بررسی عملکرد اقلیمی نورگیرهای داخلی ساختمانهای اداری

مطالعه موردی:
ساختمان‌های نمونه در حوزه اقلیمی تهران

دکتر سید مجید مفیدی*[۱]، دکتر سید باقر حسینی[۲]، مهندس حسین مدی [۳]

تاریخ دریافت: ۸۹/۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۹

چکیده :
هـدف ار این مقاله بیان عملکرد اقلیمی نورگیرهای داخلی سـاختمان‌های اداری تهران اسـت. بـرای درک رفتار اقلیمی نورگیرهای داخلی از مطالعات میدانی برای اندازه گیری شـاخص‌های محیطی اسـتفاده شد. ساختمان‌های اداری انتخاب شـده با ویژگی‌های متفاوت مورد بررسـی و مقایسـه تحلیلی با توجه به محدوده آسایش انسـانی قرار گرفتند. برای این کار از نرم افزار کام سـافت اسـتفاده شده اسـت. ترتیب و توزیع حرارتی در طبقات نورگیرها نشـان داد که نورگیرها از تغییـرات دمـای بیرون، تنها در طبقات بالا تاثیرپذیرفته و طبقات میانی و تحتانی با تغییر میانگین دمای بیرون همبسـتگی دارند. مساحت سطوح شفاف در تبادل و جذب حرارتی نقش مهمی داشته و بر جابجائی لایه‌های هوای گرم درون نورگیر تاثیر دارد. وضعیت رطوبت نسـبی در نورگیرها با افت شـدید مواجه بوده که در زمسـتان تشدید می‌شود. در این فضاها جریان هوای رو به بالا وجود نداشـته و ماندگاری هوا با انباشـت حرارت در طبقات بالا همراه است. این درحالی است که نورگیرها در طبقات بالا و میانی از سامانه تهویه مطبوع تاثیری نمی‌گیرند. دمای سطوح در نزدیکی دمای هوا قرار داشته و نشـان دهنده ظرفیت کم عناصر سازه‌ای درون نورگیر و تشـدید حرارت به واسطه وجود حرارت داخلی است. به طور کلی، نورگیرهائی که دارای سطوح شیشه‌ای و حجم زیاد باشند، قابلیت نگهداری حرارت در زمستان و کاهش دمای داخلی در تابستان را به شکل کارآمدتری دارند و با این حال نیازمند رطوبت زنی و تهویه مطبوع در تمامی ماههای سال به ویژه در زمستان هستند.

واژه‌های کلیدی:
ساختمان اداری، نورگیر داخلی، عملکرد اقلیمی، شرایط آسایش

۱- استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم وصنعت ایران
۲- استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم وصنعت ایران
۳- دانشجوی دکتری معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران

این مقاله بر اساس نتایج مطالعات میدانی رساله دکتری با عنوان « معیارهای بهبود کالبدی نورگیرهای داخلی ساختمانهای اداری تهران» به راهنمائی دکتر سید باقر حسینی و دکتر سید مجید مفیدی تهیه شده است.

۱. مقدمه

نورگیرهـای عظیـم و بلند امـروزی نتیجه گسـترش دانش و تجارب انسـان نسبت به محیط پیرامون و تامین شرایط آسایش در مناطقی با شـرایط جوی سخت و نامناسب است. گسترش و فراگیری فضاهای آتریومی در معماری مدرن نیز در پی استقبال عمومـی از آنها پدیـد آمد.(Bednar،1986: 5) بـا این حال بحران انـرژی در دهه هفتاد قرن بیسـتم، ایجاد فضاهای شیشـه‌ای را در ابهـام فرو بـرد و موضوع عملکرد اقلیمـی فضاهای عمومی بـا حداقل مصـرف انرژی مطـرح گردید. پژو هش‌هـای متعدد، نقـش دوگانـه فضاهای آتریومـی و عملکرد پیچیـده آنها را در ایجـاد ریز اقلیم‌های سـاختمانی تائید نمود(مـدی،۱۳۸۶). از یک طرف جـذب حرارت در این فضاها، درتابسـتان بار سـرمایش را افزایـش می‌دهـد و از سـوی دیگـر گرمـای نگهداری شـده در ایـن فضاهـا، در زمسـتان همراه بـا اتلاف حـرارت، نیاز به گرمایش فضاهـای مجاور را کاهش داده اسـت.(Meder،2003) بررسی‌های دقیق تر نشـان می‌دهد که عملکرد اقلیمی نورگیرها متفـاوت از شـرائط پیرامونـی و متاثر از آن بـوده و در کاهش نیاز به سـرمایش، گرمایش، و تهویه مکانیکی قابل توجه اسـت (Gartia et al،2004،Wall،1996) مطالعات اخیر نیز آشکار کرده است که این رفتار در همه اقلیم‌ها یکسان نیست و پدید آمدن ریز اقلیم در یک ساختمان اداری بستگی به ویژگی‌های متعددکالبدی و محیطی دارد. بنابراین کارشناسـان را نیازمند انجام مطالعات میدانی و بهره گیری از نرم افزارهای شـبیه سـاز نموده اسـت. صحـت و دقت محاسـبات این نـرم افزارها همواره بر اسـاس اندازه گیری‌های میدانی با تجهیزات استاندارد قابل بررسی است (Bajracharia،1997). در روش‌هـای میدانـی نمونه‌هـای مورد مطالعه در دوره‌های معین یا در تمام طول سال توسط دستگاه‌های ثبـت کننده[1] تحت نظر قـرار گرفته و دما، رطوبت نسـبی، دمای سـطحی، و جریان هـوا هم زمان با شـرایط آب و هوائی بیرون اندازه گیری می‌شـوند. سـپس نتایج در نمودارهای اسـتاندارد مورد تحلیل عملکردی قرار می‌گیرند(Atif،1994؛Etzion،1997). همچنین در این مطالعات تغییرات موردی در متغیرهای مسـتقل مانند نصب یا تعویض سـایه بان‌هـای جهت کاهش کنترل جذب خورشیدی، به کارگیری آب پاش برای کاهش دمای سطح پوسته خارجی، و تغییر نوع مصالح و شیشه گذاری انجام شده و نتایج برای رسـیدن به محدوده آسایش و حداقل مصرف انرژی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد(Abdullah،2009). دراین مقاله ضمن ارائه روش تحقیق بـرای انجام مطالعات میدانی، نتایج تحقیق بر روی دو ساختمان اداری متفاوت در تهران ارائه می‌گردد. بدین ترتیب وضعیـت عملکرد اقلیمـی نورگیرها در شـرایط مختلف کالبدی مورد مقایسه قرار گرفته و با درج نتایج در نمودار زیست اقلیمی، عملکرد نورگیرها نسـبت به محدوده آسـایش انسـانی بررسی می‌شوند.

۲. روش و ابزار تحقیق

روش تحقیـق مورد اسـتفاده در این مقاله بر اسـاس یک روند تجربی، اندازه گیری میدانی و تحلیل مقایسـه‌ای اسـت. در ابتدای مطالعه عمومی از شـرایط اقلیمی محدوده مرکزی، اقلیم نیمه گرم وخشـک، و نحوه اسـتقرار نورگیرهای داخلی در سـاختمان‌های اداری تهران انجام شده و سپس دو ساختمان اداری دارای نورگیر داخلی با ساختار شکلی، سازه‌ای و ظرفیتی متفاوت انتخاب شدند. اندازه گیری‌ها در دوره‌ی یک ساله و در هر ماه انجام شد. در هر دو سـاختمان دسـتگاه‌های ثبت داده‌های محیطی، پس از تنظیم و آماده سـازی، برای اندازه گیری دما، رطوبت، سرعت هوا و دمای سـطحی استفاده شده و در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین نصب گردیدند. این دستگاه‌ها هر ۱۵ دقیقه شرایط محیطی را ثبت و درخود ذخیـره می‌نمودنـد. از آنجا که دوره‌های کاری در سـاختمانهای اداری دارای سـاعات مشخصی است و شهر تهران نیز از شرائط اقلیمی نسبتاً پایداری برخوردار است، در هر ماه چهار روز میانی آخر هفتـه و ابتدای هفته بعد برای اندازه گیـری و نمونه برداری انتخاب شدند. بدین ترتیب تاثیر خاموش و روشن بودن تاسیسات بر عملکرد اقلیمی درون نورگیر نیز مشخص می‌شد. برای تعیین سرعت هوا و دمای سطوح به طور فصلی و به ترتیب برای تعیین وجود مکش هـوا و اثر دودکش و چگونگی ایجاد میانگین حرارت تابشی از دستگاه‌های متناسب استفاده شد.[2] سپس داده‌ها توسط نرم افزار ComSoft نمایش داده شده و وضعیت دمائی، رطوبتی، جریان هوا و دمای سطحی در هر طبقه به طور مجزا مورد تحلیل و مقایسـه قرار گرفت. میانگین داده‌های دمائی – رطوبتی ماهانه هر نورگیر بر روی نمودار زیست اقلیمی ساختمانی ترسیم گردید تا شـرائط اقلیمی درون نورگیرها نسـبت به محدوده آسایش هم سنجیده شود. این نمودار نیازهای کالبدی نورگیرها را برای تامین شرایط آسایش انسانی نزد طراح مشخص نمود.

۳- مطالعات عمومی

۳-۱ مشخصات اقلیمی تهران

کلان شـهر تهران از نظر موقعیـت جغرافیائی بین ۵۱ درجه و ۸ دقیقه تا ۵۱درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی و از ۳۵درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شـمالی قرار گرفته اسـت. میانگین ارتفـاع آن از سـطح دریاهـای آزاد ۱۴۰۰ متر بوده و بین رشـته کوههای البرز مرکزی از شـمال و مناطق نیمه کویری قم و ساوه از جنوب واقع شده است. از اینرو از نظر اقلیمی تهران را می‌توان به سه منطقه سرد و کوهستانی، کوهپایه‌ای و نیمه کویری تقسیم بندی نمود. میانگین بالاترین دماهای ثبت شـده در ده سـال اخیر در ایسـتگاه مهرآبـاد ۴۰/۸۷ در ماههای ژوئـن و جولای و پائین ترین آن ۵/۷۸- در ماههای دسـامبر تا ژانویه بوده است. میانگین بارش سـالانه هم در این مدت ۲۲۳/۳ میلیمتر بوده است. میانگین ده ساله رطوبت نسبی بین ۲۰ تا ۶۱ ٪ تغییر کرده است که نشان از خشـکی نسبی هوا در ماههای گرم سال است. با توجه به میانگین سـاعات آفتابی موجود در این شـهر از ۴/۵۷ ساعت در ژانویه تا ۱۱/۲۶ ساعت در ژوئن، نقش تعیین کننده انرژی تابشی خورشید را در ویژگی‌های اقلیمی آن می‌توان انتظار داشـت(جدول ۲). باد غالب سالانه تهران از سمت غرب و باد سرد و سریع آن از سمت غرب و شمال غربی است. بر اساس این مشخصات شهر تهران از نظر دسته بندی اقلیمی کوپن در منطقه B_{Sh} واقع شده و از نظرپهنه بندی اقلیمی ایران در گروه ۵-۲ اقلیم نسبتا سرد نیمه گرم وخشک قرار می‌گیرد.

جدول ۲ - مشخصات اقلیمی شهر تهران بر اساس میانگین ده ساله ۱۳۷۵-۱۳۸۵

	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین دمای بیشینه C	۸	۱۱	۱۵	۲۳	۲۸	۳۴	۳۶/۵	۳۶	۳۱/۵	۲۴	۱۶	۱۲
میانگین دمای کمینهC	۱	۲/۵	۶	۱۳	۱۷	۲۲	۲۴	۲۴	۲۰/۵	۱۴	۸	۳/۵
میانگین دماC	۴/۵	۶/۷۵	۱۰/۵	۱۸	۲۲/۵	۲۸	۳۰/۲۵	۳۰	۲۶	۱۹	۱۲	۷/۷۵
رطوبت نسبی٪	۶۱/۹	۵۴/۹	۴۹/۴	۴۰/۱	۳۵/۲	۲۹/۶	۳۰/۷	۳۰/۴	۳۲/۳	۴۰/۸	۵۱/۳	۶۲/۷
ساعت آفتابیh/day	۵/۳۷	۵/۵۹	۶/۴۹	۸/۱۸	۱۰/۰۳	۱۱/۲۶	۱۱/۲۵	۱۱/۱۳	۹/۵۳	۸/۱۶	۶/۰۳	۴/۵۷
تابش خورشید MJ/M۲d	۱۷/۲	۱۷/۸	۱۸/۴	۲۱/۱	۲۳/۲	۲۵/۱	۲۵/۳	۲۵/۱	۲۳/۳	۲۰/۷	۱۸/۲	۱۶/۴

۳-۲ نورگیرهای داخلی در ساختمانهای اداری تهران

بطور کلی در ساختمانهای اداری تهران الگوی استفاده از نورگیرهای داخلی به صورت Oشکل، U شکل و یا ترکیبی از آنها در طبقات است. نورگیرها معمولاً راهروهای دسترسی به دفاتر یا اتاق‌های اداری را در خود جای داده و روشنائی روز را برای راهروها تامین می‌کنند. همچنین در برخی از این ساختمان‌ها محل‌پذیرش مراجعان در طبقه همکف انجام می‌پذیرد. ترکیب بندی نورگیرها شامل سازه‌های فولادی با قاب آهنی یا آلومینیمی با جداره‌ی شیشه‌ای تک یا دو جداره است. معمولاً نورگیرها از نظر عایق بندی حرارتی، هوا بندی و آب‌بندی دارای مشکل بوده و پدیده نشتی هوا، ورود باران، و میعان بخار آب مشاهده شده و از سامانه‌های سایه بانی استفاده نشده است. در غالب نورگیرهای ساختمان‌های اداری دریچه‌های تهویه مطبوع تعبیه شده است. همچنین کاشت و نگهداری گیاهان درون نورگیرها در حد تزئین بوده است. دیوار مجاور و بدنه نورگیرها معمولاً دارای نمای سنگی یا پوشش‌های پلیمری و به رنگ روشن بوده است. مصالح به کار گرفته شده در جداره نورگیر سبک بوده و تنها در کف و سقف راهروها سازه‌ی بتنی وجود دارد.

۴-۱. توضیح نمونه‌های موردی

ساختمان پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته ۸ طبقه داشته و در ارتفاع ۱۲۳۰ متر از سطح دریا و در فاصله‌ی حدود ۴ کیلومتری ایستگاه فرودگاه مهرآباد واقع است. این ساختمان دارای نورگیری به ارتفاع ۴۲/۹۵ متر با آسمانه‌ی مخروطی شکل است. قطر سیلندر در تراز کف ۱۰/۹ متر است. نورگیر تا طبق پنجم توسط فضاهای مجاورخود محصور شده و از آن به بعد به شکل U در آمده و گشایش به سمت غرب می‌یابد. سازه ساختمان فلزی است و قابهای آلومینیمی شیشه‌ی دو جداره به سازه فولادی نورگیر اتصال یافته است. بازشوئی در سقف نورگیر برای مکش هوا تعبیه نشده است. بنابراین امکان ایجاد تهویه شبانه و تخلیه حرارتی در تابستان برای نورگیر وجود ندارد. از طرف دیگر، تجهیزات سایه اندازی و عایق کاری پوسته خارجی هم در این ساختمان وجود ندارد. نورگیر درتمامی طبقات دارای کانال‌های تهویه مطبوع بوده و پوشش جداره داخلی نورگیر مواد رنگی پاششی با رنگ روشن است. علاوه بر آسانسور و پله دسترسی داخلی در مرکز نورگیر راه‌پله فولادی مارپیچی، طبقات را به هم ارتباط می‌دهد.

ساختمان مینو، دفتر مرکزی شرکت سرمایه گذاری مسکن، دارای ۵ طبقه بوده و در ارتفاع ۱۴۲۰ متری از سطح دریا و در فاصله ۱۲ کیلومتری از فرودگاه مهرآباد قرارگرفته است. این ساختمان با سازه‌ای فلزی دارای نورگیر U شکلی است که به سمت شرق گشایش یافته است. نورگیر دارای عملکردپذیرش و ارتباط داخلی است. ارتفاع آن از سطح کف ۲۱/۹ متر و پلان آن مستطیلی با ابعادی نامتقارن به مساحت ۷۷/۰۸ متر مربع است. پوشش سقفی نورگیر مسطح و شامل قاب آهنی و سطح شفافی از پلکسی گلاس و فاقد امکانات سایه اندازی است. نورگیر درتمامی طبقات دارای کانال‌های تهویه مطبوع بوده اما بازشوهائی در سقف نورگیر جهت تهویه طبیعی تعبیه نشده است. پوشش داخلی نورگیر ترکیبی از صفحات آلومینیومی و سنگ کریستال بوده و راهروی آن از طریق درب شیشه‌ای به راه پله داخلی مرتبط می‌شود (شکل ۱)

۴. اندازه‌گیری میدانی

بخش اول اندازه گیری‌ها از خردادماه ۱۳۸۷ آغاز و در دی ماه پایان یافت و شامل هوای آفتابی و ابری است. دستگاه ثبت داده‌ها نصب شده در بام با فوئل آلومینیمی پوشیده شده و در محلی به دور کوران هوا و درارتفاع یکسان با دستگاه‌های داخلی نصب گردید. در هردوره محل دستگاه‌های دارای قابلیت ثبت رطوبت نسبی با دستگاه‌های تک عملکردی ثبت کننده دما جابجا شدند تا بطور میانگین در تمام طبقات داده‌های یکسانی از رطوبت نسبی وجود داشته باشد. از دستگاه‌های ثبت کننده داده‌های سرعت هوا و دمای سطحی در ماه میانی فصل و در روز میانی ماه استفاده گردید تا میزان جریان هوای بالا رونده و تغییرات عمده حرارت تابشی در طول دوره مطالعه سه بار ثبت شده باشد. در ذیل نحوه اندازه گیری دمائی، رطوبتی، جریان هوا و دمای سطحی به ترتیب شرح داده شده است:

■ دستگاه‌های اندازه‌گیری پس از تنظیم در محل‌های تعیین شده نصب شدند و در ساعات اداری چهار روز متوالی آخر و ابتدای هفته بعد در محل نورگیر و بام ساختمان نصب شدند. سپس تغییرات

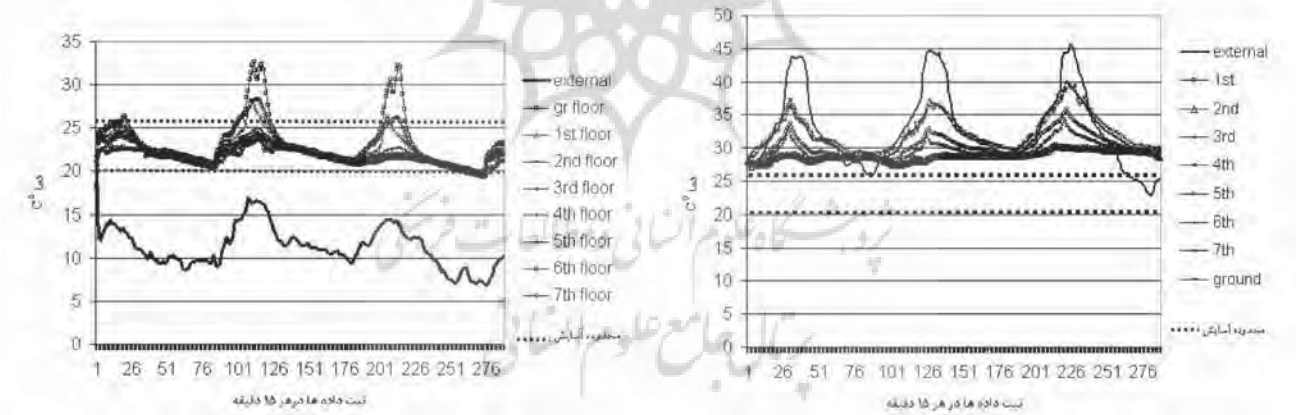
شکل ۱: راست: نورگیر ساختمان پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته و چپ: منظر درونی نورگیر ساختمان مینو

دمائی طبقات نورگیر هم زمان با بیرون ساختمان قابل مقایسه شدند. در شکل ۳ و ۴ تغییرات دمائی طبقات نورگیر در ماههای بحرانی تیر و دی و در شکل ۵ تغییرات میانگین دمای طبقات با دمای بیرون مقایسه شده‌اند.

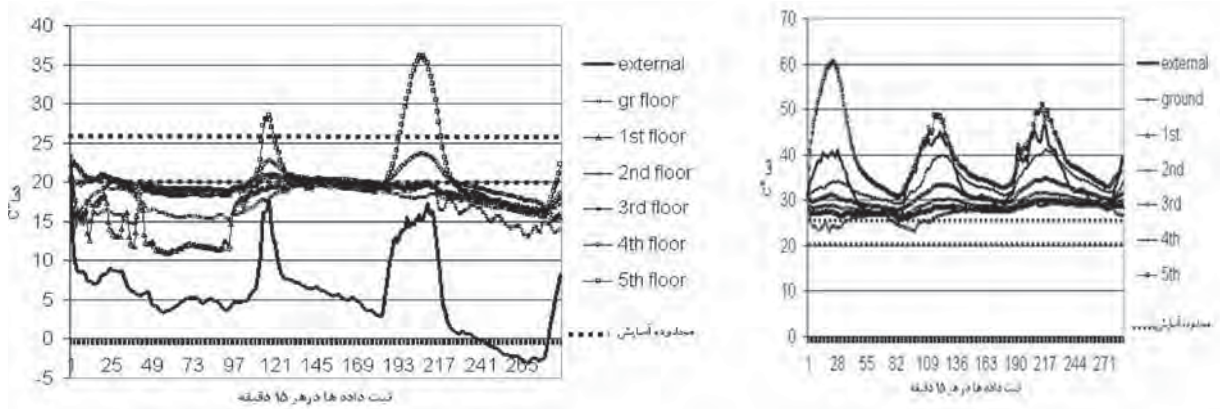
■ مطابق شکل ۶ تغییرات میانگین رطوبت نسبی اندازه گیری شده در دو نورگیر در طول دوره مطالعه ترسیم شده است. اندازه گیری‌ها هم زمان با ثبت دمای محیط داخلی نورگیر و بیرون انجام شده است. تغییرات رطوبت نسبی در نورگیر ساختمان پژوهشکده از روندی متعادل برخوردار بوده و به تناسب دمای طبقات با کاهش همراه بوده است. این موضوع در نورگیر ساختمان مینو، متناسب با اغتشاش دمائی بین طبقات، دچار تغییرات شدید رطوبتی بوده است.

■ در طول دوره یک ساله مطالعات میدانی و در میانه فصول، میزان جریان هوای در طبقات مختلف نورگیرها اندازه‌گیری شد. در طبقات مجاور ورودی و در نزدیکی درب ساختمان جریان هوا با سرعت۵/۱m/s ثبت شده است. در طبقات همکف و اول نورگیر این جریان تنها به۰/۵ m/s رسید و با افزایش طبقات این میزان تا حد صفر کاهش یافت. این میزان در تمام دفعات اندازه گیری ثابت بوده و نشانه‌ای از پدیده مکش در طبقات نورگیر مشاهده نشد.

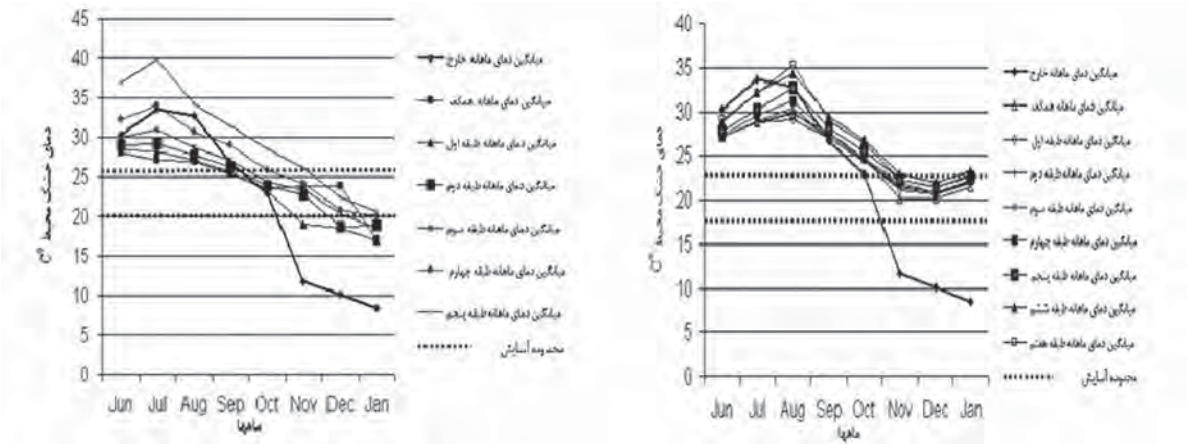
■ اندازه گیری دمای سطحی دیوارها در نقاط مهمی در طبقات



شکل ۳. تغییرات دمای خارج و داخلی نورگیر ساختمان پژوهشکده، راست: تیر ماه ۱۳۸۷: چپ: دی ماه



شکل ٤. تغییرات دمای خارج و داخلی نورگیر ساختمان مینو، راست: تیر ماه : چپ: دی ماه

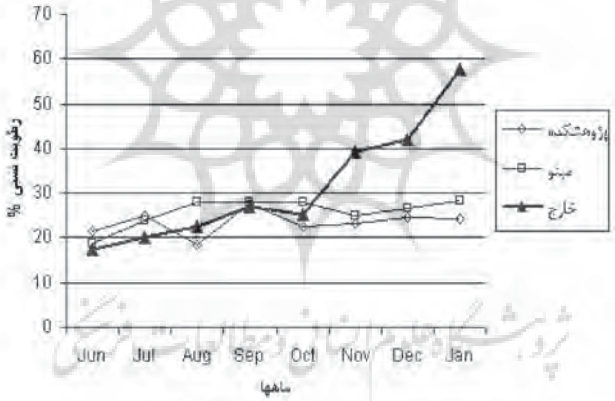


شکل ۵. تغییرات میانگین دمای ماهانه در نورگیرها و بیرون، راست: پژوهشکده : چپ: ساختمان مینو

مانند کف، سقف، جداره شیشه‌ها و نورگیر، و دیوارهای مجاور درب ها، عناصر سازه ای، و دیوار جداکننده انجام شد. میانگین مقادیر بدست آمده در هر طبقه و در فصول سه گانه در جدول ۳ و ۴ آورده شده است.

۵. نتایج و تفسیر

۱- در ماه گرم، تمامی طبقات نورگیر ساختمان پژوهشکده در بالای حد آسایش قرار داشته و در ساعات ابتدائی صبح دمائی معادل با بیرون داشته اند. در این نورگیر بین ۵ تا ۱۰ C^o درجه طبقات فوقانی و بین ۱۵ تا ۲۰ C^o طبقات تحتانی از بیرون خنک تر بوده اند. با این حال برای کاهش دما تا محدوده آسایش، این نورگیر نیازمند به کارگیری سایه بان است. همچنین طبقات نورگیر در ماه سرد در محدوده‌ی آسایش قرار داشته و بین ۷ تا ۱۲ C^o نسبت به دمای بیرون گرم تر بوده است. در حقیقت، طبقات فوقانی و میانی از تغییرات دمای بیرون همراه با جذب انرژی تابشی خورشیدی تاثیرپذیرفته و در تابستان به دمای نزدیک به ۴۰ C^o و در زمستان



شکل۶: تغییرات میانگین رطوبت نسبی نورگیرهای مورد مطالعه

جدول۳- متوسط دمای سطحی اندازه‌گیری شده در طبقات نورگیر ساختمان پژوهشکده در سه دوره فصلی سال ۱۳۸۷-۸۸

دمای سطحی Co	ط همکف	ط اول	ط دوم	ط سوم	ط چهارم	ط پنجم	ط ششم	ط هفتم	جداره نورگیر
فصل اول	۲۴/۲۲	۲۴/۲۴	۲۴/۵۱	۲۴/۷۱	۲۴/۷۴	۲۵/۱	۲۵/۳۵	۲۶/۲۸	۲۴/۸۶
فصل دوم	۲۸/۴	۲۸/۰۲	۲۸/۲۸	۲۸/۲۶	۲۷/۹۵	۲۸/۸	۲۹/۴	۳۲/۲۵	۳۶/۹۲
فصل سوم	۲۳/۸۷	۲۳/۷۶	۲۳/۸۲	۲۴/۱	۲۴/۰۸	۲۴/۲۲	۲۳/۵۵	۲۵/۹۶	۲۵/۸۱

جدول٤- متوسط دمای سطحی اندازه‌گیری شده در طبقات نورگیر ساختمان مینودر سه دوره فصلی سال ۱۳۸۷-۸۸

دمای سطحی Co	ط همکف	طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	ط چهارم	ط پنجم	جداره نورگیر
فصل اول	۲۲/۷۲	۲۳/۴۴	۲۵/۱۲	۲۴/۹۸	۲۶/۶۸	۳۰/۱۶	۳۰/۳
فصل دوم	۲۷/۹۲	۲۹/۶	۳۰/۷۶	۳۰/۰۴	۳۲/۲۴	۴۰/۸۳	۴۸/۶
فصل سوم	۲۲/۵	۲۲/۶	۲۳/۱۸	۲۳/۷۲	۲۵/۸۲	۳۲/۶	۳۹/۱۶

بـه ۳۳C° رسـیده اند. از نـکات قابل توجه در این نورگیرآن اسـت که طبقات نسـبت به روشـن یا خاموش بودن سامانه تهویه مطبوع واکنشی نداشته و عملاً متأثر از شرائط کالبدی خود یا دمای بیرون رفتار کرده اند. همچنین طبقه ششم در زمستان دارای افزایش دمائی بیش از طبقه‌ی بالای خود بوده که به معنای سرد شدن طبقه آخر و انباشت حرارت بین طبقات پنجم و هفتم است. این روند در زمستان تشـدید شـده و در عمل باعث خرد شدن شیشـه‌های دوجداره در طبقه ششـم شده اسـت. این وضعیت در نورگیر ساختمان مینو به نحو شدید و متفاوتی مشاهده می‌شود. این نورگیر نیز در ماه گرم در بالای حد آسـایش قرار داشـته و طبقات فوقانی بین ۵ تا ۲۰C° نسـبت به دمای بیرون گرم تر بوده اند. همچنین این طبقات تاثیری از سامانه‌ی تهویه مطبوع نمی‌پذیرند. انباشت حرارت در طبقه آخر نورگیـر، دمای ۶۱C°، را می‌توان ناشـی از ابعـاد کوچک نورگیر و جذب حرارت داخلی و خورشـیدی بالا، عدم تهویه و ماندگاری هوا در این نورگیر دانست. بدین ترتیب طبقات بالای نورگیر در ماه گرم، نمی‌توانند تمامی انرژی جذب شـده روزانه را تخلیه نمایند و آن را تا سـاعات اداری روز بعـد نگهداری می‌کنند. با ایـن حال ترتیب و توزیع دمائی در طبقات متناسـب با افزایش ارتفاع بوده اسـت. این در حالی است که طبقات تحتانی از سامانه تهویه‌ی مطبوع و وجود درب ورودی تاثیرپذیرفته، به دمائی پائین تر از دمای بیرون رسیده و در محدوده آسـایش قرار گرفته اند. برخلاف نورگیر سـاختمان پژوهشکده، در زمستان این نورگیر دچار اغتشاش دمائی شدید بین طبقات اسـت چنان که بین طبقات تحتانی و فوقانی ۱۵ تا ۲۰ درجه تفـاوت دما وجـود دارد. در حقیقت اتلاف دمائـی طبقات تحتانی و جذب حرارت در طبقات قوقانی ناشی از این تفاوت شدید بوده است. بـه طور کلی، کاهش دما در نورگیر پژوهشـکده نسـبت به نورگیر سـاختمان مینو را می‌توان در اثر افزایش سـطح شیشـه گذاری و حجم نورگیر نسـبت به بار داخلی و درنتیجـه افزایش میزان تبادل حرارتی توجیه نمود. با مقایسـه میانگین دمای طبقات شباهت هائی بین دو نورگیر مشاهده می‌شود که دو نورگیر محدوده‌ی معینی از تغییرات دمائی ۱۵ تا ۳۵C° را حفظ نموده و در ماههای سرد نسبت به دمای خارج توان نگهداری حرارتی داشته و در حقیقت عملکردی تعدیل کننده داشـته اند. در طـول ماههای گرم دمای طبقات نورگیر مینو روندی کاهنده داشـته و نورگیر سـاختمان پژوهشکده با یک مـاه تاخیر در برابر افزایش دما مقاومت کرده اسـت. اگرچه طبقات میانی و تحتانی نورگیر ساختمان مینو در ماههای سرد در زیر حد آسایش قرار داشته اند اما نسبت به دمای بیرون بین ۵تا۱۰C° بالاتر بوده اند.

۲- مطابق شـکل ۶، مشاهده می‌شود که در هر دو نورگیر میزان رطوبت نسبی در تابستان بیشتر و در زمستان کمتر از بیرون بوده اسـت. با وجود آن که این مقدار بین ۱۸ تا ۲۸٪ نوسان نموده است، اما تحت تاثیر تغییرات رطوبت بیرون نیز قرار داشـته اسـت. با این حال رطوبت نسبی در مقایسه ماه گرم و سرد در مرز آسایش بوده و متناسب با افزایش دمای طبقات رو به کاهش نهاده است. هر اندازه اغتشاش دمائی در نورگیر مینو بیشتر بوده است، در میزان رطوبت نسبی آن نیز همین شرایط وجود دارد.

۳- براساس مطالعات گیونی (۱۹۹۸)، ویژگی‌های درونی ساختمان شامل جرم حرارتی دیوارها وسقف‌ها و کلیه عناصر سازه ای، رنگ و بافت سـطوح بر روی دمای درونی هوا تاثیر داشـته و می‌توانند بخش از حرارت درون ساختمان را در خود ذخیره ساخته و در یک بازه زمانی مشـخص که به ظرفیت حرارتی جسـم و اختلاف دمای محیط بستگی دارد، آن حرارت را به محیط سرد باز بتابانند. اندازه گیری‌هـای دمای سـطحی از دیوارهای داخلی نورگیرها شـرائطی کمتر یا مساوی و دمای کف را بین ۲C°-۵ کمتر از دمای هوا نشان داده اسـت. مقایسه این جداول با نمودارهای موجود نشان می‌دهند که سـطوح در ساعات میانه روز دمائی نزدیک به دمای هوا یافته و در ساعات بعد ازظهر در حالت باز تابش قرار می‌گیرند. از آنجا که لایه‌های‌های هوا به صـورت پایدار و بدون وجود امکان تهویه هوا استقرار یافته اند، شرائط افزایش دما و کاهش میزان رطوبت درون نورگیر تشدید گردیده است.

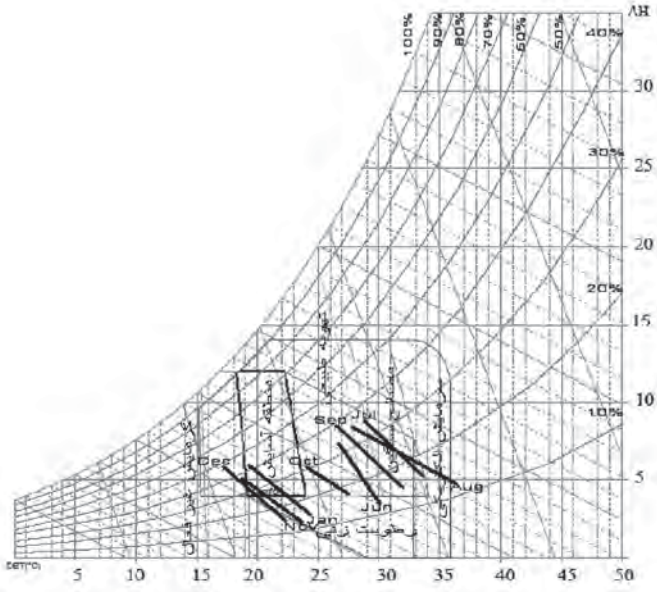
۵-۱ شرایط آسایش در نورگیرهای مورد مطالعه

برای بررسـی شرایط آسـایش از نمودار زیست اقلیمی گیونی۳ اسـتفاده شده است. منطقه آسـایش با توجه به میزان فعالیت بدنی متوسط و پوشش معمولی در ترسیم شده و پس از انتقال داده‌های دمائی – رطوبتی، نتایج ذیل درک می‌شود:

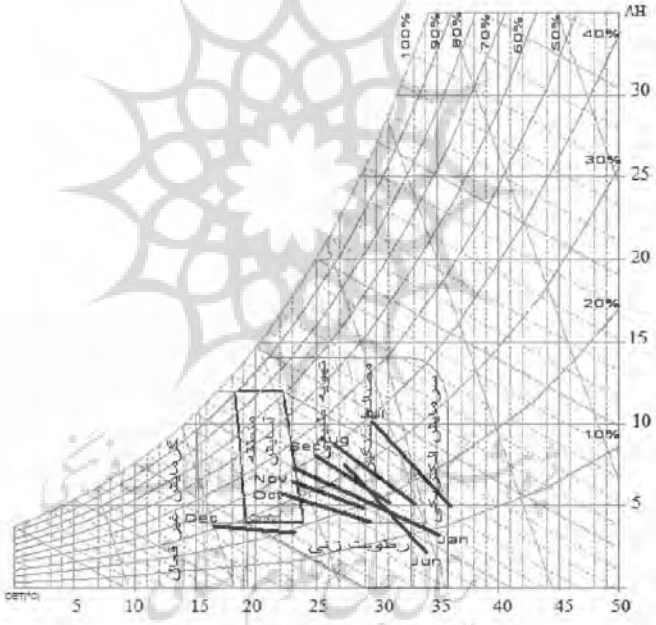
مطابق شـکل ۷، به استثناء ساعات صبحگاهی ماههای آبان، آذر و دی، نورگیر ساختمان پژوهشـکده در خارج از محدوده آسایش قرار داشـته و در طول روز نیازمند رطوبت و در طول شب نیازمند وجود مصالح سنگین جهت تهویه شبانه است. در صورت عدم ایجاد سـایه اندازی در نورگیر، در ماههای گرم تیر و مرداد به کارگیری سـامانه‌های سـرمایش تبخیری الکتریکی الزامی است. همچنین به کارگیری سـامانه تهویه مطبوع نیز دراین نورگیر بی مورد اسـت. در نورگیر سـاختمان مینو شرائط تشـدید جذب حرارت پدید آمده و شـرائط اقلیمی نورگیر را از منطق آسـایش دور کرده اسـت به نحـوی که این نورگیر تنها در سـاعات صبحگاهـی ماههای مهر و آبان در منطقه آسایش قراردارد. شرائط در ماههای گرم چنان است که نورگیر از محدوده اسـتفاده از سـرمایش الکتریکی تبخیری نیز عبور کرده و در سـاعات کوتاهـی از میانـه‌ی روز در خرداد ماه، نیازمند سامانه تهویه مطبوع بوده و در دیگر ماههای مطالعه نیازمند رطوبت زنی، تهویه طبیعی و شبانه و مصالح سنگین بوده است. در مـاه آذر و دی ماه نیز ایـن نورگیر نیازمند کنترل اتلاف حرارتی از طریق درب ورودی و جداره‌های شفاف است. نورگیرها به طور کلی در تمامی سـاعات اداری ماههای مورد مطالعه در محدوده آسایش قرار نداشـته اند. در مقایسـه نیز می‌توان مشاهده نمود که نورگیر ساختمان مینو تمایل به تشـدید حرارت و کاهش شدید رطوبت در ماههای گرم دارد و این نشـان از عدم تناسـب جذب حرارت داخل و خـارج با ظرفیت کالبدی این نورگیر اسـت در حالـی که نورگیر سـاختمان پژو هشکده شـرائط را در منطقه به کارگیری رو شهای ایستا مهیا ساخته و نیازمند سامانه‌های تاسیساتی نیست.

۶. نتیجه

در این مقاله به اهمیـت توجه به عملکرد اقلیمی فضاهای نورگیر داخلـی در سـاختمان‌های اداری تهران مورد بررسـی قرار گرفت. اندازه گیری‌های شـاخص‌های اقلیمی نشـان داد کـه توزیع دما و رطوبت در طبقات نورگیرها متفاوت بوده و به میزان جذب حرارت داخلی و خارجی و ابعاد نورگیر بستگی دارند. میزان رطوبت نسبی



شکل۷ : نمودار زیست اقلیمی نورگیر ساختمان پژوهشکده



شکل۸ : نمودار زیست اقلیمی نورگیر ساختمان مینو

در نورگیرها، به طور کلی، در مرز آسایش قرار داشته و با افزایش طبقات از میزان آن کاسته می‌شود. با وجود تاثیر شرایط بیرون بر شاخص‌های دمائی و رطوبتی، طبقات فوقانی و تحتانی نسبت به عملکرد تهویه مطبوع تاثیر نشان نمی‌دهند. با این حال در نورگیرهای با ابعاد کوچک طبقات تحتانی نسبت به وجود ورودی ساختمان و عملکرد سامانه تهویه تاثیر می‌پذیرند. به کارگیری سطوح شیشه‌ای وسیع اگرچه میزان روشنائی را درون نورگیر افزایش می‌دهد اما باعث تغییر در الگوی توزیع دما در طبقات فوقانی می‌گردد. بر اساس نمودار زیست اقلیمی ساختمانی و در مقایسه‌ی نورگیرها، میزان رطوبت نسبی در پائین مرز آسایش بوده و نیازمند رطوبت‌زنی در تمامی ماهها، به ویژه در اواسط روز، و استفاده از گیاهان با توانائی تبخیر بالا هستند. این نیاز در نورگیر با حجم هوای کم و بار داخلی بالا منجر به استفاده از سامانه الکتریکی در ماه خرداد شده است. با توجه به عدم وجود بازشو در جداره خارجی نورگیرها، تهویه طبیعی درون نورگیرها وجود نداشته و ماندگاری هوا تاثیر حرارت را بر محیط داخلی نورگیر تشدید کرده است. در ساعات ابتدای روز دمای سطوح به دمای هوا نزدیک شده و تابش حرارت بر دمای داخلی نورگیر می‌افزاید. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که فضاهای نورگیر موجود در ساختمان‌های اداری شهر تهران نه تنها عملکرد اقلیمی قابل قبولی ندارند بلکه باعث اختلال در آسایش انسانی می‌شوند. با این حال به کارگیری روش‌های ایستا مانند ایجاد سایه اندازی، رطوبت زنی، و برقراری تهویه شبانه می‌تواند عملکرد اقلیمی نورگیرهای داخلی ساختمان‌های اداری را تا حد قابل توجهی بهبود بخشد.

پی‌نوشت

1. Data Logger

۲. این دستگاه‌ها مورد تائید سازمان بهینه سازی سوخت بوده و در اختیار دانشکده معماری و شهر سازی دانشگاه علم و صنعت ایران است.

3 .Givoni's Chart

8 Low Emission

فهرست منابع:

مدی، حسین (۱۳۸۶)، بازنگری در طراحی فضاهای واسط: آتریوم‌ها، معماری و فرهنگ، ۳۰، ص۹۸.

Abdullah، A.، Q. Meng، L.Z.، and Fan، W. (2009)، Field Study on Indoor Thermal Environment in an Atrium in Tropical Climates، Building and Environment، 44: pp. 431–436.

Aldawoud، A. and Clark، R. (2007)، Comparative Analysis of Energy Performance between Courtyard and Atrium in Buildings، Energy and Building، 40: pp. 209–214.

Atif، Morad (1994)، Top Glazed Public Spaces، Amenities، Energy، Costs and Indoor Environment، Construction Canada، 36(1): pp. 43–47.

Bajracharya، Susan (1997)، Computer Simulation of Thermal Behavior of Atriums، Department of Mechanical Engineering، Alberta، Canada، University of Calgary.

Baker، N. and Steemers، K. (1999)، Energy and Environment in Architecture، E & FN Spon، pp. 64 –66.

Bednar، M.J. (1986)، The New Atrium، New York، USA: McGraw–Hill Inc.

Etzion، Y.، Pearlmutter، D.، Erell، E. and Meir، A. (1997)، Adaptive Architecture: Integrating، Low– Energy Technologies for Climate Control in Desert، Automation in Construction، 6: pp. 417–425.

Givoni، B. (1998)، Climate Considerations in Building and Urban Design، Van Nostrand Reinhold، pp. 78–81.

Gratia، E. and De Herde، A. (2002)، Solar Energy in European Office Buildings، Mid–Career Education، www.erg.ucd.ie/mid_career/pdfs/tech_mod_2. pdf.

Meder، S. (2003)، Green Office، University of Hawaii، School of Architecture، www.durp.hawaii.edu/ green_office.

Wall، M. (1996)، Climatic and Energy Use in Glazed Spaces، Wallin & Dalholm Boktryckeri، Lund، Sweden.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی