مطالعات محیطی هفت حصار شماره پنجاه و یکم/ سال چهاردهم/ بهار ۱۴۰۴
صفحات ۳۸-۲۵

تاثیر فرم بالکن بر ارتقای 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 هوا 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 هوا 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 هوا در شهرها براثر عواملی همچون صنایع و کارخانه ها، 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 هوا، آلاینده‌های ترافیکی ناشی از تردد خودروها می‌باشد که بر محیط داخل ساختمان تاثیر دارند. با این حال معماری ساختمان‌ها می‌تواند نقش موثری بر کمیت 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 تاثیر 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 نمونه های موردی انتخاب و میزان ورود آلاینده‌های ترافیکی به درون بنا با استفاده از روش دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) مورد شبیه 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) (منبع آلودگی) برای سنجش کیفیت هوا استفاده شده است. بر این اساس هدف اصلی در این پژوهش تعیین بهترین مدل هندسه و شکل ساختاری بالکن بر کاهش ورود آلاینده های 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 انباشت 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 Elham.mansourian1229@gmail.com
** استادیار و عضو هیئت علمی معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران (نویسنده مسئول) Eskandari@yu.ac.ir
*** دانشیار و عضو هیئت علمی معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران AliAkbar_Heidari@yu.ac.ir

ISSN: 2322-5602
©: IAUH
مقاله پژوهشی- مورد پژوهی
[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]

مقدمه

طی دهه‌های اخیر، موضوع آلودگی هوا و تاثیر آن بر افزایش بیماری‌های تنفسی به چالشی مهم تبدیل شده است (Rijnders et al.، 2001: 411-417) افزایش آلودگی هوا می‌تواند طیف وسیعی از اتفاقات منفی و نامطلوب را بر سلامت و بهره‌وری انسان‌ها داشته باشد (Blocken et al.، 2008: 1817-1831). این موضوع با رشد سریع شهرها و کاهش کیفیت هوا به یک تهدید جدی برای زندگی بشر تبدیل شده است (Almeida-Silva et al.، 2023: 89358-89386). مطابق تخمین‌ها حدود ۹۱٪ از جمعیت شهرنشین جهان در معرض انواع آلودگی‌ها قرار دارند که در این ارتباط سهم کشورهای 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.، 2011: 1594-1600; Shi et al.، 2018: e532-e539; Zheng et al.، 2022: 108746).

آلودگی هوا در سطح شهرها بر اثر عوامل مختلفی از جمله فعالیت‌های صنایع و کارخانه‌ها، تردد خودروها، استفاده از سوخت‌های فسیلی به منظور سرمایش و گرمایش ساختمان‌ها و مواردی از این قبیل ایجاد می‌شود. در این ارتباط تردد خودروها در سطح شهرها، یکی از مهمترین عوامل تولید و انتشار آلودگی در فضاهای شهری است (Fischer et al.، Janssen et al.، 2000: 3713-3722; 2001: 3875-3884; Rijnders et al.، 2001: 411-417; Tong et al.، 2016: 138-146; Zhu et al.، 2005: 303-322). استفاده از وسایل نقلیه علاوه بر تولید گازهای گلخانه‌ای، باعث انتشار گرد و غبار ناشی از جابجایی آنها در سطح شهر می‌شود. این موضوع علاوه بر اینکه باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی متعدد می‌شود، اثرات نامطلوبی در سلامتی افراد به ویژه در سیستم تنفسی آنها دارد (Brunekreef & Holgate، 1993: 1753-1759; EPA، 2011: 275-288; Dockery et al.، 2002: 1233-1242; Chen & Zhao، 2000: 11-17; Pope 3rd et al.، 2000: 1215-1222; Peters et al.، 1999: 470-470; Klemm et al.، 2005; Gold et al.، 1995: 472-480; Schwartz et al.، 1996: 927-939; Yu et al.، 2000: 1209-1214).

افراد بیش از ۸۰ درصد از زمان خود را در درون ساختمان‌ها می‌گذرانند (Colome et al.، 1992: 2173-2178; Jenkins et al.، 1992: 2141-2148; Zhu et al.، 2005: 303-322). 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، Jenkins et al.، 2011: 275-288; 1992: 2141-2148; Klepeis et al.، 2001: 231-252; Tong et al.، 2016: 138-146; Zhang et al.، 2014: 1645-1655). عوامل مختلفی بر ورود آلاینده‌ها به داخل ساختمان‌ها تاثیرگذار هستند که از جمله مهمترین آنها، ویژگی‌های شکلی آنها است (Chen & Zhao، 2011: 275-288). 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 (Chen & Zhao، Lee et al.، 2011: 275-288; 1997: 1689-1693). از جمله این عناصر می‌توان به نوع بازشو، اندازه و محل آنها، چیدمان دکوراسیون، ارتفاع ساختمان، نمای آنها، فرم بالکن‌ها و... اشاره نمود (Aflaki et al.، Cao et al.، 2015: 153-162; Omrani et al.، 2011: 1594-1600; 2017: 504-516). از میان موارد گفته شده، در این مقاله به بررسی ویژگی‌های شکلی بالکن در ساختمان‌ها و تاثیر آن بر کاهش میزان آلودگی‌های ترافیکی به درون ساختمان پرداخته خواهد شد.

در اکثر پژوهش های 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 مد نظر 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 نرده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. در Case_05 تا Case_08 جانپاه به صورت نرده‌ایی و در بقیه موارد به صورت صلب نمایش شده است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]

- متغیر دیوار بال: دیوار بال یا دیوار جانبی (wing wall) در دو طرف یا یک طرف بالکن قرار دارد و با جانپاه صلب یا نرده‌ای ترکیب شده است. این موارد در Case_07 تا Case10 ارائه شده است.
- Case_01 نیز به عنوان نمونه مرجع انتخاب شد که نمونه‌ها در مقایسه با آن مورد سنجش قرار خواهند گرفت.

توضیحات بیشتر پیرامون نمونه‌ها در بخش نمونه‌های موردی در جدول۱ 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 متاثر از ترافیک شهری، آلاینده نیتروژن دی اکسید (NO_2) مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

پیشینه تحقیق

تاکنون تحقیقات مختلفی به نقش ویژگی‌های شکلی ساختمان‌ها بر الگوی جریان هوا و 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 دره‌های خیابانی نامتقارن جهت 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). تانگ و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تاثیر عواملی چون فاصله ساختمان تا منبع آلودگی، جهت 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 ۴/۵ متر و عمق ۱/۵ 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 جهت ساختمان، پارتیشن‌های 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.، 1997: 1-11; Kindangen et al.، 1998: 385-396; 2000: 579-585; Olgyay، Kukreja 1978; Edi Prianto et al.، 2015; 2000: 80-95). پریانتو و همکاران (۲۰۰۲) به بررسی اثر ترکیبی بالکن، تقسیم بندی داخل و طراحی باز بر الگوی جریان هوا داخل ساختمان واقع در طبقه دوم پرداخته‌اند. برای مشاهده الگوی جریان هوا در داخل ساختمان، از ضریب میانگین سرعت در ارتفاع ۱ و ۱/۵ متر برای فعالیت با وضعیت نشسته و ایستاده استفاده کرده‌اند. آن‌ها دریافتند که وجود بالکن برای افزایش حرکت طبیعی هوای داخل خانه مفید می‌باشند (Eddy Prianto & Depecker، 2002: 401-409). مظفری و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی‌های خود دریافتند که بالکن می‌تواند به صورت قابل توجهی الگوی جریان هوا را 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 &

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]

Depecker، 273-280 :2003). این موضوع در پژوهش‌های مختلفی نیز مورد بررسی قرار گرفته است که خلاصه ای از این تحقیقات در جدول۱ ارائه شده است.

جدول۱-بررسی تاثیر بالکن بر غلظت آلاینده، تهویه طبیعی (NV) و کیفیت هوای داخلی (IAQ)

مرجع	هدف	متغیر مستقل	متغیر وابسته	نرم افزار	روش تحقیق	نتیجه‌گیری
(Tao et al.، 2023: 105420)	بررسی جریان های همرفتی در نزدیکی نمای ساختمان دارای بالکن	بالکن	تبادل حرارتی همرفتی اجباری در سطوح نما و بالکن	Ansys Fluent	Numerical	وجود بالکن باعث کاهش میانگین سطح ضریب انتقال حرارت همرفتی نماهای رو به باد و پشت به باد می‌شود.
(Izadyar et al.، 2020: 106847)	تاثیر عمق بالکن و اندازه بازشوها بر روی تهویه طبیعی و آسایش حرارتی	بالکن و بازشو	آسایش حرارتی	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	بالکن و تهویه یک‌طرفه	کیفیت هوای داخلی (IAQ) و آسایش حرارتی	---	---	ترکیب درست بالکن با تهویه طبیعی یک‌طرفه باعث بهبود عملکرد تهویه ساختمان های مسکونی مرتفع می‌شود.
(Omrani et al.، 2017: 504-516)	بررسی نقش بالکن بر روی تهویه طبیعی و آسایش حرارتی ساختمان های مسکونی	بالکن، حالات تهویه و زاویه باد	آسایش حرارتی	Ansys Fluent	Numerical	بالکن در یک ساختمان با تهویه یک‌طرفه باعث بهبود تهویه طبیعی می‌شود ولی در ساختمانی با تهویه متقاطع 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 مشخصا به نقش بالکن بر الگوی انتشار آلودگی در فضا پرداخته‌اند. در این موارد، پراکندگی آلاینده‌ها در فضاهای باز مد نظر قرار گرفته است.
- در پژوهش‌های انجام شده، انتشار آلاینده‌ها 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 وسایل 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 آلاینده ها در محیط داخل مورد بررسی قرار گرفته است.
- در تعدادی از این پژوهش ها تاثیر بالکن بر جریان‌های نزدیک نما و تهویه طبیعی داخل بالکن ها مورد بررسی قرار گرفته است.
- در تعداد بیشتری از تحقیقات، نقش پارامترهای مختلف بالکن بر تهویه طبیعی، کیفیت هوا و 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 آلاینده‌های 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 تونل باد استفاده شده است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]

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

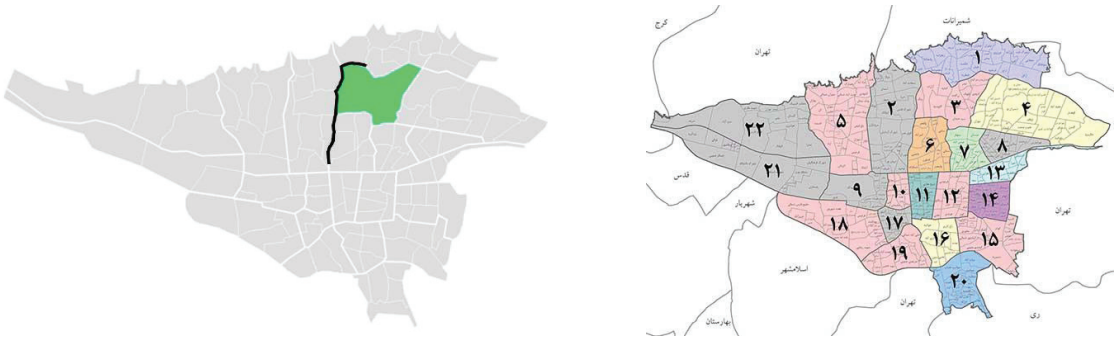
همانگونه که در فوق اشاره شد، در اکثر پژوهش‌های انجام شده، تاثیر بالکن بر الگوی جریان هوا و کیفیت تهویه طبیعی مورد بررسی قرار گرفته است. این در حالی است که کمتر پژوهشی به نقش ویژگی‌های هندسی بالکن بر میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از ترافیک در فضای داخل پرداخته است. لازم به ذکر است در مواردی که تاثیر بالکن 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 نرده‌ای 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 دسته بندی 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، وسایل نقلیه مانند خودروها و موتورسیکلت‌ها، سوخت خانه‌ها و آلودگی حاصل از کارخانه‌ها بر روی آن تاثیر دارد. آلاینده‌های اصلی در هوای تهران مانند اکسیدهای نیتروژون، اکسیدهای گوگرد، مونوکسیدکربن، ترکیبات آلی فرار و ذرات معلق هستند (وب‌سایت‌ویکی‌پدیا۱، ۲۵خرداد۱۴۰۳)که در این پژوهش به آلاینده NO_2 در هوا پرداخته شده است.

کلان شهر تهران شامل ۲۲ منطقه و ۱۱۲ ناحیه شهری می‌باشد (وب‌سایت‌ویکی‌پدیا۱، ۲۵خرداد۱۴۰۳)(تصویر۱. 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 (وب‌سایت‌ویکی‌پدیا۲، ۱۷خرداد۱۴۰۳). بزرگراه مدنظر برای منبع آلودگی بزرگراه شهید چمران می‌باشد (وب‌سایت‌ویکی‌پدیا۱، ۲۵خرداد۱۴۰۳) (تصویر۱. ب). دلیل انتخاب این بزرگراه، فاصله آن تا ساختمان‌های هدف و سنجش ترافیک عبوری خودرو در آن است. نحوه اثرگذاری 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.
- *سنجش 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)



الف. مناطق شهر تهران

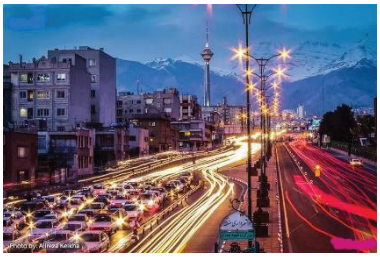
ب. منطقه۳ و بزرگراه شهید چمران

تصویر۱. نقشه شهر تهران (منبع: (وب‌سایت‌ویکی‌پدیا۱، ۲۵خرداد۱۴۰۳))

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]



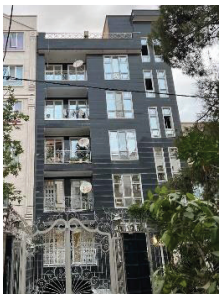


تصویر۲. همجواری ساختمان‌های مسکونی با بزرگراه‌ها در تهران به عنوان منبع تولید آلاینده‌های ناشی از ترافیک خودرو در کلانشهرها
(منبع: (وب‌سایت‌همشهری، ۱۶دی۱۳۹۲)، (وب‌سایت‌افکارنیوز، ۱۲آذر۱۴۰۲) و (وب‌سایت‌کجارو، ۱۸مرداد۱۳۹۵))

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 بالکن‌دار 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 تصویر۳ نشان داده شده است.



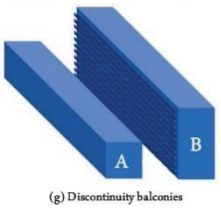

تصویر۳. نمونه‌هایی از بالکن‌های بررسی شده در آپارتمان‌های مسکونی پیرامون بزرگراه شهید چمران

روش تحقیق

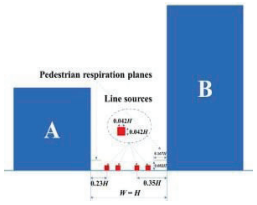
در این مقاله به یکی از ویژگی‌های نما یعنی بالکن در مقابل آلاینده‌های ترافیکی پرداخته شده است. در این تحقیق ابتدا ۱۰ مدل سه بعدی از ساختمان ۵ طبقه دارای بالکن در تمام طبقات بجز طبقه همکف شبیه سازی شده است که تفاوت آن‌ها در بالکن می‌باشد. این تفاوت‌ها در هندسه بالکن، جان‌پناه و دیوار بال در بالکن‌ها مقایسه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

اعتبارسنجی 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 مرجع بدون بالکن و ۶ نمونه موردی با بالکن با در نظر گرفتن مکان قرار گیری بالکن (پشت به باد (LS)[1]، رو به باد (WS)[2] و هر دو طرف (BS)[3]) 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 اعتبارسنجی در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار گرفته است (تصویر۴). 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 10H و H دارای بالکن‌هایی به ابعاد ۱/۵×۶ متر مربع می‌باشد. در خیابان میانی، ۴ ردیف مکعب مستطیل به ابعاد 0.042H×0.042H×10H متر مکعب به عنوان منبع آلودگی در نظر گرفته شده است (تصویر۵). اندازه گیری‌ها در امتداد یک خط عمودی در مجاورت دیوار رو به خیابان و با فواصل ۳ متری از یکدیگر انجام گرفته است (تصویر۶).

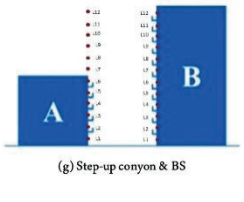
[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]



تصویر۴. مدل g (بالکن ناپیوسته)

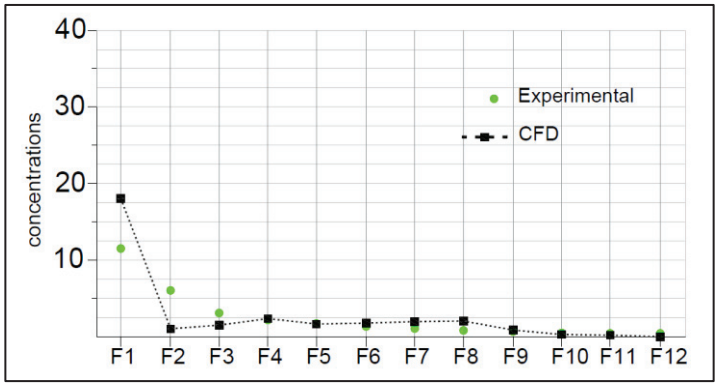


تصویر۵. اندازه‌گیری مدل اعتبارسنجی



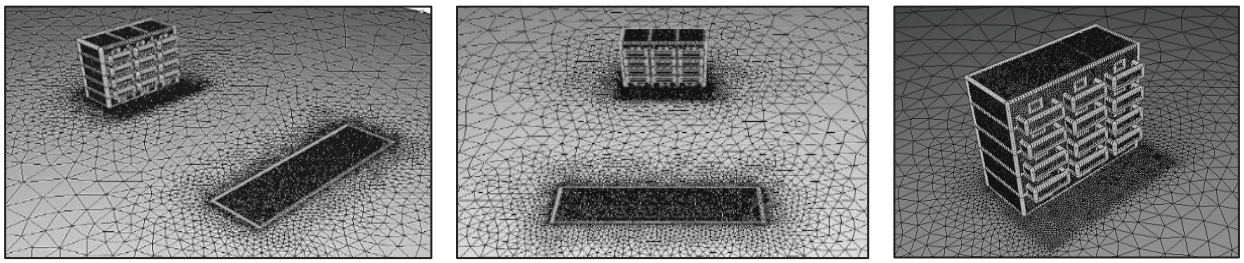
تصویر۶. سه بعدی مدل اعتبارسنجی

در پژوهش اعتبارسنجی از گاز سولفور هگزا فلوراید(SF_6) غلظت 1.506e-05 متر مربع بر ثانیه به عنوان منبع آلودگی استفاده شده است. تصویر۷ نتایج اعتبارسنجی CFD و مدل تجربی در ارتباط با غلظت آلاینده‌ها را نشان می‌دهد. همانگونه که در تصویر مشاهده می‌شود، انطباق تقریبا زیادی بین نتایج CFD و Exp وجود دارد. با توجه به اینکه میانگین خطا برای غلظت آلاینده‌ها، ۶ درصد می‌باشد می‌توان اعتبار نرم افزار مورد استفاده را جهت شبیه سازی نمونه موردی‌های پژوهش حاضر تایید کرد.



تصویر۷. مقایسه نتایج تونل باد و CFD برای اعتبارسنجی CFD

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 ۹۶×۳۷۷/۴×۱۹۷/۶ متر مکعب در نظر گرفته شده است. محاسبات شبیه سازی CFD در فضای داخلی انجام می‌شود که میزان غلظت آلاینده در محیط داخل ساختمان مورد محاسبه قرار می‌گیرد. در شبکه مش، از مش شش وجهی استفاده شده که تعداد سلول‌ها در نمونه های موردی پژوهش بین ۴/۵ تا ۸/۵ میلیون در نوسان است. در تصویر۸ الگوی مش Case_01 نمایش داده شده است.



تصویر۸. 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 آلاینده 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 آلاینده مورد بررسی در نمونه‌های موردی NO_2 می‌باشد، که ضریب انتشار آن 1.54e-05 متر مربع بر ثانیه در بخش جنرال اسکالار وارده شده است.

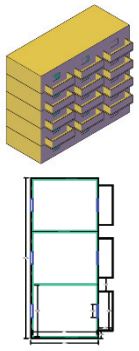
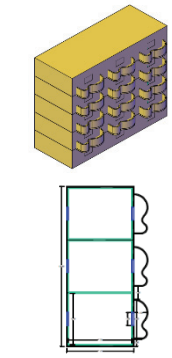
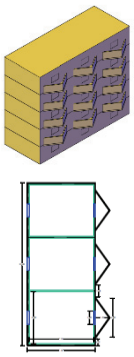
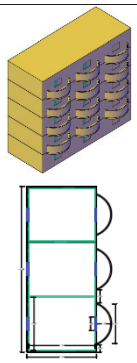
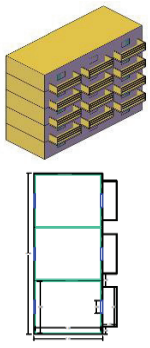
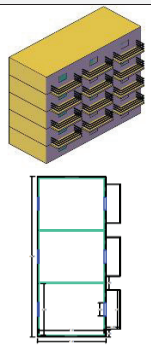
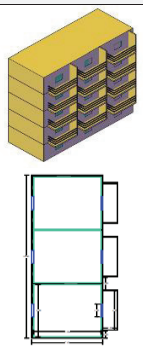
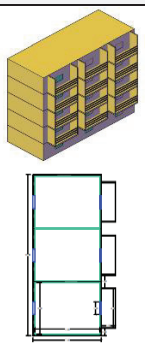
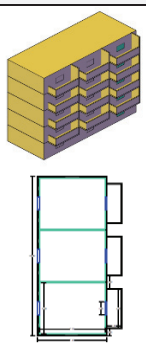
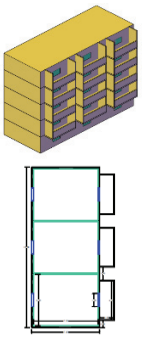
[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]

معرفی نمونه موردی

در این پژوهش ۱۰ نمونه، مورد بررسی قرار گرفته است (جدول۲). نمونه‌های موردی بر روی یک ساختمان ۵ طبقه کاملا مشابه اعمال شده‌اند. تفاوت نمونه‌ها در نوع بالکن از لحاظ هندسه، جان‌پناه و دیوار بال می‌باشد. جدول ۲ ویژگی های بیشتری از این نمونه ها را نمایش می‌دهد.

جدول۲-لیست نمونه موردی ها

				
Case_01	Case_02	Case_03	Case_04	Case_05
نمونه پایه بالکن ۱/۵ در ۴/۵ متر	بالکن منحنی ۱/۵ در ۴/۵ متر	بالکن مثلث ۱/۵ در ۴/۵ متر	بالکن نیم دایره ۱/۵ در ۴/۵ متر	بالکن از یک طرف نرده ۱/۵ در ۴/۵ متر
				
Case_06	Case_07	Case_08	Case_09	Case_10
بالکن از سه طرف نرده ۱/۵ در ۴/۵ متر	بالکن دو طرف دیوار بال و دو طرف نرده ۱/۵ در ۴/۵ متر	بالکن یک طرف دیوار بال و یک طرف نرده ۱/۵ در ۴/۵ متر	بالکن یک طرف دیوار بال ۱/۵ در ۴/۵ متر	بالکن دو طرف دیوار بال 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 جدول۳ 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 اتاق‌های 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 نمونه های 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 ۱/۵۴ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقه چهارم با مقدار ۴۳/۳ درصد مشاهده شده است.

– کمترین غلظت آلاینده در Case_02 در طبقه دوم با مقدار ۰/۰۳ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقه همکف با مقدار ۵۹/۲۲ درصد مشاهده شده است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]

– کمترین غلظت آلاینده در Case_03 در طبقه چهارم با مقدار ۰/۳ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقه سوم با مقدار ۵۹/۱۵ 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 ۶۳/۵۲ 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 ۴۹/۴۵ 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 ۲۹/۶۳ درصد مشاهده شده است.

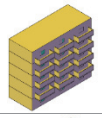
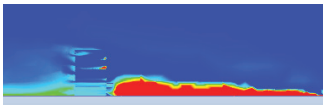
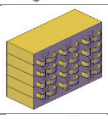
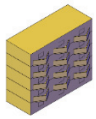
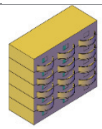
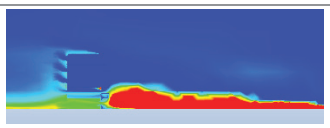
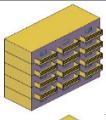
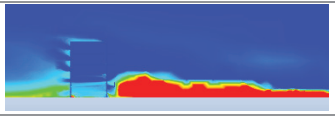
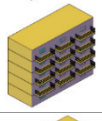
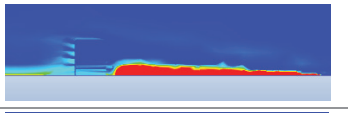
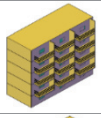
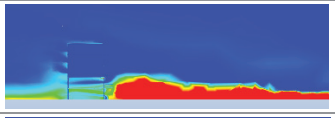
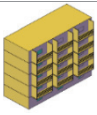
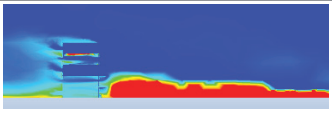
– کمترین غلظت آلاینده در Case_07 در طبقه چهارم با مقدار ۰/۰۱ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقه همکف با مقدار ۴۳/۸۶ درصد مشاهده شده است.

– کمترین غلظت آلاینده در Case_08 در طبقه چهارم با مقدار ۰/۰۴ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقه سوم با مقدار ۷۱/۳۲ 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 ۹۱/۱۶ درصد مشاهده شده است.

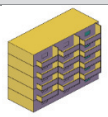
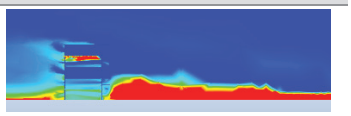
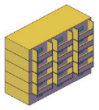
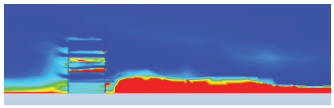
– کمترین غلظت آلاینده در Case_10 در طبقه چهارم با مقدار ۰/۰۶ درصد و بیشترین مقدار آن در طبقات دوم و سوم با مقدار ۱۲۳/۰۴ و ۸۳/۵۲ درصد مشاهده شده است.

جدول۳– 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%	F2	
			Max	۴۳/۳%	F4	
Case_ 02		۸۵/۰۷%	Min	۰/۰۳%	F2	
			Max	۵۹/۲۲%	F0	
Case_ 03		۱۲۹/۸۶%	Min	۰/۳%	F4	
			Max	۵۹/۱۵%	F3	
Case_ 04		۹۵/۱۵%	Min	۰/۰۲%	F2	
			Max	۶۳/۵۲%	F0	
Case_ 05		۶۷/۰۹%	Min	۰/۰۴%	F4	
			Max	۴۹/۴۵%	F0	
Case_ 06		۳۴/۴۸۶%	Min	۰/۰۰۶%	F4	
			Max	۲۹/۶۳%	F0	
Case_07		۷۳/۷۳%	Min	۰/۰۱%	F4	
			Max	۴۳/۸۶%	F0	
Case_ 08		۱۳۵/۱۶%	Min	۰/۰۴%	F4	
			Max	۷۱/۳۲%	F3	

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]

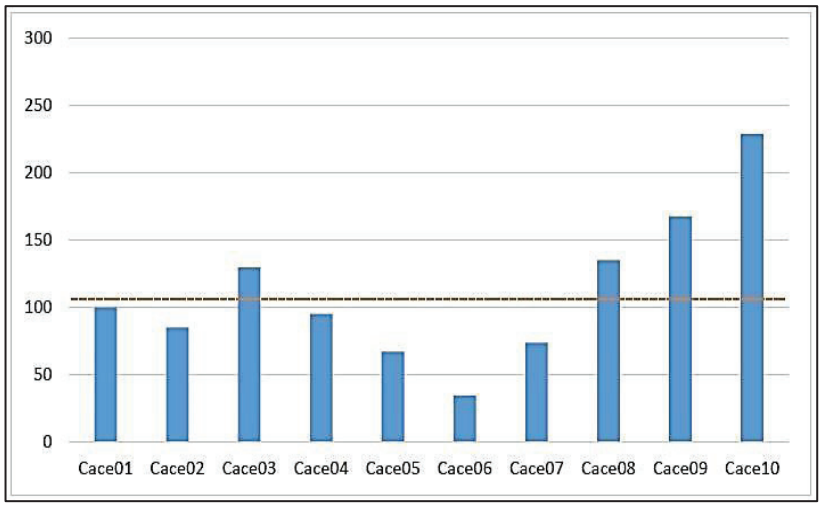
Case_ No.	Form pattern	TOT PCT (%)	Concentration amount (%)		Floor	Concentration Contour
Case_ 09		۱۶۷/۵۷%	Min	۰/۲۲%	F2	
			Max	۹۱/۱۶%	F3	
Case_ 10		۲۲۸/۷%	Min	۰/۰۶%	F4	
			Max	۱۲۳/۰۴% ۸۳/۵۲%	F2 F3	

※ در جدول فوق منظور از TOT PCT (Total percentage)،

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 تصویر۹ 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_07، Case_02 و Case_04 غلظتی کمتر از میزان استاندارد و Case_10، Case_09، Case_08 و Case_03 به ترتیب غلظت بالاتر از میزان استاندارد اشری را نشان می‌دهند.



تصویر۹. میانگین NO_2 غلظت مطالعات موردی در مقایسه با استاندارد اشری

بحث و نتیجه‌گیری

این مقاله با هدف تعیین بهترین مدل هندسه و شکل ساختاری بالکن بر کاهش ورود آلاینده‌های ترافیکی به داخل ساختمان و متقابلا 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 CFD 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 درحالی است که Case_03 با بالکن مثلث شکل باعث افزایش ۲۹/۸۶ درصدی غلظت آلاینده در فضای داخلی ساختمان شده است (جدول۳)

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]

- از نظر جان‌پناه و دیوار بال نتایج نشان داد که بهترین حالت Case_06 می‌باشد. در این نمونه بالکن از هر سه طرف دارای جان‌پناه نرده‌ای است. Case_05، Case_06 و Case_07 به ترتیب باعث کاهش ۳۲/۹۱، ۶۵/۵۱۴ و ۲۶/۲۷ درصد غلظت آلاینده شده‌اند و Case_08، Case_09، Case_10 نیز به ترتیب غلظت آلاینده را به میزان ۳۵/۱۶، ۶۷/۵۷ و ۱۲۸/۷ درصد افزایش داده‌اند(جدول۳).

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 انباشت آلاینده‌ها در فضای داخلی مشاهده شده است. در حالی که با کاهش محصورت در بالکن، میزان انباشت 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.

پی‌نوشت‌ها

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

منابع

- معاونت‌فنی‌وعمرانی‌شهرداری‌تهران. (۱۳۹۶). اطلاعات ترافیکی بزرگراه های تهران.
- وب‌سایت‌افکارنیوز. (۱۲آذر۱۴۰۲).
https://www.afkarnews.com/%D8%A8%D8%AE%D8%B4%D8%A7%D8%AC%D8%AA%D9%85%D8%A7%D8%B9%DB%8C5/1207731%D8%B7%D8%B1%D8%AD%D8%A2%D9%84%D9%88%D8%AF%DA%AF%DB%8C%D9%87%D9%88%D8%A7%D8%A7%D8%B2%D8%AF%D8%B1%D8%A8%D9%85%D9%86%D8%B2%D9%84%D8%AF%D8%B1%D8%AA%D9%87%D8%B1%D8%A7%D9%86%D8%A7%D8%B2%D8%A7%D9%85%D8%B1%D9%88%D8%B2
- وب‌سایت‌کجارو. (۱۸مرداد۱۳۹۵).
https://www.kojaro.com/research-exclusive-articles/121075-where-is-chamran-highway
- وب‌سایت‌همشهری. (۱۶دی۱۳۹۲).
https://www.hamshahrionline.ir/news/244831/%D8%A2%D8%B4%D9%86%D8%A7%DB%8C%DB%8C%D8%A8%D8%A7%D8%A8%D8%B2%D8%B1%DA%AF%D8%B1%D8%A7%D9%87%DA%86%D9%85%D8%B1%D8%A7%D9%86%D8%AA%D9%87%D8%B1%D8%A7%D9%86
- وب‌سایت‌ویکی‌پدیا۱. (۲۵خرداد۱۴۰۳).
https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D9%87%D8%B1%D8%A7%D9%86
- وب‌سایت‌ویکی‌پدیا۲. (۱۷خرداد۱۴۰۳).
https://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%86%D8%A7%D8%B7%D9%82_%D8%B4%D9%87%D8%B1%D8%AF%D8%A7%D8%B1%DB%8C_%D8%AA%D9%87%D8%B1%D8%A7%D9%86

- Aflaki، A.، Mahyuddin، N.، Mahmoud، Z. A.-C.، & Baharum، M. R. (2015). A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates. *Energy and buildings*، *101*، 153-162.
- Almeida-Silva، M.، Canha، N.، Vogado، F.، Baptista، P.، Faria، A.، Faria، T.، . . . Almeida، S. (2020). Assessment of particulate matter levels and sources in a street canyon at Loures، Portugal–a case study of the REMEDIO project. *Atmospheric Pollution Research*، *11*(10)، 1857-1869.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]

- 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: //dio: 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.، Sadathosseini، 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.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]

- 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.، Bonneaud، 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.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]

- 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 CO_2 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.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]

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

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.61186/hafthesar.14.51.25]