

سورة



پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته‌ی معماری و انرژی

# تحلیل همزمان عملکرد حرارتی و روشنایی پنجره (در ساختمان های اداری در اقلیم تهران)

توسط:

سیده منا خاتمی

اساتید راهنما:

دکتر ماریا کرجمشیدی

دکتر بهروز محمدکاری

استاد مشاور:

دکتر سیدعلیرضا ذوالفقاری

تیرماه ۱۳۹۲

به نام خدا

تحلیل همزمان عملکرد حرارتی و روشنایی پنجره  
(در ساختمان های اداری در اقلیم تهران)

توسط:

سیده منا خاتمی

پایان نامه ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم  
برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته ی:

انرژی - معماری

از دانشگاه ایلام

ایلام

جمهوری اسلامی ایران

در تاریخ ..... توسط هیأت داوران زیر ارزیابی و با درجه ..... به تصویب نهایی رسید.  
دکتر ماریا کردجمشیدی، استادیار گروه معماری (راهنما و رئیس هیأت داوران) .....  
دکتر بهروز محمدکاری، استادیار گروه معماری (راهنما) .....  
دکتر سیدعلیرضا ذوالفقاری، استادیار گروه مکانیک (مشاور) .....  
دکتر شاهین حیدری، استادیار گروه معماری (داور) .....  
دکتر ابراهیم مرادی، استادیار گروه معماری (داور) .....

تیر ۱۳۹۲

## اظهار نامه دانشجو

موضوع پایان نامه : تحلیل همزمان عملکرد حرارتی و روشنایی پنجره  
(در ساختمان های اداری در اقلیم تهران)

اساتید راهنما: دکتر ماریا کردجمشیدی – دکتر بهروز محمدکاری  
استاد کشاور: دکتر سید علیرضا ذوالفقاری  
نام دانشجو: سیده منا خاتمی  
شماره دانشجویی: ۸۹۱۳۸۶۵۰۲

اینجانب سیده منا خاتمی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته انرژی-معماری دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه ایلام گواهی می نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأیید می باشد، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است . بعلاوه گواهی می نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه ایلام تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه ایلام ( Ilam University ) به چاپ خواهد رسید. و در تدوین متن پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده ام.

امضاء دانشجو:



تاریخ: ۹۲/۰۴/۰۱

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی  
به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش و جودشان که بهترین پشتیبان است  
به پاس قلب های بزرگشان که فریادس است  
و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم.

## پاسکزاری

نگارنده بر خود لازم می‌داند تا بدین وسیله از راهنمایی‌های ارزشمند استاد کرامی سرکار خانم دکتر کریمه جمشیدی،  
تلاش‌های بی‌وقفه جناب آقای دکتر کاری و زحمات بی‌دریغ جناب آقای دکتر ذوالفقاری در راستای انجام  
این پروژه تشکر و قدردانی نماید.  
همچنین از جناب آقای دکتر خداکرمی و سرکار خانم دکتر نصراللهی که در طی این دو سال صبورانه همراه و  
راهنمای اینجانب بودند، پاسکزارم.

## چکیده :

این پژوهش، نگاه از دریچه‌ای خاص به یکی از اساسی‌ترین مباحث روز، یعنی چگونگی استفاده صحیح و بهینه از نور و گرمای خورشید در ساختمان است. در حال حاضر، گذشته از دیدگاه‌هایی که به مسائل زیبایی‌شناسانه اولویت می‌دهند، عمده توجه محققان به مباحث انتقال حرارت و استفاده از نور روز در جهت کاهش مصرف انرژی معطوف شده است. در پژوهش پیش رو به طور خاص، اثرات عایق جداره، موقعیت قرارگیری، جنس و اندازه پنجره‌ها با هدف کمینه‌سازی مصرف انرژی سالیانه در واحدهای اداری با تأکید بر تأثیر جداره‌های نورگذر مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. میزان مصرف انرژی تحت تأثیر پارامترهای هندسی، خواص مواد و نوع شیشه، موقعیت قرارگیری و اقلیم منطقه، می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر کند. میزان بهینه هریک از پارامترهای مورد بررسی، در راستای کمینه کردن مصرف انرژی سالیانه ساختمان با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی محاسبه شده است. همین روش را می‌توان در انتخاب‌های دیگر فرایند طراحی بنا، نظیر جنس مصالح، نوع سیستم‌های مکانیکی و هندسه فضا با توجه به اقلیم، مورد استفاده قرار داد.

واژگان کلیدی : بهینه‌سازی، نور روز، انتقال حرارت، مصرف انرژی، اندازه پنجره

## فهرست مطالب

چکیده ..... د

### فصل اول

طرح تحقیق ..... ۲

۱-۱- تاریخچه مصرف انرژی ..... ۲

۱-۲- آمارهای جهانی انرژی ..... ۳

۱-۲-۱- مصرف انرژی در ساختمان‌های تجاری ..... ۳

۱-۲-۲- مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری ..... ۳

۱-۳- شرح و بیان مسئله تحقیق ..... ۴

۱-۴- ضرورت و اهمیت موضوع تحقیق ..... ۵

۱-۵- اهداف تحقیق ..... ۶

۱-۶- پیشینه علمی موضوع تحقیق ..... ۶

۱-۷- روش تحقیق ..... ۱۲

### فصل دوم

مبانی نظری ..... ۱۴

۱-۲- مبانی نور ..... ۱۴

۱-۲-۱- ماهیت نور ..... ۱۵

۱-۲-۲- سیستم بینایی انسان ..... ۱۹

۱-۲-۳- تأثیر نور بر انسان ..... ۲۲

۱-۲-۴- نور و رنگ ..... ۲۵

۱-۲-۲- روشنایی طبیعی ..... ۲۷

۱-۲-۲-۱- اهداف و ضرورت بهره‌گیری از روشنایی طبیعی ..... ۲۸

۱-۲-۲-۲- تعریف نور روز ..... ۲۹

۱-۲-۲-۳- منبع نور روز و نحوه بهره‌گیری از آن (طبیعت آسمان، ...) ..... ۳۲

۱-۲-۲-۴- سیستم‌های روشنایی طبیعی ..... ۳۳

۱-۲-۲-۲-۱- راهبردهای اصلی روشنایی طبیعی ..... ۳۴

۱-۲-۲-۲-۲- راهبردهای اصلی روشنایی از پنجره ..... ۳۵

۱-۲-۲-۲-۳- خصوصیات پنجره ..... ۳۷



۴۱	۲-۲-۴-۴- مصالِح شیشه‌ای در پنجره‌ها
۴۲	۲-۲-۴-۵- انواع نورگیر
۴۶	۲-۲-۵- محاسبات روشنایی طبیعی
۴۶	۲-۲-۵-۱- مقدار روشنایی
۴۷	۲-۲-۵-۲- محاسبات پنجره
۵۷	۲-۲-۶- روشنایی روز و عوامل محیطی مؤثر بر طراحی
۶۱	۲-۲-۷- بازدهی اقتصادی طراحی نورپردازی با نور روز
۶۴	۲-۲-۸- نورپردازی الکتریکی به عنوان مکملی برای روشنایی طبیعی
۶۵	۲-۲-۹- نورپردازی فضاهای اداری
۶۵	۲-۳-۹-۱- طراحی نورپردازی دفاتر و ادارات
۶۷	۲-۲-۹-۲- استانداردها و اصول نورپردازی فضاهای اداری
۷۳	۲-۳- آسایش حرارتی
۷۳	۲-۳-۱- مبانی نظری
۷۳	۲-۳-۱-۱- روش‌های بررسی آسایش حرارتی
۷۴	۲-۳-۱-۲- انتقال حرارت بین بدن و محیط
۷۵	۲-۳-۲- مدل‌های آسایش حرارتی
۷۵	۲-۳-۲-۱- انواع مدل‌های آسایش حرارتی
۷۶	۲-۳-۲-۲- شاخص‌های آسایش حرارتی
۷۹	۲-۳-۲-۳- قابلیت‌ها و محدودیت‌های مدل‌های آسایش حرارتی
۷۹	۲-۳-۳- نارضایتی حرارتی و عوامل مؤثر بر آن
۸۰	۲-۳-۳-۱- نارضایتی حرارتی موضعی
۸۲	۲-۳-۳-۲- برخی پارامترهای ثانویه مؤثر بر آسایش حرارتی
۸۲	۲-۳-۴- آسایش حرارتی و مصرف انرژی در ساختمان
۸۳	۲-۴- بهینه‌سازی
۸۴	۲-۴-۱- تئوری بهینه‌سازی
۸۵	۲-۴-۲- مبانی نظری و مدل‌های مطرح
۸۷	۲-۴-۲-۱- روش‌های شمارشی
۸۸	۲-۴-۲-۲- روش‌های محاسباتی (جستجوی ریاضی)

۲-۴-۳- روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری (جستجوی تصادفی) ..... ۸۹

## فصل سوم

- ۱۰۰ ..... معرفی نرم‌افزارهای مورد استفاده
- ۳-۱-۱۰۰ ..... نرم‌افزارها و شبیه‌سازی عملکرد حرارتی (انرژی پلاس، DOE-2، ...)
- ۳-۲-۱۰۳ ..... نرم‌افزارها و شبیه‌سازی عملکرد روشنایی
- ۳-۲-۱۰۳ ..... شبیه‌سازی روشنایی
- ۳-۲-۱-۱۰۴ ..... الگوریتم‌های شبیه‌سازی روشنایی
- ۳-۲-۲-۱۰۶ ..... نرم‌افزارهای تحلیل انرژی روشنایی
- ۳-۲-۳-۱۱۰ ..... روشنایی روز و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انرژی ساختمان
- ۳-۲-۴-۱۱۶ ..... نرم‌افزار انرژی پلاس و عملکرد روشنایی
- ۳-۳-۱۱۷ ..... نرم‌افزارهای بهینه‌سازی
- ۳-۳-۱۱۷ ..... عملکرد موازی انرژی پلاس و نرم‌افزارهای تحلیل پارامتریک
- ۳-۳-۲-۱۱۹ ..... نرم‌افزار جن‌اپت
- ۳-۲-۳-۱۲۱ ..... جن‌اپت چگونه کار می‌کند
- ۳-۲-۲-۱۲۱ ..... رابط برنامه شبیه‌سازی
- ۳-۲-۳-۱۲۲ ..... الگوریتم‌های بهینه‌سازی
- ۳-۲-۴-۱۲۳ ..... اجزای مسأله بهینه‌سازی
- ۳-۲-۵-۱۲۴ ..... انتخاب الگوریتم بهینه‌سازی
- ۳-۲-۶-۱۲۴ ..... امتحان الگوریتم‌ها
- ۳-۴-۱۲۵ ..... بهره‌گیری از نرم‌افزار انرژی پلاس و جن‌اپت به منظور شبیه‌سازی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان
- ۳-۴-۱-۱۲۵ ..... معرفی
- ۳-۴-۲-۱۲۶ ..... اجرای جن‌اپت
- ۳-۴-۳-۱۲۷ ..... پیش‌پردازش
- ۳-۴-۴-۱۲۷ ..... پس‌پردازش
- ۳-۴-۵-۱۲۸ ..... ساختار الگو
- ۳-۴-۶-۱۲۹ ..... نتایج

## فصل چهارم

۱-۴. روش تحقیق ..... ۱۳۱

۲-۴- شرح مسأله تحقیق، محاسبات و جمع آوری اطلاعات ..... ۱۳۳

۳-۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها ..... ۱۳۶

### فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادها ..... ۱۵۲

فهرست منابع ..... ۱۵۸

## فهرست جداول

- جدول ۱- طیف تابش خورشیدی ..... ۱۵
- جدول ۲- دمای وابسته به رنگ برخی از منابع نور بر حسب کلوین ..... ۲۶
- جدول ۳- طبقه‌بندی دمای رنگ نور (CCT) بر حسب کلوین ..... ۲۶
- جدول ۴- نسبت تور به جذب خورشیدی (LSC) برای سامانه‌های مختلف نورگیری ..... ۳۲
- جدول ۵- درصد شیشه از کل سطح پنجره بادی‌های برنجی مقدار شبکه‌ قاب پنجره ۴۰. ..... ۴۰
- جدول ۶- توزیع ساعات روشنایی در ایران بر اساس مناطق سه‌گانه در طول یک سال ..... ۴۸
- جدول ۷- حداقل متوسط عامل روز ..... ۵۲
- جدول ۸- الگوریتم‌های روشنایی در دسترس ..... ۱۰۶
- جدول ۹- خلاصه‌ای از ابزارهای شبیه‌سازی روشنایی موجود ..... ۱۰۹
- جدول ۱۰- شبیه‌سازی روشنایی در شبیه‌سازی کل ساختمان ..... ۱۱۵

## فهرست اشکال

- شکل ۱- درصد نارضایتی بر حسب میانگین رأی افراد ..... ۷۸
- شکل ۲- طبقه‌بندی انواع روش‌های بهینه‌سازی ..... ۸۷
- شکل ۳- مدل پایه‌ای نوروون ..... ۹۶
- شکل ۴- (a) میزان درخشندگی (b) رادیوسیتی (c) نقشه فوتون ..... ۱۰۶
- شکل ۵- نمونه مدل هندسی شبیه‌سازی کل ساختمان ..... ۱۱۲
- شکل ۶- رابطه بین جن‌اپت و برنامه شبیه‌سازی ..... ۱۲۲
- شکل ۷- نمونه‌ای از ساختار command.txt ..... ۱۲۶
- شکل ۸- صفحه نمایش اجرای جن‌اپت ..... ۱۲۹
- شکل ۹- فضای اداری مورد مطالعه در موقعیت اولیه ..... ۱۳۴
- شکل ۱۰- مقایسه ابعاد بهینه پنجره به ازای ۸ حالت در جهت شمال، برای دو سیستم سرمایه‌گذاری تبخیری و تراکمی ..... ۱۳۷
- شکل ۱۱- مقایسه ابعاد بهینه پنجره به ازای ۸ حالت در جهت جنوب، برای دو سیستم سرمایه‌گذاری تبخیری و تراکمی ..... ۱۳۸
- شکل ۱۲- مقایسه ابعاد بهینه پنجره به ازای ۸ حالت در جهت شرق، برای دو سیستم سرمایه‌گذاری تبخیری و تراکمی ..... ۱۳۸
- شکل ۱۳- مقایسه ابعاد بهینه پنجره به ازای ۸ حالت در جهت غرب، برای دو سیستم سرمایه‌گذاری تبخیری و تراکمی ..... ۱۳۹
- شکل ۱۴- درصد افزایش مقدار بهینه سطح پنجره برای هشت نوع شیشه در چهار جهت اصلی به ازای استفاده از سیستم سرمایه‌گذاری تبخیری نسبت به سیستم سرمایه‌گذاری تراکمی .. ۱۴۰
- شکل ۱۵- مقدار بهینه سطح پنجره با راندمان سیستم سرمایه‌گذاری تبخیری برای هشت نوع شیشه در چهار جهت اصلی ..... ۱۴۱
- شکل ۱۶- مقدار بهینه سطح پنجره با راندمان سیستم سرمایه‌گذاری تراکمی برای هشت نوع شیشه در چهار جهت اصلی ..... ۱۴۱
- شکل ۱۷- جهت بهینه پنجره در صورت استفاده از سیستم سرمایه‌گذاری تراکمی ..... ۱۴۲
- شکل ۱۸- درصد سطح پنجره به نما در جهت بهینه برای ۸ نوع شیشه در صورت استفاده از سیستم سرمایه‌گذاری تراکمی ..... ۱۴۳
- شکل ۱۹- درصد کاهش مصرف انرژی کل سالیانه با سیستم سرمایه‌گذاری تراکمی به ازای

- انتخاب جهت بهینه نسبت به حالت بهینه در چهار جهت اصلی ..... ۱۴۴
- شکل ۲۰- درصد افزایش مقدار بهینه سطح پنجره با سیستم سرمایش تراکمی به ازای انتخاب جهت بهینه نسبت به حالت بهینه در چهار جهت اصلی ..... ۱۴۴
- شکل ۲۱- جهت بهینه پنجره در صورت استفاده از سیستم سرمایش تبخیری ..... ۱۴۵
- شکل ۲۲- درصد سطح پنجره به نما در جهت بهینه برای ۸ نوع شیشه در صورت استفاده از سیستم سرمایش تبخیری ..... ۱۴۶
- شکل ۲۳- درصد کاهش مصرف انرژی کل سالیانه با سیستم سرمایش تبخیری به ازای انتخاب جهت بهینه نسبت به حالت بهینه در چهار جهت اصلی ..... ۱۴۶
- شکل ۲۴- درصد افزایش مقدار بهینه سطح پنجره با سیستم سرمایش تبخیری به ازای انتخاب جهت بهینه نسبت به حالت بهینه در چهار جهت اصلی ..... ۱۴۷
- شکل ۲۵- درصد افزایش سطح پنجره در صورت بهره‌گیری از سیستم سرمایش تبخیری در حالت بهینه نسبت به سیستم سرمایش تراکمی ..... ۱۴۸
- شکل ۲۶- مصرف سالانه انرژی سرمایشی به ازای ۱۲ حالت مختلف برای شیشه پنجره و عایق جدار خارجی در چهار جهت اصلی ..... ۱۴۹
- شکل ۲۷- مصرف سالانه انرژی گرمایشی به ازای ۱۲ حالت مختلف برای شیشه پنجره و عایق جدار خارجی در چهار جهت اصلی ..... ۱۴۸
- شکل ۲۸- مصرف سالانه انرژی روشنایی به ازای ۱۲ حالت مختلف برای شیشه پنجره و عایق جدار خارجی در چهار جهت اصلی ..... ۱۵۰
- شکل ۲۹- درصد افزایش مقدار بهینه سطح پنجره به ازای ۵ نوع شیشه نسبت به شیشه تک‌جداره شفاف ..... ۱۵۱

## فصل اول

طرح تحقیق

## طرح تحقیق

### ۱-۱. تاریخچه مصرف انرژی

انرژی، نیروی اصلی و اساس زندگی انسان‌ها است. دوره‌های مختلف تمدن انسان، بر اساس کشفیات و اختراعات و بهره‌گیری از منابع انرژی گوناگون شکل گرفته است. انرژی را می‌توان به عنوان بنیاد و اساس زندگی اجتماعی معرفی کرد.

پس از افزایش قیمت نفت در سال ۱۹۷۳ کشورهای پیشرفته صنعتی مجبور شدند به مسئله انرژی جدی‌تر بنگرند و این مهم با رشد مجدد قیمت نفت بعد از انقلاب اسلامی ایران، وسعت بیشتری یافت. این مسئله به عنوان بحران انرژی یا بحران احتراق نام گرفت و سرآغاز تحقیقاتی در زمینه صرفه‌جویی و یا بهینه‌سازی مصرف انرژی گردید. این صرفه‌جویی در اولین مرحله تمامی سیاستگذاری‌های انرژی و جزو برنامه‌های کوتاه مدت منظور شد و در برنامه‌های بلندمدت مواردی مانند کشف منابع جدید انرژی و منابع انرژی‌های تجدیدپذیر (انرژی خورشید و باد و امواج و غیره) در دستور کار قرار گرفت و کشورهای صنعتی به این مهم دست یافتند که با بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع و ساختمان‌ها، می‌توان بین ۳۰ تا ۴۰ درصد مصرف انرژی را کاهش داد.

با توجه به اینکه ایران یکی از ۱۵ کشور جهان از لحاظ مصرف بالای مواد نفتی بوده و در بین کشورهای اوپک بیشترین مصرف‌کننده این گونه مواد است، طبق آمار مربوط به میزان مصرف انرژی کشور، مصرف فراورده‌های نفتی در سال ۱۹۷۶ و ۱۹۸۳ به ترتیب معادل ۴۳۰,۰۰۰ و ۸۷۱,۰۰۰ بشکه نفت در روز بوده که با در نظر گرفتن مصرف سال ۱۹۹۱ که حدود ۱,۱۰۰,۰۰۰ بشکه در روز بوده است، می‌توان گفت در زمانی که دنیای غرب با اعمال سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی، مصرف خود را کاهش داده، ایران در کمتر از دو دهه مصرف فراورده‌های نفتی خود را حدوداً سه برابر کرده است.



## ۲-۱- آمارهای جهانی انرژی

براساس آمارهای سازمان اطلاعات انرژی امریکا (EIA2009)، جمعیت جهان از ۶,۰۱۲ میلیون نفر در سال ۱۹۹۹ به ۶,۷۷۶ میلیون نفر در سال ۲۰۰۹ افزایش داشته است، که افزایش کلی معادل ۱۱,۲۸ درصد و سالیانه به طور میانگین ۱,۰۸ درصد را نشان می دهد. رشد جمعیت اثر سوئی بر منابع انرژی طبیعی محدود داشته و سبب کاهش بیش از حد آنها شده است. بین سالهای ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹، مجموع تولید انرژی اولیه - نفت خام، گاز طبیعی، زغال سنگ، و برق (آبی، هسته ای، زمین گرمایی، خورشیدی، بادی و زیست توده) - در نرخ میانگین سالیانه ۲,۰۹ درصد رشد داشته است (از  $۱۰^{۱۲} \times ۴۰۳$  مگاژول در سال ۱۹۹۹ به  $۱۰^{۱۲} \times ۵۱۰$  مگاژول در سال ۲۰۰۹). در سال ۲۰۰۹، ایالات متحده امریکا، روسیه، و چین تولیدکنندگان و مصرف کنندگان برجسته جهان بودند، تولید ۳۸٪ و مصرف ۴۱٪ از مجموع انرژی جهان (EIA2009).

## ۲-۱-۱- مصرف انرژی در ساختمان های تجاری

براساس آمارهای سازمان اطلاعات انرژی امریکا (EIA2009)، ساختمان های تجاری ایالات متحده امریکا در سال ۱۹۹۹ حدود  $۱۰^۶ \times ۶,۰۱۳$  مگاژول از کل انرژی مصرفی این کشور (برق، گاز طبیعی، نفت خام و بخار) را به خود اختصاص داده اند. پیش بینی می شود مصرف انرژی الکتریسیته در تمام بخش ها افزایش یابد. در این میان بالاترین رشد نرخ مربوط به بخش تجاری است. افزایش تقاضای سالیانه ۲,۲ درصد از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۵، در مقایسه با ۱,۶ درصد برای بخش صنعتی و ۱,۴ درصد برای بخش مسکونی.

## ۲-۲-۱- مصرف انرژی در ساختمان های اداری

انرژی که برای گرمایش، سرمایش و روشنایی فضای کاری و خانه ها مصرف می شود، حدود یک سوم مصرف انرژی در ایالات متحده امریکا را به خود اختصاص می دهد. خانه ها و فضاهای کاری، با اینکه بزرگترین مصرف کنندگان انرژی در این کشور هستند، قرار است بیشترین کاهش در

مصرف انرژی را نیز به نام خود ثبت کنند. برنامه‌هایی مانند انرژی‌استار و "راهبری در طراحی زیست محیطی و انرژی" (LEED)، کاهش مصرف انرژی را از جنبه‌های سبز و پایایی ساختمان مورد هدف قرار داده‌اند. "استاندارد اشری" با نام "استاندارد انرژی برای ساختمان‌ها به استثنای ساختمان‌های کوچک مسکونی" و همچنین دستورالعمل‌های انرژی ایالتی، استانداردها و قواعد، محرک این حرکت به شمار می‌آیند. افزایش هزینه‌های انرژی نیز، این مهم را از نظر جنبه‌های اقتصادی آن تسریع کرده‌است. در طول پانزده سال گذشته، تقاضای برق مورد نیاز برای روشنایی فضاهای تجاری به نصف کاهش یافته‌است. استفاده از روشنایی روز، چراغ‌های قابل تنظیم، حسگرهای حضور افراد و غیره، توانسته‌اند این کاهش قابل توجه را ایجاد نمایند. مصرف انرژی رایانه‌ها، نمایشگرها، دستگاه‌های کپی، فکس و دیگر لوازم اداری نیز کاهش چشم‌گیری یافته‌است. کاهش ۴۰ تا ۶۰ درصدی نیز در میانگین بارهای سرمایش داخلی به چشم می‌خورد. اما عدم ارزیابی تاثیراتی که بر روی سیستم‌های تهویه مطبوع رخ خواهند داد، می‌تواند منجر به بروز مشکلاتی در زمینه آسایش ساکنین و کیفیت هوای داخلی ساختمان گردد. در واقع، آنچه که ممکن است از نظر صرفه‌جویی در انرژی بسیار ایده‌آل به نظر برسد، شاید سیستم تهویه مطبوع ساختمان را تبدیل به دستگاه تولید شکایات ساکنین نموده و در برخی موارد، کابوسی واقعی در مورد کیفیت هوای داخلی به شمار آید.

### ۱-۳- شرح و بیان مسئله تحقیق

پس از اولین بحران نفتی در سال ۱۹۷۳ میلادی، اهمیت موضوع صرفه‌جویی در مصرف انرژی در کشورهای پیشرفته روشن گردید. همچنین مشکلات زیست‌محیطی حاصل از سوخت‌های فسیلی باعث شد تا در مقطع زمانی دهه‌های ۷۰ و ۸۰ میلادی، مسئله حمایت از محیط‌زیست به طور جدی مطرح گردد. بر این اساس، کشورها تلاش کردند تا با مدیریت مصرف انرژی، از ذخایر ملی خود صیانت کرده و به حفاظت از محیط‌زیست کمک نمایند. در سال‌های اخیر، در ایران نیز شاهد افزایش توجه به امر مدیریت مصرف انرژی هستیم ولی کماکان در مقایسه با کشورهای صنعتی، پتانسیل صرفه‌جویی در بخش ساختمان در ایران بسیار عظیم است. میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های ایران در حدود ۲,۶ برابر استانداردهای بین‌المللی است. از این رو سرمایه‌گذاری در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان حائز اهمیت است. بخش ساختمان نزدیک به ۴۰٪ مصرف انرژی کشور را به خود اختصاص می‌دهد. از این میان، بخش قابل توجهی از مصرف

انرژی در ساختمان مربوط به مشخصات حرارتی و عملکرد پنجره‌ها و همچنین نحوه نصب آنها است، و حدود یک سوم اتلاف حرارت در ساختمان از طریق پنجره‌ها صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر، پنجره به عنوان عنصر رابط بین محیط مصنوع و طبیعی یکی از تأثیرگذارترین عناصر در میزان مصرف انرژی است. لذا اصلاح و بهینه‌سازی آن می‌تواند تأثیر قابل توجهی در کاهش مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی در روز داشته باشد.

در پژوهش پیش رو به طور خاص، اثرات عایق جداره، موقعیت قرارگیری، جنس و اندازه پنجره‌های یک ساختمان اداری مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. میزان بهینه هریک از پارامترهای مورد بررسی، در راستای کمینه کردن مصرف انرژی سالیانه ساختمان با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی محاسبه شده است. همین روش را می‌توان در انتخاب‌های دیگر فرایند طراحی بنا، نظیر جنس مصالح، نوع سیستم‌های مکانیکی و هندسه فضا با توجه به اقلیم، مورد استفاده قرار داد.

#### ۱-۴- ضرورت و اهمیت موضوع تحقیق

از کل انرژی مصرفی کشور، حدود ۴۰٪ آن صرف گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها می‌گردد که برآورد می‌شود حدود یک سوم اتلاف حرارتی از طریق پنجره‌ها صورت می‌گیرد. پنجره‌ها عناصری از بنا هستند که نور، حرارت و زیبایی مناظر را به درون دعوت می‌کنند. پنجره‌ها همچنین بزرگترین عناصر انتقال حرارت نیز به شمار می‌روند. تعویض یا بهبود کارایی پنجره‌ها در ساختمان‌های موجود و انتخاب صحیح و مناسب نوع پنجره و اجزای آن (نوع شیشه، جنس قاب، یک یا چند جداره بودن، نوع گاز در شیشه‌های چند جداره، ابعاد و تناسبات پنجره و...) در ساختمان‌های در حال ساخت، به منظور جلوگیری از کسب حرارت بیش از حد در تابستان و دریافت نور و گرمای لازم در زمستان و کاهش همزمان انتقال حرارت از آن (از طریق هدایت و همرفت)، از راه‌های بهبود عملکرد حرارتی و روشنایی به شمار می‌روند.

بهینه‌سازی همزمان آسایش و نور مسئله‌ای است که همواره مورد توجه طراحان و مهندسين بوده است. در اکثر موارد افزایش یکی باعث کاهش دیگری می‌شود، و در نتیجه ایجاد تعادل بین میزان آسایش و نور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این مشکل اهمیت بررسی دقیق و موثکافانه آن را به منظور رسیدن به یک نقطه بهینه و حدمطلوب بیشتر می‌کند. بررسی تناسبات

بهینه پنجره در جهات مختلف بنا به گونه‌ای که آسایش ساکنین به لحاظ روشنایی و حرارتی همواره فراهم باشد، مسئله‌ای است که تا کنون به طور جامع و برای اقلیم‌های مختلف ایران انجام نپذیرفته است. بنابراین بهینه‌سازی همزمان این پارامترها، ما را به دستیابی به الگوی مناسب برای طراحی پنجره‌ها رهنمون می‌سازد.

#### ۱-۵- اهداف تحقیق

هدف از انجام این تحقیق کمینه‌سازی مصرف انرژی سالیانه واحدهای اداری با تأکید بر تأثیر جداره‌های نورگذر برای دستیابی به این مهم است. لازم به توضیح است که مصرف انرژی تحت تأثیر پارامترهای هندسی، خواص مواد و نوع شیشه (میزان کسب انرژی خورشیدی (SHGC)، مقاومت حرارتی کلی پنجره ( $U_{value}$ ), نور مفید ورودی به فضا ( $Vt$ )), موقعیت قرارگیری و اقلیم منطقه، می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر کند. بدیهی است راه‌حل بهینه تعیین شده باید به گونه‌ای باشد که آسایش حرارتی و روشنایی نیز همزمان تأمین گردد. در نهایت، محاسبات و ارزیابی‌های انجام شده به ارائه توصیه‌های طراحی پنجره با توجه به اقلیم منطقه منتهی خواهد شد.

#### ۱-۶- پیشینه علمی موضوع تحقیق

بررسی عملکرد حرارتی و روشنایی به منظور فراهم ساختن آسایش حرارتی و روشنایی مورد نیاز فضا به نحوی که مصرف انرژی کمینه گردد، نیاز به بهینه‌سازی مصرف انرژی با توجه پارامترهای آسایش حرارتی و میزان استاندارد روشنایی تحت تأثیر ویژگی‌های فضا دارد. مطالعات انجام شده در زمینه عملکرد حرارتی و روشنایی پنجره با توجه به اهداف مدنظر به طور کلی به دو دسته زیر تقسیم می‌گردد:

۱. مطالعات میدانی با استفاده از دستگاه‌های رکوردگیری دما و روشنایی و همچنین

بررسی آسایش ساکنین از طریق رکوردگیری

۲. مطالعات انجام شده با استفاده از کامپیوتر و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی

• بررسی‌های میدانی و محاسبات دستی