

# بررسی تأثیر جهت ساختمان بر کاهش آلودگی ناشی از ریزگردها در مجموعه‌های ساختمانی مورد مطالعاتی: بناهای شهر دزفول

شهرام پوردیهیمی \*

محسن بینا \*\*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۱۱

## چکیده

غبار هوا وضعیت پرمخاطره‌ای را در فضای زندگی مردم جنوب غربی ایران به وجود آورده و به بهداشت هوای تنفس آن‌ها آسیب زده است؛ لذا برای چاره‌اندیشی و رفع این مشکل، لازم است متخصصان رشته‌های گوناگون از جمله محیط زیست، بهداشت محیط، زمین‌شناسی، جغرافیای طبیعی، شیمی آلودگی هوا، مکانیک سیالات، هواشناسی، طراحی محیط، منابع طبیعی و... همدیگر را یاری کنند، زیرا این معضل را یک گروه تک تخصصی نمی‌تواند برطرف کند. در این میان، شایسته است معماران با مشارکت مؤثر خود، برای رفع این معضل نهایت تلاششان را بکنند. همچنین، لازم است آنان در این راه، به‌عنوان طراحان جامع، ضمن مسیریابی مناسب نقش هماهنگ‌کننده و عامل ربط‌دهنده تخصص‌های مختلف را برای بهسازی شرایط فضاهای سکونت‌یافتا نمایند. در این نوشتار، ضمن بیان معضل و طرح مسئله برای یافتن سمت مناسب برای جهت‌گیری بناها، به‌منظور نصب خشت اول طراحی، در ابتدا موردهای مطالعاتی با پوشش مناسب سطح شهر دزفول، از بین بناهای باقابلیت تعیین شده‌اند؛ سپس، به یافتن راه و روش مناسب برای معین کردن میزان (کم) هر بعد از ابعاد اصلی این معضل اقدام شده است تا در وضعیت‌های مختلف، آن مقادیر قابلیت تحلیل و مقایسه را در اختیار قرار دهند. پس از آن جمع‌آوری طولانی‌مدت داده‌ها (اندازه‌گیری ریزگردها از جهت‌های چهارگانه ساختمان و داده‌های هواشناسی) از وضعیت‌های مختلف بناهای مورد مطالعه صورت گرفته است. سپس، با تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده و بحث درباره آن‌ها، به بررسی نتایج پرداخته شده و در نهایت، سمتی از ساختمان‌ها که بیشترین آلودگی را ته‌نشست می‌کند و نیز سمتی از بنا که بیشترین ذرات را به‌صورت معلق در هوا نگه می‌دارد، نسبت به جهت وزش باد، مشخص و معرفی شده‌اند (البته فراوانی چنین وضعیتی ۹۵ درصد از برداشت‌ها را پوشش داده). بدین ترتیب، با استفاده از شناسایی باد غالب هر منطقه، تعمیم‌پذیری نظریه این پژوهش میسر شده است.

## کلیدواژه‌ها

غبار، تنظیم وضعیت محیطی، ریزگرد، جهت‌گیری بنا، سلامت فضای زیست، غلظت ذرات معلق در هوا.

## پرسش‌های پژوهش

۱. آیا غبار هوا می‌تواند در یافتن سمت مناسب برای جهت گیری بناها تاثیر گذار باشد؟
۲. آیا جهات مختلف ساختمان دارای آلودگی غبار متفاوتی هستند؟
۳. آیا رابطه‌ای بین آلودگی غبار هوا و داده‌های هواشناسی و اقلیمی وجود دارد؟

## مقدمه

سلامتی یکی از اصول پراهمیت در معماری و محیط زیست انسان‌ها به‌شمار می‌آید (رازجویان ۱۳۶۷). ریزگردهای هوا<sup>۱</sup> معضلی خطرناک در فضای زندگی مردم، به‌ویژه خوزستانی‌ها، به‌وجود آورده که بهداشت این سلامتی را بر هم زده است. غبار هوا از روزگاران گذشته، به‌طور کم یا زیاد، ساکنان مناطق مختلف را به‌صورت طبیعی، تحت تاثیر خود قرار داده است و مردم زندگی خود را با آن تطابق داده‌اند، ولی در دو دهه اخیر، شدت نمایان‌تر غبار آلودگی‌ها به‌گونه‌ای بوده که آمار روزهای همراه با کاهش دید افقی، تعطیلی مدارس و لغو پرواز هواپیماها و همچنین، آمار بیمارهای تنفسی و برخی دیگر از امراض، در زمان هجوم ریزگردها فراوان‌تر شده است<sup>۲</sup> (فخیمی ابرقویی، نوفرستی و صبوری ۱۳۹۰). شایان ذکر است که در اتریش و فرانسه و سوئیس، سالانه حدود ۳۰ میلیارد پوند صرف بخش سلامت و بهداشت آلودگی هوا می‌شود یا برای درمان بیمارانی از این دست مصرف می‌گردد (دادخواه و روحی ۱۳۹۰). نه تنها انسان‌ها بلکه حیوانات و گیاهان نیز از این عامل در خطر به‌سر می‌برند (بیات، جمالی و احمدیان ۱۳۹۰). این غبارها در کاهش محصولات کشاورزی و دامپروری، رابطه مستقیم داشته است (کریمی، بی‌نسی و کری ۱۳۹۰). منشأ اصلی ورود ریزگردها به اتمسفر، صحراهای ساهارا از آفریقا، با ورود بیش از ۷۰۰ میلیون تن ذره به هوا (Schesinger, Mamane and Grishkan 2006) در مناطق غربی مالی و جنوب الجزایر و شرق موریتانی است (Viana, Kuhlbusch and Querol 2008). علاوه بر این‌ها، دو منشأ اساسی که عامل این پدیده در غرب و جنوب غربی ایران است، در وهله اول، صحراهای شمال غربی عراق و شرق سوریه و در وهله دوم، صحراهای شرق و جنوب شرقی عربستان هستند (درویشی بلورانی و دیگران ۱۳۹۰). در نهایت، بخش‌های خشک‌شده هور العظیم در نزدیکی مرز ایران - عراق و هورهای<sup>۳</sup> خوزستان، از نزدیک‌ترین منشأهای این پدیده‌اند (قبادیان ۱۳۷۱).

گروه‌های بین‌المللی متعددی، به‌خصوص در آسیا، با هماهنگی و حمایت‌کننده‌هایی نظیر WHO و UNEP فعالیت‌های آموزشی و ترویجی انجام می‌دهند. در ایران، متخصصان رشته‌های مختلف برای بررسی این معضل، تلاش‌های گوناگونی کرده‌اند. معمولاً هر ساله، سمیناری با محوریت سازمان حفاظت محیط زیست تشکیل می‌شود. دولت‌مردان نیز با تشکیل بخش‌های مدیریت بحران، تلاش‌های فراوانی کرده‌اند. عمده پژوهش‌هایی که محققان در این زمینه انجام داده‌اند، عبارت‌اند از مباحثی همچون:

- «رابطه ریزگردها و سلامتی (فخیمی ابرقویی، نوفرستی و صبوری ۱۳۹۰؛ Culver 2002)
  - «ریزگردها و آلودگی هوا و محیط زیست» (Heicklen 1976؛ عباسپور ۱۳۷۱)
  - «مباحث زمین‌شناسی و منابع طبیعی» (راهنمایی ۱۳۷۰ و قبادیان ۱۳۶۷)
  - «مباحث هواشناسی و ردیابی مسیرهای حرکتی آن‌ها» (Viana, Kuhlbusch and Querol 2007؛ درویشی بلورانی و دیگران، ۱۳۹۰؛ Schesinger, Mamane and Grishkan 2006؛ نظری و دیگران ۱۳۹۲)
  - «مباحث اجتماعی و مهاجرت» (خاکسار ۱۳۸۹).
- پژوهش‌هایی نیز در خصوص مباحث معماری در زمینه‌های کیفیت بازسوها و دستگاه‌های تأسیساتی (Roulet,

Claude-Alain 2008) موجود است؛ البته نمونه‌هایی نیز در معماری بومی سیستان بلوچستان و هرمزگان معرفی شده‌اند (رازجویان ۱۳۹۰؛ حیدری، علی حیدری و ادیب ۱۳۹۱). با اینکه راهکارهای منطقه‌ای در مقیاس کلان، برای رفع این معضل، بسیار کارآمد به نظر می‌رسند، متأسفانه روابط بین دولت‌های همسایه، منجر به توافقی اساسی در این باره نشده است.<sup>۴</sup> هر روزه با ادامه خشک‌سالی در مناطق تولیدکننده، بر شدت غبار آلودگی هوا افزوده می‌شود؛ لذا ضروری است چاره‌اندیشی‌ها در مقیاس خردتری صورت پذیرد. در این مقاله، برای اولین بار، برای یافتن جهت‌گیری مناسب ساختمان برای مقابله با این پدیده، به این صورت، طرح سؤال می‌کند: آیا جهات مختلف ساختمان، دارای آلودگی غبار متفاوتی هستند؟ آیا رابطه‌ای بین آلودگی غبار هوا و داده‌های هواشناسی و اقلیمی وجود دارد؟

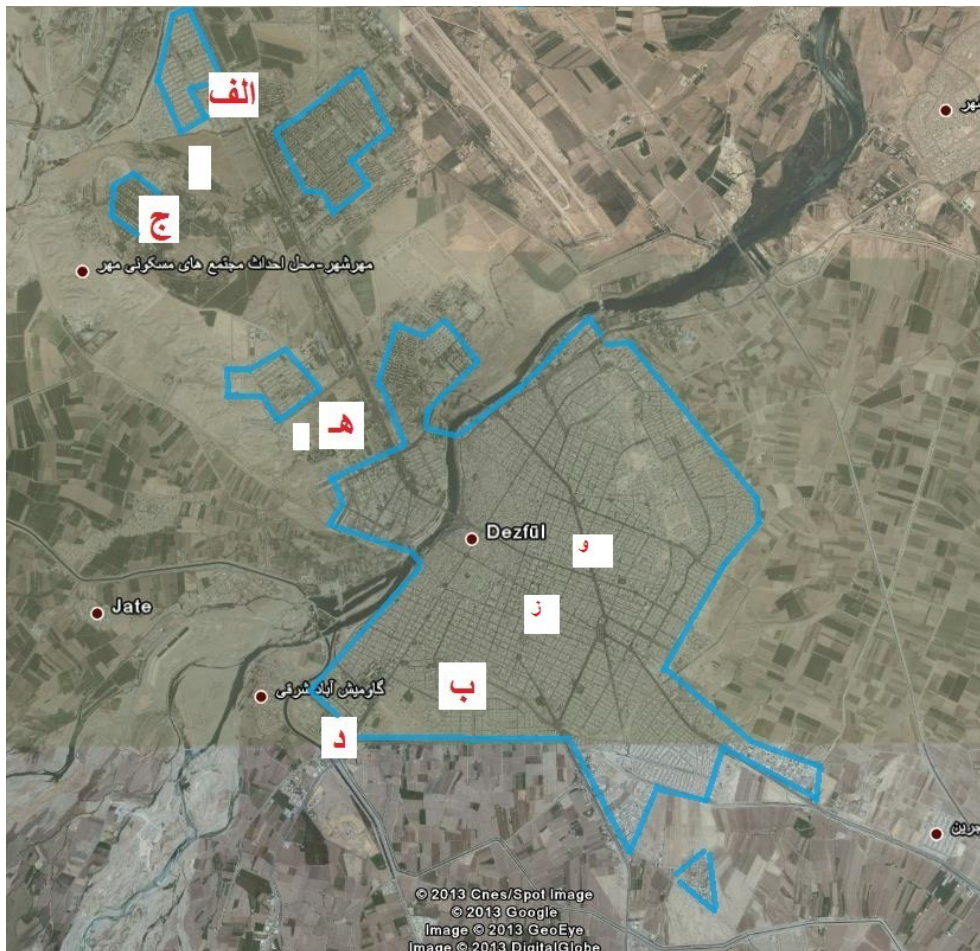
معماران که با سابقه درخشان خود، برای ایجاد آسایش و سلامتی از زمان باستان (بینا ۱۳۸۷) اقدام به خلق ابداعات متعددی همچون شوادون، بادگیر، آب‌انبار و ساخت پنانه‌های<sup>۵</sup> گوناگون کرده‌اند، بسیار شایسته است در جست‌وجوی پاسخ‌هایی درخور باشند. باد که از دیرباز، برای برودت و تعویض هوای فضاهای معماری، از اجزای مهم بخش مطالعات تنظیم وضعیت در معماری به‌شمار می‌آید و نقش مؤثری بر آسایش در معماری ایفا می‌کند (حیدری و عینی‌فر ۱۳۹۰، ۶۳-۶۸)، در این پژوهش نیز به‌عنوان مهم‌ترین عامل اقلیمی مؤثر بر غبار و ذرات معلق در هوا، مورد بررسی قرار گرفته است.

تا پیش از این، معماران در طراحی جهت قرارگیری بنا و انتخاب محل مناسب در و پنجره و منافذ، در مباحث تابش، باد و رطوبت هوا برای رسیدن به دمای مطلوب توجه وافر می‌کرده‌اند. اکنون، غبار آلودگی هوا نیز همانند سرمای زمستان، گرما و... وارد بخش دانش تنظیم وضعیت محیطی در معماری شده (نظری و دیگران ۱۳۹۲، ۱۰۱-۱۱۱) و جزء مسائل ضروری در طراحی معماری به‌حساب می‌آید. با توجه با اینکه معماران و شهرسازان در انتخاب درست جهت‌گیری، در صدد مطالعه تمام موارد مؤثر بر طرح می‌باشند، پژوهش‌هایی از این دست در جهت تکمیل مطالعاتشان مؤثر خواهد بود. البته راه‌کارهایی برای این معضل یک امر بین رشته‌ای<sup>۶</sup> است که نگارندگان قصد دارند تا همانند سایر مباحث تنظیم وضعیت محیطی، از اطلاعات دانش‌های مهندسی و علوم بهره‌مند گردند.

## ۱. بستر تحقیق

دزفول یکی از شهرهای غربی ایران است که با بخش‌های جنوبی همسایه است و به‌عنوان یکی از شهرهایی که هم از ناحیه غرب و هم از جنوب، تحت تأثیر پدیده هجوم ریزگرده واقع شده، مورد مطالعاتی این پژوهش انتخاب شده است. بناهای سایت‌هایی از این شهر برای آزمایش‌های این پژوهش انتخاب شدند که در آن‌ها تا حدودی، تشابه اوضاع محوطه و اطراف برای برقراری امکان قیاس و همچنین، حذف تأثیر عوامل مداخله‌گر موجود باشد؛ البته تنوع در انتخاب به‌گونه‌ای بوده که نمایش وضعیت گوناگون برای بسط و گسترش این پژوهش میسر باشد. همچنین، امکان دسترسی و مساعدت متصرفان، یکی دیگر از پارامترهای مؤثر در انتخاب بوده است تا در نهایت، سایت‌های دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور، دانشگاه علوم پزشکی، شرکت شبکه‌های بهره‌برداری از آب شمال خوزستان و سازمان حفاظت از محیط زیست و همچنین، ساختمان‌های نگارنده و دستیاران مورد آزمایش واقع شوند.

چنان‌که در تصویر ۱ نشان داده شده، سایت‌های انتخابی «الف و د» در یک محل وسیع با بناهای پراکنده، و سایت‌های «ج و ه» در یک فضای وسیع با بنای منفرد، سایت «ب» در بافت شهری یک طبقه حاشیه شهر و سایت‌های «و، ز» در مرکز شهر واقع‌اند. سایت‌های «الف تا ه» به‌دلیل تأثیر پذیری کم از اطراف و حداقل عوامل مداخله‌گر، به‌خصوص به‌لحاظ جریانات هوایی (دوری از ازدحام مرکز و بلندمرتبه‌سازی‌ها) برای انجام آزمایش‌های میدانی انتخاب شده‌اند. البته با توجه به اینکه باد غالب در این منطقه، از سمت غرب و جنوب غربی است (کسمایی ۱۳۹۷)، سایت‌های «الف، ج، ه، د و ب» که در حاشیه همین جهت‌ها قرار دارند، مورد توجه بیشتری واقع شده‌اند.



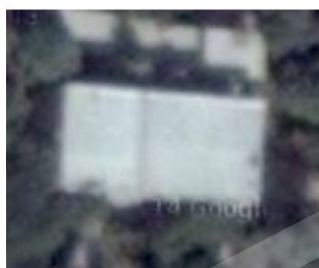
تصویر ۱: جانمایی سایت‌های انتخابی به روی عکس هوایی دزفول (از گوگل ارت<sup>۷</sup>) و مشخص کردن محدوده‌های

در این سایت، بناهای انتخابی یک یا دو طبقه‌اند؛ به گونه‌ای که ارتفاع بناهای «ب ۲ و ۳» چهار متر و بناهای «ب ۱» و «الف ۲» شش متر است. چنان‌که در تصاویر بالایی (تصویر بام بناها درحالی‌که سمت شمال، بالای کاغذ است) شکل‌های ۲ تا ۵ نشان می‌دهد این بناها همگی سازه‌ی آجری دارند و متفک از سایر ساختمان‌ها ساخته شده‌اند.



تصویر ۳: بنای ب ۲

تصویر ۲: بنای ب ۱



تصویر ۵: بنای الف ۲

تصویر ۴: بنای ب ۳

## مطالعات معماری ایران

دو فصلنامه معماری ایرانی  
شماره ۶ - پاییز و زمستان ۹۳

## ۲. روش تحقیق

در این پژوهش، مقایسه وضعیت غبار مکان‌های مختلف ساختمان‌ها اصلی‌ترین عامل تولید راهکار برای مقابله با معضل گرد و غبار است؛ لذا در این پژوهش، شیوه مقایسه وضعیت غبار هر مکان با مکان دیگر در اقلیم آب و هوایی یکسان اتخاذ شده است. از آنجایی که غلظت غبار هوا (به‌عنوان نمایش‌دهنده وضعیت غبار) با گذر زمان، به‌سرعت کم یا زیاد می‌شود، اندازه‌گیری هم‌زمان متعدد، با توجه به وضعیت دستگاه‌های موجود سنجش غلظت غبار هوا<sup>۱</sup> امکان‌پذیر نیست. پی‌جویی یک پارامتر قابل اندازه‌گیری مناسب که امکان بیان وضعیت پیوسته روزانه<sup>۲</sup> محل‌های مختلف را داشته باشد، سبب شد تا با مطالعات و مشاوره‌های نگارنده به انتخاب پارامتر «میزان ذرات جمع‌آوری شده بر سطوح افقی برحسب گرم بر متر مربع در هر واحد زمان» رهنمون گردد. بدین ترتیب، امکان تعیین و اندازه‌گیری غبارهای نشست‌یافته مناطق متعددی در یک زمان واحد و اوضاع جوی یکسان با قرار دادن ظروفی (تصاویر ۶ تا ۸) در آن مناطق به‌وجود آید.



تصویر ۸: نمونه ظرف جاسازی شده



تصویر ۷: شاسی برای نصب ظرف



تصویر ۶: ظرف نمونه‌برداری

به این منظور، ابتدا ظروف نمونه‌برداری کاملاً تمیز می‌شوند؛ سپس، روی آن‌ها یک کد شناسایی درج شده و در نهایت، در محفظه درپوشیده نگهداری می‌شوند تا آماده نصب در مکان‌های نمونه‌برداری گردند. برای جاسازی ظروف در محل‌های مورد نظر، از شاسی پایه‌دار مخصوصی استفاده شده که برای چهار سمت هر ساختمان در ارتفاع مساوی حدود  $1/80 + 1$  متری<sup>۱۰</sup> کف، به‌صورت ثابت نصب گردیده‌اند تا تمام شرایط نمونه‌برداری مشابه گردند. به‌ازای هر شاسی، یک نام مشخص‌کننده در جدول ثبت نمونه‌برداری داده‌ها قید شده که با آن نام، از سایر شاسی‌ها تمیز داده شود.

برای نمونه‌برداری، تهیه یک جدول که در ستون‌های آن نام محل ظرف، کد ظرف، زمان شروع، زمان پایان و دو ستون برای ثبت داده‌های دستگاه‌های آزمایشگاهی نوشته شده باشد، لازم است. ظروف به‌ترتیب، در محل شاسی‌های مخصوص جاسازی می‌شوند. معمولاً پس از سه روز با همراه داشتن سرنگ، پنس، محفظه درها، محفظه برای ظرف‌ها و آب مقطر به میزان لازم، ابتدا درون هر ظرف را به‌وسیله یک پیمان سرنگ کامل آب مقطر مرطوب کرده تا سوسپانسیونی از ترکیب آب و خاک ساخته شود؛ سپس، در آن را بسته و در محفظه حمل و نقل به‌ترتیب گذاشته می‌شوند. سپس در آزمایشگاه، کدورت (با دستگاه کدورت‌سنج) یا OD<sup>۱۱</sup> (با دستگاه اسپکتوفتومتر) سوسپانسیون‌ها اندازه‌گیری و ثبت می‌شود (تصاویر ۹ و ۱۰). در نهایت، جمع‌آوری داده‌ها صورت می‌پذیرد.



تصویر ۱۰: دستگاه اسپکتوفتومتر



تصویر ۹: دستگاه کدورت‌سنج

### ۳. جمع‌آوری داده‌ها

داده‌هایی که در این پژوهش مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفته‌اند، عبارت‌اند از: ۱. عامل وابسته میزان غبار هوا که با داده مقایسه‌ای ذرات نشست‌یافته (رسوب) برداشت شده است؛ ۲. عامل مستقل باد وزیده شده.

#### ۳.۱. رسوب ذرات

با استفاده از آزمایشگاه‌های دانشگاه‌های جندی شاپور و علوم پزشکی، در ابتدا به مدت چهار ماه، از شهریور تا آذر سال ۱۳۹۱، برداشت و اندازه‌گیری، برای آزمایش‌های مقدماتی انجام شد؛ سپس، از دی ماه سال ۱۳۹۱ برداشت و اندازه‌گیری آزمایش‌های اصلی از غبار نشست‌یافته در چهار طرف بناها آغاز شد؛<sup>۱۲</sup> این کار تا خرداد سال ۱۳۹۳ ادامه یافت.<sup>۱۳</sup> پس از محاسبات و تبدیل واحدها برحسب «میکروگرم در متر مربع در روز» در فایل‌های مخصوص جمع‌آوری شدند. البته از آنجایی که واحد دستگاه اندازه‌گیری‌کننده NTU است،<sup>۱۴</sup> در تحلیل‌های مقایسه‌ای این مقاله، برای حذف خطاهای محاسباتی و... از اعمال ضرایب خودداری شده و عددهای بکر بر حسب NTU ارائه شده‌اند. نتایج به شرح زیر ارائه می‌شوند.

در هر برداشت به‌طور متوسط، در ظروف نمونه‌برداری، غبارهای سه روز جمع‌آوری شده و داده‌های آن پس از میانگین‌گیری به داده‌های روزانه تبدیل و ثبت شده‌اند. داده‌های بنای اول از سایت «ب» که از تاریخ ۱۳۹۱/۱۰/۲۰ تا تاریخ ۱۳۹۲/۰۱/۱۴ تهیه شده‌اند، در جدول ۱ نمایش داده شده است. داده‌های بنای دوم از سایت «ب» آزمایش دوم که از تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۰۷ تا تاریخ ۱۳۹۲/۱۲/۰۱ تهیه شده‌اند، در جدول ۲ نمایش داده شده است. داده‌های بنای اول از سایت «الف» که از تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۱۲ تا تاریخ ۱۳۹۲/۰۱/۱۱ تهیه شده‌اند، در جدول ۳ نمایش داده شده است. داده‌های بنای سوم از سایت «ب» که از تاریخ ۱۳۹۲/۰۶/۲۳ تا تاریخ ۱۳۹۳/۰۳/۱۰ تهیه شده‌اند، در جدول ۴ نمایش داده شده است. داده‌های بنای دوم از سایت «الف» که از تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۲۳ تا تاریخ ۱۳۹۲/۱۲/۱۱ تهیه شده‌اند، در جدول ۵ نمایش داده شده است.

جدول ۱: غبار رسوب‌شده در چهار طرف بنای اول از سایت «ب»

غبار رسوب‌شده در هر ساعت بر واحد سطح بر حسب NTU کورت سوسپانسیون تهیه‌شده با آب مقطر				طول زمان برداشت			
جنوب	شرق	شمال	غرب	چلو	راست	پشت	چپ
۰.۱۲۵	۰.۱۶۱	۰.۱۰۱	۰.۲۳۰	۹۱/۱۰/۲۴	تا	۹۱/۱۰/۲۰	
۰.۰۶۱	۰.۰۸۵	۰.۰۸۰	۰.۱۳۰	۹۱/۱۰/۲۶	تا	۹۱/۱۰/۲۴	
۰.۱۳۸	۰.۱۱۶	۰.۱۷۲	۰.۱۱۸	۹۱/۱۰/۳۰	تا	۹۱/۱۰/۲۶	
۰.۱۰۶	۰.۱۳۴	۰.۱۲۴	۰.۱۱۰	۹۱/۱۱/۳	تا	۹۱/۱۰/۳۰	
۰.۱۲۶	۰.۴۵۲	۰.۱۴۶	۰.۱۱۳	۹۱/۱۱/۹	تا	۹۱/۱۱/۳	
۰.۱۱۰	۰.۰۷۶	۰.۰۷۳	۰.۰۸۵	۹۱/۱۱/۱۸	تا	۹۱/۱۱/۱۴	
۰.۱۳۹	۰.۲۰۹	۰.۱۴۸	۰.۱۲۱	۹۱/۱۱/۲۴	تا	۹۱/۱۱/۱۸	
۰.۲۱۹	۰.۴۵۹	۰.۲۱۵	۰.۲۴۳	۹۱/۱۲/۱	تا	۹۱/۱۱/۲۴	
۰.۲۵۷	۰.۳۱۷	۰.۲۵۰	۰.۲۷۰	۹۱/۱۲/۵	تا	۹۱/۱۲/۱	
۰.۱۴۹	mis	۰.۱۷۲	۰.۱۷۸	۹۱/۱۲/۹	تا	۹۱/۱۲/۷	
۰.۵۹۲	۱.۱۳۷	۰.۵۰۳	mis	۹۱/۱۲/۱۲	تا	۹۱/۱۲/۹	
۰.۵۶۰	۱.۱۳۸	۰.۵۶۷	۰.۵۹۶	۹۱/۱۲/۱۶	تا	۹۱/۱۲/۱۲	
۰.۲۷۹	۰.۳۲۴	۰.۳۰۰	۰.۲۸۸	۹۱/۱۲/۱۹	تا	۹۱/۱۲/۱۶	
۰.۴۶۹	۰.۵۴۰	mis	۰.۵۵۷	۹۱/۱۲/۲۳	تا	۹۱/۱۲/۱۹	
۰.۱۷۶	۰.۲۲۸	۰.۱۸۶	۰.۱۹۲	۹۱/۱۲/۲۷	تا	۹۱/۱۲/۲۳	
۰.۱۷۳	۰.۲۵۶	۰.۱۶۹	۰.۱۷۰	۹۲/۱/۳	تا	۹۱/۱۲/۲۷	
۰.۱۲۰	۰.۱۷۷	۰.۱۱۵	۰.۱۱۸	۹۲/۱/۱۱	تا	۹۲/۱/۳	
۰.۱۲۰	۰.۱۵۷	۰.۱۴۷	۰.۱۲۲	۹۲/۱/۱۴	تا	۹۲/۱/۱۱	

جدول ۲: غبار رسوب‌شده در چهار طرف بنای دوم از سایت «ب» آزمایش دوم

غبار رسوب‌شده در هر ساعت بر واحد سطح بر حسب NTU کدورت سوسپانسیون تهیه‌شده با آب مقطر				طول زمان برداشت		
غرب	شمال	شرق	جنوب			
چپ	پشت	راست	جلو			
۲۰.۰۸	۱۷.۳۶	۲۱.۸۷	۱۵.۶۴	۹۲/۱/۳	تا	۹۱/۱۲/۳۰
۲۲.۳۳	۲۲.۶۱	۳۰.۲۰	۲۲.۴۳	۹۲/۱/۸	تا	۹۲/۱/۴
۲۳.۰۶	۲۲.۶۸	۳۶.۱۸	۱۹.۹۶	۹۲/۱/۱۱	تا	۹۲/۱/۸
۲۶.۲۷	۲۶.۰۴	۳۴.۰۱	۲۶.۰۷	۹۲/۱/۱۴	تا	۹۲/۱/۱۱
۷۸.۹۲	۸۰.۸۹	۷۳.۹۹	۷۲.۵۱	۹۲/۳/۲۲	تا	۹۲/۳/۱۸
۵۳.۴۳	۱۰۰.۷۸	۱۲۴.۴۵	۵۶.۸۲	۹۲/۳/۲۵	تا	۹۲/۳/۲۲
۵۳.۴۳	۱۰۰.۷۸	۱۲۴.۴۵	۵۶.۸۲	۹۲/۳/۲۸	تا	۹۲/۳/۲۵
۳۲.۹۳	۲۵.۹۴	۲۳.۷۰	۲۵.۶۹	۹۲/۴/۱	تا	۹۲/۳/۲۸
۳۱.۳۴	۲۶.۱۵	۴۶.۰۰	۳۵.۱۵	۹۲/۵/۲۳	تا	۹۲/۵/۲۰
۵۸.۴۰۱	۳۹.۰۴۵	۵۷.۰۶۶	۳۸.۷۱۱	۹۲/۵/۲۹	تا	۹۲/۵/۲۶
۳۸.۵۳۳	۴۲.۲۸۷	۵۵.۰۴۸	۳۸.۳۴۳	۹۲/۶/۲۳	تا	۹۲/۶/۱۹
۲۲.۳۴۳	۲۰.۸۵۱	۵۰.۰۵۵	۲۳.۸۳۴	۹۲/۶/۳۰	تا	۹۲/۶/۲۷
۴۷.۰۹۸	۴۴.۱۰۲	۴۷.۷۹۹	۴۳.۰۸۰	۹۲/۷/۲	تا	۹۲/۶/۳۰
۵۵.۳۲۸	۴۹.۹۵۹	۶۴.۶۷۵	۶۷.۰۱۱	۹۲/۷/۱۶	تا	۹۲/۷/۱۴
۱۱.۱۷	۹.۷۶	۱۲.۴۷	۹.۶۹	۹۲/۹/۴	تا	۹۲/۹/۱
۲۳.۰۳۳	۱۷.۱۰۱	۲۲.۷۳۵	۲۳.۸۲۹	۹۲/۹/۱۲	تا	۹۲/۹/۹
۲۴.۰۱۶	۱۵.۹۴۵	۱۸.۹۴۳	۱۸.۰۸۲	۹۲/۱۰/۷	تا	۹۲/۱۰/۴
۱۴.۸۱۲	۱۲.۱۷۶	۱۲.۶۰۵	۱۰.۲۳۰	۹۲/۱۲/۱	تا	۹۲/۱۱/۲۹



جدول ۳: غبار رسوب شده در چهار طرف بنای دوم از سایت «الف»

غبار رسوب شده در هر ساعت بر واحد سطح بر حسب NTU کدورت سوسپانسیون تهیه شده با آب مقطر				طول زمان برداشت	
غرب	شمال	شرق	جنوب		
چپ	پشت	راست	جلو		
۴۱.۷۰۰	۴۷.۴۲۸	۵۲.۴۷۴	۵۳.۱۳۴	۹۱/۱۲/۳۰	تا ۹۱/۱۲/۲۷
۱۸.۵۷۴	۱۶.۵۲۱	۱۶.۶۵۵	۹.۸۲۸	۹۲/۱/۲	تا ۹۱/۱۲/۳۰
۲۱.۰۶۹	۲۰.۸۱۳	۲۵.۰۲۷	۱۴.۹۸۱	۹۲/۱/۸	تا ۹۲/۱/۴
۱۶.۲۳۰	۱۳.۲۹۴	۱۶.۸۰۲	۱۶.۲۰۰	۹۲/۱/۱۱	تا ۹۲/۱/۸
۲۱.۵۳۱	۱۵.۳۸۹	۲۴.۱۶۳	۳۰.۴۴۷	۹۲/۳/۲۲	تا ۹۲/۳/۱۸
۱۹.۱۹۰	۱۹.۳۳۹	۱۹.۱۶۵	۲۴.۰۳۷	۹۲/۳/۲۵	تا ۹۲/۳/۲۲
۲۴.۷۵۵	۲۴.۳۱۶	۲۴.۹۰۸	۳۱.۱۶۹	۹۲/۳/۲۸	تا ۹۲/۳/۲۵
۵۰.۲۵۲	۵۶.۹۰۸	۷۷.۵۲۳	۵۸.۲۲۶	۹۲/۴/۱	تا ۹۲/۳/۲۸
۲۵.۳۰۳	۱۹.۴۹۷	۲۴.۷۰۱	۳۱.۸۱۶	۹۲/۵/۲۳	تا ۹۲/۵/۲۰
۲۰.۴۹۱	۱۹.۶۳۵	۲۱.۹۴۱	۲۵.۸۶۱	۹۲/۵/۲۶	تا ۹۲/۵/۲۳
۲۲.۶۹۸	۲۰.۷۴۵	۲۲.۸۶۶	۲۴.۱۱۲	۹۲/۵/۲۹	تا ۹۲/۵/۲۶
۲۳.۷۶۰	۲۸.۸۸۰	۳۰.۲۵۲	۳۱.۱۲۲	۹۲/۶/۲۳	تا ۹۲/۶/۱۹
۳۴.۶۵۴	۳۱.۶۶۸	۴۴.۳۹۲	۴۲.۱۵۵	۹۲/۶/۲۷	تا ۹۲/۶/۲۳
۳۷.۷۰۳	۲۹.۴۱۳	۳۲.۱۸۴	۳۱.۴۳۶	۹۲/۶/۳۰	تا ۹۲/۶/۲۷
۱۶.۰۴۴	۲۲.۱۴۴	۱۸.۶۰۹	۱۸.۵۰۴	۹۲/۷/۲	تا ۹۲/۶/۳۰
۲۹.۹۲۰	۳۰.۹۴۷	۳۱.۸۰۱	۲۹.۸۱۴	۹۲/۷/۱۶	تا ۹۲/۷/۱۴
۳۵.۲۰۷	۲۷.۱۸۳	۳۲.۳۵۳	۳۸.۵۱۹	۹۲/۹/۴	تا ۹۲/۹/۱
۸.۲۷۷	۱۰.۱۰۸	۱۱.۴۰۷	۱۳.۵۳۵	۹۲/۹/۱۲	تا ۹۲/۹/۹
۹.۸۳۷	۶.۹۴۶	۸.۱۴۴	۱۲.۹۳۱	۹۲/۱۰/۷	تا ۹۲/۱۰/۴
۱۲.۰۳۶	۱۲.۶۷۱	۲۰.۱۸۸	۱۳.۴۱۶	۹۲/۱۲/۱	تا ۹۲/۱۱/۲۹

جدول ۴: غبار رسوب‌شده در چهار طرف بنای سوم از سایت «ب»

میانگین روزانه جریان هوای وزیده به دیوار				طول زمان برداشت		
غرب	شمال	شرق	جنوب			
چپ	پشت	راست	جلو			
۶۳.۵۹	۵۹.۸۴	۲.۵۷	۲۷.۷۳	۹۲/۱/۳	تا	۹۱/۱۲/۳۰
۵۷.۷۰	۳۶.۸۲	۲.۳۱	۳۸.۱۷	۹۲/۱/۸	تا	۹۲/۱/۴
۶۵.۱۴	۵۹.۳۱	۵.۵۹	۵۰.۱۷	۹۲/۱/۱۱	تا	۹۲/۱/۸
۳۳.۳۵	۶۵.۲۰	۴.۲۷	۳۲.۰۶	۹۲/۱/۱۴	تا	۹۲/۱/۱۱
۷۷۷۱.۷	۵۵۰۱.۲	۱۳.۰۵	۰.۰۰	۹۲/۳/۲۲	تا	۹۲/۳/۱۸
۳۵۳۷.۸	۱۲۵۲.۸	۴۰.۶۰	۱۴۲۷.۸	۹۲/۳/۲۵	تا	۹۲/۳/۲۲
۳۸.۵۴	۶.۵۷	۱.۱۰	۱۷.۴۸	۹۲/۳/۲۸	تا	۹۲/۳/۲۵
۳۶.۶۵	۱۴.۰۸	۰.۵۴	۳.۱۶	۹۲/۴/۱	تا	۹۲/۳/۲۸
۱۶.۱۶	۱۱.۱۰	۰.۶۱	۹.۴۹	۹۲/۵/۲۳	تا	۹۲/۵/۲۰
۱۴.۸۶۴	۱۰.۳۶	۲.۸۴۱	۳۰.۸۲۷	۹۲/۵/۲۹	تا	۹۲/۵/۲۶
۲۰.۶۲	۶.۸۶	۰.۸۰	۱۳.۱۴	۹۲/۶/۲۳	تا	۹۲/۶/۱۹
۱۵.۵۱	۲۱.۰۴	۰.۲۸	۱.۶۲	۹۲/۶/۳۰	تا	۹۲/۶/۲۷
۱۲۸.۷۳	۸۱.۹۳	۲.۷۶	۴۵.۱۲	۹۲/۷/۲	تا	۹۲/۶/۳۰
۲۴۲.۶۸	۷۳.۱۴	۰.۳۸	۸.۵۹	۹۲/۷/۱۶	تا	۹۲/۷/۱۴
۲۱.۵۱	۱۳.۳۹	۰.۴۹	۱۳.۳۷	۹۲/۹/۴	تا	۹۲/۹/۱
۱۰.۲۵۸	۱۰.۵۲۸	۰.۹۹۴	۷.۳۱۱	۹۲/۹/۱۲	تا	۹۲/۹/۹
۲۳.۱۰۶	۲۱.۳۰۲	۰.۰۰۰	۰.۲۷۳	۹۲/۱۰/۷	تا	۹۲/۱۰/۴
۱۹.۱۸۷	۲۲.۰۷۷	۳.۲۷۵	۲۱.۷۰۸	۹۲/۱۲/۱	تا	۹۲/۱۱/۲۹

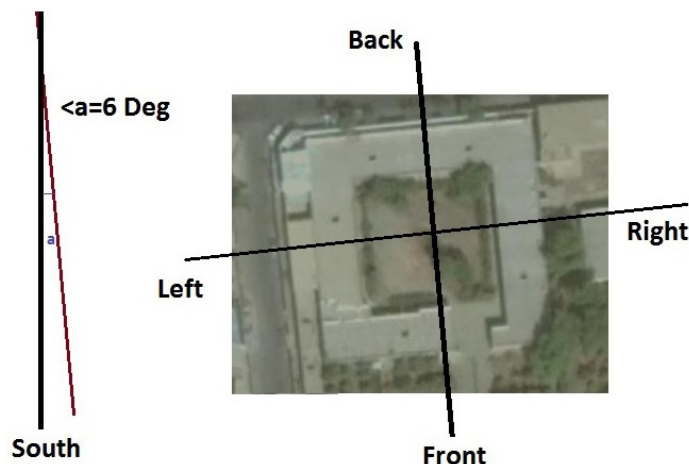
غبار رسوب‌شده در هر ساعت بر واحد سطح بر حسب NTU کدورت سوسپانسیون تهیه‌شده با آب مقطر				طول زمان برداشت	
جنوب	شرق	شمال	غرب		
جلو	راست	پشت	چپ		
۰.۱۳	۰.۳۰	۰.۱۹	۰.۲۲	تا	۹۱/۱۲/۷
۰.۶۷	۱.۰۲	۰.۵۲	۰.۵۸	تا	۹۱/۱۲/۹
۰.۴۱	۰.۵۱	۰.۲۴	۰.۴۲	تا	۹۱/۱۲/۱۲
۰.۲۵	۰.۳۱	۰.۳۲	۰.۳۰	تا	۹۱/۱۲/۱۶
۰.۲۴	۰.۲۵	۰.۲۴	۰.۲۰	تا	۹۱/۱۲/۲۳

### ۳.۲. باد

باد مهم‌ترین عامل مؤثر بر آلودگی هوا می‌باشد. بادهای غالب (Givoni 1998) منطقه که از سمت عراق و عربستان وارد می‌شوند، در زمان‌های متناوبی، غبارهای تولیدشده صحراهای مناطق غربی را به همراه می‌آورند. این بادهای عمده‌ترین منبع ورود غبار به سمت کشور ایران محسوب می‌شوند (طالب‌زاده ۱۳۹۰). آمارهای پایش غبار ایستگاه دزفول نشان داده است که ۹۰/۰۶ درصد از روزهایی که در جداول بالا مشخص شده‌اند، توأم با غبار آلودگی بوده‌اند. بدین ترتیب، روشن می‌شود غباری را که در این پژوهش اندازه‌گیری شده، بادهای غبارآور به این منطقه منتقل کرده است. این غبارها با کاهش سرعت، شروع به ته‌نشست و رسوب می‌کنند و با افزایش سرعت باد، به حرکت خود تا نقاط دوردست ادامه می‌دهند. علاوه بر این، زمانی که سرعت باد از محدوده ۱۰ متر بر ثانیه تجاوز کند، ذرات ته‌نشست‌یافته دوباره در هوا معلق شده و همراه جریان باد، به مناطق دیگر منتقل می‌شوند (Beckett, Freer-Smith and Taylor 2000). آمارهای باد ایستگاه هواشناسی صفی‌آباد دزفول نشان داده روزهایی که در جداول بالا مشخص شده‌اند، توأم با باد سرعت زیر این محدوده (۱۰ متر بر ثانیه) بوده‌اند. بدین ترتیب، روشن می‌شود احتمال معلق شدن مجدد غباری که در این پژوهش اندازه‌گیری شده، از درون ظرف‌ها در حداقل خود بوده است. با چنین ویژگی‌هایی که از باد بیان شد، بخش دیگر از تحلیل‌های مقایسه‌ای داده‌های آن (با توجه به سرعت و یا جهت آن) انتخاب شده است (Geiger 1950). مناسب‌ترین داده‌های قابل دسترس شامل برداشت‌های هم‌زمان سرعت و جهت هر سه ساعت یک بار، مربوط به سازمان هواشناسی هستند (طاهباز، ۱۳۸۸، ۶۱-۷۲) این سازمان براساس ایستگاه فرودگاه دزفول و ایستگاه صفی‌آباد دزفول، در اختیار این پژوهش قرار دارد. این آمارها را برای زوایای جهت، با پله‌های ۱۰ درجه‌ای و برای سرعت، به صورت عدد طبیعی بدون اعشار بر حسب متر بر ثانیه ارائه کرده‌اند. با توجه به اینکه در این ایستگاه‌ها، جهت وزش باد را با زاویه آزیموت ثبت کرده‌اند، در گام نخست، برای تطبیق جهت بناهای مورد مطالعه با جهات جغرافیایی، مشخص کردن زاویه انحراف آن‌ها ضروری است.

#### ۳.۲.۱. تعیین زاویه انحراف

ابتدا تصویر هوایی هر بنا از سایت «گوگل مپس» تهیه شد؛ سپس، با ترسیم محورهای اصلی آن‌ها مشابه تصویر ۱۱، زاویه انحراف محور جلو ساختمان با جهت جنوب مشخص و تعیین گردید.



تصویر ۱۱: عکس هوایی (از گوگل مپس<sup>۱۶</sup>) بنای سوم از سایت «ب» که زاویه انحراف شش درجه‌ای به سمت شرق دارد.

### ۳.۲.۲. محاسبه باد وزیده شده بر هر دیوار

از آنجایی که در این پژوهش، برای یکسان‌سازی واحدها، واحد زمان، واحد روز انتخاب شده است، لازم است مقیاس ساعتی آمار باد دریافت شده از سازمان هواشناسی به روزانه تبدیل گردد. از طرف دیگر، با توجه به جهت‌های ۳۶ گانه (دایره‌ای) ثبت شده، اعلام یک رقم به عنوان معدل سرعت‌ها برای وضعیت باد روزانه امکان‌پذیر نیست<sup>۱۷</sup> (نجیبی ۱۳۸۹، ۴۰-۴۹). در ایستگاه‌های هواشناسی، دستگاه‌های کنتوری نصب است که میزان هوای عبور کرده (وزیده) را برحسب متر بیان می‌کند (نگهداری ادوات و تجهیزات هواشناسی ۱۳۶۶)<sup>۱۸</sup> و با توجه به رابطه<sup>۱</sup>، می‌توان آن را محاسبه و تعریف نمود؛ لذا از این واحد برای نمایش میزان باد وزیده شده استفاده شده است.

$$L = V \times T \quad (1)$$

در این رابطه،  $V$  سرعت،  $T$  زمان و  $L$  مسافت هوای عبور کرده را نشان می‌دهد (با توجه به حرکت نسبی بنا به هوای بالای آن) و در این آزمایش‌ها، اندازه<sup>۱۹</sup>  $T$  به‌ازای هر داده سه ساعت است (۱۰۸۰۰ ثانیه) تا با توجه به سرعت ثبت شده میزان جریان به دست آید؛ البته واضح است که جریان‌هایی که به صورت زاویه‌دار بر بنا می‌وزند، باید به دو مؤلفه عمود بر هم تجزیه شوند؛ به گونه‌ای که یک مؤلفه از آن‌ها بر دیوار عمود و دیگری بر وجه مجاور بنا عمود باشد؛ در نتیجه لازم است برای جریان‌های زاویه‌دار، ضریبی معادل  $\cos \alpha$  در نظر گرفته شود (به گونه‌ای که  $\alpha$  زاویه انحراف از حالت عمودی بر دیوار است) تا برای جریان‌های عمود بر دیوار بناها ضریب یک ( $\cos 0^\circ$ ) لحاظ گردد. در نهایت، در این محاسبات، مجموع هشت برداشت سه‌ساعته (۲۴ ساعت یک روز) جریان‌های وزیده شده بر هر دیوار، مساوی مقدار روزانه آن دیوار می‌شود.

نمونه: در محاسبه باد وزیده شده ( $L$ ) بر دیوار رو به جنوب بنای سوم از سایت «ب» برای روز ۲۳ اکتبر ۲۰۱۲ که زاویه انحراف آن ۶ درجه به سمت شرق است، بدیهی است فقط داده‌هایی که زاویه آن‌ها بین ۸۴ و ۲۶۴ درجه است، بر محاسبه میزان باد وزیده بر این دیوار دخالت خواهند داشت؛ البته داده‌های نزدیک به این دو کرانه تأثیر ناچیز در ( $L$ ) دارند (ضریب تقریباً مساوی صفر  $\cos 90^\circ$  می‌گیرند) و داده‌های نزدیک به عمود ۱۷۴ درجه‌ای تأثیر کامل می‌گذارند (ضریب تقریباً مساوی یک  $\cos 0^\circ$  می‌گیرند). چنان‌که جدول ۶ نشان می‌دهد، از ساعت ۷:۳۰ تا ساعت ۱۰:۳۰ ضریب ( $L$ ) ۰/۹۱ بوده و از ساعت ۱۰:۳۰ تا ساعت ۱۳:۳۰ ضریب ( $L$ ) ۰/۸۱ و از ساعت ۱۶:۳۰ تا ساعت ۱۹:۳۰ ضریب ( $L$ ) ۰/۰۷ و داده ساعت ۲۴ که زاویه آن ۶۰ درجه می‌باشد، بر دیوار جنوبی وزیده نشده است. به این ترتیب، با توجه به رابطه<sup>۲</sup>، میزان باد وزیده شده بر این دیوار در روز ۲۳ اکتبر، براساس محاسبات زیر ۷۵۸۱۶ متر بوده است. رابطه<sup>(۲)</sup>

$$L = 0.91 \times 4(3 \times 3600) + 0.81 \times 4(3 \times 3600) + 0.07 \times 2(3 \times 3600) = 75816 \text{ m}$$

جدول ۶: بخشی از داده‌های مربوط به باد از ایستگاه هواشناسی شهرستان دزفول که به تفکیک روزانه، با شروع ساعت کاری این پژوهش تنظیم و تهیه شده است (سرعت‌ها بر حسب متر بر ثانیه قید شده‌اند).

ساعت برداشت به وقت گرینویچ															
۳		۲۴		۲۱		۱۸		۱۵		۱۲		۹		۶	
سرعت		زاویه		سرعت		زاویه		سرعت		زاویه		سرعت		زاویه	
۳	۱۱۰	۲	۱۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۱۵۰	۴	۱۴۰	۳	۱۲۰
۰	۰	۲	۶۰	۰	۰	۲	۹۰	۰	۰	۴	۱۲۰	۴	۲۱۰	۰	۰
۲	۳۳۰	۳	۳۰	۰	۰	۳	۴۰	۲	۹۰	۳	۱۵۰	۳	۱۲۰	۳	۱۱۰
۰	۰	۰	۰	۲	۱۰۰	۲	۹۰	۳	۹۰	۲	۱۵۰	۲	۱۷۰	۲	۶۰

با توجه به اینکه بادهای وزیده شده بر هر دیوار، گستره ۱۸۰ درجه‌ای دارد، داده‌هایی که زاویه آن‌ها بین ۰ تا ۱۸۰ درجه است، برای دیوار شرقی، ۹۰ تا ۲۷۰ درجه برای دیوار جنوبی، ۱۸۰ تا ۳۶۰ درجه برای دیوار غربی و ۲۷۰ تا ۳۶۰ و ۰ تا ۹۰ درجه برای دیوار شمالی مؤثرند. به این ترتیب، پس از احتساب زاویه انحراف، آمار میانگین روزانه جریان هوای وزیده به دیوارهای چهارگانه هر بنا بر حسب کیلومتر تهیه شده که در جداول ۷ تا ۱۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۷: میانگین روزانه جریان هوای وزیده به دیوارهای بنای اول از سایت «ب» بر حسب کیلومتر در روز

میانگین روزانه جریان هوای وزیده به دیوار				طول زمان برداشت	
غرب	شمال	شرق	جنوب		
چپ	پشت	راست	جلو		
۳۷۶.۵۴	۱۸۵.۲۶	۸۶۲	۱۱۲.۲۱	۹۱/۱۰/۲۴ تا	۹۱/۱۰/۲۰
۸۹.۵۸	۳۱.۳۶	۱.۱۳	۳.۴۴	۹۱/۱۰/۲۶ تا	۹۱/۱۰/۲۴
۱۵۴.۲۶	۳۴۵.۲۷	۱۴۶.۹	۵۶.۲۷	۹۱/۱۰/۳۰ تا	۹۱/۱۰/۲۶
۵۲.۱۳	۷۹.۵۰	۴.۷۱	۵۰.۲۸	۹۱/۱۱/۳ تا	۹۱/۱۰/۳۰
۷.۷۶	۱۹۴.۳۱	۲۱.۰۰	۸۳.۰۱	۹۱/۱۱/۹ تا	۹۱/۱۱/۳
۱۱۸.۸۲	۱۲۵.۱۵	۷.۰۷	۶۳.۵۴	۹۱/۱۱/۱۸ تا	۹۱/۱۱/۱۴
۳۰.۱۷	۱۸۳.۳۵	۱۵.۸۳	۵۰.۳۸	۹۱/۱۱/۲۴ تا	۹۱/۱۱/۱۸
۱۶۳.۹۷	۱۴۹.۳۰	۱۱.۷۸	۹۲.۱۱	۹۱/۱۲/۱ تا	۹۱/۱۱/۲۴
۲۴۸.۸۹	۲۸۰.۲۶	۶.۹۲	۹.۷۴	۹۱/۱۲/۵ تا	۹۱/۱۲/۱
۲۳۰.۲۳	۳۹۶.۸۸	۲.۲۶	۳.۴۴	۹۱/۱۲/۹ تا	۹۱/۱۲/۷
۱۱.۶۰	۱۱۰.۷۷	۳۱.۶۲	۲۵۱.۷۷	۹۱/۱۲/۱۲ تا	۹۱/۱۲/۹
۵.۶۴	۹۴.۲۱	۴۴.۰۵	۳۳۶.۴۷	۹۱/۱۲/۱۶ تا	۹۱/۱۲/۱۲
۳۵۴.۰۷	۱۷۶.۱۲	۷.۵۳	۱۳۹.۶۷	۹۱/۱۲/۱۹ تا	۹۱/۱۲/۱۶
۱۱۲.۳۷	۱۰۱.۱۵	۳۵.۴۳	۲۷۹.۵۳	۹۱/۱۲/۲۳ تا	۹۱/۱۲/۱۹
۱۰۸.۴۲	۱۸۹.۹۹	۶.۹۳	۲۶.۰۲	۹۱/۱۲/۲۷ تا	۹۱/۱۲/۲۳
۵.۵۵	۴۲.۳۶	۵.۵۵	۵۸.۳۲	۹۲/۱/۳ تا	۹۱/۱۲/۲۷
۳.۷۱	۴۶.۴۶	۳.۷۱	۴۳.۳۱	۹۲/۱/۱۱ تا	۹۲/۱/۳
۴.۲۷	۶۵.۲۰	۴.۲۷	۳۲.۰۶	۹۲/۱/۱۴ تا	۹۲/۱/۱۱

جدول ۸: بخش دوم از میانگین روزانه جریان هوای وزیده به دیوارهای بنای دوم از سایت «ب» آزمایش دوم برحسب کیلومتر در روز

میانگین روزانه جریان هوای وزیده به دیوار				طول زمان برداشت		
غرب	شمال	شرق	جنوب			
چپ	پشت	راست	جلو			
۶۳.۵۹	۵۹.۸۴	۲.۵۷	۲۷.۷۳	۹۲/۱/۳	تا	۹۱/۱۲/۳۰
۵۷.۷۰	۳۶.۸۲	۲.۳۱	۳۸.۱۷	۹۲/۱/۸	تا	۹۲/۱/۴
۶۵.۱۴	۵۹.۳۱	۵.۵۹	۵۰.۱۷	۹۲/۱/۱۱	تا	۹۲/۱/۸
۳۳.۳۵	۶۵.۲۰	۴.۲۷	۳۲.۰۶	۹۲/۱/۱۴	تا	۹۲/۱/۱۱
۷۷۷۱.۷	۵۵۰۱.۲	۱۳.۰۵	۰.۰۰	۹۲/۳/۲۲	تا	۹۲/۳/۱۸
۳۵۳۷.۸	۱۲۵۲.۸	۴۰.۶۰	۱۴۲۷.۸	۹۲/۳/۲۵	تا	۹۲/۳/۲۲
۳۸.۵۴	۶.۵۷	۱.۱۰	۱۷.۴۸	۹۲/۳/۲۸	تا	۹۲/۳/۲۵
۳۶.۶۵	۱۴.۰۸	۰.۵۴	۳.۱۶	۹۲/۴/۱	تا	۹۲/۳/۲۸
۱۶.۱۶	۱۱.۱۰	۰.۶۱	۹.۴۹	۹۲/۵/۲۳	تا	۹۲/۵/۲۰
۱۴.۸۶۴	۱۰.۳۶	۲.۸۴۱	۳۰.۸۲۷	۹۲/۵/۲۹	تا	۹۲/۵/۲۶
۲۰.۶۲	۶.۸۶	۰.۸۰	۱۳.۱۴	۹۲/۶/۲۳	تا	۹۲/۶/۱۹
۱۵.۵۱	۲۱.۰۴	۰.۲۸	۱.۶۲	۹۲/۶/۳۰	تا	۹۲/۶/۲۷
۱۲۸.۷۳	۸۱.۹۳	۲.۷۶	۴۵.۱۲	۹۲/۷/۲	تا	۹۲/۶/۳۰
۲۴۲.۶۸	۷۳.۱۴	۰.۳۸	۸.۵۹	۹۲/۷/۱۶	تا	۹۲/۷/۱۴
۲۱.۵۱	۱۳.۳۹	۰.۴۹	۱۳.۳۷	۹۲/۹/۴	تا	۹۲/۹/۱
۱۰.۲۵۸	۱۰.۵۲۸	۰.۹۹۴	۷.۳۱۱	۹۲/۹/۱۲	تا	۹۲/۹/۹
۲۳.۱۰۶	۲۱.۳۰۲	۰.۰۰۰	۰.۲۷۳	۹۲/۱۰/۷	تا	۹۲/۱۰/۴
۱۹.۱۸۷	۲۲.۰۷۷	۳.۲۷۵	۲۱.۷۰۸	۹۲/۱۲/۱	تا	۹۲/۱۱/۲۹

جدول ۹: میانگین روزانه جریان هوای وزیده به دیوارهای بنای دوم از سایت «الف» برحسب کیلومتر در روز

میانگین روزانه جریان هوای وزیده به دیوار				طول زمان برداشت	
جنوب	شرق	شمال	غرب	تا	
جلو	راست	پشت	چپ		
۲۳۹.۶۰	۲۵.۶۰	۴۷.۱۹	۲۷۰.۲۲	تا	۹۱/۱۲/۲۷
۸۹.۲۹	۷.۷۲	۱۶۵.۱۱	۱۹۵.۹۴	تا	۹۱/۱۲/۳۰
۱۲۹.۸۹	۸.۰۶	۱۱۶.۷۸	۱۶۲.۴۰	تا	۹۲/۱/۴
۱۴۰.۴۰	۱۸۳.۶۰	۱۹۴.۴۰	۱۰۸.۰۰	تا	۹۲/۱/۸
۸۸.۹۲	۱۲.۸۱	۱۹۹.۵۴	۱۰۶.۹۳	تا	۹۲/۳/۱۸
۱۸.۳۴	۱.۲۷	۳۸۸.۶۰	۸۴۸.۳۸	تا	۹۲/۳/۲۲
۱۸۱.۳۶	۴.۷۱	۱۰۷.۲۹	۳۳۲.۱۸	تا	۹۲/۳/۲۵
۲۱۹.۸۱	۱۵.۲۶	۵۰.۲۰	۳۹۸.۹۲	تا	۹۲/۳/۲۸
۵.۹۱	۰.۴۶	۱۲.۷۹	۳۷.۸۳	تا	۹۲/۵/۲۰
۱۱۹.۴۹	۶.۵۹	۱۱۸.۴۳	۱۶۱.۷۱	تا	۹۲/۵/۲۳
۲۴۶.۸۳	۱۳.۹۴	۴۶.۶۷	۲۱۲.۳۲	تا	۹۲/۵/۲۶
۲۹۷.۱۷	۳۳.۷۰	۲۱.۳۵	۱۳۲.۰۲	تا	۹۲/۶/۱۹
۱۵۳.۹۴	۹.۱۹	۶۴.۵۶	۲۲۰.۴۲	تا	۹۲/۶/۲۳
۲۱۵.۰۹	۷.۷۷	۳۱.۰۵	۲۱۷.۴۴	تا	۹۲/۶/۲۷
۲۱.۹۴	۲.۲۶	۲۰۲.۹۷	۱۹۶.۴۷	تا	۹۲/۶/۳۰
۱۳۸.۷۹	۹.۹۹	۱۹۳.۸۰	۴۱۱.۹۰	تا	۹۲/۷/۱۶
۱۵۱.۷۱	۵.۲۷	۲۲۹.۸۲	۱۲۰.۲۲	تا	۹۲/۹/۱
۷۴.۹۵	۹.۹۸	۱۲۱.۰۵	۱۱۴.۸۳	تا	۹۲/۹/۹
۱۶.۲۹	۰.۰۰	۲۹۱.۳۰	۱۸۶.۶۳	تا	۹۲/۱۰/۴
۱۲۸.۱۲	۱.۱۳	۳۳۸.۵۳	۲۲۷.۳۳	تا	۹۲/۱۱/۲۹

جدول ۱۰: میانگین روزانه جریان هوای وزیده به دیوارهای بنای سوم از سایت «ب» برحسب کیلومتر در روز

میانگین روزانه جریان هوای وزیده به دیوار				طول زمان برداشت		
غرب	شمال	شرق	جنوب			
چپ	پشت	راست	جلو			
۸۰.۸۶	۱۱.۸۴	۱.۴۱	۶۱.۲۰	۹۲/۶/۲۷	تا	۹۲/۶/۲۳
۵۵.۸۳	۷۵.۷۳	۱.۰۱	۵.۸۲	۹۲/۶/۳۰	تا	۹۲/۶/۲۷
۱۲۸.۷۳	۸۱.۹۳	۲.۷۶	۴۵.۱۲	۹۲/۷/۲	تا	۹۲/۶/۳۰
۲۴۲.۶۸	۷۳.۱۴	۰.۳۸	۸.۵۹	۹۲/۷/۱۶	تا	۹۲/۷/۱۴
۷۷.۴۴	۴۸.۲۱	۱.۷۶	۴۸.۱۴	۹۲/۹/۴	تا	۹۲/۹/۱
۳۶.۹۳	۳۷.۹۰	۳.۵۸	۲۶.۳۲	۹۲/۹/۱۲	تا	۹۲/۹/۹
۲۳.۱۱	۲۱.۳۰	۰.۰۱	۰.۲۷	۹۲/۱۰/۷	تا	۹۲/۱۰/۴
۱۰۳.۶۱	۹۲.۲۱	۱.۱۳۱	۳۷.۰۱	۹۲/۱۲/۱	تا	۹۲/۱۱/۲۹
۶۷.۹۴	۱۱۱.۱۷	۴.۶۴۷	۸.۸۲۹	۹۳/۱/۲۵	تا	۹۳/۱/۲۲
۶۰.۹۵	۹۷.۱۹	۲.۰۷۲	۳۸.۸۴	۹۳/۱/۳۰	تا	۹۳/۱/۲۷
۱۸۰.۶۹	۱۱۰.۰۷	۰.۳۷۷	۱.۱۰۴	۹۳/۲/۳	تا	۹۳/۱/۳۰
۴۲.۳۰۸	۹۷.۹۸۲	۸.۶۰۰	۱۸.۶۷۷	۹۳/۲/۶	تا	۹۳/۲/۳
۴۹.۱۰۹	۱۶۷.۳۸	۱۱.۳۲۷	۱۱.۹۸	۹۳/۲/۱۰	تا	۹۳/۲/۶
۴۴.۳۴۳	۵۱.۶۵۱	۴.۲۰۵	۳۲.۷۶	۹۳/۲/۱۳	تا	۹۳/۲/۱۰

جدول ۱۱: میانگین روزانه جریان هوای وزیده به دیوارهای بنای دوم از سایت «ب» آزمایش اول بر حسب کیلومتر در روز

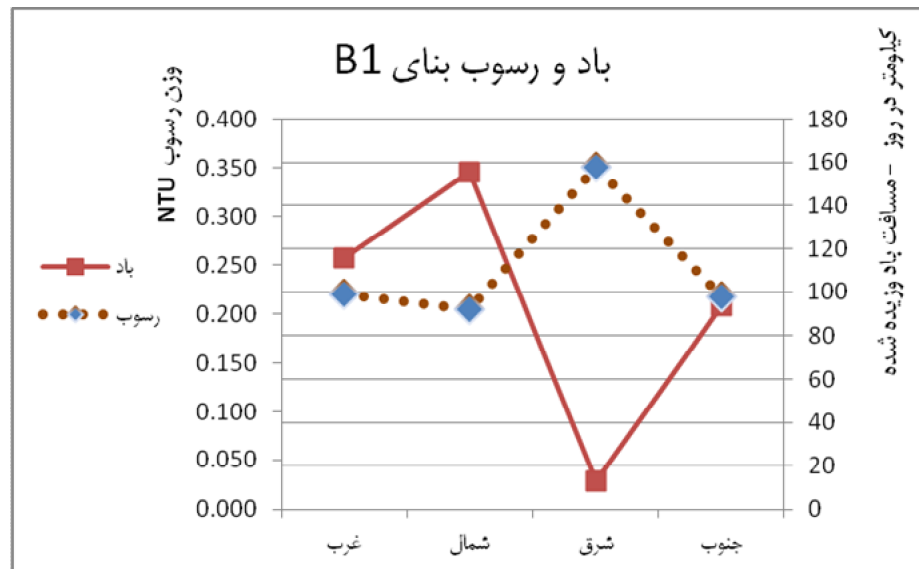
میانگین روزانه جریان هوای وزیده به دیوار				طول زمان برداشت		
غرب	شمال	شرق	جنوب			
چپ	پشت	راست	جلو			
۲۳۰.۲۳	۳۹۶.۸۸	۲.۲۶	۳.۴۴	۹۱/۱۲/۹	تا	۹۱/۱۲/۷
۱۱.۶۰	۱۱۰.۷۷	۳۱.۶۲	۲۵۱.۷۷	۹۱/۱۲/۱۲	تا	۹۱/۱۲/۹
۵.۶۴	۹۴.۲۱	۴۴.۰۵	۳۳۶.۴۷	۹۱/۱۲/۱۵	تا	۹۱/۱۲/۱۲
۳۵۴.۰۷	۱۷۶.۱۲	۷.۵۳	۱۳۹.۶۷	۹۱/۱۲/۱۹	تا	۹۱/۱۲/۱۶
۱۰۸.۴۲	۱۸۹.۹۹	۶.۹۳	۲۶.۰۲	۹۱/۱۲/۲۷	تا	۹۱/۱۲/۲۳



#### ۴. نتایج و تجزیه و تحلیل آن‌ها

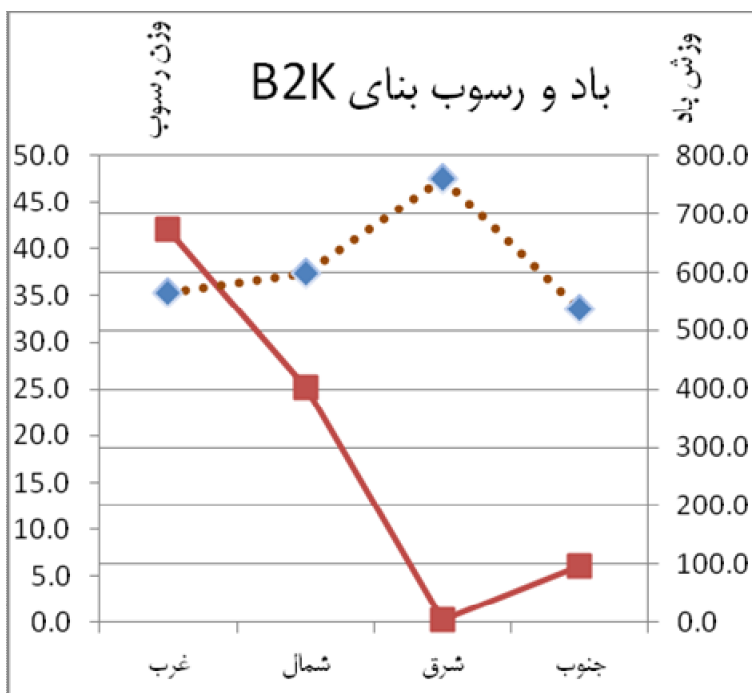
مقایسه میانگین‌های جدول‌های بالا از غبارهای نشست‌یافته و همچنین، میانگین بادهای وزیده‌شده به هر جبهه از بنا (جدول ۱ تا ۵ و ۷ تا ۱۱) مبین رابطه مهمی است که با تکرار آن در همه بناهای مورد مطالعه، اهمیت توجه به آن را دوچندان می‌کند. چنان‌که نمودار شماره ۱ ترکیب دو منحنی باد وزیده‌شده و رسوب نشست‌یافته نشان می‌دهد هنگامی که رسوب به حداکثر خود می‌رسد، باد وزیده‌شده به حداقل خود تنزل یافته است. همچنین، هنگامی که رسوب به حداقل خود می‌رسد، باد وزیده‌شده به حداکثر خود ارتقا یافته است.

نمودار ۱: مقایسه میانگین‌های روزانه هم‌زمان جریان هوای وزیده‌شده و رسوب غبار در چهار جهت بنای اول از سایت «ب»

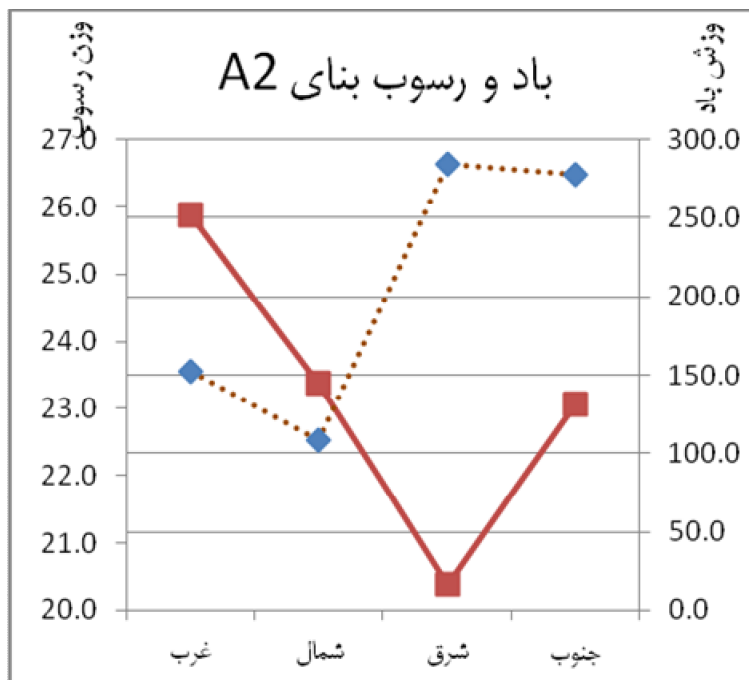


چنین موردی را می‌توان در نمودارهای ۲ و ۳ و ۴ و ۵ نیز مشاهده کرد، با این تفاوت که در نمودارهای ۳ و ۵ در زمانی که منحنی باد حداکثر را نشان می‌دهد، منحنی رسوب تقریباً به حداقل خود رسیده است. به این معنی که فقط یک سمت از ساختمان، رسوب کمتر از آن را دارا می‌باشد. بدین ترتیب، رابطه معکوس حداکثر و حداقل‌ها در ۸۰ درصد موارد، به‌طور کامل (۱۰۰ درصد) صادق است (رابطه هم‌زمانی حداکثر رسوب و حداقل باد در هر پنج ساختمان و رابطه هم‌زمانی حداکثر باد و حداقل رسوب برای سه مورد ۱ و ۲ و ۴ صدق می‌کند که در مجموع، ۸ مورد از ۱۰ مورد است). در ۲۰ درصد از موارد نیز با یک اختلاف کم به‌طور تقریب (۷۵٪) صدق می‌کند؛ لذا با توجه به رابطه ۳، فرضیه رابطه معکوس حداکثرها و حداقل‌ها در نمودار باد و رسوب با دقت ۹۵ درصد، صحت داشته است.

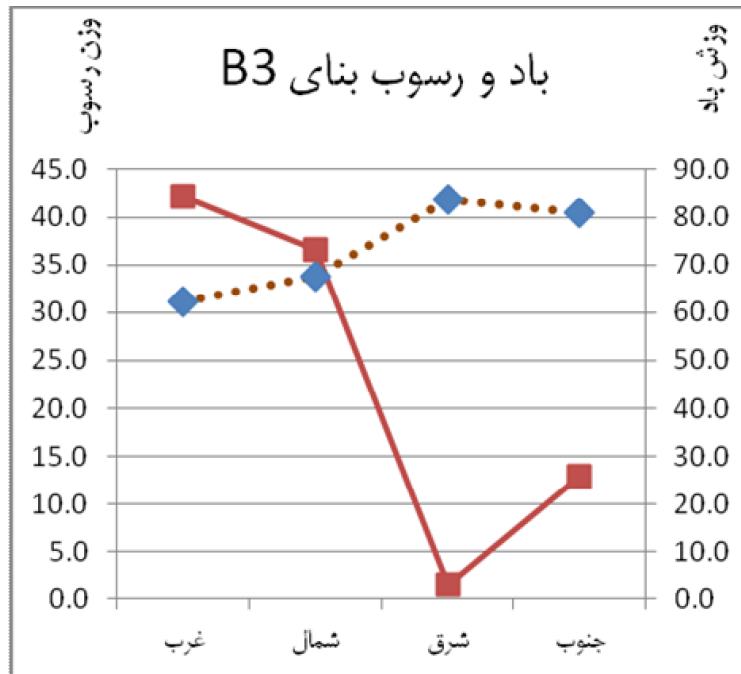
$$(رابطه ۳) \quad ۹۵\% = (۱۰۰\% \times ۸۰\%) + (۷۵\% \times ۲۰\%)$$



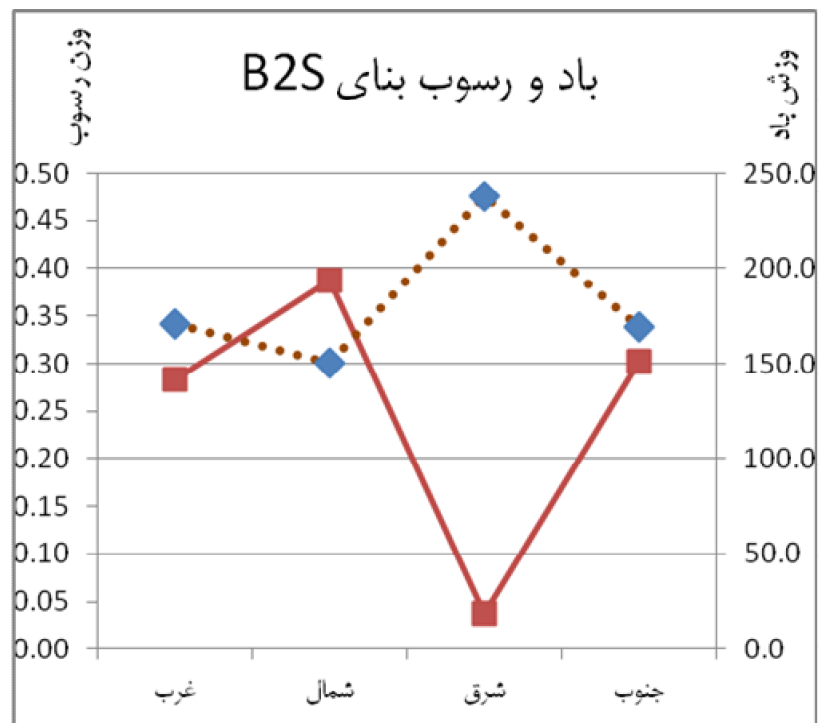
نمودار ۲: مقایسه میانگین‌های روزانه هم‌زمان جریان هوای وزیده و رسوب غبار در چهار جهت بنای دوم از سایت «ب» آزمایش دوم



نمودار ۳: مقایسه میانگین‌های روزانه هم‌زمان جریان هوای وزیده و رسوب غبار در چهار جهت بنای دوم از سایت «الف»

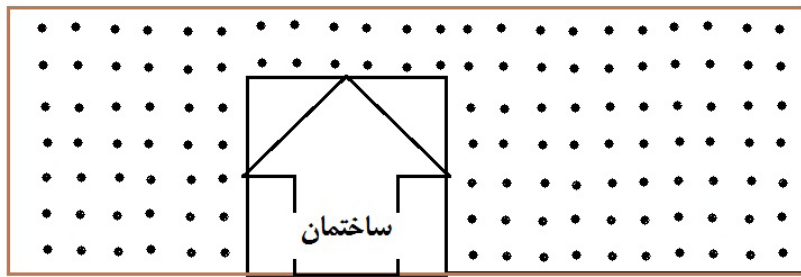


نمودار ۴: مقایسه میانگین‌های روزانه هم‌زمان جریان هوای وزیده و رسوب غبار در چهار جهت بنای سوم از سایت «ب»



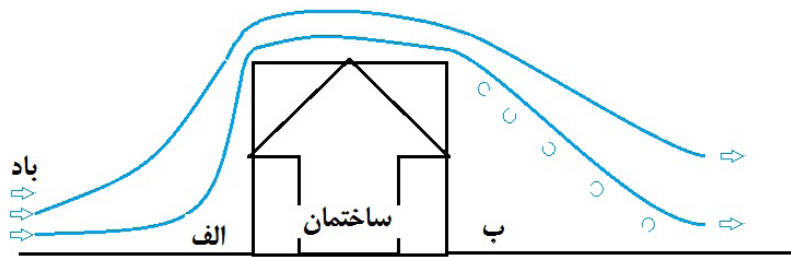
نمودار ۵: مقایسه میانگین‌های روزانه هم‌زمان جریان هوای وزیده و رسوب غبار در چهار جهت بنای دوم از سایت «ب» آزمایش اول

توجیه: با توجه به فاصله بسیار زیاد منبع غبار تا بناهای مورد مطالعه، می‌توان همگن بودن هوای فضای بدون مانع را فرض کرد (یکنواختی غلظت ذرات موجود در هوا). واضح است ذرات معلق در هوای ساکن (یا با سرعت کم) تمایلشان برای نشست و رسوب بیشتر می‌باشد و تمایل برای تعلیق در هوای پر جریان فزون‌تر است؛ لذا چنان‌که در اشکال ۱۲ و ۱۳ و ۱۴ نشان داده می‌شود، در بخش الف که از سرعت باد کاسته نشده است، ذرات معلق تمایلی برای نشست ندارند و غلظت آن‌ها بدون تغییر مانده است؛ اما در بخش ب که سرعت باد کاسته شده است، ذرات معلق تمایل برای نشست دارند و غلظت ذرات هوای این ناحیه کاسته می‌شود. پس با نشست ذرات، عملاً هوا در ناحیه ب به‌طور مرتب تصفیه می‌شود و تا هنگامی که جهت باد تغییر نکند، هوا نسبت به ناحیه الف تمیزتر خواهد بود.



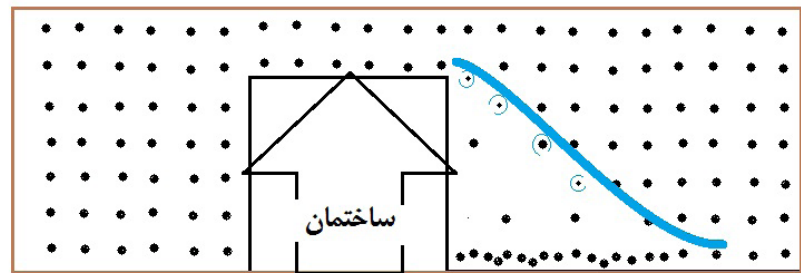
زمین

شکل ۱۲: نمایش غلظت یکنواخت غبار هوا بدون لحاظ جریان باد



زمین

شکل ۱۳: نمایش تأثیر وجود ساختمان در مسیر باد و تشکیل دو ناحیه الف و ب. سرعت جریان باد در ناحیه الف کاسته نشده، ولی در ناحیه ب کاسته شده است.



زمین

شکل ۱۴: در ناحیه الف که سرعت باد کاسته نشده، غلظت هوا نیز تغییر نمی‌کند، ولی در ناحیه ب، با کاهش سرعت باد، ذرات معلق در هوا سقوط می‌کنند و غلظت غبار هوا کاسته می‌شود.

## ۵. نتیجه

هم‌زمانی حداکثر رسوب ذرات و وزش باد کم در وهله اول، حکایت از قدرت تصفیه‌کنندگی ساختمان‌ها دارد؛ زیرا وجهی از ساختمان که پشت به باد واقع شده، ناحیه‌ای را به‌وجود می‌آورد که سرعت جریان هوا در مقایسه با سایر قسمت‌ها کمتر است. از آنجایی که کاهش جریان هوا در بالابردن سرعت ته‌نشست ذرات معلق بسیار مؤثر است، ساختمان می‌تواند ذرات غبار را از هوا جدا کند. با جدا شدن ذرات معلق از هوا آنچه باقی می‌ماند، هوای خالص و تصفیه است؛ لذا نتیجه مهم این پژوهش، انتخاب نوع ساختمان است که در زمان طراحی باید مد نظر قرار گیرد.<sup>۱۹</sup> همچنین کمک کردن به انتخاب جهت‌گیری مناسب در ساختمان‌سازی‌هاست (که باید در زمان مخصوص طراحی سایت پلان از نظر دور نماند)؛ به این معنی که بخش‌های بااهمیت زیاد و حساس ساختمان‌ها در جبهه مخالف سمت باد غالب (که از غرب یا جنوب غربی دزفول می‌وزند) تعبیه گردند. یا اینکه در پناه دیگر ساختمان‌ها طراحی گردند. بدین ترتیب، برای طراحی بازشوها در ساختمان لازم است درها، دریچه‌ها و پنجره‌هایی که در طراحی به‌عنوان تهویه‌کننده و منافذ ورود هوای تازه به داخل می‌باشند، در جبهه‌های شرقی طراحی شوند.<sup>۲۰</sup> از ویژگی‌های دیگر نتایج این پژوهش، قابلیت تمم‌پذیری آن است به این معنی که در شهرهای دیگر نیز با شناسایی جهت باد غالب و تعیین سمت آن، جبهه در پناه باد را مشخص نموده و از آن بهره‌برداری گردد. علاوه بر این، از فایده‌های نتایج این پژوهش، بهره‌برداری در زمینه شهرسازی است؛ لذا طراحان شهری نیز با آگاهی به مناطق پشت به باد ایجاد شده در اثر همسایگی بناهای مختلف، می‌توانند زمینه ایجاد مناطق در پناه باد و ته‌نشین کردن ریزگردها را به‌وجود آورند. همچنین، می‌توان در برنامه‌های سریع و کوتاه‌مدت، برای بهسازی ساختمان‌های چنین شهرهایی، با بهره‌گیری از نتایج این پژوهش، اقدام به اجرای طرح‌های آزمایشی نمود تا پس از ارزیابی نتایج آن‌ها، میزان تأثیر آن را مشخص کرد.

## قدردانی

در آخر لازم است بدین‌وسیله از دانشگاه‌های صنعتی جندی‌شاپور و علوم پزشکی دزفول، فرمانداری شهرستان دزفول و سازمان حفاظت از محیط زیست کشور، اداره کل استان خوزستان، اداره شهرستان دزفول و سازمان هواشناسی کشور، ایستگاه صفی‌آباد دزفول و شرکت شبکه‌های بهره‌برداری از آب شمال خوزستان دزفول و سازمان کنترل کیفیت هوای تهران به‌سبب پشتیبانی و مساعدت‌های کارآمد قدردانی به عمل آید.

## پی‌نوشت‌ها

۱. این‌گونه گرد و خاک‌های موجود در هوا را به‌دلیل بسیار ریز بودن، ریزگرد نامیده‌اند.
۲. همچنین، این آلودگی موجب افزایش مرگ زودرس تا حدود ۶ درصد شده است (۵۰۰۰۰۰ نفر در سال).
۳. دریاچه‌های طبیعی با ساحل و کف گل‌آلود و باتلاقی که نیزارهای وسیعی را به‌همراه دارد و آب آن از سیلاب‌ها و زهکش‌های زمین‌های پایین‌دست رودخانه‌های اطرافش تأمین می‌شود.
۴. البته در گوشه‌های دیگر این کره خاکی نظیر کشورهای شرق آسیا نیز روابط کشورهای به‌همین صورت بوده است.
۵. عایق‌های گوناگونی که در معماری سنتی ایران به‌کار می‌رفته.

6. Interdisciplinary

7. google earth , 09/16/2013

۸. دستگاه‌های ذره‌شمار یا سنسور وزنی

۹. در مقابل بیان لحظه‌ای دستگاه‌های ذره‌شمار

۱۰. باتوجه به ارتفاع هوای تنفس انسان که سازمان محیط زیست و بهداشت دستگاه‌های خود را نصب می‌کند و همچنین، سهولت در حفظ و نگهداری ظرف‌های نمونه‌برداری، ارتفاع ۱/۶۰ تا ۱/۸۰ متری انتخاب شده است.

11. Optical density

۱۲. این کار با نصب و جاسازی شاسی‌های مخصوص که به صورت ثابت در دیوارهای نمای جلو، عقب و طرفین ساختمان قرار می‌گرفت، انجام شده که ظرف‌های مخصوص نمونه‌برداری به صورت متحرک در آن قرار می‌گرفتند.  
۱۳. البته در حین انجام آزمایش‌ها بناهایی که دارای عوامل مداخله‌گر بودند، حذف شده و بناهای مناسب‌تر جایگزین آن‌ها شدند.

۱۴. دستگاه توربیدومتر وسیله‌ای است که با استفاده از پرتوهای نوری میزان گل‌آلودگی آب (یا سوسپانسیون) را بر حسب NTU (واحد مخصوص دستگاه) سنجش می‌کند. با توجه به کالیبراسیون انجام‌شده در این پژوهش، چگالی آن سوسپانسیون، با گراف معادله زیر مشخص شده و سپس، با توجه به حجم سلول دستگاه (۲۱ سی‌سی)، وزن غبار مشخص می‌شود. در نهایت، با توجه به مساحت ظرف نمونه‌برداری (۷۹،۳۲ سانتی‌متر مربع) و زمان نمونه‌برداری، «وزن در متر مربع روزانه» آن تعیین می‌گردد.

$$Y = 0.0015X + 0.0101$$

۱۵. فایل آمار هواشناسی به‌عنوان مدرک این موضوع، نزد دفتر نشریه قرار داده شده است.

16. maps.google.com , 09/16/2013

۱۷. معدل‌گیری به روش اعداد هم‌جهت، پاسخ صحیحی برای بردارهای چند جهته در بر نخواهد داشت (نجیبی، ۱۳۸۹)  
۱۸. کنتور ورزش همان دستگاه سرعت‌سنج باد از دستگاه‌های ایستگاه‌های هواشناسی است که به یک دستگاه دینالاگر مخصوص متصل است که به‌جای محاسبه سرعت بر حسب چرخش‌های قاشقک‌ها تعداد مجموع چرخش‌ها در روز را ثبت کرده و سپس در ضربی ضرب می‌کند تا به متر تبدیل شود.

۱۹. البته چه نوع ساختمانی مکتب جریان هوایی بیشتری به‌وجود می‌آورند، بحثی جداگانه است که دانشجویان رشته معماری در سال دوم، حین درس تنظیم شرایط محیطی با آن آشنا می‌شوند.  
۲۰. یا در بخش‌های حفره‌شده ساختمان‌ها واقع شوند.

## منابع

- بیات، فرشته، فاطمه جمالی و سولماز احمدیان. ۱۳۹۰. پدیده گرد و غبار و اثرات آن بر محصولات کشاورزی. در کنگره بین‌المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیان‌بار آن، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، ۲۶-۲۸ بهمن.
- بینا، محسن. ۱۳۸۷. تجزیه و تحلیل اقلیمی شوادون‌ها در خانه‌های دزفول. نشریه هنرهای زیبا (۳۳): ۳۷-۴۶.
- حیدری، ابوالفضل، علی حیدری و آرش ادیب. ۱۳۹۱. شناخت اثر باد بر کالبد روستاهای بومی دشت سیستان و به‌کارگیری آن در مسکن روستایی امروز مؤثر در ارتقای کیفیت شرایط زیست. در اولین همایش ملی بیابان، تهران: ۱-۸.
- حیدری، شاهین و مهدی عینی‌فر. ۱۳۹۰. جریان هوا واکنش حرارتی و آسایش در سیاه‌چادر (مورد مطالعاتی کوچروان ایلام). نشریه هنرهای زیبا- معماری شهرسازی (۴۷): ۶۳-۶۸.
- خاکسار، الهام. ۱۳۸۹. بررسی علل وقوع غبار هوا. اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان، اهواز.
- دادخواه، حجت و توحید روحی. ۱۳۹۰. بررسی اثرات و پیامدهای منفی گرد و غبار و آثار آن بر سلامتی و بهداشت. در کنگره بین‌المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیان‌بار آن، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، ۲۶-۲۸ بهمن.
- درویشی بلورانی، علی، امید نبوی، رسول عزیزی، و مریم دهقانی. ۱۳۹۰. تعیین کانون‌های گرد و غبارهای غرب میانی ایران با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور، رهگیری باد و بررسی ویژگی‌های محیطی منطقه. در کنگره بین‌المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیان‌بار آن، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، ۲۶-۲۸ بهمن.
- رازجویان، محمود. ۱۳۶۷. آسایش به‌وسیله معماری همساز با اقلیم، تهران: دانشگاه شهید بهشتی.
- رازجویان، محمود. ۱۳۹۰. مصاحبه با مؤلف. تهران: دانشگاه شهید بهشتی.
- راهنمایی، محمدتقی. ۱۳۷۰. توان‌های محیطی ایران+ زمینه‌های جغرافیای طرح جامع سرزمین. تهران: مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری وزارت مسکن و شهرسازی.
- طالب‌زاده، مسعود. ۱۳۹۰. نگرش اقلیمی بر پدیده گرد و غبار، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، ۲۶-۲۸ بهمن.

- طاهباز، منصوره. ۱۳۸۸. روش تحلیل آمار هواشناسی برای طراحی معماری همساز با اقلیم. نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی (۳۸): ۶۱-۷۲.
- عباسپور، مجید. ۱۳۷۱. مهندسی محیط زیست. تهران: دانشگاه آزاد اسلامی.
- فخری ابرقویی، زهرا، زهرا نوفرستی و سیما صبوری. ۱۳۹۰. تأثیر گرد و غبار در بروز و تشدید بیماری‌های تنفسی و راهکارهای پیشگیری از این بیماری‌ها. در کنگره بین‌المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیان‌بار آن، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، ۲۶-۲۸ بهمن.
- قبادیان، عطاءالله. ۱۳۶۷. سیمای طبیعتی فلات ایران+ در ارتباط با بهره برداری کشاورزی احیا و بازسازی منابع طبیعی. کرمان: دانشگاه باهنر کرمان.
- کریمی، کریم، محمدتقی بی‌نصی و امین کری. ۱۳۹۰. بررسی اثرات متقابل پدیده گرد و غبار با خشکسالی و آثار ناشی از آن بر تولیدات دامی. در کنگره بین‌المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیان‌بار آن، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، ۲۶-۲۸ بهمن.
- کسمایی، مرتضی. ۱۳۹۷. اقلیم معماری. تهران: شرکت خانه سازی.
- نجیبی، مرتضی و گلعلی زاده، موسی، ۱۳۸۹، بررسی آماری زوایای جهت وزش باد، نشریه دانشجویی آمار ۸ (۲): ۴۰-۴۹.
- نظری، زینب و خراسانی، نعمت الله و فیض‌نیا و کرمی، محمود. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات زمانی غلظت PM10 و تأثیر پارامترهای هواشناسی بر آن طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۸۹، نشریه محیط زیست طبیعی ایران ۶۶(۱): ۱۰۱-۱۱۱.
- نگهداری ادوات و تجهیزات هواشناسی: دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار جو و بارندگی و تبخیر و تابش و شدت نور خورشید. ۱۳۶۶. تهران: کتاب مطالعه شاگرد (از فرماندهی آموزش‌های هوایی).
- Beckett, K. Paul, Peter Freer-Smith and Gail Taylor, 2000. , Particulate pollution capture by urban trees: effect of species and wind speed, *Global Change Biology*, 6 (2000), pp. 995-1003.
- Culver, Alicia. 2002. *Cleaning for Health: Products and Practices for a Safer Indoor Environment*. London: Infoem, Inc. New York.
- Geiger, Rudolf. 1950. *The climate near the ground*. Massachusetts: Harvard University.
- Givoni, Baruch. 1998. *Climate consideration in building and urban design*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Heicklen, J. 1976 *Atmospheric Chemistry*. New York: Academic Press. p. 406
- Roulet, Claude-Alain. 2008. *Ventilation and Airflow in Buildings*. London: Earth scan.
- Schlesinger p., Mamane Y and Grishkan I., 2006. Transport if microorganisms to Israel during Sahara dust event. *Aerobiologia*: 22(4): 259-273.
- Viana M, Kuhlbusch TAJ and Querol X. 2008. Source apportionment of particulate matter in Europe: A review of methods and results. *Aerosol science* (39): 827-849.