



اصالت سنجی

خلاصه انگلیسی این مقاله با عنوان:  
The Effect of Street Design on Thermal Comfort (Case Study: Ferdowsi Street on the 12 Region of Tehran)  
در همین شماره به چاپ رسیده است.

شهرسازی ایران، دوره ۳، شماره ۵، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، صفحه ۵۴ - ۶۹  
تاریخ دریافت: ۹۹/۳/۵، تاریخ بررسی اولیه: ۹۹/۳/۱۱، تاریخ پذیرش: ۹۹/۵/۱۵، تاریخ انتشار:  
۹۹/۹/۲۲

## تأثیر طراحی خیابان بر آسایش حرارتی عابرین با تأکید بر باد (نمونه موردی: خیابان فردوسی واقع در منطقه ۱۲ شهرداری تهران)

امیر شکیبامنش  
آوا فرحبد \*

دانشیار گروه طراحی شهری، دانشگاه هنر، تهران  
دانشجوی کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشگاه هنر، تهران

چکیده: خرداقلیم فضاهای باز شهری تحت تأثیر عوامل متعددی چون شکل شهری و هندسه، تراکم شهری، پوشش گیاهی، سطح آب و خصوصیات سطوح قرار دارد. معمولاً بیش از یک چهارم مناطق شهری با سطوح خیابان‌ها اشغال می‌شوند، لذا به نظر می‌رسد طراحی خیابان‌های شهری نقش مهمی در ایجاد آسایش حرارتی در فضای شهری ایفا می‌کند. از میان عناصر اقلیمی تأثیرگذار و قابل بررسی در آسایش اقلیمی خیابان‌ها می‌توان به جریان باد اشاره نمود. هدف اصلی این پژوهش سنجیدن آسایش حرارتی در محدوده مورد مطالعه و بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد آسایش حرارتی با تأکید بر جریان باد است و در کنار آن، راهکارها و راهبردهای مناسب و قابل اجرا در محدوده مورد نظر ارائه می‌شود.

در این مقاله بخشی از خیابان فردوسی حدفاصل میدان فردوسی تا چهارراه جمهوری اسلامی به عنوان نمونه موردی انتخاب شده است. داده‌های لازم توسط برداشت میدانی در سه روز خرداد ماه ۱۳۹۸ گردآوری شد و با استفاده از نرم افزار ENVI-MET مدل سازی گردید. در نتایج حاصله می‌توان تأثیر هندسه خیابان و گیاهان را در تأمین آسایش حرارتی عابران پیاده مشاهده نمود.

واژگان کلیدی: آسایش حرارتی، جریان باد، خیابان شهری، ENVI-MET.

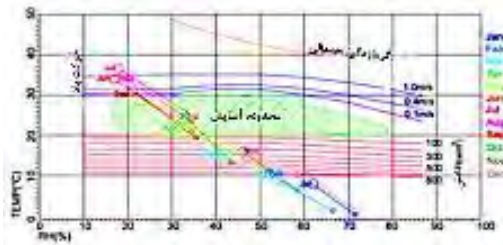
\* [Farahbod.ava@gmail.com](mailto:Farahbod.ava@gmail.com)

### ۱- مقدمه

سرعت می‌تواند جزیره‌های گرمایی را تضعیف نموده و آلاینده‌های به دام افتاده در دالانهای خیابانی را خارج کند. مطالعات انجام شده در خصوص هندسه معابر شهری در مجموع مؤید تأثیر قابل توجه جهت گیری، میزان محصوریت، میزان استفاده از پوشش گیاهی و فرم مقطع عرضی راه بر کیفیت آسایش حرارتی عابرین پیاده در معابر شهری است (احمد پور و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۰).

کیفیت استفاده از خیابان‌های شهری به جنبه‌های گوناگونی وابسته است که در میان آنها، آسایش حرارتی به عنوان عاملی با اهمیت شناخته شده است. خیابانی که نتواند شرایط آسایش را فراهم آورد کمتر استفاده شده و حتی از آن اجتناب می‌شود. جریان باد در خیابان شهری علاوه بر آنکه تنشهای ناشی از گرما در دماهای بالا را کاهش می‌دهد، در صورت افزایش

فضاهای شهری و معابر به صورت نموداری ارائه داد (حیدری، ۱۳۹۲: ۶۰).



شکل ۱- نمودار زیست-اقلیم تهران در نمودار بیوکلیماتیک محیطی ویکتور اولگی؛ ماخذ: (شمسی پور و یاراحمدی، ۱۳۹۳: ۱۴۷)

گلانی<sup>۷</sup> (۱۹۹۶) رابطه بین پارامترهای طراحی شهری و آسایش حرارتی عابر پیاده را در مطالعات زیادی مورد بررسی قرار دادند. اوکه (۱۹۸۸)، کیم<sup>۸</sup> و بایک<sup>۹</sup> (۲۰۰۴) در مطالعات متعددی تاثیر طراحی شهری بر جریان باد را مورد بررسی قرار داده‌اند و نقش موثر تهویه در کاهش دمای هوای شهر و بهبود آسایش حرارتی را گزارش کرده‌اند (Jamei, 2018: 1).

سرعت باد یک عامل مهم و حیاتی در تامین آسایش حرارتی است. از دست دادن حرارت همرفتی و تبخیر عرق از سطح پوست، با افزایش سرعت باد افزایش می‌یابد (Johansson et al, 2009: 39). جهت باد نیز پارامتر مهم دیگری است، که بر مطلوب یا نا مطلوب بودن باد اثر می‌گذارد، که در هر منطقه متفاوت می‌باشد.

بادهای غربی که جزو بادهای عمومی ایران بوده و از سمت دریای مدیترانه می‌آید غالباً در زمستان و بهار

شهر تهران به دلیل موقعیت توپوگرافیک، تراکم بالا و میزان زیاد رشد جمعیت، موقعیت حساسی دارد. به سبب بی توجهی به مسئله اقلیم در شهر، آسایش حرارتی در فضای باز شهری کمتر شده و کیفیت زندگی در آن کاهش یافته است. طراحی مناسب و ارائه راهکارهایی به این منظور برای خیابان، که یکی از فضاهای موثر شهری است، می‌تواند تا حدی در ایجاد آسایش حرارتی عابران و بهبود این مسئله موثر باشد.

## ۲- آسایش حرارتی عابران پیاده در فضای شهری با تاکید بر باد

آسایش حرارتی حالتی است که دمای بدن با محیط در تعادل کامل باشد. حالتی که ۸۰ درصد افراد از دمای محیط رضایت دارند و نیاز به سردتر کردن و گرمتر کردن محیط نیست (طاهباز، ۱۳۹۵، ۳۴). پژوهشهای سال ۱۸۳۳ لوک هوارد<sup>۱</sup> در لندن پیشگام پژوهشها در زمینه تاثیر متقابل معماری و اقلیم شد. اولگی<sup>۲</sup> (۱۹۶۳) و اوکه<sup>۳</sup> (۱۹۸۷) نیز نخستین افرادی بودند که با تاکید بر تعامل میان ساختمان و خرداقلیم، ارتباط میان معماران و طراحان شهری را از دیدگاه اقلیم شناسی مورد بررسی قرار دادند. اولگی در سال (۱۹۶۳) نموداری را در رابطه با آسایش حرارتی ارائه داد. شرایطی که اولگی در نظر گرفته بود، برای فردی نشسته در سایه با مقداری جزئی جریان هوا بود که فرد در آن احساس آسایش حرارتی کند و آن را محدوده آسایش نامید. بعد از آن در سال ۱۹۷۲ پروفسر فانگر<sup>۴</sup> به تعریف محدوده آسایش و شاخص حرارتی در کتاب کلاسیک خود با نام تجزیه و تحلیل راحتی حرارتی و کاربردهای آن در مهندسی محیط زیست<sup>۵</sup> پرداخت. در سال ۱۹۷۳ نیز پن واردن<sup>۵</sup> شاخص راحتی بافت را با تمرکز بر

می‌شود. اگر این خیابان دارای نسبت ابعادی حدودی برابر با ۱ با هیچ یک از بازشوهای بزرگ بر روی دیواره‌ها باشد، یک دره خیابان یکنواخت نامیده می‌شود. یک دره با نسبت ابعاد پایین‌تر از ۰٫۵، یک دره کم عمق خیابانی است و نسبت ابعادی ۲ نشان‌دهنده یک دره عمیق است.

مطالعات متعددی نشان می‌دهد که الگوی وزش باد منطقه‌ای موجود هنگامی که از طریق یک محیط ساخته شده جریان می‌یابد، تغییر می‌کند. هوا بر روی مناطق شهری را می‌توان به دو لایه اصلی تقسیم کرد: لایه پوشش شهری<sup>۱</sup> (UCL) و لایه مرزی شهری<sup>۲</sup> (UBL). لایه پوشش شهری یک لایه بالای پشت‌بام‌ها در فضاهای بین ساختمان‌ها و متاثر از انرژی خورشیدی بر روی نمای ساختمان‌ها و زمین است. لایه مرزی شهری بالاتر از ارتفاع متوسط ساختمان‌ها قرار دارد. انتقال گرما، انتشار آلاینده، تبخیر و تعرق و به طور کلی توسعه شهری معاصر عامل اصلی در افزایش دمای هوا در لایه مرزی شهری هستند (Shishegar, 2013:53).



شکل ۲- لایه مرز شهری و لایه پوشش شهری؛  
ماخذ: (oke, 1987)

هنگامی که جریان هوا در لایه مرزی شهری تقریباً نرمال در محور خیابان است، سه رژیم جریان هوا با ویژگی‌های متفاوت می‌تواند براساس نسبت ابعاد (H / W) و نسبت ساختمان (L / W) رخ دهد (Shishegar, 2013:53). (شکل ۳)

(a) رژیم زیری مجزا (IRR)

وزیده و حاصل ابرهای باران زا و سرما زا است. در ماه‌های خرداد تا آبان وزش باد غرب به نحو چشمگیری کاهش یافته تنها در ۱۰٪ تا ۲۰٪ مواقع می‌وزد. بنابراین بادهای غربی جزو بادهای نامطلوب تهران هستند (طاهباز، ۱۳۶۹).

تاثیر باد بر انسان بر حسب سرعت باد و نوع آن (خشک، سرد، مرطوب، داغ و ...) می‌تواند فرح‌بخش یا مخل آسایش باشد (عراقچیان، ۱۳۸۸: ۱۸).

#### جدول ۱. واکنش انسان نسبت به جریان هوا

واکنش انسان به هوا	سرعت جریان هوا (متر در ثانیه)
نامحسوس	کمتر از ۰٫۲۵
مطبوع	بین ۰٫۲۵ تا ۰٫۵
محسوس و مطبوع	۰٫۵ تا ۱
گاهی ناراحت کننده	۱ تا ۱٫۵
در بسیاری از موارد مزاحم و حتی مضر	بیشتر از ۱٫۵

ماخذ: (عراقچیان، ۱۳۸۸: ۱۹)

### ۳- طراحی خیابان شهری و تاثیرگذاری پارامترهای کالبدی بر آسایش حرارتی با تاکید بر باد

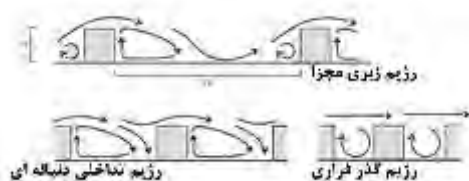
از نقطه نظر آب و هوایی، در طراحی خیابان، پیچیدگی اصلی که طراح با آن مواجه است، تفاوت در تمایلات فصلی داخلی و بیرونی است. با توجه به بیشتر مطالعات مرتبط، پارامترهای هندسی خیابان (نسبت ارتفاع به عرض (H / W) و جهت گیری خیابانی مهم‌ترین پارامترهای شهری هستند، که مسبب تغییرات خرد اقلیمی در یک خیابان هستند.

۳-۱- تاثیر هندسه (نسبت ابعاد) خیابان بر جریان هوا: هندسه یک دره خیابان با نسبت ارتفاع ساختمان (H) به عرض خیابان (W) نشان داده

<sup>2</sup> Urban boundary layer

<sup>1</sup> Urban canopy layer

بیشترین فراوانی را در مناطق شهری دارد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که جریان هوا در دره‌های عمیق در مقایسه با محیط‌های یکنواخت یا کم عمق آهسته‌تر است (Toudert, 2005: 31).



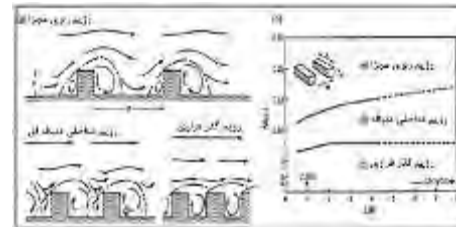
شکل ۴- الگوهای جریان باد در خیابان؛ ماخذ: (Terim, 2011: 40)

المیرا جامعی و راجاکوپالان (۲۰۱۸) با استفاده از ENVI-MET خیابان‌های "شهر شمالی" در ملبورن را مدل سازی نمودند و نشان دادند دمای هوا در تمام خیابان‌ها با افزایش نسبت ابعاد کاهش می‌یابد. به طور کلی خیابان‌های باریک ( $H/W=1$ ) باد را آهسته می‌کند و خیابان‌های عریض ( $H/W < 0.3$ ) به واسطه اصطحکاک کمتر موجب افزایش سرعت باد می‌شوند، در اقلیم‌های معتدل، گرمایش زمستان به همان اهمیت سرمایه‌گذاری تابستان است. بنابراین خیابان‌های شرقی-غربی باید به اندازه‌ی کافی پهن (محصولیت کمتر از یک) باشد، تا دسترسی به خورشید در نماهای جنوبی برای ساختمان‌ها و پیاده‌روه‌های شمالی فراهم شود و جهت گیری برای باد نیز به گونه‌ای باشد که ضلع بزرگ بلوک‌ها برای اطمینان از دسترسی به خورشید کمتر از ۳۰ درجه نسبت به جنوب زاویه داشته باشد.

۲-۳- تاثیر ارتفاع بر جریان هوا: دره‌های خیابانی همیشه متقارن نیستند. هنگامی که ارتفاع ساختمان در جهت باد، بالاتر است، مرکز گرداب اصلی

است و یک واحد اصلی از شهرهای مدرن ایجاد می‌کند.

(b) رژیم تداخلی دنباله ای (WIR)  
(c) رژیم گذر فراری (IR)



شکل ۳- رژیم‌های جریان هوا بر روی مجموعه ای از مرزهای عوارض جریان باد غالب؛ ماخذ: (Toudert, 2005: 31)

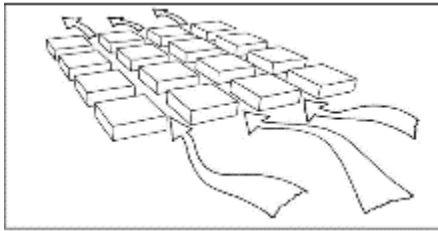
برای دالان‌های عریض ( $H/W < 0.3$ )، ساختمان‌ها به خوبی از هم فاصله داشته و به عنوان یک عنصر مستقل زبری عمل می‌کنند چرا که جریان هوا فاصله‌ای کافی در سمت رو به باد ساختمان اول قبل از اینکه با مانع بعدی برخورد کند طی کرده است و بادهای زمینه‌ای با یکدیگر تداخل نمی‌کنند. که این رژیم جریانی تحت عنوان «جریان زبری مجزا» شناخته می‌شود (Terim, 2011: 40).

با افزایش نسبت  $H/W$  هر چقدر فاصله‌ی بین ساختمان‌ها کمتر می‌شود ( $H/W = 0.5$ )، جریان هوای متلاطم فاصله‌ی کافی برای دوباره تنظیم شدن قبل از مواجهه با ساختمان بعدی را ندارد. در این حالت رژیم جریانی تغییر می‌کند که تحت عنوان «جریان تداخلی دنباله‌ای» شناخته می‌شود (Terim, 2011: 40).

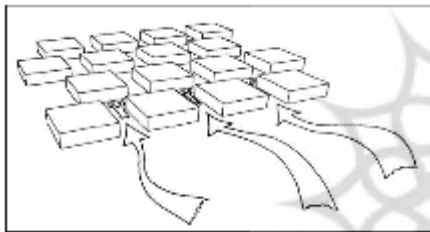
در موارد دالان‌های معمولی ( $H/W = 1$ )، با افزایش نسبت ارتفاع به عرض جریانی گردشی در درون دالان ایجاد می‌شود، در این شرایط توده جریان وارد دالان خیابانی نشده و جریان بر فراز دالان تولید «جریان گذر فزازی» می‌کند که با تولید جریان یگانه در میانه دالان شناسایی می‌شود (Terim, 2011: 40). که

<sup>۱</sup> یک دره خیابانی به فضایی اشاره دارد که توسط دو ردیف موازی از ساختمان‌های جدا شده توسط یک خیابان شکل گرفته

حرکت مستقیم هوا می شود (شکل ۶). خیابان های باریک و مارپیچ، بادهای سرد و یا گرم را کاهش می دهند و تاثیر بادهای طوفانی را کاهش می دهند (شکل ۷). این الگو برای دو آب و هوای (گرم و خشک و سرد و خشک) مناسب است (Santamouris, etal, 1999:4515).



شکل ۶- خیابان های مستقیم و موازی جریان هوا را به درون شهر ارتقا می دهند؛ ماخذ: ( Esch, 2015: 164)



شکل ۷- خیابان های باریک و مارپیچ جریان باد را آهسته می کنند؛ ماخذ: (Esch, 2015: 164)

۴-۳- تاثیر پیکربندی خیابان بر جریان هوا: سه الگوی جریان را با توجه به جهت باد در ارتفاع بام می توان در دره های شهری متمایز کرد: موازی، عمود و یا مایل به محور دره (Esch, 2015: 163).



شکل ۸- الگوی جریان باد به محور دره ی خیابانی؛ ماخذ: (Esch, 2015: 163)

هنگامی که جهت باد موازی یا تقریباً موازی با محور خیابان (در یک انحراف از ۱۵ درجه) باشد، باد می تواند از درون آن عبور کند. در دهانه رو به باد دره، جریان هم جهت باد و همچنین سرعت قائم به شدت با ورود هوا به این دره افزایش می یابد. در خیابان های موازی با جهت باد غالب باد بیشترین شتاب را دارد

به سمت بالا و در مسیر باد قرار می گیرد، و بالای گرداب به طور مورب بین سقف ساختمان های ردیفی کشیده می شود، در موردی که ارتفاع ساختمان در جهت کمتر است، گردابه اصلی در مقایسه با یک شرایط متقارن ضعیف تر است. مرکز گرداب اصلی به بالا منتقل می شود، و در ارتفاع سطح سقف پایین ترین ساختمان قرار دارد، و یا حتی تا حدی بلند تر است (Esch, 2015: 164).

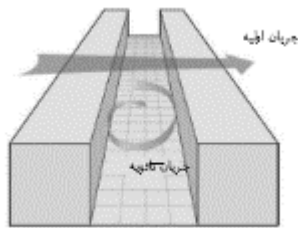


شکل ۵- تاثیر تغییر ارتفاع در دو جهت خیابان در صورتی که باد عمود می وزد؛ ماخذ: ( Esch, 2015: 164)

وانگ و پیردایاشی (۲۰۰۵) نشان دادند که قرار دادن چند بلوک از برج های بلند بالا، سرعت عبور جریان هوا در داخل دره خیابانی را هنگامی که جریان هوا به صورت موازی یا عمود بر آن قرار دارد، بهبود می بخشد. علاوه بر این، زمانی که برج های بلند بالا در یک دره خیابان قرار گرفته بودند، دما پایین تر بود. با قرار دادن برخی برج های بلند بالا، سرعت تا ۹۰٪ برای جریان موازی افزایش می یابد و دما تا ۱ درجه سانتی گراد کاهش می یابد. برای جریان عمودی، سرعت پیشروی تا ۱۰ برابر افزایش می یابد و دما تا ۱٫۱ درجه سانتی گراد کاهش می یابد. ساختمان های بلندمرتبه موجب جریان عمودی بیشتر از دره خیابان ها به لایه پوشش شهری می شوند. ساختمان های کوتاه، جریان عمودی اضافی از لایه مرزی شهری به لایه پوشش شهری ایجاد می کنند (Shishegar, 2013:52).

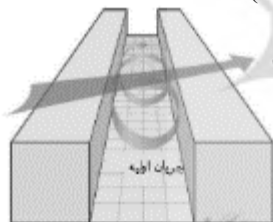
### ۳-۳- تاثیر پیکربندی خیابان بر جریان هوا:

خیابان ها که مستقیم و موازی با یکدیگر هستند، حرکت هوا را به داخل و درون مناطق شهری ارتقا می دهند، فقدان پوشش گیاهی و پوشش مناسب در خیابان های مستقیم باعث گرمای شدید (در آب و هوای گرم) و یا سرما (در آب و هوای مرطوب) در خیابان ها به خاطر



شکل ۱۱- الگوی جریان باد عمود بر دره عمیق و باریک؛ تشکیل گرداب در خیابان های شهری توسط باد؛ ماخذ: (Erel et al, 2011: 92).

هنگامی که جریان باد نسبت به خیابان مایل باشد، میزان جریان باد در پیاده‌روهای رو به باد و پشت به باد با هم متفاوت است. در صورتی که با زاویه ۳۰ تا ۴۵ درجه به معبر بوزد در محدوده نیمه موثر بوده به عبارت دیگر با سرعت کم در آن جریان خواهد افتاد. در نتیجه خیابان‌های وسیعی که با زاویه‌ی مایل (حدود ۳۰ درجه) نسبت به جهت باد قرار گرفته‌اند، بهترین حالت ممکن برای حضور باد در قلب شهر هستند (Erel et al, 2011: 92).



شکل ۱۲- وقتی جریان باد به صورت مورب بر خیابان می‌وزد؛ ماخذ: (Erel et al, 2011: 92).

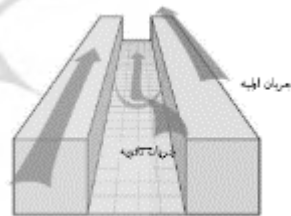
اما در حالی که خیابان در راستای مورب با مسیر جریان باد قرار گیرد، جریان باد به شاخه‌های متفاوتی تقسیم می‌شود، اولین شاخه به صورت مستقیم و در راستای جهت خیابان جریان می‌یابد، دومین شاخه موجب تشکیل مناطق پر فشار در قسمت پشت به مسیر باد در ساختمان‌ها می‌گردد. همچنین در قسمت پشت به باد خیابان، یک ناحیه با فشار پایین در پیرامون ساختمان‌ها ایجاد می‌شود (خلیفه قلی، ۱۳۹۵: ۵۶).

و در حالی که خیابان‌هایی عمود بر باد بخش عمده باد را از روی ساختمان‌ها عبور می‌دهند و شتاب بقیه را می‌گیرد و باعث تلاطم بیشتر باد در خیابان‌ها می‌شود (milosovicova, 2010: 27).



شکل ۹- خیابان های موازی یا با زاویه حداکثر ۱۰ درجه نسبت به وزش باد؛ ماخذ: (milosovicova, 2010: 27).

خیابان‌های خنک که هم‌راستا با جهات باد غالب می‌باشند. جریان باد را بیشینه نموده و موجب افزایش دسترسی ساختمان به تهویه عبوری می‌شوند (Erel et al, 2011: 92).



شکل ۱۰- جریان یافتن باد ثانویه در درون معبر و فراهم آمدن زمینه تهویه مناسب آن در هنگامی که باد موازی با جهت معبر می‌وزد؛ ماخذ: (Erel et al, 2011: 92).

هنگامی که جهت باد عمود بر محور خیابان باشد و ساختمان‌ها به صورت یک ردیف طولانی در امتداد خیابان قرار گرفته باشند. جریان اصلی باد (جریان اولیه) بر بالای ساختمان‌ها جریان می‌یابد. در واقع در این حالت ساختمان‌ها همچون سدی در برابر جریان باد عمل می‌کند و میزان تهویه در فضای شهری به حداقل خود می‌رسد (Esch, 2015: 163).

چین را مورد بررسی قرار داده و دریافتند که خیابان‌های شمال غربی-جنوب شرقی، سایه بیشتر، سرعت باد بالاتر و شرایط آسایش حرارتی بهتری را برای عابرین پیاده فراهم می‌کنند.

#### ۴- روش تحقیق

در این پژوهش از نرم افزار Envi-met V4 به عنوان ابزار تحلیل و بررسی استفاده شده است. که یک مدل غیر هیدرواستاتیک سه بعدی جامع برای مدل سازی تعاملات سطحی-گیاهی-هوا است که نه تنها محدود، بلکه اغلب برای مدل سازی محیط های شهری و بررسی اثرات دیدگاه‌های معماری سبز استفاده می‌شود. این مدل برای میکروسکوپ با رزولوشن معمولی افقی از ۰.۵ تا ۵ متر طراحی شده است. این قطعنامه اجازه می‌دهد تا به تجزیه و تحلیل تداخل در مقیاس کوچک بین ساختمان‌های منحصر به فرد، سطوح و گیاهان بپردازد.

داده های موردنیاز برای نرم افزار ENVI-MET V4 از طریق برداشت میدانی در سه روز خرداد ماه سال ۱۳۹۸ با استفاده از بادسنج انومتر گردآوری شده اند.



شکل ۱۵- بادسنج انومتر

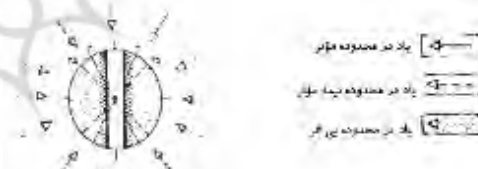
#### ۵- مطالعه مورد پژوهی

در این پژوهش بخشی از خیابان فردوسی (واقع در منطقه ۱۲ تهران) حذفاصل میدان فردوسی تا چهارراه جمهوری اسلامی به عنوان نمونه موردی انتخاب شده است. این خیابان یک خیابان شمالی-جنوبی به عرض ۳۰ متر و سطح آن آسفالت با ضریب آلبدو ۰.۱ است.



شکل ۱۳- جهت گیری خیابان با زاویه مورب نسبت به جهت وزش باد به منظور جلوگیری از وزش باد مستقیم؛ ماخذ: (milosovicova, 2010: 27)

در واقع محدوده موثر باد در یک معبر در حقیقت تعیین کننده جهت وزش بادهایی است که در معبر به جریان افتاده و می‌توانند در احساس گرمایی مؤثر واقع شوند. در صورتی که باد موازی جهت معبر یا تا ۳۰ درجه انحراف نسبت به آن بوزد، در معبر موثر بوده و می‌تواند در آن به جریان بیفتد. در صورتی که با زاویه ۳۰ تا ۴۵ درجه به معبر بوزد در محدوده نیمه موثر بوده به عبارت دیگر با کاهش سرعت در آن جریان خواهد افتاد. در صورتی که با زاویه عمود تا ۴۵ درجه نسبت به محور معبر بوزد در آن به جریان نخواهد افتاد.



شکل ۱۴- محدوده اثر باد در معبر؛ ماخذ: (طاهباز، ۱۳۶۹)

مطالعه‌ای توسط وی یانگ و همکاران (۲۰۱۵) بر خیابان شنتون وی در سنگاپور نشان داد که سایه اندازی استراتژی کلیدی برای بهبود آسایش حرارتی در فضای باز در سنگاپور است و خیابان شمال غربی-جنوب شرقی استراتژیک تر از خیابان شمال شرقی-جنوب غربی در بعد از ظهر از لحاظ آسایش حرارتی است. ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) دره‌های خیابانی گوانگ جو

فردوسی به فاصله زمانی‌های یک ساعت به یک ساعت با استفاده از بادسنج انومتر بدست آمد.



شکل ۱۷- موقعیت های برداشت میدانی



شکل ۱۶- موقعیت محدوده مورد مطالعه

در این خیابان به سبب وجود راسته‌های تجاری، هم‌حضور عابرین پیاده و هم‌ترافیک موتوری بالا است، که تراکم ترافیک سبب آلودگی صوتی و هوایی می‌شود، علاوه بر این زباله‌های ناشی از واحدهای تجاری نیز سبب آلودگی‌های محیطی می‌شود. پوشش گیاهی و حضور آب در این محدوده بسیار اندک است. بنابراین وضعیت آسایش حرارتی عابرین را بسیار تحت تاثیر قرار می‌دهد.

• ۱۴ خرداد ماه ۱۳۹۸

جدول ۲. برداشت میدانی در ۱۴ خرداد ماه ۱۳۹۸

میانگین سرعت باد	میانگین رطوبت	میانگین دمای هوا	نقاط برداشت میدانی (از ساعت ۹ تا ۱۵)
۱,۵۴	۱۴,۴۲	۳۱,۷۵	نقطه A
۰,۹۵	۱۴,۴۲	۳۱,۷۵	نقطه B
۱,۲۲	۱۴,۴۲	۳۲,۲۷	نقطه C

• ۱۶ خرداد ماه ۱۳۹۸

جدول ۳. برداشت میدانی در ۱۶ خرداد ماه ۱۳۹۸

میانگین سرعت باد	میانگین رطوبت	میانگین دمای هوا	نقاط برداشت میدانی (از ساعت ۹ تا ۱۵)
۱,۲۲	۱۳,۴	۳۵,۶	نقطه A

۱-۵- بعد اکولوژیک: محدوده خیابان فردوسی

دارای شیب ۲-۵ درصد و جهت شیب غالباً جنوبی (غرب، جنوب غربی) است. در محدوده خیابان فردوسی تنها پوشش گیاهی به صورت خطی در لبه‌ها حضور دارند. و البته پوشش گیاهی به صورت متراکم در حیاط سفارت بریتانیا هم حائز اهمیت است. جهت وزش باد غالب به سمت غرب و جنوب غربی از آنجایی که جهت گیری خیابان فردوسی شمالی-جنوبی بوده، بنابراین جهت گیری مطلوبی نسبت به جهت باد دارد. اما جهت گیری ساختمان‌ها در آن شرقی-غربی است در نتیجه مطلوبیت کمتری نسبت به جهت باد را دارا هستند.

۲-۵- بررسی اقلیم و تحلیل اطلاعات

هواشناسی: در این بخش اطلاعات از طریق برداشت در سه روز به تاریخ ۱۴، ۱۶ و ۱۸ خرداد ماه سال ۱۳۹۸ از ساعت ۹ صبح تا ۱۵ بعدازظهر در سه نقطه از خیابان



- وجود کفپوش آسفالت در اکثر بخش های محدوده افزایش دما را سبب می شود.
- در محدوده خیابان فردوسی ساختمان ها با کیفیت قابل نگهداری درصد بالایی را تشکیل می دهد.

نقطه B	۳۷,۸	۱۳,۴	۱,۴
نقطه C	۳۷,۹	۱۳,۴	۰,۸

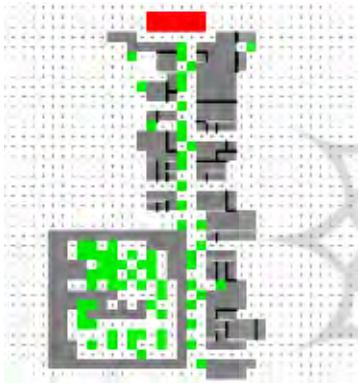
• خرداد ماه ۱۳۹۸

جدول ۴۰ برداشت میدانی در ۱۸ خرداد ماه ۱۳۹۸

نقاط برداشت میدانی (از ساعت ۹ تا ۱۵)	میانگین دمای هوا	میانگین رطوبت	میانگین سرعت باد
نقطه A	۳۸,۰۵	۱۵	۱,۰۸
نقطه B	۳۹,۹	۱۵	۱,۲۴
نقطه C	۳۹,۰۴	۱۵	۱,۳۵

#### ۶- مدل سازی در نرم افزار ENVI-MET

ابتدا محدوده خیابان فردوسی با جهت جنوب غربی (زاویه ۲۴۰ درجه) با دقت بالا در گرید ۵۰\*۵۰\*۳۰ مدل سازی شد. تمامی تصاویر خروجی بر اساس برداشت های اقلیمی میدانی و بر اساس ارتفاع قد انسان (۱,۸ متر) مدل سازی شده است.



شکل ۱۸- مدل سازی محدوده خیابان در ENVI-MET

#### ۱-۶- داده های وارد شده در نرم افزار:

جدول ۵. داده های ورودی در نرم افزار (سرعت باد و جهت باد)

جهت باد	میانگین سرعت باد در ۳ نقطه (A,B,C)	داده های ورودی
بادهای غالب از غرب و جنوب غربی	۱,۲ متر بر ثانیه	۱۴ خرداد
با زاویه ۲۴۰ درجه	۱,۱ متر بر ثانیه	۱۶ خرداد
	۱,۲ متر بر ثانیه	۱۸ خرداد

در این قسمت با توجه به اطلاعات برداشت میدانی

#### ۵-۳- بعد کالبدی:

در بررسی کالبدی محدوده خیابان فردوسی اطلاعات زیر بدست آمد:

- در این محدوده غلبه توده بر فضا وجود دارد.
- جهت گیری قطعات در آن شرقی-غربی است.
- توزیع ارتفاعی آن بیشتر ۲-۴ طبقه است. و پایین بودن نسبت ارتفاع به عرض این محدوده جریان باد را در شرایط مطلوب قرار می دهد.
- دانه بندی اغلب قطعات بالاتر از ۵۰۰ متر مربع (درشت دانه) است.
- جنس مصالح نمای اکثر ساختمان های این محدوده آجری است که آلبدوی<sup>۱</sup> پایینی داشته و در کاهش جزیره حرارتی مناسب است.

<sup>۱</sup>ضریب بازتاب از سطح شی

۷- یافته های پژوهش

با توجه به نقشه های تهیه شده در این قسمت

در سه نقطه محدوده میانگین دمای هوا و رطوبت در هر ساعت به عنوان داده وارد نرم افزار شد که به شرح زیر است:

جدول ۶. داده های ورودی در نرم افزار (دما و رطوبت)


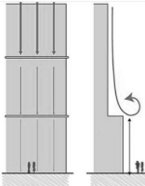
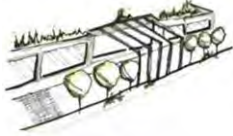
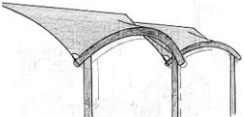
ساعت	رطوبت نسبی			دمای هوای میانگین		
	۱۸ خرداد	۱۶ خرداد	۱۴ خرداد	۱۸ خرداد	۱۶ خرداد	۱۴ خرداد
۹	۱۷	۱۶	۱۷	۳۱٫۸	۲۹٫۷	۲۶٫۴
۱۰	۱۷	۱۴	۱۷	۳۵٫۶	۳۲٫۱	۲۷٫۵
۱۱	۱۶	۱۳	۱۶	۳۷٫۴	۳۶٫۶	۲۹٫۳
۱۲	۱۴	۱۳	۱۴	۴۲٫۱	۴۰٫۵	۳۲٫۰ ۶
۱۳	۱۲	۱۱	۱۴	۴۱٫۴	۳۹٫۳	۳۳٫۲
۱۴	۱۱	۱۱	۱۲	۴۲٫۹	۴۱٫۱	۳۵٫۶ ۶
۱۵	۱۸	۱۸	۱۱	۴۱٫۹	۴۰٫۳	۳۷٫۲

جدول ۷. داده های ورودی در نرم افزار (کالبدی)

داده های ورودی	توزیع ارتفاعی	پوشش گیاهی	جنس نما	کفپوش زمین
	تعداد طبقات ۳* متر و تاج متراکم	درختانی با ارتفاعت وسط ۱۵ متر و تاج متراکم	اغلب از جنس آجر (با ضریب آلبدو (۰٫۱)	آسفالت) با ضریب آلبدو (۰٫۳)

تاریخ	جدول ۸. مدل سازی سرعت باد در ENVI-MET
۱۴ خرداد ۱۳۹۸	
۱۶ خرداد ۱۳۹۸	
۱۸ خرداد ۱۳۹۸	

۲-۶- مدل سازی سرعت باد:

<p>در محدود °</p> <p>ارائه ضوابطی در خصوص افزایش بازشوها و بالکن در نمای ساختمان ها</p> <p>-عریض کردن پیاده روها</p> <p>-قرارگیری ساختمان ها به صورت پلکانی در جهت باد</p>  <p>-استفاده از جلو آمدگی در نما یا ایجاد رواق در طبقه های همکف</p> 	<p>بافت</p>
<p>سیاست:</p> <p>-استفاده از عنصر آب در محدوده</p> <p>-استفاده از درختان خزان پذیر در معبر</p> <p>-ایجاد فضای سبز و پوشش گیاهی در زمین های مخروبه در محدوده</p> <p>-استفاده از روف گاردن و یا بالکن های سبز</p>  <p>-استفاده از پوشش گیاهی در سایز های کوچک در وسط معبر</p>	<p>راهبرد ۱- ۲: بهره گیری از عناصر طبیعی</p>
<p>سیاست:</p> <p>-استفاده از سایبان های موقت به منظور تامین آسایش حرارتی در تابستان در محدوده</p> 	<p>راهبرد ۱- ۳: بهره گیری مطلوب از باد و تابش آفتاب</p>

وجود ضرایب همبستگی بالا میان متغیرهای اندازه گیری شده (دما، رطوبت و سرعت باد) و مقادیر بدست آمده از مدل نرم افزاری در نقاط متناظر نشانه‌ی معتبر بودن و قابل استناد بودن مدل نرم افزاری ساخته شده بدست پژوهشگر است.

در قسمت هایی از خیابان فردوسی که در آن پوشش گیاهی به صورت خطی پراکنده وجود دارد، درختان به عنوان موانعی صلب عمل کرده و از سرعت باد در معبر می‌کاهند. همچنین در حیاط خانه‌هایی که پوشش گیاهی به صورت انبوه وجود دارد سرعت باد افزایش نمی‌یابد و از شدت آن کاسته می‌شود.

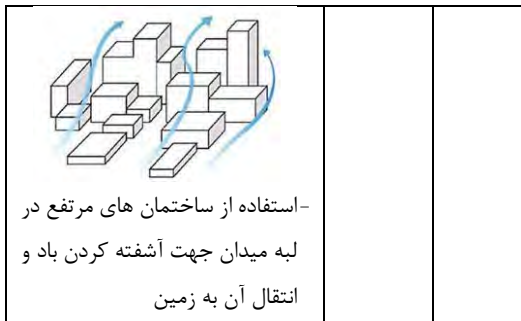
تنوع ارتفاعی ساختمان‌ها نقش تعیین کننده‌ای در نحوه جریان و سرعت باد دارد. باد در برخورد با ساختمان‌های بلند برخورد متفاوتی نشان می‌دهد. نقشه‌های وضع موجود نشان می‌دهند که در قسمت‌های از خیابان فردوسی که تنوع ارتفاعی بیشتر است، جریان و سرعت باد نیز افزایش می‌یابد. از آنجایی که خیابان فردوسی از نظر ارتفاعی تقریباً متناسب است، بنابراین تغییرات سرعت باد در آن کمتر به چشم می‌خورد.

به طور کلی سرعت باد در بیشتر نقاط خیابان فردوسی کمتر از ۰٫۵ متر بر ثانیه است. که سبب می‌شود باد به خوبی در این خیابان جریان نیابد، که همین عامل می‌تواند وجود آلودگی و آسایش حرارتی نسبتاً نامناسب در این خیابان را توجیه کند.

### ۸- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

با توجه به یافته‌های بدست آمده از مدل سازی ENVI-MET راهکارهای زیر در بهبود شرایط محدوده می‌تواند موثر واقع شود.

جدول ۹. هدف-راهبرد-سیاست		
هدف ۱: بهبود شرایط آسایش حرارتی	راهبرد ۱-۱: افزایش نفوذ پذیری در	سیاست: -ایجاد فضاهای باز جمعی در محدوده -حذف کاربری های درشت دانه و یا تجزیه آن ها

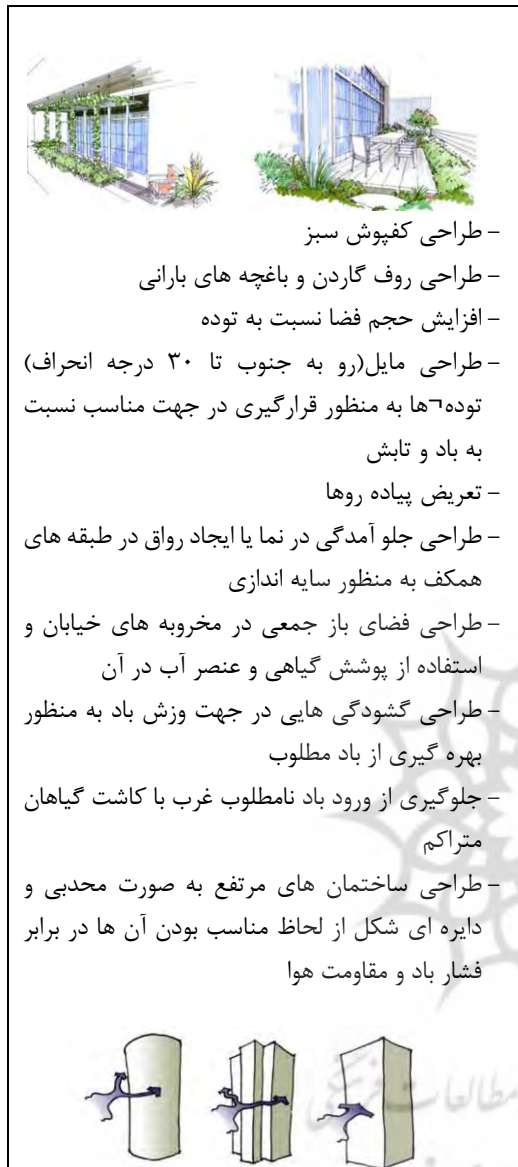


**راهنما**



<p>- استفاده از درختان خزان پذیر به منظور استفاده از نور خورشید در زمستان و سایه اندازی در تابستان</p> <p>- جلوگیری از ساخت و سازهای صلب مانع باد</p> <p>- مایل ساختن توده ساختمان ها به منظور بهره گیری مناسب از باد و تابش</p> <p>- استفاده از مصالح جذب کننده و نگه دارنده حرارت</p> <p>- تعویض کف سازی با مصالح مناسب نفوذ پذیر در برابر آب و با ظرفیت حرارتی بالا</p>		
<p>سیاست: - افزایش سطوح سبز - افزایش مصالح نفوذ پذیر - استفاده از عنصر آب</p>	<p>راهبرد ۱-۲: افزایش سطوح تبخیر پذیر</p>	<p>هدف ۲: کاهش اثر جزیره حرارتی</p>
<p>سیاست: - استفاده از مصالحی که ضریب انعکاس پایینی دارند - افزایش سطوح سبز که ضریب آلبدو بین ۰,۱۶ تا ۰,۲۶ دارند</p>	<p>راهبرد ۲: سطوح با ضریب آلبدو پایین</p>	
<p>سیاست: - استفاده از ردیف درختان جهت برای جلوگیری از نفوذ باد نامطلوب</p>  <p>- کاشت گیاهانی که به تصفیه هوا کمک می کند</p>	<p>راهبرد ۳- ۱: استفاده از پوشش گیاهی جهت تصفیه هوا</p>	<p>هدف ۳: بهبود تهویه و کاهش آلودگی هوا</p>
<p>سیاست: - تنوع ارتفاعی جهت تهویه بهتر هوا</p>	<p>راهبرد ۳- ۲: اصلاح توزیع ارتفاعی</p>	

## شكل ۲۲- پلان سياست گذاري<sup>۱</sup>



### جدول ۱۰. راهكارهاي طراحي

- كاشت درختان خزان پذير در ليه ي خيابان ها به منظور بهره گيري از نور خورشيد در زمستان و سايه اندازي در تابستان
- كاشت بوته هاي پايه کوتاه در ميانه ي خيابان
- طراحي كفيوش هاي مناسب نفوذ پذير و نگه دارنده ي حرارت
- طراحي نماها با مصالح جذب كننده و نگه دارنده ي حرارت مانند طراحي نماهاي آجري
- طراحي سايبان هاي موقت در بخش هايي از خيابان كه عدم آسایش حرارتي در آن بيشتري به چشم مي خورد و استفاده از عناصر سبز در اين سايبانها



- پلكاني ساختن ساختمان ها در جهت باد جهت تهويه بهتر هوا
- فعال ساختن حوض و آبناي ميدان فردوسي
- طراحي بازشوها و بالكن ها در ساختمان ها و همچنين طراحي تراس هاي سبز

<sup>۱</sup> Policy map



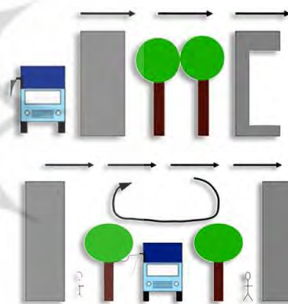
- |   |  |                             |  |
|---|--|-----------------------------|--|
| کفیوش های نفوذ پذیر و نگه دارنده حرارت    |  | فعال ساختن حوض و آبنما      |  |
| ایجاد گشودگی                              |  | فضای باز و سبز              |  |
| طراحی توده های مایل                       |  | استفاده از درختان خزان پذیر |  |
| طراحی نماهای آجری                         |  | کاشت بوته های پایه کوتاه    |  |
| استفاده از ساختمان های مرتفع در لبه میدان |  | سایبان موقت                 |  |
|   |  | طراحی بازشو و بالکن         |  |

شکل ۲۳-راهکارهای طراحی

- بلندتر ساختن ساختمان های میدان از ساختمان های اطراف برای بهره مندی از باد جهت تهویه ی بهتر فضا
- طراحی موازی محور میدان با جهت باد غالب به منظور کاهش تلاطم باد
- جمع آوری مناسب زباله های ناشی از مراکز تجاری جهت کاهش آلودگی هوا
- نامتقارن ساختن ساختمان های دو طرف خیابان جهت تهویه ی بهتر هوا



- طراحی دیوارهای پیش آمده و پس رفته با ارتفاعات متنوع جهت تخلیه ی بهتر آلودگی هوا
- طراحی درختان با ارتفاع مناسب جهت گردش بهتر هوا



### ۷-جمع بندی

در این پژوهش تاثیر طراحی خیابان بر آسایش حرارتی عابرین با تاکید بر باد مورد بررسی قرار گرفت. مدل سازی آسایش حرارتی وضع موجود در این محدوده با استفاده ENVI-MET با تاکید بر باد غالب (جنوب غربی) صورت گرفت، که نشان می دهد که باد در برخورد با ساختمان ها با ارتفاع مختلف رفتار متفاوت نشان می دهد و در بخش هایی که ارتفاع بیشتر است سرعت باد نیز بالاتر است. از آنجایی که این محدوده از نظر ارتفاعی به نسبت متناسب است، بنابراین تغییر شدید در سرعت

در محدوده به عنوان صلب، مانع باد عمل کرده و از سرعت باد می کاهد. از آنجایی که در این معبر نسبت ارتفاع به عرض کم است (حدود ۰,۳)، بنابراین سرعت باد در آن باید بالا باشد ولی برداشت های میدانی خلاف این مسئله را نشان می دهند که می تواند به دلیل پوشش گیاهی باشد که در آن بخش از محدوده وجود داشته است.


باد در آن به چشم نمی خورد. از جهتی ساختمان های بلند مرتبه در صورتی که به درستی مکان یابی شوند می توانند با ایجاد تلاطم سرعت باد، در تهویه بهتر هوا کمک کنند که در طراحی باید به این نکته توجه شود. همچنین مدل سازی نشان داد که پوشش گیاهی


## ۹- منابع

۱. احمدپور کلهرودی، نرگس؛ پورجعفر، محمدرضا؛ مهدوی نژاد، محمدجواد و یوسفیان، سمیرا. (۱۳۹۴)، " نقش و تاثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای شهری (نمونه موردی: طراحی پیاده راه طماقچی ها در اصفهان)", نامه معماری و شهرسازی، شماره ۱۸، صفحه ۵۹-۷۹، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۲. حیدری، شاهین و منعم، علیرضا. (۱۳۹۲)، "ارزیابی شاخصه های آسایش حرارتی در فضای باز"، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره بیستم.
۳. دیکي، مارک و براون، جی. (۱۳۸۹)، طراحی اقلیمی استراتژی های طراحی در معماری، سعید آقایی، تهران: انتشارات پرهام نقش .
۴. شمسی پور، علی اکبر؛ یاراحمدی، داریوش و سلمانیان، فرزاد. (۱۳۹۴)، "کاربرد اصول دانش طراحی اقلیمی در طراحی فضاهای شهری با تاکید بر آسایش حرارت- تحقق طراحی و نتایج از پروژه سهیل"، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۱، صفحه ۱۴۳-۱۵۹.
۵. طاهباز، منصوره. (۱۳۶۹)، آسایش در فضاهای باز و معابر، پایان نامه کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
۶. طاهباز، منصوره. (۱۳۹۵)، "راهکارهای طراحی اقلیمی معابر فضای باز (مطالعه موردی: پیاده راه های دانشگاه کاشان)", هویت شهر، شماره ۲۰، صفحه ۳۳-۴۶، دانشگاه کاشان.
7. Erell, E., Pearlmutter, D. & Williamson, T. (2012), "Urban microclimate: designing the spaces between buildings", Routledge.
8. Golany, G. S. (1996), "Urban design morphology and thermal performance", Journal of Atmospheric Environment, Vol. 30, No. 3, p. 455-465.
9. Gomez, F, Cueva, A, Perez, Valcuende, M and Matzarakis, Andreas. (2013), Ecological engineering, vol. 57, p.27-39.
10. Jamei, Elmira and Rajagopalan, Priyadarsini. (2018), Architectural Science Review, p.1 20.
11. Kruger, E, Pearlmutter, D and Rasia, F. (2010), "impact of canyon geometry and orientation on cooling loads in a high mass building in a hot dry environment", Applied energy, Vol. 87, No. 6, p. 2068-2078.
12. Kim, J. J., & Baik, J. J. (2004), "A numerical study of the effects of ambient wind direction on flow and dispersion in urban street canyons using the RNG k-ε turbulence model", Journal of Atmospheric Environment, Vol. 38, No. 19, p. 3039-3048.
13. Milosovicova, J. (2013), Climate-Sensitive Urban Design in Moderate Climate Zone:

Responding to Future Heat Waves Case Study Berlin–Heidestrasse/Europacity (Doctoral dissertation, Master Thesis in Urban Design.)

14. M. Santamouris, N. Papanikolaou, I. Koronakis, I. Livada, and D. Asimakopoulos, (1999) "Thermal and air flow characteristics in a deep pedestrian canyon under hot weather conditions," Atmospheric Environment, vol. 33, pp.4503-4521.
15. Oke, T. R. (1988), "Street design and urban canopy layer climate", Journal of Energy and buildings, Vol.11,No.1,p.103-113.
16. Oke,T.R.(1987),"Boundarylayerclimates",Routledge.
17. Olgyay, V. (1963), "Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism", Princeton University Press.
18. Orehounig, Kristina, Mahdavi, Ardeshir, Doppelbauer, Eva-Maria and Loibl, Wolfgang. (2014), "Projections of design implications on energy performance of future cities: A case study from Vienna", Sustainable Cities and Society, vol.12, pp. 92—101.
19. Pijpers-van Esch, M. (2015), "Designing the Urban Microclimate. A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process", A+ BE| Journal of Architecture and the Built Environment, Vol. 5, No. 6, p. 1-308.
20. Emmanuel, R., Rosenlund, H., & Johansson, E. (2007), "Urban shading a design option for the tropics? A study in Colombo, Sri Lanka", International Journal of Climatology, Vol. 27, No. 14, p. 1995-2004.
21. Shishegar, N. (2013), "Street Design and Urban Microclimate: Analyzing the Effects of Street Geometry and Orientation on Airflow and Solar Access in Urban Canyons", Journal of clean energy technologies, Vol.1,No.1.
22. Terim, B. (2011), "Climatic considerations in traditional built environments: The effect of natural ventilation on thermal comfort in Alaçatı, İzmir," Turkey".
23. Toudert, F A. (2005), "Dependence of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climate", phd dissertation, Albert-Ludwigs-Univ. Germany.
24. Ali-Toudert F, Mayer H (2007) Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. Sol Energy 81(6):742–754.
25. Yang, Wei, Wong, Nyuk Hien and Li, Chun-Qing. (2015), Journal of Urban Planning and Development, Vol. 142, No. 1.
26. <https://www.envi-met.com/>

  
BY

  
مجله علمی شهرسازی ایران

**نحوه ارجاع به این مقاله:**

شکیبا منش، امیر؛ فرحید، آوا. (۱۳۹۹). تاثیر طراحی خیابان بر آسایش حرارتی عابرین با تاکید بر باد (نمونه موردی: خیابان فردوسی واقع در منطقه ۱۲ شهرداری تهران)، شهرسازی ایران، ۳ (۵)، ۵۴-۶۹.

**COPYRIGHTS**  
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Iranian Urbanism Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**URL:** <https://www.shahrsaziiran.com/1399-3-5-article4/>