ارزیابی تاثیر فرم مجتمع های بلندمرتبه بر آسایش اقلیمی با تاکید بر جریان هوا

(نمونه‌ی مورد مطالعه شهرک اکباتان، تهران)

سمیرا یوسفیان[1]، محمد رضا پور جعفر[2]، نرگس احمدپور کلهرودی[3]

چکیده

به‌منظور دسترسی به مکان‌های پایدار جهت حضور هرچه بیشتر انسان در فضا، باید در طرح‌ها به دنبال بهبود کیفیت فضاهای شهری و به‌ویژه تامین آسایش انسانی بود. برای این منظور انجام مطالعات در ارتباط با خرده اقلیم شهری و در بهینه‌گزینی ساختارهای شهری، امری ضروری در راستای دستیابی به‌این هدف است. هدف از انجام این پژوهش استفاده‌ی بهینه از جریان هوا، در ارتقا کیفیت فضاهای عمومی اطراف مجتمع‌های بلندمرتبه است، تا بدین ترتیب بتوان به فضاهای جمعی پایدار و پاسخگو به نیازهای آسایشی انسان دست یافت. اهداف این پژوهش از بعد روش‌شناسی اکتشاف توصیف و تبیین است و نوع پژوهش کاربردی می‌باشد. دراین پژوهش، به‌منظور توصیف و تحلیل ارتباط بین فرم مجتمع‌های بلندمرتبه و رفتار باد، از تکنیک شبیه‌سازی با نرم‌افزار ENVI-met (که یک نرم‌افزار جهت تحلیل‌های اقلیمی می‌باشد) و در نتیجه‌گیری از استدلال منطقی استفاده شده است. جمع‌آوری اطلاعات نیز از طریق مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای و تحلیل داده‌های ثانویه صورت گرفته است. در نهایت این پژوهش با ارزیابی فرم‌های مجتمع‌های مسکونی شهرک اکباتان در زمینه‌ی پاسخگویی به آسایش انسان در برابر باد، فرم بهینه را برگزیده و به ارائه راهبردهای عملیاتی منتج از تحلیل‌های نرم‌افزاری، برای توسعه‌های مشابه می‌پردازد. به‌طور کلی مطالعات انجام شده مؤید تأثیر بسزای فرم و ویژگی‌های کالبدی بلوک‌ها، بر رفتار باد است.

واژه‌های کلیدی: آسایش اقلیمی، باد، مجتمع‌های بلند مرتبه، ENVI-met، شهرک اکباتان.

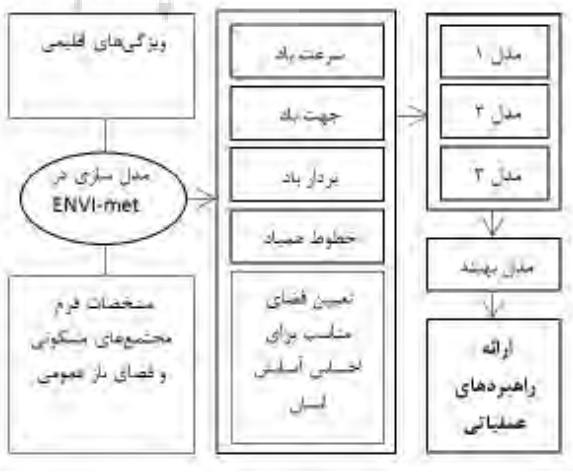
تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۰۵
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۱۵

۱ کارشناس ارشد شهرسازی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران،ایران E-mail: samira.yousefian03@gmail.com
۲ استاد، گروه شهرسازی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران،ایران(نویسنده مسئول) E-mail: pourja_m@modares.ac.ir
۳ کارشناس ارشد شهرسازی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران،ایران E-mail: narges35435@yahoo.com

مقدمه

فضاهای شهری بخشی از فضاهای باز و عمومی شهرها هستند که به نوعی تبلور ماهیت زندگی جمعی می‌باشند. یعنی جایی که شهروندان در آن حضور دارند [۱]. امروزه مباحث سازگاری با اقلیم و پایداری اکولوژیک که به شکل طراحی اقلیمی مطرح می‌گردد با دارا بودن جامعیتی ویژه در زمینه‌ی اصول طراحی شهری و معماری، از اهمیت خاصی برخوردار است. مباحثی چون آسایش اقلیمی، صرفه جویی در مصرف انرژی و کنترل تبادل آن میان انسان و محیط‌های مصنوعی و طبیعی جزء لاینفک این دانش در مطالعات شهری است. در کنار این مسأله، شرایط تامین آسایش کاربران در مجموعه‌ها و فضاهای فعالیتی مبین ضرورت شناخت و مطالعه‌ی عوامل مختلف اثرگذار در طراحی فضاهای همساز با اقلیم است. در مناطق گرمسیر نیاز به ایجاد سایه و کوران هوا مهم‌ترین عواملی هستندکه سبب خلق راهکارهای معماری برای تامین شرایط آسایش حرارتی شده اند [۲]. در مناطق سردسیر نیز بلاعکس، بهره گیری بیشتر از آفتاب و جلوگیری از کوران هوا عوامل تایین کننده هستند. بدین ترتیب یکی از مهم‌ترین عناصر اقلیمی که در تامین آسایش اقلیمی موثر است، جریان هوا می‌باشد. استفاده از جریان طبیعی هوا به عنوان ابزاری برای ارتقا آسایش اقلیمی، یکی از تدابیری است که در معماری سنتی ایران از سابقه‌ی طولانی برخوردار است [۳]، اما متاسفانه جای خالی ضوابط طراحی متناسب با اقلیم به ویژه باد در ادبیات طراحی شهری کنونی ایران کاملاً احساس می‌شود. همین امر ضرورت طرح مسأله‌ای مبتنی بر «چگونگی تاثیر فرم‌های گوناگون شهری بر کاهش یا افزایش جریان هوا (یکی از مهم‌ترین عوامل اقلیمی) و نقش آن در کیفیت فضای شهری» را به روشنی توجیه می‌کند. این پژوهش به نوعی جزاولین نمونه‌های بررسی رفتار باد و شبیه‌سازی رایانه‌ای تونل باد[۱] است، که خود اهمیت موضوع را دو چندان می‌کند.

هدف اصلی این پژوهش استفاده‌ی بهینه از جریان‌های هوا، در ارتقا کیفیت فضاهای عمومی اطراف مجتمع‌های بلند مرتبه می‌باشد. برای این منظور، سنجش کمی و شبیه‌سازی فرم‌های مجتمع‌های مسکونی و فضاهای عمومی موجود در شهرک اکباتان، در نرم افزار ENVI-met جهت تشخیص فرم بهینه، صورت پذیرفته است.



شکل ۱: چارچوب تحلیلی پژوهش

ادبیات موضوع

جریان هوا

باد عبارت است از جریان و جابجایی هوا تحت تاثیر اختلاف فشار [۴] که کمیتی برداری بوده و دارای دو مشخصه جهت و سرعت می‌باشد.

یکی از اصول موثر بر جریان هوا این است که سرعت باد در سطح زمین به دلیل اصطکاک، کمتر می‌باشد [۵]. لندسبرگ[۲] در ۱۹۸۱ با ذکر دلایل متعدد دراین زمینه «ناهمواری» ایجاد شده تحت تاثیر ساختمان‌های در مسیر باد را مهم‌ترین دلیل آن می‌داند. مان[۳] در ۱۹۷۰ اشاره می‌کند که بادها به صورت اتفاقی در شهر توزیع نشده بلکه بر اساس چگونگی نظم دهی بلوک‌های ساختمانی و کریدورهای خیابانی در شهر جاری می‌شوند.

آیرودینامیک معماری

علم آیرودینامیک معماری به رفتار و سرعت باد در محیط معماری می‌پردازد [۶]. بررسی اثر جریان باد در اطراف ساختمان‌های بلند و مشکلات ناشی از آن، توسط نویسندگانی همچون آرنز[۴] (۱۹۸۱)، پن واردن[۵] (۱۹۷۳)، آینسلی[۶] (۱۹۷۶) و داونپورت[۷] (۱۹۷۶) مورد بررسی قرار گرفته است [۷]. درایران نیز طاهباز (۱۳۷۰ و ۱۳۸۶) و رازجویان (۱۳۷۲ و ۱۳۸۶) در ارتباط با آیرودینامیک معماری و رفتار باد در کنار انواع بلوک‌های ساختمانی مطالعاتی صورت داده‌اند [۶،۸-۱۰].

آسایش[۸] حرارتی

گستره‌ی فعالیت‌های انسان و دامنه‌ی انعطاف پذیری آن دریک مکان بیرونی تا حدودی به شرایط خرداقلیم آن، به ویژه وضعیت تابش خورشید و سرعت باد بستگی دارد [۱۱]. اگرچه علاوه بر مولفه‌های هواشناسی نوع فعالیت کاربر، نوع پوشش و همچنین ترجیحات فردی نیز در درک انسان از آسایش موثر هستند [۱۲]. بیشتر مطالعات صورت گرفته تاکنون شرایط آسایش را در مورد فعالیت

بسیار سبک متداول در خانه نشان می‌دهند و تلاش برای تعریف آسایش در فضای باز بسیار جدید بوده و از دهه ۱۹۷۰ آغاز شده است. گیونی[9] در سال ۱۹۹۴ در مورد آسایش حرارتی پژوهش‌های قابل توجهی داشته است. او حد آسایش و عدم آسایش ناشی از جریان هوا را بین ۲۹ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد ذکر کرده است [۱۳]. پژوهشگران دیگر چون مایر[10] در سال ۱۹۹۲، آرنزو همکارانش در سال ۱۹۹۷ وهامفریز[11] در سال ۱۹۹۹ به‌این نتیجه رسیده و تاکید داشته‌اند که جریان هوا تاثیر قابل توجهی در رسیدن به آسایش حرارتی‌یا عدم آسایش حرارتی افراد دارد. درایران نیز پژوهشگرانی چون رضایی حریری و فیاض (۱۳۸۰)، سلیقه (۱۳۸۳)، کسمایی (۱۳۸۷)، پوردیهمی(۱۳۸۷) و حیدری (۱۳۸۸) مطالعاتی در زمینه‌ی آسایش حرارتی داشته‌اند که غالباً معطوف به محیط داخل ساختمان بوده است [۱۴-۲۱].

مقیاس بُفورت[12] یکی از روش‌های سنجش میزان آسایش انسان در محیط بیرونی در برابر جریان باد است. سرعت و نحوه حرکت باد بر «آسایش «دینامیکی» انسان» و «آسایش حرارتی انسان» تاثیرگذار است [۲۲] این مقیاس بعضی از حالات و عکس العمل‌های ناشی از وزش باد و سرعت آن را مشخص کرده است (جدول ۱).

سرعت باد (m/s)	خصوصیات باد
Z = ۲ متر	
۱/۵ تا ۳	جریان باد در سطح پوست صورت احساس می‌شود. برگ درختان با جریان باد حرکت می‌کند.
۳ تا ۴/۵	شاخه و برگ درختان دائماً تکان می‌خورد، پرچم‌ها به حرکت در می‌آید موهای سر تکان و بهم می‌خورد، لباس‌های گشاد بهم می‌پیچد.
۴/۵ تا ۷	گرد و خاک و کاغذ از جا بلند می‌شود. شاخه درختان متلاطم می‌شود و موهای سر در هم می‌ریزد.
۷ تا ۹	درختان کوچک خم می‌شوند. طرز راه رفتن اندکی مختل می‌شود.
۹ تا ۱۱	شاخه‌های بزرگ به جنبش درمی‌آید و صدای برخورد باد به سیم‌ها به گوش می‌رسد. راه رفتن به سختی انجام می‌شود و استفاده از چتر مشکل است.
۱۱ تا ۱۴	درختان کاملاً تکان می‌خورند. در جهت مخالف باد به سختی می‌توان حرکت کرد.
۱۴ تا ۱۷	شاخه درختان در هم شکسته می‌شود و به طور کلی عابر پیاده با خطر مواجه می‌شود.
۱۷ تا ۲۰	خطر پرت شدن عابر پیاده و زمین خوردن وجود دارد.

جدول ۱: مقیاس بُفورت [۲۳]

ساختمان‌های بلند مرتبه

درایران ساختمان بلندمرتبه طبق مصوبه سال ۱۳۷۷ شورای عالی شهرسازی و معماری به ساختمان‌های بالاتر از شش طبقه گفته می‌شود. بر اساس طرح تفصیلی مصوب ۱۳۹۰ تهران، ساختمان‌ها به ۳ گروه کوتاه مرتبه، میان مرتبه و بلند مرتبه تقسیم می‌شود که ساختمان‌ها با ۱۲ طبقه از روی زمین و بیشتر بلند مرتبه محسوب شده و مشمول ضوابط بلند مرتبه‌سازی قرار خواهند گرفت [۲۴].

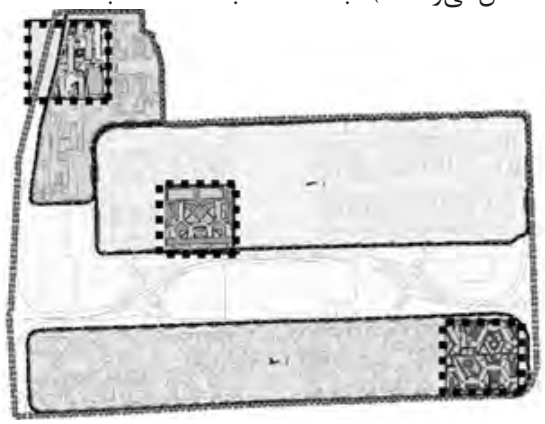
روش تحقیق

پارادایم حاکم بر پژوهش اثبات‌گرا[13] است و راهبرد آن استقرایی[14] می‌باشد و از روش کمی[15] در آن استفاده شده است. اهداف این پژوهش از بعد روش‌شناسی اکتشاف[16] توصیف[17] و تبیین[18] است و نوع پژوهش کاربردی[19] می‌باشد.

گردآوری داده‌ها از طریق مطالعه میدانی، اسنادی و تحلیل داده‌های ثانویه[20] (داده‌های هواشناسی) اتفاق می‌افتد. دراین پژوهش از تکنیک[21] مدل‌سازی با نرم‌افزار Envi-met که‌یک مدل سه‌بعدی خرداقلیمی‌طراحی شده است، به منظور بررسی و تحلیل وضعیت موجود از نظر چگونگی رفتار باد و... استفاده می‌شود. نتیجه‌گیری نیز با استفاده از استدلال منطقی[22] صورت می‌گیرد.

معرفی محدوده

محدوده‌ای که به منظور تحلیل وضعیت آسایش اقلیمی از نظر جریان هوا انتخاب شده است بخش‌هایی از شهرک اکباتان است. از جمله عواملی که موجب انتخاب این شهرک به عنوان نمونه‌ی مورد مطالعه شده است، عبارتند از: الف. نزدیکی آن به ایستگاه سینوپتیک مهرآباد (این امر تاثیر فاکتورهای مختلف تغییردهنده اطلاعات ایستگاه هواشناسی را به منظور استفاده در فرایند شبیه‌سازی به حداقل می‌رساند). ب. تعداد طبقات مناسب



شکل ۲: موقعیت سایت‌های انتخاب شده در شهرک اکباتان

(مطابق طرح تفصیلی مصوب تهران مجتمع‌های ۱۲ طبقه و به بالا بلند مرتبه محسوب می‌شوند). ج. تنوع فرمی و کالبدی بلوک‌های ساختمانی فازهای مختلف شهرک و شکل‌گیری فضاهای عمومی محاط در بین آن‌ها به دلیل محدودیت نرم‌افزار در ارتباط با مدل کردن کل شهرک چه از نظر دقت ترسیم و چه به لحاظ سنگین شدن فایل و طولانی شدن پروسه‌ی آنالیز، از هر فاز شهرک اکباتان (که دارای سه فاز می‌باشد)، یك سایت برای شبیه‌سازی انتخاب شده است که در زیر موقعیت آن‌ها مشخص می‌باشد. سایت اول در فازیك شهرك در مرکز آن، سایت دوم در فاز دو شهرك در جنوب غربی آن و سایت سوم در فاز سه شهرك در شمال شرقی آن قرار دارد.

معرفی نرم افزار

علی‌رغم نظر بعضی از دانشمندان مخصوصاً آزمایشگران که مدل‌سازی اقلیمی[۲۳] بر پایه‌ی عملیات رایانه‌ای را با بی اعتمادی می‌نگرند، باید مطمئن بود که سرانجام این امر به عنوان یک علم کاملاً قابل اعتماد، تحقق خواهدیافت. هرچند طبق عقیده پائولوزانتی[۲۴] مشکلاتی چون محدودیت‌های ذاتی در شبیه‌سازی رایانه‌ای و همچنین غیر طبیعی بودن پروسه‌های زیست محیطی (به ویژه پروسه‌های جوی) وجود دارد.

با توجه به هدف پژوهش، موارد زیر به عنوان ویژگی‌های اصلی مورد نیاز، برای انتخاب ابزار تحلیلی و شبیه‌سازی مناسب، مطرح می‌شوند:

حیطه‌ی عمل: نرم‌افزار باید قابلیت شبیه‌سازی کالبدی - فضایی و اقلیمی را به طور همزمان داشته باشد. به عبارت دیگر مدل باید چند بخشی باشد. هر چه توانایی نرم‌افزار در زمینه‌ی مدل کردن عناصر محیطی موثر بر اقلیم بیشتر باشد مناسب‌تر خواهد بود. همچنین مدل باید بتواند از داده‌های موقعیت دقیق جغرافیایی و آب و هوایی محدوده‌ی مورد مطالعه در آنالیزهایش استفاده نماید.

ماهیت روش شناختی: به دلیل اهمیت ویژگی‌های فضایی - کالبدی (فرم، تراکم، تعداد طبقات، فاصله‌ی ساختمان‌ها و...) در ارتباط با رفتار باد، نرم‌افزار بایستی قابلیت تحلیل فضایی را حتماً دارا باشد. در زمینه‌های دیگر نیز به دلیل تسریع در فرآیند پژوهش بهتر است از مدل‌های مشاهده مبنا و پایان نگر استفاده گردد.

مقیاس: با توجه به مقیاس محدوده‌ی مطالعه و مورد نظر در طراحی و اهمیت تاثیرگذاری عناصر مختلف کالبدی بریکدیگر، نرم‌افزار بایستی قابلیت تحلیل در سطوح تک بنا تا مجموعه‌ای از بناها را در حد واحد همسایگی داشته باشد.

در سال‌های اخیر نرم افزارهای اقلیمی‌متعددی برای مدل‌سازی و محاسبه سرعت جریان هوا در محیط شهری طراحی شده‌اند که با توجه به ویژگی‌های مورد نظر در نهایت Envi-MET برای مدل‌سازی مناسب‌ترین تشخیص داده شده است.

این نرم افزار توسط پروفسور مایکل بروس۲۵ آلمانی طراحی شده ویک مدل سه بعدی خرداقلیمی‌است که سطوح، گیاهان و فعل و انفعالات هوا را در محیط شهری با دقت فضایی ۰/۵ متر و دقت زمانی ۱۰ ثانیه شبیه‌سازی می‌کند [۲۵].

امتیاز اصلی‌این شبیه‌ساز آن است که فعل و انفعالات اصلی جو که بر اساس قوانین فیزیکی نظیر قوانین دینامیک سیالات و ترمودینامیک که بر خرداقلیم تأثیرگذارند را شبیه‌سازی می‌کند [۲۶].

امتیازات دیگراین مدل عبارتند از:

- این مدل مجموعه‌ای از عوامل خرد اقلیمی‌را در درون یک چرخه‌ی روزانه (۲۴ ساعته) شبیه‌سازی نموده و کلیه‌ی فرایندها شامل جریان باد، پرتو خورشیدی، دما و رطوبت را پیش‌بینی می‌نماید.

- دراین مدل می‌توان عناصر تشکیل‌دهنده‌ی محیط شهری را که نوعاً ممکن است ساختار پیچیده‌ای داشته باشند لحاظ نمود؛ به طور مثال ساختمان‌ها با اشکال و ارتفاع‌های گوناگون‌یا برخی جزئیات معماری مثل بالکن‌ها و فرم‌های هندسی. دراین مدل پوشش گیاهی نه تنها به عنوان توده‌های متخلخل در برابر جریان باد و اشعه‌ی آفتاب، بلکه با احتساب فرایندهای تبخیر و فتوسنتز به کار برده می‌شود. جنس زمین (آسفالت، بتون، خاک...) نیز دراین مدل لحاظ شده است.

- حجم خروجی‌های‌این مدل در مقایسه با حجم داده‌های ورودی بسیار زیاد است. به عبارت دیگراین مدل به ورودی‌های محدود نیاز دارد اما خروجی‌های زیادی را تولید می‌کند.

البته در کناراین مزایا، لازم است به معایب‌این مدل نیز اشاره نمود. از جمله می‌بایست به موارد زیر اشاره کرد:

- حجم زیاد پردازش اطلاعات که نه تنها وقت‌گیر بوده بلکه هرچه سطح جزئیات سه بعدی مدل از حد معمول

بالاتر می‌رود رایانه‌های با کارکرد خانگی و نیمه حرفه‌ای از عهده‌ی پردازش اطلاعات برنخواهند آمد.

- آخرین نسخه‌این مدل (نگارش چهارم) که در اکتبر۲۰۱۱ به بازار عرضه شده است، برخلاف ادعای سازندگان آن که می‌گویند توانایی شبیه‌سازی مباحث انرژی ساختمان را خواهد داشت، باید بیان نمود که دارای توانایی‌های محدودی می‌باشد.

- ابعاد پیکسل‌ها در ENVI-met از نیم متر کمتر نمی‌شوند. از آن‌جایی که امروزه در سازه‌های مدرن، ساختمان‌هایی با دیوارهایی به ضخامت ۰/۵ متر نمی‌توان‌یافت،این نرم‌افزار در مباحث معماری برای تکامل، راه نسبتاً طولانی را در پیش خواهد داشت.

- در مباحث میکروکلیمای شهری تغییر ابعاد پیکسل‌های مدل و سپس ایجاد تناسب میان آن‌ها به منظور تغییر در مقیاس فضای شهری مورد نظر امری بسیار دشوار بوده که در صورت ناتوانی در فراهم نمودن‌این تناسب شبیه‌سازی انجام نخواهد شد.

- مشکل بعدی مدل که به عنوان‌یکی دیگر از معایب اصلی آن مطرح خواهد شد ناتوانی در ترسیم اشکال هندسی گوناگون مانند دایره است.

نحوه‌ی مدل سازی

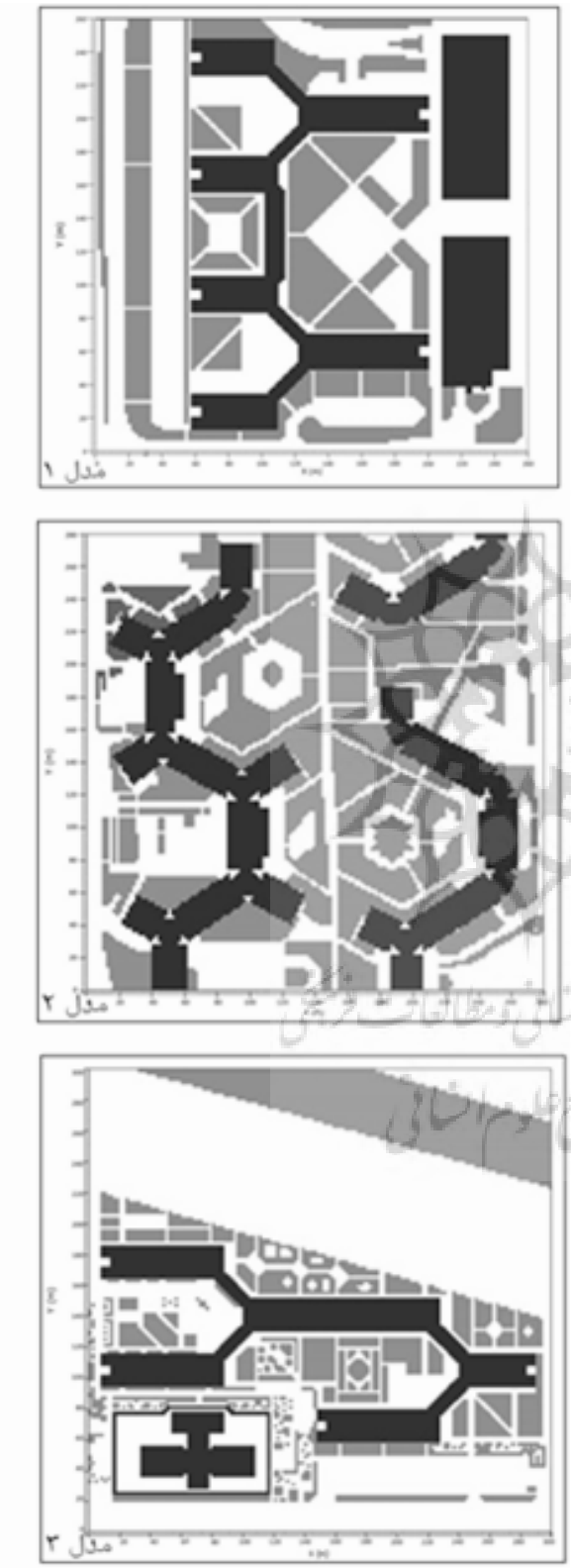
به منظور انجام شبیه‌سازی در نرم‌افزار ENVI-met به برخی داده‌های هواشناسی نیاز است. این داده‌ها عبارتند از: دما برحسب کلوین، سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری زمین برحسب متر بر ثانیه، جهت باد برحسب درجه و درصد رطوبت هوا. دراین مقاله تحلیل‌ها بر اساس داده‌های اقلیمی‌متوسط ماهانه‌ی اردیبهشت سال ۱۳۸۹ است که بالاترین میانگین سرعت باد را در ماه‌های سال به خود اختصاص داده است (علت‌این انتخاب، لزوم بررسی سایت در زمان‌هایی است که وزش باد بیشترین مشکل را برای ساکنین‌ایجاد می‌کند). در زیر مجموعه‌ای از داده‌هایی که برای مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است، ارائه می‌گردد.

دما (کلوین)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	جهت باد (درجه)	رطوبت نسبی (درصد)
۲۹۷٫۹	۹٫۷۷	۲۸۰	۱۴٫۳

جدول ۲: داده‌های اقلیمی‌متوسط ماهانه‌ی اردیبهشت ماه ۱۳۸۹ [۲۷]

شبیه سازی

دراین بخش سه گزینه‌ی منتخب، در نرم‌افزار مدل‌سازی شده‌اند. عناصر کالبدی که دراین نرم‌افزار ترسیم و شبیه سازی شده‌اند شامل موارد زیر می‌باشند:



شکل ۳: عناصر کالبدی مدل شده در نرم افزار.

در گزینه ۱: بلوک‌های مسکونی پلکانی پنج، نه و دوازده طبقه، بلوک‌های تجاری‌یک طبقه در شرق سایت، پوشش گیاهی و همچنین پوشش کف شامل آسفالت، سنگفرش بتنی و خاک،

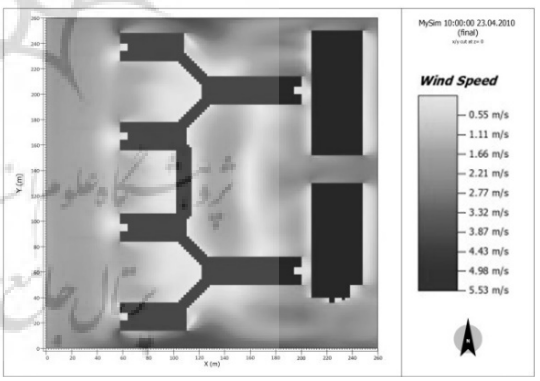
در گزینه ۲: بلوک‌های مسکونی دوازده طبقه که به صورت شش ضلعی‌های گسسته در کنار هم قرار گرفته‌اند، پوشش گیاهی و همچنین پوشش کف شامل آسفالت، سنگفرش بتنی و خاک،

در گزینه ۳: بلوک‌های مسکونی پلکانی پنج، نه و دوازده طبقه، توده و فضای ساختمان آموزشی در جنوب سایت، پوشش گیاهی و همچنین پوشش کف شامل آسفالت، سنگفرش بتنی و خاک. تصویر بالا موقعیت عناصر کالبدی مدل شده را نمایش می‌دهد.

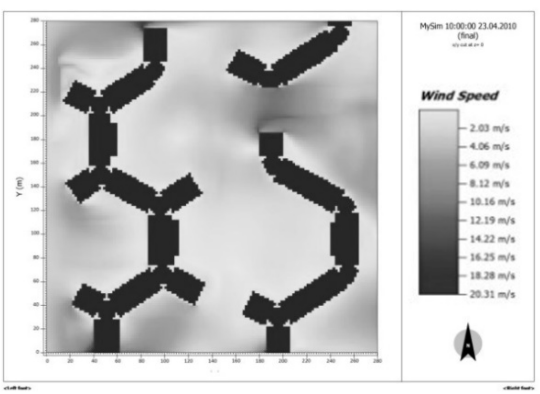
لازم به ذکر است که مدت زمان تنظیم شده برای مدل‌سازی در نرم افزار، از ساعت ۶ صبح تا ۶ عصر بوده و تحلیل‌ها برای مدت ۱۲ ساعت صورت گرفته است.

۵-یافته‌های تحقیق

در ادامه نتایج استخراج شده از نرم افزار ENVI-met به تفکیک نوع خروجی‌ها و تحلیل‌های مرتبط با آن ارائه می‌گردد. در تصاویر زیر، سرعت باد در سطح زمین به نمایش درآمده است.



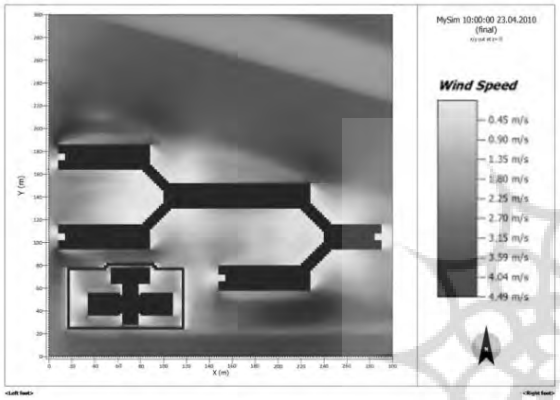
شکل ۴: سرعت باد در سطح زمین (مدل ۱) ساعت ۱۰ صبح.



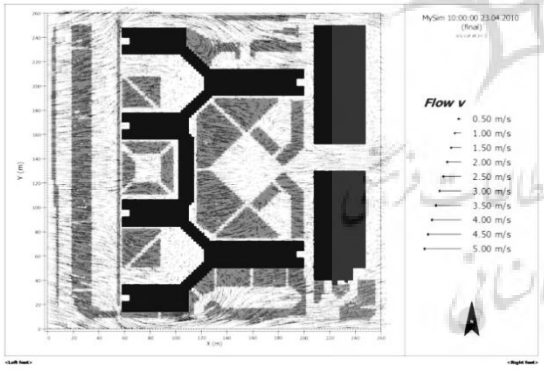
شکل ۵: سرعت باد در سطح زمین (مدل ۲) ساعت ۱۰ صبح.

با توجه به شبیه‌سازی صورت گرفته، میزان سرعت باد متوسط از ۴/۲۷ متر بر ثانیه که در ایستگاه هواشناسی مهرآباد ثبت شده است، در مدل اول در سطح زمین به ۵/۵۳ متر بر ثانیه در گوشه‌های بلوک‌های مسکونی در نماهای رو به باد می‌رسد.این سرعت در فضاهای پشت به باد ساختمان به کمتر از ۰/۵ متر بر ثانیه کاهش می‌یابد. همچنین در ارتفاع ۲ متری (ارتفاع قد انسان) سرعت باد در گوشه‌های ساختمان باز هم افزایش داشته و به ۵/۷۸ متر بر ثانیه می‌رسد.

در مدل دوم همان سرعت باد متوسط ۴/۲۷ متر بر ثانیه، تا ۲۰/۳۱ متر بر ثانیه در گوشه‌های رو به باد ساختمان‌ها افزایش می‌یابد. علت این امر فرم ساختمان‌های موجود



شکل ۶: سرعت باد در سطح زمین (مدل ۳) ساعت ۱۰ صبح.



شکل ۷: بردارهای باد (مدل ۱).

در این فاز است، این ساختمان‌ها بر خلاف ساختمان‌های موجود در فازیک، به عنوان یک مانع پرو مرتفع در مقابل باد ظاهر شده و باد وزیده شده پس از برخورد با ساختمان نیاز به یافتن راهی برای ادامه‌ی مسیر خود دارد، بنابراین گوشه‌های ساختمان می‌توانند مناسب‌ترین و شاید تنهاترین راه برای رسیدن به این هدف باشند.

در نتیجه تراکم بردارهای باد در این نقاط افزایش یافته، بیشترین سرعت را در این نواحی شاهد خواهیم بود.

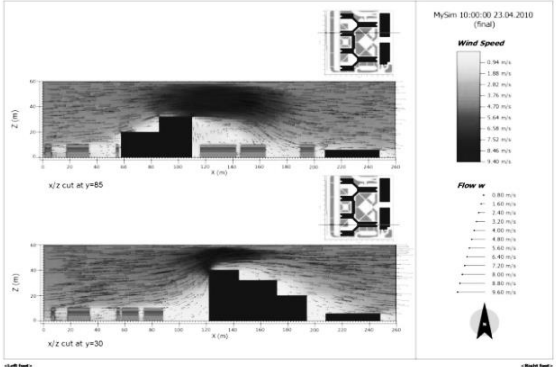
در مدل سوم سرعت باد تنها ۰/۲ تا ۰/۳ متر بر ثانیه نسبت به متوسط باد پایه، افزایش داشته است که شرایط مساعدتری را نسبت به دو مدل دیگر فراهم می‌کند.

از جمله خروجی‌هایی دیگر مدل‌سازی موارد زیر است.

بردارهای باد که نشان‌دهنده جهت و سرعت باد هستند
تحلیل این سری از نقشه‌ها به زیبایی رفتار باد را در اطراف بلوک‌های ساختمانی نمایان می‌کند. مواردی چون شدت گرفتن باد در گوشه‌های ساختمان، افزایش سرعت باد در حین عبور از میان دو ساختمان به صورت یک تنگه، کاهش سرعت باد و اغتشاش مسیر وزش آن در فضای پشت به باد ساختمان، هم جهت و هم اندازه بودن بردارهای باد در فضاهای به دور از توده‌های ساختمانی، تاثیر پوشش گیاهی در کاهش سرعت باد از این نقشه‌ها قابل استنتاج است.

سرعت و بردارهای باد در مقاطع طولی و عرضی سایت
با توجه به خروجی‌های این بخش هر چه ارتفاع ساختمان بیشتر می‌شود سرعت باد نیز افزایش می‌یابد به گونه‌ای که سرعت باد در لبه‌های بام‌ها به ۹/۴۰ متر بر ثانیه در مدل ۱، ۲۱/۳۱ متر بر ثانیه در مدل ۲ و ۶/۷۱ در مدل ۳ می‌رسد. این امر از یک طرف به دلیل سرعت بالای باد و از طرف دیگر به دلیل آلودگی صوتی ناشی از آن، موجب آزار ساکنان طبقات بالاتر می‌شود.

در بخش‌هایی از ساختمان که فرم پلکانی بلوک‌ها در مقابل بردارهای باد هستند، فرم مذکور در ایجاد مناطق آرام و بی تلاطم در فضای جلوی هر پلکان کمک شایانی کرده است. فضای پشت به باد ساختمان نیز طبیعتاً از برخورد با باد سرعت‌یافته در امان هستند (البته این فضاهای به دلیل راکد بودن هوا در خطر تجمع ذرات آلاینده می‌باشند). اما در مقطعی که فرم پلکانی ساختمان پشت به باد است، وجهی از ساختمان که رو به باد است فقط تا قسمتی که توسط درختان مرتفع پوشش داده



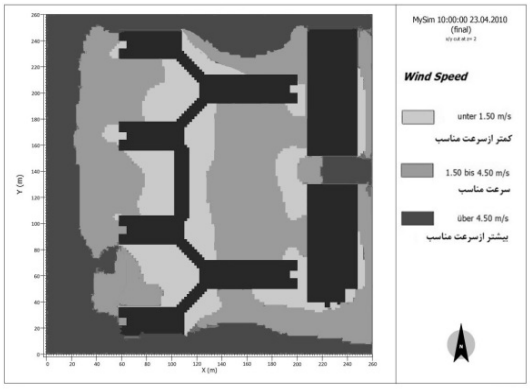
شکل ۸: بردارهای باد در مقطع Z-X (مدل ۱).

شده‌اند از وزش باد سرعت‌یافته در امان می‌باشند و در ارتفاعات بالاتر و به ویژه در طبقات آخر ساختمان، باد هرچه بیشتر سرعت می‌گیرد.

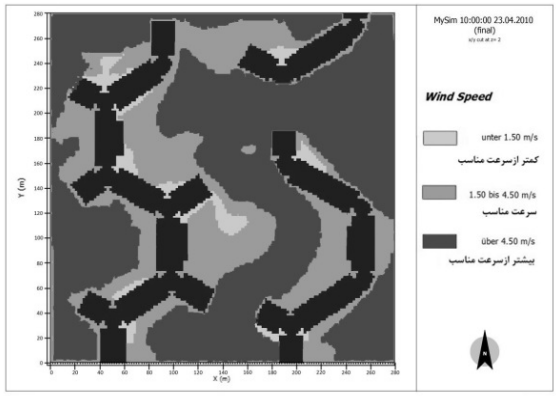
خروجی‌های این بخش به خوبی نشان می‌دهد که توده‌های ساختمانی و پوشش گیاهی (به طور کلی فضای ساخته شده) چه تاثیری بر کاهش یا افزایش سرعت باد دارند.

تغییرات جهت باد
با توجه به نتایج حاصل از مدل‌سازی تغییرات جهت باد معمولاً در کناره‌های توده‌ی ساختمانی در جایی‌هایی که باد با ساختمان برخورد دارد و جهت آن تغییر می‌کند، اتفاق افتاده است، به ویژه در فضاهای پشت به باد شاهد آشفتگی بیشتری هستیم. در قسمت‌هایی این تغییر جهت تا ۱۸۰ درجه نیز اتفاق می‌افتد. مدل ۳ نسبت به سایر مدل‌ها کمترین تغییرات جهت وزش باد را در محدوده خود داشته است.

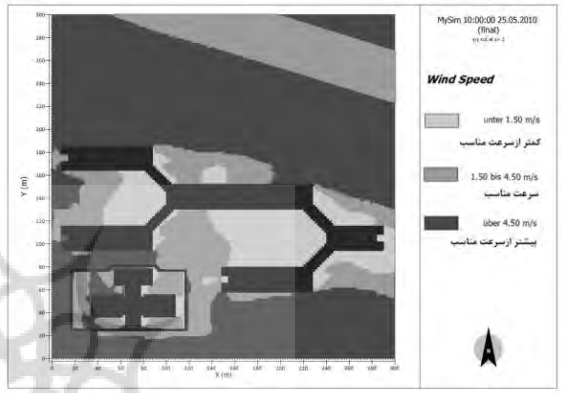
انتخاب گزینه بهینه
در نهایت به منظور انتخاب گزینه‌ی بهینه، طبق مقیاس بُفورت مناطق اطراف بلوک‌ها از نظر سرعت وزش باد به سه گروه تقسیم شده‌اند که در تصویر بعد به نمایش درآمده‌اند. دو گروه از این تقسیم‌بندی به لحاظ تامین آسایش برای انسان چندان مطلوب نبوده و احساس ناخوشایندی ایجاد می‌کند. نکته‌ی جالب این است که حد نامطلوب به مکان‌ها و زمان‌هایی که بادهای سریع می‌وزند، محدود نمی‌شود، بلکه هنگامی که هوا آرام است و بادی در جریان نیست نیز چندان مطلوب نمی‌باشد به ویژه در فصول گرم سال که وزش باد مطلوب (نه بادهای گرم یا بادهای همراه با گرد و خاک) می‌تواند از میزان گرمای دریافتی بدن بکاهد و شرایط مساعدتری را فراهم آورد. یکی دیگر از دلایل نامطلوب بودن فقدان وجود وزش باد، عدم امکان جابجایی هوای اطراف منابع آلوده کننده است.



شکل ۹: تحلیل احساس آسایش انسان در محدوده‌های اطراف مجتمع‌های ساختمانی مدل ۱ بر اساس مقیاس بُفورت.



شکل ۱۰: تحلیل احساس آسایش انسان در محدوده‌های اطراف مجتمع‌های ساختمانی مدل ۲ براساس مقیاس بُفورت



شکل ۱۱: تحلیل احساس آسایش انسان در محدوده‌های اطراف مجتمع‌های ساختمانی مدل ۳ براساس مقیاس بُفورت

جدول شماره ۳ نتایج حاصل از تحلیل صورت گرفته بر اساس مقیاس بُفورت را به طور خلاصه نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است بیشترین سهم مساحت اطراف بلوک‌ها که به رنگ روشن می‌باشد، ۷۶ درصد است و به مدل سوم اختصاص دارد. دراین مدل هیچ قسمت از سایت (در سطح زمین) شاهد سرعت بالاتر از ۴/۵ متر بر ثانیه نمی‌باشد.

جدول ۳ : سهم مساحت به درصد براساس مقیاس بُفورت

بر حسب m/s	کمتر از سرعت مناسب (کمتر از ۱/۵)	سرعت مناسب (۱/۵- ٤/۵)	بیشتر از سرعت مناسب (بالاتر از ٤/۵)
مدل ۱	٪٤۱	٪۵۷	٪۲
مدل ۲	٪۳٤	٪٤۳	٪۲۳
مدل ۳	٪۲٤	٪۷۶	٪۰

در نهایت با توجه به نتایج حاصل از شبیه‌سازی این سه مدل در نرم‌افزار و جداول شماره ۳ و ۴، مناسب‌ترین مدل، مدل سوم تشخیص داده شده است.

	بیشینه سرعت در حالت وزش باد با سرعت میانگین		بیشینه سرعت در حالت وزش باد سریع‌ترین باد
	در ارتفاع ۲ متر	در پشت بام (۱۲ طبقه)	در ارتفاع ۲ متر
مدل ۱	۵.۵٤	۹,٤	۱۲,۸
مدل ۲	۲۰,۳۱	۲۱,۳۱	٤۳,۱۷
مدل ۳	٤,۶	۶,۷۱	۱۰,۲۹

جدول ۴: مقایسه سه گزینه‌ی مدل شده

نتیجه گیری

نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که فرم و ویژگی‌های کالبدی بلوک‌های ساختمانی، تاثیر بسزایی بر نحوه‌ی رفتار باد دارد. با تحلیل رفتار باد در اطراف سه گونه‌ی ساختمانی شهرک اکباتان و فضاهای عمومی اطراف آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار ENVI-met، به شرح زیر نتایج کاربردی استخراج شده است:

- سرعت باد در گوشه‌های ساختمان به ویژه ساختمان‌های بلندمرتبه افزایش می‌یابد.این افزایش سرعت باد با افزایش ارتفاع نسبت مستقیم دارد، بدین معنی که هر چه ارتفاع بیشتر میزان افزایش سرعت باد نیز بیشتر است.

- عبور باد از میان دو ساختمان به صورت یک تنگه، باعث افزایش سرعت باد می‌شود (پدیده‌ی کانالیزاسیون).

- با افزایش ارتفاع از سطح زمین، سرعت باد نیز افزایش می‌یابد، بدین ترتیب فراهم نمودن شرایط آسایش در طبقات بالاتر مشکل‌تر است. به گونه‌ای که این سرعت در نزدیکی خط بام به حداکثر خود می‌رسد.

- در شرایط یکسان ساختمان با عرض کمتر در جبهه‌ی مقابل باد، شرایط مناسب تری را نسبت به ساختمان با عرض بیشتر فراهم می‌آورد.

- ساختمان‌هایی که نمای باریکشان به سمت باد نامطلوب بوده‌یا نسبت به آن دارای زاویه‌اند بهتر از ساختمان‌هایی هستند که نمای عریضشان در مقابل باد است (به منظور جلوگیری از تشدید اثر گوشه).

- در فضای پشت به باد ساختمان، سرعت باد بسیار کم بوده و در مواقعی به صفر می‌رسد. دراین شرایط باد دچار اغتشاش می‌شود و مسیرهای تصادفی را می‌پیماید.

- استفاده از فرمول برای محاسبه سرعت باد منطقه‌ای برای ارتفاع عابر پیاده فقط یک شناخت کلی از وضعیت وزش باد را به ما می‌دهد و دارای دقت کافی نمی‌باشد. به گونه‌ای که با تحلیل در نرم‌افزار به بازه‌ای از سرعت دست می‌یابیم که تا حدودی با آن متفاوت است.

- تاثیر پوشش گیاهی بر کاهش سرعت باد در ارتفاعات پایین‌تر بسیار بارز است.

- در بخش‌هایی که فرم پلکانی بلوک‌ها در مقابل وزش باد هستند، این فرم درایجاد مناطق آرام و بی‌تلاطم در فضای جلوی هر پلکان کمک شایانی کرده است.

- تغییرات جهت باد معمولاً در کناره‌های توده‌ی ساختمانی در جایی‌هایی که باد با ساختمان برخورد دارد اتفاق می‌افتد، در فضاهای پشت به باد ساختمان می‌توان شاهد آشفتگی بیشتر باد و تغییر جهت بیشتر آن بود.

- بلوک‌های ۱۲ طبقه یکپارچه نسبت به بلوک دارای فرم پلکانی تاثیر بیشتری در افزایش سرعت می‌گذارند و شرایط نامطلوب‌تری را فراهم می‌آورند.

- فضاهای عمومی که در محل انفکاک باد در گوشه‌های ساختمان قرار نگرفته‌اند بهتر از فضاهایی عمل می‌کنند که در این قسمت‌ها مکان‌یابی شده‌اند.

- به کارگیری راهبردهای عملیاتی پیشنهاد شده در این پژوهش، به معماران و طراحان شهری کمک می‌کند تا در طراحی مجتمع‌های بلند مرتبه و فضاهای عمومی اطراف‌شان، به نیازهای آسایشی استفاده‌کنندگان از فضا در برابر باد بیشتر از قبل توجه کنند. البته لازم به ذکر است برای دست‌یابی به طرحی خوب و همساز با اقلیم، داشتن دیدی جامع الزامیست و باید به همه‌ی ابعاد اقلیمی و کالبدی در طراحی توجه کرد.

پی‌نوشت‌ها

۱. تونل مجازی باد عبارت است از شبیه سازی جریان باد در محیط نرم‌افزار رایانه‌ای، به نحوی که نتایج بسیار شبیه به واقعیت موجود باشد. امروزه‌این روش تحلیل رفتار باد تبدیل به جایگزینی مناسب برای تونل باد واقعی در محیط آزمایشگاه شده است [۲۸].

2. Landsberg
3. Munn
4. Arens
5. Penwarden
6. Aynsley
7. Davenport
8. Comfort
9. Givoni
10. Mayer
11. Humpherys
12. Beaufort
13. Positivist
14. Inductive
15. Quantitative
16. Exploration
17. Description
18. Explanation
19. applied research
20. Secondary analysis
21. Method
22. Logical argumentation
23. Climate modeling
24. Paolo Zannetti
25. Micheal Bruse

فهرست منابع

1- Pakzad J. Theoretical and Urban Design Process. First ed, Tehran: shahidi; 2004

2- Taban M, Pourjafar M, Bemanian M, Heidari S. Climate Impact on Architectural Ornament Analyzing the Shadow of Khavoons in Dezful Historical Context with the Use of Image Processing. Journal of Naqshejahan. ;2012 90-79 :(3)2.

3- Mahdavinejad MJ, Doroodgar A, Mashayekhi M. Utilization of Wind Power as a Renewable Energy in Asbads, Case of Iran, Sistan. Advanced Materials Research. :433 ;2012 1145-1141.

4- Rahnamaei MT. Topics and Methods of Urban Planning. 3th ed. Center for Architecture and Urban Studies, Tehran; Chap Goster Publication: 1990

5- Brown GZ, DeKay M. Sun, Wind & Light: Architectural Design Strategies. Translated

by Saeid Aghaei, 2th ed. Tehran: Parham Publication; 2010

6- Razjuyan M. Aerodynamic Architecture and Building Complexes. Journal of Soffeh. ;1993 39-28 :(8-7-6)2.

7- Ranjbar E, Pourjafar MR, Khaliji K. Creativity of Climate Design Proportional to air flow in The historic fabric of Bushehr province. Journal of Bagh Nazar. 34-17 :13 ;2010.

8- Tahbaz M. Determine wind speed in urban contexts. Journal of Soffeh. :(5-4) 1 ;1992 67-58.

9- Tahbaz M. Design shadow in open space. Journal of Honarhaye zaba, 38-27 ;2007.

10- Razjvyan M. Wind Sheltered Comfort. First ed, Tehran: Shahid Beheshti University; 2005

11- Bentley I, Smith G, Alcock A, Murrain P, McGlynn S. Responsive Environments. Translated by Mostafa Behzadfar. First ed. Tehran: Elm O Sanat Publication; 2002

12- Nikolopoulou MH, Baker N, Steemers K. Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces: Understanding the Human Parameter. Solar Energy. 235-227 :(3) 70 ;2001.

13- Givoni B. Passive and low energy cooling of buildings. New York: Van Nostrand Reinhold, Art TH7687.5 G1994 ; 54

14- Mayer E. New Measurements of the Convective Heat Transfer Coefficients: Influences of Turbulence. Mean Air Velocity and Geometry of Human Body, Proceedings of ROOMVENT'92, Lyngby, Danish Association of HVAC Engineers. 1992

15- Arens E, Xu T, Miura K, Zhang H, Fountain M, Bauman F. A Study of Occupant Cooling by Personally Controlled Air Movement. Energy Build. 59-45 :(1)27 ;1997

16- Humphreys MA. The Relationship Between Scales of Comfort and Scales of Warmth. UK Thermal comfort group meeting, University of Sheffield, Sep. 1999

17- Rezaei Hariri MT, Fayaz R. Thermal Comfort Zones in Tehran. Journal of Geography and Development. 17-14 :28 ;1999.

18- Salighe M. Modeling Housing Consistent with climate of Chabahar City. Journal of Geography and Development. 4 ;2002

19- Kasmaei M. Climate and architecture. 5th Edithion. Esfahan: Khak publication; 2008

20- Purdihami SH. Construction Consistent with the Climate. Journal of Soffeh. 28 :1998

21- Heydari S. Temperature for Thermal Comfort of People in Tehran. Journal of Honarhaye zaba. 28 :2009

22- Gandemer J. Wind Environment Around Buildings: Aerodynamic Concepts, Proceedings of the Fourth. International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, London, Cambridge Univ. 1975

23- Gandemer G. The effect of the wind in the formation of urban spaces. First ed, Tehran: roshd Publication; 1994

24- Javid. Hamshahri Online. 5/11/2013: Available at http://hamshahrionline.ir/details/233897

25- Home envimet. 16/4/2013. http://www.envi-met.com/#section/intro.

26- Bruse M, Hunttner S, Paul D. Simulating Climate Change in Urban Structures: The Use of ENVI-met Within The KLIMEs Project. International Association for urban Climate, Urban project report; 2009

27- Meteorological Organization of Iran. Meteorology books. Synoptic station of Tehran: Mehrabad; 2010

28- Mahdavinejad MJ, Javanrudi K. Comparative Evaluation of Airflow in Two kinds of Yazdi and Kermani Wind-Towers. Journal of Honarhaye zaba. 80-69 :(4)3 ;2012