Journal of Green Management, Vol.4, No.3, Dec 2024, pp 135-156.

Structural Drivers Affecting the Reduction of the Destructive Effects of High-Rise Construction on Functional Wind Flow (Case Study: District 22 of Tehran)

Azadeh Amiri[1], Rahele Rostami[2*], Fatemeh Mozaffari Ghadikalaei[3]

1- Department of Architecture and Urban Planning, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.
E-mail: a.amiri.arch70@gmail.com
2- Department of Architecture and Urban Planning, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.
(Corresponding Author) E-mail: raheleh.rostami@gmail.com
3- Department of Architecture and Urban Planning, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.
E-mail: mozaffarifatemeh2@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received:
5 March 2024
Received in revised form:
3 May 2024
Acceptance:
16 May 2024
Published online:
7 December 2024

Key words:
Climate Change,
High-Rise Construction,
Sustainable Architecture,
Tehran.

Abstract

The creation of micro-climates along with the imbalance of stable wind flow is one of the most important destructive effects of high-rise construction in metropolises. So the change in natural ventilation has led to a decrease in the quality of human life in urban areas. In this regard, the present research has investigated the structural drivers affecting the reduction of the destructive effects of high-rise construction on the functional flow of wind in the borough 22 in Tehran. This is an applied descriptive study, which was carried out in the form of a survey. The study population was tower builders, experts and faculty members, 60 of whom were selected as the sample size by a purposeful judgment method. After collecting information, using the technique of cross-effects and using MicMac software, 18 indicators extracted from the Delphi method were analyzed. Based on the results "adherence to the principles and appropriate criteria of location", "accurate determination of wind behavior characteristics in the region" and "how to establish and disperse the density of high-rise buildings in harmony with the prevailing wind", were found to be the most effective, , and "supervision and monitoring of urban supervisors and managers in high-rise construction based on nationally approved guidelines", "proportionality of high-rise construction with urban form" and "number and geometry of distances between high-rise buildings", were found to be the most affective indices in reducing the destructive effects of high-rise construction in the region were studied. According to the obtained results, compiling a comprehensive vision document for high-rise development based on international environmental standards in the three stages of designing, locating and implementing high-rise buildings is the most important proposal with an environmental approach in high-rise development of metropolises.

Cite this article: Amiri, A., Rostami, R., & Mozaffari Ghadikalaei, F. (2024). Structural Drivers Affecting the Reduction of the Destructive Effects of High-Rise Construction on Functional Wind Flow (Case Study: District 22 of Tehran).*Green Management*, 4(3), 135-156.

© The Author(s).
Online ISSN: 2821-0050
Publisher: Islamic Azad University, Aliabad Katoul Branch.
https://sanad.iau.ir/journal/jgm

پیشران‌های ساختاری تأثیرگذار بر کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی بر جریان عملکردی باد

(مطالعه موردی: منطقه ۲۲ تهران)

آزاده امیری[۱]، راحله رستمی[۲*] ، فاطمه مظفری قادیکلائی[۳]

۱- گروه معماری و شهرسازی، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران. رایانامه : a.amiri.arch70@gmail.com
۲- گروه معماری و شهرسازی، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران. (نویسنده مسئول) رایانامه: raheleh.rostami@gmail.com
۳- گروه معماری و شهرسازی، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران. رایانامه: mozaffarifatemeh2@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۱۲/۱۵

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۳/۰۲/۱۴

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۲/۲۷

تاریخ انتشار:
۱۴۰۳/۰۹/۱۷

کلمات کلیدی:
تغییر اقلیم،
بلندمرتبه سازی،
معماری پایدار،
تهران.

چکیده

ایجاد خرد اقلیم ها همراه با عدم تعادل جریان پایدار باد از مهمترین اثرات مخرب بلندمرتبه سازی در کلانشهرها محسوب می شود. به طوری که تغییر در تهویه طبیعی زمینه ساز کاهش کیفیت زندگی انسانی در مناطق شهری شده است. در همین راستا تحقیق حاضر به بررسی پیشران های ساختاری تأثیرگذار بر کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه سازی بر جریان عملکردی باد در منطقه ۲۲ شهر تهران پرداخته است. این تحقیق از نوع توصیفی کاربردی بوده که به صورت پیمایشی صورت گرفته است. جمعیت مورد مطالعه را برج سازان، کارشناسان و اعضای هیأت علمی بودند که ۶۰ نفر از آنها به عنوان حجم نمونه گیری به روش قضاوتی هدفمند انتخاب شد. پس از جمع آوری اطلاعات با بهره گیری از تکنیک اثرات متقاطع و با استفاده از نرم افزار MicMac به تحلیل ۱۸ شاخص مستخرج از روش دلفی پرداخته شد. بر اساس نتایج «رعایت اصول و معیارهای مناسب مکان یابی»، «تعیین دقیق مشخصات رفتاری باد در منطقه» و «چگونگی استقرار و پراکندگی تراکمی بلندمرتبه ها هماهنگ با باد غالب»، به عنوانا‌ثرگذارترین، و «نظارت و پایش ناظران و مدیران شهری در بلندمرتبه سازی بر اساس دستورالعمل مصوب ملی»، «متناسب سازی بلندمرتبه سازی با فرم شهری» و «تعداد و هندسه فواصل بین بناهای بلندمرتبه»، به عنوان اثرپذیرترین شاخص ها در کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه سازی در منطقه مورد مطالعه بودند. با توجه به نتایج به دست آمده، تدوین سند جامع چشم انداز بلندمرتبه سازی بر اساس استانداردهای زیست محیطی بین المللی در مراحل سه گانه طراحی، مکان یابی و اجرای بناهای بلند، مهمترین پیشنهاد با رویکرد زیست محیطی در بلندمرتبه سازی کلانشهرها است.

استناد: امیری، آزاده؛رستمی، راحله؛ و مظفری قادیکلائی، فاطمه (۱۴۰۳). پیشران های ساختاری تأثیرگذار بر کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه سازی بر جریان عملکردی باد (مطالعه موردی: منطقه ۲۲ تهران). *مدیریت سبز*، ۴(۳)، ۱۳۵-۱۵۶.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی آباد کتول.

شاپا الکترونیکی: ۰۰۵۰-۲۸۲۱

© نویسندگان.

https://sanad.iau.ir/journal/jgm

مقدمه

امروزه نیاز به آسایش اقلیمی مختص فضاهای داخلی نیست؛ به طوری که افراد بخش قابل توجهی از اوقات خود را در محیط خارج سپری می‌کنند که توجه به معیارهای کیفی در طراحی فضاهای بیرونی بناها اهمیت دوچندان می‌یابد (رضایی حریری و همکاران، ۱۳۹۵). این درحالی است که معماران در طراحی‌های خود بیشتر به تأمین شرایط آسایشی داخل بنا اکتفا کرده و فراهم نمودن شرایط مساعد در محیط بیرون به ویژه در کشورهای در حال توسعه اغلب نادیده گرفته شده است (روزی و همکاران[1]، ۲۰۱۱). جهان در پنج دهه گذشته به سرعت در حال شهرنشینی بوده است که حدود ۵۴ درصد از جمعیت حال حاضر در مناطق شهری زندگی می‌کنند که تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۶۶ درصد می‌رسد (همیدا و همکاران[2]، ۲۰۲۰). ازاین‌رو سیاست‌های شهرنشینی از الگوی رشد افقی به سمت الگوی رشد عمودی تغییر کرده و ایده شهر فشرده که مستلزم ساخت در ارتفاع و تغییر الگوی ساخت‌وساز شهری می‌باشد، مورد توجه قرار گرفته است (چوخاچیان و همکاران[3]، ۲۰۲۰؛ فرقانی و همکاران، ۱۳۹۹). افزایش و رشد سریع شهرنشینی به عنوان یکی از چالش‌های مهم در شهرهای بزرگ جهان و کمبود منابع از جمله زمین برای توسعه افقی (چانگ و همکاران[4]، ۲۰۱۱؛ آذربرزین و همکاران، ۱۴۰۲)، سیاست افزایش تراکم ساختمانی و بلندمرتبه‌سازی به عنوان راه‌حل مناسبی برای مشکل مسکن و فراهم کردن پایداری در شهرهای جهان از طریق کنترل افقی شهرها مطرح شد (دینگ و لام[5]، ۲۰۱۹؛ آریانمهر و همکاران، ۱۴۰۰).

با توجه به مزایا و معایب بلندمرتبه‌سازی، این نوع از ساختمان‌ها می‌توانند از جنبه‌های مختلفی همچون منظر و سیمای شهر، ساختار کالبدی- فضایی و به ویژه تغییرات اقلیمی بر محیط شهری تأثیرگذار باشند (رئیسی و عباس‌زادگان، ۱۳۸۶). در سال‌های اخیر، بسیاری از شهرهای جهان به‌ویژه شهرهایی که دارای ساختمان‌های بلند هستند، به طور فزاینده‌ای تحت تأثیر بادهای شدید قرار گرفته‌اند (کیم و همکاران[6]، ۲۰۲۳). برخی معتقدند که آسیب باد در شهرها معمولاً توسط ساختمان‌های بلند ایجاد می‌شود زیرا آن‌ها اغلب باعث ایجاد محیط باد غیرقابل پیش-بینی و خطرناک در سطح عابر پیاده شده (ایشیدا و همکاران[7]، ۲۰۲۳؛ لی و چن[8]، ۲۰۱۷) و همچنین بر خُرد اقلیم اطراف تأثیر گذارند (روسلان و همکاران[9]، ۲۰۲۰). ازاین‌رو تغییرات جریان عملکردی باد و رفتار هوای طبیعی به عنوان یکی از پدیده‌های اقلیمی است که تحت تأثیر بلندمرتبه‌سازی در کلانشهرها قرار گرفته است (وفایی و همکاران[10]، ۲۰۲۰). به بیان دیگر، ساختمان‌های بلند در شهرها با تغییر جریان هوا در نواحی اطراف خود بر

1- Rose et al
2- Hemida et al
3- Chokhachian et al
4- Chung et al
5- Ding and Lam
6- Kim et al
7- Ishida et al
8- Li and Chen
9- Roslan et al
10- Vafai et al

رژیم‌های باد تأثیرگذارند (کیم و همکاران، ۲۰۲۳؛ هالا و همکاران[1]، ۲۰۱۷). بنابراین به دلیل تأثیرات زیاد توسعه متراکم ساختمانی و بلندمرتبه‌سازی بر اقلیم محلی یک شهر (گارسیا و همکاران[2]، ۲۰۰۹) باید متغیرهایی مانند باد، گرما و تابش خورشیدی در فرآیندهای تصمیم‌گیری توسعهٔ شهری در نظر گرفته شود (تشو و همکاران[3]، ۲۰۱۲). جریان باد به عنوان عنصر اقلیمی نقش مهمی در کیفیت فضاهای شهری و مسکونی، پایداری فضاهای عمومی و دستیابی به توسعه پایداری شهری داشته (صالحی و همکاران، ۱۳۹۵) و امنیت و آسایش عابران پیاده در یک شهر دارد (مونن و همکاران[4]، ۲۰۱۲). همچنین این پدیده اثرات اولیه و ثانویه شدیدی از جمله تغییر جریان هوا، آسایش حرارتی و آلودگی هوا به همراه دارد (منتظری و همکاران[5]، ۲۰۱۴). تأثیر باد بر روی ساختمان‌های بلندمرتبه علمی دینامیکی است و بستگی به عوامل مختلف محیط از قبیل ناهمواری و شکل زمین اطراف ساختمان، اندازه و ارتفاع ساختمان‌ها، ترکیب نمای سازهٔ مورد نظر و نحوهٔ قرار گرفتن و توزیع فضایی ساختمان‌ها، فاصله بین ساختمان‌ها، فضاهای باز و سبز شهری و میزان پوشش زمین به وسیله ساختمان دارد (رامالو و هابز[6]، ۲۰۱۲). بنابراین مهم‌ترین ویژگی‌های باد در رابطه با طراحی ساختمان عبارت است از آشفتگی باد (توفانی بودن)، سرعت باد، جهت باد، وزش باد در سطح زمین و تدام باد (چائوهان و همکاران[7]، ۲۰۱۳).

اختلال در جریان باد شهری از طریق بلندمرتبه‌سازی یکی از اصلی‌ترین دلایل شکل‌گیری جزایر حرارتی در شهرهای بزرگ است. ازاین‌رو در طراحی چنین بناهایی توجه به شرایط پیرامونی ساختمان و تأثیر آن بر روی خرداقلیم به اندازه تأمین شرایط مطلوب داخلی مهم و حائز اهمیت است (رضایی حریری و همکاران، ۱۳۹۵). اهمیت واکنش‌های ناشی از باد و چگونگی کاهش اثرات مخرب آن و ایجاد خرداقلیم‌های شهری، آن را به موضوع مهم و کلیدی دستگاه‌های اجرایی و محققان در برنامه‌ریزی جغرافیای شهری تبدیل نموده است. بنابراین شناسایی اثرات مخرب حاصل از بلندمرتبه‌سازی به ویژه در کلانشهرها بر جریان عملکرد باد و تهویه طبیعی حاصل از آن و بهره‌گیری از آن‌ها در سیاست-گذاری مدیریت شهری مبتنی بر آینده‌نگری می‌تواند نقشه‌راهی برای بلندمرتبه‌سازی بر اساس نظرخواهی خبرگان و متخصصان در این زمینه در کلانشهرها باشد. در همین راستا منطقه ۲۲ به عنوان منطقهٔ مورد مطالعه در غرب کلانشهر تهران قرار گرفته که در مسیر جریان باد غالب شهر و کریدور ورودی جریان هوا به شهر قرار گرفته است. عدم توجه به زاویه وزش باد و انجام ساخت‌وسازها در مسیر جریان باد غرب به شرق و بادهای شمالی مانع از جریان هوا در فضای شهری شده است (صالحی و همکاران، ۱۳۹۵). این امر علاوه بر سلب آسایش حرارتی ساکنین در محیط‌های شهری، منجر به تمرکز ذرات آلاینده و عدم تهویه مناسب فضاهای شهری در این منطقه شده است. لذا با توجه به

1- Hala et al
2- Garcia et al
3- Tsou et al
4- Moonen et al
5- Montazeri et al
6- Ramalho and Hobbs
7- Chauhan et al

اهمیت این منطقه در معماری شهری و همچنین روند انبوه‌سازی و بلندمرتبه‌سازی که با رشدی حدود ۰/۴۳ درصدی همراه است، ضرورت ارزیابی اثرات بلندمرتبه‌سازی را بر جریان باد دوچندان می‌یابد. حال با توجه به مطالب بیان شده، پرسش اصلی تحقیق حاضر این است که پیشران‌های ساختاری تأثیرگذار کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی بر جریان عملکردی باد در منطقهٔ ۲۲ تهران کدامند؟ به طوری که بر اساس نتایج حاصل از آن می‌توان ضمن برنامه‌ریزی هدفمند در فرآیند و مدیریت بلندمرتبه‌سازی، تغییراتی در سیاست‌گذاری جغرافیای شهری در آینده ایجاد نمود.

ادبیات نظری و پیشینه تحقیق

بلندمرتبه‌سازی در جهان پدیده‌ای است که از اواخر قرن ۱۹ و در اوایل قرن ۲۰ چهره خود را به ثبت رسانده و نخستین گام‌ها در تولید آسمانخراش‌ها از حدود سال ۱۸۸۰ تا ۱۹۰۰ در شیکاگو برداشته شد. در قرن بیستم میلادی، مسائلی از قبیل افزایش جمعیت، نیاز به اسکان بیشتر مردم در شهرها، ضرورت استفاده بیشتر از زمین در مراکز پُرتراکم شهرها، ضرورت بازسازی و نوسازی در مناطق شهری، تقاضای مردم برای سکونت و یا کار در مراکز شهرها و ضروت کاهش هزینه‌های ناشی از گسترش افقی شهرها جزء عواملی بوده است که ساخت بناهای بلند را به عنوان یک ضرورت در شهرهای بزرگ جهان مطرح نموده است (تاجیک و همکاران، ۱۳۹۶). در همین راستا طی سال‌های ۱۳۲۸ تا ۱۳۳۰ نخستین ساختمان‌های بلندمرتبه در تهران ساخته شد. با وقوع انقلاب اسلامی، بلندمرتبه‌سازی به مدتی بیش از ۱۰ سال متوقف شد. موج جدید بلندمرتبه‌سازی در سال‌های پایانی دهه ۶۰ در پی افزایش قیمت زمین در تهران و آغاز فروش تراکم از سوی شهرداری تهران آغاز گردید. رونق برج‌سازی خصوصی ظاهراً سازمان‌ها و نهادهای دولتی نظیر بنیاد مستضعفان را هم تشویق به برج‌سازی نمود (وحید و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به گذشت بیش از یک قرن از ظهور ساختمان‌های بلندمرتبه، اینگونه بناها در ابتدا به عنوان نشانه‌ای از پیشرفت‌های تکنولوژیک جوامع و نمادهای قدرت شهرهای پیشرفته و پاسخی به رشد شدید جمعیت و کمبود زمین جهت احداث واحدهای مسکونی بودند (رهنما و عباس‌زاده، ۱۳۸۵). وقتی از ساختمان بلندمرتبه صحبت می‌شود چنین فرض می‌گردد که همه افراد تصور یکسانی از آن دارند. در حالی که چنین نبوده و نه تنها بین عامه، بلکه در قالب دیدگاه‌های متفاوت متخصصین نیز نظرات مختلفی در ارتباط با تعریف این ساختمان‌ها وجود دارد. اگرچه معیار خاصی برای تعریف اینگونه ساختمان‌ها ارائه نشده است و بلندی ساختمان‌ها نسبی بوده و بستگی به شرایطی همچون شرایط اجتماعی، تصورات فردی از محیط، ارتفاع ساختمان‌های همجوار و نوسانات اقلیمی دارد (رهنما و رزاقیان، ۱۳۹۲). از دیدگاه مهندسین ساختمان، هنگامی می‌توان بنایی را بلندمرتبه یا مرتفع نامید که ارتفاع آن باعث شود نیروهای جانبی ناشی از زلزله و باد بر طراحی آن تأثیر قابل توجهی بر شهر بگذارد و بر این مبنا از لحاظ ارتفاع، ساختمان‌های بیشتر از ۱۲ طبقه را ساختمان‌های بلندمرتبه می‌نامند

(ایسا و همکاران[1]، ۲۰۱۷). از دیدگاه جامعه‌شناسان ساختمان‌هایی که بیشتر از ۳۱ متر باشند و مانع از فعالیت کودکان در محوطه و فعالیت در هوای آزاد باشد، ساختمان‌های بلندمرتبه نامیده می‌شوند که نظارت بر کودکان با زیاد شدن ارتفاع مشکل‌ساز می‌شود (شجاعی و پولادی، ۱۳۹۸).

امروزه سیاست‌های شهرنشینی از الگوی رشد افقی به سمت رشد هوشمند تغییر نموده که به ایده شهر فشرده منجر شده است. بلند مرتبه‌سازی به عنوان یکی از روش‌های ساخت شهرهای فشرده، برای استفاده حداکثر از فضا و منابع محدود، بسیار مورد توجه مدیران شهری قرار گرفته است (رهنما و رزاقیان، ۱۳۹۲). اما گسترش و توسعهٔ اینگونه بناها در کلانشهرها عوارض‌های مختلف زیست‌محیطی همچون تغییر غیرطبیعی دمای شهر به علت افزیش بیش از حد سطوح ساختمانی، کاهش وزش باد در سطح شهر و افزایش موضعی سرعت آن در خیابان‌هایی که در جهت باد غالب منطقه قرار گرفته و اثرات مستقیمی بر عابرین پیاده‌روها دارند، می‌باشد (آقاجان‌زاده و تابان، ۱۳۹۹). از طرفی جلوگیری از تابش مستقیم نور آفتاب به ساختمان‌های موجود و خودسایه‌اندازی از دیگر پیامدهای بلندمرتبه‌سازی است که باعث عدم تعادل جریانی باد و تهویه طبیعی شهرها می‌شود (وحید و همکاران، ۱۳۹۶). متناسب نبودن طراحی و جانمایی بناهای بلندمرتبه با جریان باد باعث عدم تعادل سرعت و نحوهٔ حرکت آن خواهد شد که آسایش دینامیکی و حرارتی انسان را دچار چالش می‌نماید (خداویسی و همکاران، ۱۳۹۷). بنابراین بلندمرتبه‌سازی در مسیر جریان باد نقش مهم و مؤثر در تهویه بافت از آلودگی‌های ایجاد شده در محیط شهری دارند (زینالی و همکاران، ۱۳۹۶). لذا شناسایی هر یک از اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی می‌تواند باعث بهبود رفتار عملکردی جریان باد در تهویه طبیعی منطقهٔ شهری گردد.

در راستای تأثیرات مثبت و منفی بلندمرتبه‌سازی بر جریان هوای طبیعی و رفتار عملکردی باد در کشورهای مختلف جهان (احمد و همکاران[2]، ۲۰۱۷) و همچنین ایران تحقیقات و مطالعات زیادی صورت گرفته است که هر یک از آن‌ها این موضوع را از زوایای مختلفی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داده و به مهم‌ترین عوامل اشاره نموده‌اند. به عبارتی، در خصوص بررسی ارتباط میان معماری ساختمان‌های بلند و تأثیرات چشمگیر آن بر شرایط اقلیمی به ویژه رفتار باد در اطراف ساختمان تاکنون پژوهش‌های متعددی صورت گرفته است (صدرالغروی و همکاران، ۱۴۰۱). بررسی‌های سعادت‌جو (۱۴۰۰) نشان داد تغییر ساختار هندسی می‌تواند رفتار باد پیرامون ساختمان و معابر اطراف آن را تحت تأثیر قرار دهد. در میان مناطق آئرودینامیک اطراف ساختمان‌ها، منطقه پشت به باد و گوشواره‌ها شاهد بیشترین و مناطق رو به باد دارای

1- Isa et al
2- Ahmad et al

کمترین تأثیرپذیری مثبت حاصل از تغییرات هندسی بوده‌اند. نتایج نشان داد توزیع منظم تورفتگی بدنه در ارتفاع ساختمان می‌تواند با تشدید سرعت باد اطراف به تهویه معابر کمک کند.

نتایج تحقیقات صالحی و همکاران (۱۳۹۵) در ارزیابی اثر بلندمرتبه‌سازی بر جریان باد در تهران نشان می‌دهد که به دلیل مکان‌یابی نادرست و غیراصولی ساختمان‌های بلند، الگوی طبیعی وزش باد تغییر یافته و در نتیجه موجب بروز اثرات ثانویه ناشی از رکود یا تشدید جریان باد شده و کریدور ورودی هوا به شهر تهران را با مشکل مواجه ساخته است. رضایی حریری و همکاران (۱۳۹۵) به این نتیجه رسیدند که الگوی جریان باد در اطراف ساختمانی با فرم مقطع زیگوراتی به کاهش حداکثری بادهای آزاردهنده در اطراف ساختمان‌های بلندمرتبه انجامیده است. آهاجا و دالویی[1] (۲۰۰۶) در تحقیقات‌شان بیان داشتند که احداث ساختمان‌های بلندمرتبه و مجاورت آن‌ها با ساختمان‌های کوتاه موجب تغییراتی در جریان باد خواهد شد. نتایج تحقیقات ایشیدا و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که بادهای تند ناشی از ساختمان‌های بلند ممکن است باعث آسیب غیرمنتظره به ساختمان‌های کم‌مرتبه اطراف شوند. بر اساس نتایج به دست آمده از تحقیقات کیم و همکاران (۲۰۲۳) در شهر ساحلی بوسان کره‌جنوبی، ساختمان‌های بلندمرتبه باید با در نظر گرفتن تندبادهای حاصل از تغییر اقلیم دو برابر قوی‌تر از سرعت متوسط باد در منطقه طراحی شوند. ناگروهو و همکاران[2] (۲۰۲۲) که به بررسی تأثیر ساختمان‌های بلندمرتبه بر محیط حرارتی اطراف در باندونگ کشور اندونزی پرداخته‌اند به این نتیجه رسیدند که ساختمان‌های مرتفع از طریق تلاطم باد، سرمایش و گرمای بیش از حد، محیط حرارتی اطراف خود را تخریب می‌کنند. بر اساس یافته‌های این مطالعه جهت‌گیری‌های مختلف ساختمان‌ها نسبت به خورشید و باد می‌تواند مناطق اطراف را گرم یا خنک کند. از طرفی تلاطم و جریان باد با سرعت بالا بر اساس ارتفاع ساختمان باعث ایجاد شرایط ناخوشایند در محیط اطراف شده است. نتایج تحقیق پراسیتریک و اسریوانیت[3] (۲۰۲۲) که به بررسی اثرات ساختمان‌های بلندمرتبه بر محیط‌های حرارتی شهری و آسایش حرارتی در فضای باز در کشور مالزی پرداخته‌اند نشان داد که میانگین دمای تابش و سرعت باد بر محیط حرارتی عابر پیاده در اطراف ساختمان بلند تأثیرگذارند. ژائو و لی[4] (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای به این نتیجه رسیده‌اند که رفتار جریان باد در ساختمان‌های مرتفع نسبت به تغییر ارتفاع و فاصله بسیار حساس بوده است. به طوری که با افزایش نسبت ارتفاع کاهش و با زیاد شدن نسبت فاصله افزایش یافته است. در تحقیقی که توسط پارک و همکاران[5] (۲۰۲۱) در چین و شریف و ابوهیجله[6] (۲۰۲۰) در امارات صورت گرفت، نتایج داد

1- Ahuja and Dalui
2- Nugroho et al
3- Prasitreak and Srivanit
4- Zhao and Li
5- Park et al
6- Shareef and Abu-Hijleh

که جهت‌گیری ساختمان، ارتفاع و عوامل آب و هوایی ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر در بلندمرتبه‌سازی دارند. به طوری که جهت باد، سرعت باد، جهت و ارتفاع مناسب ساختمان برای کاهش انرژی ساختمان‌ها از مهم‌ترین عوامل در ساختمان‌های بلندمرتبه محسوب می‌شوند. احمد و همکاران (۲۰۱۷) و چویی و همکاران[1] (۲۰۲۳) نیز به تأثیرگذاری مثبت جهت‌یابی در سیستم ساختمان‌های بلندمرتبه اشاره کرده‌اند و بیان داشتند با جهت‌گیری بهینه ساختمان‌های بلندمرتبه می‌توانند اثربخشی مطلوب و مثبتی در جریان رفتاری باد داشته باشند.

نتایج مطالعات کویین و همکاران[2] (۲۰۲۰) در هنگ‌کنگ حاکی از آن بود که نوع مکان برج تأثیر زیادی بر تهویه شهری و جریان باد دارند. وفایی و همکاران[3] (۲۰۲۰) نیز در تحقیقی در ایران بیان داشتند که انتخاب سایت‌های بلندمرتبه‌سازی از اهمیت ویژه‌ای در پایداری جریان باد و تهویه طبیعی شهری برخوردارند. ویراسوریا و همکاران[4] (۲۰۱۹) بر این باورند که مکان‌یابی صحیح بناهای بلندمرتبه نقش مهمی در تهویه طبیعی ناشی از باد دارند و می‌توان تا ۲۵ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی نمود. بر اساس این مطالعه جهت‌گیری ساختمان‌های بلند با زاویه مایل با جهت باد غالب را نسبت به موقعیت عمود بر جهت باد غالب پیشنهاد می‌کند. چوخاچیان و همکاران[5] (۲۰۲۰) در تحقیقی به این نتیجه رسیده‌اند که بین شکل و فرم شهری و عملکرد محیطی ارتباط معنی‌داری وجود دارد. همچنین یافته‌ها گویای آن بود که ارتفاع ساختمان و هندسه بلندمرتبه‌ها ارتباط مستقیم با دسترسی به نور در روز و تهویه مطبوع دارند. در همین راستا اقبال و چان[6] (۲۰۱۶) و ضرغامی و همکاران[7] (۲۰۱۹) در تحقیقات‌شان به این نتیجه رسیدند که اشکال و فرم ساختمان و ارتفاع آن‌ها در کنترل و جهت دادن به گردش باد و در نتیجه تهویه مطبوع تأثیر زیادی دارد. هالا و همکاران[8] (۲۰۱۷) و هویی و همکاران[9] (۲۰۱۸) در یافته‌های تحقیقاتی‌شان بیان داشتند که ساختمان‌های مرتفع به طور گسترده‌ای بر تهویه طبیعی شهری تأثیرگذار بوده است. به طوری که فرم‌های معماری و مورفولوژی ساختمان‌های مذکور و در نظر گرفتن چشم‌انداز شهری در رفتار جریانی باد و خرد اقلیم‌های شهری تأثیرگذار بوده است. ایشان بر این باورند که باید اثرات باد از مرحله طراحی تا ساخت ساختمان‌های بلندمرتبه در شهرها مورد ارزیابی و پیش‌بینی شود. ژائو و هی[10] (۲۰۱۷) به این نتیجه رسیدند که عوامل متعددی مانند جهت باد غالب، توزیع فشار، هندسه ساختمان، اندازه و مکان نقش مهمی در تعیین پتانسیل‌های تهویه و جریان باد و خرداقلیم‌های اطراف ساختمان‌ها دارند.

1- Cui et al
2- Qin et al
3- Vafai et al
4- Weerasuriya et al
5- Chokhachian et al
6- Iqbal and Chan
7- Zarghami et al
8- Hala et al
9- Hui et al
10- Zhao and He

نتایج به دست آمده از تحقیقات یانگ و همکاران[1] (۲۰۱۳) که به بررسی ارتباط متقابل ساختار هندسی ساختمان و رفتار باد در منطقه دان‌های کشور تایوان پرداخته‌اند نشان داد، بهبود شرایط تهویه طبیعی در مناطق شهری با بهبود ساختار هندسی ساختمان‌های بلندمرتبه تغییر نموده است. پژوهش‌های انجام شده توسط کیم و همکاران[2] (۲۰۱۴) و چن و همکاران[3] (۲۰۱۷) نشان از آن دارد که تغییر برخی ویژگی‌ها از جمله تغییرات پوشش‌های گیاهی و فضای سبز بدون تغییرات ویژگی‌های فیزیکی بناها، می‌تواند تاحد نسبتاً زیادی به کاهش سرعت بادهای مزاحم در اطراف ساختمان‌های بلندمرتبه و تأمین آسایش اقلیمی عابران پیاده پیرامون آن‌ها باشد. تسانگ و همکاران[4] (۲۰۱۲)، تیریتزیس و نیکولوپولو[5] (۲۰۱۹) و ژانگ و همکاران[6] (۲۰۲۰) نیز فاصله بین ساختمان‌ها و تراکم آن‌ها را در تهویه طبیعی شهری و پایداری جریان باد در بلندمرتبه-سازی تأثیرگذار دانسته است. لی و چن[7] (۲۰۲۰) و ژو و همکاران[8] (۲۰۱۷) در تحقیق‌شان به این نتیجه رسیدند که در ساختمان‌های بلندمرتبه منطقه سایه باد، تعداد و پراکندگی دهانه‌های در نظر گرفته شده در فواصل بین ساختمان‌ها (فضاهای خالی) اثرات متفاوتی بر محیط و سرعت باد اطراف ساختمان‌ها دارد.

با توجه به نتایج تحقیقات ارائه شده، بلندمرتبه‌سازی اثرات منفی زیادی که به ویژه در زمینهٔ ایجاد خرد اقلیم‌های متعدد و همچنین جریان عملکردی باد و پایداری تهویهٔ طبیعی شهری دارد. به طوری که عدم تعادل رفتاری باد و تلاطم در جریان آن باعث ایجاد تداخل و مشکلات در کیفیت زندگی جوامع انسانی می‌شود (شکل۱).

شکل۱: الگوی تحلیلی تحقیق بر اساس اثرگذاری بلندمرتبه سازی بر جریان عملکردی باد

1- Yang et al
2- Kim et al
3- Chen et al
4- Tsang et al
5- Tsichritzis and Nikolopoulou
6- Zhang et al
7- Li and Chen
8- Xu et al

روش شناسی

این پژوهش از نظر نوع تحقیق کاربردی و از نظر ماهیت بر اساس روش‌های جدید علم آینده‌پژوهی، از نوع پژوهش‌های تحلیلی و اکتشافی است. جمعیت مورد مطالعه را برج‌سازان، کارشناسان شهرداری و زیباسازی منطقه ۲۲ و اعضای هیأت علمی و دانشجویان معماری و محیط‌زیست دانشگاه‌های شهر تهران، تشکیل دادند که ۶۰ از آن‌ها به عنوان تعداد نمونه به شیوهٔ هدفمند قضاوتی انتخاب شدند. گردآوری اطلاعات از طریق پرسشنامه محقق‌ساخت انجام شد که ابتدا شاخص‌های سنجش با بررسی اطلاعات اسنادی و کتابخانه‌ای مشخص شد. سپس با بهره‌گیری از تکنیک دلفی و مصاحبه با ۱۰ نفر در دو مرحله، دامنهٔ شاخص‌ها تکمیل‌تر گردید تا جایی که شاخص جدیدی ارائه نشد. بر همین اساس ۴۳ شاخص شناسایی شد که پس از جمع‌بندی و ترکیب شاخص‌ها بر اساس جلسهٔ متمرکز ایجاد شده حاصل از مصاحبه‌شوندگان، ۱۸ شاخص نهایی شد. به طوری که شاخص‌ها در ماتریسی N*N قرار می‌گیرند و بر اساس نظر گروه تعیین-شدهٔ مصاحبه‌شوندگان در قالب اعداد ۰ تا ۳ ارزش‌گذاری می‌شوند. به بیان دیگر، نمره‌دهی به شاخص‌ها بر حسب تأثیرگذاری شاخص‌های سطر بر هر یک از شاخص‌ها در ستون در چهار سطح بدون تأثیر (با ارزش عددی صفر)، تأثیر ضعیف (با ارزش عددی ۱)، تأثیر متوسط (با ارزش عددی ۲) و تأثیر زیاد (با ارزش عددی ۳) می‌باشد. پس از جمع‌آوری و دسته‌بندی داده‌ها، از روش آمار توصیفی در محیط نرم‌افزار $SPSS_{25}$ به منظور دسته‌بندی ویژگی‌های فردی و شغلی پاسخگویان بر اساس جداول توزیع فراوانی، درصد فراوانی، بیشینه و کمینه داده‌ها استفاده شد. برای تعیین پیشران‌های ساختاری تأثیرگذار بر کاهش اثرات بلندمرتبه‌سازی بر جریان عملکردی باد در منطقه ۲۲ تهران، پس از ورود اطلاعات پرسشنامه‌ها در Excel، از نرم‌افزار MicMac استفاده گردید. به طوری که ماتریس نهایی فراخوان شده در نرم‌افزار برحسب میانگین نظر پاسخگویان (۶۰ نفر) بود. در ماتریس متقاطع جمع اعداد سطرهای هر شاخص، میزان تأثیرگذاری و جمع ستونی هر شاخص نیز میزان تأثیرپذیری آن را از سایر شاخص‌ها نشان می‌دهد. در نهایت بر اساس پراکنش شاخص‌ها در محور مختصات مستخرج از نرم‌افزار، ضمن تعیین پایدار و یا ناپایداری سیستم، ویژگی‌های هر یک از شاخص‌ها متناسب با محل قرارگیری آن‌ها مشخص شده و مبنی تحلیل مدیران در سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌های آینده قرار می‌گیرد. در این تحقیق با انجام دوبار چرخش داده و تکرار، سطح پایایی به ۱۰۰ درصد رسید که وضعیت شاخص‌های مورد بررسی را بر کاهش اثرات بلندمرتبه‌سازی بر جریان عملکردی باد در منطقه مورد مطالعه را با نرم‌افزار میک‌مک در سطح بسیار مطلوبی نشان می‌دهد که صحتی بر نوع انتخاب مدل پژوهش جهت پردازش داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده است (جدول۱).

جدول۱: ثبات داده‌های مورد استفاده در تحقیق

تکرار	تأثیرگذاری (٪)	تأثیرپذیری (٪)
۱	۹۱	۹۸
۲	۱۰۰	۱۰۰

یافته ها

ویژگی‌های فردی و شغلی خبرگان: یافته‌ها نشان داد بیش از سه چهارم پاسخگویان مورد مطالعه را مردها و ۲۵ درصد آن را زن‌ها تشکیل داده‌اند. به طوری که اعضای هیأت علمی دانشگاه و دانشجویان تخصصی رشتهٔ معماری و محیط‌زیست بیش از ۵۰ درصد آن‌ها را به خود اختصاص دادند. توزیع سنی افراد مورد مطالعه حاکی از آن است که حدود ۵۷ درصد آن‌ها با بیشترین فراوانی بین ۴۰ تا ۶۰ سال سن داشته که اغلب آن‌ها با ۴۶/۶۷ درصد تجربهٔ ۱۵ تا ۳۰ ساله در زمینهٔ بلندمرتبه‌سازی و برج‌سازی در کلان‌شهر را دارند. بر اساس یافته‌های به دست آمده از تحقیق، نیمی از افراد مورد مطالعه با ۵۰ درصد دارای تحصیلاتی در سطح فوق‌لیسانس بوده و مابقی تحصیلاتی در مقطع لیسانس در پایین‌ترین و دکتری در بالاترین سطح تحصیلی بودند (جدول ۲).

جدول۲: توزیع فراوانی خبرگان برحسب ویژگی‌های فردی و شغلی

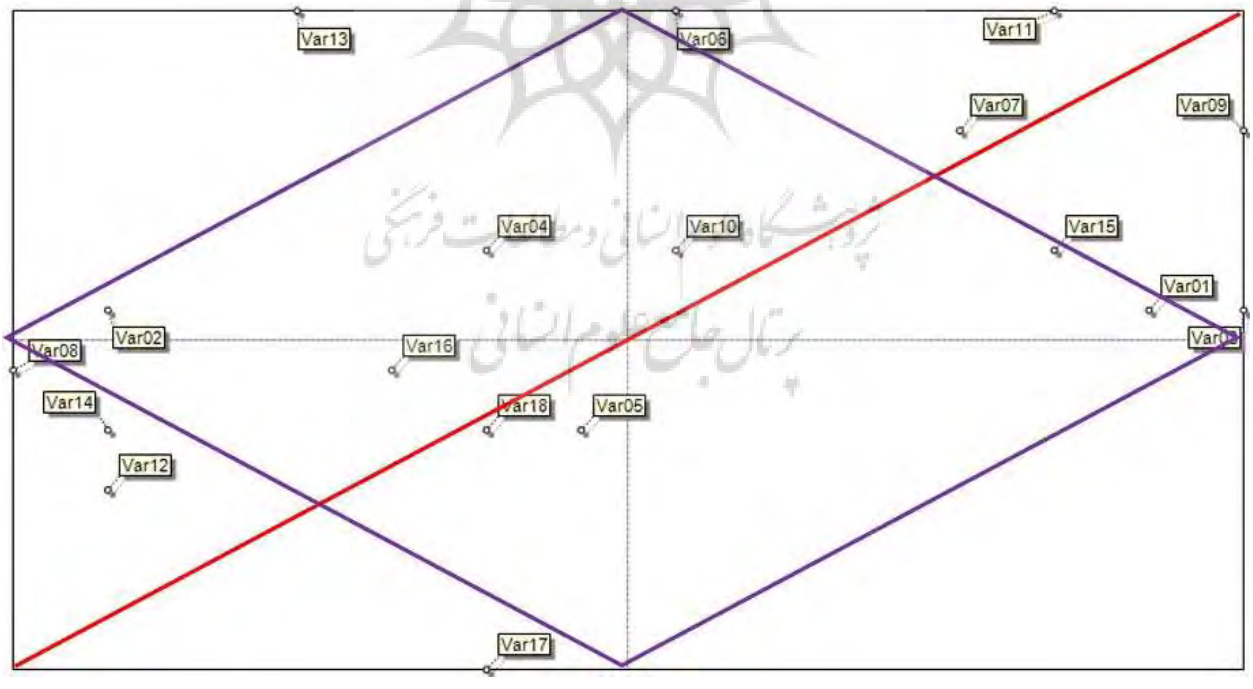
نوع متغیر	گروه‌ها	فراوانی	درصد فراوانی
جنسیت	مرد	۴۵	۷۵
	زن	۱۵	۲۵
جایگاه شغلی	کارشناسان شهرداری و زیباسازی	۱۸	۳۰
	برج‌سازان	۱۰	۱۶/۶۷
	اعضای هیأت علمی دانشگاه و دانشجویان تخصصی معماری	۳۲	۵۳/۳۳
سن (سال)	کمتر از ۴۰	۱۵	۲۵
	۴۰-۶۰	۳۴	۵۶/۶۷
	بیشتر از ۶۰	۱۱	۱۸/۳۳
سابقه تجربه/فعالیت تخصصی	کمتر از ۱۵ سال	۹	۱۵
	۱۵-۳۰ سال	۲۸	۴۶/۶۷
	بیشتر از ۳۰ سال	۲۳	۳۸/۳۳
سطح تحصیلات (مقطع)	لیسانس	۱۵	۲۵
	فوق‌لیسانس	۳۰	۵۰
	دکتری	۱۵	۲۵

نتایج حاصل از ماتریس اولیه اثرات متقاطع: پس از تعیین شاخص‌های کلیدی و تهیه ماتریس نهایی ۱۸*۱۸، داده‌های نهایی وارد Excel شده و با استفاده از روش اثرات متقاطع با نرم‌افزار میک‌مک پیشران‌های ساختاری تأثیرگذار بر کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی بر جریان عملکردی باد در منطقه ۲۲ تهران تحلیل شدند. شاخص پُرشدگی به دست آمده برای متغیرها با دو بار چرخش داده‌ای، ۹۳/۸۳ درصد است که این میزان نشان‌دهندهٔ پیوستگی و تأثیرگذاری زیاد عوامل شناسایی شده بر یکدیگر است. این وضعیت نشان‌دهندهٔ کارایی ابزار تحقیق و تأیید اطلاعات جمع‌آوری شده در سطح بسیار مطلوب می‌باشد و صحت اطلاعات به دست آمده را تأیید می‌کند. بر اساس نتایج به دست آمده تعداد روابط با اثرگذاری زیاد نسبت به سایر روابط (متوسط و کم) با ۱۱۳ رابطه قوی‌تر می‌باشد. به طوری که ۱۰۷ رابطه دارای تأثیرگذاری متوسط، ۸۴ مورد کم‌تأثیر و ۲۰ مورد بی‌تأثیر بوده است (جدول۳).

جدول۳- ویژگی‌های ماتریس اولیه اثرات متقاطع کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی بر جریان عملکردی باد

شاخص	ابعاد ماتریس	تکرار	تعداد صفر	تعداد یک	تعداد دو	تعداد سه	جمع	درجه پرشدگی
مقدار	۱۸	۲	۲۰	۸۴	۱۰۷	۱۱۳	۳۰۴	٪۹۳/۸۳

تحلیل پایداری/ناپایداری سیستم بر اساس پلان اثرگذاری و اثرپذیری مستقیم: پراکنش شاخص‌ها روی پلان اثرگذاری- اثرپذیری نشان-دهندهٔ ویژگی کلی سیستم است و بر اساس شکل پراکندگی شاخص‌ها روی پلان مشخص می‌شود که سیستم پایدار است یا ناپایدار. سیستم‌های ناپایدار با شاخص‌هایی که هم اثرگذارند و هم اثرپذیر، تحولات شدیدی در آینده خواهند داشت و وضعیت کنونی آن‌ها پایدار نخواهد ماند. در این حالت پراکنش عوامل لوزی شکل و از جنوب غربی به شمال شرقی نمودار خواهد بود. اما چنانچه سیستم دارای تعداد زیادی شاخص اثرگذار و در سمت مقابل تعداد زیادی شاخص اثرپذیر باشد و پراکنش آن‌ها به صورت L از سمت چپ نمودار ظاهر شود، سیستم پایدار است و شرایط کنونی سیستم در آینده تغییر چندانی نخواهد کرد. مطابق با نتایج مستخرج از نرم‌افزار میک‌مک، میزان کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی بر جریان عملکردی باد در منطقه ۲۲ تهران تا حدودی ناپایدار بوده و شرایط کنونی حاکم بر سیستم پایداری بلندمرتبه‌سازی در کلان‌شهرها در آینده نیازمند تغییرات خواهد بود (شکل۲).



شکل۲: مدل تأثیرات متقاطع (اثرگذاری و اثرپذیری و پراکنش شاخص‌ها بر اساس اثرات مستقیم)

تحلیل میزان اثرگذاری و اثرپذیری شاخص‌ها در کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی بر جریان عملکردی باد: بر اساس ماتریس اثرات مستقیم، جمع سطرهای ماتریس نشان‌دهندۀ میزان اثرگذاری و جمع ستون‌ها نشان‌دهندۀ میزان اثرپذیری یک عامل از سایر عامل‌ها است. همان‌طور که نتایج به دست آمده از تحقیق نشان می‌دهد، سه عامل «تعداد و هندسه فواصل بین بناهای بلندمرتبه»، «تعیین دقیق مشخصات رفتاری باد در منطقه» و «نظارت و پایش ناظران و مدیران شهری در بلندمرتبه‌سازی بر اساس دستورالعمل مصوب ملی و بین‌المللی تهویه طبیعی» بیشترین تأثیرگذاری را بر سایر عامل‌ها داشته‌اند. بر این اساس مشخص می‌شود که توجه به سه عامل اول از اصول کلیدی در میزان کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی بر جریان عملکردی باد در منطقه ۲۲ تهران می‌باشد. از طرفی یافته‌ها حاکی از آن است، دو عامل «متناسب‌سازی بلندمرتبه‌سازی با فرم شهری» و «چگونگی استقرار و پراکندگی تراکمی بلندمرتبه‌ها هماهنگ با باد غالب» بیشترین و عامل «ایجاد فضای سبز و پوشش گیاهی متناسب با طراحی بلندمرتبه‌ها» کمترین تأثیرپذیری را از سایر عامل‌ها در کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی بر جریان عملکردی باد در منطقه مورد مطالعه داشته‌اند (جدول۴).

جدول۴: میزان اثرگذاری و اثرپذیری عوامل در ماتریس تأثیرات مستقیم

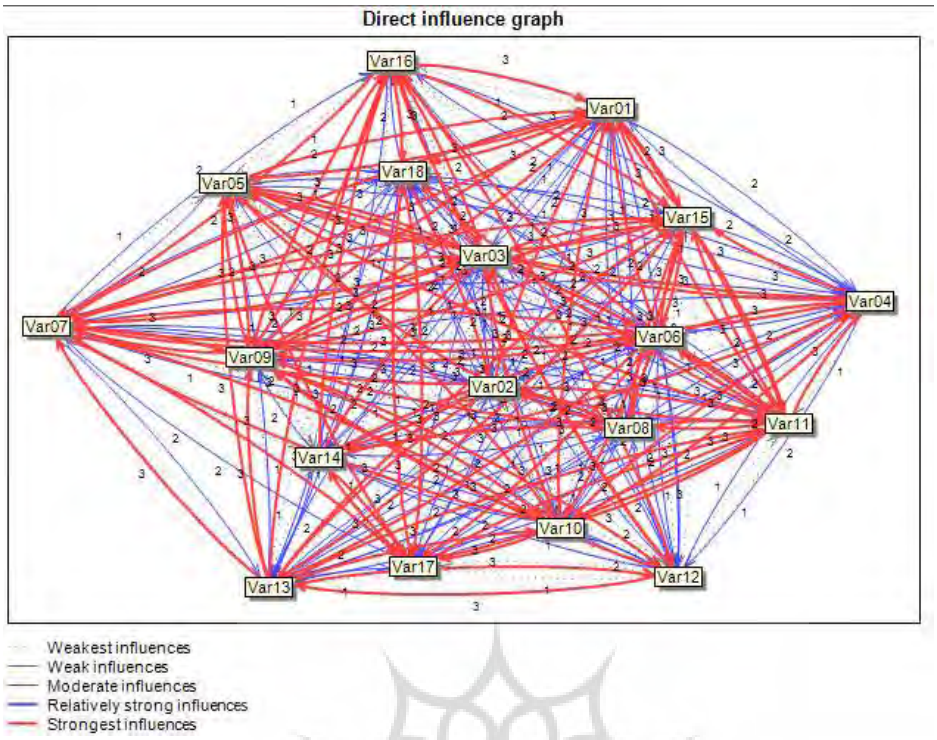
نماد	عامل	میزان اثرگذاری	میزان اثرپذیری
Var01	نظارت و پایش ناظران و مدیران شهری در بلندمرتبه‌سازی بر اساس دستورالعمل مصوب ملی و بین‌المللی تهویه طبیعی	۳۵	۴۱
Var02	ارزیابی توپوگرافی و فیزیوگرافی غالب منطقه در ساخت بلندمرتبه‌ها	۳۵	۳۰
Var03	متناسب‌سازی بلندمرتبه‌سازی با فرم شهری (مقارن‌سازی بلندمرتبه‌سازی با فرم شهری)	۳۵	۴۲
Var04	یکسان‌سازی در سیستم بلندمرتبه‌سازی (عدم احداث ساختمان‌های بلندمرتبه در مجاورت ساختمان‌های کوتاه)	۳۶	۳۴
Var05	تعیین مقطع مناسب و بهبود ساختار هندسی ساختمان‌های بلندمرتبه	۳۳	۳۵
Var06	رعایت اصول و معیارهای مناسب مکان‌یابی	۴۰	۳۶
Var07	جهت‌گیری و ارتفاع در ساخت بلندمرتبه‌ها	۳۸	۳۹
Var08	ایجاد فضای سبز و پوشش گیاهی متناسب با طراحی بلندمرتبه‌ها	۳۴	۲۹
Var09	تعداد و هندسه فواصل بین بناهای بلندمرتبه	۳۸	۴۲
Var10	خودسایه‌اندازی در بلندمرتبه‌ها و ایجاد سایه باد	۳۶	۳۶
Var11	تعیین دقیق مشخصات رفتاری باد در منطقه	۴۰	۴۰
Var12	تعیین قوانین مکمل بر ساخت بناهای بلندمرتبه در جهت بهبود تهویه طبیعی شهری	۳۲	۳۰
Var13	چگونگی استقرار و پراکندگی تراکمی بلندمرتبه‌ها هماهنگ با باد غالب	۴۰	۳۲
Var14	بکارگیری سیستم‌های نوین هدایت‌کنندۀ باد در بلندمرتبه‌ها	۳۳	۳۰
Var15	مکان‌یابی مناسب معابر و پیاده‌روها بر اساس جریان رفتاری باد در منطقه	۳۶	۴۰
Var16	طراحی نوع خیابان‌ها و جهت‌گیری آن‌ها نسبت به باد غالب	۳۴	۳۳
Var17	فرم سقف ساختمان و ساختار پوسته ساختمان‌های بلندمرتبه	۲۹	۳۴
Var18	تغییرات فرمی و ایجاد فرورفتگی در بدنه ساختمان به اشکال متفاوت	۳۳	۳۴

تعیین پیشران‌های کلیدی در کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی بر جریان عملکردی باد: نتایج به دست آمده از اثرات مستقیم و غیرمستقیم عوامل مورد بررسی در کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی بر جریان عملکردی باد در جدول ۵ حاکی از آن است که، عوامل «رعایت اصول و معیارهای مناسب مکان‌یابی- Var06»، «تعیین دقیق مشخصات رفتاری باد در منطقه- Var11»، «چگونگی استقرار و

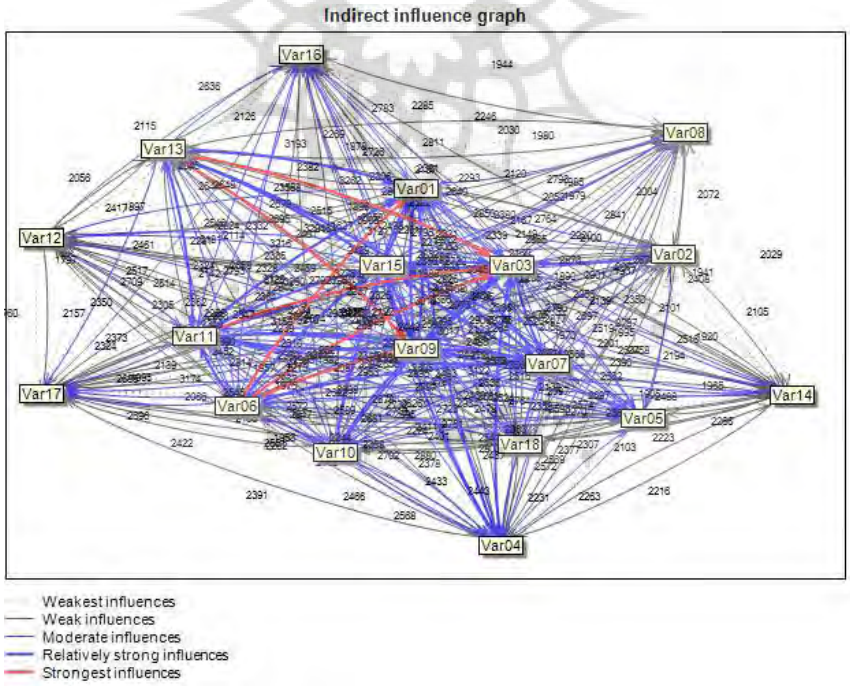
پراکندگی تراکمی بلندمرتبه‌ها هماهنگ با باد غالب- Var13»، «جهت‌گیری و ارتفاع در ساخت بلندمرتبه‌ها- Var07» و «تعداد و هندسه فواصل بین بناهای بلندمرتبه- Var09» با بیشترین مقدار عددی به دست آمده به عنوان پیشران‌های کلیدی تأثیرگذار مستقیم و همچنین سه عامل «رعایت اصول و معیارهای مناسب مکان‌یابی»، «چگونگی استقرار و پراکندگی تراکمی بلندمرتبه‌ها هماهنگ با باد غالب» و «تعیین دقیق مشخصات رفتاری باد در منطقه» بر اساس بالاترین امتیاز کسب شده از مهم‌ترین پیشران‌های تأثیرگذار غیرمستقیم در امر کاهش اثرات بلندمرتبه‌سازی در رفتار باد بودند. این در حالی است که پنج عامل از مهم‌ترین پیشران‌های مطرح شده با توجه به مقادیر به دست آمده، دارای تأثیرگذاری مستقیم و غیرمستقیم به طور همزمان می‌باشند اما به دلیل ارزش عددی بالاتر، می‌توانند اثرگذاری مستقیم بیشتری نسبت به اثرگذاری غیرمستقیم در کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی بر جریان عملکردی باد داشته باشند (جدول۵). شکل‌های ۳ و ۴ نیز به ترتیب اثرگذاری مستقیم و غیرمستقیم عوامل را به صورت شبکه نشان می‌دهد. گراف اثرگذاری نشان‌دهنده چگونگی روابط بین عوامل بر یکدیگر می‌باشد. به طوری که تأثیر هر عامل با توجه به امتیاز دریافتی در ماتریس اثرات متقاطع بر روی سایر عوامل با یک فلش نشان داده می‌شود. خطوط قرمز نشان‌دهندهٔ اثرگذاری زیاد و خطوط آبی با تغییر ضخامت گویای روابط متوسط تا ضعیف است. هر چه درصد روابط در عوامل بیشتر شده و گراف با درصد بالاتری رسم می‌شود، اغلب عوامل در سیستم شبکه‌ای ظاهر می‌شوند. بر این اساس در گرف‌های به دست آمده هر چه عوامل در میانه قرار گیرند، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بالاتری دارند.

جدول۵: ارزیابی پلان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عوامل مؤثر و رتبهٔ نهایی آن‌ها

رتبه	اثرات مستقیم				اثرات غیرمستقیم			
	نماد	تأثیرگذاری	نماد	تأثیرپذیری	نماد	تأثیرگذاری	نماد	تأثیرپذیری
۱	Var06	۶۲۷	Var03	۶۵۹	Var06	۶۲۵	Var03	۶۵۴
۲	Var11	۶۲۷	Var09	۵۶۹	Var13	۶۲۵	Var09	۶۵۲
۳	Var13	۶۲۷	Var01	۶۴۳	Var11	۶۱۹	Var01	۶۴۴
۴	Var07	۵۹۶	Var11	۶۲۷	Var07	۵۹۵	Var15	۶۳۱
۵	Var09	۵۹۶	Var15	۶۲۷	Var09	۵۹۱	Var11	۶۲۵
۶	Var04	۵۶۵	Var07	۶۱۲	Var15	۵۷۳	Var07	۶۱۴
۷	Var10	۵۶۵	Var06	۵۶۵	Var10	۵۶۲	Var10	۵۶۹
۸	Var15	۵۶۵	Var10	۵۶۵	Var04	۵۶۰	Var06	۵۵۹
۹	Var01	۵۴۹	Var05	۵۴۹	Var02	۵۵۲	Var05	۵۵۷
۱۰	Var02	۵۴۹	Var04	۵۳۳	Var03	۵۵۱	Var18	۵۳۷
۱۱	Var03	۵۴۹	Var17	۵۳۳	Var01	۵۴۶	Var04	۵۳۵
۱۲	Var08	۵۳۳	Var18	۵۳۳	Var08	۵۴۱	Var17	۵۳۴
۱۳	Var16	۵۳۳	Var16	۵۱۸	Var16	۵۳۳	Var16	۵۲۰
۱۴	Var05	۵۱۸	Var13	۵۰۲	Var05	۵۲۶	Var13	۴۹۶
۱۵	Var14	۵۱۸	Var02	۴۷۰	Var18	۵۱۶	Var12	۴۷۳
۱۶	Var18	۵۱۸	Var12	۴۷۰	Var14	۵۱۴	Var02	۴۷۱
۱۷	Var12	۵۰۲	Var14	۴۷۰	Var12	۵۰۵	Var14	۴۶۴
۱۸	Var17	۴۵۵	Var08	۴۵۵	Var17	۴۵۵	Var08	۴۵۵



شکل۳: تأثیرات مستقیم شاخص‌ها بر یکدیگر با پوشش ۱۰۰ درصد



شکل۴: تأثیرات غیرمستقیم شاخص‌ها بر یکدیگر با پوشش ۱۰۰ درصد

بحث و نتیجه گیری

امروزه به دلیل رشد جمعیت و نیاز به مسکن سیاست بلندمرتبه‌سازی در مناطق شهری در حال افزایش است ولی عمدتاً در احداث این ساختمان‌های مرتفع شرایط جغرافیایی و اقلیمی مناطق شهری از جمله جریان باد شهری در نظر گرفته نمی‌شود (صالحی و همکاران، ۱۳۹۵). باد به عنوان یکی از عناصر نامرئی اقلیمی از مهم‌ترین چالش‌های اقلیمی در محیط شهری است (ایسا و همکاران، ۲۰۱۷). تغییرات جریان این بادها و حرکت آن‌ها در ارتباط با معابر، گذرگاه‌ها و استقرار بناهای شهری به عنوان یک مسئله محیطی در بلندمرتبه‌سازی محسوب می‌شود (کیانی و ابوالفتحی، ۱۳۹۴). به طوری که جریان‌های توزیع باد برای طراحی توسعه برنامه‌ریزی شهری جدید و ساختمان‌های بلند بسیار مهم است (سویی و همکاران[1]، ۲۰۱۹). منطقه ۲۲ شهر تهران به عنوان یکی از مناطق ارزشمند و استراتژیک زیست‌محیطی به ویژه آلودگی هوا می‌باشد که در سال-های اخیر با گسترش سریع و روزافزون ساخت‌وساز و بلندمرتبه‌سازی روبه‌رو شده است به طوری که توسعه و گسترش بناهای بلندمرتبه اثرات منفی و نامطلوبی بر عملکرد جریانی باد به اشکال مختلف داشته است. لذا با توجه به اهمیت موضوع بلندمرتبه‌سازی در کلانشهر تهران به ویژه منطقه ۲۲ به عنوان کریدور جریانی باد و ورودی هوای شهر، شناسایی راهکارها و استراتژی‌های کاهش اثرات مخرب بناهای بلندمرتبه بر روند جریانی باد مطلوب و ایجاد اقلیم مناسب از طریق نزول آلودگی هوا، ضرورت پیدا می‌کند. به بیان دیگر طراحی دقیق بلندمرتبه‌ها می‌تواند بخش زیادی از مشکلات محیطی باد از جمله تهویه طبیعی و پراکندگی آلاینده‌های هوا را مرتفع نماید (لیو و همکاران[2]، ۲۰۱۸). در همین راستا تحقیق حاضر بر اساس دیدگاه و نظرات خبرگان تخصصی به بررسی پیشران‌های تأثیرگذار در کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی بر جریان عملکردی باد با رویکرد آینده‌پژوهی در منطقه ۲۲ تهران پرداخته است که مهم‌ترین نتایج آن به شرح زیر مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

رعایت اصول و معیارهای مناسب مکان‌یابی مهم‌ترین پیشران در کاهش اثرات منفی بلندمرتبه‌سازی در برنامه‌ریزی و مدیریت آیندهٔ شهری است. نکتهٔ مهم در معرفی معیارهای مکانی مؤثر در ساختمان‌های بلند آن است که این معیارها به یک میزان در انتخاب مکان بهینه برای احداث ساختمان‌های مذکور مؤثر نیستند. یکسان قرار دادن این معیارها باعث می‌شود تا برخی مواقع در نشان دادن اهمیت برخی معیارها اغراق و در مقابل، اهمیت برخی معیارهای مؤثر نادیده گرفته شود (عزیزی و فلاح، ۱۳۹۰). از طرفی برخی از معیارها به ویژه نوسان جریانی باد در راستای تهویه طبیعی منطقه مورد مطالعه از جمله فاکتورهای اقلیمی است که توجهٔ به آن می‌تواند نقش مهمی در ایجاد بلندمرتبه‌ها داشته باشد. این معیارها می‌توانند در سه بخش کالبدی- فضایی، اقتصادی- اجتماعی و زیست‌محیطی- اقلیمی تقسیم‌بندی شوند (رهنما و رزاقیان، ۱۳۹۲؛

1- Soea et al
2- Liu et al

سپاهی و همکاران، ۱۳۹۵؛ تاجیک و همکاران، ۱۳۹۶) که در این تحقیق تمرکز بر روی تأثیرات عناصر اقلیمی همچون جریان باد می‌باشد که در طراحی و ساخت بلندمرتبه‌ها نادیده گرفته شده و یا کمتر به آن توجه می‌شود. حسین‌پورشاد (۱۳۹۳) و احدی (۱۳۹۷) نیز با تأیید یافتهٔ به دست آمده به این نتیجه رسیده است که جانمایی مناسب ساختمان‌های بلندمرتبه بر اساس اصول محیط طبیعی اثرات مخرب عوامل مخاطره‌آفرین از جمله باد را کاهش می‌دهد. تأثیر گسترده این ساختمان‌ها علاوه بر کالبد و فضای شهری امروزی، بر تهویه طبیعی و آلودگی‌های هوا غیرقابل انکار است؛ به طوری که عدم توجه به معیارها و ضوابط لازم برای مکان‌یابی صحیح این ساختمان‌ها متناسب با وضعیت جریانی و رفتاری باد در منطقه، می‌تواند باعث بروز مشکلات متعددی در آیندهٔ شهرها گردد (تاجیک و همکاران، ۱۳۹۶). بنابراین تدوین سند جامع چشم‌انداز آیندهٔ بلندمرتبه‌سازی بر اساس استانداردهای زیست‌محیطی بین‌المللی و قوانین ملی، می‌تواند نقش مهمی در جهت هدایت جریان باد و همچنین تهویه طبیعی شهرها با توجه به نوسانات شدید اقلیمی داشته باشد.

یکی دیگر از پیشران‌های مهم و تأثیرگذار در کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی در جریان عملکردی باد، تعیین دقیق مشخصات رفتاری باد در منطقه می‌باشد که تأثیر مستقیمی بر چگونگی استقرار و پراکندگی تراکمی بلندمرتبه‌ها دارد. این یافته با نتایج تحقیقات آقاجان‌زاده و تابان (۱۳۹۹) و شیشگار[1] (۲۰۱۳) همسو بوده و بیان داشتند که با توجه به تغییر در تراکم ارتفاعی و نوع چیدمان و توده‌های جدید، جهت و سرعت جریان باد دچار تلاطم شده است که به لحاظ بیولوژیکی و احساس آرامش برای ساکنین مشکلاتی را در پی دارد. شناخت عوامل رفتاری باد بر اساس مکان پیش‌بینی شدهٔ ساخت بلندمرتبه‌ها و تحلیل آن‌ها باعث طراحی مهندسی با رویکرد زیست‌محیطی و اقلیمی که از مهم‌ترین شاخص‌های پایداری آیندهٔ شهری است، شده و موجب سهولت یافتن راه‌حل‌هایی جهت رفع معضلات مربوطه خواهد شد (شکوهیان و همکاران، ۱۳۹۷). ازاین‌رو تعیین سرعت و جهت وزش باد، عرض جغرافیایی، میزان بارندگی و رطوبت، ساعات آفتابی و توپوگرافی به کاهش تأثیرات منفی جزیره‌های گرمایی و به دام افتادن آلودگی‌ها در سطح شهر کمک می‌کند. این یافته با نتایج تحقیقات ژو و همکاران (۲۰۱۷) در چین همسو می‌باشد. بنابراین با مشخص شدن خصوصیات باد غالب در منطقه، برنامه‌ریزی و تصمیمات لازم در راستای میزان تراکم و پراکندگی بناها می‌شود. به بیان دیگر، جریان عملکردی باد در منطقه می‌تواند تعیین‌کنندهٔ سطح تراکم و چگونگی استقرار بلندمرتبه‌ها خواهد بود (تشو و همکاران، ۲۰۱۲). در همین راستا پارک و همکاران (۲۰۲۱) و شریف و ابوهیجله (۲۰۲۰) با تأیید یافتهٔ به دست آمده بر این باورند که محل استقرار ساختمان‌ها و تراکم آن‌ها با عناصر اقلیمی ارتباط زیادی دارد.

1- Shishegar

جهت‌گیری و ارتفاع در ساخت بلندمرتبه‌ها عامل دیگری است که نقش تعیین‌کننده در جریان رفتاری باد دارد. چگونگی استقرار، جهت-گیری و ارتفاع بلندمرتبه‌ها در کاهش جزایر حرارتی از طریق تنظیم جریان باد تأثیر مثبتی دارند. به همین دلیل برنامه‌ریزان شهری باید به این تغییرات به ویژه در زمان‌های بحرانی توجه داشته باشند، تا با در نظر گرفتن فواید و زیان‌هایی که افزایش ارتفاع در بلوک‌های شهری دارد، قوانین شهری را برای میزان ارتفاع ساختمان‌ها تدوین نمایند. بر این اساس با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها نقاط سرد افزایش می‌یابد و کاهش میانگین دما تا ۰/۲۵ درجه به وجود می‌آید. به بیان دیگر می‌توان گفت، افزایش ارتفاع ساختمان‌ها در شرایط بحرانی زمستان سبب کاهش دمای شهر و سردتر شدن شهر و افزایش سرعت باد می‌شود (بیات و بمانیان، ۱۴۰۰). با افزایش ارتفاع و جهت‌گیری نامناسب توده‌ها، کوران باد اتفاق نمی‌افتد، در این صورت دمای بین توده‌ها افزایش می‌یابد که بهبود آن مستلزم تغییر در شرایط کالبدی با توجه جهت و توزیع جریان باد است (آقاجان‌زاده و تابان، ۱۳۹۹). به اعتقاد همیدا و همکاران (۲۰۲۰) جهت باد ۴۵ درجه با تقویت قابل توجه باد و پایین نگهداشتن شدت تلاطم، مطلوب‌ترین زاویه را نشان می‌دهد. لذا جهت‌گیری بهینه در بلندمرتبه‌سازی بر اساس خصوصیات رفتاری باد اثربخشی مطلوب و مثبتی در جریان رفتاری باد دارد (احمد و همکاران، ۲۰۱۷؛ چویی و همکاران، ۲۰۲۳). از طرفی، سرعت و توزیع فشار باد با افزایش سطح ارتفاع و جهت-گیری سازه‌های ساختمانی با ارتفاع یکسان تغییر خواهد کرد (لیو و همکاران، ۲۰۱۸). نکته دوم این که در بناهایی که از ارتفاع ناهمسان برخوردارند، بادهای تند ناشی از ساختمان‌های بلند ممکن است زمینه‌ساز آسیب‌پذیری بناهای کم‌مرتبه شوند (ایشیدا و همکاران، ۲۰۲۳؛ کی و همکاران[1]، ۲۰۲۲).

همان‌طور که نتایج نشان داد، تعداد و هندسه فواصل بین بناهای بلندمرتبه به ویژه در بناهای مجتمع از عوامل تأثیرگذار بر جریان طبیعی باد در شهر دارد. این یافته با نتایج تحقیقات کلیم و جابلونسکی[2] (۲۰۰۴) همخوانی داشته و به این نتیجه رسیدند که سرعت جریان باد در گذرگاه‌های بین ساختمان‌ها به بالاترین حد خود می‌رسد. ایشان معتقدند که فضای باز بین مجموعه ساختمان‌ها به همان اندازه که ارتفاع آن‌ها فرآیند تهویه را سَهل می‌کند، جریان باد را هم می‌تواند مختل نماید. لذا طراحی شکل و ابعاد گذرگاه‌های نقش مهمی در کنترل جریان باد منطقهٔ شهری خواهد داشت. نتایج به دست آمده از تحقیقات لی و چن (۲۰۲۰) ضمن تأیید یافتهٔ به دست آمده از تحقیق، تعداد و پراکندگی فواصل بین ساختمان‌ها اثرات متفاوتی بر محیط و سرعت باد اطراف ساختمان‌ها دارد. بنابراین طراحی دقیق جهت و ابعاد بین ساختمان‌های بلندمرتبه می‌تواند به عنوان تونلی عمل نماید که باعث گردش باد و تهویه طبیعی منطقهٔ شهری می‌شود.

1- Ke et al
2- Klemm & Jablonski

با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق پیشنهاداتی جهت کاهش اثرات مخرب بلندمرتبه‌سازی بر عملکرد جریان و رفتار باد به شرح زیر ارائه می‌گردد:

- بلندمرتبه‌ها را نباید بر روی یک خط احداث کرد بلکه آن‌ها باید به صورت متخلل و با نظمی ساخته شوند که اجازه عبور جریان هوا دهند، بگونه‌ای که علاوه بر رعایت قاعده مشرفیت از بروز اثرات اولیه و ثانویه جریان باد نیز جلوگیری گردد.

- فاصله قرارگیری ساختمان‌های بلند در کنار یکدیگر معیار مهم می‌باشد که باید فاصله ساختمان‌ها به میزانی باشد که مناطق آیرودینامیکی اطراف آن‌ها در یکدیگر اثر کنند.

- در مجتمع‌هایی با ترکیب چند ساختمان بلندمرتبه می‌بایست با حذف یک ساختمان بلند در مسیر جریان هوا موجب تقویت اثربخشی تهویه باد شهری و تعدیل سرعت باد در فضای باز مرکزی مجتمع می‌شود.

- تعیین نقاط بحرانی سرعت باد، در بافت‌های کالبدی ساختمان‌های بلندمرتبه و مقابله با آن‌ها، می‌تواند از ایجاد سرعت‌های نامطلوب باد در فضاها و معابر شهری پیشگیری کند.

- نماهای بزرگ ساختمان باید عمودی باشد و نماهای باریک‌تر در موازات جهت باد قرار گیرد. در همین حال، فاصله بین ساختمان باید به اندازه کافی و به گونه‌ای باشد که حرکت باد را مسدود نکرده و گردش باد را بهبود بخشند.

- افزایش عرض ساختمان‌های برج‌مانند بهای افزایش انحراف جریان باد.

- ساخت دیوارهای محدب شکل برای منحرف کردن قسمت عمده‌ای از جریان باد به اطراف و کاهش میزان آشفتگی باد

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

احدی، مرتضی. (۱۳۹۷). بررسی و تحلیل معیارهای مناسب مکانی بلندمرتبه‌سازی در شهر تبریز، ششمین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی، معماری و شهرسازی: تهران.

آریان‌مهر، علیرضا، پورمهابادیان، الهام و محمودی، مهدی. (۱۴۰۰). معیارهای بلندمرتبه‌سازی از دیدگاه زیباشناسی و منظر شهری در راستای آمایش سرزمین و جغرافیای شهری: نمونه موردی: منطقه ۲۲ تهران، فصلنامه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، ۱۳(۲): ۸۹-۶۱.

آذربرزین، نیلوفر، مرصوصی، نفیسه، حلبیان، امیرحسین و شاهینی‌فر، مصطفی. (۱۴۰۲). تحلیل اثرات بلندمرتبه سازی بر تغییرات محیط شهری (نمونه موردی: محله کیانپارس اهواز)، مجله جغرافیا و توسعه فضای شهری، ۴: ۲۳-۱.

آقاجان‌زاده، سیده آزاده و تابان، محسن. (۱۳۹۹). تأثیر توده‌های متراکم بر جریان باد در جهت تهویه شهری (نمونه موردی: شهر بابلسر)، مجله پژوهش‌های دانش زمین، ۱۱(۴۳): ۱۸۳-۲۰۲.

بابایی، مهدی و شهبازی، حسین. (۱۳۹۸). بررسی تأثیر بلندمرتبه‌سازی در منطقه ۲۲ شهرداری تهران بر میدان باد منطقه و شهر تهران، گزارش فنی شرکت کنترل کیفیت هوا: تهران.

بیات، آتوسا و بمانیان، محمدرضا. (۱۴۰۰). تحلیل تأثیر الگوهای استقرار ساختمان‌های بلند بر کاهش اثر جزایر حرارتی در فضاهای مابین ساختمان‌ها، مجله گفتمان طراحی شهری، ۲(۱): ۱۲۰-۱۰۵.

تاجیک، وحید، عسکری، محسن، نالایی، امیرحسین و مهدی‌نیا، محمدهادی. (۱۳۹۶). مکان‌یابی پهنه‌های مستعد بلندمرتبه‌سازی نمونه موردی: حوزه شمال غربی شهر مشهد، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۳۲(۳): ۱۶۳-۱۷۳.

حسین‌پورشاد، و. (۱۳۹۳). بررسی و تحلیل معیارهای مناسب مکانی در بلند مرتبه‌سازی؛ مطالعه موردی: شهر تبریز، پایان‌نامه گروه معماری دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

خداویسی، عرفان، سجادزاده، حسن و معتقد، محمد. (۱۳۹۷). تأثیر بناهای بلندمرتبه بر آسایش حرارتی و زیستی عابران پیاده (نمونهٔ موردی: خیابان بوعلی شهر همدان)، مجله محیط-شناسی، ۴۴(۴): ۶۴۳-۶۵۹.

رئیسی، ایمان و عباس‌زادگان، حسین. (۱۳۸۶). پایداری اجتماعی در خانه، مجله آبادی، ۵۵: ۱۱-۷.

رضایی حریری، محمدتقی، نجف خسروی، شیوا و سعادت‌جو، پریا. (۱۳۹۵). بررسی تأثیر مقطع ساختمان‌های بلندمرتبه بر رفتار باد در پیرامون بنا، مجله نامه معماری و شهرسازی، ۹(۱۷): ۷۷-۶۱.

رهنما، محمدرحیم و رزاقیان، فرزانه. (۱۳۹۲). مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه با تأکید بر نظریه رشد هوشمند شهری در منطقه ۹ شهرداری مشهد، مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۳(۹): ۶۴-۴۵.

رهنما، محمدرحیم و عباس‌زاده، غلامرضا. (۱۳۸۵). مطالعه تطبیقی سنجش درجه پراکنش/فشردگی در کلان‌شهرهای سیدنی و مشهد، فصلنامه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۳(۶): ۱۰۱-۱۴۸.

سپاهی، اعظم، مقدم آریایی، علی و فاطمی، نرجس‌السادات. (۱۳۹۵). بررسی آثار بلندمرتبه‌سازی بر بافت پیرامون با توجه به اهداف توسعه پایدار (نمونه موردی: منطقه ۹ کلانشهر مشهد)، دومین کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری: تهران.

شجاعی، محمد و پولادی، پیمان. (۱۳۹۸). مطالعه ضرورت‌ها و چالش‌های بلندمرتبه‌سازی (مطالعه موردی: شهرستان چالوس)، فصلنامه جغرافیا و روابط انسانی، ۲(۱): ۱۴۹-۱۳۲.

شریعتمداری، احسان، سنماری، محمدمهدی، مدی، حسین و مهربانی گلزار، محمدرضا. (۱۳۹۸). برنامه‌ریزی منظر مبتنی بر خردااقلیم با هدف کاهش آلاینده‌های هوا در کلان‌شهرها (نمونهٔ مورد مطالعه منطقهٔ ۲۲ تهران)، نشریه باغ نظر، ۱۶(۷۲): ۵۲-۴۱.

شکوهیان، محمد، عمرانی، نیما و خسروپور، حمیدرضا. (۱۳۹۷). مروری بر مبانی معماری پایدار شهری و تأثیر بلندمرتبه‌سازی بر وضعیت آلودگی هوای شهرها، چهارمین کنفرانس ملی مهندسی عمران و معماری با تأکید بر فن‌آوری‌های بومی ایران: تهران.

صالحی، اسماعیل، یاوری، احمدرضا، وکیلی، فانه و پریور، پرستو. (۱۳۹۵). ارزیابی اثر بلندمرتبه‌سازی بر عملکرد جریا باد شهری، پژوهش موردی: منطقه ۲۲ کلانشهر تهران، دو فصلنامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، ۷(۱): ۶۷-۸۰.

صدرالغروی، تینا سادات، محمودی زرندی، مهناز و مهدیزاده سراج، فاطمه. (۱۴۰۱). تبیین برهم کنش مشخصات کالبدی ساختمان‌های بلندمرتبه بر پراکنش ذرات آلاینده با توجه به جریان هوای طبیعی (مطالعه موردی: منطقه یک تهران)، فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، ۱۷(۱): ۲۰۵-۲۱۸.

عادلی، زینب و سردره، علی اکبر. (۱۳۹۰). مکان‌گزینی ساختمان‌های بلند مسکونی در قزوین با استفاده از فرآیند سلسله مراتب (AHP) و GIS، سومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت شهری: مشهد.

عزیزی، محمدمهدی و فلاح، الهام. (۱۳۹۰). تعیین و به کارگیری معیارهای مکان‌یابی ساختمان‌های بلند در کلان‌شهرها: نمونهٔ موردی شیراز، نشریه صفه، ۵۲: ۲۰۰-۱۸۵.

فرقانی، حجت، رهنما، محمدرحیم، صابری‌فر، رستم و رحیمی، حسین. (۱۳۹۹). تحلیل اثرات بلندمرتبه‌سازی بر فرم شهری کلانشهر مشهد، مجله جغرافیا و توسعهٔ فضای شهری، ۷(۱): ۲۲۹-۲۰۹.

کیانی، مهرداد و ابوالفتحی، داریوش. (۱۳۹۴). الگوهای حرکتی جریان بادهای غالب و پیامدهای محیط‌زیستی آن‌ها در ارتباط با استقرار ساختمان‌ها و معابر شهری: مطالعه موردی شهر نهاوند در غرب ایران، مجله انسان و محیط‌زیست، ۱۳(۱): ۴۷-۵۶.

گودرزی، علی، حق‌زاد، آمنه، رمضانی‌پور، مهرداد و بزرگمهر، کیا. (۱۴۰۱). تحلیل عوامل مؤثر بر عدم موفقیت سیاست‌های زمین و مسکن در منطقه ۲۲ تهران، مجله آمایش محیط، ۱۵(۵۸): ۸۰-۵۹.

وارثی، حمیدرضا و کریمی، لیلا. (۱۳۹۶). تحلیل جغرافیایی ساختمان‌های بلندمرتبه، مطالعه موردی: مناطق جنوب رودخانه زاینده‌رود در شهر اصفهان، مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۷(۲۴): ۱۴-۱.

وحید، آرش، شیعه، اسماعیل صارمی، حمیدرضا. (۱۳۹۶). ارائه الگویی برای مکان‌یابی ساختمان‌های بلندمرتبه با تأکید بر پایداری محیط زیست به روش FTOPSIS نمونه موردی: محدوده ۳ شهرداری قزوین، فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۸(۱): ۳۲۹-۳۴۳.

یعقوبی، زینب و زعیمدار، مژگان. (۱۳۹۷). بررسی سیمای زیست‌محیطی منطقه ۲۲ شهر تهران، مجله مدیریت محیط زیست و توسعه پایدار، ۱: ۷-۱.

Ahmad, T., Aibinu, A., and Thaheem, M. J. (2017). The effects of high-rise residential construction on sustainability of housing systems. Procedia engineering, 180: 1695-1704.

Ahuja, A., and Dalui, S. (2006). Unpleasent Pedestrian Wind Conditions Around Building. Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing), 7(2): 147-154.

Chauhan, H. M., Pomal, M. M., and Bhuta, G. N. (2013). A comparative study Of wind forces on high-rise buildings as per is 875-Iii (1987) and proposed draft code (2011). Global journal for research analysis, 2(5): 2277-8160.

Chen, L., Hang, J., Sandberg, M., Claesson, L., Di Sabatino, S., and Wigo, H. (2017). The impacts of building height variations and building packing densities on flow adjustment and city breathability in idealized urban models. Building and Environment, 118: 344-361.

Chokhachian, A., Perini, K., Giulini, S., and Auer, T. (2020). Urban performance and density: Generative study on interdependencies of urban form and environmental measures. Sustainable cities and society, 53: 101952.

Cui, H., An, H., Ma, M., Han, Z., Saha, S. C., and Liu, Q. (2023). Experimental Study on Wind Load and Wind-Induced Interference Effect of Three High-Rise Buildings. Journal of Applied Fluid Mechanics, 16(11): 2101-2114.

Ding, C., and Lam, K. P. (2019). Data-driven model for cross ventilation potential in high-density cities based on coupled CFD simulation and machine learning. Building and Environment, 165: 106394.

García Cueto, O. R., Tejeda Martínez, A., and Bojórquez Morales, G. (2009). Urbanization effects upon the air temperature in Mexicali, BC, Mexico. Atmósfera, 22(4): 349-365.

Hala, E., Nepravishta, F., and Panariti, A. (2017). The wind flow effects and high-rise buildings in urban spatial morphology. In Cities in Transitions, Proceedings of the 1st International Forum on Architecture and Urbanism, Tirana, Albania (pp. 14-16).

Hemida, H., Šarkić Glumac, A., Vita, G., Kostadinović Vranešević, K., and Höffer, R. (2020). On the flow over high-rise building for wind energy harvesting: An experimental investigation of wind speed and surface pressure. Applied Sciences, 10(15): 5283.

Hui, Y., Tamura, Y., and Yang, Q. (2017). Analysis of interference effects on torsional moment between two high-rise buildings based on pressure and flow field measurement. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 164: 54-68.

Isa, N. M., Nasir, N. F., Sadikin, A., and Bahara, J. A. H. (2017). Investigation of wind behaviour around high-rise buildings. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 243, No. 1, p. 012037). IOP Publishing.

Iqbal, Q. M. Z., and Chan, A. L. S. (2016). Pedestrian level wind environment assessment around group of high-rise cross-shaped buildings: Effect of building shape, separation and orientation. Building and environment, 101: 45-63.

Ishida, Y., Yoshida, A., Kamata, S., Yamane, Y., and Mochida, A. (2023). Wind Tunnel Experiments on Interference Effects of a High-Rise Building on the Surrounding Low-Rise Buildings in an Urban Block. Wind, 3(1): 97-114.

Ke, Y., Shen, G., Yu, H., and Xie, J. (2022). Effects of Corner Modification on the Wind-Induced Responses of High-Rise Buildings. Applied Sciences, 12(19): 9739.

Kim, H., Kim, T., and Leigh, S. (2014). Assessment of Pedestrian Wind Environment of High-rise Complex Using CFD Simulation, Sustainable Procurement in Urban. Regeneration and Renovation Northern Europe and North-West Russia, 1-8.

Kim, J., Kwon, Y., Kang, B., Choi, J., and Kwon, S. (2023). Analysis of the Skyscraper Wind around High-Rise Buildings in Coastal Region, South Korea, during Typhoon 'Hinnamnor'. Wind, 3(1): 64-78.

Klemm, K., and Jablonski, M. (2004). Wind speed at pedestrian level in a residential building complex. environment, 2: 3-10.

Li, Y., and Chen, L. (2020). Study on the influence of voids on high-rise building on the wind environment. Build Simul, 13: 419-438.

Liu, S., Pan, W., Zhao, X., Zhang, H., Cheng, X., Long, Z., and Chen, Q. (2018). Influence of surrounding buildings on wind flow around a building predicted by CFD simulations. Building and Environment, 140: 1-10.

Montazeri, H., Blocken, B., and Hensen, J. L. M. (2015). Evaporative cooling by water spray systems: CFD simulation, experimental validation and sensitivity analysis. Building and environment, 83: 129-141.

Moonen, P., Defraeye, T., Dorer, V., Blocken, B., and Carmeliet, J. (2012). Urban Physics: Effect of the micro-climate on comfort, health and energy demand. Frontiers of Architectural Research, 1(3): 197-228.

Murakami, S., Iwasa, Y., and Morikawa, Y. (1986). Study on acceptable criteria for assessing wind environment at ground level based on residents' diaries. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 24(1): 1-18.

Nugroho, N. Y., Triyadi, S., and Wonorahardjo, S. (2022). Effect of high-rise buildings on the surrounding thermal environment. Building and Environment, 207: 108393.

Park, J. H., Berardi, U., Chang, S. J., Wi, S., Kang, Y., and Kim, S. (2021). Energy retrofit of PCM-applied apartment buildings considering building orientation and height. Energy, 222: 119877.

Prasitreak, D., and Srivanit, M. (2022). The effects of high-rise building on Urban thermal environments and outdoor thermal comfort: A case study of suburban residential development nearby the Rangsit Campus of Thammasat University. Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 19(1): https://doi.org/10.56261/jars.v19i1.243476

Qin, H., Lin, P., Lau, S. S. Y., and Song, D. (2020). Influence of site and tower types on urban natural ventilation performance in high-rise high-density urban environment. Building and Environment, 179: 106960.

Ramalho, C. E., and Hobbs, R. J. (2012). Time for a change: dynamic urban ecology. Trends in ecology & evolution, 27(3): 179-188.

Rose, L., Horrison, E., and Venkatachalam, L. J. (2011). Influence of built form on the thermal comfort of outdoor urban spaces. In The 5th International Conference of the International Forum of Urbanism (IFoU).

Roslan, N. H., Ismail, M. R., and Malim, N. A. H. (2020). The effects of microclimate and air-infiltration on energy and long-term thermal comfort in high-rise buildings in tropical climate. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 476, No. 1, p. 012079). IOP Publishing.

Shareef, S., and Abu-Hijleh, B. (2020). The effect of building height diversity on outdoor microclimate conditions in hot climate. A case study of Dubai-UAE. Urban Climate, 32: 100611.

Shishegar, N. (2013). Street design and urban microclimate: analyzing the effects of street geometryand orientation on airflow and solar access in urban canyons. Journal of clean energy technologies, 1(1): 52-56.

Soea, T. M., and San Yu Khaingb, K. K. T. (2019). Study on Wind Flow Behaviours of High Rise Buildings with CFD Simulation. American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS), 54(1), 111-121.

Tsang, C. W., Kwok, K. C., and Hitchcock, P. A. (2012). Wind tunnel study of pedestrian level wind environment around tall buildings: Effects of building dimensions, separation and podium. Building and Environment, 49: 167-181.

Tsichritzis, L., and Nikolopoulou, M. (2019). The effect of building height and façade area ratio on pedestrian wind comfort of London. Journal of wind engineering and industrial aerodynamics, 191: 63-75.

Tsou, J. Y., Chow, B., and Fu, W. (2012). Wind environment and natural Ventilation simulation for sustainable building design in Hong Kong and other China cities. In 14th international conference on computing in civil and building engineering (ICCCBE) Moscow, russia: moscow state university of civil engineering (pp. 27-29).

Vafai, H., Parivar, P., Sehat Kashani, S., Farshforoush Imani, A., Vakili, F., and Ahmadi, G. (2020). Environmental impact analysis of high-rise buildings for resilient urban development. Scientia Iranica, 27(4): 1843-1857.

Xu, X., Yang, Q., Yoshida, A., and Tamura, Y. (2017). Characteristics of pedestrian-level wind around super-tall buildings with various configurations. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 166: 61-73.

Weerasuriya, A. U., Zhang, X., Gan, V. J., and Tan, Y. (2019). A holistic framework to utilize natural ventilation to optimize energy performance of residential high-rise buildings. Building and Environment, 153: 218-232.

Yang, A., Wen, C., Wu, Y., Juan, Y., and Su, Y. (2013). Wind field analysis for a high-rise residential building layout in Danhai, Taiwan. Proceedings of the World Congress on Engineering, 2(3-5): 843-848.

Zarghami, E., Karimimoshaver, M., Ghanbaran, A., and SaadatiVaghar, P. (2019). Assessing the oppressive impact of the form of tall buildings on citizens: Height, width, and height-to-width ratio. Environmental Impact Assessment Review, 79: 106287.

Zhang, Y., Ou, C., Chen, L., Wu, L., Liu, J., Wang, X., and Hang, J. (2020). Numerical studies of passive and reactive pollutant dispersion in high-density urban models with various building densities and height variations. Building and Environment, 177: 106916.

Zhao, D. X., and He, B. J. (2017). Effects of architectural shapes on surface wind pressure distribution: case studies of oval-shaped tall buildings. Journal of Building Engineering, 12: 219-228.

Zhao, L., and Li, Y. (2022). The influence of multi/high-rise building on the surface wind load of low-rise building. Alexandria Engineering Journal, 61(12): 11979-11991.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی