جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱٤۰۱، دوره۵، شماره۲، صص٤۹-۳٤

بررسی تاثیر اقلیم های آب و هوایی بر سیستم مدیریت انرژی ساختمان در سبد هزینه خانوار

مهدی قلی زاده ارات بنی*[۱]، اسمعیل ابونوری [۲]

۱-دانشگاه سمنان، دانشکده اقتصاد و امور اداری، گروه اقتصاد، سمنان، ایران،

gholizadehmehdi1984@yahoo.com

۲- دانشگاه سمنان، دانشکده اقتصاد و امور اداری، استاد اقتصادسنجی و آماراجتماعی گروه اقتصاد، سمنان، ایران،

تاریخ دریافت:۱٤۰۱/۰٦/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۷/۱۸

چکیده:

افزایش مصرف انرژی برق در سبد هزینه خانوار نقشی اساسی دارد و همواره در شرایط مختلف در کاهش آن تلاش می‌شود. در این پژوهش برای کاهش هزینه برق‌بها در سبد اقتصادی خانوار، به بررسی تاثیر اقلیم‌های آب و هوای مختلف در سیستم مدیریت انرژی ساختمان پرداخته شده است. سیستم‌های سرمایشی بر اساس شاخص‌های آب و هوایی (درجه حرارت حباب خشک و رطوبت نسبی) در فصل‌های گرم و شرایط آسایش ساکنین، منطبق با نمودار سایکرومتریک ایجاد شده است. توان برق مصرفی خانوار در شرایط استفاده از کنتور یک زمانه آنالوگ، سه زمانه دیجیتال و سه زمانه دیجیتال با اموزش سیستم مدیریت انرژی ساختمان در سه شهر تبریز، ساری و سمنان بر اساس الگو واحد و با نرم افزار محاسبه برق‌بها شرکت توانیر برآورد شده است. نتایج حاکی از آن است ضرورت آموزش در رفتار مصرف برق مناطق معتدل و مرطوب نسبت به سایر اقلیم‌ها برای کاهش میزان برق‌بها خانوار اهمیت بیشتری دارد. در بررسی مقایسه‌ای، تبریز با ۳۳ درصد کاهش بیشترین درصد کاهش هزینه را در اجرای سیستم مدیریت انرژی ساختمان دارد. با توجه به سهم کمتر برق بهای تبریز در سبد هزینه خانوار نسبت به ساری و سمنان این کاهش حداکثری از ضرورت بکارگیری سیستم در اقلیم معتدل و مرطوب نمی‌کاهد.

کلمات کلیدی: برق، سایکرومتریک، سبد هزینه خانوار و سیستم مدیریت انرژی ساختمان.

doi: 10.22034/GAHR.2022.357691.1740 شاپا الکترونیکی:645-3851

مقدمه

انرژی از ملزومات اساسی توسعه اقتصادی و صنعتی جهان است و دسترسی مطمئن به منابع آن بخش مهمی از امنیت ملی کشورها (ابونوری و دلفان،۱۳۹۸) و یکی از تعیین کننده‌ترین عوامل در جهت‌دهی به تعامل کشورهای جهان است (مشیری و شاهمرادی،۱۳۸۵). علی‌رغم آنکه ایران از غنی‌ترین کشورهای جهان به لحاظ انرژی محسوب می‌گردد، اما در زمره کشورهای در حال توسعه است، که علت عمده آن استفاده بهینه نکردن از این منابع است (اسدی مهماندوستی، ۱۳۸۸). بر اساس گزارش انجمن جهانی انرژی[1] (WEC)، ایران در طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۰۶ میلادی از جمله کشورهای دارای بالاترین شدت انرژی در جهان بوده است (اکبری و همکاران،۱۳۹۵).

افزایش جمعیت به همراه الگوی مصرف ناپایدار، فشار فزاینده‌ای را بر زمین، آب، انرژی و سایر منابع ضروری زمین وارد می‌کند(خزایی و مسلمی،۱۳۹۷). از طرفی تقاضا مصرف انرژی با رشد جمعیت و پیشرفت تکنولوژی افزایش یافته است. بنابراین افزایش روزافزون مصرف انرژی‌های فسیلی طی دهه‌های اخیر و مشکلات عمده زیست محیطی ناشی از آن، نگرانی‌های جدی و مهمی برای بشر در حال و آینده به دنبال دارد (شجاعی و همکاران، ۱۳۹۲). از موارد این نگرانی‌ها، انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی‌اکسیدکربن و شکل‌گیری پدیده تغییر اقلیم (مظفری نژاد و همکاران،۱٤۰۱) و پدیده گرم شدن کره زمین است (زرین و همکاران،۱٤۰۱). تلاش برای مدیریت مصرف انرژی به عنوان تلاشی برای ارتقاع سطح آسایش انسان، به دغدغه اصلی در تحقیقات نوین جهان تبدیل شده است. با تغییرات اقلیم و پدیده گرم شدن کره زمین، ضرورت تولید سرمایش در فصول گرم، ضرورت مدیریت مصرف انرژی را که باعث بهبود عملکرد برودتی در چرخه زندگی بشر می‌شود، بیش از گذشته اهمیت می‌بخشد.

صنعت برق به عنوان یکی از انواع انرژی، از زیرساخت‌های حیاتی و بنیادی سایر صنایع محسوب می‌شود و به دلیل ضرورت نیاز در فرایند تولید کالا و محصولات و در نهایت تولید ناخالص داخلی، نقش مهمی در توسعه صنعتی و اقتصادی کشورهای در حال توسعه ایفا می‌کند. انرژی برق ضمن آن که سبب رشد کیفیت زندگی مردم می‌شود رابطه مستقیمی با توسعه پایدار، رونق و جهش بخش تولید در جوامع مختلف دارد (مرادی و همکاران،۱٤۰۱). برق صنعتی پویا است که وابستگی ادامه حیات بشری و راه‌اندازی چرخ‌های صنعت به این نوع انرژی پیوند خورده است (مهدوی عادلی و همکاران، ۱۳۹۳). افزایش در شهرنشینی، تغییر در سبک زندگی، قیمت ارزان انرژی و پایین بودن سهم هزینه آن در کل هزینه‌های مصرفی خانوار که از اختصاص یارانه به آن نشأت می‌گیرد، نبود فرهنگ صحیح مصرف و استفاده از تجهیزات خانگی با راندمان پایین در مصرف انرژی از دلایل اصلی افزایش در شدت انرژی بخش خانگی است (فطرس و براتی، ۱۳۹۰؛ دهقان شبانی، ۱۳۸۵). برق یکی از

1. World Energy Council

متغیرهای پیشرفت جوامع است و بیشترین میزان مصرف انرژی در بخش ساختمان متمرکز شده است (باقری و نژاد ابراهیمی، ۱۳۹۷).

در ایران برق بخش خانگی با ۳۳ درصد مصرف به همراه برق بخش صنعت و به تفکیک بخش‌های مختلف کشور ایران یکی از بزرگترین بخش‌های مصرف‌کننده برق در کشور محسوب می‌شود (مرکز آمار ایران، ۱٤۰۰). مصرف برق با گسترش تولید و استفاده لوازم و تجهیزات برقی خانگی، سهم اساسی‌تری در انرژی کل مصرفی و هزینه خانوار در آینده دارد.

در مقابل رشد مصرف برق، سرمایه‌گذاری‌های لازم برای افزایش ظرفیت‌های جدید تولید، انتقال و توزیع برق نیز قابل توجه و زمانبر می‌باشد. از آنجایی که شاید کمتر بتوان جایگزین نزدیکی برای برق پیدا نمود و با توجه به غیرقابل ذخیره‌سازی بودن این انرژی (ورهرامی و موحدیان، ۱۳۹٦) موجب می‌شود برای برون‌رفت در رشد مصرف انرژی در صنعت ساختمان و میل انسان به سطح مطلوبت بالاتر زندگی، بکارگیری سیستم مدیریت انرژی ساختمان[1] (BEMS) ضرورت پیدا کند.

سیستم مدیریت انرژی شامل روش‌هایی است که فعالیت‌های مصرف‌کنندگان و تأمین‌کنندگان انرژی را به منظور تطبیق هرچه بیشتر توانایی‌های تولید انرژی با نیازهای مصرف‌کننده هماهنگ می‌کند (واکس[2]،۱۹۹۱). سیستم مدیریت مصرف انرژی در تعریف گسترده و کاربردی شامل اصلاح و بکارگیری الگوهای مصرف انرژی مانند نحوه مدیریت مصرف انرژی تا ساختمان‌هایی هوشمند و مجهز به سیستم‌های کنترل خودکار و بکارگیری تجهیزات اندازه‌گیری هوشمند مانند کنتور برق دیجیتال می‌باشد. در تکمیل تعریف سیستم مدیریت انرژی ساختمان، نگاه به مصرف نه صرفاً همچون یک روند اقتصادی منفعت‌گرایانه بلکه به مثابه روندی اجتماعی فرهنگی که شامل نشانه‌ها و نمادهای فرهنگی نیز هست در نظر گرفته می‌شود (باکاک، ۱۳۸۱) که به آن دوام می‌بخشد.

در این پژوهش، تجهیزات سرمایشی خانگی در سه اقلیم آب و هوایی متفاوت شامل سرد و کوهستانی (شهر تبریز)، معتدل و مرطوب (شهر ساری) و گرم و خشک (شهر سمنان) بر اساس شرایط چارت سایکرومتریک و ویژگی‌های اقلیمی ماه‌های گرم سال، هزینه برق بها برآورد شده است. سپس با اجرای سیستم مدیریت انرژی ساختمان، اهمیت شرایط اقلیمی مختلف در برق بها هزینه خانوار بررسی و مقایسه شده است.

مروری بر پیشینه تحقیق

کریم زاده و همکاران (۱٤۰۰) در پژوهشی به بررسی میزان انطباق جهت معماری ساختمان‌های قدیم و جدید شهر سقز از منظر اقلیمی و تاثیر آن در سبد هزینه خانوار پرداختند. در معماری مدرن با توجه با افزایش قیمت حامل‌های

1. Building Energy Management System
2. wax

انرژی و هزینه بسیار بالا برای سرمایش و گرمایش ساختمان‌ها تلاش بسیاری برای انطباق و سازگاری با شرایط اقلیمی انجام می‌شود. در مناطق سردسیر و گرمسیر این پدیده اثر خود را در سبد هزینه خانوار به شدت نشان می‌دهد. با وجود یارانه‌های انرژی دولت‌ها، همچنان بار هزینه‌بها انرژی بر سبد هزینه خانوارها سنگینی می‌کند. در این تحقیق سازگارترین الگوی معماری با شرایط اقلیمی منطقه و میزان انطباق معماری قدیم و جدید شهر سقز از شهرهای منطقه سردسیر ایران با الگوی سازکار مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. یافته‌ها تحقیق نشان می‌دهد با استفاده از ویژگی‌های زیست اقلیمی و طراحی و انطباق الگوی معماری شهر سقز بر اساس شاخص دمای موثر می‌توان نیازهای حرارتی و آسایش اقلیمی شهر سقز را در طول سال و به صورت ساعت به ساعت تعیین نمود. امیدوار و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی به موضوع مدیریت انرژی در خانه‌های هوشمند از نظر نحوه ایجاد توازن بین حریم خصوصی کاربران و کاهش هزینه‌های انرژی، در سال‌های اخیر پرداخته‌اند. در این پژوهش یک خانه هوشمند مجهز به سیستم مدیریت انرژی، مولد فتوولتائیک، ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی (باتری)، لوازم خانگی هوشمند و پاسخگو به قیمت برق در نظر گرفته شده است. مطالعات نشان می‌دهد که روش پیشنهادی می‌تواند علاوه بر کاهش هزینه انرژی در حدی منطقی و قابل قبول، حریم خصوصی کاربران را نیز به میزان قابل ملاحظه ای رعایت نماید. تقی خانی و ماندگار نیک (۱۳۹۸) در پژوهشی، تأثیر خانه‌های هوشمند در مدیریت و کاهش مصرف انرژی الکتریکی، با اعمال برنامه‌ی مدیریت مصرف بار خانگی توسط خانه هوشمند، میزان تأثیرگذاری این روش در اصلاح مصرف برق، مخصوصاً در ساعات اوج بار نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که اعمال برنامه بهینه‌سازی ارائه شده تا ۲۲ درصد می‌تواند هزینه پرداختی مشترک را با کنترل زمان مصرف وسایل کاهش دهد. سماواتی (۱۳۹۵) در پژوهشی به بررسی مدیریت انرژی ساختمان هوشمند با تغذیه‌ی منابع تجدیدپذی پرداخت. بهترین راهکار در اجرای سیستم مدیریت هوشمند ساختمان تغییر در برنامه‌ریزی مصرف به منظور کاهش تلفات در شبکه انتقال و توزیع الکتریسیته و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از تولید آن می‌باشد. به طوری که وسایل پرمصرف در طول ساعات اوج روشن نشوند. در واقع در این مقاله از روش انتقال بار برای هموار کردن منحنی بار مصرفی استفاده شده است. با بکارگیری الگوریتم مدیریت انرژی در یک ساختمان با تغذیه‌ی منابع تجدیدپذیر، حدود ۲۸٪ در هزینه‌ی برق ساختمان صرفه‌جویی می‌شود.

جدول۱مصرف برق به‌تفکیک بخش‌های مختلف (گیگاوات ساعت)

سال	خانگی	عمومی	تجاری	صنعتی	حمل و نقل	کشاورزی	سایر مصارف	جمع
۱۳۸۷	۵۲۸۹۶	۲۰۴۲۸	۱۰۷۴۱	۵۱۸۶۳	۲۴۵	۲۱۱۷۸	۴۰۹۰	۱۶۱۴۴۵
۱۳۸۸	۵۵۶۲۹	۲۱۸۲۶	۱۱۰۱۵	۵۴۶۰۵	۲۸۲	۲۱۴۰۵	۳۶۷۴	۱۶۸۴۳۸
۱۳۸۹	۶۰۹۰۷	۲۱۳۰۸	۱۲۷۲۶	۶۱۱۸۳	۲۹۹	۲۴۱۸۸	۳۵۶۷	۱۸۴۱۸۱
۱۳۹۰	۵۶۷۷۳	۱۶۷۵۱	۱۲۶۶۳	۶۳۵۹۰	۳۵۳	۳۰۰۲۰	۳۷۵۲	۱۸۳۹۰۵

۱۳۹۱	۶۱۳۵۱	۱۷۸۱۰	۱۲۵۹۹	۶۶۷۳۶	۳۷۱	۳۱۶۴۷	۳۶۳۵	۱۹۴۱۴۹
۱۳۹۲	۶۴۳۷۹	۱۷۸۳۱	۱۳۳۷۷	۷۰۶۳۴	۳۲۳	۳۳۱۰۳	۳۷۶۵	۲۰۳۴۱۲
۱۳۹۳	۷۱۱۶۲	۱۹۷۶۷	۱۵۴۰۴	۷۳۹۳۲	۳۶۳	۳۵۱۸۸	۳۸۳۷	۲۱۹۶۵۳
۱۳۹۴	۷۶۱۰۳	۲۲۱۹۶	۱۶۶۸۰	۷۱۶۷۸	۵۴۹	۳۶۰۸۹	۴۰۱۷	۲۲۷۳۱۲
۱۳۹۵	۷۸۳۷۸	۲۲۹۱۴	۱۷۶۲۰	۷۷۱۶۷	۴۳۶	۳۶۲۲۲	۴۷۰۰	۲۳۷۴۳۶
۱۳۹۶	۸۳۴۰۳	۲۴۳۲۸	۱۸۶۸۱	۸۴۱۷۷	۴۷۷	۳۸۹۵۲	۵۰۰۹	۲۵۵۰۲۶

منبع: مرکز آمار ایران

منطقه آسایش بر اساس نمودار سایکرومتریک

منطقه آسایش

علم مطالعه و ارزیابی تاثیرات هوا و اقلیم بر روی موجودات زنده اعم از گیاهی و جانوری را بیوکلیماتکنولوژی یا زیست اقلیم می‌نامند (کاویانی، ۱۳۷۲). از طرفی شرایط آسایش به مجموعه شرایطی اطلاق می‌شود که از نظر حرارتی حداقل برای ۸۰ درصد از افراد مناسب باشد یا به عبارتی انسان تحت آن شرایط نه احساس سرما و نه احساس گرما کند که حالت خنثی بودن حرارتی تعبیر دیگر آن است. در شکل‌گیری شرایط آسایش انسان چهار عنصر اقلیمی دما، رطوبت، باد و تابش نقش حیاتی داشته و در بین این عناصر دما و رطوبت تأثیر بیشتری در سلامتی و راحتی انسان ایفا می‌کند و به این دلیل مدل‌های سنجش آسایش انسان بر این دو عنصر استوار است (مزیدی و همکاران، ۱۴۰۰).

بر اساس تاثیر دما و رطوبت هوا بر انسان، احساس انسان نسبت به محیط اطرافش بر اساس تاثیر همزمان این دو عامل می‌باشد. برای مثال اگر سرعت هوا ثابت فرض شود (بدون در نظر گرفتن تابش آفتاب)، آنگاه بیشتر افراد در دمای ۲۱ تا ۲۶ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۳۰ تا ۶۰ درصد از نظر فیزیکی راحت هستند. حال اگر شرایط هوای داخل اتاق را به نحوی تغییر کند که رطوبت آن افزایش و دمای آن کاهش یابد، این افراد به تدریج احساس ناراحتی خواهند کرد. بنابراین نسبت درجه حرارت و رطوبت نسبی هوا در ایجاد آسایش افراد تاثیر دارد. البته واکنش بدن در شرایط اقلیمی پدیده تجربی است و در فرهنگ‌ها و مناطق جغرافیایی مختلف متفاوت می‌باشد. به طور مثال در آسیا دمای ۲۰.۸ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد مطلوب است در حالی که در بریتانیا دمای ۱۴.۴ تا ۲۳.۳ درجه سانتیگراد و در آمریکا دمای ۲۰.۸ تا ۲۶.۷ درجه سانتیگراد ترجیح داده می‌شود، همین‌طور در مناطق استوایی دمای ۲۳.۳ تا ۲۹.۴ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۳۰تا۷۰ درصد مطلوب است (وکیل الرعایا، ۱۳۹۳).

این ارقام تعیین کننده شرایط هوایی است که انسان در آن شرایط از نظر فیزیکی راحت است. اگر حدود تغییرات این ارقام را در جدولی که رطوبت نسبی بر محور افقی و درجه حرارت بر محور عمودی آن مشخص شده ترسیم

شود، محدوده‌ای به دست می‌آید که به آن منطقه آسایش می‌گویند. این منطقه مشخص کننده وضعیت‌هایی است که فرد در آن احساس آسایش می‌کند. البته به دلیل تفاوت میان دمای مطلوب هوا در مناطق مختلف نمی‌توان محدوده دقیقی برای منطقه آسایش تعیین کرد، زیرا دمای مطلوب هوا در یک منطقه مشخص برای افراد با سن و جنس مختلف متفاوت است و به نوع و میزان پوشش نیز بستگی دارد. همچنین درجه حرارت مطلوب برای یک فرد در فصل تابستان و زمستان متفاوت است. نتایج آزمایش‌هایی که طی سالیان متمادی بر روی صدها نفر از ساکنین مناطق مختلف به منظور تعیین و رابطه بین دما و رطوبت و جریان هوا و تاثیر آن بر منطقه آسایش انجام شده است به این صورت است که در فصل تابستان دمای ٢٤ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد برای ۹۸ درصد افراد مطلوب است در حالی که در فصل زمستان برای آن که ۹۷ درصد افراد احساس آسایش کنند با حفظ رطوبت نسبی ۵۰ درصد باید درجه حرارت را به ۲۱ درجه سانتیگراد کاهش داد (وکیل الرعایا، ۱۳۹۳).

تاثیر دما و رطوبت هوا بر انسان

بدن انسان به وسیله غذایی که مصرف می‌کند و به نسبت فعالیتی که دارد به میزان مختلفی انرژی تولید می‌کند. وقتی بدن در حالت فعالیت است، فقط مقدار کمی از این انرژی صرف کارهای مکانیکی شده و بقیه به حرارت تبدیل می‌شود. در حالت طبیعی دمای درونی بدن ۳۷ درجه سانتیگراد و دمای پوست ۳۲ درجه سانتیگراد است. اگر بدن در محیطی گرم‌تر از پوست قرار گیرد، شروع به جذب حرارت می کند و بر عکس اگر در محیطی سردتر از پوست بدن باشد، حرارت خود را به تدریج از دست می‌دهد. بدین طریق در هر محیطی بین بدن و هوای اطراف آن تبادل حرارتی صورت می‌گیرد (وکیل الرعایا، ۱۳۹۳).

رطوبت هوا به طور مستقیم بر دمای بدن انسان تاثیر نمی‌گذارد ولی ظرفیت تبخیر و در نتیجه میزان خنک شدن بدن از طریق تعریق و میزان تبخیر آن تعیین می‌کند. در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد میزان رطوبت هوا تقریباً تاثیری بر انسان ندارد و رطوبت نسبی ۳۰ تا ۸۵ درصد در این دماها عملا احساس نمی‌شود. در این وضعیت حرارتی فقط وقتی هوا تقریباً اشباع است، رطوبت زیاد احساس می‌شود. در دمای بیش از ۲۵ درجه سانتیگراد تاثیر رطوبت هوا بر انسان به مرور افزایش می‌یابد. هوای گرم مرطوب (شرجی) به دلیل اینکه از طریق تعریق و تبخیر بر روی پوست جلوگیری می‌کند باعث ناراحتی می‌شود. عامل دیگری که در میزان تأثیر رطوبت هوا بر بدن اثر می‌گذارد جریان هوا یا باد می‌باشد. در یک درجه حرارت ثابت، افزایش سرعت باد باعث افزایش میزان مجاز و قابل قبول رطوبت نسبی هوا می‌شود (وکیل الرعایا، ۱۳۹۳).

سایکرومتریک

سایکرومتریک علمی است که راجع به خواص ترمودینامیکی هوای مرطوب و تاثیر بر اجسام و آسایش انسان ها صحبت می‌کند. برای این منظور خواص و شرایط آب و هوا در مجاورت یکدیگر در درجه حرارت‌های مختلف در منحنی‌هایی به نام چارت سایکرومتریک[1] نشان داده می‌شود که به کمک آن می‌توان شرایط مورد نظر را تعیین نموده و در محاسبات تهویه مورد استفاده قرار داد. اگر چه انتخاب محورهای این چارت اختیاری است ولی در تهویه مطبوع معمولاً از نموداری که محورهای آن درجه حرارت حباب خشک و نسبت رطوبت است، استفاده می شود (وکیل الرعایا، ۱۳۹۳).

درجه حرارت حباب خشک[2]: درجه حرارت هوا است وقتی با دماسنج معمولی اندازه گیری می‌شود.

رطوبت نسبی: رطوبت نسبی[3]، نسبت واقعی فشار بخار آب موجود در هوا به فشار استاندارد بخار آب موجود در هوا در همان درجه حرارت است. خطوط رطوبت نسبی در روی چارت از پایین‌ترین قسمت سمت چپ شروع شده و توسط یک منحنی به سمت راست کشیده شده است و به موازات خط اشباع ادامه می‌یابد.

عملیات روی هوا: عملیات روی هوا عبارت است از گرم کردن، سرد کردن، رطوبت گیری و رطوبت زنی.

اجرای سیستم مدیریت انرژی ساختمان مطابق با نقطه آسایش

در سیستم مدیریت انرژی ساختمان در حوزه مصرف برق، با توجه به تقسیم‌بندی ساعات مصرف در دو گروه تابستانی و زمستانی و در سه تعرفه زمانی میان‌باری، اوج‌باری و کم‌باری مطابق جدول ۲ و شامل الگوهای مدیریت مصرف و استفاده از کنتورهای سه زمانه هوشمند دیجیتالی بجای یک زمانه آنالوگ است.

جدول ۲ زمان بندی کنتورهای سه تعرفه

زمان بندی سه تعرفه	میان باری	اوج باری	کم باری
طرح تابستانی	۸-۲۰	۲۰-۲٤	۲٤-۸
طرح زمستانی	۵-۱۷	۱۷-۲۱	۲۱-۵

منبع: سامانه شرکت توانیر

در محاسبه برق مصرفی خانوار لامپ‌های روشنایی، یخچال، فریزر، تلویزیون، جارو برقی، اتو لباس، ماشین لباسشوئی و ماشین ظرفشویی در سه شهر مورد مطالعه برای همه خانوار به عنوان لوازم برقی مشترک در نظر گرفته شده است. بیشترین مصرف برق خانوار در استفاده از سیستم‌های سرمایشی مانند کولر آبی، کولر گازی و پنکه می‌باشد که با افزایش گستره گرمایش زمین از ضروری‌ترین لوازم برقی خانوار می‌باشد که نقش اصلی را در تغییر برق بها خانوار ایجاد می‌کند. با اقلیم سه گانه سرد و کوهستانی (تبریز)، معتدل و مرطوب (ساری) و گرم و خشک

1.Psychrometric chart
2.Dry bulb temperature
2. Relative humidity

(سمنان) مورد مطالعه (جدول شماره ۳) و بر اساس الگوی نمودار سایکرومتریک (شکل شماره ۱) برای شهر سمنان دمای خوانده شده توسط دماسنج در دوره تابستانی بیشتر و میزان رطوبت نسبی کمتر از نقطه آسایش می‌باشد بنابراین با فرایند سرد کردن و رطوبت‌زنی و با استفاده از کولر آبی، شرایط نقطه آسایش تامین می‌شود. برای شهر ساری در دوره تابستانی دمای خوانده شده توسط دماسنج و رطوبت نسبی بیشتر (بالای ۹۰ درصد) از نقطه آسایش است بنابراین با فرایند سرد کردن و رطوبت گیری و با استفاده از اسپلیت (حد الامکان)، شرایط نقطه آسایش تامین می‌شود. برای شهر تبریز در دوره تابستانی دمای خوانده شده توسط دماسنج و رطوبت نسبی تا حدودی بیشتر از نقطه آسایش است که با یک فرایند سرد کردن و با استفاده از پنکه، شرایط نقطه آسایش تامین می‌شود. به ترتیب استفاده از پنکه، کولر گازی و کولر آبی برای سه شهر تبریز، ساری و سمنان در فصول گرم توصیه می‌شود. متوسط توان مصرف لحظه‌ای پنکه، کولر گازی و کولر آبی بر حسب وات بر ساعت بترتیب ۲۵۰، ۸۰۰ و ۳۰۰۰ می‌باشد که نرخ بالای برق بها استفاده از کولر گازی مشهود می‌باشد.

در چارچوب سیستم مدیریت انرژی ساختمان و با استفاده از اصلاح الگو مصرف از جمله:

- ✓ استفاده از الگوی چند لامپی و تقسیم روشنایی ساختمان با استفاده از چند لامپ به جای یک لامپ.
- ✓ استفاده بهینه زمانی یخچال و فریز، کنترل و محدود کردن باز و بست های متعد درب آن و استفاده از سیستم گردش هوای خنک در فضای پشت یخچال و فریزر (اواپراتور).
- ✓ انتقال ساعت مصرف لوازم پرمصرف غیر ضرور به ساعت کم باری شبکه توزیع برق.
- ✓ استفاده از پانزده دقیقه خاموشی در ازای چهل و پنج دقیقه استفاده از پنکه، کولر گازی و کولر آبی.

جدول ۳ داده های هواشناسی (سازمان هواشناسی کشور)

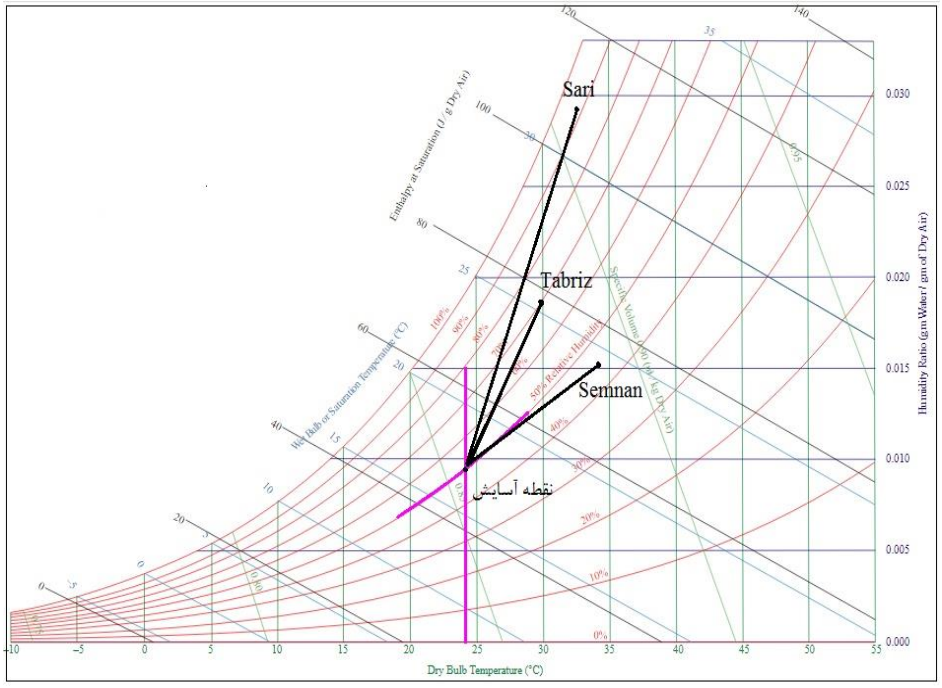
شهر	دما (درجه سلسیوس)						میانگین رطوبت نسبی (درصد)	
	میانگین بیشینه	میانگین کمینه	میانگین	پایین ترین کمینه	بالاترین بیشینه	بیشینه	کمینه
تبریز	۱۹.۸	۸.۲	۱٤	-۱٤.۸	٤۰.۲	٦۹.٤	۳٤.۷
ساری	۲۳.۲	۱٤	۱۸.٦	-۱.٤	٤۲.٦	۹۳.۱	٦۱.۱
سمنان	۲۵	۱٤	۱۹.۵	-۵.٦	٤۲.٦	٤۵.۸	۲۱.۵

منبع: مرکز آمار ایران

تجریه و تحلیل داده ها

میزان توان مصرفی برق خانوار مطابق با توان و میزان ساعت مصرفی لوازم برقی بر حسب نظر کارشناسان مرتبط در شرایط معمول مصرف در کنتورهای یک زمانه آنالوگ و سه زمانه دیجیتال در سه شهر تبریز، ساری و سمنان و بر اساس طرح تابستانی برآورد شده است. نکته حائز اهمیت در برآورد برق مصرفی، افزایش برق‌بها در استفاده از کنتورهای سه تعرفه نسبت به کنتورهای یک تعرفه است. نتایج میزان مصرف در جدول شماره ٤ به تفکیک لوازم برقی خانگی نشان داده شده است.

با اجرای سیستم مدیریت انرژی ساختمان در همان شرایط نتایج در جدول شماره ۵ نشان داده شده است.



شکل ۱ نمودار سایکرومتریک شهرهای مورد مطالعه

اجرای طرح زمستانی به نسبت مقایسه با طرح تابستانی شامل حذف لوازم سرمایشی و کاهش کارکرد یخچال و فریزر و افزایش توان روشنایی است که جداول تفکیکی آن به خاطر اختلاف ناچیز توان مصرفی در قبل و بعد سیستم مدیریت انرژی ساختمان ارائه نشده است ولی برق بهای آن محاسبه و در جدول ٦ نشان داده شده است.

جدول٤ میزان برق مصرفی در کنتور های سه و تک تعرفه- قبل از اصلاح الگوی مصرف- طرح تابستانی

ردیف	نام وسیله	متوسط توان مصرفی لحظه ای (وات)	سه تعرفه						یک تعرفه	
			میان باری (ساعت ۲۰-۸)		اوج باری (ساعت۲٤-۲۰)		کم باری (ساعت ۸-۲٤)			
			ساعت مصرف	وات ساعت	ساعت مصرف	وات ساعت	ساعت مصرف	وات ساعت	ساعت مصرف	وات ساعت
١	لامپ هال 120 LED	١٢٠	٦	٧٢٠	٤	٤٨٠	–	–	١٠	١٢٠٠
٢	لامپ خواب ١30 LED	٣٠	٦	١٨٠	٤	١٢٠	–	–	١٠	٣٠٠
٣	لامپ خواب ٢30 LED	٣٠	٦	١٨٠	٤	١٢٠	–	–	١٠	٣٠٠
٤	لامپ آشپزخانه30 LED	٣٠	٦	١٨٠	٤	٩٠	–	–	١٠	٣٠٠
٥	لامپ سرویس های بهداشتی	١٠	٣	٣٠	٢	٢٠	١	١٠	٦	٦٠
٦	تلویزیون LCD 40	١٠٠	٦	٦٠٠	٤	٤٠٠	–	–	١٠	١٠٠٠
٧	یخچال ١٦ فوت	٣٠٠	٧	٢١٠٠	٢	٦٠٠	٣	٩٠٠	١٢	٣٦٠٠
٨	فریزر	٢٠٠	٥	١٠٠٠	٢	٤٠٠	٣	٦٠٠	١٠	٢٠٠٠
٩	ماشین لباسشویی	٢٥٠٠	–	–	١	٢٥٠٠	–	–	١	٢٥٠٠
١٠	ماشین ظرفشویی	٢٠٠٠	–	–	١	٢٠٠٠	–	–	١	٢٠٠٠
١١	جاروبرقی	١٠٠٠	١	١٠٠٠	–	–	–	–	١	١٠٠٠
١٢	اتو بخار	١٨٠٠	–	–	١	١٨٠٠	–	–	١	١٨٠٠
١٣	پنکه (تبریز)	٢٥٠	١٢	٣٠٠٠	٤	١٠٠٠	٢	٥٠٠	١٨	٤٥٠٠
١٤	کولر گازی (ساری)	٣٠٠٠	١٢	٣٦٠٠٠	٤	١٢٠٠٠	٢	٦٠٠٠	١٨	٥٤٠٠٠
١٥	کولر آبی (سمنان)	٨٠٠	١٢	٩٦٠٠	٤	٣٢٠٠	٢	١٦٠٠	١٨	١٤٤٠٠
١٦	متفرقه	٥٠٠	١	٥٠٠	–	–	–	–	٥	٥٠٠
جمع متوسط انرژی مصرفی روزانه بر حسب کیلو وات ساعت	تبریز			٩.٤٩		٩.٥٣		٢.٠١		٢١.٠٦
	ساری			٤٢.٤٩		٢٠.٥٣		٧.٥١		٧٠.٥٦
	سمنان			١٦.٠٩		١١.٧٣		٣.١١		٣٠.٩٦
جمع مصرفی ماهانه بر حسب کیلو وات ساعت	تبریز			٢٩٤		٢٩٦		٦٣		٦٥٣
	ساری			١٣١٧		٦٣٧		٢٣٣		٢١٨٧
	سمنان			٤٩٩		٣٦٤		٩٧		٩٦٠

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۵ میزان برق مصرفی در کنتور های سه تعرفه – بعد از اصلاح الگوی مصرف– طرح تابستانی

ردیف	نام وسیله	متوسط توان مصرف لحظه ای (وات)	سه تعرفه					
			میان باری (ساعت ۲۰–۸)		اوج باری (ساعت ۲٤–۲۰)		کم باری (ساعت ۸–۲٤)	
			ساعت مصرف	وات ساعت	ساعت مصرف	وات ساعت	ساعت مصرف	وات ساعت
۱	لامپ هال(۱)60 LED	٦۰	٦	۳٦۰	٤	۲٤۰	۲	۱۲۰
	لامپ هال(۲)60 LED	٦۰	۲	۱۲۰	٤	۲٤۰	–	–
۲	لامپ خواب ۱30 LED	۳۰	٦	۱۸۰	۳	۹۰	–	–
۳	لامپ خواب ۲30 LED	۳۰	٦	۱۸۰	۳	۹۰	–	–
٤	لامپ آشپزخانه30 LED	۳۰	٦	۱۸۰	۳	۹۰	–	–
۵	لامپ سرویس های بهداشتی	۱۰	۳	۳۰	۲	۲۰	۱	۱۰
٦	تلویزیون 40 LCD	۱۰۰	٦	٦۰۰	٤	٤۰۰	–	–
۷	یخچال ۱٦ فوت	۳۰۰	٦	۱۸۰۰	۱.۵	٤۵۰	۲.۵	۷۵۰
۸	فریزر	۲۰۰	٤	۸۰۰	۱.۵	۳۰۰	۲.۵	۵۰۰
۹	ماشین لباسشویی	۲۵۰۰	–	–	–	–	۱	۲۵۰۰
۱۰	ماشین ظرفشویی	۲۰۰۰	–	–	–	–	۱	۲۰۰۰
۱۱	جاروبرقی	۱۰۰۰	–	–	–	–	۱	۱۰۰۰
۱۲	اتو بخار	۱۸۰۰	–	–	–	–	۱	۱۸۰۰
۱۳	پنکه	۲۵۰	۹	۲۲۵۰	۳	۷۵۰	۱.۵	۳۷۵
۱٤	کولر گازی	۳۰۰۰	۹	۲۷۰۰۰	۳	۹۰۰۰	۱.۵	٤۵۰۰
۱۵	کولر آبی	۸۰۰	۹	۷۲۰۰	۳	۲٤۰۰	۱.۵	۱۲۰۰
۱٦	متفرقه	۵۰۰	۱	۵۰۰	–	–	–	–
جمع متوسط انرژی مصرفی روزانه بر حسب کیلو وات ساعت		تبریز		۷.۰۰		۲.٦۷		۹.۰۵۵
		ساری		۳۱.۷۵		۱۰.۹۲		۱۳.۱۸
		سمنان		۱۱.۹۵		٤.۳۲		۹.۸۸
جمع مصرفی ماهانه بر حسب کیلو وات ساعت		تبریز		۲۱۷		۸۳		۲۸۱
		ساری		۹۸٤		۳۳۹		٤۰۹
		سمنان		۳۷۰		۱۳٤		۳۰٦

منبع:محاسبات تحقیق

بر اساس میزان مصرفی ماهانه مشترکین (خانوار) و با نرم افزار محاسبه آسان شرکت توانیر وابسته صورت حساب مصرف برق خانگی شرکت توانیر[1]، مطابق جدول جدول ٦ برق بهای خانوار در تابستانی محاسبه شده است.

جدول ٦ برآورد برق بها با الگوی سیستم مدیریت انرژی ساختمان

شهر	طرح تابستانی			طرح زمستانی		
	یک تعرفه	سه تعرفه		یک تعرفه	سه تعرفه	
		قبل از اصلاح	بعد از اصلاح		قبل از اصلاح	بعد از اصلاح
تبریز	٢,٧٩٠,٦٤٦	٣,٠٧٨,٠١٧	٢,٠٧٦,٨٤٦	١,٤٧٤,٨٣١	١,٦٠٤,١٢١	١,٢٥٨,٤٨٣
ساری	١٦,٢٥٣,٧١٣	١٦,٦٣٠,٧١٨	١١,٩٠٩,٦١٩	١,٤٧٤,٨٣١	١,٦٠٤,١٢١	١,٢٥٨,٤٨٣
سمنان	٥,٧٨٧,٤٤٨	٦,١٣٠,٢٢٩	٤,٣٠٢,٥٦٩	١,٤٧٤,٨٣١	١,٦٠٤,١٢١	١,٢٥٨,٤٨٣

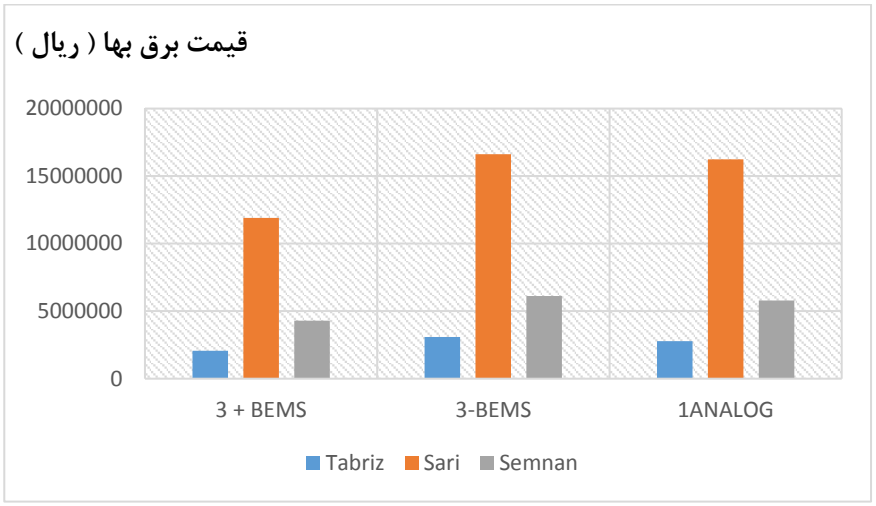
منبع: محاسبات تحقیق

بر اساس جدول شماره ٦ و نمودار استخراج شده شکل ٢ در طرح تابستانی و بر اساس برق بها اختلاف مشهودی بین اقلیم‌های متفاوت آب و هوایی در سبد هزینه خانوار است. برای شهر ساری بیشترین و تبریز کمترین سهم در سبد هزینه خانوار دارد. برای شهرهای شرجی و با دمای بیش از دمای نقطه آسایش ضرورت به‌کارگیری سیستم مدیریت انرژی ساختمان برای کاهش برق بها ضروری می‌باشد. با اجرای سیستم مدیریت انرژی ساختمان شهر تبریز با ٣٣ درصد و شهر ساری ٣٠ درصد و شهر سمنان ٢٩ درصد کاهش در برق بها دارند ولی هزینه بهای برق در تبریز نقش اساسی در سبد هزینه خانوار ندارد.

بر اساس جدول شماره ٦ و نمودار استخراج شده شکل ٣ در طرح زمستانی و با حذف وسایل سرمایشی و تعرفه یکسان سه شهر در سامانه شرکت توزیع برق کشور، هزینه یرق بها یکسان است. اجرای سیستم مدیریت انرژی ساختمان در طرح زمستانی منجر به کاهش ٢٢درصدی از هزینه برق بها می‌شود در صورتی که برای شهر ساری هزینه برق دوره تابستان بیش از ١٠ برابر دوره زمستان می‌باشد. بنابراین کاهش ٢٢ درصدی از برق بهای دوره زمستان برابر ٧ درصد کاهش هزینه در دوره تابستان است.

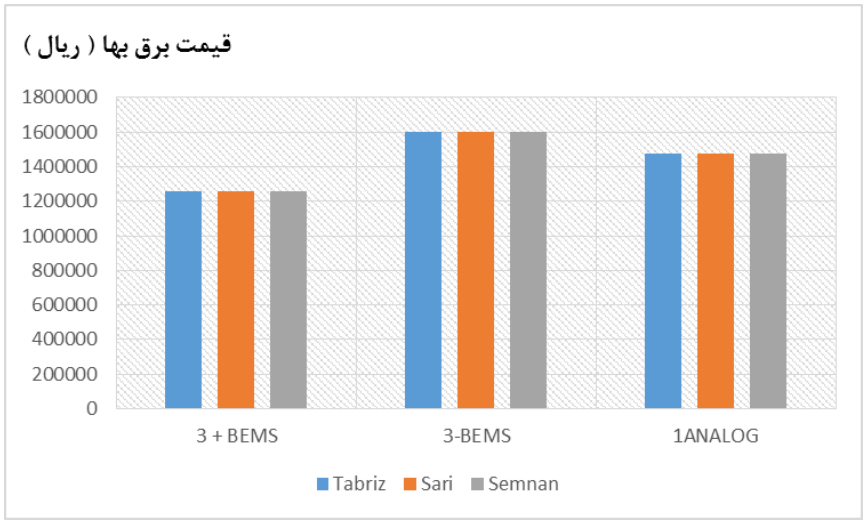
1. https://bahaye_bargh.tavanir.org.ir/sr.html

شکل۲ نمودار مقایسه ای هزینه بها برق در طرح تابستانی



منبع: محاسبات تحقیق

شکل۳ نمودار مقایسه ای هزینه بها برق در طرح زمستانی



منبع: محاسبات تحقیق

نتیجه گیری

با گسترش گرمایش جهانی کره زمین و افزایش بکارگیری لوازم برقی در ساختمان ضرورت بکارگیری سیستم مدیریت انرژی ساختمان برای کاهش برق بها روز به روز افزایش می‌یابد. بر اساس محاسبات انجام شده پژوهش،

شهر ساری با شرایط اقلیمی گرم و شرجی و رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد و دمای بیشتر از ۲٤ درجه سانتیگراد (نقطه آسایش)، نسبت به سایر اقلیم بیشترین تاثیر را در سبد هزینه اقتصادی خانوار دارد. بنابراین ضرورت به کارگیری سیستم مدیریت انرژی ساختمان بیش از اقلیم‌های دیگر در اقلیم‌های گرم و شرجی ضرورت دارد. با اجرای سیستم بهینه مصرف در دوره تابستانی بیشترین درصد کاهش برای شهر تبریز و با ۳۳ درصد بوده است و با توجه به سهم کمتر برق بهای تبریز در سبد هزینه خانوار نسیت به ساری و سمنان این کاهش حداکثری از ضرورت بکارگیری سیستم در اقلیم‌های شرجی نمی‌کاهد. در دوره طرح زمستانی و با حذف وسایل سرمایشی و تعرفه هزینه یکسان سه شهر در سامانه شرکت توزیع برق کشور، هزینه برق بها یکسان می‌باشد. برق بها در شهر ساری نسبت به طرح تابستانی ۹۰ درصد کاهش می‌یابد که از اهمیت نحوه مصرف انرژی در تابستان می‌باشد. در همه طرح ها آموزش و فرهنگ استفاده بهینه از لوازم برقی و انرژی نقش اساسی در بهبود اقتصاد خانوار و کشور دارد.

منابع:

ابونوری، اسمعیل؛ و دلفان، نسرین (۱۳۹۸). اثر اجرای هدفمندی یارانه ها بر نابرابری توزیع مصرف برق خانوار های استان سمنان، فصلنامه سیاست های مالی و اقتصادی، شماره ۲٦ :۲۱۱-۱۸۵.

اسدی مهماندوستی، الهه (۱۳۸۸). لزوم و چگونگی اصلاح الگوی مصرف و یارانه‌های فرآورده‌های نفتی و سنجش آثار تورمی آن، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، دوره ٦ ، شماره ۲۰ : ۱٤۰-۱۲۱.

اکبری, نعمت الله؛ طالبی, هوشنگ؛ و جلائی, اعظم (۱۳۹۵). بررسی عوامل اجتماعی و فرهنگی مؤثر بر مصرف انرژی خانوار پس از اجرای قانون هدفمندسازی یارانه‌ها (مطالعه موردی: شهر اصفهان)، جامعه شناسی کاربردی، دوره ۲۷، شماره ٤ – شماره پیاپی ٦٤: ۱-۲٦.

امیدوار, روزبه؛ تبریزیان, محمد؛ و شاهمیرزاد, حمیدرضا (۱٤۰۰). کاربرد یک روش چندهدفه کاربرمحور جهت مدیریت انرژی در خانه هوشمند با حفظ حریم مصرف کنندگان. دو فصلنامه انرژی های تجدیدپذیر و نو, دوره ۸، شماره ۲, ۱۱-۲۰.

باکاک، رابرت (۱۳۸۱). ***مصرف***، ترجمه: صبری، خسرو تهران: شیرازه.

باقری, وحیده؛ و نژاد ابراهیمی, احد (۱۳۹۷). بهینه‌سازی انرژی در طراحی نمای ساختمان با تأکید بر رویکرد مهندسی ارزش (مطالعه موردی: مجموعه تجاری- اقامتی امید مشهد)، فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای، دوره ۸، شماره ۲ – شماره پیاپی ۳۰: ۱۹۵-۲۰۷.

تقی خانی، محمد علی؛ و ماندگار نیک، محسن (۱۳۹۸). تأثیر خانه‌های هوشمند در مدیریت و کاهش مصرف انرژی الکتریکی. مهندسی و مدیریت انرژی. دوره ۹، شماره ۲ :۸۵-۷٤.

خزایی, مصطفی, مسلمی, آرمان. (۱۳۹۷). سنجش پایداری توسعه شهر تبریز با روش جای پای اکولوژیکی. جغرافیا و روابط انسانی, ۱(۲), ٤۹۵-٤۷۹.

دهقان شبانی، زهرا (۱۳۸۵). ***تجزیه شدت انرژی در صنایع کشور طی دوره زمانی (۱۳۸۲-۱۳۷٤)***، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته اقتصاد، دانشگاه اصفهان.

زرین, لیلا؛ مفیدی شمیرانی, سید مجید؛ و طاهباز, منصوره (۱٤۰۱). الگوهای معماری پایدار مسکن بومی اقلیم گرم و خشک و سرد با معیار تناسبات کالبدی (نمونه موردی: میان اقلیم BW و Ds)، فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای)، دوره ۱۲، شماره ۲ – شماره پیاپی ٤٦: ۷۵۷-۷۷۳.

سماواتی, الهام (۱۳۹۵). مدیریت انرژی ساختمان هوشمند با تغذیه‌ی منابع تجدیدپذیر، دو فصلنامه انرژی های تجدیدپذیر و نو، دوره ۳، شماره ۱ – شماره پیاپی ۵: ٤۵-۵۰.

شجاعی، معصومه، غازی، ساناز؛ و بیرانوند، مهتاب (۱۳۹۲). انجام مطالعات اقتصادی و زیست محیطی نیروگاه های فسیلی و هسته ای و ارائه گزینه بهینه. اقتصاد مالی (اقتصاد مالی و توسعه)، دوره ۷ ، شماره ۲۲: ۲۷-٤۸.

فطرس، محمدحسن؛ و براتی، جواد (۱۳۹۰). *تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی به* بخش‌های اقتصادی ایران؛ یک تحلیل تجزیه شاخص، ***فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی***، دوره ۸ , شماره ۲۸: ٤۹-۷۳.

کاویانی، محمدرضا (۱۳۷۲). بررسی نقشه زیست اقلیمی ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. دوره ۸ , شماره ۱ شماره پیاپی ۲۸: ۷۷ – ۱۰۸.

کریم زاده, سارا؛ لشکری, حسن؛ برنا, رضا؛ و ولی شریعت پناهی, مجید (۱٤۰۰). بررسی میزان انطباق جهت معماری ساختمان های قدیم و جدید شهر سقز از منظر اقلیمی. فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای، دوره ۱۱، شماره ٤ – شماره پیاپی ٤٤ : ۱۸۳-۲۰۹.

مزیدی, احمد؛ امیدوار, کمال؛ ملک احمدی, عاطفه؛ و حسینی, سید سلام (۱٤۰۰). ارزیابی شاخص های زیست اقلیمی موثر برآسایش انسان (مطالعه موردی: شهر ارومیه)، جغرافیا و روابط انسانی، دوره ٤، شماره ۲ – شماره پیاپی ۱٤ : ۱۵۵-۱۷۵.

مشیری, سعید؛ و شاهمرادی, اکبر (۱۳۸۵). برآورد تقاضای گاز طبیعی و برق خانوارهای کشور: مطالعه خرد مبتنی بر بودجه خانوار، مجله تحقیقات اقتصادی, دوره ٤۱، شماره ۱ – شماره پیاپی ۷۲ : ۳۰۵-۳۳۵.

مظفری نژاد, آرین؛ مفیدی شمیرانی, سید مجید؛ و فیاض, ریما (۱٤۰۱). بررسی انرژی نهفته در ساختمان مبتنی بر توسعه پایدار در اقلیم شهر تهران، فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای)، دوره ۱۲، شماره ۳ – شماره پیاپی ٤۷: ٤۷۰-٤۸۳.

مرادی, محمد رضا؛ صلواتی, عادل؛ و شافعی, رضا (۱٤۰۱). بررسی و شناسایی عوامل علّی، زمینه‌ای و مداخله‌گر موثر بر ارتقاء رضایتمندی مشترکین برق با محوریت منطقه غرب کشور، فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای)، دوره ۱۲، شماره ۳ – شماره پیاپی ٤۷: ٥٤۰–٥۲٤.

مهدوی عادلی، محمد حسین؛ سلیمی فر، مصطفی؛ و قزلباش، اعظم (۱۳۹۳). ارزیابی اقتصادی استفاده از انرژی برق خورشیدی (فتوولتائیک) و برق فسیلی در مصارف خانگی (مطالعه موردی مجتمع سه واحدی در شهرستان مشهد)، مجله علمی پژوهشی سیاستگذاری اقتصادی، دوره ٦، شماره ۱۱ – شماره پیاپی ۱۱: ۱٤۷–۱۲۳.

ورهرامی، ویدا؛ و موحدیان، مهرنوش (۱۳۹٦). برازش تابع تقاضای برق بخش خانگی شهرستان های منتخب استان تهران با استفاده از روش پنل پویا، پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)، شماره۲: ۱٤٤–۱۲۱.

وکیل الرعایا، وحید (۱۳۸۸). کتاب مرجع محاسبات تاسیسات مکانیکی ساختمان (چاپ سوم). انتشارات صانعی شهمیرزادی.

Wacks, K. (1991). Utility Load Management Using Home Automation, IEEE Transactions on Consumer Electronics, 37, 168–174.

https://bahaye_bargh.tavanir.org.ir/

https://www.amar.org.ir/