محیط‌شناسی، دورهٔ ٤٤، شمارهٔ ٤، زمستان ۱۳۹۷، صفحهٔ ۷۹۸-۷۸۳

قرارگیری بهینهٔ گونهٔ ردیفی ساختمان‌ها در مناطق‌مسکونی به‌منظور کاهش انباشت ذرات شن و ماسه متأثر از بادهای ۱۲۰ روزهٔ سیستان

سعیده خاکسفیدی[۱]، بهزاد وثیق[۲]*، محسن تابان[۳]

۱. کارشناسی ارشد معماری دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول saeidekh@jsu.ac.ir

۲. استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول

۳. استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول mhsntaban@yahoo.com

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰٤/۰۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۱۵

چکیده

با خشک‌شدن دریاچهٔ هامون خاصیت فرسایش بادهای۱۲۰ روزه در سیستان افزایش یافته‌است. با توجه به شدت این بادها 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 بادها کمک کند.

این مقاله بر شبیه‌سازی جریان هوا مرتبط با طوفان‌های شن و ماسه، با مطالعهٔ نحوهٔ قرارگیری ساختمان‌ها می‌پردازد و هدف آن پی بردن به این نکته است که چه نوع جانمایی از ساختمان‌ها در گونهٔ ردیفی می‌تواند عبور شن و ماسه را تسهیل کند و تا آنجا که ممکن است رکود شن و ماسه در منطقه ساختمان را کاهش‌دهد. 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. رابطهٔ 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 درنظرگرفتن مقادیر مناسب این پارامترها کمک کند.

کلیدواژه

بادهای ۱۲۰ روزه، رکود شن و ماسه ، سیستان، شبیه سازی CFD

سرآغاز

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 خطرها موجب تخریب منابع درآمدی مردم شده؛ امکانات زیستی و مراکز فعالیتی آنان را از بین می‌برند. این امر به آسیب‌های اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی می‌انجامد. مخاطرات طبیعی اصولاً به تغییراتی اطلاق می‌شود که در شرایط زیست‌محیطی رخ می‌دهند و سبب گسسته شدن روند زندگی طبیعی مردم و قرارگرفتن آن‌ها در معرض عناصر و عوامل خطرناک و تخریب‌زای محیط می‌شوند (فاضل‌نیا و همکاران ،۱۳۹۰). از جمله این مخاطرات طبیعی در منطقهٔ 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 رسوب‌های بادی اختصاص می‌یابد(فیاض،۱۳۸۴).

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

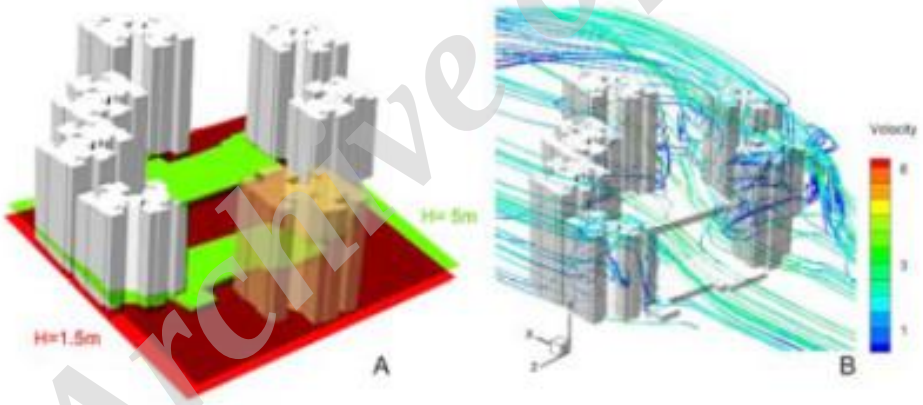
* نویسنده مسئول: Email: vasiq@jsu.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

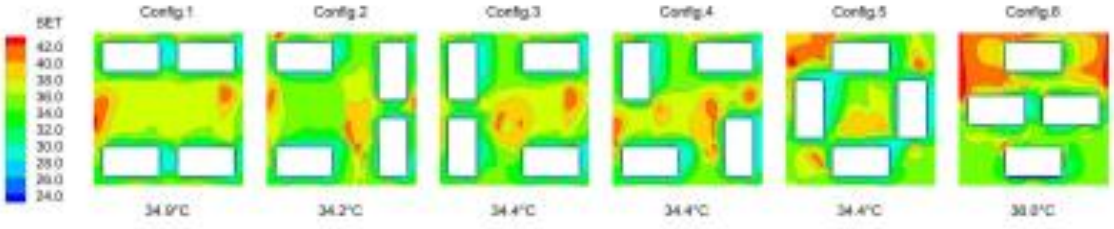
از مشکلات دیگر فرسایش بادی و هجوم ماسه‌های روان می‌توان به ایجاد غبارهای شدید و آلودگی هوا، کاهش سلامت و بهداشت عمومی، کاهش سیستم ایمنی بدن در مقابل بیماری‌ها، از بین رفتن بافت ریه، افزایش آسم کودکان، تهدید سیستم‌های الکترونیک حساس و انتقال نیرو، ایجاد خسارت به اراضی کشاورزی، دامداران، سکونتگاه‌های روستایی، جاده‌ها و افزایش تصادف‌ها اشاره کرد (مستول و همکاران ۲۰۱۵). مسئلهٔ 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)، 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 منطقهٔ دانهای تایوان پرداخته است (شکل ۱). تا رفتار باد و میزان تهویهٔ 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.



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

منبع:Yang et al.,2013



شکل۲. تغییر شرایط آسایش اقلیمی پیرامونی ساختمان‌های بلند از طریق تغییر ساختار مجموعه و موقعیت ساختمان‌ها نسبت به یکدیگر،

منبع: Hong and Lin,2015

Archive of SID
www.SID.ir

هونگ و لین (۲۰۱۵) بـه بررسـی تـأثیر تغییـر الگـوی قرارگیری ساختمان‌ها در کنار یکدیگر (جانمـایی) و نحـوه چیدمان درخت‌هـا در پیرامـون آن‌هـا بـر آسـایش اقلیمـی عابران پیاده پرداختـه‌اسـت (شـکل ۲). در ایـن پـژوهش ۴ بلوک محاط در میان درختان در ۶ حالت متفاوت نسبت به یکدیگر قرارگرفته‌انـد و شـرایط پیرامـونی آن‌هـا از حیـث رفتار باد ارزیابی شده است.

آهوجا و دالویی (۲۰۰۶)، بـه بررسـی تـأثیرات متقابـل ایجاد گشودگی و پیلوتی در طبقهٔ همکف ساختمان، وجود سکو در تراسز همکف، بیرون‌زدگی و تورفتگی‌های فضای ورودی و ایجاد گوشه‌های پخ در تراز همکف و رفتـار بـاد و آسایش عابران پیـاده در اطـراف سـاختمان مـی‌پـردازد و راهکارهای مناسب بـه‌منظـور تعـدیل شـرایط پیرامـونی و تأمین آسایش اقلیمی عـابران را معرفـی مـی‌کنـد. سزوسـز (۲۰۱۳) در یکی از پـژوهش‌هـای اخیر،آسـایش اقلیمـی از منظر باد را در یکـی از میـدان‌هـای بازسـازی شـدهٔ ایرلنـد بررسی کرد. پس از جمع‌آوری داده‌های اقلیمی مربـوط بـه شهر وبلین با مدل‌سازی مورفولوژی تأثیرگذار بر رفتار بـاد در محیط نرم‌افـزار Envimet، شـرایط آسـایش اقلیمـی در میدان گرند کانال شهر بررسی، و نقـاط خـارج از محـدودهٔ آسایش معرفی شـدند. در نهایـت راه‌کارهـای معمارانـه‌ای برای بهبود شرایط موجود پیشنهاد و ارائه کرد.

مستول و همکـاران (۲۰۱۶) در مقالـه‌ای تحـت عنـوان مدلسازی جریان هوا در قالب شهری علیه انباشـت شـن و ماسه (نمونـهٔ مـوردی: سـالت در شـهر تیمـون در جنـوب الجزایر) به مدلسازی جریان هوا مرتبط بـا بلایـای طبیعـی مثل طوفان‌های شن پرداخته‌است و بیان می‌کند مورفولوژی ساخت ساختمان‌هـای شـهری مثـل نسـبت ابعـاد، هندسـه ساخت و تراکم ساختمان بر کاهش سرعت باد و کم شـدن شن و ماسه در اطراف ساختمان‌ها تأثیر دارد، روش تحقیق ترکیبی (پیمایشی– تحلیلی) است.

طاووسـی و همکـاران (۱۳۹۰) در مقالـه‌ای بـا عنـوان بررسی پارامترهای برداری بـاد و نقـش آن در طوفـان‌هـای گرد و غباری سیستان ایران به بررسی پارامترهـای بـرداری باد سیستان از طریق بررسی مسیر طوفان‌های گرد و غباری پرداخته است. و سامانه‌هایی را که بـر جهـت بـاد سیسـتان تأثیر می‌گذارد را شناسایی کرد و نتایج حاصـل از پـژوهش او نشان می‌دهد کـه بادهـای شـدید سیسـتان از دو سـامانهٔ گردشی فعال نشئت می‌گیرند.

منطقهٔ مورد مطالعه

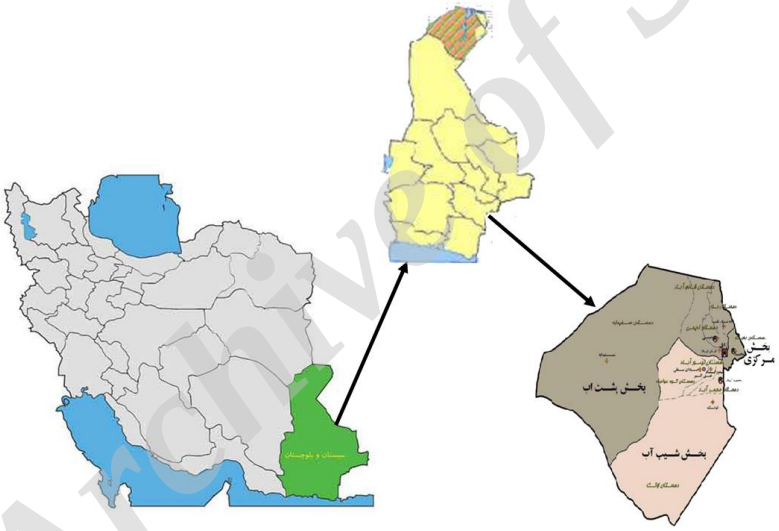
منطقهٔ سیستان با ۱۵۱۹۷کیلومتر مربـع مسـاحت در شـمال استان سیستان و بلوچستان و شرق ایران واقـع شـده اسـت (شکل ۳). این منطقـه از شـمال و شـرق بـا افغانسـتان، از غرب با استان خراسـان‌جنـوبی و از جنـوب بـا شهرسـتان زاهدان مرز مشترک دارد (حیدری‌نسب، ۸:۱۳۸۶). داده‌های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک هواشناسی زابل مختصات عرض جغرافیایی را ۳۱ درجه و ۲ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۶۱ درجـه و ۲۹ دقیقـهٔ شـرقی و ارتفـاع ۴۸۹ متـر نشـان می‌دهد (طاووسی و همکاران، ۱۳۹۱). از خصوصیات مهـم اقلیمی این منطقه می‌تـوان بـه وزش بادهـای شـدید (۱۲۰ روزه سیستان)، میانگین تعداد روزهای آفتابی سالیانه بـیش از ۲۶۰ روز تابش آفتاب، دامنهٔ تغییرات زیاد دمـا در شـبانه روز، بارندگی متوسط سـالیانه ۶۴ میلـی‌متـر بـا پراکنـدگی نامناسب، بالا بودن دما و تعداد سـاعت‌هـای آفتـابی اشـاره کرد اقلیم آن به روش گوسـن، بیابـانی و بـه روش کـوپن، خشک بسیار گرم بـا تابسـتان خشـک و بـه روش تحلیـل خوشه‌ای بسیار کم بارش، گرم و خشک است (طاووسی و رئیس پور، ۱۳۸۹). این منطقه پتانسیل بیشترین مقدار تبخیر سالانهٔ کشور (۴۰۰۰–۵۰۰۰ میلی متر در سال) را دارد (میر لطفی و همکاران، ۱۳۹۱).

منطقهٔ سیسـتان یکـی از منـاطق بـادخیز در شـرق ایـران است. در واقع بـاد دارای سـه ویژگـی اصـلی یعنـی جهـت، سرعت و فراوانی است. طبق برآوردی که از تعداد روزهـای توأم با طوفان و گرد و خاک برای دوره‌ای ۱۰ ساله در سطح کشور به عمل آمده، منطقـهٔ سیسـتان بـا بـیش از ۱۵۰۰روز، بالاترین نسبت را درسـطح کشـور بـه خـود اختصـاص داده است (فاضل‌نیـا و همکـاران، ۱۳۹۰). از آنجـایی کـه نقـل و انتقال ماسه، نتیجه و برآیند ویژگی‌های باد اسـت، از ایـن رو

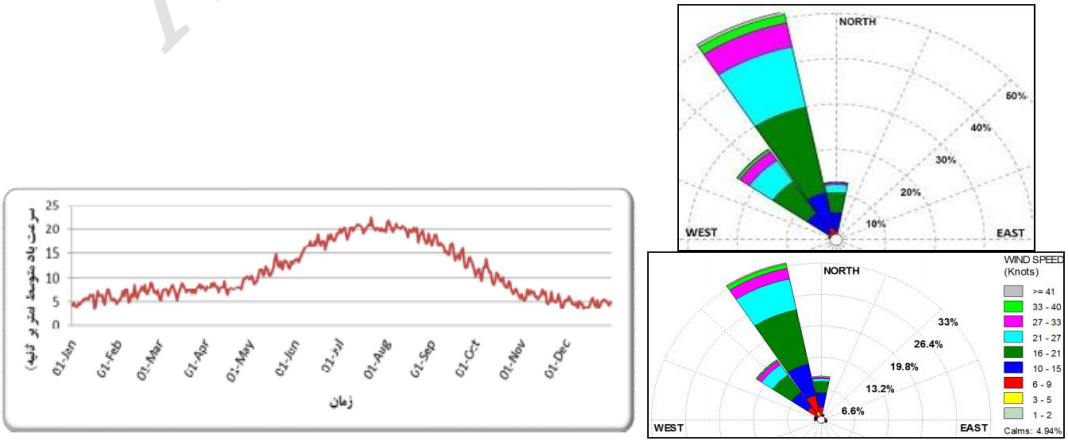
Archive of SID
www.SID.ir

محدودهٔ مطالعه ارزیابی شد. اگرچه بادهای بسیار قوی دارای تداوم کم هستند، اما نقش اصلی و مؤثرتری درحمل 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 منطقهٔ سیستان که سرعت وزش بادهای شمالی و شمال‌غربی در اغلب موارد بیش از ۱۵ کیلومتر در ساعت است و گاهی هم ۱۰۸ تا ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت می‌رسد، بادهای فرساینده می‌وزند (فاضل‌نیا و همکاران،۱۳۹۰). همچنین این بادها، سهمناک‌ترین باد ایران نامیده شده که سرعت وزش باد به ۱۲۰ کیلومتر در ساعت نیز می‌رسد. سرچشمهٔ این باد از فلات پامیر و صحرای هرات بوده و از سرحد شرقی افغانستان وارد ایران می‌شود و معمولاً بیشترین وزش این بادها در دورهٔ گرم سال (از اردیبهشت ماه تا مرداد ماه) جریان پیدا می‌کند (شکل۴). 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 به‌طور نسبی بالا می‌رود (رفاهی، ۱۳۷۸).



شکل ۳. موقعیت سیستان در کشور و استان



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

Archive of SID
www.SID.ir

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

خشکسالی پدیدهٔ غالب منطقهٔ 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 داشته‌است. 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 منطقهٔ 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 داشته‌است؛ 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 نحوهٔ قرارگیری ساختمان‌ها با استفاده از شبیه‌سازی جریان باد منطقه بر حرکت باد تأثیر بگذارد؛ این تأثیر می‌تواند از طریق مکانیزم آیرودینامیکی باد برای تسهیل عبور شن و ماسه در حال حرکت باشد. که با بررسی پارامترهای شکل شهری (برای مثال: نسبت H/D، h/D، E 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 دربارهٔ صحت نتایج حاصل از آن پژوهش‌های زیادی انجام‌شده‌است. 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

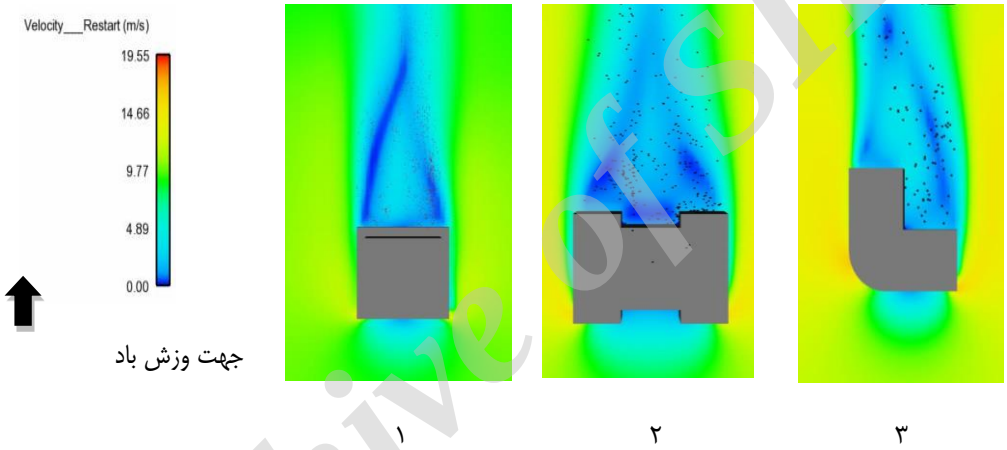
با توجه به ماهیت باد، مهم‌ترین عامل کنترل جریان هوا در مقیاس شهری، هندسه فضایی است. اما در در کنار پارامترهای هندسی ساختمان واکنش سیال باد منطقه که حامل ذرات غبار است در برخورد با ساختمان ضروری است بعد از یافتن آستانهٔ حرکت ذرات در برابر بادی که

Archive of SID
www.SID.ir

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

یافتن آستانهٔ حرکت ذرات در برابر باد

از طریق شبیه سازیCFD، 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 کمترین سرعتی که باعث حرکت شن و ماسه می‌شود چند متر بر ثانیه است برای این منظور نخست شکل‌های مختلفی آزمایش شد. مدلسازی هریک ازحجم‌ها در نرم‌افزار اتوکد انجام شد. محیط اطراف حجم با ابعادی حدود سه برابر عرض حجم، مش‌بندی[1] شد. و بادی حاوی ذرات[2] گرد وغبار با سرعت اولیه ۱۰متر 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).



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

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 شده‌است. در هر سه شکل مدلسازی شده در سرعت‌های پایین‌تر از۴ متر بر ثانیه انباشت ذرات مشاهده می‌شود. (ذرات بزرگ‌نمایی شده‌اند)، بنابراین آستانهٔ 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، درفرم شماره ۲ که شکستگی در جهت پشت به باد دارد بیشترین مقدار سرعت کمتر از ۴ متر بر ثانیه در نزدیکی ساختمان دیده 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، وکوتاه‌ترین 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).

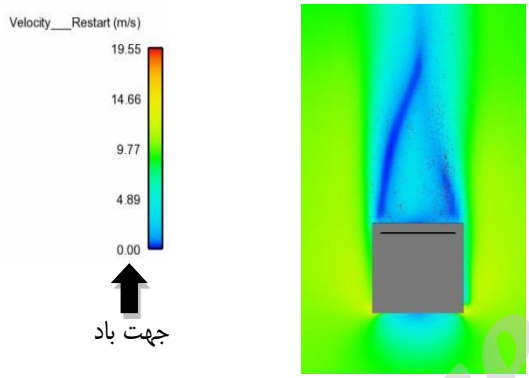
از طرفی به ندرت می‌توان ساختمان منفردی طراحی کرد که مناطق ایرودینامیکی آن‌ها متأثر از ساخت‌وساز ساختمان‌های اطراف آن نباشد یا منطقه ایرودینامیکی

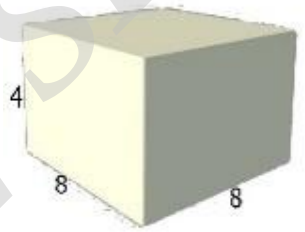
Archive of SID
www.SID.ir

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 محیط‌شهری تمام فضاهای بین ساختمان‌ها، هر دو فاصلهٔ افقی، رابطهٔ ساختمان با ارتفاع آن پارامترهایی است که با قرارگرفتن در معرض باد، سطح درپناه باد را از نظر توزیع فشار، متوسط سرعت و ... تحت تأثیر قرار می‌دهد (تودرت،۲۰۰۰).

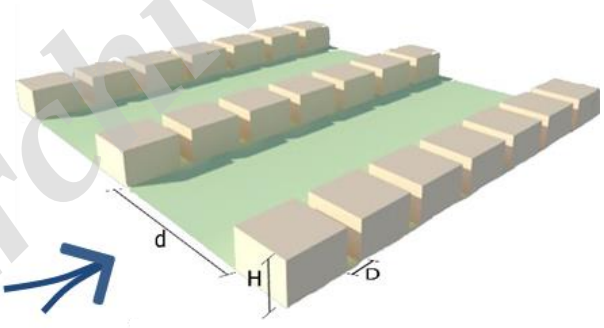
با توجه به هدف تحقیق که یافتن رابطهٔ بین جانمایی ساختمان‌ها و کاهش تجمع ذرات است، نحوهٔ درست چیدمان ساختمان را به عنوان راه‌کار اول برای افزایش سرعت باد بیشتر از ۴ متر بر ثانیه و کاهش تجمعات شن و ماسه در نظر گرفته می‌شود

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 گونهٔ ردیفی گونهٔ 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. نحوهٔ قرارگیری ساختمان‌ها در گونهٔ ردیفی در برابر باد

تعریف گونهٔ ردیفی

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

پیداکردن فاصله بین ردیف‌ها در گونه ردیفی مقدار d

حال با توجه به این نکته که سرعت اولیهٔ باد در منطقه بسیار زیاد است، برای جلوگیری از افزایش بی‌رویه سرعت (به وجود آمدن تونل باد) در محدودهٔ فاصلهٔ 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 ۱به ۱ انتخاب، و در یک ردیف با فاصله‌های مختلف جانمایی و هر بار رفتار جریان باد بررسی می‌شود.

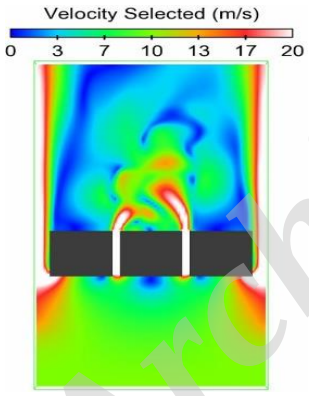
Archive of SID
www.SID.ir

با توجه به این نکته که سرعت متوسط سالیانهٔ باد در این منطقه ۱۰ متر بر ثانیه است و این سرعت بیشتر از محدودهٔ آسایش (۲ تا ۶ متر بر ثانیه) است. هدف این است که فاصلهٔ بین ردیف‌ها به گونه‌ای انتخاب شود که باعث افزایش سرعت اولیهٔ باد نشود. ازاین‌رو برای مشاهدهٔ 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.

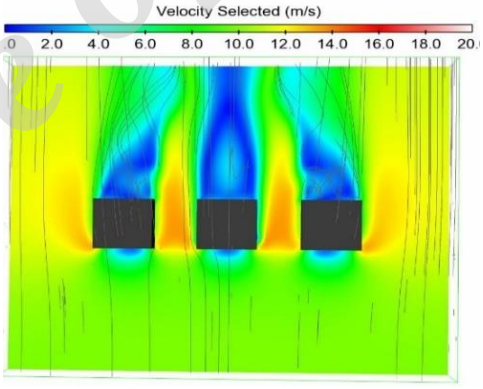
همانطور که مشاهده می‌شود در مدل ۱ سرعت در محدودهٔ فاصله بین ردیف‌ها بسیار بیشتر از سرعت اولیه است و بیشتر از ۲۰ متر بر ثانیه را نشان می‌دهد در مدل ۲ فاصله به ۶ متر افزایش پیدا کرده است و سرعت در بازهٔ ۱۲ تا ۱۶ متر بر ثانیه است که باز بیشتر از سرعت اولیه است اما در مدل ۳ با فاصله ۱۲ متر سرعت بین ۱۰ تا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

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

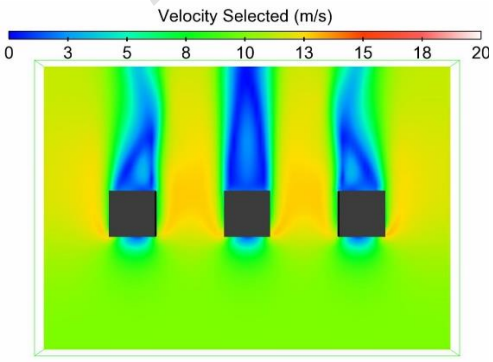
نسبت محصوریت h/d	فاصله بین ردیف‌ها d	عرض حجم L	ارتفاع حجم H	مدل‌ها
۴	۱	۸	۴	۱
۰/۶۶	۶	۸	۴	۲
۰/۳۳	۱۲	۸	۴	۳
۰/۲۲	۱۸	۸	۴	۴



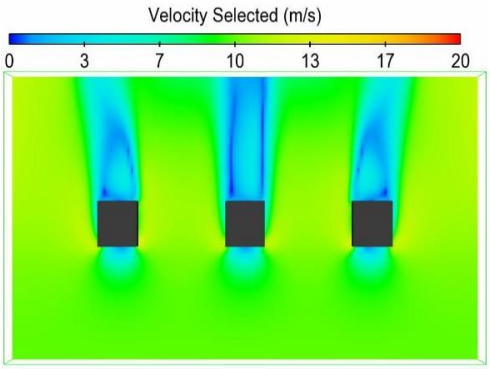
مدل ۱



مدل۲



مدل۳



مدل ۴

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

Archive of SID
www.SID.ir

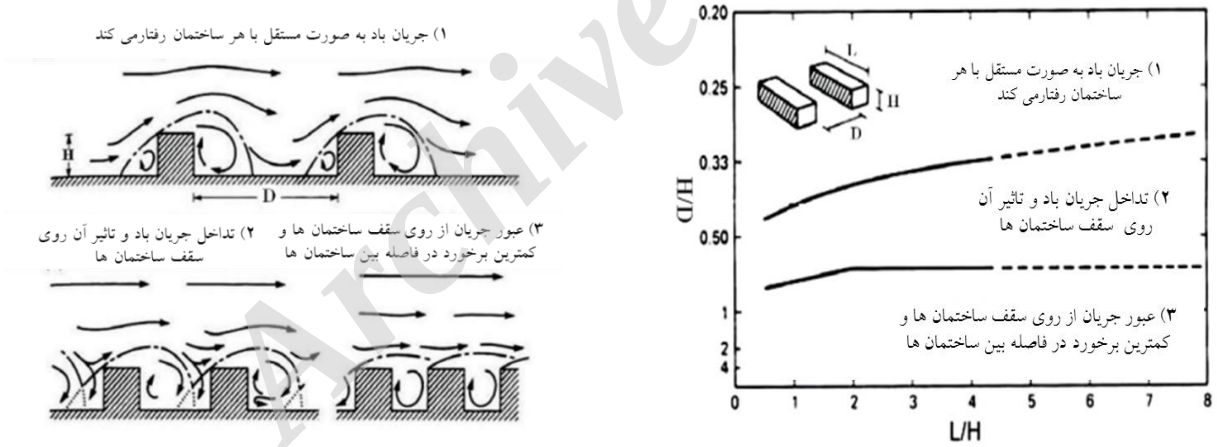
بنابراین هرچه مقدار d افزایش می‌یابد سرعت باد در فاصلهٔ بین ساختمان‌ها در یک ردیف کاهش می‌یابد به طوری که در مدل ۴ مجاورت ساختمان‌ها در ردیف تأثیر چندانی بر رفتار باد نداشته است و تنها هر ساختمان به عنوان مانعی در نظرگرفته شده‌است. بنابراین در این پژوهش مدل ۳ با مقدار d برابر با ۱۲ متر که آستانهٔ افزایش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

پیدا کردن ارتفاع و فاصلهٔ 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 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 فاصلهٔ بین ردیف‌ها مشخص شده است(قسمت قبلی)، این بار به پیدا کردن فاصلهٔ 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؛ تناسبات H به D و Lبه D، ۳ حالت از رفتار جریان باد را به‌وجود می‌آورد (شکل ۱۰).



شکل۱۰. راست: الگوی مسلط سیال باد در رابطه با تغییر تناسبات مقطع شهری (Oke 1988)، چپ: ۳ حالت از جریان باد در فاصله بین ساختمان‌ها (Hosker,1985)

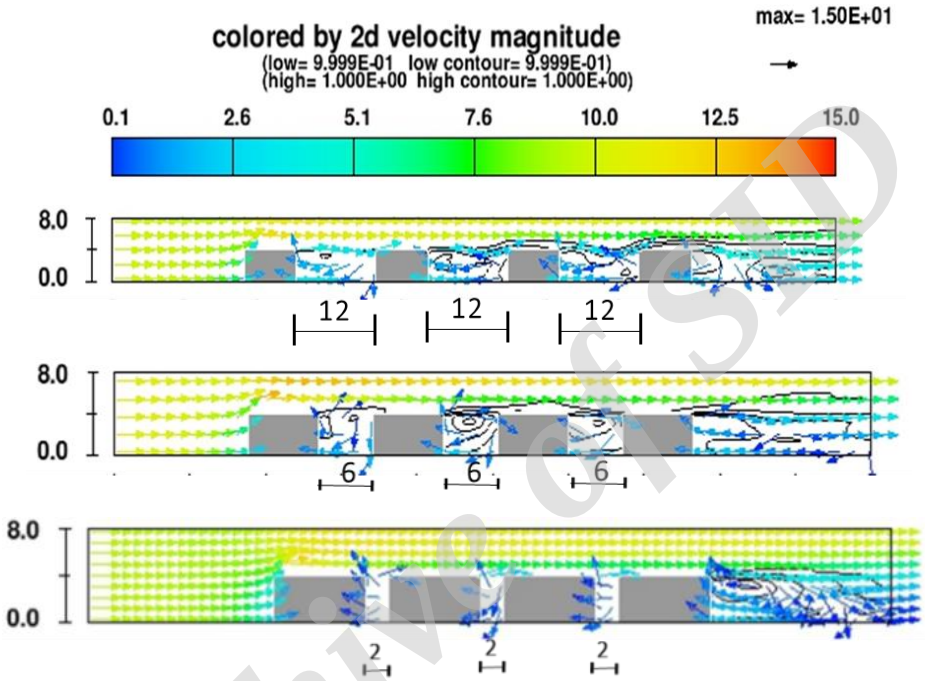
تناسبات مقطع طولی ساختمان‌های شهری در هریک از سه حالت گفته شده در شکل بالا آمده است. حال با توجه به حالت‌های ایجاد شده جریان باد با تناسبات مختلف ساختمان‌ها در مقطع طولی شهری، شبیه‌سازی دیگری برای اثبات حالت‌های تعریف شده انجام می‌شود که در آن مقدار L ثابت و برابر ۸ متر در نظرگرفته شده است و شبیه‌سازی با تغییرات نسبت H/D در سه بازهٔ قرارگیری در نمودار بالا صورت می‌گیرد. در هر مرحله می‌توان با تغییرات D یا H شبیه‌سازی انجام شود. در حالت نخست، با ثابت نگه داشتن مقدارH (ارتفاع ساختمان‌ها) مقدار D (فاصله بین ساختمان‌ها) تغییر داده شده است(جدول۲).

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

Archive of SID
www.SID.ir

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

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



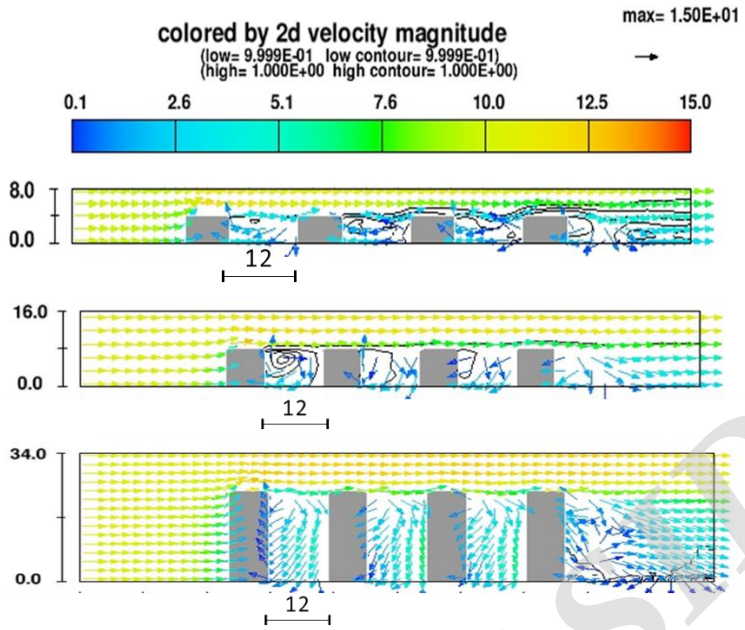
شکل ۱۱. اندازهٔ بزرگی سرعت و جهت جریان باد، بالا، مدل ۱. نسبت H/D =0/33 وسط : مدل ۲ . نسبت H/D =0/66 پایین: مدل۳. نسبت H/D =2

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

جدول ۳. حالت دوم. تغییرH با ثابت نگهداشتن سایر متغیرها

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

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۱۲. اندازه بزرگی سرعت و جهت جریان باد، بالا، مدل ۱. نسبت H/D =0/33 **وسط : مدل ۲. نسبت** H/D =0/66 **پایین: مدل۳. نسبت** H/D=2

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 شبیه سازی‌ها 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 شکل۱۰، باد کمترین تداخل در بین ساختمان‌ها را دارد و بیشتر جریان باد از روی سقف ساختمان‌ها عبور می‌کند. ازاین‌رو 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 طوری‌که با افزایش ارتفاع ساختمان سرعت باد بین ساختمان‌ها نیز افزایش می‌یابد. بنابراین مدل سوم در حالت نخست که ارتفاع کمتری دارد انتخاب می‌شود. ازاین‌رو به منظور کاهش اثرات مخرب باد، ساخت ساختمان‌ها با ارتفاع کمتر پیشنهاد می‌شود.

همچنین به‌منظور بررسی فاصلهٔ مناسب بین ساختمان‌ها، سه مدل شبیه‌سازی شده در حالت نخست، با یکدیگر مقایسه می‌شود. نتایج نشان می‌دهدکه مدل سوم که تناسبات 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. ازاین‌رو هر چه فاصله بین ساختمان‌ها کمتر باشد آثار مخرب باد کمتراست. از آنجایی که سیال باد در منطقهٔ 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 منطقهٔ شهری است.

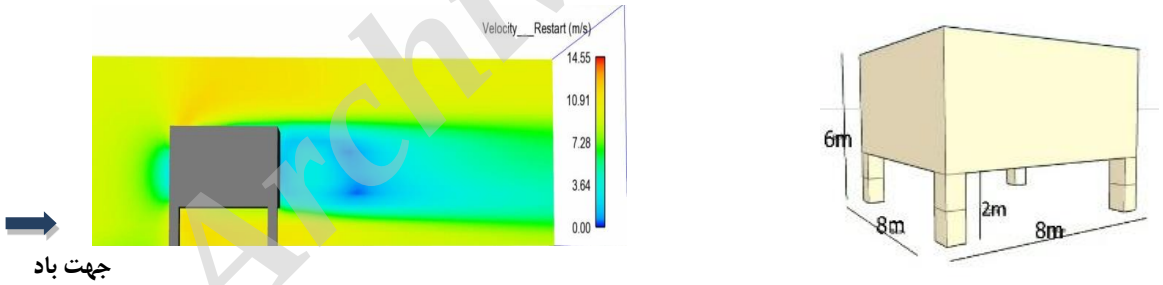
اما بعد از پیدا کردن بهترین میزان از محصوریت نسبت H/D و H/d برای کاهش انباشت ذرات و مداخله باد بین ساختمان‌ها، همچنان در منطقهٔ سایه باد این حجم‌ها نیز سرعت‌های پایین‌تر از ۴ متر بر ثانیه مشاهده می‌شود. ازاین‌رو باید راهکار دیگری نیز به‌منظور افزایش سرعت باد برای کاهش تجمع ذرات تعیین شود. بنابراین باید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

Archive of SID
www.SID.ir

فاصلهٔ بهینه از زمین (مقدار h)

راه‌کارهای زیادی برای کنترل رفتار باد در اطراف ساختمان‌ها وجود دارد ازجمله 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 شن‌وماسه درنظر گرفته شد. بر این مبنا حجمی با تناسبات شکل زیر مدل‌سازی شده و با سرعت اولیه ۱۰ متربر ثانیه در برابر باد قرارگرفت.

با توجه به هدف تحقیق که یافتن رابطه بین فاصلهٔ بنا از زمین، حداکثر طول برای مجموعهٔ 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 منطقهٔ نزدیک به زمین افزایش یافته است (شکل۱۳ (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 بهینهٔ 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 به‌دست می‌آید. بنابراین شبیه‌سازی در این مورد با درنظرگرفتن مش‌بندی ۲ برابر طول حجم در قسمت ورودی و خروجی جریان سیال و با سرعت اولیهٔ ۱۰ متر بر ثانیه انجام می‌شود همان‌طور که گفته شد هدف پیدا کردن مقدار بهینهٔ h و Eاست به گونه‌ای که سرعت در محدودهٔ نزدیک به زمین از ۴ متر بر ثانیه کمتر نشود.



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

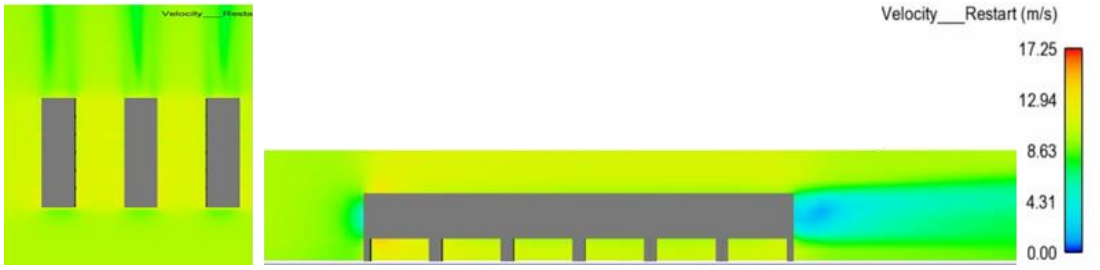
جدول۳. ویژگی مدل‌های تست شده

مدل‌ها	ارتفاع حجم H	عرض حجم n	فاصله بین ردیف‌هاb=3H	تعداد در هر ردیف M	طول کلی ساختمان‌ها E	فاصله از زمینh
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

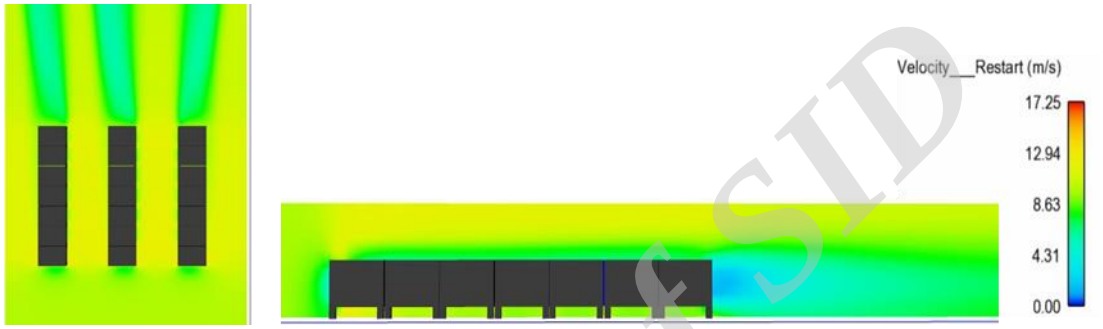
(ماخذ: نگارندگان)

Archive of SID
www.SID.ir

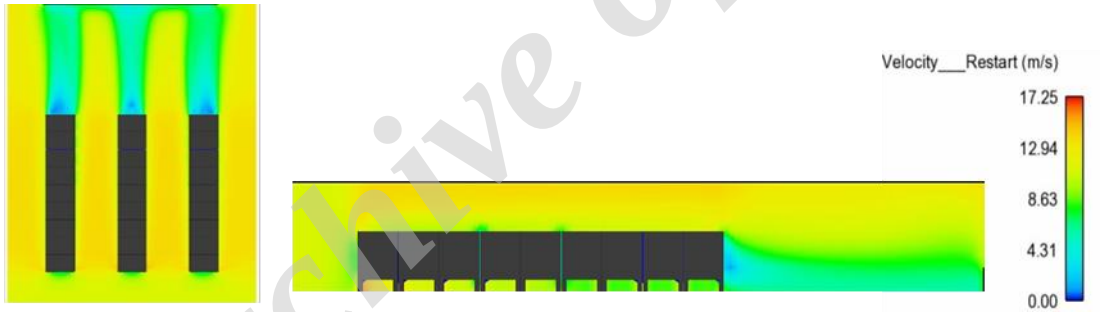
مدل۱



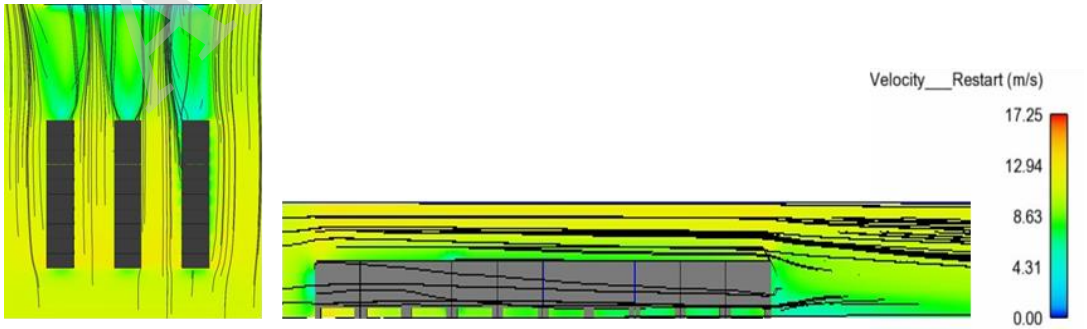
مدل ۲



مدل ۳



مدل ۴



شکل۱۴. پلان و نمای شبیه‌سازی سرعت باد در سه مدل شهری.

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

Archive of SID
www.SID.ir

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 محدودهٔ 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 محدودهٔ نزدیک به زمین آغاز کاهش سرعت را نشان می‌دهد. بنابراین به طول کلی ۸۰ متر از ساختمان و به فاصلهٔ 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. ازاین‌رو این پژوهش با ایجاد بهترین جانمایی و شکل مناسب هندسی ساختمان‌ها در گونهٔ 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 قرارگرفتن شن و ماسه سرعت نباید از ۲ متر بر ثانیه کمتر شود.

و با توجه به مطالعهٔ سایهٔ باد احجام، این نتیجه حاصل شد، حجمی که در منطقه سایهٔ باد خود شکستگی نداشته و مسطح باشد، کمترین برخورد با باد و انباشت ذرات را دارد. در ادامه، میزان محصوریت و فاصلهٔ ساختمان‌ها در یک ردیف و در یک ستون از هر ردیف نسبت به باد بررسی شد. با توجه به شبیه‌سازی‌ها، نتایجی حاصل شد که نشان می‌دهد برای رسیدن به کمترین میزان انباشت باید فاصله بین ساختمان‌ها در یک ردیف به اندازهٔ 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 آنجایی‌که 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 فاصلهٔ ۱ متر از زمین و با فاصلهٔ 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 نظرگرفته شد. در ادامه با درنظر گرفتن این دو مقوله (فاصله از زمین و سرعت بالاتر از ۲ تا ۴ متر بر ثانیه) شبیه‌سازی‌ها گسترش پیدا کرد و از آنجایی‌که 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

Archive of SID

www.SID.ir

(h) برای رسیدن به سرعت بالای۴ 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 ۱متر 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 محدودهٔ ساختمان‌ها است همچنین زمانی‌که ۲ متر از زمین فاصله داشته باشد طول شهری بیشتر از این مقدار است. اما در مواقعی که سرعت باد در منطقه به بیشترین اندازهٔ خود برسد، سرعت بین ردیف ساختمان‌ها بسیار زیاد می‌شود و دیگر مهار آن برای رسیدن به حداقل ممکن میسر نیست.

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 ۱/۹۴۳ مقدار سرعت به متر بر ثانیه به دست می‌آید

پی‌نوشت‌ها

1- particel
2- fluid

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 منطقهٔ سیستان، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد 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 تجزیه‌وتحلیل سری‌های جزئی (مطالعهٔموردی: منطقهٔ سیستان) مطالعات‌جغرافیایی مناطق خشک، ۲: ۹۳-۱۰۵.

طاووسی، ت. سلیقه، م. صفرزایی، ن. ۱۳۹۱. بررسی پارامترهای برداری باد و نقش آن در طوفان‌های گرد و غباری سیستان ایران، جغرافیا وپایداری محیط، ۲: ۱۹-۳۰.

فاضل نیا، غ. کیانی، ا. خسروی، م. بندانی، م. ۱۳۹۰، بررسی انطباق الگوی بومی توسعهٔ کالبدی – فیزیکی روستای تمبکاء شهرستان 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).

میرلطفی، 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. پهلوانروی، ا. ۱۳۸۸. تشدید فرسایش بادی در نتیجه وقوع خشکسالی در شهرستان زابل، جنگل و مرتع، ۴: ۴۷-۸۱.

Archive of SID
www.SID.ir

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.

Archive of SID

www.SID.ir