علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره سه، خرداد ماه ۱۴۰۰

تبیین برهم کنش چیدمان بلوک های مسکونی و پراکنش آلودگی باتوجه به جریان هوای طبیعی (نمونه موردی: مجتمع مسکونی سبحان تهران)*

تینا سادات صدرالغروی[۱]

مهناز محمودی زرندی[۲]*

m_mahmoodi@iau-tnb.ac.ir

فاطمه مهدیزاده سراج[۳]

تاریخ دریافت: ۹۸/۵/۵ **تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۲۷**

چکیده

زمینه و هدف: افزایش روزافزون جمعیت و احداث ساختمان های بلند، وجود آلاینده‌های محیطی در شهرها را چند برابرکرده است. از طرفی افراد برای رفع نیازهای زیستی خود بیش از گذشته از محیط‌های باز شهری استفاده می‌کنند. دراین راستا عوامل مختلفی همچون چیدمان ساختمان ها و وجود جریان‌های مستمر باد می‌تواند نقش قابل‌توجهی در پراکنش ذرات آلاینده داشته باشد. مطالعه حاضر در این زمینه و با هدف تعیین تاثیر چیدمان ساختمان های بلند مسکونی بر چگونگی پراکنش ذرات آلاینده، با شناخت جریان هوای شهر تهران انجام گرفته است

روش‌بررسی: دراین پژوهش با استفاده از روشهای توصیفی-تحلیلی و مقایسه‌ای با به‌کارگیری تکنیک شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار *ENVI-met* به بررسی و تحلیل رفتارباد پیرامون بناو پراکنش آلاینده‌ها پرداخته شده‌است. روش گردآوری اطلاعات ازطریق مطالعات کتابخانه‌ای و برداشت میدانی صورت گرفته‌است.

یافته‌ها: نتایج با توجه به مدلسازی انجام شده برای دونوع چیدمان متفاوت بلوک شهری انتخاب شده (مجتمع مسکونی سبحان قیطریه تهران) با فرم ساختمانی یکسان، یکی وضع کنونی و دیگری مدل پیشنهادی با چیدمان منظم، نشان می‌دهد که تغییر چیدمان بلوک های مسکونی بر جریان هوای طبیعی و سرعت باد بین بلوک ها اثرگذار بوده و مکان‌یابی نادرست و غیراصولی ساختمان های بلند باعث تغییر

---

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری معماری نویسنده اول، خانم تیناسادات صدرالغروی با عنوان "ارائه مدل طراحی بهینه ساختمانهای بلندمرتبه باتوجه به جریان هوای طبیعی به منظور جلوگیری از ماند ذرات معلق آلاینده در شمال تهران" می‌باشد که به راهنمایی سرکار خانم دکتر مهناز محمودی زرندی و مشاوره سرکار خانم دکتر فاطمه مهدیزاده سراج در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال در دست تهیه است.

۱- دانشجوی دکتری معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

۲- دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال ، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- استاد، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران.

الگوی طبیعی وزش باد و درنتیجه موجب بروز اثرات ثانویه ناشی از رکود یا تشدید جریان باد شده ولذا بر پراکنش ذرات معلق آلاینده موثر است.

بحث و نتیجه‌گیری: دراین پژوهش نتایج حاصل از دومدل چیدمان ساختمان ها در نرم‌افزار و خروجی‌های مربوط به شدت وزش باد و میزان ماندآلاینده CO، نشان می‌دهدکه مدل وضع موجود نسبت به مدل چیدمان پیشنهادی بلوک ها، باتوجه به سرعت باد بالاتر و یکنواخت درکل سایت و نیز ایجاد گردش مناسب جریان هوا در بین بلوک ها که باعث پراکنش آلودگی و مانع ماند ذرات معلق آلاینده می‌شود، مناسبتر است.

واژه‌های کلیدی: چیدمان ساختمان های مسکونی، پراکنش ذرات معلق آلاینده، جریان هوای طبیعی، *Envi-met* .

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 3, June, 2021

Explanation of the Interaction of Residential Blocks Layout and the Pollution Dispersal Regarding the Natural Airflow
(Case Study: Sobhan Residential Complex, Tehran)

Tinasadat Sadrolgharavi[1]
Mahnaz Mahmoudi Zarandi[2*]
m_mahmoodi@iau-tnb.ac.ir
Fatemeh Medizadeh Seradj[3]

Admission Date:December 18, 2019 Date Received: July 27, 2019

Abstract

Background and Objective: Increasing population and construction of tall buildings have multiplied the presence of environmental pollutants in cities. On the other hand, people use open urban environments more than before to meet their living needs. In this regard, various factors such as the layout of buildings and the presence of continuous wind currents can play a significant role in the distribution of pollutant particles. The present study was conducted to determine the effect of the layout of high-rise residential buildings on the distribution of pollutant particles by recognizing the air flow in Tehran.

Method: In this research, using descriptive-analytical and comparative methods, using simulation technique using ENVI-met software, wind behavior around the distribution of pollutants has been investigated and analyzed. The method of data collection has been done through library studies and field survey.

Findings: According to the modeling of the two different types of layout of selected urban block (Sobhan residential complex in Gheytariyeh district, Tehran)with similar building form–one as the existing situation and the other as the proposed model with orderly layout, the findings demonstrate that the layout alternation of residential blocks affects the natural airflow and wind speed between blocks and an improper and non-methodical locating of high-rise buildings causes a change in natural wind pattern and consequently, leads to secondary effects resulted from intensification or stagnation of wind and thus, influences the dispersion of pollutant particles.

Discussion and Conclusion: In this research, the obtained results from the two models of buildings layout in the software and the output related to the intensity of wind and the retention level of CO show that the existing situation model is more desirable compared to the proposed layout due to more unified and higher wind speed throughout the site and also proper air circulation between blocks which causes the dispersion of pollution and prevents the retention of pollutant particles.

Keywords: Layout of Residential Buildings, Dispersion of Pollutant Particles, Natural Airflow, Envimet.

1- PhD Student, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Tehran North Branch, Tehran, Iran.
2- Professor, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Tehran North Branch, Tehran, Iran. *(Corresponding Author)
3- Professor, School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

مقدمه

رشدجمعیت، همراه با فعالیت های مختلف در توسعهٔ سریع صنعتی و شهرنشینی، نبود برنامه‌ریزیهای با دیدگاه توسعهٔ پایدار، باعث ایجادتغییروتحولهای زیادی به شکل آلودگی و نابسامانی درمحیط‌زیست شده‌است(۱). به طوری که در محیط-های شهری ازیک سوپیچیدگی فضاها وپدیده های انسان ساخت شهری و از سوی دیگرنبودسنجش پیوسته ومنظم عناصر و مؤلفه های جوی که عموما ورودی مدل های پراکنش هستند، سازوکارپراکنش آلاینده‌ها رادرفضای شهری تهران نامشخص ساخته است. پارامترهای هواشناسی اثر قابل ملاحظه‌ای درمسئله 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 کرد. این پارامترها به‌طور قابل ملاحظه‌ای تابع عرض جغرافیایی، فصل و توپوگرافی هستند. انتقال آلاینده ها و پراکنش آنها با سرعت باد و تلاطم جریان های جوی متناسب است و هرچه سرعت باد بیشتر و تلاطم شدیدتر باشد، غلظت آلودگی کمتر خواهد شد(۲).

انسان ها برای رفع نیازهای روزمره خود ملزم به استفاده از محیط های شهری هستند که باساختمان های بلنداحاطه شده اند (۳). آلاینده ها، مانند ذرات معلق قابل تنفس از جمله؛ کربن مونوکسید (CO) و هیدروکربن (HC) بطور مستقیم توسط وسایل نقلیه در محیط های شهری منتشر می شوند(۴)، واضح است که بررسی تلاطم ناشی از جهت گیری خیابان ها با توجه به سمت و سرعت باد غالب و همچنین حرکت وسایل نقلیه برای ارزیابی نحوه پراکندگی آلاینده ها بسیار مهم است. زیرا که نحوه پراکندگی آلاینده ها در خیابان ها و تقاطع ها بر سلامت عابرین پیاده و دوچرخه سواران بسیار تاثیرگذار است (۵). هندسه شهری خیابان نسبتی پیچیده است که پارامترهای بسیاری از جمله؛ مشخصه هندسی خیابان، اندازه و شکل تقاطع، چیدمان و جهت گیری ساختمان ها و بالطبع آن جزئیات سقف ها، نوع دیوار و زمین بر آن تاثیرگذار است(۶). دراین پژوهش تغییر چیدمان بلوک های مجتمع مسکونی سبحان درشهرتهران برپراکنش ذرات معلق آلاینده باتوجه به جریان هوای طبیعی مورد بررسی قرارخواهدگرفت. دراین راستا با توجه به پژوهش انجام شده توسط شمسی پور(۷)، فرض بر این است که عامل تعیین کننده درپراکنش آلاینده‌ها سرعت باد است ومدل نمونه جهت مقایسه باوضع چیدمان شرایط فعلی باتوجه به اعتبارسنجی‌های اندازه‌گیری شده برای تونل باد طبق مطالعات رامپونی(۸)، مدل چیدمان منظم درنظرگرفته شده‌است. سوالات این پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

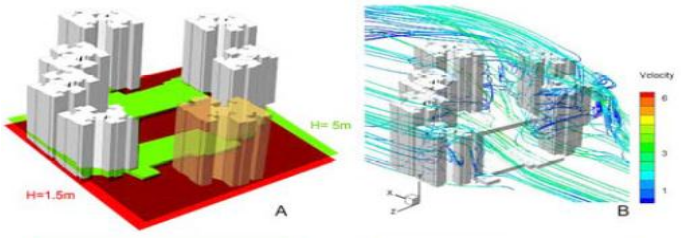
۱. تغییر چیدمان فرم بلوک های مسکونی بر روند جریان هوای طبیعی چه اثری می گذارد؟
۲. کدامیک از انواع چیدمان منظم یا نامنظم بر پراکنش ذرات آلاینده تاثیر مثبتی دارد؟

۱- پیشینه پژوهش

شتاب باد در ارتفاعات نزدیک به سطح زمین تقریباً نزدیک به صفر است و با افزایش ارتفاع بر سرعت و شتاب آن افزوده می-شود. اما دستبرد در طبیعت و احداث ساختمان های بلندمرتبه و مجاورت آنها با ساختمان های کوتاه این روال را تغییر داده است (۹). درخصوص بررسی ارتباط میان معماری ساختمان-های بلند و تأثیرات چشمگیر آن بر روی شرایط اقلیمی و به ویژه رفتار باد در اطراف ساختمان تاکنون پژوهش های متعددی صورت گرفته است. در سال ۲۰۰۸ گروهی از محققان ژاپنی بر روی ابزارها و تکنیک های مدل سازی رفتار باد در اطراف یک بنا و شرایط پیاده روهای اطراف آن متمرکز شده اند و با بررسی نتایج تونل باد، سنجش های میدانی و مدل سازی-های CFD ، میزان صحت خروجی های نرم افزاری را سنجش کرده اند(۱۰). از بین پژوهش های صورت گرفته در سال ۲۰۱۳ یک مورد (۱۱) به بررسی ارتباط متقابل ساختار هندسی ساختمان و رفتار باد در منطقه دانهای تایوان پرداخته است تا رفتار باد و میزان تهویه طبیعی در یک منطقه از شهر را بررسی کند. در این پژوهش، بهبود شرایط تهویه در مناطق شهری با حذف بلوک های بلندمرتبه محقق شده است. پژوهش انجام شده در سال ۲۰۱۳(۱۲)نشان داده است که تغییر ویژگی های برخی از عنصرها و پوشش های گیاهی (بدون تغییر ویژگی‌های فیزیکی بناها) می تواند تا ح نسبتاً خوبی به کاهش سرعت

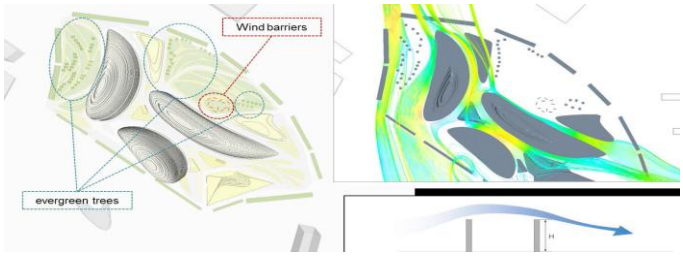
بادهای مزاحم و تأمین آسایش اقلیمی عابران پیاده در پیرامون ساختمان های بلندمرتبه کمک کند.

مدلسازی اقلیمی و شبیه‌سازی شرایط اقلیمی مؤثردرآلودگی هوا از روش‌های جدید و دقیق درعلت‌یابی شرایط و عوامل آلودگی هوا هستند. دراین رابطه درسطح جهان و در ایران پژوهش‌های بسیاری انجام شده است که ازجمله آنها می‌توان به مطالعات پنگ وانگ(۱۳)ونیلینگر (۱۴)



شکل ۱- تغییر شرایط اقلیمی پیرامونی ساختمان های بلند از طریق تغییر ساختار مجموعه و افزایش یا کاهش تعداد بلوک ها (۱۱)

Figure 1. Climate Change surrounding high-rise buildings by changing the structure of the portfolio and increase or decrease the number of blocks (11).



شکل۲- بهبود شرایط اقلیمی و رفتار باد به طریق تغییر عناصر منظر(۱۲)

Figure 2. Improving climatic conditions and wind behavior by changing landscape elements (12)

اشاره کرد. همچنین لوهاروهارلی (۱۵و۱۶) و زواررضا و همکاران (۱۷و۱۸) مدل TAPM[1] را در پیش بینی آلودگی هوا مورد ارزیابی قرار دادند؛ درحالیکه سوآرس (۱۹،۲۰و۲۱) روش EDMF[2] رادرمطالعات خود به کاربرده اند. هارلی(۱۶)و بابهره‌گیری ازروش EDMF درمدل TAPM برای لایهٔ مرزی همرفت خشک دربعدازظهریک روز تابستانی شبیه سازی کرد و نتایج حاصل از مقایسهٔ آن با داده های آزمایشگاهی و مشاهدات در چهارچوب مقیاس لایهٔ آمیخته نشان داد که روش EDMF دراین مدل می تواند میانگین و زمینه های آشفتگی درسطوح بالای لایهٔ مرزی همرفت خشک رابه خوبی پیش‌بینی کند. پژوهشگرانی همانند قسامی وهمکاران(۲۲) و بیدختی و شرعی پور (۲۳) تلاش های مؤثری درمطالعهٔ آلودگی هوا در رابطه با شاخص های ترمودینامیکی ازقبیل ضخامت لایه آمیخته، وپخش آلودگی هوا در رابطه با مؤلفه سرعت قائم امگا، دررابطه با شهرتهران انجام داده اند. قنبری و عزیزی (۲۴) با استفاده ازمدل TAPM رفتارآلودگی هوای تهران رابا درنظرگرفتن الگوی بادبراساس آلاینده های PM_{10} و CO و بادرنظرگرفتن دوحالت (باحضورشرایط همدیدوبدون شرایط همدید) موردمطالعه قراردادندکه علاوه براعتبارسنجی مدل ساخته شده به این نتیجه نهایی رسیدکه شدت ومیزان آلودگی ازشرق به غرب و از شمال به جنوب افزایش می‌یابد و آلودگی هوا درشهرتابعی از الگوی باداست و از جهت وسرعت آن تبعیت می‌کند. عتابی و همکاران(۲۵) با مدلسازی انتشارات ذرات معلق هوا توسط مدلADMS-urbanبه این نتیجه رسیدندکه نتایج مدل با داده‌های واقعی هم خوانی خوبی دارد. تحلیل

۱- The Air Pollution Modelمدل میان مقیاس آلودگی هوا

۲- An eddy-diffusivity/mass-flux (شـــاخص ترمودینامیکی ترکیبی اولری- لاگرانژی)

پراکنش آلاینده‌های مرتبط با ترافیک در سراسر یک خیابان غیرهمگن در نیکوزیای قبرس انجام شده. نتایج آنها گویای این بود که سطوح آلودگی درسطح زمین تا حد زیادی بسته به هندسه خیابان، شرایط محلی و وضعیت خطوط ترافیکی بوده است(۲۶). برای واکاوی یک مدل برای شبیه سازی پراکنش NO_x در مرکز شهر کوریتینیای برزیل، از مدل خرد مقیاس هواشناسی EnviMET استفاده شد (۲۷). با مدل TAPM ارتباط تراکم ذرات معلق با الگوهای جوی حاکم در شهر تهران ارزیابی شد (۱۷).

۲- بررسی ادبیات نظری پژوهش

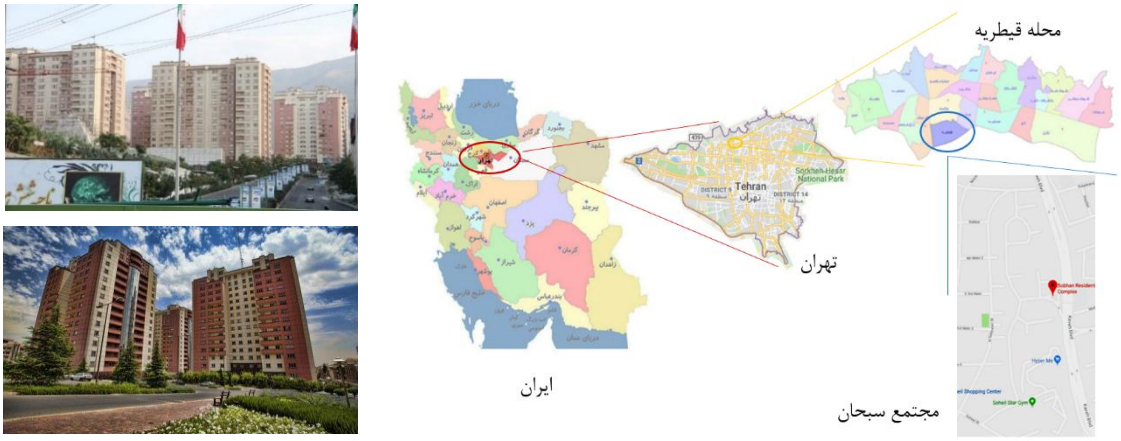
جریان هوا- باد عبارت است از جریان و جابجایی هوا تحت تاثیر اختلاف فشار (۲۸)که کمیتی برداری بوده و دارای دو مشخصه جهت و سرعت می باشد. یکی از اصول موثر بر جریان هوا این است که سرعت باد در سطح زمین به دلیل اصطکاک، کمتر می باشد (۲۹).

پراکنش و پخش- در هواشناسی آلودگی هوا و کلمه Dispersion (پراکنش) و Diffusion (پخش) بسیار کاربرد دارند. Dispersionیا پراکنش به حرکت یا انتقال آلاینده‌ها به‌طور افقی یا قائم توسط باد اشاره می‌کند. درحالی‌که Diffusion یا پخش به رقیق شدن آلاینده‌ها اشاره دارد. پراکنش در جهت قائم توسط پایداری جوی کنترل می‌شود، در حالی که پراکنش افقی با جهت باد تعیین می‌شود (۳۰).

شاخص کیفیت هوا (AQI)- جهت اطلاع رسانی و پیش بینی روزانه کیفیت هواست. این شاخص شهروندان را از کیفیت هوا آگاه ساخته و میزان ارتباط آن با سطوح سلامت را ارائه می کند (۳۰).

ذرات‌معلق آلاینده- آلودگی هوا عبارت است ازوجود هر نوع آلاینده اعم ازجامد، مایع، گاز وتشعشع پرتوزا و غیر پرتوزا در هوا به تعداد و در مدت زمانی که کیفیت زندگی رابرای انسان و دیگر جانداران به خطر بیاندازد. آلاینده‌های هوا از نظر منشا و اثرات بهداشتی متعدد بوده و بررسی تمامی آنها عملا غیرممکن است. بنابراین عموما گروهی از آلاینده‌های هوا به نام آلاینده-های معیارشامل منواکسیدکربن، ازن، ذرات‌معلق، دی-اکسیدنیتروژن و دی‌اکسیدگوگرد، باتوجه به اثرات بهداشتی وگستردگی منابع انتشار آنها در اندازه‌گیری های مداوم مورد مطالعه قرار می‌گیرند(۳۰).

۳- معرفی محدوده مورد مطالعه



شکل۳- موقعیت قرارگیری و تصاویری از مجتمع مسکونی سبحان تهران

Figure 3. Location and images of Sobhan residential complex in Tehran

طبق آمار اعلام شده از سازمان هواشناسی تهران منطقه یک تهران دهمین منطقه آلوده تهران شناسایی شده است، 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 شده اند

اغلب بافت اداری، تجاری و فرهنگی دارند و یا مجاورت راه آهن و صنایع و پالایشگاه علت اصلی آلودگی بوده است، اما مناطق ۳ و ۱ از این میان بافت مسکونی داشته که تنها دلیل ایجاد آلودگی آنها ترافیک زیاد در این مناطق شناسایی شده است (برگرفته از سامانه پایش کیفیت هوای تهران). مجتمع سبحان واقع در منطقه یک تهران به لحاظ داشتن ساختمان هایی با مساحت و فرم حجمی یکسان انتخاب شده تا صرفا تاثیر نحوه چیدمان بلوک های با ارتفاع مشخص و یکسان را در پراکنش آلودگی مورد بررسی قرار گیرد. *مجتمع مسکونی سبحان* واقع در قیطریه تهران یکی از محله های بسیار قدیمی تهران می باشد که در شمال این شهر و در شهرستان شمیرانات قرار دارد. وجود بزرگترین پارک تفریحی منطقه به نام پارک قیطریه از خصوصیات منحصر به فرد زیست محیطی این محل می باشد. شهرک مسکونی سبحان قیطریه در بلوار کاوه شمال در زمینی به مساحت ۷۸۶۲۵ مترمربع، شامل ۱۲ بلوک مسکونی در این منطقه واقع است. به لحاظ کشیدگی شمالی جنوبی سایت، می‌توان اینگونه بیان داشت که ۶ بلوک در نیمه شمالی سایت و ۶ بلوک در نیمه جنوبی سایت قرارگرفته اند. شش بلوک نیمه شمالی همگی ۱۴ طبقه و مساحت یکسان دارند و از شش بلوک نیمه جنوبی سه بلوک۱۴ طبقه و سه بلوک دیگر ۷ طبقه و مساحت های متفاوت دارند. آنچه در این مقاله تلاش می شودکه با بررسی بین دو مدل چیدمان بلوک های مجتمع مذکور در نرم افزار، متوجه تاثیر چیدمان ساختمان ها بر نحوه عمل جریان هوای طبیعی شده و ارتباط آن را با پراکنش ذرات معلق آلاینده دریابیم.

۴- روش تحقیق

در بخش جمع آوری اطلاعات نظری روش مطالعه منابع کتابخانه ای استفاده شده است. در قسمت های مربوط به شناسایی سایت برداشت میدانی انجام شده است. روش بررسی رفتار آیرودینامیکی بلوک هاو نیز تغییر چیدمان آنها به صورت شبیه سازی با نرم افزار *ENVI-met نسخه ۴,۳* بوده و نتیجه گیری با استفاده از استدلال منطقی صورت می گیرد. روش های ارزیابی رفتار باد در سه دسته روش های تحقیق آزمایشگاهی (استفاده از تونل باد یا کانال هیدرولیک)، برداشت مستقیم در اراضی و مدل سازی رایانه ای قابل دسته بندی است(۳۱).

۵- مکانیسم ارزیابی

معرفی نرم افزار: علی رغم نظر بعضی از دانشمندان مخصوصا آزمایشگران که مدلسازی اقلیمی بر پایه عملیات رایانه ای را با بی اعتمادی می نگرند، باید مطمئن بود که سرانجام این امر به عنوان یک علم کاملا قابل اعتماد، تحقق خواهد یافت. در سالهای اخیر نرم افزار های اقلیمی متعددی برای شبیه سازی و محاسبه سرعت جریان هوا و تغییرات آن در محیط شهری طراحی شده است که با توجه به ویژگی های مورد نظر در نهایت ENVI-met برای شبیه سازی مناسب ترین تشخیص داده شده است. ENVI-met یک نرم افزار شبیه ساز شهری است که توسط دکتر مایکل بروس توسعه یافته است، این نرم افزار توانایی کافی برای محاسبه خرداقلیم ها، در شهرهایی با ساختار پیچیده، را بر اساس اصول و مبانی دینامیک سیالات و ترمودینامیک دارا است(۳۲). با توجه به هدف پژوهش، موارد زیر به عنوان ویژگی های اصلی مورد نیاز، برای انتخاب ابزار تحلیلی و شبیه سازی مناسب، مطرح می شوند:

حیطه عمل: نرم افزار باید قابلیت شبیه سازی کالبدی-فضایی و اقلیمی را به طور همزمان داشته باشد. به عبارت دیگر مدل باید چندبخشی باشد. هرچه توانایی نرم افزار در زمینه مدل کردن عناصر محیطی موثر بر اقلیم بیشتر باشد مناسب تر خواهد بود. همچنین مدل باید بتواند از داده های 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 ساختمان ها 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 در حد واحد همسایگی داشته باشد.

جدول۱- داده های اقلیمی متوسط ماهانه دی ماه ۱۳۹۶ (ایستگاه هواشناسی صدر)

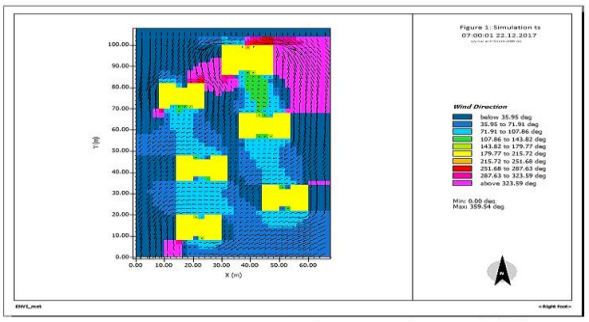
Table 1. Monthly average climate data of January 2012 (Sadr weather station)

دما (سلسیوس)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	جهت باد (درجه)	رطوبت نسبی (درصد)
۶/۵	۱۰	۰	۵۰

روند شبیه سازی: به منظور انجام شبیه سازی در نرم افزار به برخی داده های هواشناسی نیاز است. این داده ها عبارتند از: دما بر حسب کلوین، سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه، جهت باد بر حسب درجه و درصد رطوبت هوا. در این مقاله تحلیل ها بر اساس داده های اقلیمی متوسط ماهانه دی سال ۱۳۹۶ است که بالاترین میزان ماند ذرات معلق آلاینده براساس شاخصه‌های کنترل کیفیت هوای تهران اعلام نموده است. در زیرمجموعه ای از داده هایی که برای مدلسازی مورد استفاده قرارگرفته است، ارائه می‌گردد که از نزدیکترین ایستگاه هواشناسی به مجتمع سبحان گرفته شده است. بعد از دستیابی به این اطلاعات با توجه به آلوده ترین ماه های سال طبق آماری که شهرداری تهران در رابطه با کیفیت هوا بر اساس شاخص AQI[1] در ماه های مختلف سال ارائه داده است نشان می دهد که ماه های تیر و دی بیشترین تعداد روزهای ناسالم را دارا می باشد، که از این میان به انتخاب ماه دی و مدلسازی در این ماه پرداخته ایم چراکه در این ماه با توجه به کاهش دما، افزایش میزان پایداری جوی و وارونگی دما منجر به انباشت آلاینده ها در هوای شهر شده است. درادامه ابتدا وضع موجود سایت مجتمع مسکونی سبحان در نرم افزار ENVI-met مدلسازی شد، رفتار باد در قالب پارامترهای جهت و سرعت باد بررسی گردید و برای انتخاب چیدمان مناسب، این مدل با مدل چیدمان منظم که در نرم افزار مدلسازی شد مورد مقایسه قرار گرفت.

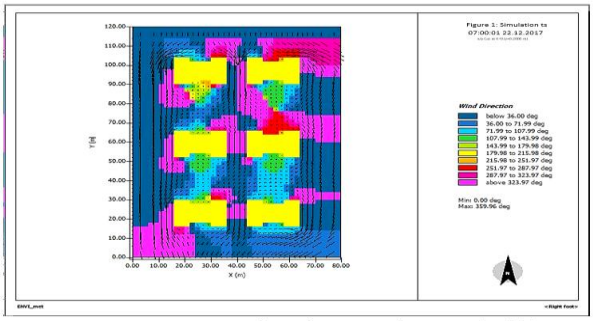
بحث و تحلیل داده ها: شبیه سازی در نرم‌افزار برای دی ماه سال ۱۳۹۶ در بازه یک ساعت صبح (ساعت۷صبح روز اول دی ماه ۱۳۹۶)، برای دو مدل چیدمان مختلف بلوک های مجتمع مسکونی سبحان انجام شد. باتوجه به حجم ترافیک و طبق آمار اعلام شده از سازمان هواشناسی کشور بازه ۷ تا ۸ صبح از آلوده‌ترین ساعات هوای تهران می‌باشد. باید توجه داشت که در این پژوهش تنها متغیر مورد بررسی چیدمان بلوک ها بوده است لذا سایر متغیرهای تاثیرگذار اعم از پوشش گیاهی، جنس مصالح، ارتفاع ساختمان ها و نیز فرم بلوک ها ثابت هستند تا تاثیر تغییر چیدمان بلوک ها برجریان هوای طبیعی، سرعت باد و به دنبال آن پراکنش آلودگی به عنوان تنها متغیر این پژوهش مشخص گردد. لازم به ذکر است که از۱۲ بلوک واقع در این مجتمع ۶ بلوک بخش شمالی سایت که دارای فرم مشابه به یکدیگر و ارتفاع یکسان هستند در این مدلسازی لحاظ گردیده است. با توجه به تعریف پراکنش که به حرکت یا انتقال آلاینده‌ها توسط باد اشاره دارد و نیز نتیجه پژوهش انجام شده توسط علی اکبر شمسی پور در مقاله "شبیه سازی الگوی پراکنش آلودگی هوای کلان شهر تهران در شرایط وزش باد" که اشاره به اثر مستقیم سرعت باد در پراکنش آلودگی دارد، همینطور نتیجه تحقیق قنبری و عزیزی (۲۵)که حاکی از آن است که آلودگی هوا در شهر تابعی از الگوی باد است و از جهت و سرعت آن تبعیت می کند، می توان از خروجی مدل های ساخته شده به انتخاب مدل مطلوب جهت پراکنش آلودگی رسید. با توجه به خروجی مدل های ساخته شده، دیده می شود که تغییر چیدمان بلوک هابر نحوه جریان هوای طبیعی و سرعت و جهت باد در یک ساعت مشخص از روز معین اثرگذار بوده و بنابراین بر پراکنش آلودگی نیز موثر است.

1- Air Quality Index



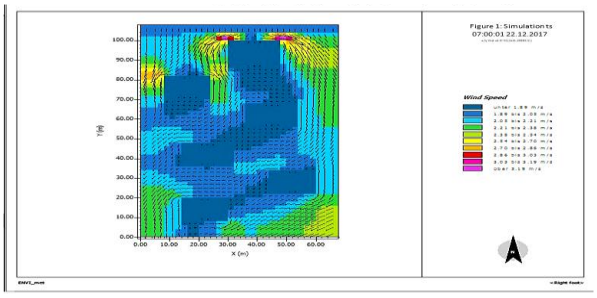
شکل۴-جهت باد در چیدمان وضع موجود

Figure 4. Wind direction in the layout of the present situation



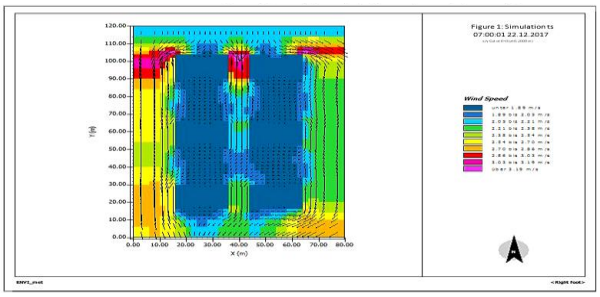
شکل ۵- جهت باد در چیدمان مدل پیشنهادی

Figure 5. Wind direction in the layout of the proposed model



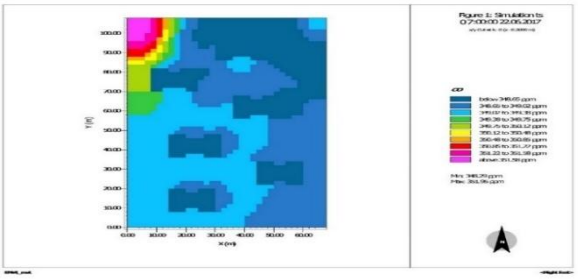
شکل۶-سرعت باد در چیدمان وضع موجود

Figure 6.Wind speed in the layout of the present situation



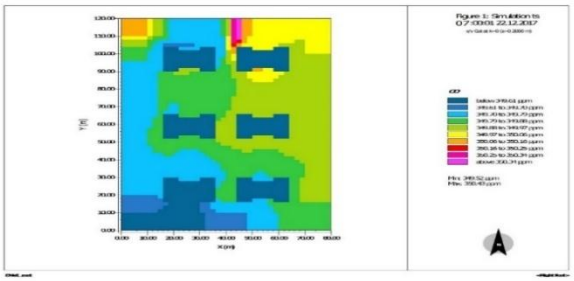
شکل ۷- سرعت باد در چیدمان مدل پیشنهادی

Figure 7. Wind speed in the layout of the proposed model



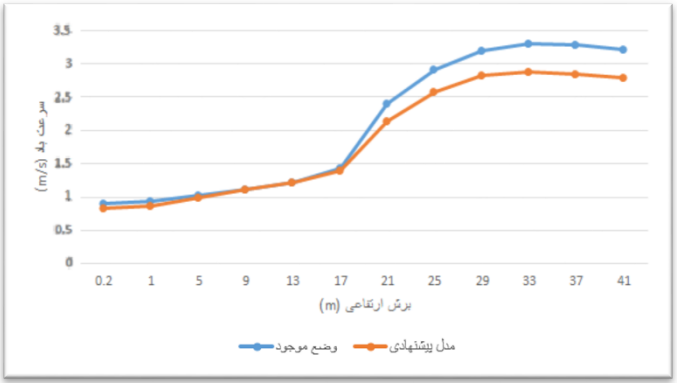
شکل۸ – پراکنش سطحی حجم CO برای وضع موجود

Figure 8. CO volume distribution for existing status



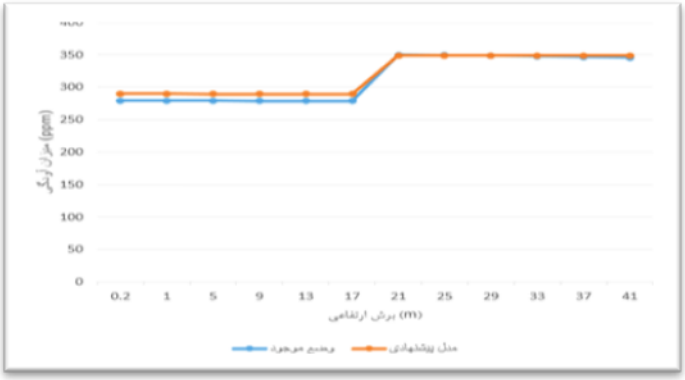
شکل۹ – پراکنش سطحی حجم CO برای مدل پیشنهادی

Figure 9. CO volume distribution for proposed model



نمودار۱- سرعت باد برای دو مدل ساخته شده در ارتفاعات متفاوت

Diagram 1. Wind speed for two models made at different heights



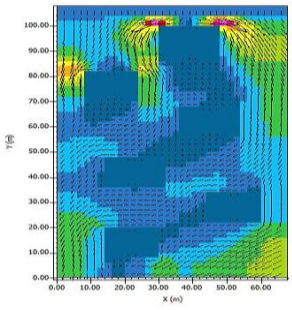
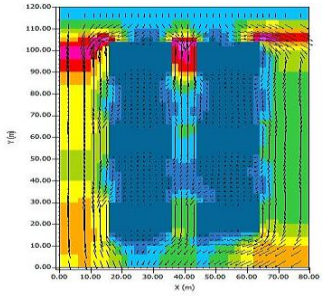
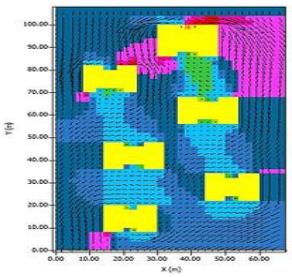
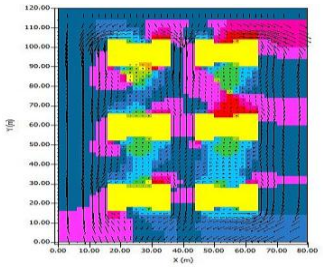
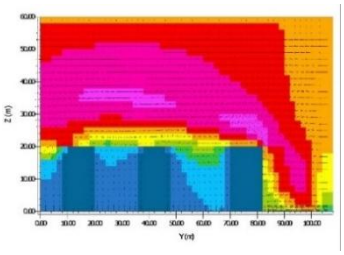
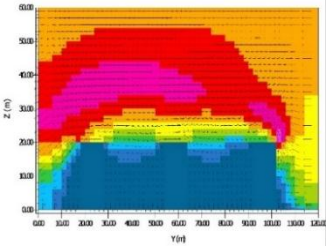
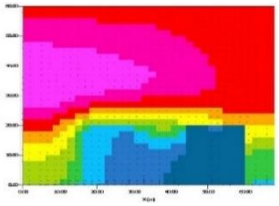
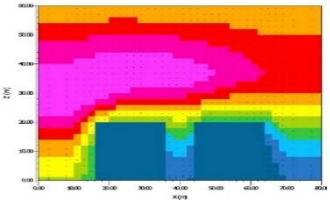
نمودار ۲- غلظت CO برای دو مدل ساخته شده

Diagram 2. CO concentration for two model

شکل های ۴و ۵ به ترتیب تغییرات جهت وزش باد را در چیدمان بلوک ها برای وضع موجود و چیدمان پیشنهادی نشان می دهد، شکل های ۶ و ۷ نمایانگر سرعت باد در چیدمان بلوک ها برای وضع موجود و چیدمان پیشنهادی است که از ارتفاع ۳ متری سطح زمین برش خورده است. با توجه به تصاویر مربوط به سرعت باد این نتیجه بدست می آید که در مدل وضع موجود سطح وسیع تر سایت از باد با سرعت یکنواختی بهره برده است که این عامل بر پراکنش آلودگی اثر مستقیم دارد و تنها مشکل ماند ذرات معلق را بین دو بلوک مجاور در راستای عرضی داریم که سرعت باد در آنجا کاهش یافته و شاهد جریان معکوس در بین ساختمان ها و نوعی پیچش باد در این نواحی هستیم. همانطور که در شکل ۵ نیز مشخص است در فاصله بین ساختمان ها باد با زاویه ۱۸۰ درجه درحال چرخش است و قادر به جابجایی آلودگی از این فضا به فضای دیگر نمی باشد این در حالی است که باتوجه به هم راستا بودن جهت باد با کشیدگی سایت در بین ساختمان ها در محور طولی جریان باد به راحتی امکانپذیر است و این جریان مسدود نشده است و تغییر مسیر جریان هوا در برشهای عرضی سایت و بین ساختمان ها دیده می شود، در واقع دگرگونی و تغییر مسیر جریان هوا در این قسمت ها ناشی از اثراتی است که ساختمان های بلند بر نحوه جریان باد می گذارد. از مقایسه تصاویر ۶ و ۷ همانطور که مشخص است در شکل ۶ وسعت طیف رنگ آبی که حاکی از حداقل سرعت باد است نشان از سرعت یکنواخت باد در کل سایت دارد و این باعث ایجاد جریان باد مناسب تری در بین ساختمان ها است و از گیر افتادن و پیچش جریان هوا بین ساختمان ها که در شکل ۷ به وضوح مشخص است کاسته است. جدول ۲ بررسی و مقایسه کلی از دو مدل ساخته شده در نرم افزار را در پلان و مقاطع برای برش های طولی و عرضی سایت، بررسی می نماید. نتایج نشان می‌دهد که سرعت باد در مدل وضع موجود از مدل پیشنهادی بالاتر است و این سبب پراکنش بیشتر آلودگی در بین بلوک ها در این نوع چیدمان می گردد.

جدول ۲ – مقایسه اجمالی بین نتایج سرعت و جهت باد برای دو مدل ساخته شده

Table 2 . Comparison between speed and wind direction exits for two models

	وضع موجود	مدل پیشنهادی	توضیحات
بررسی سرعت باد در پلان			طیف رنگ آبی نمایانگرحداقل سرعت باد است. در وضع موجود بیشتر سایت دارای حداقل سرعت وزش باد است و کل سایت از باد یکنواختی که سبب پراکنش آلودگی می گردد بهره مند است. در حالیکه در مدل پیشنهادی حداقل سرعت باد در سایت کاهش یافته و اغلب سایت دارای سرعت باد بالاتری است که به سبب ایجاد تونل باد مناسب نیست.
بررسی جهت باد در پلان			جهت حرکت فلشها نمایانگر جهت باد است، مقایسه بین دو مدل نماینگر این است که در وضع موجود شاهد جریان هوا در کل سایت هستیم اما در مدل پیشنهادی شاهد ایجاد پیچش باد در فضای بین بلوک هامی باشیم.
بررسی سرعت باد در مقطع (محور طولی سایت)			طیف رنگ آبی میزان حداقل سرعت باد را نشان میدهد ورنگ بنفش که درارتفاع ۴۰متری‌بالای‌ساختمان-است‌حداکثر سرعت بادرانشان‌می‌دهد. مشاهده می‌شود که حداقل‌سرعت باددرمدل وضع موجود بیشتربوده‌واین دلیلی برپراکنش مناسب آلودگی می-باشد.
بررسی سرعت باد در مقطع (محور عرضی)			طیف رنگ آبی میزان حداقل سرعت باد را نشان می دهد. مشاهده می شود که حداقل سرعت باد در مدل وضع موجود بیشتر بوده و این دلیلی بر پراکنش مناسب آلودگی می باشد.

نمودار ۱ سرعت باد را در برش های ارتفاعی متفاوت برای دو مدل ساخته شده نشان می دهد. سرعت باد در ارتفاع های یکسان برای دو مدل ساخته شده نمایانگر آن است که مدل وضع موجود در سایت خود از سرعت باد بیشتری برخوردار است. البته باید به جهت وزش باد و موقعیت قرارگیری سایت نیز توجه داشت که می تواند برای حالت های مختلف چیدمان نتایج متفاوتی داشته باشد. نمودار ۲ غلظت CO را در مدل های شبیه سازی شده نشان می دهد، اطلاعات این نمودار حاکی از این مطلب است که غلظت آلاینده ها در مدل وضع موجود کمتر از مدل پیشنهادی می باشد. یعنی پراکنش سطحی آلاینده با توجه به افزایش سرعت باد بیشتر بوده است. تاکید رابطه معکوس بین افزایش سرعت باد و ماندگاری آلودگی

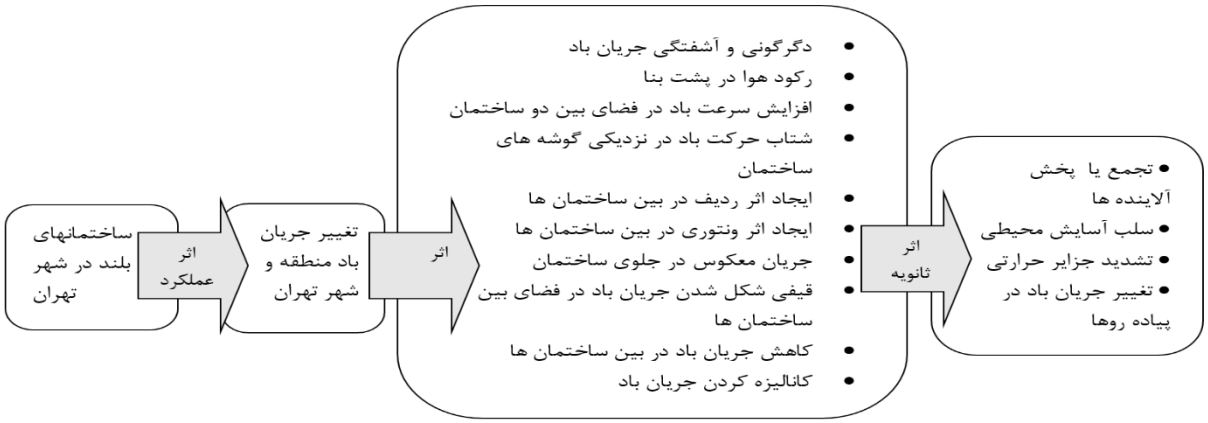
در شکل های ۸ و ۹ مشخص است. این دو شکل که میزان غلظت CO را برای دو مدل ساخته شده بر حسب ppm[1] نشان می دهد، بیانگر این است که مدل وضع موجود مناسبتر است. طیف رنگ آبی میزان کمتر از ۳۴۹/۷۹ تا ۳۴۹/۶۱ **تعداد ذرات در میلیون** رانشان می‌دهد و بقیه طیف‌های رنگی از این میزان بیشتر را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است پراکنش در کل سایت یکسان نمی باشد و دلیل این امر اثرات ناشی از ساختمان های بلند بر سرعت و جهت وزش باد است.

نتیجه گیری

امروزه به دلیل رشد جمعیت و نیاز به مسکن سیاست بلندمرتبه سازی در مناطق شهری در حال افزایش است ولی عمدتا در احداث ساختمان های مرتفع شرایط جغرافیایی و اقلیمی مناطق شهری از جمله جریان باد شهری در نظر گرفته نمی شود. به طور کلی در سراسر شهر تهران با پدیده بلندمرتبه سازی که در بعد مسکونی اغلب به سمت ایجاد شهرک ها رفته روبرو هستیم.

نتایج حاصل از مطالعه تطبیقی در این تحقیق نشان می دهد (شکل ۱۰) ساختمان های بلند اثرات اولیه و ثانویه متعددی بر جریان باد وارد می کنند، لذا باید مطالعه جامعی از اثرات بلند مرتبه سازی بر پارامترهای اقلیمی از جمله جریان باد در سطح سیمای شهری و مقیاس کلان تر شهر نیز انجام گیرد. نتایج حاصل از شبیه سازی نرم افزاری در این پژوهش حاکی از این است که مدل مربوط به وضع موجود بلوک های مجتمع مسکونی سبحان به علت سرعت باد بالاتر و یکنواخت در کل سایت و نیز ایجاد گردش مناسب جریان هوا در بین بلوک هاکه باعث پراکنش آلودگی و مانع ماند ذرات معلق آلاینده می شود مناسب تر از مدل پیشنهادی می باشد اما باید دقت داشت که چیدمان مطلوب به منظور پراکنش آلودگی در شرایط مختلف آب وهوایی با توجه به سرعت و جهت وزش باد نتایج متفاوتی خواهد داشت، لذا در مناطق مختلف نیازمند بررسی مجزا و توجه ویژه با درنظرگرفتن شرایط اقلیمی منطقه می باشد.

1- Part Per Million (تعداد ذرات در میلیون)



شکل ۱۰- اثرات اولیه و ثانویه ساختمان های بلند بر جریان باد

Figure 10. Primary and Secondary Effects of Tall Buildings on Wind

Reference

1. Gaednia, B., Mirbakhsh, M., Haghshenas, A. (2009). *Methods of Laboratory Analysis of Water, Soil, Air*. Translation, Author: P.K. Kutpa, The Green Wave publisher.
2. Giasadin, M. (2006). *Air pollution sources, effects and control*, Tehran University Pub.
3. Fenger J. Urban air quality. *Atmospheric Environment*. 1999; 33:4877-900.
4. Eskridge RE, Rao ST. (1986) *Turbulent Diffusion Behind Vehicles: Experimentally Determined Turbulence Mixing Parameters*. Atmospheric Environment. 20:851-60.
5. 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. 37:1005-18.
6. 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.
7. Shamsipour, A., Najibzadeh, F. & Hosseinpour, Z. (2013) *Simulation of Tehran Air Pollution Dispersion Model in Windy Air*. Geography Enviroment Hazards . 2015 , No.4, 19-36. (In Persian)
8. Ramponi, R., Blocken,B., B. de Coo, L., D. Janssen,W., (2015) *CFD Simulation of Outdoor Ventilation of Generic Urban Configurations with Different Urban Densities and Equal and Unequal Street Widths*. Building & Environment :1-27.
9. Ahuja, A. & Dalui, S. (2006) *Gupta V, Unpleasent Pedestrian Wind Conditions Around Building, Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)*, 7, 147- 154.
10. 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, 1750-1761.
11. 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, London, 843-848.

12. Kim, H.; Kim, T. & Leigh, S. (2013) *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.
13. 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.
14. 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.
15. 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. 2795–2810.
16. 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.
17. 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, 41.
18. 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. 249–259.
19. 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.
20. 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.
21. 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) , (Serial34), 229-238. (In Persian)
22. 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)
23. 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)
24. Etabi. F., Abaspour, M., Karbsi, A.R. (2007). *Modeling of Emissions Suspended Particles Using ADMS-urban Model*. Environmental Science and Technology. The Ninth course, The first issue, 1-15. (In Persian)
25. Karra, S., Malki-Esphtein, L. & Neophyton, M. (2011). *The*

Dispersion of Traffic Related Pollutants Across a non Hemogeneous Street Canyon, Environmental Sciences, 4, 25-34.

26. Bemquerer, F., Rasia, C. & Leitekruger, E. (2010). *A Method for Simulating NOx Dispersion in an Urban Area Using ENVI-met, ACM*. New York, USA, ISBN: 978-1-4503-0069-8.
27. Rahnamaei MT. *Topics and Methods of Urban Planning*.3th ed. Center for Architecture and Urban Studies, Tehran; Chap Goster Publication: 1990. (In Persian)
28. Brown GZ, DeKay M. (2010) *Sun, Wind & Light: Architectural Design Strategies*. Translated by Saeid Aghaei, 2th ed. Tehran: Parham Publication. (In Persian)
29. Roshani, M., Abassian, M. & Naderi, M. (2018*) Tehran Air Quality*. Tehran, Shahr Publication. (In Persian)
30. 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., 2016,Vol.9, No.3, 397-410. (In Persian)
31. Bruse M, 2014, www.envi-met.de.