فصلنامه علمی – ترویجی «نشریه انرژی ایران»
دوره ۲۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، صفحه ۱۴۶-۱۲۷

بررسی عملکرد انتقال انرژی از پنجره‌ها در ساختمان اداری با بهره‌مندی از روشنایی روز

[۱] سارا شمشیری، [۲] محسن دوازده امامی*، [۳] آبتین عطایی

تاریخ دریافت:
۱۳۹۵/۴/۲۲

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۵/۸/۸

کلمات کلیدی:
شیشه پنجره،
مصرف انرژی الکتریکی،
روشنایی روز،
سایبان،
ساختمان اداری

چکیده

در ساختمان‌های اداری که در آب و هوای گرم واقع شده‌اند، بخش‌های پیرامونی ساختمان به شدت با میزان مصرف انرژی در ارتباط هستند. پنجره‌ها منابع اصلی جذب گرما و در نتیجه افزایش مصرف انرژی در بخش سرمایش ساختمان هستند، اما می‌توانند در کاهش مصرف انرژی در ساختمان زمانی که جهت ادغام روشنایی روز و نور مصنوعی جهت تامین روشنایی مورد استفاده قرار گیرند، سهیم گردند. مطالعه حاضر بر روی بررسی کاهش مصرف انرژی به وسیله ادغام نور مصنوعی و روشنایی روز و تغییر پوشش شیشه پنجره‌ها و تاثیر آن بر بار برودتی و روشنایی ساختمان متمرکز می‌باشد. جهت انجام این تحقیق یک ساختمان اداری معمولی واقع در آب و هوای گرم توسط نرم افزار eQuest شبیه‌سازی شده است. با تغییر در پوشش پنجره و ادغام با روشنایی روز، کاهش قابل توجهی در میزان مصرف انرژی ایجاد می‌شود. برای نمونه در صورت استفاده از پنجره دوجداره شفاف، اگر از روشنایی روز جهت تامین بخشی از روشنایی فضا استفاده شود، پنجره‌ها دارای سایبان با شد میزان مصرف انرژی در بخش روشنایی، سرمایش و کل به ترتیب ۴۵٪، ۱۶٪ و ۲۰٪ نسبت به ساختمانی که از همان پنجره بدون بهره‌مندی از روشنایی روز و بدون سایبان باشد، کاهش می‌یابد.

۱. دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران s_shamshiri@yahoo.com
۲. دانشیار، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی مکانیک (نویسنده مسئول) mohsen@cc.iut.ac.ir
۳. استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، دانشکده انرژی و محیط زیست
abtinataei@gmail.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

۱. مقدمه

امروزه میزان تقا ضای انرژی به طور مداوم در حال افزایش ا ست و به احتمال زیاد در آینده نیز افزایش خواهد یافت. گزارش بریتیش پترولیوم در مورد وضـعیت فعلی انرژی، افزایش ۲٫۳٪ در مصـرف جهانی انرژی اولیه در جهان را نشان می‌دهد[۱]. رشد جمعیت و افزایش ساخت و ساز و سطح آسایش، مصرف انرژی ساختمان را افزایش داده‌اند [۲]، [۳]. لذا کاهش م صرف انرژی در ساختمان می‌تواند سهم قابل توجهی از کاهش تقاضای جهانی برای انرژی را در بر داشته‌باشد[۴]، [۵]. ساختمان های اداری معمولا میزان بالایی از افزایش حرارت داخلی را به دلیل نرخ بالای تجمع افراد و اسـتفاده قابل توجهی از تجهیزات و روشـنایی منتشـر می‌کنند[۶] و عملکرد کارکنان ادارات در انجام کارهای مختلف خود به شرایط آسایش ارائه شده در ساختمان بستگی دارد. بنابراین، بهره وری آنها به طور مستقیم وابسته به میزان راحتی ارائه شده در داخل ساختمان است[۷]. ساختمان های اداری مقدار قابل توجهی از مصرف انرژی در قالب سرمایش / گرمایش و روشنایی، تجهیزات، آب گرم، تهویه و برنامه های کاربردی دیگر دارند[۸]. در یک ساختمان اداری معمولی، نور مصنوعی و سیستم‌های خنک کننده/گرم کننده/تجهیزات به عنوان عوامل عمده مصرف انرژی هستند، لذا این‌گونه ساختمان‌ها بهترین اهداف برای صرفه جویی در انرژی هسـتند[۹]. آژانس بین المللی انرژی نشـان داده اسـت که در یک سـاختمان اداری معمولی، بخش عمده ای از م صرف انرژی را نور م صنوعی و به دنبال آن عملیات سرمایش و گرمایش دارد[۲]. ساختمان های اداری سهم ن سبتا بالایی از م صرف انرژی رو شنایی در واحد سطح با توجه به الزامات کارکردی و عملیاتی خود دارند[۸].

در آب و هوای گرم، سـیسـتم‌های خنک کننده در سـاختمان های اداری بالاترین سـهم مصـرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهند. افزایش گرمای داخلی و افزایش جذب انرژی خورشیدی از پوشش بیرونی در بار برودتی در یک ساختمان اداری مؤثر ا ست. به ویژه افزایش گرما از طریق پنجره‌ها ن شان دهنده جزء مهمی از بار برودتی و در نتیجه یکی از عوامل اصـلی مصـرف انرژی اسـت[۱۰]. سـطوح نورگذر پنجره نقش مهمی در عملکرد انرژی ایفا می‌کند و اثر قابل توجهی در مصـرف کلی انرژی ساختمان دارند. جریان گرما از طریق سطوح نورگذر یک پنجره با توجه به تابش خورشید باعث افزایش گرما و در نهایت افزایش بار خنک کننده می‌شـود[۱۱]. در سـاختمان‌ها، افزایش انرژی خالص از طریق

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

پنجره‌ها بستگی به خواص حرارتی مواد سطوح نورگذر دارد. پنجره‌های با شیشه‌های پوشش داده شده دوجداره، برای کاهش تلفات گرما و انرژی استفاده می شود. آنها در مقایسه با پنجره‌های دوجداره بدون پوشش قدیمی از نظر کاهش مصرف انرژی توسط کاهش بار برودتی، بسیار موثر هستند. اگرچه، لعاب رنگی پو شش شیشه‌ها شانس بهره‌مندی از نور روز جهت یکپارچه سازی با نور مصنوعی را کاهش می‌دهد[۱۲].

تو سط نور روز دریافتی از طریق پنجره ها می توان به طور قابل توجهی به کاهش مصرف انرژی روشنایی در ساختمان های اداری کمک نمود[۱۱]. این ایده را می‌توان به عنوان یک استراتژی منفعل، کاهنده مصرف انرژی ساختمان، بهبود بخش آسایش بصری و بدون هر گونه هزینه های عملیاتی و گران قیمت نصب و راه اندازی در نظر گرفت. لیم و همکاران [۱۳] با هدف ارزیابی عملکرد نوری از روشنایی روز، شبیه‌سازی عددی از یک ساختمان دولتی اداری معمولی در مالزی انجام داده‌اند. بر اساس این شبیه سازی، آنها دریافتند که با تغییر پوشش پنجره ها و اضافه کردن پرده داخلی، بهبود قابل توجهی در مقدار روشنایی روز و با کیفیت برای آسایش بصری می‌تواند به دست آورد. شن و همکاران[۱۴] تاثیر استراتژی های کنترل سایه های مختلف بر روی عملکرد انرژی ساختمان و روشنایی روز در یک فضای اداری را انجام داده‌اند. سایه داخلی برای جلوگیری از تابش خور شیدی و بهبود آسایش بصری با حذف تابش مستقیم برای کارکنان داخل ساختمان استفاده شده است. آنها چهار استراتژی مختلف کنترل سایه برای به حداکثر رساندن استفاده از نور روز، به حداقل رساندن مصرف انرژی و تامین روشنایی لازم برای دید مطلوب را در نظر گرفته و نقش سایه متحرک خودکار در بهبود انرژی و عملکرد بصری در یک ساختمان اداری بدون توجه به تاثیر انواع مختلف پوشش شیشه ای را نشان دادند.

هدف از این مطالعه، بررسی تاثیر انواع مختلف پنجره های دو جداره از نظر پوشش و رنگ شیشه، سایبان و نوع سیستم روشنایی, بهره‌مندی و عدم بهره‌مندی از روشنایی روز و همچنین تغییر ابعادی ساختمان در انرژی سیستم سرمایشی و روشنایی در ساختمان های اداری واقع در آب و هوای گرم می‌باشد . مصرف انرژی روشنایی، سرمایش و کل سالانه با تغییر در پارامترهای مذکور مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این مقاله تاثیر تغییر پوشش پنجره‌ها، ادغام روشنایی روز و

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

روشـنایی مصـنوعی، ایجاد سـایبان برای پنجره‌ها و تغییر ابعادی سـاختمان به صـورت یکپارچه و در مقایسه با هم مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. روش تحقیق و توسعه مدل‌سازی ساختمان

انتخاب ابزار مناسب شبیه‌سازی

شبیه سازی انرژی برای مطالعه جریان انرژی در ساختمان‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. برنامه‌های شبیه سازی کامپیوتر ابزار تحلیلی موثری برای ساخت مدل‌های ساختمان می‌باشد و از آن برای ساخت و ساز تحقیقات انرژی و ارزیابی طراحی معماری استفاده می شود. در حال حاضر نرم‌افزارها و مدل‌های شـبیه‌سـازی متعددی از جمله ENER-WIN, DesignBuilder, DOE2, EnergyPlus , Energy Express, TRACE ,BSim ,ECOTECT, PC-Blast, eQuest و برای انجام تجزیه و تحلیل انرژی در سـاختمان مورد اسـتفاده قرار می‌گیرند. در این مطالعه، مدل[۱]eQuest جهت انجام تجزیه و تحلیل انرژی در یک ساختمان اداری معمولی مورد استفاده قرار گرفته است. این مدل یکی از معتبرترین مدل‌های شبیه‌سازی مصرف انرژی ساختمان است که با حمایت وزارت انرژی ایالات متحده آمریکا تهیه شده است و قادر به انجام کلیه محاسبات مربوط به تبادل حرارت و مصرف انرژی ساختمان بر اسـاس پروتکل نرم‌افزار Doe2 اسـت[۱۱]. این مدل داده‌های آب و هوایی محل مورد نظر را به صـورت فایلی با فرمت BIN دریافت می‌کند و بر اسـاس اطلاعات وارد شـده در مورد طرح مورد نظر، مدل انرژی آن طرح را ایجاد می‌کند. به دلیل ویژگی های متمایز آن اجازه می دهد که سـاختمان پیچیده به سرعت مدل سازی شود[۱۵]. با استفاده از آخرین موتور شبیه سازی برای محاسبه انرژی و ارزیابی طراحی ساختمان از EnergyPlus استفاده می‌شود.

ایجاد و ارزیابی یک مدل ساختمان اداری معمولی

در این مطالعه یک ساختمان اداری به مساحت۳۷۱۶m2 (۴۰۰۰۰ft^2) واقع شده در تهران بررسی شده است. این ساختمان از ساعت ۸ صبح تا ۵ بعدازظهر به مدت هفت روز هفته اشغال می‌باشد و سیستم

۱Quick Energy Simulation Tool

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

تهویه مطبوع آن در ساعت ۷ صبح روشن و در ساعت ۶ بعد از ظهر خاموش می‌گردد. هوای مورد نیاز فضاها توسط سیستم‌های حجم متغیر (VAV[1]) با آب سردی که توسط یک چیلر مارپیچی[2]تامین می‌شود، تهویه می‌گردد. این مقاله با هدف توسعه مجموعه‌ای از استراتژی‌های جدید برای افزایش صرفه جویی انرژی به عنوان تابعی از جداره پنجره‌ها، شیشه‌ها، روشنایی روز و ابعاد ساختمان در حالی که آسایش ساکنین حفظ شود، صورت پذیرفته است. مشخصات فیزیکی و حرارتی دیوارهای خارجی، سقف و کف در تماس با زمین که در مدل در نظر گرفته شده، در جدول (۱) نمایش داده شده است. همچنین بر اساس استاندارد ASHRAE 90.1-2010، نسبت پنجره به دیوار (WWR) برای ساختمان‌های اداری ۵۰٪ فرض شده است. در این مدل یک ساختمان چهار طبقه با اتاق‌های یکسان در هر طبقه فرض شده است.

جدول۱) مشخصات فیزیکی و حرارتی دیوارهای خارجی، سقف و کف

نوع سطح	اجزا از بیرون به داخل	ضخامت (m)	ضریت هدایت حرارتی (W/mK)	مقاومت حرارتی (m^2K/W)	U-value (W/m2K)
دیوار خارجی	**Stone cladding**	۰,۰۲	۲,۹	۰,۰۰۷	۰,۷۴۰
	Air gap	۰,۰۲۵	۰,۳	۰,۰۸۳	
	Expanded polystyrene	۰,۰۲۵	۰,۰۴	۰,۶۲۵	
	Lightweight concrete	۰,۱	۰,۱۷	۰,۵۸۸	
	Plaster board	۰,۰۱۳	۰,۲۵	۰,۰۵۲	
سقف	**Built-up roofing**	۰,۰۰۹۵	۰,۱۶	۰,۰۶۰	۰,۳۰۳
	Fiberboard sheathing	۰,۰۱۲	۰,۰۶	۰,۲	
	R-15, insulation board	۰,۰۷۵	۰,۰۳۵	۱,۸۵	
	Lightweight concrete	۰,۲۰۳	۰,۱۷	۱,۱۹	
کف	**Flooring**	۰,۰۳	۰,۱۴	۰,۲۱۴	۰,۵۰۹

[1] Variable Air Volume
[2] Screw Chiller

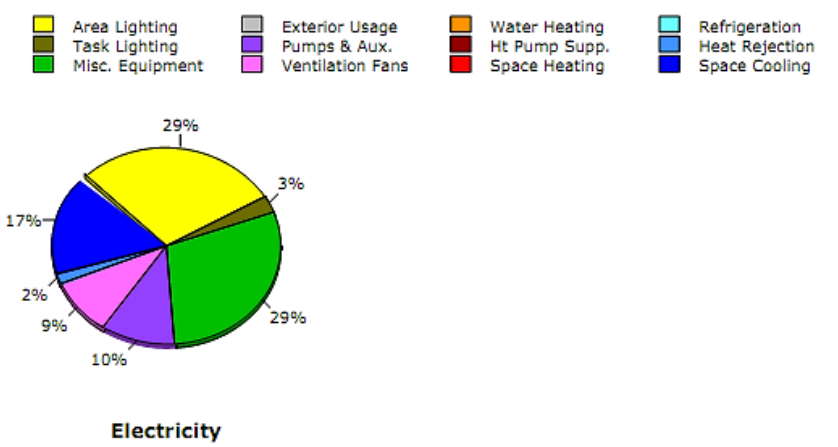
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

Floor screed	۰,۰۷	۰,۴۱	۰,۱۷
Cast concrete	۰,۱	۱,۱۳	۰,۰۹
Foam	۰,۰۶	۰,۰۴	۱,۵

پس از مدل کردن این ساختمان در eQuest با مشخصات ذکر شده در بالا نسبت میزان مصرف سالانه انرژی الکتریکی در بخش‌های مختلف، معادل جدول (۲) می‌باشد.

جدول ۲) نسبت میزان مصرف سالانه انرژی الکتریکی در بخش‌های مختلف ساختمان

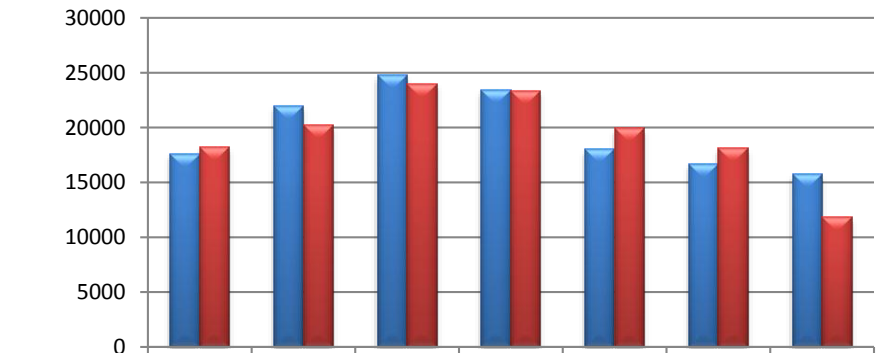
	Electricity kWh (x000)	Natural Gas Btu	Steam Btu	Chilled Water Btu
Space Cool	189.6	-	-	-
Heat Reject.	18.8	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-
Space Heat	-	-	-	-
HP Supp.	-	-	-	-
Hot Water	-	-	-	-
Vent. Fans	102.4	-	-	-
Pumps & Aux.	113.5	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-
Misc. Equip.	318.6	-	-	-
Task Lights	30.4	-	-	-
Area Lights	321.0	-	-	-
Total	1,094.4	-	-	-



شکل ۱) مقایسه میزان انرژی مصرفی ماهانه در بخش سرمایش ساختمان اداری شبیه‌سازی شده و ساختمان مرجع [۱۴]

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

همانطور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، در اغلب ماه‌ها میزان مصرف انرژی در ساختمان مدل شده اختلاف ناچیزی با میزان م صرف انرژی در ساختمان موجود در مقاله دارد، حداکثر میزان خطا در ماه نوامبر معادل ۲۴٪ و میانگین میزان خطای مشاهده شده حدود ۲٪ می‌باشد. بنابراین، می توان نتیجه گرفت که مدل ساختمان اداری این تحقیق به اندازه کافی برای انجام تجزیه و تحلیل‌های بعدی قابل اعتماد است.



	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov
مرجع [۱۴]	17615	22016	24798	23455	18050	16703	15749
مدل در Equest	18210	20210	24000	23370	19950	18110	11840

همانطور که در جدول (۲) مشاهده می شود، میزان مصرف انرژی الکتریکی کل ساختمان در یک سال برابر ۱۰۹۴۴۰۰ kWh (۲۹۴,۵ $kWh/m^2/year$) می‌باشد. تفکیک در مصرف انرژی سالانه ساختمان اداری مدل شده نشان می‌دهد که ۴۰٪ (۴۲۴۳۰۰kWh) از کل انرژی صرف سرمایش ساختمان، ۳۱٪ صرف روشنایی و ۲۹٪ صرف تجهیزات می‌گردد.

جهت اطمینان از صحت نحوه شبیه‌سازی و نتایج حاصله از آن، یک مسئله نمونه برای ساختمانی در اورلاندو در ایالت فلوریدا حل شد و با نتایج مرجع [۱۶] مدل شده است مقایسه گردید. نتایج، تشابه بسیار زیادی در مصرف انرژی نهایی برای هر دو مدل نشان می‌دهد. نتایج حاصل شده از این مقایسه در شکل (۱) نشان داده شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

۳. تجزیه و تحلیل عملکرد انرژی

بدون بهره‌گیری از روشنایی روز

در ابتدا جهت بررسی عملکرد انرژی مدل ساختمان اداری در این تحقیق، با تغییر در نوع شیشه پنجره ها شبیه سازی انجام شده است و میزان تاثیرگذاری آن بر روی مصرف انرژی سرمایشی و انرژی کل مورد تحلیل قرار گرفته است. لذا سه نوع شیشه که بیشترین کاربرد را در این نوع آب و هوا دارد برای این مدل پیش‌بینی شده که مشخصات آنها در جدول (۳) نمایش داده شده است.

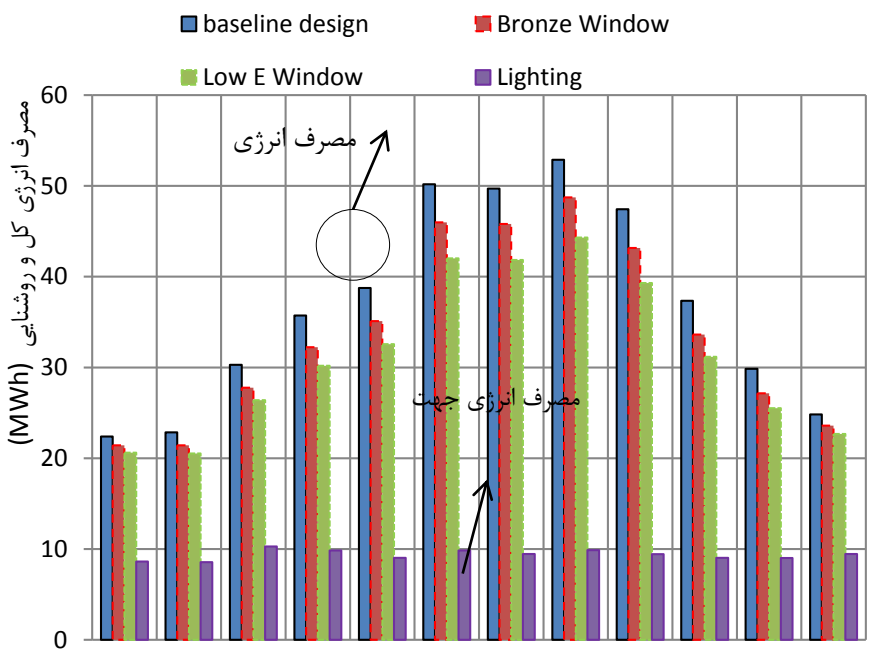
جدول۳) مشخصات حرارتی شیشه‌های مختف پنجره

نوع شیشه پنجره	U-factor (W/m2K) (ضریب انتقال حرارت رسانشی)	SHGC (ضریب ورود حرارت تابشی)	VLT (درصد نورمرئی عبور کننده)
شیشه شفاف دوجداره (۶/۱۳/۶mm)	۲,۸	۰,۷	۷۴٪
شیشه برنز دوجداره (۶/۱۳/۶mm)	۲,۶	۰,۵	۴۷٪
شیشه دوجداره با پوشش Low-E (۶/۱۳/۶mm)	۰,۴	۱,۹	۴۴٪

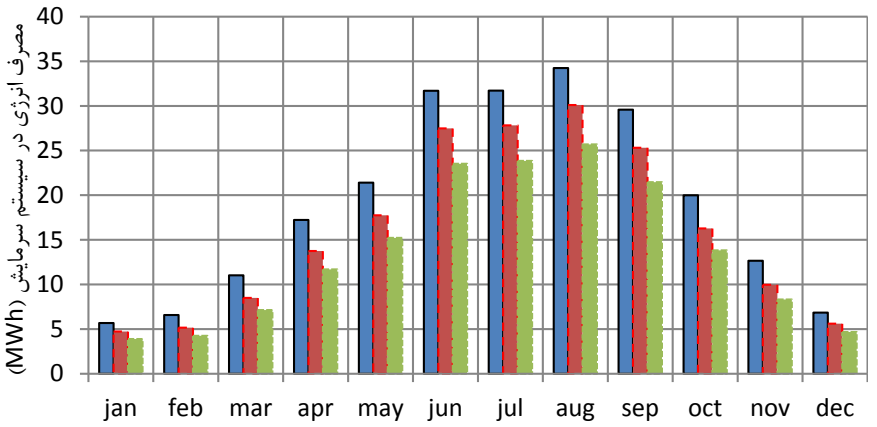
انرژی لازم برای خنک‌کاری سالانه و کل مصرف انرژی ساختمان به عنوان شاخص برای ارزیابی و مقایسه عملکرد انرژی استفاده شده است. تغییر در میزان مصرف انرژی ماهانه در ساختمان اداری مدل شده با شیشه پنجره‌های مختلف در شکل (۲) نشان داده است. از شکل (۲) اینگونه نتیجه می‌شود که اوج مصرف انرژی الکتریکی (پیک مصرف) در ماه‌های تابستان اتفاق افتاده است که به دلیل استفاده از تجهیزات سرمایشی می‌باشد و همانطور که مشاهده می شود الگوی تغییرات انرژی کل به روال انرژی سرمایش می‌باشد و این بدان علت است که بیشترین میزان مصرف انرژی الکتریکی در ساختمان اداری توسط سیستم‌های سرمایشی می‌باشد. بیشینه مصرف انرژی الکتریکی در ماه آگوست (مرداد) اتفاق افتاده است که با بازه دمایی ۳۶ تا ۳۵ درجه سانتیگراد گرم‌ترین ماه سال است. در مقابل

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

کمترین میزان مصرف انرژی الکتریکی را در ماه ژانویه (بهمن) با دمای (۵-) تا (۱۰-) درجه سانتیگراد که در نتیجه داشتن کمترین میزان مصرف انرژی الکتریکی جهت سرمایش است، دارد. در این ساختمان همانطور که در شکل مشخص است پنجره با شیشه‌های شفاف به دلیل جذب تابش بیشتر از پنجره ها، بیشترین میزان مصرف انرژی ماهانه را دارند و باعث افزایش بار سرمایشی به ویژه در ایام تابستان می‌گردد. به علاوه، با تغییر نوع شیشه پنجره به برونز و Low E به میزان قابل توجهی مصرف انرژی الکتریکی در بخش سرمایش در مقایسه با شیشه‌های شفاف کاهش می‌یابد. فیلم رنگی موجود در شیشه‌های برنز و پوشش Low E در شیشه‌ها باعث کاهش میزان حرارت جذب شده از خورشید می‌شود و در نهایت میزان بار سرمایشی را کاهش می‌دهد.



[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]



شکل ۲) مصرف انرژی الکتریکی ماهانه برای ساختمان اداری با شیشه پنجره‌های مختلف بدون بهره گیری روشنایی روز

نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که شیشه‌های برنز و Low E مقدار مصرف انرژی سالانه را در مقایسه با شیشه‌های شفاف به ترتیب به میزان ۸٪ و ۱۵٪ کاهش داشته است و علاوه بر آن مصرف انرژی الکتریکی در بخش سرمایش ۱۶٪ و ۲۸٪به ترتیب کاهش دا شته ا ست. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از شیشه‌های Low E جهت پنجره ساختمان‌های اداریی که در آب و هوای گرم واقع شده‌اند جهت زمانی که از روشنایی روز بهره‌برداری نمی‌شود، در کاهش مصرف انرژی موثر است. پوشش ساطع کننده حرارت روی شیشه‌های Low E حرارت را از محیط بیرون جذب می‌کند لذا باعث کاهش جذب خورشیدی و هزینه سرمایشی می‌گردد.

بهره‌گیری از روشنایی روز

در این مقاله مزایای ا ستفاده از رو شنایی روز جهت کاهش مصرف انرژی الکتریکی در ساختمان اداری به روش‌های مختلف مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. جهت بهره‌مندی از روشنایی روز از سیستم کنترل روشن/خاموش (on/off) استفاده شده است.

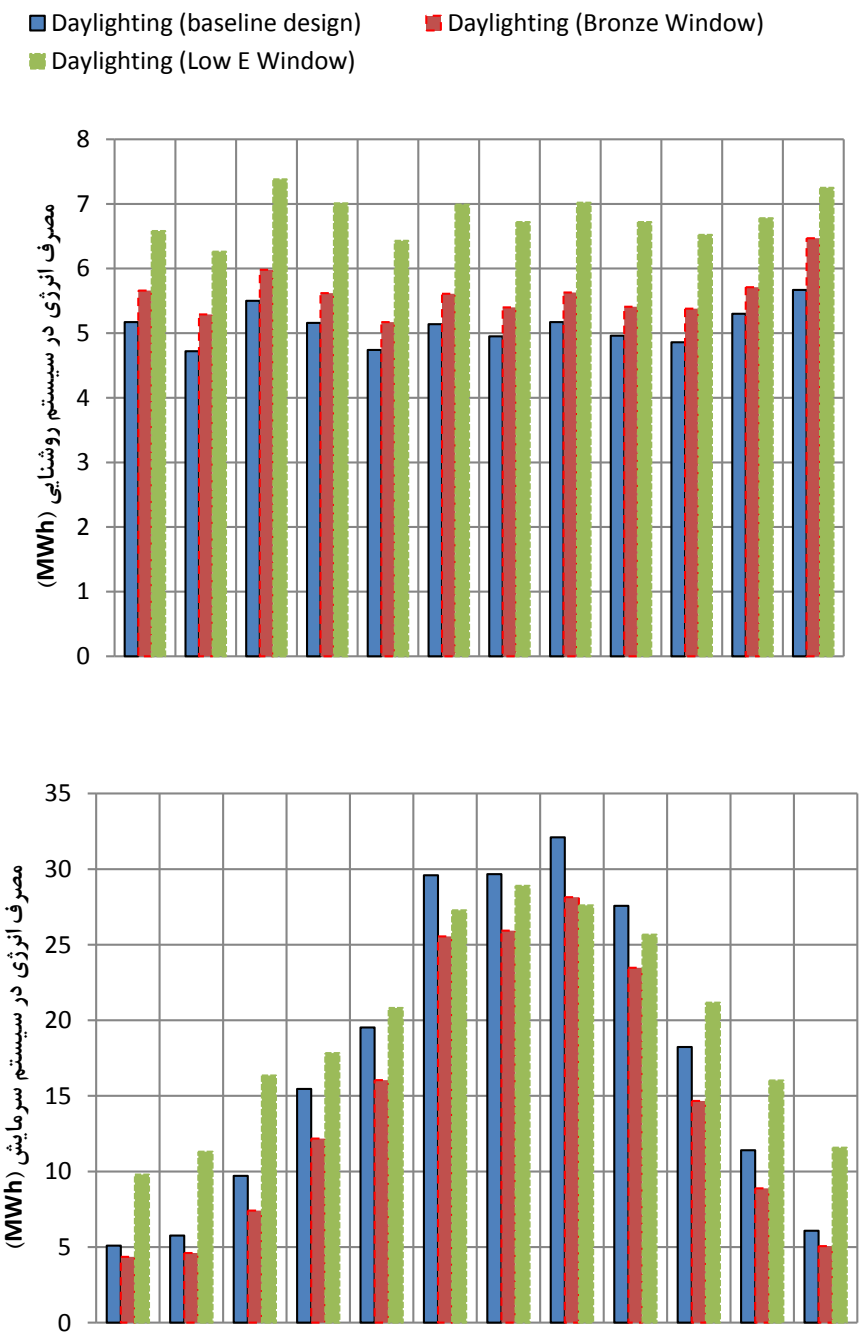
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

کنترل on/off

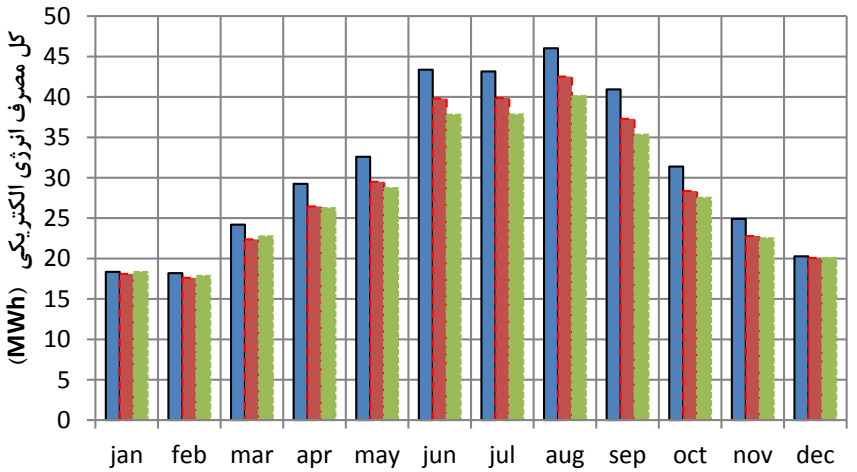
در این سیستم زمانی که میزان شدت روشنایی مورد نیاز جهت روشنایی اتاق مورد نظر کافی باشد سیستم روشنایی مصنوعی خاموش می‌گردد و از روشنایی روز استفاده می‌شود و در زمانی که این میزان روشنایی ناکافی باشد سیستم روشنایی مصنوعی روشن می‌شود. نتایج شبیه سازی انجام شده توسط این سیستم کنترلی در شکل (۳) نمایش داده شده است.

بهره‌مندی از روشنایی روز جهت تامین شدت روشنایی فضای داخل همانطور که انتظار می‌رود، باعث کاهش میزان مصرف انرژی در بخش روشنایی می‌گردد. در این شبیه‌سازی میزان کاهش مصرف انرژی با استفاده از شیشه‌های شفاف، برنز و Low E مورد بررسی قرار گرفته است و به ترتیب ۴۵٪، ۴۰٪ و ۲۷٪ کاهش در مصرف انرژی الکتریکی بخش روشنایی ایجاد نموده است. همانطور که در شکل (۳) مشاهده می شود، برخلاف زمانی که از روشنایی روز بهره‌برداری نمی شد، استفاده از پوشش روی شیشه‌های باعث افزایش مصرف انرژی در این بخش در مقایسه با شیشه‌های شفاف می‌گردد. بهره‌مندی از روشنایی روز از آنجایی که میزان استفاده از روشنایی مصنوعی را کاهش می‌دهد باعث کاهش بار داخلی ساختمان می‌گردد و در این شبیه‌سازی به میزان ۸٪، ۲۳٪ و ۳۳٪ به ترتیب با استفاده از شیشه‌های شفاف، برنز و Low E در میزان مصرف انرژی نسبت به شیشه‌های شفاف و بدون بهره‌مندی از روشنایی روز کاهش ایجاد شده‌است. اما تاثیر این تغییر در میزان مصرف انرژی کل جهت شیشه‌های شفاف، برنز و Low E به ترتیب ۱۲٪، ۲۲٪ و ۲۴٪ در مقایسه با شیشه‌های شفاف و بدون بهره‌مندی از روشنایی روز، می‌باشد که مشاهده می شود نرخ کاهش مصرف انرژی، به علت اثر متقابل تغییر نوع شیشه بر مصرف انرژی در سیستم روشنایی و سیستم سرمایشی، کاهش یافته است اما از آنجایی که استفاده از شیشه‌های رنگی و Low E باعث کاهش انرژی مصرفی در بخش سرمایش به میزان قابل توجهی بوده است در نهایت باعث کاهش مصرف انرژی کل گردیده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]



[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

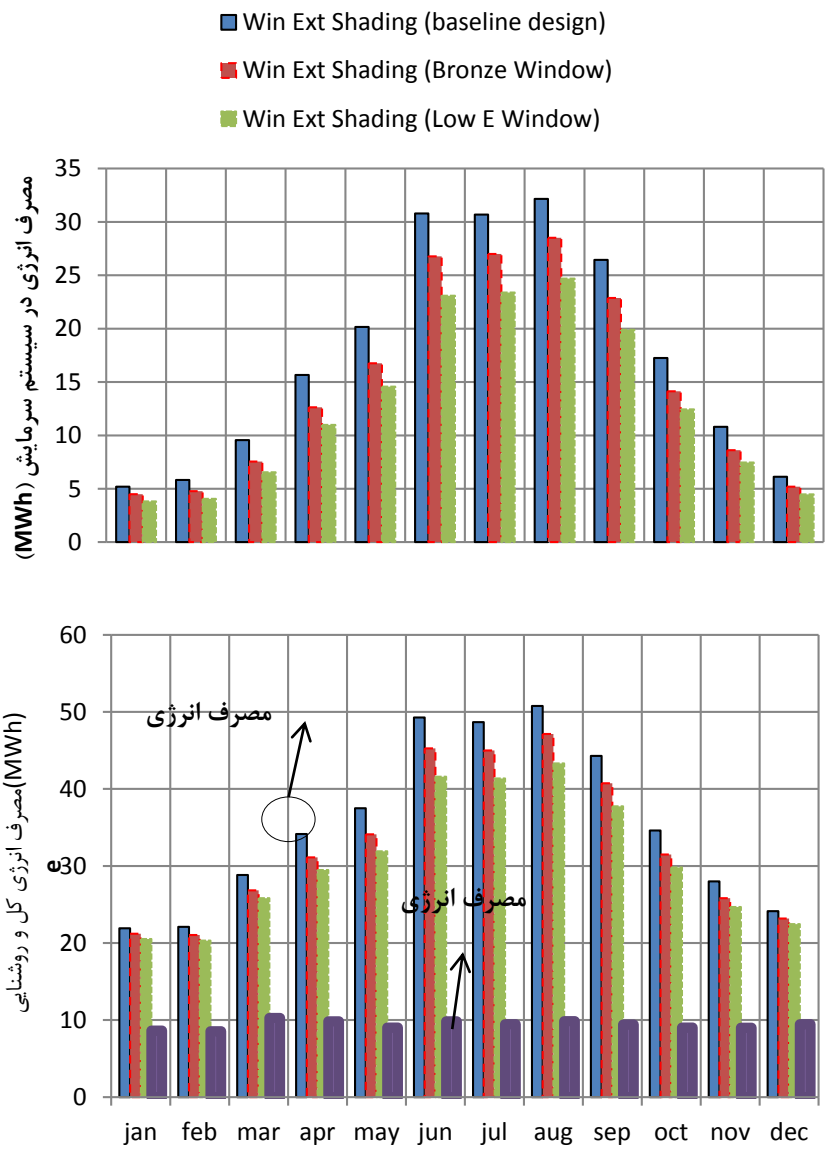


شکل ۳) مصرف انرژی الکتریکی ماهانه برای ساختمان اداری با شیشه‌های مختلف پنجره و بهره‌گیری از روشنایی روز توسط سیستم کنترل **on/off**

استفاده از سایه‌بان‌های عمودی و افقی جهت پنجره‌ها بدون بهره‌مندی از روشنایی روز

مو ضوع دیگری که در این مقاله به آن پرداخته شده ا ست ا ستفاده از سایه‌بان‌های افقی و عمودی و بررسی تاثیر آن بر روی میزان مصرف انرژی الکتریکی در بخش‌های روشنایی و سرمایش ساختمان و ارزیابی اثر تغییر نوع شیشه‌های پنجره و بهره‌مندی از روشنایی روز، بر عملکرد آنها می‌باشد. شکل (۴) میزان مصرف انرژی در بخش‌های روشنایی و سرمایش و همچنین مصرف کل انرژی الکتریکی در ساختمان را با در نظر گرفتن سایه‌بان افقی جهت پنجره‌های جنوبی و سایه‌بان عمودی جهت پنجره‌های شرقی و غربی طبق استاندارد ASHRAE 90-1 بدون بهره‌مندی از روشنایی روز جهت ساختمان اداری برای انواع پوشش پنجره‌های مذکور، نشان می‌دهد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]



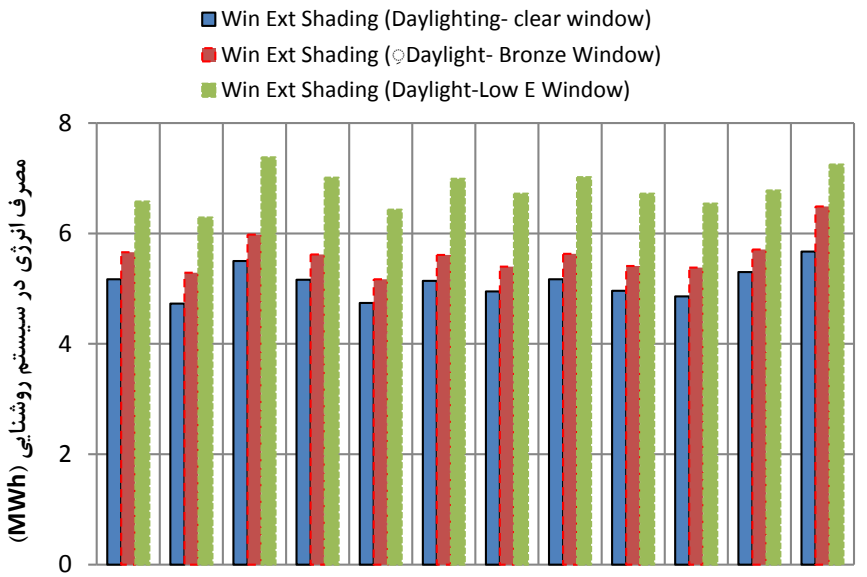
شکل ۴) مصرف انرژی الکتریکی ماهانه برای ساختمان اداری با استفاده از سایه‌بان‌های افقی و عمودی با شیشه پنجره‌های مختلف بدون بهره گیری روشنایی روز

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

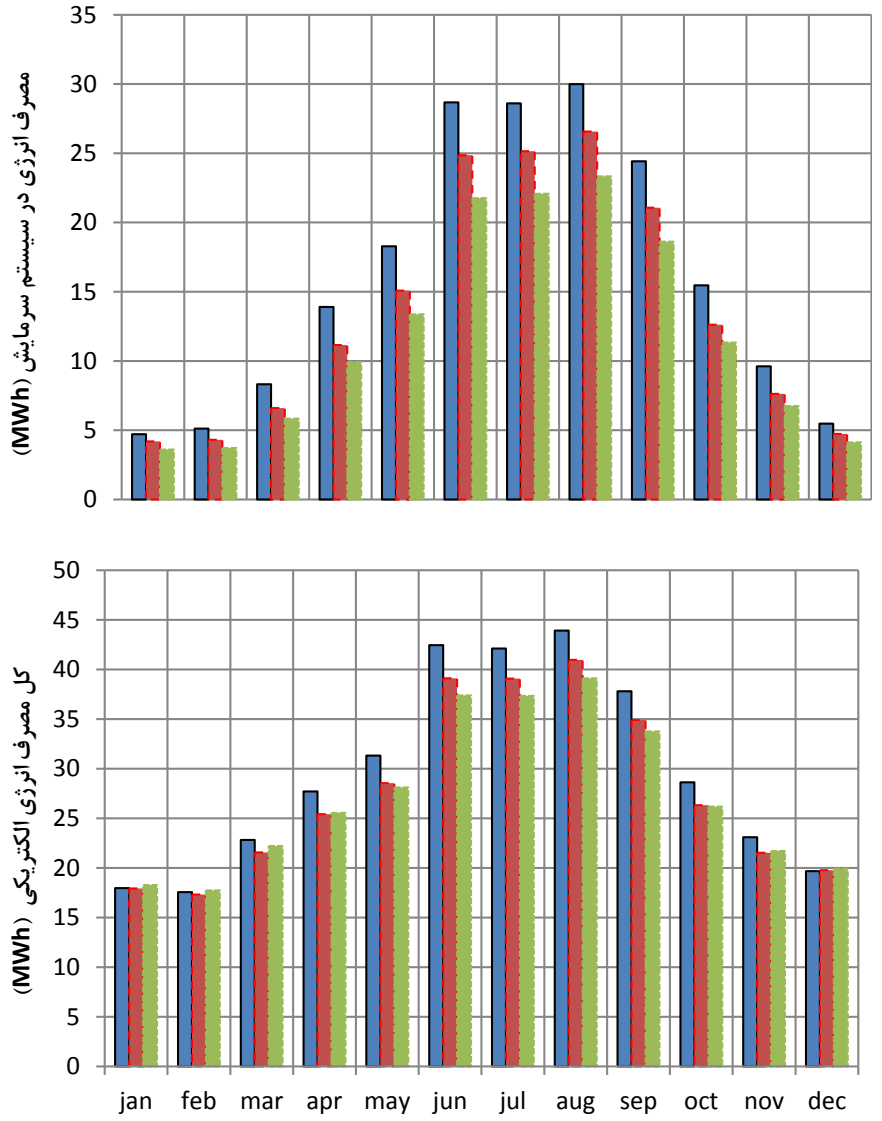
میزان کاهش مصـرف انرژی در بخش سـرمایش جهت شـیشـه‌های شـفاف، برنز و Low E در مقایسه با ساختمان با پنجره‌های بدون سایه‌بان و شیشه شفاف به ترتیب ۸٪، ۲۲٪ و ۳۲٪ می‌باشد.

با بهره‌گیری از روشنایی روز

در این بخش تاثیر سایه‌بان پنجره‌ها در صورتی که از رو شنایی روز جهت تامین رو شنایی اتاق‌ها مورد استفاده قرار گیرد بر میزان مصرف انرژی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و در شکل (۵) نتایج شبیه سازی انجام شده نمایش داده شده است.



[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]



شکل ۵) مصرف انرژی الکتریکی ماهانه برای ساختمان اداری با استفاده از سایه‌بان جهت پنجره‌ها وشیشه‌های مختلف پنجره و بهره‌گیری از روشنایی روز توسط سیستم کنترل **on/off**

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

میزان کاهش مصرف انرژی در روشنایی ساختمان با استفاده از شیشه‌های شفاف، برنز و Low E در این بخش به ترتیب ۴۵٪، ۴۰٪ و ۲۷٪ می‌باشد مشاهده می شود همانطور که انتظار می‌رفت، ایجاد سایبان جهت پنجره‌ها تاثیری بر روی میزان مصرف انرژی در بخش روشنایی نسبت به زمانی که از سایبان استفاده نشده است ندارد. این میزان کاهش برای سیستم سرمایش به همان ترتیب برابر است با ۱۶٪، ۲۸٪ و ۳۷٪ و در این کاهش در کل میزان مصرف انرژی برابر است با ۲۰٪، ۲۵٪ و ۲۶٪. نتایج نشان می‌دهد میزان تاثیرگذاری سایبان جهت پنجره‌ها در کاهش مصرف انرژی در مقایسه با زمانی که پنجره‌ها بدون سایبان باشند میزان قابل توجهی نمی‌باشد مگر زمانی که ۲٪ کاهش در مصرف انرژی با توجه به هزینه‌های آن مقرون به صرفه باشد.

در نهایت کل مصرف انرژی در بخش‌های مختلف و میزان تغییرات آن با پارامترهای ذکر شده در جدول (۴) جمع‌بندی شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

جدول ۱) میزان مصرف انرژی الکتریکی برای پارامترهای مختلف با و بدون بهره‌گبری از روشنایی روز

* . این مقدار جهت مقایسه مقدار کاهش در نظر گرفته شده است

نوع پارامتر		مصرف انرژی کل (**KWh**)/میزان کاهش ٪		مصرف انرژی روشنایی (**KWh**)/میزان کاهش٪		مصرف انرژی سرمایشی (**KWh**)/میزان کاهش٪	
		بدون بهره‌گیری از روشنایی روز	با بهره‌گیری از روشنایی روز	بدون بهره‌گیری از روشنایی روز	با بهره‌گیری از روشنایی روز	بدون بهره‌گیری از روشنایی روز	با بهره‌گیری از روشنایی روز
شیشه شفاف	حالت پایه	۴۴۲۲۳۰*	۳۷۲۶۶۰	۱۱۲۴۸۰*	۶۱۳۴۰	۲۲۸۶۲۰*	۲۱۰۲۱۰
			۱۲,۳٪		۴۵٪		۸٪
	با سایبان	۴۲۴۲۴۰	۳۵۵۰۳۰	۱۱۲۴۸۰	۶۱۳۵۰	۲۱۰۶۸۰	۱۹۲۵۶۰
		۴٪	۲۰٪	۰٪	۴۵٪	۸٪	۱۶٪
شیشه برنز	حالت پایه	۴۰۶۰۵۰	۳۴۴۷۵۰	۱۱۲۴۸۰	۶۷۳۳۰	۱۹۲۴۵۰	۱۷۶۳۰۰
		۸٪	۲۲٪	۰٪	۴۰٪	۱۶٪	۲۳٪
	با سایبان	۳۹۲۹۱۰	۳۳۲۴۳۰	۱۱۲۴۸۰	۶۷۳۵۰	۱۷۹۳۲۰	۱۶۳۹۶۰
		۱۱٪	۲۵٪	۰٪	۴۰٪	۲۲٪	۲۸٪
شیشه **Low E**	حالت پایه	۳۷۷۱۱۰	۳۳۵۰۵۰	۱۱۲۴۸۰	۸۱۶۶۰	۱۶۳۴۹۰	۱۵۲۳۰۰
		۱۵٪	۲۴٪	۰٪	۲۷٪	۲۸٪	۳۳٪
	با سایبان	۳۶۸۹۸۰	۳۲۷۲۵۰	۱۱۲۴۸۰	۸۱۷۱۰	۱۵۵۳۷۰	۱۴۴۴۳۰
		۱۷٪	۲۶٪	۰٪	۲۷٪	۳۲٪	۳۷٪

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

٤. نتایج و یافته‌های تحقیق

پنجره‌های بزرگ در ساختمان‌های اداری معمولا اجازه ورود نور بیشتری از پنجره ها به داخل می‌دهند و باعث ایجاد تعادل قیود روشنایی و مصرف انرژی توسط سیستم روشنایی و سیستم‌های سرمایشی می‌شوند. در این مقاله یک مدل از ساختمان اداری جهت شبیه‌سازی عملکرد انرژی توسط برنامه eQuest تهیه گردیده است. این بررسی به منظور تعیین تاثیر تغییرات پیرامونی ساختمان شامل نوع شیشه‌های پنجره، سایبان پنجره‌ها و تغییر نسبت ابعادی ساختمان بر روی عملکرد انرژی ساختمان در شرایط آب و هوایی گرم جهت ساختمان اداری می‌باشد. مصرف انرژی در بخش‌های روشنایی و سرمایش پارامترهایی هستند که جهت ارزیابی عملکرد انرژی الکتریکی در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته‌اند. تجزیه و تحلیل انجام شده نشان می‌دهد که در یک ساختمان اداری که در آب و هوای گرم واقع شده است در صورت استفاده از پنجره دوجداره شفاف، اگر از روشنایی روز جهت تامین بخشی از روشنایی فضا بهره‌مند شود، پنجره‌ها دارای سایبان باشد، میزان مصرف انرژی در بخش روشنایی، سرمایش و کل به ترتیب ۴۵٪، ۱۶٪ و ۲۰٪ نسبت به ساختمانی که از همان پنجره بدون بهره‌مندی از روشنایی روز و بدون سایبان باشد، کاهش می‌یابد. برای همان ساختمان کل مصرف انرژی در صورتی که نوع شیشه‌ها برنز باشد ۲۵٪ و اگر شیشه‌ها Low E باشد ۲۶٪ کاهش می‌یابد.

منابع

[1] B. P. S. Review and W. E. June, "BP Statistical Review of World Energy," no. June 2015.

[2] K. W. Energy, "InternationalEnergyAgency,KeyWorldEnergyStatistic," 2014.

[3] M. Hoseini Rahdar, A. Emamzadeh, and A. Ataei, "A comparative study on PCM and ice thermal energy storage tank for air-conditioning systems in office buildings," Applied Thermal Engineering, vol. 96, no. 2016, pp. 391–399, Mar. 2016.

[4] N. Bashiri Behmiri and J. R. Pires Manso, "How crude oil consumption impacts on economic growth of Sub-Saharan Africa?," Energy, vol. 54, pp. 74–83, Jun. 2013.

[5] A. Ataei, M. Nedaei, R. Rashidi, and C. Yoo, "Optimum design of an off-grid hybrid renewable energy system for an office building," Journal of Renewable and Sustainable Energy, vol. 7, no. 5, p. 053123, Sep. 2015.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

[6] J. Choi, A. Aziz, and V. Loftness, "Investigation on the impacts of different genders and ages on satisfaction with thermal environments in office buildings," Building and Environment, vol. 45, no. 6, pp. 1529–1535, Jun. 2010.
[7] A. Gasparella, G. Pernigotto, F. Cappelletti, P. Romagnoni, and P. Baggio, "Analysis and modelling of window and glazing systems energy performance for a well insulated residential building," Energy and Buildings, vol. 43, no. 4, pp. 1030–1037, Apr. 2011.
[8] H. S. L. C. Hens, "Thermal comfort in office buildings: Two case studies commented," Building and Environment, vol. 44, no. 7, pp. 1399–1408, Jul. 2009.
[9] P. Ihm, L. Park, M. Krarti, and D. Seo, "Impact of window selection on the energy performance of residential buildings in South Korea," Energy Policy, vol. 44, pp. 1–9, May 2012.
[10] T. Berger, C. Amann, H. Formayer, A. Korjenic, B. Pospichal, C. Neururer, and R. Smutny, "Impacts of urban location and climate change upon energy demand of office buildings in Vienna, Austria," Building and Environment, vol. 81, pp. 258–269, Nov. 2014.
[11] M.-T. Ke, C.-H. Yeh, and J.-T. Jian, "Analysis of building energy consumption parameters and energy savings measurement and verification by applying eQUEST software," Energy and Buildings, vol. 61, pp. 100–107, Jun. 2013.
[12] H. Arsenault, M. Hébert, and M.-C. Dubois, "Effects of glazing colour type on perception of daylight quality, arousal, and switch-on patterns of electric light in office rooms," Building and Environment, vol. 56, pp. 223–231, Oct. 2012.
[13] Y.-W. Lim, M. Z. Kandar, M. H. Ahmad, D. R. Ossen, and A. M. Abdullah, "Building façade design for daylighting quality in typical government office building," Building and Environment, vol. 57, pp. 194–204, Nov. 2012.
[14] H. Shen and A. Tzempelikos, "Sensitivity analysis on daylighting and energy performance of perimeter offices with automated shading," Building and Environment, vol. 59, pp. 303–314, Jan. 2013.
[15] D. B. Crawley, J. W. Hand, M. Kummert, and B. T. Griffith, "Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs," Building and Environment, vol. 43, no. 4, pp. 661–673, Apr. 2008.
[16] N. Nassif, R. Tesiero, and N. Al Raees, "Energy Performance Analysis of Ice Thermal Storage for Commercial HVAC Systems," vol. 7, pp. 1713–1718, 2013.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]