

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:

هدف از این مقاله بیان عملکرد اقلیمی نورگیرهای داخلی ساختمانهای اداری تهران است. برای درک رفتار اقلیمی نورگیرهای داخلی از مطالعات میدانی برای اندازه گیری شاخصهای محیطی استفاده شد. ساختمانهای اداری انتخاب شده با ویژگیهای متفاوت مورد بررسی و مقایسه تحلیلی با توجه به محدوده آسایش انسانی قرار گرفتند. برای این کار از نرم افزار کام سافت استفاده شده است. ترتیب و توزیع حرارتی در طبقات نورگیرها نشان داد که نورگیرها از تغییرات دمای بیرون، تنها در طبقات بالا تاثیرپذیرفته و طبقات میانی و تحتانی با تغییر میانگین دمای بیرون همبستگی دارند. مساحت سطوح شفاف در تبادل و جذب حرارتی نقش مهمی داشته و بر جابجائی لایه‌های هوای گرم درون نورگیر تاثیر دارد. وضعیت رطوبت نسبی در نورگیرها با افت شدید مواجه بوده که در زمستان تشدید می‌شود. در این فضاها جریان هوای رو به بالا وجود نداشته و ماندگاری هوا با انباشت 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 نشان دهنده ظرفیت کم عناصر سازه‌ای درون نورگیر و تشدید حرارت به واسطه وجود حرارت داخلی است. به طور کلی، نورگیرهایی 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 و صنعت ایران
- ۲- استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران
- ۳- دانشجوی دکتری معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران

۱. مقدمه

نورگیرهای عظیم و بلند امروزی نتیجه گسترش دانش و تجارب انسان نسبت به محیط پیرامون و تامین شرایط آسایش در مناطقی با شرایط جوی سخت و نامناسب است. گسترش و فراگیری فضاهای آتریومی در معماری مدرن نیز در پی استقبال عمومی از آنها پدید آمد. (Bednar, 1986: 5) با این حال بحران انرژی در دهه هفتاد قرن بیستم، ایجاد فضاهای شیشه‌ای را در ابهام فرو برد و موضوع عملکرد اقلیمی فضاهای عمومی با حداقل مصرف انرژی مطرح گردید. پژوهش‌های متعدد، نقش دوگانه فضاهای آتریومی و عملکرد پیچیده آنها را در ایجاد ریز اقلیم‌های ساختمانی تأیید نمود (مدی، ۱۳۸۶). از یک طرف جذب حرارت در این فضاها، در تابستان بار سرمایش را افزایش می‌دهد و از سوی دیگر گرمای نگهداری شده در این فضاها، در زمستان همراه با اتلاف حرارت، نیاز به گرمایش فضاهای مجاور را کاهش داده است. (Meder, 2003) بررسی‌های دقیق تر نشان می‌دهد که عملکرد اقلیمی نورگیرها متفاوت از شرایط پیرامونی و متاثر از آن بوده و در کاهش نیاز به سرمایش، گرمایش، و تهویه مکانیکی قابل توجه است (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 متعدد کالبدی و محیطی دارد. بنابراین کارشناسان را نیازمند انجام مطالعات میدانی و بهره‌گیری از نرم افزارهای شبیه‌ساز نموده است. صحت و دقت محاسبات این نرم افزارها همواره بر اساس اندازه‌گیری‌های میدانی با تجهیزات استاندارد قابل بررسی است (Bajracharia, 1997). در روش‌های میدانی نمونه‌های مورد مطالعه در دوره‌های معین یا در تمام طول سال توسط دستگاه‌های ثبت‌کننده^۱ تحت نظر قرار گرفته و دما، رطوبت نسبی، دمای سطحی، و جریان هوا هم‌زمان با شرایط آب و هوایی بیرون اندازه‌گیری می‌شوند. سپس نتایج در نمودارهای استاندارد مورد تحلیل عملکردی قرار می‌گیرند (Atif, 1994; Etzion, 1997). همچنین در این مطالعات تغییرات موردی در متغیرهای مستقل مانند نصب یا تعویض سایه بان‌های جهت کاهش کنترل جذب خورشیدی، به کارگیری آب پاش برای کاهش دمای سطح پوسته خارجی، و تغییر نوع مصالح و شیشه‌گذاری انجام شده و نتایج برای رسیدن به محدوده آسایش و حداقل مصرف انرژی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (Abdullah, 2009). در این مقاله ضمن ارائه روش تحقیق برای انجام مطالعات میدانی، نتایج تحقیق بر روی دو ساختمان اداری متفاوت در تهران ارائه می‌گردد. بدین ترتیب وضعیت عملکرد اقلیمی نورگیرها در شرایط مختلف کالبدی مورد مقایسه قرار گرفته و با درج نتایج در نمودار زیست اقلیمی، عملکرد نورگیرها نسبت به محدوده آسایش انسانی بررسی می‌شوند.

۲. روش و ابزار تحقیق

روش تحقیق مورد استفاده در این مقاله بر اساس یک روند تجربی، اندازه‌گیری میدانی و تحلیل مقایسه‌ای است. در ابتدای مطالعه عمومی از شرایط اقلیمی محدوده مرکزی، اقلیم نیمه گرم

و خشک، و نحوه استقرار نورگیرهای داخلی در ساختمان‌های اداری تهران انجام شده و سپس دو ساختمان اداری دارای نورگیر داخلی با ساختار شکلی، سازه‌ای و ظرفیتی متفاوت انتخاب شدند. اندازه‌گیری‌ها در دوره‌ی یک ساله و در هر ماه انجام شد. در هر دو ساختمان دستگاه‌های ثبت داده‌های محیطی، پس از تنظیم و آماده‌سازی، برای اندازه‌گیری دما، رطوبت، سرعت هوا و دمای سطحی استفاده شده و در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین نصب گردیدند. این دستگاه‌ها هر ۱۵ دقیقه شرایط محیطی را ثبت و در خود ذخیره می‌نمودند. از آنجا که دوره‌های کاری در ساختمان‌های اداری دارای ساعات مشخصی است و شهر تهران نیز از شرایط اقلیمی نسبتاً پایداری برخوردار است، در هر ماه چهار روز میانی آخر هفته و ابتدای هفته بعد برای اندازه‌گیری و نمونه برداری انتخاب شدند. بدین ترتیب تأثیر 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 هوا و اثر دودکش و چگونگی ایجاد میانگین حرارت تابشی از دستگاه‌های متناسب استفاده شد.^۲ 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 مقایسه قرار گرفت. میانگین داده‌های دمائی - رطوبتی ماهانه هر نورگیر بر روی نمودار زیست اقلیمی ساختمانی ترسیم گردید تا شرایط اقلیمی درون نورگیرها نسبت 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 شهر تهران از نظر موقعیت جغرافیائی بین ۵۱ درجه و ۸ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی و از ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. میانگین ارتفاع آن از سطح دریاهای آزاد ۱۴۰۰ متر بوده و بین رشته کوه‌های البرز مرکزی از شمال 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 شده در ده سال اخیر در ایستگاه مهرآباد ۴۰/۸۷ در ماه‌های ژوئن و جولای و پائین‌ترین آن ۵/۷۸- در ماه‌های دسامبر تا ژانویه بوده است. میانگین بارش سالانه هم در این مدت ۲۲۳/۳ میلیمتر بوده است. میانگین ده ساله رطوبت نسبی بین ۲۰ تا ۶۱٪ تغییر کرده است که نشان از خشکی نسبی هوا در ماه‌های گرم سال است. با توجه به میانگین ساعات آفتابی موجود در این شهر 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 داشت (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 نظر پهنه بندی اقلیمی ایران در گروه ۵-۲ اقلیم نسبتاً سرد نیمه گرم و خشک قرار می‌گیرد.

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

ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	
۸	۱۱	۱۵	۲۳	۲۸	۳۴	۳۶/۵	۳۶	۳۱/۵	۲۴	۱۶	۱۲	میانگین دمای بیشینه C
۱	۲/۵	۶	۱۳	۱۷	۲۲	۲۴	۲۴	۲۰/۵	۱۴	۸	۳/۵	میانگین دمای کمینه C
۴/۵	۶/۷۵	۱۰/۵	۱۸	۲۲/۵	۲۸	۳۰/۲۵	۳۰	۲۶	۱۹	۱۲	۷/۷۵	میانگین دما C
۶۱/۹	۵۴/۹	۴۹/۴	۴۰/۱	۳۵/۲	۲۹/۶	۳۰/۷	۳۰/۴	۳۲/۳	۴۰/۸	۵۱/۳	۶۲/۷	رطوبت نسبی %
۵/۳۷	۵/۵۹	۶/۴۹	۸/۱۸	۱۰/۰۳	۱۱/۲۶	۱۱/۲۵	۱۱/۱۳	۹/۵۳	۸/۱۶	۶/۰۳	۴/۵۷	ساعت آفتابی h/day
۱۷/۲	۱۷/۸	۱۸/۴	۲۱/۱	۲۳/۲	۲۵/۱	۲۵/۳	۲۵/۱	۲۳/۳	۲۰/۷	۱۸/۲	۱۶/۴	تابش خورشید MJ/M ² d

۲-۳ نورگیرهای داخلی در ساختمانهای اداری تهران

بطور کلی در ساختمانهای اداری تهران الگوی استفاده از نورگیرهای داخلی به صورت O شکل، 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 روشنایی روز را برای راهروها تامین می‌کنند. همچنین در برخی از این ساختمان‌ها محل پذیرش مراجعان در طبقه همکف انجام می‌پذیرد. ترکیب بندی نورگیرها شامل سازه‌های فولادی با قاب آهنی یا آلومینیومی با جداره‌ی شیشه‌ای تک یا دو جداره است. معمولاً نورگیرها از نظر عایق بندی حرارتی، هوا بندی و آب بندی دارای مشکل بوده و پدیده نشستی هوا، ورود باران، و میعان بخار آب مشاهده شده و از سامانه‌های سایه بانی استفاده نشده است. در غالب نورگیرهای ساختمان‌های اداری در چپه‌های 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.

۱-۴ توضیح نمونه‌های موردی

ساختمان پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته ۸ طبقه داشته و در ارتفاع ۱۲۲۰ 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 مجاور خود محصور شده و از آن به بعد به شکل U در آمده و گشایش به سمت غرب می‌یابد. سازه ساختمان فلزی است و قابهای آلومینیومی شیشه‌ی دو جداره به سازه فولادی نورگیر اتصال یافته است. باز شوئی 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 در تمامی 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 قرار گرفته است. این ساختمان با سازه‌ای فلزی دارای نورگیر U شکلی است که به سمت شرق گشایش یافته است. نورگیر دارای عملکرد پذیرش 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 شفاف از پلیکسی گلاس و فاقد امکانات سایه اندازی است. نورگیر در تمامی طبقات دارای کانال‌های تهویه مطبوع بوده اما باز شوهای 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 اندازه‌گیری‌ها 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 آلومینیومی پوشیده شده و در محلی به دور کوران هوا و در ارتفاع یکسان با دستگاه‌های داخلی نصب گردید. در هر دوره 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 اندازه‌گیری 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

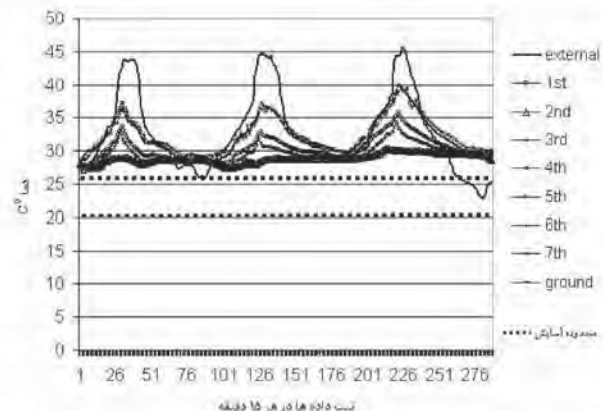
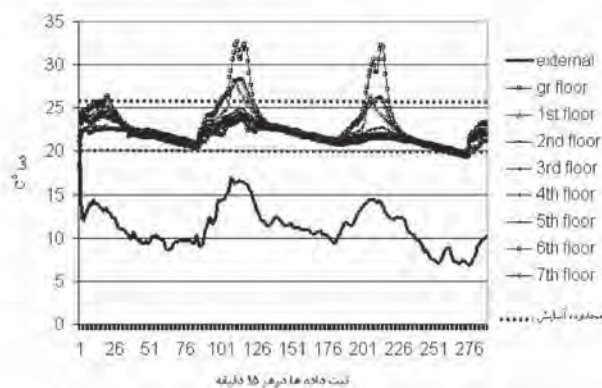
با اغتشاش دمائی بین طبقات، دچار تغییرات شدید رطوبتی بوده است.

■ 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 سرعت $1/m/s$ ثبت شده است. در طبقات همکف و اول نورگیر این جریان تنها به $0.5 m/s$ رسید و با افزایش طبقات این میزان تا حد صفر کاهش یافت. این میزان در تمام دفعات اندازه‌گیری ثابت بوده و نشانه‌ای از پدیده مکش در طبقات نورگیر مشاهده نشد.

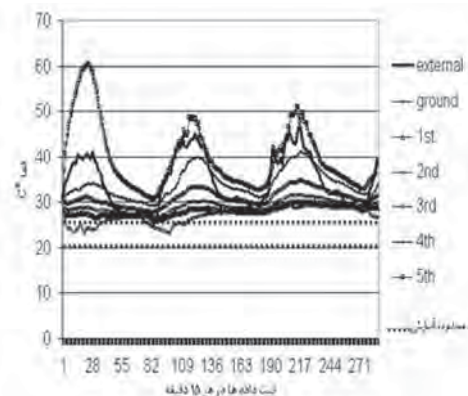
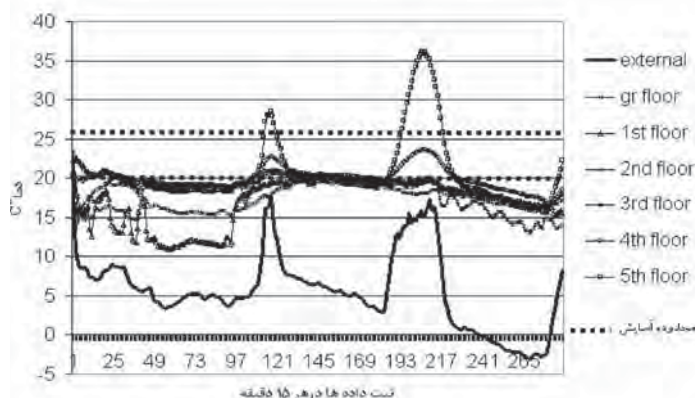
■ اندازه‌گیری دمائی سطحی دیوارها در نقاط مهمی در طبقات

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 دمائی طبقات با دمائی بیرون مقایسه شده‌اند.

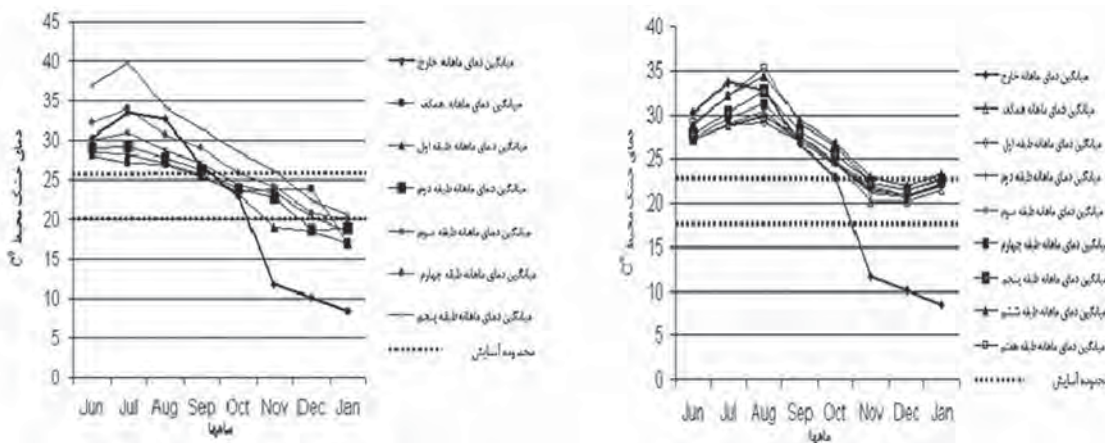
■ مطابق شکل ۶ تغییرات میانگین رطوبت نسبی اندازه‌گیری شده در دو نورگیر در طول دوره مطالعه ترسیم شده است. اندازه‌گیری‌ها هم زمان با ثبت دمائی محیط داخلی نورگیر و بیرون انجام شده است. تغییرات رطوبت نسبی در نورگیر ساختمان پژوهشکده از روندی متعادل برخوردار بوده و به تناسب دمائی طبقات با کاهش همراه بوده است.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



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



شکل ۴. تغییرات دمائی خارج و داخلی نورگیر ساختمان مینو، راست: تیر ماه: چپ: دی ماه



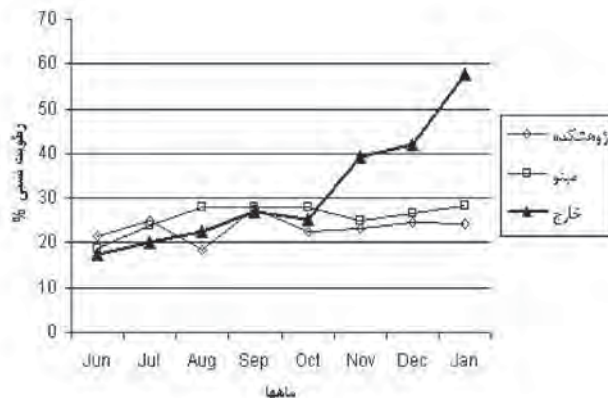
شکل ۵. تغییرات میانگین دمای ماهانه در نورگیرها و بیرون، راست: پژوهشکده: چپ: ساختمان مینو

معادل با بیرون داشته اند. در این نورگیر بین ۵ تا ۱۰°C درجه طبقات فوقانی و بین ۱۵ تا ۲۰°C 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 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 و در زمستان

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



شکل ۶: تغییرات میانگین رطوبت نسبی نورگیرهای مورد مطالعه

جدول ۳- متوسط دمای سطحی اندازه گیری شده در طبقات نورگیر ساختمان پژوهشکده در سه دوره فصلی سال ۱۳۸۷-۸۸

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

جدول ۴- متوسط دمای سطحی اندازه گیری شده در طبقات نورگیر ساختمان مینو در سه دوره فصلی سال ۱۳۸۷-۸۸

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

و بافت سطوح بر روی دمای درونی هوا تاثیر داشته و می‌توانند بخش از حرارت درون ساختمان را در خود ذخیره ساخته و در یک بازه زمانی مشخص که به ظرفیت حرارتی جسم و اختلاف دمای محیط بستگی دارد، آن حرارت را به محیط سرد باز بتابانند. اندازه گیری‌های دمای سطحی از دیوارهای داخلی نورگیرها شرائطی کمتر یا مساوی و دمای کف را بین 2°C - 5°C کمتر از دمای هوا نشان داده است. مقایسه این جداول با نمودارهای موجود نشان می‌دهند که سطوح در ساعات میانه روز دمائی نزدیک به دمای هوا یافته و در ساعات بعد از ظهر در حالت باز تابش قرار می‌گیرند. از آنجا که لایه‌های هوا به صورت 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 بررسی شرایط آسایش از نمودار زیست اقلیمی گیونی ۳ استفاده شده است. منطقه آسایش 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 شکل ۷، به استثناء ساعات صبحگاهی ماههای آبان، آذر و دی، نورگیر ساختمان پژوهشکده در خارج از محدوده آسایش قرار داشته و در طول روز نیازمند رطوبت و در طول شب نیازمند وجود مصالح سنگین جهت تهویه شبانه است. در صورت عدم ایجاد سایه اندازی در نورگیر، در ماههای گرم تیر و مرداد به کارگیری سامانه‌های سرمایه‌گذاری تأخیری الکتریکی الزامی است. همچنین به کارگیری سامانه تهویه مطبوع نیز در این نورگیر بی مورد است. در نورگیر ساختمان مینو شرائط تشدید جذب حرارت پدید آمده و شرائط اقلیمی نورگیر را از منطق آسایش دور کرده است به نحوی که این نورگیر تنها در ساعات صبحگاهی ماههای مهر و آبان در منطقه آسایش قرار دارد. شرائط در ماههای گرم چنان است که نورگیر از محدوده استفاده از سرمایه‌گذاری تأخیری نیز عبور کرده و در ساعات کوتاهی از میانه‌ی 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 ماه آذر و دی نیز این نورگیر نیازمند کنترل اتلاف حرارتی از طریق درب ورودی و جداره‌های شفاف است. نورگیرها به طور کلی در تمامی ساعات اداری ماههای مورد مطالعه در محدوده آسایش قرار نداشته‌اند. در مقایسه نیز می‌توان مشاهده نمود که نورگیر ساختمان مینو تمایل به تشدید حرارت و کاهش شدید رطوبت در ماههای گرم دارد و این نشان از عدم تناسب جذب حرارت داخل و خارج با ظرفیت کالبدی این نورگیر است در حالی که نورگیر ساختمان پژوهشکده شرائط را در منطقه به کارگیری رو شهای ایستا مهیا ساخته و نیازمند سامانه‌های تاسیساتی نیست.

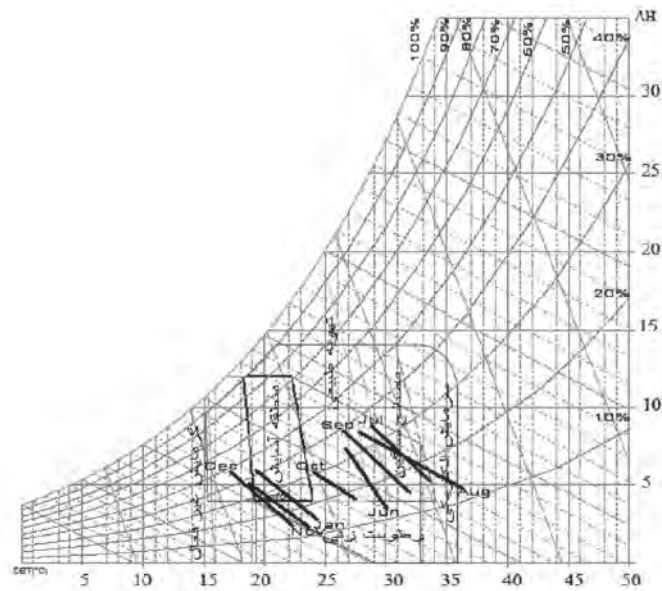
۶. نتیجه

در این مقاله به اهمیت توجه به عملکرد اقلیمی فضاهای نورگیر داخلی در ساختمان‌های اداری تهران مورد بررسی قرار گرفت. اندازه گیری‌های شاخص‌های اقلیمی نشان داد که 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

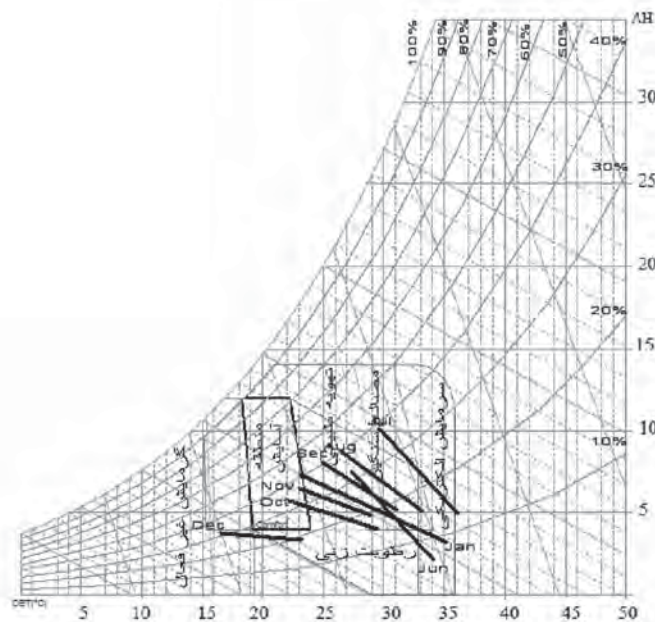
به 33°C رسیده‌اند. از نکات قابل توجه در این نورگیر آن است که طبقات نسبت به روشن یا خاموش بودن سامانه تهویه مطبوع واکنشی نداشته و عملاً متأثر از شرائط کالبدی خود یا دمای بیرون رفتار کرده‌اند. همچنین طبقه ششم در زمستان دارای افزایش دمائی بیش از طبقه‌ی بالای خود بوده که به معنای سرد شدن طبقه آخر و انباشت حرارت بین طبقات پنجم و هفتم است. این روند در زمستان تشدید شده و در عمل باعث خرد شدن شیشه‌های دوجداره در طبقه ششم شده است. این وضعیت در نورگیر ساختمان مینو به نحو شدید و متفاوتی مشاهده می‌شود. این نورگیر نیز در ماه گرم در بالای حد آسایش قرار داشته و طبقات فوقانی بین 5°C تا 20°C نسبت به دمای بیرون گرم تر بوده‌اند. همچنین این طبقات تأثیری از سامانه‌ی تهویه مطبوع نمی‌پذیرند. انباشت حرارت در طبقه آخر نورگیر، دمای 16°C ، را می‌توان ناشی از ابعاد کوچک نورگیر و جذب حرارت داخلی و خورشیدی بالا، عدم تهویه و ماندگاری هوا در این نورگیر دانست. بدین ترتیب طبقات بالای نورگیر در ماه گرم، نمی‌توانند تمامی انرژی جذب شده روزانه را تخلیه نمایند و آن را تا ساعات اداری روز بعد نگهداری می‌کنند. با این حال ترتیب و توزیع دمائی در طبقات متناسب با افزایش ارتفاع بوده است. این در حالی است که طبقات تحتانی از سامانه تهویه‌ی مطبوع و وجود درب ورودی تأثیر پذیرفته، به دمائی پائین تر از دمای بیرون رسیده و در محدوده آسایش قرار گرفته‌اند. برخلاف نورگیر ساختمان پژوهشکده، در زمستان این نورگیر دچار اغتشاش دمائی شدید بین طبقات است چنان که بین طبقات تحتانی و فوقانی 15° تا 20° درجه تفاوت دما وجود دارد. در حقیقت اتلاف دمائی طبقات تحتانی و جذب حرارت در طبقات فوقانی ناشی از این تفاوت شدید بوده است. به طور کلی، کاهش دما در نورگیر پژوهشکده نسبت به نورگیر ساختمان مینو را می‌توان در اثر افزایش سطح شیشه گذاری و حجم نورگیر نسبت به بار داخلی و در نتیجه افزایش میزان تبادل حرارتی توجیه نمود. با مقایسه میانگین دمای طبقات شباهت هائی بین دو نورگیر مشاهده می‌شود که دو نورگیر محدوده‌ی معینی از تغییرات دمائی 15° تا 25°C را حفظ نموده و در ماههای سرد نسبت به دمای خارج توان نگهداری حرارتی داشته و در حقیقت عملکردی تعدیل کننده داشته‌اند. در طول ماههای گرم دمای طبقات نورگیر مینو روندی کاهنده داشته و نورگیر ساختمان پژوهشکده با یک ماه تأخیر در برابر افزایش دما مقاومت کرده است. اگرچه طبقات میانی و تحتانی نورگیر ساختمان مینو در ماههای سرد در زیر حد آسایش قرار داشته‌اند اما نسبت به دمای بیرون بین 5°C تا 10°C بالاتر بوده‌اند.

۲- مطابق شکل ۶، مشاهده می‌شود که در هر دو نورگیر میزان رطوبت نسبی در تابستان بیشتر و در زمستان کمتر از بیرون بوده است. با وجود آن که این مقدار بین 18 تا 28% نوسان نموده است، اما تحت تاثیر تغییرات رطوبت بیرون نیز قرار داشته است. 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 و سقف‌ها و کلیه عناصر سازه‌ای، رنگ



شکل ۷: نمودار زیست اقلیمی نورگیر ساختمان پژوهشکده



شکل ۸: نمودار زیست اقلیمی نورگیر ساختمان مینو

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.

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 دمایی 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 روشنایی 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 توانایی تبخیر بالا هستند. این نیاز در نورگیر با حجم هوای کم و بار

پی‌نوشت

1. Data Logger

۲. این دستگاه‌ها مورد تأیید سازمان بهینه‌سازی سوخت بوده و در اختیار دانشکده معماری و شهرسازی 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، ص ۹۸.

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.