاضر با نسخه شماره 4 مدل عددی پالم انجام شده است. این مدل بر مبنای LES پایه‌گذاری شده و جهت مطالعه جریان‌ها در جو و اقیانوس به کار می‌رود. در این پژوهش، ابعاد افقی این مدل‌سازی در طول و عرض افق به ترتیب 360 متر در 360 متر، ارتفاع شبیه‌سازی شده 80 متر و تفکیک مکانی شبکه در هر سه جهت برابر با 1/25 متر است؛ در حالی که محورهای  $x$  و  $y$  به ترتیب در راستای شمال غربی و جنوب غربی گسترش پیدا کرده‌اند. داده‌های اقلیمی از ایستگاه اصفهان (ازن سنجی اصفهان) تهیه شده و از الگوی روزانه این داده‌ها برای مدل‌سازی استفاده گردیده است. اگرچه استفاده از داده‌های بیان شده بسیار رایج است، اما آنچه در اینجا بیشتر حائز اهمیت است، چگونگی پاسخ توپوگرافی شهری و جانمایی ساختمان‌ها به نوسانات داده‌های اقلیمی است.

گرفته است. از میان دسته‌بندی‌های ارائه شده در این دفترچه عواملی همچون تراکم، ارتفاع، تعداد طبقات، مساحت، عرض مجاز گذر، سطح اشغال با حوزه شهرسازی و بحث آسایش حرارتی همپوشانی دارد. در گام پایانی نیز با تعریف سناریوهای محتمل بر اساس الگوهای مسکونی ردیفی غالب بافت جدید شهر اصفهان و ضوابط شهرسازی و ساختمانی، شبیه‌سازی پیچک‌های بزرگ صورت پذیرفته است. شبیه‌سازی پیچک‌های بزرگ، جریان‌های آشفته شامل گردابه‌های درهم‌پیچیده و در اندازه‌های مختلف است. برای حل دقیق یک میدان جریان آشفته با استفاده مستقیم از معادلات بقا به طوری که جزئی‌ترین پدیده‌ها نیز مدنظر قرار گرفته باشند، لازم است از شبکه محاسباتی استفاده نماییم که اندازه‌های آن کوچک‌تر از کوچک‌ترین گردابه‌های موجود در جریان باشد (Mohamadi et al., 2016: 56). برای شبیه‌سازی ویژگی‌های جریان و آشفستگی در محدوده خیابان‌ها و محله‌ها اعتبار یافته‌اند و به طور گسترده‌ای در مطالعات جریان‌های خیابانی شهری



تصویر شماره ۱: مدل مفهومی پژوهش

### ۳.۱. محدوده مورد مطالعه

جامعه پژوهش الگوهای غالب بافت مسکونی مناطق پانزده‌گانه شهر اصفهان است. به منظور تدوین سناریوهای پژوهش نخست ویژگی‌های ریخت‌شناختی الگوهای غالب و نوساز از طریق تصاویر هوایی شناسایی شد، سپس مساحت غالب پلاک‌ها در این مناطق از طریق آمارنامه نفوس و مسکن ۱۳۹۵ استخراج گردید. در پایان نیز ضوابط تصویب شده مانند ارتفاع، تراکم، سطح اشغال و عرض گذر مجاز برای این نوع قطعات با مراجعه به دفترچه ضوابط ساختمانی و شهرسازی طرح تفصیلی تعیین شد. در نهایت با تطبیق یافته‌های آماری و شاخص‌های مستخرج شده از دفترچه قوانین و مقررات ساختمانی و شهرسازی طرح تفصیلی سناریوهای پژوهش در شش گروه دسته‌بندی گردید (جدول شماره ۲).

### ۳.۲. اعتبارسنجی مدل

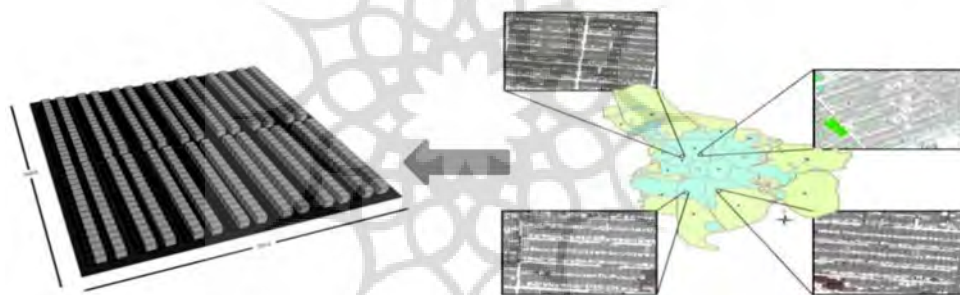
در بررسی‌های علمی به منظور اعتبارسنجی مدل دو روش معمول است. شبیه‌سازی یک فضای واحد با استفاده از دو مدل متفاوت و در

صورت یکسان بودن داده‌ها، نتایج نهایی معتبرند. روش دوم، مطالعه میدانی یک فضا و مقایسه اطلاعات اقلیمی آن با خروجی مدل که در صورت عدم مغایرت، صحت نتایج اثبات می‌شود. در این پژوهش برای تأیید کدهای مدل موازی LES به نام (PALM) از دستورالعمل‌های CFD پیشنهاد شده به وسیله یک گروه کاری از مؤسسه معماری ژاپن به نام (AIJ) استفاده شده است. قابل توجه است که به منظور اعتبارسنجی از اطلاعات سناریوهای شبیه‌سازی (جدول شماره ۲، سناریو E60A) در قسمت قبل استفاده شده است. اعتبارسنجی با مقایسه نتایج محاسبه شده PALM و AIJ از نظر پروفیل‌های باد در اطراف ساختمان (دو متر بالاتر از سطح زمین) و سرعت باد در نقاط نزدیک سطح زمین انجام شده است. تصویر a پروفیل‌های سرعت را در فاصله دو متری از ساختمان به سمت بادگیر (خطوط قرمز) و پیاده‌رو (خطوط سبز) مقایسه می‌کند. خطوط شکسته داده‌های مرجع را نشان می‌دهند. در حالی که خطوط ممتد حاکی از نتایج پیش‌بینی شده به وسیله PALM است. گرداب بام قوی‌تر و نوسانات سرعت در مقایسه با داده‌های AIJ را می‌توان مشاهده کرد اما مقایسه بین این دو

جدول شماره ۲: تعریف سناریوها

W'	W	D	L	N	A	$\Delta f$	P	عرض مجاز گذر	تراکم	سطح اشغال	تعداد طبقات	ارتفاع	مساحت	سناریو
عرض معابر عمودی	عرض معابر افقی	سطح بدنه در راستای Y	سطح بدنه در راستای X	تعداد نقاط موجود در شبکه شبیه سازی	مساحت طبقات	ناحیه جلویی بدنه ی ساخت	مساحت اشغال شده پلاک	۱۲-۱۰	۱۲۰	۶۰	۲ طبقه روی پیلوت	۱۰/۵	۲۰۰	E60A
۱۲	۱۰	۱۲۶	۱۰۵	۹۲۴	۲۴۰	۰/۵۲	۰/۶	۱۲-۱۰	۱۲۰	۶۰	۳ طبقه روی پیلوت	۱۴	۲۰۰	E60B
۱۲	۱۰	۲۰۴	۱۷۰	۹۲۴	۴۸۰	۰/۸۵	۰/۶	۱۲-۱۰	۲۴۰	۶۰	۴ طبقه روی پیلوت	۱۷	۲۰۰	E60C
۱۲	۱۰	۱۴۷	۱۰۵	۹۲۴	۲۸۰	۰/۵۲	۰/۷	۱۲-۱۰	۱۴۰	۷۰	۲ طبقه روی پیلوت	۱۰/۵	۲۰۰	E70A
۱۲	۱۰	۱۹۶	۱۴۰	۹۲۴	۴۲۰	۰/۷	۰/۷	۱۲-۱۰	۲۱۰	۷۰	۳ طبقه روی پیلوت	۱۴	۲۰۰	E70B
۱۲	۱۰	۲۳۸	۱۷۰	۹۲۴	۵۶۰	۰/۸۵	۰/۷	۱۲-۱۰	۲۸۰	۷۰	۴ طبقه روی پیلوت	۱۷	۲۰۰	E70C

ماخذ: برگرفته از دفترچه ضوابط شهرسازی و ساختمانی- آمارنامه نفوس و مسکن ۱۳۹۵



تصویر شماره ۲: نمونه ای از الگوی غالب بافت های مسکونی جدید در مناطق مختلف شهر اصفهان به همراه نمونه ای از سناریوهای تدوین شده

است. نمودارهای مربوط به ارتفاعات مختلف ساختمان ها با رنگ های مختلف و حالت های سطح اشغال با خطوط ممتد و خط چین نشان داده شده است.

بخش های c و f تصویر نمایه مؤلفه های افقی سرعت در نزدیکی سطح زمین را نشان می دهند. در این تصویرها به خوبی دیده می شود که اثر تغییر سطح اشغال بر سرعت بیشتر از اثر تغییر ارتفاع ساختمان هاست. زیرا خطوط ممتد با رنگ های مختلف در کنار یکدیگر قرار گرفته اما خطوط خط چین با فاصله بیشتری نسبت به این خطوط دیده می شوند. همان گونه که در بخش c این تصویر نشان داده شده، افزایش سطح اشغال (تراکم تر شدن ساختمان ها) موجب کاهش سرعت در تمامی ترازهای نزدیک به سطح زمین (ارتفاع های بین یک تا سه متر) شده است. البته به خوبی در این نمایه دیده می شود که افزایش ارتفاع نیز (هرچند به میزان کمتر) به طور مشابه، باعث کاهش سرعت می شود. با این وجود، یک استثنا وجود دارد؛ زیرا در صورت فرض سطح اشغال برابر با ۷۰ درصد و افزایش ارتفاع ساختمان از ۱۰/۵ متر به ۱۴ متر، سرعت به جای کاهش افزایش می یابد.

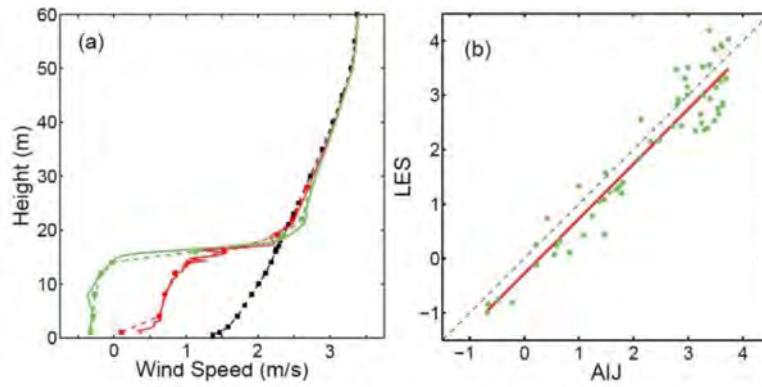
نشان می دهد که PALM می تواند ویژگی های مشخصات باد در اطراف ساختمان را ضبط کند. از آنجا که چنین مطالعاتی بر سطح عابر پیاده تمرکز دارد، عملکرد محاسباتی PALM در تولید، مثل سرعت نزدیک به سطح ممکن است از اهمیت بیشتری برخوردار باشد. تصویر b یک نقشه پراکنندگی از سرعت محاسبه شده PALM و داده های تجربی AII در همه نقاط آزمون است. مقایسه در تصویر b اطمینان قابل توجهی برای استفاده از PALM برای این مطالعه می دهد، زیرا همه نقاط نزدیک به خط مورب واقع شده اند و رگرسیون خطی با  $R^2$  برابر ۰٫۸۹ به دست آمده است.

#### ۴. بحث و یافته ها

##### ۴٫۱ الگوی نیم رخ باد

در تصویر شماره ۴ نیم رخ مؤلفه های x و y باد در کل ستون هوای شبیه سازی شده، بخش بالایی ستون هوا و حوالی تراز عابر پیاده نشان داده شده است. مقایسه بخش d با بخش a تصویر این نتیجه را ارائه می دهد که اندازه مؤلفه y سرعت (v) نسبت به مؤلفه x (u) بسیار بزرگ تر



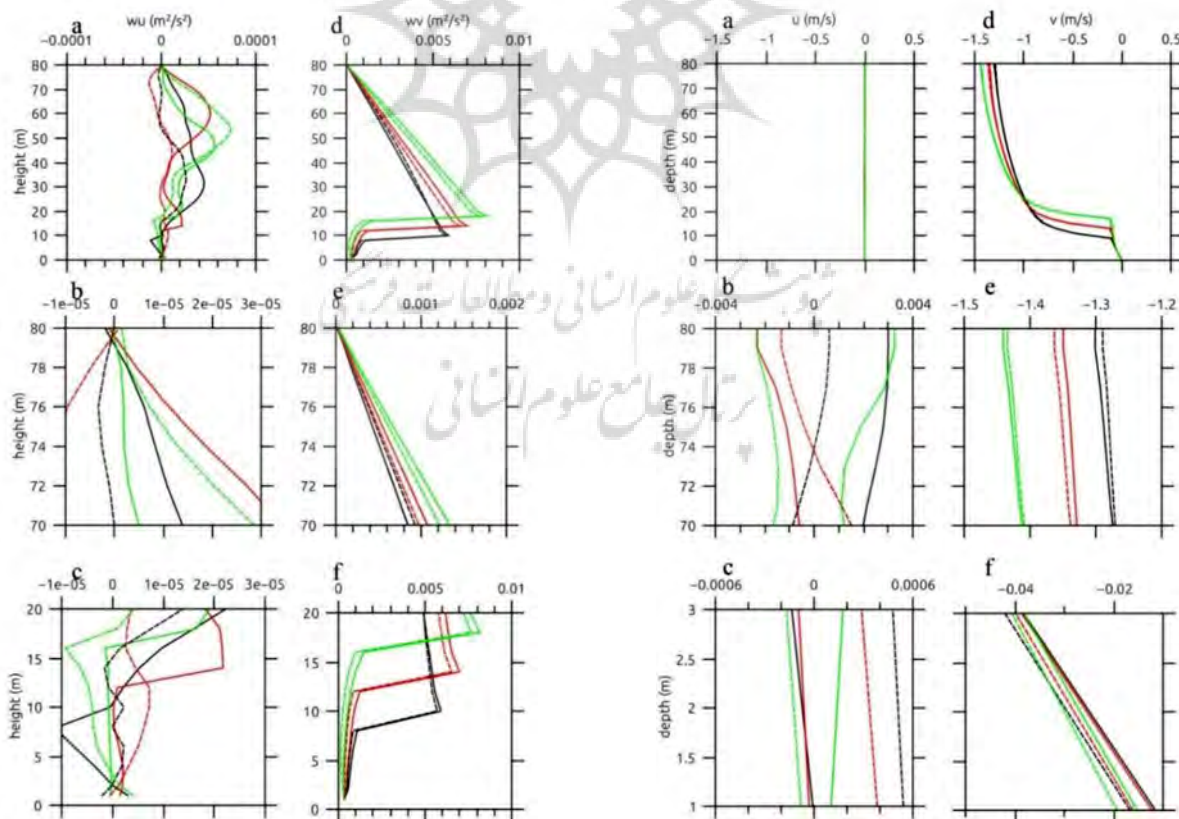


تصویر شماره ۳: اعتبارسنجی

سرعت ولی افزایش ارتفاع ساختمان‌ها باعث افزایش این شار می‌شود. البته استثنایی در اینجا دیده می‌شود (بخش‌های d و e تصویر شماره ۵). با افزایش فاصله از سطح زمین، ارتفاع ساختمان‌ها در هر سناریو اثر خود را نشان می‌دهد و برخلاف ترازهای بالایی جو، در اینجا هرچه ارتفاع ساختمان‌ها بیشتر شود، شار اندازه حرکت عمودی سرعت کمتر می‌شود. با این وجود در ترازهای برابر با ارتفاع ساختمان‌ها در هر سناریو به صورت کاملاً مشهودی، شار اندازه حرکت عمودی سرعت به یک باره افزایش می‌یابد و الگوی بیان شده در ترازهای بالایی را دگرگون می‌سازد.

۴.۲. نیمرخ شار اندازه حرکت عمودی سرعت

در تصویر شماره ۵ نیمرخ شار اندازه حرکت عمودی مؤلفه‌های افقی سرعت نشان داده شده است. از آنجایی که در کلیه ترازها، شار اندازه حرکت عمودی مؤلفه  $y$  سرعت مثبت و بزرگی مؤلفه  $y$  سرعت منفی است، این نتیجه حاصل می‌شود که شار اندازه حرکت اشاره شده در کلیه ترازها به سمت پایین است. بررسی کلی بخش d تصویر ۵ این نتیجه را ارائه می‌کند که هر دو مؤلفه سطح اشغال و ارتفاع ساختمان بر شار اندازه حرکت عمودی  $v$  تأثیر می‌گذارند. اما اثر ارتفاع ساختمان بر این شار بیشتر است. به صورت کلی در ترازهای بالاتر از ارتفاع ساختمان‌ها، افزایش سطح اشغال موجب کاهش شار اندازه حرکت



تصویر شماره ۵: نیمرخ شار اندازه حرکت سرعت باد

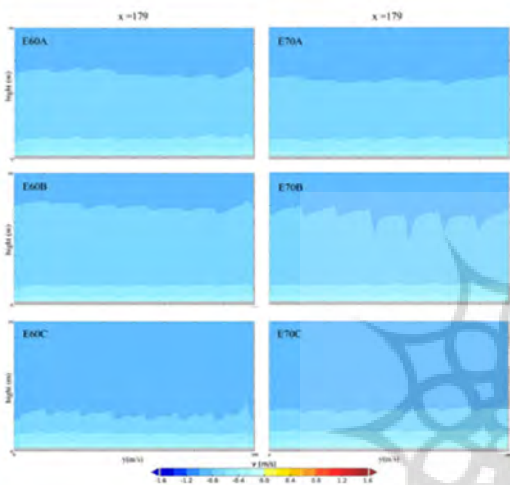
شماره ۴: نیمرخ باد

(رنگ مشکی: ارتفاع ۱۰/۵، رنگ قرمز: ارتفاع ۱۴، رنگ سبز: ارتفاع ۱۷، خطوط ممتد سطح اشغال ۶۰ درصد و خطوط خط چین سطح اشغال ۷۰ درصد)

سرعت جریان باد در فضای بین دو بلوک و همچنین شتاب حرکت باد در گوشه‌های ساختمان‌ها دو سناریو E70C و E60C شرایط مطلوبتری را برای عابران فراهم می‌سازند.

#### ۴.۴ الگوی تغییرات سرعت باد در ستون هوا در راستای جهت وزش باد

مطابق تصویر شماره ۷، در هوای بالای خیابان، افزایش ارتفاع ساختمان‌ها (به ویژه افزایش از ۱۴ به ۱۷ متر) موجب افزایش گرادیان سرعت در نزدیکی سطح زمین می‌شود. در حالی که به جز نوسانات محدود مشاهده شده در سناریوی E70B، افزایش سطح اشغال به ۷۰ درصد، تغییر قابل ملاحظه‌ای در رفتار سرعت در ستون هوا ایجاد نمی‌کند.



تصویر شماره ۷: سرعت باد در ستون هوا (نماینده‌ای از توپوگرافی خیابان (x=179))

#### ۴.۳ الگوی تغییرات سرعت باد در سطح عابر پیاده

تغییرات سرعت میانگین باد در سطح عابر پیاده (ارتفاع برابر با دو متر) در شش سناریوی تعریف شده این تحقیق، در بخش‌های مختلف تصویر شماره ۶ قابل مشاهده است. نتایج مدل سازی نشان می‌دهد که مقادیر سرعت و اندازه سرعت در این خیابان نسبت به نقاط مجاور بزرگتر است. همچنین در ابتدا و انتهای هر کوچه سرعت بیشتری نسبت به بخش‌های میانی آنها قابل مشاهده است. به طوری که افزایش سرعت مشاهده شده با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها در هر دو حالت تعریف شده سطح اشغال کاهش می‌یابد. ضمناً با مقایسه سرعت در خیابان اصلی و کوچه‌ها، این نتیجه حاصل می‌گردد که افزایش سطح اشغال نیز منجر به کاهش سرعت در تراز عابر پیاده می‌شود. بنابراین با توجه به کاهش



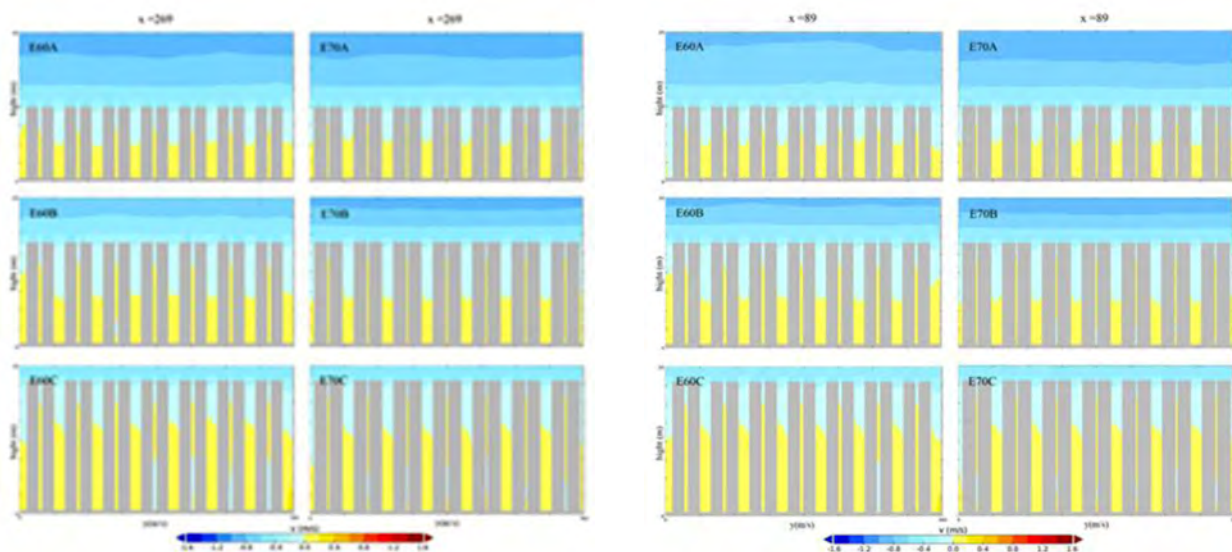
تصویر شماره ۶: تغییرات سرعت باد در سطح عابر پیاده

#### ۴.۵ الگوی تغییرات سرعت باد در ستون هوا در راستای عمود بر جهت وزش باد

تصاویر شماره ۱۰ تا ۱۴ سطح مقطع عمودی (xz) سرعت را در عرض‌های مختلف (y) در ترازهای پایین‌تر از ۲۰ متر نشان می‌دهند. نمودارهای نشان داده مقدار y قرینه، شبیه یکدیگرند (تصاویر شماره ۱۰ و ۱۱ به ترتیب با ۱۳ و ۱۴). نتایج حاصل از مدل سازی حاکی از آن است که افزایش ارتفاع ساختمان‌ها، افزایش گرادیان و چینه‌بندی باد را به همراه خواهد داشت. اگرچه سرعت در تراز ۲۰ متری در هر سه مربوط به بلوک ساختمانی، حیاط و کوچه برابر است اما در حضور بلوک‌های ساختمانی، تعداد لایه‌های هم سرعت در نزدیکی سطح زمین کمتر از دو حالت دیگر می‌گردد.

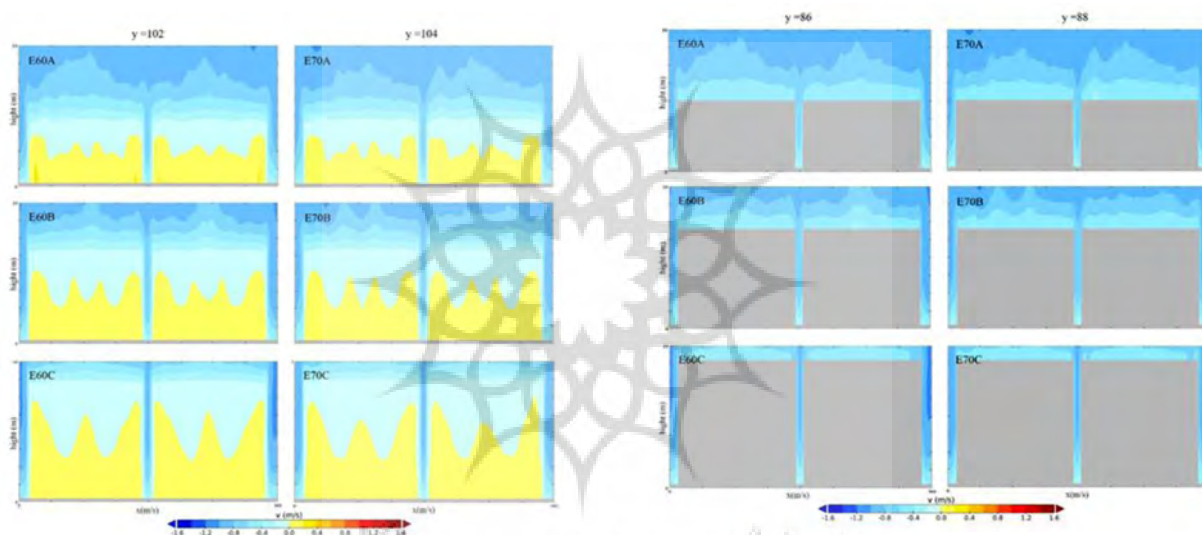
در کوچه‌ها و حیاط‌ها به دلیل عرض کم، خط اثر بلوک‌های ساختمانی دیده می‌شود که این موضوع در حیاط‌ها مشهودتر است. سرعت باد در نقاط یاد شده از سطح زمین تا ارتفاع ۲۰ متری، دارای مقدار مثبت اما بسیار کمتر از سایر ترازهاست. به طوری که متوسط سرعت باد در تراز عابر پیاده در کوچه‌ها، به خصوص در سناریوهای E70A و E60A کمی بیشتر از حیاط‌هاست. در ضمن مشاهده می‌شود که افزایش ارتفاع ساختمان‌ها در حیاط‌ها باعث افزایش نوسان خط سرعت صفر و در کوچه‌ها باعث افزایش ارتفاع هوای دارای سرعت مثبت می‌شود.

تصویرهای شماره ۸ و ۹ الگوی رفتار سرعت باد به ترتیب در دو سمت راست و چپ محدوده شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد. مقایسه این دو تصویر تأیید می‌کند که جز در برخی موارد محدود، این دو تصویر بسیار به یکدیگر شبیه هستند. در نزدیکی سطح زمین (ارتفاع کمتر از ۲۰ متر) افزایش ارتفاع ساختمان در سناریوهای مختلف منجر به کاهش گرادیان سرعت باد می‌شود. سرعت باد در کوچه‌ها و حیاط‌ها رفتار متفاوتی از خود نشان می‌دهد. سرعت باد در نیمه پایینی کوچه‌ها، مقادیر مثبت به خود می‌گیرد و در حیاط‌ها (اگرچه چند مورد استثنایی دیده می‌شود) این مقادیر مثبت سرعت باد تا ارتفاع بالاتری نسبت به کوچه‌ها ادامه پیدا می‌کند. ضمناً مشاهده می‌شود که در تراز برابر با ارتفاع ساختمان‌ها، سرعت باد در بالای کوچه‌ها و حیاط‌ها کمتر از سرعت در بالای ساختمان‌ها است. بنابراین رکود هوا در پشت بام ساختمان‌ها و همچنین شتاب حرکت باد در نزدیکی گوشه‌های ساختمان‌ها باعث کیفی شکل شدن جریان باد در فضاهای بین آنها شده که این حالت باعث می‌شود در سناریو‌ها با ارتفاع بالاتر از ۱۴ متر شرایط نامطلوبی از نظر تهویه هوای شهری و کاهش آلودگی‌ها به وجود آید.



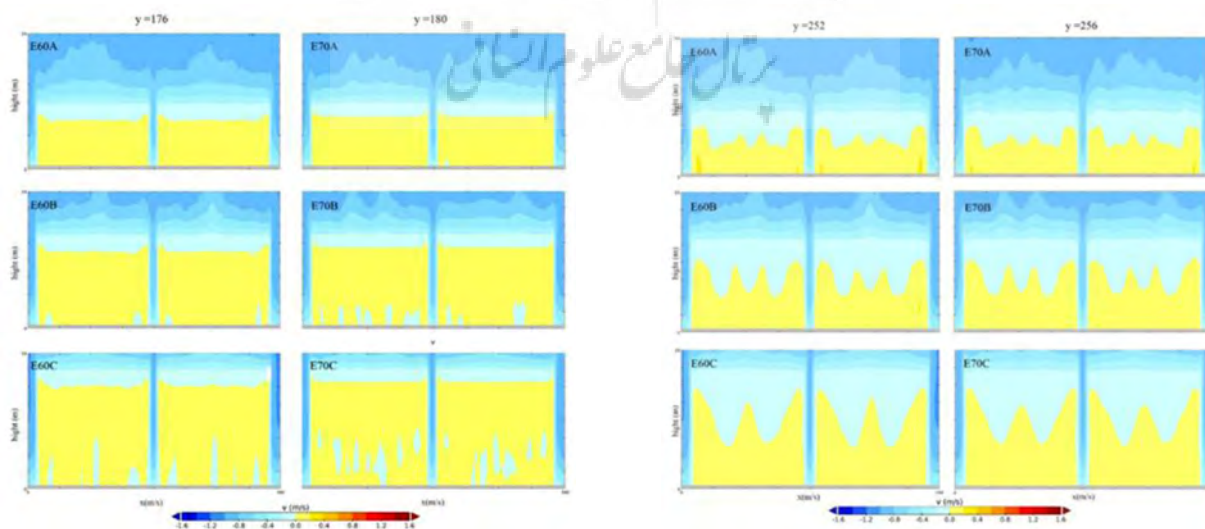
تصویر شماره ۹: نماینده‌ای از توپوگرافی ساخت  $(X=269)$

تصویر شماره ۸: نماینده‌ای از توپوگرافی ساخت  $(X=98)$



تصویر شماره ۱۱: نماینده‌ای از توپوگرافی کوچه

تصویر شماره ۱۰: نماینده‌ای از توپوگرافی ساخت



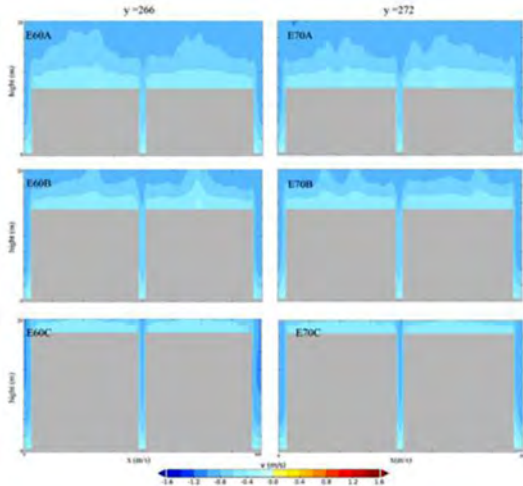
تصویر شماره ۱۳: نماینده‌ای از توپوگرافی حیاط

تصویر شماره ۱۲: نماینده‌ای از توپوگرافی کوچه

توجه به مقدار بیشینه و کمینه سرعت باد در هر سناریو در تصویر شماره ۱۵ به خوبی می‌توان مشاهده کرد که تراکم ساختمانی حتی در مناطق با تراکم ۶ درصد اثر چندانی بر جریان باد نخواهد داشت، چراکه جریان باد مسدود شده است. در مجموع، این نوع اثر که می‌توان به‌گونه‌ای آن را اثر ونتوری نامید، در مواقعی اتفاق می‌افتد که ساختمان‌ها حدود ۱۴ متر (E60C و E70B و E60B و E70C) یا بیشتر ارتفاع داشته باشند. بنابراین فاصله بین ساختمان‌ها باید در حدی باشد که مناطق آیرودینامیکی هر ساختمان به صورت منفرد عمل کند و در این مناطق تداخلی ایجاد نگردد.

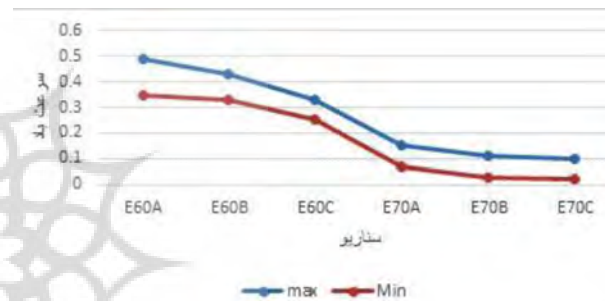
ساختمان‌های به هم متصل و فشرده، نقش تونلی را ایفا می‌کنند که ضمن هدایت باد در مسیری مشخص در پاره‌ای از موارد افزایش سرعت باد را نیز در پی دارد ولی اگر ساختمان‌هایی که در دو طرف معابر قرار گرفته‌اند، به هم چسبیده و پیوسته نباشند و در فاصله‌هایی از هم جدا شوند، باعث می‌گردد که باد از مسیر خارج شده و ساختمان‌ها را دور بزند. دور زدن جریان هوا اطراف ساختمان‌ها، باعث به وجود آمدن گرد باد در سطح شهر می‌گردد. در این شرایط معابری که در دو طرف ساختمان قرار دارند، در معرض شدید وزش باد قرار می‌گیرند و نمی‌توانند آلودگی‌ها را تهویه نمایند.

بنابراین قرارگیری این ساختمان‌ها به صورت ردیفی در ساختار شهر می‌تواند اثر منفی بر جریان باد در خیابان‌ها و پیاده‌روها داشته باشد. پس با توجه به نوع چیدمان پلاک‌ها به صورت ردیفی می‌توان اینگونه سناریوها را دسته‌بندی نمود که تراکم متفاوت به دلیل نوع چیدمان پلاک‌ها تأثیر بسزایی بر جریان باد نمی‌گذارد پس ارتفاع‌های بالا (۱۷ متر) اگرچه می‌تواند برای تأمین آسایش حرارتی مفید باشد و شرایط مطلوبی را در معابر برای شهروندان ایفا کند (E70C و E60C) ولی برای تهویه هوا و کاهش آلودگی هوا به دلیل عدم جریان مناسب باد و ایجاد گردبادهایی نامناسب بوده و سناریوهای دیگر (E60A و E60B و E70A و E70B) بتواند بهتر عمل کند. گفتنی است که ارتفاع ساختمان‌ها در این چهار سناریو مابین ۱۰٫۵ تا ۱۴ متر است.



تصویر شماره ۱۴: نماینده‌ای از توپوگرافی ساخت

#### ۴٫۶. تحلیل تأثیرات ضوابط شهرسازی و ساختمانی بر جریان باد در سناریوهای تعریف شده



تصویر شماره ۵: بیشینه و کمینه سرعت باد در سناریوهای مختلف

براساس نتایج حاصل از مدل‌سازی می‌توان اینگونه جمع‌بندی نمود که قرارگیری ساختمان‌ها به صورت ردیفی با ارتفاع یکسان در کنار یکدیگر اثر باد منطقه‌ای در پشت ساختمان‌ها را کاهش می‌دهد. در این حالت عمده ساختمان‌ها در سایه باد قرار می‌گیرند و همچنین با



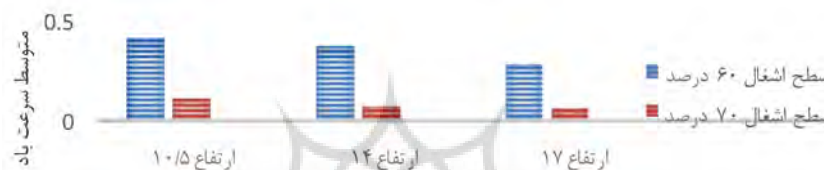
تصویر شماره ۱۶: تأثیرات ضوابط شهرسازی و ساختمانی بر جریان باد

کاهش نسبت سرعت می‌شود (یک استثنا در این بین دیده می‌شود، مقایسه سناریوی E70B با E70C نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع ساختمان به ترتیب از 14 به 17 متر، برخلاف انتظار، نسبت سرعت (در سناریوی E70C) افزایش می‌یابد. و در نهایت این که تغییر تراکم به تنهایی نمی‌تواند تغییر نسبت سرعت را تفسیر نماید، بنابراین این شاخص، عامل مناسبی برای سنجش جریان باد به حساب نمی‌آید.

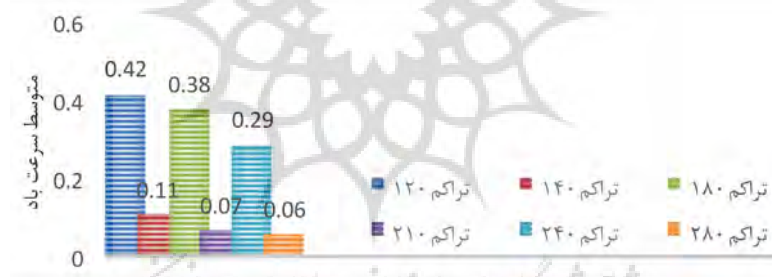
به منظور تعیین و اولویت‌سنجی شاخص‌های تأثیرگذار بر جریان باد، از متوسط سرعت باد استفاده شده و نتیجه برای هر یک از سناریوهای شش‌گانه ارائه گردیده است. تصاویر مختلف 17، 18 و 19 به ترتیب اثر ارتفاع، سطح اشغال و تراکم را بر متوسط سرعت باد نشان می‌دهند. بر این اساس با افزایش سطح اشغال، نسبت سرعت به شدت کاهش می‌یابد. همچنین در اکثر سناریوها، افزایش ارتفاع ساختمان منجر به



تصویر شماره ۱۷: رابطه نسبت سرعت با ارتفاع (تعداد طبقات)



تصویر شماره ۱۸: رابطه نسبت سرعت با سطح اشغال



تصویر شماره ۱۹: رابطه نسبت سرعت با تراکم

تراکم گزینه مناسبی برای تفسیر تغییر نسبت سرعت نیست. همچنین نتایج حاصل از مدل‌سازی حاکی از آنست که هر دو عامل سطح اشغال و ارتفاع ساختمان‌ها در سناریوهای مختلف می‌توانند بر رفتار باد در ترازهای مختلف تأثیرگذار باشند؛ به گونه‌ای که افزایش سطح اشغال موجب افزایش سرعت باد در بخش بالایی ستون هوا می‌شود؛ در صورتی که ارتفاع ساختمان‌ها ۱۴ متر نباشد. با این وجود افزایش سطح اشغال در نزدیکی سطح زمین رفتار متفاوتی از خود نشان می‌دهد و موجب کاهش سرعت باد (ارتفاع‌های بین ۱ تا ۳ متر) می‌گردد. افزایش ارتفاع ساختمان‌ها در ترازهای بالای هوا موجب کاهش سرعت باد می‌شود اما در نزدیکی سطح زمین، ارتفاع ساختمان‌ها صرفاً در صورتی که سطح اشغال برابر با ۶۰ درصد باشد، موجب کاهش این پارامتر می‌گردد. بنابراین اثر تغییر سطح اشغال بر سرعت باد بیشتر اثر تغییر ارتفاع ساختمان‌هاست. اما در ارتباط با بررسی فضاهای باز (شبکه معابر) این گونه به نظر می‌رسد

## ۵. نتیجه‌گیری

توده‌های ساختمانی از اجزای جدایی‌ناپذیر اکوسیستم شهری و مؤلفه‌های تأثیرگذار بر آسایش حرارتی به شمار می‌آیند. بنابراین نحوه آرایش توده‌ها، ارتفاع، تراکم، سطح اشغال و دیگر ویژگی‌ها در قالب ضوابط شهرسازی و ساختمانی می‌تواند سهم عمده‌ای در تنظیم شرایط محیط و جریان باد داشته باشد. در همین راستا در پژوهش پیش‌رو، تأثیر ضوابط شهرسازی و ساختمانی بر جریان باد ارزیابی گردیده و نتایج پژوهش در قالب سه بخش (سرعت باد، نسبت سرعت و گردایان باد) ارائه می‌شود. یافته‌های پژوهش حاکی از آنست که افزایش سطح اشغال در همه سناریوهای شش‌گانه تعریف شده، موجب کاهش شدید نسبت سرعت (نسبت سرعت در تراز عابر پیاده به سرعت در بالای لایه مرزی) و در اکثر سناریوها، افزایش ارتفاع ساختمان (افزایش تعداد طبقات) منجر به کاهش نسبت سرعت می‌شود. این نکته نیز مشخص گردید که تغییر

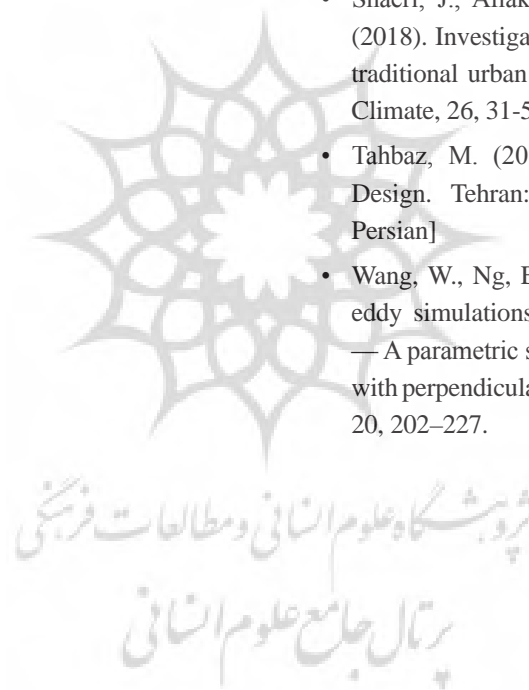
- Farshchi, R. (2011). Architecture in the Age of Climate Change sofe, 48, 65-78. [In Persian]
  - Gronemeier, T., Siegfried, R., Ng, E. (2017). Effects of Unstable Stratification on Ventilation in Hong Kong. Atmosphere, 8- 168.
  - Heidari, S., Ghaffari Jabbari, Sh. (2011). Thermal comfort zone in cold and dry climates of Iran. Honar-haye ziba, 44, 37-42. [In Persian]
  - Heidari, S., Monam, A. (2013). Evaluation of the characteristics of outdoor thermal comfort. joghrafiya va tose nahiye-ei, 20, 37-42. [In Persian]
  - Ho, Y., Chun-Ho, L., Man Sing, W. (2015). Preliminary study of the parameterisation of street-level ventilation in idealised two-dimensional simulations. Building and Environment, 89, 345-355.
  - Maider, L., Elie, B. (2018). Shaping buildings to promote street ventilation: A large-eddy simulation study. Urban Climate, 26, 76-94.
  - Maleki, M., Mohammadkari, B., Maaref, M. (2017). Investigating the performance of the yard and its design features to improve the thermal performance and thermal comfort in weather conditions in Tehran. Mohandesi mechanic-e Modares, 4, 369-380. [In Persian]
  - Manshizadeh, R., Hosseini, E, Ajagh, A., Shabani, H. (2012). Thermal comfort and the effect of building height on the microclimate of urban spaces. Barnamerizi mohiti, 20, 109-126. [In Persian]
  - Mohammadi, B., Halabian, A. (2015). Analysis of climatic comfort in Sanandaj city using physiological equivalent temperature index. First International Conference on Tourism Management and Sustainable Development. [In Persian]
  - Montazeri, M., Jahanshahloo, L., Majedi, H. (2018). The effect of urban physical form components on the thermal comfort of urban open spaces Joghrafiya va motaleat-e mohiti, 22, 49-66. [In Persian]
  - Najafi, M., Najafi, N. (2012). Investigation of thermal comfort using PPD and PMV methods. Haft Hesar, 1, 61-70. [In Persian]
  - Nasrollahi, F. (2013). Green office buildings: low energy demand through architectural energy Efficiency. Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin.
  - Ramponi, R., Blocken, B., B. de Co, L., Janssen, W. (2015). CFD simulation of outdoor ventilation of generic urban configurations with different urban
- که (۱) افزایش ارتفاع ساختمان‌ها از ۱۰/۵ متر به ۱۴ متر باعث کاهش جریان باد در خیابان می‌شود، (۲) نوساناتی که سناریوهای مختلف بر نسبت سرعت در حیاط‌ها ایجاد می‌کنند، بسیار محدودتر از نوسانات ایجاد شده در کوچه‌ها و خیابان است و (۳) در ابتدا و انتهای کوچه‌ها، سرعت بیشتر از بخش‌های میانی است، به طوری که افزایش سرعت مشاهده شده با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها، تعداد طبقات و افزایش سطح اشغال در هر دو حالت تعریف شده، کاهش می‌یابد.
- علاوه بر این موضوع، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در نزدیکی سطح زمین (ارتفاع کمتر از ۲۰ متر) افزایش ارتفاع ساختمان‌ها (به ویژه افزایش از ۱۴ به ۱۷ متر) موجب افزایش گرادبان سرعت می‌شود اما در مورد ارتفاعات بالاترین اثر کاملاً برعکس است؛ به طوری که افزایش ارتفاع ساختمان باعث کاهش گرادبان سرعت باد می‌شود. به طوری که در نواحی بسیار نزدیک به سطح زمین، میزان تغییرات بسیار ناچیز خواهد بود.
- از این رو مطابق آنچه گفته شد، به نظر می‌رسد که در سناریوهای E60A و E60B و E70A و E70B به دلیل سرعت و جهت مناسب جریان باد شرایط مطلوبی به منظور تهویه هوای شهری و کاهش آلودگی هوا فراهم باشد، در صورتی که سناریوهای E60C و E70C می‌توانند تأمین کننده دمای محدوده آسایش حرارتی برای عابران پیاده باشند.
- براساس نتایج حاصل از پژوهش‌های مایدر (۲۰۱۸)، ونگ (۲۰۱۷)، گرونمیر (۲۰۱۷) و رامپنی (۲۰۱۵) سطح اشغال از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر جریان باد به شمار می‌آید، به گونه‌ای که الگوی بهینه را براساس میزان سطح اشغال تعیین می‌نماید اما با توجه به الگوی ریخت شناسی متفاوت شهر اصفهان، همچنین ضوابط شهرسازی و ساختمانی حاکم، امکان استفاده از نتایج پژوهش‌های خارجی ماقبل به منظور اصلاح ضوابط وجود ندارد. از این رو نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند نقطه آغازین ارزیابی این ضوابط از منظر آسایش حرارتی و پارامترهای اقلیمی باشد.

## Reference

- Ahmadpour Kalhoroodi, N., Pourjafar, M, Mahdavi-Nejad, M., Posfian, S. (2015). The role and influence of design elements on the thermal comfort quality of urban open spaces. memari va shahrsazi, 18, 59-79. [In Persian]
- Alimardani, M. (2016). Study of the factors affecting thermal comfort in urban open space in Behbahan semi-arid climate. 3rd International Conference on Research in Engineering, Science and Technology. [In Persian]
- Bahreini, H. (2011). Urban Design Process. University of Tehran. [In Persian]
- Baqaee, P., Ansari, M, Bemian, M., Fayyaz, R. (2015). The range of thermal comfort in the traditional outdoor residential space of Yazd. Hoviat-e shahr, 23, 59-72. [In Persian]

densities and equal and unequal street widths. *Building and Environment*, 92, 152-166.

- Rezazadeh, R., Aghajan Biglou, E. (2011). Suggested Pattern for Mass Massing in Residential Parts, Comparative Study of Two Mass Modeling Models in Residential Block Criteria with Thermal Combustion Criteria. *memari va shahrsazi*, 7, 165-184. [In Persian]
- Safaeipour, M., Azizi, K., Borna, R. (2012). Study of the effect of climatic elements of temperature and humidity on the architecture of residential texture of Baghmalek city. *Andishe joghrafiayi*, 12, 109-126. [In Persian]
- Shaeri, J., Yaghoubi, M., Aliabadi, M., Vakilinejad, R. (2017). Investigation of temperature, relative humidity and wind speed in traditional residential buildings in Bushehr in the hot season. *Honar-haye ziba*, 4, 93-105. [In Persian]
- Shaeri, J., Aflaki, A., Yaghoubi, M., Janalizadeh. (2018). Investigation of passive design strategies in a traditional urban neighborhood: A case study. *Urban Climate*, 26, 31-50.
- Tahbaz, M. (2013). *Climatic Knowledge Climatic Design*. Tehran: Shahid Beheshti University. [in Persian]
- Wang, W., Ng, E., Yuan, C., Raasch. (2017). Large-eddy simulations of ventilation for thermal comfort — A parametric study of generic urban configurations with perpendicular approaching winds. *Urban Climate*, 20, 202–227.



#### نحوه ارجاع به مقاله:

حیدری، سمانه؛ مرتضایی، گلناز، (۱۳۹۹)، ارزیابی تاثیر ضوابط شهرسازی بر آسایش حرارتی فضاهای باز با تأکید بر جریان باد از طریق شبیه سازی پیچک های بزرگ (نمونه مورد مطالعه: الگوهای مسکونی ردیفی شهر اصفهان)، *مطالعات شهری*، 10 (37)، 113-126 .doi: 10.34785/J011.2021.988/Jms.2021.142

[http://www.urbstudies.uok.ac.ir/article\\_61437.html](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.





پروپوزیشن گاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی