کنترل آلودگی هوا توسط پوسته
(راهکارهای معمارانه کنترل آلودگی هوای شهر اهواز)

(صفحات ٦١ تا ٨٨)

نوع مقاله: پژوهشی DOR:20.1001.1.17358663.1401.17.53.1.0

آناهید ساسان[1] * رضا بهبهانی[2] * حسن ابراهیمی اصل[3]

دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۶ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱

چکیده
آلودگی‌های زیست‌محیطی که ناشی از عوامل جوی و نیز عوامل انسانی ناشی از افزایش جمعیت کره زمین و درنتیجه توسعه بی‌رویه شهرها می‌باشد، باعث ایجاد مشکلات متعددی در سکونتگاه‌ها شده است. در این راستا تلاش‌ها و برنامه‌هایی در راستای پایداری محیط زیست و جهت کنترل منابع تولیدکننده آلودگی در مقیاس کلان انجام شده است که به دلیل مقیاس کلان آن‌ها با عملی شدن فاصله زیادی داشته‌اند. این پژوهش در پی کنترل آسیب آلودگی‌های محیطی به فضای ساختمان در مقیاس یک ساختمان به عنوان هدف اصلی بوده است. در این راستای حل این مشکل، پوسته‌های ساختمانی به عنوان راهکار انتخاب شده است و سه نوع مختلف با سه رویکرد مختلف پوسته‌های زیستی، پوسته‌های هوشمند متحرک و نماهای دوپوسته، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. پژوهش از نظر ماهیت کاربردی می‌باشد، برای تبیین چهارچوب نظری و جمع‌آوری داده‌ها و نیز انتخاب مؤلفه‌های تأثیرگذار، از مطالعه پیشینه مؤثر بر موضوع، همچنین روش میدانی بهره جسته است. برای به دست آوردن میزان ورود آلاینده ها به بنا در هرکدام از مدل‌ها، با استفاده از نرم‌افزارهای مرتبط از روش شبیه‌سازی استفاده شده است. تحلیل و ارزیابی داده‌ها از طریق روش شبیه‌سازی انجام شده است. از نتایج این پژوهش، ارائه مدلی جهت استفاده در شهر اهواز و در راستای کنترل آلودگی‌های محیطی بوده است. در انتها بعد از مشاهده تحلیل شاخص‌های مورد مطالعه در وضع موجود ساختمان، مدل‌های پیشنهادی نیز مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته و نتایج آن در قالب نمودار آمده است. در مقایسه وضع موجود با مدل اول، میزان آلاینده‌های محیطی، چه در خارج ساختمان و مجاورت جداره ساختمان و چه در داخل ساختمان، کاهش چشمگیری داشته است. این در حالی است که همین میزان کاهش آلاینده‌ها در مقایسه وضع موجود با مدل دوم، بیشتر شده است و تدابیر و مدل پیشنهادی، به‌طور کامل کارآ بوده است.

واژگان کلیدی: معماری پایدار، آلودگی محیطی، پوسته ساختمانی، شهر اهواز.

۱. دانشجوی دکترا معماری، دانشکده معماری، واحد جلفا، دانشگاه آزاد اسلامی جلفا، ایران. anahid.sasanii@gmail.com
۲. استادیار معماری، دانشکده معماری، اسلامی واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.(نویسنده مسئول) behbahanyreza@gmail.com
۳. استادیار معماری، دانشکده معماری، واحد جلفا، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. Hassan.ebrahimy@gmail.com

۱- بیان مسأله

مفهوم پایداری ایجاد تعادل بین زندگی بشر و طبیعت و به بیانی استفاده مؤثر از منابع طبیعی می‌باشد تا منابع برای نیاز آیندگان نیز باقی بماند. توسعه پایدار به معنای راهکارهایی غیر از الگوی فانی در بسترهای مختلف ازجمله معماری، می‌باشد.

تحقیقات مختلف انجام شده در سرتاسر جهان مخصوصاً در سال‌های اخیر گواه این حقیقت است که معماری می‌تواند نقش بسیار مؤثری در بهبود بخشیدن کیفیت هوا و نیز استفاده از انرژی داشته باشد. سبز کردن فضاهای شهری و نیز استفاده از راهکارهایی در نما و پوسته بناها، راهکاری ممکن برای دستیابی به پایداری در شهرها می‌باشد. دراین‌بین، با هدف ایجاد پایداری و توسعه پایدار در زمینه معماری، هدف فرعی دیگری که دنبال می‌گردد، افزایش کیفیت زندگی انسان می‌باشد. در این پژوهش به طور خاص این هدف در شهر اهواز که خود دارای مشکل آلودگی‌های هوایی می‌باشد، دنبال شده است.

در راستای انجام این هدف در ابتدا به جای انکار، دنبال کردن راه حل‌های کلان مدیریتی در مقیاس کشوری یا جهانی که در دسترس تعداد خاصی از مدیران و ملزم به ایجاد زیرساخت‌های کلان و اساسی می‌باشد، سعی شده راهکار حل مشکل، در مقصد، یعنی در جداره‌های ساختمان‌های معماری و از روش‌های غیر فعال معمارانه بررسی، تحلیل و ارائه گردد. از آنجا که نمای ساختمان‌ها تشکیل‌دهندهی منظر شهری هستند و منظر وسیله‌ای برای ظهور و بروز شهر و نیز بستری است مناسب برای نمود وقایع و رویدادها در سطح شهر (باقری و همکاران، ۱۳۹۷)، در استفاده از نمای ساختمان علاوه بر کارکرد، باید به جنبه زیبایی‌شناسی و ماهیت شهر نیز دقت گردد. در نتیجه راهکارهای ارائه شده در تحقیق، حاصل نگاه کاربردی و زیبایی شناسانه بوده است.

در این مقاله قابلیت‌های معماری و طبیعت در کنترل آلودگی هوا، مورد بررسی قرار گرفته است و در سه نوع «نمای زیستی»، «نمای دوپوسته» و «نمای هوشمند متحرک» مطالعه شده است. نمای زیستی همچنین به عنوان معماری زنده شناخته می‌شود که از رشد گیاهان در سطوح ساختمانی برای بهبود کیفیت هوا استفاده می‌کند.

این پژوهش به دنبال پاسخگویی به این سؤال اصلی است که سه راهکار ارائه شده برای استفاده در نمای ساختمان، آیا در کاهش میزان آلاینده‌های محیطی مؤثرند؟ و میزان این تأثیر به چه میزان است؟ این مدل چه میزان در فضای داخلی و چه میزان در

فضای خارجی مؤثر خواهد بود؟

از محدودیت‌های تحقیق می‌توان به عدم امکان دسترسی به داده‌های آب و هوایی به‌صورت برداشت میدانی اشاره کرد. از آنجا که اطلاعات از طریق سایت برداشت شده است و این اطلاعات به‌طور میانگین ارائه شده است، از لحاظ دقت، مرتبه پایین‌تری از دقت را نسبت به برداشت میدانی داشته است.

همچنین می‌توان به نرم‌افزارهای اندازه‌گیری اشاره کرد که این نرم‌افزارها به‌صورت هم‌زمان[1] عمل نمی‌کنند؛ درنتیجه، برای طراحی نمی‌توان هم‌زمان در اثر تغییرات، میزان آلاینده‌ها را بررسی کرد، بلکه برای هر تغییری باید مدارک مجدد آپلود شوند و از اول فرآیند تحلیل طی شود که مستلزم زمان زیادی است و محدود به دفعات کمی می‌شود. همچنین در نرم‌افزارهای مربوطه امکان سنجش میزان آلاینده‌ها در داخل و خارج ساختمان به طور هم‌زمان وجود ندارد؛ اکثر نرم‌افزارها بر سنجش شاخص‌ها در فضای شهری متمرکز هستند.

علاوه بر موارد ذکر شده، مشکل سنجش شاخص‌ها در نماها و سازه‌های متحرک است که گزینه‌ای برای سنجش آن‌ها وجود ندارد؛ درنتیجه، محقق مجبور است سازه را ثابت در نظر بگیرد که این مورد باعث کم شدن دقت می‌شود.

۲. ادبیات پژوهش

راهبردهای متنوعی در این خصوص مطرح شده است؛ در سال ۲۰۱۸ استودیوی اکولوژیک در انگلستان نمای ساختمانی قدیمی را با استفاده از میکرو جلبک‌ها و با پلاستیک‌ها پوشاندند. آن‌ها این کار را باهدف کاهش آلودگی هوا انجام دادند. با تزریق جلبک‌ها درون حباب‌های پلاستیکی، آن‌ها را در معرض هوای پیرامون قرار دادند. جلبک‌ها با جذب کربن‌دی‌اکسید به بایومس تبدیل می‌شود (www.archdaily.com, 2018). در ادامه، در همین سال می‌توان به ایده ساخت آجر خلاقانه با توانایی مکش آلودگی از هوا مانند جاروبرقی اشاره کرد؛ کل نمای ساخته شده از تعدادی شفت سازه‌ای برای نگه‌داری آجرها ساخته شده است. آجرها دولایه هستند، به‌طوری‌که لایه درونی دارای فیلتری است که عناصر سنگین موجود در هوا را گیر می‌اندازد و آن‌ها را به

1- Real time

یک مسیر انتقال آلودگی در پشت‌نما انتقال می‌دهد تا از این طریق آلودگی‌ها به پایین و بیرون از نما منتقل شوند. ویژگی خوب این نما این است که با هر دو نوع تهویه مطبوع طبیعی یا الکتریکی می‌تواند کار کند (www.archdaily.com, 2018). در سال ۲۰۲۰ ایده رشد جلبک‌ها روی نمای ساختمان مسکونی مطرح شد که توانایی جذب دی‌اکسیدکربن هوا را دارند و چیزی شبیه به داشتن ۸۰ تا ۱۰۰ درخت در پیرامون ساختمان است (www.bouygues-construction.com, 2020). همچنین مطالعه اولین پروژه نمای هوشمند با میکرو جلبک‌ها با توانایی تولید گرما و بایومَس به‌عنوان منبع انرژی یک پروژه الهام‌بخش انجام شده در سال ۲۰۱۳ محسوب می‌گردد. این ساختمان اولین ساختمان با ایده نمای جلبکی و سبز بود. این ساختمان با میکرو جلبک‌ها آلودگی را جذب می‌کند، سپس بایومس را تولید می‌کند و این مواد تولید شده توسط نمای ساختمان به سیستم بسته‌ای انتقال داده می‌شود تا به‌وسیله آن انرژی ساختمان مدیریت شود (www.arup.com, 2013). در ادامه ایده و طراحی‌های در راستای حل این مشکل، در سال ۲۰۲۱ در انستیتوی «بیک»[1]، در یک پروژه درسی طراحی نمای ساختمان، نمای هوشمندی طراحی شد که این نمای هوشمند تعاملی، مکانیزم حرکتی دارد که حرکت خورشید را دنبال می‌کند. در این نما با استفاده از موتورهایی توانایی حرکت به پنل‌ها داده شده است. تقریباً یک نمای دوپوسته است. نمای داخلی ثابت است اما نمای دوم متحرک و پاسخگو به شرایط محیطی است. نیز در پروژه دیگری به‌صورت متحرک و پاسخگو طراحی شده است که ایده آن از فتوسنتز گیاهان گرفته شده است. طراحان با شبیه‌سازی گلبرگ‌های گل‌ها، باز و بسته شدن آن را در طرح خود استفاده کردند (www.iaacblog.com, 2021).

گام نخست برای انجام تحقیق حاضر، بررسی پیشینه و تحقیق‌های مرتبط انجام شده در حوزه معماری می‌باشد. در این راستا منابع کتابخانه‌ای، مقالات، پایان‌نامه‌ها، سایت‌های اینترنتی و پایگاه‌های علمی معتبر شناسایی و مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند.

مطالعات پیشینه طبق روند مقاله در سه قسمت اصلی متمرکز شده است: قسمت اول مطالعات در باره نمای سبز، قسمت دوم مربوط به نمای دوجداره و قسمت سوم مرتبط با

1- Iaac

نمای هوشمند و متحرک بوده است.

در قسمت اول، حسین حنیفی، والا حسین، در سال ۲۰۲۱ پوسته بایو-جلبک را بررسی نموده و استفاده از منابع پاک تجدیدپذیر و رویکرد بایومیمیک را به‌عنوان راه‌حل معرفی کرده است. آلدیک، زیاد در سال ۲۰۲۰، در پژوهشی بر طراحی یک نمای تعاملی با محیط و هوشمند تأکید داشته است. این پژوهش دقیقاً باهدف کاهش آلودگی هوا بر رشد عمودی گیاهان روی نما تمرکز دارد؛ یعنی گیاهانی که نیازی به آبیاری ندارند و رشد می‌کنند و آلودگی‌ها را به خود جذب می‌کنند.

در قسمت دوم، کوسوخین[1] و همکاران در سال ۲۰۱۸، نمای دوپوسته‌ای را شبیه‌سازی کردند و به این نتیجه رسیدند که اگر نمای دوپوسته در جهت جنوبی بنا قرار گیرد و تهویه نشود، درصورتی‌که از لوور استفاده نشود، دمای حفره میانی ممکن است تا ۴۷ درجه سانتی گراد بالا رود که در صورت وجود لوورها این دما تا ۵۲ درجه سانتی گراد نیز بالا خواهد رفت (Kosukhin & et al, 2018). دانش[2] و همکاران در سال ۲۰۱۹، نمای دوپوسته را شبیه‌سازی کرده و دما و نوسانات جریان هوا را در آن بررسی نموده است. در نتایج مشاهده می‌شود مناسب با توجه به شرایط خاص پروژه، می‌توان بار سرمایش و گرمایش ساختمان را کاهش داد (Danesh,M. 2019). در همین سال گریز[3] و همکاران نیز کار شبیه‌سازی نمای دوپوسته را انجام داده‌اند که از نتایج پژوهش این است که نمای دوپوسته می‌تواند ضمن ایجاد شرایط آسایش ساکنان، آلودگی‌های محیطی ساختمان را نیز کاهش دهد (Graiz & et al, 2019).

در قسمت سوم، چندین پروژه نمای هوشمند و نماهای متحرک بررسی شد. این پروژه‌ها مخصوصاً در سال‌های اخیر فراگیرتر بوده است و صرفاً جهت ارائه سازه برای دریچه باز و بسته شونده هوشمند در جداره مدل پیشنهادی بررسی شده‌اند که به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود. حسینی، مرتضی و همکاران در سال ۲۰۲۱، پژوهشی بر روی نمای متحرک تعاملی با الهام از طبیعت انجام داده‌اند. در این پژوهش با الهام از زیست و طبیعت و حرکت روزنه گیاهان و اصول رفتاری آن‌ها سایه‌بان طراحی شده است که تلاشی برای

1- Kosukhin
2- Danesh
3- Graiz

افزایش آسایش حرارتی و بصری کاربر در اثر تغییر مکان خورشید در آسمان است. ناحیه گذرا بر اساس نقطه جذب وابسته به محل خورشید در آسمان باعث باز و بسته شدن سایه‌بان نما می‌شود (حسینی و همکاران، ۲۰۲۱). شارپ، الکسیا و همکاران در سال ۲۰۲۱ سایه‌بان اتوماتیک الهام گرفته شده از طبیعت بر اساس جزئیات حرکت گیاهان را بررسی کرده‌اند (Sharp, 2021). عثمان، محمود و همکاران در ۲۰۱۷، سیستم خلاقانه سایه‌بان پاسخگو را در یک نمونه موردی چند عملکردی در میلان مورد بررسی قرار داده‌اند (OTHMAN, 2017). یی، هوآنگ و همکاران در سال ۲۰۲۰، سایه‌بان متحرک سه‌بعدی چاپ شده با آلیاژ حافظه شکلی سازگار با آب و هوا را در پژوهشی مورد تدقیق قرار داده‌اند و تنها با استفاده از اوریگامی و نحوه باز و بسته‌شدن گیاهان مدول خود را حساس به نور کردند تا با متریال هوشمند خود، باز و بسته شود (Yi, 2020).

۱-۲. پوسته‌های زیستی

در این دسته‌بندی، به‌طورکلی عناصری که در ارتباط مستقیم با طبیعت هستند و با الحاق شدن به نما، تأثیر به سزایی در کاهش و کنترل آلودگی هوا دارند، قرار گرفته است. تمرکز این قسمت بر روی نماهای مبتنی بر طبیعت است؛ طبیعتی که پاسخگویی آن در حل مسائل انسانی اثبات شده و می‌توان گفت بقای انسان و محیط زیست به حفظ پایداری و تعادل در محیط زیست می‌باشد.

نمای سبز، پوسته‌های تلفیق شده با جلبک، دیوار سبز هیدروپونیک و غیره، همگی به دلیل عنصر مشترک وجود سبزینگی و گیاه در آن‌ها، در این دسته‌بندی قرار گرفته‌اند.

لازم به ذکر است که اگرچه درختان می‌توانند نقش مؤثری در کاهش آلودگی هوا داشته باشند، اما کاشت درخت در شهرهای پرجمعیت همیشه به‌راحتی امکان‌پذیر نیست (Yang, Yu & Gong, 2008)؛ درنتیجه، نماهای سبز می‌توانند جایگزین مناسب و فناوری مؤثری برای ایجاد محیطی عاری از آلودگی باشند (Thottathil, et al, 2010).

بهترین تعریف برای نمای سبز، نمایی است که قسمتی یا تمام آن با گیاه پوشیده شده باشد. برای این منظور از گیاهانی مثل رونده و مو و غیره استفاده می‌شود. رشد این گیاهان بر روی نما می‌تواند به‌صورت سنتی و به‌طور مستقیم و بدون حائل روی نما قرار گیرد که ممکن است از لحاظ آسیب به مصالح و رشد حیوانات و هزینه‌های نگهداری، گزینه مناسبی نباشد. طریقه دوم قرار دادن داربست، سازه شبکه‌ای، کابل، نمد پلیمری و

یا سیستم هیدروپونیک، به عنوان استراکچر گیاهان می‌باشد (Blinova’ et al. 2015).

مزایای دیواره‌های زیستی

مزایای زیادی برای دیوارهای زیستی وجود دارد که البته تمرکز این مقاله بر روی آلودگی هوا و نحوه کاهش و کنترل آن می‌باشد.

کاهش آلودگی: گیاهان از طریق تهیه اکسیژن و فیلتر کردن هوای آلوده و ذرات معلق، در کنترل و کاهش آلودگی مؤثر هستند. فیلتراسیون توسط گیاهان و از طریق میکروارگانیسم‌ها انجام می‌شود (Yang, Yu & Gong, 2008).

صرفه‌جویی در انرژی: پوشش سبز در نما به عنوان سایه‌بان در فصل تابستان عمل می‌کند و در فصل زمستان نیز از بادهای سرد جلوگیری می‌کند. همچنین از آنجایی که لایه‌ای از هوا را در خود نگه می‌دارد، به عنوان عایق حرارتی خوبی برای ساختمان کاربرد دارد. درنتیجه مصرف انرژی در ساختمان کاهش پیدا می‌کند.

زیباسازی: پوشش نما با گیاهان در فضای شهری باعث ایجاد زیبایی می‌شود.

عایق صدا: پوشش گیاهان در نما مانند عایق صوتی عمل می‌کند و مخصوصاً برای ساختمان‌های مرکز شهر و یا مناطق شلوغ بسیار مناسب اند (Bastanfard, 2018).

نمودار ۱. نمایش هدف، روش و ابزار به کارگرفته شده در طراحی‌های غیرفعال در نما، جهت کاهش آلودگی هوا

۲-۲. پوسته‌های هوشمند متحرک

در اوایل سال ۱۹۶۰، نماهای جنبشی معماری به دنبال تعامل بصری و فیزیکی با محیط و صرفه‌جویی در انرژی مورد بررسی قرار گرفتند (Moloney et al. 2019). پیشرفت‌های فعلی مواد، امکانات جدید، هزینه‌های کمتر و انواع پیشرفته را فراهم می‌کند. ادبیات بررسی شده برای این مقاله بر روی این روندهای اخیر در دهه ۲۰۱۰-۲۰۲۰ و استفاده از مکانیزم جهت هدف مقاله -کنترل آلودگی محیطی- متمرکز شده است.

بررسی نماهای متحرک، از جنبه بررسی مصالح به کاربرده و مکانیزم و تکنولوژی

استفاده شده قابل بررسی می‌باشند و در قسمت تحلیل‌ها، علاوه بر نرم‌افزارهای به روز در دسترس، شاخص‌هایی ازجمله میزان کاهش پارامترهای آلاینده مورد نظر، کاهش مصرف انرژی، محاسبه صرفه‌جویی در هزینه‌ها در طول دوره بهره‌برداری و... قابل مطالعه و مقایسه می‌باشند (Anastasia Globa, et al. 2021).

در اینجا هوشمند بودن بدین معناست که سیستم، قابلیت سازگاری با محیط را به صورت خودکار دارا باشد. با وجود این، امکان اعمال تنظیمات به صورت دستی که ترجیح کاربر را نیز در نظر می‌گیرد، از مزیت‌های سیستم به شمار خواهد آمد. نماهای هوشمند می‌توانند در قالب نماهای متحرک و هوشمند اجرا شوند و تأثیر به سزایی در بهبود کیفیت هوا و کاهش مصرف انرژی داشته باشند (برگرفته از سایت: https://satavand.com).

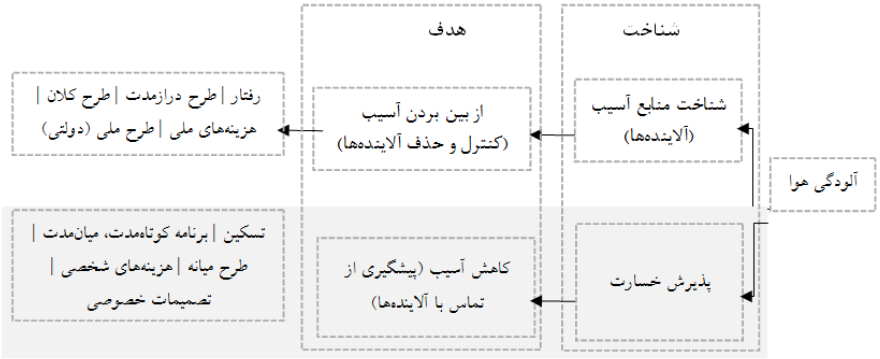
۳-۲. نماهای دوپوسته

استفاده از استراتژی‌های طراحی غیرفعال، به‌خصوص در مراحل اولیه طراحی، اولویتی برای معماران جهت بهینه‌سازی استفاده از منابع انرژی و نیز کاهش آلودگی‌های محیطی می‌باشد (L. Wang, et al, 2009) که به‌طور معمول، برای ساختمان‌های بلند مورد بحث قرار می گیرد، زیرا تمایل به دید گسترده دارند؛ به همین دلیل از شیشه بیشتری استفاده می‌شود. اگر ما یک ساختمان شیشه‌ای کامل ایجاد کنیم، زمان زیادی برای تهویه مکانیکی آن نیاز است و همچنین انرژی زیادی برای خنک نگه داشتن ساختمان در تابستان و گرم نگه داشتن در زمستان مصرف می‌شود. به همین دلیل از نمای دوجداره استفاده می‌شود. اصطلاح نمای دوپوسته درواقع، ایده نمای انعطاف‌پذیر متشکل از دو جداره مختلف است که با یک حفره هوای میانی از هم جدا شده‌اند. حفره میانی وظایف جمع‌آوری تابش خورشیدی در زمستان (اثر گلخانه‌ای) و یا تخلیه آن در تابستان (تهویه طبیعی) را بر عهده دارد. لایه خارجی معمولاً از جنس شیشه بوده درحالی‌که لایه داخلی از هر جنسی تشکیل خواهد شد، اما عمدتاً جداره خارجی فضای داخلی دارای جرم حرارتی است (برگرفته از سایت: https:// wikipedia.org).

پوسته‌های ساختمانی، علاوه بر جدا کردن فضای داخل و خارج، نقش پررنگی در تأمین آسایش حرارتی ساکنان به عهده دارند؛ حال اگر یک جداره حرارتی کارآمد و با طراحی پایدار در ساختمان داشته باشیم، باعث به حداقل رسیدن دفع گرما در زمستان و

جذب آن در تابستان خواهد شد.

با گسترش صنعت معماری استفاده از نماهای شیشه‌ای در ساختمان‌ها به علت برخی مسائل، از قبیل زیبایی‌شناسی و... افزایش پیدا کرده است که بار سرمایشی و گرمایشی را نیز با افزایش روبه‌رو می‌سازد، اما یکی از نیازهای ضروری در ساختمان‌ها ذخیره‌سازی انرژی و طراحی پایدار است که نماهای دوپوستهDSF می‌تواند در این امر مفید واقع شود. DSF علاوه بر شفافیت مورد نیاز، تشعشات خورشیدی جذب شده را در زمستان ذخیره می‌کند و در تابستان با تهویه مناسب کاهش می‌دهد؛ به این صورت، آسایش حرارتی و کیفیت هوای داخلی را بهبود می‌بخشد و بار سرمایشی و گرمایشی ایجاد شده را کاهش می‌دهد.



نمودار ۲. دیاگرام نحوه برخورد با مسئله آلودگی هوا ***(Bastanfard, 2018)***

۳. روش پژوهش

برای محاسبه شاخص‌های مطرح شده، اولین گام مدل‌سازی سه‌بعدی ساختمان به همراه همسایگی‌ها تا میزان نشان داده شده در تصویر است. علاوه بر مدل‌سازی حجم ساختمان‌ها، مدل‌سازی و مشخص کردن فضای سبز محیط نیز مورد نیاز است. سپس تمام قسمت‌ها به تفکیک به نرم‌افزار داده می‌شود تا در مرحله بعد، شاخص‌های مورد مطالعه و مدنظر انتخاب شود و توسط نرم‌افزار محاسبه گردد. قابل ذکر است با توجه به حجم و داده‌های هواشناسی وارد شده به نرم‌افزار و شاخص‌های مدنظر، محاسبه هرکدام از قسمت‌ها حدود ۱۲ ساعت به طول انجامیده است.

پس از بررسی‌های انجام شده، مطالعات پیشینه و شاخص‌های آلودگی انتخابی، سه

مدل از بهترین راهکارهای کنترل آلودگی محیطی مناسب اجرا بر روی پوسته ساختمان مسکونی و مطلوب، برای اقلیم شهر اهواز برگزیده شد. این سه مدل بعد از بررسی مزایا و معایب راهکارهای موجود و به صورت خلاقانه ارائه شده است. همچنین جهت استفاده از مزایای بیشتر و اجتناب از معایب روش‌های موجود، به‌صورت مناسبی با یکدیگر ترکیب شده‌اند که در ادامه به معرفی هرکدام پرداخته شده است. همچنین با مدل‌سازی هرکدام از مدل‌ها، با نرم‌افزارهای تحلیلی بررسی به عمل آمده و نتایج ارائه شده است.

نرم‌افزار انویمت[1] برای مدل‌سازی پراکندگی آلودگی هوا به کمک مدل CFD تحلیل می‌کند. در این تحلیل از چهار جز اصلی برای شبیه‌سازی متغیرهای ریز هواشناسی استفاده می‌شود. اجزای آن شامل اتمسفر (شارهای تشعشعی، پراکندگی آلودگی)، مدل خاک، پوشش گیاهی، محیط ساخته شده (حوزه فیزیکی و هندسه شهری) است.

در مطالعات متنوعی برای تخمین آسایش حرارتی انسان، استراتژی‌های کاهش گرما و ریز هواشناسی شهری استفاده می‌شود (M. Taleghani, 2022).

شهر اهواز واقع در بخش مرکزی شهرستان اهواز، از کلان‌شهرهای ایران می‌باشد. این شهر در سال ۱۳۰۳ بعد از شوشتر به عنوان مرکز استان خوزستان می‌باشد (به نقل از پایگاه اطلاع‌رسانی شهرداری اهواز). بر اساس سرشماری مرکز آمار ایران، جمعیت این شهر در سال ۱۳۹۵ حدود یک میلیون و ۱۸٤ هزار و۷۸۸ نفر می‌باشد که در میان شهرهای پرجمعیت ایران، رتبه هشتم را به خود اختصاص داده است (روزنامه جام جم، ۲۰۱٦).

جدول۱- آب و هوای شهر اهواز

	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مـــه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سال
گرم‌ترین °C	۳۲	۳۱	۳۳	۴۱	۴۶	۴۸	۴۸	۴۸	۴۶	۳۲	۳۵	۳۸	۴۸
میانگین گرم‌ترین‌ها °C	۱۳	۱۷	۳۳	۲۹	۳۶	۴۰	۴۲	۴۳	۳۸	۳۱	۳۳	۱۷	۳۰
میانگین سردترین‌ها °C	۸	۱۱	۱۶	۳۳	۲۷	۲۸	۳۱	۳۰	۲۷	۳۳	۱۶	۱۲	۳۱
سردترین °C	—	—	۵	۱۱	۱۷	۱۷	۳۰	۳۳	۱۸	۱۲	۱	۲	—
بارش mm	۵	۴	۳	۲	۱	—	—	—	—	۱	۳	۵	۳۴

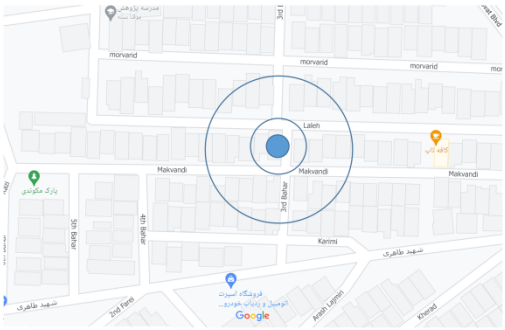
(مأخذ: سایت http://www.weatherbase.com/آوریل ۲۰۰۹)

1- Envi-met

طبق آمار رسمی، پس از اصفهان و تهران، اهواز بالاترین رتبه را در میزان آلودگی هوا دارد و این میزان روز به روز در حال افزایش است. یکی از مهم‌ترین دلایل این میزان آلودگی، گرد و غبار و حمل و نقل درون‌شهری و همچنین گسترش بافت شهری و وجود کارخانه‌هایی همچون فولاد خوزستان و ایران کربن است (سایت: http://www.weatherbase.com)؛ میزان آلودگی این شهر به‌کرات توسط سازمان‌های مختلف، مانند سازمان حفاظت محیط زیست استان خوزستان، هشت برابر بیش از حد مجاز اعلام شده که این امر سبب تعطیلی مدارس، کودکستان‌ها و همچنین لغو پروازها شده است. تعدادی از سازمان‌های دولتی گرد و غبار صحرای عربستان و جنوب عراق، کمبود بارش باران و نبود پوشش گیاهی مناسب در برخی مناطق خوزستان را علت این امر می‌دانند. گستره این آلودگی به دیگر استان‌ها همچون ایلام و تعدادی از شهرهای استان فارس و بوشهر پیشروی کرده است (https://khouzestan.doe.ir).

با توجه به مطالعات انجام شده، بررسی پیشینه پژوهش و تمرکز بر شاخص‌های آلاینده هوا در این بخش سه مدل مختلف از نمای الحاقی روی ساختمان جهت کنترل آلودگی‌های محیطی ارائه شده است. برای این منظور، ابتدا یک واحد نمونه با کاربری مسکونی ترسیم شده که در ادامه معرفی می‌گردد. این ساختمان از سه سمت جغرافیایی نما دارد و دسترسی‌هایی به خیابان و کوچه مجاور برای آن تعریف شده است. بلوک ساختمانی دارای سه واحد مسکونی می‌باشد که در پلان به‌خوبی نشان داده شده است. برای بررسی مدل ارائه شده، نماها به انضمام مدل، سه‌بعدی شده‌اند و با نرم‌افزار شاخص-های آلاینده هوا بررسی و جداول ارائه شده است. مدل‌های ارائه شده در این پژوهش پس از بررسی پیشینه و به‌صورت ترکیبی با هدف تکمیل مدل‌های قبل، نمایش داده شده‌اند. همچنین برای معرفی هرچه بهتر هر مدل، دیاگرام‌هایی جهت تبیین نحوه کارکرد آن‌ها ارائه شده است.

ساختمان واحد مدل شده، هیچ‌گونه نمای دوم و یا سایه‌بان الحاقی ندارد. سازه ساختمان بتنی و مشخصات جداره‌ها در جدول آمده است. همچنین مساحت پوسته ساختمان شامل سطوح پر و نورگذر در جدول محاسبه شده است.



شکل ۱. موقعیت قرارگیری ساختمان در شهر اهواز

(مأخذ: سایت گوگل مپ)

جدول ۲. مشخصات پنجره‌های ساختمان

ردیف	مشخصات پنجره‌های ساختمان	مقدار
۱.	ضخامت شیشه (لایه خارجی و داخلی)	٤ میلی‌متر
۲.	ضریب انعکاس خورشیدی در تابش عمود رو به تابش	۰.۸٤٦
۳.	ضریب انعکاس خورشیدی در تابش عمود رو به تابش	۰.۰۷۵
٤.	ضریب انعکاس خورشیدی در تابش عمود پشت به تابش	۰.۰۷۵
۵.	ضریب عبور نور مریی در تابش عمود	۰.۸۹۹
٦.	ضریب انعکاس تابش مریی در تابش عمود رو به تابش	۰.۰۸۳
۷.	ضریب انعکاس تابش مریی در تابش عمود پشت به تابش	۰.۰۸۳
۸.	ضریب عبور فروسرخ در تابش مستقیم	۰
۹.	ضریب گسیل نیمکروی فروسرخ رو به تابش	۰.۸٤
۱۰.	ضریب گسیل نیمکروی فروسرخ پشت به تابش	۰.۸٤
۱۱.	ضریب هدایت حرارتی	۱ (وات/متر. کلوین)
۱۲.	ضخامت حفره (گاز هوا)	٦ میلی‌متر

شیشه دوجداره	ضخامت شیشه: ٤	لایه‌های خشک	ضخامت هوا: ٤	ضریب انتقال حرارت: ۳

(مأخذ: نگارنده)

جدول ۳. جزییات اجزای ساختمان

اجزای ساختمان	مصالح	ضخامت cm	ظرفیت گرمایی J/(kgk)	ضریب هدایت W/(mk)	دانسیته Kg/m^3
	نازک‌کاری	5.2	780	72.0	1860
	بلوک بتنی	10	880	40.1	2300

دیوار خارجی (به عنوان عنصر متغیر)	پلاستر سیمان	3	1000	15.1	1800
	آجرنما	5	840	20.2	3000
	نازک‌کاری	5.2	780	72.0	1860
دیوار داخلی (به عنوان عنصر ثابت)	بلوک سفالی	10	840	50.0	1300
	نازک‌کاری	5.2	780	72.0	1860
	نازک‌کاری	5.2	780	72.0	1860
بام (به عنوان عنصر ثابت)	بلوک بتنی	5.2	880	40.1	2300
	بتن سبک	5	880	40.1	2300
	ماسه	2	800	27.0	1515
	شن	2	745	9.2	2150
سقف طبقات	عایق رطوبتی	8.0	1000	70.0	2100
	پلاستر	3	1000	15.1	1800
	موزاییک	4	100	75.1	2220
	نازک‌کاری	6	780	72.0	1860
	تیرچه بلوک	5.2	880	40.1	2300
	بتن سبک	2	880	40.1	2300
	سیمان	10	780	72.0	1860
	موزاییک	5.2	745	9.2	2150

جدول ٤. مساحت سطوح پوسته ساختمان

جهت پوسته	مساحت کل (متر مربع)	مساحت سطوح باز شو (متر مربع)	مساحت سطوح پر (متر مربع)	درصد سطوح باز شو به کل
جنوب	۰.٦٥١	۰.١٩٦	٤٥٥	١٠.٣
شمال	۰.٦٢٥	٧٠.٢٨	٣٠.٥٩٦	٦٠.٤
شرق	۰.٤	۰.٨٥	٣١٥	٢٥.٢١
غرب	۰.٣٨٥	–	۰.٣٨٥	–

در ادامه، الگوی شماتیک پلان تیپ طبقات و نماها (شکل۲) ارائه شده است.

مؤلفه‌هایی از ساختمان که در تماس با محیط اطراف هستند و درنتیجه جهت بررسی حائز اهمیت اند، عناصری چون کف، دیوارها، پنجره‌ها، سقف‌ها و بام می‌باشند. در این

تحقیق تمام عناصر همان‌طور که در واحد نمونه آمده است، مدل شده است و برای پوسته‌های مختلف یکسان در نظر گرفته شده است و با تغییر پوسته، میزان تأثیر کنترل آلاینده‌های محیطی بررسی می‌گردد. در ادامه تعداد و جبهه نمای ساختمان در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵. مشخصات ساختمان

ردیف	مؤلفه	مقدار
۱.	تعداد طبقات	۷
۲.	تعداد واحد مسکونی هر طبقه	۲
۳.	متراژ هر طبقه	٤۳۰ متر مربع
٤.	سطح نمای جنوبی و شمالی	۷۰۰ متر مربع *۲
۵.	سطح نمای شرقی و غربی	٤٦۰ متر مربع *۲
٦.	کل سطح پوسته خارجی	۲۳۲۰ متر مربع
۷.	سطح نمای شفاف شرقی	۵٤.۵ متر مربع
۸.	سطح نمای شفاف جنوبی	۱۰۷.۸ متر مربع
۹.	سطح نمای شفاف شمالی	۳۵ متر مربع

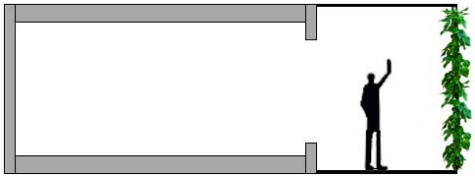
مدل ۱: پوسته زیستی (نمای سبز)

شکل ۲. پلان ساختمان مسکونی واحد نمونه
مأخذ: نگارنده

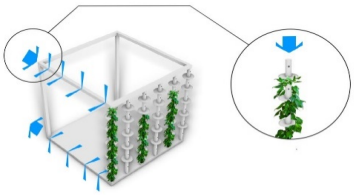
برای قرارگیری نمای سبز روی نمای ساختمان، به صورتی که نورگیری مناسبی برای خود گیاهان و همچنین فضاهای داخلی ساختمان داشته باشد، چند آلترناتیو در نظر گرفته شده است که در دیاگرام‌ها نمایش داده شده است. همچنین یکی از چالش‌های نمای سبز همان‌طور که در پیشینه ذکر شد، مشکل آسیب رساندن به جداره ساختمان و مصالح آن، از طریق آبیاری گیاهان و نفوذ آب به مصالح و همچنین نفوذ جانورانی که در نمای سبز

زیست می‌کنند، می‌باشد. برای حل این مشکل و نیز دسترسی بهتر به دیواره سبز، ساز و کاری برای این مدل در نظر گرفته شده است، به این صورت که سازه‌ای به عنوان تکیه‌گاه گیاهان تعبیه شده که با نمای اصلی فاصله‌ای ایجاد کرده است. این فاصله علاوه بر مزایای ذکر شده، فضای مناسبی جهت استفاده ساکنین ایجاد می‌کند.

همان‌طور که در تصویر به طور دیاگرام ترسیم شده و قابل ملاحظه است، علاوه بر تأثیر دیواره سبز بر میزان آلاینده‌های محیطی، به تأثیر آن بر میزان نورگیری فضاهای داخلی نیز دقت شده است و راهکارهایی ارائه شده است. مقدار نورگیری، علاوه بر میزان نیاز به نور طبیعی فضاهای داخلی ساختمان، برای بهداشت و رشد خود دیواره سبز و جلوگیری از رشد میکرو ارگانیسم‌ها نیاز است. در جزئیات ارائه شده به صورت دیاگرام، به این مبحث و نیز به آبیاری فضای سبز، نحوه کاشت، دسترسی برای تعویض و تعمیر و... دقت شده است و درنهایت، مدلی کاربردی و قابل اجرا ارائه شده است.



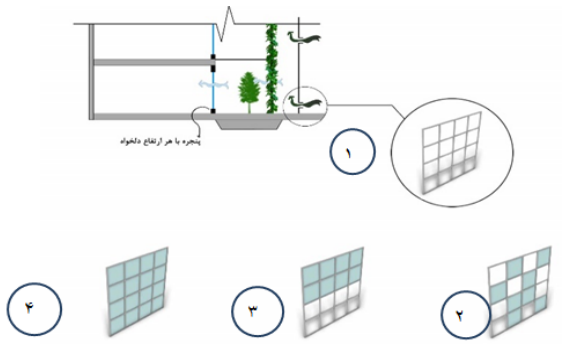
شکل ۳. دسترسی به نمای سبز جهت تعمیرات و تعویض گیاهان
(مأخذ: نگارنده)



شکل ٤. راست: دیتیل آبیاری قطره‌ای؛ چپ: اتصال شبکه تکیه‌گاهی فضای سبز به نما، مسیر حرکت آب
(مأخذ: نگارنده)

مدل ۲: نمای دوپوسته در ترکیب با پوسته زیستی

این مدل پس از مطالعات بسیاری که بر روی نماهای دوپوسته به‌خصوص در سال‌های گذشته، صورت گرفته پیشنهاد شده است. همان‌طور که در تصاویر و دیاگرام‌ها مشاهده می‌شود، سازه‌ای شبکه‌ای جهت پایه فضاهای سبز رونده بر روی نما در نظر گرفته شده است که این شبکه، از لوله‌هایی که حامل آب جهت آبیاری گیاهان می‌باشند، تشکیل شده است، این لوله‌ها می‌توانند به سیستم جمع‌آوری آب باران ساختمان متصل شوند. همچنین به واسطه ایجاد شبکه در مجاورت پوسته دوم ساختمان، با فاصله‌گذاری، مزایایی از جمله عدم آسیب رطوبت گیاهان به نمای ساختمان، عدم نفوذ



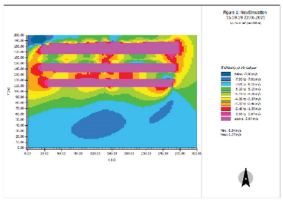
شکل ۵. نمایش شماتیک نمای دوپوسته در ترکیب با نمای سبز
۱. شبکه نمای دوم، ۲. پوشش پنل ها به صورت رندوم (با استفاده از نرم‌افزار می‌توان حالت بهینه پوششش پنل ها به صورتی که بهترین سایه‌اندازی و در نتیجه حالت بهینه مصرف انرژی را داشته باشد تعیین کرد)، ۳. نمای کاملاً شیشه

موجودات موذی در مصالح نما و... را شامل می‌شود. همچنین به واسطه طراحی صورت گرفته، آپشن‌های مختلفی جهت طراحی متفاوت نما ایجاد گردیده است؛ بنا بر این، در صورت بهره‌مندی ساختمان‌های متعدد و همسایه در یک خیابان از این نما، تنوع نمایی از تکرار جلوگیری می‌نماید. از آنجایی که موضوع این پژوهش تدقیق بر روی عملکرد نما در مقابل آلاینده‌های محیطی است، در این مدل همان‌طور که در دیاگرام‌ها ارائه گردیده است، جزئیات اصلی و ملاحظات اجرایی نما مدنظر قرار گرفته است، اما با تدقیق بر روی طراحی آن، می‌توان جزئیات طراحی، تزئینی و اجرایی بیشتری برای نما ایجاد نمود.

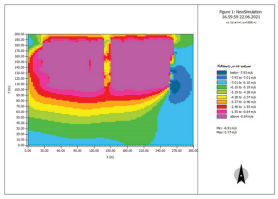
٤. تحلیل تجربی

بررسی و تحلیل وضع موجود

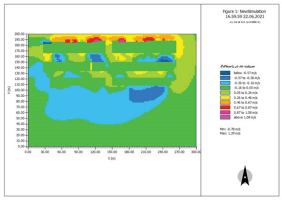
دیاگرام‌هایی که در ادامه به‌صورت تصاویر رنگ زده ارائه شده، شمایی از وضع موجود ساختمان در بستر همسایگی، خیابان، موانع، ساختمان‌ها و پوشش گیاهی اطراف است. برای بررسی میزان تأثیرگذاری مدل‌های ارائه شده، در ابتدا نیاز است میزان تأثیر آلاینده-ها در وضع موجود سنجیده شود. برای این منظور سرعت باد در راستاهای مختلف و نیز به طور میانگین و کلی، جهت وزش باد، رطوبت نسبی، میزان CO_2 در داخل و خارج ساختمان، دمای هوا و مقدار MPV سنجیده شده است. در نمودارهای نمایش داده شده میزان کمترین و بیشترین مقدار هرکدام از شاخص‌ها ذکر شده است و طیف بین این دو مقدار با طیف رنگی از سرخابی (کمترین) تا آبی تیره (بیشترین) رنگ زده شده است.



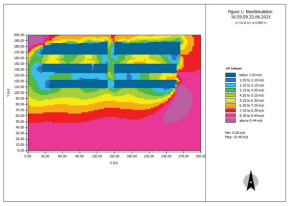
شکل ٦. سرعت باد در راستای x وضع موجود، خروجی نرم‌افزار envi met



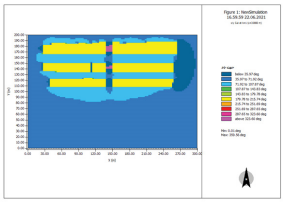
شکل ۷. سرعت باد در راستای y وضع موجود، خروجی نرم‌افزار envi met



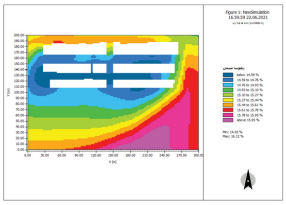
شکل ۸. سرعت باد در راستای z وضع موجود، خروجی نرم‌افزار envi met



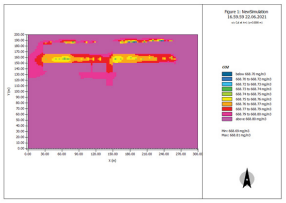
شکل ۹. سرعت باد وضع موجود، خروجی نرم‌افزار envi met



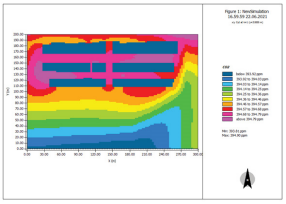
شکل ۱۰. جهت باد وضع موجود، خروجی نرم‌افزار envi met



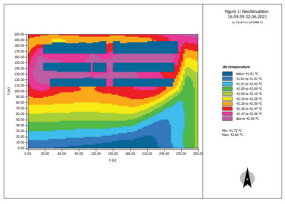
شکل ۱۱ رطوبت نسبی وضع موجود، خروجی نرم‌افزار envi met



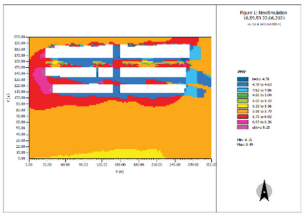
شکل ۱۲ میزان co2وضع موجود در داخل ساختمان، خروجی نرم‌افزار envi met



شکل ۱۳. میزان co2وضع موجود در خارج ساختمان، خروجی نرم‌افزار envi met



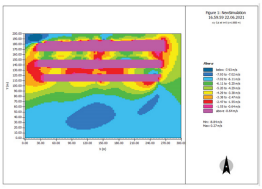
شکل ١٤. دمای هوا وضع موجود در داخل ساختمان، خروجی نرم‌افزار envi met



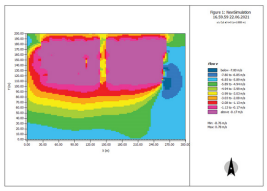
شکل ۱۵. میزان PMV وضع موجود در خارج ساختمان، خروجی نرم‌افزار envi met

همان‌طور که در تصاویر و دیاگرام‌ها نشان داده شده است، مقدار عددی میزان کمترین، بیشترین و طیف بین آن را در هرکدام از قسمت‌های ساختمان می‌توان ملاحظه نمود. در این دیاگرام‌ها لازم است به میزان آلاینده‌ها در همسایگی و جداره‌های ساختمان و نیز میزان ورودی آن‌ها به ساختمان توجه نمود و همچنین با ارائه راهکارهای معمارانه در نمای ساختمان، میزان تأثیر آن‌ها را ملاحظه نمود.

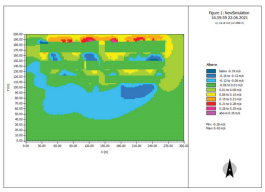
بررسی و تحلیل میزان کنترل آلاینده‌ها مدل یک



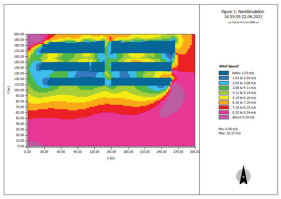
شکل ۱۶. سرعت باد در راستای x مدل یک (دیوار سبز)، خروجی نرم‌افزار envi met



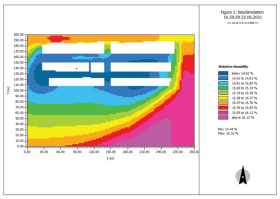
شکل ۱۷. سرعت باد در راستای y مدل یک (دیوار سبز)، خروجی نرم‌افزار envi met



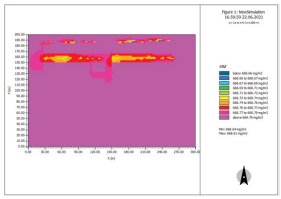
شکل ۱۸. سرعت باد در راستای z مدل یک (دیوار سبز)، خروجی نرم‌افزار envi met



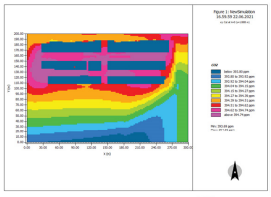
شکل ۱۹. سرعت باد در مدل یک (دیوار سبز)، خروجی نرم‌افزار envi met



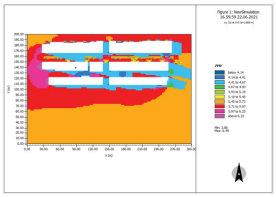
شکل ۲۰. رطوبت نسبی در مدل یک (دیوار سبز)، خروجی نرم‌افزار envi met



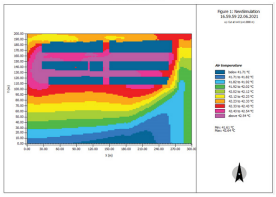
شکل ۲۱. میزان co_2 در فضای داخلی ساختمان در مدل یک (دیوار سبز)، خروجی نرم‌افزار envi met



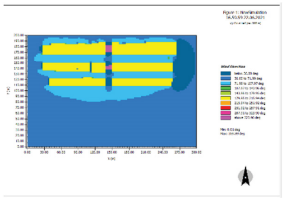
شکل ۲۲. میزان co_2 در فضای خارجی ساختمان در مدل یک (دیوار سبز)، خروجی نرم‌افزار envi met



شکل ۲۳. میزان MPV در مدل یک (دیوار سبز)، خروجی نرم‌افزار envi met



شکل ۲۴. میزان دمای هوا در ساختمان در مدل یک (دیوار سبز)، خروجی نرم‌افزار envi met



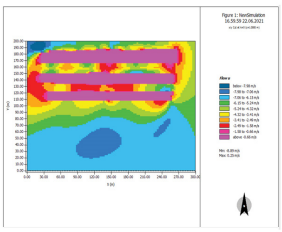
شکل ۲۵. جهت وزش باد در مدل یک (دیوار سبز)، خروجی نرم‌افزار envi met

تحلیل یافته‌های مدل یک

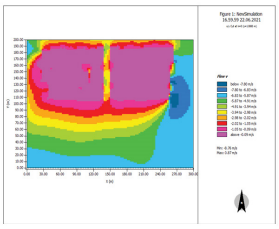
همان‌طور که از دیاگرام‌ها و اعداد خروجی نرم‌افزار در هر یک از شاخص‌ها مشخص است، میزان آلاینده‌ها در جوار ساختمان و نیز در فضای داخلی، به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. این کاهش میزان آلاینده را دقیقاً در جداره ساختمان مورد نظر با مجهز

کردن جداره جنوبی ساختمان به مدل یک (دیوار سبز) می‌توان مشاهده نمود. قابل ذکر است این مقدار درصورتی‌که در جداره‌های دیگر ساختمان نیز اضافه گردد، همچنین در جداره‌های ساختمان‌های مجاور در طول خیابان و خیابان‌های اطراف دیده شود، این مقدار به طور قابل ملاحظه‌ای در محله کاهش می‌یابد؛ اما از آنجا که موضوع این پژوهش تمرکز بر روی یک ساختمان مسکونی بوده، مقادیر مدنظر بر روی یک ساختمان بررسی شده است؛ بنا بر این، این پیشنهاد برای پژوهش‌های آینده ارائه می‌گردد که در جداره ساختمان-های کل خیابان این پژوهش انجام گردد و مورد مطالعه قرار گیرد.

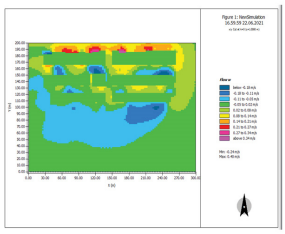
بررسی و تحلیل میزان کنترل آلاینده‌ها مدل دو



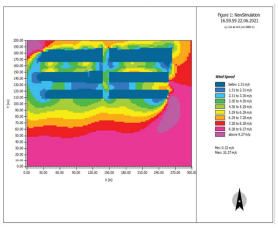
شکل ۲۶. سرعت باد در راستای x در مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met



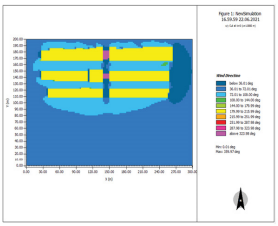
شکل ۲۷. سرعت باد در راستای y در مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met



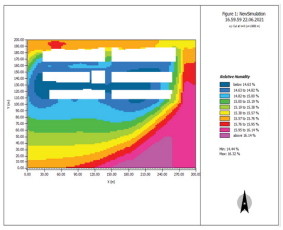
شکل ۲۸. سرعت باد در راستای z در مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met



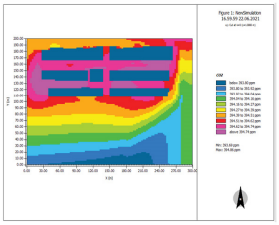
شکل ۲۹. سرعت باد در مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met



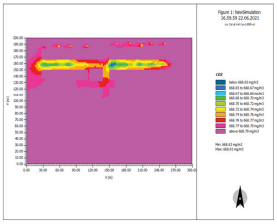
شکل ۳۰. جهت وزش باد در مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met



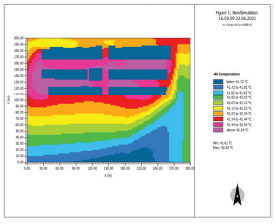
شکل ۳۱. میزان رطوبت نسبی در مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met



شکل ۳۲. میزان co2 در خارج ساختمان در مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met



شکل ۳۳. میزان co2 در داخل ساختمان در مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met

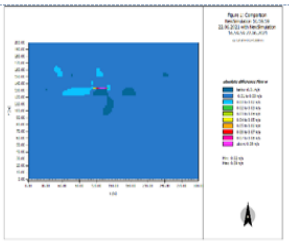


شکل ۳۴. دمای هوا در مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met

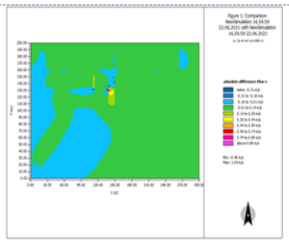
تحلیل یافته‌های مدل دو

مجدداً همان‌طور که در دیاگرام‌ها و اعداد ارائه شده برای شاخص‌های تحلیل شده توسط نرم‌افزار برای مدل دوم نمای دوپوسته در ترکیب با پوسته زیستی، ملاحظه می‌شود، در میزان آلاینده‌های محیطی در فضای خارجی ساختمان، مجاور جداره ساختمان و نیز در فضای داخلی ساختمان، به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش را شاهد هستیم.

مقایسه وضع موجود و نمای سبز

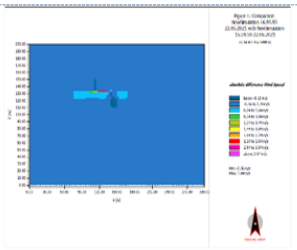


شکل ۳۵. میزان تفاوت سرعت باد در راستای x بین وضع موجود و مدل یک، خروجی نرم‌افزار envi met

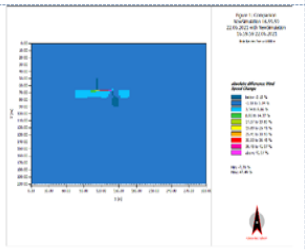


شکل ۳۶. میزان تفاوت سرعت باد در راستای y بین وضع موجود و مدل یک، خروجی نرم‌افزار envi met

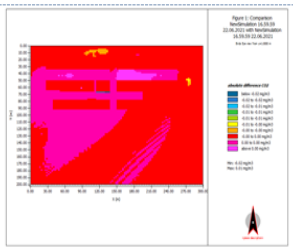
شکل ۳۷. میزان تفاوت سرعت باد در راستای z بین وضع موجود و مدل یک، خروجی نرم‌افزار envi met



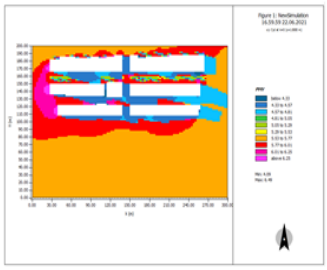
شکل ۳۸. میزان تفاوت سرعت باد بین وضع موجود و مدل یک، خروجی نرم‌افزار envi met



شکل ۳۹ میزان تفاوت سرعت باد بین وضع موجود و مدل یک، خروجی نرم‌افزار envi met

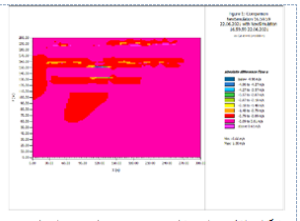


شکل ٤٠ میزان تفاوت میزان co_2 بین وضع موجود و مدل یک، خروجی نرم‌افزار envi met

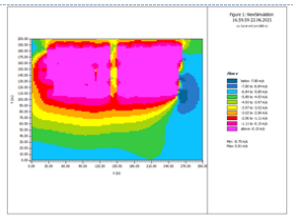


شکل ٤١. میزان PMV در مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met

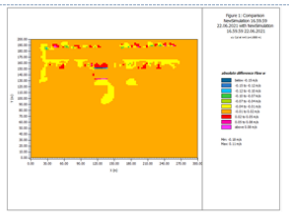
مقایسه وضع موجود و نمای دوپوسته



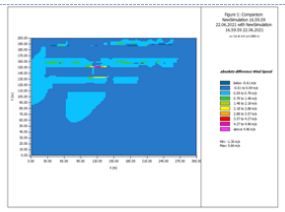
شکل ٤٢ میزان تفاوت سرعت باد در راستای x در وضع موجود و مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met



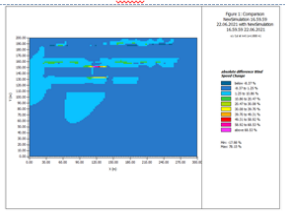
شکل ٤٣ میزان تفاوت سرعت باد در راستای y بین وضع موجود و مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met



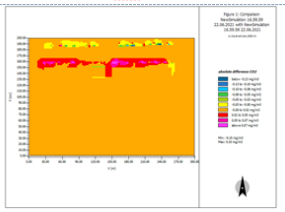
شکل ٤٤ میزان تفاوت سرعت باد در راستای z بین وضع موجود و مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met



شکل ٤٥ میزان تفاوت سرعت باد بین وضع موجود و مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met



شکل ٤٦ میزان تفاوت سرعت باد بین وضع موجود و مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met



شکل ٤٧ میزان تفاوت co_2 بین وضع موجود و مدل دو، خروجی نرم‌افزار envi met

تحلیل یافته‌های مقایسه وضع موجود و نمای دوپوسته

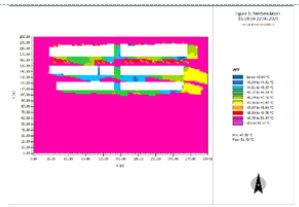
همان‌طور که در تصاویر و یافته‌های ارائه شده از نرم‌افزار قابل مقایسه می‌باشد، در مقایسه وضع موجود و مدل اول، میزان کاهش آلاینده‌های محیطی، چه در خارج ساختمان و مجاورت جداره ساختمان و چه در داخل ساختمان، به صورت چشمگیر قابل ملاحظه می‌باشد؛ این در حالی است که همین میزان کاهش آلاینده‌ها در مقایسه وضع موجود و مدل دوم، بیشتر شده است و تدابیر و مدل پیشنهادی، به‌طور کامل کارآ بوده است. به همین ترتیب طبق تحلیل‌ها می‌توان نتیجه گرفت که این میزان کاهش، در مقایسه وضع موجود و مدل سوم باز هم بیشتر بوده است.

۵. نتیجه‌گیری

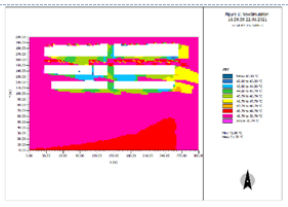
نتایج تحلیل‌های PET

برای تقویت یافته‌های تحقیق، نرم‌افزار دیگری برای بررسی و محاسبه شاخص PET که جهت محاسبه آسایش و رضایت حرارتی در خارج از فضای ساختمان است، بررسی و محاسبه شد که خروجی‌های آن در ادامه به‌صورت دیاگرام ارائه شده است.

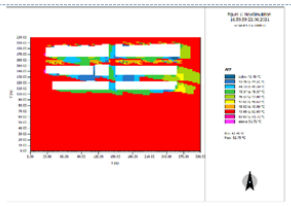
قابل ذکر است این تحلیل همانند PMV می‌باشد و آسایش حرارتی را بررسی می‌نماید، با این تفاوت که به جای داخل ساختمان، فضای خارج و مجاورت نمای پیشنهادی را بررسی می‌کند.



شکل ٤٨. میزان PET وضع موجود، خروجی نرم‌افزار



شکل ٤٩ میزان PET مدل یک، خروجی نرم‌افزار



شکل ٥٠ میزان PET مدل دو، خروجی نرم‌افزار

با توجه به شاخص‌های آلودگی هوا که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت، همچنین با اشاره به نتایج تحقیق‌های به دست آمده از نرم‌افزارهای تخصصی این حوزه، سه مدل پیشنهادی سازه نمای ساختمان مسکونی ارائه شده است که به طور الحاقی روی نمای ساختمان اجرا می‌شود؛ سازه اول به عنوان پوسته زیستی و با استفاده از کاشت گیاهان، با فراهم آوردن سازه تکیه‌گاهی و آبیاری ایجاد شده است. در مدل اول علاوه بر ملاحظات اقلیمی، همسایگی‌ها، موانع گیاهان، خیابان، جلوه‌های شهری و... مورد ارزیابی و ملاحظه قرار گرفته است. در این مدل علاوه بر ساز و کار اصلی نما که ایجاد یک پوسته سبز در راستای پایداری و کاهش آلاینده‌های محیطی است، نحوه عملکرد آن، تعویض و تعمیر آسیب‌های احتمالی به نمای اصلی، آبیاری، دسترسی، نورگیری، نحوه سیرکولاسیون هوا و... در نظر گرفته شده است. مدل دوم ترکیب پوسته زیستی با نمای دوجداره است که برای اولین بار استفاده شده است و به‌طورکلی نسبت به واحد بدون پوسته دوم و همچنین مدل اول عملکرد بهتری جهت کاهش آلاینده‌های محیطی داشته است. مدل سوم که در قسمت پیشنهادات پژوهش ذکر شده است، در حقیقت ترکیبی از پوسته زیستی، نمای دوجداره و سازه متحرک هوشمند است و به دلیل این که دریچه نمای دوم را به صورت هوشمند باز و بسته می‌کند و دارای سنسور سنجش آلودگی‌ها می‌باشد، نسبت به دو مدل قبل کارآیی بهتری دارد. عملکرد این مدل به این صورت است که سنسور سنجش روی میزان آلاینده خط تنظیم می‌شود و درصورتی‌که میزان آلاینده‌های موجود در هوای پیرامون از این مقدار افزایش پیدا کرد، به طور خودکار

دریچه‌ها را کامل روی حالت بسته نگه می‌دارد.

به‌طورکلی، پس از تحلیل و بررسی‌های انجام شده با روش‌های کیفی و کمی، همچنین با بررسی نمونه‌های فراوان و تحقیقات مشابه در این زمینه، نتیجه گرفته شده است که عملکرد این سه مدل، به عنوان راهکار معمارانه جهت کنترل آلاینده‌های محیطی در یک ساختمان مسکونی، از جمله راه‌حل‌های منطقی، کاربردی، مؤثر و عملکردی می‌باشد. استفاده از این راهکارها، برای ساختمان‌های مسکونی و همچنین سایر کاربری‌ها و کاربرد در جداره‌های شهری پیشنهاد می‌گردد.

از سؤالات اصلی این پژوهش، مدل پیشنهادی جهت کاهش آلودگی هوای محیطی و نیز میزان تأثیرگذاری مدل‌های ارائه شده بوده است. در انتها جهت پاسخ به این سؤالات، جهت معرفی مدل و راهکار معمارانه در نمای ساختمان، مدل نمای سبز و همچنین تلفیق نمای سبز با نمای دوجداره و مدل سوم تلفیق دو مدل قبل با دریچه‌های هوشمند باز و بسته شونده، معرفی شده است. سؤال بعدی پژوهش میزان تأثیر هرکدام از مدل‌ها بوده است که با استفاده از نرم‌افزار انویمت بررسی و نتایج به‌صورت دیاگرام در بخش یافته‌ها ارائه شد؛ همان‌طور که ذکر شد به‌صورت مقایسه‌ای میزان تأثیر مدل اول نسبت به وضع موجود در کاهش میزان آلاینده‌ها بیشتر بوده است و این تأثیر در مدل دوم بیشتر رؤیت شده است.

از مخاطبان این پژوهش می‌توان به محققان، دانشجویان و اساتید، طراحان و مجریان ساختمانی، مدیران و مسئولان شهری مخصوصاً در سطح تصمیم‌گیری‌های مکان، می‌باشند. امید است با استفاده عملکردی از مدل‌های پیشنهادی در سطح شهر، شاهد کاهش آلاینده‌ها و در نتیجه، به دست آوردن فضای مسکونی و عملکرد پاک‌تری و سلامت جامعه باشیم.

پیشنهادهای پژوهشی و کاربردی

در ادامه این پژوهش و نتایج به دست آمده از آن، پیشنهادهایی جهت پژوهش‌های آینده ارائه می‌گردد. همان‌طور که در توضیحات و مبانی نظری مطرح شد، عوامل تأثیرگذار در میزان کنترل آلودگی هوا در ساختمان، مثل بازشوها، سایه‌بان، موقعیت ساختمان و قرارگیری آن در سایت، مقدار نما، موانع، گیاهان و ... در شاخص‌های دیگر آسایش ساکنین در ساختمان نیز اثرگذار است که از بین آن می‌توان به میزان نورگیری

فضای داخلی و مصرف انرژی اشاره کرد. در نتیجه، پیشنهاد می‌شود برای پژوهش‌های بعدی هم‌زمان آنالیز انرژی هم گرفته شود و به‌صورت مقایسه تأثیرات نماهای الحاقی بر میزان مصرف انرژی نیز بررسی گردد. همچنین، با روش‌های علمی و نرم‌افزارهایی می‌توان میزان صرف هزینه و زمان لازم جهت برگشت آن محاسبه شود. به‌طورکلی، اگر با کمک متخصصان علوم کامپیوتر و طراحان رایانشی، بستری جهت حضور یکپارچه تمام اطلاعات فراهم شود، به صورتی که بتوان به طور هم‌زمان تأثیر هر تغییری بر شاخص‌های مدنظر را ملاحظه کرد، همچنین برای نماهای متحرک و پویا هم قابلیت اندازه‌گیری شاخص‌ها به وجود بیاید، می‌توان تحقیق کامل‌تری در این زمینه به دست آورد.

منابع

- روزنامه همشهری
- روزنامه جام جم (۲۰۱۶).
- باقری بهشتی، آیدا؛ حبیب فرح؛ زرآبادی، زهرا؛ سادات، سعیده، (۱۳۹۸). مطالعه تطبیقی منظر شهری خرمشهر و برلین درحفظ خاطرات جمعی، مجله مطالعات میان فرهنگی، دوره ۱۴، شماره ۳۹: ۴۵ – ۶۸.
- M. Taleghani. (2022). "Air Pollution within Different Urban Forms in Manchester, UK,", . Climate, vol. 10, no. 2, .
- Bastanfard, Matin, (2018). Controlling Air Pollution with the Use of Bio Facades (A solution to Control Air Pollution in Tehran), Bagh- e Nazar, 15 (65):29-44 /Nov. DOI: 10.22034/bagh.2018.74077
- Yang, J., Yu, Q. & Gong, P. (2008). Quntifying air pollution removal by green roofs in Chicage. Atmospheric Environment, (42): 7266–7273
- Thottathil, V., Jacob, C., Balamuralikrishna, S. (2010). Use of Green Facades in sustainable Building Environments: Quantifying the uptake rates of air pollutants by facades draped with tropical creepe. International Conference on Sustainable Built Environment, Kandy, 13-14 December 2010
- Othman, M. A. (2017). Innovative responsive shading system: multifunctional case study in Milan.
- Yi, H. K. (2020). 3D-printed attachable kinetic shading device with alternate actuation: Use of shape-memory alloy (SMA) for climate-adaptive responsive architecture. . Automation in Construction, 114, 10315.
- Sharp, A. B. (2021). An Autonomous Bio-Inspired Shading Façade System based on Plant Movement Principles. Structure optimization and material-based design.
- Blinová, L., Bartošová, A., & Gerulová, K. (2015). Cultivation of micro-algae (Chlorella vulgaris) for biodiesel production. Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, Slovak University of Technology in Bratislava, vol. 23, no. 36.
- Bastanfard, Matin, (2018). Controlling Air Pollution with the Use of Bio Facades (A solution to Control Air Pollution in Tehran), Bagh- e Nazar, 15 (65):29-44 /Nov. DOI: 10.22034/bagh.2018.74077
- Anastasia Globa, Glenn Costin, Olubukola Tokede, Rui Wang, Chin Koi Khoo b and Jules

- Moloney, (2021), Hybrid kinetic facade: fabrication and feasibility evaluation of full-scale prototypes, Architectural engineering and design management https://doi.org/10.1080/17452007.2021.1941739

- Blinová, L., Bartošová, A., & Gerulová, K. (2015). Cultivation of micro-algae (Chlorella vulgaris) for biodiesel production. Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, Slovak University of Technology in Bratislava, vol. 23, no. 36.

- Bastanfard, Matin, (2018). Controlling Air Pollution with the Use of Bio Facades (A solution to Control Air Pollution in Tehran), Bagh- e Nazar, 15 (65):29-44 /Nov. DOI: 10.22034/bagh.2018.74077

- Yang, J., Yu, Q. & Gong, P. (2008). Quntifying air pollution removal by green roofs in Chicage. Atmospheric Environment, (42): 7266–7273

- Thottathil, V., Jacob, C., Balamuralikrishna, S. (2010). Use of Green Facades in sustainable Building Environments: Quantifying the uptake rates of air pollutants by facades draped with tropical creepe. International Conference on Sustainable Built Environment, Kandy, 13-14 December 2010

- Perini, K., Ottelé M., FraaijA, Haas E. M. & Raiteri, R. (2011). Vertical greening systems and the effect on air flow, and temperature on the building envelope. Building and Environment, (46): 2287-2294

- Moloney, J., Globa, A., Wang, R., Khoo, C. K., & Tokede, O. (2019). Hybrid environmental-media facades: Rationale and feasibility. Architectural Engineering and Design Management, 15(5), 313–333

- Anastasia Globa, Glenn Costin, Olubukola Tokede, Rui Wang, Chin Koi Khoo b and Jules Moloney, (2021), Hybrid kinetic facade: fabrication and feasibility evaluation of full-scale prototypes, Architectural engineering and design management https://doi.org/10.1080/17452007.2021.1941739

- L. Wang, J. Gwilliam, P. Jones, (2009), Case study of zero energy house design in UK, Energy Build. 41 (11) pp.1215–1222. Available from: https://doi.org/10. 1016/j.enbuild.2009.07.001.

- Danesh, M., Escamilla, E., Pariafsai, F., & Ostadalimakhmalbaf, M. (2019). Characteristics of Glazing Layers of Double-Skin Facades and Energy Consumption: A Case Study in Arid Climate of Tehran. In AEI 2019: Integrated Building Solutions—The National Agenda (pp. 204-215). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.

- 17. Graiz, E., & Al Azhari, W. (2019). Energy efficient glass: A way to reduce energy consumption in office buildings in Amman (October 2018). IEEE Access, 7, 61218-61225.

- 18. Kosukhin, M. M., Kosukhin, A. M., & Komarova, K. S. (2018, August). Increasing of the energy efficiency in civilian buildings applying fixed type of facade systems. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1066, No. 1, p. 012012).
- https://satavand.com
- https://fa.wikipedia.org
- http://www.terminalsunion.ir
- http://www.weatherbase.com
- www.iaacblog.com
- (www.archdaily.com (2018)
- www.arup.com (2013)
- www.bouygues-construction.com (2020)