

قرارگیری بهینه گونه ردیفی ساختمان‌ها در مناطق مسکونی به منظور کاهش انباشت ذرات شن و ماسه متأثر از بادهای ۱۲۰ روزه سیستان

سعیده خاکسغیدی^۱، بهزاد وثیق^{۲*}، محسن تابان^۳

saeidekh@jsu.ac.ir

۱. کارشناسی ارشد معماری دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول

۲. استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول

mhsntaban@yahoo.com

۳. استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۱۵

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۰۵

چکیده

با خشک شدن دریاچه هامون خاصیت فرسایش بادهای ۱۲۰ روزه در سیستان افزایش یافته است. با توجه به شدت این بادهای و حجم بسیار ذرات شن و ماسه که با خود حمل می‌کند، مهار و پاک‌سازی آن بسیار دشوار است. در کنار انجام برخی مسائل زیست‌محیطی، قرارگیری مناسب ساختمان‌ها نیز می‌تواند به کاهش آسیب‌های ناشی از این بادهای کمک کند.

این مقاله بر شبیه‌سازی جریان هوا مرتبط با طوفان‌های شن و ماسه، با مطالعه نحوه قرارگیری ساختمان‌ها می‌پردازد و هدف آن پی بردن به این نکته است که چه نوع جانمایی از ساختمان‌ها در گونه ردیفی می‌تواند عبور شن و ماسه را تسهیل کند و تا آنجا که ممکن است رکود شن و ماسه در منطقه ساختمان را کاهش دهد. مدلسازی ساختمان‌ها با استفاده از نرم‌افزار سه بعدی اتوکد انجام شد و شبیه‌سازی جریان هوا با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی سیالات Flow 3D بررسی شد و هر بار رفتار جریان هوا در مدل‌های مختلف آزمایش شد. رابطه بین سرعت باد شهری و پارامترهای مورفولوژیکی مانند هندسه، رابطه با زمین، تراکم و محصوریت بین ساختمان بررسی و این نتیجه حاصل شد که سرعت باد شهری می‌تواند به کاهش رکود شن و ماسه با در نظر گرفتن مقادیر مناسب این پارامترها کمک کند.

کلیدواژه

بادهای ۱۲۰ روزه، رکود شن و ماسه، سیستان، شبیه‌سازی CFD

سرآغاز

فیزیکی می‌انجامد. مخاطرات طبیعی اصولاً به تغییراتی اطلاق می‌شود که در شرایط زیست‌محیطی رخ می‌دهند و سبب گسسته شدن روند زندگی طبیعی مردم و قرار گرفتن آن‌ها در معرض عناصر و عوامل خطرناک و تخریب‌زای محیط می‌شوند (فاضل‌نیا و همکاران، ۱۳۹۰). از جمله این مخاطرات طبیعی در منطقه سیستان وقوع طوفان‌های شن و ماسه و فرسایش بادی ناشی از آن است. عملکرد این پدیده موجب افت محسوسی در فعالیت‌های اقتصادی شده و ناگزیر تجهیزات و امکانات و نیروی انسانی زیادی برای زدودن رسوبات بادی اختصاص می‌یابد (فیاض، ۱۳۸۴).

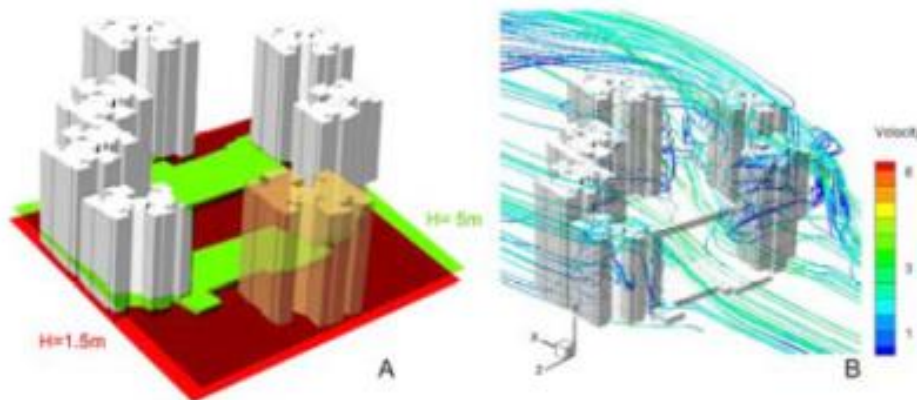
جوامع انسانی، همواره با مخاطرات طبیعی متعددی نظیر خشکسالی، سیل، زلزله، طوفان و غیره مواجه بوده؛ خسارات و تلفات زیادی را از این مخاطرات متحمل شده‌اند. این خطرهای موجب تخریب منابع درآمدی مردم شده؛ امکانات زیستی و مراکز فعالیت آنان را از بین می‌برند. این امر به آسیب‌های اقتصادی، اجتماعی و

۱. مقاله بر گرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد معماری با عنوان «طراحی مجموعه مسکونی به منظور استفاده از تهویه طبیعی در مناطق گرم و خشک (نمونه موردی شهر زابل)» با راهنمایی دکتر بهزاد وثیق و مشاور دکتر محسن تابان در دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول است.

متغیر مستقل و سرعت باد شهری، متغیر وابسته در نظر گرفته شده است. تاکنون مطالعات بسیاری در رابطه با ارتباط میان معماری ساختمان‌ها و تأثیرات چشمگیر آن بر شرایط اقلیمی و به‌ویژه رفتار باد در اطراف ساختمان صورت گرفته است.

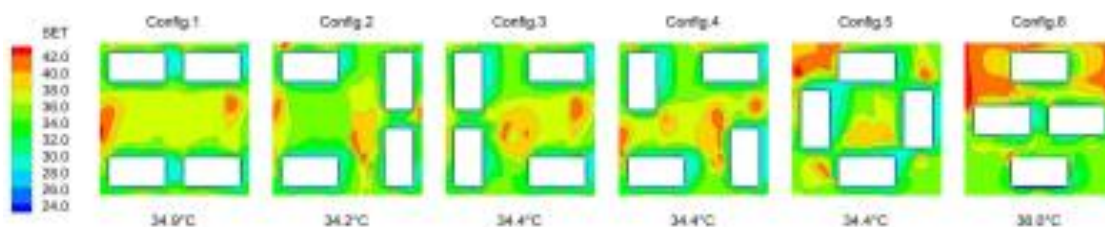
یانگ و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی به بررسی ارتباط متقابل ساختار هندسی ساختمان و رفتار باد در منطقه دانه‌های تایوان پرداخته است (شکل ۱). تا رفتار باد و میزان تهویه طبیعی در منطقه‌ای از شهر را بررسی کند. در این پژوهش، بهبود شرایط تهویه در مناطق شهری با حذف بلوک‌های بلند مرتبه محقق شده است.

از مشکلات دیگر فرسایش بادی و هجوم ماسه‌های روان می‌توان به ایجاد غبارهای شدید و آلودگی هوا، کاهش سلامت و بهداشت عمومی، کاهش سیستم ایمنی بدن در مقابل بیماری‌ها، از بین رفتن بافت ریه، افزایش آسم کودکان، تهدید سیستم‌های الکترونیک حساس و انتقال نیرو، ایجاد خسارت به اراضی کشاورزی، دامداران، سکونتگاه‌های روستایی، جاده‌ها و افزایش تصادف‌ها اشاره کرد (مستول و همکاران ۲۰۱۵). مسئله اصلی تحقیق یافتن بهینه‌ترین چیدمان در بافتی شهری برای کمترین آسیب بادهای صدوبیست روزه سیستان است. در این تحقیق متغیرهای ارتفاع، طول و عرض حجم‌ها، متغیر کنترل ثابت، و متغیر فاصله از زمین (h)، محصوریت (نسبت ارتفاع به فاصله ساختمان‌ها از هم) (H/D) و طول بلوک شهری (E)،



شکل ۱. تغییر شرایط پیرامونی ساختمان‌های بلند از طریق تغییر ساختار مجموعه و افزایش یا کاهش تعداد بلوک‌ها

منبع: Yang et al., 2013



شکل ۲. تغییر شرایط آسایش اقلیمی پیرامونی ساختمان‌های بلند از طریق تغییر ساختار مجموعه و موقعیت ساختمان‌ها نسبت به یکدیگر،

منبع: Hong and Lin, 2015

پرداخته است. و سامانه‌هایی را که بر جهت باد سیستان تأثیر می‌گذارد را شناسایی کرد و نتایج حاصل از پژوهش او نشان می‌دهد که بادهای شدید سیستان از دو سامانه گردشی فعال نشئت می‌گیرند.

منطقه مورد مطالعه

منطقه سیستان با ۱۵۱۹۷ کیلومتر مربع مساحت در شمال استان سیستان و بلوچستان و شرق ایران واقع شده است (شکل ۳). این منطقه از شمال و شرق با افغانستان، از غرب با استان خراسان جنوبی و از جنوب با شهرستان زاهدان مرز مشترک دارد (حیدری‌نسب، ۱۳۸۶: ۸). داده‌های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک هواشناسی زابل مختصات عرض جغرافیایی را ۳۱ درجه و ۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۴۸۹ متر نشان می‌دهد (طاووسی و همکاران، ۱۳۹۱). از خصوصیات مهم اقلیمی این منطقه می‌توان به وزش بادهای شدید (۱۲۰ روزه سیستان)، میانگین تعداد روزهای آفتابی سالیانه بیش از ۲۶۰ روز تابش آفتاب، دامنه تغییرات زیاد دما در شبانه روز، بارندگی متوسط سالیانه ۶۴ میلی‌متر با پراکندگی نامناسب، بالا بودن دما و تعداد ساعت‌های آفتابی اشاره کرد اقلیم آن به روش گوسن، بیابانی و به روش کوپن، خشک بسیار گرم با تابستان خشک و به روش تحلیل خوشه‌ای بسیار کم بارش، گرم و خشک است (طاووسی و رئیس پور، ۱۳۸۹). این منطقه پتانسیل بیشترین مقدار تبخیر سالانه کشور (۴۰۰۰-۵۰۰۰ میلی‌متر در سال) را دارد (میر لطفی و همکاران، ۱۳۹۱).

منطقه سیستان یکی از مناطق بادخیز در شرق ایران است. در واقع باد دارای سه ویژگی اصلی یعنی جهت، سرعت و فراوانی است. طبق برآوردی که از تعداد روزهای توأم با طوفان و گرد و خاک برای دوره‌ای ۱۰ ساله در سطح کشور به عمل آمده، منطقه سیستان با بیش از ۱۵۰۰ روز، بالاترین نسبت در سطح کشور به خود اختصاص داده است (فاضل‌نیا و همکاران، ۱۳۹۰). از آنجایی که نقل و انتقال ماسه، نتیجه و برآیند ویژگی‌های باد است، از این رو

هونگ و لین (۲۰۱۵) به بررسی تأثیر تغییر الگوی قرارگیری ساختمان‌ها در کنار یکدیگر (جانمایی) و نحوه چیدمان درخت‌ها در پیرامون آن‌ها بر آسایش اقلیمی عابران پیاده پرداخته‌است (شکل ۲). در این پژوهش ۴ بلوک محاط در میان درختان در ۶ حالت متفاوت نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند و شرایط پیرامونی آن‌ها از حیث رفتار باد ارزیابی شده است.

آهوچا و دالویی (۲۰۰۶)، به بررسی تأثیرات متقابل ایجاد گشودگی و پیلوتی در طبقه همکف ساختمان، وجود سکو در تراسز همکف، بیرون‌زدگی و تورفتگی‌های فضای ورودی و ایجاد گوشه‌های پخ در تراز همکف و رفتار باد و آسایش عابران پیاده در اطراف ساختمان می‌پردازد و راهکارهای مناسب به منظور تعدیل شرایط پیرامونی و تأمین آسایش اقلیمی عابران را معرفی می‌کند. سزوسز (۲۰۱۳) در یکی از پژوهش‌های اخیر، آسایش اقلیمی از منظر باد را در یکی از میدان‌های بازسازی شده ایرلند بررسی کرد. پس از جمع‌آوری داده‌های اقلیمی مربوط به شهر ویلین با مدل‌سازی مورفولوژی تأثیرگذار بر رفتار باد در محیط نرم‌افزار EnviMet، شرایط آسایش اقلیمی در میدان گرند کانال شهر بررسی، و نقاط خارج از محدوده آسایش معرفی شدند. در نهایت راه‌کارهای معمارانه‌ای برای بهبود شرایط موجود پیشنهاد و ارائه کرد.

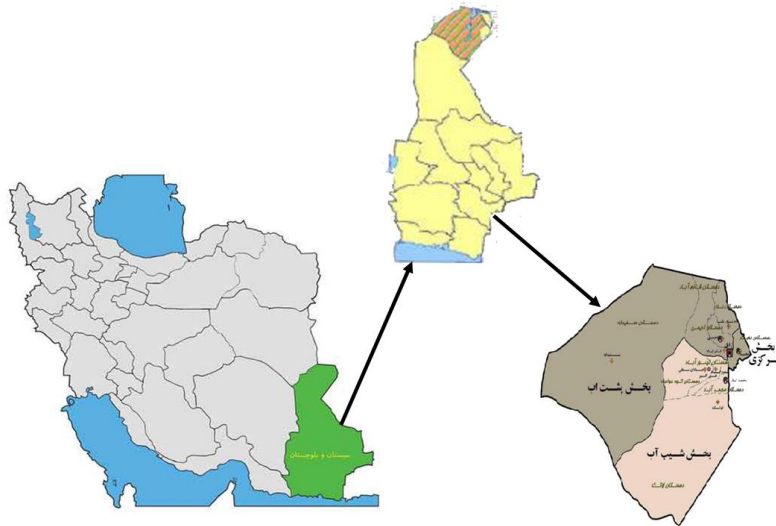
مستول و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ای تحت عنوان مدل‌سازی جریان هوا در قالب شهری علیه انباشت شن و ماسه (نمونه موردی: سالت در شهر تیمون در جنوب الجزایر) به مدل‌سازی جریان هوا مرتبط با بلاهای طبیعی مثل طوفان‌های شن پرداخته‌است و بیان می‌کند مورفولوژی ساخت ساختمان‌های شهری مثل نسبت ابعاد، هندسه ساخت و تراکم ساختمان بر کاهش سرعت باد و کم شدن شن و ماسه در اطراف ساختمان‌ها تأثیر دارد، روش تحقیق ترکیبی (پیمایشی-تحلیلی) است.

طاووسی و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با عنوان بررسی پارامترهای برداری باد و نقش آن در طوفان‌های گرد و غباری سیستان ایران به بررسی پارامترهای برداری باد سیستان از طریق بررسی مسیر طوفان‌های گرد و غباری

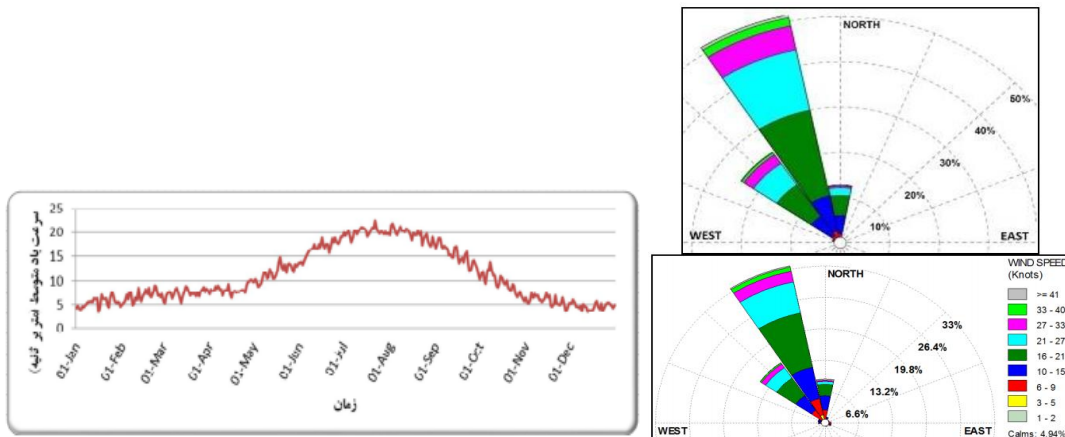
کیلومتر بر ساعت می‌رسد، بادهای فرساینده می‌وزند (فاضل‌نیا و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین این بادهای، سهمناک‌ترین باد ایران نامیده شده که سرعت وزش باد به ۱۲۰ کیلومتر در ساعت نیز می‌رسد. سرچشمه این باد از فلات پامیر و صحرای هرات بوده و از سرحد شرقی افغانستان وارد ایران می‌شود و معمولاً بیشترین وزش این بادهای در دوره گرم سال (از اردیبهشت ماه تا مرداد ماه) جریان پیدا می‌کند (شکل ۴). این باد سبب فرسایش شدید، و حرکت شن‌های روان می‌شود. در اثر این باد، تبخیر در همه جا به شدت صورت گرفته و ضمناً مقدار شوری خاک به طور نسبی بالا می‌رود (رفاهی، ۱۳۷۸).

محدوده مطالعه ارزیابی شد. اگرچه بادهای بسیار قوی دارای تداوم کم هستند، اما نقش اصلی و مؤثرتری در حمل ماسه ایفا می‌کنند (امیری و همکاران، ۱۳۹۵).

بر اساس مطالعات سازمان هواشناسی جهانی، بادهای با سرعت بیش از ۲۰ کیلومتر در ساعت فرساینده قلمداد می‌شود و بادهایی با سرعت کمتر، بدون نقش فرسایش خاک می‌باشد، همچنین بر اساس مطالعات سازمان هواشناسی جهانی بادهای با سرعت بیش از ۱۵ متر بر ثانیه (۳۰ نات) به عنوان طوفان شناخته می‌شوند (رفاهی، ۱۳۷۸). بنابراین می‌توان گفت در منطقه سیستان که سرعت وزش بادهای شمالی و شمال‌غربی در اغلب موارد بیش از ۱۵ کیلومتر در ساعت است و گاهی هم ۱۰۸ تا ۱۲۰



شکل ۳. موقعیت سیستان در کشور و استان



شکل ۴. گلباد دوره گرم (بالا) و سالانه (وسط) طی دوره آماری ۱۹۷۱-۲۰۱۰. میانگین سرعت باد طی دوره ۴۲ ساله ۱۹۷۱-۲۰۱۲ (پایین) منبع: حمیدیان پور و همکاران (۱۳۹۵).



شکل ۵. وضعیت کالبدی معابر عمود بر جهت باد در روستاها

باد برای تسهیل عبور شن و ماسه در حال حرکت باشد. که با بررسی پارامترهای شکل شهری (برای مثال: نسبت $E, h/D, H/D$ و h) ارزیابی می‌شود.

مواد و روش بررسی روش تحقیق

بعد از بررسی داده‌های آماری (سرعت و جهت باد) و مطابقت آن با آمار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک زابل، برای درک رفتار باد در قالب شهری، از دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) استفاده شد؛ شبیه‌سازی با نرم‌افزار Flow 3D انجام شد؛ چون درباره صحت نتایج حاصل از آن پژوهش‌های زیادی انجام شده است. در این نرم‌افزار مدل آشفتگی (k-standard) انتخاب شده است، این مدل بیشترین استفاده را برای شبیه‌سازی ویژگی‌های میانگین جریان را در شرایط جریان آشفته دارد. مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار ترسیم سه بعدی اتوکد صورت گرفت. و سپس در نرم‌افزار Flow 3D نوع سیال و تراکم پذیر بودن یا نبودن، و شرایط فیزیکی آن معین شد؛ مدل مورد نظر مش‌بندی شد شرایط مرزی و جهت جریان و سرعت آن مشخص شد و در نهایت خروجی‌های موردنظر از آن تحلیل شد.

بحث و نتایج

با توجه به ماهیت باد، مهم‌ترین عامل کنترل جریان هوا در مقیاس شهری، هندسه فضایی است. اما در کنار پارامترهای هندسی ساختمان واکنش سیال باد منطقه که حامل ذرات غبار است در برخورد با ساختمان ضروری است بعد از یافتن آستانه حرکت ذرات در برابر بادی که

خشکسالی پدیده غالب منطقه سیستان است؛ که نه تنها بر اوضاع جوامع زیستی (گیاهی - جانوری) بلکه بر محیط فیزیکی - کالبدی مناطق مسکونی شهری و روستایی نیز تأثیرات منفی فراوان داشته است. این تأثیرات در محیط‌های فیزیکی - کالبدی باعث ایجاد مسائل و مشکلات متعددی (انباشت ماسه‌های روان، خسارت به تأسیسات مناطق مسکونی و ...) می‌شود؛ که حل بسیاری از آن‌ها مستلزم صرف هزینه‌های کلان اقتصادی است (شکل ۵) (نگارش و لطیفی، ۱۳۸۸).

اگرچه در منطقه سیستان (به دلیل وجود بادهای ۱۲۰ روزه و از طرفی وجود خاک حساس به فرسایش بادی در این منطقه)، فرسایش بادی در گذشته نیز وجود داشته است؛ اما پس از وقوع خشکسالی به دلیل فراهم شدن شرایط، فرسایش بادی شدت یافته و طوفان‌های گرد و خاک شکل گرفته و به حداکثر شدت خود رسیده است (میری و همکاران، ۱۳۸۸). به نظر می‌رسد که علاوه بر مدیریت ناصحیح خشکسالی منطقه، مشکلاتی از قبیل جهت‌گیری نادرست شکل کالبدی ساختمان‌ها نسبت به بادهای مخرب و شکل نامناسب ساختمان‌ها مطابق با شرایط اقلیمی موجود و عدم کاشت گیاهان سازگار با اقلیم منطقه بر شدت این آسیب‌ها افزوده است.

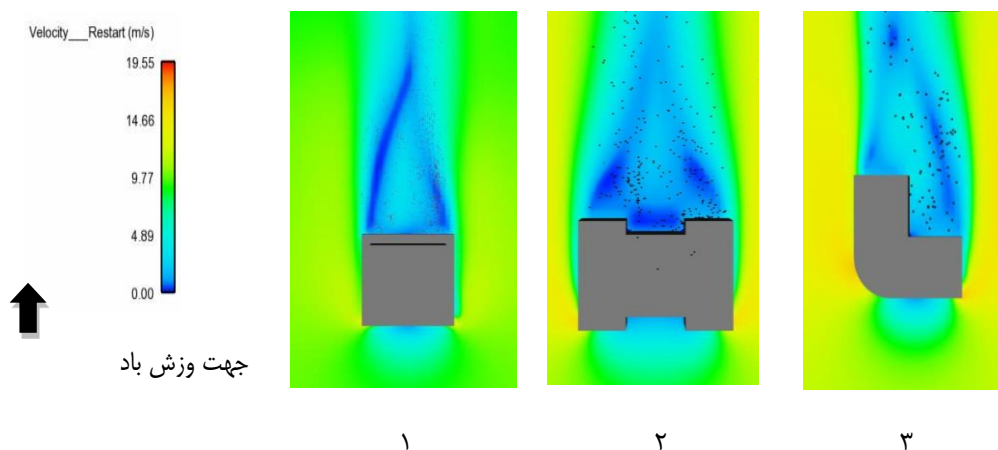
بنابراین با قبول این نکته که در سیستان بادهایی شدید حاوی گرد و خاک با قدرت بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در اغلب اوقات سال می‌وزند؛ این مقاله به دنبال آن است تا با تعریف نسبت‌های معین از نحوه قرارگیری ساختمان‌ها با استفاده از شبیه‌سازی جریان باد منطقه بر حرکت باد تأثیر بگذارد؛ این تأثیر می‌تواند از طریق مکانیزم آیرودینامیکی

کمترین سرعتی که باعث حرکت شن و ماسه می‌شود چند متر بر ثانیه است برای این منظور نخست شکل‌های مختلفی آزمایش شد. مدلسازی هریک از حجم‌ها در نرم‌افزار اتوکد انجام شد. محیط اطراف حجم با ابعادی حدود سه برابر عرض حجم، مش‌بندی^۱ شد. و بادی حاوی ذرات^۲ گرد و غبار با سرعت اولیه ۱۰ متر بر ثانیه (متناسب با کمترین مقدار میانگین سرعت در منطقه) برای سیال تعریف شد. نخست سه شکل شبیه‌سازی شدند و رفتار جریان باد در اطراف آن‌ها بررسی شد (شکل ۶).

دارای سرعت است، به بررسی پارامترهای هندسی فضا (انتخاب حجم بهینه، تمام فضاهای بین ساختمان‌ها، هر دو فاصله افقی، رابطه ساختمان با ارتفاع آن که با قرارگرفتن در معرض باد، محیط اطراف خود را تحت تأثیر قرار می‌دهد) پرداخته می‌شود.

یافتن آستانه حرکت ذرات در برابر باد

از طریق شبیه‌سازی CFD، نخست سعی خواهد شد به این نکته پی برده شود که دانه‌های شن و ماسه در چه سرعتی از باد همچنان محفوظ می‌مانند؛ و حرکت نمی‌کنند؛ یا



شکل ۶. نمای متوسط سرعت سیال و پراکندگی ذرات شن و ماسه در سرعت‌های مختلف

می‌شود و با توجه به سرعت اولیه زیاد باد، در حرکت چرخشی باد، ذرات با شدت به مرکز حجم برخورد و بیشترین انباشت در تورفتگی‌های پشت ساختمان به وجود می‌آید. بنابراین برای جلوگیری از این انباشت باید تناسبات و فرم هندسی شکل‌ها به گونه‌ای انتخاب شود که در تمام نقاط سرعت بالاتر از ۴ متر بر ثانیه ایجاد شود. از دو شکل باقی مانده، تناسبات فرم ۱ مورد پژوهش قرار گرفت زیرا ضلع پشت به باد آن مسطح است، کمترین مکان برای به دام انداختن ذرات، و کوتاه‌ترین منطقه دنباله را دارد. بر این اساس مکعبی با ابعاد ۸*۸*۴، که کمترین ارتباط با محیط بیرون را دارد انتخاب شد (شکل ۷).

از طرفی به ندرت می‌توان ساختمان منفردی طراحی کرد که مناطق ایرودینامیکی آن‌ها متأثر از ساخت‌وساز ساختمان‌های اطراف آن نباشد یا منطقه ایرودینامیکی

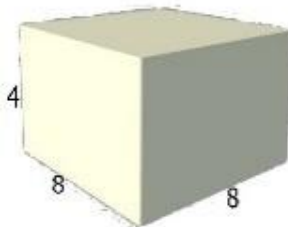
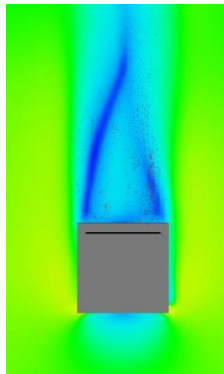
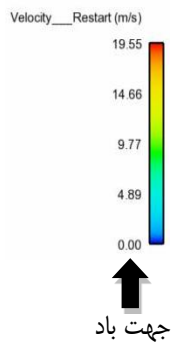
با توجه به راهنمای نقشه سرعت‌های پایین‌تر از ۴ متر بر ثانیه با ترکیبات رنگ آبی و بالاتر از ۴ متر بر ثانیه با رنگ‌های سبز و زرد و قرمز نشان داده شده است. در هر سه شکل مدلسازی شده در سرعت‌های پایین‌تر از ۴ متر بر ثانیه انباشت ذرات مشاهده می‌شود. (ذرات بزرگ‌نمایی شده‌اند)، بنابراین آستانه سرعت برای حرکت ذرات ۴ متر بر ثانیه در نظرگرفته می‌شود و در ادامه سعی می‌شود تا جانمایی و قرارگیری ساختمان‌ها به گونه‌ای صورت گیرد که سرعت در اطراف حجم از این مقدار بیشتر باشد.

انتخاب حجم بهینه

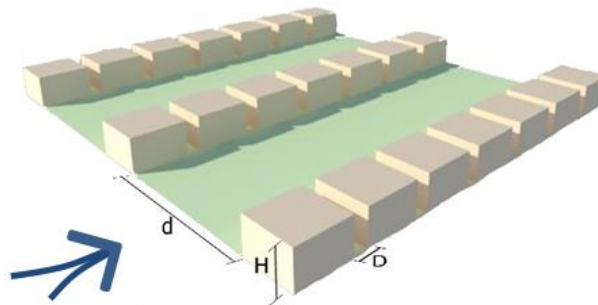
از میان مدل‌های شبیه‌سازی شده، در فرم شماره ۲ که شکستگی در جهت پشت به باد دارد بیشترین مقدار سرعت کمتر از ۴ متر بر ثانیه در نزدیکی ساختمان دیده

سرعت باد بیشتر از ۴ متر بر ثانیه و کاهش تجمعات شن و ماسه در نظر گرفته می‌شود

گونه‌های مختلفی از قرارگیری ساختمان‌ها برای کنترل اثر باد، مانند گونه ستونی، ردیفی، کنجی، حیاط مرکزی، خیابانی، قیفی، پلکانی و زیگوراتی وجود دارد. از آنجایی که گونه ردیفی گونه غالب برای چیدمان ساختمان‌ها است و به نظر می‌رسد این گونه کمترین انباشت ذرات شن و ماسه را داشته باشد؛ بنابراین این پژوهش در نظر دارد به بررسی پارامتر تأثیر گذار H/d و H/D برای کاهش انباشت بپردازد.



شکل ۷. نمایش سرعت حرکت باد در اطراف ساختمان (منبع: نگارندگان)



شکل ۸. نحوه قرارگیری ساختمان‌ها در گونه ردیفی در برابر باد

(به وجود آمدن تونل باد) در محدوده فاصله بین ردیف‌ها، باید از افزایش سرعت بیشتر از سرعت اولیه کاست یا از به وجود آمدن کاهش سرعتی که توانایی حمل ذرات را نداشته باشد جلوگیری کرد.

از آنجایی که اکثر ساختمان‌های این منطقه یک طبقه هستند، از این رو ارتفاع مدل‌ها ۴ متر و دیگر ابعاد آن‌ها با تناسبات ۱ به ۱ انتخاب، و در یک ردیف با فاصله‌های مختلف جانمایی و هر بار رفتار جریان باد بررسی می‌شود.

ساختمان‌های اطراف خود را تحت تأثیر قرار ندهند. بدین منظور آگاهی از رفتار باد در مجموعه ساختمانی ضروری به نظر می‌رسد. (رازجویان، ۱۳۸۶). بنابراین در محیط شهری تمام فضاها بین ساختمان‌ها، هر دو فاصله افقی، رابطه ساختمان با ارتفاع آن پارامترهایی است که با قرار گرفتن در معرض باد، سطح درپناه باد را از نظر توزیع فشار، متوسط سرعت و ... تحت تأثیر قرار می‌دهد (تودرت، ۲۰۰۰).

با توجه به هدف تحقیق که یافتن رابطه بین جانمایی ساختمان‌ها و کاهش تجمع ذرات است، نحوه درست چیدمان ساختمان را به عنوان راه‌کار اول برای افزایش

تعریف گونه ردیفی

منظور از گونه ردیفی این است که ساختمان‌ها پشت سرهم طراحی شوند و برای خیابان‌ها موازی با جهت جریان باد باشند.

پیدا کردن فاصله بین ردیف‌ها در گونه ردیفی

مقدار d

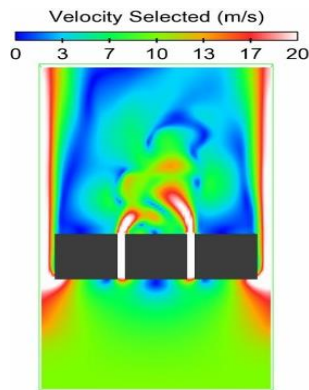
حال با توجه به این نکته که سرعت اولیه باد در منطقه بسیار زیاد است، برای جلوگیری از افزایش بی‌رویه سرعت

همانطور که مشاهده می‌شود در مدل ۱ سرعت در محدوده فاصله بین ردیف‌ها بسیار بیشتر از سرعت اولیه است و بیشتر از ۲۰ متر بر ثانیه را نشان می‌دهد در مدل ۲ فاصله به ۶ متر افزایش پیدا کرده است و سرعت در بازه ۱۲ تا ۱۶ متر بر ثانیه است که باز بیشتر از سرعت اولیه است اما در مدل ۳ با فاصله ۱۲ متر سرعت بین ۱۰ تا ۱۳ متر بر ثانیه است.

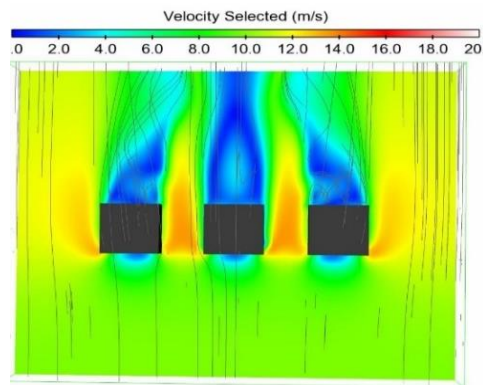
با توجه به این نکته که سرعت متوسط سالیانه باد در این منطقه ۱۰ متر بر ثانیه است و این سرعت بیشتر از محدوده آسایش (۲ تا ۶ متر بر ثانیه) است. هدف این است که فاصله بین ردیف‌ها به گونه‌ای انتخاب شود که باعث افزایش سرعت اولیه باد نشود. از این رو برای مشاهده رفتار باد در اطراف حجم، مش‌بندی با ابعاد سه برابر عرض حجم صورت می‌گیرد و ابعاد هر یک از حجم‌ها متناسب با جدول زیر مدل‌سازی می‌شود.

جدول ۱. یافتن مقدار مناسب d با ثابت نگهداشتن دیگر متغیرها

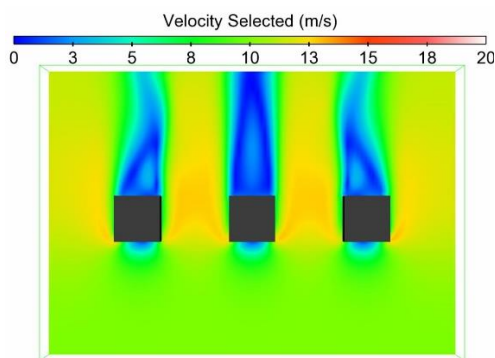
مدل‌ها	ارتفاع حجم H	عرض حجم L	فاصله بین ردیف‌ها d	نسبت محصوریت h/d
۱	۴	۸	۱	۴
۲	۴	۸	۶	۰/۶۶
۳	۴	۸	۱۲	۰/۳۳
۴	۴	۸	۱۸	۰/۲۲



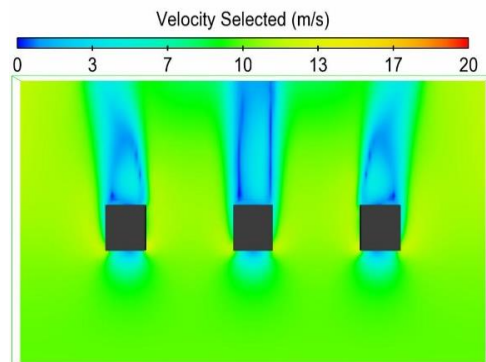
مدل ۱



مدل ۲



مدل ۳



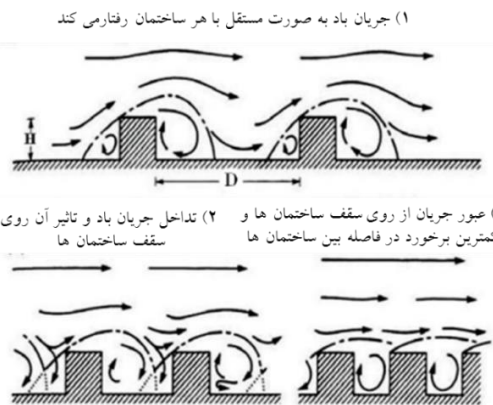
مدل ۴

شکل ۹. شبیه‌سازی جریان هوا در بین ساختمان‌ها در یک ردیف

ایجاد می‌کند. بنابراین سرعت اولیه برخورد باد به ساختمان بعدی به موقعیت قرارگیری آن ساختمان نسبت به ساختمان قبلی بستگی دارد. بر این اساس علاوه بر ابعاد یک ساختمان و فاصله بین ردیف‌ها، فاصله قرارگیری ساختمان‌ها در هر ستون از ردیف نیز اهمیت می‌یابد.

با توجه به اینکه فاصله بین ردیف‌ها مشخص شده است (قسمت قبلی)، این بار به پیدا کردن فاصله مناسب بین ساختمان‌ها در یک ستون پشت سر هم پرداخته می‌شود و بهترین فاصله با توجه به ویژگی‌های باد منطقه مورد مطالعه، انتخاب می‌شود.

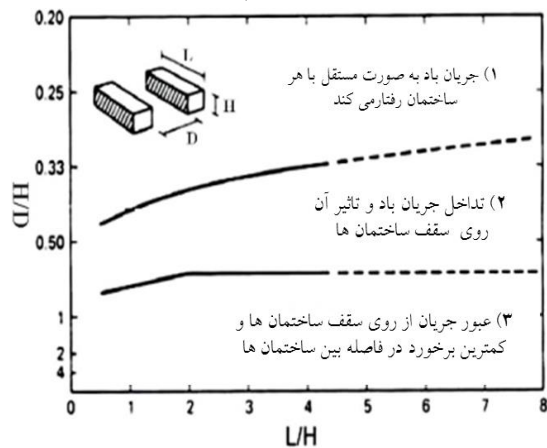
مطالعات (Nakamura and Oke, 1988; Santamouris et al., 1999) نشان می‌دهد زمانی که تراکم ساختمان‌ها در یک ستون از ردیف وجود داشته باشد؛ تناسب H به D و L به D ، ۳ حالت از رفتار جریان باد را به وجود می‌آورد (شکل ۱۰).



بنابراین هرچه مقدار d افزایش می‌یابد سرعت باد در فاصله بین ساختمان‌ها در یک ردیف کاهش می‌یابد به طوری که در مدل ۴ مجاورت ساختمان‌ها در ردیف تأثیر چندانی بر رفتار باد نداشته است و تنها هر ساختمان به عنوان مانعی در نظر گرفته شده است. بنابراین در این پژوهش مدل ۳ با مقدار d برابر با ۱۲ متر که آستانه افزایش سرعت است انتخاب می‌شود و با توجه به ارتفاع ۴ متر که برای همه مدل‌ها ثابت فرض شده است. نسبت محصوریت بین ردیف‌ها $H/d=0/33$ مقدار بهینه است.

پیدا کردن ارتفاع و فاصله مناسب بین ساختمان‌ها در هر ستون از یک ردیف (D)

طبق شبیه‌سازی انجام شده (شکل ۹) مشاهده می‌شود؛ که با نزدیک شدن سیال به حجم از سرعت باد کاسته می‌شود؛ تا جایی که با رسیدن سیال به حجم سرعت به صفر می‌رسد؛ و دوباره با گذر از حجم، منطقه‌ی دنباله‌ای را



شکل ۱۰. راست: الگوی مسلط سیال باد در رابطه با تغییر تناسب مقطع شهری (Oke 1988)، چپ: ۳ حالت از جریان باد در فاصله بین ساختمان‌ها (Hosker, 1985)

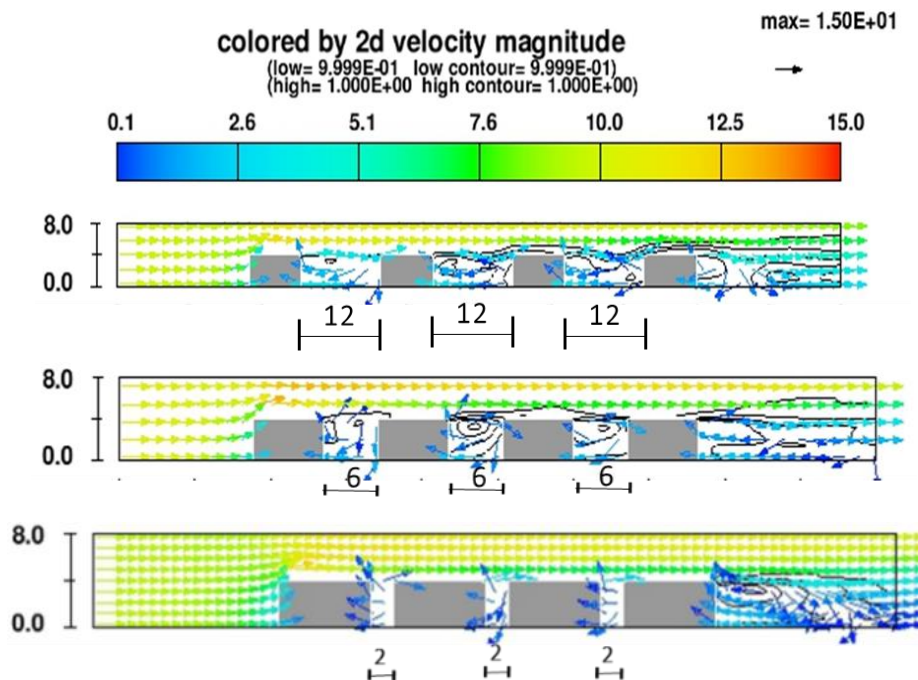
صورت می‌گیرد. در هر مرحله می‌توان با تغییرات D یا H شبیه‌سازی انجام شود. در حالت نخست، با ثابت نگه داشتن مقدار H (ارتفاع ساختمان‌ها) مقدار D (فاصله بین ساختمان‌ها) تغییر داده شده است (جدول ۲).

انتظار می‌رود نتایج حاصل از هر مدل در دو حالت اول و دوم مطابق شکل ۱۰ مشابه باشد. زیرا نسبت H/D به ازای مدل i در هر دو حالت یکسان است.

تناسبات مقطع طولی ساختمان‌های شهری در هریک از سه حالت گفته شده در شکل بالا آمده است. حال با توجه به حالت‌های ایجاد شده جریان باد با تناسبات مختلف ساختمان‌ها در مقطع طولی شهری، شبیه‌سازی دیگری برای اثبات حالت‌های تعریف شده انجام می‌شود که در آن مقدار L ثابت و برابر ۸ متر در نظر گرفته شده است و شبیه‌سازی با تغییرات نسبت H/D در سه بازه قرارگیری در نمودار بالا

جدول ۲. حالت نخست. تغییر D با ثابت نگهداشتن دیگر متغیرها

مدل‌ها	ارتفاع حجم H	عرض حجم L	فاصله ساختمان‌ها D	میزان محصوریت H/D
۱	۴	۸	۱۲	۰/۳۳
۲	۴	۸	۶	۰/۶۶
۳	۴	۸	۲	۲

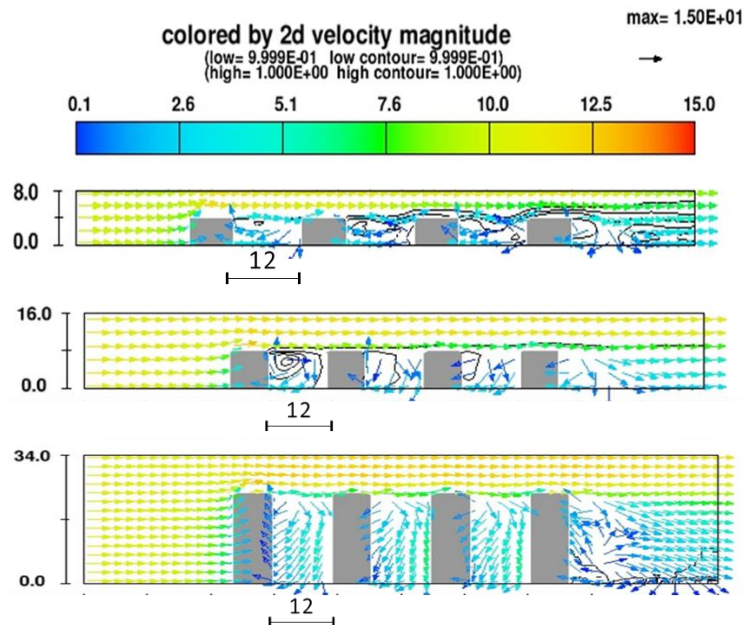


شکل ۱۱. اندازه بزرگی سرعت و جهت جریان باد، بالا، مدل ۱. نسبت $H/D = 0/33$ وسط: مدل ۲. نسبت $H/D = 0/66$ پایین: مدل ۳. نسبت $H/D = 2$

حالت دوم: در این حالت فاصله بین ساختمان‌ها (D) ثابت در نظر گرفته شده است و این بار ارتفاع ساختمان (H) تغییر داده شد.

جدول ۳. حالت دوم. تغییر H با ثابت نگهداشتن سایر متغیرها

مدل‌ها	ارتفاع حجم H	عرض حجم N	فاصله ساختمان‌ها D	میزان محصوریت H/D
۱	۴	۸	۱۲	۰/۳۳
۲	۸	۸	۱۲	۰/۶۶
۳	۲۴	۸	۱۲	۲



شکل ۱۲. اندازه بزرگی سرعت و جهت جریان باد، بالا، مدل ۱. نسبت $H/D=0/33$ وسط: مدل ۲. نسبت $H/D=0/66$ پایین:

مدل ۳. نسبت $H/D=2$

همچنین به منظور بررسی فاصله مناسب بین ساختمان‌ها، سه مدل شبیه‌سازی شده در حالت نخست، با یکدیگر مقایسه می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که مدل سوم که تناسب آن در ردیف سوم جدول یک ارائه شده، با کمترین جریان ورودی بین ساختمان‌ها و بیشترین جریان باد عبوری از بالای آن‌ها شرایط بهتری دارد. از این رو هر چه فاصله بین ساختمان‌ها کمتر باشد آثار مخرب باد کم‌تر است. از آنجایی که سیال باد در منطقه مورد مطالعه به نسبت زیادی دارای آلودگی است بنابراین پیشنهاد می‌شود تا ساختمان‌ها بدون فاصله و چسبیده به هم طراحی شوند تا سطح کمتری از ساختمان در تماس مستقیم با جریان باد قرار گیرد و در عین حال نزدیک‌تر به چیدمان ساختمان‌ها در منطقه شهری است.

اما بعد از پیدا کردن بهترین میزان از محصوریت نسبت H/D و H/d برای کاهش انباشت ذرات و مداخله باد بین ساختمان‌ها، همچنان در منطقه سایه باد این حجم‌ها نیز سرعت‌های پایین‌تر از ۴ متر بر ثانیه مشاهده می‌شود. از این رو باید راهکار دیگری نیز به منظور افزایش سرعت باد برای کاهش تجمع ذرات تعیین شود. بنابراین باید تغییراتی در حجم ساختمان نیز صورت گیرد تا سرعت افزایش یابد.

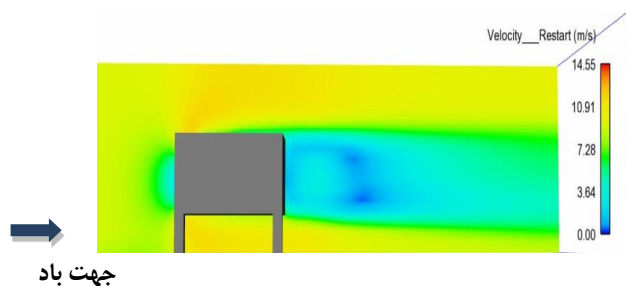
شبیه‌سازی جریان باد در دو حالت (حالت اول و دوم) با سه مدل از تناسبات ساختمان‌ها که باد به صورت عمودی به آن‌ها می‌وزد (موازی با ردیف‌ها)، انجام شد و در حالی که انتظار می‌رفت شبیه‌سازی‌ها در حالت اول و دوم در نسبت‌های معین نتایج کاملاً مشابهی را نشان دهد اما در تمام موارد این گونه نبود. مدل یک در حالت اول و دوم یکسان است. در مدل دوم، که اثر جریان باد در برخورد با ساختمان‌ها برگشت و تداخل دارد، در حالت اول و دوم اندازه بزرگی سرعت و جهت جریان باد تقریباً نزدیک به هم می‌باشد. در مدل سوم با توجه به نمودار ارائه شده در شکل ۱۰، باد کمترین تداخل در بین ساختمان‌ها را دارد و بیشتر جریان باد از روی سقف ساختمان‌ها عبور می‌کند. از این رو مدل سوم نتایج بهتری می‌دهد. از مقایسه مدل سوم در حالت اول و دوم این نکته یافت می‌شود که سرعت باد بین ساختمان‌ها متفاوت است به طوری که با افزایش ارتفاع ساختمان سرعت باد بین ساختمان‌ها نیز افزایش می‌یابد. بنابراین مدل سوم در حالت نخست که ارتفاع کمتری دارد انتخاب می‌شود. از این رو به منظور کاهش اثرات مخرب باد، ساخت ساختمان‌ها با ارتفاع کمتر پیشنهاد می‌شود.

فاصله بهینه از زمین (مقدار h)

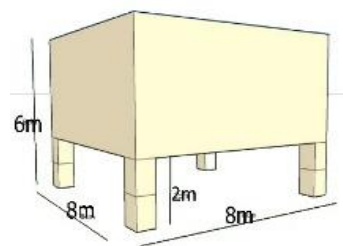
راه کارهای زیادی برای کنترل رفتار باد در اطراف ساختمان‌ها وجود دارد از جمله تغییر فرم ساختمان‌ها چیدمان آن‌ها، نوسان ارتفاع ساختمان‌ها و ... اما در این پژوهش هدف افزایش سرعت در محدوده‌ای نزدیک به زمین است. علت گزینش این هدف کاهش تجمع ذرات شن و ماسه و آسیب‌های وارده به ساختمان در اثر بادهای ۱۲۰ روزه است. برای این منظور فاصله از زمین، راه‌حلی دیگر برای افزایش سرعت باد و کاهش تجمعات شن و ماسه در نظر گرفته شد. بر این مبنا حجمی با تناسبات شکل زیر مدل‌سازی شده و با سرعت اولیه ۱۰ متر بر ثانیه در برابر باد قرار گرفت.

با توجه به هدف تحقیق که یافتن رابطه بین فاصله بنا از زمین، حداکثر طول برای مجموعه شهری، محصوریت بین ساختمان‌ها برای کنترل سرعت باد است، بعد از پیدا کردن میزان محصوریت بین ساختمان‌ها لازم است متغیر فاصله از زمین نیز سنجیده شود. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که با فاصله گرفتن ساختمان از زمین و ایجاد شرایطی برای عبور جریان باد از زیر ساختمان سرعت در منطقه نزدیک به زمین

افزایش یافته است (شکل ۱۳ سمت چپ). این نکته مثبتی برای حل مساله می‌باشد اما این سرعت بسیار بیشتر از حداکثر سرعت مورد نیاز در زیر ساختمان‌ها است. بنابراین ضروری است تا مقدار مناسب h با توجه به سرعت اولیه باد منطقه به دست آید برای این منظور در ادامه با ثابت در نظر گرفتن موارد به دست آمده از قسمت قبل (مقدار بهینه فاصله بین ساختمان‌ها در یک ردیف برابر با ۱۲ متر و فاصله بین ساختمان‌ها در یک ستون چسبیده به هم) چیدمان ساختمان‌ها در کنار هم در گونه ردیفی صورت می‌گیرد و این بار متغیر فاصله از زمین یعنی مقدار h و به تبع آن طول کلی ساختمان‌ها (E) با افزایش تعداد ساختمان‌ها به دست می‌آید. بنابراین شبیه‌سازی در این مورد با در نظر گرفتن مش بندی ۲ برابر طول حجم در قسمت ورودی و خروجی جریان سیال و با سرعت اولیه ۱۰ متر بر ثانیه انجام می‌شود همان‌طور که گفته شد هدف پیدا کردن مقدار بهینه h و E است به گونه‌ای که سرعت در محدوده نزدیک به زمین از ۴ متر بر ثانیه کمتر نشود.



جهت باد



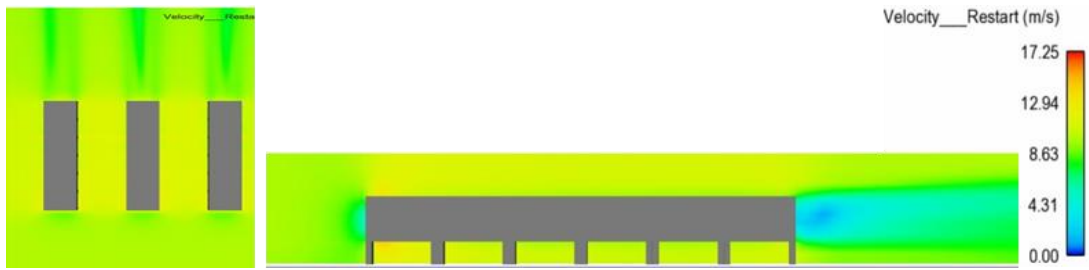
شکل ۱۳. سمت راست تناسبات حجمی شکل شبیه‌سازی شده، سمت چپ: شبیه سازی سرعت حرکت باد در اطراف ساختمان با پیلوت.

جدول ۳. ویژگی مدل‌های تست شده

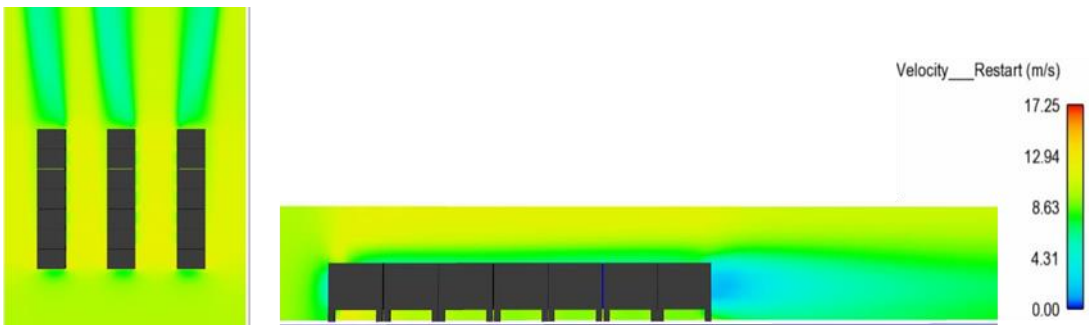
مدل‌ها	ارتفاع حجم H	عرض حجم n	فاصله بین ردیف‌ها $b=3H$	تعداد در هر ردیف M	طول کلی ساختمان‌ها E	فاصله از زمین h
۱	۴	۸	۱۲	۶	۴۸	۲
۲	۴	۸	۱۲	۷	۵۶	۱
۳	۴	۸	۱۲	۹	۷۲	۱
۴	۴	۸	۱۲	۱۰	۸۰	۱

(ماخذ: نگارندگان)

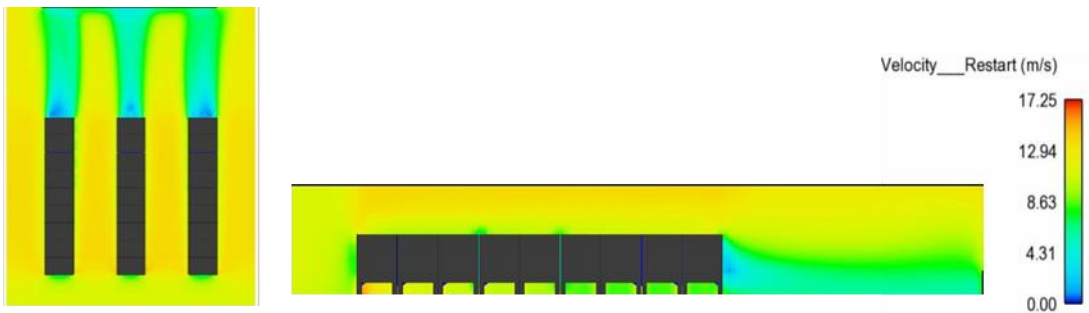
مدل ۱



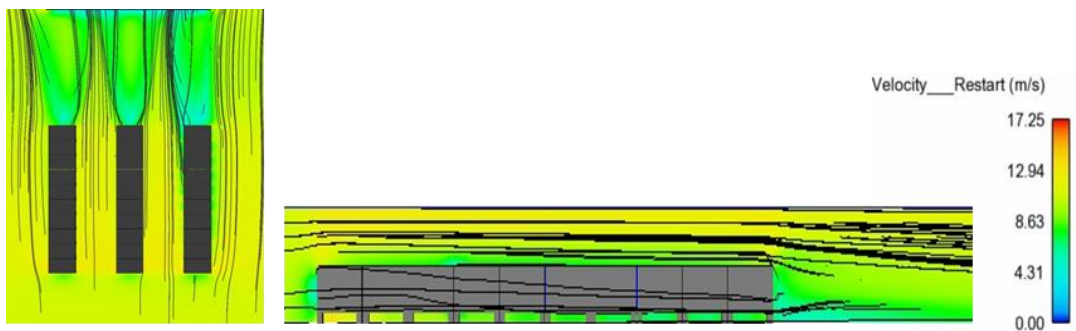
مدل ۲



مدل ۳



مدل ۴



شکل ۱۴. پلان و نمای شبیه‌سازی سرعت باد در سه مدل شهری.

فاصله از زمین را به مقدار ۱ متر بر ثانیه کاهش داده شده‌است و مقدار طول کلی ساختمان‌ها ۵۶ متر در نظر گرفته شده‌است که باز مشاهده می‌شود در تمام محدوده

در مدل ۱ با فاصله ۲ متر از زمین و طول کلی ۴۸ متر سرعت در محدوده زیر ساختمان‌ها و نزدیک به زمین بسیار بیشتر از ۴ متر بر ثانیه است. بنابراین در مدل دوم

یک ردیف و در یک ستون از هر ردیف نسبت به باد بررسی شد. با توجه به شبیه‌سازی‌ها، نتایج حاصل شد که نشان می‌دهد برای رسیدن به کمترین میزان انباشت باید فاصله بین ساختمان‌ها در یک ردیف به اندازه ۳ برابر ارتفاع ساختمان‌ها باشد که در این پژوهش با دیگر ابعاد تعریف شده، ۱۲ متر در نظر گرفته شد تا سرعتش بیش از سرعت اولیه نشود و برای کمترین میزان تداخل باد، ساختمان‌ها چسبیده به هم در هرستون از یک ردیف انتخاب شدند و همچنین با توجه به این نکته که با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها سرعت باد بین آن‌ها افزایش می‌یابد، پیشنهاد شد که ساختمان‌ها با ارتفاع کمتری ساخته شوند. بنابراین در این پژوهش مقدار مناسب محصوریت در بین ردیف‌ها $H/d=0/33$ و این مقدار برای D کمترین مقدار ممکن انتخاب شد.

از آنجایی که شن و ماسه بیشتر در نزدیک سطح زمین وجود دارند و در هنگام باد نیز به علت سنگینی، زیاد از زمین فاصله نمی‌گیرند، از این رو بررسی جریان هوا در محل اتصال زمین به ساختمان در موارد مختلف نیز آزمایش شد و رفتار جریان هوا در اطراف ساختمان منفرد (روی زمین و با فاصله ۱ متر از زمین و با فاصله ۲ متر از زمین) شبیه‌سازی شد و این نتیجه حاصل شد که در اطراف ساختمان‌های روی زمین با کاهش سرعت باد، در مرز اتصال زمین به ساختمان سرعت به صفر می‌رسد در حالی که ساختمان روی پیلوت افزایش سرعت باد در تمام نقاط ساختمان نزدیک به زمین را به همراه دارد. بنابراین فاصله از زمین نیز به عنوان معیار بعدی برای کاهش رکود شن و ماسه در نظر گرفته شد. در ادامه با در نظر گرفتن این دو مقوله (فاصله از زمین و سرعت بالاتر از ۲ تا ۴ متر بر ثانیه) شبیه‌سازی‌ها گسترش پیدا کرد و از آنجایی که شکل مجموعه ساختمان‌ها بر رفتار آیرودینامیکی باد تأثیر می‌گذارد و بالعکس ساختمان‌ها در ردیف‌هایی کنار هم مدلسازی شدند و هدف پیدا کردن مقدار E (طول بلوک شهری) و همچنین پیدا کردن کمترین مقدار فاصله از زمین

زیر ساختمان سرعت از ۸ متر بر ثانیه کمتر نشده است و می‌توان به تعداد ساختمان‌ها افزود. اما در مدل‌های بعدی مقدار h به کمتر از ۱ متر کاهش داده نشده است چون ممکن است عوامل خارجی دیگری جلوی حرکت باد را بگیرند ولی می‌توان تعداد ساختمان‌ها را افزایش داد. در مدل ۳ طول کلی ساختمان‌ها ۷۲ متر در نظر گرفته شد؛ اما با توجه به اینکه سرعت در محدوده زیر ساختمان‌ها همچنان زیاد است می‌توان تعداد ساختمان‌ها را اضافه کرد، در مدل ۴ که طول کلی ساختمان‌ها ۸۰ متر در نظر گرفته شده است سرعت باد در خروج از آخرین ساختمان در محدوده نزدیک به زمین آغاز کاهش سرعت را نشان می‌دهد. بنابراین به طول کلی ۸۰ متر از ساختمان و به فاصله ۱ متر از زمین اکتفا می‌شود.

نتیجه‌گیری

خشکسالی سال‌های متمادی در سیستان مشکلات کالبدی زیادی ایجاد کرده‌است و در تجربه بومی کوچه‌ها و خیابان‌هایی که عمود بر جهت باد ایجاد شده‌اند باعث انباشت شن و ماسه در معابر شده‌اند. این مشکل به‌طور مستقیم بر آسایش اقلیمی تأثیر گذاشته‌است. از این رو این پژوهش با ایجاد بهترین جانمایی و شکل مناسب هندسی ساختمان‌ها در گونه ردیفی به دنبال راهکارهایی برای کاهش این انباشت است. برای این منظور نخست شبیه‌سازی برای یافتن سرعت آستانه برای جهش ذرات شن و ماسه انجام شد و این نتیجه حاصل شد که باد ذرات شن و ماسه در سرعت‌های بالاتر از ۲ تا ۴ متر بر ثانیه را با خود حمل می‌کند و قادر به حرکت آن‌ها است. بنابراین برای اجتناب از انباشت و روی هم قرار گرفتن شن و ماسه سرعت نباید از ۲ متر بر ثانیه کمتر شود.

و با توجه به مطالعه سایه باد احجام، این نتیجه حاصل شد، حجمی که در منطقه سایه باد خود شکستگی نداشته و مسطح باشد، کمترین برخورد با باد و انباشت ذرات را دارد. در ادامه، میزان محصوریت و فاصله ساختمان‌ها در

مگر این که تمهیداتی برای کاهش سرعت قبل از رسیدن به مجموعه انجام شود یا چیدمان دیگری برای ساختمان‌ها در نظر گرفته شود.

توضیحات

Knots یکی از واحدهای اندازه‌گیری سرعت است که با تقسیم آن بر $1/943$ مقدار سرعت به متر بر ثانیه به دست می‌آید

پی‌نوشت‌ها

- 1- partiel
- 2- fluid

(h) برای رسیدن به سرعت بالای ۴ متر بر ثانیه و در نتیجه کاهش رکود شن و ماسه بود.

بنابراین ساختمان‌ها با میزان محصوریت حاصل شده از قسمت قبل با فاصله از زمین در ۴ مدل شبیه‌سازی شدند که این نتیجه حاصل شد که بیشترین طول شهری زمانی که ساختمان‌ها ۱ متر از زمین فاصله داشته باشند ۸۰ متر است و این بهینه‌ترین مقدار برای رسیدن سرعت باد برای حرکت شن و ماسه و کاهش رکود آن در محدوده ساختمان‌ها است همچنین زمانی که ۲ متر از زمین فاصله داشته باشد طول شهری بیشتر از این مقدار است. اما در مواقعی که سرعت باد در منطقه به بیشترین اندازه خود برسد، سرعت بین ردیف ساختمان‌ها بسیار زیاد می‌شود و دیگر مهار آن برای رسیدن به حداقل ممکن میسر نیست.

منابع

- امیری، ن. حسین زاده، ر. و خسرو شاه‌آبادی، ر. ۱۳۹۵. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۷(۲۷): ۲۳-۳۵.
- حمیدیان پور، م. مفیدی، ع. و سلیقه، م. ۱۳۹۵. تحلیل ماهیت و ساختار باد سیستان، مجله ژئوفیزیک ایران، ۱۰(۲): ۸۳-۱۰۹.
- حیدری‌نسب، م. ۱۳۸۶. نقش باد در ایجاد لند فرم‌های بادی منطقه سیستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- رازجویان، م. ۱۳۸۶. آسایش در پناه باد، تهران: دانشگاه شهید بهشتی مرکز چاپ و انتشارات، چاپ دوم.
- رفاهی، ح. ۱۳۷۸. فرسایش بادی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.
- طاوسی، ت. و رئیس‌پور، ک. ۱۳۸۹. تحلیل آماری و پیش‌بینی احتمال وقوع طوفان‌های شدید با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سری‌های جزئی (مطالعه موردی: منطقه سیستان) مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۲: ۹۳-۱۰۵.
- طاوسی، ت. سلیقه، م. صفرزایی، ن. ۱۳۹۱. بررسی پارامترهای برداری باد و نقش آن در طوفان‌های گرد و غباری سیستان ایران، جغرافیا و پایداری محیط، ۲: ۱۹-۳۰.
- فاضل نیا، غ. کیانی، ا. خسروی، م. بندانی، م. ۱۳۹۰، بررسی انطباق الگوی بومی توسعه کالبدی - فیزیکی روستای تمبک‌شهرستان زابل با جهت حرکت طوفان‌های شن و ماسه، مسکن و محیط روستا، ش، ۱۳۶: ۳-۱۶.
- فیاض، م. ۱۳۸۴. بررسی منشاء طوفان‌های ماسه‌ای دشت سیستان با استفاده از اطلاعات دورسنجی، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۲(۱): ۱-۱۱.
- میرلطیفی، م. توکلی، م. بندانی، م. ۱۳۹۱. بررسی تطبیقی وضعیت استقرار جهات جغرافیایی مسکن روستایی و مصرف انرژی در منطقه سیستان، مسکن و محیط روستا، ۱۳۸: ۳۹-۵۲.
- میری، ع. احمدی، ح. اختصاصی، م. پهلوان‌نوری، ا. ۱۳۸۸. تشدید فرسایش بادی در نتیجه وقوع خشکسالی در شهرستان زابل، جنگل و مرتع، ۴: ۴۷-۸۱.

نگارش، ح. و لطیفی، ل. ۱۳۸۸. بررسی خسارت‌های ناشی از حرکت ماسه‌های روان در شرق زابل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۶۷: ۷۳-۸۷.

Ahuja, A. and Dalui, S. 2006. Gupta V, unpleasant pedestrian wind conditions around building, Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing), 7:147- 154.

Ali-Toudert, F. 2000. Intégration de la dimension climatique en urbanisme. Mémoire de Magister, EPAU, Alger.

Hong, B. and Lin, B. 2015. Numerical studies of the outdoor wind environment and thermal comfort at pedestrian level in housing blocks with different building layout patterns and trees arrangement, Renewable Energy Journal., 73: 18-27.

Hosker, R. P. 1985. Flow around isolated structures and building clusters: a review. ASHRAE Trans;(United States), 91(CONF-850606).

Mestoul, D., Rafik, B. and Luc A. 2016. Modeling airflow in urban form against sand accumulation: a case of saltation in the town of timimoun in southern algeria, International Journal of Architecture and Urban Development., 6(2):43-48.

Oke, T.R. 1988. The urban energy balance. Progress in Physical geography., 12(4):471-508.

Szucs, A. 2013. Wind comfort in a public urban space-Case study within Dublin Docklands, Frontiers of Architectural Research., 2:50-66.

Yang, A.; Wen, C.; Wu, Y.; Juan, Y. and Su, Y. 2013. Wind field analysis for a high-rise residential building layout in danhai, Taiwan, Proceedings of the World Congress on Engineering, London., 843-848.