

تأثیر فرم بالکن بر ارتفاعی کیفیت هوای داخل ساختمان‌های میان مرتبه در مجاورت بزرگراه‌های شهری (مورد مطالعه: بزرگراه شهید چمران تهران)

الهام منصوریان*، حمید اسکندری**، علی‌اکبر حیدری***

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۴/۳۱

چکیده

با توجه به افزایش شهرنشینی در زندگی مدرن، آلودگی هوای یکی از معضلات مهم در دهه‌های اخیر بوده است که در رابطه با سلامت انسان به یک چالش مهم بدل گردیده است. این موضوع با پیشرفت شهرها و کاهش کیفیت هوای روز به روز به یک تهدید جدی برای زندگی انسان‌ها تبدیل شده است. به همین منظور کیفیت هوای شهری مساله مهم زیست محیطی در دنیا است که باعث جلوگیری از مرگ و میر انسان‌ها می‌شود. آلودگی هوای شهرها براثر عواملی همچون صنایع و کارخانه‌ها، تردد خودروها، استفاده از سوخت‌های فسیلی برای سرمایش و گرمایش و مواردی از این قبیل ایجاد می‌شود. یکی از مهم‌ترین عوامل تولید و انتشار آلودگی در هوای آلاینده‌های ترافیکی ناشی از تردد خودروها می‌باشد که بر محیط داخل ساختمان تأثیر دارد. با این حال معماری ساختمان‌ها می‌تواند نقش موثری بر کیمیت و کیفیت ورود این آلاینده‌ها به فضای درون ساختمان‌ها داشته باشد که از جمله آن‌ها می‌توان به انواع بازشوها و اندازه و محل آن‌ها، چیدمان دکوراسیون داخلی، ارتفاع ساختمان، فرم بالکن و ... اشاره نمود. بر همین اساس از میان عناصر بیان شده، در مقاله حاضر به تأثیر فرم بالکن بر کاهش آلاینده‌های ترافیکی و افزایش کیفیت هوای داخلی پرداخته می‌شود. برای این منظور ۱۰ مدل بالکن از نظر ویژگی‌های هندسه، جانپناه و دیوار بال در ساختمان میان مرتبه در شهر تهران در مجاورت بزرگراه شهید چمران (به عنوان مرکز انتشار آلاینده ترافیکی) به عنوان نمونه‌های موردی انتخاب و میزان ورود آلاینده‌های ترافیکی به درون بنا با استفاده از روش دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) مورد شیوه سازی قرار گرفت. اعتبارسنجی نرم افزار در مطالعه حاضر براساس پژوهش سین و همکاران (۲۰۲۳) انجام گرفته است. تمام تنظیمات استفاده شده در مقاله مطابق با اعتبارسنجی می‌باشد؛ با این تفاوت که در این پژوهش از پارامتر غلظت آلاینده نیتروژن دی اکسید (NO_2) برای سنجش کیفیت هوای استفاده شده است. بر این اساس هدف اصلی در این پژوهش تعیین بهترین مدل هندسه و شکل ساختاری بالکن بر کاهش ورود آلاینده‌های ترافیکی به درون ساختمان و افزایش کیفیت هوای داخلی (IAQ) در ساختمان میان مرتبه است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که بالکن با فرم مثلث بیشترین میزان غلظت و بالکن با فرم منحنی کمترین میزان غلظت ورودی آلاینده را در بخش هندسه بالکن به خود اختصاص داده‌اند. همچنین میزان غلظت آلاینده در بالکن‌هایی که جانپناه نرده‌ایی دارند به مراتب بسیار کمتر از بالکن‌هایی است که دارای دیوار بال می‌باشند. از سویی در این پژوهش می‌توان چنین برداشت نمود که با افزایش محصوریت بالکن در ساختمان‌های میان مرتبه که در مجاورت بزرگراه‌های شهری قرار دارند، غلظت آلاینده‌های ورودی به بنا افزایش می‌یابد. در حالی که با کاهش محصورت در بالکن، میزان اباحت آلودگی در داخل ساختمان کاهش می‌یابد.

واژگان کلیدی

دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)، ساختمان میان مرتبه، بالکن، غلظت آلاینده NO_2 ، کیفیت هوای داخلی (IAQ)، بزرگراه شهید چمران.

* دانش آموخته کارشناسی ارشد معماری، گروه معماری و شهرسازی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران

** استادیار و عضو هیئت علمی معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران (نویسنده مسئول)

*** دانشیار و عضو هیئت علمی معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

Elham.mansourian1229@gmail.com

Eskandari@yu.ac.ir

AliAkbar_Heidari@yu.ac.ir

مقدمة

طی دهه های اخیر، موضوع آلودگی هوای تاثیر آن بر افزایش بیماری های تنفسی به چالشی مهم تبدیل شده است (Rijnders et al., 2001; Blocken et al., 2008). افزایش آلودگی هوای می تواند طیف وسیعی از اتفاقات منفی و نامطلوب را بر سلامت و بهرهوری انسان ها داشته باشد (1817-1831al., 189358-89386 Cui et al., Almeida-Silva et al., 2020: 106862; He et al., 2020: 1857-1869; Sin et al., 2020: 189-206; 2017: 189-206; 2023: 89358-89386). مطابق تخمین ها حدود ۹۱٪ از جمعیت شهرنشین جهان در معرض انواع آلودگی ها قرار دارند که در این ارتباط سهم کشور های در حال توسعه و کم درآمد خیلی بیشتر است. به همین منظور کیفیت هوای شهری به یک مساله مهم زیست محیطی در دنیا تبدیل شده است (Cao et al., 2022: 108746; Shi et al., 2011: 1594-1600; Zheng et al., 2018: e532-e539).

آلودگی هوا در سطح شهرها بر اثر عوامل مختلفی از جمله فعالیت های صنایع و کارخانه ها، تردد خودروها، استفاده از سوخت های فسیلی به منظور سرمایش و گرمایش ساختمان ها و مواردی از این قبیل ایجاد می شود. در این ارتباط تردد خودروها در سطح شهرها، یکی از مهمترین عوامل تولید و انتشار آلودگی در فضاهای شهری است (Fischer et al., 2001; Janssen et al., 2000; 3713-3722; 2005: 303-322؛ Rijnders et al., 2016: 138-146؛ Zhu et al., 2001: 411-417؛ Tong et al., 3875-3884؛ 2005: 11-17؛ Pope 3rd et al., 2000: 1215-1222؛ Peters et al., 1999: 470-470؛ Klemm et al., 2005؛ Gold et al., 2000: 1209-1214؛ 1996: 927-939؛ Yu et al., 1995: 472-480؛ Schwartz et al.

افراد بیش از ۸۰ درصد از زمان خود را در درون ساختمان‌ها می‌گذرانند (Colome et al., 1992; Jenkins et al., 1992; Zhu et al., 2005). بنابراین افزایش کیفیت هوای داخل و کاهش نفوذ آلاینده‌های خارجی به درون ساختمان‌ها، یکی از مهمترین چالش‌ها در طراحی و ساخت ساختمان‌ها است (Chen & Zhao, 2011; Jenkins et al., 2011; Klepeis et al., 2014; Tong et al., 2014; Zhang et al., 2001). عوامل مختلفی بر ورود آلاینده‌ها به داخل ساختمان‌ها تاثیرگذار هستند که از جمله مهمترین آنها، ویژگی‌های شکلی آنها است (Chen & Zhao, 2011; Chen & Zhao, 2011). عناصر و اجزای مختلف ساختمان با تاثیر بر الگوی جریان هوا و تهویه، می‌توانند باعث کاهش و یا افزایش ورود انواع آلاینده‌ها به فضای داخلی شوند (Lee et al., 1997; Chen & Zhao, 1997; Chen & Zhao, 2011; Aflaki et al., 2015; Cao et al., 2015). از جمله این عناصر می‌توان به نوع بازشو، اندازه و محل آنها، چیدمان دکوراسیون، ارتفاع ساختمان، نمای آنها، فرم بالکن‌ها... اشاره نمود (Omrami et al., 2011; Omrami et al., 2017; 504-516; 1594-1600).

در اکثر پژوهش‌های انجام شده، تاثیر بالکن بر الگوی جریان هوا و کیفیت تهویه طبیعی مورد بررسی قرار گرفته است. این در حالی است که کمتر پژوهشی به نقش ویژگی‌های شکلی بالکن بر میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از ترافیک در فضای داخل پرداخته است. لازم به ذکر است در مواردی که تاثیر بالکن بر انتشار آلودگی را مورد بررسی قرار داده‌اند، پژوهش در فضای باز انجام گرفته است و تاثیر آن بر الگوی انتشار آلودگی در فضای بسته پشت بالکن مورد بررسی قرار نگرفته است. بر همین اساس در پژوهش حاضر، ویژگی‌های شکلی بالکن بر میزان انتشار آلودگی در فضای داخلی مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در ارتباط با ویژگی‌های شکلی بالکن، پارامترهای هندسه، جانپناه و دیوار بال مدنظر قرار خواهد گرفت که بر اساس آن ۱۰ نمونه موردی به شرح زیر استخراج گردید:

- متغیر هندسه: منظور از متغیر هندسه بالکن، فرم ظاهری آن می‌باشد که در این مقاله به شکل‌های منحنی، مثلث و نیم دایره در نظر گرفته شده‌اند. این موارد در Case_02 تا Case_04 معرفی شده‌اند.
 - متغیر جانپناه: در این مقاله تاثیر متغیر جانپناه در قالب استفاده از جانپناه یکپارچه (صلب) و نرده‌های مورد بررسی قرار گرفته است. در Case_05 تا Case_08 جانپناه به صورت نرده‌ای و در بقیه موارد به صورت صلب نمایش شده است.

- متغیر دیوار بال: دیوار بال یا دیوار جانبی (wing wall) در دو طرف یا یک طرف بالکن قرار دارد و با جانپاھ صلب یا نردهای ترکیب شده است. این موارد در Case_07 تا Case_10 ارائه شده است.

Case_01 نیز به عنوان نمونه مرجع انتخاب شد که نمونه‌ها در مقایسه با آن مورد سنجش قرار خواهد گرفت. توضیحات بیشتر پیرامون نمونه‌ها در بخش نمونه‌های موردنظر در جدول ۱ ارائه شده است. میزان غلظت آلاینده‌ها در فضای پشت بالکن (فضای داخلی) به عنوان متغیر وابسته مد نظر قرار گرفته است. ساختمان مورد بررسی شامل یک ساختمان پنج طبقه است که از طبقه اول تا چهارم دارای بالکن است. این ساختمان در فاصله ۴۰ متری از یک بزرگراه شهری به عنوان مرکز انتشار آلاینده‌های ترافیکی قرار دارد. از میان آلاینده‌های متأثر از ترافیک شهری، آلاینده نیتروژن دی اکسید (NO_2) مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

پیشینه تحقیق

تاکنون تحقیقات مختلفی به نقش ویژگی‌های سکلی ساختمان‌ها بر الگوی جریان هوای تهویه در فضاهای بیرونی و درونی بنا پرداخته‌اند؛ این در حالی است که پژوهش‌های اندکی به تاثیر این موضوع بر الگوی انتشار آلودگی در فضای داخلی ساختمان پرداخته است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به مطالعه سین و همکاران (۲۰۲۳) تاثیر بالکن‌هایی با پیوستگی و ناپیوستگی در درهای خیابانی نامتقاضان چهت تهویه دره از آلاینده‌هایی که با آن در تماس می‌باشند اشاره نمود. آنها در مطالعه خود دریافتند که بالکن‌های ناپیوسته نسبت به بالکن‌های پیوسته میزان تهویه هوا و پراکندگی آلاینده را با ورود هوای تازه به داخل دره بهبود می‌بخشد و باعث کاهش میزان قرار گرفتن عابرین در برابر آلاینده‌ها می‌شود (Sin et al., 2023: 89358-89386). همچنین ژنگ و همکارانش (۲۰۲۲) تاثیر ویژگی نما را بر پراکندگی آلاینده‌ها در دره‌های خیابانی مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که بالکن‌ها به شدت بر جریان باد و پراکندگی آلاینده‌ها در دره‌های خیابانی اثر می‌گذارند و مانع نفوذ جریان باد به عمق دره‌های خیابانی، افزایش میانگین وزنی غلظت آلاینده‌ها و کاهش میانگین سرعت تبادل آلاینده‌ها می‌شود (Zheng et al., 2022: 108746). ژنگ و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تاثیر عواملی چون فاصله ساختمان تا منبع آلودگی، چهت باد، اندازه ذرات، محل بازشو و اندازه آن بر کیفیت هوای داخل پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که با افزایش فاصله ساختمان از منبع آلودگی، غلظت ذرات ورودی به بنا کاهش می‌یابد (Tong et al., 2016: 138-146). کریمی مشاور و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهش خود به بررسی تاثیر هندسه و موقعیت بالکن با استفاده از تهویه یک طرفه بر روی ساختمان‌های بلند مرتبه در اقلیم گرم و خشک همدان پرداخته است. آنها دریافتند که بالکن با عرض $4/5$ متر و عمق $1/5$ متر بهترین هندسه برای شهر همدان می‌باشد (Karimimoshaver et al., 2023: 2174-2193).

تعدادی از محققان در پژوهش‌های خود تاثیر برخی از پارامترهای طراحی از جمله موقعیت و چهت ساختمان، پاریشن‌های داخلی، اندازه پنجره‌ها و تاثیرات شکلی سقف و بالکن را بر جریان هوای داخلی جهت بهبود سطح آسایش حرارتی مورد مطالعه قرار داده‌اند (Chand et al., 1998: 385-396; Chiang et al., 1997: 1-11; Kindangen et al., 2000: 579-585; Prianto et al., 1999: 385-396; Depecker et al., 2002: 401-409; Olgayay-Kukreja et al., 1978; Prianto et al., 2000: 80-95; Prianto et al., 2015; Prianto et al., 2000: 80-95). پریانتو و همکاران (۲۰۰۲) به بررسی اثر ترکیبی بالکن، تقسیم بندی داخل و طراحی باز بر الگوی جریان هوای داخل ساختمان واقع در طبقه دوم پرداخته‌اند. برای مشاهده الگوی جریان هوای در داخل ساختمان، از ضرب میانگین سرعت در ارتفاع $1/5$ متر برای فعالیت با وضعیت نشسته و ایستاده استفاده کردند. آن‌ها دریافتند که وجود بالکن برای افزایش حرکت طبیعی هوای داخل خانه مفید می‌باشد (Eddy Prianto & Depecker, 2002: 401-409). مظفری و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی‌های خود دریافتند که بالکن می‌تواند به صورت قابل توجهی الگوی جریان هوای در خارج و داخل ساختمان تغییر دهد. به همین منظور از بالکن می‌توان به عنوان یک ویژگی معماری که باعث بهبود عملکرد تهویه طبیعی در داخل ساختمان می‌شود استفاده نمود (Ghadikolaei et al., 2013: 639-645). پریانتو و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه خود به بررسی تاثیر طراحی معماری در ساختمان‌های دارای تهویه طبیعی برای دستیابی به آسایش حرارتی در مناطق مرطوب و گرمسیری پرداخته‌اند. کاربرد برخی از عناصر طراحی معماری مانند نوع و مکان پنجره، تقسیم بندی داخلی و پیکربندی بالکن با استفاده از شبیه سازی عددی ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که وجود بالکن بیش از تنظیمات پنجره و تقسیم بندی داخلی، در بهبود شرایط حرارتی داخل خانه تاثیرگذار است (Eddy Prianto &

Depecker 2003: 273-280). این موضوع در پژوهش‌های مختلفی نیز مورد بررسی قرار گرفته است که خلاصه‌ای از این تحقیقات در جدول ۱ آرائه شده است.

جدول ۱- بررسی تاثیر بالکن بر غلظت آلینده، تهویه طبیعی (NV) و کیفیت هوای داخلی (IAQ)

مرجع	هدف	متغیر مستقل	روش تحقیق	نتیجه‌گیری
بررسی جریان های هموفتی در نزدیکی نمای ساختمان دارای (Tao et al.) (2023: 105420)	بررسی جریان های هموفتی بالکن	تبادل حرارتی هموفتی اجباری در سطوح نما و بالکن	Ansys Fluent Numerical	وجود بالکن باعث کاهش میانگین سطح ضربی انتقال حرارت هموفتی نماهای رو به باد و پشت به باد می‌شود.
Izadyar et al.) (2020: 106847)	تأثیر عمق بالکن و اندازه بازشوها بر اندازه بازشوها بر روی تهویه طبیعی و آسایش حرارتی	آسایش حرارتی بالکن و بازشو	Ansys Fluent Numerical	عمق بالکن و اندازه بازشوها بر توزیع هوای داخل، میانگین سرعت هوای داخل و دما تاثیرگذار است ولی اندازه بازشوها تاثیر بیشتری دارد.
Mohamed et al.) 2011: 1954-1961	بررسی بالکن در نمای ساختمان مسکونی بلند و تاثیر آن بر عملکرد تهویه	کیفیت هوای داخلی (IAQ) و آسایش حرارتی	---	ترکیب درست بالکن با تهویه طبیعی یک‌طرفه باعث بهبود عملکرد تهویه ساختمان‌های مسکونی مرتفع می‌شود.
(Omraní et al. 2017: 504-516)	بررسی نقش بالکن بر روی تهویه طبیعی و آسایش حرارتی ساختمان‌های مسکونی	آسایش حرارتی تهویه و زاویه باد	Ansys Fluent Numerical	بالکن در یک ساختمان با تهویه یک‌طرفه باعث بهبود تهویه طبیعی می‌شود ولی در ساختمانی با تهویه مقاطع باعث کاهش می‌شود. پارامتر زاویه باد بر تهویه طبیعی برای هر دو حالت نسبت به بقیه پارامترها بیشترین تاثیر را دارد.

از تحلیل پیشینه تحقیق موارد زیر قابل برداشت است:

- در اکثر پژوهش‌ها، نقش بالکن بر تهویه درون بنا مورد بررسی قرار گرفته است. این در حالی است که آلودگی در پژوهش‌های انجام شده مشخصاً به نقش بالکن بر الگوی انتشار آلودگی در فضای پراکنده‌ها در فضاهای باز مدنظر قرار گرفته است.
- در پژوهش‌های انجام شده، انتشار آلینده‌ها عموماً در فضای بیرون مورد بررسی قرار گرفته و کمتر تحقیقی بر تاثیر این متغیر در فضای داخلی ساختمان تمرکز نموده است:
 - منبع آلودگی مورد بررسی در پژوهش‌های انجام گرفته، آلودگی‌های ناشی از ترافیک و سایل نقلیه در شهرها بوده است.
 - در ارتباط با نقش ویژگی‌های هندسی ساختمان بر الگوی انتشار آلودگی، تاثیر برخی پارامترها مانند فاصله ساختمان تا منبع آلودگی، جهت باد، اندازه ذرات، محل و اندازه بازشوها بر کاهش آلینده‌ها در محیط داخل مورد بررسی قرار گرفته است.
 - در تعدادی از این پژوهش‌ها تاثیر بالکن بر جریان‌های نزدیک نما و تهویه طبیعی داخل بالکن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.
 - در تعداد بیشتری از تحقیقات، نقش پارامترهای مختلف بالکن بر تهویه طبیعی، کیفیت هوای آسایش حرارتی فضای داخل یا خارج از بنا مورد بررسی قرار گرفته است. در این ارتباط ویژگی‌هایی از بالکن مانند عمق، طول، اندازه و محل بازشوها و دیوار بال بر تهویه طبیعی مورد بررسی واقع شده‌اند؛ این در حالی است که نقش هیچکدام از این پارامترها بر الگوی انتشار آلینده‌های شهری مورد بررسی قرار نگرفته است.
 - روش مورد استفاده در این مقالات، عموماً شبیه سازی عددی CFD بوده است؛ در موارد محدودی نیز از آزمایش توبل باد استفاده شده است.

- در مقالات مورد بررسی، آسایش حرارتی، کیفیت هوای داخلی، جریان باد و غلظت آلاینده‌ها به عنوان متغیر وابسته مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

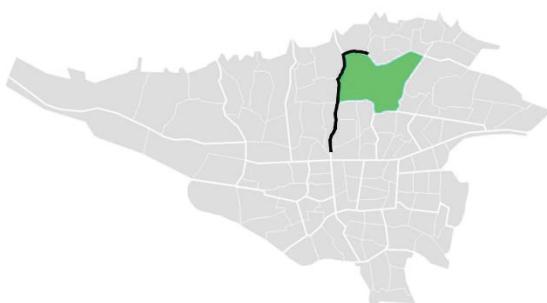
همانگونه که در فوق اشاره شد، در اکثر پژوهش‌های انجام شده، تاثیر بالکن بر الگوی جریان هوا و کیفیت تهویه طبیعی مورد بررسی قرار گرفته است. این در حالی است که کمتر پژوهشی به نقش ویژگی‌های هندسی بالکن بر میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از ترافیک در فضای داخل پرداخته است. لازم به ذکر است در مواردی که تاثیر بالکن بر انتشار آلودگی را مورد بررسی قرار داده‌اند، پژوهش در فضای باز انجام گرفته است و تاثیر آن بر الگوی انتشار آلودگی در فضای بسته پشت بالکن مورد بررسی قرار نگرفته است. بر همین اساس در پژوهش حاضر، ویژگی‌های شکلی بالکن (هندسه، جانپناه نردہای و دیوار بال) بر کیفیت هوای داخل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

محدوده مورد مطالعه

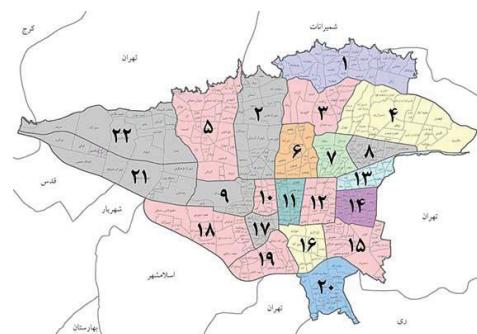
تهران پرجمعیت‌ترین شهر و پایتخت ایران و مرکز استان تهران است. این شهر در سال ۱۴۰۱ جمعیتی بالغ بر ۹۰۳۹۰۰۰ نفر داشته است و براساس سنجش سال ۲۰۱۸ سازمان ملل متحد، سی و چهارمین شهر پرجمعیت جهان و غرب آسیا می‌باشد. براساس دسته‌بندی تهران جز اقلیم‌های نیمه خشک است که هوای آن در مناطق شمالی حدوداً ۲ تا ۳ درجه سانتیگراد خنکتر از مناطق جنوبی شهر است. مسیر اصلی و جهت باد غالب در این شهر، شمال غرب به جنوب شرق می‌باشد. تهران از آلودگی هوا رنج می‌برد که عواملی چون جغرافیا، وسائل نقلیه مانند خودروها و موتورسیکلت‌ها، سوخت خانه‌ها و آلودگی حاصل از کارخانه‌ها بر روی آن تاثیر دارد. آلاینده‌های اصلی در هوای تهران مانند اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، مونوکسیدکربن، ترکیبات آلی فرار و ذرات معلق هستند (وبسایت‌ویکی‌پدیا، ۱۴۰۳۲۵) که در این پژوهش به آلاینده NO_2 در هوای پرداخته شده است.

کلان شهر تهران شامل ۲۲ منطقه و ۱۱۲ ناحیه شهری می‌باشد (وبسایت‌ویکی‌پدیا، ۱۴۰۳۲۵، ۱۴۰۳۱۷). (تصویر ۱. الف). منطقه مدنظر در این پژوهش منطقه ۳ شهرداری تهران می‌باشد. این منطقه با مساحتی بالغ بر ۳ هزار هکتار یکی از بزرگترین مناطق تهران است که از شمال به بزرگراه‌های شهید چمران، شهید مدرس و شهید صدر، از شرق به خیابان پاسداران و بخشی از خیابان شریعتی، از جنوب به بزرگراه‌های شهید قاسم سلیمانی و شهید همت و از غرب به بزرگراه شهید چمران محدود شده است. منطقه ۳ دارای ۶ ناحیه و ۱۲ محله می‌باشد (وبسایت‌ویکی‌پدیا، ۱۴۰۳۱۷). بزرگراه مدنظر برای منبع آلودگی بزرگراه شهید چمران می‌باشد (وبسایت‌ویکی‌پدیا، ۱۴۰۳۲۵) (تصویر ۱. ب). دلیل انتخاب این بزرگراه، فاصله آن تا ساختمان‌های هدف و سنجش ترافیک عبوری خودرو در آن است. نحوه اثرباری شرایط محیطی در این پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

- فاصله بزرگراه تا ساختمان‌های هدف: براساس مشاهدات میدانی این فاصله در حدود متوسط ۴۰ متر در نظر گرفته شده است.
- سنگش ترافیک عبوری خودرو در بزرگراه شهید چمران تهران: براساس مطالعات انجام شده از سوی معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران، روزانه میزان رفت و برگشت خودرو در بزرگراه چمران از شرق به غرب و از غرب به شرق ۱۱۰ هزار خودرو محاسبه شده است (معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران، ۱۳۹۶)



ب. منطقه ۳ و بزرگراه شهید چمران



الف. مناطق شهر تهران

تصویر ۱. نقشه شهر تهران (منبع: (وبسایت‌ویکی‌پدیا، ۱۴۰۳۲۵))



تصویر ۲. همچوایی ساختمان‌های مسکونی با بزرگراه‌ها در تهران به عنوان منبع تولید آلاینده‌های ناشی از ترافیک خودرو در کلانشهرها

(منبع: (وبسایت همشهری، ۱۶ دی ۱۳۹۲)، (وبسایت افکارنویز، ۱۲ آذر ۱۴۰۰) و (وبسایت کجaro، ۱۸ مرداد ۱۳۹۵))

همانگونه که پیش‌تر عنوان شد متغیر مستقل در این پژوهش، ویژگی‌های هندسی بالکن در ساختمان‌های پیرامون بزرگراه است. به منظور استخراج الگوهای بالکن در ساختمان‌های موجود در محدوده مورد مطالعه، یک برداشت میدانی از ۱۵۰ ساختمان بالکن دار در این محدوده انجام گرفت که نتایج آن به شرح زیر می‌باشد:

- مطابق برداشت‌های میدانی، ۷۷ درصد از ساختمان‌های بالکن دار در محدوده مورد مطالعه دارای بالکن با الگوی هندسی منظم (مستطیل شکل) هستند. از این تعداد ۵۸ درصد دارای جان‌پناه نرده‌ای و ۴۲ درصد دارای جان‌پناه صلب می‌باشند. همچنین از این تعداد ۷۸ درصد دارای دیوار بال در دو طرف بالکن و ۲۲ درصد دارای دیوار بال تنها در یک طرف بالکن هستند.
- ۲۳ درصد از ساختمان‌های بالکن دار در محدوده مورد مطالعه دارای بالکن با الگوی هندسی غیرمنظم (نیم دایره و منحنی شکل) هستند که از این تعداد ۵۶ درصد دارای جان‌پناه نرده‌ای و ۴۴ درصد دارای جان‌پناه صلب می‌باشند.

چند نمونه از بالکن‌های مورد بررسی در تصویر ۳ نشان داده شده است.

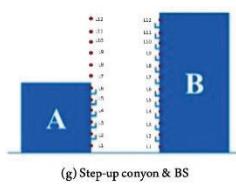


تصویر ۳. نمونه‌هایی از بالکن‌های بررسی شده در آپارتمان‌های مسکونی پیرامون بزرگراه شهید چمران

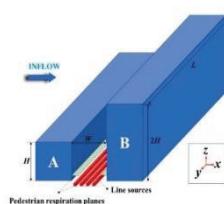
روش تحقیق

در این مقاله به یکی از ویژگی‌های نما یعنی بالکن در مقابل آلاینده‌های ترافیکی پرداخته شده است. در این تحقیق ابتدا ۱۰ مدل سه بعدی از ساختمان ۵ طبقه دارای بالکن در تمام طبقات بجز طبقه همکف شبیه سازی شده است که تفاوت آن‌ها در بالکن می‌باشد. این تفاوت‌ها در هندسه بالکن، جان‌پناه و دیوار بال در بالکن‌ها مقایسه شده است. سپس، براساس نتایج بدست آمده از آزمایش تونل باد، مطالعات اعتبار سنجی برای مدل‌های CFD انجام می‌گیرد.

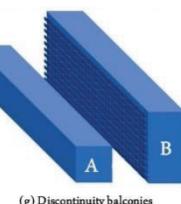
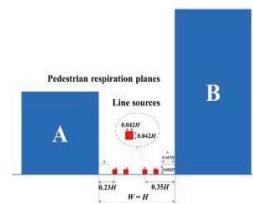
اعتبار سنجی نرم افزار در پژوهش حاضر بر اساس پژوهش سین و همکاران (۲۰۲۳) انجام گرفته است. در مقاله آنها بالکن‌ها به صورت پیوسته و ناپیوسته طراحی شده‌اند که برای هر کدام از این ۲ مدل بالکن، یک ساختمان مرتعبدون بالکن و ۶ نمونه موردی با بالکن با در نظر گرفتن مکان قرار گیری بالکن (پشت به باد (LS)، رو به باد (WS) و هر دو طرف (BS))^۱ در نظر گرفته شده است. بنابراین در مجموع ۱۴ نمونه موردی دره نامتقارن در پژوهش سین و همکاران (۲۰۲۳) مورد بررسی قرار گرفته است. مدل g در بالکن‌های ناپیوسته به منظور مدل اعتبار سنجی در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار گرفته است (تصویر ۴). این مدل با مقیاس ۱/۱۵۰ طراحی شده و شامل دو ساختمان نامتقارن ۶ و ۱۲ طبقه که به ترتیب با ارتفاع (H) ۰/۱۲ متر و (2H) ۰/۲۴ متر، طول و عرض مشابه ۱۰H و H دارای بالکن‌هایی به ابعاد ۱/۵ متر مربع می‌باشد. در خیابان میانی، ۴ ردیف مکعب مستطیل به ابعاد $10H \times 0.042H \times 0.042H$ متر مکعب به عنوان منبع آلودگی در نظر گرفته شده است (تصویر ۵). اندازه گیری‌ها در امتداد یک خط عمودی در مجاورت دیوار رو به خیابان و با فواصل ۳ متری از یکدیگر انجام گرفته است (تصویر ۶).



تصویر ۶. سه بعدی مدل اعتبارسنجی

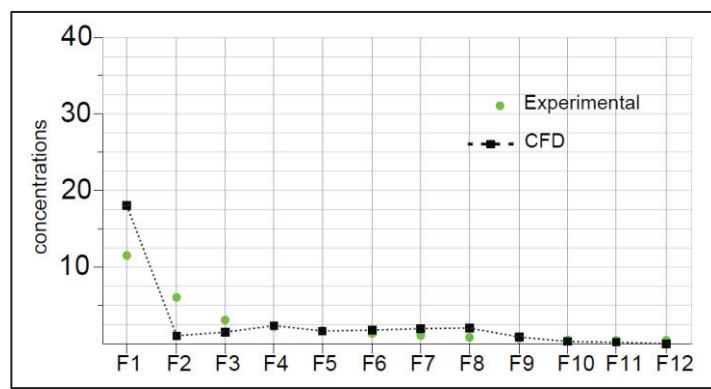


تصویر ۵. اندازه‌گیری مدل اعتبارسنجی



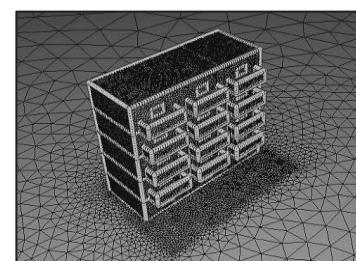
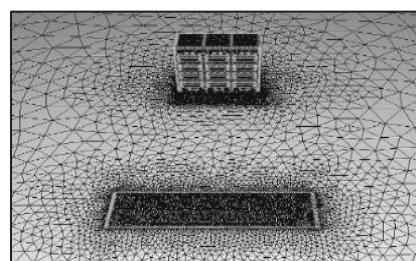
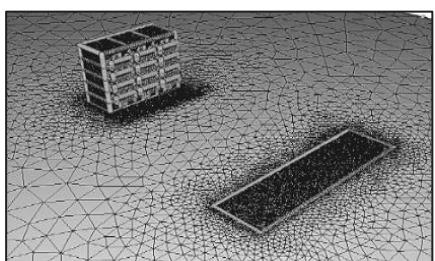
تصویر ۴. مدل g (بالکن ناپیوسته)

در پژوهش اعتبارسنجی از گاز سولفور هگزا فلورايد (SF₆) غلظت 1.506e-05 متر مربع بر ثانیه به عنوان منبع آلودگی استفاده شده است. تصویر ۷ نتایج اعتبارسنجی CFD و مدل تجربی در ارتباط با غلظت آلایینده‌ها را نشان می‌دهد. همانگونه که در تصویر مشاهده می‌شود، انطباق تقریباً زیادی بین نتایج CFD و Exp وجود دارد. با توجه به اینکه میانگین خطابای غلظت آلایینده‌ها، ۶ درصد می‌باشد می‌توان اعتبار نرم افزار مورد استفاده را جهت شبیه سازی نمونه موردی‌های پژوهش حاضر تایید کرد.



تصویر ۷. مقایسه نتایج تونل باد و CFD برای اعتبارسنجی

بر اساس دامنه محاسباتی که در اعتبارسنجی مورد استفاده قرار گرفته است، ابعاد این دامنه در تحلیل نمونه‌ها مطابق دستورالعمل (Tominaga et al., 2008: 1749-1761) استفاده شده است. با توجه به این که ارتفاع (H) در نمونه‌های موردی ۱۶ متر می‌باشد، ابعاد دامنه محاسباتی (W×L×H) معادل $197/6 \times 377/4 \times 96$ متر مکعب در نظر گرفته شده است. محاسبات شبیه سازی CFD در فضای داخلی انجام می‌شود که میزان غلظت آلایینده در محیط داخل ساختمان مورد محاسبه قرار می‌گیرد. در شبکه مش، از مش شش وجهی استفاده شده که تعداد سلول‌ها در نمونه‌های موردی پژوهش بین $4/5$ تا $8/5$ میلیون در نوسان است. در تصویر ۸ الگوی مش Case_01 نمایش داده شده است.



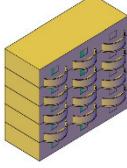
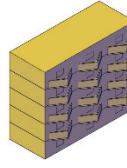
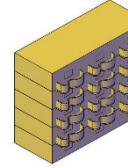
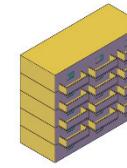
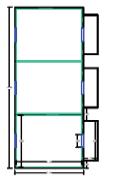
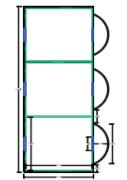
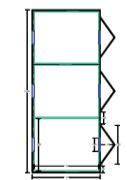
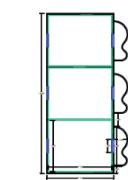
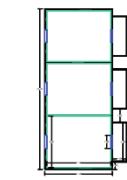
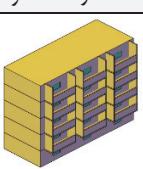
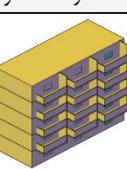
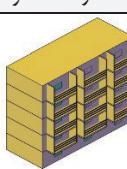
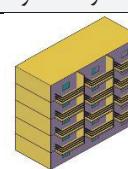
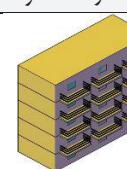
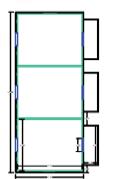
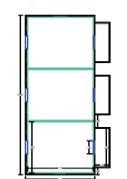
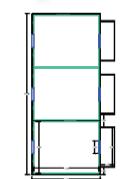
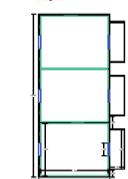
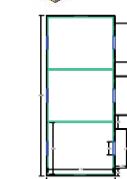
تصویر ۸. شبکه محاسباتی برای Case_01

در ورودی دامنه سرعت ۳ متر بر ثانیه و در خروجی دامنه فشار استاتیکی صفر در نظر گرفته شده است. همچنین نرخ جریان جرمی ۵ کیلوگرم بر ثانیه و اسکالار ۰/۰۱ برای منبع آلایینده در نظر گرفته شده است. سایر تنظیمات برای شبیه سازی CFD نمونه‌ها، با تنظیمات استفاده شده در نمونه اعتبارسنجی یکسان است. با این تفاوت که آلایینده مورد بررسی در نمونه‌های موردی NO₂ می‌باشد، که ضریب انتشار آن ۱.54e-05 متر مربع بر ثانیه در بخش جنرال اسکالار وارد شده است.

معرفی نمونه موردی

در این پژوهش ۱۰ نمونه، مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۲). نمونه‌های موردی بر روی یک ساختمان ۵ طبقه کاملاً مشابه اعمال شده‌اند. تفاوت نمونه‌ها در نوع بالکن از لحاظ هندسه، جانپناه و دیوار بال می‌باشد. جدول ۲ ویژگی‌های بیشتری از این نمونه‌ها را نمایش می‌دهد.

جدول ۲- لیست نمونه موردی‌ها

				
Case_05 بالکن از یک طرف نرده ۱/۵ در ۴/۵ متر	Case_04 بالکن نیم دایره ۱/۵ در ۴/۵ متر	Case_03 بالکن مثلث ۱/۵ در ۴/۵ متر	Case_02 بالکن منحنی ۱/۵ در ۴/۵ متر	Case_01 نمونه پایه بالکن ۱/۵ در ۴/۵ متر
				
				
Case_10 بالکن از سه طرف نرده ۱/۵ در ۴/۵ متر	Case_09 بالکن یک طرف دیوار بال و یک طرف نرده ۱/۵ در ۴/۵ متر	Case_08 بالکن یک طرف دیوار بال و دو طرف نرده ۱/۵ در ۴/۵ متر	Case_07 بالکن دو طرف دیوار بال و دو طرف نرده ۱/۵ در ۴/۵ متر	Case_06 بالکن از یک طرف نرده ۱/۵ در ۴/۵ متر
				

یافته‌های تحقیق

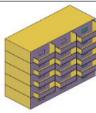
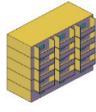
در این بخش به تحلیل و بررسی نمونه‌های موردی بر اساس شاخص غلظت آلاینده NO_2 درون نمونه‌ها پرداخته شده است. در جدول ۳ تصاویر کانتورها ارائه شده است. در این تصاویر رنگ آبی تیره نشانگر غلظت کم آلاینده و رنگ قرمز نشانگر غلظت زیاد آلاینده می‌باشد. تمام بررسی‌ها در مورد اتفاق‌های ردیف وسط می‌باشد. نتایج به دست آمده در خصوص میزان غلظت آلاینده‌ها در هر ساختمان در مقایسه با نمونه مرجع (Case-01) به شرح زیر است:

- در تمامی نمونه‌های موردی، غلظت آلاینده‌ها در طبقه همکف و طبقه سوم بیشتر از طبقه دوم و طبقه چهارم می‌باشد که بر اساس نوع بالکن غلظت آلاینده در هر نمونه موردی طبقات متفاوتی را نشان می‌دهد.
- کمترین غلظت آلاینده در Case_01 در طبقه دوم با مقدار $1/54$ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقه چهارم با مقدار $43/3$ درصد مشاهده شده است.
- کمترین غلظت آلاینده در Case_02 در طبقه دوم با مقدار $0/03$ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقه همکف با مقدار $59/22$ درصد مشاهده شده است.

- کمترین غلظت آلاینده در Case_03 در طبقه چهارم با مقدار ۰/۳ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقه سوم با مقدار ۱۵/۵۹ درصد مشاهده شده است.
- کمترین غلظت آلاینده در Case_04 در طبقه دوم با مقدار ۰/۰۲ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقه همکف با مقدار ۵۲/۶۳ درصد مشاهده شده است.
- کمترین غلظت آلاینده در Case_05 در طبقه چهارم با مقدار ۰/۰۴ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقه همکف با مقدار ۴۵/۴۹ درصد مشاهده شده است.
- کمترین غلظت آلاینده در Case_06 در طبقه چهارم با مقدار ۰/۰۰۶ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقه همکف با مقدار ۶۳/۲۹ درصد مشاهده شده است.
- کمترین غلظت آلاینده در Case_07 در طبقه چهارم با مقدار ۰/۰۱ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقه همکف با مقدار ۸۶/۴۳ درصد مشاهده شده است.
- کمترین غلظت آلاینده در Case_08 در طبقه چهارم با مقدار ۰/۰۴ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقه سوم با مقدار ۳۲/۷۱ درصد مشاهده شده است.
- کمترین غلظت آلاینده در Case_09 در طبقه دوم با مقدار ۰/۲۲ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقه سوم با مقدار ۱۶/۹۱ درصد مشاهده شده است.
- کمترین غلظت آلاینده در Case_10 در طبقه چهارم با مقدار ۰/۰۶ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقات دوم و سوم با مقدار ۰/۰۴۲ و ۰/۰۴۳ درصد مشاهده شده است.

جدول ۳- موارد غلظت حداقل و حداکثر برای هر نمونه موردی

Case_No.	Form pattern	TOT PCT (%)	Concentration amount (%)	Floor	Concentration Contour
Case_01		۱۰۰%	Min	۱/۵۴%	
			Max	۴۳/۳%	
Case_02		۸۵/۰۷%	Min	۰/۰۳%	
			Max	۵۹/۲۲%	
Case_03		۱۲۹/۸۶%	Min	۰/۰۰%	
			Max	۵۹/۱۵%	
Case_04		۹۵/۱۵%	Min	۰/۰۲%	
			Max	۶۳/۵۲%	
Case_05		۶۷/۰۹%	Min	۰/۰۴%	
			Max	۴۹/۴۵%	
Case_06		۳۴/۴۸%	Min	۰/۰۶%	
			Max	۲۹/۶۳%	
Case_07		۷۳/۷۳%	Min	۰/۰۱%	
			Max	۴۳/۸۶%	
Case_08		۱۳۵/۱۶%	Min	۰/۰۴%	
			Max	۷۱/۳۲%	

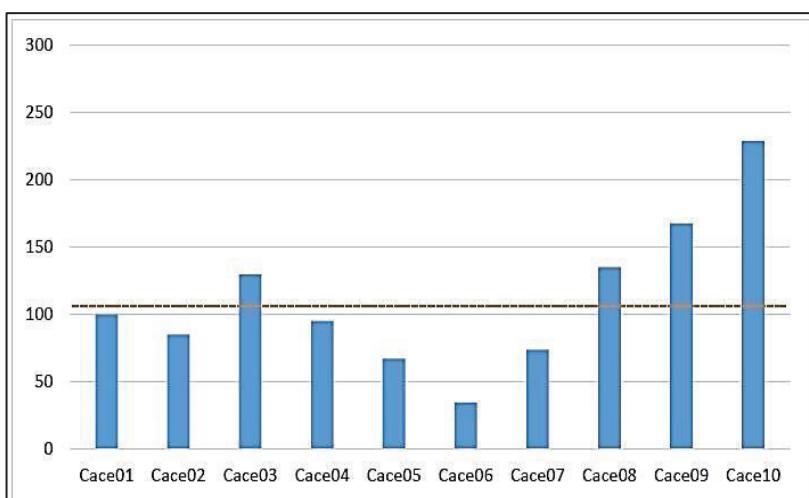
Case_No.	Form pattern	TOT PCT (%)	Concentration amount (%)	Floor	Concentration Contour
Case_09		۱۶۷/۵۷%	Min	۰/۲۲%	F2
			Max	۹۱/۱۶%	F3
Case_10		۲۲۸/۷%	Min	۰/۰۶%	F4
			Max	۱۲۳/۰۴%	F2
				۸۳/۵۰%	F3

* در جدول فوق متوسط از TOT PCT (Total percentage) TOT PCT

F0 طبقه همکف، F1 طبقه اول، F2 طبقه دوم، F3 طبقه سوم و F4 طبقه چهارم می‌باشد.

بر اساس جدول فوق می‌توان این گونه نتیجه گرفت که کمترین غلظت آلاینده در Case_06 با مقدار ۳۴/۴۸۶ درصد و بیشترین غلظت آلاینده در Case_10 با مقدار ۲۲۸/۷ درصد می‌باشد.

در تصویر ۹ نمودار میانگین غلظت NO_2 در نمونه‌های موردی در مقایسه با استاندارد اشری نشان داده شده است. همان طور که در این نمودار مشاهده می‌شود کمترین میزان غلظت در Case_06 و بیشترین میزان در Case_10 مشاهده شده است. همچنین در میان نمونه‌ها به ترتیب نمونه‌های Case_05، Case_04، Case_02، Case_07، Case_01، Case_03، Case_09، Case_10، Case_08 و Case_06 از میزان استاندارد Case_03 و Case_09 با ترتیب غلظت بالاتر از میزان استاندارد اشری را نشان می‌دهند.



بحث و نتیجه‌گیری

این مقاله با هدف تعیین بهترین مدل هندسه و شکل ساختاری بالکن بر کاهش ورود آلاینده‌های ترافیکی به داخل ساختمان و متقابلاً افزایش کیفیت هوای داخلی (AIQ) در یک ساختمان میان مرتبه مورد بررسی قرار گرفته است. پارامتر بررسی شده در این پژوهش معیار کاهش غلظت آلاینده‌های ورودی به درون ساختمان می‌باشد. ۱۰ نمونه بالکن متفاوت از نظر هندسه، جانپناه و دیوار بال در نظر گرفته و در شبیه سازی شده است. بر اساس استاندارد اشری کمترین غلظت مربوط به Case_06 با کمترین محصوریت و بیشترین غلظت مربوط به Case_10 با بیشترین محصوریت می‌باشد. علاوه بر این، مهمترین نتایج این تحقیق شامل موارد زیر است:

- فرم هندسی بالکن بر کیفیت هوای داخل تاثیر دارد به نحوی که از میان فرم‌های مختلف، بالکن‌های منحنی شکل، کمترین مقدار آلاینده‌ها را به فضای داخلی ساختمان انتقال می‌دهد. بالکن‌های منحنی (Case_02) و دایره‌ای شکل (Case_04) به ترتیب ۱۴/۹۳ و ۴/۸۵ درصد باعث کاهش ورود آلاینده در داخل ساختمان شده‌اند. این در حالی است که Case_03 با بالکن مثلث شکل باعث افزایش ۲۹/۸۶ درصدی غلظت آلاینده در فضای داخلی ساختمان شده است (جدول ۳)

از نظر جانپناه و دیوار بال نتایج نشان داد که بهترین حالت Case_06 می باشد. در این نمونه بالکن از هر سه طرف دارای جانپناه نردهای است، Case_05 و Case_06 به ترتیب باعث کاهش $\frac{۳۲}{۹۱}$ و $\frac{۶۵}{۵۱۴}$ و $\frac{۲۶}{۲۷}$ درصد غلظت آلاینده شده‌اند و Case_08 و Case_09 نیز به ترتیب غلظت آلاینده را به میزان $\frac{۱۶}{۳۵}$ و $\frac{۷}{۵۷}$ و $\frac{۷}{۶۷}$ درصد افزایش داده‌اند (جدوا، ۳).

به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش می‌توان چنین برداشت نمود که با افزایش محصوریت بالکن در ساختمان‌های میان مرتبه که در مجاورت بزرگراه‌های شهری قرار دارند، غلظت آلاینده‌های ورودی به بنا افزایش می‌یابد به نحوی که در Case_10 با بیشترین میزان محصوریت (بالکن با دو طرف دیوار بال)، بیشترین میزان انبیاش آلاینده‌ها در فضای داخلی مشاهده شده است. در حالی که با کاهش محصوریت در بالکن، میزان انبیاش آلودگی در داخل ساختمان کاهش می‌یابد. این موضوع در Case_06 با کمترین میزان محصوریت (بالکن از سه طرف نرده‌ای) قابل مشاهده است. در مطالعات آینده می‌توان الگوی فرمی متنوعتری از بالکن به همراه جهت باد و تغییرات ارتفاعی ساختمان را بر کیفیت هوای داخل مورد بررسی قرار داد.

پی نوشت‌ها

1. Leeward side (LS)
 2. Windward side (WS)
 3. Both side (BS)

منابع

- Blocken, B., Stathopoulos, T., Saathoff, P., & Wang, X. (2008). Numerical evaluation of pollutant dispersion in the built environment: comparisons between models and experiments. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 96(10-11), 1817-1831.
- Brunekreef, B., & Holgate, S. T. (2002). Air pollution and health. *The lancet*, 360(9341), 1233-1242.
- Cao, J., Yang, C., Li, J., Chen, R., Chen, B., Gu, D., & Kan, H. (2011). Association between long-term exposure to outdoor air pollution and mortality in China: a cohort study. *Journal of hazardous materials*, 186(2-3), 1594-1600.
- Chand, I., Bhargava, P., & Krishak, N. (1998). Effect of balconies on ventilation inducing aeromotive force on low-rise buildings. *Building and Environment*, 33(6), 385-396.
- Chen, C., & Zhao, B. (2011). Review of relationship between indoor and outdoor particles: I/O ratio, infiltration factor and penetration factor. *Atmospheric environment*, 45(2), 275-288.
- Chiang, C.-M., Lai, C.-M., Chou, P.-C., & Li, Y.-Y. (2000). The influence of an architectural design alternative (transoms) on indoor air environment in conventional kitchens in Taiwan. *Building and Environment*, 35(7), 579-585.
- Colome, S. D., Kado, N. Y., Jaques, P., & Kleinman, M. (1992). Indoor-outdoor air pollution relations: particulate matter less than 10 μm in aerodynamic diameter (PM10) in homes of asthmatics. *Atmospheric Environment. Part A. General Topics*, 26(12), 2173-2178. [https://doi.org/10.1016/0960-1686\(92\)90405-A](https://doi.org/10.1016/0960-1686(92)90405-A).
- Cui, D., Li, X., Du, Y., Mak, C. M., & Kwok, K. (2020). Effects of envelope features on wind flow and pollutant exposure in street canyons. *Building and Environment*, 176, 106862.
- Dockery, D. W., Pope, C. A., Xu, X., Spengler, J. D., Ware, J. H., Fay, M. E., . . . Speizer, F. E. (1993). An association between air pollution and mortality in six US cities. *New England journal of medicine*, 329(24), 1753-1759.
- EPA. (2005). Review of the national ambient air quality standards for particulate matter: policy assessment of scientific and technical information. *OAQPS Staff Paper*.
- Fischer, P., Hoek, G., Van Reeuwijk, H., Briggs, D., Lebret, E., Van Wijnen, J., . . . Elliott, P. (2000). Traffic-related differences in outdoor and indoor concentrations of particles and volatile organic compounds in Amsterdam. *Atmospheric environment*, 34(22), 3713-3722.
- Ghadikolaei, F. M., Ossen, D. R., & Mohamed, M. (2013). A review of the effects of balcony on indoor ventilation performance. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*, 15(4), 639-645.
- Gold, D., Damokosh, A., Pope, C., Dockery, D., McDonnell, W., Serrano, P., . . . Castillejos, M. (1999). Particulate and ozone pollutant effects on the respiratory function of children in Southwest Mexico City (vol 10, pg 8, 1999). *Epidemiology*, 10, 470-470.
- He, L., Hang, J., Wang, X., Lin, B., Li, X., & Lan, G. (2017). Numerical investigations of flow and passive pollutant exposure in high-rise deep street canyons with various street aspect ratios and viaduct settings. *Science of the Total Environment*, 584, 189-206.
- Izadyar, N., Miller, W., Rismanchi, B., & Garcia-Hansen, V. (2020). A numerical investigation of balcony geometry impact on single-sided natural ventilation and thermal comfort. *Building and Environment*, 177, 106847.
- Janssen, N. A., van Vliet, P. H., Aarts, F., Harssema, H., & Brunekreef, B. (2001). Assessment of exposure to traffic related air pollution of children attending schools near motorways. *Atmospheric environment*, 35(22), 3875-3884.
- Jenkins, P. L., Phillips, T. J., Mulberg, E. J., & Hui, S. P. (1992). Activity patterns of Californians: use of and proximity to indoor pollutant sources. *Atmospheric Environment. Part A. General Topics*, 26(12), 2141-2148.
- Karimimoshaver, M., Sadatosseini, M., Aram, F., Ahmadi, J., & Mosavi, A. (2023). The effect of geometry and location of balconies on single-sided natural ventilation in high-rise buildings. *Energy Reports*, 10, 2174-2193.

- Kindangen, J., Krauss, G., & Depecker, P. (1997). Effects of roof shapes on wind-induced air motion inside buildings. *Building and Environment*, 32(1), 1-11.
- Klemm, R. J., Mason Jr, R. M., Heilig, C. M., Neas, L. M., & Dockery, D. W. (2000). Is daily mortality associated specifically with fine particles? Data reconstruction and replication of analyses. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 50(7), 1215-1222.
- Klepeis, N. E., Nelson, W. C., Ott, W. R., Robinson, J. P., Tsang, A. M., Switzer, P., . . . Engelmann, W. H. (2001). The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 11(3), 231-252.
- Kukreja, C. (1978). Tropical architecture. (*No Title*).
- Lee, H. S., Kang, B.-W., Cheong, J.-P., & Lee, S.-K. (1997). Relationships between indoor and outdoor air quality during the summer season in Korea. *Atmospheric environment*, 31(11), 1689-1693.
- Mohamed, M., King, S., Behnia, M., & Prasad, D. (2011). A study of single-sided ventilation and provision of balconies in the context of high-rise residential buildings. *Australia, Universidad de New South Wales, Facultad de Ambiente Construido*, 1954-1961.
- Olgyay, V. (2015). *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*: Princeton university press.
- Omrani, S., Garcia-Hansen, V., Capra, B., & Drogemuller, R. (2017). On the effect of provision of balconies on natural ventilation and thermal comfort in high-rise residential buildings. *Building and Environment*, 123, 504-516.
- Peters, A., Liu, E., Verrier, R. L., Schwartz, J., Gold, D. R., Mittleman, M., . . . Monahan, K. (2000). Air pollution and incidence of cardiac arrhythmia. *Epidemiology*, 11(1), 11-17.
- Pope 3rd, C., Bates, D. V., & Raizenne, M. E. (1995). Health effects of particulate air pollution: time for reassessment? *Environmental health perspectives*, 103(5), 472-480.
- Prianto, E., Bonneau, F., Depecker, P., & Peneau, J. (2000). Tropical-humid architecture in natural ventilation efficient point of view. *International Journal on Architectural Science*, 1(2), 80-95. Retrieved from.
- Prianto, E., & Depecker, P. (2002). Characteristic of airflow as the effect of balcony, opening design and internal division on indoor velocity: A case study of traditional dwelling in urban living quarter in tropical humid region. *Energy and buildings*, 34(4), 401-409.
- Prianto, E., & Depecker, P. (2003). Optimization of architectural design elements in tropical humid region with thermal comfort approach. *Energy and buildings*, 35(3), 273-280. Retrieved from.
- Rijnders, E., Janssen, N., Van Vliet, P., & Brunekreef, B. (2001). Personal and outdoor nitrogen dioxide concentrations in relation to degree of urbanization and traffic density. *Environmental health perspectives*, 109(suppl 3), 411-417.
- Schwartz, J., Dockery, D. W., & Neas, L. M. (1996). Is daily mortality associated specifically with fine particles? *Journal of the Air & Waste Management Association*, 46(10), 927-939.
- Shi, S., Zhao, B., & Zhang, J. J. (2018). Effect of residential air cleaning interventions on risk of cancer associated with indoor semi-volatile organic compounds: a comprehensive simulation study. *The Lancet Planetary Health*, 2(12), e532-e539.
- Tao, S., Yu, N., Ai, Z., Zhao, K., & Jiang, F. (2023). Investigation of convective heat transfer at the façade with balconies for a multi-story building. *Journal of Building Engineering*, 63, 105420. doi:
- Tominaga, Y., Mochida, A., Yoshie, R., Kataoka, H., Nozu, T., Yoshikawa, M., & Shirasawa, T. (2008). AIJ guidelines for practical applications of CFD to pedestrian wind environment around buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 96(10-11), 1749-1761.
- Tong, Z., Chen, Y., Malkawi, A., Adamkiewicz, G., & Spengler, J. D. (2016). Quantifying the impact of traffic-related air pollution on the indoor air quality of a naturally ventilated building. *Environment international*, 89, 138-146.

- Yu, O., Sheppard, L., Lumley, T., Koenig, J. Q., & Shapiro, G. G. (2000). Effects of ambient air pollution on symptoms of asthma in Seattle-area children enrolled in the CAMP study. *Environmental health perspectives*, 108(12), 1209-1214.
- Zhang, S., Wu, Y., Liu, H., Huang, R., Yang, L., Li, Z., . . . Hao, J. (2014). Real-world fuel consumption and CO₂ emissions of urban public buses in Beijing. *Applied Energy*, 113, 1645-1655.
- Zheng, X., Montazeri, H., & Blocken, B. (2022). Impact of building façade geometrical details on pollutant dispersion in street canyons. *Building and Environment*, 212, 108746.
- Zhu, Y., Hinds, W. C., Krudysz, M., Kuhn, T., Froines, J., & Sioutas, C. (2005). Penetration of freeway ultrafine particles into indoor environments. *Journal of Aerosol Science*, 36(3), 303-322.

The effect of the balcony form on the improvement of air quality inside mid-rise buildings in the vicinity of urban highways (Case study: Shahid Chamran highway in Tehran)

Elham mansourian, Master of Architecture graduate, Department of Architecture and Urban Planning, Yasuj Branch, Islamic Azad University, Yasuj, Iran

Hamid Eskandari*, Assistant Professor and Faculty Member of Architecture, Department of technical and engineering, Yasouj University, Yasouj, Iran (Corresponding Author)

Ali Akbar Heidari, Associate Professor and Faculty Member of Architecture, Department of technical and engineering, Yasouj University, Yasouj, Iran

Received: 2024/3/15

Accepted: 2024/7/21

Extended abstract

Due to the increase of urbanization in modern life, air pollution has been one of the most important problems in recent decades, which has become an important challenge in relation to human health. This issue has become a serious threat to human life with the development of cities and decreasing air quality day by day. For this reason, urban air quality is an important environmental issue in the world that prevents human deaths. Air pollution in cities is caused by factors such as industries and factories, car traffic, the use of fossil fuels for cooling and heating, and similar things. One of the most important factors in the production and release of pollution in the air is the traffic pollutants caused by the traffic of cars that affect the indoor environment. However, the architecture of the buildings can have an effective role on the quantity and quality of the entry of these pollutants into the space inside the buildings. And ... pointed out. Accordingly, among the mentioned elements, in this article, the effect of balcony form on reducing traffic pollutants and increasing indoor air quality is discussed. For this purpose, 10 balcony models in terms of geometry, parapet and wing wall characteristics in a mid-rise building in the city of Tehran in the vicinity of Shahid Chamran highway (as the center of traffic pollutant emission) were selected as case examples and the amount of traffic pollutant entering inside The building was simulated using Computational Fluid Dynamics (CFD) method. The validation of the software in the present study is based on the research of Sin et al. (2023). All settings used in the article are in accordance with validation; With the difference that in this research, the concentration parameter of the pollutant nitrogen dioxide (NO_2) (source of pollution) was used to measure air quality. Based on this, the main goal in this research is to determine the best model of the geometry and structural shape of the balcony to reduce the entry of traffic pollutants into the building and increase the indoor air quality (IAQ) in the mid-rise building. The results of the research indicate that the triangle-shaped balcony has the highest concentration and the curve-shaped balcony has the lowest pollutant concentration in the geometry section of the balcony. Also, the amount of pollutant concentration in the balconies with fences is much lower than the balconies with wing walls. On the other hand, in this research, it can be concluded that the concentration of pollutants entering the building increases with the increase of balcony enclosure in mid-rise buildings that are located in the vicinity of urban highways. Meanwhile, by reducing the enclosure in the balcony, the accumulation of pollution inside the building decreases.

Keywords: Computational fluid dynamics (CFD), mid-rise building, balcony, NO^2 pollutant concentration, indoor air quality (IAQ), Shahid Chamran highway.

* Corresponding Author's E-mail: Eskandari@yu.ac.ir