



## The Role of Buildings Distribution Pattern on Outdoor Airflow and Received Daylight; Case study: Residential Complexes in Tehran

### ARTICLE INFO

#### Article Type

Analytic Study

#### Authors

Paria Saadatjoo<sup>1\*</sup>

Elham Saligheh<sup>2</sup>

#### How to cite this article

Saadatjoo P, Saligheh E. The Role of Buildings Distribution Pattern on Outdoor Airflow and Received Daylight; Case study: Residential Complexes in Tehran. *Naqshejahan*. 2021 Nov 10; 11(3):67-92.

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1400.11.3.4.1>

1. Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2. Lecturer, Department of Architecture, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

#### \*Correspondence

Address: Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, 29 Bahman Blvd, Tabriz, Iran.

Phone: +9141056184

#### Article History

Received: 25 Feb 2021

Accepted: 21 Jun 2021

ePublished: 10 Nov 2021

### ABSTRACT

**Aims:** Inefficient outdoor airflow of residential complexes is one of the most important issues that has greatly reduced thermal comfort and, consequently, the tendency to spend time in these environments. The present study aims to investigate the effect of the arrangement of blocks in a residential complex in Tehran on the outdoor wind flow and received natural light by the buildings.

**Materials & Methods:** The research method is descriptive-analytical with the application of Design builder 6.1.2.009 and CFD (Ansys Airpak 16.0.3) software, respectively, to simulate and investigate the effect of changing the residential blocks' arrangement on wind flow pattern and airflow potential.

**Findings:** The analysis of the simulations indicated that the modification of distance and arrangement along the X axis (in the best case caused) caused a %7.10 increase in wind speed, and a %2.35 increase in the amount of daylight received by buildings compared to the base model. Moving the blocks along Y axis, in the optimal state caused a %3.55 increase in wind speed and %2.48 increase in the amount of received natural light compared to the base model.

**Conclusion:** The results of the study indicated that uniaxial displacement of blocks may have positive or negative effects on outdoor airflow, while combined displacement patterns decrease air velocity. Uniaxial and hybrid displacement increases received daylight in comparison to the base mode.

**Keywords:** Airflow, Porous architecture, Highperformance architecture, Daylightophil architecture, Energy, Sustainability.

### CITATION LINKS

[1] Contemporary architecture of Iran. [2] Impact of Central Courtyard Proportions... [3] Learning Traditional Architecture for Future... [4] High-Performance Architecture: Search for Future Legacy... [5] Dilemma of green and pseudo green architecture... [6] Investigation of troglodytic architectural adaptation... [7] Climate Impact on Architectural Ornament Analyzing the Shadow... [8] Prioritizing for Healthy Urban Planning: Interaction... [9] Designery Approach to Energy Efficiency in High-Performance... [10] Discourse of High-Performance Architecture: A Method... [11] An analysis of influential factors on outdoor thermal comfort... [12] Effects of windward and leeward wind directions on outdoor thermal... [13] Seasonal differences of subjective thermal sensation and neutral... [14] Contribution of city prosperity to decisions on healthy... [15] Thermal and energy performance... [16] Determining the Most Efficient... [17] Optimisation of building shape... [18] Impacts of urban morphology on reducing... [19] A novel design-based optimization... [20] Natural ventilation performance... [21] Optimal placement of shadow tools... [22] Multi-objective optimisation... [23] Impacts of High-Rise Buildings Form... [24] Comparison of Thermal Comfort... [25] Impact of Residential Building... [26] The impact of Iwan as a traditional... [27] Influence of Permeability Ratio on Wind-driven... [28] Probable cause of damage... [29] Generating Synthetic Space... [30] Study of thermal comfort... [31] Impacts of cold climate... [32] Effects of cold weather... [33] Thermal comfort prediction... [34] Porosity Rendering in High-Performance... [35] A study on terraced apartments... [36] An Evaluation of the Ecological Architecture... [37] The Role of Phase... [38] Urban Design with the Wind: Pedestrian-Level... [39] A prediction model for wind speed ratios... [40] Multi-objective optimization of building-integrated... [41] A dynamic vertical shading optimisation... [42] Folded double-skin façade... [43] Evaluating the different boundary conditions... [44] Bioinspired Azimuthally Varying Nanoscale... [45] Bioware fog collectors: the Texas homed... [46] The Investigation, Classification, and Prioritization... [47] Improving the suitability of selected thermal... [48] Modelling radiation fluxes in simple... [49] Modelling radiation fluxes in simple and complex... [50] Optimization of Window Proportions with an Approach... [51] Breathing Wall Modeling to Absorb Indoor... [52] Horizontal and Vertical Movable Drop-Down... [53] Co-Ni Bimetallic Catalysts Coated... [54] Group layout pattern and outdoor... [55] Numerical simulation of the wind field... [56] A Novel Approach to Multi-Apertures... [57] Investigation of the relationship between... [58] Optimization of thermal and daylight performance... [59] Impact of Building Porosity on Self-Shading and Absorbed Solar Heat Reduction in Hot and Humid Regions.

## نقش الگوی چیدمان بلوک‌ها بر جریان باد فضای باز و نور روز دریافتی؛ نمونه موردی: مجتمع‌های مسکونی شهر تهران

پریا سعادت‌جو<sup>۱\*</sup>، الهام سلیقه<sup>۲</sup>

۱. دکتری معماری، استادیار، گروه معماری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. (نویسنده مسئول)
۲. کارشناسی ارشد معماری، مربی، گروه معماری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

### چکیده

**اهداف:** جریان باد ناکافی در فضای باز مجتمع‌های مسکونی یکی از مهم‌ترین مسائلی است که آسایش اقلیمی و به تبع آن تمایل به حضور در این فضاها را به شدت کاهش داده است. هدف پژوهش حاضر بررسی میزان و چگونگی تاثیر آرایش بلوک‌های یک مجتمع مسکونی در شهر تهران بر سرعت باد در فضای باز مجتمع و جریان باد حاصل از آن و نیز نور دریافتی توسط ساختمان‌ها در چارچوب نظریه معماری سرآمد می‌باشد.

**روش‌ها:** روش تحقیق در این پژوهش از نوع توصیفی-تحلیلی در چارچوب نظریه معماری سرآمد است که در آن به کمک نرم افزارهای انرژی رایانشی برای بررسی تاثیر تغییر چیدمان بلوک‌های مسکونی بر الگوی جریان باد در پیرامون ساختمان‌ها و میزان روشنایی طبیعی دریافتی ساختمان استفاده شده است.

**یافته‌ها:** تحلیل شبیه‌سازی‌ها نشان داد تغییر فاصله و چیدمان در راستای محور افقی در بهترین حالت موجب افزایش ۷۰٪ درصدی سرعت باد و افزایش ۲۳۵ درصدی در میزان نور روز دریافتی نسبت به مدل مبنا شده است. جابجایی در راستای عمودی نیز در حالت بهینه سبب افزایش ۳۵۵ درصدی سرعت باد و ۲۰۴۸ درصدی میزان روشنایی طبیعی دریافتی نسبت به حالت مبنا گشته است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از پژوهش نشانگر آن است که جابجایی تک محوری بلوک‌ها می‌تواند تاثیرات مثبت یا منفی بر جریان باد فضای باز داشته باشد اما جابجایی ترکیبی باعث انسداد جریان باد و کاهش سرعت آن می‌شود. جابجایی تک محوری و ترکیبی در تمامی حالات میزان نور دریافتی بالاتری نسبت به حالت مبنا دارند.

**کلمات کلیدی:** جریان باد، معماری متخلخل، معماری سرآمد، معماری نوردوست، انرژی، پایداری.

### مقدمه

بهره‌وری و مصرف هوشمندانه انرژی یکی از مهمترین چالش‌ها در معماری معاصر ایران و جهان محسوب می‌شود که امروزه بیش از هر زمان دیگر مورد توجه قرار گرفته‌اند. [۱-۵] مروری بر تجربه‌های موفق معماری سنتی ایران نشان دهنده تاثیر فرم کلی ساختمان بر جریان باد فضای باز و نور روز دریافتی ساختمان است. [۶-۱۰]

ادبیات موضوع نشان می‌دهد که فضاهای باز مجتمع‌های مسکونی در شهرهای رو به رشد امروزی نقش محیط‌های اجتماع پذیری را دارند که می‌توانند بستری مناسب بر رشد و توسعه تعاملات جمعی داشته باشند. رغبت ساکنین به حضور در این فضاها و تداوم حضور آن‌ها علاوه بر کیفیات فضایی، وابسته به فاکتور بسیار مهم تری به نام آسایش حرارتی می‌باشد. آسایش در فضاهای باز تحت تاثیر عوامل مختلفی است که از میان این عوامل دما، رطوبت و باد به عنوان عوامل محیطی متاثر از تابش و جریان هوا می‌باشند. [۱۱-۱۵] از این رو جریان هوا و تخلخل ساختمان، از عوامل کلیدی در یک ساختمان انرژی-کارا به شمار می‌آیند. [۱۶-۲۱] به عبارت دیگر می‌تواند اذعان نمود که جریان باد نقش کلیدی در تامین آسایش ساکنین در محیط‌های باز شهری دارد. بلندمرتبه سازی در شهرهای بزرگ از مهم‌ترین عواملی است که به واسطه انسداد کریدورهای جریان طبیعی هوا، آسایش ساکنین به ویژه در فصول گرم سال را تحت الشعاع قرار می‌دهد. تاثیر این عامل در فضاهای باز مجتمع‌های مسکونی که عموماً متشکل از بلوک‌های میان مرتبه و بلندمرتبه متراکم می‌باشند، به شکل افت سرعت جریان نمود می‌یابد.

سرعت باد شهری تحت تاثیر شاخصه‌های مرتبط با توده‌های ساختمانی و شبکه دسترسی قرار دارد. از این رو تغییر تراکم، فاصله، ارتفاع و فرم ساختمان‌ها و همین‌طور جهت‌گیری و عرض معابر می‌تواند الگوی جریان باد شهری را به شدت تحت تاثیر قرار دهد. [۲۲-۲۴] تغییر فاصله و جانمایی اصولی بلوک‌ها در یک مجتمع مسکونی می‌تواند عملکرد

سرعت باد و جریان هوا یکی از مولفه های بسیار مهم در تامین آسایش افراد در فضاهای باز شهری و محوطه مجتمع های مسکونی است. عدم جریان مناسب در محیط های شهری و فضای باز مجتمع های مسکونی می توان منجر به اختلال عملکرد و کاهش حضورپذیری این فضاها گردد. [۳۴-۳۵] شکل و هندسه ساختمان، تراکم ساختمان [۳۶-۳۷]، ارتفاع بناها [۳۸]، اختلاف ارتفاع ساختمان ها [۳۹]، الگوی چیدمان بلوک ها و تناسبات فضای باز از مهم ترین فاکتورهایبسیست که می تواند علاوه بر جریان داخلی، الگوی جریان پیرامونی ساختمان ها در تراز عابری پیاده را تحت تاثیر قرار دهد.

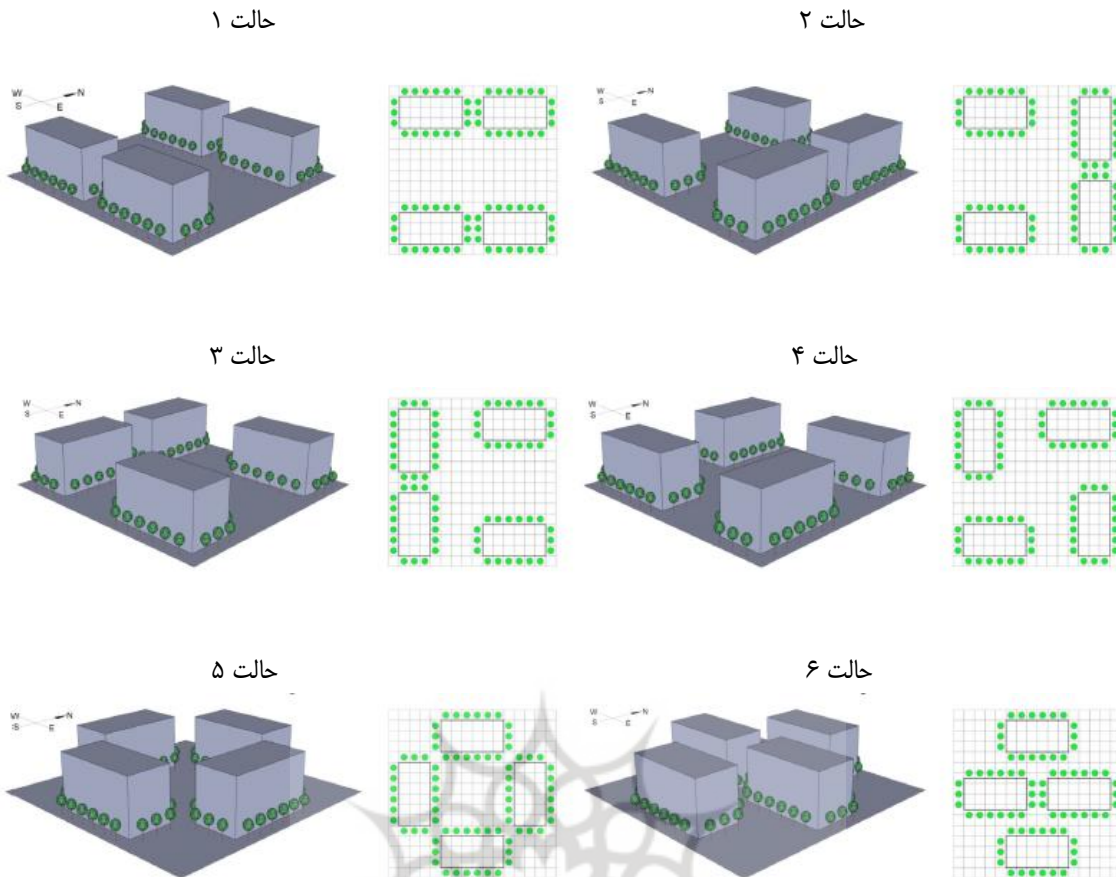
تحلیل ادبیات تخصصی موضوع نشان می دهد که در مطالعات [۴۰-۴۹] تاثیر عوامل طراحی بر آسایش ساکنین، و رضایت افراد، نقشی تعیین کننده ایفا می نماید. از میان عوامل مذکور، الگوی چیدمان ها ساختمان ها به عنوان یکی از مولفه های بسیار تاثیرگذار بر الگوی جریان باد در فضاهای باز شهری به شمار می آید. تا کنون پژوهش های متعددی نحوه تاثیرگذاری چیدمان و جانمایی ساختمان ها بر الگوی جریان باد را مورد بررسی قرار داده اند. محققان با بررسی جریان باد پیرامونی برای ۶ نوع چیدمان مختلف ۴ بلوک مسکونی شش طبقه در شهر بیژینگ به این نتیجه رسیدند که جانمایی ضلع بزرگ بنا به موازات باد غالب می تواند منجر به تشدید گردابه های باد در گوشه های ساختمان و به تبع آن ایجاد جریان مطلوب در تراز عابر پیاده گردد. (شکل ۱) [۵۰]

پژوهشگران با اندازه گیری سرعت جریان در ارتفاع ۱.۵ متری اطراف ساختمان های اداری شهر هانگزو با چهار الگوی مختلف چیدمان، به این نتیجه رسیدند که الگوی چیدمان ساختمان ها تاثیر قابل ملاحظه ای بر سرعت باد و رفتار جریان باد پیرامونی ساختمان ها دارد. بر اساس نتایج پژوهش ها، چیدمان مجموعه ای بلوک ها و افزایش تعداد حیاط ها راندمان بهتری نسبت به حالت حیاط مرکزی پیوسته دارد. (شکل ۲) [۵۱-۵۲]

جریان و به تبع آن مطلوبیت اقلیمی این فضاها را به شدت تحت تاثیر قرار دهد. [۲۵-۲۶] این عوامل می توانند همزمان بر دریافت نور روز و انرژی تابشی حاصل از آن تاثیرگذار باشند. باید در نظر داشت که ایجاد جریان مناسب باد شهری نباید سبب بی توجهی یا کم توجهی به دریافت روشنایی طبیعی گردد. مطالعات پیشین نشان داده است که سایه اندازی ناشی از موانع نزدیک بنا، مصرف انرژی ساختمان را به علت عدم استفاده کافی از روشنایی روز به شدت تحت تاثیر قرار می دهد. [۲۷-۲۸] بعلاوه نور طبیعی و برخورداری از آن در فضاهای داخلی ساختمان اهمیت زیادی دارد و سایه اندازی نباید به گونه ای باشد که در فصل غیر بحرانی محرومیت از تابش را موجب شود. [۲۹]

تحقیق حاضر به بررسی توام امکان افزایش جریان پیرامون بنا و نیز میزان دریافت روشنایی طبیعی روز در حالت های مختلف چیدمان بلوک ها در یک مجتمع مسکونی پرداخته است و هدف آن تشخیص حالت بهینه آرایش بلوک ها در کنار هم برای افزایش جریان باد و دریافت نور بیشینه است. با در نظر داشتن موضوع و اهداف تحقیق، بررسی پیشینه پژوهش در راستای دو محور اصلی انجام شد. مرحله اول به بررسی مطالعات انجام گرفته در ارتباط با باد شهری و متغیرهای مرتبط با آن پرداخت. گام دوم با تمرکز بر مقوله روشنایی طبیعی ساختمان، مطالعات صورت گرفته در این زمینه را مورد بررسی قرار داد.

مطالعه باد شهری سهم مهمی در پیشینه پژوهش دارد. بخشی از فضای باز خیابان که در معرض تغییرات خرداقلیمی ناشی از توده گذاری قرار می گیرد، حیاط یا محوطه باز مجتمع های مسکونی می باشد. [۳۰] آسایش حرارتی در فضای باز تحت تاثیر مولفه های متعددی از قبیل نرخ متابولیسم، نوع پوشش، دمای هوا، متوسط دمای تابشی، سرعت هوا و رطوبت نسبی هوا قرار دارد. در صورت فراهم نشدن شرایط آسایش حرارتی، افراد قادر به انجام بسیاری از فعالیت ها نخواهند بود. [۳۱-۳۳] ارتقا شرایط آسایش حرارتی در فضای باز و توجه به میکرواقلیم، می تواند بر میزان مصرف انرژی ساختمان ها نیز تاثیرگذار باشد.



شکل ۱) مدل‌های مختلف ساختمانی با جانمایی متفاوت بلوک‌ها. این مدل‌ها برای بررسی تاثیر چیدمان بلوک‌ها بر جریان باد در محوطه مجتمع مسکونی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مدل ۳ عملکرد بهتری در مقایسه با سایر حالات از نظر برقراری جریان در محوطه بلوک‌ها دارد [۵۰].



شکل ۲) چهار الگوی چیدمان ساختمان در حالت‌های مختلف؛ از میان مدل‌ها، حالت b دارای بهترین و حالت d دارای ضعیف‌ترین عملکرد از نظر جریان باد محوطه می‌باشند [۵۱-۵۲].

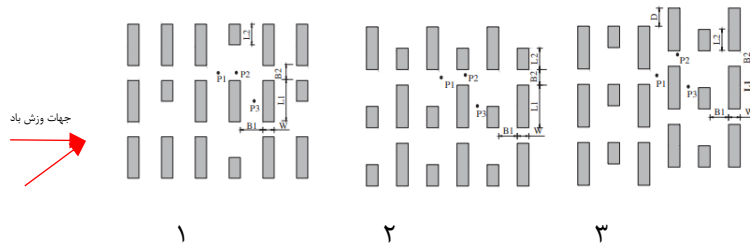
به سمت کریدورهای باد، سرعت آن را به میزان ۰.۴ متر بر ثانیه افزایش می‌دهد. [۲۵]

محققان به بررسی ارتباط تراکم، سطح اشغال، زاویه قرارگیری، متوسط ارتفاع بنا و الگوی چیدمان بلوک‌ها بر متوسط سرعت جریان پیرامونی در تراز عابر پیاده پرداختند. بر اساس نتایج آن‌ها، موقعیت قرارگیری بلوک‌ها نسبت به هم در یک مجموعه ساختمانی در قیاس با سایر متغیرها از قبیل تراکم، متوسط ارتفاع و زاویه قرارگیری تاثیر نسبتاً

چیانگ و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی نقش الگوی چیدمان بلوک‌های مسکونی بر جریان باد پیرامونی در تراز عابر پیاده و آسایش حرارتی در یک مجموعه مسکونی در شهر ووهان با ۶ نوع الگوی چیدمان متفاوت پرداختند. نتایج نشان داد که الگوی چیدمان خطی با ایجاد کریدورهای جریان باعث افزایش سرعت باد به میزان ۰.۳ متر بر ثانیه می‌شود. الگوی چیدمان پله‌ای همراستای جهت باد غالب، با هدایت جریان

غربی-جنوب شرقی باشد دارای بالاترین کارایی جریان طبیعی باد می باشد که جریان باد را به راحتی به داخل مجموعه هدایت می کند. [۵۴] (شکل ۳)

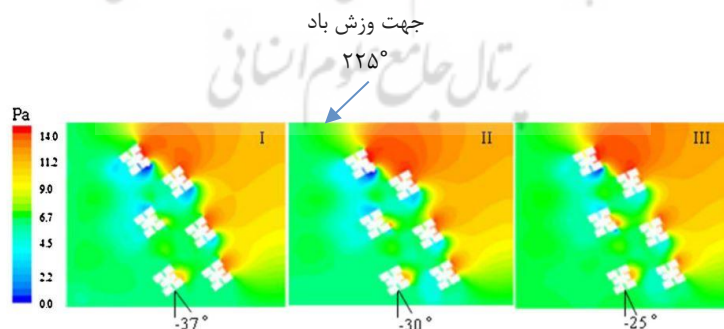
کمتری بر متوسط جریان در فضای باز دارد. [۵۳] بینگ و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی سه نوع الگوی چیدمان مختلف بلوک های ساختمانی به این نتیجه رسیدند که الگوی غیر خطی، در حالتی که راستای وزش باد شمالی-جنوبی و شمال



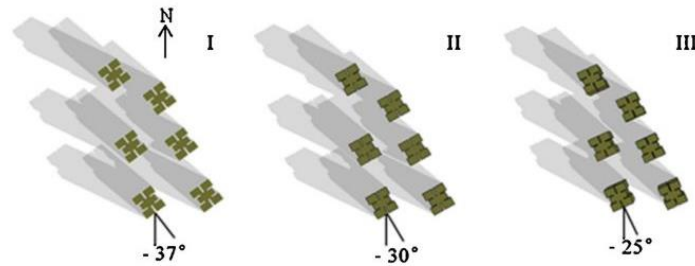
شکل ۳) دیاگرام شماتیک از مدل های مورد بررسی توسط بینگ و همکاران. مدل ۳ دارای بهترین عملکرد از نظر جریان باد محوطه ساختمان ها می باشد. [۵۴].

کینگ چین، به معرفی شیوه طراحی با سه گام اصلی جهت استفاده بهتر از تهویه طبیعی و نور روز پرداختند. جانمایی فضاها و جهت گیری آنها بر اساس بهینه سازی نور و سایه دریافتی و نیز بر حسب میزان فشار و مکش باد انجام گرفته است. نتایج شبیه سازی حاکی از آنست که با افزایش زاویه ساختمان ها نسبت به محور جنوب، میزان تهویه طبیعی و نور دریافتی مطلوب تر می شود. [۵۷] (شکل ۴ و ۵)

روشنایی طبیعی و نور روز در پیشینه پژوهش نقش مهمی دارد. استفاده از نور روز در طول تاریخ معماری همواره مدنظر معماران بوده و روش های سنتی متعددی در اقلیم های مختلف برای انتقال نور طبیعی به داخل فضا دیده می شود. [۵۵-۵۶] تاکنون مطالعات مختلفی به بررسی شیوه های طراحی ساختمان برای بهره گیری از نور طبیعی پرداخته اند. محققان در پژوهشی با عنوان "شبیه سازی همزمان نور روز و جریان هوا برای طراحی مجموعه مسکونی" در چونگ



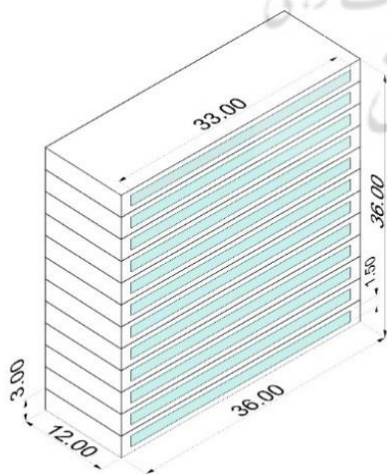
شکل ۴) توزیع جریان و فشار هوا در اطراف ساختمان ها با زوایای جهت گیری مختلف. در این شکل از مدل اول تا سوم با کاهش زاویه بین محور انبیه و جهت وزش باد پتانسیل جریان هوا افزایش می یابد [۵۷].



شکل ۵) میزان سایه اندازی در ساعت ۱۰:۰۰ تا ۱۱:۰۰ روز ۲۱ مارس نشانگر این است که مدل اول با بیشترین زاویه نسبت به جهت. جانمایی بلوکها با زاویه  $37^\circ$  - با کمترین سایه اندازی، مطلوب ترین حالت محسوب می شود [۵۷].

پلان  $12 \times 36$  تشکیل شده است. زیربنای هر ساختمان ۵۱۸۴ مترمربع می باشد. این بلوک ها در مرحله اول شبیه سازی ها که به منظور بررسی جریان باد در فضای باز مجتمع انجام شد به شکل صلب و بدون بازشو در نظر گرفته شدند. مرحله دوم شبیه سازی ها بر روی ساختمان هایی با بازشویهای طولی با ارتفاع ۱.۵ و طول ۳۳ انجام گرفت تا میزان روشنایی طبیعی دریافتی در حالت های مختلف با یکدیگر مقایسه شود. ساختمان ها در جبهه های شمالی و جنوبی دارای یک بازشو و در دو جبهه شرقی و غربی فاقد پنجره می باشند. با توجه به اینکه تحلیل ها حالت مقایسه ای داشتند و تعداد بازشوها در نتایج آنالیزها نسبتا بی تاثیر بود، به منظور صرفه جویی در زمان شبیه سازی ها، پنجره های هر طبقه به شکل واحد و سرتاسری در نظر گرفته شد. ابعاد و مشخصات یکی از بلوک ها در شکل ۶ نشان داده شده است.

جهت شمال



شکل ۶) ابعاد و مشخصات بلوک های مسکونی شبیه سازی شده در پژوهش. دو جبهه شرقی و غربی این بلوک ها فاقد بازشو و جبهه های شمالی-جنوبی دارای پنجره های طولی پیوسته می باشند.

در پژوهشی دیگر، ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) به بهینه سازی عملکرد حرارتی و روشنایی نور روز در ساختمان مدارس اقلیم سرد بر اساس الگوریتم ژنتیک پرداختند. این مطالعه با استفاده از ابزارهای شبیه ساز مصرف انرژی به دنبال یافتن حالت بهینه و به حداقل رساندن مصرف انرژی گرمایشی، روشنایی، کاهش عدم حس آسایش در تابستان و به حداکثر رساندن روشنایی مفید نور روز است. در این راستا عناصر مختلف فضا از جمله عمق، جهت گیری، نسبت بازشو به دیوار و انواع مصالح مورد بررسی قرار گرفته اند و در نهایت ایجاد راهروهای یک طرف بسته در ساختمان به عنوان راهکار مناسب معرفی شده است. [۵۸-۵۹]

## مواد و روش ها

روش تحقیق در این پژوهش از نوع توصیفی-تحلیلی است که در آن به کمک نرم افزارهای Designbuilder و 6.1.2.009 و نرم افزارهای گروه (Ansys CFD) Airpak 16.0.3، شبیه سازی و بررسی تاثیر تغییر چیدمان بلوک های مسکونی بر الگوی جریان باد در پیرامون ساختمان ها و میزان روشنایی طبیعی دریافتی ساختمان به شرح زیر استفاده شده است:

مدل شبیه سازی شده در این پژوهش یک مجتمع مسکونی در زمینی به ابعاد  $120 \times 120$  متر می باشد که از ۶ بلوک بلند مرتبه مسکونی با ارتفاع ۳۶ متر، تناسب ۱ به ۳ و با ابعاد

فاصله میان بلوک های شرقی، فاصله عمودی میان بلوک های ستون غربی به اندازه ۱۰ متر افزایش یافت. مدل VER3 با تغییر فاصله میان بلوک های ستون شرقی مجموعه، عکس حالت دوم (VER2) می باشد.

دسته سوم دارای یک مدل با الگوی توزیع بلوک شطرنجی می باشد. در این مدل با جابجایی بلوک ها در راستای دو محور X, Y سطح تماس رو به باد نسبت به مدل مبنا دو برابر شده است (جدول ۱).

به منظور انتخاب و معرفی الگوی بهینه از منظر ارتقا جریان باد در فضای باز و دریافت نور روز، این پژوهش در دو مرحله انجام گرفت. گام اول پژوهش با اندازه گیری سنجه های جریان هوا در تراز عابر پیاده مدل های مختلف، به بررسی نقش الگوی چیدمان بلوک ها (با پنجره های بسته) بر پتانسیل جریان هوا در محوطه باز مجتمع مسکونی پرداخت. گام دوم پژوهش با اندازه گیری سنجه های روشنایی طبیعی در طبقات مختلف به بررسی تطبیقی حالت های مختلف چیدمان از منظر میزان نور روز دریافتی توسط واحدهای مسکونی پرداخت. مدل های این مرحله متشکل از بلوک هایی دارای دو بازشو در جبهه های شمالی و جنوبی و دیواره های صلب در دو جبهه شرقی و غربی می باشند. تحلیل نتایج حاصل از این دو مرحله و تبیین فصل مشترک میان آن ها، به انتخاب مدل بهینه از نظر جریان باد در فضای باز و تامین نور روز دریافتی برای واحدهای مسکونی کمک می کند.

با حرکت بلوک ها در راستای محورهای X, Y, XY, ۱۰ نوع الگوی چیدمان مختلف حاصل شد. نام گذاری الگوهای چیدمان بر مبنای محورهای حرکتی و با نام های HOR (HORIZONTAL) برای مدل هایی با محور جابجایی VER (VERTICAL), X (CVH (COMBINED VERTICAL و Y (HORIZONTAL) برای مدل هایی با هر دو محور جابجایی X و Y در نظر گرفته شده است.

در الگوهای مختلف چیدمان، فاصله بلوک ها از لبه پیرامونی سایت در محدوده ۶-۱۸ متر، فاصله طولی بلوک ها در بازه ۱۲-۲۴ متر و فاصله عرضی آن ها در بازه ۲۴-۳۶ متر قرار دارد. جدول ۱ الگوهای چیدمان تعریف شده و فواصل بین بلوک ها در حالت های مختلف را نشان می دهد.

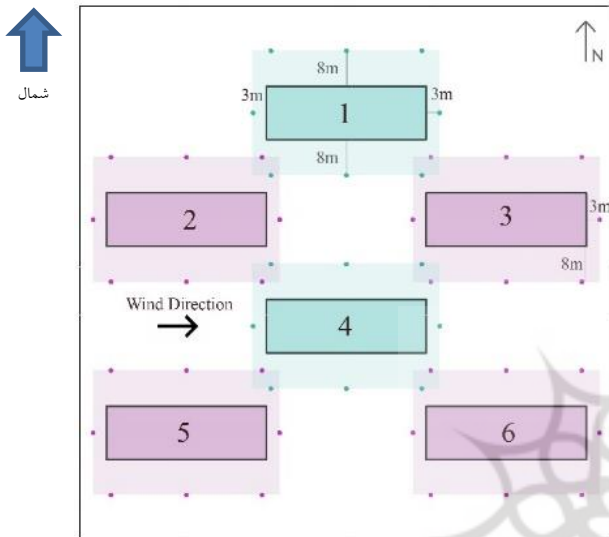
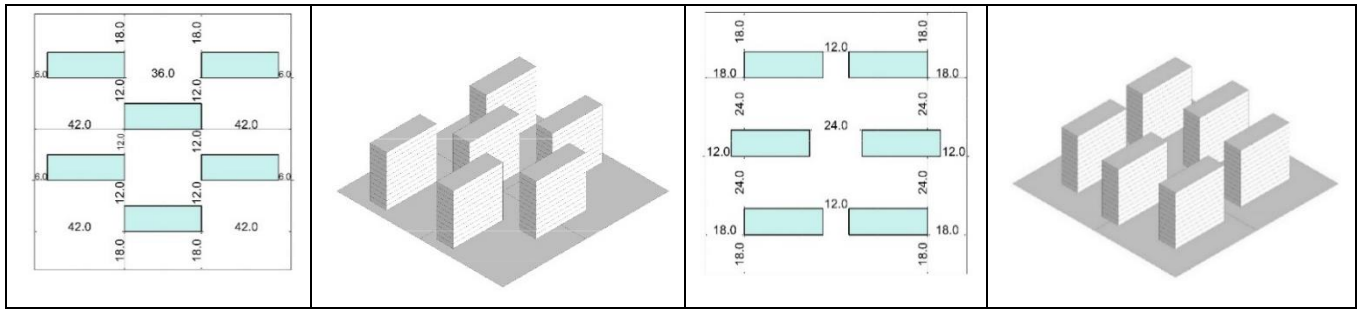
گروه اول با الگوی جابجایی افقی بلوک ها (همراستای جهت باد) متشکل از ۵ مدل مختلف می باشد (HOR1-5). دسته بندی مدل های این گروه بر مبنای حرکت و تغییر فاصله بین بلوک ها بر مبنای سه محور فرضی افقی (شمالی، مرکزی و جنوبی) انجام گرفته است. بدین صورت که با حفظ الگوی حرکت افقی (در راستای محور X)، جابجایی بلوک های مدل HOR1 بر روی محور جنوبی، مدل HOR2 بر روی محور مرکزی، مدل HOR3 بر روی محور شمالی، HOR4 بر روی محورهای شمالی و جنوبی و HOR5 در امتداد هر سه محور شمالی، جنوبی و مرکزی انجام شده است. با توجه به اینکه فواصل، زوایای چرخش و .. از متغیرهای تاثیرگذار بر رفتار جریان می باشند، این مولفه ها تا حد امکان در تمامی مدل ها مقادیر ثابتی در نظر گرفته شده اند.

گروه دوم با الگوی جابجایی عمودی بلوک ها (در راستای محور عمود بر جهت جریان باد) متشکل از ۳ مدل مختلف می باشد (VER1-3). در حالت اول با حفظ فاصله و نحوه چیدمان بلوک های حالت مبنا، دو دسته بلوک های شرقی و غربی مجتمع نسبت به یکدیگر به اندازه ۱۵ متر در راستای محور Y جابجا شده اند. در مدل دوم و سوم این دسته، با تغییر فاصله عمودی بین بلوک ها نحوه چیدمان متفاوتی نسبت به مدل اول حاصل آمد. در مدل VER2 با حفظ

جدول ۱-حالت های مختلف چیدمان و فاصله بین بلوک ها در یک مجتمع مسکونی بر اساس محورهای جابجایی.

محور جابجایی X	HOR5	محور جابجایی -	Base
<p>جهت باد</p>	<p>جهت باد</p>		
محور جابجایی Y	VER1	محور جابجایی X	HOR1
محور جابجایی Y	VER2	محور جابجایی X	HOR2
محور جابجایی Y	VER3	محور جابجایی X	HOR3
محور جابجایی Y, X	CHV	محور جابجایی X	HOR4



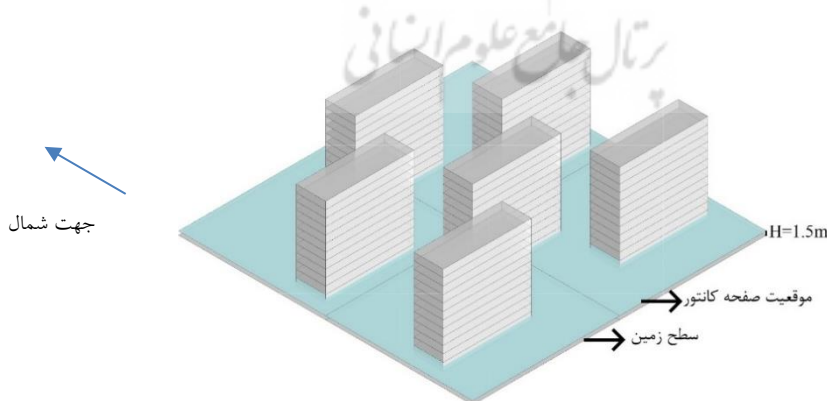


شکل ۷) موقعیت نقاط سنجش سرعت باد در محوطه مجتمع مسکونی در مدل CHV.

روی صفحه ای که به موازات سطح زمین و در ارتفاع ۱.۵ متری از آن قرار دارد ثبت و ارائه شده اند. موقعیت صفحه نمایش کانتورها در شکل ۸ نشان داده شده است.

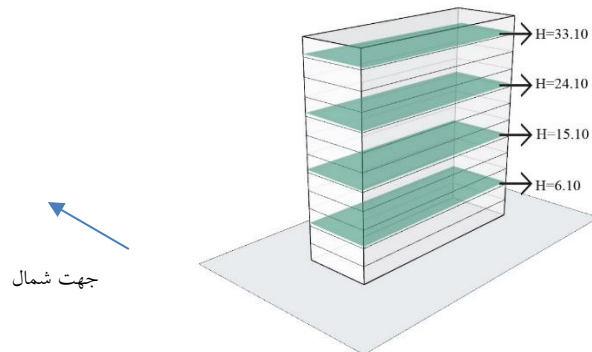
متوسط سرعت جریان باد در نقاط مختلف پیرامون ساختمان و محوطه باز مجتمع مسکونی به عنوان متغیر وابسته گام اول پژوهش می باشد. بدین منظور نقاطی در ارتفاع ۱.۵ متری (تراز عابر پیاده) از سطح زمین و به فاصله ۸ متر از بدنه های شمالی و جنوبی و فاصله ۳ متر از جبهه های شرقی و غربی هر بلوک تعریف و متوسط سرعت باد بر روی آن ها اندازه گیری شد. ۸ نقطه سنجش در پیرامون هر ساختمان تعریف شد که بر این اساس مجموع تعداد نقاط مورد سنجش در هر حالت ۴۸ نقطه می باشد. موقعیت نقاط سنجش سرعت باد در فضای باز مجتمع مسکونی در یک نمونه از مدل ها (CHV) در شکل ۷ نشان داده شده است. جانمایی نقاط سنجش در سایر مدل ها نیز بر همین اساس می باشد.

به منظور بررسی تطبیقی بهتر الگوی جریان در مدل های مورد پژوهش، کانتورهای گرافیکی سرعت از نرم افزار CFD استخراج و با یکدیگر مقایسه گردید. کانتورهای سرعت بر

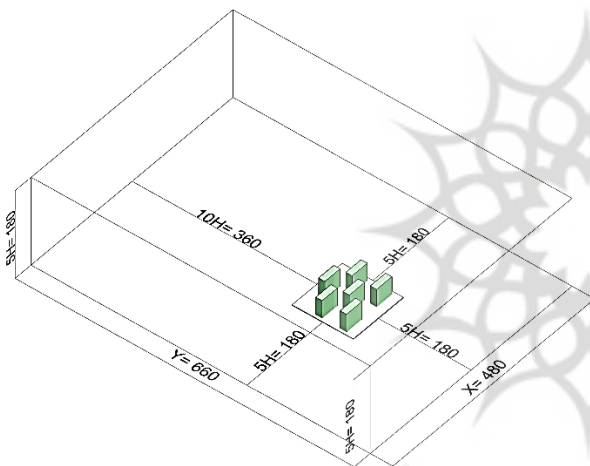


شکل ۸) موقعیت صفحه کانتور سرعت باد، نسبت به ساختمان و سطح زمین.

نه و دوازده با ارتفاع های ۶/۱۰، ۱۵/۱۰، ۲۴/۱۰ و ۳۳/۱۰ متر از سطح زمین مطابق شکل ۹ در نظر گرفته شد.



شکل ۹) موقعیت صفحه کانتورهای نور طبیعی دریافتی در چهار طبقه از بلوک مسکونی (ارتفاع از سطح زمین بر حسب متر).



شکل ۱۰) ابعاد دامنه محاسباتی و موقعیت مدل های ساختمانی در دامنه.

در گام دوم پژوهش، میزان روشنایی طبیعی دریافتی به عنوان متغیر وابسته مدنظر قرار گرفت. در این راستا برای هر بلوک مسکونی چهار سطح مبنا به ترتیب در کف طبقات سه، شش،

شرایط شبیه سازی جریان باد از مدل استاندارد استخراج شده است. در نخستین مرحله از این پژوهش و به منظور بررسی تاثیر الگوی چیدمان بلوک ها بر رفتار جریان باد در فضای باز مسکونی، یک مجتمع مسکونی متشکل از ۶ بلوک ساختمانی بلندمرتبه با ۱۰ مدل الگوی چیدمان مختلف در اقلیم شهر تهران شبیه سازی و نتایج حاصل از آن با یکدیگر مقایسه شد. ابعاد دامنه محاسباتی بر مبنای ابعاد پیشنهادی

استاندارد AIJ (Architectural Institute of Japan)

ژاپن تعریف شده است [۳۷]. ابعاد دامنه محاسباتی بر اساس استاندارد AIJ، ۶۶۰ متر در راستای X، ۴۸۰ متر در راستای

Y و ۱۸۰ متر در راستای Z در نظر گرفته شد (شکل ۱۰).

بر اساس اطلاعات هواشناسی شهر تهران، میانگین سرعت هوا در طول ۶ ماه گرم سال (۱۳ فروردین تا ۹ مهر) برابر با ۳.۰۵ و حداکثر سرعت ۳۲.۹ متر بر ثانیه با جهت غالب غرب به شرق می باشد [۳۸]. برای به دست آوردن پروفیل باد و نمودار لگاریتمی سرعت در دامنه محاسباتی از روابط متناسب سازی سرعت باد برای ارتفاع استفاده شد [۳۹].

برای شبیه سازی نور روز، اولاً روز نخست دی ماه به دلیل بیشینه مایل بودن پرتوهای خورشید به عنوان روز مبنای شبیه سازی انتخاب شد. ثانیاً نحوه چیدمان بلوک ها به عنوان متغیر مستقل درنظر گرفته شد تا تاثیر تغییر میزان نور طبیعی

شبکه مش در دامنه محاسباتی بر مبنای بررسی های استقلال حل از شبکه به تعداد ۷۵۹۳۹۶۰ مش به شکل مکعبی ساختاریافته و منظم، با ضریب رشد ۱.۲ طراحی و ایجاد شد. در بیشتر شبیه سازی های باد شهری از مدل توربولانسی  $k-\omega SST$  به دلیل بیشترین انطباق با نتایج تست های تونل باد، استفاده می شود [۱۸]. شرایط دامنه مرزی برای دیواره ها و سقف Symmetry، برای کف Wall function، برای ورودی باد Velocity inlet و برای خروجی Pressure outlet در نظر گرفته شده است.

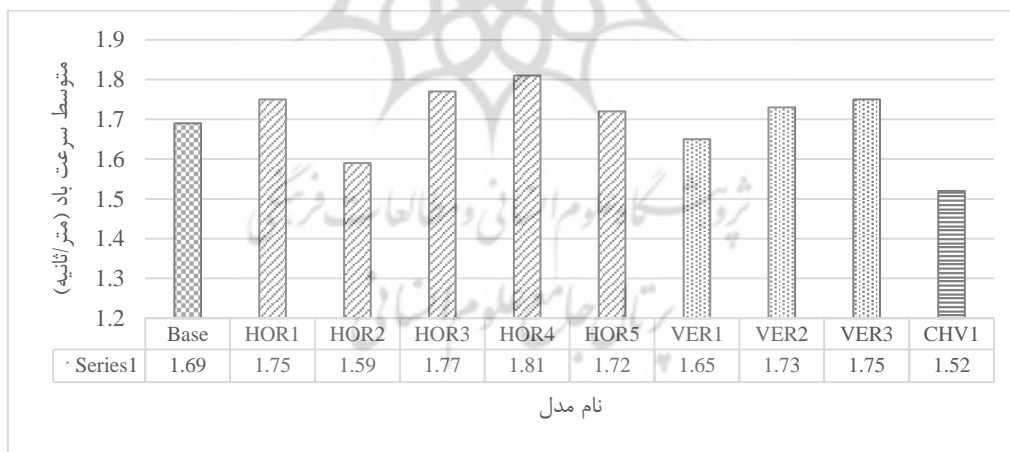
های مذکور، متوسط سرعت جریان می باشد که در فواصل تعریف شده ای از هر بلوک و در تراز عابری پیاپی (۱.۵ متری از سطح معبر) اندازه گیری شد (شکل ۷). آنالیز نتایج شبیه سازی جریان باد در سه مرحله انجام گرفت. گام اول به بررسی تطبیقی متوسط سرعت جریان بر اساس مقادیر کمی به دست آمده در ۴۸ نقطه سنجش تعریف شده در هر مدل می پردازد. گام دوم با میانگین گیری از خروجی های مرحله اول نتایج گروه های BASE, HOR, VER, CHV را با یکدیگر مقایسه و بهترین گروه از نظر کارایی جریان باد را معرفی می کند. در گام سوم آنالیز داده ها، با احتساب متوسط سرعت جریان پیرامون هر بلوک (۸ نقطه سنجش)، به مقایسه نتایج حاصل در هر ۱۰ مدل پرداخته و سرعت جریان پیرامون هر یک از ۶ ساختمان را در تمامی مدل ها با یکدیگر مقایسه می شوند. به منظور بررسی تطبیقی بهتر نتایج، کمیت های به دست آمده برای متغیر متوسط سرعت جریان در مناطق پیرامونی ساختمان ها متوسط گیری و نتایج آن در قالب نمودارهای میله ای شکل ۱۱ نمایش داده شد.

دریافتی در هر بنا مورد مطالعه قرار گیرد. در این راستا در مجتمع مسکونی با شش بلوک چنانکه شرح آن رفت به تغییر چیدمان بلوک ها پرداخته شده و تاثیر آن بر نور دریافتی بلوک ها در سه مرحله بررسی شده است. لازم به ذکر است این مطالعه در سطح طبقات سوم، ششم، نهم و دوازدهم تمام بلوک ها انجام گرفته است.

## یافته ها

این پژوهش نقش الگوی چیدمان بلوک ها در یک مجتمع مسکونی بر جریان باد محوطه و میزان بهره گیری ساختمان ها از نور روز را مورد بررسی قرار داد. در این بخش یافته های حاصل از شبیه سازی جریان باد و نور روز ارائه و تحلیل می گردد.

در این پژوهش شبیه سازی جریان باد بر اساس سرعت متوسط جریان در ۶ ماه گرم سال (۱۳ فروردین تا ۹ مهر) در فضای باز یک مجتمع مسکونی واقع در شهر تهران انجام گرفت. مهم ترین سنججه پتانسیل جریان باد در محوطه مدل



شکل ۱۱) متوسط سرعت جریان باد سنجش شده در محوطه مجتمع های مسکونی با الگوی چیدمان بلوک متفاوت به تفکیک ۱۰ مدل مختلف.

HOR1,3 با تغییر فاصله بلوک های محورهای شمالی و جنوبی با نتایجی نزدیک به یکدیگر و با افزایش تقریبی ۴.۷ درصدی سرعت جریان نسبت به مدل Base، بهترین عملکرد پس از مدل HOR4 را از خود نشان دادند. این در حالیست که مدل HOR2 با افزایش فاصله بلوک ها در دو محور شمالی و جنوبی با افت شدید سرعت جریان در مقایسه

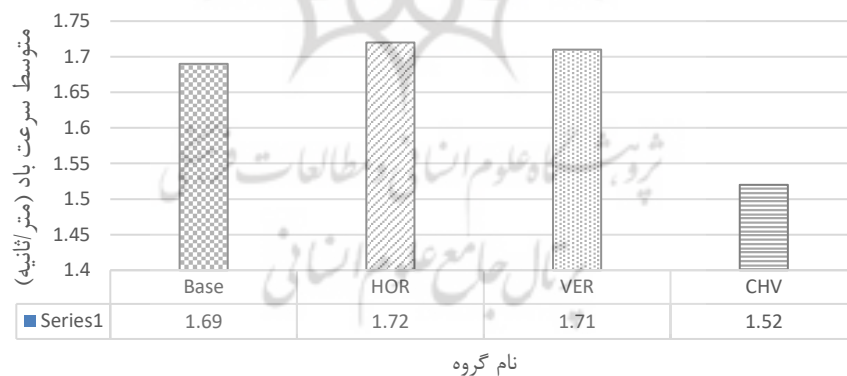
بررسی تطبیقی نتایج حاصل از شبیه سازی های ۵ مدل موجود در دسته HOR نشان داد که مدل HOR4 با تقلیل فاصله بلوک های دو محور شمالی و جنوبی، با افزایش ۷.۱۰ درصدی متوسط سرعت جریان نسبت به مدل مبنا، دارای بهترین عملکرد جریان و بالاترین مقادیر کمی سرعت جریان در مقایسه با سایر مدل های گروه می باشد. دو مدل دیگر

جریان باد را به دنبال داشته باشند (شکل ۱۱). دسته سوم شامل یک مدل با الگوی توزیع بلوک شطرنجی می باشد. بررسی نتایج شبیه سازی این مدل نشان داد که میانگین سرعت باد در محوطه این مدل نسبت به مدل مبنا ۱۰.۰۵٪ و نسبت به حالت بهینه (HOR4)، ۱۶.۰۲٪ کاهش یافته است. همانند مدل VER1 توزیع غیرخطی و افزایش سطح انسداد رو به باد مهم ترین عامل افت سرعت جریان و کارایی جریان هوای فضای باز در این مدل ها می باشد (شکل ۱۱).

مرحله دوم آنالیزها با میانگین گیری از نتایج مرحله قبل به بررسی تطبیقی نتایج در قالب ۴ گروه Base, HOR, VER, CHV می پردازد. هرچند برآیند این نتایج دیدی کلی در ارتباط با نحوه عملکرد گروه های مختلف و تاثیر محور جابجایی بر عملکرد جریان ارائه می کند، اما لازم به ذکر است که دقت نتایج این مرحله در قیاس با مرحله گذشته کمتر می باشد. تفاوت قابل ملاحظه نتایج تک تک مدل ها مستلزم انجام آنالیزهایی دقیق تر و بررسی مدل ها به صورت مجزا می باشد (شکل ۱۲).

با سایر مدل های این گروه، دارای عملکردی نسبتا ضعیف می باشد. مقادیر کمی متوسط سرعت جریان در این مدل نسبت به حالت Base افت ۵.۹ درصدی داشته است. مدل HOR5 با حرکت هر سه محور شمالی، مرکزی و جنوبی نتایج بسیار نزدیک به مدل مبنا دارد و می توان گفت که این تغییر چیدمان نقش قابل ملاحظه ای بر رفتار باد در محوطه مجتمع نداشته است (شکل ۱۱).

نتایج حاصل از شبیه سازی های گروه دوم مدل ها نشان داد که دو مدل VER2-3 با نتایجی نزدیک به یکدیگر عملکرد بهتری نسبت به مدل VER1 دارند. این دو مدل با افزایش ۳.۵۵ و ۲.۳۶ درصدی نسبت به مدل صلب منجر به افزایش و بهبود عملکرد جریان باد در فضای باز مجتمع مسکونی شده اند. این در حالیست که مدل VER1 با کاهش ۲.۳۶ درصدی سرعت جریان نسبت به مدل مبنا، باعث افت و تضعیف عملکرد جریان باد در فضای باز شده است. می توان گفت که در این مورد حرکت غیرخطی و خروج بلوک ها از حالت همردیفی باعث شده است تا بلوک های ستون شرقی به عنوان مانعی در مسیر جریان باد عمل نموده و افت سرعت



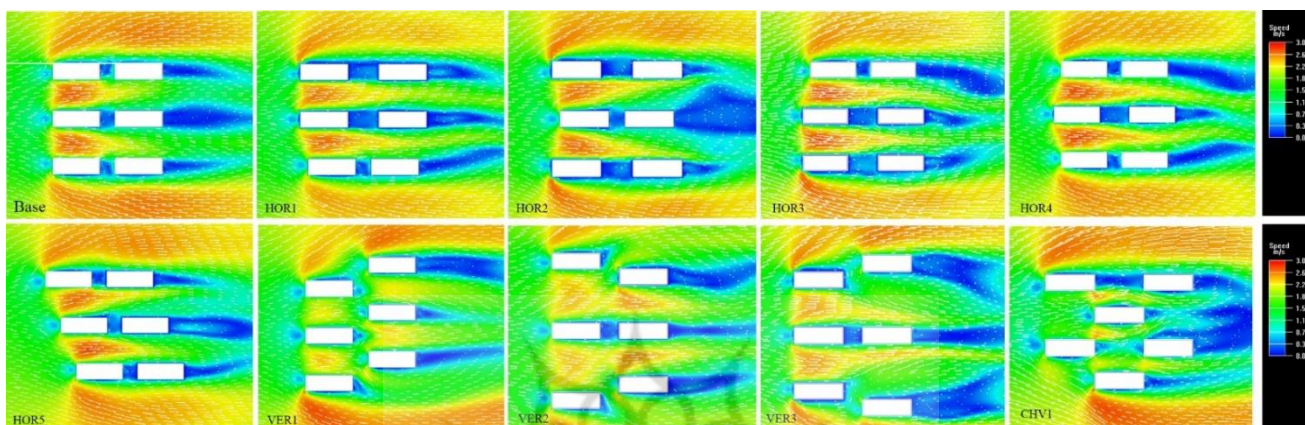
شکل ۱۲) متوسط سرعت جریان باد سنجش شده در محوطه مجتمع های مسکونی با الگوی چیدمان بلوک متفاوت به تفکیک چهار گروه مبنا، جابجایی افقی، جابجایی عمودی و جابجایی ترکیبی.

در فضای باز مجتمع مسکونی می شود. میانگین مدل های گروه VER نیز با نتایجی مشابه به گروه HOR نشان از بهبود عملکرد جریان طبیعی نسبت به مدل مبنا دارند. در این میان نتایج دسته ترکیبی CHV با کاهش قابل ملاحظه سرعت

نتایج حاصل از این مرحله که در قالب نمودار میله ای شکل ۱۲ نشان داده شده است حاکی از آنست که مدل های گروه HOR با جابجایی افقی بلوک ها با افزایش متوسط سرعت جریان محوطه، باعث ارتقا پتانسیل جریان طبیعی باد

جریان، منجر به تعدد نقاط انفکاک جریان نیز می گردد. فاصله عرضی ثابت بلوک ها در مدل های گروه HOR با ایجاد تونل باد و مکش جریان به سمت منطقه پشت به باد منجر به تقویت جریان باد میان ردیف بلوک های مسکونی شده است. اثری که با افزایش فواصل عرضی مابین بلوک ها در مدل های گروه VER تضعیف شده است (شکل ۱۳)

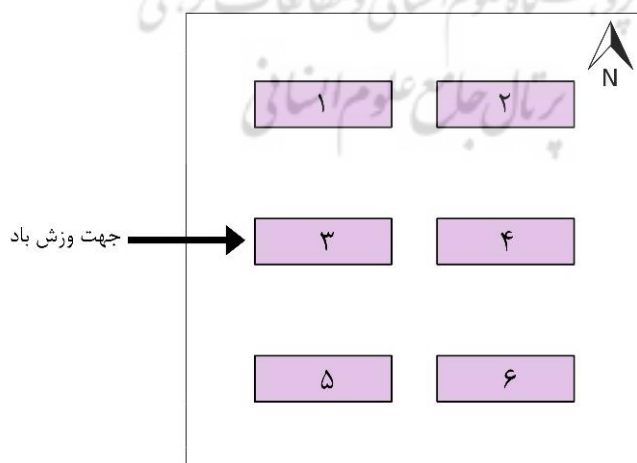
جریان (۰.۰۵٪-) نسبت به مدل مبنا، عدم کارایی این الگوی چیدمان از منظر جریان طبیعی را به اثبات رسانید. بررسی کانتورهای گرافیکی نشان داد که چیدمان غیرخطی و افزایش سطح مقطع موانع رو به باد در ایجاد جریان های مغشوش و خروج جریان از حالت لایه ای نقش مهمی دارند. این حالت از جریان توربولانسی در مدل CHV به وضوح مشهود است. ساختار غیرخطی علاوه بر ایجاد اغتشاش در



شکل ۱۳) کانتورهای گرافیکی سرعت در محوطه مجتمع مسکونی با الگوی چیدمان بلوک متفاوت در تراز +۱.۵ متر از سطح زمین.

به منظور ارائه بهتر و سهولت مقایسه، نتایج در قالب یک جدول (جدول ۱) و سه نمودار مجزا ارائه گردید. شماره بلوک ها و موقعیت آن ها در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

گام سوم آنالیز داده ها، با احتساب متوسط سرعت جریان پیرامون هر بلوک (۸ نقطه سنجش)، به مقایسه نتایج حاصل در هر ۱۰ مدل پرداخته و سرعت جریان پیرامون هر یک از ۶ ساختمان را در تمامی مدل ها با یکدیگر مقایسه می کند.



شکل ۱۴) نام و موقعیت بلوک ها در مدل های مجتمع مسکونی.

این تفاوت به دلیل ساختار فیزیکی نسبتاً متفاوت این مدل کاملاً منطقی و قابل توجیه می باشد. همانند نمودار گروه پیشین، در این دسته نیز بیشترین تغییر رفتار جریان باد در مدل های مختلف گروه در اطراف بلوک شماره ۴ مشاهده گردید (شکل ۱۶).

مقایسه سرعت جریان پیرامونی بلوک ها در دو مدل Base و CHV نیز حاکی از مقادیر کمی نسبتاً متفاوت میان این دو مدل می باشد. این اختلاف رفتار ناشی از تغییر ساختاری قابل ملاحظه به همراه تغییر سطح مقطع رو به باد می باشد. بیشترین تغییر رفتار و مقادیر کمی سرعت جریان نسبت به مدل مبنا در پیرامون بلوک شماره ۵ مشهود است (شکل ۱۷).

نتایج حاکی از آنست که نحوه رفتار جریان در پیرامون بلوک های مدل مبنا و مدل های گروه HOR بسیار مشابه می باشد و شیب نمودار از الگوی نسبتاً یکسانی تبعیت می کند. در مدل های این گروه بیشترین تغییر جریان باد نسبت به مدل مبنا، به ترتیب در پیرامون بلوک های شماره ۲، ۴ و ۶ مشاهده گردید (شکل ۱۵).

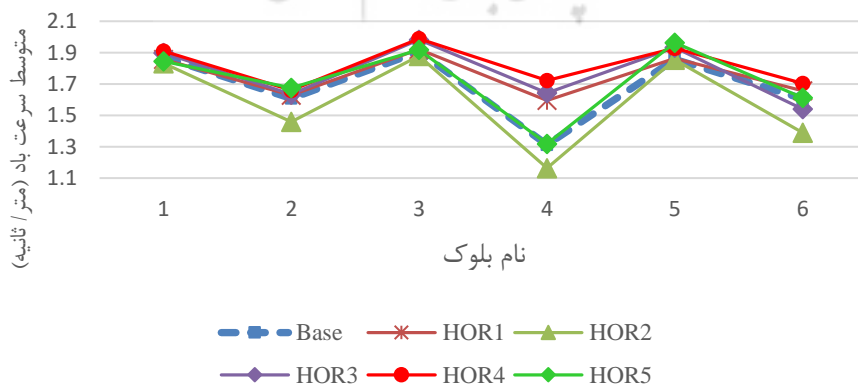
بررسی تطبیقی رفتار جریان در اطراف ساختمان های گروه VER و مدل Base حاکی از اختلاف قابل ملاحظه این نمودارها می باشد. نمودارها نشان داد که علی‌رغم تفاوت کمی خروجی ها، نمودار مدل های Base و VER2، VER3 از الگوی واحدی تبعیت می کنند. این در حالیست که الگوی نمودار مدل VER1 با سه مدل مذکور کاملاً متفاوت است.

جدول ۲- مقادیر متوسط سرعت جریان پیرامونی هر بلوک در مدل های ۱۰ گانه با الگوی چیدمان متفاوت بر حسب متر بر ثانیه.

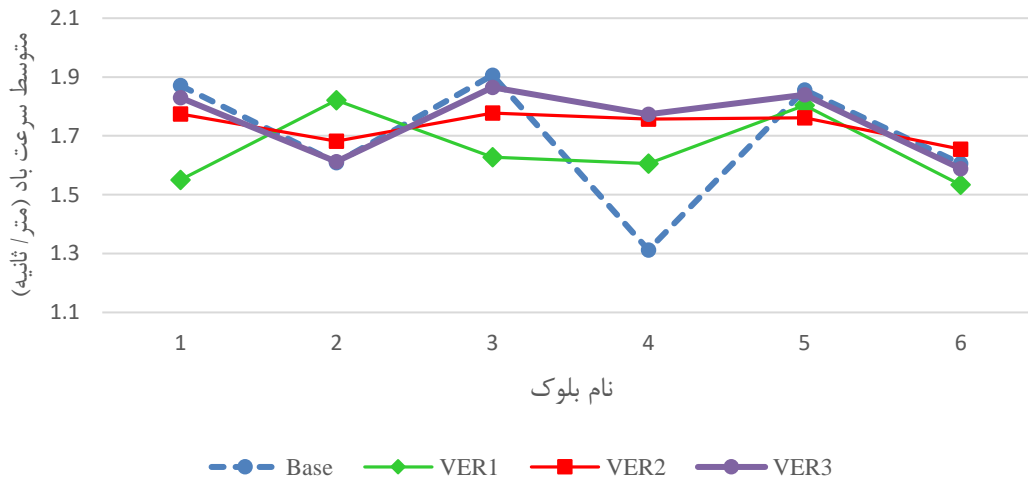
Base		HOR1		HOR2		HOR3		HOR4	
۱.۸۷	۱.۶۰	۱.۸۵	۱.۶۲	۱.۸۳	۱.۴۵	۱.۸۹	۱.۶۳	۱.۹۱	۱.۶۶
۱.۹۰	۱.۳۱	۱.۹۲	۱.۵	۱.۸۷	۱.۱۶	۱.۹۸	۱.۶۴	۱.۹۸	۱.۷۲
۱.۸۵	۱.۶۰	۱.۸۶	۱.۶۵	۱.۸۵	۱.۳۸	۱.۹۳	۱.۵۴	۱.۹۲	۱.۷۰

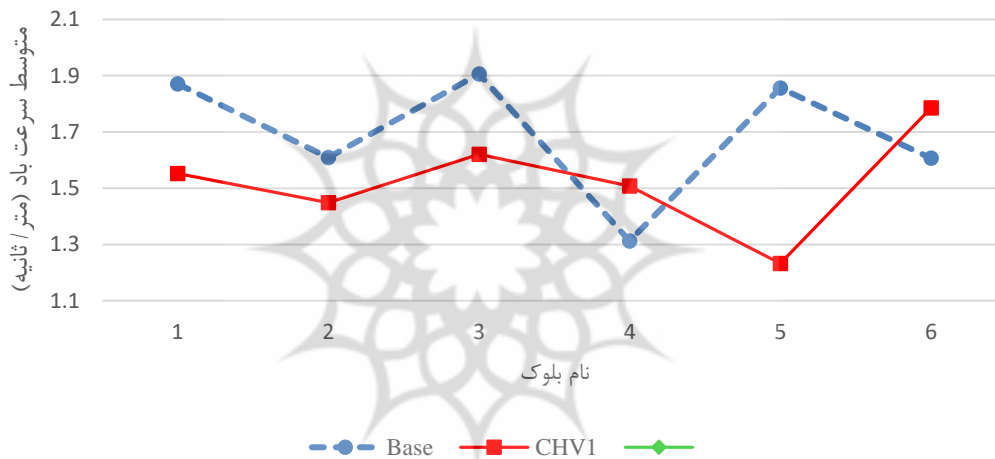
HOR5		VER1		VER2		VER3		CHV	
۱.۸۴	۱.۶۷	۱.۵۵	۱.۸۲	۱.۷۷	۱.۶۸	۱.۸۳	۱.۶۱	۱.۵۵	۱.۴۴
۱.۹۱	۱.۳۱	۱.۶۲	۱.۶۰	۱.۷۷	۱.۷۵	۱.۸۶	۱.۷۷	۱.۶۲	۱.۵۰
۱.۹۶	۱.۶۱	۱.۸۰	۱.۵۳	۱.۷۶	۱.۶۵	۱.۸۴	۱.۵۸	۱.۲۳	۱.۷۸



شکل ۱۵) متوسط سرعت باد پیرامونی بلوک های مسکونی در مدل های گروه HOR و مدل Base.



شکل ۱۶) متوسط سرعت باد پیرامونی بلوک های مسکونی در مدل های گروه VER و مدل Base



شکل ۱۷) متوسط سرعت باد پیرامونی بلوک های مسکونی در مدل های گروه CHV و مدل Base

دریافتی هر یک از سطوح چهارگانه مذکور در بلوک های واقع در هر مدل با یکدیگر مقایسه و در مرحله دوم، بررسی تطبیقی متوسط روشنایی طبیعی دریافتی هر مدل با مدل های دیگر در قالب نمودار میله ای انجام شد. در مرحله سوم، تحلیل و تطبیق میزان متوسط روشنایی روز دریافتی در بلوک های هر مدل با دیگری در قالب نمودارهای خطی انجام گرفت. در نهایت ترتیب حالت های بهینه چیدمان بلوک ها از منظر نور طبیعی دریافتی بیان گردید.

در این تحقیق روز اول دی ماه به دلیل مایل ترین حالت تابش خورشید و بیشترین سایه اندازی توسط ساختمان های مجاور به عنوان روز مبنای شبیه سازی انتخاب شد. متوسط روشنایی طبیعی سطح کف طبقه، سنججه میزان نور دریافتی روز می باشد که در سطح طبقات سوم، ششم، نهم و دوازدهم در تمام بلوک های مدل های ده گانه مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲)؛ سپس نتایج به دست آمده از شبیه سازی در سه مرحله تحلیل گردید. در مرحله نخست میانگین روشنایی طبیعی

جدول ۳- مقادیر متوسط روشنائی روز دریافتی در سطوح چهارگانه بلوک های مختلف مدل های ده گانه بر حسب لوکس

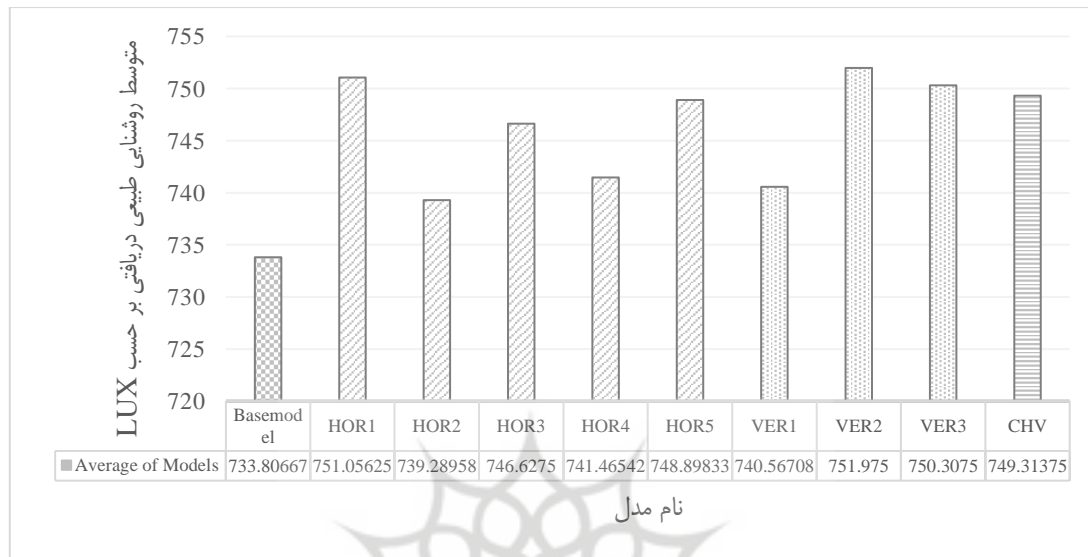
		Basemodel	HOR1	HOR2	HOR3	HOR4	HOR5	VER1	VER2	VER3	CHV
بلوک ۱	طبقه ۳	۶۳۴.۸	۶۵۷.۵	۶۳۰.۵	۶۶۲.۴	۶۶۰.۹۶	۶۶۱.۰۴	۶۶۰.۴	۶۵۶.۳۱	۶۶۰.۸۷	۶۶۰.۳۵
	طبقه ۶	۶۴۷.۷	۶۹۳.۴	۶۶۵.۴۸	۷۰۰.۵۲	۶۹۷.۴۹	۶۹۸.۳۲	۷۰۷.۳۱	۶۸۸.۳۷	۶۹۱.۵	۶۹۴.۲۳
	طبقه ۹	۶۷۵.۲۲	۷۴۷.۱۹	۷۱۷.۵۷	۷۵۰.۱۴	۷۲۳.۸۹	۷۴۶.۹۶	۷۶۰.۹۸	۷۳۱.۳۲	۷۴۵.۰۴	۷۴۵.۰۳
	طبقه ۱۲	۶۹۰.۵۹	۸۲۲.۱۳	۷۸۹.۶	۸۳۵.۲۶	۸۳۱.۶	۸۲۰.۵۸	۸۲۷.۶۵	۸۱۸.۹۱	۸۳۴.۵۹	۸۲۷.۳۸
بلوک ۲	طبقه ۳	۶۶۵.۴	۶۵۷.۹۳	۶۵۹.۱۱	۶۶۹.۳۵	۶۶۰.۹۶	۶۶۰.۷۹	۶۴۵.۱۳	۶۶۱.۵	۶۵۶.۰۷	۶۶۰.۶۹
	طبقه ۶	۶۹۵.۱۲	۶۹۳.۹۱	۶۹۴.۵۵	۷۰۰.۱۵	۶۹۹.۳۵	۷۰۰.۰۶	۶۸۴.۱۷	۶۹۱.۵۶	۶۸۶.۳۷	۶۹۵.۳
	طبقه ۹	۷۵۲.۶۴	۷۴۷.۰۱	۷۴۷.۳۷	۷۴۹.۱۸	۷۴۹.۷۵	۷۵۱.۱۵	۷۲۹.۱۹	۷۲۵.۲۲	۷۳۱.۲۷	۷۴۵.۱۸
	طبقه ۱۲	۸۱۵.۴۳	۸۳۳.۶۳	۸۳۴.۶۶	۸۳۵.۳۸	۸۳۵.۳۸	۸۳۵.۵۹	۸۱۸.۶۴	۸۳۴.۶۱	۸۱۹.۹	۸۲۷.۷۲
بلوک ۳	طبقه ۳	۶۶۳.۸۹	۶۴۸.۸۸	۶۵۵.۱۷	۶۶۳.۱۸	۶۴۸.۸۶	۶۵۹.۵۷	۶۵۲.۹۳	۶۸۴.۵۶	۶۵۶.۱۹	۶۶۹.۱۵
	طبقه ۶	۶۹۷.۶۳	۶۹۲.۵۷	۶۹۸.۵۲	۶۹۹.۷	۶۹۴.۹۷	۷۰۵.۵۸	۶۸۵.۷۱	۷۲۷.۹۹	۶۹۴.۵۸	۷۰۹.۶۱
	طبقه ۹	۷۵۳.۱۹	۷۵۲.۶	۷۵۶.۷۳	۷۵۸.۴۴	۷۵۲.۹۲	۷۶۰.۱۳	۷۴۶.۸۳	۷۷۷.۶۶	۷۳۲.۹۳	۷۵۹.۹۱
	طبقه ۱۲	۸۳۱.۷۵	۸۲۵.۶۷	۸۳۹.۱۸	۸۲۸.۵۷	۸۳۸.۰۹	۸۳۹.۷۹	۸۳۱.۰۹	۸۴۳.۵۶	۸۳۵.۴۲	۸۲۸.۴۲
بلوک ۴	طبقه ۳	۶۵۲.۵۶	۶۵۰.۰۱	۶۵۵.۱۲	۶۴۹.۶۸	۶۴۹.۸۵	۶۵۸.۱۵	۶۴۰.۸	۶۵۶.۵۳	۶۸۵.۰۵	۶۹۱.۴۵
	طبقه ۶	۶۹۱.۸۲	۶۹۲.۸۸	۶۹۸	۶۹۳.۱۱	۶۹۳.۲	۷۰۴.۳۴	۶۸۷.۱۱	۶۹۶.۵۹	۷۲۷.۶۹	۷۲۵.۲۹
	طبقه ۹	۷۴۹.۳۲	۷۵۲.۳۲	۷۵۶.۴۳	۷۵۲.۴۱	۷۵۲.۶۹	۷۵۹.۶۷	۷۴۸.۴۸	۷۵۳.۳۶	۷۷۴.۲۲	۷۶۶.۱
	طبقه ۱۲	۸۳۱.۵۶	۹۳۹.۱۸	۸۳۹.۴۸	۸۲۵.۴۸	۸۳۷.۸۶	۸۳۹.۹۱	۸۲۷.۱۲	۸۳۶.۰۴	۸۴۲.۳۳	۸۲۸.۷۵
بلوک ۵	طبقه ۳	۷۲۵.۹۳	۷۲۳.۷۹	۷۱۳.۳۱	۷۱۹.۶	۷۲۴.۹۲	۷۲۳.۸۷	۷۱۸.۷۴	۷۴۱.۴۵	۷۲۰.۷۲	۷۱۵.۶۸
	طبقه ۶	۷۴۷.۵۴	۷۴۷.۷۲	۷۳۵.۴۸	۷۴۱.۰۷	۷۴۹.۳۱	۷۵۱.۹۴	۷۴۳.۰۵	۷۶۷.۵۲	۷۴۵.۵۸	۷۴۴.۰۵
	طبقه ۹	۷۸۴.۱۹	۷۸۱.۴۴	۷۷۰.۶۹	۷۸۰.۲۸	۷۸۲.۱۱	۷۸۳.۸۱	۷۷۸.۲	۷۹۴.۵۸	۷۷۹.۲	۷۷۶.۵
	طبقه ۱۲	۸۳۵.۳۳	۸۳۷.۱۹	۸۰۶.۲۴	۸۳۱.۵۲	۸۳۷.۱۹	۸۳۹.۸۹	۸۳۴	۸۴۳.۴۱	۸۴۱.۶	۸۲۹.۵۱
بلوک ۶	طبقه ۳	۷۱۹.۵۱	۷۴۰.۴۳	۷۲۰.۵۲	۷۱۹.۸۹	۷۴۰.۹	۷۱۸.۴۶	۷۰۴.۱۱	۷۵۰.۵۵	۷۴۰.۵۹	۷۱۸.۹۳
	طبقه ۶	۷۴۴.۹۲	۷۵۹.۱	۷۴۲.۸۳	۷۴۴.۳۴	۷۶۰.۰۲	۷۴۵.۳۴	۷۳۹.۴۵	۷۴۵.۲۳	۷۶۷.۲۶	۷۴۹.۷۹
	طبقه ۹	۷۷۸.۰۸	۷۸۸.۲۱	۷۷۷.۸۹	۷۷۷.۳۶	۷۸۹.۸۱	۷۷۵.۰۵	۷۷۶.۰۶	۷۷۸.۷۶	۷۹۴.۶۲	۷۷۹.۶۸



۸۳۴.۵۶	۸۴۳.۷۹	۸۴۱.۸۱	۸۲۶.۸۱	۸۳۳.۵۷	۸۴۳.۰۹	۸۳۱.۴۲	۸۳۵.۵۲	۸۴۰.۶۶	۸۳۵.۲۵	طبقه ۱۲
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------

نمایش داده شد. این نمودار میانگین متوسط روشنایی طبیعی دریافتی برای هر یک از مدل ها را به تفکیک نشان می دهد.

به منظور بررسی تطبیقی کمیت های به دست آمده، از متغیر روشنایی طبیعی دریافتی در بلوک های موجود در هر مدل، متوسط گیری و نتایج آن در قالب نمودار میله ای شکل ۱۸



شکل ۱۸) متوسط روشنایی طبیعی دریافتی توسط بلوک های موجود در مدل های مختلف.

های ششگانه واقع در هر یک از ده مدل چیدمان، نمودارهای خطی ترسیم شده است. هر یک از خطوط موجود در این نمودار معرف متوسط روشنایی طبیعی دریافتی در بلوک های یکی از مدل های دهگانه می باشد. در بررسی این نمودار و نمودارهای مشابه، بلوک های ۵ و ۶ در هر مدل بصورت بدیهی دارای بیشترین دریافت نور روز می باشند زیرا هیچ بلوک سایه اندازی در مقابل آنها قرار نگرفته است در نتیجه منطقی ترین مقایسه در خصوص نور طبیعی دریافتی در بین بلوک های یک تا چهار خواهد بود.

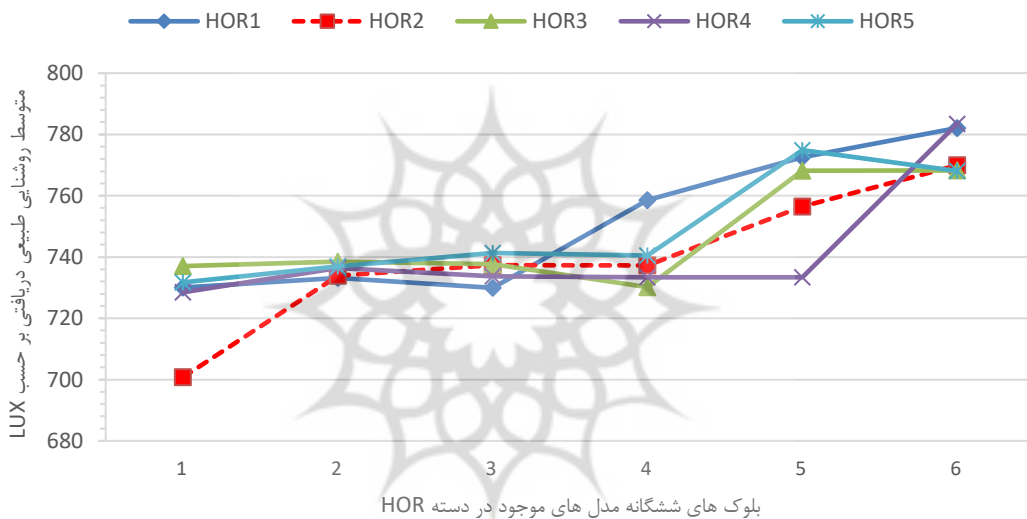
بررسی نمودار (شکل ۱۹) که برای مدل های واقع در دسته HOR رسم شده است نشان داد صرف نظر از بلوک های ۵ و ۶ که تقریباً در هر مدل بصورت بدیهی دارای بیشترین نورگیری می باشند؛ بلوک شماره ۴ در مدل HOR1 دارای بیشترین دریافتی نور روز و بلوک ۱ در مدل HOR2 دارای کمترین دریافتی نور نسبت به سایر بلوک ها از مدل های مختلف می باشند. در سایر بلوک ها، خطوط نمایانگر هر یک

چنانچه از تحلیل این نمودار میله ای بر می آید در دسته مدل های HOR مدل HOR1 با افزایش ۲.۳۵٪ نسبت به مدل مبنا دارای بیشترین میزان نور دریافتی بوده و پس از آن به ترتیب مدل های HOR5,3,4,2 بیشترین تا کمترین نور دریافتی را به خود اختصاص می دهند. در دسته VER مدل VER2 با افزایش ۲.۴۸٪ نسبت به مدل مبنا دارای بیشترین نور طبیعی دریافتی بوده و پس از آن به ترتیب مدل های VER3,1 قرار گرفته اند. بنابراین مدل HOR2 در دسته مدل های HOR و مدل VER1 در دسته VER دارای کمترین نور دریافتی می باشد. در این میان مدل CHV نیز در مقایسه با مدل مبنا به میزان ۲.۱۱٪ افزایش نورگیری داشته است. بدین ترتیب مدل مبنا (Basemodel) دارای کمینه و مدل VER2 دارای بیشینه نور دریافتی در میان تمامی مدل ها می باشند.

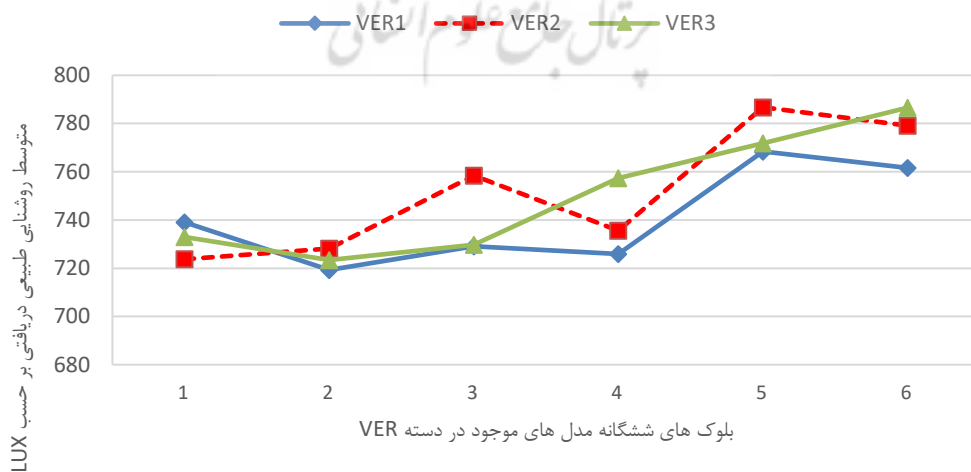
در مرحله دوم برای ایجاد امکان مقایسه و تحلیل در خصوص متوسط روشنایی طبیعی دریافتی در طبقات مختلف بلوک

نورگیری مربوط به بلوک ۳ از مدل VER2 و کمترین دریافتی مربوط به بلوک ۲ و ۴ از مدل VER1 است. تحلیل نمودار (شکل ۲۱) که نشانگر متوسط میزان نور طبیعی دریافتی در مدل های مبنا (Basemodel) و CHV می باشد نشان داد که با تغییر چیدمان بلوک ها از حال Base به CHV بلوک ها بطور واضحی نور طبیعی بیشتری دریافت می کنند. بطوریکه اگرچه در بلوک های ۲ و ۳ و ۵ و ۶ میزان نور دریافتی در هر دو مدل تقریباً برابر است اما در بلوک های ۱ و ۴ کاهش محسوسی یافته است.

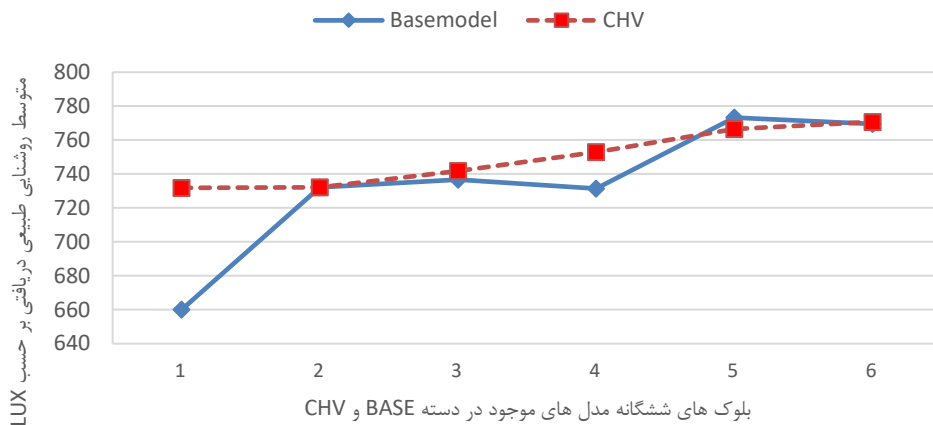
از مدل های HOR روند تقریباً مشابهی را طی می کنند. مقایسه روند خطوط نشانگر آن است که در حالت کلی مدل HOR1 دارای شرایط مطلوب تری از منظر نور دریافتی در میان مدل های HOR است. بنابراین با کاهش فاصله بلوک های موجود در ردیف های این دسته از مدل ها بهبودی در شرایط و میزان نور دریافتی حاصل نشد. در نمودار (شکل ۲۰) مقایسه تطبیقی برای بلوک های واقع در مدل های دسته VER انجام گرفته است. با توجه به این نمودار خطوط نمایانگر هر یک از مدل ها روند متفاوتی را طی می نمایند. صرف نظر از بلوک های ۵ و ۶، بیشترین میزان



شکل ۱۹) نمودار بررسی متوسط نور روز دریافتی در طبقات بلوک های ششگانه در مدل های دسته HOR



شکل ۲۰) نمودار بررسی متوسط نور روز دریافتی در طبقات بلوک های ششگانه در مدل های دسته VER



شکل ۲۱) نمودار بررسی متوسط نور روز دریافتی در طبقات بلوک های ششگانه در مدل های *CHV* و *Base*

میزان سطوح عمود بر جهت جریان و نسبت انسداد در دو مدل *CHV* و *VER1* قابل تحلیل می باشد.

- بررسی تطبیقی میانگین حاصل از نتایج مدل های متشکله هر گروه، حاکی از رشد متوسط سرعت جریان در نتایج گروه *HOR* و *VER* نسبت به گروه مبنا (*Base*) و کاهش متوسط سرعت جریان در گروه *CHV* نسبت به گروه مبنا می باشد. این نتایج عدم کارایی این الگوی چیدمان از منظر جریان طبیعی را به اثبات رسانید.

- بررسی تطبیقی متوسط سرعت جریان به تفکیک ۶ بلوک در مدل های مختلف نشان داد که نحوه رفتار جریان در پیرامون بلوک های مدل مبنا و مدل های گروه *HOR* بسیار مشابه می باشد و شیب نمودار از الگوی نسبتا یکسانی تبعیت می کند. این در حالیست که رفتار جریان در اطراف ساختمان های گروه *CHV* و *VER* و مدل *Base* دارای تفاوت های قابل ملاحظه ای می باشد. این اختلاف رفتار ناشی از تغییر ساختاری قابل ملاحظه به همراه تغییر سطح مقطع رو به باد می باشد.

- بیشترین تغییرات مقادیر کمی سرعت جریان بلوک ها در دو دسته *VER* و *HOR* در مقایسه با مدل مبنا پیرامون بلوک شماره ۴ (بلوک شرقی) و در دو دسته *CHV* و مدل مبنا پیرامون بلوک شماره ۵ مشاهده گردید.

از طرفی شبیه سازی نور روز دریافتی در سطوح منتخب هر یک از بلوک ها در مدل های مختلف نشان از تاثیر تغییر

مهمترین نکات قابل بحث به شکل زیر معرفی می شوند:

- نتایج حاصل از شبیه سازی ها نشان داد که ایجاد تغییرات در الگوی چیدمان بلوک ها می تواند سرعت و الگوی جریان باد در فضای باز مجتمع های مسکونی را تحت الشعاع قرار دهد.

- در میان مدل هایی با الگوی جابجایی افقی (*HOR*)، مدل های *HOR4* با افزایش ۷.۱۰٪ و مدل های *HOR2* با کاهش ۵.۹٪ به ترتیب بیشترین و کمترین کارایی در مقایسه با مدل مبنا را دارند. مدل *HOR5* با نتایج کمی نزدیک به مدل مبنا، تاثیر قابل ملاحظه ای در تغییر کارایی گردش باد در فضای باز نداشته است. این در حالیست که مدل *VER2* و *VER1* با تغییرات ۳.۵۵٪+ و ۲.۳۶٪- دارای بیشترین تاثیرات بر متوسط سرعت جریان در دو جهت مثبت و منفی نسبت به مدل مبنا بوده اند. تنها مدل گروه *CHV* نیز با تغییرات ۱۰.۵٪-، کاهش کارایی جریان هوا در فضای باز در مقایسه با مدل مبنا را به دنبال داشته است.

- تغییرات مثبت الگوی جریان در مدل های *VER4,1,3* می تواند مربوط به تشدید اثر برنولی و کاهش سطح مقطع حرکت جریان به واسطه کاهش فواصل طولی بلوک های شمالی-جنوبی باشد. اثرات مثبت پدیده برنولی بر تشدید سرعت جریان به واسطه کاهش سطح مقطع در مورد مدل *VER2* نیز صادق است. این در حالیست که کاهش کارایی جریان و تقلیل مقادیر کمی سرعت جریان به واسطه افزایش

بررسی ۱۰ نوع الگوی چیدمان مختلف در یک مجتمع مسکونی واقع در شهر تهران نشان داد که کاهش سطح مقطع عبوری جریان به واسطه تقلیل فواصل طولی و عرضی مابین بلوک‌های مجموعه می‌تواند با بهره‌گیری از اثر برنولی منجر به ارتقا سرعت جریان و افزایش کارایی گردش جریان در فضای باز گردد. این تاثیر با رشد سرعت جریان در مدل‌های HOR4,1,3 و همینطور VER2,3 به وضوح مشهود است. از میان مدل‌های مختلف، مدل‌های CHV، HOR5، VER1 با کاهش ۱۰.۵٪، ۵.۹٪ و ۲.۳۶٪ عملکرد ضعیف‌تری نسبت به مدل مبنا دارند که این ضعف عملکرد در دو مدل VER1 و CHV ناشی از افزایش سطح مقطع رو به باد و نسبت انسداد می‌باشد که به عنوان مانعی در برابر جریان منجر به کاهش سرعت باد محوطه می‌شوند.

بررسی تطبیقی میزان روشنایی در مدل‌های مختلف نشان داد که مدل‌های CHV، VER3، HOR1، VER2 به ترتیب از چپ به راست دارای بالاترین میزان روشنایی دریافتی می‌باشند. این در حالیست که پس از مدل مبنا، مدل HOR3 با کمترین میزان نور دریافتی ناکارآمدترین مدل از نظر میزان نور دریافتی به شمار می‌آید.

ارزیابی و جمع‌بندی کلی نتایج حاکی از اینست که مدل‌های VER2 و HOR1 به واسطه چیدمان خاص بلوک‌ها، ضمن افزایش متوسط سرعت باد در فضای پیرامونی و بهبود الگوی جریان، با بالاترین مقادیر روشنایی دریافتی توسط بلوک‌ها به عنوان الگوهایی مناسب برای مجتمع‌های مسکونی شهر تهران به شمار می‌آیند. می‌توان با چینش بلوک‌ها در دو مدل مذکور ضمن ارتقای کارایی جریان هوا و تامین آسایش ساکنین در فضای باز، با به حداقل رسانی سایه اندازی، میزان بهره‌مندی ساختمان‌ها از نور طبیعی را در مقایسه با مدل مبنا به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. این در حالیست که مدل HOR2 با کاهش ۵.۹ درصدی سرعت باد و کمترین میزان روشنایی دریافتی مدلی ناکارآمد محسوب می‌گردد که استفاده از این الگو برای مجتمع‌های مسکونی شهر تهران پیشنهاد نمی‌گردد. لازم به ذکر است که هرچند مدل ترکیبی

آرایش بلوک‌ها بر میزان نور روز دریافتی به صورت زیر داشته است:

- در دسته مدل‌های با الگوی جابجایی افقی (HOR)، مدل HOR1 با تغییر ۲.۳۵٪ نسبت به مدل مبنا بیشترین و مدل HOR2 با ۰.۷۵٪ دارای کمترین میزان نور دریافتی می‌باشند. در بازه میان دو مدل مذکور مدل‌های HOR5، HOR3، HOR4، HOR2 به ترتیب از چپ به راست با تغییرات ۰.۷۵٪، ۱.۰۴٪، ۱.۷۰٪، ۲.۰۶٪ قرار گرفته‌اند. چنانچه مشخص است تمام مدل‌های این دسته دارای نورگیری بیش از مدل مبنا هستند. در دسته مدل‌های با الگوی جابجایی عمودی (VER)، مدل VER2 با تغییر ۲.۴۸٪ نسبت به مدل مبنا دارای بیشترین نور روز دریافتی می‌باشد و پس از آن مدل‌های VER3، VER1 با تغییر ۰.۹۲٪ و ۲.۲۴٪ نسبت به حالت مبنا قرار می‌گیرند. در این دسته نیز تمام مدل‌ها بیش از مدل مبنا روشنایی طبیعی دریافت می‌کنند. مدل CHV نیز ۲.۱۱٪ بیش از مدل مبنا نور طبیعی دریافت می‌کند. به این ترتیب با بررسی کلی مدل‌های موجود در دسته‌های مختلف، مدل مبنا کمترین و مدل VER2 بیشترین میزان دریافت نور طبیعی را دارد.

## بحث و نتیجه‌گیری

عدم جریان مناسب هوا و انسداد کریدورهای جریان طبیعی هوا به عنوان یکی از عوامل اصلی ایجاد جزایر حرارتی و صلب آسایش ساکنین در فضای باز مجتمع‌های مسکونی مطرح است. الگوی جانمایی بلوک‌ها به عنوان یکی از اصلی‌ترین فاکتورهای موثر بر الگوی جریان باد فضای باز مطرح است که در عین حال مولفه‌ای بسیار مهم تر با نام نورگیری ساختمان‌ها را تغییر می‌دهد. این پژوهش هر دو متغیر مذکور به طور همزمان را مورد توجه قرار داد تا بتواند به حالت‌های بینابینی و بهینه‌ای برسد که ضمن بهره‌مندی از پتانسیل گردش هوا در فضای باز، نورگیری فضاهای داخلی ساختمان‌ها نیز به نحو مطلوبی تامین گردد.

- بررسی تطبیقی متوسط سرعت جریان به تفکیک ۶ بلوک در مدل های مختلف نشان داد که نحوه رفتار جریان در پیرامون بلوک های مدل مبنا و مدل های گروه HOR بسیار مشابه می باشد و شیب نمودار از الگوی نسبتا یکسانی تبعیت می کند. این در حالیست که رفتار جریان در اطراف ساختمان های گروه CHV و VER و مدل Base دارای تفاوت های قابل ملاحظه ای می باشد. این اختلاف رفتار ناشی از تغییر ساختاری قابل ملاحظه به همراه تغییر سطح مقطع رو به باد می باشد.

- بیشترین تغییرات مقادیر کمی سرعت جریان بلوک ها در دو دسته VER و HOR در مقایسه با مدل مبنا پیرامون بلوک شماره ۴ (بلوک شرقی) و در دو دسته CHV و مدل مبنا پیرامون بلوک شماره ۵ مشاهده گردید.

از طرفی شبیه سازی نور روز دریافتی در سطوح منتخب هر یک از بلوک ها در مدل های مختلف نشان از تاثیر تغییر آرایش بلوک ها بر میزان نور روز دریافتی به صورت زیر داشته است:

- در دسته مدل های با الگوی جابجایی افقی (HOR)، مدل HOR1 با تغییر  $+2.35\%$  نسبت به مدل مبنا بیشترین و مدل HOR2 با  $+0.75\%$  دارای کمترین میزان نور دریافتی می باشند. در بازه میان دو مدل مذکور مدل های HOR5، HOR2، HOR3، HOR4، به ترتیب از چپ به راست با تغییرات  $+0.75\%$ ،  $+1.04\%$ ،  $+1.70\%$ ،  $+2.06\%$  قرار گرفته اند. چنانچه مشخص است تمام مدل های این دسته دارای نورگیری بیش از مدل مبنا هستند. در دسته مدل های با الگوی جابجایی عمودی (VER)، مدل VER2 با تغییر  $+2.48\%$  نسبت به مدل مبنا دارای بیشترین نور روز دریافتی می باشد و پس از آن مدل های VER1، VER3 با تغییر  $+0.92\%$  و  $+2.24\%$  نسبت به حالت مبنا قرار می گیرند. در این دسته نیز تمام مدل ها بیش از مدل مبنا روشنایی طبیعی دریافت می کنند. مدل CHV نیز  $2.11\%$  بیش از مدل مبنا نور طبیعی دریافت می کند. به این ترتیب با بررسی کلی مدل های موجود در دسته های مختلف، مدل مبنا کمترین و مدل VER2 بیشترین میزان دریافت نور طبیعی را دارد.

CHV در مرحله شبیه سازی نور روز، نتایج مطلوبی در مقایسه با مدل مبنا از خود نشان داد، اما به دلیل انسداد جریان باد و کاهش  $10.5\%$  درصدی متوسط سرعت جریان، نمی تواند مهمترین نکات قابل بحث به شکل زیر معرفی می شوند:

- نتایج حاصل از شبیه سازی ها نشان داد که ایجاد تغییرات در الگوی چیدمان بلوک ها می تواند سرعت و الگوی جریان باد در فضای باز مجتمع های مسکونی را تحت الشعاع قرار دهد.

- در میان مدل هایی با الگوی جابجایی افقی (HOR)، مدل های HOR4 با افزایش  $7.10\%$  و مدل های HOR2 با کاهش  $5.9\%$  به ترتیب بیشترین و کمترین کارایی در مقایسه با مدل مبنا را دارند. مدل HOR5 با نتایج کمی نزدیک به مدل مبنا، تاثیر قابل ملاحظه ای در تغییر کارایی گردش باد در فضای باز نداشته است. این در حالیست که مدل VER2 و VER1 با تغییرات  $+3.55\%$  و  $-2.36\%$  دارای بیشترین تاثیرات بر متوسط سرعت جریان در دو جهت مثبت و منفی نسبت به مدل مبنا بوده اند. تنها مدل گروه CHV نیز با تغییرات  $10.5\%$ ، کاهش کارایی جریان هوا در فضای باز در مقایسه با مدل مبنا را به دنبال داشته است.

- تغییرات مثبت الگوی جریان در مدل های VER4,1,3 می تواند مربوط به تشدید اثر برنولی و کاهش سطح مقطع حرکت جریان به واسطه کاهش فواصل طولی بلوک های شمالی-جنوبی باشد. اثرات مثبت پدیده برنولی بر تشدید سرعت جریان به واسطه کاهش سطح مقطع در مورد مدل VER2 نیز صادق است. این در حالیست که کاهش کارایی جریان و تقلیل مقادیر کمی سرعت جریان به واسطه افزایش میزان سطوح عمود بر جهت جریان و نسبت انسداد در دو مدل VER1 و CHV قابل تحلیل می باشد.

- بررسی تطبیقی میانگین حاصل از نتایج مدل های متشکله هر گروه، حاکی از رشد متوسط سرعت جریان در نتایج گروه HOR و VER نسبت به گروه مبنا (Base) و کاهش متوسط سرعت جریان در گروه CHV نسبت به گروه مبنا می باشد. این نتایج عدم کارایی این الگوی چیدمان از منظر جریان طبیعی را به اثبات رسانید.

## منابع

- 1- Diba D. Contemporary architecture of Iran. *Architectural Design*. 2012 May;82(3):70-9. <https://doi.org/10.1002/ad.1406>
- 2- Saligheh E, Saadatjoo P. Impact of Central Courtyard Proportions on Passive Cooling Potential in Hot and Humid Regions (Case Study: Single-story Buildings in Bandar Abbas). *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2020 Sep 10;10(2):137-52. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1399.10.2.5.3>
- 3- Bolouhari S, Barbera L, Etesam I. Learning Traditional Architecture for Future Energy-Efficient Architecture in the Country; Case Study: Yazd City. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*, 2020 Sep 10;10(2):85-93. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1399.10.2.3.1>
- 4- Mahdavinejad M. High-Performance Architecture: Search for Future Legacy in Contemporary Iranian Architecture. *Armanshahr Architecture & Urban Development*. 2017 Mar 14;9(17):129-138. [Persian] Available from: [http://www.armanshahrjournal.com/article\\_44611\\_955a20b5cfd1f32308e627ddc8528b91.pdf](http://www.armanshahrjournal.com/article_44611_955a20b5cfd1f32308e627ddc8528b91.pdf)
- 5- Mahdavinejad M, Zia A, Larki AN, Ghanavati S, Elmi N. Dilemma of green and pseudo green architecture based on LEED norms in case of developing countries. *International journal of sustainable built environment*. 2014 Dec 1;3(2):235-46. <https://doi.org/10.1016/j.ijse.2014.06.003>
- 6- Moradinasab H, Khaksar A. Investigation of troglodytic architectural adaptation with temperature climate element at heat period; Case Study: Village of Troglodytic Meymand. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2021 May 10;11(1):83-93. [Persian]

تشکر و قدردانی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده

است

**تاییدیه اخلاقی:** ما نویسندگان مقاله " نقش الگوی چیدمان بلوک های مجتمع مسکونی بر جریان باد فضای باز و نور روز دریافتی ساختمان ها " با اعلام موافقت خود مبنی بر ارسال این مقاله به نشریه نقش جهان، مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی تعهد می نمایم که این مقاله در زمان ارسال برای این نشریه در هیچ نشریه ایرانی یا غیرایرانی در حال بررسی نبوده و تا تعیین تکلیف قطعی در این نشریه برای هیچ نشریه ایرانی یا غیرایرانی دیگری ارسال نخواهد شد و خانم پریا سعادت جو را از نویسندگان به عنوان نویسنده رابط معرفی نموده و وکالت تام ایشان در کلیه امور مرتبط با این مقاله به ویژه انجام اصلاحات احتمالی نزد نشریه نقش جهان، مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی را می پذیریم.

**تعارض منافع:** موردی از سوی نویسندگان یافت نشد.

**سهم نویسندگان:** پریا سعادت جو (نویسنده اول)، نگارنده مقاله / پژوهشگر (۵۰٪)؛ الهام سلیقه (نویسنده دوم)، نگارنده مقاله / پژوهشگر (۵۰٪)

**منابع مالی:** هزینه های مرتبط با این مطالعه به عهده نویسندگان می باشد.

- temperature in an outdoor shaded space in Tehran, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 2018 May 1;39:751-64. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.03.003>
- 14- Mohtashami N, Mahdavejad M, Bemanian M. Contribution of city prosperity to decisions on healthy building design: A case study of Tehran. *Frontiers of Architectural Research*. 2016 Sep 1;5(3):319-31. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.06.001>
- 15- Talaei M, Mahdavejad M, Azari R. Thermal and energy performance of algae bioreactive façades: A review. *Journal of Building Engineering*. 2020 Mar 1;28:101011. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101011>
- 16- Fallah H. Determining the Most Efficient Window-to-Wall Ratio in Southern Façade of Educational Buildings in Kerman. *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2019 Sep 10;9(2):105-115. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.139.8.9.2.3.4>
- 17- Fallahtafti R, Mahdavejad M. Optimisation of building shape and orientation for better energy efficient architecture. *International Journal of Energy Sector Management*. 2015;9(4):593-618. <https://doi.org/10.1108/IJESM-09-2014-0001>
- 18- Javanroodi K, Mahdavejad M, Nik VM. Impacts of urban morphology on reducing cooling load and increasing ventilation potential in hot-arid climate. *Applied Energy*. 2018 Dec 1;231:714-46. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.116>
- 19- Javanroodi K, Nik VM, Mahdavejad M. A novel design-based optimization framework for enhancing the energy efficiency of high-rise office buildings in urban areas. *Sustainable Cities and Society*. 2019 Aug 1;49:101597. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101597>
- 20- Mahdavejad M, Javanroodi K. Natural ventilation performance of ancient wind catchers, an experimental and analytical study—case studies: one-sided, two-sided and four-sided wind catchers. *International journal of energy technology and policy*, 2014 Jan 1; 10(1): 36-60. <https://doi.org/10.1504/IJETP.2014.065036>
- <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.140.0.11.1.1.4>
- 7- Taban M, Pourjafar M, Bemanian M, Heidari S. Climate Impact on Architectural Ornament Analyzing the Shadow of Khavoons in Dezful Historical Context with the Use of Image Processing. *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2012 Oct 10;2(2):79-90. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.139.1.2.2.1.3>
- 8- Rasoolzadeh M, Moshari M. Prioritizing for Healthy Urban Planning: Interaction of Modern Chemistry and Green Material-based Computation. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2021 May 10;11(1):94-105. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.140.0.11.1.7.0>
- 9- Mahdavejad M. Designerly Approach to Energy Efficiency in High-Performance Architecture Theory. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2020 Sep 10;10(2):75-83. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.139.9.10.2.7.5>
- 10- Mahdavejad M. Discourse of High-Performance Architecture: A Method to Understand Contemporary Architecture. *Hoviatshahr*. 2017 Aug 23;11(2):53-67. [Persian] Available from: [http://hoviatshahr.srbiau.ac.ir/article\\_10930\\_79f91b76bac9a77aba9d4aff60465705.pdf](http://hoviatshahr.srbiau.ac.ir/article_10930_79f91b76bac9a77aba9d4aff60465705.pdf)
- 11- Yin J, Zheng Y, Wu R, Tan J, Ye D, Wang W. An analysis of influential factors on outdoor thermal comfort in summer. *International journal of biometeorology*. 2012 Sep;56(5):941-8. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0503-9>
- 12- Hadianpour M, Mahdavejad M, Bemanian M, Haghshenas M, Kordjamshidi M. Effects of windward and leeward wind directions on outdoor thermal and wind sensation in Tehran, *Building and Environment*. 2019 Mar 1;150:164-180. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.053>
- 13- Hadianpour M, Mahdavejad M, Bemanian M, Nasrollahi F. Seasonal differences of subjective thermal sensation and neutral

- 28- Talaei M, Mahdavinejad M. Probable cause of damage to the panel of microalgae bioreactor building façade: Hypothetical evaluation. *Engineering Failure Analysis*. 2019 Jul 1;101:9-21. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.02.060>
- 29- Rahbar M, Mahdavinejad M, Bemanian M, Davaie Markazi AH, Hovestadt L. Generating Synthetic Space Allocation Probability Layouts Based on Trained Conditional-GANs. *Applied Artificial Intelligence*. 2019 Jul 3;33(8):689-705. <https://doi.org/10.1080/08839514.2019.1592919>
- 30- Berkovic S, Yezioro A, Bitan A. Study of thermal comfort in courtyards in a hot arid climate. *Solar Energy*. 2012 May 1;86(5):1173-86. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.01.010>
- 31- Hassi J, Rytönen M, Kotaniemi J, Rintamäki H. Impacts of cold climate on human heat balance, performance and health in circumpolar areas. *International Journal of Circumpolar Health*. 2005 Dec 1;64(5):459-67. <https://doi.org/10.3402/ijch.v64i5.18027>
- 32- Analitis A, Katsouyanni K, Biggeri A, Baccini M, Forsberg B, Bisanti L, Kirchmayer U, Ballester F, Cadum E, Goodman PG, Hojs A. Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project. *American journal of epidemiology*. 2008 Dec 15;168(12):1397-408. <https://doi.org/10.1093/aje/kwn266>
- 33- Eslamirad N, Kolbadinejad SM, Mahdavinejad M, Mehranrad M. Thermal comfort prediction by applying supervised machine learning in green sidewalks of Tehran. *Smart and Sustainable Built Environment*. 2020 Apr 28; 9(4):361-374. <https://doi.org/10.1108/SASBE-03-2019-0028>
- 34- Saadatjoo P, Mahdavinejad M, Zarkesh A. Porosity Rendering in High-Performance Architecture: Wind-Driven Natural Ventilation and Porosity Distribution Patterns. *Armanshahr Architecture & Urban Development*. 2019 Jan 1;12(26):73-87. <https://doi.org/10.22034/aaud.2019.89057>
- 21- Hood SD, Mahmoodi Zarandi M, Kamyabi S. Optimal placement of shadow tools of double-skin facade with the aim of achieving thermal comfort in hot climate. *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2018 Dec 10;8(3):171-7. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1397.8.3.4.0>
- 22- Pilechiha P, Mahdavinejad M, Rahimian FP, Carnemolla P, Seyedzadeh S. Multi-objective optimisation framework for designing office windows: quality of view, daylight and energy efficiency. *Applied Energy*. 2020 Mar 1;261:114356. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114356>
- 23- Yousefian S, Pourjafar M, Ahmadpour Kalahrodi N. Impacts of High-Rise Buildings Form on Climatic Comfort with Emphasis on Airflow through ENVI-met Software. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2017 Jul 10;7(2):1-10. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1396.7.2.2.9>
- 24- Fatahi K, Nasrollahi N, Ansarimanesh M, Khodakarami J, Omranipour A. Comparison of Thermal Comfort Range of Finn Garden and Historical texture of Kashan. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2021 May 10;11(1):53-63. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1400.11.1.4.7>
- 25- Jiang Y, Wu C, Teng M. Impact of Residential Building Layouts on Microclimate in a High Temperature and High Humidity Region. *Sustainability*. 2020 Jan;12(3):1046. <https://doi.org/10.3390/su12031046>
- 26- Eskandari H, Saedvandi M, Mahdavinejad M. The impact of Iwan as a traditional shading device on the building energy consumption. *Buildings*. 2018 Jan; 8(1):3. <https://doi.org/10.3390/buildings8010003>
- 27- Saadatjoo P, Mahdavinejad M, Zhang G, Vali K. Influence of Permeability Ratio on Wind-driven Ventilation and Cooling load of Mid-rise Buildings. *Sustainable Cities and Society*. 2021 Mar 31:102894. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102894>



- 42- Ahmadi J, Mahdaveinejad M, Asadi S. Folded double-skin façade (DSF): in-depth evaluation of fold influence on the thermal and flow performance in naturally ventilated channels. *International Journal of Sustainable Energy*. 2021 Jun 16:1-30. <https://doi.org/10.1080/14786451.2021.1941019>
- 43- Ahmadi J, Mahdaveinejad M, Larsen OK, Zhang C, Zarkesh A, Asadi S. Evaluating the different boundary conditions to simulate airflow and heat transfer in Double-Skin Facade. *Building Simulation*. 2021 Sep 16:1-17. Tsinghua University Press. <https://doi.org/10.1007/s12273-021-0824-5>
- 44- Aliabadi M, Zarkesh A, Siampour H, Abbasian S, Mahdaveinejad M, Moshaii A. Bioinspired Azimuthally Varying Nanoscale Cu Columns on Acupuncture Needles for Fog Collection. *ACS Applied Nano Materials*. 2021 Sep 15. <https://doi.org/10.1021/acsnm.1c01288>
- 45- Aliabadi M, Zarkesh A, Mahdaveinejad M. Bioware fog collectors: the Texas horned lizard as a model for a biomimetic fog-harvesting. *Materials Research Express*. 2018 Sep 5;5(11):115502. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/aadab4>
- 46- Torabifar S, Suzanchi K. The Investigation, Classification, and Prioritization of Factors Affecting the Selection of Vertical Greenery Systems as Building Façade and Their Structural Components. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2021 Apr 10;11(1):64-82. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.140.0.11.1.3.6>
- 47- Haghshenas M, Hadianpour M, Matzarakis A, Mahdaveinejad M, Ansari M. Improving the suitability of selected thermal indices for predicting outdoor thermal sensation in Tehran. *Sustainable Cities and Society*. 2021 Jul 27:103205. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103205>
- 48- Matzarakis A, Rutz F, Mayer H. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. *International journal of biometeorology*. 2010 Mar 1;54(2):131-9. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0261-0>
- 49- Matzarakis A, Rutz F, Mayer H. Modelling radiation fluxes in simple and complex
- 35- Saadatjoo P, Mahdaveinejad M, Zhang G. A study on terraced apartments and their natural ventilation performance in hot and humid regions. *Building Simulation*. 2018 Apr 1;11(2):359-372. <https://doi.org/10.1007/s12273-017-0407-7>
- 36- JavadiNodeh M, Shahcheraghi A, Andalib A. An Evaluation of the Ecological Architecture Influenced by the Interaction Between Structural Environment and Nature in Cold Areas; Case Study: Two Traditional Houses in Ardabil. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2020 Dec 10;11(1):15-36. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.140.0.11.1.2.5>
- 37- Rostampour K, Hekmat H, Zabihi M. The Role of Phase Change Materials in Improvement and Revitalization of Wind Tower Function; Case study: Warm & Humid Climate. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2020 Sep 10;10(2):153-162. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.139.9.10.2.4.2>
- 38- Kuo CY, Wang RJ, Lin YP, Lai CM. Urban Design with the Wind: Pedestrian-Level Wind Field in the Street Canyons Downstream of Parallel High-Rise Buildings. *Energies*. 2020 Jan;13(11):2827. <https://doi.org/10.3390/en13112827>
- 39- Ikegaya N, Ikeda Y, Hagishima A, Razak AA, Tanimoto J. A prediction model for wind speed ratios at pedestrian level with simplified urban canopies. *Theoretical and Applied Climatology*. 2017 Feb 1;127(3-4):655-65. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1655-z>
- 40- Talaei M, Mahdaveinejad M, Azari R, Prieto A, Sangin H. Multi-objective optimization of building-integrated microalgae photobioreactors for energy and daylighting performance. *Journal of Building Engineering*. 2021 Jun 5:102832. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102832>
- 41- Valitabar M, Mahdaveinejad M, Skates H, Pilechiha P. A dynamic vertical shading optimisation to improve view, visual comfort and operational energy. *Open House International*. 2021 Jul 9. <https://doi.org/10.1108/OHI-02-2021-0031>

- 56- Goharian A, Mahdavinejad M. A Novel Approach to Multi-Apertures and Multi-Aspects Ratio Light Pipe. *Journal of Daylighting*. 2020 Sep 16;7(2):186-200. <https://doi.org/10.15627/jd.2020.17>
- 57- Yazhari Kermani A, Nasrollahi F, Mahdavinejad M. Investigation of the relationship between depth of overhang and amount of daylight indicators in office buildings of Kerman city. *Environmental Health Engineering and Management Journal*. 2018 Sep 10;5(3):129-36. <https://doi.org/10.15171/ehem.2018.18>
- 58- Zhang A, Bokel R, van den Dobbelsteen A, Sun Y, Huang Q, Zhang Q. Optimization of thermal and daylight performance of school buildings based on a multi-objective genetic algorithm in the cold climate of China. *Energy and Buildings*. 2017 Mar 15;139:371-84. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.01.048>
- 59- Saligheh E, Saadatjoo P. Impact of Building Porosity on Self-Shading and Absorbed Solar Heat Reduction in Hot and Humid Regions. *Naqshejahan*. 2020; 9 (4) :257-271  
URL: <http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-35547-fa.html>
- environments—application of the RayMan model. *International journal of biometeorology*. 2007 Mar 1;51(4):323-34. <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0061-8>
- 50- Moulaii MM, Pilechiha P, Shadan Far A. Optimization of Window Proportions with an Approach to Reducing Energy Consumption in Office Buildings. *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*, 2019 Sep 10;9(2):117-123. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1398.9.2.6.7>
- 51- Motalyi S, Heidari Sh. Breathing Wall Modeling to Absorb Indoor Pollutants in a Living Room of a House Inspired by the Buffer Zones of Traditional Architecture in Hot and Arid Climate of Iran Country. *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2018 Jun 10;8(1):1-7. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1397.8.1.1.3>
- 52- Rasuli M, Shahbazi Y, Matini M. Horizontal and Vertical Movable Drop-Down Shades Performance in Double Skin Facade of Office Buildings; Evaluation and Parametric Simulation. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2019 Sep 10;9(2):135-144. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1398.9.2.7.8>
- 53- Pakdehi, S. G., Salimi, M., & Rasoolzadeh, M. (2014c). Co-Ni Bimetallic Catalysts Coated on Cordierite Monoliths for Hydrazine Decomposition. *Advanced Materials Research* (Vol. 936, pp. 981-985). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.936.981>
- 54- Ying X, Wang Y, Li W, Liu Z, Ding G. Group layout pattern and outdoor wind environment of enclosed office buildings in Hangzhou. *Energies*. 2020 Jan;13(2):406. <https://doi.org/10.3390/en13020406>
- 55- Zhang A, Gao C, Zhang L. Numerical simulation of the wind field around different building arrangements. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2005 Dec 1;93(12):891-904. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2005.09.001>