

راهکارهای سازگاری با تغییرات اقلیمی در کنترل مصرف انرژی ساختمان‌ها، با تمرکز بر بهره‌گیری از نفوذ هوا در اقلیم‌های مرطوب. نمونه موردی: شهر گرگان

فائزه خواجوی^۱، محمد فرخ‌زاد^{۲*}، سیدعرفان حسینی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان، گرگان، ایران

^۲ استادیار گروه معماری، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

^۳ عضو هیأت علمی گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۲/۱۹

چکیده

پارامترهای هواشناسی مبنای طراحی صرفه جویی در مصرف انرژی ساختمان‌ها و بهره‌برداری از سیستم‌های مکانیکی و تهویه هوا است. در دهه‌های اخیر، عناصر هواشناسی و اقلیمی دچار تغییرات عمده‌ای شده و برنامه‌ریزی مدیریت مصرف انرژی در ساختمان‌ها باید متأثر از داده‌های جدید و تغییر یافته آب و هوایی باشد. با توجه به نیاز روزافزون افراد به مسکن و افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، نیاز به مسکن متناسب با اقلیم و ایجاد آسایش محیطی اهمیت یافته و به‌کارگیری روش‌های طراحی غیرفعال، از ارزان‌ترین راه‌حل‌ها جهت رسیدن به ساختمان‌های کم‌انرژی است. این مطالعه در جهت شناخت پتانسیل‌های تهویه طبیعی در گرگان برای تأمین سرمایه‌های مجتمع‌های مسکونی می‌باشد. راهکارهای استفاده از تهویه طبیعی در طراحی یک مجتمع مسکونی عبارتند از تراس، فضای ارتباطی عمودی، تهویه مستقیم برای راهروها، تهویه عبوری داخلی، نحوه چیدمان واحدها برای دریافت مناسب‌ترین تهویه. به منظور کنترل تأثیر راهکارها، میزان مصرف انرژی طی دوره گرم سال در قالب یک پروژه کاربردی شبیه‌سازی شد. در این پژوهش، یک الگو با تهویه مکانیکی و ۴ الگو در ۲۲ حالت با بهره‌گیری از تهویه طبیعی طراحی و از نظر مصرف انرژی با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد که تنها ساختمانی دارای صرفه جویی قابل توجه در انرژی است که نفوذ هوای زیادی از طریق فضاهای مشاع میانی واحدهای طبقات داشته باشد و هرچه موانع بیرونی و داخلی در هدایت هوا کاهش یابند، میزان مصرف انرژی نیز کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تهویه طبیعی، نفوذ هوا، مصرف انرژی، ساختمان‌های مسکونی، اقلیم مرطوب.

مقدمه

توجه به کاهش مستمر انرژی‌های تجدید ناپذیر و همچنین وجود منابع مناسب انرژی‌های پایدار (خورشیدی، زمین گرمایی، باد و ...)، لازم است دست اندرکاران ساختمان به عنوان بخش مهمی از اجتماع که مداخله فراوانی در محیط زیست دارند، در ساخت و سازهای خود تامل بیشتری نموده و از ایده‌های جدید جهت کاهش مصرف انرژی و آلودگی‌های ناشی از آن بهره‌گیرند (عرب و فرخ‌زاد، ۱۳۹۶). بدلیل زوال پذیر بودن منابع فسیلی، امروزه کاهش مصرف انرژی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به مسائل مهم و اصلی هر جامعه‌ای تبدیل شده‌اند (اسمعیلی، ۱۳۹۵). منابع انرژی در جهان محدود است و لذا امروزه دستیابی به توسعه پایدار هدف بسیاری از کشورهای

امروزه گرمایش اقلیمی در سراسر جهان به یک اجماع بین‌المللی تبدیل شده است. تغییرات آب و هوایی تأثیر عمیقی بر مصرف انرژی ساختمان دارد (Cao et al., 2017). اخیراً، مطالعات بسیاری بر تأثیر تغییرات آب و هوا بر مصرف انرژی ساختمان‌ها به ویژه در مناطق مختلف اقلیمی معطوف شده است (Lama et al., 2008, Cai et al., 2009, Li et al., 2012, Ge et al., 2013). در دهه‌های اخیر، بحران آلودگی محیط زیست در دنیا به‌طور گسترده‌ای مطرح شده که موجب نگرانی جامعه انسانی می‌باشد و با

پنجره ای به پنجره دیگر اتاق، موجب جداسدن لایه هوای گرم و مرطوب از اطراف بدن ساکنان این فضاها می شود و یکی از روش‌های خنک سازی فیزیولوژیکی ساختمان است که به ایجاد شرایط آسایش انسان در فضاهای داخلی در مناطق مرطوب منتهی می گردد (کسمایی، ۱۳۹۱). تهویه طبیعی فاکتور مهمی در بهبود قابل تحمل بودن و سلامتی محیط‌های درون ساختمانی است که به وسیله نیروی باد یا تهویه یا اغلب به وسیله ترکیب این دو نیز انجام می پذیرد (Van Hooff & Blocken, 2012).

پژوهش حاضر مطالعه‌ای در اقلیم مرطوب گرگان انجام داده است. ابتدا راهکارهای طراحی براساس راهبرد تهویه طبیعی استخراج شده، یک نمونه ساختمان مسکونی براساس ضوابط طرح جامع شهری گرگان (برحسب درصد تراکم مجاز و سطح اشغال زمین) با در نظر گرفتن تهویه طراحی شده است. در ادامه با توجه به راهکارهای ایجاد تهویه از قبیل: تهویه عبوری^۱، فضای ارتباطی عمودی، فاصله گرفتن بلوک‌ها از یکدیگر و... تغییراتی در پلان طرح انجام و ۲ الگوی ساختاری ایجاد شد که هر کدام به صورت قرینه نیز بررسی شدند. در نهایت با استفاده از شبیه سازی انرژی این الگوها با یکدیگر مقایسه شدند تا بهترین شرایط مدیریت مصرف انرژی متاثر از نفوذ هوا تعیین شود.

پیشینه پژوهش

پژوهش‌ها نشان می‌دهند که عوامل متعددی بر میزان دریافت تهویه طبیعی ساختمانها مؤثر است. از این جمله می‌توان به پارامترهای بالکن‌ها، میزان نفوذپذیری پوسته خارجی ساختمان، اجرای فضاهای ارتباطی عمودی، جهت‌گیری ساختمان در برابر باد و... اشاره نمود.

عمرانی و همکاران (۲۰۱۷) به منظور بررسی تاثیر بالکن در تهویه طبیعی و بالا بردن آسایش حرارتی در ساختمان‌های مسکونی تحقیقی را با روش کتابخانه‌ای و تجربی به کمک شبیه سازی تحلیل دینامیکی

جهان است. با توجه به رویکرد کشور برای کاهش وابستگی به منابع نفتی، و نیاز به کاهش مصرف انرژی در بخش‌های مختلف صنعت و ساختمان و بالابودن مصرف انرژی در ساختمان، به‌عنوان اولین گزینه در زمینه توجه به راهکارهای صرفه‌جویی در مصرف انرژی محسوب می‌شوند (غفاری جباری و همکاران، ۱۳۹۲). ساختمان‌ها مصرف انرژی زیادی را به خود اختصاص داده اند، بخش عمده این ساختمان‌ها، واحدهای مسکونی هستند. ساختمان‌های مسکونی بدلیل اینکه به صورت شبانه روزی و دائم در حال استفاده می باشند، تعداد ساکنان آن بیشتر از سایر بناها بوده و سطح اشغال زیادی را در شهرها دارند و میزان مصرف انرژی در آنها به طور قابل توجهی بیشتر از سایر ساختمان‌ها می‌باشد.

یکی از روش‌های کاهش مصرف انرژی استفاده از راهکارهای بومی و عوامل طبیعی مانند باد می باشد و بشر همواره به فکر کاربرد این انرژی در صنعت بوده است (اسمعیلی، ۱۳۹۵). راهبردهای طراحی غیرفعال^۱ با استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر به عنوان راهکارهایی محسوب می شوند که هزینه کمی دارد. استفاده از این راهکارها می تواند به طور همزمان در تأمین آسایش حرارتی ساکنین و کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی موثر باشد. اما تشخیص اینکه کدام یک از این راهکارها و به کارگیری کدام یک از انرژی‌های تجدید پذیر در هر اقلیمی کاربردی است نیاز به مطالعاتی دارد که با عنوان دانش زیست اقلیم‌شناسی^۲ شناخته می شود. از راهبردهای غیرفعال زیست اقلیمی در مناطق گرم یا دارای رطوبت زیاد، ایجاد تهویه طبیعی^۳ در ساختمان‌ها است (Givoni, 1998). تهویه ی طبیعی، یعنی استفاده از فرآیند جابه جایی هوای داخل ساختمان با هوای تازه ی بیرون از آن، بدون بهره گیری از دستگاه‌های مکانیکی، که موجب صرفه جویی در مصرف انرژی‌های فسیلی می شود (طاهباز و جلیلیان، ۱۳۹۰).

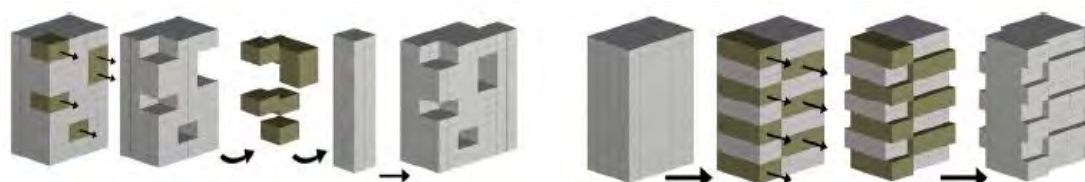
ایجاد کوران در فضاهای داخلی ساختمان، یا به عبارت دیگر، عبور آزادانه و نسبتاً سریع جریان هوا از

1. Passive
2. Bioclimatology
3. Natural Ventilation

سیالات^۱ انجام دادند. در این پژوهش تعدادی از پارامترها مانند نوع بالکن، عمق بالکن، حالت تهویه و زاویه باد برای توسعه مطالعات مورد استفاده قرار گرفت. بالکن‌ها می‌توانند با دو ویژگی اصلی شناسایی شوند: عمق و نوع. بنابراین، برای ارزیابی اثر بالکن بر روی تهویه طبیعی و جریان هوای داخلی، موارد شبیه سازی با عمق و انواع مختلف بالکن ساخته شده است. تغییرات بالقوه تعریف شده با تنظیمات تهویه یک طرفه و متقاطع مورد مطالعه قرار گرفت. برای تأثیر بالکن‌ها تحت تأثیر بادهای مختلف، مطالعات موردی تحت چهار جهت باد مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اضافه کردن بالکن به یک ساختمان با تهویه یک طرفه می‌تواند عملکرد تهویه را بهبود بخشد. زمانی که مطالعه موردی در حالت تهویه متقابل انجام شد، بالکن، سرعت هوای داخلی را نیز کاهش داد. در عملکرد تهویه، تهویه یک طرفه نسبت به تهویه عبوری بیشتر به تغییر پارامترها حساس است. همچنین دریافتند که در میان پارامترهای مورد بررسی، زاویه باد، بیشترین تأثیر را بر تهویه طبیعی دارد. با مقایسه تهویه یکطرفه و عبوری در شرایط مشابه، عملکرد تهویه مناسب طبیعی در مورد تهویه عبوری بیشتر مشاهده شد.

سعادت جو و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله ای به طور عمده به بهره گیری یک آپارتمان تراس دار از تهویه طبیعی در منطقه گرم و مرطوب پرداختند. یک بلوک صلب و ۴ آپارتمان متخلخل با عمق تراس‌های مختلف با استفاده از محاسبه CFD ارزیابی شد. پارامترهای تهویه، مانند میانگین سرعت هوا و میانگین سن هوا برای مقایسه عملکرد طبیعی تهویه، مقایسه شد. تمام مدل‌ها در جزیره گرم و مرطوب قشم طراحی شد (شکل ۱). دوره محاسبه از آوریل تا اکتبر ۲۰۱۴-۲۰۰۴ است.

1. CFD (Computational fluid dynamics)



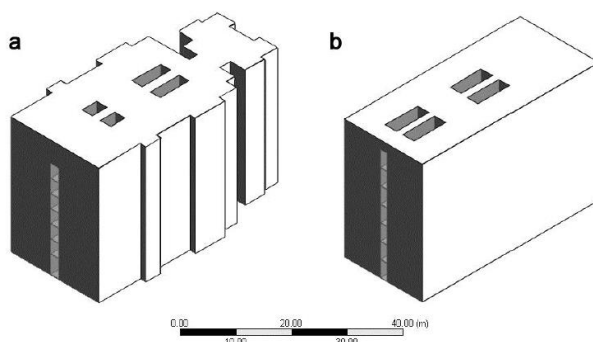
شکل ۱: مدل‌های ساختمان ایجاد شده توسط روش‌های انتقال و کاهش حجمی (Saadatjoo et al., 2017)

شبیه‌سازی محاسبه CFD مورد مطالعه قرار دارند. فضای ارتباطی عمودی به طور گسترده‌ای در مسکن چند طبقه مورد استفاده قرار گرفته است تا تهویه طبیعی ناشی از آن در واحدهای مسکونی برای سلامتی و آرامش ساکنین ایجاد شود. مسکن چند طبقه مقرون به صرفه مالزی^۲ که در مناطق حومه‌ای شهرهای مالزی واقع شده، جهت پژوهش انتخاب شده است. روش‌های مورد استفاده در این تحقیق، اندازه‌گیری میدانی و شبیه‌سازی کامپیوتر با استفاده از نرم‌افزار CFD است. این مقاله به تاثیر فضای ارتباطی عمودی در تهویه ساختمان‌های مسکونی پرداخته است (تصویر ۲).

نتایج شبیه‌سازی به وضوح نشان داد که اجزای نفوذ پذیری به شکل تراس به طور قابل توجهی باعث ایجاد عملکرد تهویه طبیعی خواهد شد و برخی از تنظیمات فیزیکی مانند عمق تراس توانست این عملکرد را تا حد زیادی تحت تأثیر قرار دهد. طبق نتایج، افزایش عمق تراس تا ۱/۲ متر، متوسط سرعت باد در داخل اتاق را ۴۰ تا ۸۸ درصد، ۱۲/۲۹-۱۰/۶۱ درصد نزدیک پنجره و ۶۳/۴۴ درصد در قسمت‌های باز را افزایش داد. نمودار سرعت باد یک روند نزولی بعد از طول ۱/۲ متر دنبال می‌کند.

ماهسین^۱ و همکاران (۲۰۱۷) تهویه طبیعی در یک بلوک متصل به واحدهای مسکونی چند طبقه را برای کنترل آسایش حرارتی به روش کتابخانه‌ای و

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۲: (a) - مدل اعتبارسنجی و (b) - مدل مبتنی بر مدل پایه (Muhsin et al., 2017)

۳- اختلاف‌های دمایی: با افزایش دما، چگالی هوا کاهش می‌یابد و هوا به سمت بالا حرکت می‌کند و هوای خنک جایگزین آن می‌شود.

راهکارهای کالبدی ایجاد تهویه طبیعی را از نظر مکان استفاده می‌توان به سه نوع تقسیم کرد: تمهیدات کالبدی در سقف، تمهیدات کالبدی در نما و بدنه ساختمان و ترکیبی از آن دو (CIBSE, 2005) به‌منظور استفاده از تهویه طبیعی از راهکارهای مختلفی استفاده می‌شود. باد خور، بادخان، دودکش‌های خورشیدی، پنجره‌های تهویه دار در یک طرف یا به صورت دو طرفه نماهای دو پوسته و استفاده از آتریوم بر پایه اثر دودکشی، از جمله راهکارهای متداول برای تهویه طبیعی هستند (Allard & Ghiaus, 2005).

شرایط اقلیمی و نیاز به استفاده از بادهای مفید دلیل عمده نحوه شکل‌گیری، جهت‌گیری و استقرار ساختمان‌های مسکونی نسبت به معابر در بافت سنتی شهرها و روستاها بوده است. بخش‌های اصلی ساختمان عموماً بصورت احجام مکعب مستطیل بر روی محور شرقی - غربی استقرار یافته‌اند. در رابطه با اقلیم و استفاده بهینه از کوران باد بدنه ساختمان‌ها حداقل بطور عام از دو جهت شمال و جنوب به فضای آزاد متصل می‌باشد و در مواردی از سه یا چهار طرف بدنه بنا را آزاد می‌گذرانند به همین دلیل تعداد بازشوها در جداره‌های بنا زیاد می‌شود و نمای خارجی به همان اهمیت نمای داخلی مطرح می‌شود (داوری‌نژاد مقدم و صلیبی، ۱۳۹۰).

این مطالعه نشان داد که سرعت هوای داخلی در واحدهای مسکونی ساختمان مورد مطالعه به میزان مورد نیاز برای آسایش حرارتی نرسیده است. با این وجود، با افزایش اندازه آن در ۵۰ درصد از واحدهای مسکونی، عملکرد تهویه طبیعی در واحدهای مسکونی تا ۵۰/۸۸ درصد افزایش را نشان داد.

اثرات فضای ارتباطی عمودی برای عملکرد تهویه طبیعی در واحدهای مسکونی برای ساختمان‌های هفت طبقه مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین، این مطالعه نشان داد که ارتفاع مختلف ساختمان‌ها نیز ممکن است بر اثرات حفره‌ها تأثیر بگذارد، که توصیه می‌شود پژوهش بیشتری درباره آن انجام می‌گیرد.

روش‌های ایجاد تهویه طبیعی در طراحی اقلیمی: تهویه طبیعی مبتنی بر سه پدیده اقلیمی سرعت باد، جهت باد و اختلاف دمایی است (Battle McCarthy, 1999):

- ۱- سرعت باد: جریان باد در برخورد با ساختمان باعث ایجاد یک میدان فشار در اطراف ساختمان می‌شود. این میزان این میدان فشار مبتنی بر سرعت باد است. در این رابطه تهویه هواکشی تنها زمانی مؤثر است که سرعت باد بیش از ۲.۵ متر بر ثانیه (۹ کیلومتر بر ساعت) باشد.
- ۲- جهت باد: اساسی تری عامل تعیین کننده نحوه عبور هوا از یک ساختمان، جهت وزش باد است. هنگامی که باد از روی ساختمان حرکت می‌کند، باعث ایجاد یک میدان فشار متغیر مثبت یا منفی می‌شود. سپس هوا از نواحی دارای فشار مثبت به نواحی دارای فشار منفی به جریان در می‌آید.

ساختمان، جهت استقرار ساختمان به ویژه جهت بازشوها نسبت به جهت وزش باد، کل مساحت پنجره‌ها و بازشوهای واقع در منطقه فشار و مکش جدارهای ساختمان، نوع و جزئیات پنجره‌ها، موقعیت عمودی پنجره‌ها، موانعی که در فضای داخلی در مقابل جریان هوا از پنجره ورودی به پنجره خروجی قرار دارند، وجود یا عدم وجود توری پشت پنجره و جزئیات خاصی از ساختمان که باعث هدایت جریان هوا به داخل ساختمان می‌شود، بستگی دارد (کسمایی، ۱۳۸۸).

مهم‌ترین عامل در ایجاد کوران در فضاهای داخلی به منظور ایجاد آسایش حرارتی، وجود باد با سرعتی مناسب، حداقل حدود ۶/۷ متر در ثانیه است تا بتواند جریان هوایی با سرعت حدود ۱/۵ تا ۲ متر در ثانیه را در فضاهای داخلی ایجاد نماید. با توجه به اینکه ایجاد یا کنترل سیستم‌های کلی باد در اختیار طراح نیست، یکی از وظایف وی در ارتباط با استفاده از وزش باد در ساختمان، پیش‌بینی تمهیداتی است که در صورت وزش باد مناسب، بتواند کوران مورد نیاز را در فضاهای داخلی ایجاد نماید. به طور کلی، عواملی از قبیل نوع



شکل ۳: تاثیر دودکشی راه پله در یک ساختمان دوطبقه (Givoni, 1998).

و در صورتی که به اندازه کافی بزرگ باشد، قادر است کل فضای مسکونی را به یک فضای یکپارچه تبدیل نماید (شکل ۳). در چنین حالتی، در نتیجه اختلاف حرارت داخل و خارج ساختمان، حتی در مواقعی که سرعت وزش باد کم است و به ویژه در شبها که جریان هوا راکد است، جریان هوایی با سرعتی بیشتر از سرعت جریان هوا در ساختمان‌های یک طبقه ایجاد خواهد شد (Givoni, 1998).

ایجاد تهویه در آپارتمان‌های چند واحدی: در چنین ساختمانهایی، چنانچه واحد سوم به صورت عمود بر بلوک اصلی قرار داده شود و در صورتی که نمای اصلی ساختمان نسبت به جهت وزش باد مایل باشد، این واحد برای سایر واحدها سایه باد ایجاد خواهد کرد. در چنین حالتی، گرچه در تمام واحدهای مسکونی تهویه طبیعی ایجاد خواهد شد، اما شرایط حرارتی فضاهای داخلی این نوع آپارتمان به خوبی آپارتمانهای دو واحدی نیست، زیرا در تعدادی از

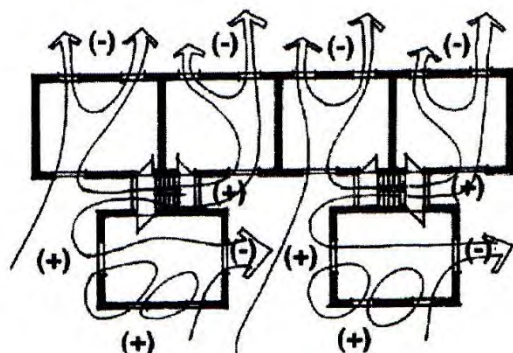
برخی از راهکارهایی که منجر به ایجاد کوران در فضای داخلی می‌شوند عبارتند از:

- به حداکثر رساندن جریان هوا در اطراف ساختمان‌ها با ایجاد فاصله مناسب در بین آنها
- تنظیم پلان ساختمان به نحوی که امکان گردش هوا در اطراف ساختمان فراهم آید
- استفاده از پلانهای کشیده با مقاطع باریک
- استفاده از سقفهای بلند
- استفاده از تأثیر دودکشی^۱
- پیش‌بینی فضاهای داخلی باز و یکپارچه
- پیش‌بینی حداقل دو پنجره یکی روبه باد و دیگری پشت به باد برای هریک از اتاق‌ها (کسمایی، ۱۳۸۸).

تأثیر پلکان مرکزی در ایجاد تهویه: در تمام طبقات ساختمان مورد استفاده یک خانوار، پلکان مرکزی می‌تواند به عنوان دودکش مرکزی عمل کرده

1. Stack Effect

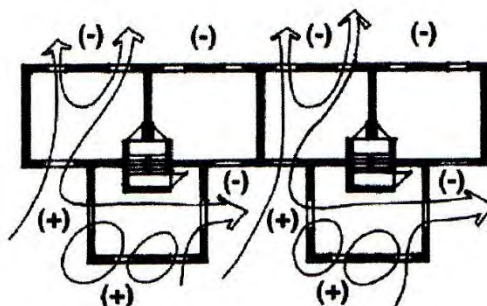
دارد این است که، پلکان یا کانال ارتباط عمودی، مجموعه را نیز از بلوک اصلی جدا نموده و امکان عبور هوا از داخل آن را فراهم نمایند (شکل ۵، Givoni, 1998).



شکل ۵: هدایت جریان باد به واحدهای پشت به باد از طریق تفکیک فضای ارتباطی پله (Givoni, 1998)

واحدها، کلیه نماها در منطقه مکش قرار میگیرد و امکان ایجاد کوران در فضاهای داخلی آنها فراهم نمی شود (شکل ۴) (Givoni, 1998).

یکی از راه‌حلهایی که برای ایجاد فشار در نماهای رو به باد واقع در سایه باد واحد سوم وجود



شکل ۴: قرارگیری واحد از طبقات واحدی در سایه باد (Givoni, 1998)

فضاهای ارتباطی عمودی تهویه طبیعی را تسهیل می‌کنند و کیفیت هوای داخل ساختمان^۱ را قابل کنترل می‌سازد. مطالعات قبلی نشان داد که ایجاد فضاهای ارتباطی عمودی در ساختمان‌ها می‌تواند عملکرد تهویه طبیعی در واحدهای زندگی را بهبود بخشد. فضاهای ارتباطی عمودی می‌توانند با افزایش اثر دودکشی، علی‌رغم عدم وجود باد در محیط خارج، تهویه عبوری و جریان مکشی عمودی را درون ساختمان ایجاد کنند (شکل ۶) (Murakami et al., 2004).

روش تحقیق

با توجه به اهمیت صرفه جویی انرژی در ساختمانهای مسکونی، در این پژوهش پس از شناخت ویژگی‌های اقلیمی منطقه، با یافتن زمان‌هایی که می‌توان از تهویه طبیعی استفاده کرد، راهکارهای طراحی غیر فعال جهت دستیابی به تهویه طبیعی و کاهش نیاز به صرف انرژی‌های فسیلی و الکتریکی مشخص گردید. طراحی یک ساختمان مسکونی ۴ طبقه ۱۲ واحدی با حفظ صورت بهینه پلان از نظر میزان تهویه

ایجاد تهویه از طریق فضای ارتباطی عمودی: فضای ارتباطی عمودی که در مرکز ساختمان چند طبقه قرار دارد و یک عنصر معماری غیرفعال است که برای نورپردازی و تهویه طبیعی از آن استفاده می‌شود (Kotani et al., 2003), (Etheridge, 2012), (Farea et al., 2015) (Ismail, 1996).

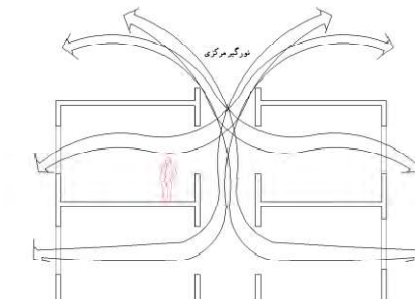
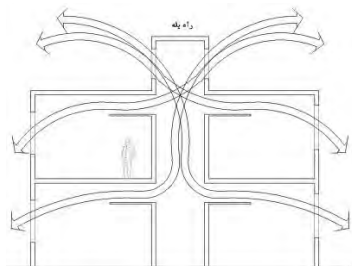
فضاهای ارتباطی عمودی مزایایی را در جنبه‌های معماری، محیطی و ساختاری ساختمان‌ها بوجود می‌آورند که می‌توان آنها را به شرح زیر خلاصه کرد (Murakami et al., 2004)

- (۱) کنترل زیست محیطی با بار زیست محیطی کم که با استفاده از پتانسیل محیط در فضای باز امکان پذیر است.
 - (۲) عملکرد سایه خورشیدی به کمک فضای ارتباطی عمودی در ساختمان‌ها بهبود می‌یابد
 - (۳) فضاهای ارتباطی عمودی بافرهای مناسب (فضاهای بافر بین فضاهای زندگی خصوصی و عمومی) را به فضاهای زندگی تبدیل می‌کنند.
 - (۴) فضاهای مختلفی را می‌توان با ترکیب اتاق‌ها با فضاهای ارتباطی عمودی ایجاد کرد.
- با فراهم آوردن فضای ارتباطی عمودی، عملکرد تهویه طبیعی در ساختمان‌ها می‌تواند افزایش یابد.

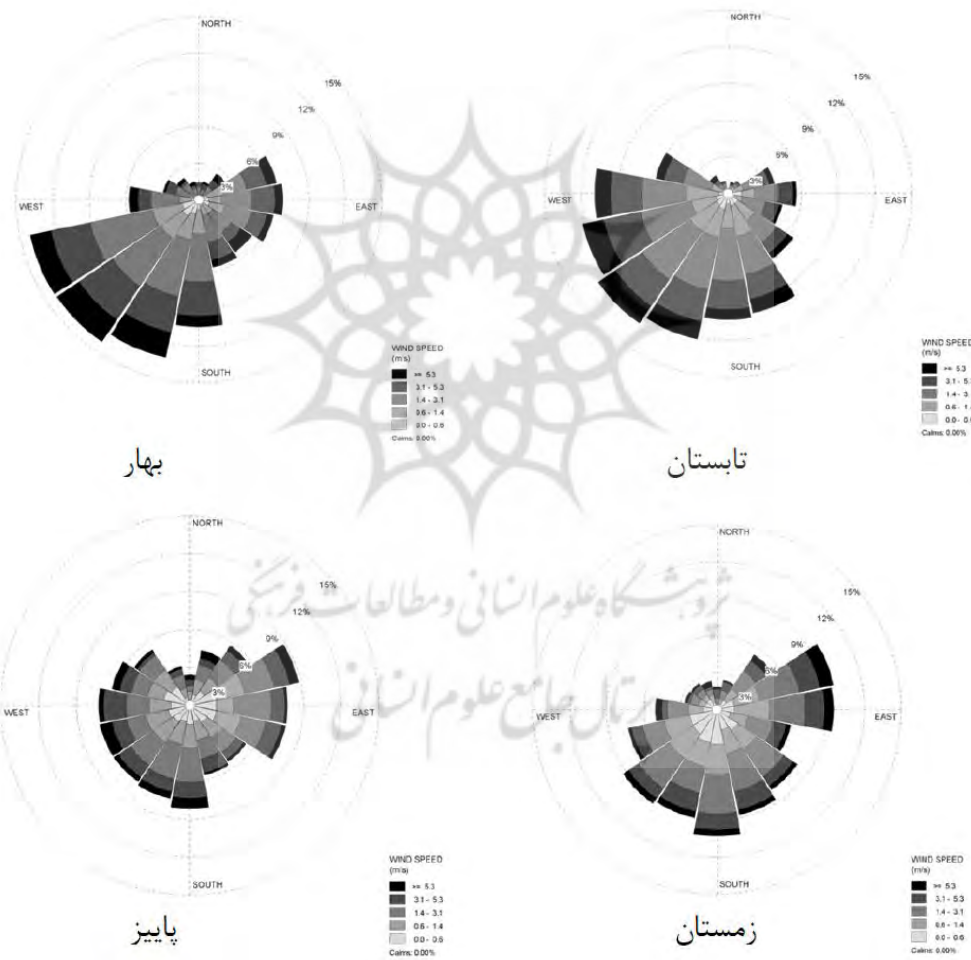
1. Indoor air quality (IAQ)

از راهکارهای پیشنهادی، تاثیر تهویه ی طبیعی ایجاد شده بر میزان مصرف انرژی در دوره گرم سال مورد ارزیابی قرار گرفت.

طبیعی دریافتی با زیربنای ۱۵۸۰ متر مربع در شهرک خیام در شهر گرگان انجام شد. با شبیه سازی الگوهای طراحی شده در نرم افزار دیزاین بیلدر و افزودن هریک



شکل ۶: تاثیر اثر دودکشی فضای ارتباطی عمودی (Murakami et al., 2004)

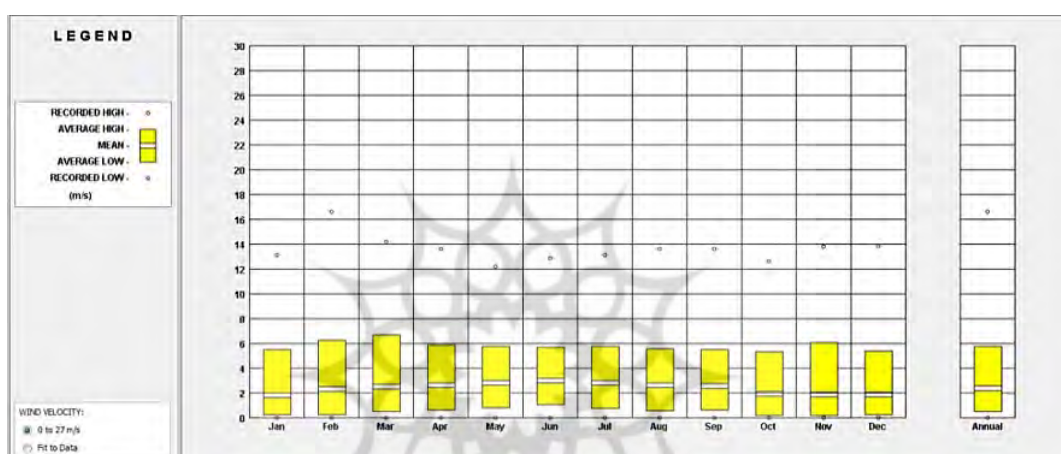


شکل ۷: نمودار گلباد (فصلی) گرگان (خوری و همکاران، ۱۳۹۶)

ویژگی‌های اقلیمی منطقه

سرعت باد ماهانه (شکل ۸) مشاهده می‌شود که میانگین سرعت باد در سال ۲/۵ متر بر ثانیه است، همچنین این نمودار نشان می‌دهد که حداکثر سرعت باد در انتهای زمستان و همچنین در فصل پاییز اتفاق می‌افتد که سرعت باد به بیش از ۶ متر بر ثانیه می‌رسد. با توجه به فراوانی اندک بادهای پرسرعت و فراگیری متوسط سرعت ماهانه در محدوده آسایش انسان، امکان استفاده از پتانسیل باد در کل سال وجود دارد (خوری و همکاران، ۱۳۹۶).

باد: بادهای غالب بیشتر در فصل تابستان می‌وزد و با توجه به نمودار گلباد فصل تابستان (شکل ۷)، بیشتر بادهای غالب از سمت جنوب غربی می‌وزند که بسیار مطلوب هستند و می‌توان آنها را جهت کاهش رطوبت محیط و سرمایش طبیعی در ساختمان استفاده کرد. در حالی که مدت زمان وزش بادهای غالب در فصل زمستان و پاییز بسیار کم بوده و به همین دلیل به شکل مشهودی قابل استفاده نیستند بقیه بادهای ماهانه نیز در حدود ۲۰ درصد به بالا در همه ماه‌های سال اتفاق می‌افتند (خوری و همکاران، ۱۳۹۶). در نمودار متوسط



شکل ۸: نمودار متوسط سرعت باد (ماهانه) گرگان (خوری و همکاران، ۱۳۹۶)

جهت و درصد وزش باد در ماه‌های سرد سال را نمایش می‌دهد.

جهت و درصد وزش باد در ماه‌های سال با توجه به داده‌های ماهانه و گلبادهای مربوط به هرماه استخراج و در جدول ۱ و ۲ نمایش داده شده است. جدول ۱

جدول ۱: جهت بادهای غالب با توجه به درصد در ماه‌های سرد سال

درصد وزش باد	جهت وزش باد	تاریخ شروع و پایان	ماه‌های شمسی	ماه‌های میلادی
۱۴	جنوب و شمال شرقی	۱۱/۱۱ - ۱۰/۱۱	دی	January
۱۱	جنوب غربی و جنوب شرقی	۱۲/۹ - ۱۱/۱۲	بهمن	February
۱۳.۵	جنوب غربی، شرق، جنوب شرقی	۱/۱۱ - ۱۲/۱۰	اسفند	March
۱۴	جنوب غربی، جنوب، شرق	۲/۱۰ - ۱/۱۲	فروردین	April
۱۴.۸	شمال شرقی، شمال غربی	۹/۱۰ - ۸/۱۰	آبان	November
۱۱.۵	جنوب غربی، شمال شرقی، جنوب شرقی	۱۰/۱۰ - ۹/۱۱	آذر	December

مأخذ: نگارندگان

جدول ۲ جهت و درصد وزش باد در ماه‌های گرم سال را نمایش می‌دهد، که در برنامه زمان بندی استفاده از تهویه طبیعی موثر است. همچنین در طراحی الگوها و نحوه ایجاد نفوذ هوا و استفاده از فاکتورهای طراحی در بنا به آنها توجه شده است.

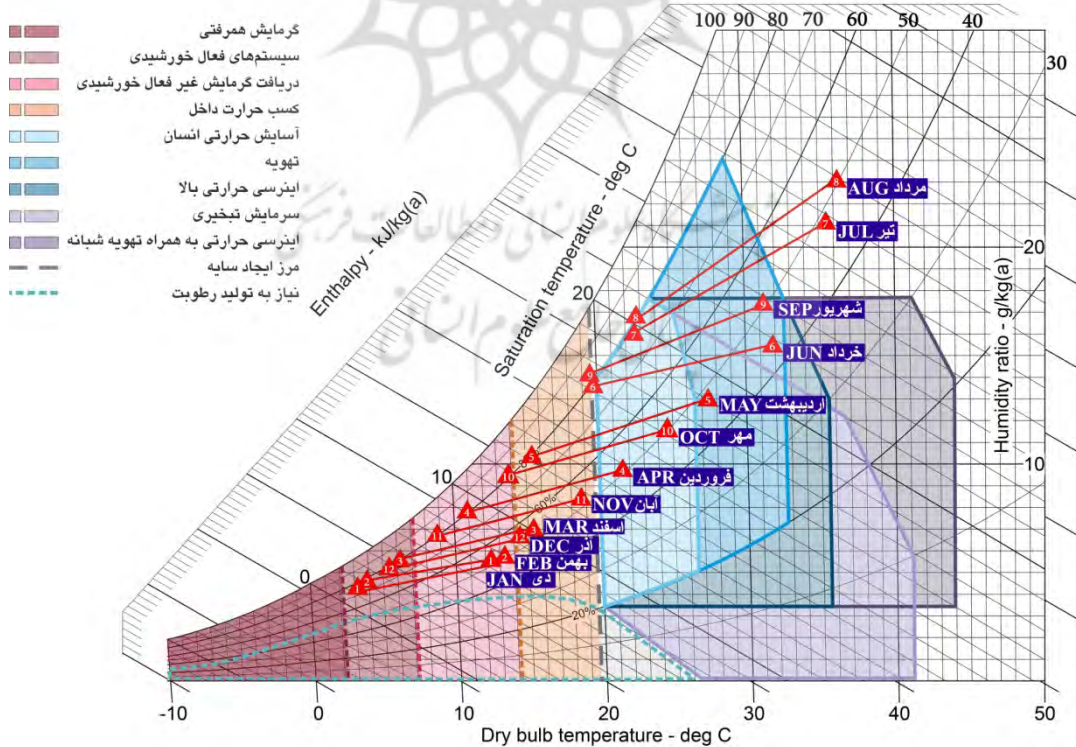
جدول ۲: جهت بادهای غالب باتوجه به درصد در ماه‌های گرم سال

ماه‌های میلادی	ماه‌های شمسی	تاریخ شروع و پایان	جهت وزش باد	درصد وزش باد
May	اردیبهشت	۳/۱۰ - ۲/۱۱	جنوب غربی و جنوب	۱۵
June	خرداد	۴/۹ - ۳/۱۱	جنوب غربی	۲۱
July	تیر	۵/۹ - ۴/۱۰	جنوب غربی	۲۰
August	مرداد	۶/۹ - ۵/۱۰	غرب و جنوب	۱۴
September	شهریور	۷/۸ - ۶/۱۰	جنوب غربی و جنوب	۱۴
October	مهر	۸/۹ - ۷/۹	جنوب غربی، غرب، جنوب	۱۴.۸

مأخذ: نگارندگان

ماه‌هایی که در محدوده آبی قرار گرفته‌اند (این محدوده حدفاصل محدوده‌هایی ۲۰ تا ۳۲ درجه و رطوبت نسبی ۲۰٪ تا ۸۰٪ می‌باشد) نیاز به استفاده از تهویه در آنها وجود دارد. بنابراین باتوجه به (شکل ۹) ماه‌هایی که در منطقه نیاز به تهویه قرار گرفته‌اند به شرح زیر مشخص شدند:
فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر (APR-MAY-JUN-JUL-AUG-SEP-OCT)

تعیین دوره نیاز به تهویه طبیعی برای آسایش: از آنجا که هدف این پژوهش بهره‌گیری از نفوذ هوا در طراحی واحدهای مسکونی است، لازم است تا دوره زمانی نیازمند به تهویه در طول سال مشخص شود. بدین منظور از نمودار زیست اقلیمی ساختمانی گیونی استفاده شد. براساس حداکثر و حداقل دما و رطوبت نسبی ماهانه، شرایط اقلیمی بر روی نمودار زیست اقلیمی در قالب ۱۲ محدوده خطی ترسیم گردید.



شکل ۹: نمودار زیست اقلیمی (بیوکلیماتیک) - شهر گرگان (مأخذ: نگارندگان)

آبی قرار دارند شامل، ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر (-APR-MAY-JUN) امکان استفاده از نفوذ هوا (JUL-AUG-SEP-OCT) برای ایجاد تهویه طبیعی را دارند. به منظور تعیین برنامه زمانی روزانه بهره مندی از تهویه طبیعی، ساعاتی که در طول هریک از ماه‌های مذکور در شرایط نیاز به تهویه قرار می‌گیرند بر روی تقویم نیازهای اقلیمی تعیین گردید.

شکل ۱۰ جدول نیازهای اقلیمی گرگان را برحسب دمای ساعتی ماهانه نشان می‌دهد. رنگ سفید محدوده‌هایی را مشخص کرده است که در آن زمان‌ها نیاز به تهویه طبیعی وجود ندارد، رنگ آبی محدوده‌هایی را مشخص کرده است که در آن زمان‌ها می‌توان از تهویه طبیعی استفاده کرد و رنگ قرمز محدوده‌هایی را مشخص کرده است که در آن ماه‌ها در زمان‌هایی امکان استفاده از تهویه طبیعی وجود نداشته است. به این ترتیب ماه‌هایی که در محدوده

0	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
1	5.35	5.868	8.297	13.24	18.2	23.37	26.23	26.45	21.57	16.34	11.21	7.124
2	4.909	5.412	7.847	12.73	17.62	22.78	25.62	25.8	21	15.8	10.72	6.678
3	4.504	4.994	7.433	12.26	17.09	22.25	25.06	25.21	20.48	15.31	10.28	6.269
4	4.113	4.59	7.033	11.8	16.58	21.73	24.51	24.63	19.98	14.84	9.847	5.874
5	3.802	4.268	6.715	11.44	16.17	21.32	24.08	24.17	19.58	14.46	9.505	5.558
6	3.755	4.22	6.667	11.38	16.11	21.25	24.02	24.1	19.52	14.41	9.453	5.511
7	4.193	4.672	7.114	11.89	16.68	21.83	24.62	24.75	20.08	14.94	9.935	5.954
8	5.208	5.721	8.152	13.08	18.01	23.18	26.04	26.24	21.38	16.17	11.05	6.98
9	6.669	7.231	9.646	14.78	19.92	25.11	28.07	28.4	23.26	17.94	12.66	8.458
10	8.276	8.891	11.29	16.66	22.03	27.24	30.3	30.76	25.32	19.88	14.43	10.08
11	9.728	10.39	12.77	18.35	23.93	29.16	32.32	32.91	27.18	21.64	16.02	11.55
12	10.87	11.58	13.94	19.69	25.43	30.68	33.91	34.59	28.65	23.03	17.28	12.71
13	11.71	12.44	14.8	20.67	26.53	31.79	35.08	35.83	29.72	24.05	18.21	13.56
14	12.28	13.03	15.39	21.33	27.28	32.54	35.87	36.67	30.46	24.74	18.84	14.13
15	12.54	13.3	15.65	21.64	27.62	32.89	36.24	37.06	30.79	25.05	19.12	14.4
16	12.39	13.14	15.49	21.45	27.41	32.68	36.02	36.82	30.59	24.86	18.95	14.24
17	11.75	12.48	14.84	20.71	26.58	31.84	35.13	35.89	29.77	24.09	18.25	13.6
18	10.73	11.43	13.8	19.52	25.24	30.49	33.72	34.39	28.47	22.86	17.13	12.57
19	9.566	10.22	12.61	18.16	23.72	28.94	32.09	32.67	26.97	21.44	15.84	11.39
20	8.495	9.117	11.51	16.91	22.31	27.53	30.61	31.09	25.6	20.15	14.67	10.3
21	7.64	8.234	10.64	15.92	21.2	26.4	29.42	29.83	24.5	19.11	13.73	9.439
22	6.971	7.544	9.955	15.14	20.32	25.51	28.49	28.84	23.65	18.3	12.99	8.763
23	6.395	6.948	9.365	14.46	19.56	24.75	27.69	27.99	22.91	17.6	12.36	8.18
24	5.854	6.389	8.813	13.83	18.86	24.03	26.93	27.2	22.21	16.95	11.76	7.634

شکل ۱۰: جدول نیازهای اقلیمی گرگان برطبق دمای هوا و تعیین محدوده نیاز به تهویه طبیعی (مأخذ: نگارندگان)

جدول ۵ جمع بندی نتایج حاصل از نمودار زیست اقلیمی و جدول نیازهای اقلیمی را در قالب برنامه زمانی نیاز به تهویه طبیعی نشان می‌دهد.

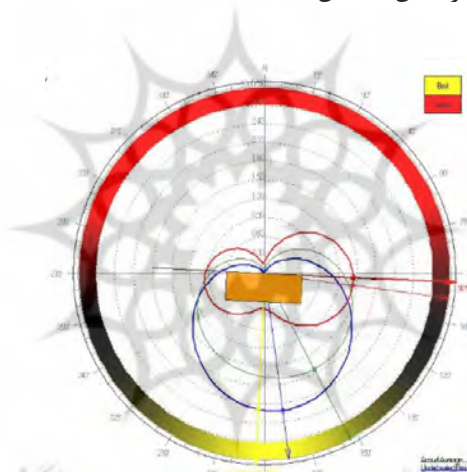
جدول ۵: برنامه زمانی ساعتی ماه‌های گرم سال

ماه‌های میلادی	ماه‌های شمسی	عدم نیاز به تهویه	نیاز به تهویه
APR	فروردین	ساعت ۱۲ تا ۲۴	ساعت ۱۳ تا ۱۵
MAY	اردیبهشت	ساعت ۹ تا ۲۴	ساعت ۲۳ تا ۲۴
JUN	خرداد	---	✓
JUL	تیر	---	✓
AUG	مرداد	---	✓
SEP	شهریور	ساعت ۶ تا ۲۴	✓
OCT	مهر	ساعت ۱۰ تا ۲۴	ساعت ۱۱ تا ۲۰

مأخذ: نگارندگان

کنترل وزش باد را نیز داشته باشند (Smith, 2005). جهت گیری ساختمان‌ها در هر اقلیم براساس روز درجات سرمايش و گرمایش ماهانه و نیاز به دریافت تابش خورشید تعیین می‌شود. شکل ۱۱ دیاگرام جهت گیری مطلوب ساختمان‌ها در گرگان را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که در این اقلیم بهترین جهت گیری کشیدگی شرقی غربی ساختمان است که نمای جنوبی آن ۲ الی ۳ درجه به سمت جنوب غربی متمایل شده و بیان این نکته حائز اهمیت است که این دیاگرام با استفاده از ابزار Weather Tool نرم افزار اکوتکت براساس تعیین ماه‌هایی که نیاز به سرمايش و گرمایش دارند برای کل سال ترسیم شده است (خوری و همکاران، ۱۳۹۶).

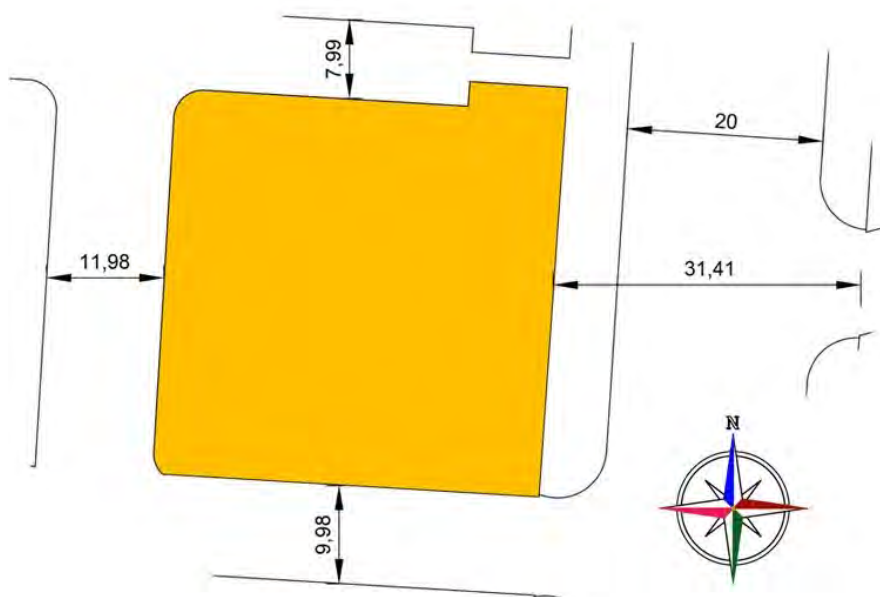
ویژگی‌های معماری اقلیمی گرگان: براساس تقسیمات چهارگانه اقلیم ایران که توسط دکتر حسن گنجی پیشنهاد شده و در واقع صورت تغییر یافته تقسیم بندی کوپن می باشد، استان گلستان در حوزه اقلیم معتدل و مرطوب سواحل دریای خزر قرار می‌گیرد (Kasmai, 2006). در گذشته شکل گیری فرم، پلان و جهت گیری در خانه‌های بومی به شدت تحت تاثیر عوامل طبیعی بوده است (Almusade, 2011). عوامل طراحی موثر در این اقلیم عبارتند از: فرم کم عرض، کشیدگی و قرارگیری پلان به صورتی که هوای مطلوب توسط مسیری مشخص از سمت باد خیز به سمت دیگر هدایت شود، قرار گیری بازشوها در دو سمت مخالف برای تهویه دوطرفه موثر و پنجره‌ها باید در ضمن داشتن قابلیت باز شدن، امکان



شکل ۱۱: دیاگرام جهت گیری بهینه ساختمان براساس تابش خورشید در گرگان (خوری و همکاران، ۱۳۹۶)

شده است و یک بلوک مجزا و مستقل شهری می باشد، ساختمان طراحی شده در آن از هیچ سو همجواری و همسایگی نداشته و با توجه به این موضوع ساختمان‌های اطراف تاثیری بر شرایط باد و تابش روی ساختمان طراحی شده نداشته است (شکل ۱۲).

روند پژوهش: زمین مورد نظر در منطقه تراکم متوسط مسکونی، حوزه تراکمی ۳ طرح جامع گرگان قرار دارد. حداکثر سطح اشغال در این حوزه ۵۵٪ و حداکثر تعداد طبقات، ۴ طبقه است که این ضوابط در طراحی در نظر گرفته خواهد شد. این زمین به دلیل اینکه از چهار طرف بوسیله خیابان‌های اطراف محصور



شکل ۱۲: سایت مورد نظر برای طراحی و دسترسی‌های اطراف سایت (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۳: (الف) پلان الگوی Base (ب) مسیر نفوذ هوا در پلان الگوی Base (مأخذ: نگارندگان)

واحدها همانند ساختمان Base بود و امکان جایگیری در زمین انتخابی را داشتند.

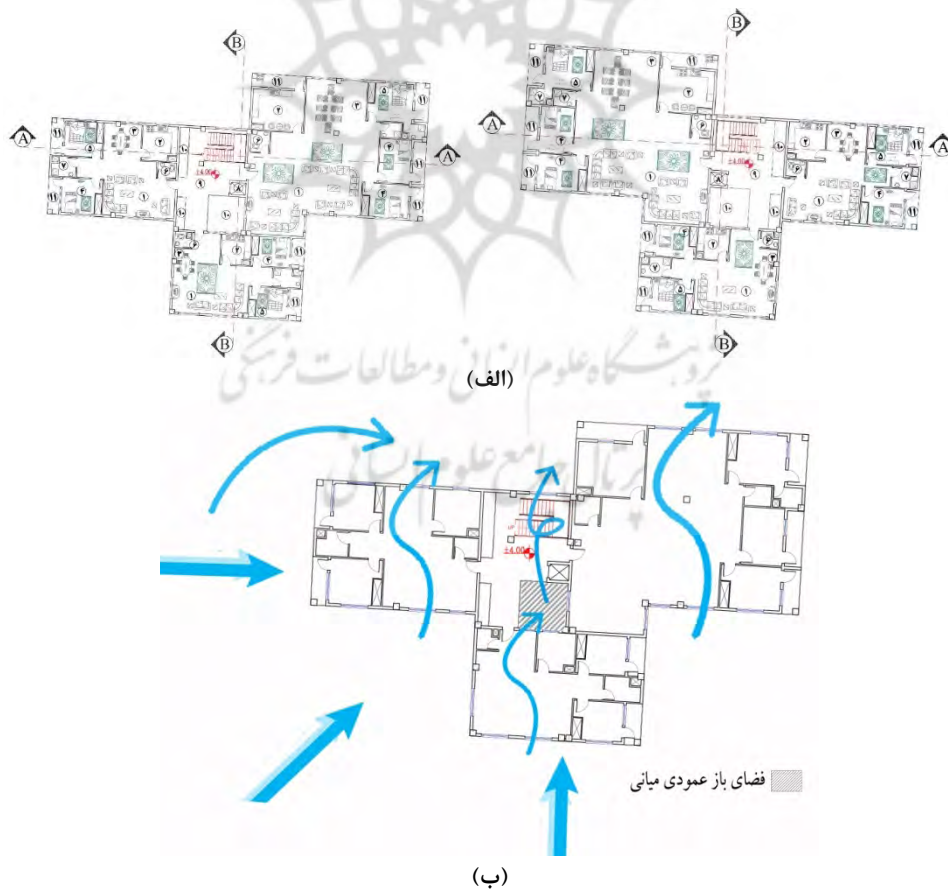
الگوهای طراحی با هدف بهره‌گیری از تهویه طبیعی از سه روش عمومی استفاده نمودند:

- ۱- فضای ارتباطی عمودی یا Void
- ۲- تهویه عبوری
- ۳- ایجاد فاصله افقی در فضای مشاع میان واحدهای مسکونی هر طبقه

به دلیل تفاوت چیدمان واحدهای مسکونی طراحی شده در یک طبقه، هر کدام از الگوهای A و B به صورت قرینه نیز طراحی شدند. در الگوی A فضای باز عمودی میانی به همراه تهویه عبوری استفاده شده، واحد بزرگتر یکبار در سمت شرق و بار دیگر در سمت غرب قرار گرفته است. شکل ۱۴ پلان‌های الگوی A و جهت نفوذ هوا به آن را نشان می‌دهد.

با مشخص شدن زمین و بررسی ضوابط شهری آن، باتوجه به ویژگی‌های اقلیمی و راهکارهای طراحی اقلیمی طراحی یک مجموعه ۱۲ واحدی در ۴ طبقه انجام شد. الگوی اولیه یک طراحی معمول براساس روش‌های عمومی طراحی در شهر و باتوجه به نحوه قرارگیری سایر بناها دارای کشیدگی شرقی-غربی است، ضمن اینکه در ۴ طرف سایت دسترسی سواره وجود دارد. الگویی که مبنای مقایسه الگوهای بعدی قرار خواهد گرفت با عنوان الگوی پایه (Base) نام گذاری شد. شکل ۱۳ پلان تیپ طبقات این الگو را نشان می‌دهد که شامل ۳ واحد مسکونی با زیر بنای ۱۰۲-۱۱۳-۲۴۰ متری می‌باشد. این الگو مشابه الگوهای متداول منطقه و به صورت پلان فشرده طراحی شده است.

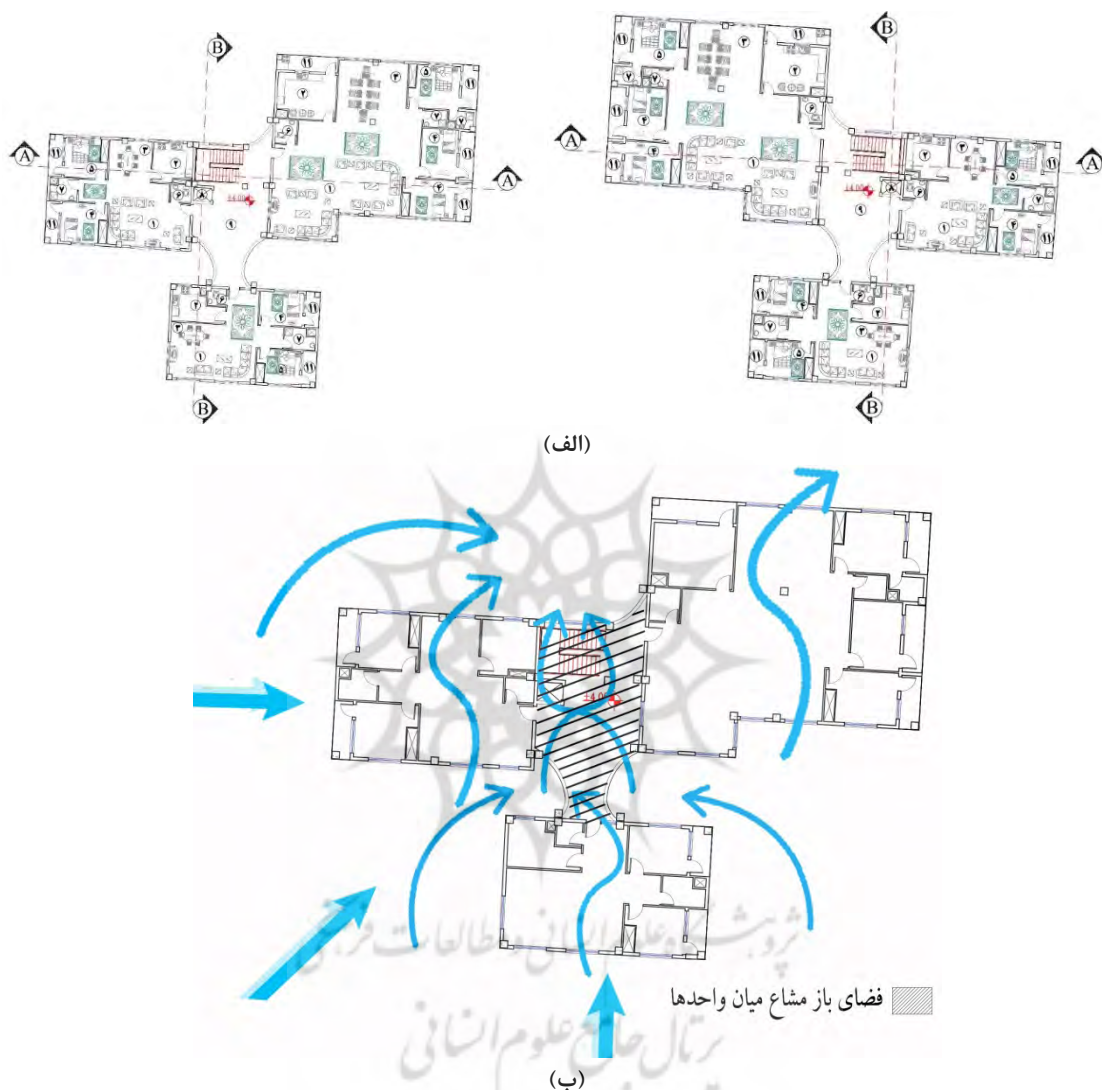
جهت مقایسه ساختمان Base با شرایط تامین تهویه، دو الگوی A و B طراحی شدند که زیر بنای



شکل ۱۴: الف) پلان الگوهای A1 و A2 ب) مسیر نفوذ هوا در پلان الگوی A1 (مأخذ: نگارندگان)

فضای نیمه باز مسقف در نظر گرفته شده است. شکل ۱۵ پلان‌های الگوی B و محل نفوذ هوا به بنا را نشان می‌دهد.

در الگوی B با ایجاد فضای باز افقی بخش مشاع، از تهویه عبوری بین واحدها هم بهره‌گیری شده است. در واقع در این الگو فضای مشاع میانی واحدها در ارتباط مستقیم با فضای بیرون قرار گرفته و به صورت



شکل ۱۵: پلان الگوهای B1 و B2 (ب) مسیر نفوذ هوا در پلان الگوی B1 (مأخذ: نگارندگان)

شده اند. در ادامه برای هر کدام از حالت‌های Base، A1، A2، B1 و B2 ۴ شرایط در نظر گرفته شد، شامل: (۱) دارای تهویه طبیعی با آشپزخانه Close، درهای داخلی Close

شبییه سازی انرژی توسط نرم افزار دیزاین بیلدر^۱ صورت گرفته است، حالت Base شامل ۲ حالت با تهویه مکانیکی روشن و خاموش و باقی حالت‌ها با تهویه طبیعی و بدون تهویه مکانیکی در نظر گرفته

افراد و ماه‌های May و Oct به دلیل کم شدن روزهای سرد، با نصف ظرفیت حالت قبل تعیین شده است. - برنامه زمان بندی تهویه طبیعی برای ماه‌های Apr تا Oct مطابق بند ۳-۲ (تعیین دوره نیاز به تهویه طبیعی برای آسایش) انجام شده است.

نتایج تحقیق

میزان نفوذ هوا به داخل ساختمان: معیار اصلی مقایسه الگوهای مختلف طراحی شده جهت کنترل تهویه طبیعی، نفوذ هوای خارجی^۱ است. طبق تعریف، نفوذ هوای خارجی عبارتست از میزان گرمای جذب شده یا دفع شده از طریق نفوذ هوا زمانی که از تنظیمات تهویه طبیعی عادی در ساختمان استفاده می شود. به کارگیری تهویه طبیعی می تواند موجب ورود عمده هوا از طریق منافذ موجود در پوسته خارجی ساختمان شود (DesignBuilder help).

تاثیر میزان نفوذ هوا بر مصرف انرژی برای الگوهای دارای تهویه طبیعی در دوره گرم سال (Apr تا Oct) در شکل ۱۶ و ۱۷ به نمایش در آمده است. (حروف M نماد مکانیکی، KI نماد آشپزخانه و C نماد بسته و O نماد باز می باشند)

با بررسی دو نمودار شکل ۱۶ و ۱۷ در الگوی B1 زمانی که آشپزخانه و درها باز هستند و تهویه طبیعی فعال است، بیشترین میزان تهویه از طریق نفوذ هوا صورت می گیرد و در الگوی Base با درها و آشپزخانه بسته که تنها از تهویه عرضی از طریق پنجره‌ها استفاده می کند، کمترین میزان تهویه از طریق میزان هوا اتفاق می افتد. میزان بهره مندی (درصد) هریک از الگوها از نفوذ هوا نسبت به الگوی Base که الگوی دارای تهویه مکانیکی است در نمودار شکل ۱۸ به نمایش در آمده است.

۲) دارای تهویه طبیعی با آشپزخانه Close، درهای داخلی Open

۳) دارای تهویه طبیعی با آشپزخانه Open، درهای داخلی Close

۴) دارای تهویه طبیعی با آشپزخانه Open، درهای داخلی Open

و در مجموع این شرایط به ۲۲ حالت منجر شد.

متغیرهای تحقیق که در فرآیند شبیه سازی ثابت فرض شده اند به شرح زیر می باشد:

- داده‌های آب و هوایی شهر گرگان مربوط به دوره منتهی به سال ۲۰۱۰م.

- برنامه زمان بندی حضور افراد براساس شرایط متداول فضای مسکونی.

- برنامه زمان بندی مصرف روشنایی براساس حضور افراد و ساعات روشنایی و تاریکی تنظیم شده است، همچنین میزان روشنایی فضاها براساس استانداردهای فضاهای مسکونی برای تک تک فضاها مشخص شده است.

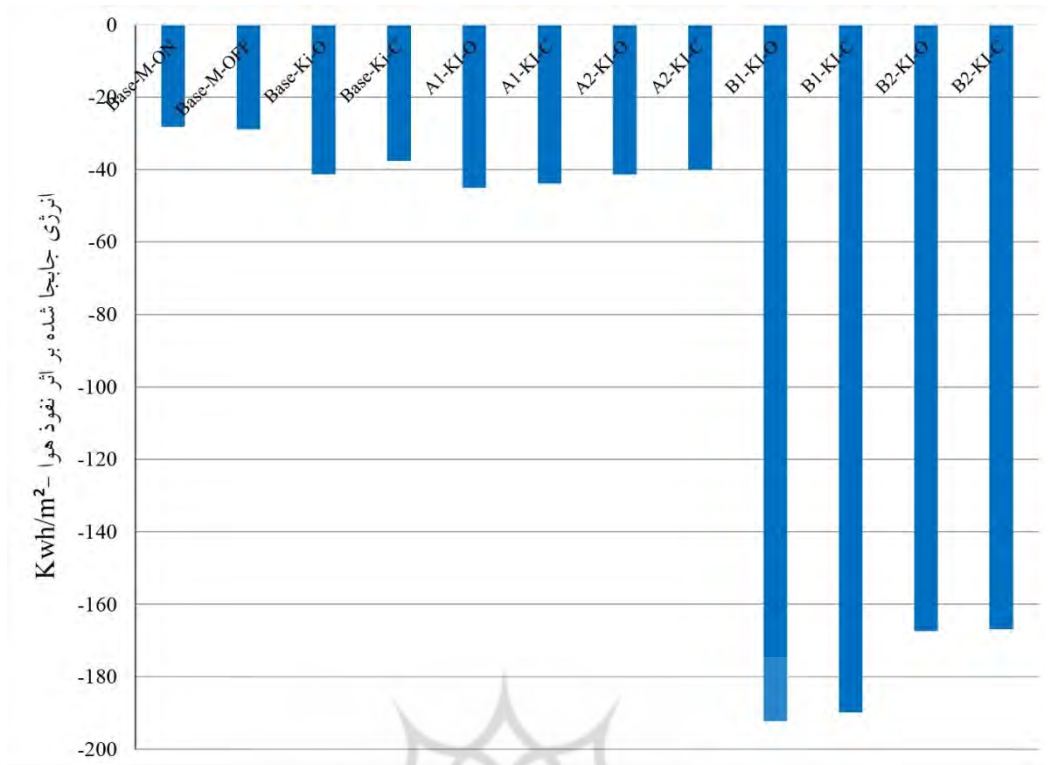
- میزان مصرف آب گرم در ساختمان مسکونی $\frac{L}{m^2}$ ۱/۶۰ است.

- مصالح به کار رفته در ساختمان شامل: دیوارهای بلوک بتن سبک، پنجره‌های دوجداره و درهای چوبی و سقف طبقات تیرچه بلوک است.

- سیستم تاسیسات گرمایشی، رادیاتور با سوخت گاز و سیستم سرمایشی، با کنترل موضعی با انرژی برق است.

- برنامه زمان بندی سیستم سرمایش برای ماه‌های May، Jun، Jul، Aug، Sep، براساس حضور افراد و در ماه‌های May و Oct بدلیل کم شدن روزهای گرم، با نصف ظرفیت حالت قبل مشخص شده است.

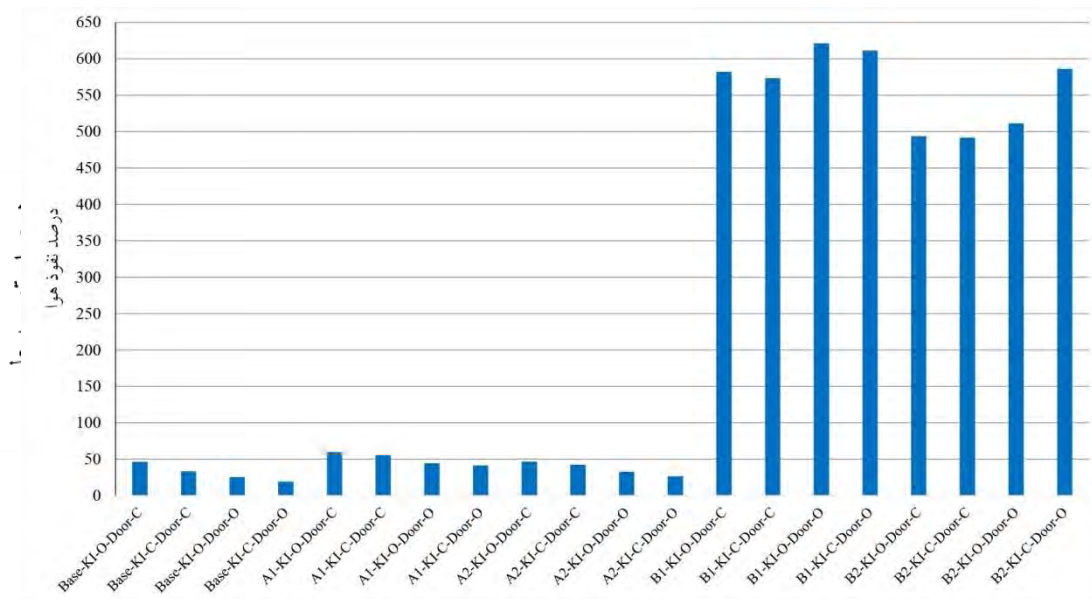
- برنامه زمان بندی سیستم گرمایش برای ماه‌های Jan، Feb، Mar، Apr، Nov، Dec براساس حضور



شکل ۱۶- نمودارمیزان مصرف انرژی ناشی از نفوذ هوا در تمام الگوها در حالت درهای بسته در دوره گرم سال (مأخذ: نگارندگان)



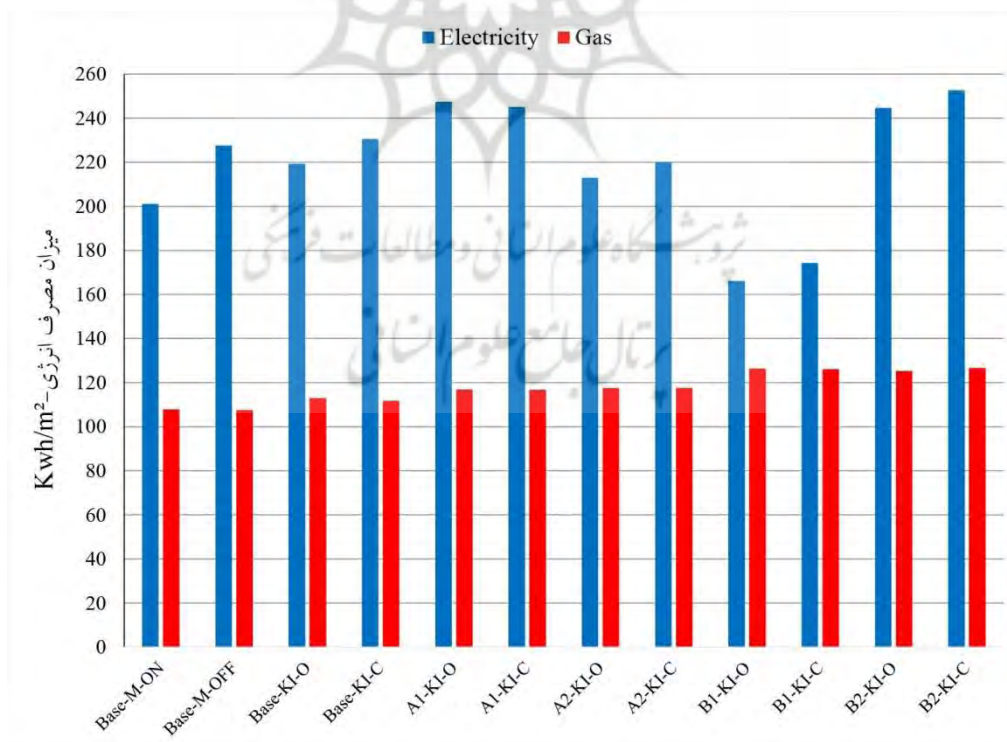
شکل ۱۷: نمودارمیزان مصرف انرژی ناشی از نفوذ هوا در تمام الگوها در حالت درهای باز در دوره گرم سال (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۸: نمودار درصد میزانی نفوذ هوای الگوها در دوره گرم سال (مأخذ: نگارندگان)

کل مصرف انرژی (Fuel total): مصرف انرژی کل برق و گاز در الگوهای دارای تهویه طبیعی در دوره گرم سال (Apr تا Oct) در نمودار شکل ۱۹ و ۲۰ نمایش داده شده است.

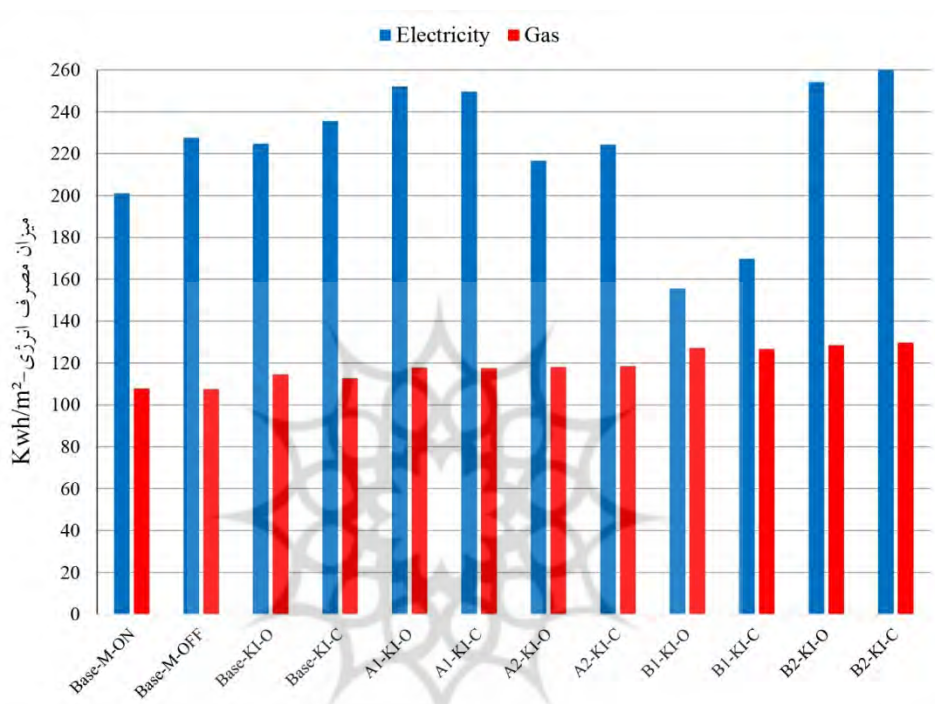
باتوجه به نمودار شکل ۱۸ مشاهده می شود، الگوی B1 با آشپزخانه و درهای باز در دوره گرم سال بهترین الگو از نظر مصرف انرژی است و در همین دوره با ۶۲٪ نفوذ هوا بیشترین میزان تهویه را در این دوره تجربه می کند.



شکل ۱۹: نمودار میزان مصرف انرژی کل در تمام الگوها در حالت درهای بسته در دوره گرم سال (مأخذ: نگارندگان)

گاز در حالت‌های دیگر شده است. با توجه به نمودار شکل ۱۹ میزان مصرف برق و گاز در الگوی B1 نسبت به باقی حالت‌ها کمتر است که این صرفه جویی مصرف انرژی را در حالت مذکور نشان می‌دهد که این به دلیل کاهش چشمگیر مصرف برق ناشی از بهره‌گیری از تهویه طبیعی است.

در حالت درهای بسته الگوی Base که تهویه مکانیکی وجود دارد، نسبت به حالت‌های تهویه طبیعی گاز کمتری مصرف می‌شود، زیرا در حالت‌های دارای تهویه، جریان هوا از طریق فضای ارتباطی عمودی و تهویه مستقیم و سطح تماس بیشتر بنا با محیط پیرامون، باعث هدر رفت انرژی شده و نیاز به گرمایش بیشتری داشته که در نتیجه موجب افزایش مصرف



شکل ۲۰: نمودار میزان مصرف انرژی کل در تمام الگوها در حالت درهای باز در دوره گرم سال (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۲۱: درصد صرفه جویی مصرف انرژی هریک از الگوها در دوره گرم سال (مأخذ: نگارندگان)

است. در عین حال واحد بزرگتر پشت به باد و واحد کوچکتر رو به باد قرار گرفته است تا هیچ یک از واحدها در محدوده سایه باد قرار نگیرند. در حالی که آشپزخانه و درهای داخلی باز هستند، بیشترین میزان نفوذ هوا به داخل ساختمان اتفاق می افتد و حدود ۶ برابر حالت پایه (۰.۶۲۱٪) هوا دریافت می کند، بنابراین بهترین الگو از نظر ایجاد تهویه طبیعی در دوره گرم سال است.

بنابراین استفاده از نفوذ هوا به روش مستقیم مانند الگوی B1 در دوره گرم سال برای اقلیم گرگان مناسب است و مصرف انرژی را در این دوره کاهش می دهد. این الگو از نفوذ هوای مستقیم استفاده می کند، واحد کوچکتر در سمت غرب و واحد بزرگتر سمت شرق قرار گرفته است و چیدمان واحدها به نحوی است که بتوانند حداکثر نفوذ هوا را داشته باشند. این الگوشان داد که ایجاد کردن بازشوهای وسیع در فضای عمومی پلانی که دارای نفوذ هوای مستقیم است، در محل های برخورد باد به ساختمان باعث هدایت بهتر باد به داخل ساختمان و جلوگیری از انحراف آن می شود و تاثیر نفوذ هوا را تا ۰.۶۲۱٪ نسبت به حالت بدون تهویه طبیعی افزایش می دهد و ۸/۴۳٪ صرفه جویی انرژی در دوره گرم سال ایجاد می کند.

نتایج نشان داد که الگوهای طراحی امروزی ساختمان ها (Base) نمی توانند تهویه طبیعی مورد نیاز را در ساختمان ایجاد کنند. همچنین استفاده از الگوهایی که تنها از فضای ارتباطی عمودی بهره می برند (مانند الگوی A) نه تنها در ایجاد تهویه طبیعی کارا نیستند، بلکه میزان مصرف انرژی سالانه را نیز به شدت افزایش می دهند. شاید بتوان با افزایش سطح ارتباط عمودی و ترکیب آن با شرایط الگوی B به شرایط بهتری از نظر مصرف انرژی دست یافت. در طراحی الگوهای چند واحدی مسکونی باید توجه کرد که هیچ گاه واحد بزرگتر در مقابل جهت دریافت باد قرار نگیرد (مانند A2 و B2)، در غیر این صورت میزان تهویه ناشی از نفوذ هوا افت کرده و مصرف انرژی سالانه افزایش می یابد.

باتوجه به نمودار شکل ۲۰ میزان مصرف برق و گاز همانند نمودار شکل ۱۹ در الگوی B1 نسبت به باقی حالتها کمتر است، که صرفه جویی مصرف انرژی را در این حالت نشان می دهد. همچنین میزان صرفه جویی مصرف انرژی در الگوی B1 زمانی که آشپزخانه و درهای داخلی باز است نیز از حالت بسته (Close) بهتر است، زیرا جریان هوای بهتری در محیط برقرار می شود. درصد تغییر مصرف انرژی در دوره گرم سال در حالت های مختلف هر یک از الگوها نسبت به شرایط Base بدون تهویه طبیعی در نمودار شکل ۲۱ مشخص شده است.

باتوجه به مقایسه درصد صرفه جویی مصرف انرژی دریافت می شود که:

۱) الگوی B1 با آشپزخانه و درهای باز با ۸/۴۳٪ صرفه جویی در مصرف انرژی در دوره گرم سال بهترین الگو از نظر مصرف انرژی می باشد.

۲) الگوی B1 با "آشپزخانه باز و درهای بسته" و "آشپزخانه بسته و درهای باز" و "آشپزخانه و درهای بسته، به ترتیب ۵.۲۷٪، ۴.۰۵٪ و ۲.۷۸٪ در رتبه های بعدی از نظر صرفه جویی در دوره گرم سال قرار دارند.

۳) در سایر الگوها نه تنها صرفه جویی مصرف انرژی اتفاق نیفتاده، بلکه میزان مصرف انرژی افزایش یافته است.

جمع بندی و نتیجه گیری

پژوهش حاضر به منظور شناخت وضعیت بهینه استفاده از نفوذ هوا در مجتمع های مسکونی واقع در اقلیم شهر گرگان انجام شده است. این پژوهش در نظر دارد الگوی بهینه از نظر کاهش مصرف انرژی را با توجه به قابلیت میزان نفوذ هوا و ایجاد تهویه در دوره گرم سال معرفی کند. همانطور که ملاحظه شد تنها الگوی طراحی شده دارای صرفه جویی در مصرف انرژی الگوی B1 بود. این الگو که از نفوذ هوای مستقیم استفاده می کند، الگویی است که واحدها در آن جدا از یکدیگر و با فاصله نسبت به هم قرار گرفته اند و این فاصله در فضای مشاع میان واحدها پیش بینی شده

منابع

۱. اسمعیلی، شیما. ۱۳۹۵. چگونگی تاثیر بازشوها بر تهویه طبیعی جهت بهینه سازی مصرف انرژی در خانه‌های سنتی مازندران (نمونه موردی: روستای کندلوس). چهارمین کنفرانس بین المللی پژوهش‌های نوین در عمران، معماری و شهر سازی. بارسلون-اسپانیا.
۲. خوری، زینب. فرخ زاد، محمد. نظیف، حسن. ۱۳۹۶. شاخص‌های طراحی اقلیمی ساختمان‌های مسکونی در شهر گرگان، پنجمین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و توسعه شهری. تهران.
۳. داوری‌نژاد مقدم، مسعود. صلیبی، محمد. ۱۳۹۰. بررسی تأثیرات عوامل اقلیمی بر معماری بومی. اولین کنفرانس بنای ماندگار. مشهد.
۴. زمردیان، زهرا. تحصیلدوست، محمد. ۱۳۹۴. اعتبار سنجی نرم افزارهای شبیه سازی انرژی در ساختمان: با رویکرد تجربی و مقایسه ای. نشریه انرژی ایران، دوره ۱۸، شماره ۴.
۵. طاهباز، منصوره. جلیلیان، ش. ۱۳۹۰. نقش طراحی معماری در کاهش مصرف انرژی در ساختمان (انرژی باد در معماری). مرکز آموزش علمی-کاربردی، گروه بین‌المللی ره شهر (کوئیک بیلد)، نشریه ۱۲۹، تابستان.
۶. عرب، مریم. فرخ‌زاد، محمد. ۱۳۹۶. طراحی بناهای خاک پناه بر مبنای اصول معماری پایدار جهت کاهش مصرف. فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه ریزی انرژی، ۱۴۷-۱۷۳.
۷. غفاری جباری، شهلا. غفاری جباری، شیوا. صالح، الهام. ۱۳۹۲. راهکارهای طراحی مسکن در بهینه سازی. مجله پژوهش‌های برنامه ریزی و سیاستگذاری انرژی، ۱۱۵-۱۳۲.
۸. کسمایی، مرتضی. ۱۳۹۱. اقلیم و معماری. تهران: شرکت خانه سازی ایران، بخش تحقیق.
۹. کسمایی، مرتضی. ۱۳۸۸. پهنه بندی و راهنمای طراحی اقلیمی، اقلیم معتدل و مرطوب (استان‌های گیلان و مازندران). تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
10. Almusade, A. 2011. Biophilic and Bioclimatic Architecture. Uk: Springer-Verlag.
11. Allard, F., and Ghiaus, C. 2005. Natural Ventilation in the Urban Environment: Assessment and Design. Uk; Earth scan.
12. Battle McCarthy, C. 1999. Wind Towers, Jon Wiley & Sons Ltd. Consulting Engineers.
13. CIBSE. 2005. Natural ventilation in nondomestic buildings. London: Chartered Institution of Building Services Engineers.
14. Cai, W.G., Wu, Y., Zhong, Y., and Ren, H. 2009. China building energy consumption: Situation, challenges and corresponding measures. Energy Policy. 37(6), 2054-2059.
15. Cao, J., Li, M., Wang, M., Xiong, M., and Meng, F. 2017. Effects of climate change on outdoor meteorological parameters for building energy-saving design in the different climate zones of China. Energy and buildings. 146, 65-72.
16. Etheridge, D. 2012. Natural Ventilation of Buildings: Theory, Measurement and Design. John Wiley & Sons, Ltd., London, UK.
17. Farea, T.G., Ossen, D.R., Alkaff, S., and Kotani, H. 2015. CFD modeling for natural ventilation in a lightwell connected to outdoor through horizontal voids, Energy and Buildings 86-502-513.
18. Ge, F.H., Guo, X.L., Liu, H.K., Wang, J., and Lu, C.Y. 2013. Energy performance of air cooling systems 16 considering indoor temperature and relative humidity in different climate zones in China, Energy and Buildings. 64 (5), 145-153.
19. Givoni, B. 1998. Climate Consideration in Building and Urban Design. Van Nostrand Reinhold.
20. Ismail, A.M. 1996. Wind-Driven Natural Ventilation In High-Rise Office Buildings With Special Reference to The Hot-Humid Climate of Malaysia, PhD thesis, The Welsh School of Architecture, University of Wales College Of Cardiff, Wales.
21. Kasmai, M. 2006. Climate and Architecture. Isfahan: Khak.
22. Kotani, H., and Satoh, T.R. 2003. Yamanaka, Natural ventilation of light well in high-rise apartment building, Energy and Buildings.. 35, 427-434.
23. Kwok, Y., Lai, A., Lau, K., Chane, P., Lavafpourf, Y., Ho, J., and Ng, E. 2017. Thermal comfort and energy performance of public rental housing under typical and near-extreme weather conditions in Hong Kong. Energy and Buildings.

24. Lama, J.C. Wan, K.K.W. Tsanga, C.L. Liu, Y. 2008. Building energy efficiency in different climates. *Energy Conversion and Management*. 49(8), 2354-2366.
25. Li, D.H.W. Yang, L., and Lam, J.C. 2012. Impact of climate change on energy use in the built environment in different climate zones – A review, *Energy*. 42(1), 103-112.
26. Muhsin, F., Mohammad Yusoff, F., Mohamed, M., and Sopian, A. 2017. CFD modeling of natural ventilation in a void connected to the living units of multi-storey housing for thermal comfort. *Energy and Building*. PP.1-33
27. Murakami, S., Kato, S., Ooka, R., and Shiraishi, Y. 2004. Design of a porous-type residential building model with low environmental load in hot and humid Asia, *Energy and Buildings*. 36, 1181-1183.
28. Omrani, S., Garcia-Hansen, V., Capra, B., and Drogemuller, R. 2017. On the effect of provision of balconies on natural ventilation and thermal comfort in high-rise residential buildings. *Building and Environment*.
29. Saadatjoo, P., Mahdavinjad, M.J. and Zhang, G. 2017. A study on terraced apartments and their natural ventilation performance in hot and humid regions. Tsinghua University Press and Springer-Verlag GmbH Germany.
30. Smith, P. 2005. *Architecture In a Climate Of Change* [Electronic version] . Uk: Architectural Press An imprint of Elsevier.
31. Van Hooff, T., and Blocken, B. 2012. Full-scale measurements of indoor environmental conditions and natural ventilation in a large semi-enclosed stadium: possibilities and limitations for CFD validation. *J. Wind Eng Ind Aerodyn*. PP.330-341.





پروژه‌های پژوهشی و مطالعات فرآیندی
پرتال جامع علوم انسانی