تاثیر بالکن بر تهویه طبیعی، آسایش حرارتی و کاهش سرو صدای بیرونی در ساختمان‌های مسکونی

سیدعلی مقدم ضیابری: دانشجوی دکتری، معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری
فاطمه مظفری: استادیار، معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری
A.moghadamz@yahoo.com

چکیده

افزایش مصرف انرژی در ساختمان و اثرات نامطلوب زیست محیطی آن از جمله افزایش انتشار گازهای گلخانه ای از چالش‌های مهم در حوزه ساختمان و انرژی است. استفاده از سیستم‌های غیر فعال در سرمایش ساختمان یکی از راه‌های کاهش بار سرمایشی دستگاه‌های تهویه مطبوع برقی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان می‌باشد. یکی از سیستم‌های غیرفعال استفاده از تهویه طبیعی است. بازشوها و ملحقات آن در نمای ساختمان نقش اصلی و موثری در تهویه طبیعی و جریان هوای داخل ساختمان دارند. این پژوهش در خصوص اثر بخشی بالکن به عنوان یکی از اجزای نمای ساختمان در کاهش مصرف انرژی در ساختمان می‌باشد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که بالکن می‌تواند در بهبود تهویه طبیعی داخلی و کاهش مصرف انرژی تهویه مطبوع نقش موثری داشته باشد. همچنین بالکن در کاهش سر و صدای خارجی ساختمان(چالش متداول در استفاده از تهویه طبیعی) اثرات مطلوبی فراهم می‌کند.

کلید واژگان: بالکن، آسایش حرارتی، تهویه طبیعی، بهره‌وری انرژی، سر و صدای خارجی

۱- مقدمه

انتشار گازهای گلخانه‌ای co2 مربوط به ساختمان‌ها در جهان از سال ۲۰۱۰ تا کنون تقریبا ۱٪ در سال افزایش یافته است. استفاده از زغال و نفت در ساختمان‌ها از آن زمان نسبتا ثابت باقی مانده است، در حالی‌که مصرف گاز طبیعی به طور پیوسته در حدود ۱٪ در سال افزایش یافته است. استفاده جهانی از برق در ساختمان‌ها از سال ۲۰۱۰ به طور متوسط ۲٫۵٪ در سال افزایش یافته و در کشورهای غیر عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه(OECD) تقریبا ۶٪ در سال افزایش یافته است. این رشد از سال ۲۰۱۰ به میزان قابل توجهی سریع‌تر از رشد متوسط سالانه ۰٫۵٪ در میزان شدت co2 در هر کیلووات ساعت برق است.

در دهه‌های اخیر , نیاز فزاینده به سوخت فسیلی و تاثیر نامطلوب آن بر محیط‌زیست و دستیابی به حفاظت از انرژی و کمک به جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست و تغییرات آب و هوایی، در حال تبدیل شدن به یک مساله چالش برانگیز بزرگ برای بسیاری از مردم سراسر جهان است(Chan 2015).

رشد اقتصادی همراه با تغییرات ساختاری به شدت بر مصرف انرژی جهانی تأثیرگذار است. هر قدر یک کشور توسعه یابد و استانداردهای زندگی در آن ارتقاء پیدا کند، تقاضا برای انرژی در آن کشور با سرعت بیشتری افزایش خواهد یافت. برای مثال در کشورهایی که رشد اقتصادی سریع را تجربه کرده اند، دیده شده است که سهم جمعیتی که خواستار خانه‌های بهتر هستند اغلب افزایش یافته است در حالی که این خانه‌ها نیازمند انرژی بیشتری برای ساخت و نگهداری هستند(Agency,2017).

استفاده روزافزون از سیستم‌های تهویه مطبوع برقی جهت سرمایش فضای مسکونی باعث افزایش تقاضای انرژی شده است. اگر چه سعی شده با به کارگیری انرژی بهینه و ساخت تجهیزات با مصرف انرژی کمتر این روند تعدیل گردد (ایران، ۱۳۹۵).

ساختمان‌ها ۴۰ درصد کل انرژی در سراسر جهان را مصرف می‌کنند. آژانس بین المللی انرژی پیش بینی می‌کند که در صورتی که هیچ بهبود بهره‌وری انرژی در بخش ساختمان انجام نشود، مصرف انرژی در سال ۲۰۵۰ ممکن است تا ۵۰ درصد افزایش یابد(Vanaga et al,2018). ساختمان‌های موجود علت اصلی مصرف انرژی بالا در این بخش می‌باشند. با توجه به این امر، بهبود بهره‌وری انرژی ساختمان‌های موجود اهمیت و اولویت دارد تا اثرات زیست محیطی بخش‌های ساختمان را کاهش دهد(Fan and Xia,2018).

در ایران نیز بیشترین مصرف انرژی مربوط به بخش ساختمان می‌شود. حدود ۴۰ درصد انرژی مصرف شده در کشور در بخش ساختمان می‌باشد. نگاهی به آمارها نشان می‌دهد که در بخش ساختمان به تنهایی مصرف انرژی ۲/۵ تا ۴ برابر استانداردهای جهانی گزارش شده است(ایران ۱۳۹۵). در چنین شرایطی پیش‌بینی می‌شود که اگر الگوی مصرف انرژی در بخش مسکونی و تجاری اصلاح نشود و روند فعلی ادامه یابد، علاوه بر تبعات زیست محیطی می‌تواند بحران‌های بسیار جدی در بخش امنیت انرژی و اقتصاد کشور را در پی داشته باشد. در سال‌های اخیر، تلاش مشترک برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در سراسر جهان وجود دارد. کلید ترویج کاهش گازهای گلخانه‌ای کاهش مصرف انرژی است. ساختمان، به عنوان یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان برق، می‌تواند سهم قابل‌توجهی در حفاظت از انرژی و همچنین حذف آلاینده‌ها از طریق طراحی ماهرانه ساختمان داشته باشد(Chan and Chow ,2010).

تهویه طبیعی به عنوان یک استراتژی غیر فعال موثر برای سرمایش و کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که تهویه طبیعی هیچ سوخت فسیلی را مصرف نمی‌کند, می‌تواند میزان انتشار گاز co2 را به طور قابل‌توجهی کاهش دهد در حالی که کیفیت هوای داخلی حفظ می‌شود (Kennedy and Thompson,2011). تهویه طبیعی از دیرباز در ساختمان‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌های سرمایش به کار رفته است. در دوره مدرن رواج سیستم‌های تهویه مطبوع، سبب طراحی ساختمان‌هایی ایزوله گشته و کاربرد تهویه طبیعی را به فراموشی سپرد. در دهه هفتاد شمسی بحران انرژی و بروز مشکلات زیست محیطی دلیلی برای توجه مجدد به منابع انرژی تجدیدپذیر از جمله سرمایش از طریق تهویه طبیعی ایجاد نمود. از طرف دیگر بیماری سندرم ساختمان و مشکلات ایجاد شده در سلامت ساکنان و کاهش کیفیت هوای داخلی که دلیل عمده آن کاربرد سیستم‌های تهویه مطبوع شناخته شد، سبب ایجاد تمایل بیشتر جهت کاربرد تهویه طبیعی گردید(نژاد، ۱۳۹۲).

ثابت شده‌است که تهویه طبیعی به عنوان یک راه‌حل غیر فعال راه‌حل کم‌هزینه و موثری برای تهویه مطبوع است(Liping and Hien,2007). مصرف انرژی ساختمان و تاثیرات منفی محیطی می‌تواند با اجرای تهویه طبیعی کاهش یابد. علاوه بر این، ساکنان ساختمان‌های واقع در مناطق نیمه استوایی تمایل به زندگی در ساختمان‌های دارای تهویه طبیعی دارند و نه در فضاهای دارای تهویه کاملاً مکانیکی(Kennedy and Thompson,2011). در حالی که تهویه طبیعی یک استراتژی خنک‌کننده غیر فعال است، با تکیه بر تهویه طبیعی به عنوان تنها استراتژی خنک‌کننده در آب و هوای با شرایط گرم و مرطوب(دما و رطوبت بالا) در اکثریت مدت سال می‌تواند کاملا نامناسب باشد. با این حال، در آب و هوای معتدل، جایی که بیش از ۶۰ ٪ از سال در محدوده آسایش قرار دارد(درجه‌حرارت ۱۸ تا ۲۸ درجه سانتی گراد) تهویه طبیعی می‌تواند به عنوان یک سیستم خنک‌کننده غیر فعال موثر در نظر گرفته شود(Shah Nazari,2014). علاوه بر شرایط آب و هوایی خارجی به عنوان نیروی محرکه اصلی، ویژگی‌های طراحی معماری نیز نقش مهمی در عملکرد تهویه طبیعی و رفتار جریان هوای داخلی ایفا می‌کنند. پارامترهای طراحی که جریان هوای داخلی را تغییر می‌دهند شامل نوع، اندازه و محل بازشوها، چیدمان داخلی، ارتفاع و جهت نمای ساختمان و الحاقات نمای خارجی از جمله بالکن‌ها هستند(Aflaki et al,2015).

با توجه به تراکم جمعیت و کمبود زمین‌های ساختمانی در کلانشهرها، معمولا ساختمان‌های چندطبقه نزدیک یا حتی در کنار جاده‌های ترافیکی ساخته می‌شوند و از این رو در معرض سر و صدای بیرونی شدید قرار دارند. توانایی راه‌حل‌های موجودحفاظت از صدا، مانند موانع صوتی، برای محافظت از یک ساختمان کنار جاده، در برابر سر و صدای ترافیکی محدود است(Kang, Kim, and Park,2004). بر این اساس یکی از مسائل متداول در تهویه طبیعی، ناراحتی ناشی از سر و صدای خارج ساختمان و اختلال در خواب ساکنین می‌باشد.

این مطالعه به مرور و جمع‌بندی پژوهش‌های انجام شده در خصوص اثر بخشی طراحی و اجرای بالکن در ساختمان‌های مسکونی در جهت بهبود تهویه طبیعی، آسایش اقلیمی و کم کردن سر و صداهای خارجی می‌پردازد. در این مقاله بررسی می‌شود که آیا بالکن نقش موثری در افزایش میزان تهویه طبیعی در داخل ساختمان و کم شدن میزان استفاده از تهویه مکانیکی دارد؟ آیا تدارک بالکن در نمای ساختمان تاثیری بر آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی در داخل ساختمان دارد؟ آیا طراحی و اجرای بالکن در نمای ساختمان نقشی در کم کردن سر و صدای بیرونی در زمان استفاده از تهویه طبیعی خواهد داشت؟

۲- بالکن

بالکن‌ها سکوهایی هستند که از نمای ساختمان بیرون آمده و معمولا در زیر پنجره‌ها یا درها قرار می‌گیرد و توسط نرده‌هایی محافظت می‌شود(Brett,2012). فضاهای باز خصوصی مثل بالکن‌ها به عنوان یکی از مطلوب‌ترین ویژگی‌ها تلقی می‌شوند که می‌تواند برای طیف متفاوتی از فعالیت‌ها مورد استفاده قرار گیرد(Kennedy and Thompson,2011). علاوه بر آن بالکن نمونه‌ای از بیرون زدگی‌هایی است که بر الگوی جریان هوای داخل و خارج ساختمان تأثیر می‌گذارد و اگر به درستی اعمال شود، می‌تواند با بهینه‌سازی وزش باد موجود، تهویه داخلی را بهبود بخشد(Papamanolis,2004). تهویه طبیعی و بالکن‌ها دو مورد از مطلوب‌ترین ویژگی‌های یک فضای زندگی مطلوب در مناطق نیمه استوایی است(Omrani et al,2017) (.Buys et al,2008)

بالکن، به عنوان یک ویژگی معماری ساختمان، به طور گسترده‌ای در گستره‌ای از مناطق جغرافیایی، به ویژه در مناطق دارای شرایط آب و هوایی ملایم و گرمسیری مورد استفاده قرار گرفته است. هدف اصلی وجود بالکن این است که ساکنان دسترسی راحت به محیط خارجی داشته باشند. با این حال، سطح آن و کف آن تأثیر قابل توجهی بر رفتار محیطی ساختمان، از لحاظ عواملی مانند تهویه طبیعی، آسایش حرارتی، آلودگی ترافیک و سایه و نور روز دارد(Papamanolis,2004). در سال‌های اخیر، تمایل زیادی وجود دارد که بالکن در اتاق نشیمن آپارتمان مسکونی در بخش مسکن خصوصی طراحی و ساخته شود. تعدادی از مزایای استفاده از یک بالکن در مقایسه با یک پنجره سنتی دستیابی به یک نمای پانوراما، فضای کشت گیاهان، افزایش تهویه طبیعی(با بزرگ شدن اندازه بازشو پنجره) می‌باشد(Chan,2015).

۳- اثر بالکن بر تهویه طبیعی

پرینتو و دبکر(Prianto and Depecker2002,2003) مطالعاتی بر روی تاثیر بالکن‌ها بر جریان هوا در داخل ساختمان‌های کم ارتفاع انجام دادند. این مطالعات نشان داد که بالکن‌ها تاثیر قابل‌توجهی بر حرکت هوای داخلی دارند و منجر به افزایش سرعت هوای داخلی خواهند شد.

در این مطالعه نتایج حاصل از بررسی اثر ترکیبی بالکن، طراحی باز و تقسیم داخلی پلان بر روی الگوی جریان هوای داخل محیط زندگی واقع در طبقه دوم ساختمان دو طبقه بررسی شد و آن‌ها دریافتند که هم بالکن‌ها و هم بازشوها نقش مهمی در تغییر سرعت هوای داخلی و شرایط آسایش حرارتی ایفا می‌کنند و برای افزایش سرعت هوا در داخل ساختمان، از اصل " اثر ونتوری" با استفاده از یک دهانه بازشو کوچکتر می‌تواند در طراحی خانه استفاده شود.

تعدادی از محققان مطالعه کرده‌اند که الگوی جریان هوا در داخل ساختمان نه تنها توسط موقعیت بازشوکنترل می‌شود بلکه با آرایش و نوع بازشو قابل تنظیم است و با استفاده از دهانه بازشو سایز کوچک‌تر، اثر ونتوری رخ می‌دهد و حداکثر سرعت هوا در داخل ساختمان تامین می شود(Kukreja,1978).

از نقطه نظر تهویه طبیعی، اضافه شدن بالکن، توزیع فشار بر روی نمای ساختمان را تغییر می‌دهد و در نتیجه بر نیروهای تهویه تاثیر می‌گذارد(Chand, Bhargava, and Krishak,1998). چاند و همکاران یک آزمایش تونل بادبر روی یک ساختمان پنج طبقه با بالکن برای مطالعه این اثر اجرا کردند. نتایج آن‌ها تغییر در توزیع فشار در سمت بادگیر را نشان داد و هیچ تغییر قابل‌توجهی در طرف پشت به باد وجود نداشت. در حالی که مطالعه چاند و همکاران(Ai, Mak, Niu, Li, et al2011) بر توزیع فشار بر روی نمای یک مدل موردی بدون بازشو متمرکز بود. این مطالعه نشان داد که بالکن، به عنوان یک عنصر معماری، با تغییر چشمگیر جریان هوا در داخل و اطراف ساختمانها به بهبود عملکرد تهویه طبیعی کمک می کند؛ با این حال، برای تمام موقعیت‌های اتاق در یک ساختمان موثر نیست.

مظفری و همکاران(Ghadikolaei, Ossen, and Mohamed,2013) در بررسی مطالعات انجام شده قبلی به این نتیجه دست یافتند که بالکن می‌تواند به طور قابل توجهی الگوی جریان هوا داخل و خارج از ساختمان را تغییر دهد و به عنوان یک ویژگی معماری برای بهبود عملکرد تهویه طبیعی در ساختمان مورد استفاده قرار گیرد. در حالی که ترکیب بالکن‌ها برای همه شرایط باد و موقعیت‌های اتاق در یک ساختمان موثر نیست و باید بیشتر در ساختمان مورد توجه قرار گیرد و مهم است که اطمینان حاصل شود که مزایای آن با طراحی و جهت گیری مناسب بهینه می‌شود.

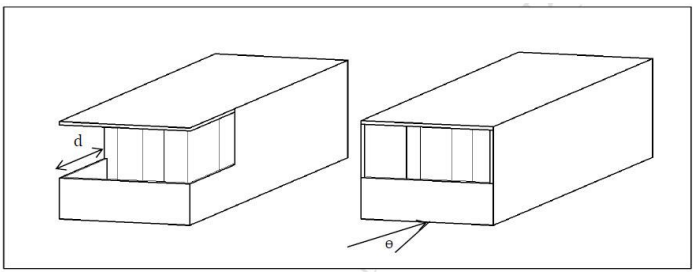
عمرانی و همکاران(Omrani et al,2015) پژوهشی بر روی اثر طراحی و تدارک بالکن‌ها در ساختمان‌های مسکونی بلند در آب و هوای نیمه استوایی با استفاده از روش CFD[1] به انجام رساندند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که اجرای بالکن نیمه محصور شده در ساختمان‌های مسکونی بلند می‌تواند عملکرد تهویه را در باد با زاویه صفر درجه افزایش دهد.

آن‌ها(Omrani et al,2017) مطالعات خودرا بر روی اثر تدارک بالکن در تهویه طبیعی و آسایش حرارتی در ساختمان‌های بلند توسعه دادند. مطالعات موردی مختلفی براساس دو تیپ بالکن، چهار عمق بالکن، دو حالت تهویه و چهار زاویه باد فرموله شدند. میانگین سرعت ومجموعه تنظیمات به عنوان معیار مورد استفاده قرار گرفتند و نتایج زیر به دست آمدند :

- به طور خلاصه، اضافه کردن یک بالکن نیمه محصور باعث کاهش سرعت متوسط داخلی می‌شود، در حالی‌که ارائه یک بالکن باز می‌تواند در بیشتر موارد عملکرد تهویه را بهبود بخشد. بالکن باز می‌تواند سرعت متوسط را به طور قابل توجهی(تا ۶ برابر) برای ناکافی‌ترین جهت باد-(۹۰ درجه) بهبود دهد. یک بالکن باز در مقایسه با بالکن نیمه محصور باعث افزایش سرعت داخلی می‌شود و با تهویه از طریق بالکن باز، تهویه طبیعی یک طرفه می‌تواند تا ۸۰٪ بهبود یابد.

---

[1] Computational Fluid Dynamics (CFD)مخفف عبارت شبیه سازی دینامیک سیالات برای محاسبه دما، سرعت، جهت و سایر خصوصیات سیال هوا در دامنه سه بعدی ساختمان به کار می رود.



تصویر ۱ : انواع بالکن : بالکن باز سمت چپ و بالکن نیمه محصور سمت راست (Omrani et al,2017)

نتایج همچنین اهمیت جهت گیری ساختمان در عملکرد تهویه یکطرفه را برجسته می‌کند، با وجود بهبود بالقوه تهویه طبیعی در تهویه یک طرفه با افزودن یک بالکن باز، موارد تهویه دوطرفه هم به طور قابل توجهی(حداقل دو برابر) از موارد تهویه یک طرفه بهتر عمل می‌کند.

افزایش عمق بالکن منجر به کاهش سرعت هوا می‌شود. در میان جهت‌های باد مورد آزمایش، بیشترین سرعت هوای داخلی در زمانی است که باد عمود بر بازشوها است، و کمترین سرعت زمانی است که باد غالب موازی با بازشوها می‌باشد. این نشان دهنده اهمیت جهت ساختن ساختمان به سمت جهت باد غالب برای بهبود تهویه طبیعی است.

تجزیه و تحلیل‌های حساسیت نشان داد که در میان زاویه باد، عمق بالکن و نوع بالکن، هر دوحالت تهویه یکطرفه و دوطرفه نسبت به تغییر جهت باد بسیار حساس هستند. همچنین مشخص شد که تاثیر تغییر پارامترهای مورد بررسی در عملکرد تهویه طبیعی در تهویه تک جانبه(۳۰۰ ٪ به طور متوسط) بسیار بیشتر در مقایسه با تهویه دو طرفه(۵۰ ٪ به طور متوسط) است. این موضوع بر اهمیت طراحی مناسب در مورد تهویه یک طرفه تاکید می‌کند.

مقایسه تهویه یک طرفه و دو طرفه تحت شرایط مشابه، عملکرد تهویه طبیعی بسیار بهتری را در مورد تهویه دوطرفه نشان می‌دهد. با این حال، تحلیل پارامترهای مختلف نشان می‌دهد که تهویه یک طرفه نسبت به تغییر پارامترها در مقایسه با تهویه دوطرفه بسیار حساس‌تر است. بنابراین، با در نظر گرفتن عملکرد کم‌تر سیستم تهویه یک طرفه، توجه بیشتری به طراحی آن برای تضمین کارایی تهویه داده می‌شود. از آنجا که پیاده‌سازی سیستم تهویه دوطرفه همیشه ممکن نیست، به خصوص در مناطق متراکم شهری، یافته‌های این مطالعه راه‌حل‌هایی برای بهبود طراحی تهویه یک طرفه از طریق انتخاب مناسب بالکن فراهم می‌کند(Omrani et al,2017).

۴- اثر بالکن برآسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی

تاثیر بالکن‌ها بر آسایش حرارتی و تهویه طبیعی در ساختمان‌های با ارتفاع کم توسط آی و همکاران(Ai, Mak, Niu, and Li,2011). از طریق مدلسازی CFDو مدل [۱] PMV-PPD مورد بررسی قرار گرفت. اثر یک بالکن بر آسایش حرارتی برای ساختمان‌های دارای تهویه طبیعی در مناطق مرطوب گرمسیری بررسی شد. نتایج نشان می‌دهند که گرچه یک بالکن سرعت میانگین داخلی را برای اغلب اتاق‌ها کاهش می‌دهد، و به نوبه خود مقدار PMVnv را در هر دو حالت نشسته و ایستادن افزایش می‌دهد، اما سطح آسایش حرارتی داخلی را تغییر نمی‌دهد. با این حال، وجود بالکن، آسایش را با افزایش یکنواختی توزیع هوای داخلی بهبود می‌بخشد. و این امکان را مهیا می‌سازد تا دامنه آسایش حرارتی بیشتری برای ساختمان‌های دارای تهویه طبیعی فراهم شود.

علاوه بر تاثیر محیط حرارتی، کیم و کیم(Kim and Kim,2010) تاثیر حذف بالکن بر نور سالم روز را در برخی از آپارتمان‌های مسکونی کره‌جنوبی ارزیابی کردند. در شرایطی که بالکن(که به عنوان یک تاق نما عمل می‌کرد) حذف شد، مانع مسدود کردن نور شدید و بیش از اندازه خورشید حذف شد که منجر به مشکل تابش آزاردهنده و نفوذ اشعه ماورا بنفش گردید. از این رو، پس از حذف بالکن برای بدست آمدن درجه‌ای از راحتی بصری، شیشه‌های دیگری با درجه عبور کمتر نور برای پنجره‌ها باید به کار گرفته شود.

از آنجا که مقدار قابل‌توجهی انرژی مصرف‌شده و گازهای آلاینده تولید شده در طول فرآیند تولید و اجرای یک بالکن وجود دارد، بررسی عملکرد انرژی و زیست‌محیطی آپارتمان‌های مسکونی که در آن‌ها بالکن اجرا می‌گردد در طبقات مختلف بسیار حیاتی است. در یک مطالعه طبقه مناسب ساختمان مسکونی که بالکن باید در آن گنجانده شوند بررسی گردید. یک ساختمان مسکونی ۲۱ طبقه با استفاده از نرم افزار انرژی پلاس مدل‌سازی شد. شبیه سازی انرژی و ارزیابی کارایی انرژی واحدهای مسکونی با و بدون بالکن در اتاق نشیمن در طبقات مختلف و با چهار جهت مختلف صورت پذیرفت. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که برای یک آپارتمان رو به غرب، تنها آپارتمان‌های روی طبقات ۱۵ الی ۲۰ ام می‌توانند دوره‌های بازپرداخت قابل قبول را از دوره ۴۰,۷تا ۵۸,۳ سال، یعنی در طول عمر(۶۰ سال) ساختمان، ارائه نماید. و در سایر جهات و طبقات ساختمان دوره بازپرداخت سرمایه قابل قبولی ندارد.

یک بالکن طبقه بالا می‌تواند به عنوان یک سایبان نمایی عمل کند و سایه خورشیدی را برای یک واحد آپارتمان در طبقه زیرین فراهم کند تا گرمای خورشیدی و همچنین مصرف انرژی تهویه مطبوع را کاهش دهد(Chan,2015).

سانگ و چوی(Song and Choi,2012) مطالعاتی در مورد تاثیر بالکن بر دمای فضای داخلی و نیاز به گرمایش و سرمایش ساختمان‌های مسکونی در کره جنوبی با اندازه‌گیری و شبیه‌سازی میدانی انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که دمای داخلی یک اتاق نشیمن بدون بالکن ۰,۸ سانتیگراد کم‌تر از یک اتاق دارای بالکن در فصل زمستان بود. علاوه بر این بارهای گرمایش و خنک کننده فضای اتاق نشیمن به ترتیب ۳۹ درصد و ۲۲ درصد بیشتر از یک آپارتمان با بالکن بود. این تجزیه و تحلیل نشان داد که حذف بالکن سبب افزایش مصرف انرژی در ساختمان شده‌است.

---

[۱] مدل PMV/PPD توسط p.o. Fanger با استفاده از معادلات تعادل گرمایی و مطالعات تجربی در خصوص دمای پوست برای تعریف آسایش ساخته شد که یکی از مدل های توسعه یافته سنجش آسایش حرارتی است .

با این حال، ساخت بالکن برای آپارتمان‌های مسکونی واقع در طبقه پایین ساختمان، به دلیل سطح بالای سر و صدا و کیفیت پایین تهویه هوا مخصوصاً هنگامی که ساختمان مسکونی در یک منطقه شلوغ ترافیکی واقع شده‌است توصیه نمی‌گردد. یک مثال در تصویر ۲ ارائه شده‌است، عکسی از یک ساختمان مسکونی با بالکن‌های در کنار اتاق‌های نشیمن برخی از آپارتمان‌هایی که در طبقات بالای آن ساخته شده‌اند را نشان می‌دهد. علاوه بر این، امنیت یک نگرانی عمده دیگر برای بالکن آپارتمان‌های مسکونی در طبقات پایین‌تر است (Chan,2015).

در مطالعه دیگری، یک آپارتمان مسکونی معمولی با بالکن که در اتاق نشیمن ساخته شده‌بود در هنگ‌کنگ مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده شد که آپارتمان‌های مسکونی با جهت گیری‌های مختلف می‌توانند صرفه جویی انرژی قابل‌ملاحظه‌ای را در سیستم تهویه مطبوع به خاطر اثر سایه بالکن، ارایه دهند.

تصویر ۲ : یک برج مسکونی که بالکن‌ها فقط در بعضی طبقات بالایی ساخته شده‌اند(Chan,2015)

در ساختمان با جهت جنوب غربی مشرف به بالکن و پنجره شیشه‌ای شفاف، بالاترین درصد صرفه‌جویی در مصرف سالانه را(۱۲ / ۳درصد) به ثبت رساند. در دوره بازگشت هزینه، مقادیر به ترتیب ۲۵,۹ سال(براساس هزینه ساخت اضافه یک بالکن) و بیش از ۱۰۰ سال(براساس هزینه خرید بیشتر برای آپارتمان) تخمین زده شدند(Chan and Chow,2010).

رئیسی و طاهری(Raeissi and Taheri,1998) بعد بهینه بیرون زدگی از نما را برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی در سیستم تهویه مطبوع بررسی کرده بودند، از جمله عرض، امتداد جانبی و فاصله دهانه. نتایج نشان داد که تحت شرایط آب و هوایی ایران، بار وارده بر سیستم خنک‌کننده در فصل تابستان از طریق سایه ایجاد شده از برآمدگی نما تقریبا ۱۲,۷ ٪ کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، افزایش قابل‌توجه(۰,۶ ٪) در تقاضای گرمایش زمستانی وجود داشت.

یو و همکاران(Yu, Yang, and Tian,2008) یافته‌های مشابهی را از مطالعه بر روی ساختمان مسکونی در چین داشتند. با استفاده از سایه پوش کردن نمای ساختمان ناشی از برآمدگی‌های نما در اتاق نشیمن یک آپارتمان مسکونی، مصرف برق تهویه مطبوع در تابستان به میزان ۷,۹۹ ٪ کاهش یافت در حالیکه تقاضای گرمایشی ۲,۸۳ ٪ افزایش یافت.

هیلیاهو و همکاران(Hilliaho, Mäkitalo, and Lahdensivu,2015) مطالعه‌ای بر تاثیر انواع بالکن‌های شیشه‌ای بر مصرف انرژی ساختمان‌ها در شرایط آب و هوایی شمالی(فنلاند) انجام دادند. مطالعات آن‌ها نشان داد که شیشه بالکن یک جداره با حفره‌های ورود هوا و شیشه‌های قابل باز شدن گزینه خوبی برای بالکن‌ها خصوصا در شرایطی مانند فنلاند می‌باشد. مناسب‌ترین گزینه برای شیشه بند کردن بالکن‌ها، ساختمان‌های قدیمی با بالکن‌های چند طبقه هستند که تامین هوای خود را از طریق یک فضای شیشه‌ای به دست می‌آورند.

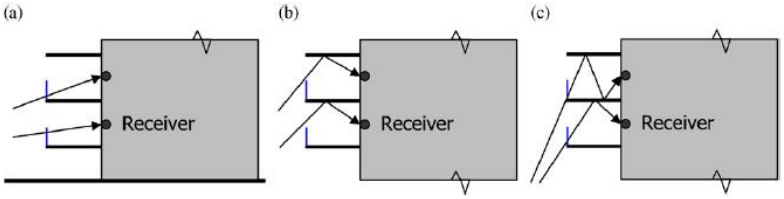
۵- اثر بالکن درکاهش سر و صدای بیرونی

یکی از مسائل متداول در استفاده از تهویه طبیعی، ناراحتی ناشی از سرو صدای بیرونی است خصوصا آن‌که آپارتمان مسکونی در کنار یک خیابان ترافیکی واقع شده باشد. مطالعات متعددی در این زمینه و روش‌های کاهش این سرو صدا انجام شده است بخشی از این مطالعات بر روی تاثیر طراحی و تدارک بالکن در نمای ساختمان می‌باشد.

مطالعات نشان داده است بالکن‌ها تاثیرات غربالگری صوتی را در ساختمان‌های مسکونی فراهم می‌کنند(Mohsen and Oldham,2015; Wang et al,1977). حتی با در بالکن باز شده برای تهویه طبیعی نیز این اثر وجود دارد. با این حال، مشاهده شده که اثر غربالگری یک بالکن به دلیل انعکاس صوتی سقف کم شده‌است(Cheng, Ng, and Fung۲۰۱۵Wang et al,2000).

پژوهش‌های متعددی توسط محققین مختلف بر روی جنبه‌های مختلف عملکرد بالکن در جنبه غربالگری صوتی در ساختمان انجام شده‌است. از جمله حسام الدین و ولزین(El Dien and Woloszyn,2004) تاثیر پیکربندی‌های مختلف بالکن را بررسی کردند، مواردی مانند طراحی سقف با زوایای متفاوت(۰, ۱۵ و ۳۰ درجه) و عمق بالکن، در عملکرد صوتی نمای ساختمان بلند را با استفاده از یک مدل ردیابی هرم به انجام رساندند. نتایج نشان داد که حداکثر کاهش در سطح صدا در طبقات بالاتر ساختمان و در عمق بالکن ۲متر و بیشتر و زاویه ۳۰ درجه به دست آمده‌است.

اثرات طراحی بالکن بر کاهش سرو صدای خارجی با اندازه‌گیری نویز ترافیک در مجتمع آپارتمانی کنار جاده و همچنین ویژگی‌های میدان صدا در منطقه‌ای که توسط چهار ساختمان مسکونی احاطه شده‌است توسط لی و همکاران(Lee et al,2007)بررسی شد. مشخص شد که دیوارهای کوتاه جان پناه در کاهش صداهای خارجی به مراتب موثرتر از سایه‌بان‌ها(نعل‌درگاه ها) است. براساس اندازه‌گیری‌های جان‌پناه‌های مورد استفاده برای این مطالعه و ماده جاذب به کار رفته در آن در مدل مقیاس، حداکثر کاهش نویز ۲۳ دسیبل به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که این روش کاهش نویزهای خارجی می‌تواند در ساختمان‌های بلند مفید باشد. این اثر در طبقات پایین و بالای ساختمان قابل توجه بوده و در طبقات وسط نقشی ندارد. زیرا جان‌پناه نمی‌تواند راه را برای صدا بازتاب شده از سقف در طبقه وسط ساختمان مسدود کند. زیرا صدای بازتاب شده از سقف نمی تواند از بالکن فرار کند(تصویر ۳) مطالعه مشابهی توسط کیم و کیم(Kim and Kim,2007) انجام شد و نتایج مشابهی به همراه داشت.



تصویر ۳ :عملکرد صوتی دیوارهای جان‌پناه در طبقات مختلف ساختمان (a): طبقات پایین (b): طبقات وسط (c): طبقات بالا (Lee et al,2007)

در پژوهشی دیگر نایش و همکاران(Naish, Tan, and Demirbilek,2012,2014) طراحی آکوستیک در بهبود رفتار صوتی بالکن را مورد بررسی قرار دادند. انواع مختلف بالکن با رفتارهای متفاوت صوتی ارزیابی شدند. آن‌ها همچنین کار تحقیقاتی خود را برای طراحی آکوستیک به منظور برآورد کاهش بالقوه در آزار صوتی و اختلال خواب ناشی از طراحی و اجرای بالکن در ساختمان‌های مسکونی که در نزدیکی سر و صدای ترافیک خیابان‌ها واقع شده‌است، توسعه دادند. آن‌ها دریافتند که طراحی آکوستیک بالکن(استفاده از مواد جاذب صوت در بالکن) می‌تواند گزینه مناسبی برای کاهش هزینه‌های مربوط به سلامت ناشی از سرو صدای ترافیک جاده‌ای باشد.

در تلاش های مداوم برای بهبود عملکرد صوتی بالکن‌ها، مطالعات متعددی بر روی فرم‌های مختلف بالکن صورت گرفته است(Tang,2005). به طور خاص، بهبود این موضوع از طریق استفاده از مصالح جاذب صوتی در سقف بسیار مؤثر بوده است(Hothersall, Horoshenkov, and Mercy,1996). با این حال، به دلیل انباشت گرد و غبار و باکتری، خطر آتش سوزی، و همچنین تحریک سیستم تنفس انسان به فیبر مواد متخلخل، مواد جاذب موجود برای استفاده طولانی مدت در عمل مناسب نیست. علاوه بر این، با استفاده از مواد جذبی موجود، بالکن‌ها برای جذب فرکانس پایین ضعیف به نظر می‌رسد(Wang et al. 2015).

وانگ و همکاران(Wang et al,2015) یک روش جدید برای رفع مشکل انعکاس صوتی از سقف بالکن را پیشنهاد دادند. آن‌ها اجرای سقف بالکن با مصالح دارای مقاومت سطحی ناهمگن را آزمایش نمودند. نتایج تحقیقات نشان داد بالکن با چنین نوع سقفی، بهبود قابل‌توجهی در حفاظت از سروصدای بیرونی در مقایسه با یک بالکن با سقف صلب ایجاد می‌کند.

۶- نتیجه‌گیری

با بررسی تحقیقات انجام شده آنچه قطعی به نظر می‌رسد آن است که طراحی و اجرای بالکن در ساختمان، جریان هوا در داخل و اطراف ساختمان و توزیع فشار باد در نمای ساختمان را تغییر می‌دهد و می‌تواند با درنظر گرفتن شاخص‌های موثر در موقعیت و شکل طراحی بالکن در بهبود تهویه طبیعی داخلی نقش موثری ایفا کند. میزان تاثیر در خصوص ساختمان‌های بلند، متوسط و کوتاه و همچنین سایر شاخص‌های موثر مانند نوع بالکن(باز – نیمه محصور) و عمق آن، زاویه وزش باد و حالت تهویه(یک طرفه– دوطرفه) متغیر است. تاثیر شاخص‌ها در تهویه یک طرفه بیشتر است. لذا دقت در طراحی ساختمان و جهت‌گیری آن جهت استفاده موثر از تهویه طبیعی بسیار حائز اهمیت است.

علاوه بر این بالکن با افزایش یکنواختی توزیع هوای داخلی آسایش حرارتی را بهبود می‌دهد. و به عنوان یک سایه‌بان نمایی عمل کرده، ضمن جلوگیری از تابش آزاردهنده خورشید، سایه خورشید را برای واحد طبقه زیرین خود فراهم می‌کند و گرمای خورشیدی و مصرف انرژی جهت تهویه مطبوع را کاهش می‌دهد. ولی با توجه به انرژی مصرف شده در فرآیند تولید و اجرای بالکن، بررسی عملکرد انرژی آن صرفا در برخی از طبقات بالای ساختمان‌های بلند مرتبه دوره بازگشت سرمایه قابل قبولی را ارائه می‌نماید.

همچنین بالکن‌ها اثرات مطلوبی در کاهش سر و صدای خارجی در ساختمان‌های مسکونی فراهم می‌کنند ولی تایید شده که اثر غربالگری صوتی یک بالکن به دلیل انعکاس صوتی سقف کم شده‌است. نتایج تحقیقات نشان میدهد با افزایش عمق بالکن، استفاده از دیواره‌های جان‌پناه به جای نرده، استفاده از مصالح جاذب صوت و به کارگیری مصالح دارای مقاومت سطحی ناهمگن در سقف بالکن این مشکل به حداقل خواهد رسید.

منابع:

1- Aflaki, Ardalan, Norhayati Mahyuddin, Zakaria Al-Cheikh Mahmoud, and Mohamad Rizal Baharum. 2015. 'A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates', *Energy and Buildings*, 101: 62-153.
2- Agency, International Energy. 2017. 'World Energy Outlook '. http://www.iea.org./
3- Ai, ZT, CM Mak, JL Niu, and ZR Li. 2011. 'Effect of balconies on thermal comfort in wind-induced, naturally ventilated low-rise buildings', *Building Services Engineering Research and Technology*, 32:92-277.
4- Ai, ZT, CM Mak, JL Niu, ZR Li, and Q Zhou. 2011. 'The effect of balconies on ventilation performance of low-rise buildings', *Indoor and Built Environment*, 20:60-649.
5- Brett, Peter. 2012. *Illustrated Dictionary of Building* (Routledge).
6- Buys, L, J Summerville, L Bell, and R Kennedy. 2008. ',,Exploring the Social Impacts of High-Density Living: Considering the Residents‟ Perspective.‟ In', *Proceedings of Subtropical Cities 2008: From fault-lines to sight-lines Subtropical urbanism in 20-20,3-6 September 2008*.
7- Chan, ALS. 2015. 'Investigation on the appropriate floor level of residential building for installing balcony, from a view point of energy and environmental performance. A case study in subtropical Hong Kong', *Energy*, 85:34-620.
8- Chan, ALS, and Tin Tai Chow. 2010. 'Investigation on energy performance and energy payback period of application of balcony for residential apartment in Hong Kong', *Energy and Buildings*, 42:05-2400.
9- Chand, Ishwar, PK Bhargava, and NLV Krishak. 1998. 'Effect of balconies on ventilation inducing aeromotive force on low-rise buildings', *Building and Environment*, 33:96-385.
10- Cheng, WF, CF Ng, and KC Fung. 2000. 'The theoretical model to optimize noise barrier performance at the window of a high-rise building', *Journal of sound and vibration*, 238:63-51.
11- El Dien, H Hossam, and Philippe Woloszyn. 2004. 'Prediction of the sound field into high-rise building facades due to its balcony ceiling form', *Applied Acoustics*,65:40-431.
12- Fan, Yuling, and Xiaohua Xia. 2018. 'Energy-efficiency building retrofit planning for green building compliance', *Building and Environment*,136:21-312.
13- Ghadikolaei, Fatemeh Mozaffari, Dilshan Remaz Ossen, and Mohd Farid Mohamed. 2013. 'A review of the effects of balcony on indoor ventilation performance', Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences,15:45-639.
14- Hilliaho, Kimmo, Eerik Mäkitalo, and Jukka Lahdensivu. 2015. 'Energy saving potential of glazed space: Sensitivity analysis', *Energy and Buildings*,99:97-87.
15- Hothersall, DC, KV Horoshenkov, and SE Mercy. 1996. 'Numerical modelling of the sound field near a tall building with balconies near a road', Journal of sound and vibration,198:15-507.
16- Kang, Dae-Joon, JM Kim, and JC Park. 2004" .Road traffic noise status and prediction." In Proceedings of the Korean *Society for Noise and Vibration Engineering Conference*. The Korean Society for Noise and Vibration Engineering.
17- Kennedy, Rosemary J, and Shane Thompson. 2011. 'The subtropical residential tower: an investigation by Design Charrette', Council on Tall Buildings and Urban Habitat Journal,4:29-24.
18- Kim, Gon, and Jeong Tai Kim. 2010. 'Healthy-daylighting design for the living environment in apartments in Korea', Building and Environment,45:94-287.
19- Kim, Myung-Jun, and Ha-Geun Kim. 2007. 'Field measurements of facade sound insulation in residential buildings with balcony windows', *Building and Environment*,42:35-1026.
20- Kukreja, CP. ۱۹۷۸. Tropical architecture (Tata McGraw-Hill).
21- Lee ,Pyoung Jik, Yong Hee Kim, Jin Yong Jeon, and Kyoo Dong Song. 2007. 'Effects of apartment building facade and balcony design on the reduction of exterior noise', Building and Environment,42:28-3517.
22- Liping, Wang, and Wong Nyuk Hien. 2007. 'Applying natural ventilation for thermal comfort in residential buildings in Singapore', Architectural Science Review, 50:33-224.
23- Mohsen, Effat A, and DJ Oldham. 1977. 'Traffic noise reduction due to the screening effect of balconies on a building façade', Applied Acoustics,10:57-243.
24- Naish, Daniel A, Andy CC Tan, and F Nur Demirbilek. 2012. 'Estimating health related costs and savings from balcony acoustic design for road traffic noise', Applied Acoustics, 73:507-497.
25- .————2014' .Simulating the effect of acoustic treatment types for residential balconies with road traffic noise', Applied Acoustics,79:40-131.
26- Omrani, Sara, Bianca Capra, Veronica Garcia-Hansen, and Robin Drogemuller. 2015. 'Investigation of the effect of balconies on natural ventilation of dwellings in high-rise residential buildings in subtropical climate', Living and Learning: Research for a Better Built Environment: 49 th International:68-1159.
27- Omrani, Sara, Veronica Garcia-Hansen, Bianca R Capra, and Robin Drogemuller. 2017. 'On the effect of provision of balconies on natural ventilation and thermal comfort in high-rise residential buildings', *Building and Environment*,123:16-504.
28- Papamanolis, N. 2004. "An overview of the balcony's contribution to the environmental behaviour of buildings." In Proceedings of The ۲۱th Conference on Passive and Low Energy Architecture (PLEA2004).
29- Prianto, E, and P Depecker. 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,34:09-401.
30- .————2003' .Optimization of architectural design elements in tropical humid region with thermal comfort approach', Energy and Buildings,35:80-273.
31- Raeissi ,S, and M Taheri. 1998. 'Optimum overhang dimensions for energy saving', Building and Environment,33:302-293.

32- Shah Nazari, Hoda. 2014. 'Examining the potential for design and renewable energy to contribute to zero energy housing in Queensland', Queensland University of Technology.
33- Song, Doosam, and Young-Jin Choi. 2012. 'Effect of building regulation on energy consumption in residential buildings in Korea', Renewable and Sustainable Energy Reviews,16:81-1074.
34- Tang, SK. 2005. 'Noise screening effects of balconies on a building facade', The Journal of the Acoustical Society of America, 118:21-213.
35- Vanaga, Ruta, Andra Blumberga, Ritvars Freimanis, Toms Mols, and Dagnija Blumberga. 2018. 'Solar facade module for nearly zero energy building', Energy.
36- Wang ,Xu, Dongxing Mao, Wuzhou Yu, and Zaixiu Jiang. 2015. 'Acoustic performance of balconies having inhomogeneous ceiling surfaces on a roadside building facade', Building and Environment,93:8-1.
37- Yu, Jinghua, Changzhi Yang, and Liwei Tian. 2008. 'Low-energy envelope design of residential building in hot summer and cold winter zone in China', *Energy and Buildings*,40:46-1536.

۳۸- دبیرخانه طرح آینده نگاری ملی ایران . ۱۳۹۵. "بهره وری انرژی در ساختمان." پژوهشگاه نیرو.
۳۹- وکیلی نژاد, رزا ۱۳۹۲. 'تاثیر ترکیبی ویژگیهای کالبدی پوسته بنا و الگوهای تهویه طبیعی بر میزان مصرف انـرژی در سـاختمانهای مسـکونی ', دانشـگاه علم وصنعت.