



عنوان طرح

بهینه‌سازی عملکرد حرارتی و بهره‌وری نوری ساختمان‌های مسکونی (نمونه موردی: ساختمان مسکونی در

شهر قم)

مجری طرح

قدسیه سادات نجفی

کد طرح

-

ناظر طرح

ابوالفضل الهی منش

محل انجام طرح

کاشانه مسکونی - استان قم

پاییز ۱۴۰۳

اصالت اثر

این جانب قدسیه سادات نجفی ضمن مطالعه دستورالعمل اخلاق پژوهش سازمان نظام مهندسی استان قم متعهد می شوم که مطالب مندرج در این گزارش، حاصل کار پژوهشی این جانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است. این طرح پژوهشی قبلاً در هیچ کجا انجام نگرفته است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) سازمان نظام مهندسی استان قم می تواند مطابق قانون با این جانب برخورد نماید.

نام و نام خانوادگی پژوهشگر: قدسیه سادات نجفی

امضا

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات پژوهش.....	۱۰
۱-۱- مقدمه و کلیات تحقیق.....	۱۱
۱-۲- بیان مسئله.....	۱۱
۱-۳- ضرورت و اجرای طرح.....	۱۴
۱-۴- صرفه‌جویی انرژی در ساختمان.....	۱۵
۱-۴-۱- راهکارهای بهینه‌سازی.....	۱۶
۲-۴-۱- مقررات ملی و صرفه‌جویی انرژی در ساختمان.....	۱۶
۱-۴-۴-۱- جداره‌های بیرونی ساختمان.....	۱۶
۲-۴-۴-۱- پنجره‌ها.....	۱۷
۳-۴-۴-۱- تهویه مطبوع.....	۱۷
۴-۴-۴-۱- استفاده از حرارت برای تولید سرما.....	۱۸
۱-۵- اهداف برجسته پژوهش.....	۱۸
۱-۶- پرسش‌های پژوهش.....	۱۹
۱-۷- نوآوری پژوهش.....	۱۹
۱-۸- روش اجرای پژوهش.....	۲۰
۱-۹- قلمرو پژوهش.....	۲۲
۱-۹-۱- قلمرو مکانی.....	۲۲
۱-۹-۲- قلمرو موضوعی.....	۲۳
۱-۱۰- جمع‌بندی فصل اول.....	۲۳
مبانی نظری.....	۲۴
۲-۱- مقدمه.....	۲۵

۲۵.....	مسکن	۲-۲
۲۵.....	اهمیت پرداختن به مسئله مسکن	۲-۸-۱
۲۶.....	مفهوم سکونت	۲-۸-۲
۲۷.....	شناخت برج	۲-۸-۳
۲۷.....	اهمیت پرداختن به موضوع مجتمع مسکونی بلند (برج)، در شرایط خاص جامعه ما	۲-۸-۴
۲۹.....	نور روز	۳-۲
۳۰.....	مزایا و چالش‌های نور روز در معماری	۲-۴-۱
۳۱.....	شاخص‌های ارزیابی نور و انرژی	۲-۴-۲
۳۴.....	پنجره	۴-۲
۳۴.....	تعاریف	۲-۵-۱
۳۴.....	اجزاء پنجره	۲-۵-۲
۳۵.....	پنجره و آسایش	۲-۵-۳
۳۶.....	آتریوم	۵-۲
۳۸.....	عملکرد آتریوم	۲-۶-۱
۳۸.....	پارامترهای طراحی آتریوم	۲-۶-۲
۳۹.....	تراس‌های آپارتمانی	۶-۲
۳۹.....	نقش تراس در آپارتمان‌های شهری	۲-۷-۱
۴۰.....	نمونه‌های موردی	۷-۲
۴۰.....	EcoTerra خانه ۱	۲-۹-۱
۴۲.....	ساختمان با انرژی کلی صفر شارلوت (ایالت ورمانت آمریکا)	۲-۹-۲
۴۴.....	ساختمان انرژی و محیط‌زیست مؤثر سینو ایتالین/چین	۲-۹-۳
۴۷.....	خلاً موجود	۸-۲

جایگاه پژوهش حاضر	۴۸	۹-۲
جمع‌بندی	۴۸	۱۰-۲
فصل سوم	۴۹	
مقدمه	۵۰	۱-۳
نوع پژوهش	۵۰	۲-۳
مراحل اجرای پژوهش	۵۱	۳-۳
۱- مرحله نخست؛ جمع‌آوری داده‌های میدانی و تحلیل آنها	۵۱	۳-۳-۱
وضعیت بوم‌شناختی شهر قم	۵۲	۳-۳-۱-۱
واحدهای مسکونی مورد بررسی	۵۳	۳-۳-۱-۲
گردآوری داده‌های میدانی	۵۶	۳-۳-۱-۳
لوکس متر	۵۶	۳-۳-۱-۴
نحوه ثبت داده‌ها	۵۷	۳-۳-۱-۵
مرحله دوم؛ مدل‌سازی و طراحی پارامتریک	۵۸	۳-۳-۲
مرحله سوم؛ شبیه‌سازی و تعیین نرم‌افزار	۵۹	۳-۳-۳
۴- مرحله چهارم؛ تحلیل پیش‌بینی و ارزیابی آسایش حرارتی	۶۳	۳-۳-۴
جمع‌بندی فصل سوم	۶۴	۳-۴
مقدمه	۶۷	۱-۴
تحلیل داده‌های میدانی نور	۶۷	۲-۴
تحلیل داده‌های نور طبیعی دی‌ماه	۶۸	۴-۲-۱
تحلیل داده‌های نور طبیعی بهمن‌ماه	۶۹	۴-۲-۲
تحلیل داده‌های نور طبیعی اسفندماه	۷۰	۴-۲-۳
تحلیل داده‌های نور طبیعی فروردین‌ماه	۷۱	۴-۲-۴

۷۲.....	تحلیل داده‌های نور طبیعی اردیبهشت‌ماه.....	۴-۲-۵
۷۳.....	تحلیل داده‌های نور طبیعی خردادماه.....	۴-۲-۶
۷۴.....	تحلیل داده‌های نور طبیعی تیرماه.....	۴-۲-۷
۷۵.....	تحلیل داده‌های نور روز.....	۴-۳
۷۵.....	نمونه موردی اول.....	۴-۴-۱
۷۹.....	نمونه موردی دوم.....	۴-۴-۲
۸۳.....	تحلیل داده‌های آسایش حرارتی.....	۴-۴
۸۳.....	نمونه موردی اول.....	۴-۴-۱
۸۵.....	نمونه موردی دوم.....	۴-۴-۲
۸۷.....	جمع‌بندی.....	۴-۵
	۸۸	منابع

فهرست تصاویر

۱۳.....	شکل ۱-۱ نمودار رئوس کلی فصل اول: منبع (نگارنده).....
۲۱.....	شکل ۱-۲ نمودار فرآیند روش پژوهش؛ منبع: (نگارنده).....
۲۲.....	شکل ۱-۳ موقعیت جغرافیایی شهر قم؛ منبع: [۱۳].....
۳۰.....	شکل ۲-۳ نور روز در معماری [۲۵].....
۳۴.....	شکل ۲-۳ انواع مختلف بازشوی مورد استفاده در ساختمان‌ها [۳۹].....
۳۷.....	شکل ۲-۴ انواع فرم آتریوم [۳۸].....
۳۸.....	شکل ۲-۵ تناسبات آتریوم بر اساس دو اصل اساسی با طرح سقف مشابه [۵۱].....
۳۹.....	شکل ۲-۶ پارامترهای طراحی آتریوم [۴۸].....
۴۰.....	شکل ۲-۷ خانه Eco Terra با هدف انرژی صفر در کانادا- دوره های زمانی طراحی- ساخت، مانیتورینگ و سکونت.....
۴۱.....	شکل ۲-۸ طرحی از فناوری بکار رفته در ساختمان انرژی صفر.....
۴۲.....	شکل ۲-۹ جزئیات مصرف و تولید انرژی در ساختمان Eco Terra در کانادا.....
۴۳.....	شکل ۲-۱۰ ساختمان انرژی صفر شارلوت آمریکا.....

- شکل ۲- ۱۱ نحوه استفاده از انرژی باد در تابستان و انرژی خورشیدی در زمستان در ساختمان شارلوت..... ۴۳
- شکل ۲- ۱۲ نماهای چند لایه، سیستم های سایه سازی فتوولتاییک و تراس های گوناگون ۴۵
- شکل ۲- ۱۳ جزئیات نمای ساختمان انرژی و محیط زیست سینو ایتالین ۴۶
- شکل ۲- ۱۴ مقطع ساختمان انرژی و محیط زیست موثر سینو ایتالین ۴۷
- شکل ۳- ۱ تقسیم بندی اقلیم گرم و خشک در ایران منبع:..... ۵۳
- شکل ۳- ۲ به ترتیب از راست به چپ: پلان واحد مسکونی نمونه موردی اول و نمای آپارتمان مسکونی مورد مطالعه؛ منبع: نگارنده ۵۴
- شکل ۳- ۳ به ترتیب از راست به چپ: پلان واحد مسکونی نمونه موردی دوم و نمای آپارتمان مسکونی مورد مطالعه؛ منبع: نگارنده ۵۵
- شکل ۳- ۴ تصویر دستگاه اندازه گیری نور (لوکس متر) ۵۷
- شکل ۳- ۵ پلان اتاق مورد مطالعه نمونه موردی دوم، نقاط برداشت و ثبت داده های نوری؛ منبع: نگارنده ۵۸
- شکل ۳- ۶ فهرست و قابلیت برخی از نرم افزارهای موجود در حوزه نور روز و انرژی منبع: نگارنده ۶۱
- شکل ۳- ۸ نمودار کلی پژوهش منبع: نگارنده ۶۳
- شکل ۴- ۱ نمودار دریافتی دی ماه در تراس و اتاق مجاور آن؛ منبع: نگارنده ۶۹
- شکل ۴- ۲ نمودار دریافتی بهمن ماه در تراس و اتاق مجاور آن؛ منبع: نگارنده ۷۰
- شکل ۴- ۳ نمودار دریافتی اسفند ماه در تراس و اتاق مجاور آن؛ منبع: نگارنده ۷۱
- شکل ۴- ۴ نمودار دریافتی فروردین ماه در تراس و اتاق مجاور آن؛ منبع: نگارنده ۷۲
- شکل ۴- ۵ نمودار دریافتی اردیبهشت ماه در تراس و اتاق مجاور آن؛ منبع: نگارنده ۷۳
- شکل ۴- ۶ نمودار دریافتی خرداد ماه در تراس و اتاق مجاور آن؛ منبع: نگارنده ۷۴
- شکل ۴- ۷ نمودار دریافتی تیر ماه در تراس و اتاق مجاور آن؛ منبع: نگارنده ۷۵
- شکل ۴- ۸ نتایج شبیه سازی سالانه نور روز (ساعتی) در نمونه موردی اول ۷۶
- شکل ۴- ۹ نتایج شبیه سازی سالانه نور روز مفید در نمونه موردی اول ۷۸
- شکل ۴- ۱۰ سایه بان های پیشنهادی برای نمونه موردی دوم ۷۹
- شکل ۴- ۱۱ نتایج شبیه سازی سالانه نور روز (ساعتی) در نمونه موردی دوم ۸۱
- شکل ۴- ۱۲ نتایج شبیه سازی سالانه نور روز مفید در نمونه موردی دوم ۸۲

شکل ۴-۱۳ نتایج شبیه سازی سالانه دمای هوا در نمونه موردی اول..... ۸۴

شکل ۴-۱۴ نتایج شبیه سازی سالانه رطوبت نسبی در نمونه موردی اول..... ۸۵

شکل ۴-۱۵ نتایج شبیه سازی سالانه دمای هوا و آسایش حرارتی در نمونه دوم..... ۸۶

فهرست جداول

جدول ۲-۲ کارایی نوع بازشو در عملکرد تهویه طبیعی [۴۱]..... ۳۵

جدول ۲-۳ مشخصات ساختمان مورد ارزیابی..... ۴۴

جدول ۴-۱ نتایج کفایت نور روز و دریافت سالانه نور خورشید..... ۷۹

جدول ۴-۲ نتایج کفایت نور روز و دریافت سالانه نور خورشید..... ۸۳

چکیده

در دهه‌های اخیر به دنبال بحران‌های انرژی، طراحی و ساخت ساختمان‌های سبز و با حداقل مصرف انرژی (نزدیک به صفر) در میان کشورهای مختلف مورد توجه و استقبال قرار گرفته است. مطابق با آمار ارائه شده جهانی و به طور خاص در کشور ایران مصرف انرژی روند فزاینده‌ای دارد که این مورد در خصوص کشور ایران رشدی معادل ۷ درصد گزارش شده است. همین امر منجر به استقبال کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه در راستای ریشه‌یابی و چاره‌اندیشی شود. نظر به بحران‌های اخیر و سیاست‌های تشویقی کاهش مصرف انرژی نیاز به طراحی ساختمان‌ها با مصرف انرژی کمتر و بازدهی بالاتر احساس می‌شود. این در حالی است که استفاده از برخی از استراتژی همچون استفاده از مصالح با انتقال حرارت پایین‌تر، استفاده از شیشه‌های دوجداره و... به‌تنهایی برای کاهش میزان مصرف انرژی کافی نیست و بایستی به اصولی جامع‌تر و بنیادی‌تر پرداخته شود و طراحی از ابتدای پیدایش ایده، خود را منطبق بر اصول پایداری، بهینه‌سازی کند. در همین راستا پژوهش پیشرو، پروژه مسکونی را در منطقه ۴ شهرداری قم به‌عنوان نمونه‌ای جهت طراحی با رویکرد بهینه‌سازی انرژی و نور روز انتخاب شد. تفاوت پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌های مرتبط به حوزه انرژی، در بررسی کیفیت فضای داخل به‌صورت کمی با استفاده از ارزیابی پارامترهای نور و انرژی است. در گام نخست به بررسی مبانی و ادبیات پژوهش پرداخته شده است در گام بعدی پیشینه پژوهش، مصادیق و نمونه‌های موردی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. سپس به بررسی شرایط اقلیمی ساختگاه و پیشنهاد‌های طراحی اقلیمی ساختگاه موردنظر پرداخته شد. در گام آخر به روش شبیه‌سازی در نرم‌افزار هانی بی - لیدی باگ و همچنین الگوریتم تکاملی بهینه‌یابی انرژی و نور در نرم‌افزار گرسا پر به بررسی مصرف انرژی و دریافت نور روز پرداخته شد و نتایج آن به‌صورت چرخه رفت و برگشتی با فرآیند طراحی، اعمال می‌شود تا برآیند مصرف و تولید انرژی در ساختمان در طول یک سال به حداقل ممکن برسد.

کلیدواژه‌ها: معماری، بهینه‌سازی مصرف انرژی، مجتمع مسکونی، نور روز

فصل اول: کلیات پژوهش

۱-۱- مقدمه و کلیات تحقیق

۱-۲- بیان مسئله

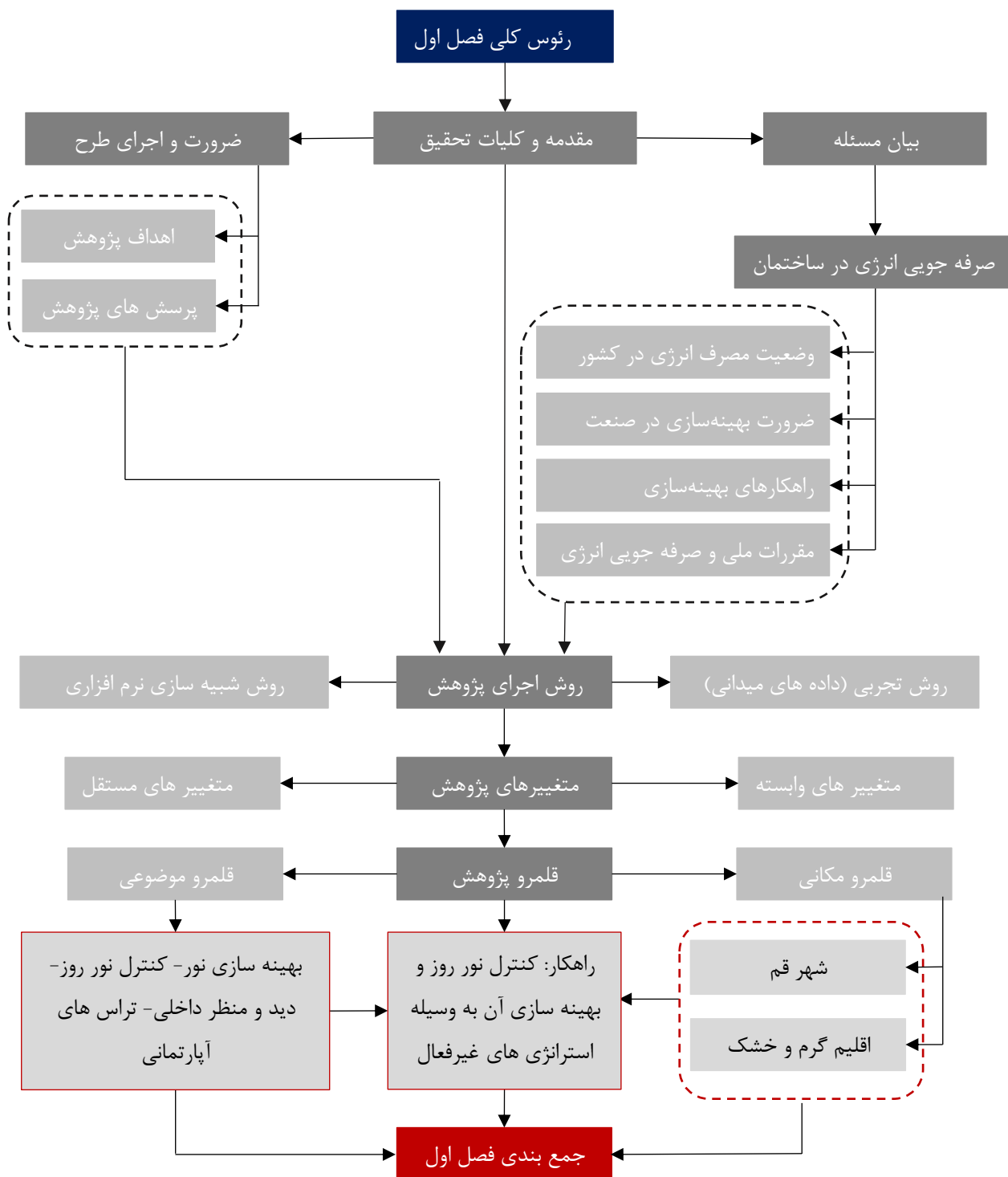
توجه به مسائل اقلیمی و شرایط محیطی در معماری سنتی ایران، به عنوان عاملی کلیدی و تأثیرگذار مطرح بوده است. رفتار مناسب پوسته ها و جداره های این دوره از بناها، در مقابل پارامترهای محیطی، شرایط مناسبی را برای ساکنین خود مهیا نموده بود؛ اما در حال حاضر، به دلیل نادیده گرفتن پارامترهای اقلیمی و استفاده از مصالح سنتی با ضخامت ناچیز، علاوه بر رفتار حرارتی نامناسب، سبب افزایش مصرف انرژی در ساختمان شده است. از طرفی در سده اخیر، استفاده از عناصر معماری بدون توجه به ماهیت آن ها از مسائل چالش برانگیز در معماری ایران است [۱].

معماری هر سرزمین و هر فرهنگی، از ویژگی های خاصی برخوردار است که آن ویژگی ها هویت معماری آن سرزمین را تعریف می کنند. عواملی که ویژگی های معماری یک سرزمین را حمل می کنند، طیف وسیعی از اندام ها و عناصر بنا را تشکیل می دهند که شامل نحوه سازمان دهی فضایی و استقرار کلیت بنا تا نحوه به کارگیری عناصر معماری و جزئیات و طرح عناصر و نحوه به کارگیری مصالح می شود. در این میان، عنصر پنجره به دلیل اهمیت نقش هایی که در رابطه با زندگی انسان دارد، بیشترین تأثیر را از ویژگی های زندگی می گیرد و یکی از عواملی است که سهم نسبتاً بیش تری در انتقال پیام آن ویژگی ها به عهده دارد [۲].

پنجره نوعی روزن می باشد که وظیفه اصلی آن ایجاد روشنایی، تهویه و ارتباط با فضای خارج است. در معماری ایرانی، ابعاد و نوع پنجره با توجه به نوع کاربری فضا و اقلیم مشخص می شده است. لازم به ذکر است که در همه ادوار معماری ایرانی توجه به انسان همواره نقش اصلی را به خود اختصاص داده است.

موضوع این پژوهش بهینه سازی و بیان شفاف تر، بهینه سازی عملکرد نور روز در ساختمانی مسکونی در اقلیم گرم و خشک است. در این اقلیم که دما در فصل تابستان به بیش از ۴۰ درجه سانتی گراد می رسد، بهینه سازی نور روز و به ویژه جبهه جنوبی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. طراحی بهینه و هدفمند فضا می تواند علاوه بر تأمین نیازهای زیباشناختی و زیست محیطی، به کاهش میزان مصرف انرژی و وابستگی به سیستم های حرارتی و برودتی منجر شود. در واحدهای مسکونی آپارتمانی که با محدودیت های فضایی و نورگیری مواجه هستند، پاسیو ها به دلیل دسترسی به نور طبیعی و هوای آزاد ساده ترین راه حل برای دسترسی به نور طبیعی به شمار می آیند. از این رو در نظر است دو مورد آپارتمانی مسکونی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند. هر دو نمونه واقع در منطقه ۴ قم می باشند. نمونه اول آپارتمانی واقع در منطقه ۴ و دارای ۷ طبقه روی پیلوت و ۲ طبقه زیر زمین و نمونه دوم آپارتمانی مسکونی واقع در منطقه ۴ و دارای ۳ طبقه روی پیلوت می باشد. در این پژوهش به دنبال افزایش عمق

نفوذ نور و بهبود نور دریافتی در فضاها به کمک راهکارهای غیرفعال هستیم. خلاصه‌ای از آنچه در فصل ۱ بیان شده است، در شکل ۱-۱ بیان گردیده است.



شکل ۱-۱ نمودار رئوس کلی فصل اول: منبع (نگارنده)

۱-۳- ضرورت و اجرای طرح

توسعه صنعتی، افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی و در نتیجه توسعه حمل و نقل، آلودگی هوا را در سراسر جهان به یکی از مهم‌ترین چالش‌های مردم و مسئولان تبدیل کرده است؛ مشکلی که به سبب تعدد منابع و همین‌طور نهادهای تصمیم‌گیرنده، ابعاد پیچیده‌ای داشته و کاهش آن به‌غیراز مباحث فنی و نیاز به شناخت منابع، نیازمند همکاری بالای مردم و مسئولان امر است. این امر منجر به کاهش چشمگیر فضای سبز، دید و منظر و افت کیفیت زیست‌محیطی سکونت‌گاه‌ها و افزایش مصرف انرژی در ساختمان‌ها شده است. اهمیت توجه به دید و منظر و دسترسی به نور طبیعی و مستقیم به دلایل متعدد زیست‌محیطی و روان‌شناختی به‌صورت فزاینده‌ای مورد توجه طراحان و به‌ویژه طراحان منظر قرار گرفته است. در سال‌های اخیر، رشد شتابان شهرنشینی در اقلیم‌های گرم و خشک، منجر به افزایش فشارهای محیطی و روانی بر ساکنین شده و ضرورت طراحی مؤثر منظر داخلی با رویکرد انسان‌محور را آشکار ساخته است. مطالعات اخیر حاکی از آن است که دسترسی به نور طبیعی و گنبد آسمان منجر به بهبود کیفیت هوا، کاهش استرس و ارتقا شاخص‌های سلامت روان و بهره‌وری ذهنی ساکنان می‌گردد. همچنین در جریان همه‌گیری کووید-۱۹ نیاز به بهره‌مندی از نور طبیعی و دید و منظر در مقیاس خرد از جمله واحدهای مسکونی، بیش‌ازپیش احساس شد و پژوهش‌های متعددی بر اهمیت این موضوع در دوران‌های بحرانی مانند قرنطینه تأکید کردند [۳]

از سوی دیگر، به واسطه افزایش تقاضای مسکن و محدودیت‌های اقتصادی اغلب واحدهای مسکونی معاصر از نظر مساحت دارای محدودیت‌هایی هستند که امکان اختصاص فضای تراس یا نورگیری مستقیم برای ایجاد دید و منظر داخلی را کاهش می‌دهد. در چنین شرایطی، استفاده از فضاهای موجود مانند تراس‌ها، پاسیو‌ها و نورگیرها که اغلب بدون طراحی مشخص و گاهی بلااستفاده رها می‌شوند، به‌عنوان راهکاری عملی و قابل‌تحقق مطرح می‌گردد. عدم توجه طراحان به چنین فضاهایی موجب شده تا این فضاها عملکرد موردانتظار را در بهبود کیفیت زیست‌محیطی ایفا نکنند. این در حالی است که با طراحی صحیح و درک مناسب از ظرفیت این فضاها، می‌توان آن‌ها را به عناصر مؤثر در ارتقای کیفیت زندگی ساکنان تبدیل کرد [۴] و [۵]

پنجره‌های جنوبی به ویژه به دلیل دریافت مستقیم نور طبیعی فرصت مناسبی برای افزایش آسایش بصری فراهم می‌کند، اما شدت بالای تابش نور خورشید در این جبهه می‌تواند منجر به خیرگی بصری در فضای متصل و کاهش آسایش بصری در فضا شود. بنابراین کنترل و بهینه‌سازی نور طبیعی به ویژه در اقلیم‌های گرم و خشک و در جبهه‌های جنوبی نقش کلیدی در ارتقای عملکرد نور طبیعی و آسایش بصری و حرارتی ایفا می‌کند [۶] و [۷]

۱-۴- صرفه‌جویی انرژی در ساختمان

صرفه‌جویی یعنی پیدا کردن روش‌های نوآورانه برای استفاده بهتر از منابع محدود به‌خصوص منابع تجدیدناپذیر. کاهش مصرف انرژی بدین معنی نیست که به بهای کاهش درجه آسایش، در انرژی مصرفی ساختمان‌ها صرفه‌جویی کنیم. هدف بهینه‌سازی مصرف انرژی همراه با آسایش ساکنان آن است. احترام به محیط و بستر قرارگیری طرح در ساختمان‌های امروزی برخلاف آنچه در ساختمان‌های کهن وجود داشته است، کم‌رنگ است. پس از وقوع انقلاب صنعتی (۱۹۰۰ تا ۱۹۵۰ میلادی) و غلبه ظاهری بشر بر محدودیت‌های محیطی طراحی ساختمان‌هایی آغاز شد که تمامی آسایش فضای داخلی آن با استفاده از تجهیزات مکانیکی برآورده می‌شد. این دوره که آثار آن تا هم‌اکنون نیز برجاست، سبب ساختن ساختمان‌هایی با نماهایی تمام شیشه‌ای حتی در مناطق گرم و خشک شد. هم‌زمان، اختراع لامپ‌های حبابی این امکان را پدید آورد تا ساختمان‌ها هرچه عمیق‌تر ساخته شوند و روشنایی خود را نیز از طریق این لامپ‌ها تأمین نمایند [۸].

با بروز بحران‌های محیطی، بسیاری از معماران و مهندسين دریافته‌اند که علاوه بر طراحی ساختمان‌هایی با ظاهری جذاب، باید جنبه‌های فراوان دیگری را نیز در طراحی خود تأمین نمایند. ساختمان‌های امروز نه تنها باید زیبا باشند؛ بلکه باید فضاهایی سالم را نیز تولید نمایند که فراهم‌کننده آسایش و راحتی برای ساکنان خود باشند. این ساختمان‌ها باید به اندازه کافی انعطاف‌پذیر باشند تا به آسانی با تغییرات عملکردی و فناوری منطبق شوند و بدین ترتیب هزینه‌های کل دوران زیست ساختمان مقداری مناسب و منطقی باشد [۹].

هم‌اکنون جریان‌هایی در زمینه طراحی ساختمان‌هایی باقابلیت بالا در تأمین آسایش ساکنان به گونه‌ای که کمترین تأثیر منفی را بر محیط‌زیست داشته باشد، در حال گسترش است. این سیستم طراحی متخصصانی را می‌طلبد که رابطه میان سیستم‌های ساختمانی و آثار محیطی آن‌ها را در هنگام تصمیم‌سازی درک نمایند. با استفاده از سیستم‌های جدید ارزیابی عملکرد ساختمان همچون LEED و BREEAM به بررسی مواردی در ارزیابی ساختمان‌ها می‌پردازند که در قوانین ساختمانی اشاره‌ای به آن‌ها شده است [۱۰].

در ایران نیز قوانین مبحث ۱۹، بر اساس همین ساختار و با تمرکز بر عایق‌کاری بدنه‌های ساختمان تنظیم شده است. این قوانین در کشورهای غربی توسعه یافته‌اند و هم‌اکنون مباحثی چون میزان کارایی سیستم‌های تهویه، استفاده از انرژی خورشید، انرژی سرمایشی، گرمایشی و عملکرد تأسیسات تهویه مکانیکی را نیز در برمی‌گیرد [۱۱]. هم‌اکنون در کشورهای توسعه یافته، کارایی ساختمان‌ها بر اساس میزان تولید دی‌اکسید کربن و میزان سرانه مصرف انرژی آن‌ها به صورت هم‌زمان سنجیده می‌شود. اما مقررات ملی ساختمان‌سازی در ایران همچنان به همان شیوه سنتی باقی‌مانده است و قوانین مبحث ۱۹ در نهایت کاهش میزان انتقال حرارت از پوست‌های ساختمان را تضمین می‌نماید.

۱-۴-۱ راهکارهای بهینه‌سازی

ایجاد هماهنگی از مهم‌ترین مباحثی است که در زمینه صرفه‌جویی مصرف انرژی در بخش صنعت باید به آن توجه شود. یکی از راه‌های اساسی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان‌ها استفاده از فناوری رایانه‌ای و هوشمند است که از جهات مختلفی می‌تواند به کمک گرفته شود. یکی از مهم‌ترین مصادیق این راه به هوشمند نمودن ساختمان توجه دارد، زیرا هوشمند بودن ساختمان و جزئیات آن در عین صرفه‌جویی در مصرف انرژی، می‌تواند انرژی‌های جایگزین را در مواعید مناسب بکار گیرد و بالاتر از همه شرایط آسایش و رضایت برای انسان را نیز افزایش می‌دهد. هوشمند بودن را تحت عناوین زیر می‌توان دسته‌بندی نمود.

هوشمند بودن دستگاه‌های روشنایی و گرمایش و سرمایش نسبت به حضور یا عدم حضور انسان در فضا. هوشمند بودن دستگاه‌ها نسبت به ساعاتی خاص برای روشن و خاموش شدن. هوشمند بودن دستگاه‌ها نسبت به شرایط محیطی خارج از ساختمان و محاسبه آثار آن شرایط بر داخل ساختمان و در تنظیم کارکرد دستگاه‌ها. این امر می‌تواند با دریافت اطلاعاتی نسبت به پیش‌بینی شرایط جوی در آینده نیز حساس بوده و آمادگی لازم را برای تنظیم کردن شرایط محیطی در آینده داشته باشد. هوشمند بودن پنجره‌ها برای تغییر ابعاد و نفوذپذیری حرارت و هوا با توجه به اختلاف درجه حرارت و شدت نور داخل و خارج، هوشمند بودن نورگیرها و نورشکن‌ها و سایه‌اندازها. هوشمند بودن بازشوها برای تهویه و جریان هوا (تقلیل آلودگی، تأمین هوای تازه...)

۱-۴-۲ مقررات ملی و صرفه‌جویی انرژی در ساختمان

چند سالی است که برخی مقررات ملی به منظور صرفه‌جویی در انرژی در کشور، تدوین شده است. هر چند این مقررات خود دارای کاستی‌هایی است، ولی گامی است به جلو و عزم جامعه مهندسان کشور را در دستیابی به استانداردهای بالاتر صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها نشان می‌دهد. همان‌گونه که اشاره شد صرفه‌جویی به معنی کاهش سطح آسایش انسان در نتیجه کاهش استفاده از انرژی نیست؛ بلکه استفاده بهینه از انرژی در جهت رسیدن به سطح آسایش است و به این منظور در طراحی باید به ساختمان به صورت یک مجموعه نگاه کرد. ساختمان جایی است که هدف اصلی‌اش آسایش ساکنان آن است، صرف‌نظر از این که مسکونی باشد یا اداری، تجاری و غیره. چنانچه با این هدف به ساختمان بنگریم عوامل ذیل در مقررات ملی به عنوان راهگشای امر طراحی و ساخت بیان شده است

۱-۴-۴-۱ جداره‌های بیرونی ساختمان

این جداره‌ها نقش حفاظت از ساختمان را در برابر عوامل محیطی و طبیعی مانند سرما و گرما، تابش آفتاب و وزش باد بر عهده دارند. پس به آن‌ها نباید فقط از منظر زیبایی‌شناسی و یا جنبه‌های مالی نگریست. چنانچه

ضخامت این جداره‌ها کم باشد و یا عایق نشده باشند علاوه بر اتلاف حرارتی بیش از حد که باعث مصرف انرژی خواهد شد به دلیل تابش امواج فروسرخ در تابستان‌ها از جداره‌ها و جذب این امواج در زمستان‌ها به‌توسط این جداره‌ها ساکنان در تابستان‌ها احساس گرمای بیش از حد و در زمستان‌ها احساس سرمای زیاد خواهد کرد

۱-۴-۴-۲ پنجره‌ها

امروزه در شهرهای بزرگ و پر ترافیک، استفاده از پنجره‌های چندلایه و عایق شده نه‌تنها به کاهش اتلاف حرارتی از پنجره‌ها کمک می‌کند؛ بلکه جلوی انتقال صدا از بیرون به داخل ساختمان را هم می‌گیرد و در مجموع با صرف هزینه نسبتاً کمی، ساختمان از مزیت‌های نسبی بالائی برخوردار می‌شود

استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف و جدید باوجود پیشرفت‌هایی که در ساخت لامپ‌های دارای راندمان بالا در کشورهای پیشرفته صورت گرفته است، کماکان در کشور ما از لامپ‌های قدیمی، به‌ویژه در محل‌های پر مصرفی؛ مانند ساختمان‌های اداری و مسکونی استفاده می‌شود. نگاهی کوتاه به درصد انرژی تلف شده از این طریق می‌تواند گواهی باشد بر اهمیت این جایگزینی. ظرف ۱۰ سال گذشته کشورهای صنعتی توانسته‌اند با استفاده از تکنولوژی‌های جدید و لامپ‌های کم‌مصرف، اتلاف حرارتی لامپ‌ها را به ۵۰ درصد مقدار قبلی خود کاهش دهند که دستاورد بسیار بزرگی محسوب می‌شود

۱-۴-۴-۳ تهویه مطبوع

در این زمینه نیز جا برای صرفه‌جویی در انرژی بسیار است و مشکلات روبروی جامعه مهندسان و سایر دست‌اندرکاران زیاد نخست اشاره می‌کنیم که باتوجه به آب‌وهوای عموماً گرم و خشک ایران، استفاده از دستگاه‌های سرمایش تبخیری مثل کولرهای آبی در کشور بسیار رایج است. این موضوع به نوبه خود امر مثبتی است، زیرا با صرف انرژی کمی می‌توان سرمایش تابستانی بسیاری از ساختمان‌های مسکونی را تأمین کرد. پس به لحاظ معماری نیز باید تسهیلاتی برای اجرای آن در نظر گرفت. برای مثال محلی مناسب برای کولر در ساختمان پیش‌بینی کرد که از آنجا بتوان به راحتی کانال‌کشی‌ها را انجام داد و در ضمن دسترسی به کولر، آسان و تعمیر و نگهداری آن به راحتی صورت گیرد. در این زمینه شهرداری‌ها می‌توانند از طریق ایجاد تسهیلات برای ساکنان و سازندگان ساختمان‌ها، مانند وضع مقرراتی به‌منظور در اختیار گذاردن فضای کافی برای کولرها، شراطی را فراهم کنند تا مهندس معمار با دستی باز عمل کند و از این وسیله کم‌مصرف و مؤثر به بهترین وجه در ساختمان‌ها استفاده شود

امروزه در ایران استفاده از چیلرهایی که باحرارت کار می‌کنند؛ مانند چیلرهای ابزورپشن رواج زیادی یافته است. طراحان در ایران بیشتر از چیلرهای ابزورپشن یک اثره استفاده می‌کنند که ضریب عملکرد آن‌ها بسیار پائین و در حدود ۰.۶ است. این به معنای هدر دادن انرژی (گازوئیل یا گاز) است. ازاین‌رو در سال‌های گذشته‌گرایش به استفاده از چیلرهای یک اثره ابزورپشن همراه با دیگ بخار با فشار کم بوده است. ولی چیلرهای ابزورپشن دو اثره با ضریب عملکردی برابر ۱-۱/۱ نیاز به دمای بیشتری دارند. ازاین‌رو لازم است در موتورخانه‌های آن‌ها از دیگ بخار با فشار زیاد (۱۵۰ پوند بر اینچ مربع) استفاده شود که مخاطرات خاص خود را دارد. روش بهتر شاید استفاده از چیلرهای ابزورپشن آتش مستقیم دو اثره باشد. این چیلرها مشکل دیگ‌های بخار فشار بالا را حل می‌کنند. در ضمن راندمان آن‌ها مشابه راندمان سایر چیلرهای ابزورپشن دو اثره است. استفاده از چیلرهای پیچی یا سانتریفیوژ با موتورهای گازسوز راه دیگری است که کمتر به آن توجه می‌شود [۱۲].

ارزان‌ترین و پربازده‌ترین نوع نمایش همواره مشاهده مستقیم واقعیت است در نتیجه می‌توان در جهت آگاه‌سازی و ترویج استفاده از انرژی‌های پایدار در بین عامه مردم، طراحی ساختمانی مسکونی با مضمون استفاده از انرژی‌های پایدار را امری تأثیرگذار دانست که می‌تواند شامل گنجینه‌ای از کاربرد برخی از انرژی‌های تجدیدپذیر باشد و مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر را به حداقل ممکن برساند. در همین راستا در این پژوهش با استفاده از راهکارهای نوین بازتاب‌کننده‌های نوری و سایه‌بان به دنبال مدیریت شدت و زاویه تابش نور خورشید هستیم تا بتوانیم رویکردی کارآمد و پاسخی عملی و بومی به جهت بهینه‌سازی نور روز و کنترل چالش‌هایی همچون خیرگی پیشنهاد دهیم. نتایج این پژوهش می‌تواند به‌عنوان الگویی مؤثر در راستای ارتقای کیفیت محیط داخلی، افزایش بهره‌وری نور طبیعی، کاهش وابستگی به نور مصنوعی و بهبود آسایش بصری و روانی ساکنین فراهم آورد؛ بنابراین، این پژوهش نه‌تنها از منظر اقلیمی و زیباشناختی، بلکه از جهت پایداری، سلامت روان انسان نیز ضرورتی جدی غیرقابل‌انکار دارد.

۱-۵- اهداف برجسته پژوهش

باتوجه به چالش‌های نوری در جبهه جنوبی و به‌ویژه پاسیو در فضاهایی با عمق بیش از ۷ متر در واحدهای مسکونی و آسایش بصری ساکنان، این پژوهش به دنبال ارزیابی عملکرد بازتاب‌کننده‌های نوری برای کنترل نور روز و افزایش بهره‌وری آن است. در این راستا از شاخص‌های ASE^۱، SDA^۲، UDI^۳ برای سنجش نور روز و تحلیل

^۱ Annual Sunlight Exposure

^۲ Spatial Daylight Automoy

^۳ Usefull Daylight Illuminance

خیرگی مورد استفاده قرار می‌گیرند تا کارایی این سیستم از منظر زیست‌محیطی و عملکردی بررسی شود. در ادامه اهداف پژوهش بیان شده است

- ارزیابی کارایی بازتاب‌کننده‌های نور در بهبود میزان نور دریافتی و ایجاد آسایش بصری برای ساکنین
- تحلیل میزان نور دریافتی به کمک بازتاب‌کننده‌ها و تحلیل میزان خیرگی
- ارزیابی کارایی پوسته‌های ثابت در کنترل نور روز و فراهم‌سازی شرایط بهینه نوری برای ساکنین

۱-۶- پرسش‌های پژوهش

- بازتاب‌کننده‌های نور در پاسیو و پنجره تا چه حد در کاهش احتمال بروز خیرگی در فضاها مؤثر است و آیا در کاهش میزان خیرگی مؤثر است؟
- میزان نور دریافتی پس از استفاده از بازتاب‌کننده‌ها آیا در محدوده استاندارد و بهینه قرار می‌گیرد؟

۱-۷- نوآوری پژوهش

نوآوری اصلی این پژوهش در تلفیق هم‌زمان دو حوزه کلیدی، یعنی طراحی نورگیرهای داخلی با تمرکز بر پاسیو ها و بهینه‌سازی نور طبیعی از طریق بازتاب‌کننده‌های نور پاسخگو به تابش در بستر اقلیم گرم و خشک نهفته است. بر خلاف مطالعات پیشین که به‌صورت مجزا به بررسی نور دریافتی در پنجره‌ها یا پاسیو ها بدون استراتژی‌های غیرفعال پرداخته‌اند، این پژوهش با رویکردی مسئله‌محور به دنبال ارائه راهکار در جهت ارتقا کیفیت زندگی و زیست‌پذیری در آپارتمان‌های متراکم شهری و علی‌الخصوص جبهه جنوبی است. از منظر روش‌شناسی، در این پژوهش نخستین نمونه‌ای است که به طور ترکیبی از اندازه‌گیری میدانی شدت تور با استفاده از دستگاه لوکس متر در بازه زمانی ۵ ماهه در تراس جنوبی یک واحد مسکونی در شهر قم و شبیه‌سازی دینامیکی با کمک نرم‌افزارهای هانی بی^۴ و لیدی باگ^۵ و در محیط گرساپر^۶ بهره گرفته است. داده‌های واقعی حاصل از پایش به‌منظور اعتبارسنجی نتایج شبیه‌سازی استفاده شده‌اند؛ امری که در پژوهش مشابه کمتر مشاهده شده است.

در حوزه طراحی، نوآوری این پژوهش در استفاده از بازتاب‌کننده‌های نور متناسب با شدت تابش خورشید در طول ساعات مختلف روز و فصول مختلف سال است. این بازتاب‌کننده‌ها بر اساس عملکرد واقعی نور روز در اقلیم گرم و خشک به‌صورت پویا تنظیم شده‌اند.

^۴ Honeybee

^۵ Ladybug

^۶ Grasshopper

از منظر پارامترهای ارزیابی، پژوهش حاضر مجموعه‌ای از شاخص‌های تخصصی را به‌صورت هم‌زمان در دو حوزه نور و انرژی مورد استفاده قرار داده است. این شاخص‌ها شامل:

(UDI) برای ارزیابی بازه‌های نور روز مفید

(DGP) برای سنجش احتمال خیرگی در فضای مجاور نورگیرها و ایجاد آسایش بصری برای ساکنین

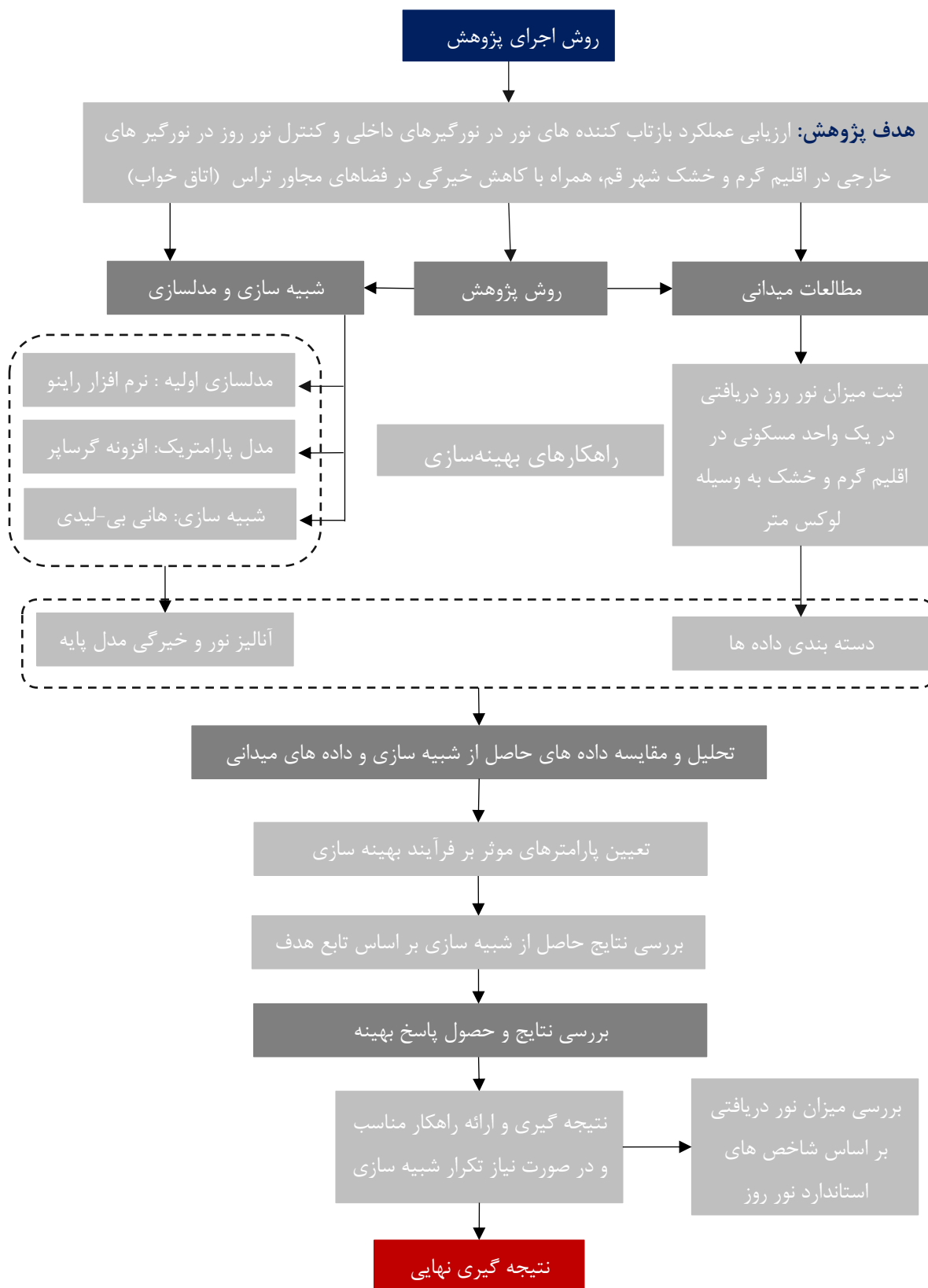
(Sda), (ASE) به‌منظور سنجش پایداری عملکرد نور روز در طول سال

در نهایت این پژوهش می‌تواند به‌عنوان الگویی برای طراحی پایدار در مقیاس خرد (آپارتمان‌های مسکونی) محسوب شود که به‌صورت هم‌زمان پاسخ مناسبی در راستای بهبود کیفیت دید و منظر، آسایش بصری و ارتقای سلامت ذهنی و زیستی ساکنین باشد.

۸-۱- روش اجرای پژوهش

در این پژوهش از روش ترکیبی شامل دو بخش تجربی و شبیه‌سازی بهره گرفته شده است که اطلاعات هر بخش مبتنی بر داده‌های کمی است. در ابتدا چارچوب نظری پژوهش با استفاده از مقالات روز، کتاب‌ها و منابع ذی‌ربط در راستای بهبود نور روز تدوین شد و راهکارهای مرتبط با بهینه‌سازی نور روز در فضا استخراج گردید. تمرکز اصلی این پژوهش بر تبیین الگویی برای بهبود نور روز دریافتی از نورگیرهای داخلی و خارجی است. در بخش تجربی دو واحد مسکونی به‌منظور بررسی نور روز دریافتی در مقیاس آپارتمان‌های کوتاه مرتبه و میان مرتبه در شهر قم به‌عنوان فضای مورد مطالعه انتخاب شد و شدت نور روز دریافتی در تراس و فضای متصل به آن با استفاده از دستگاه لوکس متر اندازه‌گیری شد. در ادامه به کمک نرم‌افزارهای شبیه‌سازی در بستر نرم‌افزار راین^۷ و انجام شد. این ابزارها امکان نه‌تنها به تحلیل دقیق شرایط نور روز را در فضا فراهم می‌کند؛ بلکه به طراحی استراتژی‌های پایدار در راستای کنترل خیرگی و کاهش نور مازاد کمک می‌کند. هدف نهایی این پژوهش دستیابی به نور بهینه و آسایش بصری در فضا است. نمودار زیر. شایان‌ذکر است نمودار زیر خلاصه‌ای از روش پژوهش است و شرح دقیق و مرحله‌به‌مرحله آن در فصل سوم به‌تفصیل بیان شده است.

^۷ Rhino



شکل ۱-۲ نمودار فرآیند روش پژوهش؛ منبع: (نگارنده)

۹-۱- قلمرو پژوهش

به منظور بیان دقیق تر محدوده و زمینه انجام این پژوهش، لازم است به ابعاد مکانی و موضوعی پژوهش پرداخته شود. تعیین قلمرو پژوهش، به تعیین چارچوب اجرایی و نظری تحقیق و همچنین روشن سازی بستر اقلیمی و جغرافیایی و مفهومی پژوهش نیز کمک خواهد کرد. در این پژوهش نخست به بیان قلمرو مکانی و سپس به بیان قلمرو موضوعی پرداخته شده است.

۹-۱-۱- قلمرو مکانی

شهر قم در فاصله ۱۴۰ کیلومتری جنوب تهران (پایتخت ایران) واقع شده است و دارای یک ایستگاه هواشناسی منطقه‌ای است. از نظر موقعیت جغرافیایی، استان قم در عرض جغرافیایی بین ۸.۳۴ تا ۱۱.۳۵ شمالی و طول جغرافیایی بین ۴.۵ تا ۵۹.۵۱ قرار دارد. ارتفاع این شهر از سطح دریا ۹۳۰ متر است. قم در اقلیمی گرم و خشک واقع شده است که نماینده بخش گسترده‌ای از مناطق کشور نیز محسوب می‌شود. براین اساس، هدف اصلی این پژوهش پرداختن به چالش‌های مرتبط با بهینه‌سازی نور روز، کاهش مصرف انرژی، ارتقا دید و منظر داخلی از طریق بهره‌گیری از نور طبیعی در اقلیم گرم و خشک است؛ موضوعی که می‌تواند برای سایر پژوهشگران و طراحان این حوزه مفید باشد.



شکل ۱-۳ موقعیت جغرافیایی شهر قم؛ منبع: [۱۳]

تحلیل داده‌های اقلیمی این استان حاکی از آن است که تیرماه با متوسط دمای ۳۴ درجه سانتی‌گراد گرم‌ترین ماه سال و دی‌ماه با متوسط دمای منفی ۳ درجه سانتی‌گراد سردترین ماه سال در این استان محسوب می‌شود. همچنین بررسی آمار میانگین نشان‌دهنده بارش متوسط در حدود ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد است. طبق دسته‌بندی اقلیمی کوپن این استان در دسته‌بندی بیابانی گرم قرار می‌گیرد [۱۴].

۱-۹-۲- قلمرو موضوعی

قلمرو موضوعی این پژوهش در حوزه معماری اقلیمی، طراحی بازشوهای خارجی و داخلی و نور طبیعی در محیط‌های داخلی قرار دارد. تمرکز اصلی این پژوهش بر کنترل نور روز و کاهش خیرگی در فضاهای مسکونی است. در این راستا، پژوهش به مباحثی همچون بهینه‌سازی نور طبیعی با استفاده از شاخص‌های تابش سالانه خورشید، خودبستگی نور روز، نور روز مفید، خیرگی، برای سنجش نور روز و تحلیل خیرگی می‌پردازد.

۱-۱۰-۱- جمع‌بندی فصل اول

در این فصل، پژوهش به طور جامع معرفی و ضرورت‌ها، اهداف چارچوب نظری و مسیر کلی انجام تحقیق تشریح شد. ابتدا با تأکید بر گسترش آپارتمان‌نشینی، کاهش آسایش بصری در فضای مسکونی و اهمیت دسترسی به نور طبیعی در فضاهای مسکونی در راستای ارتقای کیفیت زندگی و آسایش محیطی ضرورت تحقیق بیان گردید. سپس چالش‌های نور روز در جداره جنوبی اقلیم گرم و خشک که نقش کلیدی در تأمین نور طبیعی و ارتقای آسایش بصری ساکنین دارد، مورد بررسی قرار گرفت. نوآوری پژوهش در رویکرد تلفیقی و کاربرد ابزارهای دقیق میدانی و شبیه‌سازی نرم‌افزاری در بهینه‌سازی نور روز و کنترل تابش، کاهش خیرگی و ارتقای آسایش حرارتی و بصری در فضاهای مسکونی است. از دیدگاه روش‌شناسی این پژوهش با رویکردی ترکیبی و ماهیت کاربردی، شامل مرحله تجربی و میدانی و شبیه‌سازی رایانه‌ای است که در دو ساختمان مسکونی در شهر قم اجرا می‌شود. در مجموع این فصل با تعیین ابعاد نظری، اهداف، نوآوری و روش پژوهش، پایه‌های علمی محکمی برای ادامه پژوهش و تحلیل داده‌ها را فراهم آورده است.

مبانی نظری

در این فصل به مبانی نظری پژوهش و ادبیات پیشین به عنوان زیر بنای اصلی بخش تجربی و تحلیل‌های شبیه‌سازی پرداخته شده است. هدف این فصل تدوین چارچوبی مفهومی، علمی در راستای پیشبرد اهداف پژوهش است. ساختار این بخش بر اساس در پاسخ به دو هدف تنظیم شده است. نخست: تبیین دید و منظر داخلی به عنوان راهکار معمارانه در راستای افزایش آسایش بصری و دوم: بررسی راهکارهای کنترل نور روز در راستای اصول معماری پایدار به ویژه از طریق بهره‌گیری از بازتاب‌کننده‌ها که در سال‌های اخیر به عنوان یکی از استراتژی‌های طراحی پایدار مورد توجه قرار گرفته است. در ابتدای بحث مفاهیم مرتبط با شبیه‌سازی و بهینه‌سازی سپس مطالبی در حوزه نور روز و آسایش حرارتی شرح داده شده است و اهمیت آن در فضای مسکونی و شهری مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۲-۲ مسکن

مسکن یک مکان فیزیکی است و به عنوان سرپناه، نیاز اولیه و اساسی خانوار به حساب می‌آید. در این سرپناه برخی از نیازهای اولیه خانوار یا فرد مانند خوراک، استراحت و حفاظت در برابر شرایط جوی تأمین می‌شود. مسکن از مسائل اساسی مورد توجه بشر بوده است و پیشینه معماری مسکونی به اولین سکونت‌گاه‌های بشری در بین‌النهرین بر می‌گردد.

۲-۸-۱- اهمیت پرداختن به مسئله مسکن

یکی از مسائلی که بشر از بدو تمدن به طور قاطع و گریزناپذیری با آن روبرو بوده است، مسئله مسکن است [۱۵]. مسکن از کلمه سکنه (یعنی ساکن بودن، قرار یافتن) گرفته شده است. به معنای هر چیزی است که انسان به واسطه آن سکونت یابد. در فرهنگ اسلامی کلماتی از قبیل بیت، منزل و دار نیز به کار رفته است که از لحاظ مفهوم با کلمه مسکن متفاوت‌اند. بیت مکانی است که انسان در آن ساکن بوده و آرامش می‌گیرد. از آنجایی که انسان فطرتاً خواهان ایمنی، آرامش و مکان محفوظ است، تأمین مسکن مناسب یکی از مسائل مهم زندگی و معیشت بشر محسوب می‌گردد [۱۶].

از سوی دیگر موضوع مسکن در میان موضوعات معماری، دقیقاً موردی است که قوی‌ترین پیوندها را با میراث و ویژگی‌های محیطی فرهنگی داشته و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین سنت سکونت ظریف‌ترین عامل در ساخت مسکن و فن معماری محسوب می‌شود و آن دسته مسائلی را شامل می‌شود که تجسم اعتقادات و باورهای انسان در فضای زیست‌اوست [۱۶]. به عبارت دیگر اگر به خانواده بنگریم که فضای خانه را بر اساس آداب و سنن و سلیقه‌های خود تصاحب می‌کند، در برخی مکان‌ها گرد می‌آید، و در جاهایی دیگر حضور جمعی

ندارد، در می‌یابیم که چگونگی‌های روابط جاری میان افراد خانه، بر نحوه استفاده از مجموعه فضاهای خانه سایه می‌افکند... جابجا شدن افراد در خانه تابع فرهنگی است، که سر در ژرفای اندیشه‌ها و رسوم دارد و رو به اتفاقاتی است که در جامعه می‌افتند [۱۷].

۲-۸-۲- مفهوم سکونت

در لغت‌نامه دهخدا جلد ۳۰ در تعریف سکونت چنین آمده است:
اقامت و آرامش، سکون: که اگر در آن وقت سکونت را کاری پیوستند اندر آن فرمانی داشتند (بی‌هقی) شد.
مسکن از سال ۱۳۰۰ ایران
در زیر مختصراً تاریخچه‌ای از سیر تحول مسکن در ایران آمده است.

از دهه اول قرن ۱۴ شمسی (دهه سوم قرن بیستم میلادی) به بعد معماری ایرانی و همراه با آن کیفیت منازل مسکونی با بازگشت معماران تحصیل کرده خارج متحول شد. تا این زمان معماری ایرانی به صورت سنتی و سینه‌به‌سینه منتقل شده است که با وجود غنی بودن هنر و معماری سنتی می‌توان گفت که "کیفیت" در اکثر منازل تقریباً مشابه بوده است.

وارطان آوانسیان معمار مدرنیست ایران در مجله آرشیوتکت درباره کیفیت مسکن در ایران آن زمان نوشت "اکثریت مردم ایران در منازل فاقد کوچک‌ترین وسایل راحتی زندگانی می‌کنند" یا در جایی دیگر امروزه ایرانی در خانه‌ای کوچک یا مسکنی مشابه که کم‌وبیش قابل استفاده است و عموماً به طور ناقص تکافوی نیازمندی‌های وی را می‌نماید ساکن است.

هم‌زمان در مانیفست اولین کنفرانس سیام در سال ۱۹۸۲، معماران مدرنیست اعلام کردند نیازهای اکثریت مردم بر نیازهای فردی برتری دارد که لازمه رسیدن به هدف راهی جز تغییر فضای مسکونی و ایجاد فضاسازی نوین نیست معماران از دهه ۲۰ میلادی در اروپا و از دهه ۳۰ در ایران، به بخشی از زندگی خصوصی و اجتماعی انسان در ارتباط با علم پدیده پزشکی و بهداشت توجه کردند. ایرانیان با آنکه به واسطه تعالیم مذهبی به بهداشت بدنشان اهمیت می‌دادند، در منزل معمولاً مکانی به نام حمام نداشتند. ساکنان خانه می‌توانستند در تابستان از حوض‌های گود حیاط به عنوان حمام استفاده کنند.

انواع مجتمع‌های مسکونی از نظر ساختار معماری

در یک دسته‌بندی کلی می‌توان مجتمع‌های مسکونی را به دسته‌های زیر تقسیم کرد:

- مجتمع مسکونی بلندمرتبه
- مجتمع مسکونی با تراکم زیاد
- مجتمع مسکونی با بافت محله‌ای

- مجتمع مسکونی متراکم در بافت شهری

- مجتمع مسکونی با طراحی معماری بومی

۲-۸-۳- شناخت برج

همان‌طور که به‌خوبی واقفیم، برج به مفهوم متعارف کنونی که ساختمانی است بلند با سکنه زیاد در زمان دهخدا وجود نداشته است. استفاده جماعت فارسی‌زبان از کلمه برج برای فرم ساختمان‌های جدیدی که در شهرهای ما راه‌یافته، دلایل متفاوتی می‌تواند داشته باشد که ریشه در تعبیر مردم از کلمه برج و تعریف آنان از بناهای مرتفع کنونی دارد.

خیلی‌ها سعی در معنی‌کردن آسمان‌خراش داشته‌اند "یک ساختمان باید از لحاظ ارتفاع نسبت به ساختمان‌های کناری در موقعیتی باشد که احساس خراش دادن آسمان را به انسان القا کند.

اما لازم است که ما برای انجام پروژه خود در اینجا قراردادی قائل شویم و آن اینکه برای اکثر کلان‌شهرها همچون شهر تهران مانند بسیاری از شهرهای بزرگ جهان، ارتفاع ۶ طبقه یک ارتفاع متعادل است. یعنی ممکن است نسبت به بناهای ۳ و ۴ طبقه اطراف خود بلندتر باشد، اما صرفاً و به‌خودی‌خود، بلند نیست. به همین جهت ما نیز برای جلوگیری از به‌وجود آمدن اغتشاش در کار تحقیقاتی‌مان، از تعریف ساختمان بلندمرتبه "هر بنایی که ارتفاع آن، فاصله قائم بین تراز همکف بالاترین طبقه تصرف تا تراز پایین‌ترین سطح قابل‌دسترس برای ماشین‌های آتش‌نشانی از ۲۳ متر بیشتر باشد ساختمان بلند محسوب می‌شود." استفاده خواهیم کرد.

بناهای مرتفع هم بر اساس موارد استفاده‌شان (مسکونی، اداری و...) و نیز بر اساس شکل و فرم قابل‌دسته‌بندی هستند. دو فرم اصلی و کلی برای بناهای مرتفع وجود دارد: فرم متمرکز و فرم تخته‌سنگی. فرم متمرکز دارای مسیر ارتباطی مرکزی است و در فرم تخته‌ای مسیر ارتباطی، بالکن‌های الحاقی است. هر دو مدل پایه دارای تنوع بسیار زیادی هستند [۱۸]. از دیگر فرم بناهای مرتفع می‌توان از فرم‌های خاصی نام برد که این فرم‌ها در واقع نمایان گر تلاش طراحان برای یافتن شکل‌های جدید هستند.

۲-۸-۴- اهمیت پرداختن به موضوع مجتمع مسکونی بلند (برج)، در شرایط خاص جامعه ما

همان‌طور که می‌دانیم از شیوع برج‌سازی و ساخت اولین بناهای مرتفع، به شیوه امروز کمتر از ۱۰۰ سال می‌گذرد، و از رواج یافتن بناهای مسکونی مرتفع، مدتی به مراتب کمتر سپری شده است. هنوز حتی در کشورهای پیش‌تاز، محققین و متفکرین مشغول بررسی و تحقیق بر روی مجتمع‌های مسکونی مرتفع و مسائل خاص آن‌ها می‌باشند. ولی مسئله برج‌سازی در کشور ما اندکی بغرنج‌تر است چرا که جامعه اقتباس گرما، به‌سرعت هر آنچه از غرب می‌بیند، می‌پذیرد و به همان صورت دست به تولید آن می‌زند بدون آنکه به پایه‌های فرهنگی اجتماعی توجه کند.

دامنه گسترش معماری مرتفع که توسط غریبان آغاز شد، به سرعت به جهان سوم نیز رسید، در حال حاضر در گوشه و کنار پایتخت ساختمان‌های مرتفع می‌تواند در نقش خود پدیده‌ای خنثی و فارغ از رنگ و تعلق شرقی غربی باشد. اما هر نظام معماری محصول نیازها و خوی و منش افراد محیط خاص خویش است و برخلاف تکنولوژی هیچگاه نمی‌تواند از علایق قوی و سرزمینی برکنار باشد. در یک دید کلی، اگر تمامی فعالیت‌های معماری را مدنظر قرار دهیم، خواهیم دید که در گذشته، آفرینش معماری هم محلی و هم جهانی بوده است، معماری به صورت محلی درآمده و به تدریج ویژگی جهانی بودن خود را از دست داد.

تضادهای موجود بین معماری و جهانی در واقع همان اختلاف بین معماری سنتی و امروزی است و این بدان جهت است که معماری سنتی با محل پیوستگی داشته و معماری امروزی تحت تأثیر روندهای جهانی می‌باشد [۱۹]. وقتی به معماری محلی نقاط مختلف دنیا نگاه می‌کنیم، می‌بینیم که معماری هر منطقه‌ای بر اساس فرم‌ها و مصالح ساختمانی و فرهنگ محله‌ای ساخته شده است و به همین دلیل آن‌ها را می‌توان به راحتی تشخیص داد؛ ولی بناهای مرتفع این اصول را درهم شکسته و به فرهنگ‌های محلی تجاوز کرده‌اند. ساختمان‌های مرتفع یکی از بزرگ‌ترین عوامل شکستن حریم‌های فرهنگی محلی بوده است. این درهم ریختگی را در ۴ عامل اصلی می‌توان خلاصه کرد:

- ۱) مصالح بین‌المللی از قبیل بتن، فولاد و...
- ۲) رسانه‌های عمومی و پخش ایده‌ها و تکنیک‌ها
- ۳) بناهای مرتفع به عنوان نمونه ترقی و تمدن
- ۴) خرید بناهای مرتفع از کشورهای صنعتی به حالت بسته‌بندی شده (از لحاظ فرم و تکنیک و گاهی هم قطعات پیش ساخته)

به طور مثال وجود اسکلت فلزی و کولر، به راحتی توانسته است معماری شهرهای کنار کویر ایران را در هم بریزد و جای گنبد و طاق و خشت و بادگیر را بگیرد. در صورتی که معماری باید از نقطه‌ای به نقطه دیگر و از مردمی به مردم دیگر تفاوت کند.

بنابراین، و با عنایت به اینکه فضای مسکونی تبلوری از الگوی زندگی مردم و برگرفته از فرهنگ و نیازهای آنان است و بایستی تحت تأثیر و هماهنگ با شرایط اجتماعی، اقتصادی، اقلیمی و... ساخته شود، ضرورت بازنگری به الگوی زیست و تعیین خط‌مشی‌های صحیح برای برنامه‌ریزی طراحی و ساخت الگوهای مناسب برای جامعه امروز باتوجه به امکانات و فنون مناسب امری انکارناپذیر است. در حال حاضر بسیاری از فضاهای زیستی به صورتی ناسازگار با شرایط فرهنگی و نیازهای مردم درآمده و الگوی نامناسبی بدون ایجاد ارتباط منطقی با نیازهای ارزش‌های جامعه امروزی ما انتشار پیدا کرده است. تراکم جمعیت در شهرها روز به روز افزایش می‌یابد و برای حل

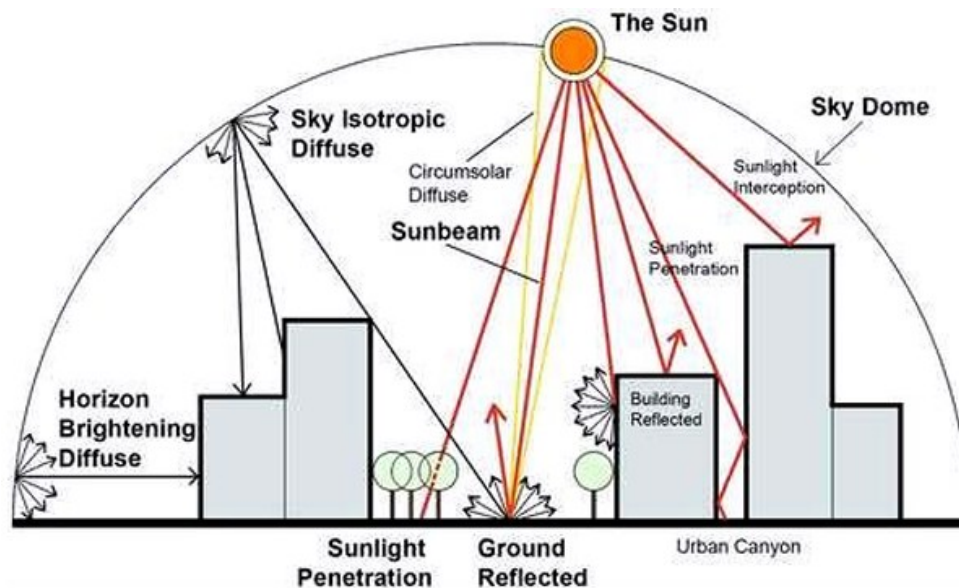
مشکل مسکن و استفاده از فضاهای آزاد، احداث ساختمان‌های بلند و مجتمع‌های آپارتمانی مورد توجه قرار گرفته است که شاید بناهای مسکونی مرتفع نیز جز این دسته باشند و اهمیت پرداختن به این موضوع در شرایط خاص جامعه ما بسیار ضروری است چرا که بایستی برج مسکونی در جامعه ما هم در ارتباط با ارزش‌های جامعه و هم در رابطه با نیازهای انسان محک زده شود. پایان سخن اینکه پر واضح است که ایجاد ارتباط بین افراد و خانواده‌ها از پشت نرده‌های باغ و حیاط خیلی دلپذیرتر از برخورد پای آسانسورها و متعدد و احياناً در حال نوبت قرار گرفتن برای ورود به آسانسور است. مع‌هذا ما نیز گرفتار تغییر و تبدیل‌های اقتصادی و اجتماعی سریع هستیم. می‌توان تغییرات اقتصادی سریعی به وجود آورد، لیکن تغییرات اجتماعی که بتواند با تغییرات اقتصادی سریع هماهنگ باشد بسیار مشکل است و احتیاج به زمان دارد. ما نمی‌توانیم سنت‌های موجود را یکباره دگرگون کنیم، می‌بایست طرح‌های خود را با وضع اجتماعی مربوط مطابقت دهیم و چون دیرتر از دیگران شروع کرده‌ایم، لاقلاً از تجربیات آنان استفاده کنیم [۲۰].

در این راستا لازم است که ابتدا تجربیات کشورهای پیش‌تاز در امر مرتفع‌سازی را شناسایی نماییم و سپس با توجه به شرایط خاص جامعه خود، از این تجربیات به بهترین نحو سود جوییم.

۳-۲ نور روز

نور روز به تابش طبیعی خورشید گفته می‌شود که از طریق بازشوهای معماری مانند پنجره‌ها، نورگیرها و سطوح شفاف به فضای داخلی ساختمان وارد می‌شود و به عنوان منبعی پایدار برای روشنایی و گرمایش فضاها عمل می‌کند [۲۱]، [۲۲]. در معماری پایدار، نور روز به دلیل کاهش مصرف انرژی الکتریکی برای روشنایی، بهبود آسایش بصری و حرارتی کاربران و ارتقای کیفیت محیط داخلی^۸ از اهمیت محوری برخوردار است. علاوه بر این، بهره‌گیری از نور روز در طراحی ساختمان‌ها می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و دستیابی به استاندارد‌های ساختمان‌های سبز کمک کند. پژوهش‌های اخیر حاکی از آن است نور طبیعی می‌تواند تاثیر مثبتی بر سلامت روانی و جسمی افراد داشته باشد، از جمله بهبود خلق و خو، افزایش بهره‌وری و کاهش استرس. در نتیجه ادغام نور روز در طراحی معماری نه تنها به بهبود عملکرد انرژی ساختمان‌ها کمک می‌کند بلکه با ارتقای کیفیت زندگی ساکنان، به تحقق اهداف معماری پایدار نیز یاری می‌رساند [۲۳]. رفتار و طرز اعمال نور بر تجربه از فضا و زیستن در فضای داخلی، از بعد روانی بسیار تأثیرگذار است. بدین لحاظ نور روز طبیعی، همیشه به‌عنوان یک پارامتر مهم در طراحی معماری، مطرح بوده است [۲۴].

^۸ Indoor Environmental Quality



شکل ۲-۱ نور روز در معماری [۲۵]

۲-۴-۱- مزایا و چالش‌های نور روز در معماری

نور روز در معماری پایدار به عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی در طراحی ساختمان‌ها شناخته می‌شود که بهره‌گیری از آن می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر بهره‌وری انرژی، سلامت ساکنین و کیفیت محیط داخلی داشته باشد. با این حال استفاده از نور طبیعی دارای مزایا و معایبی است که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود.

۲-۴-۱-۱- مزایا نور روز در معماری

• کاهش مصرف انرژی و هزینه‌ها

استفاده از نور طبیعی می‌تواند نیاز به نور مصنوعی را کاهش داده و در نتیجه مصرف انرژی و هزینه‌های مرتبط با آن را کاهش دهد. مطالعات نشان داده‌اند که طراحی مناسب نور روز می‌تواند تا ۷۵٪ انرژی مصرفی در روشنایی مصنوعی را کاهش دهد.

• بهبود سلامت و رفاه ساکنان

نور طبیعی تأثیر مثبتی بر سلامت روانی و جسمی افراد دارد، از جمله بهبود خلق و خو، افزایش بهره‌وری و کاهش استرس، همچنین نور روز به تنظیم ریتم شبانه‌روزی بدن کمک کند.

• افزایش بهره‌وری و رضایت‌مندی

محیط‌های کاری و آموزشی با نور طبیعی مناسب می‌توانند بهره‌وری کارکنان و دانش‌آموزان را افزایش دهند و رضایت‌مندی آن‌ها را بهبود بخشند [۲۶]، [۲۷].

• خیرگی

ورود مستقیم نور خورشید می‌تواند منجر به خیرگی و ناراحتی بصری ساکنان شود که این امر نیاز به طراحی مناسب و استفاده از سایه‌بان، پرده‌ها و پوسته‌های متحرک را ضروری می‌سازد [۲۸].

• افزایش بار حرارتی

در برخی شرایط، نور خورشید می‌تواند منجر به افزایش دمای داخلی ساختمان شود و نیاز به سیستم‌های سرمایشی را افزایش دهد [۳۰]، [۲۹].

• تغییرات نوری فصلی و زمانی

شدت و زاویه نور خورشید در طول روز و فصول مختلف تغییر می‌کند که نیاز به طراحی انعطاف‌پذیر و استفاده از سیستم‌های کنترل خودکار را افزایش می‌دهد.

باتوجه به ماهیت پویا و متغیر نور روز که تحت تأثیر تغییرات فصلی و روزانه قرار دارد، راهکارهای انطباق‌پذیر مانند پوسته‌های متحرک نسبت به رویکردهای ایستا از کارایی و اثربخشی بیشتری برخوردارند. استفاده از نور روز در معماری پایدار می‌تواند مزایای قابل توجهی در زمینه‌های انرژی، سلامت و بهره‌وری داشته باشد. با این حال، برای بهره‌برداری مؤثر از این منبع طبیعی، لازم است چالش‌ها و معایب مرتبط با آن به دقت مورد بررسی و مدیریت قرار گیرند. طراحی هوشمندانه، استفاده از فناوری‌های نوین و هماهنگی بین تخصص‌های مختلف می‌تواند به بهره‌برداری بهینه از نور روز در ساختمان‌ها کمک کند [۳۱].

۲-۴-۲- شاخص‌های ارزیابی نور و انرژی

نور روز و انرژی در طراحی معماری پایدار از اهمیت محوری است، زیرا نور روز و بهره‌وری انرژی بر آسایش بصری، کیفیت فضایی و کاهش مصرف انرژی نیز تأثیر مستقیم دارند. شاخص‌های نور روز مانند UDI, DA, sDA, ASE, DGP ابزارهای علمی برای سنجش عملکرد نورپردازی طبیعی، مدیریت خیرگی و گرمای ناخواسته فراهم می‌کنند. این شاخص‌ها با تحلیل داده‌های واقعی روشنایی و انرژی، طراحی فضاهایی با بهره‌وری بالا و آسایش کاربران را امکان‌پذیر می‌سازند.

۲-۴-۲-۱ فاکتور نور روز^۹

به عنوان نسبت روشنایی داخلی در یک نقطه تعریف می‌شود که تحت سایه افقی بیرونی و آسمان ابری قرار دارد. فاکتور نور روز یک پارامتر استاتیک و قابل درک و اندازه‌گیری برای ساکنان محسوب می‌شود. ایستا بودن این

^۹ Daylight Factor

پارامتر بدین معناست که با موقعیت و جهت‌گیری ساختمان تغییر نمی‌کند و بسیاری از مشکلات موجود در طراحی‌های بر مبنای نور روز را نمی‌توان با این فاکتور شناسایی نمود. با گذشت زمان فاکتور نور روز به عنوان نور منعکس شده از سطوح خارجی، انعکاس نور از بازتاب سطوح خارجی و بازتاب ناشی از سطوح داخلی نیز اضافه شد [۳۲] و [۳۳].

ضریب روشنایی روز به صورت نسبت روشنایی روی سطحی معین و شدت نور در محیط بیرون روی سطح افقی و بدون مانع گفته می‌شود که از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود. (رابطه ۱)

$$DF = \frac{E_i}{E_o} * 100\%$$

E_i شدت نور روی سطحی معین در داخل

E_o شدت نور روی سطحی معین در محیط بیرون

مقدار ضریب روشنایی هرچه بیشتر باشد بهتر است؛ ولی مقدار توصیه شده برای کارهای بصری حدود ۱.۵ تا ۲ و برای کارهای سخت و نسبتاً مشکل حدود ۲.۵ تا ۴ درصد است

۲-۲-۴-۲ روشنایی مفید نور روز^{۱۰}

نسبت تعداد ساعاتی در سال با نور روز که در محدوده مفید است به تعداد ساعاتی در سال که فضا توسط ساکنین اشغال شده است روشنایی مفید نور روز گفته می‌شود [۳۲] و [۳۳].

نور روز حالتی پویا دارد و میزان آن از صبح تا عصر متغیر است این در حالی است که میزان نور بر سلامتی ساکنین تأثیرگذار است و نور مستقیم خورشید در حالت آفتابی ۱۰۰۰۰۰ به لوکس می‌رسد و در حالت ابری به عدد ۱۰۰۰۰ لوکس می‌رسد و همچنین میزان اثربخشی سطح نور باید بیشتر از ۱۰۰۰ لوکس باشد. همچنین نور روز دارای پارامترهای بصری مانند شدت، طیف (الگو)، مدت، تاریخچه و زمان‌بندی است و این موضوع پیچیده است زیرا این عوامل به یکدیگر وابسته و در تعامل هستند [۳۴]. مزیت اصلی معیارهای پویا در کارایی نور نسبت به معیارهای ایستا، در لحاظ نمودن کیفیت و ویژگی‌هایی است که در طول روز با توجه به شرایط محیطی ایجاد می‌شود [۳۳].

$$DA = \frac{\sum_i Wf_i}{\sum_i t_i} \in [0, 1]$$

$$\text{with } wf_i = \begin{cases} 1 & \text{if } E_{Daylight} \geq E_{limit} \\ 0 & \text{if } E_{Daylight} < E_{limit} \end{cases}$$

^{۱۰} Useful Daylight Illuminance (UDI)

۳-۲-۴-۲ کفایت پیوسته نور روز^{۱۱}

درصدی از ساعات اشغال شده در هر سال که میزان روشنایی دریافتی در یک نقطه بیشتر یا برابر استاندارد تعیین شده است. این معیار همچون کفایت نور روز می باشد با این تفاوت که زمان هایی که روشنایی کمتر از مقدار مورد نیاز باشد را به عنوان بخشی جدید اعتبار می دهد [۳۵].

$$CDA = \frac{E_d}{E_s}$$

E_d شدت نور روز روی سطحی معین در داخل

E_s شدت نور تعریف شده

۴-۲-۴-۲ کفایت فضایی نور روز^{۱۲}

شاخصی برگرفته از استقلال نور روز می باشد و نشان دهنده درصد از فضا می باشد که در ۵۰ درصد اوقات نور بالای ۳۰۰ لوکس دریافت می کنند؛ لذا این شاخص خیرگی و نور مستقیم خورشید را در بر نمی گیرد. همچنین این شاخص می تواند در محدوده ای بین ۰ تا ۱۰۰ درصد فضا باشد [۳۶].

هنگام محاسبه این شاخص ارزیابی نور روز، سیستم های سایه انداز متحرک داخلی و یا خارجی به گونه ای عمل می نمایند که هرگاه بیش از ۲ درصد از سطح کاری، پذیرنده شدت نور طبیعی بیش از ۱۰۰۰ لوکس باشد (که تنها ناشی از تابش نور مستقیم خورشید است) این سایه اندازها بسته شده و تنها به ۲۰ درصد از روشنایی طبیعی ورودی اجازه عبور می دهد. بدین ترتیب مابقی جذب شده و یا به بیرون بازتابیده می شوند پس این شاخص به صورت $SDA_{300/50\%}$ تعریف می گردد [۳۷].

$$sDA = \frac{\sum_i (w f_i, DA)}{\sum_i P_i} \in [0, 1]$$

$$\text{with } w f_i = \begin{cases} 1 & \text{if } DA \geq DA_{limit} \\ 0 & \text{if } DA < DA_{limit} \end{cases}$$

۵-۲-۴-۲ دریافت سالیانه نور مستقیم خورشید^{۱۳}

شاخص ASE میزان دریافت سالیانه نور مستقیم خورشید را به صورت درصدی از سطح مشخص می کند و میزان روشنایی مستقیم بیش از ۱۰۰۰ لوکس را در بیش از ۲۵۰ ساعت از زمان اشغال (تابش مستقیم) بیان می کند. حداکثر مقدار ASE قابل قبول به جهت کفایت نور روز، ۱۰ درصد تعیین شده است ($ASE_{1000/250h} < 10\%$). به عبارت دیگر حداکثر ۱۰ درصد از فضا باید در حداکثر ۲۵۰ ساعت در طول یک سال، شدت نور بیشینه هزار لوکس را دریافت نماید

^{۱۱} Continuous Daylight Autonomy (CDA)

^{۱۲} Spatial Daylight Autonomy (SDA)

^{۱۳} Annual Sunlight Exposure

۴-۲ پنجره

۲-۵-۱ تعاریف

پنجره: یکی از عناصر اصلی ساختمان است و عامل روشنایی طبیعی داخلی است. پنجره جریان هوا از راه خود عبور می‌دهد از و نظر روانی موجب آرامش می‌شود. این عنصر از عوامل اصلی ساختمان جریان از راه خود عبور داده از و نظر روانی موجب آرامش و دعوت‌کننده طبیعت به داخل بنا است. این عنصر بر درگیرنده بخش ثابت و بازشو است که اجازه عبور جریان به داخل را می‌دهد.

بازشو: مساحت پنجره نشان‌دهنده مساحت کلی قسمت بازشو و مساحت ثابت را آن نشان می‌دهد. بازشو نشان‌دهنده میزان مساحتی از پنجره که اجازه ورود به هوا داخل را می‌دهد.

۲-۵-۲ اجزاء پنجره

اجزاء پنجره و سازنده‌های شیشه را می‌توان در موارد زیر جای داد:

مواد و مصالح سازنده: شیشه، قاب

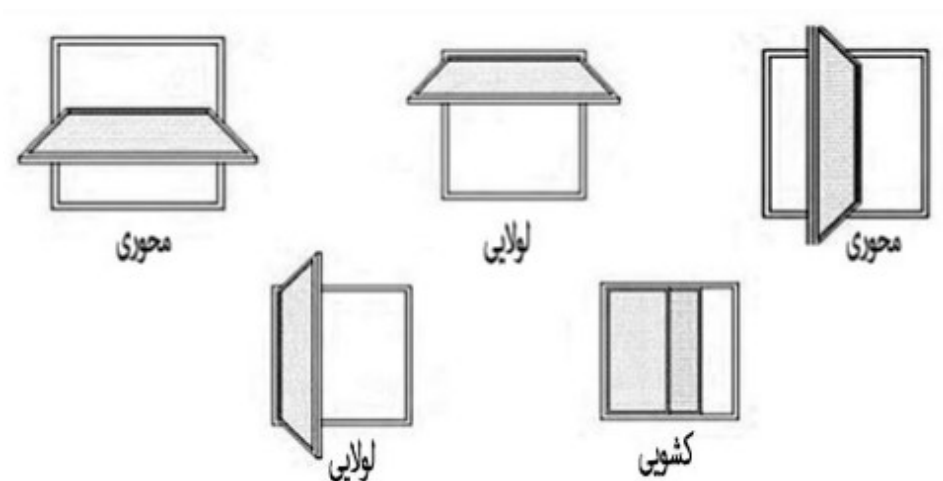
اندازه و طراحی معماری: اندازه بازشو، موقعیت در آن نما، فاصله سطح خارجی قاب تا شیشه

عناصر الحاقی پنجره مانند سایبان و توری پنجره و اجزاء دو از آن دریچه می‌توان بررسی کرد.

عنصری با ویژگی‌های زیبایی‌شناسی و یکی از عوامل آسایش حرارتی و بصری می‌توان گفت تمامی اجزاء سازنده در آن بعد زیبایی‌شناسی و آسایش حرارتی مؤثر هستند.

نوع بازشو

در نمای ساختمان‌ها از انواع مختلفی از بازشو استفاده می‌شود. در شکل زیر انواع مختلف پنجره مورد استفاده در نما که عبارت‌اند از کشویی، لولایی یا مفصلی و گردان [۳۸]



شکل ۲-۲ انواع مختلف بازشوی مورد استفاده در ساختمان‌ها [۳۹]

این سه دسته‌بندی همچنین مربوط به نوع بازشدگی پنجره نیز می‌باشند که شامل: بازشوی ساده، بازشوی عمودی و بازشوی افقی هستند. وقتی بازشوی پنجره‌ای لولایی یا ریلی باشد و در سطح افقی باز شود این بازشو هیچ تغییری در شکل اصلی حرکت هوا که در اثر اختلاف فشار در سطح دیوار روبه‌بالا به وجود می‌آید ندارد. ولی پنجره‌هایی که حول یک محور افقی باز می‌شوند هوا را به‌طرف بالا هدایت می‌کنند؛ بنابراین بهترین مکان نصب آن‌ها جایی پایین از تر مکانی است که جریان هوا موردنیاز است با استفاده از پنجره‌هایی که حول یک محور افقی که در وسط قاب قرار دارد به‌طرف بالا یا پایین باز می‌شوند جریان باد را می‌توان به بالا یا پایین هدایت کرد [۴۰]. انواع مختلف پنجره به میزان متفاوتی حجم هوای بیرون به داخل انتقال می‌دهند که به آن مساحت بازشوی مؤثر یا درصد مساحتی که جریان هوا می‌تواند از کل بازشوی آن عبور نماید یا مقدار هوایی که به درون نفوذ می‌دهد می‌گویند. مساحت مؤثر برای انواع بازشو در جدول زیر نشانگر آن است که پنجره لولایی کارایی بسیار بالایی در تهویه فضا دارد.

جدول ۲- ۱ کارایی نوع بازشو در عملکرد تهویه طبیعی [۴۱]

نوع بازشدگی	
لولایی	٪۹۰
سایه‌بانی	٪۷۵
Hopper	٪۴۵
کشویی افقی	٪۴۵
آویز افقی	٪۴۵
آویز عمودی	٪۴۵

پنجره‌های بازشو به طور اختصاصی دو در سوی مخالف فضای مورد سکونت می‌توانند برای خنک‌سازی آن فضا استفاده شوند. نوع بازشوی پنجره بر جریان هوا از میان آن در رابطه با اندازه مؤثر است. بعضی از اندازه‌های استاندارد پنجره و سطح باز مؤثر آن‌ها در جدول بالا نمایش داده شده است. پنجره‌های لولایی به دلیل وارد کردن بیشترین درصد جریان هوا به فضای داخلی اثربخش‌ترین بازشو ها برای تهویه طبیعی بشمار می‌روند [۴۲].

۲-۵-۳ پنجره و آسایش

بهترین تعریف آسایش، غایب‌بودن عدم آسایش است. مردم هنگامی که خیلی گرم یا و خیلی سرد هستند یا اینکه احساس می‌کنند هوا مانده است بو یا و می‌دهد، احساس عدم آسایش می‌کنند. شرایط ایده‌آل آسایش این است که نارضایتی از حساسیت، دما باد رطوبت یا ویژگی‌های دیگر محیطی سبب حواس‌پرتی نشود در شرایط ایده‌آل، در فضای مشروط مردم نباید از تجهیزات جدا، گرما یا حرکت هوا آگاه باشند. احساس رضایت یا درست‌تر غیبت

عدم رضایت بر پایه شبکه از ای اندام‌های حسی قرار دارد: چشم، گوش، بینی، حسگرهای لمسی، گرمایی و مغز در کتاب خود با عنوان انرژی و محیط در معماری خود به بررسی آسایش پرداختند به اعتقاد وی عوامل ضروری برای رسیدن با آسایش در را پنج دسته اصلی می‌توان قرار داد: آسایش حرارتی، آسایش بصری، آسایش صوتی و فرصت‌های سازگاری. عملکرد پنجره یا و کارکرد از آن بعد آسایش دو به قسمت اصلی تقسیم می‌شود: آسایش حرارتی و آسایش بصری [۴۳]

۱. آسایش صوتی و بصری: تأثیر مثبت در روشنایی برای فضا، تأمین از دید فضای داخلی به خارج و انسداد

صدا

آسایش حرارتی: امکان تهویه مستقیم برای بهداشتی کردن محیط و کمک به سرمایش و گرمایش طبیعی دو در که هدف عمده تهویه یعنی کیفیت هوای داخل (IAQ) و آسایش حرارتی مربوط است. پنجره به سه شکل انرژی از را محیط پیرامون به فضای داخلی انتقال می‌دهد و از این راه بر آسایش حرارتی اثر می‌گذارد. (۱) کسب و اتلاف گرمای از طریق هدایت، همرفت و تابش در اثر اختلاف دمای داخل و خارج. (۲) کسب گرمای خورشیدی از طریق تابش (۳) جریان هوا به‌صورت هدفمند (تهویه طبیعی) نفوذ هوا دو مورد اول در اثر وجود نور خورشید تحت عنوان جریان گرمایی بررسی شده‌اند.

پنجره از طریق سطح بازشوی خود عاملی برای استفاده از تهویه طبیعی در ساختمان‌ها بشمار می‌رود سرعت جابه‌جایی هوا در اتاق و بالابودن آن نشانی از عملکرد مناسب بازشو در تهویه است. این سرعت تابعی است از سرعت باد آزاد و زاویه‌ای که باد به دهانه ورودی برخورد می‌کند که از عوامل خارج از کنترل طراح هستند [۴۴]. ازسوی دیگر دو متغیر پنجره و تقسیمات داخلی بر جریان هوا بسیار موثر هستند که عوامل داخلی در کنترل طراح هستند. برای بالابردن سرعت باد و هدایت جریان به مسیر دلخواه درون ساختمان ویژگی‌های اصلی پنجره عبارت اند از نوع پنجره، موقعیت آن در نما، نحوه بازشدن پنجره‌ها، اندازه وضعیت و شکل سایبان و ملحقات پنجره. این عوامل به تفصیل در این بخش مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۳۹]

۵-۲ آتریوم

از لحاظ پیشینه تاریخی آتریوم واژه‌ای است که به حیاط‌های روباز یا اتاق‌های روزنه دار درون خانه‌های رومی اطلاق می‌شده که دارای حوضی جهت جمع‌آوری آب باران بوده است. آتریوم‌ها در کنار فضای اندرونی وظیفه تأمین هوای تازه و نور کنترل شده را دارد. در قرون وسطی حیاط‌های کلیساهای بازیلیکی که گروه‌های مذهبی برای تجمع استفاده می‌کردند را بدین نام خوانده‌اند. در قرن هجدهم پس از آشنایی با خواص مختلف شیشه در خصوص جذب و نگهداری حرارت، این فضاها با سقف و دیواره‌های شیشه‌ای و قاب چوبی مورد استفاده گیاه‌شناسان

هلندی قرار گرفتند. در طول قرن نوزدهم و در پی تولید قطعات فولادی و ایجاد دهانه‌های بزرگ، فضاهای شیشه‌ای عظیمی برای برگزاری نمایشگاه‌ها و فروشگاه‌های محصولات کشاورزی و صنعتی طراحی و ساخته شدند. از معروف‌ترین و قدیمی‌ترین آن‌ها می‌توان به پاپیون سلطنتی در برایتوان، (کریستال پالاس) اشاره کرد.

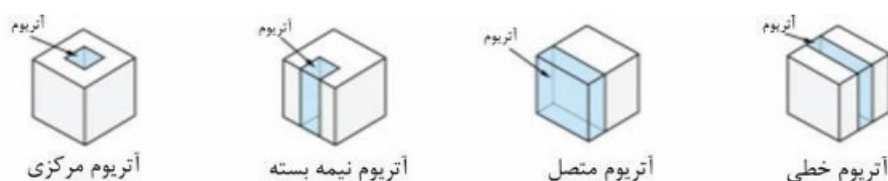
در ابتدای قرن بیستم و با شروع جریان مدرن در معماری، ویژگی‌های فضایی آتریوم باعث شد تا لوید رایت آن را برای تمرکز کارمندان و ایجاد همبستگی بین آنان در ساختمان اداری لارکین به کار گیرد. در دهه شصت میلادی، در پی نیاز به نور در فضاهای داخلی و تسهیل عمودی و افقی، بهره‌گیری از آتریوم در اغلب ساختمان‌های عمومی، تجاری و اداری برای نشیمن مراجعان و مسافران و دانشجویان فراهم شد.

در خصوص آتریوم نورگیری و مصرف انرژی بهینه ساختمان‌ها، مطالعاتی صورت گرفته است که اغلب به طراحی ابعاد و شکل و هندسه آتریوم تاکید داشته اند اما متأسفانه در خصوص سایر پارامترهای طراحی آتریوم مانند نوع پوشش سقف، مصالح، شیشه‌ها و فضاهای مجاور آتریوم، تحقیقات چندانی در دنیا صورت نگرفته است. در پژوهشی که [۴۵] انجام گرفته است. سه آتریوم با سقف‌هایی به شکل مکعب مستطیل (ترکیب نورگیر عمودی و افقی)، تخت و گنبدی شبیه سازی شد که به مقایسه میزان تامین آسایش حرارتی و میزان شدت نور در اقلیم سرد و کوهستانی پرداخته اند. [۴۶] در پژوهش خود پس از مطالعه بر روی خانه‌های سنتی شهر کرمان و به دست آوردن تناسبات حیاط مرکزی، تناسبات آتریوم مدل را به دست آوردند.

باتوجه به سابقه کاربرد آتریوم عملکردهای مختلفی دارند.

به‌منظور دستیابی به کارایی انرژی لازم است که یک آتریوم سه نیاز را برآورده کند:

- ۱) طراحی آن به‌گونه‌ای باشد که میزان انتقال حرارت را کاهش دهد
 - ۲) حداقل سطح شیشه‌ای را برای نیاز ساختمان از جمله روشنایی طبیعی و آسایش بصری داشته باشد.
- قابلیت نصب سایه‌بان خورشیدی به جهت کنترل نور خورشید و کاهش میزان گرمای اضافی را داشته باشد [۴۶].



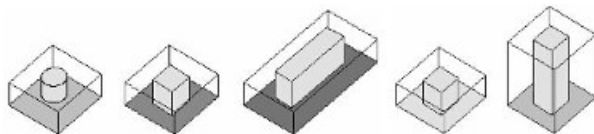
شکل ۲-۳ انواع فرم آتریوم [۳۸]

نحوه قرارگیری آتریوم در بنا، عامل اصلی تعیین کننده مزایای زیست محیطی آتریوم در ساختمان است. به عنوان مثال، در آب و هوای معتدل، جهت دستیابی به گرمایش خورشیدی بیشتر، در فصل زمستان و جذابیت در طول فصل‌های مختلف، آتریوم به عنوان یک نمای شیشه‌ای (آتریوم متصل) به ساختمان وصل می‌شود. به طور مثال،

با شکل ۲-۱ و نظر به تحقیقات پیشین از جمله [۴۷] در آب و هوای گرم و مرطوب از چهار نوع عمومی آتریوم، آتریوم مرکزی با پلان مربع و خطی در به حداقل رساندن نوسانات دمایی در فصول گرم و معتدل موثر هستند. علاوه بر این عملکرد دمای کلی این نوع از آتریوم ها نزدیک به درجه حرارت خنثی است؛ از این رو، آتریوم های مرکزی و خطی شایع ترین انواع فرم در مناطق گرم است [۴۸] همچنین آتریوم هایی با تناسبات مربع در مقایسه با تناسبات مستطیلی شکل با نسبت بیش از ۳ به ۱ با مساحت و ارتفاع یکسان ۷ تا ۱۰ درصد بیشتر روشنایی دریافت می کنند [۴۹].

۲-۶-۱- عملکرد آتریوم

جهت بررسی عملکرد آتریوم در نور روز می توان آن را به دو نوع اساسی با طرح سقف مشابه تقسیم کرد شکل ۲-۵. آتریوم کم ارتفاع با شکل دایره ای، روشن تر از یک آتریوم مرتفع با شکل مستطیلی است و یا آتریوم با دیوارهای محیطی کوچک تر، سطح همکف را روشن تر می کند [۵۰].



شکل ۲-۴ تناسبات آتریوم بر اساس دو اصل اساسی با طرح سقف مشابه [۵۱].

مطالعات در مورد آتریوم ساختمان های مسکونی نشان داده است که نوع آتریوم، هندسه و اندازه آن، جهت بهره روری کلی انرژی ساختمان ها با اهمیت است: بنابراین ساختمان هایی که مقدار شاخص "فاکتور شکل" در آن ها کمتر است، سطح پوسته حرارتی کمتری نسبت به حجم داشته در نتیجه انتقال حرارت کمتری نیز به دنبال خواهد داشت [۵۱].

۲-۶-۲- پارامترهای طراحی آتریوم

آتریوم به عنوان نور گیر مرکزی با توجه به ریز فاکتور هایی که با بستر قرار گیری آن و مشخصات کالبدی بدنه آتریوم است، می تواند کارایی متفاوتی از نظر انتقال نور روز به فضاهای پیرامونی داشته باشد. مهم ترین عواملی که بر سطح روشنایی فضاهای پیرامون آتریوم مؤثرند، عبارت اند از: (۱) زاویه تابش آفتاب (۲) تناسبات آتریوم (۳) ضریب انعکاس سطوح داخلی (۴) ابعاد و موقعیت پنجره های رو به آتریوم (۵) طراحی سقف آتریوم (۶) شکل پلان آتریوم (۷) مقطع آتریوم (۸) ضریب عبور شیشه های مورد استفاده (۹) استراتژی های بازتابش در سطوح داخلی آتریوم [۴۹].

[۵۲] مقدار نور روز وارد شده به فضاهای مجاور آتریوم را وابسته به شکل روزن سقف آتریوم، اندازه بازشوهای مجاور آتریوم و ضریب انعکاس سطوح داخلی آتریوم معرفی میکند. [۴۸] پارامترهای طراحی آتریوم را ابعاد، موقعیت، تعداد و حالات بازشوها، ارتفاع، اندازه و فرم آتریوم، نوع اتصال و مصالح سقف، ظرفیت حرارتی مصالح،

ابعاد، مصالح و ابزارهای سایه اندازی روزنه ها معرفی میکنند. شکل زیر طراحی آتریوم ها را به طور کلی نشان می دهد.

آتریوم	سقف آتریوم	زاویه تابش آفتاب	فضاهای مجاور آتریوم
• نوع آتریوم • شکل پلان آتریوم • ارتفاع آتریوم	• نوع سقف • نوع و محل قرارگیری نورگیرهای سقف • ضریب عبور شیشه های مورد استفاده • نوع اتصال سقف • سایه اندازها	• بستگی به عرض جغرافیایی دارد.	• ابعاد و تعداد بازشوهای رو به آتریوم • موقعیت بازشوها • ظرفیت حرارتی مصالح • سایه انداز بازشوها • ضریب عبور شیشه های مورد استفاده • ضریب انعکاس سطوح داخلی • استراتژی های بازتابش در سطوح داخلی

شکل ۲-۵ پارامترهای طراحی آتریوم [۴۸]

۶-۲ تراس های آپارتمانی

تراس در معماری به فضایی نیمه باز یا باز در ساختمان ها، معمولاً در طبقات بالاتر آپارتمان ها یا خانه ها اطلاق می شود که به عنوان بخش از ساختار بنا، مستقیماً به فضای داخلی متصل است و با نرده یا دیوارهای کوتاه محصور شده است. تراس ها به منظور تأمین دسترسی به نور روز، تهویه طبیعی و ارتباط بصری با محیط خارجی طراحی می شوند و در معماری پایدار، نقش مهمی در بهبود آسایش حرارتی، کاهش مصرف انرژی و ارتقای کیفیت ساکنین ایفا می کند.

۲-۷-۱- نقش تراس در آپارتمان های شهری

جایگاه تراس در آپارتمان های شهری به نقش چندوجهی این فضای نیمه باز در ارتقای کیفیت معماری، پایداری و زیست پذیری شهرها اشاره دارد. تراس ها با فراهم کردن دسترسی به نور روز و تهویه طبیعی، مصرف انرژی برای روشنایی و خنک سازی را تا ۱۰-۲۰٪ کاهش می دهند. این فضاها به عنوان پلتفرم هایی برای تعاملات اجتماعی، فعالیت های تفریحی و باغبانی شهری حس تعلق ساکنان را تقویت کرده و به کاهش اثرات جزیره گرمایی شهری کمک می کنند. تراس ها همچنان با بهبود ارتباط بصری با محیط و ارتقای سلامت روان، نقش کلیدی در طراحی آپارتمان های مدرن ایفا می کند.

۷-۲ نمونه‌های موردی

۲-۹-۱ خانه EcoTerra

خانه EcoTerra اولین خانه ساخته شده در کانادا به‌عنوان یکی از پروژه‌های برتر ZE
خانه Eco Terra اولین خانه ساخته شده در کانادا به‌عنوان یکی از پروژه‌های برتر ZE در سال ۲۰۰۷ شناخته
شده است. هدف از طراحی خانه این بود که با ترکیب تکنیک‌های ساخت‌وساز کارآمد انرژی و سیستم‌های انرژی
تجدیدپذیر، راهنمای انرژی مؤثری را برای خانه‌های کانادا به دست آورند و آثار منفی روی محیط‌زیست را به
حداقل برساند.



شکل ۲-۶ خانه Eco Terra با هدف انرژی صفر در کانادا- دوره های زمانی طراحی- ساخت، مانیتورینگ و سکونت
مشخصه‌های ساختاری خانه

همان‌گونه که دیده می‌شود خانه در دو طبقه ساخته شده که دو اتاق خواب در طبقه اول دارد. فضاهای نیمه‌خصوصی
همچون آشپزخانه، اتاق غذاخوری و اتاق نشیمن خانواده در طبقه همکف می‌باشد. یک زیر زمین نیز به‌عنوان
فضایی چندمنظوره در این خانه وجود دارد. به‌منظور آسایش و راحتی ساکنین، در ۴ ضلع خانه پنجره تعبیه شده
(توزیع وزنی متفاوت) تا بتوان از نور خورشید به‌منظور کاهش مصرف مربوط به روشنایی استفاده بهینه نمود.
همچنین به واسطه یک سیستم تهویه مکانیکی و هوابندی مناسب ساختمان، کیفیت خوب هوای داخلی تضمین
شده است.

خانه به‌گونه‌ای ساخته شده که اطراف آن درختان پهن برگی هستند که به‌راحتی با ایجاد سایه در خنک‌کردن
فضای داخلی در تابستان مؤثر بوده و در زمستان از خانه در مقابل باد که موجب افزایش تلفات حرارتی می‌شود،
محافظت می‌کند.

مصرف انرژی ساختمان

باتوجه به محل قرارگیری ساختمان و پس از تعیین متوسط دماهای داخل، مشخص شد که گرمایش فضا بخش
مهمی از مصرف انرژی سالانه را شامل می‌شود. بار گرمایش ناخالص فقط بدون کمک از تکنیک‌های غیرفعال

خورشیدی و انرژی‌های تجدیدپذیر، سالانه حدود ۲۱، ۷۹۵ کیلووات‌ساعت برآورد شده بود. با در نظر گرفتن تکنیک‌های غیرفعال خورشیدی، برآورد نیاز سالانه انرژی برای گرم کردن فضا به ۷۱۲.۸ کیلووات‌ساعت کاهش می‌یابد.

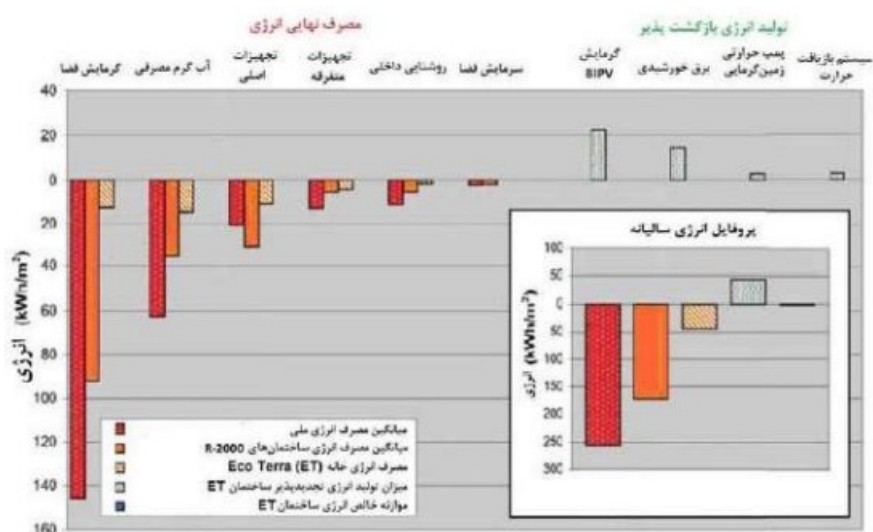
در این خانه برای گرمایش فضاها از سیستم حرارتی BIPV در بام ساختمان استفاده کردند که بار گرمایش را در ماه گرم سال حدود ۳۸۰۰ کیلووات‌ساعت کاهش می‌دهد. برای ماه‌های دیگر نیز BIPV حدود ۴۰۰.۱ کیلووات‌ساعت از الزامات حرارتی سیستم آب گرم مصرفی را تأمین می‌کند. استفاده از پمپ حرارتی زمین گرمایی نیز در خانه EcoTerra به‌عنوان پیش گرم آب گرم مصرفی و گرمایشی بکار گرفته شده و مصرف انرژی آب گرم را تا حدود ۷۰۰ کیلووات‌ساعت در سال کاهش داده است.



شکل ۲-۷ طرحی از فناوری بکار رفته در ساختمان انرژی صفر

برای نشان دادن اثر انرژی صفر ساختمان به کمک روش اندازه‌گیری خالص باتوجه به تکنولوژی‌های تجدیدپذیر نصب شده در خانه نمودار زیر ترسیم می‌گردد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در این منحنی میزان مصرف و تولید انرژی برای این ساختمان نشان داده شده و تعادل خاصی، به مفهوم انرژی خالص صفر مشخص شده است که

حالتی معادل با تعریف خانه‌هایی با انرژی خالص صفر می‌باشد. مازاد انرژی تولید شده توسط فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر برای تغذیه شبکه بکار می‌رود.



شکل ۲-۸ جزئیات مصرف و تولید انرژی در ساختمان Eco Terra در کانادا

۲-۹-۲- ساختمان با انرژی کلی صفر شارلوت (ایالت ورمانت آمریکا)

این ساختمان برای یک خانواده چهارنفره و در مزرعه‌ای در شهر شارلوت از ایالت ورمانت آمریکا، در آگوست ۲۰۰۷ ساخته شده است. یکی از اهداف پروژه کم کردن خسارت وارده به محیط‌زیست و استفاده حداکثری از انرژی‌های طبیعی بوده که در این زمینه قراردادان ساختمان در مزرعه، کمک به تهیه مایحتاج از طریق کاشت میوه و سبزی و کاهش در مصرف سوخت نموده است. با پیش‌بینی‌های انجام شده در این پروژه، دوره بازگشت سرمایه بدون در نظر گرفتن افزایش قیمت حامل‌های انرژی، ۵ سال پیش‌بینی شده است. یکی از بارزترین شاخص‌های این ساختمان، عدم آلودگی محیط‌زیست در اثر دی‌اکسیدکربن و عدم مصرف انرژی فسیلی می‌باشد. باتوجه به شرایط سرد سایت، گرم نگه‌داشتن ساختمان جزء اساسی‌ترین نیازهای آن به شمار می‌آید و در این زمینه لازم بوده است که استراتژی‌های طراحی را بر مبنای استفاده حداکثری از انرژی‌های تجدیدپذیر موجود بوده است که استراتژی‌های طراحی را بر مبنای استفاده حداکثری از انرژی‌های تجدیدپذیر موجود نموده و از تقاضای انرژی کم کرده باشند. انرژی خورشیدی و باد از جمله انرژی‌های موجود قابل استفاده در سایت هستند.

استفاده از نور خورشید در خانه برای گرم کردن و روشنایی در طی روز بسیار مناسب بوده است که قراردادان ساختمان در جهت شرقی - غربی و استفاده از پنجره‌های بزرگ در قسمت جنوبی ساختمان کمک شایانی به این مهم نمود. از سوی دیگر استفاده از پنجره‌های کوچک در قسمت شمال ساختمان کمک نمود که چشم‌انداز ساختمان نیز بهتر باشد.

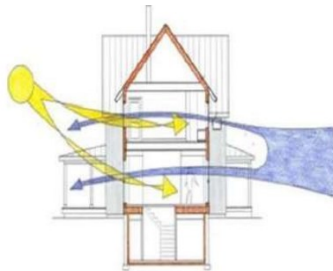


شکل ۲-۹ ساختمان انرژی صفر شارلوت آمریکا

در این ساختمان باین حال که برای استفاده از نور خورشید مانعی وجود نداشته است، باین وجود در بررسی‌ها مشخص گردید که استفاده از توربین باد برای تولید برق مقرون به صرفه تر می باشد. از سوی دیگر با قراردادن خانه در بالای تپه یا برآمدگی‌های زمین، کمک به استفاده از انرژی باد به منظور خنک کردن منزل در تابستان نموده است.

از سوی دیگر برای کاهش در هدررفت انرژی از فلز و چوب مقاوم در برابر پوسیدگی در نمای ساختمان استفاده شده و عایق کاری بیرونی به طور مناسب انجام شده است. سقف ساختمان توسط نوار چوب پوشیده شده و از بتن برای کف ساختمان استفاده گردیده است. در طراحی پنجره‌ها نیز سعی بر آن بوده که از پنجره بارزش عبور هوای پایین استفاده شود.

هزینه ساخت این ساختمان ۲۱۰۰ دلار به ازای هر مترمربع بوده است.



شکل ۲-۱۰ نحوه استفاده از انرژی باد در تابستان و انرژی خورشیدی در زمستان در ساختمان شارلوت

جدول ۲-۲ مشخصات ساختمان مورد ارزیابی

مشخصات کلی ساختمان	
کاربری	مسکونی ۳ طبقه برای یک خانواده روستایی
متراژ کلی ساختمان	۲۷۶ مترمربع
مصرف کلی انرژی ساختمان	۷۷۷۹ kwh
عایق‌های به‌کاررفته	
استفاده از عایق R-۱۶ در کف	استفاده از عایق R-۳۱ در دیوار
استفاده از پنجره با U-Value در حدود ۰.۱۵-۰.۱۲	
انرژی‌های تجدیدپذیر به‌کاررفته	
انرژی باد	انرژی خورشیدی
میزان مصارف عمده انرژی در ساختمان	
میزان تولید انرژی‌های تجدیدپذیر	۶۵۲۰ kwh
گرمایش	۱۸۷۰ kwh
سرمایش	-
روشنایی	۱۳۶۰ kwh
فن - پمپ	-
بارهای مصرفی دستگاه‌ها	۲۱۰۰ kwh
آب گرم مصرفی	۸۶۲ kwh

۲-۹-۳ - ساختمان انرژی و محیط‌زیست مؤثر سینو ایتالین/چین

این ساختمان به همکاری ایتالیا و چین در زمینه انرژی و روش‌های بهینه‌سازی آن و همچنین کاهش انتشار کربن‌دی‌اکسید در کشور چین ساخته شده است شامل مرکز تحقیقات، آزمایشگاه و امکانات آموزشی می‌باشد. کاهش انتشار کربن‌دی‌اکسید در کشور چین امری حیاتی است؛ چون عمده سوخت این کشور از طریق زغال سنگ تأمین می‌شود که عامل اصلی انتشار کربن‌دی‌اکسید به هوا است. عمده هدف طراحان طراحی ساختمانی انرژی پایین و کربن پایین است.

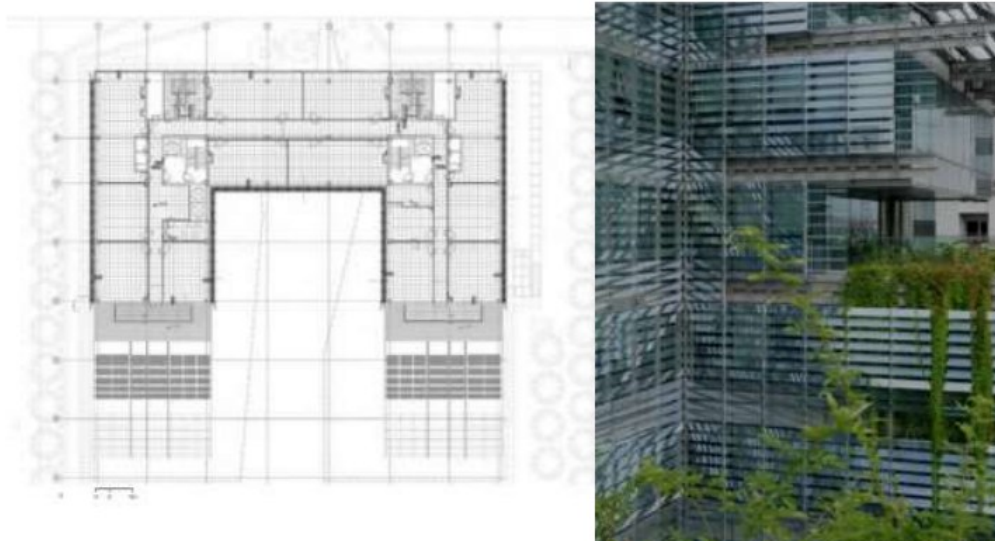
خورشید، باد و سایت عوامل اصلی در الهام‌گیری برای طراحی بودند. توجه به عناصر زیبایی‌شناسانه از مهم‌ترین عوامل در طراحی این ساختمان است. بادهای موسمی با دما و رطوبت زیاد در تابستان و بادهای سرد در زمستان از مهم‌ترین عوامل اقلیمی در این مکان به حساب می‌آیند. آلودگی هوا و طوفان‌های گردوخاک از دیگر عوامل مهمی هستند که کشور چین را به سمت طراحی پایدار سوق دهند.

نماهای چندلایه، سیستم‌های سایه سازی فتوولتائیک، لوورهای شیشه‌ای قابل تنظیم و تراس‌های گوناگون از ویژگی‌های عمده این ساختمان است.



شکل ۲- ۱۱ نماهای چند لایه، سیستم های سایه سازی فتوولتائیک و تراس های گوناگون

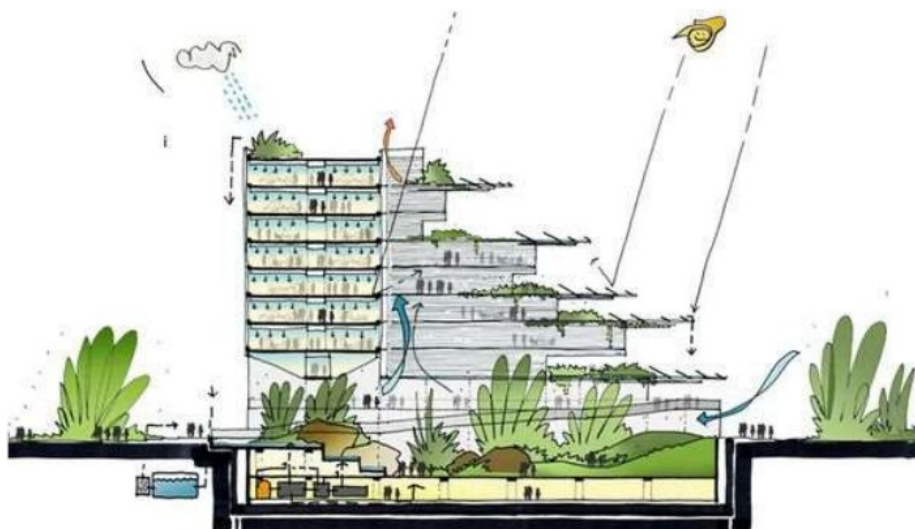
ساختمان به صورت U شکل و نسبت به محور شمالی - جنوبی متقارن است، تراس‌ها در جهت جنوب به سمت خیابان اصلی قرار دارند. فرم تراس دار برای بستن راه بادهای زمستانی و ورود نور خورشید در زمستان و همچنین کنترل نور خورشید و سایه‌اندازی انتخاب شد. حیاط مرکزی شامل تراس باغ‌ها، رمپ، پیاده‌روهایی است که مردم را به سمت قلب ساختمان فرامی‌خوانند. فرم پلکان ساختمانی به هوا و نور اجازه می‌دهند تا داخل طبقات تحتانی شوند و همچنین ارتباط فیزیکی مناسبی ما بین درون و بیرون بنا برقرار می‌کند.



شکل ۲-۱۲ جزئیات نمای ساختمان انرژی و محیط زیست سینو ایتالین

نمای شمالی با دیواری شفاف از جنس شیشه عایق شده پوشیده شده که جلوه با شکوهی به ورودی اصلی ساختمان می‌دهد و سپری مقاوم در برابر باد سرد شمالی به شمار می‌آید. پوشش لایه‌ای نمای غربی و شرقی شامل بخش شفاف درونی و بیرونی می‌شود که به وسیله سیستم سایه‌اندازی آلومینیومی از هم جدا می‌شوند. لوورهای استفاده شده در نمای حیاط داخلی باعث کنترل تابش آفتاب در فصول مختلف می‌شوند.

استفاده از سنسورهای حضور و سنسورهای کربن دی‌اکسید در جلوگیری از اتلاف انرژی مؤثرند. گرماسازی و سیستم روشنایی به روش غیرفعال انجام شده است. انرژی کاستی که نمی‌شود از طریق تأمین کردن به وسیله پنل‌های فتوولتائیک جنوبی تأمین می‌شود. بیشتر انرژی در این ساختمان صرف خنک کردن آن می‌شود (۴۰٪) گرم کردن ۱۸٪. حرارت اضافه تولید شده از ژنراتورهای موجود در ساختمان برای گرم کردن آب مصرفی در طول سال گرماسازی در تابستان و سرماسازی در تابستان از طریق چیلرهای جذبی استفاده می‌شود. این سیستم همراه با سیستم برق به طور هوشمند (هر وقت یکی کم آورد دیگری کمبود را جبران می‌کند، چون چین اجازه فروش انرژی فوق اضافی به سیستم عمومی را ندارد) عمل می‌کنند.



شکل ۲-۱۳ مقطع ساختمان انرژی و محیط زیست موثر سینو ایتالین

استفاده از سقف‌های سبک به صورت مشعشع باعث تعدیل هوا در فصل سرد و گرم می‌شوند و همچنین نیاز به الکتریسیته را کم می‌کنند. لامپ‌های کم‌مصرف، تنظیم‌کننده‌ها و دیمرهای نوری و سنسورهای حضور در کنار بهره‌گیری از نور و مصرف انرژی برای روشن‌سازی و سرد کردن بنا را کاهش می‌دهند. در سال‌های آتی هدف بر این است که به جای گاز طبیعی از بيو سوخت‌ها استفاده شود تا انتشار گازهای گلخانه‌ای در فضا به صفر برسد.

۸-۲ خلاصه موجود

خلاصه اصلی موجود در پژوهش‌های پیشین فقدان توجه به هر رویکرد مصرف انرژی و مصرف نور مصنوعی در راستای تحقق آسایش حرارتی در بستر اقلیم گرم و خشک است. اغلب پژوهش‌های پیشین به صورت مجزا به یکی از این دو هدف پرداخته‌اند: یا صرفاً بر بهبود عملکرد نور در ساختمان‌ها توجه داشته‌اند. پژوهش حاضر به دنبال تلفیق این دو رویکرد و بررسی نقش انتقال‌دهنده‌های نور روز و بهبود آسایش حرارتی در فضا است تا بتواند خلاصه موجود را پر کند. این پژوهش با تمرکز بر شاخص نور روز ساعتی و کفایت نور روز بتواند در عین کنترل خیرگی و تحقق آسایش بصری میزان مصرف انرژی در فضا را کاهش دهد. همچنین در این پژوهش بخش تجربی و میدانی (دستگاه لوکس متر) در جهت صحت سنجی داده و شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزارهای Ladybug و Honeybee ترکیب شده است تا دقت پژوهش بالاتر باشد.

۹-۲ جایگاه پژوهش حاضر

این پژوهش با تمرکز بر بهینه‌سازی نور روز و بهینه‌سازی مصرف انرژی با استفاده از انتقال‌دهنده‌های نور روز و پوسته‌های کنترل‌کننده در تراس جایگاه نوآرانه‌ای در ادبیات پژوهشی دارد. نوآوری اصلی این پژوهش عبارت‌اند از:

- تمرکز بر تراس‌های جنوبی در بخش مسکونی
- بهبود آسایش بصری در فضا
- بهبود نور روز در فضا به کمک انتقال‌دهنده‌های نوری
- کنترل نور روز در فضا
- بومی‌سازی طراحی در اقلیم گرم و خشک

۱۰-۲ جمع‌بندی

این فصل باهدف تبیین چارچوب نظری و شناسایی مفاهیم کلیدی مرتبط با طراحی سایه‌بان، انتقال‌دهنده‌های نوری و بهینه‌سازی نور در فضاهای مسکونی به تحلیل مبانی نظری و مرور نظام‌مند پژوهش‌های پیشین اختصاص یافت. این فصل در دو بخش عنوان شد تا بتواند زمینه‌ساز سناریوهای بهینه‌سازی و تدوین روش پژوهش باشد. در بخش نخست به معرفی مفاهیم پایه در حوزه نور روز به‌عنوان یکی از اهداف پژوهش در ارتقای کیفیت محیطی پرداخته شد و در بخش بعدی به بررسی مفاهیم مرتبط با انتقال‌دهنده‌های نوری پرداخته شد. در همین راستا شاخص‌های ارزیابی نور روز همچون UDI, DA, ASE, Sda معرفی گردید تا در مراحل بعدی پژوهش به‌عنوان معیارهای سنج محیطی به کار گرفته شوند. در همین راستا عملکرد انتقال‌دهنده‌های نوری به‌عنوان فناوری نوین و واکنش‌گرا در دوره معاصر مورد ارزیابی قرار گرفتند. ویژگی مهم این عناصر قابلیت انتقال نور در ساختمان‌های بلندمرتبه و کنترل میزان نور دریافتی است که به‌تفصیل مورد بررسی قرار گرفتند. در ادامه به بررسی نقش مهم و تأثیرگذار تراس در آسایش بصری و حرارتی پرداخته شده است. در بخش پایانی این فصل به بررسی نمونه‌های موردی و مشابه با رویکرد پژوهش پرداخته شد تا بتواند زمینه‌ساز تطبیق و الگوبرداری سناریو پژوهش باشد. در بخش پایانی فصل با تمرکز بر پژوهش‌های پیشین داخلی و بین‌المللی، خلأهای موجود در ادبیات نظری، به‌ویژه در زمینه تلفیق و بهینه‌سازی نور روز، آسایش بصری مشخص شد. پژوهش حاضر با رویکردی بین‌رشته‌ای به دنبال پاسخی مناسب برای پرسش کردن این خلأ می‌باشد. براین اساس، فصل دوم نه‌تنها بنیان نظری پژوهش را تقویت می‌کند؛ بلکه چارچوب تحلیلی قابل استنادی برای طراحی روش پژوهش و تحلیل‌های میدانی و شبیه‌سازی در فصل‌های پیشرو است.

فصل سوم

در این فصل ساختار روش‌شناسی پژوهش باهدف دستیابی به نتایج قابل‌اتکا و مبتنی بر شواهد تجربی تشریح می‌شود. پژوهش حاضر با رویکردی کاربردی و کمی درصدد است با بهره‌گیری از ترکیبی از روش‌های میدانی و شبیه‌سازی رایانه‌ای عملکرد کنترل‌کننده‌های نور روز و انتقال نور روز را در اقلیم گرم و خشک مورد بررسی قرار می‌دهد. رویکرد اصلی این پژوهش بر ارتقا کیفیت بصری و آسایش حرارتی در فضاهای متصل به نورگیر و فضاهای مجاور است. در بخش نخست، روش‌های جمع‌آوری داده‌های میدانی به‌منظور ارزیابی واقعی شدت نور در بازه زمانی بهمن ۱۴۰۳ الی تیرماه ۱۴۰۴ (هم‌زمان با فصول پایانی سال و ابتدایی سال به‌منظور بررسی تابش حداکثری (انقلاب تابستانی) و تابش حداقلی) در شهر قم تشریح می‌گردد. در این مرحله از دستگاه لوکس متر برای ثبت داده‌های مربوط به شدت نور (Illuminance) در قسمت‌های مختلف اتاق استفاده شده است. در بخش بعدی مدل‌سازی هر دو نمونه موردی در محیط نرم‌افزار Rhinoceros, Grasshopper و انجام شده است و سپس به کمک پلاگین‌های Ladybug و Honeybee شبیه‌سازی نور روز و آسایش بصری و حرارتی به‌صورت دقیق انجام شده است. در این مرحله سناریوهای از جمله طراحی مدل پایه از ساختمان بلندمرتبه و کوتاه مرتبه، طراحی مدل پیشنهادی بر اساس انتقال‌دهنده‌های نور روز و کنترل‌کننده‌های نور روز به بررسی عملکرد حرارتی و نوری فضا پرداخته شده است. در ادامه ضمن معرفی واحدهای مسکونی نمونه و ارائه پلان و ۳ بعدی فضای موردنظر جزئیات طراحی نیز ارائه شده است. این بخش نقشی اساسی در اعتبارسنجی داده‌های پژوهش و بنیادی در تحلیل نهایی فصول آتی دارد.

۳-۲- نوع پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی است و باهدف پاسخگویی به یک مسئله واقعی در حوزه معماری پایدار طراحی و اجرا شده است. این نوع پژوهش، باتکیه بر مبانی نظری و چارچوب‌هایی علمی معتبر در صدد ارائه راهکارهای عملی به‌منظور بهینه‌سازی نور روز در فضاهای مسکونی به‌ویژه اقلیم گرم و خشک است. در این راستا، تمرکز اصلی پژوهش بر ارتقای کیفیت بصری فضای داخلی، کاهش خیرگی نور در فضا و همچنین افزایش آسایش حرارتی بوده است.

این پژوهش دارای ابعاد کمی نیز می‌باشد. به این معنا که داده‌ها به‌صورت عددی و قابل‌اندازه‌گیری جمع‌آوری شده و تحلیل‌ها بر مبنای روش‌های آماری و شاخص‌های عملکرد کمی صورت پذیرفته‌اند.

استراتژی تحقیق از نوع پیمایشی است که در آن داده‌های پایه از طریق اندازه‌گیری میدانی با استفاده از ابزار تخصصی لوکس متر در یک بازه زمانی مشخص (زمانی بهمن ۱۴۰۳ الی تیرماه ۱۴۰۴) در شهر قم، به‌عنوان نمونه‌ای از اقلیم گرم و خشک ثبت شده‌اند. این اندازه‌گیری‌ها به‌منظور تحلیل دقیق شدت نور روز در یک واحد آپارتمانی انجام شده‌اند.

در ادامه، به منظور تحلیل دقیق داده‌ها، از شبیه‌سازی دیجیتال در محیط نرم‌افزاری استفاده شده است. داده‌های به‌دست‌آمده در محیط نرم‌افزارهای Ladybug, Honeybee, Grasshopper, Rhino مدل‌سازی و شبیه‌سازی شده‌اند تا وضعیت نور طبیعی در سناریوهای مختلف بررسی شوند. در این پژوهش، به‌جایی طراحی هندسه جدید برای آتریوم و فضاهای نورگیر از انتقال‌دهنده‌های نوری که اثربخشی آن در پژوهش‌های پیشین بررسی و تأیید شده است استفاده شده است. این دستگاه به‌عنوان راهکار پیشنهادی برای بهینه‌سازی نور روز و کنترل تابش خورشید در فضا شبیه‌سازی و ارزیابی شده است.

در مرحله بعدی پژوهش، به ارزیابی استراتژی پیشنهادی پرداخته شده است که در آن علاوه بر تحلیل شاخص‌های نوری، شاخص‌های مرتبط با آسایش حرارتی نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این بخش شاخص‌های زیر مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفته‌اند.

- UDI (Useful Daylight Illuminance)
- DA (Daylight Factor)
- ASE (Annual Sunlight Exposure)
- SDA (Spatial Daylight Automoy)

هدف این بخش بررسی جامع تأثیر ابزارها و دستگاه‌های انتقال‌دهنده نور روز بر کیفیت نور طبیعی، افزایش آسایش بصری، افزایش آسایش حرارتی در فضاهای مسکونی است، در همین راستا روش این پژوهش در ۳ مرحله اصلی خلاصه می‌شود:

مشاهده و جمع‌آوری داده‌های میدانی

شبیه‌سازی نرم‌افزاری وضعیت نور و انرژی

تحلیل و پیش‌بینی آسایش حرارتی

این امر به انسجام، دقت و جامعیت کافی به‌منظور ارائه هرچه بهتر راهکارهای قابل‌انکا در حوزه معماری پاسخگو به اقلیم کمک می‌کند.

۳-۳- مراحل اجرای پژوهش

۳-۳-۱- مرحله نخست؛ جمع‌آوری داده‌های میدانی و تحلیل آنها

در اولین مرحله داده‌های میدانی از تراس جنوبی یک واحد مسکونی در شهر قم طی بازه زمانی بهمن ۱۴۰۳ الی تیرماه ۱۴۰۴ جمع‌آوری شد. سپس به کمک دستگاه لوکس متر میزان روشنایی افقی را در ساعات مختلف روز و در بازه‌های زمانی مشخص (۹، ۱۲، ۱۵) ثبت شد. این مرحله به‌منظور ثبت شرایط واقعی تابش خورشید و بررسی شدت نور در شرایط مورد ارزیابی مور مطالعه قرار گرفت. داده‌هایی میدانی این پژوهش که شامل مقادیر شدت

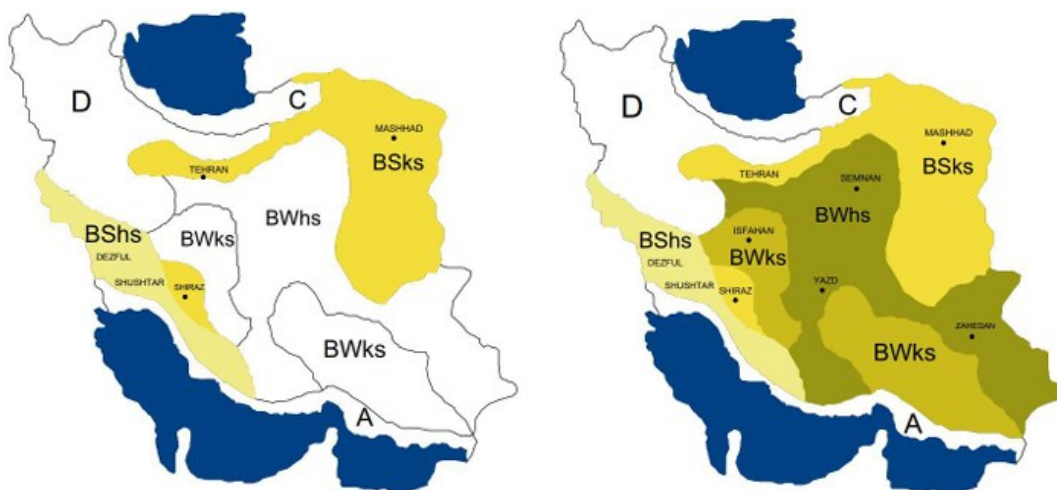
نور طبیعی (بر حسب لوکس) در چهار نقطه از فضا از یک اتاق خواب از یک واحد مسکونی در طبقه اول در اقلیم گرم و خشک قم هستند، به کمک زبان برنامه‌نویسی تحلیل مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین به منظور افزایش دقت، سرعت و یکپارچگی پردازش داده‌ها، از کتابخانه تخصصی Pandas به منظور مدیریت داده‌ها، Numpy برای عملیات عددی و Matplotlib برای ترسیم نمودارهای تحلیلی استفاده شده است.

در ابتدا عملیات پیش‌پردازش داده‌ها به منظور پاک‌سازی و تبدیل مقادیر متنی (نظیر ماه‌ها و روزها) به داده‌های عددی انجام شده است. برای این منظور هر ماه با یک عددی مشخص شناخته شده (به عنوان مثال دی=۱، بهمن=۲ و الی آخر). همچنین روزها و ساعات ثبت نیز به صورت مجزا استخراج گردید. به منظور تسهیل در تحلیل ترکیبی زمانی، یک ستون جدید با عنوان ماه - ساعت تعریف شد که با ادغام شماره ماه و ساعت برداشت، امکان دسته‌بندی و فیلتر داده‌ها در سطوح زمانی دقیق‌تر فراهم گردید. این ساختار به تحلیل الگوهای شدت نور در بازه‌های زمانی مشخص در طول ماه و مقایسه میان موقعیت‌های فضایی مختلف کمک شایانی نمود.

این داده‌ها، پس از پردازش، مبنای ترسیم نمودارهای خطی و تحلیل مقادیر نور نسبت به محدوده بهینه پیشنهادی (۱۰۰-۳۰۰ لوکس) قرار گرفتند و همچنین پایه‌ای برای تطبیق نتایج میدانی با خروجی‌های شبیه‌سازی دیجیتالی در فاز بعدی پژوهش فراهم آوردند.

۳-۱-۱- وضعیت بوم‌شناختی شهر قم

اقلیم گرم و خشک یکی از پهناورترین و گسترده‌ترین اقلیم‌های ایران است که بخش وسیعی از فلات مرکزی، مناطق شرقی و جنوب شرقی کشور را در بر می‌گیرد. این اقلیم با ویژگی‌های چون تابستان‌های بسیار گرم و خشک، زمستان‌های سرد، بارندگی اندک، رطوبت نسبی پایین و اختلاف دمای محسوس بین شب و روز شناخته می‌شود. به طور متوسط، میزان بازندگی سالانه در این مناطق کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر است و تابش خورشید در طول سال بسیار شدید و مداوم است. در پاسخ به این شرایط اقلیمی، معماری سنتی ایران در مناطق گرم و خشک با بهره‌گیری از راهکارهای هوشمندانه‌ای شکل گرفته است. ویژگی‌هایی مانند حیاط مرکزی، دیوارهای ضخیم، استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی بالا، بادگیرها و پنجره‌های کوچک از جمله تدابیری هستند که به کاهش نفوذ گرما، افزایش آسایش حرارتی و بهره‌برداری بهینه از نور طبیعی کمک می‌کنند. این عناصر نه تنها به بهینه‌سازی مصرف انرژی کمک می‌کنند، این عناصر نه تنها به بهینه‌سازی مصرف انرژی کمک می‌کنند، بلکه با ایجاد فضاهای سایه‌دار و خنک شرایط مطلوبی برای سکونت در این اقلیم فراهم می‌آورند در مجموع، شناخت دقیق ویژگی‌های اقلیم گرم و خشک و بهره‌گیری از اصول معماری بومی می‌تواند نقش مؤثری در طراحی فضاهای مسکونی پایدار و ارتقا کیفیت زندگی ساکنان این مناطق ایفا کند.



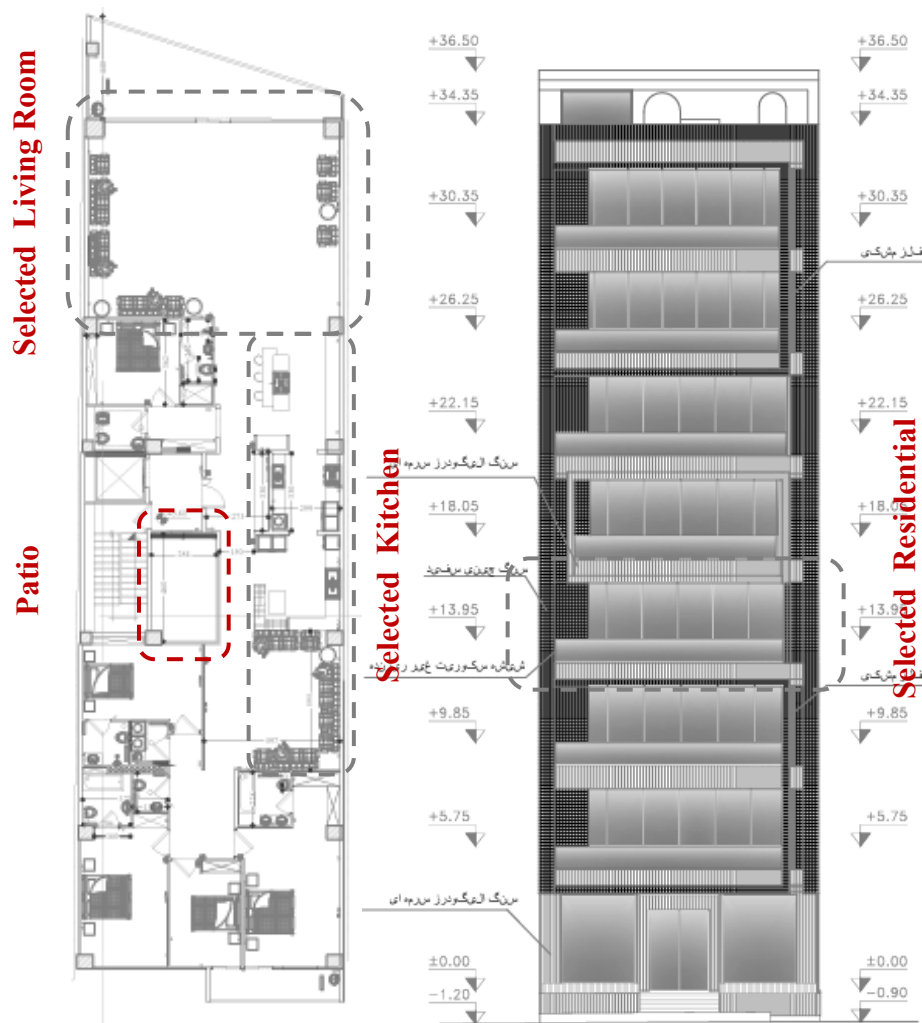
شکل ۳-۱ تقسیم بندی اقلیم گرم و خشک در ایران منبع:

۳-۱-۲- واحدهای مسکونی مورد بررسی

واحد مسکونی انتخاب شده جهت انجام این پژوهش، در شهر قم و در یکی از ساختمان‌های ۱۰ طبقه مسکونی و واحد مورد بررسی در طبقه ۴+ واقع شده است شکل ۳-۲ و نمونه دیگر یکی از ساختمان‌های ۴ طبقه مسکونی شکل ۳-۳ و واحد مورد بررسی در طبقه ۱+ واقع شده است.

• نمونه موردی اول

ساختمان مذکور با آرایش خطی و جهت‌گیری شمالی جنوبی طراحی شده و فضای مورد بررسی در جبهه شمالی واقع شده است. این جهت‌گیری باتوجه به اقلیم گرم و خشک قم و ابعاد بزرگ این پنجره در جبهه شمالی و همچنین موانعی همچون درختان در این جبهه و عدم امکان نورگیری مستقیم برای فضای متصل به آن، به عنوان یکی از چالش این پژوهش از منظر کنترل نور روز، انتخاب شده است. مساحت کل این واحد مسکونی در حدود ۴۰۰ مترمربع است. فضای مورد مطالعه پذیرایی متصل به پنجره شمالی دارای ابعادی برابر با ۱۱.۵ در ۷ متر و مساحت ۸۰ مترمربع و آشپزخانه متصل به آن که نورگیری آن از طریق آتریوم است که دارای ابعادی برابر با ۱۲ متر در ۳.۵ متر و مساحت ۴۲ مترمربع می‌باشد. این فضا پذیرایی اصلی این واحد محسوب می‌شود و به دلیل قرارگیری در معرض نور مستقیم خورشید از منظر مطالعات نور روز و آسایش نوری اهمیت ویژه‌ای دارد. ارتفاع فضای مورد نظر کف تا زیر سقف ۳.۶ است.



شکل ۳-۲ به ترتیب از راست به چپ: پلان واحد مسکونی نمونه موردی اول و نمای آپارتمان مسکونی مورد مطالعه؛ منبع: نگارنده

- نمونه موردی دوم

ساختمان مذکور با آرایش خطی و جهت‌گیری شمالی جنوبی طراحی شده و فضای مورد بررسی در جبهه جنوب شرقی واقع شده است. این جهت‌گیری باتوجه به اقلیم گرم و خشک قم و تابش شدید خورشید در نمای جنوبی، به عنوان یکی از چالش‌برانگیزترین جبهه‌ها از منظر کنترل نور روز، انتخاب شده است. مساحت کل این واحد مسکونی برابر ۱۳۴ مترمربع است. اتاق مورد مطالعه که به صورت مستقیم به تراس جنوبی متصل است، دارای ابعادی برابر با ۲.۵ در ۵ متر و مساحت ۱۲.۵ مترمربع می‌باشد. این فضا یکی از اتاق‌های خواب این واحد محسوب می‌شود و به دلیل قرارگیری در معرض نور مستقیم خورشید از منظر مطالعات نور روز و آسایش نوری اهمیت ویژه‌ای دارد. ارتفاع فضای مورد نظر کف تا زیر سقف ۲.۹ است. جان‌پناه تراس دارای ارتفاعی برابر با ۱ متر است و فضای باز موجود در نمای تراس (محل عبور نور و دید و منظر) با حذف ارتفاع جان‌پناه، به ابعاد ۱.۹ متر ارتفاع در ۶ متر طول محاسبه می‌گردد.

مستطیل قرمز رنگ که در نمای ساختمان با رنگ قرمز مشخص شده است منبع اصلی ورود تابش نور روز به ساختمان است شکل ۳-۳. به عنوان دریاچه ی اصلی تابش نور روز و محل نصب و استقرار پوسته ی متحرک مورد شبیه سازی در پژوهش محسوب می شود.

این ویژگی ها و مشخصات فیزیکی در مدل سازی های انجام شده با نرم افزارهای تخصصی همچون Rhino, Grasshopper, Revit, Autocad ترسیم شده است تا نتایج حاصل از شبیه سازی ها با واقعیت های معماری ساختمان حداکثر تطابق را داشته باشد.



شکل ۳-۳ به ترتیب از راست به چپ: پلان واحد مسکونی نمونه موردی دوم و نمای آپارتمان مسکونی مورد مطالعه؛ منبع: نگارنده

۳-۱-۳-۳ - گردآوری داده‌های میدانی

در این بخش از فرآیند تحقیق داده‌های میدانی مربوط به شدت نور طبیعی (نور روز) با استفاده از دستگاه لوکس متر جمع‌آوری شده‌اند. این داده‌برداری در بازه‌ای زمانی از دی‌ماه ۱۴۰۳ الی تیرماه ۱۴۰۴ انجام شده است. دوره موردنظر شامل بازه زمانی دی‌ماه ۱۴۰۳ تا انقلاب تابستانی است که معمولاً در حوالی ۲۱ ژوئن هر سال رخ می‌دهد. انقلاب تابستانی پدیده‌ای نجومی است که در آن، خورشید به بالاترین نقطه خود در آسمان نیم کره شمالی می‌رسد و طولانی‌ترین روز و کوتاه‌ترین شب سال را رقم می‌زند. این پدیده تأثیر قابل‌توجهی بر شدت و زاویه تابش نور دارد و از این‌رو، بررسی آن در مطالعات نوری از اهمیت زیادی برخوردار است. داده‌های نوری در یک واحد مسکونی واقع در بافت متراکم شهری شهر قم ثبت شده‌اند؛ شهری که در اقلیم گرم و خشک ایران قرار دارد و از تابش شدید آفتاب در فصل‌های بهار و تابستان برخوردار است. داده‌های نوری در یک واحد مسکونی واقع در بافت متراکم شهری شهر قم ثبت شده‌اند؛ شهری که در اقلیم گرم و خشک ایران قرار دارد و از تابش شدید آفتاب در فصل‌های بهار و تابستان برخوردار است. انتخاب این بازه زمانی و موقعیت جغرافیایی به‌منظور درک دقیق‌تر تغییرات فصلی در شدت نور روز، به‌ویژه در شرایط واقعی زندگی شهری، انجام شده است. داده‌های به‌دست‌آمده از این اندازه‌گیری‌ها، پایه‌ای علمی برای اعتبارسنجی شبیه‌سازی و تحلیل‌های نوری در ادامه پژوهش فراهم می‌آورند.

۳-۱-۳-۴ - لوکس متر

لوکس متر یکی از ابزارهای کلیدی در سنجش شدت نور در مطالعات نوری است که برای اندازه‌گیری شدت نور مرئی است بر سطح افقی به کار می‌رود، شکل ۳-۴. این دستگاه شدت نور را بر حسب واحد لوکس^{۱۴} اندازه‌گیری می‌کند که معادل یک لومن بر مترمربع است. عملکرد لوکس متر مبتنی بر استفاده از یک حسگر نوری^{۱۵} است که میزان تابش نور دریافت شده را ثبت کرده و آن را به مقدار عددی قابل خوانش برای کاربر تبدیل می‌نماید. این دستگاه معمولاً در طراحی روشنایی فضای داخلی، ارزیابی کارایی سیستم‌های نور روز، و تحقیقات مربوط به رشد گیاهان در شرایط کنترل شده نوری به کار می‌رود. در مطالعات معماری و نور روز، لوکس متر ابزار اصلی برای اعتبارسنجی شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای و همچنین سنجش وضعیت نوری واقعی در محیط‌های مسکونی و گلخانه‌ای محسوب می‌شود. دقت اندازه‌گیری، قابلیت کالیبراسیون و تطابق با استانداردهای بین‌المللی (مانند ISO ۸۹۹۵ و CIE) از جمله ویژگی‌های مهم این ابزار است که آن را برای کاربردهای پژوهشی و حرفه‌ای قابل‌اعتماد ساخته است. دقت اندازه‌گیری، بازه سنجش وسیع و توانایی ثبت داده در شرایط نوری گوناگون از جمله

^{۱۴} Lux

^{۱۵} Photodiode

ویژگی‌های کلیدی این دستگاه هستند که آن را به ابزاری استاندارد در مطالعات نور روز در حوزه معماری تبدیل کرده‌اند [۵۳]

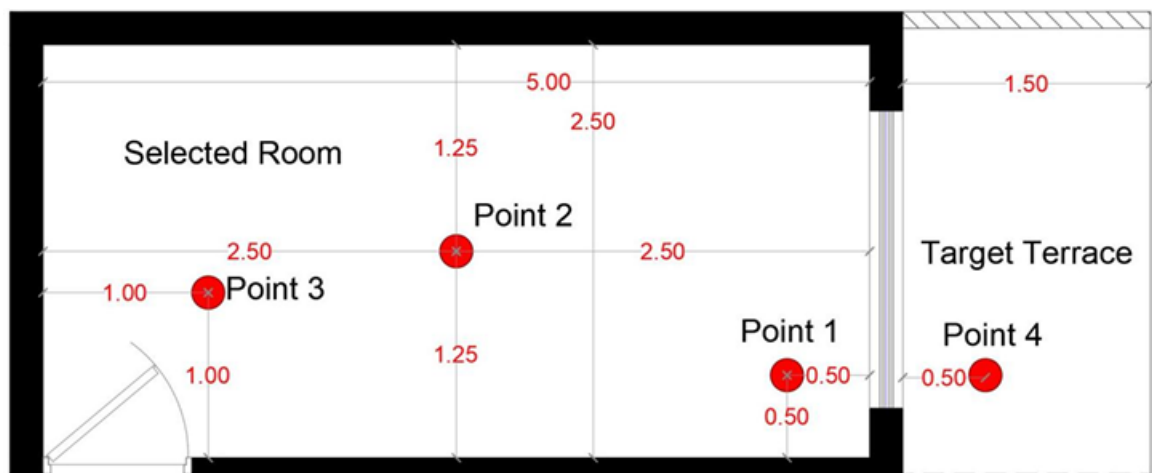


شکل ۳-۴ تصویر دستگاه اندازه‌گیری نور (لوکس متر)

۳-۱-۵- نحوه ثبت داده‌ها

در این بخش نحوه ثبت داده‌های میدانی نور روز بادقت طراحی شده است تا تصویری دقیق از توزیع شدت نور در فضای داخلی و نیمه‌باز مورد مطالعه ارائه شود. هر دو واحد مسکونی مورد بررسی در منطقه ۴ واقع شده است که یکی از آن‌ها آپارتمانی ۴ طبقه با جهت‌گیری جنوب شرقی که داده‌های نور در تراس و اتاق خواب مجاور رو به همین جهت جغرافیایی ثبت شده‌اند و آپارتمان دیگری ۱۰ طبقه می‌باشد. داده‌ها در چهار نقطه مجزا اندازه‌گیری شده‌اند که هر یک موقعیتی استراتژیک در ارتباط با منبع نور طبیعی و مرزهای فیزیکی فضا دارد. نقطه اول در داخل اتاق و در فاصله ۵۰ سانتی متری از دیوار داخلی مشرف به تراس، به عنوان معیاری برای سنجش شدت نور در ناحیه مجاور پنجره تعیین شده است. نقطه دوم در مرکز اتاق قرار گرفته و به عنوان موقعیتی نماینده از میانگین نور دریافت شده در فضای داخلی عمل می‌کند. نقطه سوم در انتهای اتاق به فاصله یک متری از دیوار پشتی (مخالف تراس) در نظر گرفته شده تا شدت نور در عمیق‌ترین ناحیه‌ی فضا را اندازه‌گیری نماید. نهایتاً، نقطه چهارم در فضای تراس و در فاصله ۵۰ سانتی متری از دیوار بیرونی اتاق (در امتداد محور نقطه اول) تعیین گردیده است. تا شدت نور ورودی از جبهه جنوبی به عنوان مرجع بیرونی ثبت گردد. این فاصله‌ها جهت پایین آوردن درصد خطا اندازه‌گیری نسبت به دیوارها و سایر عناصر داخلی در نظر گرفته شده است. هنگام ثبت داده‌ها نور مصنوعی فضا غیرفعال گردیده و آنچه که ثبت شده است صرفاً ناشی از نور طبیعی و محیطی می‌باشد. اجسام مزاحم و بازتاب‌کننده نور نیز در محیط حذف شده است و همچنین درب و پنجره این اتاق به هنگام اندازه‌گیری

گیری در حالت بسته بوده اند تا تاثیر نور سایر فضا ها به حداقل و نزدیک به صفر برسد. ارتفاع محل قرارگیری دستگاه لوکس متر نیز از کف فضا متناسب با ارتفاع میز کار در نظر گرفته شده است. شکل ۳-۶-



شکل ۳-۵ پلان اتاق مورد مطالعه نمونه موردی دوم، نقاط برداشت و ثبت داده های نوری؛ منبع: نگارنده

۳-۲-۲ مرحله دوم؛ مدل سازی و طراحی پارامتریک

مدل سازی فرآیند تولید مدل می باشد. مدل همانند نمونه واقعی می باشد و می تواند ویژگی های برجسته آن را داشته باشد. هدف از مدل سازی پیش بینی تغییرات سیستم توسط تحلیلگر است. نمونه ای که به عنوان مدل در نظر گرفته می شود نباید به قدری پیچیده باشد تا امکان آزمایش و بررسی آن وجود نداشته باشد. جزئیات باید به تدریج و در چندین مرحله اضافه شود. اعتبارسنجی مدل بر اساس شبیه سازی می باشد و بر اساس تکنیک های مدل سازی و بررسی پارامترهای ورودی و نتایج خروجی مشخص می شود [۵۴].

در گام بعدی مدلسازی اولیه یک واحد مسکونی در محیط نرم افزار راینو^{۱۶} و به کمک افزونه گرسپر^{۱۷} انجام شد. پس از جدا کردن جداره های تشکیل دهنده مدل، هر سطح به عنوان ورودی اولیه در نرم افزار معرفی میشود. در گام بعدی سایر جزئیات همچون پنجره، سایه بان، نورگیر ها و... به الگوریتم اضافه شد. سپس پارامترهای مؤثر در شبیه سازی به عنوان ورودی اولیه در روند بهینه سازی مشخص می شود. پس از معرفی مشخصات اقلیمی فضای مورد نظر، دسته بندی اقلیمی این فضا بر اساس طبقه بندی اشری^{۱۸} (۲B) مشخص شد. در مرحله بعد معرفی مصالح بر اساس شرایط موجود و مدل پیشنهادی انجام شد. سپس سایر مشخصات و تنظیمات روشنایی مصنوعی

^{۱۶} Rhinoceros 3D

^{۱۷} Grasshopper

^{۱۸} Ashrae ۹۰.۱ (۲۰۱۰)

و ساعات حضور افراد، نرخ لباس معرفی شد. پس از طراحی نمونه مورد پژوهش داده های اقلیمی^{۱۹} شهر قم در محیط نرم افزار به طراحی افزوده شد. سپس طراحی آتریوم در مدل دوم بر اساس وضع وجود در محیط نرم افزار انجام شد. سپس از ابزارهای انتقال دهنده نور روز که اثر بخشی آن در کنترل نور روز و کاهش خیرگی ثابت شده بود استفاده شد. هدف از این مرحله، بررسی عملکرد این ابزارها در بهبود نور روز دریافتی در فضا و ارتقا کیفیت بصری در فضای اصلی و فضاهای مجاور است [۵۷]، [۵۶]، [۵۵].

عملکرد یک ساختمان وابسته به پارامترهای متعددی می باشد که به طور مثال می توان به پارامترهای مربوط به شرایط آب و هوایی، فرم ساختمان، پارامترهای پوسته ساختمان، سیستم های تأسیساتی و خدماتی، عملکرد ساکنان و ... اشاره کرد. به طور معمول پارامترهای ورودی بر مبنای پژوهش هایی که تاکنون در آن زمینه صورت گرفته و دانش طراح انتخاب می شود، این روش ممکن است تا حدی خطا به همراه داشته باشد، به عبارت دیگر این پارامترها تا حد زیادی از عدم قطعیت برخوردار هستند. لذا می توان از روش های محاسباتی همچون روش عدم قطعیت بهره گرفت که می توانند در جهت رفع این مشکل مؤثر باشند. پس از مشخص کردن پارامترهای طراحی، هندسه طراحی به منظور آنالیز یکپارچه بین نرم افزارهای مختلف مورد بررسی قرار می گیرد و بر مبنای نتایج به دست آمده و متغیرهای طراحی هندسه مجدداً مورد بررسی قرار می گیرد. این امر منجر به ارتباط بین بخش ورودی و خروجی می شود تا کاربر بتواند حجم مورد نظر را در محیط راینو-گرساپر مجدداً مورد ارزیابی قرار دهد، [۵۵] [۵۶].

پس از مدل سازی مدل های پایه هر دو ساختمان شبیه سازی نرم افزاری در محیط نرم افزار Rhino و افزونه های Grasshopper, Honeybee, Ladybug مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. پس از معرفی مشخصات اقلیمی فضای مورد نظر، دسته بندی اقلیمی این فضا بر اساس طبقه بندی اشری^{۲۰} (۲B) مشخص شد. در مرحله بعد معرفی مصالح بر اساس شرایط موجود و مدل پیشنهادی انجام شد. سپس سایر مشخصات و تنظیمات روشنایی مصنوعی و ساعات حضور افراد، نرخ لباس معرفی شد.

۳-۳-۳ مرحله سوم؛ شبیه سازی و تعیین نرم افزار

شبیه سازی بررسی عملکرد سیستم است که می تواند امکان بازطراحی و آزمایش را فراهم کند. باتوجه به اینکه شبیه سازی فرآیندی پیچیده، زمان بر و پرهزینه است عمدتاً بررسی ویژگی های نمونه اصلی و ویژگی های مهم مورد ارزیابی قرار می گیرد. هدف از شبیه سازی ممانعت از استفاده بیش از حد منابع، مشخص کردن مشکلات

^{۱۹} Energyplus Weather File (epw)

^{۲۰} Ashrae ۹۰.۱ (۲۰۱۰)

پیش‌بینی‌نشده و بهینه‌سازی عملکرد سیستم است. نرم‌افزارها به‌منظور بهینه‌سازی نور روز و افزایش بهره‌وری انرژی به کار گرفته شده‌اند [۵۴].

انتخاب نرم‌افزار تحلیل انرژی ساختمان بر حسب کاربری ساختمان و تراکم آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین دانش طراح نیز در انتخاب نرم‌افزار نیز مؤثر خواهد بود. امروزه تمامی نرم‌افزارهای معتبر شبیه‌سازی قابلیت نصب و اجرا بر روی رایانه‌های شخصی را دارند؛ لذا آزادی عمل در انتخاب نرم‌افزار بیشتری خواهد بود. با توجه به ماهیت پژوهش و بر اساس عواملی همچون دقت نتایج، اعتبارسنجی نتایج، رابط کاربری آسان نرم‌افزار مناسب انتخاب شده است. در شکل ۳-۱ لیستی از معتبرترین نرم‌افزارهای موجود و مورد استفاده در این پژوهش ارائه شده است. پس از آن به معرفی نرم‌افزارهای مربوطه پرداخته است [۵۸].

قابل تحلیل را فراهم می‌آورد همچنین به علت ارتباط این نرم‌افزار با افزونه گرساپر امکان طراحی پارامتریک نیز وجود دارد.

۲-۳-۳-۳ گرساپر

این افزونه گرافیکی در بستر نرم‌افزار راینو امکان طراحی الگوریتم‌های هندسی را بدون نیاز به برنامه‌نویسی‌های کلاسیک را برای کاربر فراهم آورده است. این قابلیت به منظور بررسی سریع سناریوهای طراحی پویا؛ تغییرات نور و تحلیل‌های وابسته به متغیرها فراهم آورده است.

۳-۳-۳-۳ لیدی باگ

افزونه لیدی باگ، یک افزونه برای نرم‌افزار گرساپر محسوب می‌شود که به دنبال ارائه طیف گسترده‌ای از تجزیه و تحلیل‌های محیط‌زیست ساختمان در محیط گرساپر و داینامو است که فایل‌های آب‌وهوایی را به صورت استاندارد از نرم‌افزار انرژی پلاس با فرمت epw^{۲۱} وارد می‌کند؛ و خروجی‌های گرافیکی را به صورت دوبعدی و سه‌بعدی نمایش می‌دهد، این افزونه محاسبات را به صورت خودکار و لحظه‌ای انجام می‌دهد و فرآیند تحلیل و آنالیز را آسان می‌کند و نمودار بصری را برای فهم بهتر ارائه می‌دهد. این افزونه می‌تواند میزان تابش نور خورشید، آنالیز دید، تعداد ساعات آفتابی و... را مورد بررسی قرار دهد. این افزونه امکان پردازش نتایج با سایر موتورهای معتبر همچون انرژی پلاس و ری دینس و دی سیم و ترکیب با ابزارهای طراحی پارامتریک همچون گرساپر را دارد. لیدی باگ یک افزونه رایگان با دسترسی باز است؛ لذا این امکان را به کاربران می‌دهد که برحسب نیازهای خود ابزارها و کدهای آن را بهبود بخشند.

نظر به آنکه تشعشع عامل مهمی در بررسی آسایش و مصرف انرژی در ساختمان‌ها می‌باشد لذا بررسی میزان اشعه دریافت شده توسط سطوح بسیار مهم است. بر خلاف رابطه مستقیم میزان دریافت تابش خورشیدی با جهت قرارگیری سطوح (افقی، عمودی) اما بخش عمده روش‌های شبیه‌سازی این تأثیر را نشان نمی‌دهند و داده‌های خروجی با وجود اینکه به صورت دو بعدی و سه بعدی هستند صرفاً مقدار را نشان می‌دهند. لیدی باگ بر خلاف سایر ابزارهای شبیه‌سازی با استفاده از روش آسمان تجمعی^{۲۲} برای محاسبه میزان تشعشعات بخش‌های مختلف ساختمان استفاده می‌کند. به منظور ارائه بهتر نتایج از سه نمودار گنبد آسمان ترگنزا^{۲۳}، تابش رز^{۲۴}، تابش

^{۲۱} Energyplus Weather File(epw)

^{۲۲} GenCumulativeSky

^{۲۳} Tregenza Sky Dome

^{۲۴} Radiation Rose

^{۲۵} این نمودار همانند نمودار گلباد سرعت باد است و میزان تابش آفتاب را در جهات مختلف نشان می‌دهد.

کالالیلی^{۲۶} استفاده می‌کند. عامل دیگری که درمیزان دریافت تابش خورشیدی بسیار مؤثر زاویه قرارگیری سطوح است، افزونه لیدی باگ با نمودارهای دو بعدی و سه بعدی این مورد را نیز تحلیل و بررسی می‌کند [۵۹], [۵۵].

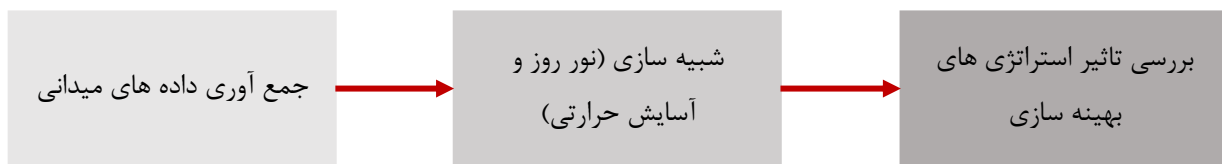
۳-۳-۴- هانی بی

افزونه هانی بی همانند لیدی باگ به جهت آنالیز پیشرفته ساختمان طراحی شده است. این افزونه به طراحان، برنامه‌نویسان و دانشجویان این امکان را می‌دهد تا برحسب ایده‌ها و نیازهای خاص خود نرم‌افزار را ارتقا بخشند. همچنین این افزونه به منظور بررسی دقیق‌تر و جامع فرآیند شبیه‌سازی را به صورت یکپارچه بین نرم‌افزارهای انرژی پلاس، دیزاین بیلدر، ری دینس، دی سیم، دیوا، ترم^{۲۷} و... انجام می‌دهد. آنالیز در این افزونه در چهار مرحله انجام می‌شود [۵۵].

اساس تجربه طراح مشخص می‌شود سپس بر مبنای سایر پارامترها این ابعاد تغییر می‌کند [۵۷], [۵۶], [۵۵].

۳-۳-۴- مرحله چهارم؛ تحلیل پیش‌بینی و ارزیابی آسایش حرارتی

در این مرحله تحلیل‌های پیش‌بینی به منظور تکمیل ارزیابی‌ها و درک جامع‌تری از عملکرد انتقال‌دهنده‌ها انجام گردیده است. علاوه بر شاخص‌های نوری مانند ASE, SDA, DA, UDI و شاخص‌های آسایش حرارتی نیز در مدل گنجانده شده‌اند تا اثرات حرارتی پوسته بر فضای داخلی و تراس مورد تحلیل قرار گیرد. این بخش به تصمیم‌گیری نهایی در خصوص مطلوبیت عملکرد ابزارهای انتقال‌دهنده‌های نور روز از منظر نور روز و انرژی کمک می‌نماید.



شکل ۳-۷ نمودار کلی پژوهش منبع: نگارنده

۳-۳-۴-۱- شاخص‌های ارزیابی نور، آسایش حرارتی

در این پژوهش به منظور تحلیل دقیق عملکرد نوری، مصرف انرژی و آسایش حرارتی فضا در سناریوهای مختلف طراحی پوسته متحرک، مجموعه‌ای از شاخص‌های استاندارد بین‌المللی مورد استفاده قرار گرفته است. این شاخص‌ها در سه دسته اصلی طبقه‌بندی می‌شوند: شاخص‌های مرتبط با نور روز، شاخص‌های عملکرد انرژی و شاخص‌های مرتبط با آسایش حرارتی که در مرحله پیش‌بینی^{۲۸} وارد تحلیل شده‌اند.

^{۲۶} Radiation Callalily

^{۲۷} Therm

^{۲۸} Prediction

شاخص‌های ارزیابی کمی کیفیت روشنایی طبیعی و خیرگی

- Udi: درصد زمان‌هایی که شدت نور دریافتی در بازه مطلوب (۳۰۰ الی ۱۰۰۰ لوکس) قرار دارد.
- DA: درصد ساعات کاری که نور طبیعی به‌تنهایی نیاز روشنایی فضا را تأمین می‌کند.
- Sda: درصدی مساحتی از فضا که در سال که نوری بیشتر از ۱۰۰۰ لوکس برای ۲۵۰ ساعت در سال تابش مستقیم دریافت می‌کند و ممکن است دچار خیرگی یا افزایش بار حرارتی شود.

۳-۴- جمع‌بندی فصل سوم

در این فصل ساختار روش‌شناختی پژوهش با تأکید بر ماهیت کاربردی و کمی آن مورد تبیین قرار گرفت. به‌منظور دستیابی به اهداف اصلی پژوهش که شامل بهینه‌سازی نور طبیعی و کنترل شرایط محیطی در تراس‌های سبز آپارتمانی در اقلیم گرم و خشک است، رویکردی سه‌مرحله‌ای اتخاذ شد.

در مرحله اول، فرآیند جمع‌آوری داده‌های میدانی در یک واحد مسکونی نمونه در شهر قم تشریح شد. شدت نور در چهار موقعیت فضایی و در سه بازه زمانی روزانه طی بازه‌ای هفت‌ماهه ثبت گردید. این داده‌ها با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پایتون و کتابخانه‌های Matplotlib, Numpy, Pandas پیش‌پردازش، ساختاردهی و تحلیل شدند تا روند تغییرات نوری در تطابق با شاخص‌های استاندارد ارزیابی شود.

در مرحله دوم، شبیه‌سازی دیجیتال باهدف بازآفرینی شرایط واقعی و آزمون گزینه‌های طراحی در محیط نرم‌افزار Rhinoceros و افزونه‌های Grasshopper, Ladybug, Honeybee انجام گرفت. این ابزارها امکان تحلیل دقیق تابش، روشنایی، انرژی و طراحی پویا برای انتقال‌دهنده‌های نور را در اختیار قرار دادند.

مرحله سوم پژوهش به تحلیل پیش‌بینی اختصاص یافت که در آن، ترکیب نور و دما به‌عنوان عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی و آسایش بصری مورد ارزیابی قرار گرفت. در این بخش، بر اساس محدوده‌های بهینه دمایی (۱۸ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد) و نوری (۳۰۰ تا ۱۰۰۰ لوکس)، شرایط آسایش زیستی برای گیاهان و کیفیت ادراک بصری محیط تحلیل گردید.

همچنین با توجه به اقلیم گرم و خشک منطقه، موقعیت تراس نمونه با جهت‌گیری جنوب شرقی و تأثیر آن بر الگوی تابش خورشیدی تحلیل شد. روند طراحی انتقال‌دهنده‌ها

در پایان شاخص‌های ارزیابی از جمله UDI, DA, Sda, ASE معرفی شدند که در فصول بعد مبنای تحلیل تطبیقی میان داده‌های میدانی و شبیه‌سازی دیجیتال خواهند بود.

فصل سوم بدین ترتیب، زمینه‌ای منسجم برای تفسیر نتایج، ارزیابی گزینه‌های طراحی و استخراج الگوهای بهینه جهت استفاده در طراحی معماری اقلیمی را فراهم می‌سازد.

فصل چهارم: تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

فصل چهارم به تحلیل داده‌ها و تبیین یافته‌های حاصل از مراحل مختلف پژوهش اختصاص دارد و در راستای پاسخگویی به اهداف و سؤالات تحقیق، ساختاری سه‌مرحله‌ای را دنبال می‌کند. در این فصل، داده‌های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری‌های میدانی نتایج شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای و تحلیل‌های مبتنی بر مدل‌سازی پیش‌بینی‌کننده با یکدیگر تلفیق شده و به‌صورت نظام‌مند مورد بررسی قرار می‌گیرند. هدف اصلی این فصل ارزیابی عملکرد نوری و انرژی در واحدهای مسکونی منتخب با تأکید بر بهینه‌سازی نور روز و ارتقای منظر سبز داخلی در فضای تراس است.

در بخش نخست، داده‌های میدانی حاصل از اندازه‌گیری شدت نور طی یک بازه زمانی چندماهه در شرایط واقعی اقلیمی شهر قم، به‌عنوان نمونه‌ای از اقلیم گرم و خشک ارائه شده است. این داده‌ها با استفاده از دستگاه لوکس متر و بر اساس جدول‌بندی ساعتی در بازه‌های روزانه و فصلی گردآوری شده‌اند و تصویری دقیق از وضعیت نوری فضا را ارائه می‌دهد.

در بخش دوم، نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای با استفاده از نرم‌افزارهایی که در بخش قبلی معرفی شد گزارش و تحلیل می‌شود. در این مرحله سناریوهای مختلف انتقال‌دهنده‌های نوری مدل‌سازی شده‌اند و شاخص‌های تخصصی عملکرد نور روز و آسایش حرارتی نظیر UDI, SDA, ASE,... سازگار با اقلیم گرم و خشک به مدل‌های نوری و آسایش، سعی دارد تصویر جامع‌تری از عملکرد پوسته در شرایط واقعی سکونت ارائه دهد. تحلیل پیش‌بینی نه‌تنها بر اساس داده‌های شبیه‌سازی‌شده، بلکه باهدف سنجش هم‌زمان آسایش نوری و آسایش حرارتی برای ساکنین انجام شده است. این تحلیل چندبعدی، نقش کلیدی در انتخاب نهایی فرم بهینه انتقال‌دهنده‌ها و جانمایی آن‌ها ایفا می‌کند و تصمیم‌سازی مبتنی بر داده را در طراحی محیط مسکونی پایدار ممکن می‌سازد.

در نهایت یافته‌های این فصل با تکیه بر تطبیق داده‌های میدانی و نتایج شبیه‌سازی با واقعیت، به ارائه مبنای مستحکمی برای تدوین راهکارهای طراحی خواهد بود.

۲-۴ تحلیل داده‌های میدانی نور

در این بخش، داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میدانی شدت نور روز در تراس یک واحد مسکونی با جداره جنوب شرقی در شهر قم مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. این داده‌ها در بازه زمانی دی‌ماه ۱۴۰۳ الی تیرماه ۱۴۰۴ در سه نوبت مشخص (ساعت ۹:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۵:۰۰) و در چهار نقطه اندازه‌گیری بر اساس عمق و موقعیت متفاوت در فضا توسط دستگاه لوکس متر ثبت شده‌اند. هدف از این بخش، بررسی الگوی توزیع نور طبیعی در طول ماه‌های

مختلف سال و ارزیابی شدت تابش نور در ساعات مختلف روز است؛ به گونه‌ای که بتوان با استناد به این تحلیل‌ها، چالش‌ها و فرصت‌های نوری در استفاده از تراس به‌عنوان فضای سبز داخلی را شناسایی نمود. نتایج این تحلیل‌ها، چالش‌ها و فرصت‌های نوری در استفاده از تراس به‌عنوان فضای سبز داخلی را شناسایی نمود. نتایج این تحلیل به‌عنوان مبنایی برای طراحی شبیه‌سازی نور و آسایش حرارتی در مراحل بعدی پژوهش مورد استفاده قرار خواهند گرفت. در هر ماه نمودارهای جداگانه‌ای ترسیم شده است که تغییرات شدت نور را در نقاط مختلف فضا نمایش می‌دهند. تحلیل این نمودارها به درک دقیق‌تری از رفتار تابش نور خورشید در جبهه جنوب شرقی کمک خواهد کرد و زمینه‌ساز انتخاب مؤثرترین راهکار برای کنترل نور، کاهش خیرگی و ارتقای شرایط نوری مورد نیاز برای فضای مسکونی خواهد بود.

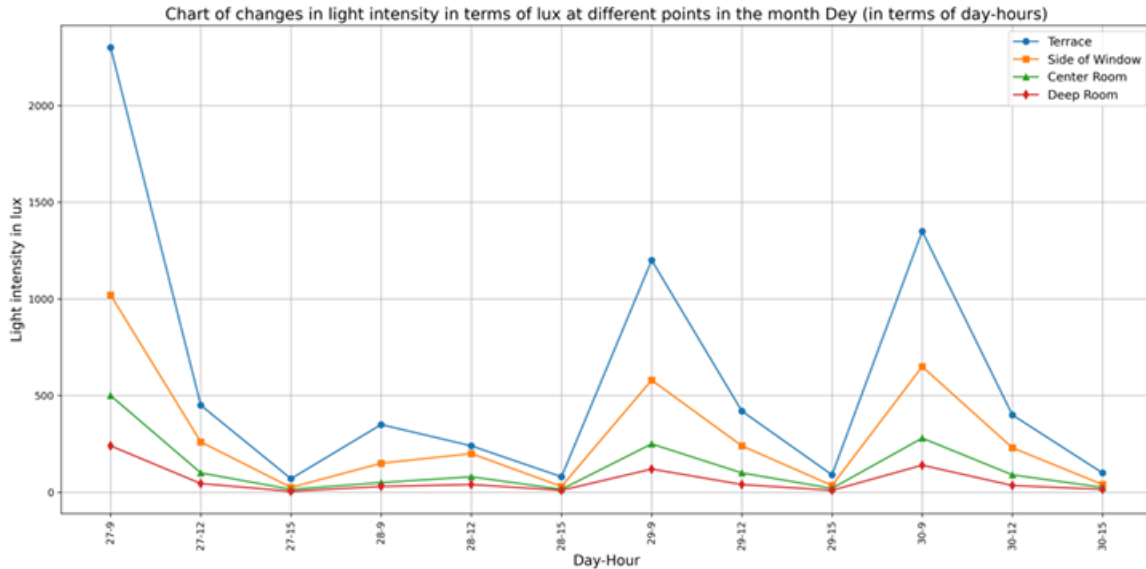
فرایند تحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارهای خطی مربوط به هر ماه با استفاده از زبان نویسی Python و بهره‌گیری از کتابخانه‌های Matplotlib, Numpy, Pandas انجام شده است. در گام نخست، داده‌ها پیش‌پردازش شدند و با تبدیل مقادیر متنی به عددی، ساختاری یکپارچه برای دسته‌بندی زمانی و مکانی فراهم شد. به‌منظور بررسی دقیق‌تر توزیع نور، یک ستون ترکیبی شامل ماه و ساعت برداشت شد تا تحلیل‌ها به‌صورت تفکیکی برای هر بازه زمانی و مکانی امکان‌پذیر باشد.

هدف از تحلیل این داده‌ها، ارزیابی شدت نور در فضاها، نیمه‌باز آپارتمانی با تمرکز بر آتریوم‌ها است. در این راستا، مقادیر شدت نور ثبت شده با محدوده مطلوب نور برای کیفیت منظر داخلی (۳۰۰ تا ۱۰۰۰ لوکس) مقایسه شده‌اند. تحلیل‌ها نشان می‌دهند که در برخی ساعات از روز مخصوصاً اوایل صبح به دلیل جهت‌گیری جنوب شرقی و به‌ویژه در فصل‌های گرم‌تر مقادیر نور فراتر از حد مطلوب قرار دارند و نیاز به کنترل یا فیلتر نوری از طریق پوسته‌های متحرک یا سایه‌بان است.

۴-۲-۱- تحلیل داده‌های نور طبیعی دی‌ماه

در دی‌ماه، داده‌ها نشان می‌دهند که شدت نور در تراس جنوبی به طور متوسط حدود ۹۰۰ الی ۱۲۰۰ لوکس در ساعت ۹ صبح است و همچنین مقدار آن ۲۳۰۰ لوکس است، اما در ساعات ۱۲ و ۱۵ به کمتر از ۵۰۰ بعضاً ۱۰۰ لوکس کاهش پیدا می‌کند. این کاهش شدید نشان‌دهنده زاویه پایین خورشید در زمستان است که باعث ورود مؤثر نور در ساعات اولیه روز می‌شود، ولی در ظهر و بعدازظهر به دلیل موقعیت خورشید و احتمال سایه‌اندازی بدنه تراس یا عناصر اطراف، نفوذ نور کاهش می‌یابد. نفوذ نور به نقاط داخلی به‌ویژه نقطه ۴ (عمق اتاق) به شدت محدود است؛ میانگین کمتر از ۱۰۰ لوکس در اکثر ساعت‌ها. این وضعیت نشان می‌دهد که در فصول سرد، بهره‌گیری از نور طبیعی تنها در بازه زمانی کوتاه و در مجاورت پنجره میسر است. (شکل

(۴-۱)



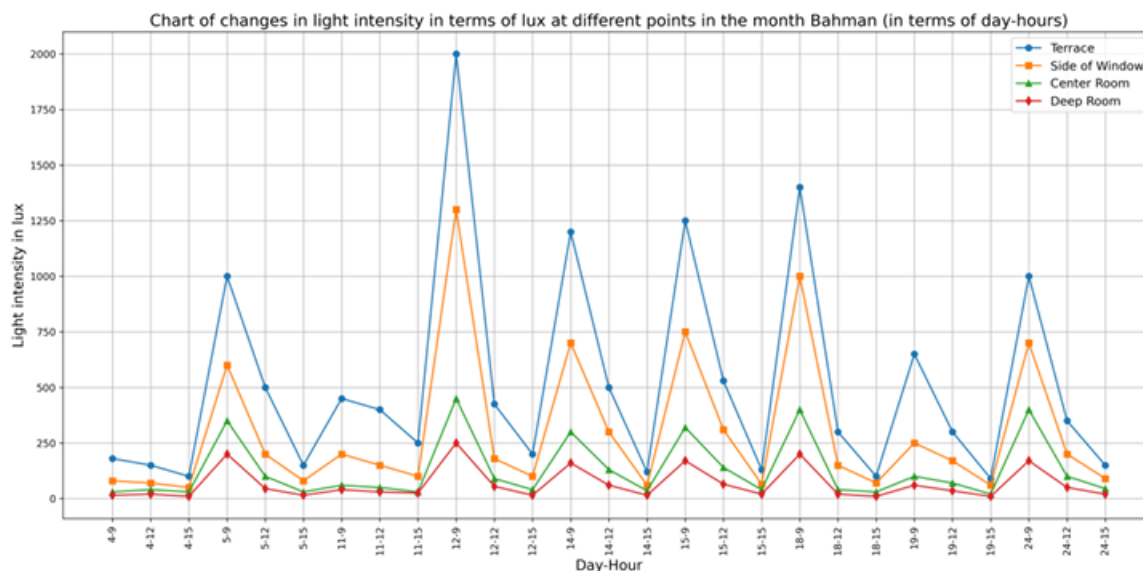
شکل ۴-۱ نمودار دریافتی دی ماه در تراس و اتاق مجاور آن؛ منبع: نگارنده

در دی ماه، به دلیل پایین بودن ارتفاع خورشید، زاویه تابش به گونه ای است که نور بیشتری در ساعات اولیه (صبح) وارد تراس می شود. مقادیر ثبت شده در تراس در این ساعت بین ۳۵۰ (روز ابری) تا ۲۳۰۰ لوکس هستند که بالاتر از محدوده مطلوب ۱۰۰۰-۳۰۰ لوکس (هدف بهینه سازی پژوهش) است و در صورت عدم کنترل، می تواند موجب خیرگی یا اتلاف انرژی شود. در ساعات ۱۲ و ۱۵، شدت نور به زیر ۴۵۰ لوکس کاهش می یابد و از آستانه مطلوب پایین تر می رود؛ به ویژه در نقاط داخلی که شدت نور کمتر از ۱۰۰ لوکس است.

جمع بندی: در ساعات اولیه صبح (ساعت ۹) تا ساعت ۱۲ نیاز به کنترل نور می باشد سپس بعد از آن به مرور از شدت نور دریافتی تراس و فضای مجاور آن کاسته می شود.

۴-۲-۲ تحلیل داده های نور طبیعی بهمن ماه

در بهمن ماه، روند مشابهی با دی ماه مشاهده می شود، اما با اندکی بهبود در شدت نور زاویه خورشید هنوز پایین است، اما افزایش تدریجی طول روز باعث می شود تابش در ساعت ۹ صبح قوی تر باشد. داده ها نشان می دهند که در تراس شدت نور به ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس می رسد و در فضای داخلی نیز افزایش نسبی دیده می شود که در ساعات اولیه صبح تا هنگام ظهر نیاز به کنترل نور است. با این حال، کاهش شدت نور از نقطه ۱ به نقطه ۴ همچنان ادامه دارد و نشان دهنده آن است که عمق فضای اتاق نور کمی دریافت می کند و نیازمند راهکارهایی برای جبران این کمبود است. (شکل ۴-۲)



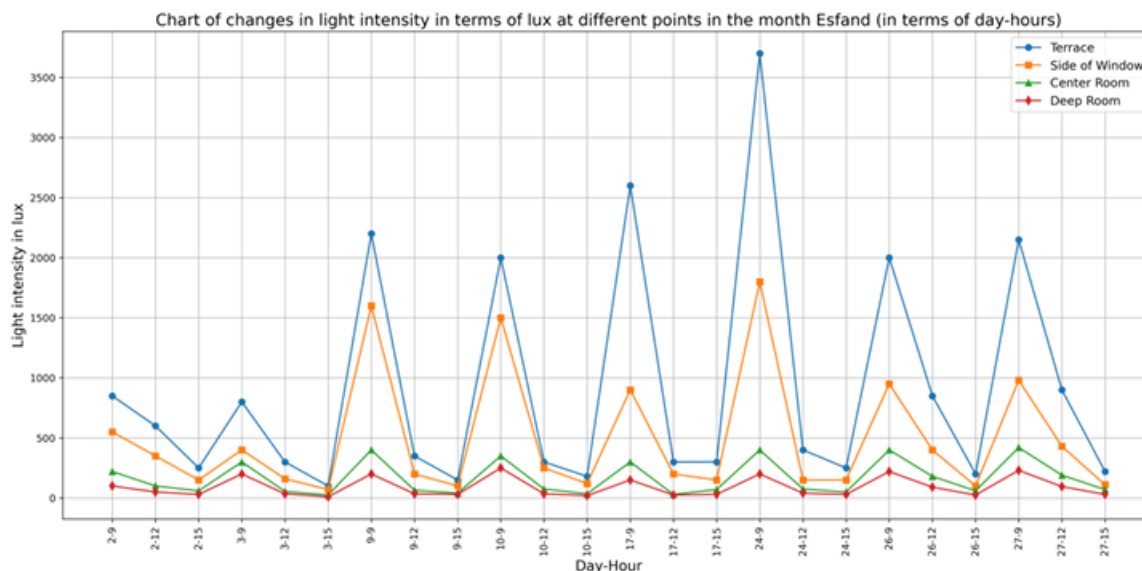
شکل ۴-۲ نمودار دریافتی بهمن ماه در تراس و اتاق مجاور آن؛ منبع: نگارنده

در بهمن، وضعیت نوری بهبود نسبی داشته؛ ولی همچنان ویژگی اصلی آن همان الگوی دی ماه است؛ نور قابل قبول در ساعت ۹ (مقدارهایی بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس) و افت شدید در ظهر و عصر. در نقطه (کنار پنجره)، داده‌های نزدیک به آستانه مطلوب هستند، اما در نقاط ۳ و ۴ همچنان از حداقل نور مناسب برای منظر داخلی و رشد گیاه پایین‌ترند.

جمع‌بندی: در ساعات ۹ تا ۱۱ نیاز به کنترل نور و سیستم سایه‌اندازی یا فیلتر نوری است و از طرفی عمق فضای اتاق نوری کمتر از حد مطلوب دریافت می‌کند که نیازمند راهکارهای مکمل جهت تأمین نور داخلی است.

۴-۲-۳- تحلیل داده‌های نور طبیعی اسفندماه

اسفندماه آغاز تقویت محسوس تابش خورشیدی است. با افزایش ارتفاع خورشید و کم‌شدن زاویه تابش مایل، نور در تراس به بیش از ۳۷۰۰ لوکس در برخی روزهای می‌رسد. داده‌ها نشان می‌دهند که در ساعات ۹ صبح و حتی ۱۲ ظهر، شدت نور در نقاط داخلی به‌ویژه نقطه ۲ و ۳ افزایش یافته و به حدود ۳۵۰ تا ۵۰۰ لوکس می‌رسد. این مقدار برای فعالیت‌های روزمره کافی است. باین‌حال در عمق اتاق همچنان شدت نور در سطحی پایین و کمتر از ۱۰۰ لوکس باقی‌مانده که نشان‌دهنده چالش همیشگی نفوذ نور به عمق فضا است. (شکل ۴-۳)



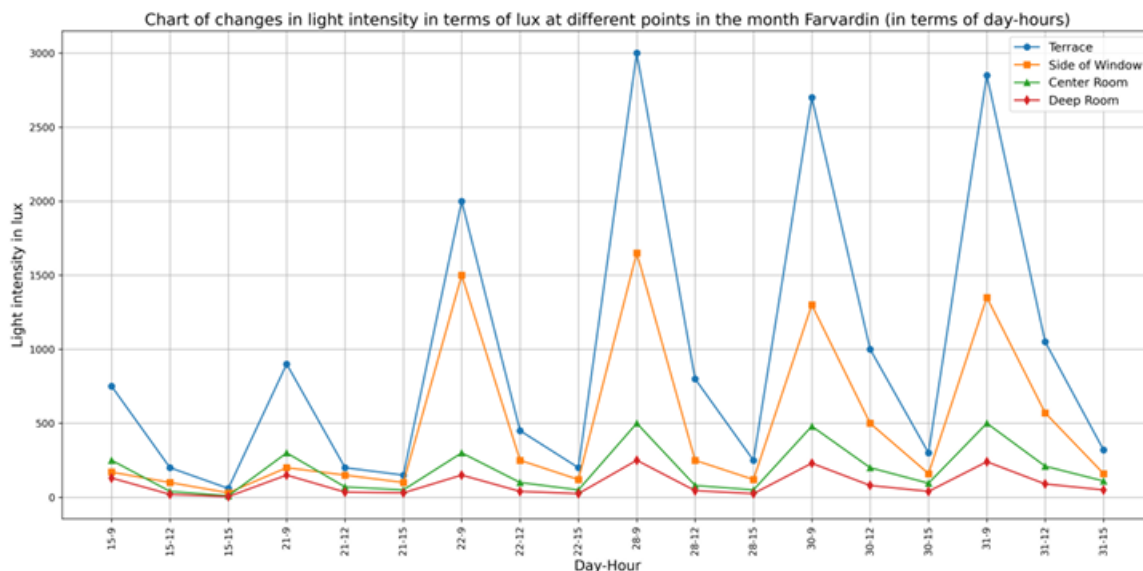
شکل ۴-۳ نمودار دریافتی اسفند ماه در تراس و اتاق مجاور آن؛ منبع: نگارنده

در اسفند، نور طبیعی به محدوده بهینه نزدیک می‌شود. در ساعت ۹، شدت نور در تراس ۱۸۰۰-۲۵۰۰ لوکس است و بیشترین مقدار آن تا ۳۷۰۰ نیز ثبت شده است، در ساعت ۱۲، برخی نقاط مانند نقطه ۲ و ۳ بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ لوکس‌اند که در محدوده مطلوب قرار دارند. در نقطه ۴ هنوز نور کمتر از ۱۰۰ لوکس است.

جمع‌بندی: نیاز به کاهش نور از طریق سایه‌بان یا فیلتر نور در ساعات اولیه صبح تا ظهر دارد ساعت ۱۲ شرایط مطلوب و قابل قبول است و همچنان عمق فضا نور کمی دریافت می‌کند و نیاز به تقویت نور داخلی دارد.

۴-۲-۴ تحلیل داده‌های نور طبیعی فروردین‌ماه

در فروردین‌ماه شرایط نوری متفاوت است و شدت نور افزایش پیدا کرده است. داده‌ها حاکی از آن هستند که نور در تراس به مقادیری بین ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ لوکس در ساعت ۹ صبح و ۱۲ ظهر می‌رسد و حتی در ساعت ۱۵ نیز شدت قابل قبولی حفظ می‌شود. به دلیل وضعیت خورشید در اعتدال بهاری، زاویه تابش مناسب بوده و نور می‌تواند تا حدودی به نقاط مرکزی فضا نیز نفوذ کند؛ اما مقدار و شدت این نور خارج از محدوده ۳۰۰ الی ۱۰۰۰ لوکس است. مقادیر در نقطه ۲ به بیش از ۷۰۰ لوکس و در نقطه ۳ به بیش از ۴۰۰ لوکس نیز می‌رسد. باین‌حال، در عمق فضا (نقطه ۴) همچنان ضعف نسبی وجود دارد که لزوم استفاده از راهکارهای انتقال یا تقویت نور را در این ماه نیز یادآور می‌شود (شکل ۴-۴)

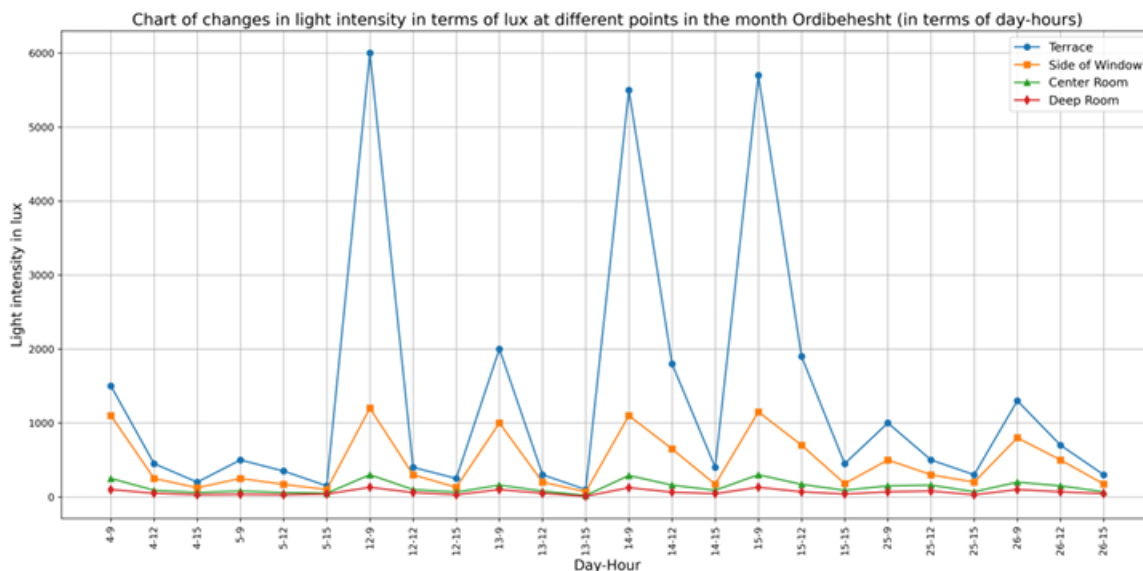


شکل ۴-۴ نمودار دریافتی فروردین ماه در تراس و اتاق مجاور آن؛ منبع: نگارنده

فروردین با بهبود زاویه خورشید، شرایط نوردهی نسبتاً متعادلی دارد. تراس در ساعت ۹ با مقادیر بین ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ لوکس، فراتر از محدوده مطلوب قرار دارد. اما در نقاط داخلی، شدت نور در اکثر ساعت‌ها در محدوده ۳۰۰ تا ۹۰۰ لوکس قرار می‌گیرد که برای آسایش بصری ساکنین مناسب است. جمع‌بندی: نیاز به کنترل نور در ساعات ۹ تا ۱۲ همچون ماه‌های گذشته، اما نسبت به ماه‌های قبل عمق اتاق نور بیشتری دریافت می‌کند.

۴-۲-۵- تحلیل داده‌های نور طبیعی اردیبهشت‌ماه

اردیبهشت‌ماه پرنورترین ماه دوره اندازه‌گیری است. داده‌ها حاکی از آن است که شدت نور در تراس در ساعت ۹ صبح به بیش از ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ لوکس می‌رسد که در واقع بیشترین مقدار در تمام ماه‌هاست. این میزان تابش در اقلیم گرم و خشک قم بسیار رایج است و نشان‌دهنده آن است که باید از تمهیدات کنترل نور (نظیر پوسته‌های متحرک یا سایه‌بان) استفاده شود تا از خیرگی و گرم‌شدن بیش از حد فضای تراس و داخلی جلوگیری شود. نقطه ۲ در فضای داخلی نیز شدت نوری بیش از ۱۱۰۰ لوکس دارد که برای رشد گیاهان سایه‌دوست یا فعالیت‌های دیداری بسیار مناسب نیست و منجر به ایجاد خیرگی در فضای اتاق نیز می‌گردد. البته در نقطه ۴ همچنان مقادیر به زیر ۱۵۰ لوکس محدود می‌شوند که نشان‌دهنده کاستی در نفوذ مؤثر نور طبیعی به عمق فضا است. (شکل ۴-۵)



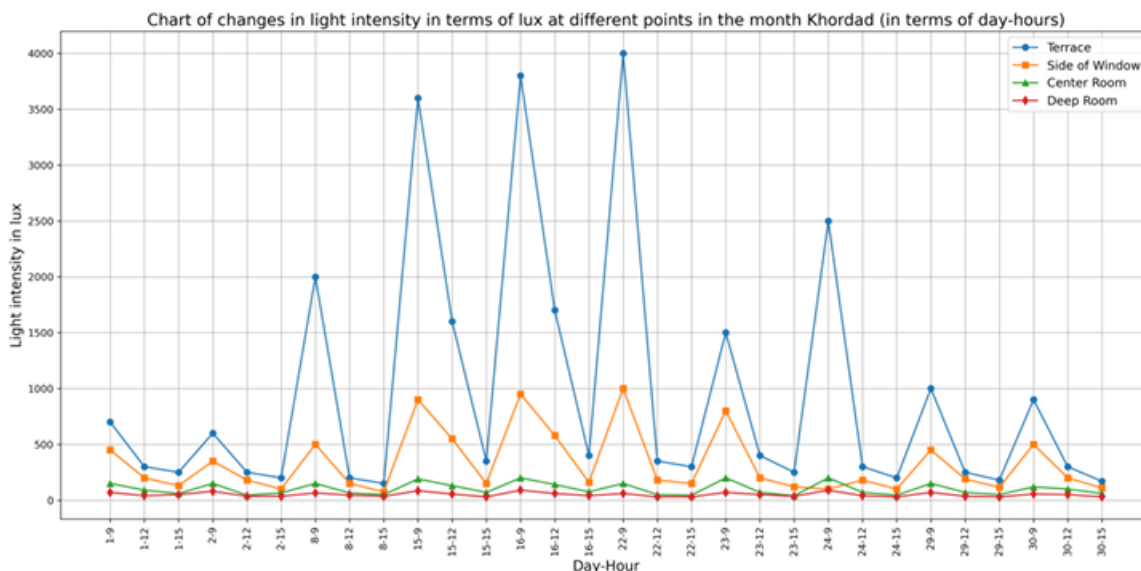
شکل ۴-۵ نمودار دریافتی اردیبهشت ماه در تراس و اتاق مجاور آن؛ منبع: نگارنده

اردیبهشت درخشان‌ترین ماه است و شدت نور در تراس در ساعت ۹ تا ۶۰۰۰ لوکس می‌رسد که بسیار بالاتر از حد مطلوب است. در نقاط داخلی نیز به‌ویژه ۲ و ۳، شدت نور از ۱۰۰۰ لوکس عبور می‌کند و برای برخی کاربردهای بصری نیاز به کنترل دارد. در عمق فضا (نقطه ۴)، مقدار نور در مرز پایین محدوده بهینه قرار دارد.

جمع‌بندی: نسبت به سایر ماه‌ها شدت نور بیشتری در اردیبهشت دریافت می‌شود که نیاز بیشتری به کنترل نور و فیلتر آن دارد، حتی در این ماه در ساعت ۱۲ به بعد نیز نیاز به کنترل وجود دارد که این مورد در سایر ماه‌ها کمتر مورد نیاز بوده است.

۴-۲-۶ تحلیل داده‌های نور طبیعی خردادماه

در خردادماه نیز همچنان شدت نور بالا باقی‌مانده است، اما در مقایسه با اردیبهشت اندکی کاهش مشاهده می‌شود. مقدار تابش در تراس در ساعت ۹ صبح به حدود ۳۵۰۰ تا ۴۰۰۰ لوکس می‌رسد که همچنان بیش از نیاز انسانی است. تفاوت این ماه با اردیبهشت در آن است که خورشید به سمت اوج ارتفاعی خود در آسمان نزدیک می‌شود و تابش به‌صورت عمودی‌تر رخ می‌دهد. این مسئله ممکن است باعث کاهش نفوذ نور در عمق فضا به‌ویژه نقاط ۳ و ۴ شود. (شکل ۴-۶)



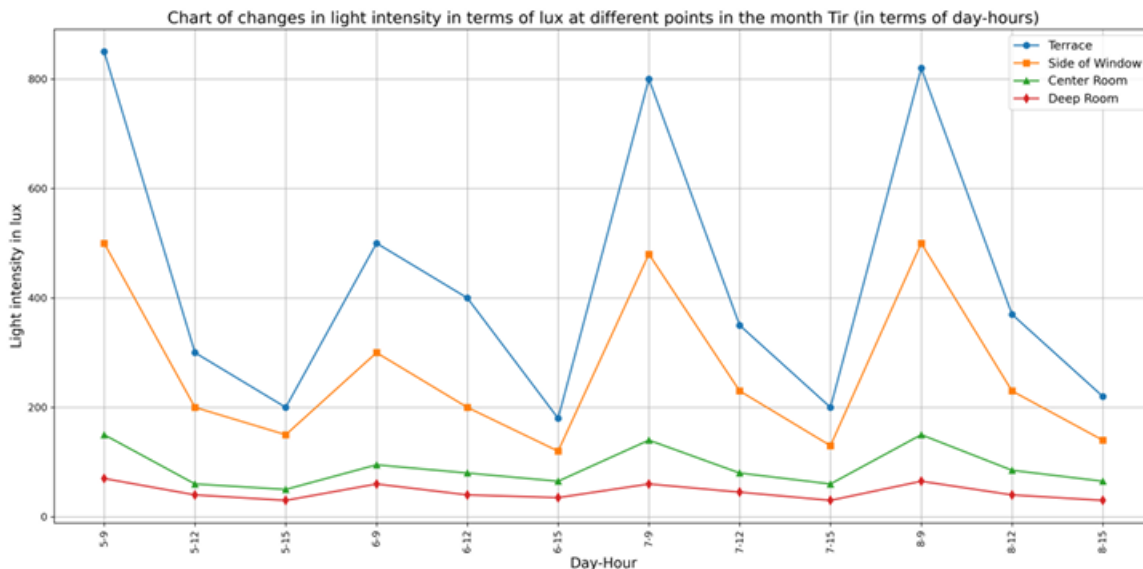
شکل ۴-۶ نمودار دریافتی خرداد ماه در تراس و اتاق مجاور آن؛ منبع: نگارنده

خرداد همچنان دارای نور زیاد در ساعت ۹ (حدود ۳۵۰۰ تا ۴۰۰۰ لوکس) است. اما به دلیل افزایش زاویه ارتفاعی خورشید، نور در ظهر و عصر کاهش یافته و در نقاط داخلی به ویژه مرکز و عمق فضا به کمتر از ۳۰۰ لوکس رسیده است. در واقع، نور به دلیل تابش عمودی کمتر به داخل نفوذ کرده است.

جمع بندی: همانند سایر ماه ها نیاز به کنترل و فیلتر نور در ساعات صبح تا ظهر است.

۴-۲-۷- تحلیل داده های نور طبیعی تیرماه

تیرماه علی رغم اینکه در اوج تابش سالانه خورشید قرار دارد و انقلاب تابستانی در این ماه است، داده ها کاهش محسوسی در شدت نور ثبت شده را نشان می دهند. حداکثر مقدار ثبت شده در تراس در حدود ۸۰۰ تا ۸۵۰ لوکس است که به وضوح کمتر از مقادیر ثبت شده در اردیبهشت و خرداد است. این مسئله ناشی از زاویه تابش عمودی خورشید در این فصل است؛ به گونه ای که پرتوهای خورشید به سقف یا سایه انداز بالایی برخورد کرده و وارد تراس نمی شوند. همچنین حضور گردوغبارهای تابستانی یا طراحی کالبدی (لبه ها، جان پناه ها، پیش آمدگی طبقه بالا) نیز می تواند باعث سایه اندازی گسترده شود. این وضعیت نشان می دهد که در اقلیم گرم و خشک، در فصول تابستان حتی با تابش شدید، ممکن است فضای تراس به ناحیه ای سایه دار تبدیل شود. (شکل ۴-۷)



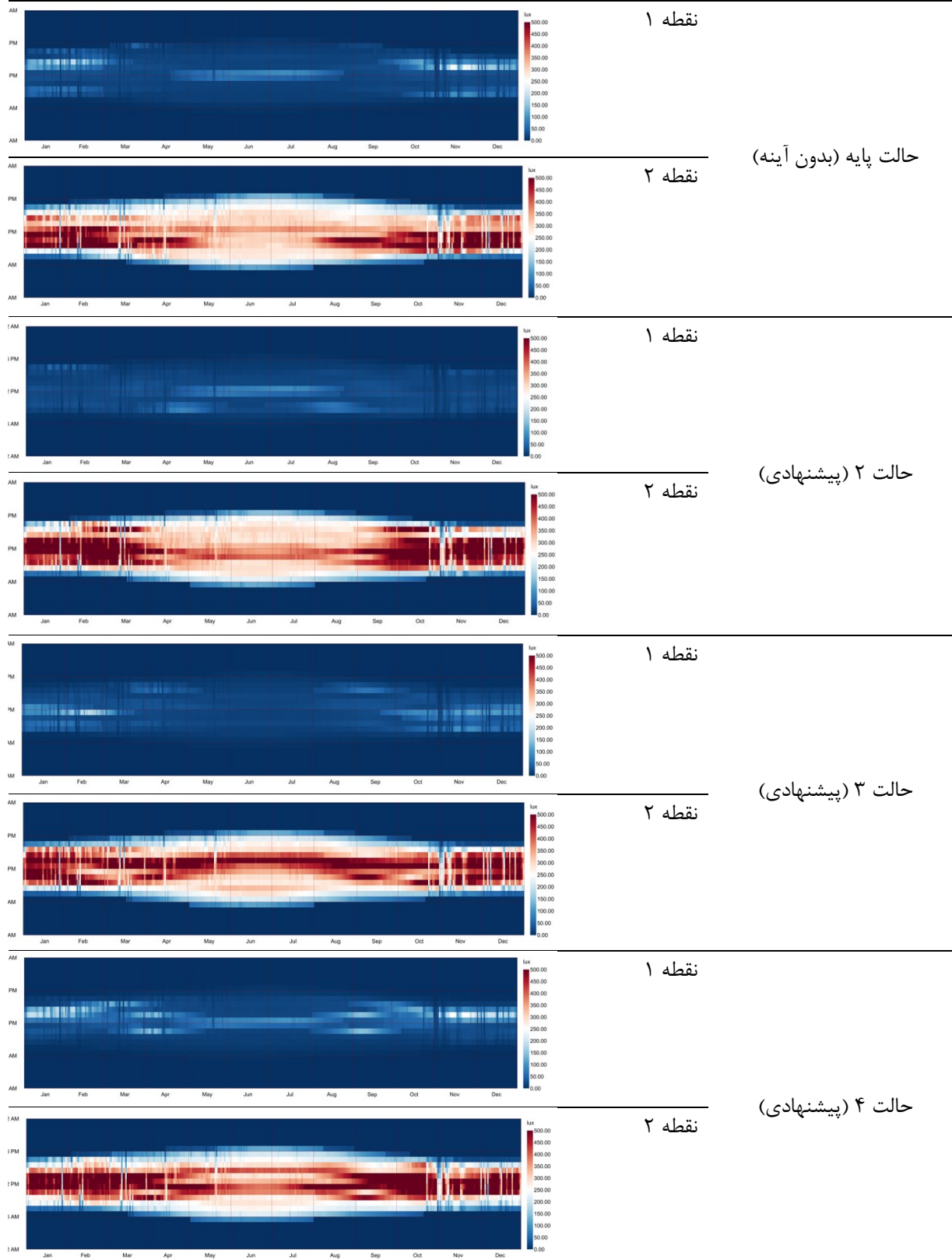
شکل ۴-۷ نمودار دریافتی تیر ماه در تراس و اتاق مجاور آن؛ منبع: نگارنده

با اینکه تیرماه در اوج تابش سالانه خورشیدی قرار دارد. داده‌های نشان‌دهنده افت محسوسی در شدت نور هستند. مقدار نور در تراس در ساعت ۹ به حدود ۸۵۰ لوکس می‌رسد که تنها بازه‌ای است که در محدوده تعریف شده (۳۰۰-۱۰۰۰) قرار دارد. در ۱۲ و ۱۵ نیز نور بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ لوکس باقی می‌ماند. دلیل این موضوع، جهت‌گیری جنوب شرقی تراس و همچنین زاویه کاملاً عمودی خورشید در ظهر تابستان است که باعث سایه‌اندازی شدید سقف یا جان‌پناه بالایی شده و از ورود مستقیم نور جلوگیری کرده است. جمع‌بندی: نیاز به کنترل و فیلتر نور در تیرماه وجود ندارد با این حال عمق فضا نور بسیار کمی دریافت می‌کند که نیازمند راهکارهای مکمل جهت تأمین نور داخلی فضا است.

۳-۴ تحلیل داده‌های نور روز

۴-۴-۱-نمونه موردی اول

در این پژوهش به بررسی وضعیت میزان نور دریافتی در آتریوم پس از استفاده از راهکارهای افزایش میزان نور از طریق مدل‌سازی در نرم‌افزار راینو و افزونه گرسپر و شبیه‌سازی آن در افزونه هانی بی - لیدی باگ پرداخته شده است. بر همین اساس نتایج در چهار وضعیت گزارش شده است که در حالت اول فضای آتریوم همانند روش‌های سنتی صرفاً از طریق پنجره‌های متصل به فضا نور دریافت می‌کنند که این امر منجر به کاهش میزان نور دریافتی در طبقات ابتدایی در ساختمان‌های بلندمرتبه خصوصاً در سه طبقه ابتدایی شود. در مدل‌های پیشنهادی سه آینه در سه نقطه مختلف قرار گرفتند تا تأثیر آن بر افزایش میزان نور دریافتی در فضا مورد ارزیابی قرار بگیرد. نتایج زیر برای طبقه سوم روی پیلوت در نظر گرفته شده است شکل ۴-۸



شکل ۴-۸ نتایج شبیه سازی سالانه نور روز (ساعتی) در نمونه موردی اول

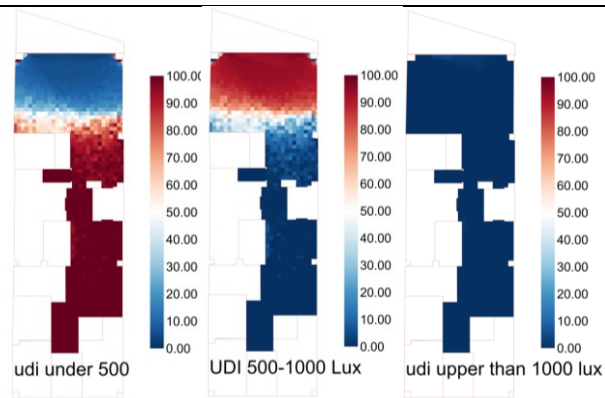
در حالت نخست که فضای متصل به آتریوم صرفاً از طریق پنجره همانند روش‌های مرسوم نور می‌گیرد راهرو (نقطه ۱) نور کافی دریافت نمی‌کند و فضا تاریک است، همچنین نقطه نزدیک به پنجره جنوبی (نقطه ۲) در ماه‌های آذر و دی ماه نور کافی دریافت نمی‌کنند و بایستی از نور مصنوعی در فضا بهره گرفت تا این امر بتواند میزان نور فضا را بهبود ببخشد. این مطلب در مواقعی بیشتر بروز پیدا می‌کند که تعداد طبقات ساختمان بیشتر باشد و به دنبال آن ارتفاع آتریوم بیشتر باشد در نتیجه نور طبیعی بایستی بتواند عمق بیشتری نفوذ پیدا کند تا بتواند نور کافی را به طبقات ابتدایی برساند که این امر عملاً در روش‌های مرسوم و متداول عملاً تأثیر بالایی ندارد و فضا همچنان تاریک است و این روزه‌ها بیشتر در بحث تهویه مؤثر هستند.

در حالت دوم یک آینه در طبقه انتهایی قرار گرفته است و دو آینه با زاویه ۴۵ درجه در گوشه‌های روبرویی آن در طبقات سوم و پنجم روی پیلوت قرار گرفته‌اند. در این حالت باتوجه به اینکه اولین آینه در بالای پنجره قرار گرفته است و دو آینه دیگر به صورت مایل در روبروی پنجره تأثیر این امر درصد بالایی را به دنبال نداشت در نتیجه در حالت سوم جانمایی آینه‌ها به صورت قرینه جابه‌جا شد تا تأثیر آن مورد ارزیابی قرار بگیرد.

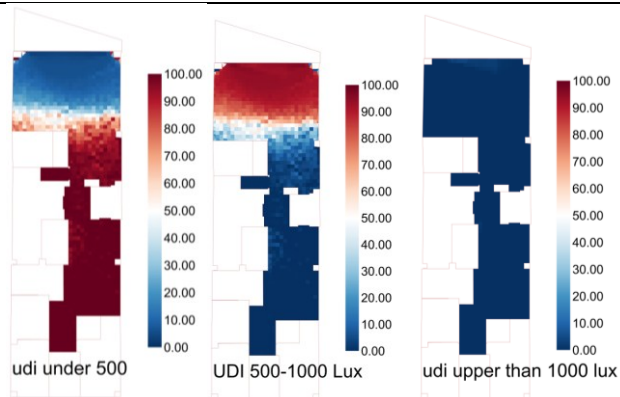
در حالت سوم میزان نور دریافتی نسبت به دو حالت قبلی بهبود پیدا کرد و افزایش یافت. این امر در سه ماه زمستان سال بیشتر قابل مشاهده است. در حالت چهارم آینه‌ای که در طبقه سوم بود به طبقه چهارم انتقال پیدا کرد. تفاوت این حالت در نقطه‌ای که نزدیک آتریوم و راهرو هست بیشتر قابل مشاهده است فلذا این حالت این می‌تواند به عنوان بهینه‌ترین حالت در این پژوهش و در این ساختمان مورد استفاده قرار بگیرد.

به منظور بررسی جامع‌تر و کامل‌تر این امر نتایج به صورت متوسط سالانه نیز مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت که در شکل ۴-۹ قابل مشاهده است.

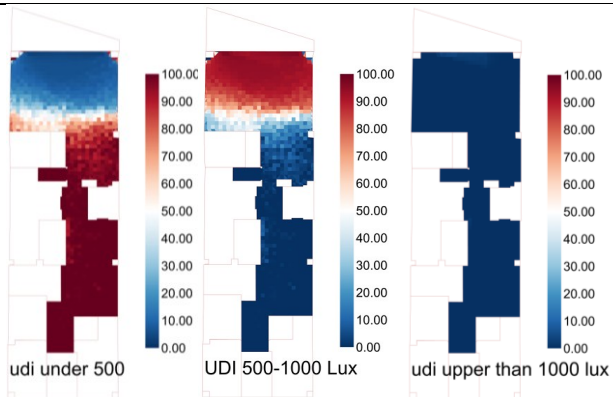
حالت پایه (بدون آینه)



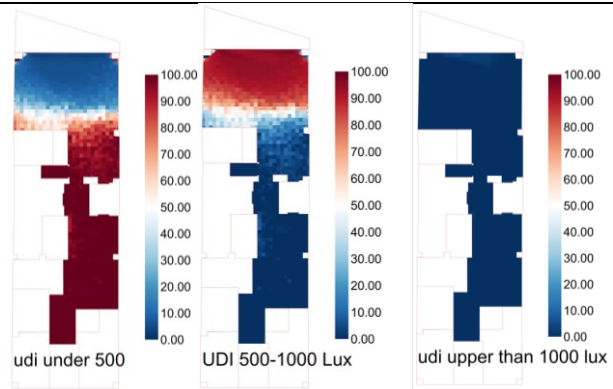
حالت ۲ پیشنهادی



حالت ۳ پیشنهادی



حالت ۴ پیشنهادی



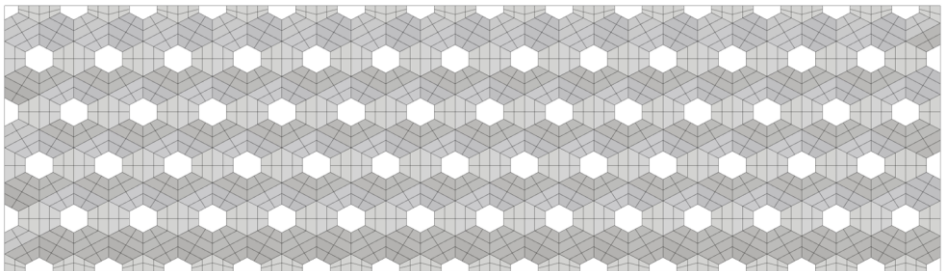
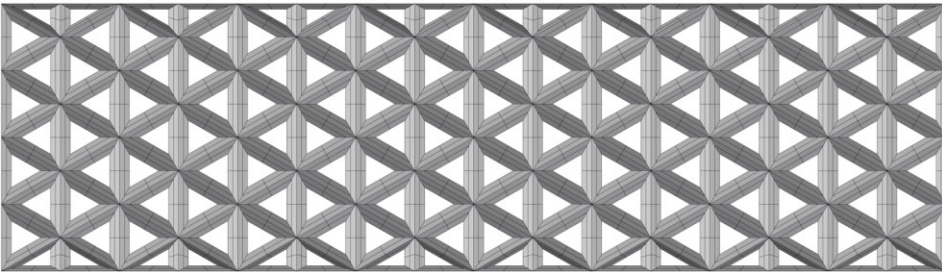
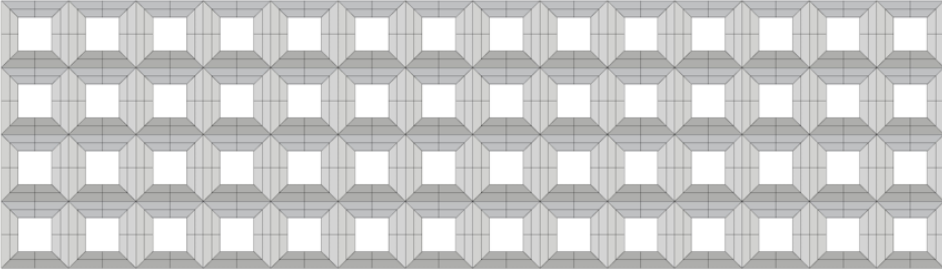
شکل ۴-۹ نتایج شبیه‌سازی سالانه نور روز مفید در نمونه موردی اول

جدول ۴-۱ نتایج کفایت نور روز و دریافت سالانه نور خورشید

حالات پیشنهادی	SDA	ASE
حالت پایه (بدون آینه)	۰.۰۸۰۹	۰
حالت ۲ پیشنهادی	۰.۰۸۰۵	۰
حالت ۳ پیشنهادی	۰.۰۷۸۲	۰
حالت ۴ پیشنهادی	۰.۰۷۸۶	۰

۴-۴-۲- نمونه موردی دوم

در این حالت یکی از اتاق‌های مسکونی یک واحد مسکونی در طبقه اول روی پارکینگ در نظر گرفته شد و در سه حالت پیشنهادی دیگر، سه سایه‌بان طراحی شد و در مقابل پنجره در نظر گرفته شد. الگوی هر سه طرح در شکل ۴-۱۰ نمایش داده شده است.

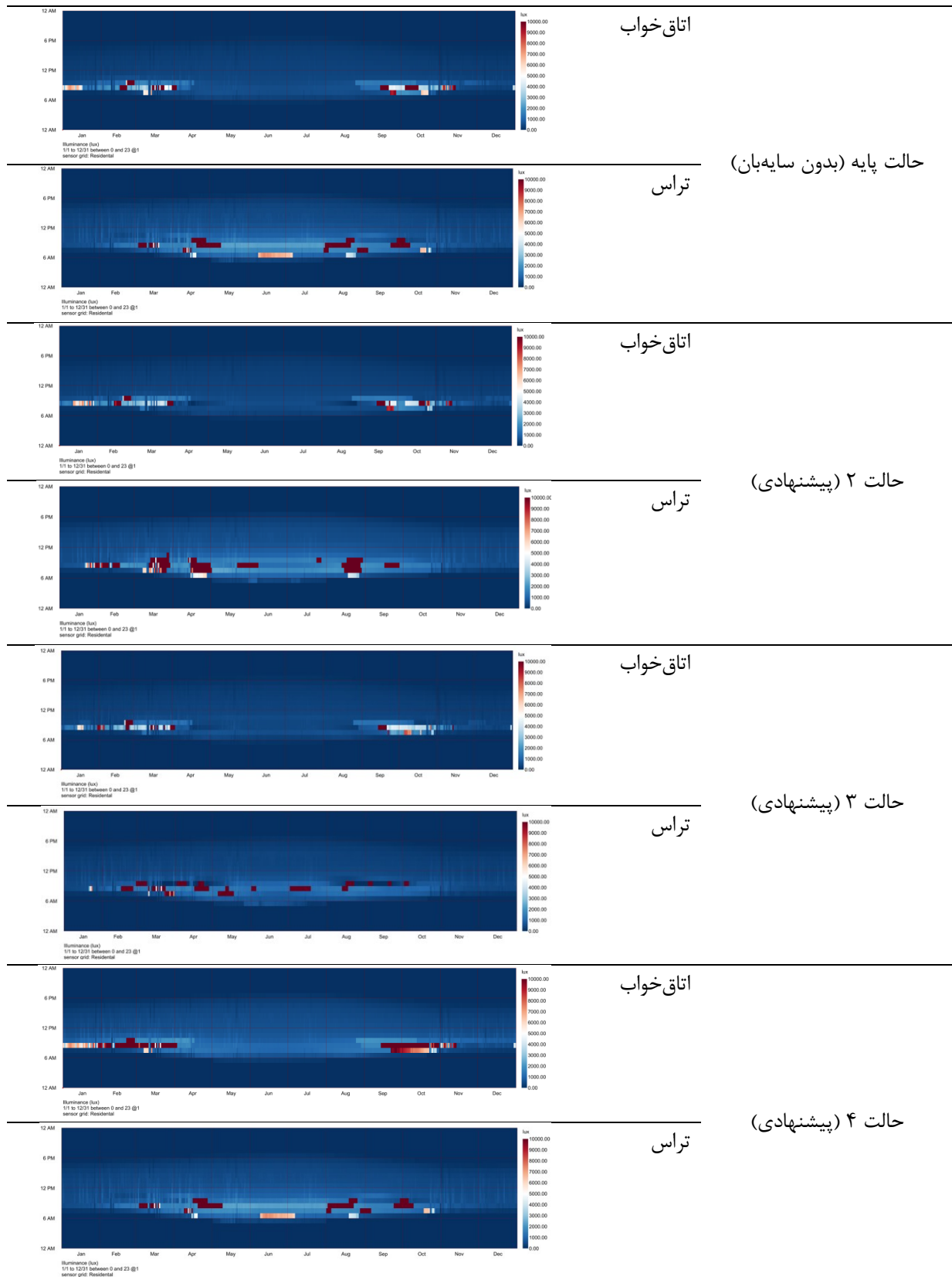
حالت پیشنهادی	الگوی سایه‌بان
حالت اول	
حالت دوم	
حالت سوم	

شکل ۴-۱۰ سایه بان های پیشنهادی برای نمونه موردی دوم

سپس شبیه‌سازی‌ها به صورت سالانه برای فضای تراس و اتاق خواب متصل به آن مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. در مدل اول با الگوی شش ضلعی میزان نور دریافتی نسبت به الگوی مثلثی و مربعی کمتر است. این در حالی است

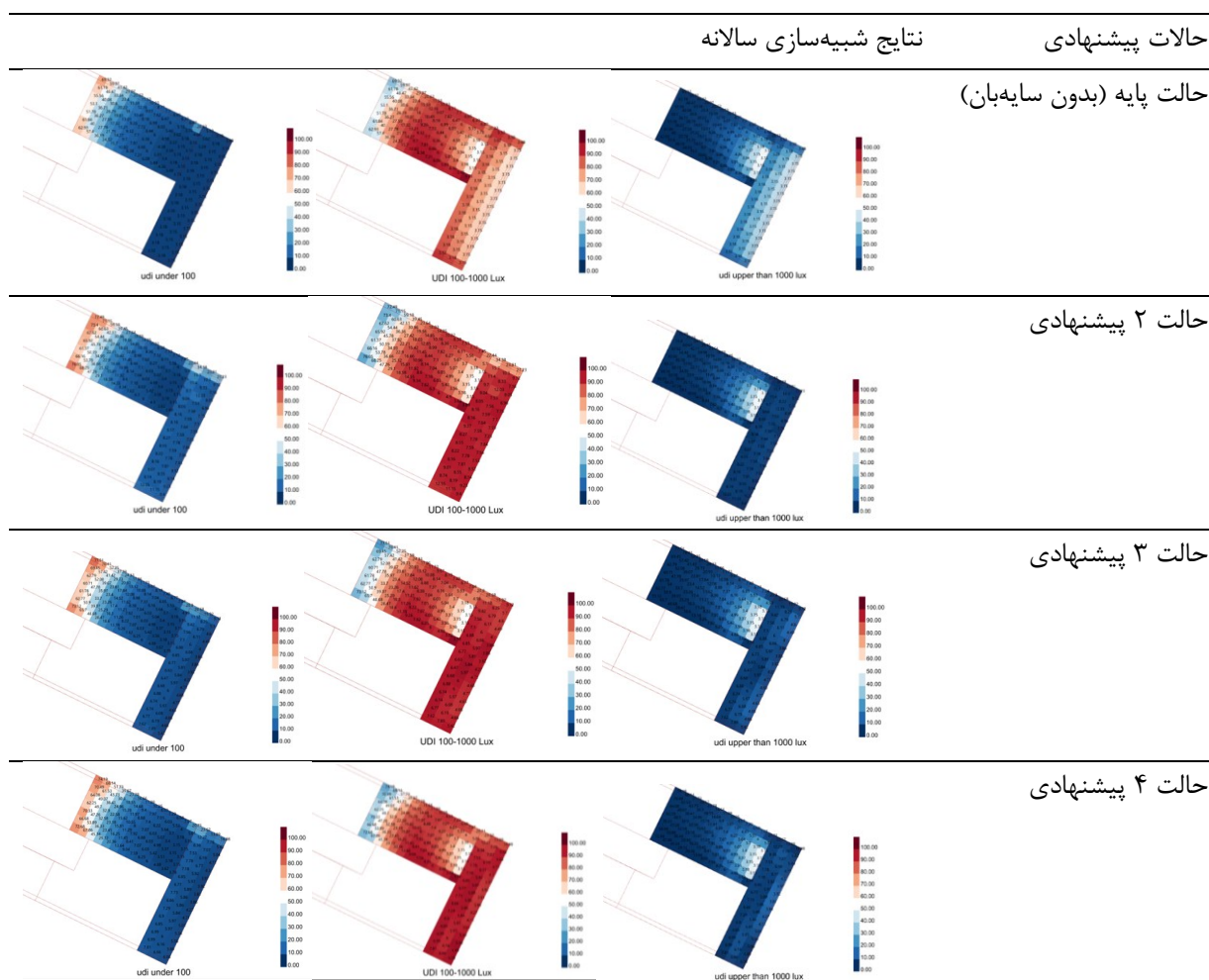
که بیشترین میزان نور دریافتی اتاق خواب مربوط به الگوی مثلثی است. در الگوی شش ضلعی در ماههای سرد سال خصوصاً دی و بهمن میزان نور دریافتی نسبت به مدل مثلثی بیشتر است؛ ولی هندسه مثلثی در ماههای اردیبهشت و خرداد و اسفند عملکرد بهتری دارد. هندسه مربعی در ماههای خرداد و تیر میزان نور بیشتری را دریافت می کند.

حالات پیشنهادی فضای موردنظر نتایج شبیه سازی سالانه



شکل ۴-۱۱ نتایج شبیه سازی سالانه نور روز (ساعتی) در نمونه موردی دوم

در حالت نخست فضای تراس و اتاق خواب بدون در نظر گرفتن سایه بان مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. در این حالت بخش عمده اوقات سال میزان نور دریافتی در بازه ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ لوکس قرار می‌گیرد و این امر احتمال بروز خیرگی را برای کاربر فراهم می‌آورد. در حالت دوم از سایه بان با الگوی شش ضلعی و بدون برجستگی استفاده است تا بتوان میزان خیرگی را کنترل کرد و همچنین طراحی آن ساده باشد. در حالت دوم که برگرفته از الگوی اول بود استفاده شد با این تفاوت که میزان حفره‌ها بیشتر شد و همچنین طرح هندسی بهتری حاصل شد. این الگو در مقایسه با الگوی شماره ۳ نتایج بهتری را در کنترل میزان نور دریافتی و کاهش خیرگی داشت.



شکل ۴-۱۲ نتایج شبیه‌سازی سالانه نور روز مفید در نمونه موردی دوم

جدول ۴-۲ نتایج کفایت نور روز و دریافت سالانه نور خورشید

حالات پیشنهادی	SDA	ASE
حالت پایه (بدون سایه بان)	۰.۴۹۴	۳۵.۱۶
تراس	۱	۱۰۰
حالت ۲ پیشنهادی	۰.۴۶۱	۳۵.۱۶
تراس	۰.۹۱۶	۱۸.۷۵
حالت ۳ پیشنهادی	۰.۴۶۱	۳۵.۱۶
تراس	۰.۴۵۸	۰
حالت ۴ پیشنهادی	۰.۴۶۱	۳۵.۱۶
تراس	۰.۸۹۵	۱۶.۶۷

۴-۴ تحلیل داده‌های آسایش حرارتی

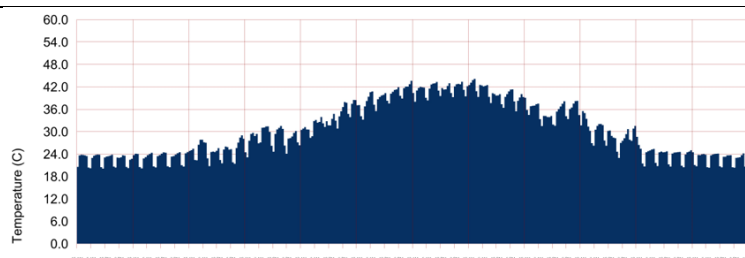
۴-۴-۱- نمونه موردی اول

همان‌طور که از تصاویر زیر مشخص است استفاده از انتقال‌دهنده‌های نوری همان‌طور که انتظار می‌رفت تأثیر بسیار اندکی در میزان دمای هوا و رطوبت دارند. نتایج زیر در حالتی در نظر گرفته شده است تجهیزات سرمایشی و گرمایشی در فضا وجود ندارد و صرفاً تهویه اجباری در نظر گرفته شده است.

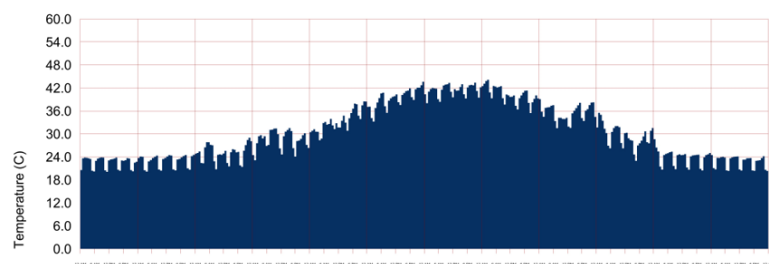
حالات پیشنهادی

نتایج شبیه‌سازی سالانه

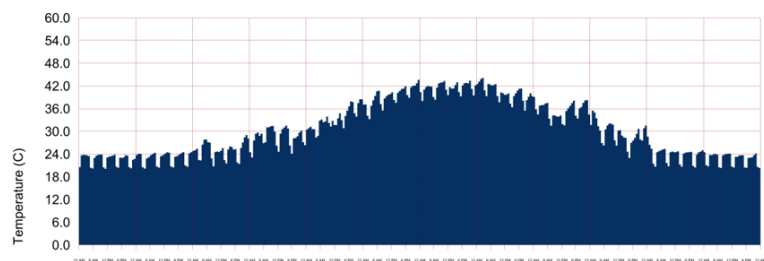
حالت پایه (بدون آینه)



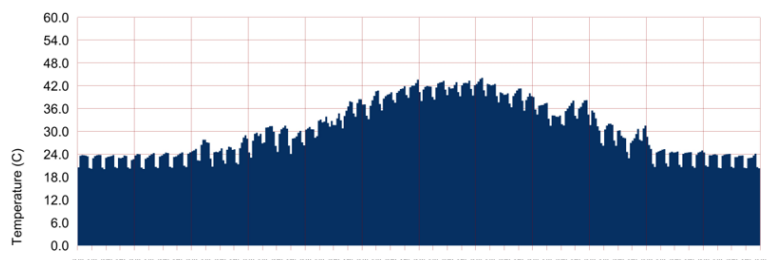
حالت ۲ پیشنهادی



حالت ۳ پیشنهادی

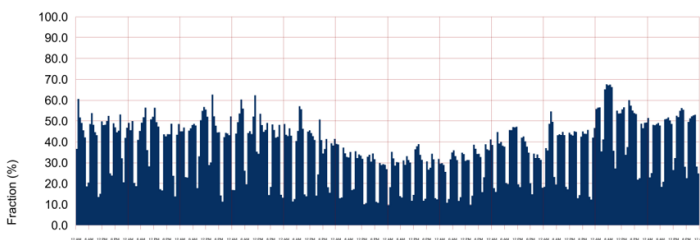


حالت ۴ پیشنهادی

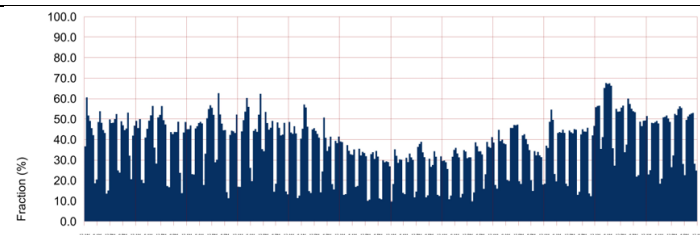


شکل ۴-۱۳ نتایج شبیه‌سازی سالانه دمای هوا در نمونه موردی اول

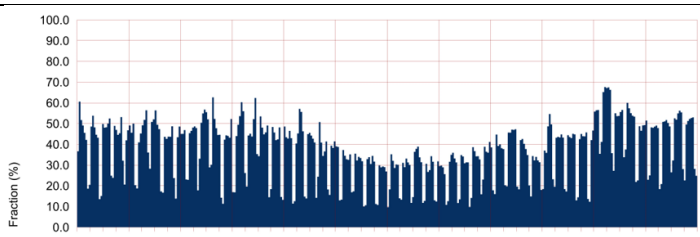
حالت پایه (بدون آینه)



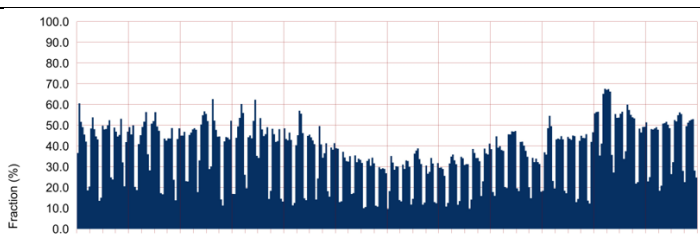
حالت ۲ پیشنهادی



حالت ۳ پیشنهادی



حالت ۴ پیشنهادی

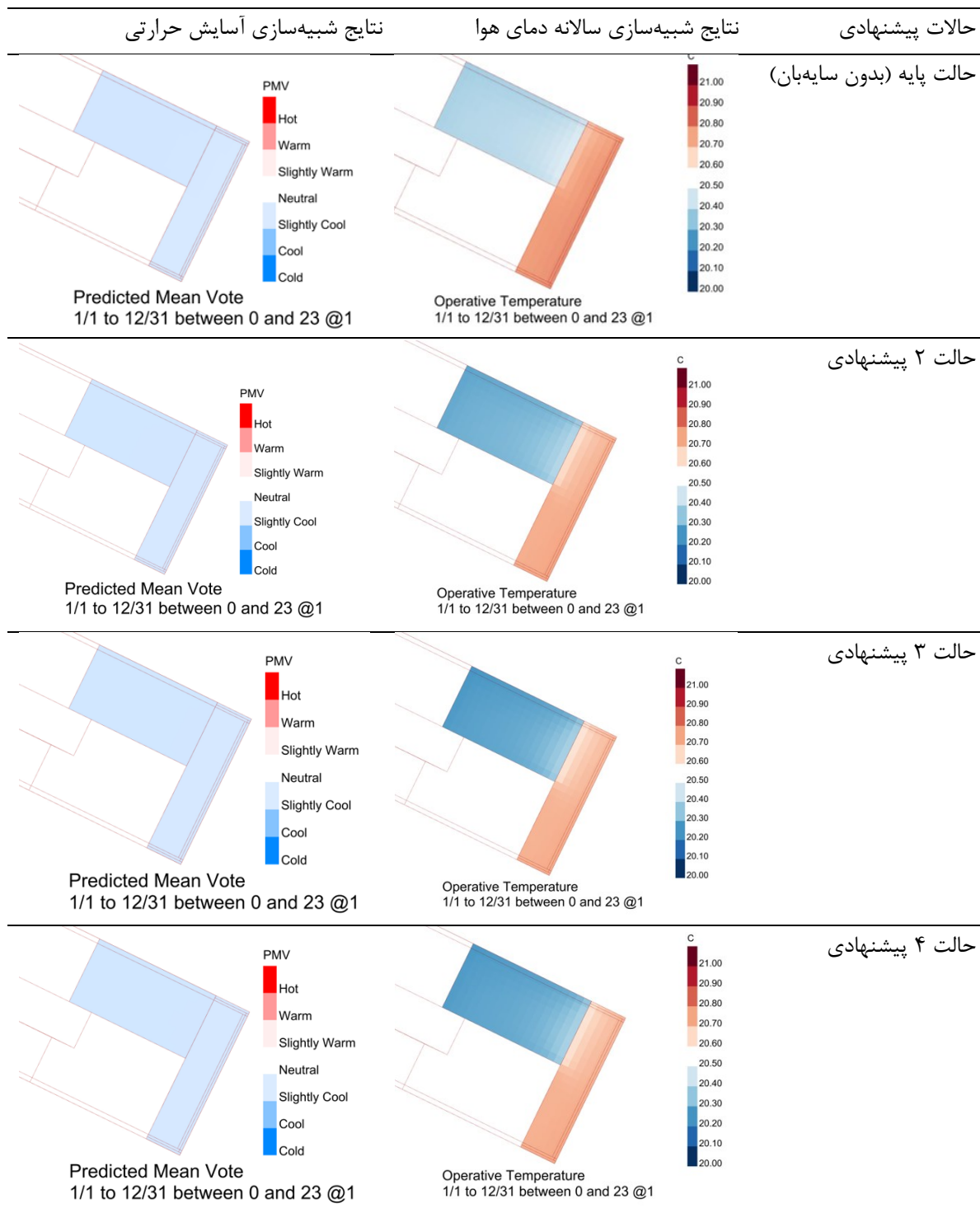


شکل ۴-۱۴ نتایج شبیه‌سازی سالانه رطوبت نسبی در نمونه موردی اول

۴-۴-۲-نمونه موردی دوم

باتوجه به اینکه اغلب منازل مسکونی در قم ساختمان‌های میان‌رده (۴-۵ طبقه) هستند فلذا در این پژوهش سعی کردیم تا توجه ویژه‌ای به این ساختمان‌ها داشته باشیم. باتوجه به اینکه در این پژوهش صرفاً از استراتژی‌های غیرفعال و خصوصاً استاتیک استفاده شده است تأثیر آن در خصوص آسایش حرارتی محدود و اندک است البته این نکته بدین معنی نیست که بی‌تأثیر است؛ بلکه این نکته حاکی از آن دارد که به‌منظور بهبود آسایش حرارتی بایستی از استراتژی‌های مکمل نیز استفاده شود. همانند نمونه اول این نتایج نیز در شرایطی گزارش شده است که و تجهیزات گرمایشی و سرمایشی در فضا وجود ندارد و صرفاً تهویه اجباری در نظر گرفته شده است. شکل ۴-۱۵ که مربوط به دمای هوا در اتاق خواب و تراس متصل به آن است حاکی از آن است که بیشترین تأثیر بهبود

دمای هوا مربوط به هندسه شش ضلعی یا هندسه مثلثی است. این در حالی است که دمای هوا در سایه بان با هندسه شش ضلعی پایین تر است.



شکل ۴- ۱۵ نتایج شبیه سازی سالانه دمای هوا و آسایش حرارتی در نمونه دوم

مطالعه حاضر باهدف بررسی وضعیت نور طبیعی در تراس یک واحد مسکونی با جهت بهره‌گیری جنوب شرقی، در اقلیم گرم و خشک انجام شده است. داده‌های میدانی به مدت هفت ماه، از دی‌ماه ۱۴۰۳ تا تیرماه ۱۴۰۴، در سه بازه زمانی (۹ صبح، ۱۲ ظهر و ۱۵ عصر) و در چهار نقطه (داخل تراس، کنار پنجره داخل، مرکز و عمق اتاق) به‌صورت مستمر با استفاده از دستگاه لوکس متر ثبت گردیده‌اند. هدف نهایی این پژوهش، ارزیابی کیفیت نور طبیعی در مقایسه با بازه مطلوب ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ لوکس است؛ بازه‌ای که به‌صورت هم‌زمان برای آسایش بصری ساکنین و کنترل خیرگی تعریف شده است. نتایج تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که شدت نور در تراس در اغلب ماه‌ها، به‌ویژه در ساعات ۹ صبح، بیش از حد مطلوب بوده و به مقادیری بین ۱۰۰۰ تا ۶۰۰۰ لوکس رسیده است. این مسئله بیش از همه در ماه‌های بهار (فروردین، اردیبهشت و خرداد) مشاهده شده و به دلیل ارتفاع خورشید و جهت‌گیری جنوب شرقی تراس، نیاز جدی به طراحی راهکارهای کنترل نور مانند سایه‌بان یا پوسته‌های متحرک را نشان می‌دهد. به‌ویژه در اردیبهشت‌ماه، شدت نور در ساعت ۹ صبح به بیش از ۶۰۰۰ لوکس رسیده که منجر به اختلال در عملکرد بصری ساکنین خواهد شد. در مقابل داده‌های مربوط به ساعات ظهر به‌ویژه عصر (۱۵) در بیشتر ماه‌ها، به‌ویژه در فصل زمستان (دی و بهمن) و ماه تیر، نشان از کاهش محسوس شدت نور دارند. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که استفاده از بازتاب‌دهنده‌های نوری کمک شایان و قابل‌توجهی در بهبود کیفیت نور روز و انتقال آن دارد، به‌گونه‌ای که پیش از استفاده از این عناصر طبقات ابتدایی ساختمان به واسطه عمق بالای چاه‌های نوری نور مناسبی دریافت نمی‌کنند و بخش اعظمی از ساکنین احساس ناراضی دارند و معتقد هستند صرفاً مساحت فضا اشغال شده است. در همین راستا نتایج حاصل از این پژوهش را به‌صورت موردی ارائه کردیم.

- ۱) بهبود کیفیت فضای مسکونی پس از استفاده از آتریوم‌های هوشمند
- ۲) بهبود کیفیت بصری و افزایش روشنایی فضا در طبقات ابتدایی متصل به آتریوم
- ۳) راهکاری مفید و هدفمند در مقایسه با بازتاب‌دهنده‌های هوشمند با هزینه‌ای کمتر در آتریوم‌ها
- ۴) کاهش خیرگی و بهبود عملکرد روشنایی فضا در فضاهای با پنجره مستقیم پس از استفاده از سایه‌بان

- م. هادیانپور، "بررسی عملکرد حرارتی پوسته دوجداره ساختمان جهت کاهش گرمایش بیش از حد در این پوسته‌ها،" *پایان نامه، دانشگاه ایلام*.
- م. پارسا، "خواستگاه‌های معماری پنجره: جستاری در مفهوم پنجره در زبان فارسی و فرهنگ ایرانی. مجله مسکن و محیط روستا،" *مجله مسکن و محیط روستا*, (۱۳۴۰, ۷۵, ۳۰) ۱۳۴۰.
- [۳] M. P. Diener, "How can vegetation protect us from air pollution? A critical review on green spaces' mitigation abilities for air-borne particles from *Science of the Total Environment*, a public health perspective-with implications for urban planning", p. ۲۰۲۱.۱۴۸۶۰۵/j.scitotenv.۱۰.۱۰۱۶ <https://doi.org/> شماره ۲۰۲۱, ۱۴۸۶۰۵.
- [۴] X. Z. D. Song, T, "Healing properties of residential balcony: Assessment of the *Journal of Building Engineering*, characteristics of balcony space in Shanghai's collective housing", ۲۰۲۲/j.job. ۱۰.۱۰۱۶ <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.101016>, شماره ۲۰۲۴, ۱۰۸۹۹۲, ۸۷, pp. ۲۰۲۲/j.job.۱۰.۱۰۱۶ <https://doi.org/>
- [۵] L. L. Li, "Comprehensive renovation and optimization & N. M. X. G. W. L. Z *Energy and Buildings*, design of balconies in old residential buildings in Beijing: A study", pp. ۲۰۲۳.۱۱۳۲۹۶/j.enbuild.۱۰.۱۰۱۶ <https://doi.org/> شماره ۲۰۲۳, ۲۹۵, ۱۱۳۲۹۶.
- [۶] D. W. Fang, "Optimal Design of Tilted Building Envelope & A. Y. Y *Daylight Utilization and Glare Protection—Case Study. Buildings*, Considering Air Conditioning Energy Demand", ۲۰۲۴, ۴۷۳), ۲(۱۴, pp. ۱۴۰۲۰۴۷۳/buildings۱۰.۳۳۹۰ <https://doi.org/>

- [۷] A. M. Lionar, "A review of research on self-shading & R. K. D. S. V. S. E
Energy and Buildings ",façades in warm climates
 شماره ۲۰۲۴, ۱۱۴۲۰۳, p. ۲۰۲۴.۱۱۴۲۰۳/j.enbuild.۱۰.۱۰۱۶https://doi.org/
- [۸] م. امیرمعین, "قانون صرفه جویی انرژی در ایران یک الزام, فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی, "فصلنامه
 مطالعات اقتصاد انرژی, جلد شماره ۱۵, p. سال چهارم, ۱۳۸۶.
- [۹] M. P. Diener, "How can vegetation protect us from air pollution? A & A
 critical review on green spaces' mitigation abilities for air-borne particles from
Science of ",a public health perspective-with implications for urban planning
 . ۱۴۸۶۰۵, ۷۹۶the Total Environment,
 شماره ۲۰۲۱.۱۴۸۶۰۵/j.scitotenv. ۱۰.۱۰۱۶https://doi.org/
 .۲۰۲۱, ۱۴۸۶۰۵, ۷۹۶, pp۲۰۲۱.۱۴۸۶۰۵/j.scitotenv.۱۰.۱۰۱۶https://doi.org/
- [۱۰] D Sketching ۳I. Rizos, "Next Generation Energy Simulation Tools: Coupling
 With Energy Simulation Tools, MSc Thesis in Energy Systems and the
Energy System ",Environment, Department of Mechanical Engineering
 .۲۰۰۷,Research Unit, University of Strathclyde, Glasgow, UK
- [۱۱] ,D. K. J. Tang, Simulation Support For Sustainable Design Of Buildings
 .University of Strathclyde, Glasgow, UK
- [۱۲] . ۲۰۰۵K. Gowri, Gowri, K., Desktop Tools for Sustainable Design,
- [۱۳] S. H. Abedini, "Multi-objective optimization of window and & M. H. G. H
 shading systems for enhanced office Building performance: A case study in
 , ۲۰۲۵.۶/jd.۱۰.۱۵۶۲۷https://dx.doi.org/ شماره *Journal of Daylighting* ",Qom, Iran
 .۲۰۲۵, ۹۱-۱۱۰), ۱(۱۲pp.
- [۱۴] M. T. A. Peel, "Updated world map of the Köppen-Geiger & M. C. F. B. L
 شماره *Hydrology and earth system sciences* ",climate classification
 .۲۰۰۷, ۱۶۳۳-۱۶۴۴), ۵(۱۱pp. , ۱۱-۱۶۳۳-۲۰۰۷/hess-۱۰.۵۱۹۴https://doi.org/
- [۱۵] ف. ه. شواب, مجموعه گوناگون مسکونی, ترجمه انور ظهیر, تهران: ناشر: کتابفروشی دانشجو, ۱۳۸۰.

- ت. پ. ب. مسکن، تحلیلی پیرامون بخش مسکن (ج ۱)، دفتر ریاست جمهوری، مشاوره فنی و برنامه، [۱۶] ۱۳۸۵.
- ف. محمدمنصور، ماهنامه ساختمان، شماره ۲۵.. [۱۷]
- ژ. طالبی، راهنمای طراحی ساختمان‌های بلند مسکونی، تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.. [۱۸]
- ک. ا. دوکسیادس، ترجمه دکتر رازجویان، معماری مرحله تحول، تهران: انتشارات دانشگاه ملی ایران، [۱۹] ۱۳۵۳.
- گ. زاره، پایان‌نامه تحقیقی پیرامون معماری عمودی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد هنرهای زیبا تهران، استاد [۲۰] راهنما دکتر مهدی کوثر..
- [۲۱] Park, J, “Daylight, human health, and design for & ,Lee, J., Boubekri, M *Journal of Green Building* ”,sustainable green buildings: A systematic review شماره ۱۷.۴.۱۵۱/jgb.۱۰.۳۹۹۲https://doi.org/ ۲۰۲۲, ۱۵۱-۱۷۸), ۴(۱۷, pp. ۱۷.۴.۱۵۱/jgb.۱۰.۳۹۹۲https://doi.org/
- [۲۲] Atamewan, E. E, “Appraisal of Day-lighting in Sustainable Housing *Journal of Studies in Science and* ”,Development in Developing Countries *Engineering* شماره ۱۰.۵۳۸۹۸https://doi.org/ ۲۰۲۲, ۵۹-۷۵), ۲(۲, pp. ۲۰۲۲۲۲۵/josse۱۰.۵۳۸۹۸https://doi.org/
- [۲۳] Omar, O, “Sustainable performance in public & ,Garcia-Fernandez, B *Solar Energy* ”,buildings supported by daylighting technology شماره ۱۰.۱۰۱۶https://doi.org/ ۲۰۲۳, ۱۱۲۰۶۸, ۲۶۴, pp. ۲۰۲۳.۱۱۲۰۶۸/j.solener.۱۰.۱۰۱۶https://doi.org/
- [۲۴] B. A. Schiefer Christian, H. Richard, H. Herwig, M. Thomas, S. Wolfgang, S. Schiefer (۵.D. Rogerio, “ و Matheos, F. Ifigenia, E. H. E. Hans, M. Mario de Christian, B. A.; Richard, H.; Herwig,H.; Thomas, M.; WolfgaBest Practice for ۲۰۰۵, ۱۵۱p. *Report ‘ State of the Art* ”,۱Double Skin Façades. WP
- [۲۵] Du, J, “ Effects of neighbourhood morphological characteristics on & ,Pan, W *Journal of Asian* ”,outdoor daylight and insights for sustainable urban design شماره *Architecture and Building Engineering* ۲۰۲۲, ۳۴۲-۳۶۷), ۲(۲۱, pp. ۱۳۴۶۷۵۸۱.۲۰۲۰.۱۸۷۰۴۷۲/۱۰.۱۰۸۰https://doi.org/

- [۲۶] Alrubaih, M. S., Zain, M. F. M., Alghoul, M. A., Ibrahim, N. L. N., Shameri, Elayeb, O., “Research and development on aspects of daylighting & ,M. A fundamentals *Renewable and Sustainable Energy Reviews* ”, شماره ۲۰۱۳, ۴۹۴, ۵۰۵, ۲۱, pp. ۲۰۱۲.۱۲.۰۵۷/j.rser.۱۰.۱۰۱۶ <https://doi.org/>
- [۲۷] Boubekri, M., “Sustainable Architecture and Human Health: & ,Mukherjee, B ”, ۳(۱۵A Case for Effective Circadian Daylighting Metrics. *Buildings*, , ۳(۱۵), ۳(۱۵, pp. ۱۵۰۳۰۳۱۵/buildings۱۰.۳۳۹۰ <https://doi.org/> شماره ۲۰۲۵
- [۲۸] Hong, B, “Comparative analysis of & ,Yang, B., Bai, L., Li, Z., Guo, M thermal and visual comfort perceptions of outdoor military training of students *Urban Climate* ”,University شماره ۲۰۲۵. , ۱۰۲۴۱۸, ۶۱, pp. ۲۰۲۵.۱۰۲۴۱۸/j.uclim.۱۰.۱۰۱۶ <https://doi.org/>
- [۲۹] Savio, V, “Daylighting for Green schools: A & ,Pellegrino, A., Cammarano, S ”,resource for indoor quality and energy efficiency in educational environments *Energy Procedia* , ۷۸, pp. ۲۰۱۵.۱۱.۷۷۴/j.egypro.۱۰.۱۰۱۶ <https://doi.org/> شماره ۲۰۱۵., ۳۱۶۲-۳۱۶۷
- [۳۰] Ekici, B, “A Literature Review on & ,Coğul, I. Ç., Kazanasmaz, Z. T Sustainable Buildings and Neighborhoods in terms of Daylight, Solar Energy and Human Factors. *Journal of Building Engineering* ”, شماره ۲۰۲۵, ۱۱۱۹۸۹, p. ۲۰۲۵.۱۱۱۹۸۹/j.jobbe.۱۰.۱۰۱۶ <https://doi.org/>
- [۳۱] Fragliasso, F, “Testing the use of daylight-linked & ,Bellia, L., Diglio, F control systems to address integrative lighting and energy savings in office buildings. *Energy and Buildings* ”, شماره ۲۰۲۴. , ۱۱۴۸۸۰, ۳۲۴, pp. , ۲۰۲۴.۱۱۴۸۸۰/j.enbuild.۱۰.۱۰۱۶ <https://doi.org/>
- [۳۲] ا. عرب انواری, بررسی پارامتریک شبیه‌سازی انرژی در مراحل اولیه طراحی برای ساختمان‌های مسکونی با ارتفاع متوسط در اقلیم گرم و خشک ایران, دانشگاه هنر, دانشکده معماری و شهرسازی, پایان‌نامه رشته معماری و انرژی, ۱۳۹۶.

- عبدلی، س. س، روح الله، موسوی، ر.، "بررسی تاثیر تناسبات و شکل آتریوم ها بر بهینه سازی انرژی در اقلیم سرد و کوهستانی"، *مجله مهندسی مکانیک*، جلد ۸۱، ۲۰۷-۲۱۳، ۱۳۹۶.
- کاظم زاده، م، قبادیان، و، طاهباز، م، "آتریوم و روشنایی فضای داخلی ساختمان اداری، بررسی تاثیر فرم سقف آتریوم بر دریافت روشنایی داخلی"، *معماری و شهرسازی آرمان شهر*، شماره ۸، ۵۳-۶۱، ۱۳۹۴.
- [۴۷] A. Aldawoud, "The influence of the atrium geometry on the building energy performance", *Energy and Buildings*, جلد ۵۷، ۱-۵، ۲۰۱۳.
- [۴۸] of atria: An A. I. M. Moosavi, "Thermal performance & L. M. N. A. G. N Renewable and Sustainable ", overview of natural ventilation effective designs *Energy Reviews*, ۲۰۱۴, ۳۴, ۶۵۴-۶۷۰ pp.
- [۴۹] م. محمودی زرنندی، "آتریوم ها و معضلات نورگیری های مرکزی در معماری امروز ایران. در محمودی محمد مهدی، آراکلیان، روین، اسلامی، لیدا، بهداد، پیام، نوروزی، رضا (ویراستاران)، "نور در هنر، معماری و شهرسازی/ایران، جلد تهران انتشارات دانشگاه تهران، ۹۰-۹۹، ۱۳۹۴.
- [۵۰] Z. A. A. Yunus, "Analysis of atrium's architectural aspects in office buildings under tropical sky conditions", *International Conference on Science and Social Research*, Kuala Lumpur, ۷- ۵) December ۲۰۱۰ pp. (CSSR, ۲۰۱۰Malaysia.,
- [۵۱] F. M. Danielski, "Heated atrium in multi-storey apartment buildings, a design with potential to enhance energy efficiency and to facilitate social interactions", *Building and Environment*, ۲۰۱۶, ۱۰۶, ۳۵۲-۳۶۴ pp.
- [۵۲] ز. قیابکلو، مبانی فیزیک ساختمان ۵ (نور روز)، تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۲.
- [۵۳] Vicente, R, "Dynamic & Gonçalves, M., Figueiredo, A., Almeida, R. M. S. F façades in buildings: A systematic review across thermal comfort, energy efficiency and daylight performance. Renewable and Sustainable Energy Reviews", شماره ۱۱۴۴۷۴، ۱۰.۱۰۱۶https://doi.org/ ۲۰۲۴.۱۱۴۴۷۴/j.rser. ۱۹۹، pp. ۲۰۲۴, ۱۱۴۴۷۴

- [۵۴] In *Proceedings of the* در ”، A. Maria, “Introduction to modeling and simulation ۱۳th conference on Winter simulation (pp. ۲۹ ۱۹۹۷.)
- [۵۵] Roudsari, M.S., Pak, M. and Smith, A, “Ladybug: a parametric environmental plugin for grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design”, *th international IBPSA conference held* ۱۳In *Proceedings of the* در ”، France Aug(pp. ۳۱۲۸-۳۱۳۵, ۲۰۱۳).
- [۵۶] Fang, Y. and Cho, S., “Design optimization of building geometry and fenestration for daylighting and energy performance”, *Solar Energy*, جلد ۱٪، ۲۰۱۹، ۷-۱۸pp. ٪۲۱۹۱.
- [۵۷] Ascione, F., Bianco, N., Mauro, G.M. and Napolitano, D.F., “Building envelope design: Multi-objective optimization to minimize energy discomfort. Application to different consumption’, global cost and thermal Energy ”, Italian climatic zones ۲۰۱۹، ۳۵۹-۳۷۴، pp ۱۷۴pp.
- [۵۸] غیائی، م.؛ طاهباز، منصوره؛ مفیدی شمیرانی، سید مجید، “روش‌شناسی گزینش نرم‌افزارهای کاربردی شبیه‌ساز انرژی، ” هویت شهر، ۱۳۹۲.
- [۵۹] Robinson, D. and Stone, A, “September. ‘Irradiation modelling made simple: In PLEA Conference (pp. در ”، the cumulative sky approach and its applications ۲۰۰۴، ۱۹-۲۲.
- [۶۰] ”، S. Elliot, “Cohousing in the Flower City: A Carbon Capture Design Department of Architecture, Golisano Institute for Sustainability, Rochester ۲۰۱۶، Institute of Technology
- [۶۱] J. Banks, Discrete event system simulation, Pearson Education India., ۲۰۰۵.
- [۶۲] V. T. A. a. A. K. Machairas, “Algorithms for optimization of building design: Renewable and sustainable energy reviews ”، A review ۲۰۱۴.
- [۶۳] Butterworth- J. Clarke, Energy Simulation in Building Design, Oxford ۲۰۰۱ Heinemann Butterworth-Heinemann,

- [٦٤] L. Rosindo Prazeres, “An Exploratory Study about the Benefits of Targeted *PhD* ”,Data Perceptualisation Techniques and Rules in Building Simulation *Thesis, Department of Mechanical Engineering, Energy Systems Research Unit, University of Strathclyde, Glasgow* ٢٠٠٦.
- [٦٥] ٢٠٠١, Square One Research Archive, ٥١A. Marsh, Thermal Analysis, Article
- [٦٦] *International Building* ”,M. R. E. O. Iversen, “Overview of Simulation ٢٠٠٦USA, *Performance Simulation Association*
- [٦٧] شماره *Tools for Sustainability* ”,J. Lin, “Sustainability and the Building Sector ٢٠٠٧., ٢٠١١/٠٧/١٠http://www.toolsforsustainability.com, accessed on
- [٦٨] , Square One Research ٠٢٢A. Marsh, “Obtaining Climate Data, Article ١٩٩٩.com/Archive, ١www.Squ شماره *Welsh School of Architecture* ”,Archive
- [٦٩] ٢٠٠٨.com/products/ecotect, ١An Overview, http://squ ,Ecotect
- [٧٠] st Century: some Design ٢١J. C. A. P. K. Pohl, “Computer-aided Design in the *th International Conference on Design and ΔProceedings of the* ”,Guidelines *Decisions Support Systems in Architecture and Urban Design Planning* ٢٠٠٠Eindhoven,
- [٧١] S. C. O. v. d. V. Sariyildiz, “Information Ordering for Decision Support in *th International Conference on Design and ¶Proceedings of the* ”,Buildings *Decisions Support Systems in Architecture and Urban Design Planning* ١٩٩٨Eindhoven,
- [٧٢] E. P. C. De Groot, Energy Impact Knowledge-Based Systems Project, , ١٩٩٨Eindhoven: : Outcomes of the Netherlands Workshop,
- [٧٣] A. R. S. a. R. P. Nguyen, “A review on simulation-based optimization methods ٢٠١٤ *Applied Energy* ”,applied to building performance analysis
- [٧٤] V. T. A. a. A. K. Machairas, “Algorithms for optimization of building design: ., ١٠١-١١٢, pp.٣١pp. *Renewable and sustainable energy reviews* ”,A review ٢٠١٤

- [۷۵] <http://ocw.mit.edu>
- [۷۶] ptimization methods applied to R. Evins, “A review of computational
Renewable and Sustainable Energy Reviews”, sustainable building design
شماره ۲۰۱۳, ۲۴۵-۲۲:۲۳۰.
- [۷۷] O. Z. N. S. F. V. M. I. Eisenhower B, “A methodology for meta-model based
Energy Build”, optimization in building energy models
۲۰۱۲, ۳۰۱-۴۷:۲۹۲p.
- [۷۸] M. F. M. Wilson, “Investigations for improving the و A. Viljoen, J. Dubiel
pp. Solar Energy”, daylighting potential of double-skinned office buildings
۱۹۹۸., ۱۹۴-۱۷۹, pp. ۵۹vol.
- [۷۹] W. Xiaolin, “Effects و W. N. Hien, W. Liping, A. N. Chandra, A. R. Pandey
of double glazed facade on energy consumption, thermal comfort and
Energy and Buildings”, condensation for a typical office building in Singapore
شماره ۲۰۰۵, ۵۷-۵۶۳, pp. ۳۷vol.
- [۸۰] H. Poirazis, “Double Skin Facades for Office Buildings., Division of Energy
Lund”, and Buildings Design, Department of Construction and Architecture
۲۰۰۴, Institute of Technology
- [۸۱] S. O. Hanssen, “Energy and Buildings و R. Hoseggen, B. J. Wachenfeldt
Energy and Buildings”, شماره ۲۰۰۸, ۸۲۷-۸۲۱, pp. ۴۰vol.
- [۸۲] C. Reinhart, Introduction to Building Simulation (Why Simulations for
Architects), MIT Open Course Ware, Architecture, Natural Light in Design,
..Lecture
- [۸۳] ایران, انجمن صنفی مهندسی مشاور و شهرساز عضو کنفدراسیون صنعت, “صرفه جویی انرژی در ساختمان
ها و مشکلات پیش رو”, در همایش علمی و تخصصی صنعتگران بزرگداشت صنعت و معدن, ۱۳۸۱ تیرماه.
- [۸۴] ح. آزاد, دستیابی به قواعد آکوستیک معماری در طراحی سالن‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز,
پایان‌نامه کارشناسی ارشد معماری و انرژی, دانشکده معماری, پردیس هنرهای زیبا, دانشگاه تهران, ۱۳۸۷.
- [۸۵] م. حیدری, بهینه‌سازی فرم ساختمان اداری براساس الگوریتم‌های تکاملی در جهت توسعه پایدار, پایان‌نامه
کارشناسی ارشد مهندسی معماری, دانشکده معماری و شهرسازی, دانشگاه هنر اسلامی تبریز, ۱۳۹۴.

- م. صادقی پور رودسری، به‌کارگیری نرم‌افزارهای شبیه‌ساز رایانه‌ای طراحی معماری، پایان‌نامه [۸۶]
کارشناسی‌ارشد معماری، دانشکده معماری، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۸۷.
- بهادری‌نژاد، م.؛ یعقوبی، م. تهویه و سرمایش طبیعی در ساختمان‌های سنتی ایران، چاپ هشتم، تهران، [۸۷]
مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۸۸.
- کاری، ب.؛ طهماسبی، ف.؛ آبروش، م.؛ نائیجی، ک.؛ هاشمی، ن.؛ محمدی، س.؛ فیاض، ر.؛ آیین کار ممیزی [۸۸]
انرژی ساختمان‌ها، وزارت تحقیقات راه مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۱.