

بهینه‌سازی بازشوهای نمای جنوبی ساختمان‌های اداری تهران بر اساس آسایش بصری و کاهش مصرف انرژی

رضا مختاری^۱، حسن رضائی^{۲*}

۱- دانش‌آموخته مهندسی معماری، دانشگاه آزاد نجف‌آباد، اصفهان.

۲- استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه افسری امام‌علی (ع)، تهران.

چکیده

با توجه به سهم عمده بخش ساختمان از مجموع انرژی مصرفی جهان، رویکرد الگوی پایدار در این حوزه بیشتر مورد تأکید می‌باشد. بازشوها به عنوان عنصر اصلی ساختمان‌ها در ورود نور روز به فضای داخلی می‌بایست بر اساس مدت زمان استفاده و نوع کاربری و اقلیم مورد نظر طراحی شوند تا بتوانند نور روز را به نور غالب در آن فضا تبدیل کنند. همچنین با توجه به نوع ترکیب معماری بومی مناطق مختلف ایران می‌توان دریافت که حوزه‌های اقلیمی سطح کشور و مشخصات آن در ارائه طرح‌های پایدار و هماهنگ با اقلیم همواره اهمیت فراوانی داشته‌اند. از همین رو هدف پژوهش حاضر، بررسی مشخصات اقلیمی و ارائه طرحی بهینه برای بازشو جبهه جنوبی ساختمان‌هایی با عملکرد اداری در محدوده مکانی تهران با استفاده از داده‌های اقلیمی با فرمت EPW در نرم‌افزار دیزاین بیلدر می‌باشد. از همین رو پس از مشخص شدن متغیرهای مستقل و وابسته و جامعه آماری مربوطه، مدل‌سازی سناریو‌ها در نرم‌افزار دیزاین بیلدر با هدف بهینه‌سازی میزان دریافت روشنایی روز و کمینه‌سازی مصرف انرژی صورت گرفته است. بررسی نتایج شبیه‌سازی‌ها در بازه سالانه بر اساس شاخص‌های نور روز و مصرف انرژی نشان دهنده آن است که بازشویی با مشخصات، نسبت مساحت پنجره به مساحت کف برابر با ۴۰٪ و شکل مستطیلی (افقی) با نسبت ۱ به ۱.۵ و در موقعیت بالای نمای جنوبی ساختمان‌های اداری می‌تواند در عین آنکه نور روز را به نور غالب در فضا تبدیل می‌کند، مصرف انرژی بهینه‌تری را نسبت به سایر بازشوها در نمای جنوبی ساختمان‌های اداری شهر تهران فراهم آورد.

کلید واژه‌ها: ساختمان‌های اداری، بهینه‌سازی بازشوها، نمای جنوب، مشخصات اقلیمی تهران، نرم‌افزار دیزاین بیلدر.

مقدمه

الکتريسيته موجود، از سوخت های فسیلی و منابع تجدید ناپذیر تامین می شود، قسمت دوم مربوط به تاثیر استفاده از نور طبیعی بر مصرف انرژی در محیط است. از این رو تامین روشنایی به وسیله ی نور روز باعث استفاده کمتر از تجهیزات سرمایش و تهویه در ساختمان و در نتیجه کاهش مصرف انرژی در داخل ساختمان می شود. پس در واقع استفاده از نور روز به جای روشنایی مصنوعی هم می تواند مصرف انرژی الکتریکی مربوط به روشنایی مصنوعی و هم مصرف انرژی برای بخش سرمایشی را کاهش دهد (Yu , Su, 2015). بخش سوم نیز مربوط به تاثیر روشنایی روز بر ساکنان و بهره برداران محیط می باشد به گونه ای که نتایج مطالعه ای که با همین هدف در یک مدرسه انجام شده است نشان می دهد که نور مناسب، نمرات آزمون دانش آموزان را بهبود می بخشد و رفتار نامطلوب را کاهش می دهد. و در نتیجه روشنایی مطلوب و صحیح را یکی از مولفه های مهم بر عملکرد ساکنین فضا می داند (Dahlan , Eissa, 2015). البته لازم به ذکر است که بهره مندی از نور روز باید با توجه به اقلیم مورد نظر، نوع کاربری و مدت زمان استفاده از فضا می بایست تعیین شود. و تنها در این صورت است که نور طبیعی در آن مکان، نور غالب در طول روز خواهد بود و ساکنان احساس آسایش بصری و دمایی مطلوبی را تجربه می کنند و در این حالت است که میزان انرژی مصرفی برای نور مصنوعی، گرمایش و سرمایش در قیاس با سایر ساختمان ها کمتر خواهد بود. (Miri , Saeed, 2014). از همین رو و به دلیل عدم وجود راهکار مناسب جهت بهینه سازی بازشوها و جداره های نور گذر ساختمان های موجود که یکی از نقاط ضعف فرایند بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان موجود به شمار می رود (طناز، نیلوفر، ریما، ۱۳۹۹). پژوهش حاضر به منظور دستیابی به شاخصه های بهینه بازشو در نمای جنوبی ساختمان های اداری تهران و با اولویت بررسی آسایش بصری و کاهش مصرف انرژی شکل گرفته است، هدف پژوهش حاضر توجه به بخش روشنایی و ایجاد تعادل بین استفاده از روشنایی طبیعی و الکتریکی در کنار توجه توامان بر کاهش مصرف انرژی با بررسی نسبت مساحت پنجره به سطح کف (WFR)، شکل و موقعیت بازشو و ارائه آن برای بهره برداران و فعالین این حوزه می باشد.

امروزه توسعه پایدار به علت محدودیت منابع انرژی و برنامه ریزی برای کاهش مصرف و وابستگی به آن در بخش های مختلف به هدف بسیاری از کشورهای جهان تبدیل شده است. (Ghafari Jabari, Ghafari Jabari, Saleh, 2013). طبق بررسی های صورت گرفته، سه بخش اصلی و عمده ی مصرف کننده انرژی دنیا به ترتیب بخش ساختمان، صنعت و حمل و نقل هستند که در این بین، بخش ساختمان اصلی ترین بخش مصرف کننده انرژی تا پایان قرن بیستم می باشد (Pracki, 2020). به گونه ای که حدود سی درصد از کل انرژی مصرفی جهان در بخش ساختمان مصرف می شود (Kaasalainen, Mäkinen, Lehtinen, Moisio, Vinha, 2020). در مطالعه ای که به عنوان نمونه بر روی یک ساختمان اداری انجام شده است نشان دهنده آن است که بخش های روشنایی، سرمایش و گرمایش اصلی ترین بخش های مصرف کننده انرژی در یک ساختمان هستند به همین خاطر این سه بخش اصلی ترین بخش ها برای بهینه کردن مصرف انرژی محسوب می شوند (Fasi Budaiwi, 2015). البته لازم به ذکر است که با پیشرفت روز افزون فناوری های مربوط به صنعت ساختمان در یک دهه اخیر و استفاده از عایق های مناسب در ساختمان ها منجر به آن شده است که انرژی مصرفی برای بار گرمایشی و سرمایشی در ساختمان ها نسبت به گذشته کاهش یابد، ولی در این بین انرژی مصرفی برای روشنایی نه تنها کاهش نیافته بلکه افزایش یافته و قابل مقایسه با انرژی مصرفی در بخش سرمایش و گرمایش شده است (Bokel, 2007). به همین دلیل استفاده برنامه ریزی شده از نور طبیعی روز در ساختمان ها می تواند استراتژی مقرون به صرفه ای برای کاهش مصرف انرژی باشد، که این کاهش مصرف عمدتاً با کاهش استفاده از انرژی الکتریکی برای تامین روشنایی مصنوعی و استفاده بیشتر از نور روز اتفاق می افتد، از همین رو برای به حداکثر رساندن استفاده از نور روز در محیط های داخلی باید به طراحی فضاها و سطح بازشو های فضا توجه بیشتری کرد (Pellegrino, Cammarano, Lo Verso, Corrado, 2017). به طور کلی فواید استفاده از نور طبیعی را می توان در سه بخش زیر ذکر کرد: بخش اول مربوط به تاثیرات زیست محیطی و کلان استفاده از روشنایی الکتریکی است که عمده

پیشینه تحقیق

در پژوهشی که با توجه به ترکیب معماری بومی مناطق مختلف ایران انجام شده است، میتوان دریافت که ویژگیهای متفاوت اقلیمی، تاثیر فراوانی در معماری و حتی شهرهای این مناطق داشته بنابراین مشخصات اقلیمی مناطق مختلف در ارائه طرح های مناسب و هماهنگ با اقلیم هر منطقه اهمیت فراوانی دارد (Watson, 2022). از همین رو یکی از دلایل پیدایش بحرانهای انرژی و زیست محیطی معاصر نیز عدم توجه به تفاوت‌های اقلیمی و استفاده از یک سبک ثابت برای همه نقاط است (بهزاد & پریسا, ۱۳۹۵; کرامت, ۱۳۹۴). بنابراین طراحی اقلیمی می تواند منجر به طراحی بهینه فضاها از نظر آسایش اقلیمی و صرفه جویی در مصرف انرژی شود (خیری, رضائی زاده مهابادی, ۱۴۰۰). نتایج حاصل از انرژی و نور روز، وابسته به انتخاب های طراحی در جهت گیری مطلوب ساختمان ها و اندازه مناسب پنجره ها، نشان از بهبود کارایی در ساختمان ها است (Mangkuto, Feradi, Putra, Atmodipoero, Favero, 2018). تحقیقات بر روی نسبت مساحت پنجره به سطح دیوار نشان از آن دارد که نسبت مساحت پنجره به سطح دیوار، فضای داخلی ساختمان را در بر نمی گیرد از همین رو مساحت پنجره به سطح کف به نظر یک نشانگر مناسبتر در طراحی می باشد، زیرا در محاسبه آن هم مساحت فضا و هم مساحت پنجره در نظر گرفته می شود (Choi, Lee, Lee, Eom, Lee, 2017). همچنین از سوی دیگر نور روز مطلوب اثر ویژه ای بر شرایط جسمی و روانی بهره برداران فضا دارد، از همین رو استفاده حداکثری از نور روز بابت تامین رضایت مندی بصری و افزایش کارایی و سطح سلامت جسمی و روحی استفاده کنندگان از فضا و کاهش مصرف انرژی، به یکی از جنبه های اصلی طراحی در ساختمان ها تبدیل شده است (Mokhtari, Dehghan, Maleki, 2023). با عنایت به نقش غیر قابل انکار بخش ساختمان بر مجموع میزان انرژی مصرفی در دنیا و همچنین با توجه به نقش بسزایی که بخش روشنایی بر کل انرژی مصرفی در ساختمان های اداری دارد، نیاز است تا ساختمان ها به گونه ای طراحی شوند تا نیازهای مختلف از جمله نیاز به روشنایی به میزانی که نیاز است، فراهم شود. اصلی ترین منبع روشنایی، خورشید است که در صورتی که به میزان مناسب باشد می تواند علاوه بر تامین روشنایی مناسب که باعث افزایش بهره وری و حفظ سلامتی و بهبود

حالات جسمی و روحی کارمندان و افراد استفاده کننده از فضا می شود، سبب کاهش مصرف انرژی نیز شود. در این بین، بازشوها به عنوان اصلی ترین و مهمترین عنصر معماری در ورود نور روز به داخل فضا نقش بسیار مهمی در رسیدن به این هدف را دارا می باشند، از همین رو نیاز است تا با تعیین نسبت بهینه مساحت بازشو به سطح کف، موقعیت و شکل بازشو به عنوان عوامل اصلی ورود و توزیع نور در فضای داخل به این مهم پاسخ داد.

مواد و روش ها

مطالعه حاضر به روش توصیفی، تحلیلی و به منظور بهینه سازی بازشوهای نمای جنوبی ساختمانهای اداری تهران جهت تامین میزان کافی نور روز و صرفه جویی در مصرف انرژی در نرم افزار دیزاین بیلدر صورت گرفته است. این نرم افزار به واسطه برخورداری از آرشیو گسترده مصالح و سیستم های مکانیکی و رابط گرافیکی حرفه ای سبب آن شده که بسیار مورد توجه متخصصان این حوزه قرارگیرد.

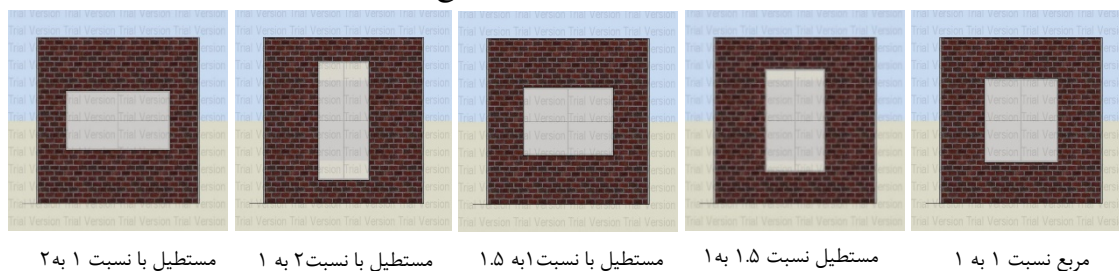
روش انجام پژوهش به این صورت می باشد که در ابتدا با توجه به مطالعات و مبانی نظری پژوهش متغیرهای مستقل (شکل، موقعیت و نسبت سطح بازشو به سطح کف) به عنوان شاخصه های بازشو و متغیرهای وابسته (آسایش بصری و میزان مصرف انرژی) جهت بررسی این شاخصه ها تعیین شدند، در ادامه و با توجه به آنکه فضاهای اداری دارای گستردگی متنوعی در شکل و ابعاد هستند، از فضای اقامت اصلی طبق مبحث چهار مقررات ملی، به عنوان مدل پایه جهت ترسیم سناریوها و بررسی این متغیرها استفاده شد، در مرحله بعد و پس از مدلسازی سناریو ها بر اساس متغیرهای مستقل، آن ها را ابتدا بر اساس آسایش بصری و استانداردهای مربوطه بررسی کرده، سپس مدل های بهینه بر اساس استاندارد های آسایش بصری را از لحاظ میزان مصرف انرژی (سرمایش، گرمایش و مجموع) نیز بررسی کرده و سناریوهای برتر از لحاظ آسایش بصری و میزان مصرف انرژی به عنوان بازشو های بهینه برای جبهه جنوبی ساختمانهای اداری تهران معرفی می شوند.

اطلاعات مدل

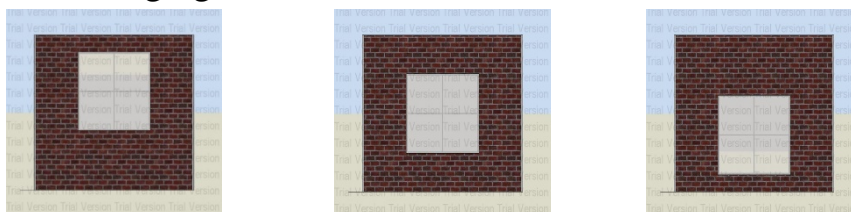
یکی از گسترده ترین کاربری ساختمانی به خصوص در تهران و سایر شهرها را ساختمان هایی با عملکرد اداری تشکیل داده اند. از همین رو و به دلیل گستردگی تنوع در شکل و اندازه فضاهای اداری و به منظور بررسی تاثیرات متغیرها و شبیه سازی سناریوها باید از یک نمونه پایه برای بررسی این تاثیرات استفاده کرد، مدل مرجعی که به عنوان مدل پایه و تجزیه و تحلیل پارامترهای مورد ارزیابی استفاده شده، فضای اقامت اصلی مبحث چهارم مقررات ملی ساختمانی ایران می باشد (Construction, 2013). که دارای حداقل سطحی برابر با ۱۲ مترمربع است که برای اثربخش بودن نتایج سعی شد که از فرم رایج ساختمان های اداری یعنی فضایی به ابعاد ۴*۳ متر و ارتفاع رایج و مفید ۲.۸۵ متر استفاده شود، که با عنایت به اصول طراحی معماری پایدار و همسو با اقلیم جبهه ۴ متری، جبهه دارای بازشو در نظر گرفته شد. و سایر جبهه ها از جمله دیوارها، سقف و کف مدل اصلی، آدیپاتیک (در تماس با فضای داخل) هستند و تنها دیوار جنوبی برای تعبیه پنجره و تماس با محیط خارج در نظر گرفته شده است. در این پژوهش برای جامعیت هر چه بیشتر سه دسته متغیر مستقل مورد بررسی قرار گرفته است که عبارتند از:

- اولین دسته از متغیرهای مستقل مورد بررسی نسبت سطح بازشو به سطح کف فضا (WFR) از ۱۰ تا ۹۰ درصد می باشد که با بازه ۱۰ درصدی تغییر می کند.

تصویر (۱) نمایش اشکال مختلف پنجره (منبع: نگارنده ۱۴۰۳)



تصویر (۲) نمایش موقعیت های مختلف بازشویی با WFR30% و شکل مربع (منبع: نگارنده ۱۴۰۳)

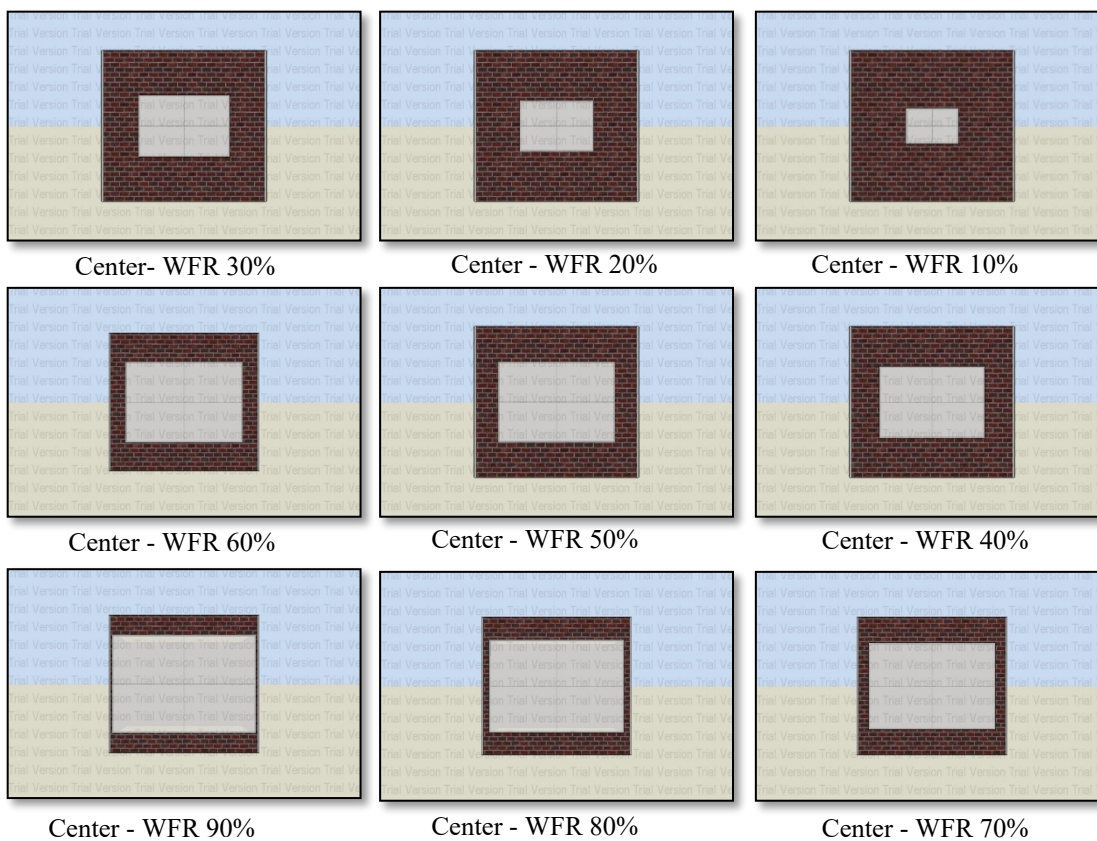


- دسته دیگر از متغیرهای مستقل مورد بررسی مربوط به موقعیت بازشو در جبهه جنوبی می باشد که برای موقعیت قرارگیری بازشو سه موقعیت بالا (لبه بالایی بازشو همتراز با لبه زیر سقف)، مرکز (هم مرکز بودن اقطار بازشو و دیوار) و پایین (همتراز بودن لبه پایینی بازشو با لبه بالایی کف) در نظر گرفته شده اند.

دسته آخر متغیرهای مستقل مورد بررسی مربوط به شکل بازشو می باشد، بدین صورت که چهار حالت با فرم مستطیلی با نسبت های (۲ به ۱)، (۱.۵ به ۱)، (۱.۵ به ۱) و (۲ به ۱) و یک حالت با فرم مربعی شکل با نسبت (۱ به ۱) و در کل پنج حالت تعریف شده است، که در نهایت با توجه به متغیرهای مستقل (۱۰*۳*۵) تعداد جایگشت سناریوها به صد و پنجاه حالت متفاوت می رسد. تصویرهای متغیرهای اشکال، موقعیت و نسبت های متفاوت مساحت بازشو به سطح کف در ادامه به نمایش درآمده است.

همچنین لازم به ذکر است که تمامی تنظیمات مربوط به مدلسازی و پروسه شبیه سازی در نرم افزار دیزاین بیلدر برای تمامی سناریوها یکسان و محاسبات در بازه سالانه انجام گرفته است. جدول زیر مشخصات مدل مرجع و سایر سناریو ها را در دیزاین بیلدر برای فضایی با عملکرد معمول اداری و با مشخصات اقلیمی تهران را نمایش می دهد.

تصویر (۳) متغیر نسبت‌های متفاوت سطح باز شو به سطح کف برای بازشویی مستطیلی و موقعیت مرکزی (منبع: نگارنده ۱۴۰۳)



جدول (۱) مهمترین مشخصات مدل مرجع و سایر سناریوها در نرم افزار دیزاین بیلدر (منبع: نگارنده ۱۴۰۳)

مقدار	آیتم
تهران	موقعیت اقلیمی در نظر گرفته شده
35.7219° N	عرض جغرافیایی
51.3347° E	طول جغرافیایی
فضای معمول اداری	قالب کاربری انتخابی
۰/۱۱۱۰	تراکم اشتغال (people/m ²)
Heating(°c): 22.0 Heating set back(°c): 12.0	Setpoint گرمایش (°c)
Cooling(°c): 24.0 Cooling set back(°c): 28.0	Setpoint سرمایش (°c)
Fan coil unit	سیستم HVAC
U-VALUE:1.498[W/M ² -K]	دیوار بیرونی
ADIABATIC	سایر جبهه‌ها
Dbl 6mm/13mm Air	مشخصات قسمت شفاف باز شو
Aluminium window Frame	مشخصات قسمت جداره باز شو

منطقه مورد مطالعه:

شرقی و ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (محمداسماعیل، ۱۴۰۰). بر اساس بررسی‌ها میانگین بالاترین دمای ثبت شده در طی ده سال (۱۳۹۰-۱۳۸۰) در ایستگاه مهرآباد ۴۰.۸۷ در ماههای تیر و

کلانشهر تهران در منطقه مابین کوه و کویر در دامنه جنوبی البرز مرکزی با وسعتی در حدود ۷۳۳ کیلومتر مربع واقع شده است، و در ۵۱ درجه و ۴ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول

مرداد و پائین ترین آن نیز با منفی ۰.۷۸ در ماههای دی و بهمن بوده است. همچنین میانگین ده ساله رطوبت نسبی بین ۲۰ تا ۶۱٪ می باشد که نشان از خشکی نسبی هوا در ماههای گرم سال است. براساس این مشخصات شهر تهران از نظر دسته بندی اقلیمی کوپن در منطقه BSh واقع شده و از نظر پهنه بندی اقلیمی ایران در اقلیم نسبتاً سرد، نیمه گرم و خشک قرار می گیرد (مدی، ۱۳۸۹). همچنین در ادامه طبق بررسی های صورت گرفته بر روی گلبادهای مربوط به ماههای مختلف سال که توسط نرم افزار CC در ایستگاه مهرآباد تهران توسط نگارنده تهیه شده، مبین این مطلب است که سمت وزش باد غالب در تهران غربی است، البته علی رغم این جهت، جهات دیگری نیز هستند که در ماههای خاصی فراوانی باد های موجود در آنها بیشتر است. بادهای غالب در ایستگاه مهر آباد در کلیه ماه های فصل بهار و تیرماه اغلب از سمت غرب هستند، در اواسط تابستان و مرداد وزش بادها با تغییر جهت زیاد از سمت جنوب و در شهریور از سمت شمال می باشند. در تمام ماههای فصل پاییز وزش بادها گاه از سمت شمال و گاه از سمت غرب می باشد که با ورود فصل زمستان جهت وزش بادها مجدداً تماماً غربی می شود. حداکثر سرعت

متوسط وزش باد در ایستگاه مهرآباد، معادل ۳.۷ متر بر ثانیه بوده که مربوط به ماههای فروردین و اردیبهشت است بالاترین سرعت پس از آن مربوط به ماههای خرداد و اسفند با سرعت ۳.۴ متر بر ثانیه می باشد، که در جدول زیر تمامی مشخصات باد تهران از قبیل جهت، دما و رطوبت به صورت ماهانه تفکیک و دسته بندی شده است که جهت استفاده مخاطبین به نمایش درآمده است.

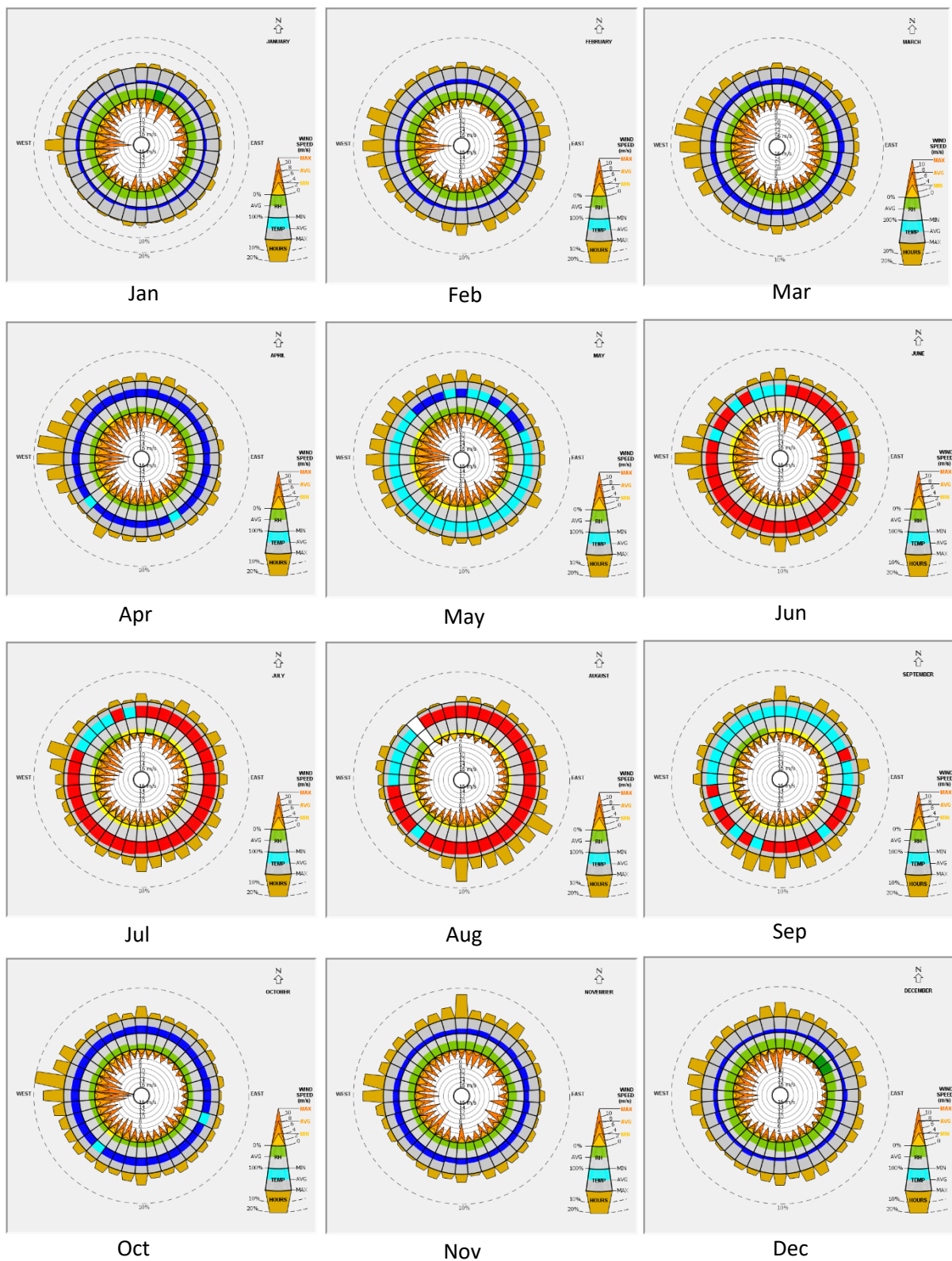
نتایج و بحث

پس از مدلسازی سناریو ها بر اساس متغیر های مستقل در نرم افزار دیزاین بیلدر و به قصد انتخاب مدول های بهینه در تهران، داده های خروجی گرفته شده با محوریت آسایش بصری بر اساس دو استاندارد: عملکرد نور روز در بخش (LEED v2, DF) و (LEEDV4) و سپس بر اساس رفتار حرارتی در بخش سرمایش، گرمایش و مجموع سنجیده می شوند. با توجه به آنکه تمامی تنظیمات هنگام محاسبات مربوطه برای کلیه سناریو ها یکسان در نظر گرفته شده است داده ها و نتایج خروجی ها ارائه می شوند.

جدول (۲) بررسی جهت، دما و رطوبت ماهیانه باد تهران (منبع: نگارنده ۱۴۰۲)

ماه	جهت باد	دما	رطوبت %
January (دی / بهمن)	غرب، شمال غرب، جنوب غرب	0-21	30-70
February (بهمن / اسفند)	غرب، شمال غرب، جنوب غرب، جنوب و شرق	0-21	30-70
March (اسفند / فروردین)	غرب، شمال غرب، جنوب غرب، شمال و جنوب شرق	0-21	30-70
April (فروردین / اردیبهشت)	غرب، شمال غرب، جنوب غرب	0-21	30-70
May (اردیبهشت / خرداد)	غرب، شمال غرب، جنوب غرب، شمال و جنوب	21-27	<30
June (خرداد / تیر)	غرب، شمال غرب، جنوب غرب، جنوب و شمال	27-38	<30
July (تیر / مرداد)	جنوب، جنوب شرق، شمال غرب، شرق	27-38	<30
August (مرداد / شهریور)	جنوب، جنوب شرق، شرق	27-38	<30
September (شهریور / مهر)	جنوب، جنوب شرق، جنوب غرب	27-38	<30
October (مهر / آبان)	غرب، شمال غرب، جنوب غرب شمال و جنوب	0-21	30-70
November (آبان / آذر)	غرب، شمال غرب، شمال، شمال، شرق	0-21	30-70
December (آذر / دی)	غرب، شمال غرب، جنوب غرب شمال، شرق، جنوب	0-21	30-70

جهت باد بر اساس مدت زمان وزش نوشته شده است



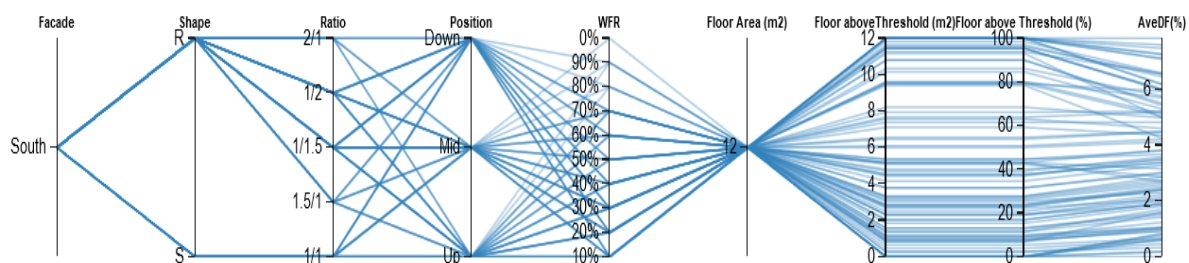
تصویر (۴) گلبادهای ماهیانه تهران مستخرج از نرم افزار CC بر اساس حالت ASHRAE 55 (منبع: نگارنده ۱۴۰۳)

ارزیابی سناریوها بر اساس LEED v2

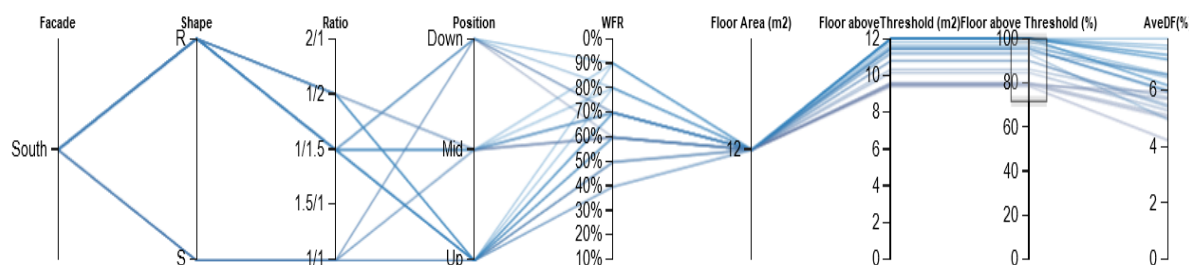
برای اندازه‌گیری سطح نوری که از بازوها به فضا وارد می‌شوند نیازمند معیارهایی برای ارزیابی هستیم، که این امر از طریق استاندارد های مختلفی که تعریف شده امکان پذیر شده است. ارزیابی روشنایی روز در فضا می تواند به کمک شاخص ها و با دو روش اندازه گیری میدانی و شبیه سازی رایانه ای انجام گیرد. در سال های اخیر و با پیشرفت های مهم و تأثیرگذار نرم افزارهای رایانه ای، ارزیابی عملکرد ساختمان با استفاده از شبیه سازی رو به افزایش می باشد. برای ارزیابی شرایط نوری فضا با استفاده از شبیه سازی رایانه ای، ابتدا باید عواملی مانند هندسه و فرم فضا، ویژگی های مصالح و منابع نوری (خورشید و آسمان) به عنوان ورودی های نرم افزار مشخص شوند. سپس یک شبکه از حسگرها در ارتفاع مشخصی معمولاً در ارتفاع سطح کار (۰.۷۵ متر) تعیین می شوند، سپس با استفاده از داده های روشنایی در محل هر یک از این حسگرها شاخص های مربوطه محاسبه می شود و در نهایت، با مقایسه این شاخص ها با مقادیر توصیه شده در استانداردها نتایج تفسیر شده و میزان رضایت کاربر از میزان نور در فضا پیش بینی می شود. بر همین

اساس داده های خروجی بر اساس محاسبات مربوطه از دیزاین بیلدر طبق استاندارد LEED v2 CREDIT 8.1 شکل زیر نمایان است، شرایط مورد قبول برای این حالت به دست آوردن حداقل ۷۵٪ از مساحت فضاهای اشغال شده است که به اندازه کافی دارای نور روز باشند. و همچنین شدت روشنایی بیش از حداقل مقدار آستانه باشد. هدف این استاندارد شناخت سناریو هایی است که سطح مناسبی از نور روز را برای ساکنین ساختمان فراهم می کند. تصاویر زیر نتایج عددی مستخرج از پروسه شبیه سازی سناریوها بر اساس این استاندارد را نمایش می دهد که پس از جمع اوری و دسته بندی، در محیط Design-Explorer به فرمت گرافیکی درآمده اند.

با اضافه کردن استاندارد LEED v2 (حداقل ۷۵٪ از مساحت فضاهای اشغال شده است که به اندازه کافی دارای نور روز باشند) به داده های خروجی گرفته شده فوق، تنها سناریوهای موجود در شکل زیر می توانند شرایط پذیرش این استاندارد را دریافت کنند. سناریوهای منتخب بر اساس استاندارد LEEDV2 در تصویر فوق به صورت جدول نیز ارائه شده است:



تصویر (۵) ارزیابی کلیه سناریوها بر اساس استاندارد LEEDV2 (توسط نگارنده در محیط Design-Explorer)



تصویر (۶) سناریوهای منتخب بر اساس استاندارد LEEDV2 (توسط نگارنده در محیط Design-Explorer)

جدول (۳) سناریوهای منتخب بر اساس استاندارد LEEDV2

نما	شکل	نسبت	موقعیت	نسبت بازشو به سطح کف (WFR)	Floor Area above Threshold (m ²)	Floor Area above Threshold (%)	Average Daylight Factor (%)
جنوب	مربع	1/1	بالا	50%	9.508	79.231	5.03
جنوب	مربع	1/1	بالا	60%	10.8	90	5.485
جنوب	مربع	1/1	بالا	70%	11.446	95.385	6.009
جنوب	مربع	1/1	وسط	60%	10.154	84.615	5.291
جنوب	مربع	1/1	وسط	70%	11.446	95.385	5.956
جنوب	مربع	1/1	پایین	60%	9.6	80	5.123
جنوب	مربع	1/1	پایین	70%	11.446	95.385	5.976
جنوب	مستطیل	1/1.5	بالا	40%	9.415	78.462	4.242
جنوب	مستطیل	1/1.5	بالا	50%	10.8	90	5.416
جنوب	مستطیل	1/1.5	بالا	60%	11.815	98.462	6.569
جنوب	مستطیل	1/1.5	بالا	70%	12	100	7.106
جنوب	مستطیل	1/1.5	بالا	80%	12	100	7.465
جنوب	مستطیل	1/1.5	بالا	90%	12	100	7.824
جنوب	مستطیل	1/1.5	وسط	60%	10.338	86.154	5.751
جنوب	مستطیل	1/1.5	وسط	70%	11.631	96.923	6.445
جنوب	مستطیل	1/1.5	وسط	80%	12	100	7.079
جنوب	مستطیل	1/1.5	وسط	90%	12	100	7.588
جنوب	مستطیل	1/1.5	پایین	70%	9.6	80	5.696
جنوب	مستطیل	1/1.5	پایین	80%	11.538	96.154	6.533
جنوب	مستطیل	1/1.5	پایین	90%	12	100	7.236
جنوب	مستطیل	1/2	بالا	40%	12	100	6.179
جنوب	مستطیل	1/2	بالا	50%	11.169	93.077	4.97
جنوب	مستطیل	1/2	بالا	60%	12	100	6.163
جنوب	مستطیل	1/2	بالا	70%	12	100	7.265
جنوب	مستطیل	1/2	وسط	60%	9.508	79.231	5.929
جنوب	مستطیل	1/2	وسط	70%	11.262	93.846	6.557

حرارتی در فصل زمستان می باشد، از این رو دامنه بهینه فاکتور متوسط نور روز (DF) را به جدول فوق اضافه می کنیم. جدول زیر الگوهای بهینه از نظر استاندارد LEEDV2 و فاکتور نور روز (DF) را نمایش می دهد. با عنایت به جدول فوق می توان گفت تنها مدل بهینه بر اساس میزان دریافت نور روز مناسب (DF) و LEEDV2 برای جهت جنوب به علت برخورداری مساحت بیشتر فضای اشغال شده از روشنایی روز بازشویی با نسبت مساحت بازشو

تصویر و جدول فوق سناریوهای دارای استاندارد LEEDV2 را نمایش می دهد و همان گونه که قابل مشاهده است، میانگین فاکتور نور روز (Ave DF%) تمامی این داده ها بیشتر از حداقل میزان مورد نیاز یعنی ۲ درصد می باشد. در حالی که فاکتور نور روز (DF) بیشتر از ۵ درصد یعنی اتاق به شدت داری روشنی روز است و روشنایی الکتریکی هنگام روز به ندرت مورد نیاز است و عامل بالقوه برای مصرف انرژی، گرمای بیش از حد در تابستان و تلفات

صورت گرفته است تصویر زیر نتایج عددی بدست آمده از این شبیه سازی ها را در محیط دیزاین اکسپلورر نمایش می دهد.

به منظور ارتباط ساختمان با فضای خارج و کاهش استفاده از روشنایی الکتریکی با ورود نور روز به فضا از گواهینامه LEED v4 استفاده می شود. برای پذیرش این گواهینامه دو شاخص آتانونمی نور روز فضایی (sDA 300lux/50%) با شرط حداقل ۵۵٪، ۷۵٪ یا ۹۰٪ از سطح کف اشغال شده و تابش سالانه نور خورشید (ASE 1000lux,250hour) با محدودیت سطح کف اشغال شده بیش از ۱۰٪ مورد ارزیابی قرار می گیرد. با انتخاب دامنه تعریف شده در نمای جنوبی، هیچ بازشویی نمی تواند مورد پذیرش این استاندارد قرار بگیرد.

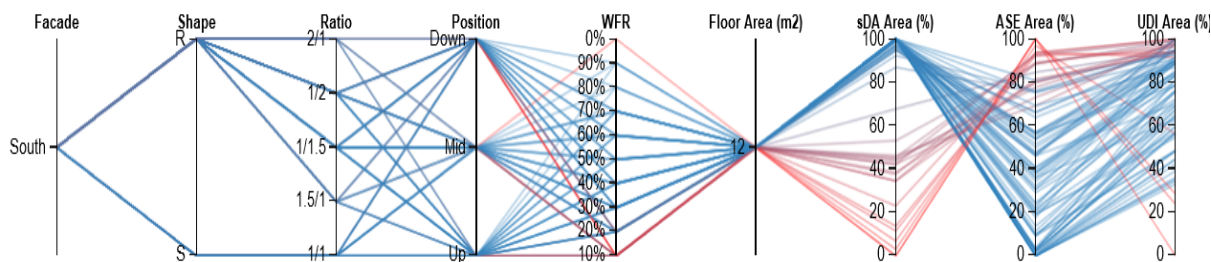
به مساحت کف (WFR) برابر با 50% و شکل مستطیلی و با نسبت ۱ به ۲ و در موقعیت بالایی می باشد.

ارزیابی سناریوها بر اساس LEED v4

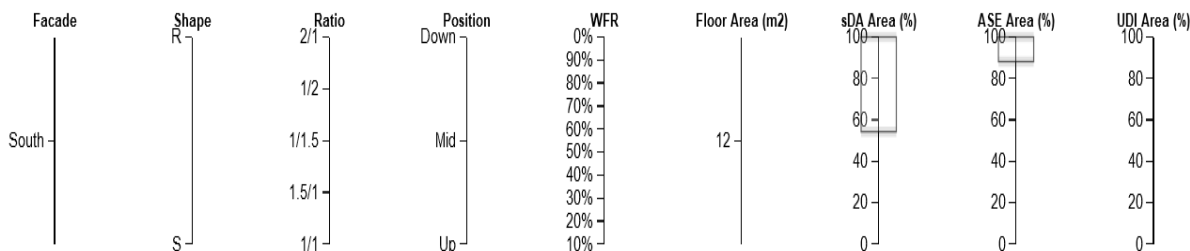
دسته دیگر از استانداردهای مربوط به نور روز استاندارد دینامیک نور روز است، استاندارد دینامیک نور روز به سبب در نظر گرفتن اقلیم و تغییرات وضعیت آسمان و پارامترهای طراحی و به دنبال آن تغییرات روشنایی بر اساس داده های هواشناسی، ارزیابی شرایط نوری فضا و آسایش بصری را در طول سال برای کاربران امکان پذیر می کنند. وجامعیت بیشتر این نتایج به علت در نظر گرفتن تغییرات آب و هوایی در هنگام شبیه سازی می باشد. پروسه شبیه سازی با اعمال تنظیمات یکسان برای تمامی سناریوها بر اساس این استاندارد

جدول (۴) سناریوهای دارای استاندارد LEEDV2 و فاکتور DF

نما	شکل	نسبت	موقعیت	نسبت بازشو به سطح کف (WFR)	Floor Area above Threshold (m2)	Floor Area above Threshold (%)	Average Daylight Factor (%)
جنوب	مستطیل	1/2	بالا	50%	11.169	93.077	4.97
جنوب	مستطیل	1/1.5	بالا	40%	9.415	78.462	4.242



تصویر (۷) ارزیابی سناریوهای نمای جنوبی بر اساس استاندارد LEEDV4 (توسط نگارنده در محیط Design- Explorer)



تصویر (۸) سناریوهای منتخب نمای جنوبی بر اساس استاندارد LEEDV4 (توسط نگارنده در محیط Design- Explorer)

بحث براساس مصرف سوخت سالیانه

محدودیت منابع فسیلی افزایش رشد سالانه مصرف انواع انرژی در ایران اتلاف انرژی در مصرف و مشکلات فزاینده زیست محیطی ناشی از آن همچون آلودگی هوا، ضرورت مدیریت مصرف و بالا بردن بازده و بهره‌وری انرژی را پیش از پیش آشکار ساخته است. از همین رو گرچه تاکنون بهینه ترین سناریو بر اساس پارامترهای نور روز و آسایش بصری معرفی شده اند، ولی با هدف بررسی میزان مصرف انرژی

حاصل از سیستم سرمایش، گرمایش و مجموع و با توجه به عدم وجود مدول بهینه بر اساس استاندارد (LEED v4) مدل های بهینه بخش روشنایی بر اساس استاندارد (LEED v2 & DF) مورد سنجش مجدد از بعد مصرف انرژی قرار گرفته اند، نتایج حاصل از بررسی میزان مصرف سرمایش، گرمایش و مجموع برای سناریو های بهینه از لحاظ آسایش بصری به شرح زیر می باشد که در قالب جدول و نمودار زیر به نمایش در آمده است:

جدول (۵) نتایج سناریوهای منتخب بخش روشنایی از لحاظ میزان مصرف انرژی سالیانه:

Model	Position	DF _{average} (%)	Floor Area above Threshold (%)	sDA _{300lx} (%)	ASE _{1000lx} (%)	Cooling (Electricity) (kWh)	Heating (Gas) (kWh)	E _{Total} (kWh)
مستطیل، ۱/۱.۵ %۴۰WFR	بالا	۴.۲۴۲	۷۸.۴۶۲	100	3.8	۱۵۷۵.۹۵	۲۱۴.۶۵	۱۹۱۶.۸
مستطیل، ۱/۲ %۵۰WFR	بالا	۴.۹۷	۹۳.۰۷۷	100	0	۱۷۹۴.۳۸	۱۸۵.۲۰	۲۱۰۲.۸۲

نتیجه گیری

بررسی نتایج نشان از آن دارد که از بین تمامی سناریوهای مدل سازی شده بر اساس متغیرهای مربوطه، تنها دو بازشوی (مستطیل با نسبت ۱/۱.۵ و %۴۰WFR) و (مستطیل با نسبت ۱/۲ و %۵۰WFR) می توانند از لحاظ پارامترهای نور روز و آسایش بصری، نور روز مطلوبی را دریافت کنند. ولی با توجه به نتایج حاصل از بررسی مصرف سوخت سالیانه می توان گفت که به علت مصرف کمتر انرژی مجموع، سناریوی (بازشوی مستطیلی شکل و با نسبت ۱/۱.۵ و %۴۰WFR) می تواند کارترین گزینه برای نمای جنوبی ساختمان های با عملکرد اداری و مشخصات اقلیمی تهران باشد. البته لازم به ذکر است طراحی سایه بان های مناسب در پنجره های نمای جنوبی برای دستیابی به روشنایی متعادل تر توصیه می گردد. با مقایسه پژوهش حاضر با سایر مطالعات همچون پژوهشی که دریافته بود نسبت ۲۰٪ تا ۴۰٪ دامنه قابل قبولی برای مساحت بازشو نسبت به سطح نما می باشد. و اینکه اگر مساحت بازشو نسبت به نما بیشتر از ۵۰٪ باشد با وجود اینکه تاثیر ناچیزی در کاهش بار مصرفی در بخش روشنایی دارد،

ولی تاثیر قابل ملاحظه ای در افزایش بار سرمایشی دارد (Bokel, 2007). و مقایسه آن با نتایج پژوهش فوق به درستی پژوهش حاضر می توان پی برد. به گونه ای که افزایش نسبت مساحت بازشو به سطح کف هر چند باعث کاهش اندک در کاهش مصرف انرژی در بخش روشنایی و گرمایش می شود ولی تاثیر قابل ملاحظه ای در افزایش بار سرمایشی و در نتیجه میزان مجموع مصرف انرژی، را دارا می باشد. همچنین مطالعه دیگری که با هدف بررسی تاثیر موقعیت و ابعاد بازشو بر مصرف انرژی صورت گرفته است، نتایج نشان از آن دارد که بازشوی افقی نسبت به سایر اشکال تاثیر بیشتری بر حفظ انرژی دارند و همچنین بازشوی در موقعیت بالاتر نسبت به موقعیت مرکز باعث ایجاد آتانومی بهتر نور روز در فضای مورد نظر می شوند (Acosta, Campano, Molina, 2016). که در قیاس با موقعیت و شکل نتایج برتر در این پژوهش نیز می توان به نتایج مشابهی رسید. لازم به ذکر است که بهینه سازی بازشوها برای سایر اقلیم ها و کاربری ها نیز قابل انجام است که سایر پژوهشگران و متخصصان در این حوزه می توانند به آن بپردازند.

- sustainable development approach. Case study: temperate and humid climate. *Scientific and Research Quarterly Journal of New Perspectives in Human Geography*, 13(1), 674-688. (Persian).
- 10- Mangkuto, R. A., Feradi, F., Putra, R., Atmodipoero, R., & Triyogo, F. (2018). Optimisation of daylight admission based on modifications of light shelf design parameters. *Journal of Building Engineering*, 18, 195-209.
- 11- Miri, M., & Saeed, M. (2014). Assessing Daylight Access Requirements in Iranian National Building Code (Case Study in Qazvin). *Journal of Architect, Urban Design & Urban Planning*, 7(12), 109-. Retrieved from https://www.magiran.com/paper/140602_0
- 12- Mokhtari, R., Dehghan, N., & Maleki, A. (2023). Analysis of The Impact of Window Properties On the Main Living Space with The Aim of Daylight Efficiency and Energy Saving in The Hot and Dry Climate of Isfahan. *Journal of Solar Energy Research*, 8(1), 1235-1249. doi:10.22059/jser.2022.349312.1258.
- 13- Mofidi, M. Hosseini, B. & Madi, H. (2010). Investigating the climatic performance of interior skylights of office buildings in the Tehran climatic zone, *Architecture and Urban Planning of Iran*, 1: 101-108. (in Persian).
- 14- Molaei, M., Pilechiha, P., and Shadanfar, A. (2019). Optimization of opening and light front proportions with an approach to reducing energy consumption in office buildings. *Naqsh-e Jahan*, 9(2), 117-123.
- 15- Nasiri, R. Zarandi, S. & Motlagh, M.A. (2021). Climate change and the challenges of quantitative assessment of urban climate changes: A case study of Tehran metropolis. *Journal of the School of Public Health and Health Research Institute*, 19(3), 293-314. (in Persian).
- 16- Pellegrino, A., Cammarano, S., Lo Verso, V., & Corrado, V. (2017). Impact of daylighting on total energy use in offices of varying architectural features in Italy: Results from a parametric study. *Building and Environment*, 113, 151-162.
- منابع
- 1- Acosta, I, Campano, M, & Molina, J. (2016). Window design in architecture: Analysis of energy savings for lighting and visual comfort in residential spaces. *Applied Energy*, 168, 493-506. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.005>
 - 2- Bokel, RMJ. (2007). *The effect of window position and window size on the energy demand for heating, cooling and electric lighting*. Paper presented at the Building Simulation.
 - 3- Choi, W., Lee, Y., Lee, H., E., & Lee, Ch. (2017). The verification about possibility of introducing Window to Floor Ratio as design index for building energy performance. *17(1)*, 23-28.
 - 4- Construction, Ministry of Roads and Urban Development Deputy of housing. (2013). *Iran's National Building Regulations and Laws, Book no. 4, General Building Requirements*.
 - 5- Dahlan, A., Eissa, M. (2015). The impact of daylighting in classrooms on students' performance. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE), Volume 4*.
 - 6- Fasi, M., & Budaiwi, I. (2015). Energy performance of windows in office buildings considering daylight integration and visual comfort in hot climates. *Energy and Buildings*, 108, 307-316.
 - 7- Ghafari Jabari, S., Ghafari Jabari, Sh., & Saleh, E. (2013). Review Strategies for Improving the Design and Construction of Settlements in Tehran. *epprjournal*, 0(1), 115-132. Retrieved from <http://epprjournal.ir/article-1-26-fa.html>
 - 8- Kaasalainen, T., Mäkinen, A., Lehtinen, T., Moisio, M., & Vinha, J. (2020). Architectural window design and energy efficiency: Impacts on heating, cooling and lighting needs in Finnish climates. *Journal of Building Engineering*, 27, 100996. doi:<https://doi.org/10.1016/j.job.2019.100996>.
 - 9- Kheri, A. & Rezaizadeh Mahabadi, K. (2017). The effect of climatic factors on the design of residential buildings with a

- 24- Watson, Donald. Labs, Kenneth. (2022). Climatic design: energy - efficient building principles and practices, Tehran university. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.09.012>
- 25- Yu, Xu, Su, Yuehong. (2015). Daylight availability assessment and its potential energy saving estimation –A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 494-503. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.142>.
- 17- Pracki, P. (2020). The impact of room and luminaire characteristics on general lighting in interiors. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences*, 68(3).
- 18- Samimi Lanbani, A. & Keramat, Z. (2015). The importance and role of climate and sustainable development in the formation of architecture and urban planning based on traditional Iranian architectural patterns (case study of Yazd city). International Conference on Research in Engineering, Science and Technology. (in Persian).
- 19- Shams, M., & Khodakarami, M. (2010). A Study of Traditional Architecture Adapted to Cold. *Climate, Geographical Quarterly Environmental Management, Quarterly*, 4.
- 20- Seifi, B. & Ahadi, P. (2016). Study of the principles of sustainable architecture in the works of contemporary architects of the world. Presented at the International Conference on Research in Science and Technology. (in Persian).
- 21- Watson, D., & Labs, K. (2022). *Climatic design: energy - efficient building principles and practices*: Tehran university.
- 22- Yu, X., & Su, Y. (2015). Daylight availability assessment and its potential energy saving estimation –A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 494-503. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.142>
- 23- Zeinalzadeh, T. Nikghaddam, N. & Fayyaz, R. (2019). The role of heat and lighting in optimizing northern and southern windows. *Journal of Mechanical Engineering*, 30(1), 13-23. (in Persian).