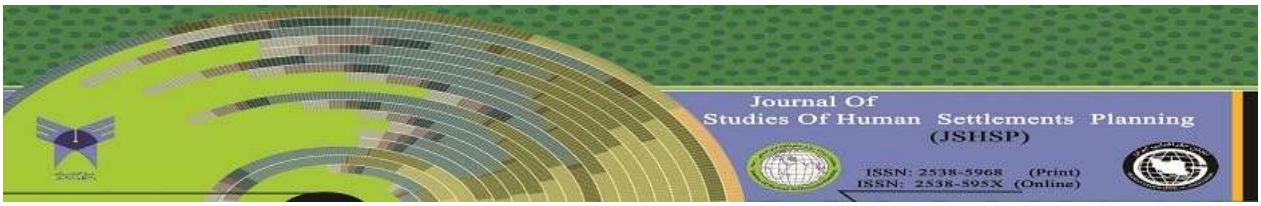
Vol. 17, Issue 1, Autumn 2022, pp. 205-218 ISSN (Print): 2538-5968 ISSN (Online): 2538-595X



Research Article Dor: 20.1001.1.25385968.1401.17.1.16.6

Explanation the Interaction of the Physical Characteristics of High-rise Buildings on Distribution of Pollutant Particles due to the Natural Air Flow (Case Study: District 1 of Tehran)

Tinasadat Sadrolgharavi[1], Mahnaz Mahmoudi Zarandi [2]*& Fatemeh Mehdizadeh Seradj[3]

1. PhD student Faculty of Engineering, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Associate Professor Faculty of Engineering, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Professor of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
* Corresponding author: Email: m_mahmoodi@iau-tnb.ac.ir

Receive Date: 3 June 2020
Accept Date: 12 October 2020

ABSTRACT

Introduction: The increasing population and the construction of high-rise buildings have multiplied the environmental pollution in cities. On the other hand, people are more likely to use open urban environments to meet their biological needs. In this regard, various factors such as forms and heights of buildings and the presence of continuous stream of wind can play a significant role in the distribution of pollutant particles.

Research aim: The present study aimed to investigate the effect of the forms, heights and green façade of high-rise residential buildings on the distribution of pollutant particles, by recognizing district one of Tehran's urban air flow.

Methodology: To this, a library research method was used to collect information, analytical-descriptive as well as computer simulation with Envi-met software and ANSYS to select the appropriate model. According to the modeling done for the nine different types of building with different forms and heights, it was concluded that changing these factors in residential building on the air flow Natural and wind speeds affect thus affect the distribution of particulate matter.

Studied Areas: The study area is district 1 of Tehran city, the Koh Noor tower, the intersection of Kamraniyeh and Andarzgo.

Result: Qualitative findings from coding the components of causal factors (capable managerial feature of the situation of markets and sales centers); contextual factors (urban geography, tourist attractions); Intervening factors (religious and belief, existence of appropriate citizenship laws); Strategies (carrying out an important event (sports, scientific, etc.), welfare services, medical treatment, cultural education, advertising and information); And it has identified the consequences (service quality, citizens' behavior with tourists, the amount of foreign investment in related industries and projects) as influencing factors on urban branding.

Conclusion: In this study, the results of modeling show the residual amount of particulate matter around 9 tall building models, of which the square shape with 20-degree height in the specified position is more suitable than other options.

KEYWORDS: Physical Characteristics of High rise Buildings, Distribution of Particulate Matter, Natural Air Flow, EnviMET, ANSYS

فصلنامه علمی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی
دوره ۱۷، شماره ۱ (پیاپی ۵۸)، بهار ۱۴۰۱
شاپای چاپی ۵۹۶۸- ۲۵۳۵ شاپای الکترونیکی ۵۹۵X- ۲۵۳۸
http://jshsp.iaurasht.ac.ir
صص. ۲۱۸-۲۰۵

مقاله پژوهشی Dor: 20.1001.1.25385968.1401.17.1.16.6

تبیین برهم کنش مشخصات کالبدی ساختمان‌های بلندمرتبه برپراکنش ذرات آلاینده باتوجه به جریان هوای‌طبیعی (مطالعه موردی: منطقه یک تهران)

تیناسادات صدرالغروی [۱]، مهناز محمودی زرندی [۲*] و فاطمه مهدیزاده سراج [۳]

۱. دانشجوی دکتری معماری، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. دانشیار دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳. استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران
* نویسنده مسئول: Email: m_mahmoodi@iau-tnb.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴ خرداد ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۲۱ مهر ۱۳۹۹

چکیده

مقدمه: افزایش روزافزون جمعیت و احداث ساختمان‌های بلند، وجود آلاینده‌های محیطی در شهرها را چندبرابرکرده است. ازطرفی افراد برای رفع نیازهای زیستی خود بیش ازگذشته از محیط‌های بازشهری استفاده می‌کنند. دراین راستا عوامل مختلفی همچون فرم و ارتفاع ساختمان‌ها، وحضور سبزینگی در فضاهای شهری همچون نمای سبز، درجریان مستمرباد می‌تواند نقش قابل توجهی ایفا کرده و بر پراکنش ذرات‌آلاینده موثرباشد.

هدف: مطالعه‌حاضر دراین زمینه و باهدف بررسی تاثیر فرم وارتفاع و نیز نمای‌سبز ساختمان‌های بلند بر چگونگی پراکنش ذرات‌آلاینده، باشناخت جریان هوای‌طبیعی منطقه یک شهرتهران انجام شده‌است.

روش‌شناسی تحقیق: دراین پژوهش بااستفاده از روش‌های توصیفی- تحلیلی و مقایسه منطقی با بکارگیری تکنیک شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزارهای ENVI-met و ANSYS CFX به بررسی و تحلیل رفتار باد پیرامون بنا و پراکنش آلاینده‌ها پرداخته شده‌است. روش گردآوری اطلاعات ازطریق مطالعات کتابخانه‌ای و برداشت میدانی صورت گرفته‌است. نتایج به انتخاب گزینه بهینه باتوجه به مدلسازی انجام شده از بین ۹ مدل متفاوت ساختمان بلند مرتبه با سه تیپ فرم‌پلانی گوناگون وسه دسته ارتفاع متفاوت، بدست آمد. تغییر فرم و ارتفاع ساختمان‌ها تاثیر چشم‌گیری بر جریان هوای طبیعی و سرعت باد پیرامون بنا دارد از این میان گزینه بهینه با نمای سبز نیز بررسی گردید تا تاثیر نمای سبز بر پراکندگی آلاینده‌ها مشخص گردد. مکان‌یابی نادرست و غیراصولی ساختمان‌های بلند باعث تغییر الگوی طبیعی وزش باد و در نتیجه موجب بروز اثرات ثانویه ناشی از رکود یا تشدید جریان باد خواهد شد و لذا بر پراکنش ذرات معلق آلاینده موثر است.

قلمرو جغرافیایی پژوهش: محدوده مطالعاتی تحقیق منطقه یک شهر تهران، برج کوه نور واقع در تقاطع کامرانیه و اندرزگو انتخاب گردید.

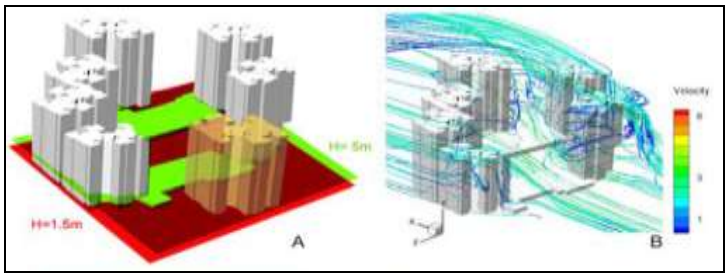
یافته‌ها: یافته‌های کیفی حاصل از کدگذاری مؤلفه‌های عوامل علی (ویژگی مدیریتی توانمند وضعیت بازارها و مراکز فروش)؛ عوامل زمینه‌ای (جغرافیای شهری، جاذبه‌های گردشگری)؛ عوامل مداخله‌گر (مذهبی و اعتقادی، وجود قوانین شهروندی مناسب)؛ راهبردها (انجام یک رویداد مهم (ورزشی، علمی و...)، خدمات رفاهی، درمانی - پزشکی، فرهنگی - آموزشی، تبلیغات و اطلاع‌رسانی)؛ و پیامدها (کیفیت خدمات، رفتار شهروندان با گردشگران، میزان سرمایه‌گذاری خارجی در صنایع مرتبط و پروژه‌ها) را به عنوان عوامل تأثیرگذار بر برند آفرینی شهری شناسایی کرده است.

نتایج: دراین پژوهش نتایج حاصل از مدلسازی انجام شده میزان ماندن ذرات معلق آلاینده را در اطراف ۹ مدل ساختمان بلند نشان‌می‌دهد که از این میان فرم مربع با۲۰ طبقه ارتفاع در موقعیت مشخص شده مناسب‌تر از سایر گزینه‌ها می‌باشد.

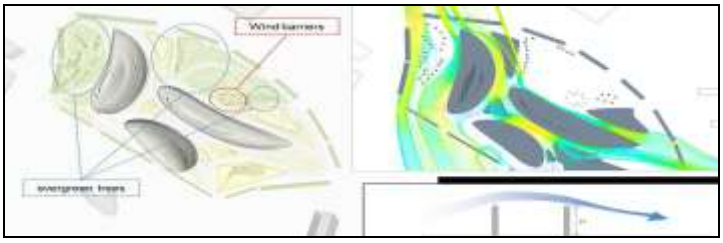
کلیدواژه‌ها: مشخصات کالبدی ساختمان‌های بلند، پراکنش ذرات معلق آلاینده، جریان هوای طبیعی، EnviMET، ANSYS

مقدمه

رشد جمعیت، همراه با فعالیت‌های مختلف در توسعهٔ سریع صنعتی و شهرنشینی و نبود برنامه‌ریزی‌های با دیدگاه توسعهٔ پایدار، باعث ایجاد تغییر و تحول‌های زیادی به شکل آلودگی و نابسامانی در محیط زیست شده است (Gaednia, 2009: 42). به طوری که در محیط‌های شهری ازیک سو پیچیدگی فضاها و پدیده‌های انسان‌ساخت شهری و ازسوی دیگر نبود سنجش پیوسته و منظم عناصر و مؤلفه‌های جوی که عموما ورودی مدل‌های پراکنش هستند، سازوکار پراکنش آلاینده‌ها را در فضای شهری تهران نامشخص ساخته است. پارامترهای هواشناسی اثر قابل ملاحظه‌ای در مسئله آلودگی هوا دارد که تأثیرگذارترین آن‌ها را می‌توان به دو دسته اولیه (جهت و سرعت باد، دما) و ثانویه (بارش، رطوبت، تابش و دید) تقسیم بندی نمود. این پارامترها بطور قابل ملاحظه‌ای تابع عرض‌جغرافیایی، فصل و توپوگرافی هستند. انتقال آلاینده‌ها و پراکنش آن‌ها با سرعت باد و تلاطم جریان‌های جوی متناسب است و هرچه سرعت باد بیشتر و تلاطم شدیدتر باشد، غلظت‌آلودگی کمتر خواهد شد (Giasadin, 2006: 50). شتاب باد در ارتفاعات نزدیک به سطح زمین تقریباً نزدیک به صفر است و با افزایش ارتفاع برسرعت و شتاب آن افزوده می‌شود. اما دستبرد درطبیعت و احداث ساختمان‌های بلند مرتبه و مجاورت آن‌ها با ساختمان‌های‌کوتاه این روال را تغییرداده است (Ahuja, 2006). درخصوص بررسی ارتباط میان معماری ساختمان‌های بلند و تأثیرات چشمگیر آن برشرایط اقلیمی و به‌ویژه رفتار باد در اطراف ساختمان تاکنون پژوهش‌های متعددی صورت گرفته‌است. درسال ۲۰۰۸ گروهی از محققان ژاپنی بر ابزارها و تکنیک‌های مدل‌سازی رفتارباد در اطراف یک بنا و شرایط پیاده‌روهای اطراف آن متمرکز شده‌اند و با بررسی نتایج تونل‌باد، سنجش‌های میدانی و مدل‌سازی‌هایCFD، میزان صحت خروجی‌های نرم‌افزاری را سنجش کرده‌اند (Tominaga, 2008). از بین پژوهش‌های صورت گرفته در سال ۲۰۱۳ یک مورد (Yang et al., 2013) به بررسی ارتباط متقابل ساختار هندسی ساختمان و رفتار باد در منطقه دان‌های تایوان پرداخته‌است تا رفتارباد و میزان تهویه طبیعی در یک منطقه از شهر را بررسی‌نماید. در این پژوهش، بهبود شرایط تهویه در مناطق شهری با حذف بلوک‌های بلندمرتبه محقق شده‌است. پژوهش انجام‌شده درسال ۲۰۱۴ (Kim et al., 2014) نشان داده است که تغییر ویژگی‌های برخی ازعنصرها و پوشش‌های گیاهی (بدون تغییر ویژگی‌های فیزیکی بناها) می‌تواند تاحد نسبتاً خوبی به کاهش سرعت بادهای مزاحم و تأمین آسایش اقلیمی عابران پیاده پیرامون ساختمان‌های بلندمرتبه کمک کند.



شکل ۱. تغییر شرایط اقلیمی پیرامونی ساختمان‌های بلند از طریق تغییر ساختار مجموعه و افزایش یا کاهش تعداد بلوک‌ها (Source: Yang et al., 2013)



شکل۲. بهبود شرایط اقلیمی و رفتار باد به طریق تغییر عناصر منظر (Source: Kim et al., 2014)

مدلسازی اقلیمی و شبیه‌سازی شرایط اقلیمی مؤثر درآلودگی هوا از روش‌های جدید و دقیق در علت‌یابی شرایط و عوامل آلودگی هوا هستند. در این رابطه در سطح جهان و در ایران پژوهش‌های بسیاری انجام شده‌است که ازجمله آن می‌توان به مطالعات پنگ

وانگ (۲۰۱۱) و نیلینگر (۲۰۰۵) اشاره کرد. همچنین لوهار و هارلی (۲۰۰۳ و ۲۰۰۷) و زوارزضا و همکاران (۲۰۰۷) مدل TAPM[1] را در پیش‌بینی آلودگی هوا مورد ارزیابی قرار دادند؛ درحالی که سوآرس (۲۰۰۷ و ۲۰۰۴) روش EDMF[2] رادر مطالعات خود به‌کار برده‌اند. هارلی (۲۰۰۷) و با بهره‌گیری از روش EDMF در مدل TAPM برای لایهٔ مرزی همرفت خشک در بعد از ظهر یک روز تابستانی شبیه‌سازی کرد و نتایج حاصل از مقایسهٔ آن با داده‌های آزمایشگاهی و مشاهدات درچهارچوب مقیاس لایهٔ آمیخته نشان داد که روش EDMF در این مدل می‌تواند میانگین و زمینه‌های آشفتگی درسطوح بالای لایهٔ مرزی همرفت خشک را به‌خوبی پیش‌بینی کند. پژوهشگرانی همانند قسامی و همکاران (۲۰۰۷)، بیدختی و شرعی پور (۱۳۸۸) تلاش‌های مؤثری در مطالعهٔ آلودگی هوا در رابطه با شاخص‌های ترمودینامیکی از قبیل ضخامت لایه آمیخته، و پخش آلودگی هوا در رابطه با مؤلفه سرعت قائم امگا، در رابطه با شهر تهران انجام داده‌اند. قنبری و عزیزی (۱۳۸۸) با استفاده از مدل TAPMرفتار آلودگی هوای تهران را با درنظر گرفتن الگوی باد بر اساس آلاینده‌های PM_{10} و CO و با درنظر گرفتن دو حالت (با حضور شرایط همدید و بدون شرایط همدید) مورد مطالعه قرا دادندکه علاوه بر اعتبارسنجی مدل ساخته شده به این نتیجه نهایی رسید که شدت و میزان آلودگی از شرق به غرب و از شمال به جنوب افزایش می‌یابد و آلودگی هوا در شهر تابعی از الگوی باد است و از جهت و سرعت آن تبعیت می‌کند. عتابی و همکاران (۱۳۸۶) با مدل‌سازی انتشارات ذرات معلق هوا توسط مدل ADMS-urban به این نتیجه رسیدند که نتایج مدل با داده‌های واقعی هم‌خوانی خوبی دارد. تحلیل پراکنش آلاینده‌های مرتبط با ترافیک در سراسر یک خیابان غیرهمگن در نیکوزیای قبرس انجام شد. نتایج آن‌ها گویای این بود که سطوح آلودگی در سطح زمین تا حد زیادی بسته به هندسه خیابان، شرایط محلی و وضعیت خطوط ترافیکی بوده‌است (Bemquerer et al., 2010) برای واکاوی یک مدل برای شبیه‌سازی پراکنش NO_x در مرکز شهر کوریتینیای برزیل، از مدل خرد مقیاس هواشناسی Envimet استفاده شد (Rahnamaei, 1990: 208). با مدل TAPM ارتباط تراکم ذرات معلق با الگوهای جوی حاکم در شهر تهران ارزیابی شد (Brown, 2010: 30). روو و همکاران (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر کمیت و ساختار سبز بر آسایش حرارتی و کیفیت هوا در یک منطقه مسکونی شهری با مدلسازی EnviMET پرداخته‌است. دراین مطالعه با استفاده از نرم‌افزار انویمت که مبتنی برCFD است تاثیر فضای‌سبز برغلظت ریزگردها و PM_{10} بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های سبز برای بررسی رابطه بین موفولوژی فضای‌سبز، ریزگردها وکیفیت هوا درشهرها مفید است.

پوشش گیاهی را می‌توان راهکاری برای کاهش اثرات سو در محیط‌های شهری دانست. از راهکارهایی که برای بهینه سازی محیط هم از نظر دریافت خورشیدی و باد که موجب بهینه شدن در آسایش حرارتی و آلودگی هوا می‌گردد ؛ استفاده از گیاهان است. همان‌طور که در مقاله (F. Bourbia, F. Boucherriba, 2010) خود عنوان می‌کند که سطوح مانند آسفالت حرارت بیشتری را در خود جمع می‌کند و موجب بیش گرمایی می‌شود. این سطوح از پوشش سبز کم بهره یا بی بهره‌اند که موجب کاهش رطوبت هوا می‌گردد. سایه درختان موجب کاهش دریافت خورشیدی به طور مستقیم می‌گردد؛ همچنین موجب افزایش سرمایش تبخیری در سطح معابر شهری می‌شود. آوردن گیاهان بر سطح معابر، افزایش کاشت گیاهان بر بام ساختمان‌ها و افزایش سبزی در سطح شهر موجب کاهش جزایر گرمایی شهری،کاهش مصرف انرژی و بهبود کیفیت هوا می‌شود. از مزایای نمای سبز، عملکرد حرارتی، کاهش آلودگی هوا، کاهش آلودگی صوتی، افزایش رطوبت، منافع اجتماعی همچون افزایش زیبایی بصری، بهبود سلامت روانی انسان‌ها، تقویت فضاهای عمومی و هویت بخشی به فضاها (Hui et al., 2013)، می‌توان بیان داشت (Radic et al., 2019). تحقیقات درمورد اثر فضای سبز بیشتر به بررسی غلظت آلاینده‌ها در سطح خیابان و گذر پرداخته است و به میزان غلظت آلاینده درنزدیک ساختمان اشاره‌ای نشده است. انسان‌ها برای رفع نیازهای روزمره خود ملزم به استفاده از محیط‌های شهری هستند که با ساختمان‌های بلند احاطه شده‌اند (Fenger, 1999 & Colvile et al., 2001). آلاینده‌ها، مانند ذرات‌معلق قابل تنفس از جمله؛ کربن مونوکسید (CO) و هیدروکربن (HC) به طور مستقیم توسط وسایل نقلیه در محیط‌های شهری منتشر می‌شوند (Eskridge, 1986)، واضح است که بررسی تلاطم ناشی از جهت‌گیری خیابان‌ها با توجه به سمت و سرعت باد غالب و همچنین حرکت وسایل نقلیه برای ارزیابی نحوه پراکندگی آلاینده‌ها بسیار مهم است. زیرا که نحوه پراکندگی آلاینده‌ها در خیابان‌ها و تقاطع‌ها بر سلامت عابرین پیاده و دوچرخه سواران تاثیرگذار است (Tiwary, 2011)، هندسه شهری خیابان نسبتی پیچیده است که پارامترهای بسیاری از جمله؛ مشخصه هندسی خیابان، اندازه و شکل تقاطع، چیدمان و جهت‌گیری ساختمان‌ها و به دنبال آن

1.The Air Pollution Model
2. An eddy-diffusivity/mass-flux

جزییات سقف‌ها، نوع دیوار و زمین بر آن تاثیرگذار است (Salizzoni, 2008). در این راستا با توجه به پژوهش انجام شده توسط شمسی پور (۱۳۹۲)، مبنا بر این است که عامل تعیین کننده در پراکنش آلاینده‌ها سرعت باد است. سوال‌های این پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

– تغییر فرم ساختمان‌های بلند بر روند جریان هوای طبیعی و ماند ذرات آلاینده چه اثری می‌گذارد؟

– تغییر ارتفاع ساختمان‌های بلند بر روند جریان هوای طبیعی و ماند ذرات آلاینده چه اثری می‌گذارد؟

– نمای سبز ساختمان‌های بلند بر روند جریان هوای طبیعی و ماند ذرات آلاینده چه اثری می‌گذارد؟

روش پژوهش

در بخش جمع آوری اطلاعات نظری روش مطالعه منابع کتابخانه‌ای استفاده شده‌است. در قسمت‌های مربوط به شناسایی سایت برداشت میدانی انجام شده‌است. روش بررسی رفتار آیرودینامیکی ساختمان‌ها به صورت شبیه‌سازی با نرم‌افزار ENVI-met نسخه ۴ بوده و نتیجه با نرم‌افزار ANSYS-CFX نسخه۱۹/۲مقایسه شده است تا صحت از نتایج شبیه‌سازی بدست‌آید. نتیجه‌گیری با استفاده از استدلال منطقی صورت گرفته‌است روش‌های ارزیابی رفتار باد در سه دسته روش‌های تحقیق آزمایشگاهی (استفاده از تونل‌باد یا کانال هیدرولیک)، برداشت مستقیم در اراضی و مدل‌سازی رایانه‌ای قابل دسته‌بندی است (Bruse, 2014) که در این پژوهش از مدل‌سازی رایانه‌ای استفاده شده است. علی رغم نظر بعضی از دانشمندان مخصوصا آزمایشگران که مدلسازی اقلیمی برپایه عملیات رایانه‌ای را با بی‌اعتمادی می‌نگرند، باید مطمئن بود که سرانجام این امر به‌عنوان یک علم کاملا قابل اعتماد، تحقق خواهدیافت. در سال‌های اخیر نرم‌افزارهای اقلیمی متعددی برای شبیه‌سازی و محاسبه سرعت جریان هوا و تغییرات آن درمحیط شهری طراحی شده‌است که باتوجه به ویژگی‌های مورد نظر درنهایت ENVI-met برای شبیه‌سازی مناسب‌ترین تشخیص داده شده‌است. ENVI-met یک نرم‌افزار شبیه‌ساز شهری است که توسط دکتر مایکل‌بروس توسعه یافته‌است، این نرم‌افزار توانایی کافی برای محاسبه خرد اقلیم‌ها، درشهرهایی با ساختار پیچیده، را براساس اصول و مبانی دینامیک سیالات و ترمودینامیک دارا است. با توجه به هدف پژوهش، موارد زیر به عنوان ویژگی‌های اصلی موردنیاز، برای انتخاب ابزار تحلیلی و شبیه‌سازی مناسب، مطرح می‌شوند:

حیطه عمل: نرم‌افزار باید قابلیت شبیه‌سازی کالبدی–فضایی و اقلیمی را به‌طور همزمان داشته‌باشد. به‌عبارت دیگر مدل باید چند بخشی باشد. هرچه توانایی نرم‌افزار در زمینه مدل‌کردن عناصر محیطی موثر بر اقلیم بیشتر باشد، مناسب‌تر خواهد بود. همچنین مدل باید بتواند از داده‌های موقعیت دقیق جغرافیایی و آب و هوای محدوده مورد مطالعه در آنالیزهایش استفاده نماید.

ماهیت روش‌شناختی: به دلیل اهمیت ویژگی‌های فضایی–کالبدی (فرم، تراکم، تعداد طبقات، فاصله ساختمان‌ها و ...) در ارتباط با رفتار باد، نرم‌افزار بایستی قابلیت تحلیل فضایی را دارا باشد.

مقیاس: با توجه به مقیاس محدوده مطالعه نرم‌افزار بایستی قابلیت تحلیل در سطوح تک‌بنا تا مجموعه‌ای از بناها را درحد واحد همسایگی داشته باشد. در این پژوهش از روش مقایسه‌ای جهت اعتباربخشی به نتایج شبیه‌سازی استفاده شده‌است. برای این منظور مدل‌نهایی درنرم‌افزارANSYS- CFX شبیه‌سازی و نتایج حاصل از دو نرم‌افزار با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

به منظور انجام شبیه‌سازی در نرم‌افزار EnviMET به برخی داده‌های هواشناسی نیاز است که از ایستگاه هواشناسی منطقه یک تهران اطلاعات جمع‌آوری شده و درجدول۱ مشخص می‌باشد. دراین مقاله تحلیل‌ها براساس داده‌های اقلیمی نزدیکترین ایستگاه هواشناسی، برای متوسط ماهانه دی سال ۱۳۹۸ که درنشریه منتشر شده توسط شهرداری تهران دررابطه با کیفیت هوا براساس شاخص AQI[1] آلوده‌ترین ماه سال مذکور می‌باشد درنظرگرفته شده‌است.

جدول۱. داده های اقلیمی متوسط ماهانه دی ماه ۱۳۹٦

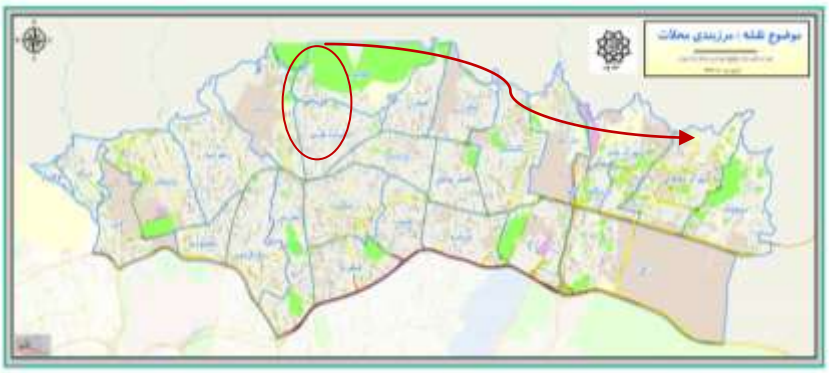
دما (کلوین)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	جهت باد (درجه)	رطوبت نسبی (درصد)
۲۷٤	۲/۵	۲۹۰	۶۵

Source: Aqdasiyeh Meteorological Station

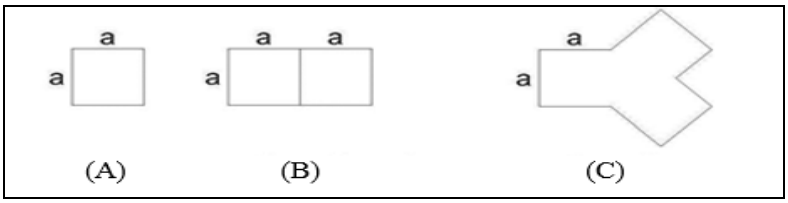
1. Air Quality Index

قلمرو جغرافیایی پژوهش

طبق آمار اعلام شده از سازمان هواشناسی تهران منطقه یک تهران دهمین منطقه آلوده تهران شناسایی شده‌است، باید توجه داشت که مناطق ۲۰، ۱۵، ۱۱، ۱۷، ۶، ۷، ۱۸، ۳ و ۱۰ که به ترتیب اولین تا نهمین مناطق آلوده تهران اعلام شده‌اند اغلب بافت اداری، تجاری و فرهنگی دارند و یا مجاورت راه‌آهن و صنایع و پالایشگاه علت اصلی آلودگی بوده‌است، اما مناطق ۳ و ۱ از این میان بافت مسکونی داشته که تنها دلیل ایجاد آلودگی آن‌ها ترافیک زیاد دراین مناطق شناسایی شده‌است (برگرفته از سامانه پایش کیفیت هوای تهران). دراین پژوهش، منطقه یک تهران مورد مطالعه می‌باشد و دراین میان ساختمان‌های بلندمسکونی واقع در این منطقه مورد بررسی قرارگرفته است. برای انجام مدلسازی محدوده برج کوه نور واقع در شمالی ترین ناحیه این منطقه، تقاطع کامرانیه و اندرزگو انتخاب گردید. لازم است اطلاعات کلی از ساختمان‌های بلند در این منطقه در دسترس باشد. طی بررسی آمار مربوط به ساختمان‌های بلند در شهرداری منطقه یک، تعداد ساختمان‌های۱۰طبقه به بالا طبق جدول۲دسته‌بندی گردید، که از این میان باتوجه به بیشترین تعداد، تعداد میانه و کمترین تعداد موجود، ساختمان‌های ۱۰، ۱۵ و۲۰ طبقه برای مدلسازی در نرم‌افزار انتخاب شدند. با بررسی عکس‌های هوایی این منطقه به سه دسته فرم هندسی کلی برای ساختمان‌های بلند رسیده شد که به طور رایج مورد استفاده برای طراحی قرار گرفته است ، سه تیپ فرم پلانی متداول در این منطقه در شکل (۴) نمایش داده شده است.



شکل۳. نقشه محلات و نواحی منطقه یک شهر تهران و موقعیت سایت انتخابی (Source: http://region1.tehran.ir)



شکل٤. انواع پلانی متداول در منطقه یک شهر تهران

(A) نوع پلانی مربع ، (B) نوع پلانی کشیده با نسبت ۲ برابر، (C) نوع پلانی سه پری با اندازه برابر a

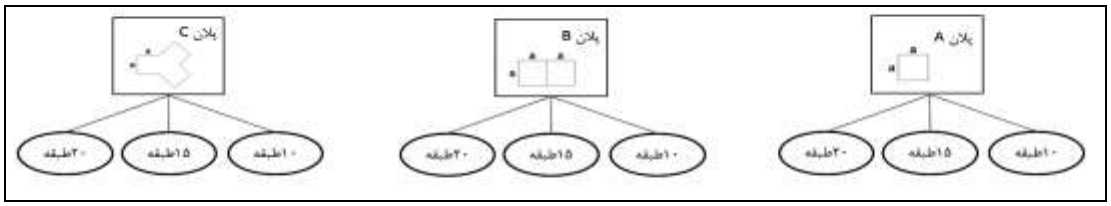
جدول ۲. تعداد ساختمان‌های ۱۰ طبقه به بالا در منطقه یک شهر تهران

تعداد طبقات	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱۵	۱٦	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۵،۲٦،۳۱،۳۲	۲٦،۲۸،۲۹
تعداد ساختمان موجود	۱۱۹	۱۱۷	۷۹	۵۴	۵۲	۴۴	۳۷	۱۲	۱۲	۶	۷	۳	۵	۴	۲	۱

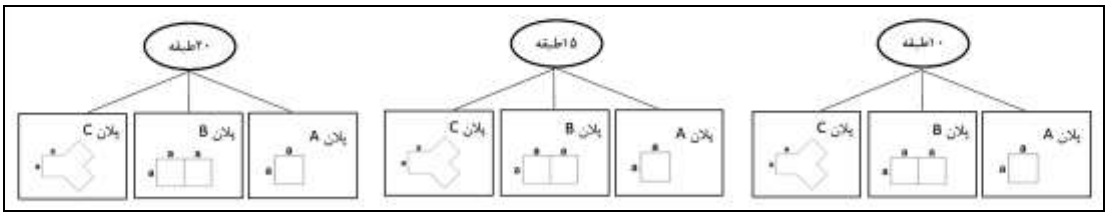
یافته‌ها و بحث

شبیه‌سازی در نرم‌افزار برای دی‌ماه سال ۱۳۹۸ به صورت میانگین، برای نه مدل مختلف ساختمان بلند انجام شده‌است. در این پژوهش متغیر فرم، ارتفاع و نمای سبز ساختمان‌های بلند مورد بررسی بوده‌است لذا سایر متغیرهای تاثیرگذار اعم از جنس مصالح،

موقعیت قرارگیری واحدهای همسایگی و ... ثابت در نظر گرفته شده‌اند تا تاثیر این متغیرها بر جریان هوای‌طبیعی، سرعت باد و به دنبال آن پراکنش آلودگی مشخص گردد. در هواشناسی Dispersion یا پراکنش به حرکت یا انتقال آلاینده‌ها به طورافقی یا قائم توسط باد اشاره دارد. درحالی که Diffusion یا پخش به رقیق‌شدن آلاینده‌ها اشاره دارد. پراکنش در جهت قائم توسط پایداری جوی کنترل می‌شود، درحالی که پراکنش افقی با جهت باد تعیین می‌شود (Hosseini et al., 2016). با توجه به تعریف پراکنش، که به حرکت یا انتقال آلاینده‌ها توسط باد اشاره‌دارد و نیز نتیجه پژوهش انجام شده توسط علی‌اکبر شمسی‌پور درمقاله "شبیه‌سازی الگوی پراکنش آلودگی هوای کلان شهر تهران در شرایط وزش باد" که اشاره به اثر مستقیم سرعت باد در پراکنش آلودگی دارد، همین طور نتیجه تحقیق قنبری و عزیزی (۱۳۸۸) که حاکی از آن است که آلودگی‌هوا در شهر تابعی از الگوی باد است و از جهت و سرعت آن تبعیت می‌کند، می‌توان آیتم سرعت و جهت باد را در دو نرم‌افزار برای مقایسه نتایج نهایی مدلسازی درنظرگرفت. لذا در مرحله نخست با استفاده از نرم‌افزار ENVIMET و تعریف ذرات آلاینده، خروجی‌های مربوط به غلظت آلاینده‌ها گرفته شده است و بعداز انتخاب مدل بهینه به جهت مقایسه نتایج EnviMET مدل سرعت و جهت باد در نرم‌افزار ANSYS CFX مدلسازی شده است.



شکل ۵. مقایسه ساختمان‌ها- بررسی تاثیر تعداد طبقات بر فرم ثابت بر غلظت آلاینده‌ها



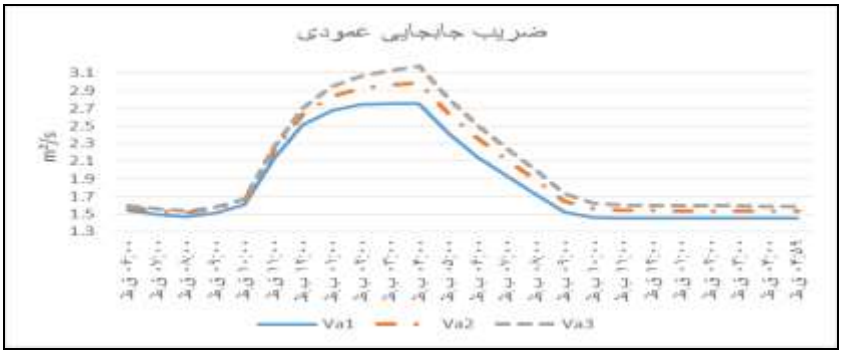
شکل ٦. مقایسه ساختمان‌ها- بررسی تاثیر فرم ساختمان‌ها بر ارتفاع ثابت بر غلظت آلاینده‌ها

مکان قرارگیری توده ساختمان درون سایت طی ۹ حالت با تفاوت در فرم و ارتفاع مورد بررسی قرار گرفته است. مقایسه‌ها برای تعیین غلظت‌آلاینده‌ها دراولین مرحله برای فرم‌های‌یکسان (شکل ۵) و درمرحله دوم برای ارتفاع یکسان (شکل۶)، انجام شده است. در ادامه برای بیان نتایج دیاگرام‌ها هر یک از پلان‌های **a** و **b** و **c**، به ترتیب معرف تیپ‌های با فرم‌مربع، فرم‌مستطیل وفرم‌سه‌پری و شماره‌های **1** و **2** و **3** به ترتیب ارتفاع‌های ۱۰طبقه، ۱۵طبقه و۲۰ طبقه می‌باشند.

تاثیر تعداد طبقات بر فرم ثابت پلان در غلظت آلاینده‌ها

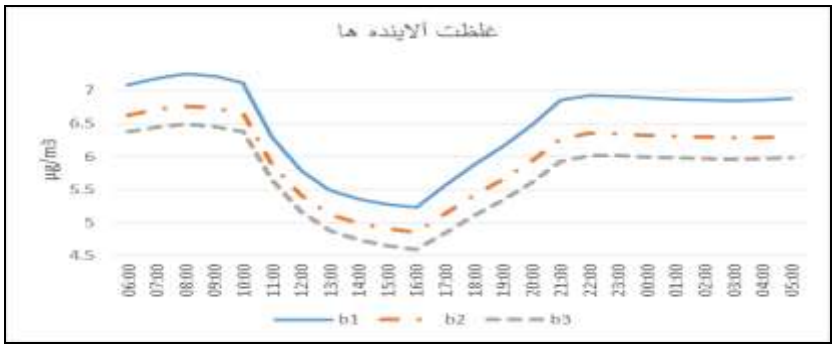
شکل (۷) میزان غلظت آلاینده‌ها را برای تیپ پلان مربع با تعداد طبقات متفاوت نشان می‌دهد. این نمودار مقایسه‌ای نشان می‌دهد که با افزایش تعداد طبقات در فرم پلان ثابت مربعی، افزایش ضریب جابجایی‌عمودی (شکل ۸) و کاهش سطح آلودگی هوا در سطح عابر پیاده و کاهش در غلظت آلاینده‌ها در ساعات مختلف روز مشهود است. شکل (۹) میزان غلظت‌آلاینده‌ها را برای تیپ پلان مستطیل با تعداد طبقات متفاوت نشان می‌دهد. این نمودارمقایسه‌ای نشان می‌دهد که با افزایش تعداد طبقات در فرم پلان ثابت مستطیلی، افزایش ضریب جابجایی عمودی (شکل ۱۰) و کاهش سطح آلودگی هوا در سطح عابر پیاده وکاهش در غلظت آلاینده‌ها در ساعات مختلف روز مشهود است.

شکل ۷. میزان غلظت آلاینده‌ها برای تیپ پلان مربع با طبقات متفاوت

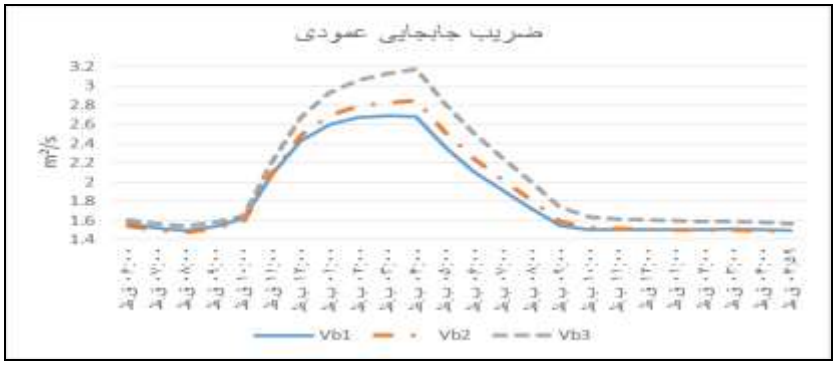


شکل ۸. ضریب جابجایی عمودی برای تیپ پلان مربع با طبقات متفاوت

شکل (۱۱) میزان غلظت‌آلاینده‌ها رابرای تیپ پلان سه‌پری با تعداد طبقات متفاوت نشان می‌دهد. این نمودارمقایسه‌ای نشان می‌دهد که با افزایش تعداد طبقات در فرم پلان ثابت، افزایش ضریب جابجایی عمودی (شکل ۱۲) و کاهش سطح آلودگی هوا در سطح عابر پیاده و کاهش در غلظت آلاینده‌ها در ساعات مختلف روز مشهود است.



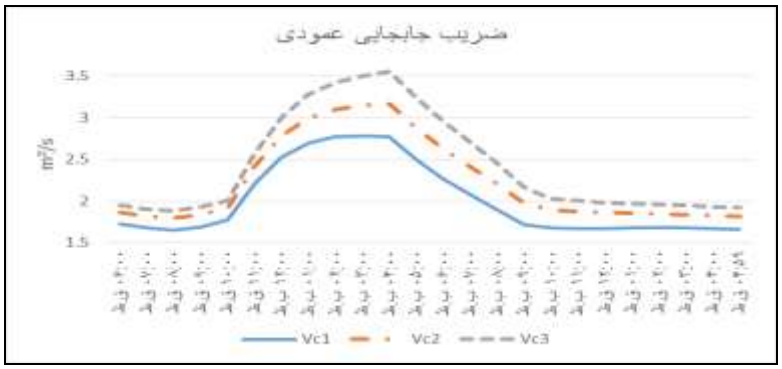
شکل ۹. میزان غلظت آلاینده‌هابرای تیپ پلان مستطیل با طبقات متفاوت



شکل ۱۰. ضریب جابجایی عمودی برای تیپ پلان مستطیل با طبقات متفاوت

شکل ۱۱. میزان غلظت آلاینده‌هابرای تیپ پلان سه‌پری با طبقات متفاوت

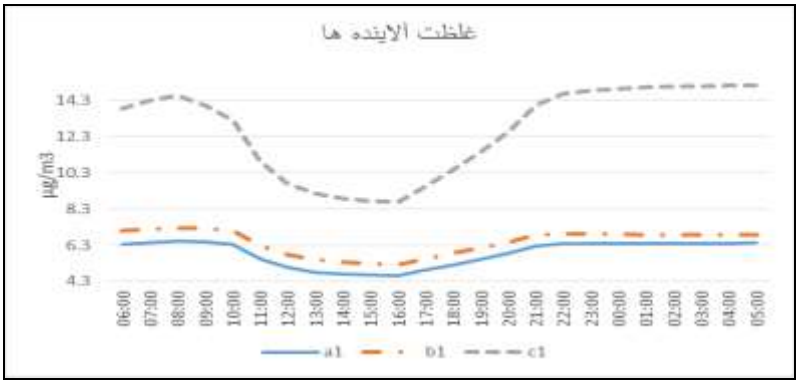
به طورکلی می‌توان این نتیجه را بیان داشت که در تمام این نمونه‌ها با افزایش تعدادطبقات، افزایش ضریب جابجایی عمودی و کاهش سطح آلودگی هوا در سطح عابر پیاده مشاهده شده است. در میان سه فرم مدل‌سازی شده، تیپ پلان **A** با ۲۰ طبقه ارتفاع از سایر گزینه‌ها غلظت آلودگی کمتری دارد.



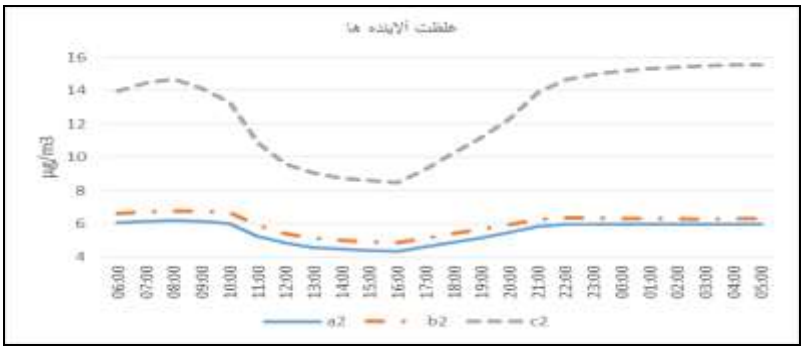
شکل ۱۲. ضریب جابجایی عمودی برای تیپ پلان سه‌پری با طبقات متفاوت

تاثیر فرم ساختمان‌ها در ارتفاع ثابت بر غلظت آلاینده‌ها

شکل (۱۳) میزان غلظت آلاینده‌ها را برای تیپ ساختمان‌های با طبقات ثابت (۱۰ طبقه) و پلان‌های متغیر نشان می‌دهد. این شکل مقایسه‌ای بین سه تیپ پلانی **A**، **B** و **C** نشان می‌دهد که با توجه به سادگی یا پیچیدگی فرم پلان‌ها تغییراتی در سطح غلظت آلاینده‌ها بوجود می‌آید که علت این تغییرات حالت آیرودینامیکی فرم‌ها و ماندگاری ذرات در جداره‌های فرم باتوجه به جهت‌گیری نسبت به باد غالب منطقه می‌باشد. مقایسه سطح غلظت آلاینده‌ها تغییرات محسوسی بین فرم پلانی **A**، **B** و **C** نشان می‌دهد، اما میزان تفاوت بین فرم پلانی مربع و مستطیل بالاخص در ساعات میانی روز بسیار کم می‌باشد اما در کل پلان مربع نسبت به پلان مستطیل ارجحیت دارد.

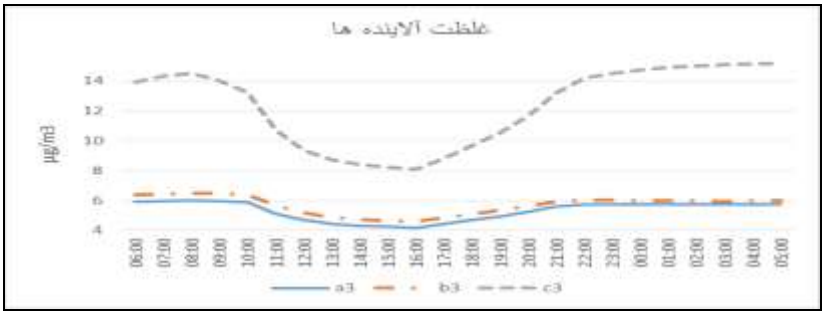


شکل ۱۳. میزان غلظت آلاینده‌ها برای تیپ پلانی متفاوت در ساختمانی ۱۰ طبقه



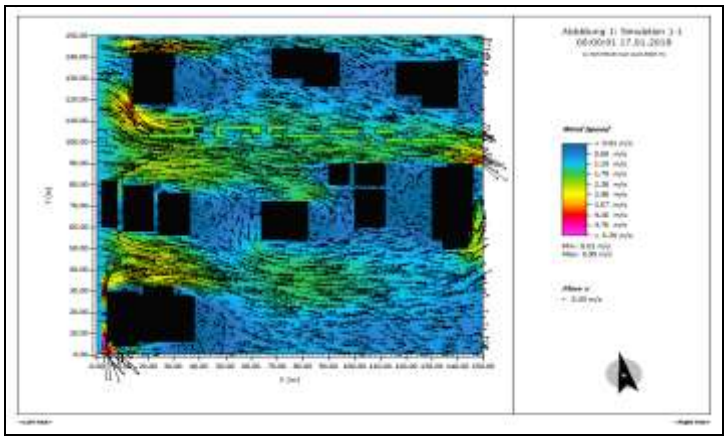
شکل ١٤. میزان غلظت آلاینده‌هابرای تیپ پلانی متفاوت در ساختمانی۱۵ طبقه

شکل (۱۴) میزان غلظت آلاینده‌ها را برای تیپ ساختمان‌های با طبقات ثابت (۱۵ طبقه) و پلان‌های متغیر نشان می‌دهد. این شکل مقایسه‌ای بین سه تیپ پلانی **A**، **B** و**C** حاکی از تغییراتی در سطح غلظت آلاینده‌ها با توجه به سادگی یا پیچیدگی فرم پلان‌ها می‌باشد مقایسه سطح غلظت آلاینده‌ها تغییرات محسوسی بین فرم پلانی **A**، **B** و **C** نشان می‌دهد، اما میزان تفاوت بین فرم مربع و مستطیل بالاخص در ساعات میانی روز بسیار کم می‌باشد.

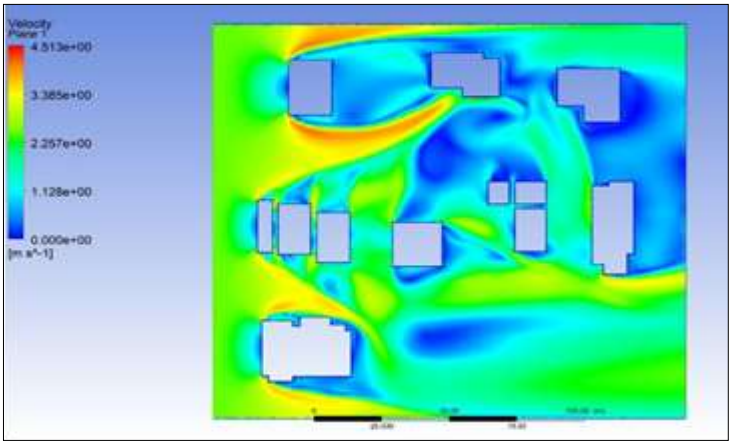


شکل ۱۵. میزان غلظت آلاینده‌هابرای تیپ پلانی متفاوت در ساختمانی۲۰ طبقه

شکل (۱۵) میزان غلظت آلاینده‌ها را برای تیپ ساختمان‌های با طبقات ثابت (۲۰ طبقه) و پلان‌های متغیر نشان می‌دهد. این شکل مقایسه‌ای بین سه تیپ پلانی **A**، **B** و **C** حاکی ازتغییرات درسطح غلظت‌آلاینده‌ها باتوجه به سادگی یاپیچیدگی فرم‌پلان‌ها می‌باشد، به طورکلی حالت آیرودینامیکی فرم‌ها و ماندگاری ذرات درجداره‌های فرم باتوجه به جهت‌گیری بادغالب منطقه تغییراتی درمیزان غلظت آلاینده‌ها ایجادمی‌کند. مقایسه سطح غلظت آلاینده‌ها تغییرات محسوسی بین فرم پلانی **A**، **B** و **C** نشان می‌دهد، اما میزان تفاوت بین فرم مربع و مستطیل بالاخص در ساعات میانی روز بسیار کم می‌باشد. از دو سری مقایسه انجام شده، بهترین حالت از نظر کمترین میزان غلظت آلاینده‌ها در دسته فرم ثابت به پلان مربع و دسته تعداد طبقات ثابت به ۲۰ طبقه می‌رسد. بنابراین طبق این مقایسه می‌توان بیان‌کرد که پلان **A** با ۲۰ طبقه به‌عنوان گزینه مناسب‌تر از بین این ۹ نمونه، می‌باشد.



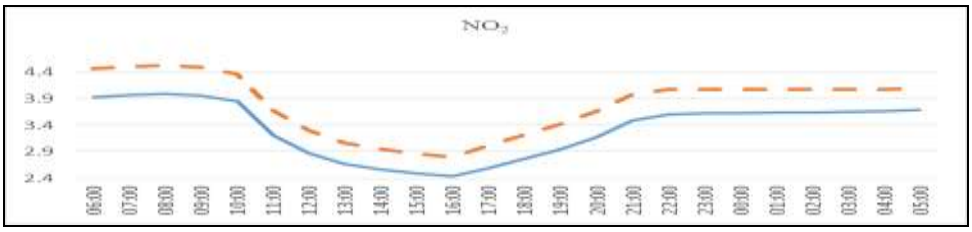
شکل۱۶. مدل ساخته شده در محیط نرم‌افزار EnviMET



شکل ۱۷. مدل ساخته شده در محیط نرم‌افزار ANSYS

با توجه به نتایج بدست آمده از مرحله نخست که مناسب‌ترین گزینه فرم پلان مربع با ۲۰ طبقه انتخاب شده است؛ در مرحله بعدی به مقایسه نتایج دو نرم‌افزار پرداخته شده‌است. نتایج بدست آمده از نرم‌افزار **Envimet** در نرم‌افزار **Ansys** با استفاده از برنامه **CFX** که بر پایه محاسبات دینامیک سیالات می‌باشد مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج این دو نرم‌افزار از لحاظ مقایسه سرعت و جهت باد در حد قابل قبولی یکسان و مشابه یکدیگر دیده شد. در مدل **CFX** نیز میزان حداکثر سرعت وزش باد در مدل ساخته شده به نمونه **Envimet** بسیار نزدیک و هر دو در حدود ۴/۵ متر بر ثانیه می‌باشد. شکل‌های (۱۸) و (۱۹) مدلسازی سرعت و جهت باد در اطراف ساختمان مورد مطالعه را به ترتیب در **Envimet** و در **Ansys** نشان داده‌است.

شکل ۱۸. میزان غلظت آلاینده‌هابرای ساختمان با نمای سبز (خطچین) و بدون نمای سبز (خط ممتد)

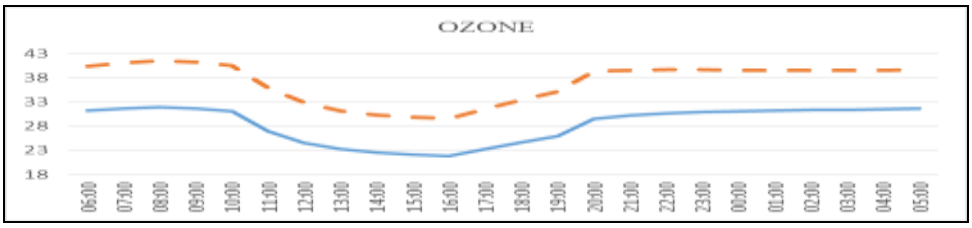


شکل ۱۹. میزان غلظت NO_2برای ساختمان با نمای سبز (خطچین) و بدون نمای سبز (خط ممتد)

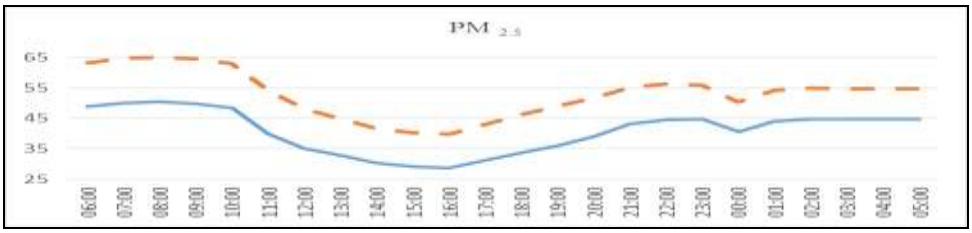
تاثیر نمای‌سبز ساختمان‌های بلند بر غلظت آلاینده‌ها

همواره بررسی تاثیرات گیاهان بر تلطیف هوای محیط اطراف مطرح بوده است، زیرا که گیاه به‌عنوان موجودی زنده در این امر اثر گذار است. لذا در این قسمت به‌بررسی تاثیر نمای سبز ساختمان‌های بلند بر نحوه عمل جریان هوای طبیعی به منظور جلوگیری از ماند ذرات آلاینده پرداخته شده‌است. شکل (۲۰) شبیه‌سازی مدل ساخته شده درمحیط انویمت برای مدل بهینه انتخاب شده درحالت نمای غیر سبز و شکل (۲۱) شبیه‌سازی مدل انتخاب شده با پوشش سبزنما را نشان می‌دهد. اشکال (۲۰) تا (۲۳) درادامه میزان غلظت‌آلاینده‌ها و غلظت NO_2، O_3 و $PM_{2.5}$ را برای این دومدل، با خطچین برای ساختمان بانمای‌سبز وخط‌ممتد برای ساختمان بدون‌نمای‌سبز نشان می‌دهد. همان طورکه از مقایسه پلان مربع۲۰طبقه با پوشش نمای‌سبز و بدون نمای سبز در اشکال مشخص است میزان غلظت آلاینده‌ها و نیزغلظت NO_2، O_3 و $PM_{2.5}$ برای پلان‌مربع ۲۰ طبقه بدون پوشش‌سبز کمتراز نمونه با

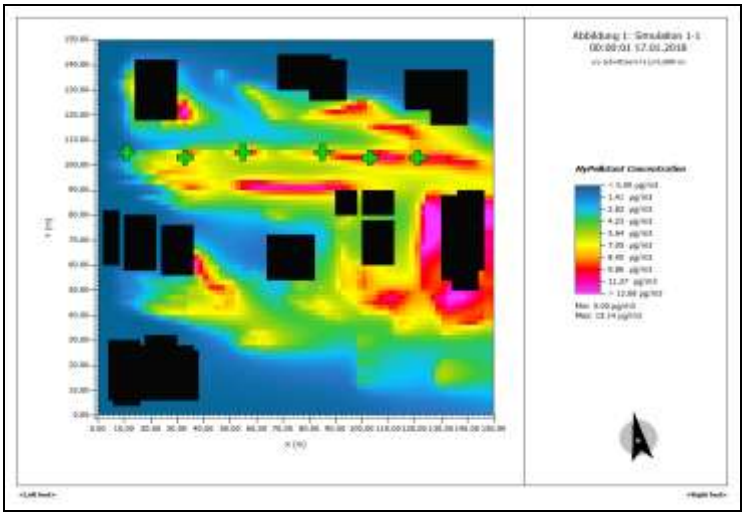
نمای سبز است و این نشان‌دهنده ضعف عملکرد نمای‌سبز درساختمان‌ها به‌منظور پراکندگی ذرات‌آلاینده می‌باشد. می‌توان این‌گونه بیان داشت که پوشش‌سبزنما با اثراتی که در کاهش سرعت جریان هوا می‌گذارد باعث ماند ذرات‌آلاینده می‌شوند.



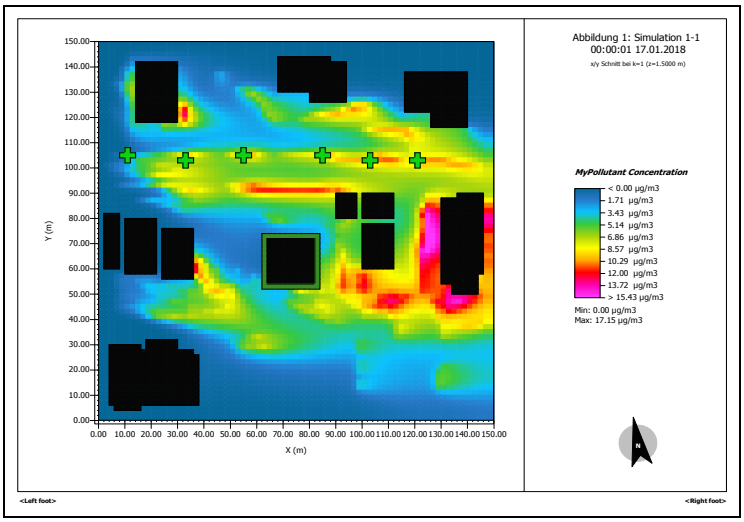
شکل ۲۰. میزان غلظت O_3 برای ساختمان با نمای سبز (خطچین) و بدون نمای سبز (خط ممتد)



شکل ۲۱. میزان غلظت $PM_{2.5}$ برای ساختمان با نمای سبز (خطچین) و بدون نمای سبز (خط ممتد)



شکل ۲۲. مدل شبیه‌سازی پلان‌مربع ۲۰ طبقه‌ای بدون نمای‌سبز، بررسی میزان غلظت آلاینده‌ها در نرم‌افزار Envimet



شکل ۲۳. مدل شبیه‌سازی پلان مربع ۲۰ طبقه‌ای با نمای‌سبز، بررسی میزان غلظت آلاینده‌ها در نرم‌افزار Envimet

نتیجه گیری

امروزه به‌دلیل رشد جمعیت و نیاز به مسکن سیاست بلندمرتبه سازی در مناطق شهری درحال افزایش است ولی عمدتا در احداث ساختمان‌های مرتفع شرایط جغرافیایی و اقلیمی مناطق شهری از جمله جریان باد شهری در نظر گرفته نمی‌شود. به طور کلی ساختمان‌های بلند اثرات اولیه و ثانویه برجریان باد منطقه وارد می‌کنند، دگرگونی و آشفتگی جریان باد، رکود هوا در پشت بنا، افزایش سرعت باد در فضای بین دو ساختمان، شتاب حرکت باد در نزدیکی گوشه‌های ساختمان، ایجاد اثر ردیف و ونتوری در بین ساختمان‌ها، کانالیزه‌کردن جریان باد و... ازجمله اثرات اولیه می‌باشند که در پی آن تجمع یا پخش آلاینده‌ها، سلب آسایش محیطی، تشدید جزایر حرارتی، تغییر جریان باد در پیاده‌روها از اثرات ثانویه می‌باشد. لذا باید مطالعه جامعی از اثرات بلندمرتبه سازی بر پارامترهای اقلیمی ازجمله جریان باد در منطقه مورد طراحی نیز انجام گیرد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نرم‌افزاری در این پژوهش که به بررسی تاثیر فرم و ارتفاع و نمای سبز ساختمان‌ها بر جریان هوای طبیعی به منظور پراکندگی ذرات آلاینده پرداخته است حاکی از این است که:

– افزایش طبقات در تمامی فرم‌ها موجب بهبود جریان و کوران هوا و کاهش سطح آلاینده‌ها گشته است.

– بهترین فرم از میان سه فرم مطرح شده جهت کاهش سطح آلاینده‌ها فرم مربع واحد است.

– در نهایت بهترین فرم دربین موارد بررسی شده، فرم مربع با ۲۰ طبقه می‌باشد.

– نمای سبز موجب افزایش تمرکزآلاینده‌ها در اطراف ساختمان گشته است. می‌توان این‌گونه بیان‌داشت که نمای سبز با اثری که بر سرعت باد دارد باعث کاهش جریان هوای طبیعی شده و مانع از جریان باد می‌شود و از این طریق تهویه‌ای که وظیفه رقیق‌شدن آلاینده‌ها را دارد کاهش می‌دهد و لذا موجب افزایش غلظت ذرات آلاینده می‌گردد و نیز پوشش گیاهی باتوجه به خاصیت جذب کنندگی که دارند باعث ماند ذرات آلاینده در اطراف خود خواهند بود.

لذا با توجه به سطوح قابل ساخت در منطقه یک شهر تهران و محدودیت‌هایی که از لحاظ ساخت و ساز در شهرداری تهران موجود می‌باشد، می‌توان اینگونه بیان داشت که به جهت ساختن بنا بهتر است از فرم مربع استفاده شود و درنظر گرفته شود که با افزایش ارتفاع، ضریب جابجایی عمودی افزایش یافته که سبب کاهش ماند ذرات آلاینده می‌گردد. باتوجه به آنچه که در مورد فواید دیوار سبز اشاره شده است باید بیان داشت که با توجه به خاصیت جذب کنندگی گیاه ذرات آلاینده به نمای ساختمان سبز جذب می‌گردد اگرچه این عمل باعث کاهش سطح آلودگی تولید شده از خیابان می‌گردد (Abhijith et al., 2017) اما با توجه به مدلسازی انجام شده میزان غلظت آلاینده در اطراف ساختمان را بالا برده و لذا مناسب نمی‌باشد. در نهایت به منظور طراحی صحیح سبب برای جلوگیری ازماند ذرات آلاینده بر ساختمان، ضرورت بررسی و مدلسازی هرمنطقه با توجه به شرایط خرد اقلیم خاص آن منطقه وجود دارد.

تقدیر و تشکر

این پژوهش مستخرج از رساله دکتری رشته معماری با عنوان " ارائه مدل طراحی بهینه ساختمان‌های بلند مرتبه با توجه به جریان هوای طبیعی به منظور جلوگیری از ماند ذرات معلق آلاینده در شمال تهران" می‌باشد که به راهنمایی خانم دکتر محمودی زرندی و مشاوره خانم دکتر مهدیزاده سراج در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال دفاع شده است.

منابع

Abhijith, A., Kumar, P., & Gallagher, J. (2017). Air pollution abatement performances of green infrastructure in openroad and built-up street canyon environmentse-A review. *Atmospheric Environment, 162*, 71-86.

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

Bemquerer, F., Rasia, C., & Leitekruger, E. (2010). A Method for Simulating NOx Dispersion in an Urban Area Using ENVI-met, ACM. New York, USA, April2010 (188), 1-8.

Bourbia, F., & Boucherriba, F. (2010). Impact of street design on urban microclimate for semi arid climate (Constantine). *Renewable Energy, 35*(2), 343-347

Brown DeKay, M. (2010). Sun, Wind & Light: Architectural Design Strategies. Translated by Saeid Aghaei, 2th ed. Tehran: Parham Publication. (*in Persian*)

Bruse M, 2014, www.envi-met.de.

Colvile, EJ., Hutchinson, EJ., Mindel, JS., & Warren, RF. (2001) The transport sector as a source of air pollution. *Atmospheric Environment*, *35*(9), 1537-1565.

Eskridge, RE., & Rao, ST. (1986). Turbulent Diffusion Behind Vehicles: Experimentally Determined Turbulence Mixing Parameters. *Atmospheric Environment*, 20, 851-860.

Etabi. F., Abaspour, M., Karbsi, A.R. (2007). Modeling of Emissions Suspended Particles Using ADMS-urban Model. *Environmental Science and Technology*, *9*(1), 1-15. (*in Persian*)

Fenger J. Urban air quality. (1999). Atmospheric Environment. 33:4877-900.

Gaednia, B., Mirbakhsh, M., Haghshenas, A. (2009). Methods of Laboratory Analysis of Water, Soil, Air. Translation, Author: P.K. Kutpa, The Green Wave publisher.

Gasami T., Aliakbari Bidokhti, A.A., Sedaghatkerdar A., & Sahraiean F. (2007). Study of Synoptic Conditions at Several Critical Period the Air Pollution in Tehran. *Environmental Science and Technology*, *9*(3-34), 229-238. (*in Persian*)

Ghanbari, H.A, Azizi, Gh. (2009). Numerical Simulation of Air Pollution in Tehran Based on Wind Patterns. Journal of Physical Geography Research, 68, 15-32. (*in Persian*)

Giasadin, M. (2006). Air pollution sources, effects and control. Tehran University Pub.

Hosseini, SH., Salehi, A. & Shokry,E. (2016). A Study on Impact of Vegetation and Green Roof on Increasing the Wind Speed and Pollutants Dispersion in the Urban Canyons Based on Computational Fluid Dynamics Model. Iran. J.Health & Environ., 9(3), 397-410. (*in Persian*)

Hui, S.C.M., & Zhao, Z. (2013). Thermal Regulation Performance of Green Living Walls in Buildings. In Proceedings of the Joint Symposium 2013: Innovation and Technology for Built Environment, Hong Kong, China, 12 November 2013.

Hurley, P. (2007). Modelling Mean and Turbulence Fields in the Dry Convective Boundary Layer with the Wddy-Diffusivity/Mass-flux Approach. *Boundary-Layer Meteorol*, 125, 525–536.

Kim, H., Kim, T., & 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.

Luhar, A.K., & Hurley, P.J. (2003). Evaluation of TAPM, a Prognostic Meteorological and Air Pollution Model, Using Urban and Rural Point-source Data. *Atmospheric Environment*, *37*(2003), 2795–2810.

Nielinger, J., Rainer, R., Höfl, H.C., & Kost,W. (2005). Lagrange VERSUS Eulerian Dispertion Modeling Comparsion For Investigation Concerning Air Pollution Caused By Traffic. 9th Int. Conf. on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. 129-132

Peng Wang, H.M. (2011). Random-walk Model Simulation of Air Pollutant Dispersion in Atmospheric Boundary Layer in China. *Environ Monit Assess*, 172, 507–515.

Radic, Mina., Brkovi´c Dodig, Marta., & Auer, Thomas. (2019). Green Facades and Living Walls—A Review Establishing the Classification of Construction Types and Mapping the Benefits, *Sustainability*, 11, 4579.

Rahnamaei, MT.(1990). Topics and Methods of Urban Planning.3th ed. Center for Architecture and Urban Studies, Tehran; Chap Goster Publication. (*in Persian*)

Rui, L., Buccolieri, R., Gao, Z. et al. Build. Simul. (2019). Study of the effect of green quantity and structure on thermal comfort and air quality in an urban-like residential district by ENVI-met modelling. *Building Simulation*, *12*(2), 183–194.

Salizzoni P, Soulhac, L., Mejean, P., & Perkins, RJ. (2008). Influence of a Two Scaleroughness on a Neutral Turbulent boundary Layer. *Boundary-Layer Meteorology*, *127*(1), 97-110.

Shamsipour, A., Najibzadeh, F., & Hosseinpour, Z. (2013). Simulation of Tehran Air Pollution Dispersion Model in Windy Air. *Geography Enviroment Hazards*. *4*,19-36. (*in Persian*)

Shareipoor, Z. (2009). Assessing Changes Seasonal and Daily Air Pollutants and Its Relationship with Weather Parameters. Journal of Physics Earth and Space 2,119. (*in Persian*)

Soares, P.M.M., Miranda, PM.A., Siebesma, A.P., & Teixeira, J. (2004). An Eddy-diffusivity/mass-flux Parameterisation for Dry and Shallow Cumulus Convection. *Quart J Ray Meteorol Soc*, *130*, 3365–3383.

Soares, P.M.M., Miranda, P.M.A., & Teixeira, J. (2007). An Eddy Diffusivity/Mass-flux Boundary Layer Parameterization Based on the TKE Equation: a Dry Convection Case Study. *Física de la Tierra*, 19, 147-161.

Tiwary, A., Robins, A., Namdeo, A., & Bell, M. (2011). Air Flow and Concentration Fields at Urban Road Intersections for Improved Understanding of Personal Exposure. *Environment International*, *37*(5),1005-18.

Tominaga, Y., Mochida, A., & Yoshie, R. (2008). AIJ Guidelines for Practical Applications of CFD to Pedestrian Wind Environment Around Buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, *96*(2008), 1749-1761.

Yang, A., Wen, C., Wu, Y., Juan, Y., 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.

Zawar-reza, p., Appelhans, T., Gharaylou, M., Shamsipur, A. (2010). Meso Scale Control on Particulate Matter Pollution for Mega City in a Semi-arid Mountainous Environment. *Environment and Pollution*, *4*(1/2),166-183.

Zawar-Reza, P., Simon, K., & Jamie, P. (2005). Evaluation of a Year-long Dispersion Modelling of PM10 Using the Meso-scale Model TAPM for Christchurch. New Zealand. *Science of the Total Environment*, *349*(1-3), 249– 259.

How to cite this article:
Sadrolgharavi, T., Mahmoudi Zarandi, M., & Mehdizadeh Seradj, F .(2022). Explanation the Interaction of the Physical Characteristics of High-rise Buildings on Distribution of Pollutant Particles due to the Natural Air Flow (Case Study: District 1 of Tehran). *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, *17*(1), 205-218.

ارجا به این مقاله:
صدرالغروی، تیناسادات؛ 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.