آتریوم و روشنایی فضای داخلی ساختمان‌های اداری (بررسی تأثیر فرم سقف آتریوم بر دریافت روشنایی داخلی)*

مرضیه کاظم‌زاده** ـ وحید قبادیان*** ـ منصوره طاهباز****

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۱۰
تاریخ پذیرش نهایی: ۹۳/۹/۱۰

چکیده

امروزه یکی از اساسی‌ترین موضوعات در معماری مدرن، تأمین روشنایی فضاهای اداری توسط روشنایی روز می‌باشد. بررسی‌های انجام شده بیانگر این مسئله است که استفاده از بازشوهای سقفی، به ویژه ایده‌ی استفاده از آتریوم برای بهره‌مندی از نور طبیعی، نه تنها باعث افزایش روشنایی داخلی می‌شود، بلکه در کاهش مصرف انرژی ساختمان نیز مؤثر است. مقاله‌ی حاضر در پی بررسی تأثیر نوع و شکل سقف آتریوم بر میزان دریافت روشنایی داخلی ساختمان‌های اداری واقع در اقلیم گرم و خشک می‌باشد. با توجه به سابقه‌ی تاریخی آتریوم و بازگشت ایده‌ی آن به حیاط مرکزی، برای انجام این تحقیق ابتدا بر اساس مطالعات انجام شده بر روی خانه‌های سنتی شهر کرمان و به دست آوردن تناسبات حیاط مرکزی این شهر، تناسبات آتریوم مدل به دست آمد؛ سپس به کمک نرم افزار شبیه‌ساز ریدینس تأثیر شکل سقف سه نمونه‌ی متداول آتریوم و تغییر ارتفاع ساختمان که به عنوان متغیرهای اصلی این تحقیق در نظر گرفته شده‌اند را بر شرایط روشنایی داخلی آن در جهت بهبود وضع دریافت روشنایی داخلی مورد آزمایش قرار می‌دهد. در این تحقیق شرایط آسمان آفتابی برای شرایط شبیه‌سازی در نظر گرفته شده و سپس نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی با هم مقایسه و تجزیه و تحلیل می‌شود.

واژگان کلیدی: ساختمان اداری، نور روز، شکل سقف آتریوم، شبیه‌سازی.

* مقاله‌ی حاضر برگرفته از رساله‌ی دکتری نویسنده‌ی مسئول به راهنمایی نویسنده‌ی دوم و مشاوره‌ی نویسنده‌ی سوم در دانشکده‌ی هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز می‌باشد.

** دانشجوی دکترای معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
Email: marzie.kazemzade@yahoo.com
*** استادیار معماری، دانشکده‌ی هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد امارات، امارات متحده عربی، دوبی.
**** استادیار معماری، دانشکده‌ی معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

مقدمه

صرفه‌جویی در مصرف انرژی یکی از مهم‌ترین عوامل در طراحی ساختمان‌ها، به ویژه ساختمان‌های اداری، تجاری و هتل‌ها محسوب می‌شود (Yi et al., 2009). یکی از راهکارهای کاهش مصرف انرژی، تأمین روشنایی طبیعی داخل ساختمان می‌باشد. مطالب کلیدی در رابطه با روشنایی ساختمان‌ها سه مورد می‌باشند: دسترس‌پذیر بودن روشنایی در یک ساختمان، توزیع و پخش روشنایی در سرتاسر یک ساختمان و استفاده‌ی بهینه از روشنایی (Sharples & Lash, 2007; Littlefair, 2000). بیشتر کردن روشنایی ساختمان یکی از ویژگی‌های خوب آتریوم (فضایی که در میان یک ساختمان تعبیه می‌شود) می‌باشد و یکی از دلایل مهم جذاب شدن ساختمان‌های دارای آتریوم همین عامل است؛ این عامل به اندازه‌ی نقش آتریوم در بهبود محتوای معمارانه و اجتماعی یک ساختمان حائز اهمیت است (Hung & Chow, 2001; Littlefair, 2000; Sharples & Lash, 2007, 1999). مطالعات نشان می‌دهد که تا کنون کاربرد مناسب نور روز در آتریوم در اقلیم‌های سرد و معتدل و گرمسیری برای سطوح افقی و عمودی بررسی شده است (Sharples & Lash, 2007; Aizlewood, 1995; Wright & Letherman, 1998). با این حال برای رسیدن به عملکرد بهینه‌ی نور روز لازم است درک مناسبی از نحوه‌ی انتقال نورِ به داخل فضا به دست آورد. وقتی نقش روشنایی روز در مراحل مقدماتی طراحی در نظر گرفته شود، شکل آتریوم معمولاً اولین عامل کلیدی به حساب می‌آید، زیرا سخت‌ترین جنبه‌ی طراحی یک آتریوم احتمالاً همین سیستم‌ها می‌باشد. مقدار روشنایی که از طریق پوشش‌های بیرونی سقف وارد ساختمان می‌شود بستگی به شکل و ارتفاع آتریوم، نقاط کور، میزان بازتاب دیوارهای آتریوم و عبورپذیری سقف آتریوم دارد (Yunus et al., 2007; Sharples & Mahambrey, 1999). بنابراین این مقاله سعی در بررسی میزان تأثیر شکل و هندسه‌ی آتریوم ساختمان‌های اداری در اقلیم گرم و خشک ایران دارد؛ از طرف دیگر با توجه به اینکه تاریخچه‌ی آتریوم به حیاط مرکزی بر می‌گردد، لذا در این تحقیق مدل پایه‌ی نسبت آتریوم از تناسبات حیاط‌های مرکزی خانه‌های قدیمی شهر کرمان انتخاب شده است.

۱. پیشینه‌ی تحقیق

بررسی و تحقیق تأثیر عوامل محیطی بر روی عملکرد آتریوم و فضاهای مجاور آن از سال ۱۹۸۰ آغاز شد (Dua & Sharplesab, 2012; Samant, 2011)؛ این تحقیقات بیشتر برای حل مشکلات ایجاد شده جهت تأمین روشنایی و عملکرد حرارتی آتریوم در اقلیم‌های مختلف بوده است. آنچه که مشخص است عملکرد روشنایی در یک آتریوم پیچیده بوده که به هندسه، ویژگی‌های دیوار، سطوح کف، طبیعت سقف و شیشه‌ی آن بستگی دارد. در اکثر تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، بررسی‌ها بیشتر بر روی آتریوم‌هایی با سقف باز و بدون پوشش صورت گرفته است که شرایط این گونه آتریوم‌ها بسیار متفاوت‌تر از شرایط آتریوم‌های ساختمان‌های ساخته شده می‌باشد. بنابراین، تنها زمینه‌ای که روی آن مطالعه صورت نگرفته، آتریوم‌های پوشش‌دار می‌باشد (Yunus et al., 2007). با این وجود، یک سری تحقیقات مهم در مورد عملکرد روشنایی صورت گرفته که در آن‌ها ترکیبی از شکل سقف‌ها و سازه‌های داخلی به عنوان متغیرهای روشنایی مورد بررسی قرار گرفته است (Sharples & Shea, 1999, 2000; Sharples & Mahambrey, 1999, Calcagni & Paroncini, 2004)؛ اما هنوز نیاز به بررسی دقیق‌تر در این زمینه دیده می‌شود.

۲. بیان مسئله و روش تحقیق

در این تحقیق مدل پایه‌ی آتریوم از بررسی تناسبات حیاط مرکزی خانه‌های قدیمی کرمان به دست آمده و این نسبت برای طبقات متداول ساختمان‌های اداری دارای آتریوم این شهر (۲ الی ۴ طبقه) که ارتفاع هر طبقه ۳ متر در نظر گرفته شده است، مورد آزمایش قرار می‌گیرد. هدف، بررسی پارامترهای هندسه و شکل سقف در میزان هدایت نور به داخل فضای آتریوم می‌باشد. تغییرات هندسه‌ی آتریوم در جدول ۱ ارائه شده است. بررسی تأثیر نوع سقف آتریوم شامل سه نوع سقف مسطح با نورگیر از جانب (سقف صاف)، هرمی (ارتفاع سقف ۵۰ و زاویه‌ی ۲۰ درجه) و دندانه‌ای اریب رو به جنوب مورد بررسی قرار می‌گیرد. شایان ذکر است مدل سقف هرمی یکی از مدل‌های متداول اجرایی آتریوم در شهر کرمان با داشتن بیشترین میزان سطح شیشه‌خور می‌باشد. تمام این مدل‌ها توسط نرم افزار اکوتکت[1] مدل‌سازی شده و به کمک نرم افزار ریدنس[2] برای آنالیز روشنایی با هم مقایسه می‌شوند.

۳. ساختار مدل‌های مورد بررسی و شرایط شبیه‌سازی

۱ـ۳ـ ابعاد آتریوم

عملکرد نور روز در یک آتریوم به طور جدی به هندسه‌ی آن بستگی دارد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد، تغییرات مقادیر روشنایی به عنوان یک تابع نمایی بیان شده که شامل شاخص عمق چاه آتریوم (WI) می‌باشد (Aizlewood 19995 ،)؛ این شاخص بیانگر ارتباط بین مساحت روشنایی وارد شده و سطوح آتریوم است که به شکل زیر محاسبه

می‌گردد (فرمول ۱):

فرمول ۱: $WI=(h(w+l))/2wl$

h: ارتفاع آتریوم
l: طول آتریوم
w: عرض آتریوم

از دیگر شاخص‌های سنجش ابعاد آتریوم، نسبت طول به عرض آتریوم و نسبت مقطع آتریوم می‌باشد که براساس مطالعات انجام شده توسط میکائیل بدنار، برای تقسیم‌بندی فضای آتریوم و تناسبات داخلی آن با استفاده از رابطه‌ی بین طول و عرض و ارتفاع نتایج زیر حاصل شده است (فرمول‌های ۲ و ۳) (Bednar, 1986):

فرمول ۲: نسبت مقطعی (SAR)[۳] = ارتفاع/پهنا

فرمول ۳: نسبت پلانی (PAR)[۴] = پهنا/طول

براساس این نسبت‌ها، آتریوم‌ها را می‌توان به سه نوع زیر تقسیم‌بندی نمود:

۱ـ خطی[۵]: دارای PAR < ۰/۴
۲ـ مربعی[۶]: دارای PAR = ۱
۳ـ مستطیلی[۷]: دارای ۰/۴ < PAR < ۰/۹

در این مقاله شاخص عمق چاه آتریوم برای اشکال مختلف سقف آتریوم در سه ارتفاع مختلف (دارای نسبت متفاوت SAR) بررسی می‌شود. نسبت طول و عرض آتریوم پایه (PAR)[۸] پس از مطالعه بر روی تناسبات حیاط مرکزی خانه‌های قدیمی شهر کرمان معادل ۰/۸۵ محاسبه گردید (آتریوم مستطیلی). جدول ۱ ویژگی‌های هندسه‌ی آتریوم و شاخص چاه آن را نشان می‌دهد.

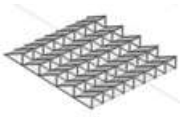
جدول ۱: مشخصات هندسی آتریوم‌های مورد بررسی

عرض (m)	طول (m)	ارتفاع (m)	شاخص عمق چاه (WI)	نسبت مقطع آتریوم (SAR)
۸,۵	۱۰	۶	۰,۶۵	۰,۷
۸,۵	۱۰	۹	۰,۹۸	۱
۸,۵	۱۰	۱۲	۱,۳	۱,۴

۲ـ۳ـ شکل و نوع سقف آتریوم

از دیگر عوامل تأثیرگذار بر میزان دریافت روشنایی داخل فضا شکل سقف آتریوم و میزان سطوح شیشه‌خور آن می‌باشد. در این تحقیق چهار نوع سقف مسطح، هرمی (ارتفاع سقف ۱ متر و زاویه‌ی ۲۰ درجه) و دندانه‌ای اریب رو به جنوب مورد بررسی قرار می‌گیرد. جدول ۲ شکل و تناسبات مدل‌های مورد نظر را نشان می‌دهد. پروفیل شیشه‌های تمامی سقف‌ها به میزان ۱۱% باعث کاهش نفوذ نور به داخل فضا می‌شود؛ همچنین نوع و رنگ شیشه در تمام سقف‌ها یکسان و ثابت در نظر گرفته شده است و میزان عبور نور شیشه[۹] برای شیشه‌ی تک‌جداره‌ی نیمه‌تمیز معادل ۷۰% در نظر گرفته شده است.

جدول ۲: شکل آتریوم‌های مورد بررسی

	سقف مسطح	سقف دندانه‌ای	سقف هرمی
تصویر سقف			
ارتفاع	۲ متر	۱ متر	۱ متر

سایر عوامل مؤثر بر میزان روشنایی داخل فضا، از جمله میزان انعکاس سطوح داخلی، در تمام مدل‌ها ثابت و در کمترین میزان برابر ۰/۲ در نظر گرفته شده است. این ضریب بر اساس مطالعات انجام شده بر روی آتریوم برای صرفه نظر کردن از تأثیر انعکاس سطوح به دست آمده است. در این تحقیقات میزان انعکاس کف آتریوم و دیوارهای اطراف آن ثابت و برابر با ۰/۲ فرض شده است (Yunus et al., 2011; Dua & Sharplesab, 2012). پس از انتخاب ابعاد و تناسبات و پیش فرض‌های مورد نظر برای شبیه‌سازی مدل‌ها، شرایط آب و هوایی و شرایط تابش خورشید شهر کرمان با عرض جغرافیایی ۳۰/۱۵ شمالی و طول جغرافیایی ۵۶/۵۸ شرقی دریافتی از سازمان هواشناسی برای تطبیق وضعیت شبیه‌سازی با شرایط واقعی اعمال گردید.

۴. بحث و تحلیل اطلاعات

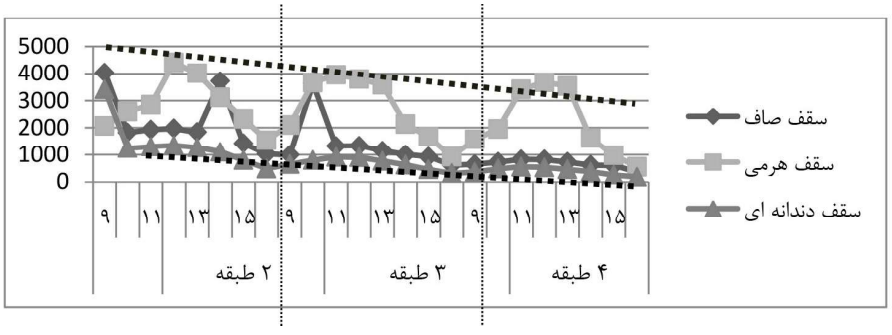
نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی مدل‌ها بر اساس میانگین روشنایی و حداکثر و حداقل روشنایی از نظر کیفی و کمی مورد بررسی قرار گرفتند. سپس این مجموعه داده‌ها به روش‌های زیر تجزیه و تحلیل شدند:

- کاهش کلی مقادیر روشنایی روز با استفاده از رسم نمودارهای روشنایی برای هر نوع سقف مشخص شد و هر کدام از آن‌ها با ارتفاع‌های مختلف مقایسه شدند.
- تأثیرات ساختار و شکل سقف در کاهش روشنایی آتریوم با استفاده از نمودارهای مقدار روشنایی در طول ساعات روز به تصویر کشیده شد.
- الگوی عبورپذیری روشنایی طبقات آتریوم در طول ساعات روز با استفاده از نمودار درصد کاهش نور بر اساس انواع مختلف سقف‌ها نشان داده شد.
- تأثیر ساختار سقف بر کیفیت روشنایی نور داخل فضای آتریوم با استفاده از تصاویر دریافتی از ریدینس برای ساعت ۹ و ۱۲ و ۱۵ اول دی و اول تیر ماه مدل‌های مورد نظر بررسی شد.

۱ـ۴ـ کاهش کلی روشنایی با افزایش طبقات

مقادیر کلی کاهش روشنایی با استفاده از ترسیم تغییرات روشنایی در طول روز برای ساعات ۹ صبح تا ۱۵ بعد ازظهر برای سه نوع سقف صاف، هرمی و دندانه‌ای در سه ارتفاع مختلف شبیه‌سازی شد. نمودار ۱ میزان تغییرات روشنایی روز را برای آتریوم‌های مورد نظر در سه ارتفاع مختلف نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار، با افزایش طبقات و افزایش شاخص عمق چاه آتریوم روشنایی با آهنگ طبیعی کاهش می‌یابد، اما این تغییرات برای سقف دندانه‌ای با شیب کمتری همراه است و بیشترین تغییرات مربوط به آتریوم با سقف هرمی می‌باشد. همچنین با توجه به نمودار، کمترین میزان روشنایی مربوط به سقف دندانه‌ای است. تغییرات سقف صاف با نورگیر جانبی نیز تقریباً مشابه سقف دندانه‌ای می‌باشد، با این تفاوت که در این نوع سقف تغییر ناگهانی روشنایی به دلیل ایجاد لکه‌های روشنایی در بعضی از ساعات روز ایجاد مشکل خواهد نمود.

نمودار ۱: مقایسه‌ی تغییرات روشنایی در طول روز برای مدل‌های مورد بررسی



۲ـ۴ـ تأثیرات ساختار سقف بر روی کاهش میزان روشنایی در نقاط مختلف واقع درکف آتریوم

با بررسی میزان روشنایی دریافتی در طبقات آتریوم‌ها با سقف‌های مختلف مشخص می‌شود که در میزان تغییر روشنایی برای سقف صاف از طبقه‌ی دوم به سوم برای ضلع رو به جنوب (نقاط واقع در سمت شمال) کاهش چشم‌گیری دیده می‌شود (جدول ۳) که نشان می‌دهد، لکه‌های نور در این نوع سقف بر کف آتریوم بسیار ایجاد می‌شود؛ اما با افزایش ارتفاع آتریوم شاهد کاهش ۷۰% میزان روشنایی و عدم ایجاد لکه‌های نور بر کف آتریوم می‌شود. برای آتریوم ۴ طبقه کاهش میزان ۳۷ درصدی نسبت به ساختمان ۳ طبقه دارد. این تغییرات برای سقف دندانه‌ای دو طبقه ضلع رو به جنوب (نقاط

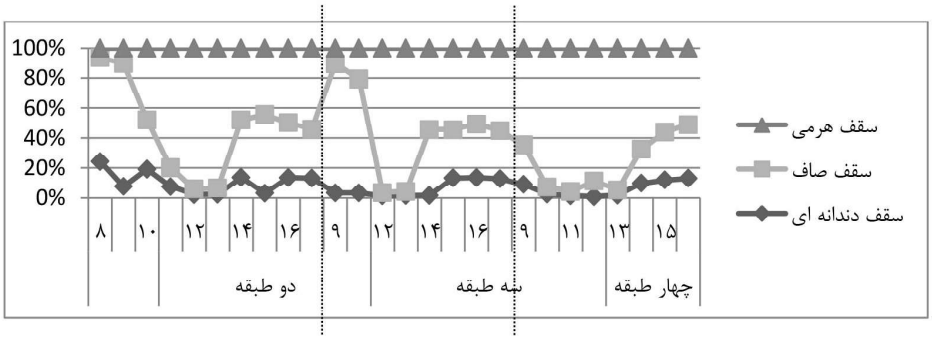
واقع در سمت شمال) نیز نزدیک ۷۰ درصد می‌باشد، با این تفاوت که کاهش میزان روشنایی برای این سقف در ساختمان ۴ طبقه ۵۰ درصد ساختمان سه طبقه می‌باشد. ساختمان هرمی دارای کمترین میزان کاهش روشنایی با تغییر ارتفاع آتریوم برای تمامی نقاط آتریوم می‌باشد. میزان روشنایی در سطوح غربی و شرقی رو به داخل ساختمان، برای شکل‌های سقف دندانه‌ای و صاف، در مقایسه با آتریوم هرمی به اندازه‌ی نصف کاهش پیدا می‌کند. به طور استثنا برای سقف صاف، سطح شرقی داخل ساختمان نور بیشتری می‌گیرد. همچنین این جدول نشان می‌هد که توزیع روشنایی نور سقف دندانه‌ای از یکنواختی بیشتری نسبت به سقف صاف برخوردار می‌باشد، این نکته در چگونگی کنترل کیفیت نور مهم است.

جدول ۳: میانگین روشنایی افقی کف آتریوم در کناره‌ی دیوار (لوکس)

		دو طبقه	سه طبقه	چهار طبقه
سقف مسطح	N	۶۵۲۸	۲۵۲۹	۱۴۳۴
	W	۶۵۱۴	۲۱۸۸	۱۳۱۹
	S	۴۹۵۱	۳۸۶۳	۲۲۸۱
	E	۶۵۳۵	۴۸۳۳	۳۲۸۶
سقف هرمی	N	۶۶۶۰	۶۲۸۹	۵۲۵۵
	W	۶۵۷۰	۵۵۵۶	۴۷۸۸
	S	۶۲۰۷	۶۰۲۶	۴۹۰۲
	E	۶۳۸۵	۶۸۴۱	۴۱۸۸
سقف دندانه‌ای	N	۵۹۵۹	۱۸۹۱	۹۶۷
	W	۲۰۲۸	۱۴۰۰	۸۵۱
	S	۵۱۳۹	۱۲۰۰	۸۰۹
	E	۳۸۰۸	۱۶۶۸	۸۵۳

۳ـ۴ـ الگوی روشنایی برای طبقات آتریوم در طول روز و کاهش سطح شیشه خور

نمودار ۲: نمودار درصد کاهش روشنایی در طول روز مدل‌های مورد بررسی



با در نظر گرفتن سقف هرمی به عنوان نماینده‌ی مدلی که ۹۰ درصد روشنایی را وارد ساختمان می‌نماید و کمترین تأثیر در چگونگی توزیع نور را در داخل دارد. میزان تأثیر سایر سقف‌ها در کاهش روشنایی در نمودار ۲ نشان داده شده است. بر اساس این نمودار سقف دندانه‌ای بیشترین سهم در کاهش روشنایی با توجه به میزان سطح شیشه‌خور خود دارد، اما با این وجود آهنگ تغییرات روشنایی آن در ساعات مختلف روز برای این نوع سقف یکنواخت‌تر از سایر مدل‌ها می‌باشد (جدول ۴).

جدول ۴: مقایسه‌ی سطح شیشه‌خور آتریوم‌ها

نوع سقف	سطح کلّ سقف	سطح شیشه‌خور	نسبت سطح شیشه‌خور به کل
سقف دندانه‌ای	۱۵۰	۴۲/۵	۲۸%
سقف مسطح	۱۵۳	۶۸	۴۵%
سقف هرمی	۹۶	۸۹	۹۰%

۴ـ۴ـ تأثیر ساختار سقف بر کیفیت روشنایی نور داخل فضای آتریوم

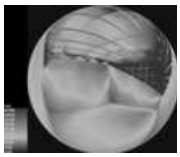
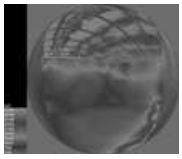
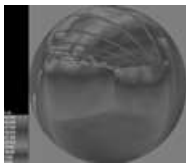
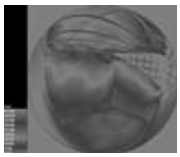
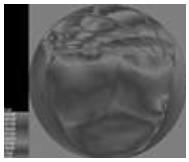
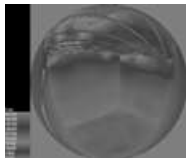
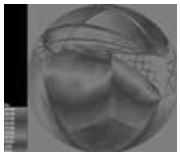
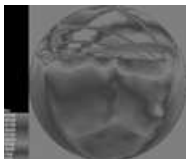
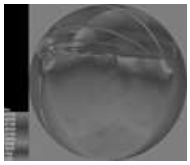
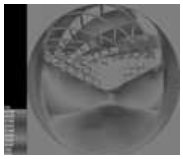
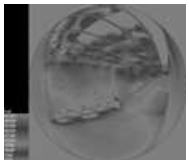
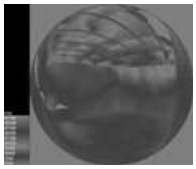
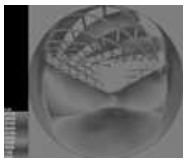
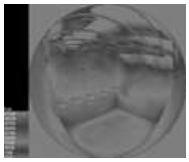
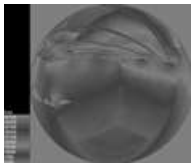
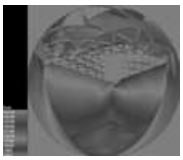
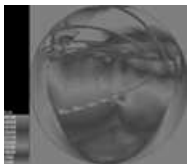
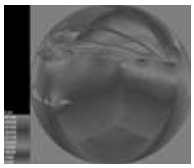
شکل و ساختار سقف آتریوم زمانی می‌تواند بیشترین کارایی در جهت تأمین روشنایی داخلی داشته باشد که علاوه بر تأمین کمیت روشنایی مورد نیاز در فضای داخلی، بتواند توزیع یکنواختی از روشنایی را در اتاق ایجاد کند و تا حدّ امکان از ایجاد خیرگی جلوگیری کند. براساس تحقیقات انجام شده توسط نبیل و مردال جویک برای ارائه‌ی مقیاس ارزیابی شدت روشنایی طبیعی با توجه به نیازهای بصری انسان در فعالیت‌های مختلف در سال ۲۰۰۵ میزان روشنایی ۳۰۰-۹۰۰ لوکس به عنوان بازه‌ی روشنایی مورد قبول پیشنهاد شد (Nabil & Mardaljevic, 2005a,b). جدول ۵ درصد میزان بهره‌مندی روشنایی داخلی کف آتریوم مدل‌های مختلف را نشان می‌دهد. براساس این نمودار سقف ۳ طبقه دندانه‌ای با ۸۸/۹ درصد بالاترین میزان روشنایی مناسب را ایجاد می‌کند و پس از آن سقف ۴ طبقه‌ی صاف با داشتن ۷۲/۲ درصد فضای داخلی آتریوم را در شرایط روشنایی مناسب (بازه‌ی ۳۰۰-۹۰۰ لوکس) را ایجاد می‌نماید. در مقابل این دو مدل بدترین شرایط روشنایی را سقف هرمی با داشتن حداقل ۵/۶ درصد برای مدل ۲ طبقه و ۳۵/۲ درصد برای مدل ۴ طبقه کمترین بازه‌ی روشنایی مناسب را ایجاد نموده و با توجه به اینکه بیشترین میزان روشنایی بالای ۲۰۰۰ لوکس را به وجود می‌آورد، مشکلات بصری زیادی از جمله ایجاد خیرگی و کنتراست شدید را منجر می‌شود. با مقایسه‌ی چگونگی توزیع روشنایی داخلی مدل‌های مورد بررسی آتریوم بر اساس تقسیم‌بندی ارائه شده توسط این دو محقق مشخص شد، توزیع روشنایی در ساختمان توسط آتریوم با سقف دندانه‌ای بهترین حالت را ایجاد نموده و از یکنواختی بیشتری نسبت به سایر اشکال مورد بررسی برخوردار است.

جدول ۵: درصد میزان بهره‌مندی روشنایی داخلی کف آتریوم مدل‌های مورد بررسی

میزان روشنایی (Lux)	سقف دندانه‌ای			سقف مسطح			سقف هرمی		
	دو طبقه	سه طبقه	چهار طبقه	دو طبقه	سه طبقه	چهار طبقه	دو طبقه	سه طبقه	چهار طبقه
۰-۱۰۰	۰/۰	۰/۰	۳۸/۹	۰/۰	۰/۰	۱۳/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
۳۰۰-۹۰۰	۵۵/۶	۸۸/۹	۶۱/۱	۱۳	۵۰	۷۲/۲	۵/۶	۲۰/۴	۳۵/۲
۹۰۰-۲۰۰۰	۳۳/۳	۱۱/۱	۰/۰	۶۳/۰	۴۲/۶	۹/۳	۳۷,۰	۳۳/۳	۳۷
>۲۰۰۰	۱۱/۱	۰/۰	۱/۰	۲۴	۷/۴	۵/۵	۵۹/۴	۵۳/۶۹	۲۷/۸

جدول ۶ تصاویر سه‌بعدی حاصل از چگونگی توزیع روشنایی داخل آتریوم را برای سقف دندانه‌ای نشان می‌دهد. با توجه به این شکل تنها در ساعت ۱۵ بعد از ظهر شرایط نامناسب روشنایی در تابستان و زمستان به وجود می‌آید. این مسئله می‌تواند موجب آسایش بصری و قابل استفاده شدن سطح بیشتری از فضای ساختمان برای کاربران شود. در مقابل بدترین شرایط را آتریوم با سقف صاف، به دلیل ایجاد کنتراست شدید در داخل ساختمان، به وجود می‌آورد.

جدول ۶: تحلیل خروجی تصاویر سه‌بعدی آتریوم با سقف دندانه‌ای

	طبقات	ساعت ۹	ساعت ۱۲	ساعت ۱۵
زمستان	دو طبقه			
	سه طبقه			
	چهار طبقه			
تابستان	دو طبقه			
	سه طبقه			
	چهار طبقه			

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله، سه آتریوم با تعداد طبقات دو، سه و چهار طبقه برای محاسبات روشنایی و بررسی تأثیر آتریوم در جهت تأمین روشنایی داخلی در ساختمان‌های اداری شهر کرمان در نظر گرفته شد. از روش شبیه‌سازی به کمک رایدیانس برای محاسبات روشنایی استفاده شد. محاسبات روشنایی با سه وضعیت سقف صاف با نورگیرهای جانبی، هرمی و دندانه‌ای انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که شکل سقف تأثیر بسزایی در میزان نور وارد شده در طبقات ساختمان اداری دارد؛ بنابراین، برای یک نورگیر مربعی شکل، با کاهش شاخص عمق آتریوم (افزایش ارتفاع نورگیر) میزان روشنایی به صورت نمایی کاهش می‌یابد. تأثیر میزان سطح شیشه‌خور نیز از دیگر مقوله‌های مورد بررسی در این مقاله بود. نتایج نشان می‌دهد که میزان سطح شیشه‌خور در کنار تغییر فرم سقف نورگیر تأثیر بسزایی در چگونگی توزیع روشنایی داخلی، به ویژه در آتریوم سه و چهار طبقه دارد. عامل دیگری که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفت، کیفیت روشنایی ایجاد شده توسط مدل‌های مختلف بوده است که از میان آتریوم‌های مورد نظر با شاخص عمق آتریوم متفاوت بهترین شرایط را آتریومی با شاخص تقریباً برابر یک و نسبت مقطع یک برای تمام آتریوم‌ها با سقف‌های مختلف به وجود می‌آورد. به طور کلی می‌توان بیان نمود، با توجه به شرایط اقلیمی شهر کرمان و میزان شدت تابش در این شهر بهترین مدل قابل استفاده برای شکل سقف آتریوم، مدل دندانه‌ای می‌باشد؛ چرا که با وجود کاهش ۵ برابری روشنایی کلی ساختمان در مقابل سقف هرمی، باعث نفوذ روشنایی کافی برابر با ۸۸/۹ درصد (میزان روشنایی واقع در بازه‌ی ۹۰۰-۳۰۰ لوکس) به

داخل ساختمان می‌شود، همچنین از ایجاد لکه‌ی آفتاب (نفوذ مستقیم نور خورشید) در داخل ساختمان آتریوم ممانعت می‌نماید. قابلیت این سقف به ویژه برای روزهای گرم سال که برای شهر کرمان یک دوره‌ی ۸-۷ ماهه می‌باشد، حائز اهمیت است. بنابراین براساس مطالعات انجام شده در این مقاله و با توجه به ساعات کاری ساختمان‌های اداری شهر کرمان (ساعت ۷:۳۰ الی ۱۵) می‌توان بیان نمود، مدل سقف دندانه‌ای با ارتفاع ۴ طبقه که تعداد طبقات متداول این شهر است فضای داخلی ساختمان را روشن نموده و مشکلات خیرگی و پیامدهای افزایش گرمایی داخلی ساختمان را نیز به دلیل داشتن تنها ۴۲/۵ درصد سطح شیشه‌خور کاهش دهد. البته باید ذکر شود که این نتایج در شرایطی حاصل شده است که تنها تأثیر شکل سقف ملاک بوده است و از عواملی نظیر انعکاس سطوح و تأثیر شرایط دیگر آسمان در نظر گرفته نشده است؛ و بررسی این موارد به عنوان موضوعاتی برای پژوهش‌های بعدی پیشنهاد می‌شود.

پی‌نوشت

1. Autodesk Ecotect Analysis 2011
2. Control Planel Radiance
3. Section Aspect Ratio
4. Plan Aspect Ratio
5. Liner Atrium
6. Square Atrium
7. Rectangle Atrium
8. Plan Aspect Ratio
9. Visible transmittance

References

- Aizlewood, M. (1995). The Daylighting of Atria: A Critical Review. *ASHRAE Transactions*, 101, 841-857.
- Bednar, M.J. (1986). *The New Atrium*, New York: McGraw Hill.
- Calcagni, B., & Paroncini, M. (2004). Daylight Factor Prediction in Atria Building Designs, *Solar Energy*, Vol. 76, 669-682.
- Dua, J., & Sharplesab, S. (2012). The Assessment of Vertical Daylight Factors Across the Walls of Atrium Buildings, Part 1: Square Atria. *Lighting Research and Technology*, 44 (SAGE), 109-123.
- Hung, W., & Chow, W. (2001). A Review on Architectural Aspects of Atrium Buildings, *Architectural Science Review*, 44, 285-296.
- Littlefair, P.J. (2000). Daylighting Design and Research, *Lighting Research and Technology*, Vol. 32, 101.
- Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2005a). Useful Daylight Illuminance: A New Paradigm to Access Daylight in Buildings. *Lighting Research & Technology*, 37(1), 41-59.
- Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2005b). Useful Daylight Factors. *Energy and Buildings*, 38(7).
- Samant, S. (2011). Atrium and its Adjoining Spaces: A Study of the Influence of Atrium Facade Design. *Architectural Science Review*, 54(Taylor & Francis), 316-328.
- Sharples, S., & Mahambrey, S. (1999). Reflectance Distributions and Atrium Daylight Levels: A Model Study, *Lighting Research and Technology*, Vol. 31, 165-170.
- Sharples, S., & Shea, A.D. (2000). Daylight Transmission of Atrium Roofs Under Overcast and Partly Cloudy Skies, *Lighting Research and Technology*, Vol. 32, 153-155.
- Sharples, S., & Shea A.D. (1999). Roof Obstructions and Daylight Levels in Atria: a Model Study Under Real Skies, *Lighting Research and Technology*, Vol. 31, 181-185.
- Sharples, S., & Lash, D. (2007). Daylight in Atrium Buildings: A Critical Review, *Architectural Science Review*, Vol. 50(4): pp. 301-312.

- Wright, J., & Letherman, K. (1998). Illuminance in Atria: Review of Prediction Methods. *Lighting Research and Technology*, 30, 1-10. Yi, R., Shao, L., Su, Y., & Riffat, S. (2009). Daylighting Performance of Atriums in Subtropical Climate, *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 4(Oxford University Press), 8.
- Yunus, J., et al. (2007). Review on the Study of Daylighting in Atria: Finding the Gaps in Knowledge, 24th International Conference on Passive and Low Energy Arhitecture, Singapore.
- Yunus J., et al. (2011). Analysing the Impact of Roof Obstructions on Daylight Levels in Atrium Buildings: Physical Scale Model Measurements under Real Sky Conditions, 2nd International Conference on Environmental Science and Technology IPCBEE, Vol. 6, 279-284.