

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی مکانیک
گروه سیستم های انرژی

بررسی مصرف انرژی در دانشگاه صنعتی شاهرود و معرفی راهکارهای بهینه سازی

دانشجو
ایراندخت جامعی

استاد راهنما
دکتر سید مجید هاشمیان

استاد مشاور
دکتر محمدعلی مولائی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ماه ۱۳۹۱

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده: مکانیک

گروه: سیستم های انرژی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم ایراندخت جامعی

تحت عنوان: بررسی مصرف انرژی در دانشگاه صنعتی شاهرود و معرفی راهکارهای بهینه

سازی

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و

با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
			دکتر سید مجید هاشمیان

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :



با درود فراوان به روح پر فتوح پدر بزرگوارم

و سپاس بیکران بر همدلی و همراهی و همگامی مادر دلسوز و مهربانم

که سجده ی اینارش گل محبت را در وجودم پروراند

و با تقدیر و تشکر شایسته از استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای

دکتر هاشمیان

که با نکته های دلاویز و گفته های بلند ، صحیفه های سخن را علم پرور نمود

و همواره راهنما و راه گشای نگارنده در اتمام و اکمال پایان نامه بوده است.

معلما مقامت ز عرش برتر باد همیشه توسن اندیشه ات مظفر باد



تعهد نامه

اینجانب **ایراندخت جامعی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مکانیک- مهندسی سیستم‌های انرژی دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه "**بررسی مصرف انرژی در دانشگاه صنعتی شاهرود و معرفی راهکارهای بهینه سازی**" تحت راهنمایی جناب آقای دکتر **هاشمیان** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد

چکیده

با توجه به مصرف بالای انرژی در بخش ساختمان های آموزشی، مطالعه ای در رابطه با مصرف انرژی دانشگاه صنعتی شاهرود (پردیس ۱) انجام پذیرفت و ضمن ممیزی انرژی ساختمان، راهکارهای مدیریتی کاهش مصرف انرژی ارائه گردید. در این تحقیق به بررسی میزان مصرف حامل های انرژی که برای روشنایی، گرمایش، پخت و پز و مصارف الکتریکی در دانشگاه صنعتی شاهرود استفاده می شوند پرداخته شده است. حامل های مورد مصرف در دانشگاه برق، گاز طبیعی و گازوئیل می باشد که از برق و گاز طبیعی برای مصارف فوق و از گازوئیل در بخش حمل و نقل استفاده می شود. اطلاعات مربوط به مصارف انرژی الکتریکی و گرمایش ساختمان ها با بازدید از دانشکده ها، ساختمان ها، معابر و موتورخانه های موجود در هر قسمت و برداشت اطلاعات دیگ های بخار، مساحت گرمایشی هر ساختمان و ساعات مورد استفاده محاسبه شده است. پس از جمع آوری کلیه داده های مورد نیاز در رابطه با ساختمان های دانشگاه، نظیر میزان مصرف انرژی طی یک دوره یک ساله (مهر ماه ۹۰-۸۹) و همچنین تجهیزات مصرف کننده انرژی و تفکیک انرژی های مربوط به هر ساختمان، روند کلی مصرف انرژی در دانشگاه مورد بررسی قرار گرفت و برچسب انرژی و عملکرد انرژی ساختمان را به کمک روشی بر پایه متد CIBSE تعیین شد. پس از تعیین جایگاه مصرف انرژی دانشگاه راهکارهایی به جهت کاهش مصرف و افزایش راندمان که منجر به کاهش هزینه های مربوط به انرژی می شود ارائه گردید.

کلمات کلیدی:

شاخص عملکرد نرمال شده، جایگاه مصرف انرژی، ممیزی انرژی، مصرف انرژی واحدهای آموزشی

فهرست

صفحه	عنوان
۱	پیشگفتار
۲	فصل اول: کلیات و مرور مطالب
۳	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- مرور مقالات
۹	۳-۱- جایگاه مصرف انرژی در ایران
۱۱	۴-۱- ارزیابی وضعیت مصرف انرژی ایران در مقایسه با جهان
۱۳	۵-۱- تقاضای انرژی
۱۳	۱-۵-۱- تقاضای انرژی در بخش خانگی- تجاری
۱۴	۲-۵-۱- تقاضای انرژی در بخش صنعت
۱۵	۳-۵-۱- تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل
۱۹	فصل دوم: تئوریها و دستور العمل‌های حاکم بر موضوع
۲۰	۱-۲- مقدمه
۲۱	۲-۲- انواع روش‌های ممیزی انرژی
۲۱	۱-۲-۲- ممیزی انرژی پیمایشی
۲۲	۲-۲-۲- تحلیل هزینه های تأسیساتی
۲۳	۳-۲-۲- ممیزی انرژی استاندارد
۲۳	۴-۲-۲- ممیزی انرژی تفصیلی
۲۴	۳-۲- روش عمومی ممیزی انرژی تفصیلی
۲۷	۴-۲- شدت مصرف انرژی
۲۸	۵-۲- شاخص عملکرد نرمال شده
۳۰	۶-۲- روش محاسبه NPI
۳۳	۷-۲- محاسبات انتقال حرارت برای جدارهای نورگذر
۳۴	فصل سوم: ممیزی انرژی
۳۵	۱-۳- مقدمه
۳۵	۲-۳- مصرف سالیانه انرژی
۳۷	۳-۳- وضعیت مصرف انرژی در دانشگاه

۳۸	۴-۳-محاسبه NPI برای قسمت‌های مختلف دانشگاه
۴۶	۵-۳-مقایسه NPI موجود با مقدار استاندارد
۴۷	۶-۳-جمع بندی
۴۸	فصل چهارم: راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش مصرف
۴۹	۱-۴-مقدمه
۵۰	۲-۴-وضعیت فعلی ساختمان‌ها
۵۱	۳-۴-پیشنهادهایی برای کاهش مصرف انرژی
۵۲	۴-۴-تأثیر کاهش دمای رفاه ساختمان بر میزان انتقال حرارت ساختمان
۵۳	۵-۴-تأثیر راهکارهای اجرایی در کاهش گاز مصرفی
۵۴	۱-۵-۴-دوجداره کردن پنجره‌ها
۵۵	۲-۵-۴-عایقکاری دیوارها
۵۶	۳-۵-۴-عایقکاری سقف و کف ساختمان
۵۶	۴-۵-۴-عایقکاری تأسیسات موتورخانه‌ها
۵۸	۶-۴-تأثیر راهکارهای اجرایی در کاهش برق مصرفی
۵۸	۷-۴-جمع بندی
۵۹	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۶۰	۱-۵-نتیجه‌گیری
۶۱	۲-۵-پیشنهادهای
۶۴	پیوست
۶۵	پیوست الف: ارزیابی سرمایه گذاری پروژه
۶۵	الف-۱-هزینه های ثابت و متغیر
۶۵	الف-۲-نرخ‌های بهره
۶۶	الف-۳-زمان بازگشت سرمایه
۶۸	پیوست (ب): جزئیات اجرایی پیشنهادی برای بهینه سازی پنجره‌ها
۷۱	پیوست (پ): دیوارهای پوششی
۷۱	پ-۱-دیوارهای پوششی بدون سازه
۷۲	پ-۲-دیوارهای پوششی با سازه
۷۳	پ-۳-عایقکاری حرارتی از خارج

پ-۴- عایفکاری حرارتی از داخل ۷۴

مراجع ۷۵

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل (۱-۱) تقاضای انرژی در بخش خانگی - تجاری	۱۴
شکل (۲-۱) تقاضای انرژی در بخش صنعت	۱۴
شکل (۳-۱) تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل	۱۶
شکل (۴-۱) سایت پلان دانشگاه	۱۸
شکل (۱-۳) مقایسه هزینه‌ها و مصارف حامل‌های انرژی دانشگاه	۳۸
شکل (۱-۴) میزان انتقال حرارت اجزاء ساختمان بر حسب درصد	۵۴
شکل (ب-۱) جزئیات اجرایی اتصالات	۶۹
شکل (ب-۲) شیشه خور ثابت و شیشه خور متحرک (با اندازه متفاوت)	۶۹
شکل (ب-۳) صفحات پوشیده شده با ورق فلزی (با اندازه متفاوت)	۷۰
شکل (پ-۱) دیوارهای پوششی بدون سازه	۷۲
شکل (پ-۲) دیوار پوششی با سازه	۷۳
شکل (پ-۳) عایقکاری حرارتی از خارج	۷۳
شکل (پ-۴) عایقکاری حرارتی از داخل	۷۴
شکل (پ-۵) آنالیز مصالح دیوار داخلی	۷۴

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول (۱-۱) نام گذاری بخش‌های مختلف دانشگاه	۱۷
جدول (۱-۲) نسبت سوخت مصرفی برای گرمایش فضا و آب گرم تولیدی مرتبط با گرمایش فضا. ۳۱	
جدول (۲-۲) ضرایب معرض	۳۱
جدول (۳-۲) معیارهای مصرف انرژی سالیانه برای انواع مختلف ساختمان بر حسب kWh/m^2 در هر	
سال	۳۳
جدول (۱-۳) فاکتورهای تبدیل انرژی	۳۶
جدول (۲-۳) نمونه ارزش ناخالص حرارتی سوختها	۳۶
جدول (۳-۳) مقادیر مصرف کل انرژی سالیانه، هزینه و تجزیه درصدی سوختهای مصرفی در دانشگاه	
صنعتی شاهرود از مهر ماه ۱۳۸۹ تا مهر ماه ۱۳۹۰	۳۷
جدول (۴-۳) کل مصرف انرژی ساختمانهای آموزشی به واحد استاندارد (kWh)	۴۰
جدول (۵-۳) انرژی سالانه تصحیح شده ساختمانهای آموزشی	۴۱
جدول (۶-۳) انرژی همگن شده و NPI ساختمانهای آموزشی	۴۱
جدول (۷-۳) کل مصرف انرژی ساختمانهای اداری به واحد استاندارد (kWh)	۴۲
جدول (۸-۳) انرژی سالانه تصحیح شده ساختمانهای اداری	۴۲
جدول (۹-۳) انرژی همگن شده و NPI ساختمانهای اداری	۴۲
جدول (۱۰-۳) کل مصرف انرژی ساختمانهای ورزشی به واحد استاندارد (kWh)	۴۳
جدول (۱۱-۳) انرژی سالانه تصحیح شده ساختمانهای ورزشی	۴۳
جدول (۱۲-۳) انرژی همگن شده و NPI ساختمانهای ورزشی	۴۳
جدول (۱۳-۳) کل مصرف انرژی ساختمانهای عمومی به واحد استاندارد (kWh)	۴۴
جدول (۱۴-۳) انرژی سالانه تصحیح شده ساختمانهای عمومی	۴۴
جدول (۱۵-۳) انرژی همگن شده و NPI ساختمانهای عمومی	۴۴
جدول (۱۶-۳) کل مصرف انرژی ساختمانهای فرهنگی به واحد استاندارد (kWh)	۴۵
جدول (۱۷-۳) انرژی سالانه تصحیح شده ساختمانهای فرهنگی	۴۵
جدول (۱۸-۳) انرژی همگن شده و NPI ساختمانهای فرهنگی	۴۵

جدول (۴-۱) مقایسه مقادیر تئوری و واقعی مصارف انرژی برای گرمایش فضا.....	۵۴
جدول (۴-۲) ضریب انتقال حرارت انواع شیشه ها [۱۰].....	۵۵
جدول (۴-۳) ضریب انتقال حرارت دیوارهای موجود و دیوارهای عایق شده.....	۵۶
جدول (۴-۴) ضریب انتقال حرارت سقف و کف ساختمان.....	۵۶
جدول (۴-۵) میزان انتقال حرارت ساختمان‌ها با عایق‌های حرارتی گوناگون.....	۵۷
جدول (۴-۶) میزان صرفه جویی گاز مصرفی و نرخ بازگشت سرمایه.....	۵۷
جدول (۴-۷) تأثیر راهکارهای ارائه شده بر میزان مصرف برق و نرخ بازگشت سرمایه.....	۵۸
جدول (۵-۱) راهکارهای پیشنهادی و صرفه جویی انرژی.....	۶۳

پیشگفتار

مهمترین هدف طرح بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش ساختمان، پیگیری و اجرای مبحث مقررات ملی در ساختمان‌های موجود و در دست احداث می‌باشد. مصرف انرژی تأثیر چشمگیری بر وضعیت اقتصادی و زیست محیطی دارد. با توجه به هزینه‌های مصرف سوخت و هزینه‌های اجتماعی ناشی از عدم سازگاری سوخت‌های فسیلی با محیط زیست، همواره سعی بر آن است تا با رعایت توجیهات فنی اقتصادی، و با انجام فعالیت‌های به‌سازی در فرآیندها و تجهیزات انرژی، از میزان مصرف انرژی خصوصاً از محل منابع فسیلی کاسته شود

در مجموعه سایت دانشگاه صنعتی شاهرود پروژه‌ای به منظور بهینه‌سازی مصرف و کاهش هزینه‌های انرژی دانشگاه انجام شده است، ابتدا مقدمه‌ای پیرامون مصرف و جایگاه انرژی در ایران و جهان، روند رشد تقاضای انرژی در ایران و کارهای انجام شده در زمینه‌ی انرژی مطرح می‌شود (فصل ۱) سپس روش‌هایی برای ممیزی انرژی ساختمان ارائه می‌شود (فصل ۲) پس از آن مصارف مختلف از نظر نوع و میزان کاربری تفکیک شده و مصرف انرژی مربوط به هر بخش از دانشگاه تعیین و با استانداردهای جهانی مقایسه شده و رتبه‌ی بخش‌های مختلف دانشگاه از نظر میزان مصرف تعیین و اولویت‌ها شناسایی می‌شود. (فصل ۳) پس از شناسایی الویت‌ها، راهکارهایی به منظور به‌سازی میزان مصرف و افزایش راندمان ارائه گردیده است (فصل ۴) و در نهایت نتیجه‌گیری و راهکارهایی که می‌تواند در بهبود وضعیت ساختمان‌های دانشگاه مفید باشد به عنوان پیشنهاد آورده شده است. (فصل ۵)



فصل اول

کلیات و مرور مطالب



فصل اول: کلیات و مرور مطالب

۱-۱- مقدمه

انرژی کالایی راهبردی است که تأمین و امنیت آن نقشی کانونی در امنیت بین‌الملل و اقتصاد جهانی دارد. با توجه به تحولات اقتصاد جهانی، رقابت کشورهای تازه صنعتی شده آسیا با سایر قدرت‌های اقتصادی جهان و نیاز روزافزون مجموع این کشورها به انرژی (نفت و گاز) و تأمین امنیت آن، به نظر نمی‌رسد در ۲ دهه آینده، از نقش نفت و گاز در اقتصاد جهانی کاسته شود. در چنین روندی کشورهای برخوردار از ذخایر عمده انرژی، اهمیتی راهبردی در سیاست بین‌الملل می‌یابند و با تدبیر و بهره‌گیری از فرصت‌ها می‌توانند جایگاه و موقعیت خود را ارتقا بخشند. در این خصوص لازم است با رعایت اصول و تئوری‌های حاکم در بخش تبدیل و مصرف انرژی، فرآیندها و تجهیزات مورد استفاده از نظر فنی و اقتصادی ممیزی گردیده و در صورت لزوم بازبینی شوند. لذا مطالعات و پژوهش‌های متعددی در سراسر جهان به انجام رسیده است که تجربیات ارزشمند زیادی را به دنبال داشته اند. مختصری از این فعالیتها که مرتبط با موضوع این پایان نامه است، در بخش زیر اشاره می‌گردد.

۱-۲- مرور مقالات

اوک ریچ به همراه هیات دانشگاه (ORAU) [۱] بین سال‌های ۱۹۷۸ و ۱۹۸۰ ممیزی انرژی در ۴۸ بیمارستان در چهار ایالت ایالات متحده (نیویورک، پنسیلوانیا، ویرجینیا، تنسی) را انجام داده اند. آنان یک پایگاه داده کامپیوتری که حاوی اطلاعات از این ممیزی است را توسعه دادند و سازماندهی کردند و سپس این داده‌ها در ORNL قرار گرفتند. آنها همچنین معادله‌ای که صرفه جویی در مصرف انرژی پایه بیمارستان‌ها را به عنوان یک تابع از هزینه‌های اجرای اقدامات صرفه‌جویی نمایش می‌دهد، تخمین زدند. تمرکز این گروه بر تغییرات کم هزینه به جای استفاده از تغییرات سرمایه‌بر بود که باعث کم شدن هزینه انجام اقدامات ممیزی و کاهش دوره بازگشت سرمایه (حدود یک سال) می‌گردد. نتایج کار نشان داد که اجرای اقدامات ممیزی انرژی در بیمارستان‌ها منجر به صرفه‌جویی به میزان

فصل اول: کلیات و مرور مطالب

۶ درصد تا ۴۹ درصد انرژی پایه میگردد که به طور متوسط مصرف انرژی را ۲۰٪ کاهش می‌دهد.

یک پروژه صرفه جویی انرژی توسط چهار شرکت مختلف از سه کشور اروپایی [۲] در سال ۱۹۸۹ به منظور مقایسه روش‌های تجاری ممیزی انرژی به انجام رسید. محققین در این پروژه با هدف مقایسه روش‌های مختلف از نقطه دقت و مقرون به صرفه بودن، به انجام ممیزی انرژی ساختمان‌های مشخصی پرداختند. ساختمان‌های انتخاب شده همگی ساختمان‌های دولتی و در منطقه‌ی Ispra بودند. ممیزی در سه مرحله‌ی جمع‌آوری داده‌های ورودی، شبیه‌سازی حرارتی و شناسایی و ارزیابی از ECO ها به منظور تدوین و فرموله کردن انجام و نتایج هر مرحله باهم مورد مقایسه قرار گرفت. که در تمام مراحل نتایج شرکتها با هم متفاوت بود. هزینه اجرای ECU های ارائه شده با هم متفاوت بود اما همیشه نمی‌توان ECU های ارزان را رد کرد و ECU های گرانتر را دقیق‌تر دانست ارتباط کمی بین هزینه‌های ممیزی و صحت و یا کیفیت اطلاعات ارائه شده وجود دارد. پرداخت پول بیشتر برای ممیزی توصیه‌های اصلی یا دارای قوه ابتکار را تضمین نمی‌کند. برای حل مشکل متفاوت بودن داده‌های ورودی نیاز به بهبود تکنیک‌های اندازه‌گیری وجود دارد. بهترین داده‌ها، داده‌های جمع‌آوری شده بر مبنای بین المللی، که مورد توافق تعاریف مشترک هستند همچنین اگر برای برآورد پارامترهای ورودی که قابل اندازه‌گیری نیست از روش‌های مورد توافق و ارزش‌های مرجع استفاده شود، اختلافات ممیزی کمتر خواهد بود.

سانتاموریس و همکارانش [۳] در سال ۱۹۹۲ داده‌های عملکرد انرژی برای ۳۳ ساختمان مراقبت‌های بهداشتی (۲۴ بیمارستان و ۹ درمانگاه) را برای انجام ممیزی انرژی ساختمان جمع‌آوری کردند. نتایج فنی این ممیزی، نقش سیستم گرمایش و سرمایش را در مصرف انرژی ساختمان‌های مراقبت‌های بهداشتی، مورد بحث قرار داد. گرمایش فضا بیشترین سهم را در مصرف انرژی شامل می‌شود. (۷۳,۴ درصد در بیمارستان و ۶۵,۳ درصد در کلینیک) سهم انرژی در روشنایی بیمارستان ۱۲,۸ درصد از کل مصرف انرژی و در درمانگاه ۹,۴ درصد، سهم سرمایش بیمارستان‌ها ۰,۸ درصد از کل، و درمانگاه ۱۷,۶ درصد و سایر مصارف الکتریکی در بیمارستان ۱۳ درصد و در درمانگاه

فصل اول: کلیات و مرور مطالب

۷,۷ درصد از مصرف کل را شامل می‌شود. با استفاده از تولید کارآمدتر گرما و سیستم توزیع و عایق مناسب ساختمان، مصرف انرژی برای گرمایش تا ۱۵ درصد در بیمارستان و ۱۱ درصد در درمانگاه کاهش می‌یابد. استفاده از پنکه سقفی، روشهای طبیعی برای خنک کاری، استفاده از نورپردازی با لامپ های فلورسنت جهت کاهش بارهای داخلی، ایجاد سایه برای کاهش بارهای خارجی می‌توان مصرف انرژی برای سیستم سرمایشی را تا ۶۸ درصد در بیمارستان و ۵۶ درصد در درمانگاه کاهش داد. استفاده از لامپ‌های با کارایی بالا و حسگرهای حضور می‌تواند انرژی الکتریکی مصرفی برای روشنایی را تا ۵۰ درصد کاهش دهد. آنها بر اساس نتایج حاصل از شبیه سازی‌های مختلف، به این نتیجه رسیدند که با انجام اقدامات ممیزی ۲۰ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی می‌شود وضعیت موجود در مصرف انرژی ساختمان‌ها، از طریق ممیزی انرژی انجام شده، تحت نظارت وزارت صنعت، پژوهش، فناوری و بازرگانی، و یونان مرکز بهره وری مورد بررسی قرار گرفت.

اسپیرودن و همکارانش [۴] در سال ۲۰۰۳ با بهره گیری از شاخص‌های انرژی از جمله شاخص بار حرارتی یا شاخص وضع انرژی برای شبیه‌سازی تلفات حرارت ساختمان‌ها و جریان حرارت به دلیل اختلاف دما از فضای درون به فضای بیرون، یک روش جدید برای صدور گواهینامه مصرف انرژی ساختمان ارائه کردند. این روش می‌تواند به عنوان بخشی از ممیزی انرژی ساختمان و یا به عنوان یک روش ممیزی استفاده شود. علاوه بر آن می‌توان از این روش برای بررسی بازدهی انرژی در ساختمان‌های عمومی و شهرداری‌ها نیز استفاده شود. در این روش با تعیین شاخص بار حرارتی و شاخص وضعیت انرژی ساختمان، هویت انرژی ساختمان تعیین می‌شود. مهم ترین بخش این روش شاخص بار حرارتی است.

رودز و همکارانش [۵] در سال ۲۰۱۱ داده های ممیزی ۴۹۷۱ خانه را در تگزاس برای طراحی سیستم‌های تهویه مطبوع و مسائل مربوط به نصب و راه اندازی تجزیه و تحلیل کردند. اگرچه این تجزیه و تحلیل محدود به شهر آستین است اما می‌تواند برای تاسیسات برق در آب و هوای مشابه نیز کاربرد داشته باشد. تهویه مطبوع در کشورهای توسعه یافته یکی از بزرگترین بارهای الکتریکی

فصل اول: کلیات و مرور مطالب

تابستان در ساختمان های مسکونی است. به دلیل استفاده از سیستم های تهویه مطبوع میزان مصرف برق در فصل تابستان نسبت به بهار از ۲۰ درصد به ۴۸ درصد افزایش داشته است. بازده پایین سیستم های تهویه مطبوع به خصوص در طول تابستان که اوج تقاضا است می تواند قابل توجه باشد، تغییر طراحی معمول و مسائل مربوط به نصب و راه اندازی می تواند قابل ملاحظه ای در تقاضا را در نقطه پیک کاهش دهد. بهبود بهره وری تجهیزات می تواند 20.5 MW یا ۸ درصد اوج تقاضا مصرف انرژی را کاهش دهد. ۳۱ درصد از سیستم ها در این مطالعه بزرگتر از اندازه ی نیاز ساختمان است و منجر به ۴۱ مگاوات تقاضای بیش از حد در نقطه پیک می شود. تعویض سیستم های بزرگ با واحدهای پر بازده و اندازه ی مناسب ، تا ۸۱ مگاوات در صرفه جویی انرژی کمک می کند. آب بندی مجرا در ساختمان های مسکونی در کاهش مصرف انرژی سیستم های خنک کننده مؤثر است. کاهش ۲۰ درصدی نشت مجرا در حدود ۳۰ درصد در انرژی خنک کننده ها را می تواند کاهش دهد.

سالم بعنونی و جلال برجی زاده [۶] ممیزی انرژی در شهرک مسکونی ولی عصر (عج) را مورد بررسی قرار داده اند. بررسی های صورت گرفته نشان می دهد در صورت گاز رسانی به اماکن مسکونی و عمومی شهرک و استفاده از وسایل گرمایش گازی و عدم استفاده از وسایل برقی جهت گرمایش و تأمین آبگرم مصرفی می توان تا ۷۰ درصد مصرف انرژی برق را کاهش داد. برای صرفه جویی در مصرف انرژی و محدود کردن انتقال گرما، باید تمامی اجزای تشکیل دهنده پوسته خارجی که از یک طرف به محیط کنترل شده و از طرف دیگر با فضای خارج یا کنترل نشده در تماسند، عایق حرارتی داشته باشند، هزینه عایق کاری در برابر سوخت صرفه جویی شده بسیار زیاد است و باید در طراحی اولیه ی ساختمان ها به استفاده از مصالح با مقاومت حرارتی بالا بیشتر دقت شود. حدود ۱۰ درصد از کل تلفات حرارتی ساختمان از پنجره ها صورت می گیرد. یکی از راهکارهای کاهش اتلافات پنجره، استفاده از پنجره های دوجداره است. نصب پرده هایی که پنجره را کاملاً بپوشاند هم می تواند جلوی اتلاف حرارت را به مقدار زیادی بگیرد و هم در فصل تابستان جلوی تابش خورشید را گرفته و به خنک نگه داشتن داخل ساختمان کمک کند، نصب درزگیر آسان بوده و مستلزم

فصل اول: کلیات و مرور مطالب

هزینه بالایی نمی‌باشد و حدود ۵۰ درصد از اتلاف انرژی ناشی از نفوذ یا حدود ۱۰ درصد از اتلاف انرژی بخش‌های مسکونی می‌کاهد. در بخش روشنایی می‌توان با نصب نورگیرهای مناسب در سقف و تمیز نمودن پنجره‌ها، استفاده از فتوسل، تنظیم دقیق فتوسل و لامپ بخار سدیم فشار بالا مصرف انرژی را کاهش داد.

بوذر جمهر قاسمی و ملک ارسلان صدیقی [۷] جزئیات محاسباتی و اجرای طرح و راهکارهای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های آموزشی را ارائه داده‌اند. عوامل مؤثر در بالا بودن مصرف انرژی، طراحی معماری و تاسیساتی غلط و نبود سیستم‌های مناسب کنترل دمای داخل ساختمان است. در حال حاضر مصرف سرانه انرژی در ساختمان‌های آموزشی به ازاء هر دانشجو ۳۰۳۶ کیلو کالری در ساعت است که به سادگی و با اعمال مدیریت انرژی و راهکارهای ساده مانند تعمیر شیشه‌های شکسته، بستن درب و پنجره‌های اضافی، نصب فنر اتوماتیک روی درب‌های ورودی، تنظیم دمای داخل ساختمان در حد ۲۰-۲۲ درجه سانتیگراد با نصب ترمومترهای دیواری در نقاط مختلف طبقات ساختمان و خاموش و روشن کردن هواساز بطور دستی در زمان‌های لازم و تنظیم دمای آب گرم دیگ بطور روزانه با توجه به حداقل دمای خارج می‌توان آنرا به ۱۶۳۳ کیلو کالری در ساعت کاهش داد و چنانچه راهکارهای ارائه شده در مبحث ۱۹ از مقررات ملی ساختمان در ساختمان سازی مانند عایقکاری پوسته‌های خارجی ساختمان یا استفاده از پنجره یا شیشه‌های دوجداره رعایت شود این میزان تا حد ۱۱۹۰ کیلو کالری در ساعت تقلیل می‌یابد و تا حداکثر ۴۰ درصد در مصرف انرژی ساختمان صرفه جوئی می‌شود.

جعفر نوری و همکارانش [۸] در سال ۱۳۸۵ ممیزی انرژی در ساختمان علوم انسانی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی را انجام دادند و راهکارهایی مدیریتی کاهش مصرف انرژی در این ساختمان را ارائه کردند. پس از جمع آوری کلیه داده های مورد نیاز در رابطه با ساختمان مذکور روند کلی مصرف انرژی در ساختمان مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که بیشترین مصرف انرژی الکتریکی مربوط به بخش روشنایی و موتورهای الکتریکی فن کوئلها و بیشترین مصرف انرژی

فصل اول: کلیات و مرور مطالب

حرارتی مربوط به بخش مولدهای تولید آبگرم یا بویلرها می‌باشد. جایگزینی لامپهای کم مصرف، استفاده از فتوسل ها، استفاده از ترموسوئیچ ها و پتانسیل بکار گیری انرژی خورشیدی جهت تولید الکتریسیته در ساختمان راهکارهای کاهش مصرف انرژی الکتریکی و تنظیم دقیق دیگها، اعمال قوانین استاندارد در ساختمان و آبگرم مصرفی و استفاده از شیرهای ترموستاتیک از راهکارهای ارائه شده جهت کاهش مصرف انرژی حرارتی می‌باشد. پس از انجام محاسبات مشخص شد که استفاده از ، استفاده از انرژی خورشیدی برای گرمایش به دلیل بزرگ بودن مجتمع آموزشی مقرون به صرفه نیست و باید از این سیستم برای تهیه آبگرم مصرفی استفاده شود. در این پژوهش مشخص گردید که با بکارگیری راهکارهای مربوطه میتوان ۱۷۳۰۰۰ کیلووات ساعت در مصرف برق و ۳۲۳۶۴۲ متر مکعب در سال در مصرف گاز صرفه جویی نمود.

زهرای قیابکلو و دو تن از دانشجویانش [۹] در سال ۱۳۸۹ راهکاری ساده و اجرایی برای بهینه‌سازی درها و پنجره‌های موجود در ساختمان با حداقل هزینه ارائه کردند. این روش شامل افزودن شیشه‌ی دوم به همراه پروفیل‌های پوشاننده می‌باشد. فرایند اجرای آن نیازمند تجهیزات پیچیده و آموزش متخصصان نبوده، همچنین موجب اتلاف مصالح اولیه پنجره نمی‌شود. اجرای مختلف طرح پیشنهادی با استفاده از نرم افزار THERM5.2 شبیه‌سازی شده است تا عملکرد حرارتی این اجزا و میزان کاهش انتقال حرارت در آنها مشخص شود. در طرح پیشنهادی، پنجره‌ها و درها در سه بخش شیشه‌ها و قسمت‌های نورگذر، پروفیل‌های اصلی و قاب پنجره‌ها و پانل‌های فلزی بهینه‌سازی می‌شوند. این روش در نهایت باعث کاهش اتلاف انرژی و افزایش کیفیت آسایش فضای داخلی می‌شود. با انجام بهینه‌سازی ضریب انتقال حرارت شیشه‌ها ۵۰ درصد، پروفیل‌های اصلی ۳۰ درصد و پانل‌های فلزی ۱۵ درصد کاهش می‌یابد. نتایج مدلسازی رایانه‌ای میزان کاهش ضریب انتقال حرارت حاصل از این روش را ۳۷ درصد نشان می‌دهد.

فرزاد ویسی و محمد کهریزی و نسیم امیری [۱۰] در سال ۱۳۹۰ مصرف انرژی یک استخر شنا را بررسی و با کمک نرم افزار Carrier تحلیل کرده‌اند. دوره‌ی بازگشت سرمایه‌ی ساده بر اساس

فصل اول: کلیات و مرور مطالب

کمیت‌های سال ۱۳۹۰ محاسبه و راهکارهای به دست آمده در جهت کاهش مصرف انرژی بر اساس زمان بازگشت سرمایه اولویت بندی شده است. مصرف انرژی استخرهای شنا عموماً به صورت تلفات حرارتی مانند اتلاف حرارتی محسوس ناشی از نفوذ هوای بیرون و اتلاف انرژی از دیوارها، سقف‌ها و شیشه‌ها و بار حرارتی نامحسوس ناشی از حضور افراد و تبخیر سطحی می‌باشد. ۶۱ درصد مصرف انرژی استخر به دلیل تبخیر سطحی و لزوم به تهویه هوای مرطوب استخر می‌باشد. به منظور کنترل رطوبت نسبی هوای داخل استخر، نرخ تهویه مطبوع بسیار زیاد است. استفاده از سیستم پمپ‌های حرارتی جهت رطوبت زدایی از هوای خروجی استخر و بازیابی گرمای نهان بخار آب هوای خروجی از استخر و بازگردان گرمای حاصل از آن به هوای استخر از روش‌های جهت صرفه جویی در مصرف انرژی لازم برای تهویه استخر می‌باشد. برای کاهش مصرف انرژی در فضاهای اطراف سالن استخر راهکارهای کنترل هوشمند موتورخانه، نصب شیر ترموستات بر روی رادیاتورهای محدوده‌ی رختکن، استفاده از پنجره‌های دوجداره و استفاده از کاور بر روی استخر در ساعات عدم استفاده بررسی شده‌اند. بر اساس مدلسازی صورت گرفته با نصب کنترل هوشمند موتورخانه ۳۸ درصد، نصب شیر ترموستات ۲۴ درصد، استفاده از پنجره‌های دوجداره ۲۰ درصد نصب همزمان کنترل هوشمند موتورخانه و شیر ترموستات ۵۳ درصد و نصب همزمان کنترل هوشمند موتورخانه و شیر ترموستات و پنجره‌های دوجداره ۶۳ درصد مصرف انرژی سالیانه‌ی استخر را کاهش می‌دهد.

۳-۱- جایگاه مصرف انرژی در ایران

ایران با ۱۰ درصد از منابع نفت و ۱۵ درصد از کل منابع گاز جهان یکی از غنی ترین کشورهای جهان در زمینه انرژی‌های فسیلی و دومین کشور دارنده منابع گاز طبیعی شناخته شده است با این وجود ایران در سال ۲۰۰۵ حدود ۴ میلیارد دلار برای وارد کردن سوخت هزینه کرده‌است که دلایل اصلی آن علاوه بر وجود فرآیندهای تبدیل انرژی با راندمان کم و نیز استفاده از تجهیزات انرژی با تلفات زیاد، عدم برنامه ریزی مناسب در ایجاد قوانین حمایتی و محدودکننده لازم است.

فصل اول: کلیات و مرور مطالب

بطور معمول مصرف انرژی در سه بخش (صنعت - حمل و نقل - ساختمان) تقسیم بندی می‌شود و در کشور ما بخش ساختمان مصرف عمده ای را به خود اختصاص داده است، بطوریکه مصرف انرژی در این بخش حدود ۴۴ درصد کل انرژی مصرفی در ایران است. ساختمان های عمومی و دولتی ۷۰ درصد این انرژی را با بهره پائینی به خود اختصاص داده اند که ساختمان های آموزشی در همین جایگاه قرار دارند بنابراین با توجه به مصرف بالای انرژی در بخش ساختمان ، بهینه سازی مصرف انرژی و ارائه راهکارهای مدیریتی جهت کاهش مصرف انرژی ضروری می باشد. مصرف انرژی در ایران به طور میانگین ۱۰ درصد در هر سال رشد دارد و دولت در تلاش است به هر طریق ممکن این رشد بی رویه را کنترل کند. [۷]

کارشناسان ارزان بودن منابع انرژی در ایران و استفاده از فناوری‌های قدیمی در صنعت حمل و نقل و ساختمان را از جمله علل افزایش مصرف انرژی در این کشور می‌دانند. برخی آمارهای رسمی ارزش انرژی مصرفی ایران را سالانه بیش از ۲۰ میلیارد دلار برآورد می‌کند که به گفته کارشناسان یک چهارم این انرژی قابل صرفه جویی است.

در ایران بیش از ۹۸ درصد انرژی مورد نیاز از نفت و مشتقات آن به دست می‌آید و در صورتی که این روند مصرف ادامه یابد در آینده‌ای نه چندان دور این کشور نفت‌خیز باید تمامی تولید نفت خود که مهمترین منبع درآمدی ارزی آن به شمار می‌رود در داخل مصرف کند.

براساس گزارش چندی پیش بانک جهانی، ایران هشتمین تولیدکننده انرژی در جهان است و در این میان مصرف سرانه انرژی در ایران از سال ۱۹۹۰ تاکنون ۱۰۷ درصد افزایش یافته است. [۱۱]

میزان مصرف انرژی هر ۱۰ سال یک بار، ۲ برابر می‌شود اما این نرخ رشد در مقیاس جهانی یک تا دو درصد بیشتر نیست و میزان سوخت مصرفی جهان در حدود هر ۵۰ سال یک بار دو برابر می‌شود. بر این اساس ایران در مقایسه با میانگین جهانی ۴ تا ۵ برابر بیشتر سوخت مصرف می‌کند یعنی هم اکنون ۹ درصد سوخت جهان در ایران و توسط تنها یک درصد جمعیت جهان مصرف می‌شود در حالی که در صورت مصرف استاندارد، ایران می‌تواند یکی از صادرکنندگان بنزین باشد. [۱۲]

فصل اول: کلیات و مرور مطالب

۴-۱- ارزیابی وضعیت مصرف انرژی ایران در مقایسه با جهان

انرژی یکی از مهم‌ترین عوامل ضروری برای توسعه کشور است. در ایران منبع اصلی تامین انرژی، انرژی‌های فسیلی هستند که مصرف آنها به کاهش ذخایر و در نهایت اتمام آنها منجر می‌شود. مصرف انرژی به‌خصوص سوخت‌های فسیلی مهم‌ترین عامل آلودگی هوا و تغییرات آب و هوایی نیز هست. به همین دلیل استفاده بهینه از انرژی در فرایند توسعه اقتصادی همواره به‌عنوان یک هدف مهم در توسعه پایدار مدنظر بوده است. براساس آمار مرکز تحلیل اطلاعات دی‌اکسید کربن ایالات متحده آمریکا، هم‌اکنون ایران یازدهمین کشور آلاینده دنیا از جنبه تولید گاز CO₂ به شمار می‌رود.

شایان ذکر است که مصرف انرژی در ساختمان های ایران ۲,۶ برابر کشورهای پیشرفته و معادل ۳۱۰ کیلو وات ساعت بر مترمربع در سال برآورد شده، در حالیکه در کشورهای پیشرفته این مقدار برابر ۱۲۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال است که تحقیقات علمی و تدوین استانداردهای

ساختمانی در جهت تقلیل آن تا حد ۴۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در جریان می باشد [۷]

آمارها نشان می‌دهد در ایران و کشورهایی که ذخایر انرژی بالایی دارند، مصرف انرژی نه تنها در مقایسه با کشورهای پیشرفته، بلکه در مقایسه با دیگر کشورهای در حال توسعه نیز به وضوح بیشتر است. علت این وضعیت، بهره‌وری پایین در بهره‌برداری، مصرف بالای انرژی و استفاده از کالاهای خدمات انرژی‌بر است که ریشه همه آنها، ارزان بودن انرژی در این کشورهاست.

وضعیت کشورهای مختلف جهان از نظر چگونگی مصرف انرژی و میزان اثربخشی آن بر توسعه اقتصادی، نسبت به ایران بسیار مطلوب‌تر است. مثلاً از لحاظ شاخص "مصرف سرانه"، عموماً مصرف سرانه انرژی در جوامع توسعه یافته به‌دلیل درآمد سرانه بالا و امکان بهره‌برداری از کالاهای خدمات متنوع، بیشتر است. در عین حال در این کشورها افزایش بهره‌وری منجر به تعدیل مصرف انرژی شده است. مصرف سرانه انرژی در کشورهای در حال توسعه همچون ترکیه، هند، چین، هنگ‌کنگ، پاکستان، متوسط کشورهای آفریقایی و متوسط آسیا از ایران پایین‌تر است. مثلاً در حالی که پاکستان با ۱۵۹ میلیون نفر بیش از ۲ برابر ایران جمعیت دارد، مصرف انرژی این کشور ۶۶ میلیون تن معادل

فصل اول: کلیات و مرور مطالب

نفت خام در سال است. اما ایران با جمعیت ۷۰ میلیون نفری سالانه ۲۰۰ میلیون تن معادل نفت خام، انرژی مصرف می‌کند.

مصرف سرانه انرژی در ایران پیش از اصلاح قیمت‌ها از متوسط مصرف سرانه در جهان حدود ۶۰ درصد بیشتر است. به عبارت دیگر هر ایرانی به‌طور متوسط در طول سال ۲/۶ تن معادل نفت خام، انرژی مصرف می‌کند اما متوسط جهانی آن ۱/۶ تن معادل نفت خام است. از سوی دیگر طی سال‌های اخیر مصرف سرانه انرژی در کشورمان هر سال نسبت به سال قبل بیشتر شده است. براساس محاسبات مراکز رسمی، اگر با همین روال، مصرف انرژی در کشور دنبال شود در سال ۱۴۰۴ نه تنها صادرات انرژی وجود نخواهد داشت، بلکه ایران به عنوان واردکننده اصلی حوزه انرژی به شمار خواهد رفت. هدررفت انرژی کشور در ۴ بخش تولید، انتقال، توزیع و مصرف صورت می‌گیرد. مصرف نهایی انرژی کشور از سال ۱۳۷۶ بالغ بر ۵۹۷ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده که در سال ۱۳۸۶ این رقم به ۹۷۵ میلیون بشکه افزایش پیدا کرده است شدت بالای مصرف انرژی در ایران در حالی است که ۹۸ درصد انرژی مصرفی کشورمان از سوخت‌های تجدید ناپذیر نفت و گاز طبیعی حاصل می‌شود و انرژی‌های تجدیدپذیر همچون انرژی هسته‌ای، سوخت سبز، انرژی بادی و انرژی خورشیدی تقریباً سهمی در سبد انرژی کشور را ندارند این درحالی است که در جهان به طور متوسط ۲۵ درصد انرژی مصرفی از انرژی‌های تجدید پذیر حاصل می‌شود از این جنبه آینده ایران نسبت به دنیا نا مطلوب تر است چرا که ذخایر نفت و گاز طبیعی موضعی هستند نه همیشگی.

با توجه به الگوهای نامناسب و رشد بی رویه مصرف انرژی در کشور اهمیت مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی کاملاً مشهود است. از آنجایی که ساختمان‌ها بخش عمده ای از منابع انرژی را به مصرف می‌رسانند اولین گزینه‌های برنامه‌های بهینه سازی را تشکیل می‌دهند. در بسیاری از کشورها، آژانس‌های دولتی کمک‌های مالی به منظور بهبود بازدهی انرژی ساختمان‌ها را فراهم می‌کنند، در برخی دیگر شرکت‌های خدمات انرژی خصوصی سرمایه گذاری مورد نیاز پروژه‌های بهینه سازی را تأمین می‌نمایند.

۵-۱- تقاضای انرژی

تقاضای انرژی^۱ بخشی از انرژی مفید است که با توجه به کلیه محدودیت‌ها و امکانات در یک جامعه و در بازار قابل تحقق می‌باشد، نیاز انرژی^۲ بخشی از تقاضای انرژی است. تقاضای انرژی با مصرف حامل‌های انرژی صورت می‌گیرد و از این جهت مصرف انرژی^۳ تحت عنوان تقاضای انرژی بالفعل تعیین می‌گردد. تقاضای انرژی در ایران در دهه‌های گذشته روند صعودی داشته است، نرخ رشد تقاضای انرژی بیشتر از نرخ رشد جمعیت و تولید ناخالص داخلی است. مصرف کنندگان عمده‌ی انرژی در جامعه بخش خانگی - تجاری، صنعت و حمل و نقل هستند که در ادامه بیان گردیده است:

۱-۵-۱ تقاضای انرژی در بخش خانگی - تجاری

بخش خانگی - تجاری از انرژی در چند بعد مختلف پخت و پز، گرمایش و سرمایش، تجهیزات الکتریکی و روشنایی استفاده می‌کند. میزان مصرف در هر بخش با توجه به نیاز و استطاعت مالی خانوارها متفاوت است. بخش خانگی مصرف کننده نهایی انرژی در جامعه می‌باشد و کلیه خدمات و محصولات به منظور تغییر نیازهای کار و زندگی خانوارها تولید و عرضه می‌گردد.

میزان تقاضای انرژی در این بخش به عوامل زیر بستگی دارد:

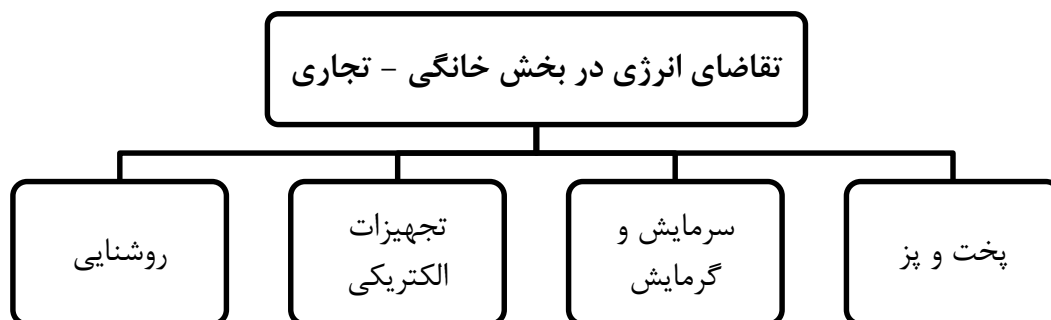
- سطح درآمد خانوار
- بعد خانوار (تعداد نفرات)
- الگوی مصرف خانوار و نحوه بهره‌مندی از تجهیزات

^۱ Energy Demand

^۲ Energy Requirement

^۳ Energy Consumption

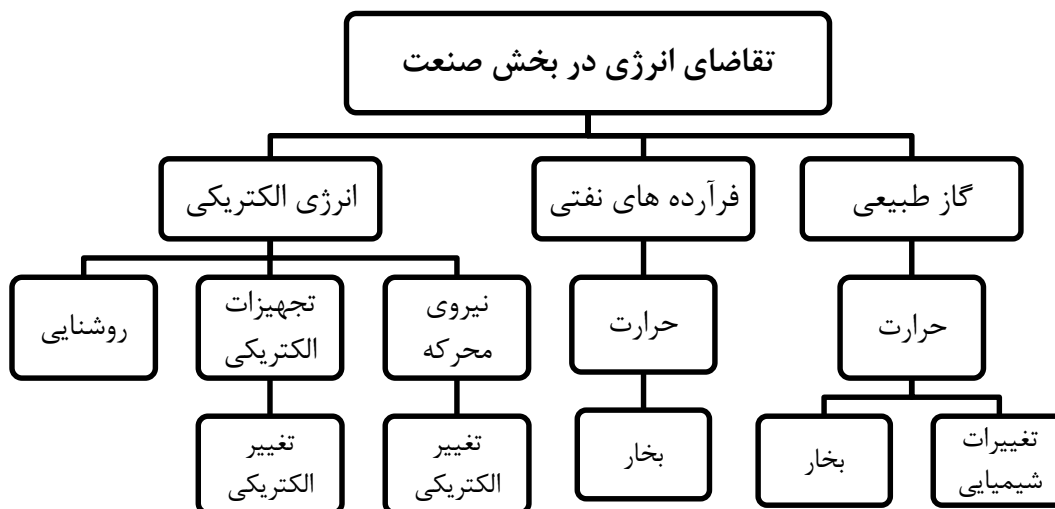
فصل اول: کلیات و مرور مطالب



شکل (۱-۱) تقاضای انرژی در بخش خانگی - تجاری

۱-۵-۲ - تقاضای انرژی در بخش صنعت

تقاضای انرژی در بخش صنعت مشتق از تقاضای محصول است ازین رو تقاضای انرژی تابعی از سطح فعالیت برای واحدهای تولیدی می باشد، بنابراین ارزیابی روند تقاضای انرژی ایجاب می کند ترکیب عوامل تولید و سطح تولید برای کالا بررسی شود. تقاضای انرژی در صنعت به شدت انرژی و سطح فعالیت بستگی دارد و شدت انرژی مفید تابعی از تحولات فنی، بازار اقتصادی و عوامل تولید است.



شکل (۱-۲) تقاضای انرژی در بخش صنعت

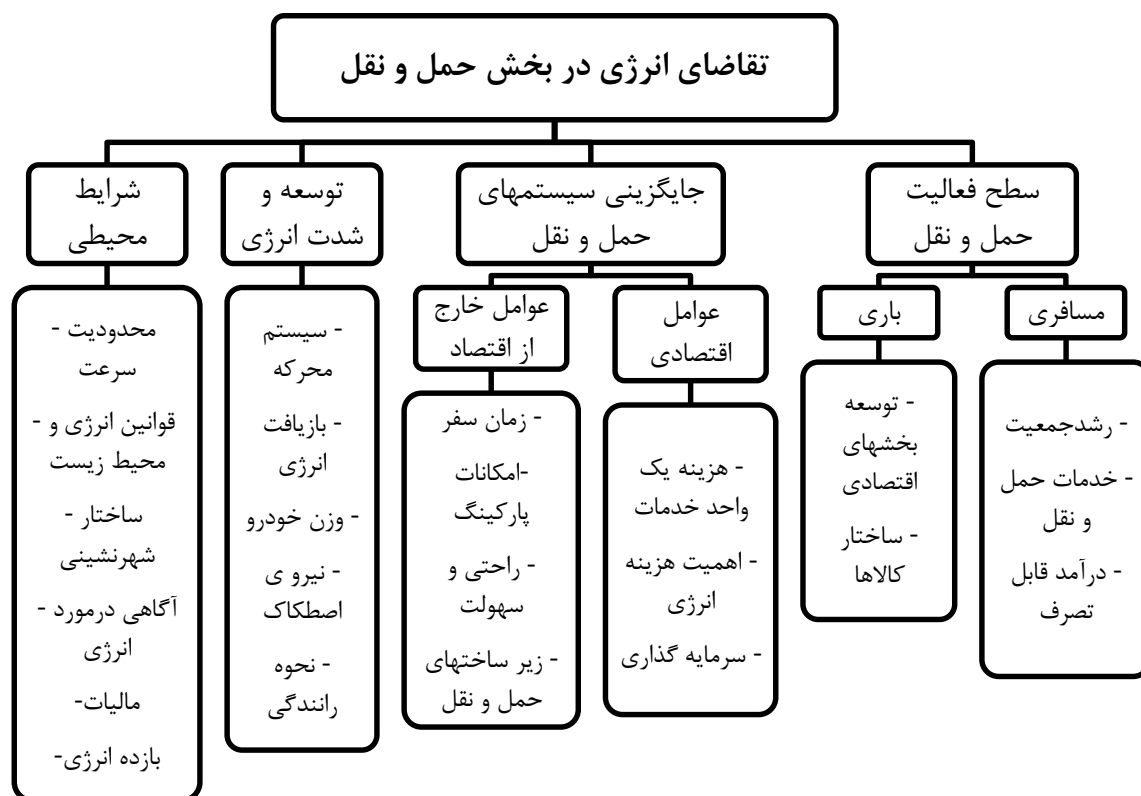
فصل اول: کلیات و مرور مطالب

۱-۵-۳ - تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل

انرژی مفید و قابل استفاده به ازای یک واحد خدماتحمل و نقل تحت عنوان شدت انرژی تعریف می‌گردد که حاصل ضرب آن در سطح فعالیت حمل و نقل مقدار تقاضای انرژی را مشخص می‌کند؛ عملکرد مجموعه ای از عوامل فنی و محیطی موجب تغییرات شدت مصرف انرژی می‌شود. افزایش وزن خوردو، نحوه رانندگی، حجم ترافیک و ... از جمله مواردی است که بر میزان شدت انرژی در این بخش مؤثر است.

شدت مصرف انرژی در زیر مجموعه‌های بخش حمل و نقل متفاوت بوده و در حمل و نقل انبوه تقاضای انرژی مفید به ازای یک واحد خدمات کمتر از حمل و نقل آن در واحدهای سواری و انفرادی است. با جایگزینی سیستم حمل و نقل شدت مصرف انرژی در بخش حمل و نقل تغییر می‌یابد. عوامل اقتصادی از قبیل هزینه‌ی هر واحد خدمات و تغییر در هزینه خدمات و عوامل خارج از حوزه اقتصاد مانند زمان سفر، سهولت دسترسی به وسایل نقلیه‌ی عمومی، امکانات پارکینگ و... در جایگزینی سیستم‌های حمل و نقل مؤثر است.

فصل اول: کلیات و مرور مطالب



شکل (۱-۳) تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل

از آنجایی مصرف انرژی در بخش آموزشی و اداری نیز همانند بخش خانگی- تجاری شامل پخت و پز، روشنایی، گرمایش و تجهیزات الکتریکی می باشد، می توان مصرف انرژی را در واحدهای آموزشی در بخش های فوق بررسی کرد.

پلان کلی دانشگاه و موقعیت بخشهای مختلف در شکل ۱-۴ نمایش داده و در جدول (۱-۱) نام گذاری شده است.

فصل اول: کلیات و مرور مطالب

جدول (۱-۱) نام گذاری بخش‌های مختلف دانشگاه

شماره	واحد سازمانی	شماره	واحد سازمانی
1	دانشکده فنی و مهندسی	14	ساختمان تربیت بدنی
2	دانشکده معدن	15	سالن سرپوشیده و رختکن ورزشی شماره ۱
3	دانشکده مکانیک	16	سالن سرپوشیده ورزشی شماره ۲
4	دانشکده علوم پایه	17	استخر سرپوشیده ورزشی
5	دانشکده فیزیک و فناوری اطلاعات	18	فروشگاه
6	ساختمان علوم انسانی و تربیت بدنی	19	مسجد دانشگاه
7	ساختمان کلاسها	20	بوفه دانشجویی
8	ساختمان آزمایشگاه ها	21	مجموعه رستوران ، انبار مواد غذایی و انتشارات
9	آزمایشگاه دانشکده شیمی	22	مجموعه فرهنگی شقایقها و سالن اجتماعات
10	سایت کامپیوتر و مرکز اطلاع رسانی	23	خوابگاه
11	ساختمان کتابخانه	24	مهمانسرا
12	سالن کارگاه ها	25	مجموعه رفاهی
13	سازمان مرکزی	26	انبار، موتور خانه مرکزی و تأسیسات

فصل اول: کلیات و مرور مطالب



شکل (۱-۴) سایت پلان دانشگاه



فصل دوم

تئوری‌ها و دستورالعمل‌های حاکم بر

موضوع



فصل دوم: تئوری‌ها و دستور العمل‌های حاکم بر موضوع

۲-۱- مقدمه

از بحران نفتی سال ۱۹۷۳ پیشرفت‌های چشمگیری در بهینه سازی انرژی ساختمان‌ها ایجاد شده است اما بخش عمده ای از ساختمان‌های کنونی که عمری بیشتر از یک دهه دارند به خاطر فرسودگی و استفاده از تجهیزات انرژی بر همچنان خارج از استاندارد شاخص‌های مصرف انرژی قرار می‌گیرند، بنابراین بهینه سازی انرژی ساختمان‌های موجود جهت رسیدن به شاخص‌های استاندارد شاید دهه ها طول بکشد.

سرمایه گذاری به منظور بهبود کارایی انرژی در ساختمان‌ها دارای دوره ی بازگشت سرمایه کوتاه مدت و نسبتاً پیش‌بینی‌پذیر است که از پایین آمدن صورت حساب انرژی حاصل می‌شود. علاوه بر گزینه های مالی مرسوم در دسترس مالکین و اپراتورهای ساختمان (همانند وام و اجاره کردن)، روشهای دیگری جهت تأمین منابع مالی پروژه های بهینه سازی انرژی ساختمان‌ها وجود دارد. یکی از روش‌های معمول این است که شرکتهای خدمات انرژی^۱ (ESCO) تمام ریسکهای پروژه جایگزینی را از طریق اجرای تجزیه و تحلیل های مهندسی و محاسبه سرمایه اولیه جهت خرید و نصب تجهیزات مورد نیاز بهبود بازدهی انرژی لحاظ می‌کنند. ممیزی انرژی، ابزاری مهم برای شرکتهای خدمات انرژی، جهت تضمین موفقیت پروژه‌های پیمانکاری محسوب می‌شود. به علاوه برخی از ساختمان‌های صنعتی و تجاری بزرگ به منظور کاهش نرخ اتلاف در مصرف انرژی با رعایت بعضی از مقررات و استانداردها، برنامه های مدیریت داخلی انرژی را بر مبنای ممیزی انرژی ایجاد کرده اند. دیگر اپراتورها و مالکین ساختمانی، از مزایای مالی ایجاد شده توسط خدمات دهندگان و آژانس های محلی برای اجرای ممیزی انرژی و پیاده سازی راهکارهای صرفه جویی انرژی بهره مند می‌شوند. در دهه ۱۹۷۰، بهبود انرژی ساختمان شامل استفاده از راهکارهایی ساده نظیر خاموش کردن لامپ های اضافی،

¹ Energy Service Company

فصل دوم: تئوری‌ها و دستور العمل‌های حاکم بر موضوع

پایین آوردن دمای گرمایش، افزایش دمای تهویه مطبوع و کاهش دمای آب گرم بود. امروزه مدیریت انرژی ساختمان، ارزیابی فراگیر تمام سیستم‌های انرژی ساختمان را در برمی‌گیرد. لذا ممیزین انرژی باید از مسائل کلیدی انرژی نظیر تعرفه تأسیسات برق و آخرین تکنولوژی‌های کارای انرژی ساختمان و کاربردهایش، آگاهی داشته باشند.

در این فصل برخی از راهکارهای مرسوم صرفه جویی انرژی، به طور اجمالی بحث شده است. [۱۳] در نهایت خلاصه‌ای از روشهای موجود برای اندازه‌گیری و شناسایی صرفه جویی‌ها همراه با به کارگیری راهکارهای صرفه جویی انرژی ارائه می‌شود.

۲-۲- انواع روش‌های ممیزی انرژی

عبارت ممیزی انرژی دارای کاربردهای گسترده‌ای است و بسته به شرکت‌های خدمات انرژی، ممکن است معانی متفاوتی داشته باشد. ممیزی انرژی ساختمان‌ها، محدوده وسیعی از بررسی پیمایش تأسیسات تا تجزیه و تحلیل تفصیلی با شبیه‌سازی پویای کامپیوتری را در بر می‌گیرد. چهار نوع از روش‌های ممیزی انرژی به طور خلاصه در زیر بیان می‌شود:

۲-۲-۱- ممیزی انرژی پیمایشی^۱

این ممیزی شامل بررسی اجمالی تجهیزات، جهت شناسایی گلوگاه‌های مصرف انرژی و ارائه راهکارهای ساده و کم‌هزینه است که منجر به صرفه جویی قابل توجهی در هزینه عملیاتی ساختمان می‌شود. برخی از مهندسين ترجیح می‌دهند که این گونه ممیزی انرژی ساختمان را در قالب راهکارهای تعمیرات و نگهداری ارائه کنند.

به عنوان نمونه این راهکارها می‌توانند شامل تنظیم دمای گرمایش، جایگزینی شیشه‌های شکسته، عایق بندی لوله های بیرونی آب گرم یا بخار و تنظیم نسبت سوخت به هوا در بویلر باشد.

^۱ Walk through audit

فصل دوم: تئوری‌ها و دستور العمل‌های حاکم بر موضوع

۲-۲-۲ تحلیل هزینه‌های تأسیساتی

هدف از این ممیزی تحلیل دقیق هزینه کارکرد تأسیسات مکانیکی و الکتریکی است. معمولاً داده‌های چندین سال گذشته به منظور شناسایی الگوی مصرف انرژی، پیک دیمانده، تأثیرات آب و هوایی و تعیین پتانسیل روش‌های مختلف صرفه جویی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای انجام این گونه تحلیل‌ها توصیه می‌شود که ممیزین انرژی برای کسب اطلاعات در رابطه با تأسیسات و سیستم‌های انرژی آن‌ها، از بازرسی پیمایشی بهره بگیرند.

همچنین لازم است ممیز از تعرفه تأسیسات درک صحیحی داشته باشد تا به دلایل مختلف زیر بتواند آن را در تأسیسات به کار بگیرد:

- به منظور تأیید هزینه خدمات و اطمینان از اینکه هیچ گونه اشتباهی در محاسبه صورت حساب‌های ماهیانه رخ نداده است. در واقع تعرفه‌های خدماتی در تأسیسات تجاری و صنعتی با در نظر گرفتن جریمه‌های ضریب توان پیچیده خواهد شد.
 - برای تعیین عمده‌ترین هزینه در صورت حساب‌های خدماتی. به عنوان نمونه هزینه‌های دیمانده می‌تواند بخش عمده‌ای از هزینه‌های صورت حساب خدمات را به خود اختصاص دهد.
 - برای تعیین این که آیا می‌توان به منظور خرید سوخت ارزانتر با استفاده از سایر تعرفه‌های خدماتی، هزینه‌های بهره برداری را کاهش داد. این تجزیه و تحلیل‌ها می‌تواند در صورت حساب‌های خدمات کاهش چشمگیری ایجاد کند.
- علاوه بر موارد فوق ممیز می‌تواند از طریق تجزیه و تحلیل داده‌های خدمات انرژی میزان جذابیت پروژه‌های جایگزینی تجهیزات را تعیین کند. در واقع مصرف انرژی تأسیسات را می‌توان نرمال کرده و با شاخص‌ها مقایسه کرد. برای نمونه از انرژی مصرفی در واحد سطح زیر بنا برای ساختمان‌های تجاری یا در هر واحد محصول برای واحدهای صنعتی می‌توان یاد کرد.

فصل دوم: تئوری‌ها و دستور العمل‌های حاکم بر موضوع

۳-۲-۲ ممیزی انرژی استاندارد

ممیزی استاندارد، امکان تجزیه و تحلیل فراگیر انرژی در سیستم‌های انرژی تأسیسات را فراهم می‌کند. علاوه بر فعالیت‌هایی که برای ممیزی پیمایشی و تحلیل هزینه‌های تأسیساتی در بخش‌های قبلی تشریح شده، ممیزی انرژی استاندارد خط مبنایی را برای مصرف انرژی تأسیسات، ارزیابی پتانسیل صرفه جویی انرژی و امکان سنجی راهکارهای صرفه جویی توسعه می‌دهد. روش گام به گام ممیزی انرژی استاندارد شبیه به ممیزی تفصیلی انرژی است.

عموماً در ممیزی انرژی استاندارد برای توسعه مدل‌های خط مبنای انرژی و پیش بینی میزان صرفه جویی ناشی از راهکارهای بهینه سازی از ابزارهای ساده ای استفاده می‌شود. دو نوع از این ابزارها روش‌های روز-درجه و مدل‌های رگرسیون هستند. به علاوه تجزیه و تحلیل ساده برگشت سرمایه برای تعیین به صرفه بودن راهکارهای مصرف انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴-۲-۲ ممیزی انرژی تفصیلی^۱

این نوع ممیزی انرژی کاملترین و در عین حال وقت گیرترین نوع ممیزی است. در روش مذکور از تجهیزات اندازه‌گیری مصرف انرژی برای تمام ساختمان یا برای برخی از سیستم‌های داخلی ساختمان (به عنوان نمونه در بخش مصرف نهایی: سیستمهای روشنایی، تجهیزات اداری، فن‌ها، چیلرها و...) استفاده می‌شود. علاوه بر این برنامه‌های شبیه سازی بسیار پیچیده‌ای جهت ممیزی انرژی تفصیلی برای ارزیابی و پیشنهاد جایگزین‌های مناسب انرژی تأسیسات به کار می‌روند.

تکنیک‌های موجود جهت اجرای راهکارهای ممیزی انرژی بسیار متنوع هستند و دامنه آن‌ها از بازرسی اجمالی ساختمان تا به کارگیری تجهیزاتی برای تعیین برخی پارامترهای ساختمان نظیر دمای هوای داخلی، سطح روشنایی و مصرف الکتریکی متغیر است. در راهکارهای بلند مدت، از

^۱ Detailed Energy audit

فصل دوم: تئوری‌ها و دستورالعمل‌های حاکم بر موضوع

حسگرهای مختلفی استفاده می‌شود که داده‌ها را در هر لحظه اندازه گرفته و مستقیماً جهت انجام پردازش به سیستم‌های جمع‌آوری کننده که قدرت نظم دادن به اطلاعات را داشته و از راه دور قابل کنترل هستند ارسال می‌کنند. اخیراً تکنیک‌های مانیتور کردن بار غیر مزاحم^۱ ارائه شده است. این تکنیک‌ها قادر هستند مصرف انرژی بلادرنگ در بارهای الکتریکی بالا را تنها با به کارگیری یک مجموعه از حسگرها در ورودی سرویس تعیین کنند. سهولت به کارگیری این تکنیک در مقایسه با روش‌های سنتی قابل توجه است. در این روش تنها به مجموعه‌ای از حسگرهای مختلف جهت نظارت بر مصرف کننده نهایی نیاز است. این خصوصیات، NILM را به روشی کم هزینه و جذاب در شرکت‌های خدمات دهنده انرژی به منظور نظارت بر مصرف انرژی تبدیل کرده است.

۲-۳- روش عمومی ممیزی انرژی تفصیلی

برای ممیزی انرژی به طور معمول چندین مرحله باید انجام شود که با توجه به نوع ممیزی، ابعاد و عملکرد ساختمان مورد بررسی متفاوت می‌باشد. برخی از این مراحل با توجه به هدف باید تکرار شده یا حذف گردند و یا براساس یافته‌های مراحل دیگر محدود شوند. بنابراین اجرای ممیزی انرژی یک فرآیند قطعی و یک سو نبوده و در اکثریت موارد سیر رفت و برگشتی دارد. با این حال روند کلی زیر برای اغلب ساختمان‌ها قابل اجرا است:

گام ۱: تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به ساختمان و تأسیسات

هدف اصلی در این مرحله، ارزیابی ویژگی‌های سیستم انرژی و الگوهای مصرف انرژی ساختمان است. مشخصات ساختمان از نقشه‌های معماری، مکانیکی، الکتریکی و یا مشورت با مدیران و اپراتورهای ساختمان استخراج می‌شود. الگوهای مصرف انرژی از صورتحساب‌های مربوط به چندین سال گذشته فراهم می‌شود. تحلیل تغییرات زمانی صورتحساب‌های تأسیسات به ممیزین انرژی امکان

^۱ Non-Intrusive Load Management (NILM)

فصل دوم: تئوری‌ها و دستور العمل‌های حاکم بر موضوع

می‌دهد تا روند احتمالی مصرف انرژی ساختمان در اثر تغییرات فصلی یا آب و هوایی را مشخص کنند.

اقداماتی که می‌تواند در این گام اجرا شود و نتایج مورد انتظار از انجام آن‌ها عبارتند از:

- جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مصرف انرژی طی حداقل سه سال متوالی برای شناسایی الگوی تاریخی مصرف انرژی
- شناسایی نوع سوخت‌های مصرف شده (برق، گاز طبیعی، نفت و ...) برای ارزیابی در مواقعی که ساختمان برای تقاضای پیک در تنگنا قرار گیرد و امکان خرید سوخت‌های ارزانتر فراهم باشد.
- تجزیه و تحلیل تأثیر آب و هوا روی مصرف سوخت برای نمایاندن هرگونه تغییرات مصرف انرژی مرتبط با بدترین شرایط آب و هوایی
- انجام تجزیه و تحلیل‌های مصرف انرژی در تأسیسات ساختمان برحسب نوع و ابعاد ساختمان جهت مقایسه با شاخص‌های بهینه (شاخص‌های ساختمان از جمله مصرف انرژی بر حسب واحد سطح قابل تعیین هستند)

گام ۲: بازرسی پیمایشی

در این مرحله پتانسیل راهکارهای صرفه‌جویی شناسایی می‌شوند. نتایج این مرحله اهمیت ویژه‌ای دارند، چرا که تعیین می‌کنند که آیا ساختمان مستلزم کار ممیزی گسترده‌تری هست یا نه. این گام شامل موارد زیر می‌شود:

- شناسایی مسایل و نیازهای مصرف‌کنندگان
- بررسی روش‌های بهره‌برداری و نگه‌داری موجود
- تعیین وضع موجود کارکرد تجهیزات مصرف‌کننده اصلی انرژی (روشنایی، تهویه مطبوع، موتورها و ...)

فصل دوم: تئوری‌ها و دستور العمل‌های حاکم بر موضوع

- تخمین تعداد ساکنین ساختمان، تجهیزات مورد استفاده و روشنایی (چگالی مصرف انرژی و ساعت بهره برداری)

گام ۳: خط مبنا^۱ برای مصرف انرژی ساختمان

هدف اصلی در این مرحله، توسعه مدل مبنایی است که مصرف انرژی کنونی و شرایط بهره برداری ساختمان را تشریح کند. این مدل، مرجعی است که میزان کاهش مصرف انرژی را با اجرای راهکارهای مختلف صرفه جویی تخمین می‌زند. کارهای انجام گرفته در این گام عبارتند از:

- گردآوری و مطالعه نقشه‌های معماری، مکانیکی، الکتریکی و کنترلی
- بازبینی، تست و ارزیابی تجهیزات ساختمانی از لحاظ بازدهی، عملکرد و قابلیت اطمینان
- مشخص کردن تعداد ساکنین ساختمان و برنامه بهره برداری از تجهیزات (مثل سیستم‌های روشنایی و تهویه مطبوع)

- تعیین یک مدل خط مبنا برای انرژی ساختمان
- کالیبره کردن مدل خط مبنا با استفاده از داده‌های تأسیساتی و یا داده‌های اندازه گیری شده

گام ۴: ارزیابی راهکارهای صرفه جویی انرژی

در این مرحله لیستی از راهکارهای اقتصادی صرفه جویی انرژی با استفاده از پتانسیل کاهش مصرف انرژی و تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی مشخص می‌شوند. جهت دستیابی به این اهداف، انجام کارهای زیر توصیه می‌شود:

تهیه فهرستی دقیق از راهکارهای صرفه جویی انرژی (با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در بازرسی پیمایشی)

تعیین صرفه جویی انرژی در اثر اعمال و اجرای راهکارهای صرفه جویی انرژی مختلف در

^۱ Base line

فصل دوم: تئوری‌ها و دستور العمل‌های حاکم بر موضوع

ساختمان با استفاده از مدل مبنای توسعه یافته در گام ۳

برآورد هزینه‌های اولیه اجرای راهکارهای صرفه جویی انرژی

ارزیابی به صرفه بودن راهکارهای صرفه جویی انرژی با استفاده از روشهای تحلیل اقتصادی (تحلیل

بر اساس دوره بازگشت سرمایه یا هزینه دوره کارکرد)

۲-۴- شدت مصرف انرژی

از آنجا که مصرف سرانه انرژی به تنهایی نمی‌تواند شاخص گویایی برای مقایسه مصرف انرژی در کشورها باشد (مثلاً شاید علت بیشتر بودن مصرف سرانه انرژی در ایران نسبت به پاکستان، آن باشد که صنایع بیشتری در ایران مشغول به کارند) از شاخص معتبر دیگر برای ارزیابی روند مصرف انرژی در کشورها به عنوان "شدت انرژی" استفاده می‌شود.

شدت انرژی از تقسیم مصرف نهایی انرژی بر تولید ناخالص داخلی محاسبه می‌شود و نشان می‌دهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات، چه مقدار انرژی به کار رفته است. با مقایسه این شاخص در سال‌های مختلف و میان کشورها می‌توان روند استفاده از منابع انرژی در فرایند تولید ملی کشورها را ارزیابی کرد.

البته این شاخص تحت تأثیر عواملی از جمله شرایط آب و هوایی، جغرافیایی و ساختار اقتصادی که ارتباطی با مصرف بهینه انرژی ندارند، نیز هست. برای مثال چنانچه ساختار اقتصادی یک کشور از واردات برخی محصولات به سمت تولید داخلی آنها حرکت نماید و این تولید مستلزم به کارگیری انرژی زیاد باشد، نمی‌توان این افزایش مصرف انرژی را به عدم استفاده بهینه از انرژی مربوط دانست بلکه تغییرات ساختاری اقتصاد که در جهت توسعه اقتصادی نیز بوده، منجر به این افزایش مصرف شده است.

آمار نشان می‌دهد شدت مصرف انرژی در ایران حتی در مقایسه با کشورهای نفت‌خیز، بسیار بالاتر

فصل دوم: تئوری‌ها و دستور العمل‌های حاکم بر موضوع

است. اما با توجه به مقادیر شدت انرژی براساس محاسبه تولید ناخالص داخلی به روش برابری قدرت خرید، ایران از لحاظ مصرف انرژی به منظور تولید کالاها و خدمات وضعیت بهتری دارد اما همچنان جزء کشورهای با شدت انرژی بسیار بالا محسوب می‌شود. در حالی که در سطح جهان به طور متوسط برای تولید یک میلیون دلار ارزش افزوده حدود ۱۲۸ تن معادل نفت خام، انرژی مصرف می‌شود، این رقم در ایران نزدیک به ۲ برابر است. [۱۴]

۲-۵- شاخص عملکرد نرمال شده (NPI)

معیار خوبی از عملکرد یک ساختمان خاص را اغلب می‌توان با مقایسه ساده مصرف انرژی سالیانه و هزینه‌ها با ساختمان‌های مشابه در نوع و عملکرد، به دست آورد. اما مشکلات تفکیک ناپذیری وجود دارد که در زمان مقایسه عملکرد انرژی ساختمانی با ساختمان مشابه دیگر در یک مکان متفاوت باید مد نظر قرار گیرد که عبارتند از:

- ساختمان‌ها ممکن است ابعاد مختلف داشته باشند
- دو موقعیت مکانی ممکن است دارای اختلاف آب و هوایی باشند که این امر بر انرژی مصرفی دو ساختمان تأثیر دارد.
- دو ساختمان ممکن است در معرض آب و هوای متفاوتی باشند که در از دست دادن گرمای ساختمان تأثیر خواهد داشت.

- دو ساختمان ممکن است ساعت عملیاتی متفاوتی را تجربه کنند.
- برای حل این گونه مسائل لازم است با به کارگیری متغیرهایی نظیر آب و هوا و الگوهای اشغال، اطلاعات مصرف انرژی ساختمان را تصحیح کرد. مفهوم شاخص عملکرد نرمال برای پرداختن به این مسائل شکل گرفته است. NPI ها عملکرد انرژی ساختمان‌های مشخصی را جهت مقایسه با دیگر ساختمان‌های مشابه در نوع و عملکرد، مقدور می‌سازند، همچنین عملکرد کلی انرژی یک ساختمان را

فصل دوم: تئوری‌ها و دستورالعمل‌های حاکم بر موضوع

در مقایسه با انرژی استاندارد معیار برای انواع ساختمان‌ها میسر می‌سازد.

بسیاری از کشورهای سراسر جهان برای انواع مختلف ساختمان معیار انرژی ملی دارند. این معیارها توسط تجزیه و تحلیل آماری، از نتایج ممیزی‌های مصرف انرژی اندازه‌گیری شده، تعیین می‌گردد. معیارهای انرژی معمولاً به KWh/m^2 از مساحت سطح در هر سال ذکر می‌شود. اگرچه برخی ترجیح می‌دهند که KWh/m^3 از حجم ساختمان در هر سال را استفاده کنند. معیارها راهنمای مفیدی فراهم می‌کنند که بتوان مصرف انرژی ساختمان‌ها را اندازه‌گیری نمود. باید ذکر کرد که طراحی معیارها زمانی که اولویت‌ها را ایجاد می‌شوند راهنمایی سودمندی فراهم می‌کنند و نباید به عنوان ارزش‌های مطلق تلقی شوند. در راستای تعیین پتانسیل واقعی برای بهینه‌سازی عملکرد انرژی در یک تأسیسات خاص، لازم است ممیزی‌های انرژی دقیق بیشتری انجام گیرد. شاخص‌های عملکرد فقط مقایسه بین انواع مشابه ساختمان را مجاز می‌دارد برای مثال در مقایسه عملکرد انرژی یک مدرسه و یک بیمارستان امتیاز چندانی نیست.

معیارهای دقیق انرژی که می‌تواند در کشورهای مختلف جهان به کار گرفته شود با توجه به آب و هوای حاکم و ماهیت ساخت و ساز مورد استفاده، بسیار متنوع خواهد بود. با این وجود اصول کلی محاسبه NPIها مشابه بوده و توان کاربرد جهانی دارد. در اینجا معیارهای انرژی و اطلاعات کاربردی بریتانیا جهت نمایش فرآیند استفاده شده‌اند.

در بریتانیا عملکرد انرژی ساختمان به صورت زیر رتبه‌بندی شده است:

- خوب (good): وضعیت مصرف انرژی اعم از کنترل‌ها، نظام مدیریت انرژی و تجهیزات خوب بوده، اگرچه غالباً امکان صرفه‌جویی بیشتر انرژی وجود دارد..
- نسبتاً رضایت‌بخش (fair): وضعیت مصرف انرژی قابل قبول است ولی امکان صرفه‌جویی در مقیاس چشمگیر وجود دارد.
- ضعیف (poor): مصرف انرژی بالاست و اقدامات لازم برای شناسایی و کاهش مصارف غیر

فصل دوم: تئوری‌ها و دستور العمل‌های حاکم بر موضوع

ضروری باید سریعاً انجام شود. در این خصوص باید راهکارهای بهینه سازی بررسی و معرفی گردد. ساختمان‌هایی که عملکرد ضعیفی نشان می‌دهند مستعدترین عرضه کنندگان بهترین فرصت‌های مدیریت انرژی هستند اما امکان بهینه سازی انرژی حتی برای ساختمان‌های دارای رتبه انرژی خوب وجود دارد. [۱۵]

۲-۶- روش محاسبه NPI

روش محاسبه NPI و طبقه بندی عملکرد انرژی ساختمان بر پایه متد CIBSE بوده و به شرح زیر می‌باشد: [۱۵]

- ۱) مشخص کردن کل مصرف انرژی ساختمان به واحدهای استاندارد
- ۲) تعیین مصرف انرژی سالانه برای گرمایش فضا. این عمل باید به وسیله کنتورهای جدا یا با استفاده از تکنیک‌های تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی تعیین گردد. اگر انجام این عملیات میسر نیست اطلاعات تجزیه درصدی نشان داده شده در جدول (۲-۱) به عنوان یک تخمین تقریبی به کار برده شود.
- ۳) زمانی که اطلاعات خام مصرف انرژی گرمایشی مشخص گردد سپس باید با کاربرد ضرایب اصلاح متغیرهای هوا معرض انجام شود:

$$\text{روز - درجات گرمایشی سالیانه استاندارد} \\ \text{روز - درجات گرمایشی سالانه که ساختمان تجربه کرده است} = \text{ضریب آب و هوا}$$

در بریتانیا تعداد سالیانه روز-درجات گرمایشی ۲۴۶۲ در نظر گرفته شده است. این مقدار در کشور یا منطقه خاص مورد ملاحظه متفاوت خواهد بود. ضرایب معرض در جدول (۲-۲) آورده شده است.

فصل دوم: تئوری‌ها و دستور العمل‌های حاکم بر موضوع

جدول (۱-۲) نسبت سوخت مصرفی برای گرمایش فضا و آب گرم تولیدی مرتبط با گرمایش فضا

نوع ساختمان	نسبت سوخت مصرفی برای گرمایش فضا و آب گرم مرتبط با گرمایش فضا (%)
مدرسه	75
خانه سالمندان _ بیمارستان	50
سایر ساختمانهای مراقبتهای بهداشتی	75
آموزش عالی	75
اداره	75
سالن ورزشی بدون استخر	75
سالن ورزشی با استخر	65
استخر شنا	55
گالری _ موزه _ کتابخانه	70
هتل	60
آژانس - بانک	75
فضای تفریحی	75
ساختمان خدمات - اورژانس - دادگاه	75
کارخانه	80

جدول (۲-۲) ضرایب معرض

معرض	ضریب معرض
محفوظ (مرکز شهر)	1.1
معمولی (روستایی / شهری)	1
بی حفاظ (زمین تپه ای / ساحلی)	0.9

۴) گام بعدی اضافه کردن مصرف انرژی غیر گرمایشی به مصرف انرژی گرمایشی تصحیح شده است

که مصرف انرژی تصحیحی بی زمان خام را بدست می آورد.

۵) مقدار مصرف انرژی سالیانه "تصحیح بی زمان خام" در ضریب تصحیح ساعت مصرف ساختمان

ضرب می شود تا مصرف انرژی سالیانه همگن شده به دست بیاید.

$$\text{مقادیر ساعات مصرف استاندارد در جدول (۲-۳) نشان داده شده است.} \\ \text{ساعات مصرف سالانه استاندارد} = \frac{\text{ساعات مصرف واقعی}}{\text{ضریب ساعات مصرف}}$$

مقادیر ساعات مصرف استاندارد در جدول (۲-۳) نشان داده شده است.

فصل دوم: تئوری‌ها و دستورالعمل‌های حاکم بر موضوع

(۶) مصرف انرژی سالیانه همگن شده باید بر مساحت سطح ساختمان تقسیم شود تا NPI به دست بیاید. از مساحت سطح مورد استفاده در این محاسبه باید مساحتی که گرمایش و سرمایش به آن اختصاص داده نمی‌شود کسر کرد.

(۷) نهایتاً NPI به دست آمده را با معیارهای داده شده در جدول (۲-۳) مقایسه کرده و عملکرد ساختمان رتبه بندی می‌شود.

۲-۷- محاسبات انتقال حرارت برای جدارهای نورگذر

با توجه به اینکه مساحت زیادی از دیوارهای خارجی ساختمان‌ها را پنجره‌ها اشغال می‌کنند حجم زیادی از تلفات حرارتی از پنجره‌ها صورت می‌گیرد، که با دو جداره بودن پنجره‌ها این تلفات کاهش می‌یابد. ۱۰ درصد مساحت پنجره‌ها را پروفیل‌های آلومینیومی و ۹۰ درصد آن را شیشه تشکیل می‌دهد. ضریب انتقال حرارت پنجره‌ها (جدارهای نورگذر و بازشو) بر اساس مقرر ملی ساختمان (مبحث نوزدهم) [۱۶] و انتقال حرارت پنجره‌ها با استفاده از معادلات انتقال حرارت [۱۷] محاسبه شده است.

ضریب انتقال حرارت جدارهای نورگذر برآیند ضریب انتقال حرارت جابجایی، هدایتی و تشعشی است. رابطه ریاضی انتقال حرارت جابجایی، هدایتی و تشعشی به ترتیب در معادلات ۲-۱، ۲-۲ و ۲-۳ و ضریب کلی انتقال حرارت در معادله ۲-۴ نشان داده شده است.

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T \quad (۱-۲)$$

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta T \quad (۲-۲)$$

$$Q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_2^4 - T_1^4) = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_2^3 + T_2^2 T_1 + T_2 T_1^2 + T_1^3) \cdot \Delta T \quad (۳-۲)$$

$$U = h + k + \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_2^3 + T_2^2 T_1 + T_2 T_1^2 + T_1^3) \quad (۴-۲)$$

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (۵-۲)$$

فصل دوم: تئوری‌ها و دستور العمل‌های حاکم بر موضوع

که در معادله (۲-۵)، U ضریب انتقال حرارت کلی جدارهای نورگذر بر اساس مقررات مبحث ۱۹، A مساحت پنجره‌ها (شیشه و پروفیل) بر اساس نقشه‌های معماری دانشگاه و $\Delta T = 32^{\circ}\text{C}$ اختلاف دمای داخل و خارج ساختمان (با در نظر گرفتن فصول سرد 4°C - و دمای 28°C برای داخل ساختمان‌ها) می‌باشد.

جدول (۲-۳) معیارهای مصرف انرژی سالیانه برای انواع مختلف ساختمان بر حسب kWh/m^2 در هر سال

نوع ساختمان	ساعت مصرف استاندارد در هر سال	محدوده عملکرد رضایت بخش
مدرسه ویژه- بدون خوبگاه	1570	250-340
مدرسه ویژه- با خوبگاه	8760	380-500
رستوران	--	410-430
fast food ها	--	340-470
ساختمانهای عمومی	--	1450-1750
سوپر مارکتهای بزرگ (تهویه مکانیکی)	--	720-730
مغازه‌های مواد غذایی کوچک- عمومی	--	510-580
دانشگاه	4250	325-355
مدارس آموزش عالی	3200	230-280
دفاتر با تهویه مطبوع- بالای ۲۰۰۰ متر مربع	2600	250-410
دفاتر با تهویه مطبوع- زیر ۲۰۰۰ متر مربع	2400	220-310
دفاتر با تهویه طبیعی- بالای ۲۰۰۰ متر مربع	2600	230-290
دفاتر با تهویه طبیعی- زیر ۲۰۰۰ متر مربع	2400	200-250
مراکز کامپیوتر	8760	340-480
استخر شنا	4000	1050-1390
مرکز ورزشی- با استخر	5130	570-840
مرکز ورزشی- بدون استخر	4190	200-340
کتابخانه	2540	200-280
هتل کوچک	--	240-330
هتل متوسط	--	310-420
بانک	2200	180-240
گالری هنر- موزه	2450	220-310
سینما	3080	650-780
تئاتر	1150	600-900



فصل سوم

ممیزی انرژی



۳-۱- مقدمه

اطلاعات انرژی برای ساختمان‌ها یا از طریق ممیزی یا از طریق برنامه‌های نظارتی مستمر امکان جمع‌آوری دارد. اما این اطلاعات به خودی خود نسبتاً غیر قابل استفاده اند مگر آن که به شیوه مناسبی تفسر شوند. بنابراین تجزیه و تحلیل بر روی هر اطلاعات خام جمع‌آوری شده باید انجام پذیرد تا جهات و نقاطی که بهینه سازی را می توان به عمل آورد شناسایی شود. تکنیک‌های تجزیه و تحلیل مختلفی وجود دارند که در جهت تفسیر اطلاعات انرژی می‌توان به کار گرفت. این بخش تکنیک‌های تجزیه و تحلیل اطلاعات را که معمولاً در مدیریت انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند بیان می‌کند.

تنوعی گسترده از تکنیک‌های تجزیه و تحلیل عددی و آماری وجود دارد که می‌توان در جهت درک این که چرا انرژی به روووشی خاص مصرف می‌شود به کار گرفت. برخی تکنیک‌های تحلیلی بسیار ساده هستند و با حساب سر انگشتی ساده انجام می‌شوند. در حالی که دیگر تکنیک‌ها پیچیده تر بوده و ممکن است نیازمند نرم افزار کامپیوتری باشند.

۳-۲- مصرف سالیانه انرژی

احتمالاً ساده‌ترین تحلیلی که می‌توان به کار گرفت این است که مصرف انرژی سالیانه و هزینه‌های مربوطه را جزء به جزء نموده و درصد آن را مشخص کرد. این تکنیک مفیدی است که قادر می‌سازد مصرف کلی انرژی یک ساختمان را به راحتی و سرعت محاسبه کرد. [۱۵]

تحلیل مصرف انرژی سالیانه به روش زیر انجام می‌گیرد:

(۱) تبدیل کلیه اطلاعات مصرف انرژی به واحدهای استاندارد (معمولاً kWh) با استفاده از فاکتور تبدیل استاندارد نشان داده شده در جدول (۳-۱) و ارزشهای حرارتی ارائه شده در جدول (۳-۲)

فصل سوم: ممیزی انرژی

(۲) برای کل مصرف و هزینه هر نوع انرژی باید مصارف و هزینه ها به صورت جزء به جزء در آمده و در صد آن مشخص شود. سپس میانگین هزینه بر حسب kWh برای هر نوع سوخت ارائه شود.

(۳) تدوین یک جدول برای درج اطلاعات مصرف کل انرژی سالیانه، هزینه و تجزیه درصدی هر نوع سوخت.

(۴) رسم نمودارهای انرژی و هزینه مربوط به هر نوع از انرژی

(۵) اگر اطلاعات ادواری انرژی در دست باشد، مقایسه مصرف انرژی سالیانه در چند سال انجام گیرد.

جدول (۱-۳) فاکتورهای تبدیل انرژی

از	ضرب در فاکتور	به
Therms	29.306	kWh
MJ	0.2778	kWh
GJ	277.778	kWh

جدول (۲-۳) نمونه ارزش ناخالص حرارتی سوختها

نوع سوخت	نمونه ارزش ناخالص حرارتی
الکتریسیته	1 kWh
گاز طبیعی	1.01 Therms/100ft ³
گازوئیل	38 MJ/Litre
مازوت سنگین	42 MJ/Litre
ذغال سنگ	27-30 GJ/Tonne
پروپان	92.6 GJ/m ³
بوتان	49.3 GJ/m ³

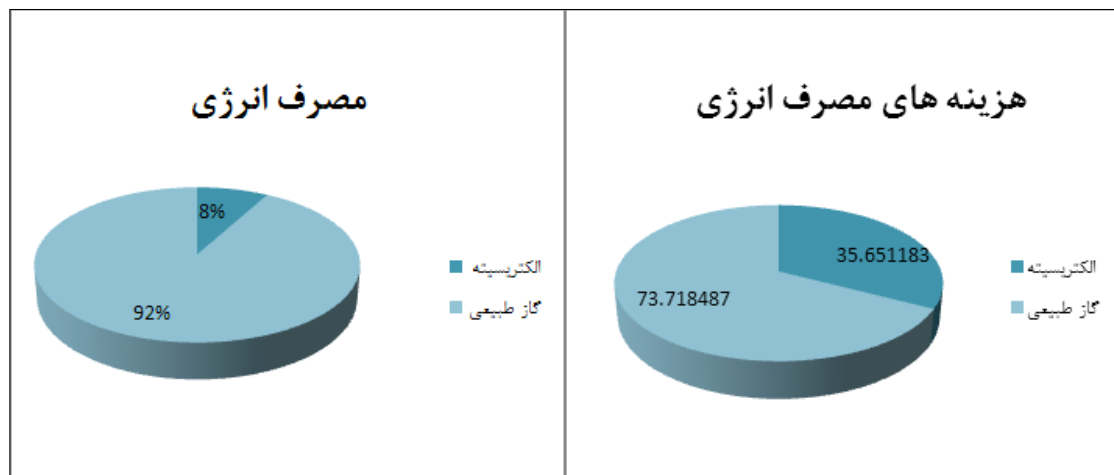
۳-۳- وضعیت مصرف انرژی در دانشگاه

دانشگاه صنعتی شاهرود شامل بخش‌های اداری، آموزشی، فرهنگی، ورزشی و قسمت خوابگاه، کارگاه‌ها، مهمانسرا و آشپزخانه می‌باشد که مصرف کنندگان اصلی انرژی در دانشگاه بخش اداری، آموزشی، ورزشی؛ خوابگاه و آشپزخانه هستند. براساس اطلاعات به دست آمده از قبوض گاز و برق دانشگاه مصرف انرژی از مهر ماه ۱۳۸۹ تا مهر ماه ۱۳۹۰، ۱۶۱۱۵۴۱ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی و ۱۷۷۸۱۵۵ متر مکعب گاز طبیعی بوده است. که مبالغی حدود ۵۶۰۳۳۷۰۰۰ ریال برای مصرف برق و ۸۹۸۱۲۱۰۰۰ ریال برای مصرف گاز طبیعی هزینه شده است که نسبت به سال گذشته در همین دوره مصرف برق ۱۲ درصد و مصرف گاز ۱۰ درصد افزایش داشته است. برای آنکه این آمار و اعداد معنادار شده و بتوان مقایسه صحیحی با مقادیر مطلوب انجام داد، لازم است مصرف انرژی توسط فاکتورهای تبدیل که در جدول (۳-۱) آورده شده، به یک واحد یکسان تبدیل شود. همانطور که نتایج جدول (۳-۳) و نمودار (۳-۱) نشان می‌دهد، میزان مصرف انرژی الکتریکی ۸ درصد از کل انرژی را شامل می‌شود اما هزینه‌های ناشی از آن ۳۸ درصد کل هزینه‌ها است، این موضوع به دلیل قیمت بیشتر واحد انرژی الکتریکی در مقایسه با گاز طبیعی است.

جدول (۳-۳) مقادیر مصرف کل انرژی سالیانه، هزینه و تجزیه درصدی سوخت‌های مصرفی در دانشگاه صنعتی شاهرود از مهر ماه ۱۳۸۹ تا مهر ماه ۱۳۹۰

نوع انرژی	واحد های خریداری شده	مصرف				هزینه
		kWh	%	ریال	%	ریال/kWh
الکتریسیته	1627982 KWh	1627982	8.05443588	569793700	35.651183	350
گاز طبیعی	1778155m ³	18584259.1	91.9455641	1598246283	73.718487	86
مجموع	-	20212241.1	100	2168039983	109.36967	218 (av)

فصل سوم: ممیزی انرژی



شکل (۳-۱) مقایسه هزینه ها و مصارف حامل های انرژی دانشگاه

۳-۴- محاسبه NPI برای قسمت های مختلف دانشگاه

برای محاسبه ی NPI مطابق روشی که در قسمت (۲-۶) گفته شد ابتدا باید انرژی مصرفی ساختمان را به واحدهای استاندارد تبدیل کرد سپس انرژی سالانه تصحیح شده و انرژی سالانه همگن شده را تعیین و در نهایت NPI را محاسبه کرد. به دلیل عدم وجود کنتورهای مجزا برای هر ساختمان اطلاعات مربوط به مصرف الکتریسیته، از طریق فرم های مربوط به وسایل مصرفی و ساعت کاری هر واحد که با همکاری مسئولین آن قسمت تکمیل شده به صورت تقریبی به دست آمده است. مصرف گاز طبیعی و سهم گرمایش برای هر ساختمان به نسبت مساحت و ساعت کاری آن محاسبه شده است که مسلماً با خطای زیادی همراه است.

• مشخص کردن کل مصرف انرژی ساختمان به واحدهای استاندارد:

پس از محاسبه مصارف برق و گاز طبیعی در هر یک از ساختمان ها به کمک فاکتورهای تبدیل ارائه شده در جدول (۳-۱) و (۳-۲) میزان مصرف گاز و برق بر حسب یک واحد استاندارد (kWh) بدست آمده و مصرف کل در هر ساختمان حساب می شود.

فصل سوم: ممیزی انرژی

- تعیین مصرف انرژی سالانه تصحیح شده:

با ضرب میزان مصرف گاز طبیعی تبدیل شده به واحد استاندارد، در ضرایب ارائه شده در جدول (۲-۱) انرژی مصرفی برای گرمایش فضا (سهم گرمایش) بدست می آید. از تفاضل انرژی مصرفی گرمایشی و انرژی مصرفی کل، سهم غیر گرمایشی حاصل می شود. با استفاده از ضریب آب و هوا و ضریب معرض ارائه شده در جدول (۲-۲) سهم گرمایش تصحیح شده بدست می آید. از مجموع سهم گرمایش و سهم غیر گرمایش، انرژی مصرفی تصحیح شده بدست می آید.

- تعیین انرژی سالانه همگن شده و محاسبه NPI:

پس از محاسبه انرژی مصرفی تصحیح شده با استفاده از ساعات اشغال استاندارد که در جدول (۲-۳) ارائه شده و ساعات اشغال واقعی ساختمان، انرژی مصرفی همگن شده ساختمان بدست می آید و در نهایت NPI ساختمان از تقسیم انرژی مصرفی همگن شده بر مساحت ساختمان بدست می آید.

- تعیین وضعیت ساختمان:

پس از محاسبه NPI و مقایسه آن با مقادیر استاندارد موجود در جدول (۲-۳) وضعیت انرژی ساختمان مشخص می شود.

۱) بخش آموزشی:

این بخش شامل دانشکده ها، آزمایشگاه ها، سایت کامپیوتر و کتابخانه است. ساختمان ها دارای دیوار های آجری با نمای آجر کاری هستند و تنها ساختمان دانشکده ی معدن عایق می باشد. انرژی برق از شروع ترم در مهر ماه تا پایان ترم در اواسط تیر ماه برای روشنایی، کامپیوتر و وسایل جانبی (اسکنر و پرینتر و...) دستگاه کپی و سیستم سرمایش استفاده می شود. و به طور متوسط ۱۳۰ ساعت در ماه در طول سال از انرژی برق استفاده می شود.

گرمایش و آب گرم مصرفی ساختمان فنی، دانشکده مکانیک و علوم پایه، ساختمان کتابخانه،

فصل سوم: ممیزی انرژی

آزمایشگاه شیمی، سالن کارگاه ها در این بخش توسط موتور خانه‌ی مرکزی تأمین می‌شود. دانشکده معدن به دلیل دور بودن از موتور خانه‌ی مرکزی موتور خانه‌ای جدا دارد. گرمایش و آب گرم مصرفی دانشکده فیزیک و فناوری اطلاعات، سایت و آزمایشگاه مرکزی از موتور خانه ای واقع در زیر زمین آزمایشگاه مرکزی تأمین می‌شود. آزمایشگاه مرکزی در هر طبقه یک اتاق کنترل دارد که می‌توان میزان گرمایش هر طبقه را به طور مستقل از طبقه دیگر تعریف کرد اما کلاس‌های موجود در هر طبقه امکان کاهش یا افزایش حرارت و برودت را به طور جداگانه ندارند که این مسئله باعث اتلاف انرژی زیادی به خصوص در فصول سرد گردیده است.

جدول (۳-۴) کل مصرف انرژی ساختمانهای آموزشی به واحد استاندارد (kWh)

واحد سازمانی	الکتریسیته (kWh)	گاز (m ³)	گاز (kWh)	مجموع (kWh)
دانشکده فنی و مهندسی	250,000	107,747	1,126,110	1,376,110
دانشکده معدن	250,000	27,500	287,414	537,414
دانشکده مکانیک	50,000	24,692	258,067	308,067
دانشکده علوم پایه	50,000	75,198	785,926	835,926
دانشکده فیزیک و فناوری اطلاعات	50,000	24,000	250,834	300,834
ساختمان علوم انسانی و تربیت بدنی	100,000	34,259	358,055	458,055
ساختمان کلاسها	25,000	18,182	190,028	215,028
آزمایشگاه مرکزی	400,000	202,500	2,116,414	2,516,414
آزمایشگاه دانشکده شیمی	45,000	26,936	281,520	326,520
سایت کامپیوتر و مرکز اطلاع رسانی	250,000	36,000	376,251	626,251
ساختمان کتابخانه	100,000	78,565	821,116	921,116
سالن کارگاه ها	150,000	67,342	703,820	853,820

فصل سوم: ممیزی انرژی

جدول (۳-۵) انرژی سالانه تصحیح شده ساختمانهای آموزشی

واحد سازمانی	سهم گرمایش (kwh)	سهم غیر گرمایش (kwh)	سهم گرمایش تصحیح شده (kwh)	مصرف انرژی تصحیح شده (kwh)	ضریب آب و هوا
دانشکده فنی و مهندسی	844582.5168	531527.5056	1007055.288	1538582.794	1.192
دانشکده معدن	215560.7044	321853.5681	257028.2274	578881.7955	1.192
دانشکده مکانیک	193549.9968	114516.6656	230783.3088	345299.9744	1.192
دانشکده علوم پایه	589444.8671	246481.6224	702836.678	949318.3004	1.192
دانشکده فیزیک و فناوری اطلاعات	188125.7056	112708.5685	224315.5439	337024.1125	1.192
ساختمان علوم انسانی و تربیت بدنی	268541.6062	189513.8687	320201.0925	509714.9612	1.192
ساختمان کلاسها	142520.8991	72506.96638	169937.7175	242444.6839	1.192
آزمایشگاه مرکزی	1587310.641	929103.5471	1892662.402	2821765.949	1.192
آزمایشگاه دانشکده شیمی	211139.7503	115379.9168	251756.8121	367136.7289	1.192
سایت کامپیوتر و مرکز اطلاع رسانی	282188.5584	344062.8528	336473.3159	680536.1687	1.192
ساختمان کتابخانه	615837.3359	305279.112	734306.2795	1039585.392	1.192
سالن کارگاه ها	527865.0528	325955.0176	629410.7233	955365.7409	1.192

جدول (۳-۶) انرژی همگن شده و NPI ساختمانهای آموزشی

واحد سازمانی	مصرف سالانه نرمال شده (kwh)	مساحت ساختمان (m ²)	ضریب ساعات استفاده	NPI موجود
دانشکده فنی و مهندسی	2082476.7	4800	1.35	433.84931
دانشکده معدن	972429.89	4416	1.68	220.20604
دانشکده مکانیک	359687.47	1100	1.04	326.98861
دانشکده علوم پایه	1097552.4	3350	1.16	327.62759
دانشکده فیزیک و فناوری اطلاعات	389649.75	800	1.16	487.06219
ساختمان علوم انسانی و تربیت بدنی	773674.49	3340	1.52	231.63907
ساختمان کلاسها	271155.24	810	1.12	334.75955
آزمایشگاه مرکزی	3262379	6750	1.16	483.31541
آزمایشگاه دانشکده شیمی	424464.39	1200	1.16	353.72033
سایت کامپیوتر و مرکز اطلاع رسانی	761852.63	1200	1.12	634.87719
ساختمان کتابخانه	1299481.7	3500	1.25	371.2805
سالن کارگاه ها	1104544.2	3500	1.16	315.58405

۲) بخش اداری:

سازمان مرکزی و امور دانشجویی و آموزش دانشکده ها قسمت های اداری را تشکیل می دهند اما

به دلیل در دسترس نبودن اطلاعات تفکیکی آموزش هر دانشکده، انرژی این بخش ها در همان قسمت

فصل سوم: ممیزی انرژی

آموزشی بررسی شده است. همچنین امور دانشجویی واقع در طبقه تحتانی تالار شقایق‌ها قرار دارد و اطلاعات مربوط به مساحت و وسایل برقی مصرفی آن به طور مشترک با تالار شقایق‌ها موجود می‌باشد لذا در این قسمت تنها به بررسی مصرف انرژی در سازمان مرکزی پرداخته شده است. قسمت اداری از شبانه تا چهارشنبه اشغال بوده و به طور متوسط ۲۰ روز در ماه و هر ماه ۵ ساعت از انرژی الکتریسته استفاده می‌کند.

گرمایش سازمان مرکزی توسط موتورخانه ی مرکزی تأمین می‌شود. اتاق کنترلی در طبقه ی همکف ساختمان وجود دارد. پمپ‌های تابستانی و آب گرم مصرفی موجود در اتاق کنترل وظیفه ی تأمین فشار را بر عهده دارد.

جدول (۷-۳) کل مصرف انرژی ساختمانهای اداری به واحد استاندارد (kWh)

واحد سازمانی	الکتریسیته (kWh)	گاز (m ³)	گاز (kWh)	مجموع (kWh)
سازمان مرکزی	500,000	83,055	868,043	1,368,043

جدول (۸-۳) انرژی سالانه تصحیح شده ساختمانهای اداری

واحد سازمانی	سهم گرمایش (kwh)	سهم غیر گرمایش (kwh)	سهم گرمایش تصحیح شده (kwh)	مصرف انرژی تصحیح شده (kwh)	ضریب آب و هوا
سازمان مرکزی	651032.52	717010.84	776271.9792	1493282.819	1.192

جدول (۹-۳) انرژی همگن شده و NPI ساختمانهای اداری

واحد سازمانی	مصرف سالانه نرمال شده (kWh)	مساحت ساختمان (m ²)	ضریب ساعات استفاده	NPI موجود
سازمان مرکزی	1764788.8	3700	1.181	476.970

۳) بخش ورزشی:

شامل استخر شنا، سالن تربیت بدنی و باشگاه‌های ورزشی می‌باشد که اطلاعات دانشکده ی تربیت بدنی نیز در همین قسمت آورده شده است.

فصل سوم: ممیزی انرژی

گرمایش استخر توسط موتورخانه‌ی استخر و گرمایش سالن تربیت بدنی، باشگاه‌های تربیت بدنی و دانشکده‌ی تربیت بدنی توسط موتورخانه‌ی علوم انسانی تأمین می‌شود.

سالن تربیت بدنی در طول ترم و در ساعات آموزشی برای واحد تربیت بدنی دانشجویان مورد استفاده قرار می‌گیرد. باشگاه‌های ورزشی شامل سالن‌های تمرین مخصوص دانشجویان رشته‌ی تربیت بدنی و باشگاه‌های بدن سازی می‌باشد. باشگاه بدن سازی و استخر دانشگاه مورد استفاده‌ی کلیه دانشجویان و اساتید و کارکنان دانشگاه می‌باشد.

جدول (۳-۱۰) کل مصرف انرژی ساختمانهای ورزشی به واحد استاندارد (kWh)

واحد سازمانی	الکتریسیته (kWh)	گاز (m3)	گاز (kWh)	مجموع مصارف (kWh)
ساختمان تربیت بدنی	30,000	12,308	128,636	158,636
سالن سرپوشیده و رختکن ورزشی	25,000	22,780	238,084	263,084
سالن سرپوشیده ورزشی شماره ۲	30,000	48,374	505,577	535,577
استخر سرپوشیده ورزشی	200,000	122,315	1,278,366	1,478,366

جدول (۳-۱۱) انرژی سالانه تصحیح شده ساختمانهای ورزشی

واحد سازمانی	سهم گرمایش	سهم غیر گرمایش	سهم گرمایش تصحیح شده	مصرف انرژی تصحیح شده	ضریب آب و هوا
ساختمان تربیت بدنی	96477.1327	62159.04423	115036.4881	177195.5323	1.192
سالن سرپوشیده و رختکن ورزشی	178562.6489	84520.88297	212912.8371	297433.7201	1.192
سالن سرپوشیده ورزشی شماره ۲	379183.0368	156394.3456	452126.6718	608521.0174	1.192
استخر سرپوشیده ورزشی	703101.5348	775264.8921	838357.537	1613622.429	1.192

جدول (۳-۱۲) انرژی همگن شده و NPI ساختمانهای ورزشی

واحد سازمانی	مصرف سالانه نرمال شده (kWh)	مساحت ساختمان (m ²)	ضریب ساعات استفاده	NPI موجود
ساختمان تربیت بدنی	204864.26	1200	1.156	170.720
سالن سرپوشیده و رختکن ورزشی	498498.91	2200	1.676	226.590
سالن سرپوشیده ورزشی شماره ۲	1019881.20	3400	1.676	299.965
استخر سرپوشیده ورزشی	1887938.20	2200	1.17	858.154

فصل سوم: ممیزی انرژی

۴) بخش عمومی:

بخش عمومی شامل ساختمان‌های فروشگاه، مسجد، بوفه، بانک، رستوران و انتشارات است در این بخش ساختمان‌های فروشگاه، بوفه، رستوران و انتشارات بررسی شده است.

با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در مورد مصرف برق در ساختمان‌های فروشگاه، بوفه، رستوران و انتشارات ساعات استفاده‌ی این ساختمان‌ها به طور متوسط در ماه به ترتیب ۱۳۰، ۴۵ و ۷۰ به دست آمده است.

جدول (۳-۱۳) کل مصرف انرژی ساختمانهای عمومی به واحد استاندارد (kWh)

واحد سازمانی	الکتریسیته (kWh)	گاز (m3)	گاز (kWh)	مجموع مصارف (kWh)
فروشگاه	25,000	19,392	202,674	227,674
مسجد دانشگاه	45,000	57,818	604,281	649,281
بوفه دانشجویی	15,000	20,202	211,140	226,140
مجموعه رستوران ، انبار مواد غذایی و انتشارات	150,000	254,072	2,655,415	2,805,415

جدول (۳-۱۴) انرژی سالانه تصحیح شده ساختمانهای عمومی

واحد سازمانی	سهم گرمایش (kwh)	سهم غیر گرمایش (kwh)	سهم گرمایش تصحیح شده (kwh)	مصرف انرژی تصحیح شده (kwh)	ضریب آب و هوا
فروشگاه	152005.571	75668.523	181246.960	256915.483	1.192
مسجد دانشگاه	453210.502	196070.167	540394.838	736465.006	1.192
بوفه دانشجویی	158354.813	67784.938	188817.609	256602.547	1.192
مجموعه رستوران ، انبار مواد غذایی و انتشارات	1991561.428	813853.8094	2374679.12	3188532.929	1.192

جدول (۳-۱۵) انرژی همگن شده و NPI ساختمانهای عمومی

واحد سازمانی	مصرف سالانه نرمال شده (kWh)	مساحت ساختمان (m ²)	ضریب ساعات استفاده	NPI موجود
فروشگاه	256915.483	540	1	475.769
مسجد دانشگاه	851462.534	1610	1.156	528.859
بوفه دانشجویی	296670.518	900	1.156	329.633
مجموعه رستوران ، انبار مواد غذایی و انتشارات	3188532.930	4500	1	708.563

فصل سوم: ممیزی انرژی

۵) بخش فرهنگی:

تالار شقایق‌ها و سالن‌های داخل ساختمان (تالار اقامی ها، اتاق شعر و داستان و ...) که مربوط به فعالیت‌های کانون‌های فرهنگی می‌باشد در قسمت فرهنگی قرار گرفته اند.

گرمایش این بخش نیز همانند سایر ساختمان‌های قدیمی دانشگاه توسط موتورخانه‌ی مرکزی تأمین می‌شود که گرمایش راهروها و برخی از قسمت‌ها بدون توجه به حضور یا عدم حضور افراد برقرار است.

ساعات استفاده از ساختمان اقامی‌ها به فعالیت کانون‌ها بستگی دارد اما به طور متوسط می‌توان آن را ۵۰ ساعت در ماه در نظر گرفت.

جدول (۳-۱۶) کل مصرف انرژی ساختمانهای فرهنگی به واحد استاندارد (kWh)

واحد سازمانی	الکتریسیته (kWh)	گاز (m3)	گاز (kWh)	مجموع مصارف (kWh)
مجموعه فرهنگی شقایق‌ها و سالن اجتماعات	50,000	101,028	1,055,887	1,105,887

جدول (۳-۱۷) انرژی سالانه تصحیح شده ساختمانهای فرهنگی

واحد سازمانی	سهم گرمایش (kwh)	سهم غیر گرمایش (kwh)	سهم گرمایش تصحیح شده (kwh)	مصرف انرژی تصحیح شده (kwh)	ضریب آب و هوا
مجموعه فرهنگی شقایق‌ها و سالن اجتماعات	791915.158	313971.719	944256.282	1258228.001	1.192

جدول (۳-۱۸) انرژی همگن شده و NPI ساختمانهای فرهنگی

واحد سازمانی	مصرف سالانه نرمال شده (kWh)	مساحت ساختمان (m ²)	ضریب ساعات استفاده	NPI موجود
مجموعه فرهنگی شقایق‌ها و سالن اجتماعات	1547620.442	4200	1.23	368.481

۳-۵- مقایسه NPI موجود با مقدار استاندارد

با مقایسه‌ی نتایج به دست آمده در بخش ۳-۴ با مقادیر استاندارد ارائه شده در جدول (۳-۲) برچسب انرژی ساختمان‌ها تعیین می‌شود. همانطور که در بخش ۲-۵ گفته شد ساختمان‌ها از نظر میزان مصرف انرژی به سه دسته‌ی قابل قبول، متوسط و پر مصرف تقسیم می‌شوند، جدول (۳-۱۹) دسته بندی ساختمان‌ها را در گروه‌های مربوطه نشان داده شده است. مصرف انرژی دو گروه اول قابل قبول است هرچند که می‌توان با اقدامات بهینه سازی مصرف انرژی را کاهش داد اما بهینه سازی و کاهش مصرف انرژی ساختمان‌های گروه سوم اولویت دارد.

عوامل مؤثر در ازدیاد مصرف انرژی طراحی معماری و تاسیساتی غلط و نبود سیستم‌های مناسب کنترل دمای داخل ساختمان است. از آنجایی که ساختمان‌های دانشگاه عایق کاری مناسب ندارند لذا می‌توان با عایق کاری ساختمان‌ها، مصرف انرژی ساختمان‌ها را تا حد زیادی کاهش داد. این مطلب در مورد ساختمان‌های گروه good و fair نیز صادق است.

فصل سوم: ممیزی انرژی

جدول (۳-۱۹) مقایسه NPI موجود با مقدار استاندارد

وضعیت	واحد سازمانی	NPI موجود	NPI استاندارد	وضعیت
poor	مجموعه رستوران ، انبار مواد غذایی و انتشارات	۷۰۸,۵۶۲۸۷۳۲	۴۱۰-۴۳۰	poor
	سایت کامپیوتر و مرکز اطلاع رسانی	۶۳۴,۸۷۷۱۹۲۵	۳۴۰-۴۸۰	poor
	آزمایشگاه مرکزی	۴۸۳,۳۱۵۴۱۰۶	325-355	poor
	سازمان مرکزی	۴۷۶,۹۶۹۹۴۲۳	۲۵۰-۴۱۰	poor
	فروشگاه	۴۷۵,۷۶۹۴۱۲۷	۲۸۰-۳۲۰	poor
	مجموعه فرهنگی شقایقها و سالن اجتماعات	۳۶۸,۴۸۱۰۵۷۶	۲۲۰-۳۱۰	poor
	دانشکده فنی و مهندسی	۴۳۳,۸۴۹۳۱۴۸	325-355	poor
	ساختمان کتابخانه	۳۷۱,۲۸۰۴۹۷	۲۰۰-۲۸۰	poor
	دانشکده فیزیک و فناوری اطلاعات	۴۸۷,۰۶۲۱۸۶۵	325-355	poor
fair	دانشکده مکانیک	۳۲۶,۹۸۸۶۱۲۱	325-355	fair
	آزمایشگاه دانشکده شیمی	۳۵۳,۷۲۰۳۲۵۱	325-355	fair
	ساختمان کلاسها	۳۳۴,۷۵۹۵۵۳۸	325-355	fair
	دانشکده عاوم پایه	۳۲۷,۶۲۷۵۹۴۶	325-355	fair
	سالن سرپوشیده ورزشی شماره ۲	۲۹۹,۹۶۵۰۶۶۲	۲۰۰-۳۴۰	fair
	بوفه دانشجویی	۳۲۹,۶۳۳۹۰۸۷	۳۴۰-۴۷۰	fair
	سالن سرپوشیده و رختکن ورزشی شماره ۱	۲۲۶,۵۹۰۴۱۵۸	۳۴۰-۲۰۰	fair
good	ساختمان علوم انسانی و تربیت بدنی	۲۳۱,۶۳۹۰۷۰۳	۳۵۵-۳۲۵	good
	ساختمان تربیت بدنی جنب سالن شماره ۲	۱۷۰,۷۲۰۲۱۵	۳۵۵-۳۲۵	good
	دانشکده معدن	۲۲۰,۲۰۶۰۴۴۸	۳۵۵-۳۲۵	good
	استخر سرپوشیده ورزشی	۸۵۸,۱۵۳۷۴۶۴	۱۳۹۰-۱۰۵۰	good

۳-۶- جمع بندی

با مشخص شدن NPI هر ساختمان و مقایسه‌ی آن با معیار استاندارد می‌توان وضعیت موجود را تعیین کرد، در صورت بیشتر بودن NPI از مقدار استاندارد باید دلایل آن مشخص شده و هدر رفت‌های انرژی شناسایی شود و با اعمال راهکارهای کاهش مصرف در جهت کاهش میزان تلفات و متعادل نمودن مصرف تا خدی که نیاز انرژی ساختمان‌ها تأمین شود اقدام کرد. در فصل بعد پس از تعیین برچسب انرژی هر ساختمان روش‌هایی برای کاهش مصرف و مکیزان تأثیر آنها ارائه شده است.



فصل چهارم

راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش

مصرف



۴-۱- مقدمه

استفاده صحیح و بهره برداری مناسب از کولرهای گازی و اسپیلت ها و دستگاههای گرمایشی، علاوه بر بهره‌مندی از هوای خنک و مطبوع کولرهای اسپیلت در فصل گرم تابستان و گرمای کافی در زمستان از پرداخت هزینه سرسام آور برق و گاز مصرفی جلوگیری می‌نماید و عدم توجه به آن ممکن است هزینه سنگین برق و گاز مصرفی را در پی داشته باشد. خصوصاً که در شرایط فعلی هزینه انرژی مصرفی واحدها به صورت غیر یارانه ای محاسبه و دریافت می‌گردند. به عبارت دیگر به دلیل افزایش بهای گاز و برق مصرفی نمی‌توان استفاده از دستگاههای گرمایشی پکیج و موتورخانه را در فصل زمستان و سیستم سرمایشی را در تابستان تعطیل کرد و باید راهکارهای جلوگیری از اتلاف حرارتی ساختمان‌ها در فصل سرما و راههای کاهش برق مصرفی کولرهای اسپیلت، گازی و آبی در تابستان بررسی شود، تا علاوه بر متعادل نمودن بهای انرژی مصرفی از به هدر رفتن بی رویه آن نیز جلوگیری کرد.

در ماههای گرم سال ۴۰ درصد از برق مصرفی کشور مربوط به سیستمهای سرمایشی است. به جهت واقع شدن کشور در منطقه گرم و خشک، در اغلب مناطق کشور استفاده از تجهیزات و سیستمهای سرمایشی در فصل گرما ضروری است و علاوه بر این در طول سالهای گذشته مواردی همچون تغییرات اقلیمی (گرمایش زمین) و افزایش سطح رفاه اجتماعی، استفاده از کولرهای گازی روند رو به رشدی را نشان می‌دهد. این موضوع علاوه بر تحمیل هزینههای زیاد انرژی به مصرف کنندگان، ایجاد اوج مصرف روزانه در شبکه برق کشور را نیز موجب شده است. در این میان مصرف بهینه انرژی وسایل سرمایشی می‌تواند نقش موثری در کاهش هزینههای برق مصرفی داشته باشد. با رعایت توصیه‌ها و به اجراء درآوردن راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی، حدود ۵۰ درصد از مصرف برق مربوط به بخش سرمایش (و حدود ۲۰ درصد از کل مصرف) کاسته خواهد شد.

فصل چهارم: راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش مصرف

در این فصل پس از بررسی راهکارهایی که در خصوص استفاده از سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی بیان شده که می‌تواند منجر به کاهش مصرف انرژی و هزینه‌های ناشی از آن شود. طرح‌های پیشنهادی ممکن است هزینه‌ی اولیه‌ای در برداشته باشد که بر اساس هزینه‌های اولیه، طرح‌ها را می‌توان به سه دسته بدون هزینه^۱، کم هزینه^۲ و پر هزینه^۳ تقسیم‌بندی کرد.

۴-۲- وضعیت فعلی ساختمان‌ها

مصرف‌کنندگان انرژی دانشگاه به طور عمده انرژی را در بخش‌های روشنایی، گرمایش و سرمایش مصرف می‌کنند.

دیوارهای خارجی ساختمان از آجر سفال سوراخدار به ضخامت ۳۵ سانتی‌متر و آجر نما به ضخامت ۴ سانتی‌متر و نمای داخلی کاشی یا کچ اندود می‌باشد. در نقشه‌های ساختمانی دانشکده فنی و مهندسی ضخامت دیوارهای آن ۲۲ سانتی‌متر و آجر نما به ضخامت ۳ سانتی‌متر ذکر شده است.

ساختمان‌ها دارای پنجره‌ها فولادی با شیشه‌های روشن و تک جداره و به ضخامت ۶ میلی‌متر بوده و دارای پرده داخلی از نوع پارچه ای می‌باشند. قاب کلیه آنها از نوع فلزی و بازشوهای آنها از نوع لولایی است البته به جز دانشکده معدن که دیوارها عایق و از پنجره‌ها آلومینیومی با شیشه‌ها مات و دو جداره استفاده شده است. (اطلاعات ساختمانی از نقشه‌های عمرانی و تأسیساتی دانشگاه برداشت شده است).

با توجه بازدیدهای صورت گرفته از قسمت‌های مختلف دانشگاه می‌توان گفت با آنکه ساختمان‌ها می‌توانند از روشنایی روز بهره بگیرند اما در اکثر ساختمان‌ها در کل ساعات استفاده از روشنایی

^۱ No Cost

^۲ Low Cost

^۳ High Cost

فصل چهارم: راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش مصرف

مصنوعی استفاده می‌شود. گاهی در زمان تعطیلی کلاس‌ها سیستم‌های روشنایی روشن هستند که استفاده از سنسور در کلاس‌ها و راهروها می‌تواند مفید باشد.

کولرهای آبی موجود روی پشت بام‌ها در معرض تابش مستقیم خورشید هستند که با استفاده از سایبان و رنگ‌های پلیمری می‌توان تا مصرف برق کولرهای آبی را کاهش داد.

سیستم‌های گرمایش دانشگاه از لحاظ عایق‌کاری بسیار ضعیف بوده و در بسیاری از موتورخانه‌ها عایق پشم‌شیشه موجود به کلی تخریب شده و عایق‌های باقی مانده نیز فقط ظاهر سالمی دارند و به راحتی حرارت را به محیط بیرون منتقل می‌کند که باید عایق‌کاری مناسب و جدید برای موتورخانه‌ها و لوله‌های انتقال حرارت سریع‌ا انجام شود.

۴-۳- پیشنهادهایی برای کاهش مصرف انرژی

پس از بررسی کلیه راهکارهای اجرایی برای بهبود سیستم‌های فعلی دانشگاه می‌توان گفت از آنجائیکه سیستم مدیریت انرژی در در رده صفر قرار داشته، با ارائه سیستم جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و اجرای سیستماتیک اطلاعات انرژی و همچنین سیستم جمع‌آوری اطلاعات عمده و اساسی تجهیزات انرژی بر توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری می‌توان تا حدی بازدهی مصرف انرژی را در ساختمان مربوطه بهینه کرد.

برخی از راهکارهای ارائه شده که در ممیزی‌های قبلی نیز استفاده شده و نتیجه مطلوب داشته در زیر آورده شده است: [۷] و [۹]

- فرهنگ سازی سازمانی در دانشگاه از طریق نصب پوستر، اعلامیه و کنفرانس‌های داخلی با کمترین هزینه

- نصب سیستم‌های اندازه‌گیری در هر دانشکده برای اندازه‌گیری برخی پارامترهای اساسی نظیر میزان گاز مصرفی، برق مصرفی و آبگرم تولیدی هر دانشکده به تفکیک

فصل چهارم: راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش مصرف

- استفاده از سیستم کنترل دور در آسانسورها که با کمترین هزینه تا حدود ۲۰ درصد در مصرف انرژی کاهش می‌دهد.
- استفاده از سیستم فوتوسل در مکان‌هایی که رفت و آمد کمی دارند.
- نصب شیرهای ترموستاتیک که هزینه پایینی داشته ولی در مصرف آبگرم صرفه‌جویی زیادی حاصل می‌کند.
- استفاده از حفاظت‌کننده‌ها و برخی تجهیزات دیگر برای جلوگیری از نفوذ هوای سرد و کاهش تلفات حرارتی
- اعمال مدیریت انرژی از طریق بستن درب و پنجره‌های اضافی، کنترل روشنایی ساختمان و استفاده از سنسور حضور، نصب فنر اتوماتیک روی درب‌های ورودی و تنظیم دما داخل ساختمان در حد ۲۰-۲۲ درجه سانتیگراد، جایگزینی لامپ‌های کم مصرف
- تنظیم دمای آب گرم دیگ به طور روزانه با توجه به حداقل دمای خارج
- عایق کاری سیستم موتورخانه، دیوارهای خارجی و بام ساختمان‌ها
- نصب پروفیل مناسب و شیشه‌های دوجداره و استفاده از نوار درزگیر بر روی پنجره‌ها
- استفاده از سایه بان برای کولرهای آبی
- استفاده از انرژی خورشیدی برای تولید گرما و آبگرم و الکتریسیته

۴-۴- تأثیر کاهش دمای رفاه ساختمان بر میزان انتقال حرارت ساختمان

در حال حاضر گرمایش ساختمان‌ها در فصول سرد به حدی زیاد است که گاهی افراد ساختمان برای رسیدن به وضعیت مطلوب درب‌ها و پنجره‌ها را باز می‌کنند مخصوصاً در ساختمان‌هایی که امکان تغییر دما در هر قسمت از ساختمان وجود ندارد و گرمایش ساختمان به صورت مرکزی تأمین می‌شود.

فصل چهارم: راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش مصرف

با کاهش دمای رفاه به ازای هر ۳ درجه، ۱۰ درصد انرژی مصرفی جهت گرمایش فضا کاهش می‌یابد که منجر به کاهش هزینه‌ی گرمایش ساختمان بدون سرمایه‌گذاری اولیه خواهد داشت. برای رفاه بیشتر ساکنین ساختمان دمای رفاه بسته به دمای محیط بیرون باید متغیر باشد، در روزهایی که هوا گرمتر است دمای داخل ساختمان پایین‌تر و در روزهایی که هوا سردتر است دما بالاتر در نظر گرفته شود. در وضعیت کنونی سیستم گرمایشی روی یک درجه ثابت تنظیم شده که اکثر اوقات گرمایش ساختمان‌ها از حد مطلوب بیشتر است، تنظیم دمای آب گرم دیگ به طور روزانه با توجه به حداقل دمای خارج می‌تواند سهم مؤثری در کاهش گاز مصرفی ایجاد کند.

۴-۵- تأثیر راهکارهای اجرایی در کاهش گاز مصرفی

دوجداره کردن پنجره‌ها، عایقکاری دیوارها و راهکارهایی جهت کاهش مصرف برق در این قسمت ارائه شده و درصد صرفه جویی سالیانه و نرخ بازگشت سرمایه هر کدام از آنها محاسبه و در نهایت راهکار مناسب برای صرفه جویی با در نظر گرفتن هزینه‌ی اولیه و صرفه جویی حاصل شده انتخاب شده است.

محاسبات انجام شده برای تعیین انتقال حرارت صورت گرفته در فصول سرد و مقدار گاز مصرفی با مقادیر به دست آمده از قبوض و اطلاعات موتورخانه‌ها متفاوت بوده و درصدی خطا در محاسبات وجود دارد. جدول مقادیر انتقال حرارت و درصد خطا را برای چند ساختمان نشان می‌دهد.

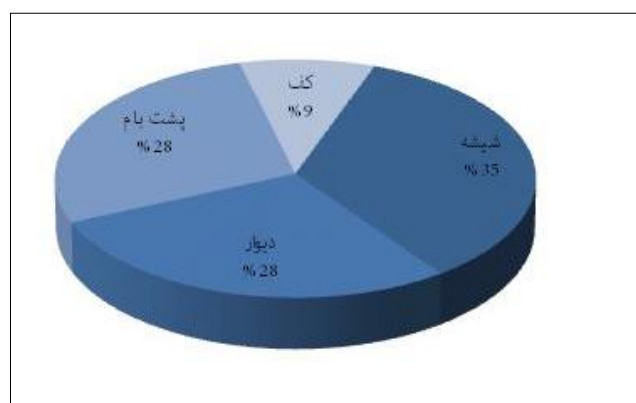
فصل چهارم: راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش مصرف

جدول (۴-۱) مقایسه مقادیر تئوری* و واقعی** مصارف انرژی برای گرمایش فضا

واحد سازمانی	مقدار واقعی (m ^۳)	مقدار تئوری (m ^۳)	در صد خطا
دانشکده فنی و مهندسی	84469.3669	96643.45114	14.41
ساختمان کلاسها	27608.94782	36073.71899	30.66
سایت کامپیوتر	45269.14129	43656.70797	3.562
سازمان مرکزی	65111.80365	75717.66779	16.29
تالار شقایقها	85177.45777	71834.47023	15.66
دانشکده علوم پایه	58952.57898	46074.40903	21.84
		میانگین خطا	17.07

*مقادیر محاسبه شده با استفاده از روابط انتقال حرارت

** مقادیر به دست آمده با استفاده از اطلاعات موتورخانهها و قبوض گاز



شکل (۴-۱) میزان انتقال حرارت اجزاء ساختمان بر حسب درصد

۴-۵-۱- دوجداره کردن پنجره‌ها

همانطور که در شکل (۴-۱) دیده می‌شود بیشترین میزان انتقال حرارت از پنجره‌ها صورت می‌گیرد، از آنجا که درصد پنجره‌های ساختمانهای دانشگاه نسبت به کل مساحت دیوار زیاد است با تعویض پنجره‌ها می‌توان سهم چشمگیری از اتلاف حرارت و در نتیجه آن مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی مورد نیاز را کاهش داد اما مشکلات بهینه سازی آن (از قبیل نصب دو پنجره و یا تعویض پنجره‌ها با پنجره‌های دارای شیشه‌های دو جداره) متعدد هستند و همچنین تعویض پنجره‌های فعلی

فصل چهارم: راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش مصرف

با پنجره‌های دو جداره هزینه‌ها را افزایش داده و به نمای ساختمان آسیب می‌رساند، نصب شیشه‌ی دوم (به کمک نگاهدارنده) با فاصله‌ی ۱ سانتی‌متری از شیشه‌ی اول [۱۰] که در پیوست (ب) آورده شده، علاوه بر این که ضریب انتقال حرارت پنجره‌ها را مطابق جدول (۴-۱) کاهش می‌دهد و تا ۵۰ درصد باعث صرفه جویی انرژی می‌شود هزینه‌ها ناشی از تعویض پنجره‌های تک جداره با دو جداره و مشکلات ناشی از آن را نیز به همراه ندارد.

جدول (۴-۲) ضریب انتقال حرارت انواع شیشه‌ها [۱۰]

نوع شیشه	ضخامت لایه‌های شیشه (mm)	ضخامت لایه‌ی هوا (mm)	نوع لایه هوا	U (W/m ² .K)
تک جداره	4	-	-	5.9
تک جداره	6	-	-	5.8
دو جداره	4-6	12	هوای خشک	3
دو جداره	4-6	12	گاز آرگون	2.9
دو جداره مات	4-6	12	گاز آرگون	1.3
دو جداره مات	4-6	16	گاز آرگون	1.1
دو جداره مات	4-6	12	گاز کریپتون	1

۴-۵-۲- عایقکاری دیوارها

از آنجائیکه یکی از مهمترین پارامترها جهت بررسی اتلاف انرژی ساختمان، نوع پوشش‌های خارجی ساختمان می‌باشد، این پوشش‌ها در برخی از ساختمان مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. در جداول (۴-۲) ضریب انتقال حرارت دیوارها در حالت بدون عایق و با عایق حرارتی که ضریب با استفاده از نرم افزار B-UFactor محاسبه شده است.

همانطور که از داده‌های جدول (۴-۳) مشخص است با عایق شدن جداره‌ها با یک لایه پشم‌شیشه به ضخامت ۵ سانتی متر ضریب انتقال حرارت تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. اما عایق‌های ساختمانی در هنگام ساخت دیوارها استفاده شده و در لایه‌های میانی دیوار قرار می‌گیرند، در نتیجه استفاده از این عایق‌ها برای ساختمان‌های موجود کارایی ندارد. استفاده از دیوارهای پوششی که در پیوست (پ)

فصل چهارم: راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش مصرف

آورده شده است به راحتی بر روی دیوارهای قدیمی نصب می‌شود و ضریب انتقال حرارت جداره‌ها را تا $0.5 \text{ w/m}^2.\text{k}$ کاهش می‌دهد.

جدول (۳-۴) ضریب انتقال حرارت دیوارهای موجود و دیوارهای عایق شده

U (W/m ² .k)	مشخصات عایق حرارتی		مشخصات پوشش		مشخصات دیوار	
	ضخامت (cm)	نوع عایق	خارجی	داخلی	ضخامت (cm)	جنس
2.95	-	-	آجر ۳ سانتی	گچ	22	آجر معمولی
1.93	-	-	آجر ۴ سانتی	گچ	35	آجر معمولی
2.05	-	-	آجر ۴ سانتی	کاشی	35	آجر معمولی
0.74	5	پشم شیشه	آجر ۳ سانتی	گچ	22	آجر معمولی
0.66	5	پشم شیشه	آجر ۴ سانتی	گچ	35	آجر معمولی
0.67	5	پشم شیشه	آجر ۴ سانتی	کاشی	35	آجر معمولی

۳-۵-۴ عایقکاری سقف و کف ساختمان

در جدول (۳-۴) ضریب انتقال حرارت سقف و کف ساختمان‌ها با استفاده از نرم افزار B-UFactor محاسبه شده است. عایق بودن این جداره‌ها نیز تا ۵۰ درصد میزان انتقال حرارت را کاهش می‌دهد اما همانطور که قبلاً گفته شد عایقکاری باید در مراحل ساخت اجرا شود.

جدول (۴-۴) ضریب انتقال حرارت سقف و کف ساختمان

U (W/m ² .k)	مشخصات
1.32	بدون عایق حرارتی
0.61	با یک لایه ۵ سانتی متری پلی استایرن
0.65	بدون عایق حرارتی
0.37	با یک لایه ۵ سانتی متری پشم شیشه

۴-۵-۴ عایقکاری تأسیسات موتورخانه‌ها

در وضعیت کنونی موتورخانه‌ها فاقد عایقکاری هستند و یا عایق‌های موجود به دلیل فرسودگی کارایی خود را از دست داده و مقدار زیادی از حرارت تولید شده در موتورخانه تلف می‌شود. با عایق بودن تأسیسات حرارتی تا ۵۰ درصد در مصرف سوخت سالیانه صرفه جویی می‌شود.

فصل چهارم: راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش مصرف

جدول (۴-۴) میزان انتقال حرارت و درصد صرفه جویی سالانه را در صورت عایقکاری دیوارها و دوجداره کردن پنجره‌ها و جداول (۴-۵) هزینه عایقکاری را برای ساختمان‌های علوم پایه، سایت کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، ساختمان کلاس‌ها و آزمایشگاه شیمی نشان می‌دهد. تأثیر کاهش دمای رفاه ساختمان نیز به طور همزمان در این راهکارها اعمال شده است.

جدول (۴-۵) میزان انتقال حرارت ساختمان‌ها با عایق‌های حرارتی گوناگون

وضعیت عایق کاری ساختمان	میزان انتقال حرارت (kw)	صرفه جویی سالانه (%)
شیشه تک جداره، دیوار و سقف بدون عایق (وضعیت فعلی)	746.33	-
شیشه دو جداره، دیوار بدون عایق	501.46	32.81
شیشه تک جداره، دیوار عایق	524.36	29.74
شیشه دو جداره مات، دیوار بدون عایق	461.09	38.22
شیشه دو جداره، دیوار عایق	329.47	55.85
شیشه دو جداره مات، دیوار عایق	266.21	64.33

جدول (۴-۶) میزان صرفه جویی گاز مصرفی

وضعیت عایق کاری ساختمان	هزینه عایق کاری (ریال)
شیشه تک جداره، دیوار و سقف بدون عایق (وضعیت فعلی)	-
شیشه تک جداره، دیوار عایق	2634138000
شیشه دو جداره، دیوار بدون عایق	151888000
شیشه دو جداره مات، دیوار بدون عایق	227832000
شیشه دو جداره، دیوار عایق	2786026000
شیشه دو جداره مات، دیوار عایق	2861970000

دوجداره کردن پنجره‌ها در مقایسه با عایقکاری دیوارها تأثیر بیشتری در صرفه جویی انرژی دارد و در مقابل هزینه‌ی کمتری در پی دارد. اگر از نظر مالی محدودیتی وجود نداشته باشد و عایقکاری دیوارها و دو جداره کردن پنجره‌ها اجرا شود تا ۶۰ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی می‌شود.

فصل چهارم: راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش مصرف

۴-۶- تأثیر راهکارهای اجرایی در کاهش برق مصرفی

عمده مصرف الکتریسته در بخش روشنایی و سرمایش صورت می‌گیرد که بهینه سازی مصرف در این بخش‌ها تأثیر به سزایی در کاهش مصرف انرژی الکتریکی به همراه دارد.

در جدول (۴-۶) برخی از راهکارهای کاهش مصرف برق، درصد صرفه‌جویی، هزینه اولیه برای ساختمان‌های آموزشی آورده شده است.

جدول (۴-۷) تأثیر راهکارهای ارائه شده بر میزان مصرف برق

راهکار پیشنهادی	صرفه جویی سالانه (%)	صرفه جویی سالیانه (ریال)	هزینه راهکار (ریال)
نصب بالاست الکتریکی	25	48871175	409530000
نصب سایه بان روی کولرها	15	1939989	27270000
نصب سنسور تشخیص حضور	40	36720000	164400000
سنسور- سایه بان	37	38659989	191670000
بالاست- سایه بان	24	50811164	436800000
بالاست- سنسور	23	85591175	573930000
بالاست- سایه بان- سنسور	29	87531164	601200000

۴-۷- جمع بندی

با توجه به هزینه‌ی اولیه و درصد صرفه‌جویی راهکارهای پیشنهادی و سقف سرمایه‌گذاری در نظر گرفته شده برای بهینه‌سازی، می‌توان راهکار مطلوب را انتخاب و صرفه‌جویی سالانه‌ی ایجاد شده را برای ساختمان‌ها محاسبه کرد. در فصل بعد نتایج تغییر وضعیت ساختمان‌ها و صرفه‌جویی سالانه تعیین شده است.



فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادها



فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه‌گیری

عوامل مختلفی از جمله استاندارد نبودن ساختمان‌ها، عدم رعایت مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، عدم به‌کارگیری مصالح و تجهیزات ساختمانی عایق و مؤثر در کاهش اتلاف انرژی در یک ساختمان و در نهایت عدم فرهنگ‌سازی در خصوص رعایت مباحث مربوط به کاهش مصرف انرژی، سبب شده که اکثر ساختمان‌های کشور بزرگترین منبع اتلاف انرژی شوند و فاقد ضوابط فنی شناخته شده برای جلوگیری از اتلاف انرژی باشند. [۱۸] عایق نبودن پنجره‌ها و جداره‌های ساختمان، گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها در ساعات تعطیل، روشنایی ساختمان‌هایی که امکان نورگیری طبیعی دارند و عدم فرهنگ صحیح استفاده از وسایل انرژی‌بر را نیز می‌توان از دلایل بیشتر بودن شدت مصرف انرژی ساختمان‌ها نسبت به مقدار استاندارد نام برد.

با توجه به نتایج ممیزی انجام شده در فصل سوم مصرف انرژی در ساختمان کتابخانه، دانشکده فنی و مهندسی، دانشکده فیزیک و فناوری اطلاعات، مجموعه فرهنگی شقایق‌ها و سالن اجتماعات، فروشگاه، سایت کامپیوتر و مرکز اطلاع رسانی، آزمایشگاه مرکزی، سازمان مرکزی و مجموعه رستوران، انبار مواد غذایی و انتشارات بیشتر از حد استاندارد و نامطلوب بوده است و ساختمان‌های آزمایشگاه دانشکده شیمی، ساختمان کلاس‌ها، دانشکده علوم پایه دانشکده مکانیک، سالن سرپوشیده ورزشی شماره ۲، سالن سرپوشیده و رختکن ورزشی شماره ۱ و بوفه دانشجویی دارای مصرف نسبتاً رضایت بخش و ساختمان‌های دانشکده معدن، ساختمان علوم انسانی و تربیت بدنی، ساختمان تربیت بدنی جنب سالن شماره ۲ و استخر سرپوشیده ورزشی دارای مصرف قابل قبول هستند اما با اقدامات بهینه‌سازی می‌توان مصرف انرژی را در تمام ساختمان‌ها کاهش داد.

اشکالی که در طراحی معماری و تأسیساتی ساختمان آزمایشگاه مرکزی می‌توان به آن اشاره کرد قرار داشتن دریچه برگشت هوا در بالاترین نقطه ساختمان، مرتبط بودن بخش‌های مختلف به

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یکدیگر و قابل کنترل نبودن میزان گرمایش در هر کلاس می‌باشد، که باعث می‌شود طبقه فوقانی بیش از حد گرم شده در حالی که در طبقه زیرین ساختمان دما پایین باقی می‌ماند، بطوریکه افراد چه در طبقه بالایی و چه در طبقه پایین از دمای مطلوبی برخوردار نیستند. نتیجه این طرح معماری- تاسیساتی نامناسب باعث شده که دانشجویان مستقر در طبقه بالائی با باز کردن پنجره کلاس‌های خود بر ازدیاد دمای نامناسب غلبه و سیستم حرارتی ساختمان نیز برای تأمین شرایط مطلوب طبقه زیرین به کار خود ادامه می‌دهد.

۵-۲- پیشنهادها

با توجه به بررسی انجام شده و ممیزی انرژی در حال حاضر مصرف انرژی در مجموعه دانشگاه صنعتی شاهرود به دلیل احتمال نقائصی در فرآیندها و نیز تجهیزات انرژی، امکان بهبود دارد. بطوریکه از جدول (۴-۵) مشاهده می‌شود اعمال توصیه‌های مندرج در مبحث ۱۹ از مقررات ملی ساختمان مانند عایقکاری پوسته‌های خارجی ساختمان یا استفاده از پنجره یا شیشه‌های دوجداره تا حداکثر ۶۵ درصد میزان انتقال حرارت از جداره‌ها را کاهش می‌دهد، در حالیکه طرح معماری- تاسیساتی غلط و نبود سیستم‌های کنترل دما می‌تواند مصرف انرژی ساختمان را عملاً بیش از ۲ برابر حد نیاز افزایش دهد. اما همانطور که دیده می‌شود هزینه عایقکاری در برابر سوخت صرفه جویی شده بسیار زیاد است و باید در طراحی اولیه ساختمان‌ها به استفاده از مصالح با مقاومت حرارتی بالا بیشتر دقت شود.

با اجرای روش‌های بهینه‌سازی در سیستم روشنایی، می‌توان بدون آن که در تأمین میزان روشنایی لازم مشکلی ایجاد گردد، مصرف انرژی را تا حد امکان کاهش داد، همانطور که در جدول (۴-۷) دیده می‌شود راهکارهای اجرایی در زمینه روشنایی مصرف را تا حدود ۳۰ درصد کاهش می‌دهد.

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

اصلاح الگوهای مصرف و جلوگیری از هدر رفت‌های انرژی که یا به دلیل عدم عایق کاری مناسب و یا به دلیل استفاده نادرست (الگوهای نادرست مصرف) اتفاق می‌افتد می‌تواند منجر به کاهش مصرف انرژی شود و تا حدودی هزینه های غیرضروری را که مصرف غیرمنطقی انرژی به دانشگاه تحمیل می‌کند کاهش دهد.

در وضعیت کنونی موتورخانه‌ها فاقد عایق کاری هستند و یا عایق‌های موجود به دلیل فرسودگی کارایی خود را از دست داده و مقدار زیادی از حرارت تولید شده در موتورخانه تلف می‌شود. با عایق‌بندی لوله‌های بیرونی آب گرم یا بخار و تنظیم نسبت سوخت به هوا در بویلر تا ۵۰ درصد در مصرف سوخت سالیانه صرفه جویی می‌شود.

تنظیم دمای گرمایش، جایگزینی شیشه های شکسته، نصب نوار درزگیر پنجره نیز می‌تواند در کاهش مصرف انرژی مؤثر باشد؛ نصب کنتور گاز و برق جداگانه برای ساختمان‌ها باعث کاهش روند تصاعدی بهای انرژی شده و هزینه‌های پرداختی را کاهش می‌دهد.

به دلیل موقعیت جغرافیایی ایران از نظر تابش خورشید، استفاده از سلول‌های فتوولتائیک برای تولید برق مورد نیاز دانشگاه می‌تواند یکی از گزینه‌های موجود در جهت کاهش هزینه‌های برق مصرفی باشد. البته با توجه به قیمت نسبتاً بالای سلول‌های فتوولتائیک باید این راهکار از نظر میزان به صرفه بودن بررسی شود که جزئیات مربوط به هزینه و تولید انرژی در پروژه‌ی دیگری باید تعیین شود.

با ۵ درجه کاهش دمای رفاه حدود ۱۷ درصد در مصرف گاز و با کنترل روشنایی ساختمان‌ها حدود ۱۰ درصد در مصرف برق، بدون هزینه‌ی اولیه صرفه جویی می‌شود که مبالغی حدود ۲۲۰ و ۷۰ میلیون ریال در سال از هزینه‌ها کاسته می‌شود.

جدول (۵-۱) راهکارهای پیشنهادی و نتایج حاصله را برای برخی از ساختمان‌ها نشان می‌دهد.

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تأثیر کاهش دمای رفاه و کنترل روشنایی در محاسبات در نظر گرفته شده است.

جدول (۵-۱) راهکارهای پیشنهادی و صرفه جویی انرژی

واحد سازمانی	راهکار پیشنهادی						صرفه جویی سالانه (%)	هزینه اولیه (هزارریال)	برچسب انرژی در حال حاضر	برچسب انرژی پس از بهینه سازی	NPI جدید
	بالاست	سایه بان	سنسور روشنایی تشخیص حضور	شیشه دو جداره	شیشه دو جداره مات	دیوار عایق					
دانشکده فنی و مهندسی	✓		✓	✓			29.27	138780	poor	good	306
دانشکده معدن و ژئوفیزیک	✓		✓				14	11645	good	good	191
دانشکده علوم پایه	✓		✓	✓			39.34	57148	fair	good	291
ساختمان کلاسها	✓		✓	✓			29.14	18400	fair	good	236
آزمایشگاه دانشکده شیمی	✓		✓	✓			28.93	30380	fair	good	251
سایت کامپیوتر و مرکز اطلاع رسانی	✓		✓		✓		27.8	27640	poor	fair	457
سازمان مرکزی	✓		✓		✓		29.6	90940	poor	fair	334
مجموعه فرهنگی شقایقها و سالن اجتماعات	✓		✓		✓		34.77	113500	poor	fair	240
ساختمان کتابخانه	✓		✓				3	59900	poor	fair	290

548333	هزینه اولیه (هزار ریال)
15	درصد صرفه جویی سالانه



پیوست



پیوست الف: ارزیابی سرمایه گذاری پروژه [۱۵]

توجیه کردن هر پروژه سرمایه گذاری با انجام یک ارزیابی مالی دارای اهمیت است. موارد مالی مرتبط با سرمایه گذاری در پروژه های صرفه جویی انرژی در این بخش بررسی می شوند.

الف-۱- هزینه های ثابت و متغیر

زمانی که هزینه های موجود در یک پروژه ارزیابی می شوند درک تفاوت بین هزینه های ثابت و متغیر مهم است. هزینه های متغیر آن هایی هستند که مستقیماً با خروجی یک تأسیسات خاص یا فرآیند تولید، تغییر می کنند مانند هزینه های سوخت. هزینه های ثابت آن هزینه هایی هستند که وابسته و مرتبط به خروجی فرآیند یا تأسیسات نیست مانند اجاره محل و بیمه. بنابراین مجموع هزینه های هر پروژه جمع هزینه های ثابت و متغیر است.

الف-۲- نرخ های بهره

در جهت تأمین مالی پروژه ها، اغلب سازمان ها از بانک ها و یا مؤسسات اعتباری وام می گیرند. پروژه هایی که توسط وام، تأمین مالی می شوند به دلیل نرخ های بهره ای که برای وام پرداخت می کنند نسبت به پروژه هایی که از نقدینگی خود سازمان تأمین مالی می شوند هزینه بیشتری دارند. بنابراین چگونگی محاسبات نرخ بهره اهمیت دارد، نرخ های بهره توسط مؤسسات وام دهنده می تواند به دو طریق بهره ساده و بهره مرکب محاسبه شود.

● بهره ساده: اگر بهره ساده استفاده شود، نرخ ها به عنوان درصد ثابتی از وام محاسبه می شود. یک درصد بهره ثابت برای هر سال وام در نظر گرفته شده و بازپرداخت ها با استفاده از فرمول (الف-۱) محاسبه می شود.

پیوست

$$TRV = LV + \left(\frac{IR}{100} \times LV \times P\right) \quad (\text{الف-۱})$$

که در آن TRV کل ارزش بازپرداخت، LV ارزش وام اولیه، IR نرخ بهره، زمان بازداشت بر حسب سال می‌باشد.

● بهره مرکب: بهره مرکب معمولاً سالیانه محاسبه می‌شود، مبلغ بهره به عنوان درصدی از وام معوقه در انهای هر مقطع زمانی محاسبه می‌شود. از انجایی که وام معوقه حاصل جمع مبالغ پرداخت و بهره تا آن مقطع زمانی است، مرکب نامیده می‌شود. ارزش کل بازپرداخت را می‌توان با استفاده فرمول (الف-۲) محاسبه کرد.

$$TRV = LV \times \left(1 + \frac{IR}{100}\right)^P \quad (\text{الف-۲})$$

الف-۳- زمان بازگشت سرمایه

هزینه اولیه طرح‌های اجرایی پس از مدت زمانی به دلیل کاهش هزینه انرژی که اجرای طرح به دنبال دارد، جبران خواهد شد. زمان بازگشت سرمایه را می‌توان به صورت مدت زمان لازم عملیاتی برای کل صرفه‌جویی‌های خالص قبل از استهلاک، برابر با هزینه سرمایه گذاری پروژه تشریح کرد. به بیان دیگر زمانی که مقطع بازگشت سرمایه‌گذاری به پایان رسید، کلیه هزینه‌های سرمایه‌ای پروژه بازیافت خواهد شد و هر صرفه‌جویی هزینه اضافی حاصله را به عنوان سود می‌توان تلقی کرد

دوره بازگشت سرمایه در علم اقتصاد مهندسی، یکی از روش‌های استاندارد ارزیابی طرح‌های اقتصادی است. در این روش معیار ارزیابی طرح، کوتاهی و بلندی زمان بازگشت سرمایه است. طرح‌های با دوره بازگشت سرمایه کوتاه‌تر جذابیت بیشتری نسبت به طرح‌هایی با دوره بازگشت بلندتر دارند. این روش به خصوص در هنگام مقایسه دو یا چند طرح با یکدیگر کاربرد دارد. در این روش ارزش زمانی پول در نظر گرفته نشده و به این منظور، گونه اصلاح شده‌ای از این روش بکار می‌رود که

پیوست

در آن کل هزینه‌ها و درآمدها به مانند روش ارزش خالص فعلی (NPV) تنزیل می‌گردند.

زمان بازگشت سرمایه در طرح‌های مختلف متفاوت بوده و به عواملی از جمله نرخ تنزیل، نرخ بهره وام و ... بستگی دارد.

با استفاده از فرمول (الف-۳) می‌توان زمان بازگشت سرمایه را محاسبه کرد:

$$PB = \frac{CC}{AS} \quad (\text{الف-۳})$$

که در آن PB زمان بازگشت سرمایه بر حسب سال، CC هزینه سرمایه‌ای پروژه و AS صرفه جوئی هزینه خالص سالیانه است.

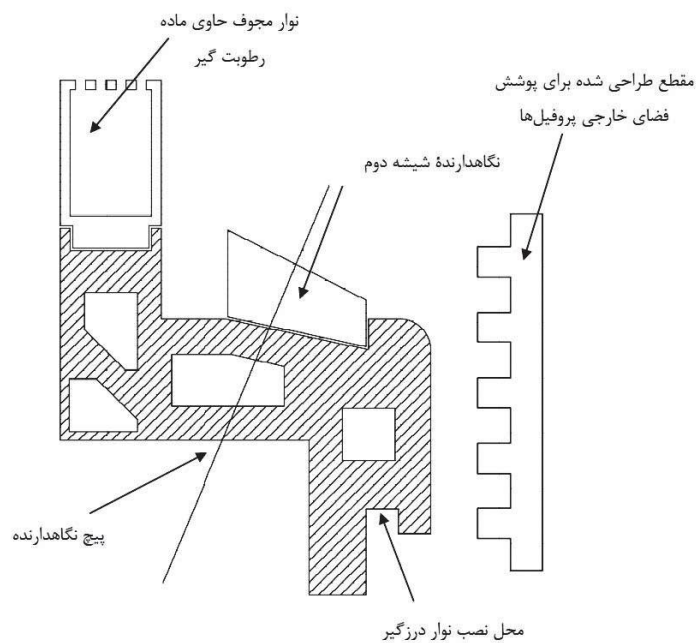
صرفه جوئی هزینه خالص سالیانه، صرفه جوئی هزینه‌ای است که بعد از برآورده شدن کلیه هزینه‌های عملیاتی حاصل می‌شود.

پیوست (ب): جزئیات اجرایی پیشنهادی برای بهینه سازی پنجره‌ها [۱۰]

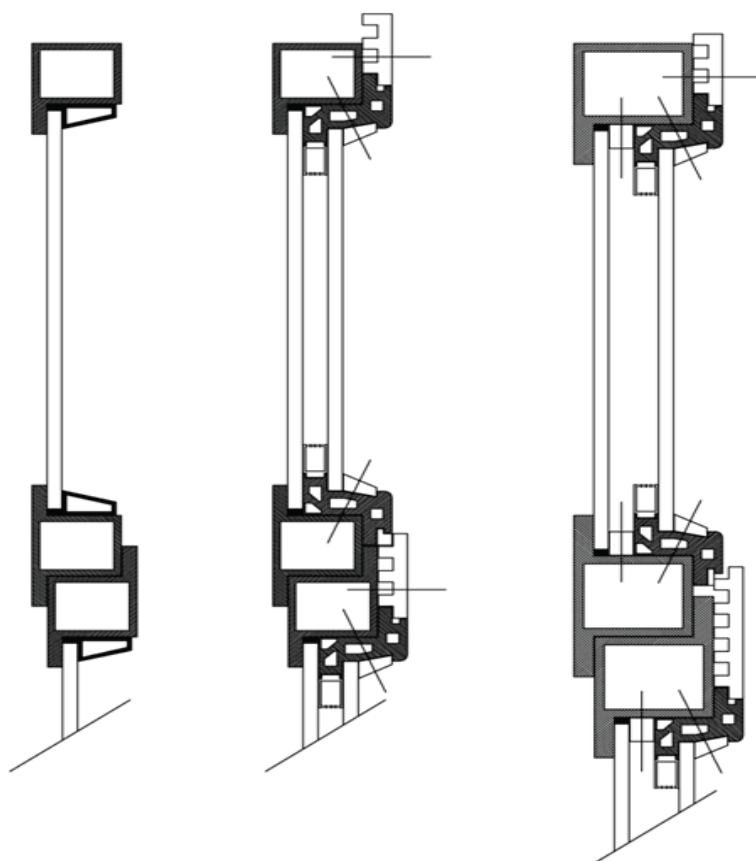
پروفیل پیشنهادی مطابق شکل (ب-۱) ، به نحوی طراحی شده تا بتواند تمام سطح چارچوب پنجره را بپوشاند و مانع از تماس هوای گرم داخل با سطح پروفیل‌های پنجره شود. این طرح دارای جزئیاتی برای قرار گرفتن نوار درز بند است تا مانع از نشت هوا شود. حذف شیشه اولیه و نصب شیشه دوجداره جدید، هزینه‌ها را به میزان قابل‌توجهی افزایش می‌دهد لذا در طرح پیشنهادی ضمن حفظ شیشه اولیه، یک لایه جدید به آن افزوده خواهد شد. این لایه با فاصله یک سانتیمتر (یا بیشتر) از شیشه قبلی قرار گرفته و فضای آن مطابق شکل (ب-۲) با هوا پر می‌شود. گرچه پر شدن این لایه توسط گازهای بی اثر با وزن ملکولی بالا تر انتقال حرارت را کاهش می‌دهد، اما این میزان بسیار اندک و قابل چشم‌پوشی است مشکل میعان فضای میانی شیشه‌ها نیز با قرار دادن نواری مجوف که با مواد رطوبت گیر پر شده است از میان می‌رود. همانگونه که در شکل (ب-۳) ملاحظه می‌شود، در مورد تنک‌های غیر شیشه‌ای از یک ورق پلاستیکی به همراه پرکننده پلی‌استایرن استفاده شده است. جزئیات این قسمت کاملاً شبیه به بخش‌های شیشه خور است. ابعاد اصلی طرح به نحوی است که کوچکترین پروفیل استفاده شده در پنجره‌ها را پوشش خواهد داد و برای پنجره‌هایی با پروفیل‌های بزرگتر، از مقطعی دنداندار برای پوشش سطح باقیمانده استفاده می‌شود.

پروفیل‌های دنداندار امکان استفاده از این طرح در پنجره‌هایی با ابعاد مختلف را به وجود می‌آورد شکل (ب-۲) و (ب-۳)

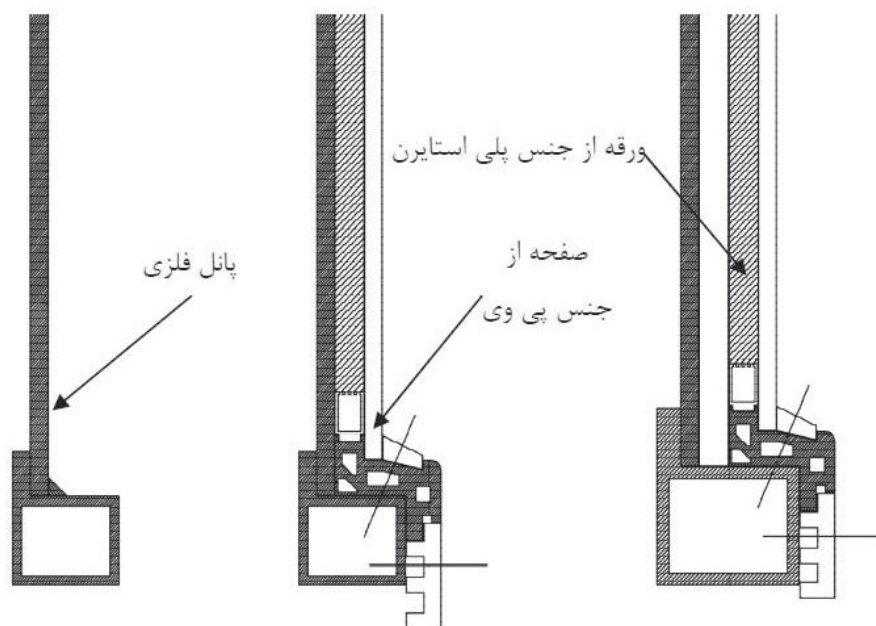
از مزایای این طرح قابلیت پوشاندن چارچوب پنجره برای کاهش انتقال حرارت و نیز امکان نصب شیشه دوم، به طور همزمان است.



شکل (ب- ۱) جزئیات اجرایی اتصالات



شکل (ب- ۲) شیشه خور ثابت و شیشه خور متحرک (با اندازه متفاوت)



شکل (ب- ۳) صفحات پوشیده شده با ورق فلزی (با اندازه متفاوت)

پیوست (پ): دیوار پوششی [۱۹]

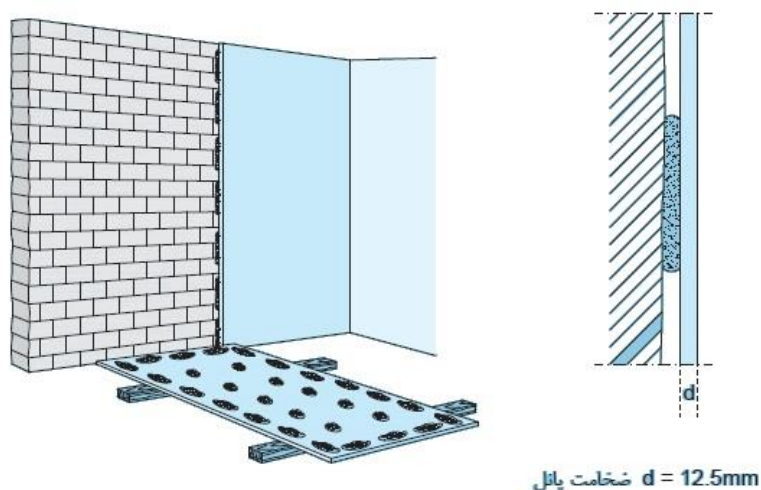
این دیوارها ساختاری سریع و کارآمد جهت بازسازی دیوارهای قدیمی و پوشش دیوارهای جدید و بهسازی حرارتی و صوتی دیوارهای خارجی ساختمان می‌باشد در این ساختار از یک لایه پنل گچی یا پنل مرکب (پنل گچی پوشیده شده با لایه عایق) استفاده می‌شود ضخامت مذکور بدون زیرسازی فلزی و به وسیله‌ی چسب خمیری مخصوص به نام پرفلیکس مستقیماً به دیوار زمینه متصل می‌شود. درزهای میان این صفحات به وسیله‌ی نوار و بتونه‌ی مخصوص درزگیری شده و سطحی یکپارچه حاصل می‌شود. سطح به دست آمده قابلیت اجرای رنگ، کاغذ دیواری و پوشش‌های دیگر را خواهد داشت.

پ-۱- دیوارهای پوششی بدون سازه

در این ساختار از یک لایه صفحه روکش دار گچی ساده یا صفحه پوشش شده با عایق پشم معدنی یا پلی استایرن استفاده می‌شود.

این صفحات بوسیله چسب خمیری مخصوص پرفلیکس مستقیماً به دیوار زمینه متصل می‌شوند (پرفلیکس از گچ ویژه و مواد افزودنی خاص ساخته می‌شود). درزهای میان این صفحات بوسیله نوار و بتونه مخصوص درزگیری شده، به نحوی که در انتهای کار یک سطح یکپارچه و بدون درز حاصل می‌گردد.

مزیت‌های اصلی این ساختار، سهولت و سرعت در اجرا، قابلیت رنگ آمیزی بلافاصله پس از نصب و دورریز کم مصالح می‌باشد. بعلاوه در این ساختار می‌توان صفحه گچی را با فاصله از دیوار زمینه اجرا نمود، تا ضمن رفع مشکلات اجرایی آن (مانند ناشاقولی و ناهمواری)، فضای مناسبی برای عبور آسان تاسیسات الکتریکی و مکانیکی نیز ایجاد گردد.

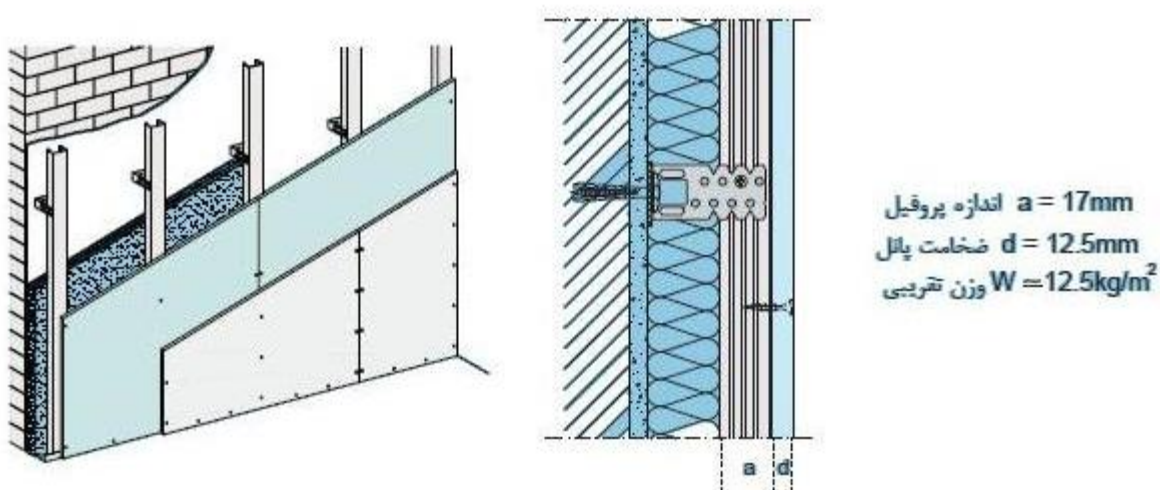


شکل (پ-۱) دیوارهای پوششی بدون سازه

پ-۲- دیوارهای پوششی با سازه

در این ساختار ، صفحات روکش دار گچی بر روی زیر سازی فلزی پیچ می شوند.

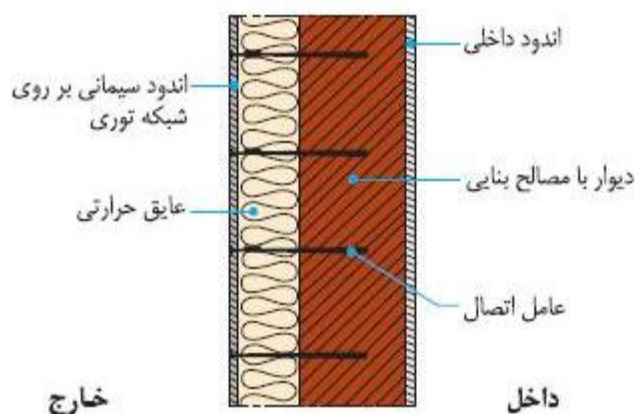
این زیرسازی می تواند به صورت متصل به دیوار یا مستقل از دیوار اجرا شود. در این روش ، لایه عایق در فاصله آزاد میان صفحه روکش دار گچی و دیوار زمینه قرار داده می شود. وجود فاصله آزاد ، علاوه بر ایجاد فضای مناسب جهت نصب لایه عایق ، راه حل مناسبی جهت غلبه بر مشکلات اجرایی دیوار زمینه ، مانند ناشاقول بودن دیوار و حذف شیار زنی جهت عبور تأسیسات الکتریکی و مکانیکی ، محسوب می شود. از مزایای دیگر این ساختار ، امکان اجرا در دیوارهای با شرایط زمینه متفاوت و اجرای پوششهای با ارتفاع ۱۰ متر می باشد.



شکل (پ-۲) دیوار پوششی با سازه

پ-۳- عایقکاری حرارتی از خارج

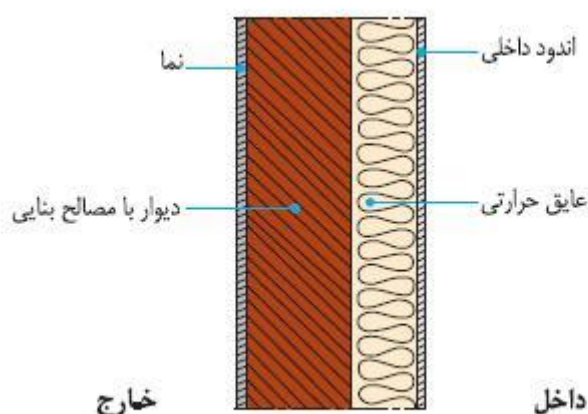
این نوع ساختار، اینرسی حرارتی ساختمان را به حداکثر می‌رساند و باعث می‌شود که نوسان‌های دمای داخل ساختمان کاهش یابد و تنظیم دما به سادگی انجام پذیرد، زیرا انرژی حرارتی توسط جداره‌ها جذب و برای ایجاد تعادل حرارتی در محیط به تدریج آزاد می‌شود. این روش عایقکاری برای ساختمان‌هایی که به طور مداوم مورد استفاده قرار می‌گیرند مناسب است (مانند ساختمان‌های مسکونی)



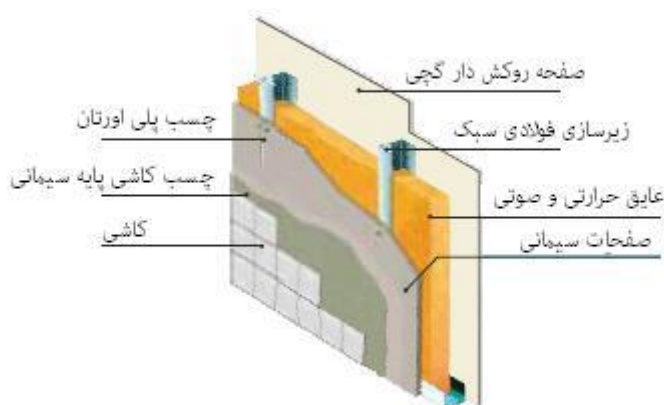
شکل (پ-۳) عایقکاری حرارتی از خارج

پ-۴- عایقکاری حرارتی از داخل

این نوع عایقکاری برای به حداقل رساندن اینرسی حرارتی ساختمان‌ها انجام می‌شود و برای ساختمان‌هایی که به طور منقطع مورد استفاده قرار می‌گیرند مناسب‌ترین ساختار محسوب می‌شود (مانند سالن‌های کنفرانس) زیرا فضای مورد نظر را می‌توان در زمان کوتاهی گرم یا سرد نمود.



شکل (پ-۴) عایقکاری حرارتی از داخل



شکل (پ-۵) آنالیز مصالح دیوار داخلی

❧❧

مراجع

❧❧

- [1] Eric Hirst (1978), "Analysis of hospital energy audits", PP 226-233
- [2] G. A. HELCKE, F. CONTI, B. DANIOTTI and R. J. PECKHAM (1989), "A Detailed Comparison of Energy Audits Carried Out by Four Separate Companies on the Same Set of Buildings", PP 153 - 164
- [3] M. SANTAMOURIS, E. DASCALAKI, C. BALARAS, A. ARGIRIOU and A. GAGLIA(1994),"Energy Performance and Energy Conservation in Health Care Buildings in Hellas ", PP 293-305,
- [4] Pantelis N. Botsarisa, Spyridon Prebezanos(2004) PP 1, "A methodology for a thermal energy Building Audit",PP 195-199
- [5] Joshua D. Rhodes, Brent Stephens, Michael E. Webber (2011), "Using Energy Audits to Investigate the Impacts of Common Air-conditioning Design and Installation Issues on peak Power Demand and Energy Consumption in Austin, Texas", PP 3271-3278

[۶] سالم بعنونی، جلال برجی زاده، " ممیزی انرژی در شهرک مسکونی ولی عصر (عج)

کارخانه چوب و کاغذ ایران (چوکا)"

[۷] بوذرجمهر قاسمی، ملکارسلان صدری، "بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان های

آموزشی (دانشگاه اصفهان)"

[۸] فرزاد ویسی، محمد کهریزی، نسیم امیری(۲۰ و ۲۱ در ماه ۱۳۹۰) "ممیزی و مدیریت

مصرف انرژی در استخرهای شنا"، دومین کنفرانس و نمایشگاه مدیریت و بهینه سازی انرژی،

پژوشگاه نیرو، تهران

[۹] جعفر نوری، راحله برقی پور، علیرضا طاهری، فائزه میرحیدری (۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۳۸۵)،

"ممیزی و استقرار سیستم مدیریت انرژی در مجتمع های آموزشی"، پنجمین همایش

بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران

- [۱۰] سید مهدی میر هاشمی، سید محمد هادی شاپوریان، زهرا قیابکلو (پاییز ۱۳۸۹)، "روشی نوین در بهینه سازی پنجره‌های تک جداره"، نشریه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی شماره ۴۳، صفحه ۴۳-۴۸
- [۱۱] خبرگزاری فارس - ۲۲ مرداد ۱۳۹۱
<http://www.farsnews.com/>
- [۱۲] سایت خبری "خبر آنلاین" - ۱۸ بهمن ۱۳۸۸
<http://khabaronline.ir/>
- [۱۳] منصف کرارتی، ۱۳۸۸، "ممیزی انرژی در سیستم‌های ساختمانی"، سورنا ستاری - رقیه لطفی - حامد حوری جعفری، چاپ اول، انتشارات هزاره سوم اندیشه
- [۱۴] گزارش شرکت تکوین رسانه - مرداد ۱۳۹۰
- [۱۵] بگز کلایو، ۱۳۸۴، "انرژی، مدیریت، عرضه و بهینه سازی مصرف"، امیر عباس صدیقی، حسین فرخ مآل، چاپ اول، انتشارات نزهت
- [۱۶] دفتر امور مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۹، "مبحث نوزدهم صرفه‌جویی در مصرف انرژی"، چاپ دوم، انتشارات نشر توسعه ایران
- [۱۷] اینکروپرا - فرانک پی، ۱۳۸۱، "مقدمه‌ای بر انتقال حرارت"، علی اصغر رستمی، ویرایش سوم، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
- [۱۸] سایت قلم سبز ایران - زهره بیدختی - کارشناس بهینه‌سازی انرژی در ساختمان -
"ساختمان‌ها بزرگترین منابع اتلاف انرژی"
- <http://www.irangreenpen.ir/articles/>
- [۱۹] مستندات مربوط به دیوارهای پوششی

Abstract

Due to the high energy consumption in the educational building, an investigation on energy consumption of Shahrood University of technology accomplished. In addition to building energy audits, management strategies have been proposed to reduce energy consumption. This study examines the energy carrier's consumption for lighting; heating, cooking and electrical applications have been used in Shahrood University of technology. The carriers used in the university are electricity, natural gas and gasoline, electricity and natural gas are used for consumption above and gasoline is used in the vehicles. Data about Electrical and heating energy consumption of buildings is calculates by visiting faculties, buildings, pathways, powerhouses in each part and data that picked up from steam boiler, heating area of each building and the hours of using. After collecting all the required data about university buildings like energy consumption over a period of one year (October 2011-2012), supplies energy consumer and energy of individual building, the trend in overall energy consumption in university was examined. The method of CIBSE is applied to determine energy labeling and energy performance of buildings. After determination the energy consumption of the university, modification guidelines for decreasing of consumption and increasing efficiency that lead to decrease energy costs are presented.

keywords

NPI, situation of energy consumption, energy audit, energy consumption of educational sites



Shahrood University of Technology

Faculty of mechanical engineering

An Investigation on Energy Consumption and Approaches of Energy Optimization in Shahrood University of Technology

Irاندokht Jameei

Supervisor

Dr. S.M. Hashemian

February 2013