Archive of SID

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
HVACconf-IRSHRAE-1-091

برآورد میزان انرژی گرمایش و سرمایش بخش خانگی کشور در مناطق مختلف به روش پیشرو و بهره‌مندی تکنولوژی

علی نوروزی، آبتین عطایی
گروه مهندسی انرژی، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده:
بخش خانگی یکی از پر مصرفترین بخش‌های تقاضای انرژی می‌باشد بطوریکه تقاضای انرژی در بخش خانگی، بیش از ۳۳ درصد مصرف انرژی نهایی در کشور را در سال ۱۳۹۱ تشکیل می‌دهد. با توجه به تفاوت چشمگیر ویژگی‌های آب و هوایی مناطق مختلف کشور و همچنین ویژگی‌های مختلف نوع بنای ساختمان، مصالح بکاربرده شده و تجهیزات بکارگرفته شده در ساختمان، تعیین میزان مصرف انرژی مفید در بخش خانگی را مشکل می‌سازد. در این مقاله با بکار گیری مدل پیشرو و ترکیب آن با مدلسازی تقاضای انرژی مفید، میزان انرژی گرمایش و سرمایش در مناطق شهری و روستای و در استان‌های مختلف محاسبه شده است. نتایج، تقاضای انرژی مفید گرمایش و سرمایش در مناطق مختلف و در بخش‌های شهری و روستایی را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: تقاضای انرژی مفید گرمایش و سرمایش، انرژی مفید بخش خانگی، مدلسازی انرژی، مدل پیشرو

۱- مقدمه

بخش خانگی یکی از پر مصرفترین بخش‌های تقاضای انرژی می‌باشد. بطوریکه تقاضای انرژی مفید در بخش خانگی، بیش از ۳۳ درصد مصرف انرژی نهایی در کشور را تشکیل می‌دهد[۱]. در جدول (۱) میزان مصرف انرژی نهایی و در بخش‌های مختلف و سهم هر بخش را در سال‌های اخیر، نشان می‌دهد. نتیجه بررسی و ارزیابی میزان مصارف انرژی در این بخش به تفکیک انواع مختلف تقاضای انرژی از قبیل گرمایش محیط، گرمایش آب، پخت و پز، روشنایی و غیره می‌تواند در شناخت ما از مصارف را تقویت نماید تا بتوان سیاست‌های مناسبی در راستای مصرف بهینه و بهبود الگوی مصرف انرژی در پیش گرفت.

www.Hvacconf.ir
www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
HVACconf-IRSHRAE-1-091

جدول(۱)- مصرف انرژی نهایی در بخش‌های مختلف و سهم هر بخش در مصرف انرژی نهایی[۱].

واحد: میلیون بشکه معادل نفت‌خام در سال

	۱۳۸۸	درصد	۱۳۸۹	درصد	۱۳۹۰	درصد	۱۳۹۱	درصد
خانگی	۳۴۶/۲۵		۳۳۶/۱۱	۲۷/۷۷	۳۵۸/۱	۲۹/۱۳	۳۳۳/۸۸	۲۷/۴۵
و-تجاری، خدماتی عمومی	۷۶/۳۰	۲۷/۵۱ ۶/۰۶	۷۷/۱۱	۶/۳۷	۷۰/۰۸	۵/۷	۶۷/۷۸	۵/۵۷
حمل و نقل	۲۷۵/۹۸	۲۱/۹۳	۲۸۷/۶۹	۲۳/۷۷	۲۹۴/۳۱	۲۳/۹۴	۳۰۳/۵۷	۲۴/۹۶
صنعتی	۲۸۸/۶	۲۲/۹۳	۳۰۳/۸۴	۲۵/۱	۳۱۴/۸۱	۲۵/۶۱	۳۱۳/۰۳	۲۵/۷۴
کشاورزی	۴۳/۱۲	۳/۴۳	۴۴/۹	۳/۷۱	۴۵/۶۸	۳/۷۲	۴۷/۹۹	۳/۹۵
خوراک پتروشیمی	۱۱۹/۶۴	۹/۵۱	۱۲۵/۷۴	۱۰/۳۹	۱۲۶/۴۶	۱۰/۲۹	۱۲۷/۴۳	۱۰/۴۸
زاسایر و غیر انرژی	۴۴/۵۹	۳/۵۴	۱۶/۶۴	۱/۳۷	۹/۸۲	۰/۸	۹/۳۹	۰/۷۷
مصارف نامشخص	۶۴	۵/۰۹	۱۸/۴۳	۱/۵۲	۱۰/۰۹	۰/۸۲	۱۳/۱۲	۱/۰۸
مصرف نهایی	**۱۲۵۸/۴۷**	۱۰۰	**۱۲۱۰/۴۷**	۱۰۰	**۱۲۲۹/۳۵**	۱۰۰	**۱۲۱۶/۲۱**	۱۰۰

مطالعات مختلف انجام شده نشان می‌دهد انرژی گرمایش محیط و آب مصرفی خانوار و سرمایش محیط، سهم قابل توجهی از تقاضای انرژی مفید در بخش خانگی را به خود اختصاص می‌دهد. در این مقاله برآورد انرژی مفید در انرژی مفید گرمایش محیط، انرژی گرمایش آب و سرمایش محیط در بخش خانگی خواهیم پرداخت.

۲- روش مدلسازی

در روش مدلسازی تقاضای انرژی بکار گرفته شده، در بخش خانگی فرض شده است که شرایط زندگی روی تقاضای انرژی اثر میگذارد. در این بخش نوع خانوار، مصرف انرژی در هر خانوار از مؤلفه‌های اصلی تعیین تقاضای انرژی هستند. در این روش، تقاضای انرژی بصورت انرژی مفید لازم مورد مطالعه قرار می‌گیرد و با محاسبه و تخمین انرژی مفید لازم، تقاضای برای انرژی نهائی از طریق لحاظ بازدهی فنی محاسبه می‌شود. معادله عمومی (۱) برای محاسبه تقاضای انرژی نهایی بکار می‌رود.

$$E_{fit} = \sum_{j} E_{ujt} \times M_{ijt} / \eta_{ijt} \qquad (۱)$$

E_{fit} تقاضای برای انرژی نهائی i در زمان t

E_{ujt} انرژی مفید j در زمان t

M_{ijt} ضریب نفوذ سوخت i برای تامین تقاضا برای انرژی مفید j

η_{ijt} راندمان سیستم در زمان t

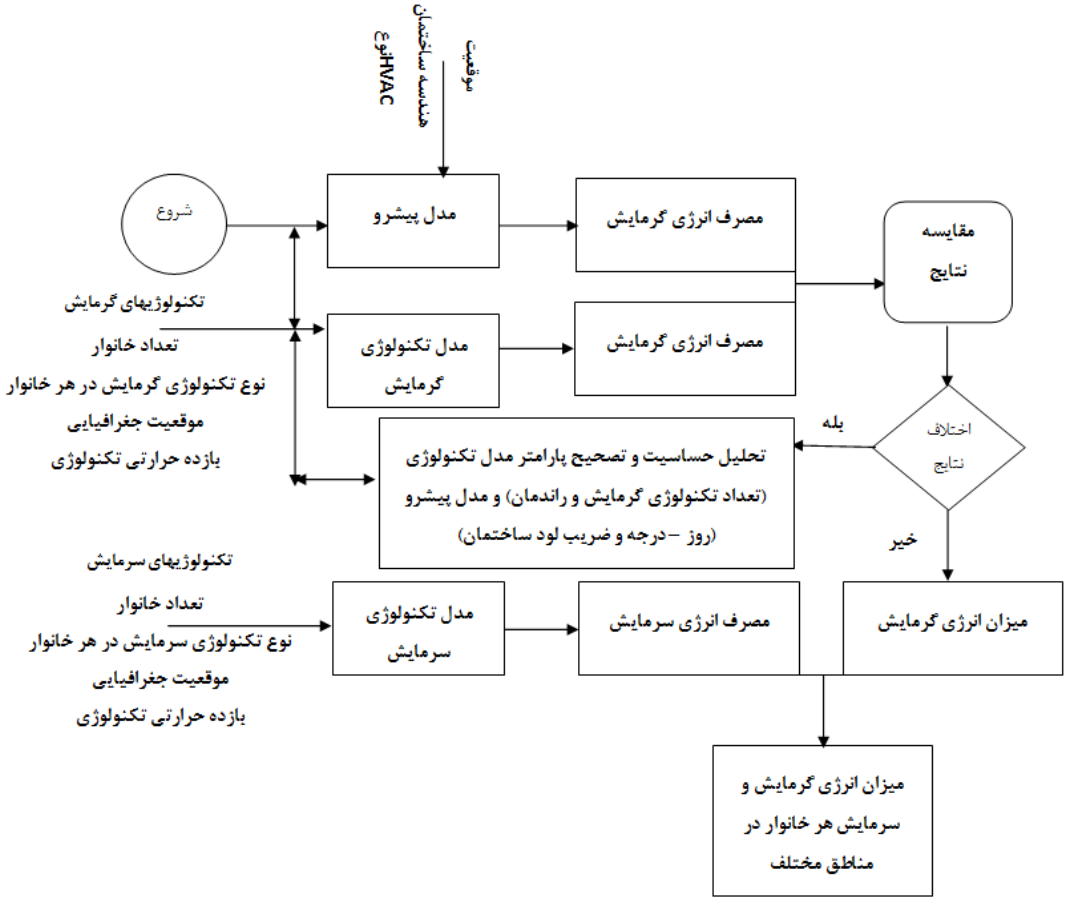
www.Hvacconf.ir
www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
HVACconf-IRSHRAE-1-091

تاثیر درآمد روی تقاضای انرژی در گروه بندی خانوارها و چگونگی جابجائی آن‌ها درگروهای مختلف هزینه ای منعکس می‌شود. بطور خلاصه می‌توان گفت مدلهای مبتنی بر تحلیل تقاضای انرژی مفید، ابزار سودمندی را برای تحلیل تاثیر ساختار اقتصادی روی تقاضای انرژی فراهم می‌کند.

در این مقاله مقدار انرژی مفید مورد نیاز، به ساختار و الگوی مصرف خانواده، وضعیت و شکل بناهای مسکونی، کیفیت و بازدهی تجهیزات مصرف کننده انرژی در بخش خانگی و مسایل مختلف اجتماعی و فرهنگی وابسته است. در این میان، سطح زندگی خانوار مهمترین عامل مؤثر بر تقاضای انرژی مفید و نهائی در بخش خانگی است. سطح زندگی و رفاه بیانگر درجه دسترسی خانوار به امکانات، تجهیزات و تسهیلات زندگی است و میزان مصرف انرژی خانواده به امکانات و تجهیزات در دسترس خانواده بستگی دارد. فلوچارت زیر نحوه مدلسازی برآورد بار گرمایش و سرمایش را نشان می‌دهد:



۳- روش برآورد انرژی مفید

با توجه به آماری موجود و کارهای مشابه انجام شده در این زمینه، بخش بندی خانوادهها به دو گروه خانوادههای شهری و خانواده های روستایی، تفکیک مناسبی برای گروه بندی اولیه می‌باشد. تفاوت سطح زندگی، وسایل خانگی، رفتارهای اجتماعی و مسائل فرهنگی ما بین خانوادههای شهری و روستایی، ایجاب می‌کند که در بررسی تقاضای نهایی و روند رشد آن، به این دو بخش به تفکیک

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
HVACconf-IRSHRAE-1-091

نگریسته شود. محاسبات مربوط به برآورد انرژی مفید گرمایش محیط، انرژی گرمایش آب و سرمایش محیط برای استان‌های مختلف کشور انجام می‌گیرد. جداول (۲)، گروه بندی خانوار بر اساس هزینه‌های سالیانه و درصد خانوار را در هر یک از گروه‌ها در سال ۱۳۹۲برای کل کشور را نشان می‌دهد.

جدول (۲)- تقسیم بندی گروه‌ها بر اساس گروه‌های هزینه‌ایی در هر یک از مناطق شهری و روستایی[۲].

گروه	هزینه سالانه خانوار شهری	درصد خانوار
گروه اول	۴۵۰۰۰ هزار ریال و کمتر	۲/۵۵
گروه دوم	۴۵۰۰۱ هزار تا ۶۰۰۰۰ هزار ریال	۲/۳۵
گروه سوم	۶۰۰۰۱ هزار ریال تا ۷۵۰۰۰ هزارریال	۳/۹۱
گروه چهارم	۷۵۰۰۱ هزار ریال تا ۹۰۰۰۰ هزارریال	۵/۵۰
گروه پنجم	۹۰۰۰۱ هزار ریال تا ۱۰۰۰۰۰ هزارریال	۴/۴۰
گروه ششم	۱۰۰۰۰۱ هزار ریال تا ۱۲۰۰۰۰ هزارریال	۹/۰۳
گروه هفتم	۱۲۰۰۰۱ هزار ریال تا ۱۴۰۰۰۰ هزارریال	۹/۹۵
گروه هشتم	۱۴۰۰۰۱ هزار ریال تا ۱۶۵۰۰۰ هزارریال	۱۰/۷۶
گروه نهم	۱۶۰۰۰۱ هزار ریال تا ۱۹۵۰۰۰ هزارریال	۱۰/۸۶
گروه دهم	۱۹۵۰۰۱ هزار ریال و بیش تر	۴۰/۶۸

گروه	هزینه سالانه خانوار روستایی	درصد خانوار
گروه اول	۱۹۵۰۰ هزار ریال و کمتر	۱/۸۳
گروه دوم	۱۹۵۰۱ هزار تا ۳۰۰۰۰ هزار ریال	۲/۵۱
گروه سوم	۳۰۰۰۱ هزار ریال تا ۴۵۰۰۰ هزارریال	۵/۷۴
گروه چهارم	۴۵۰۰۱ هزار ریال تا ۶۰۰۰۰ هزارریال	۷/۹۶
گروه پنجم	۶۰۰۰۱ هزار ریال تا ۷۵۰۰۰ هزارریال	۹/۱۶
گروه ششم	۷۵۰۰۱ هزار ریال تا ۹۰۰۰۰ هزارریال	۱۰/۳۳
گروه هفتم	۹۰۰۰۱ هزار ریال تا ۱۲۰۰۰۰ هزارریال	۱۹/۳۵
گروه هشتم	۱۲۰۰۰۱ هزار ریال تا ۱۵۰۰۰۰ هزارریال	۱۴/۳۳
گروه نهم	۱۵۰۰۰۱ هزار ریال تا ۱۶۵۰۰۰ هزارریال	۵/۳۸
گروه دهم	۱۶۵۰۰۱ هزار ریال و بیش تر	۲۳/۴۲

۳-۱ برآورد انرژی مفید گرمایش محیط در بخش خانگی

برای برآورد تقاضای انرژی مفید، در حالت کلی از رابطهٔ (۲) استفاده می‌شود.

www.Hvacconf.ir

www.SID.ir

Archive of SID

$$E_{i,j} = E'_{i,j} * N * P_i \qquad (۲)$$

$E_{i,j}$ تقاضای انرژی مفید برای خانوار گروه i و به منظور j (مثلا پخت و پز، گرمایش، روشنایی و غیره)

$E'_{i,j}$ تقاضای انرژی مفید از نوع j به ازای هر واحد خانوار از گروه i

N کل تعداد خانوار

P_i سهم تعداد خانوار گروه هزینه ای i در کل تعداد خانوار

برای برآورد تعداد خانواده‌های متعلق به هر یک از گروه‌های هزینه در بخش‌های شهری و روستایی با توجه به آمار برداری‌های نمونه ای که در استانهای مختلف کشور و توسط مرکز آمار ایران انجام شده است می تـــوان درصد خانواده‌های متعلق به هر گروه و از آنجا کل خانواده‌های متعلق به گروه‌های مختلف هزینه‌ای را در هر یک از نقاط جغرافیایی بدست آورد. این داده‌ها مربوط به سال ۱۳۹۲ می‌باشد. در این مقاله صرفا داده‌های مربوط به کل کشور در هر دو بخش شهری و روستایی ارائه شده است و از ارائه داده‌های استانهای مختلف بدلیل حجیم بودن آنها اجتناب شده است. جهت برآورد انرژی مفید گرمایش محیط ($E'_{i,j}$) از تکنیک‌های مختلف استفاده می‌گردد. یکی از این روش‌ها، محاسبه انرژی مفید با در نظر گرفتن انواع تکنولوژی‌های گرمایش محیط و آمارهای مربوط میباشد. بکار گیری تکنولوژی‌های گرمایش یکی از روش‌های عمده‌ای می‌باشد که در برآورد انرژی مفید بکار می‌رود. این روش نشانگر وضعیت واقعی تقاضای انرژی مفید می‌باشد. روش دیگر تخمین انرژی مفید از روش برآورد بار حرارتی با استفاده از روابط انتقال حرارت که به روش درجه-روز معروف است، می‌باشد. در این روش استانداردی برای دمای مطلوب خانوار تعریف می‌گردد که خانوار با استفاده از وسایل گرمایش دمای اتاق را در دمای مبنا و مطلوب خود در تعادل حرارتی با دمای بیرون نگه می‌دارد.

الف – روش تکنولوژی‌های گرمایش محیط: برای محاسبه میزان انرژی مفید گرمایشی از طریق برآورد تکنولوژی‌های گرمایش محیط، می‌بایست انواع وسائل گرمایشی و تعداد لوازم گرمایشی مشخص باشد. با توجه به اینکه مصرف انرژی به منطقه محل زندگی (روستائی و شهری) و هر یک از گروه‌های هزینه‌ای بستگی دارد، در نتیجه لازم است که نوع وسیله گرم کننده و تعداد آن در هر زیر گروه هزینه‌ای و منطقه جغرافیای آن تعیین گردد. نوع وسیله گرم کننده تعیین کننده میزان مصرف سوخت، توان مصرف کننده و بازده حرارتی آن وسیله می‌باشد. منطقه محل زندگی تعیین کننده میزان دسترسی به نوع سوخت مصرفی و نوع وسیله گرمایشی میباشد. وسائل مورد استفاده جهت گرمایش شامل: بخاری گازی، بخاری نفتی، حرارت مرکزی گازی، حرارت مرکزی گازوئیلی و بخاری برقی می‌باشد. با توجه به تعداد خانوارها در هر یک از گروه‌های هزینه‌ای و تعداد متوسط اتاق‌ها جهت گرم شدن در هر یک از گروهای هزینه‌ای، می‌توان تعداد بخاری‌های مورد نیاز خانواده را برآورد کرد. با توجه به میزان بهره‌مندی از گاز لوله کشی می‌توان تعداد بخاری‌های گازی و نفتی را تعیین کرد. با توجه به این موضوع که واحدهای مسکونی استفاده کننده از تاسیسات حرارت مرکزی نیاز به استفاده از بخاری نفتی و گازی ندارند، در این صورت تعداد کل بخاری‌های نفتی و گازی را می‌توان از روابط (۳) و (۴) برآورد کرد:

$$\text{تعداد بخاری گازی} = \sum_{i=1}^{10} (f_i \times r_i \times g_i - c \times Pf_i \times r_i \times g_i) \qquad (۳)$$

F_i تعداد متوسط خانوار در گروه i ام

r_i تعداد متوسط اتاق مورد نیاز برای گرم شدن در گروه i ام

g_i درصد بهره مندی از گاز در گروه i ام

c تعداد خانوار دارای تاسیسات مرکزی گرمایشی در ناحیه

www.Hvacconf.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Pf_i در صد خانوار در گروهi ام

$$\text{تعداد بخاری نفتی} = \sum_{i=1}^{10}(f_i \times r_i \times g_i' - c \times Pf_i \times r_i \times g_i') \quad (۴)$$

g_i' درصد عدم بهره مندی از گاز در گروهi ام

M_i تعداد متوسط خانوار یک واحد ساختمان مسکونی از تاسیسات حرارت مرکزی استفاده می‌نمایند

به همین روش نیز می‌توان تعداد تاسیسات حرارت مرکزی گازی و حرارت مرکزی گازوئیلی را با توجه روابط (۵) و (۶) تعیین کرد:

$$\text{تعداد تاسیسات حرارت مرکزی گازی} = \sum_{i=1}^{10}(c \times Pf_i \times g_i / M_i) \quad (۵)$$

$$\text{تعداد تاسیسات حرارت مرکزی گازوئیلی} = \sum_{i=1}^{10}(c \times Pf_i \times g_i' / M_i) \quad (۶)$$

جدول (۳) درصد بهره مندی خانوار شهری و روستایی از گاز لوله کشی را نشان می‌دهد و جداول (۴و۵) به ترتیب تعداد اتاق‌ها و تعداد حرارت مرکزی را در خانوارهای شهری و روستایی نشان می‌دهند.

www.Hvacconf.ir

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۳)-درصد خانوارهای بهره مند از گاز لوله کشی در گروه‌های هزینه‌ای مختلف (۱۳۹۲)[۲].

گروه / منطقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	کل
شهری	۸۵/۰۵	۸۳/۷۲	۸۹/۷۶	۸۹/۵۷	۹۱/۰۶	۹۱/۳۶	۹۲/۸۹	۹۲/۰۱	۹۲/۷۹	۹۴/۶۹	۹۲/۵۸
روستایی	۴۴/۰۰	۳۹/۵۱	۴۰/۱۳	۴۱/۸۷	۴۳/۵۴	۴۸/۴۱	۵۱/۷۹	۵۲/۲۴	۵۵/۹۰	۵۷/۹۳	۵۰/۵۰

جدول (۳)-تعداد متوسط اتاق‌ها در هر یک از خانوارهای شهری و روستایی در گروه‌های مختلف (۱۳۹۲)[۲].

گروه / منطقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	کل
شهری	۲/۸۰	۳/۰۱	۳/۰۱	۳/۱۸	۳/۲۶	۳/۳۵	۳/۴۸	۳/۵۶	۳/۶۸	۴/۰۳	۳/۶۵
روستایی	۲/۴۴	۲/۸۲	۳/۰۰	۳/۱۳	۳/۲۹	۳/۴۵	۳/۵۲	۳/۶۱	۳/۸۰	۴/۰۹	۳/۳۲

جدول (۴)-درصد خانوارهای بهره مند از سیستم حرارت مرکزی در گروه‌های مختلف (۱۳۹۲)[۲].

گروه / منطقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	کل
شهری	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۱۵	۰/۷۰	۰/۱۸	۰/۸۱	۱/۰۳	۱/۹۵	۱۱/۴۲	۵/۱۶
روستایی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۰۳

با توجه به تعداد وسائل گرمایشی بدست آمده و با داشتن توان متوسط و بازده متوسط حرارتی هر یک از وسائل گرمایشی و همچنین تعداد ساعات متوسط سالیانه استفاده از هر وسیله گرمایشی می‌توان انرژی مفید گرمایشی را بر حسب گیگا ژول، طبق رابطه (۷) برآورد نمود:

$$\text{انرژی مفیدگرمایشی} = N \times \overline{P} \times \overline{h} \times \overline{\eta} \times 3600 \times 10^{-6} (Gj) \qquad (۷)$$

N تعداد وسایل گرمایشی

$\overline{P}$ توان متوسط وسائل گرمایشی

$\overline{\eta}$ بازده متوسط حرارتی

$\overline{h}$ تعداد ساعات متوسط سالیانه

میزان توان متوسط مصرف انرژی و بازده بخاری طبق جدول (۶) توسط سازمان بهینه سازی ارائه شده است.

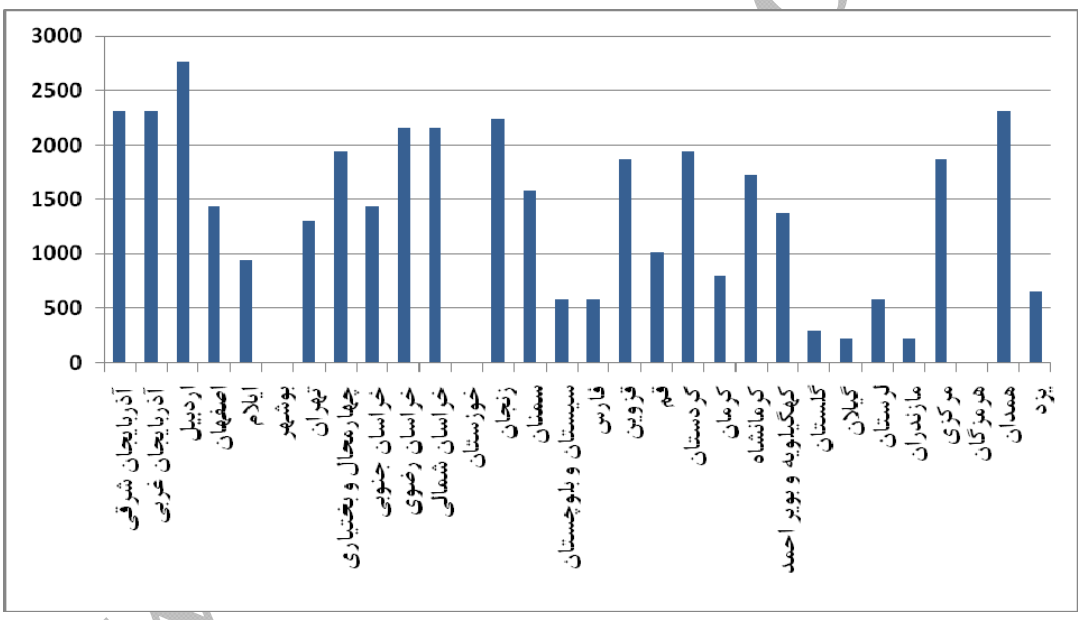
جدول (۶)- بازده حرارتی و توان متوسط وسایل گرمایش[۳].

www.SID.ir

Archive of SID

نوع محصول	راندمان حرارتی واقعی	متوسط توان حرارتی
بخاری گازی دودکش دار	٪۶۵	۲۳/۴۴مگاژول بر ساعت (۶/۵ کیلووات)
بخاری نفتی	٪۴۵ (دودکش دار)	۲۳/۴۴مگاژول بر ساعت (۶/۵ کیلووات)
حرارت مرکزی	٪۴۵	۳۵۰ مگاژول بر ساعت (۳۱/۴۴ کیلووات)

با توجه به این موضوع که استفاده از تجهیزات گرمایشی در روزهای سرد سال صورت می‌گیرد، با استفاده از میانگین دمای هر استان در روزهای مختلف سال که از گزارشات سازمان هواشناسی بدست می‌آید می‌توان میزان ساعات سرد سال را محاسبه نمود. نمودار (۱) مدت استفاده از تکنولوژی‌های گرمایش بر حسب ساعت در طول سال را در استان‌های مختلف نشان می‌دهد.



نمودار شکل (۱) - ساعات سرد سال برای استان‌های مختلف (۱۳۹۲)

ب- مدل پیشرو(Forward model): در مدل پیشرو، همانطوری که در شکل (۲) دیده می‌شود، پیش‌بینی‌های انرژی بر اساس توصیف فیزیکی یکی از سیستم‌های ساختمان مثل پیکربندی، موقعیت، جزئیات مصالح و نوع عملکرد سیستم HVAC انجام میگیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل(۲)- مدل پیشرو جهت برآورد مصرف انرژی گرمایشی[۵].

بطور کلی، روش‌های مدلسازی پیشرو مبتنی بر توصیف فیزیکی سیستم‌های انرژی ساختمان هستند. مدل‌های پیشرو را هم می‌توان برای تعیین مصارف نهایی انرژی و هم برای پیش‌بینی هرگونه صرفه‌جویی ناشی کاز راهکارهای صرفه‌جویی انرژی، بار برد. دو نوع از ابزارهای پیشرو حالت پایدار عبارتند از: روش درجه روز و روش bin.

۱-روش روز درجه

این روش‌ها، برای پیش‌بینی مصرف انرژی گرمایشی ساختمان از درجه روزهای فصلی محاسبه شده در یک دمای نقطه تنظیم مشخص (دمای تعادل) استفاده می‌کنند. عموماً، روش‌های درجه روز برای پیش‌بینی بار سرمایشی ساختمان مناسب نیستند.

در روش‌های درجه روز متغیر، برای پیش‌بینی مصرف انرژی فصلی جهت گرمایش ساختمان از فرمول (۸) استفاده می‌شود[۵]:

$$FU = \frac{24 * BLC * I * DD_H(T_b)}{\eta_H} \quad (۸)$$

که،

FU، مصرف سوخت را نشان می‌دهد

BLC، ضریب تلفات ساختمان که شامل اثر انتقال و نفوذ در بدنه ساختمان می‌شود واحد $Kw/m^3.^\circ C$.

I، فاکتور تصحیح است که شامل اثرات تنزل مصرف شبانه و ذخیره حرارت آزاد می‌باشد.

Tb، دمای تعادل گرمایشی ساختمان است.

DDH(Tb)، درجه روزهای گرمایشی محاسبه شده در دمای تعادل Tb است.

دمای تعادل برای همه ساختمان‌ها، ۱۸ درجه سانتیگراد (۶۵ درجه فارنهایت) در نظر گرفته شد. روز- درجه برای هر استان در نمودار شکل (۳) ارائه شده است.

ضرائب تلفات بر اساس نوع ساختمان در هر استان و هر گروه هزینه‌ای و با استفاده از جدول (۶) که نشانگر نوع مصالح استفاده شده در ساختمان می‌باشد را می‌توان محاسبه نمود. در این مقاله با توجه به ساختمان‌های نمونه مطالعه شده در سازمان بهره وری انرژی، یک رابطه غیر خطی بین ضریب بار کل یک ساختمان و زیر بنای ساختمان A، و بر اساس نوع مصالح بکار رفته در ساختمان مطابق فرمول (۹) بدست خواهد آمد:

(۹) برای بلوک سیمانی در کف و در دیوارها و بتن مسلح در سقف

$BLC=2.56 \times A + 35.76 \times A^{-1/2}$

برای ساختمان‌های آجری با استفاده از اسکلت فلزی و سقف چوبی

$BLC=3.7 \times A + 48.7 \times A^{-1/2}$

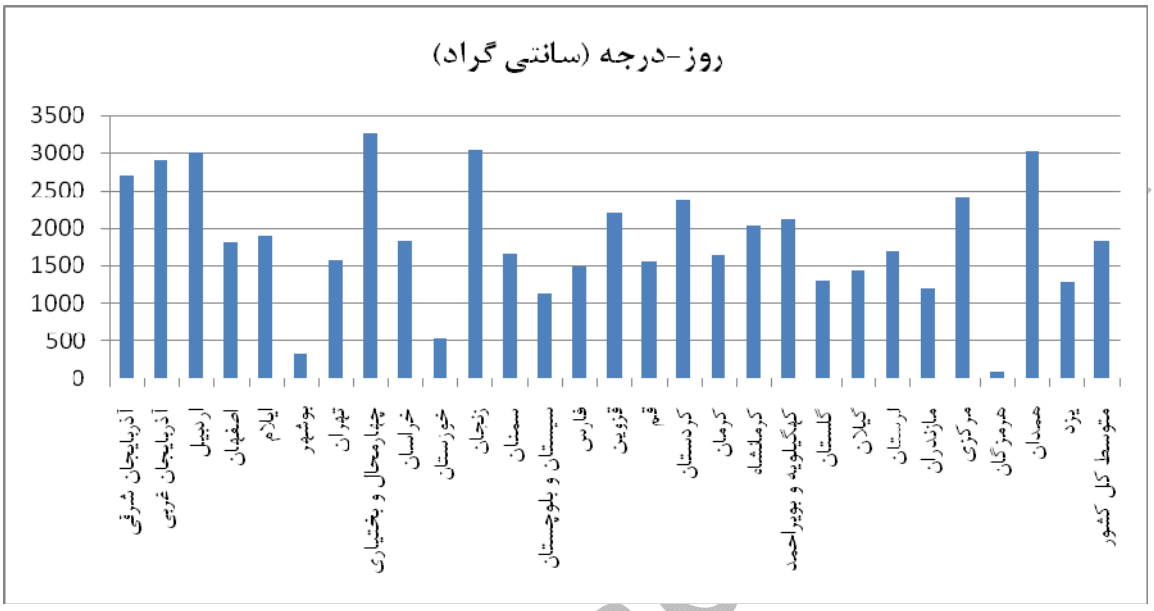
و برای ساختمان‌های روستایی خشتی و گل و سقف چوبی

$BLC=5.6 \times A + 55.1 \times A^{-1/2}$

www.Hvacconf.ir
www.SID.ir

Archive of SID

که مساحت زیر بنای هر ساختمان در جدول (۷) برای هر گروه هزینه‌ای و در بخش‌های روستای و شهری نشان داده شده است.



نمودار (۳) - میزان روز - درجه (سانتیگراد) را در استانهای کشور *(۱۳۹۲)*

جدول (۶) – درصد خانوارهای بهرمند از انواع مصالح بکار رفته در ساختمان برای کل کشور در گروه‌های هزینه‌ای شهری و روستایی (۱۳۹۲) [۲].

نوع اسکلت و مصالح عمده ساختمان	جمع	اسکلت فلزی	بتون آرمه	آجر و آهن یا سنگ و آهن	آجر و چوب یا سنگ و چوب	بلوک سیمانی	تمام آجر یا سنگ و آجر	تمام چوب	خشت و چوب	خشت و گل	سایر
شهری	۱۰۰	۲۶/۵۶	۱۴/۱۵	۴۶/۳۹	۳/۴۵	۳/۹۷	۰/۶	۰/۰۵	۰/۸۳	۰/۹۱	۳/۰۶
روستایی	۱۰۰	۵/۴۳	۷/۵۴	۴۱/۴۸	۱۷/۴۰	۱۲/۷۱	۰/۸۵	۰/۲۹	۷/۳۶	۳/۳۵	۳/۵۸

جدول (۷)- میانگین مساحت زیر بنا محل سکونت خانوار روستایی و شهری در گروه‌های مختلف (متر مربع) (۱۳۹۲)[۲].

خانوار شهری	میانگین زیر بنا	خانوار روستایی	میانگین زیر بنا

www.SID.ir

Archive of SID

کل	۸۷,۷۸۱
گروه اول	۵۴,۶۵۱
گروه دوم	۷۱,۷۳۵
گروه سوم	۷۷,۱۵۵
گروه چهارم	۸۳,۱۳۸
گروه پنجم	۸۹,۸۱۷
گروه ششم	۹۳,۹۸۳
گروه هفتم	۹۹,۳۶۶
گروه هشتم	۱۰۴,۰۲
گروه نهم	۱۱۲,۶۶
گروه دهم	۱۳۳,۳۳

کل	۸۳,۳۹۷
گروه اول	۴۹,۴۳
گروه دوم	۶۰,۳۵۸
گروه سوم	۶۶,۶۹۳
گروه چهارم	۷۳,۹۴
گروه پنجم	۷۸,۳۷۵
گروه ششم	۸۲,۲۷۱
گروه هفتم	۸۸,۹۸۷
گروه هشتم	۹۷,۶۲
گروه نهم	۱۰۵,۰۶
گروه دهم	۱۱۹,۹۷

۳-۲- برآورد انرژی مفید در سایر انواع مختلف تقاضای انرژی مفید

برای برآورد انرژی مفید گرمایش آب از رابطه (۱۰) استفاده می‌گردد که تعداد آبگرمکن‌های نفتی و گازی و همچنین تعداد تاسیسات حرارت مرکزی گازی و گازوئیلی مورد نیاز می‌باشد. تعداد وسائل گرمایش آب از درصد خانوارهائی که در هر گروه دارای حمام میباشند، برآورد می‌شود. این آمار از سازمان آمار کشور استخراج می‌گردد و مطابق جدول (۸) درصد خانوارهای شهری و روستایی استفاده کننده در کل کشور ارائه شده است. میزان مصرف انرژی گرمایش به طور متوسط برای هر خانوار ۴۱/۵ کیلووات ساعت در هر هفته می‌باشد[۴].

جدول (۸) – درصد خانوارهای دارای حمام در گروه‌های هزینه‌ای مختلف (۱۳۹۲) [۲].

گروه / منطقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	کل
شهری	۸۹/۴۷	۹۴/۸۹	۹۶/۵۸	۹۷/۹۶	۹۸/۳۰	۹۷/۸۶	۹۹/۵۲	۹۸/۶۹	۹۹/۳۴	۹۹/۵۴	۹۸/۶۵
روستایی	۶۶/۳۶	۷۵/۸۶	۸۲/۰۹	۸۶/۰۰	۸۸/۸۷	۹۱/۴۷	۹۲/۰۸	۹۴/۵۰	۹۴/۵۹	۹۶/۳۲	۸۶/۸۱

۳-۲ تقاضای انرژی مفید سرمایش

www.Hvacconf.ir
www.SID.ir

Archive of SID

تقاضای سرمایش طبق رابطه (۱۰)، بر اساس تعداد تکنولوژی‌های خنک سازی از قبیل کولر آبی، کولر گازی و تاسیسات خنک سازی مرکزی در هر یک از گروه‌ها، محاسبه می‌گردد. در این محاسبات مدت زمان استفاده و توان متوسط هر تکنولوژی مورد نیاز می‌باشد. درصد خانوارهای شهری و روستایی استفاده کننده از تجهیزات مختلف خنک سازی محیط در هر گروه مطابق جداول (۹و۱۰) میباشد.

جدول (۹) - درصد خانواده‌های شهری بهره مند از کولر آبی و گازی در گروه‌های مختلف هزینه (۱۳۹۲) [۲].

گروه / وسیله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	کل
کولر آبی	۴۰/۹۷	۴۳/۹۸	۵۰/۶۲	۵۲/۶۱	۵۲/۸۷	۵۷/۱۷	۵۹/۱۴	۶۰/۴۴	۶۳/۳۰	۶۸/۱۷	۶۱/۳۳
کولر گازی	۸/۲۶	۱۰/۱۰	۷/۷۹	۱۱/۷۵	۱۰/۸۳	۱۱/۷۱	۱۳/۷۵	۱۴/۸۳	۱۶/۱۴	۱۷/۲۳	۱۴/۶۶

جدول (۱۰) - درصد خانواده‌های روستایی بهره مند از کولر آبی و گازی در گروه‌های مختلف هزینه (۱۳۹۲) [۲].

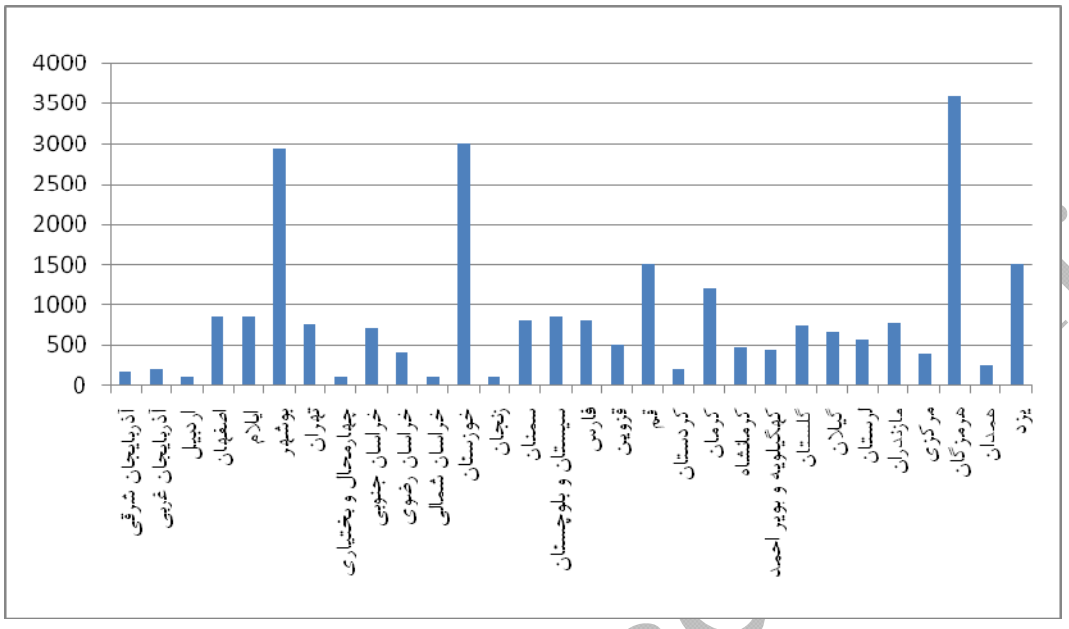
گروه / وسیله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	کل
کولر آبی	۱۹/۷۰	۲۴/۹۸	۲۹/۰۰	۳۰/۷۲	۳۰/۹۹	۳۰/۴۸	۲۹/۸۳	۳۰/۸۹	۳۱/۳۹	۳۰/۸۰	۲۹/۸۸
کولر گازی	۸/۴۱	۱۳/۴۷	۱۵/۹۲	۱۵/۲۴	۱۴/۵۰	۱۶/۴۸	۱۸/۸۸	۱۹/۴۸	۲۱/۰۰	۲۲/۹۲	۱۶/۶۳

توان الکتریکی کولر آبی و گازی به ترتیب ۷۵۰ و ۲۰۰۰ کیلووات می‌باشد[۴] و ساعات مورد استفاده از این تجهیزات بسته به شرایط آب و هوایی هر استان متفاوت می‌باشد که مانند ساعات سرد سال از آمار سازمان هواشناسی استخراج می‌گردد که مطابق نمودار شکل (۴) می‌باشد.

www.Hvacconf.ir

www.SID.ir

Archive of SID



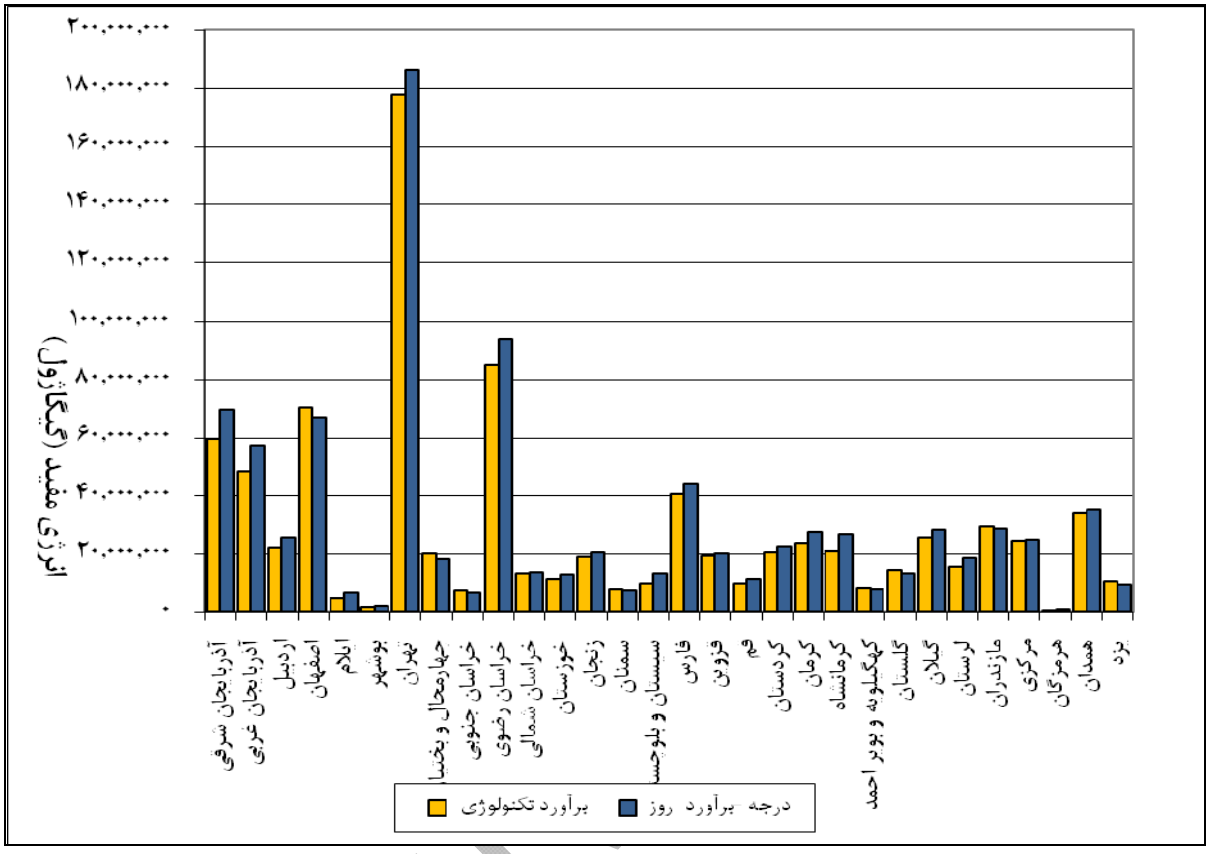
نمودار شکل (۴)- ساعات استفاده از تجهیزات خنک کننده محیط در طول سال برای استان‌های مختلف (۱۳۹۲)

۴- نتایج و بحث

همانطور که در بخش تقاضای انرژی گرمایش اشاره شد، محاسبات بر پایه دو روش تکنولوژی‌های گرمایش محیط و روش روز-درجه انجام شده است. نمودار (۵) مقایسه‌ای بین نتایج حاصل از روش تکنولوژی و پیش رو روز-درجه بصورت استانی برای کل کشور نشان می‌دهد. محاسبات نشان دهنده نتایج نزدیک به هم بوده و کلا نتایج حاصل از برآورد به روش تکنولوژی‌های گرمایش محیط نسبت به روش روز – درجه کمتر می‌باشد. تفاوت در اعداد ناشی از عدم دقیق بودن پارامترهای موثر در هر یک از دو روش می‌باشد. در روش تکنولوژی‌های گرمایش، تعداد تکنولوژی‌های مورد استفاده در هر استان و گروه‌ها، مدت زمان استفاده از تکنولوژی‌ها در هر استان، بازده حرارتی و توان حرارتی تکنولوژی مورد استفاده در استان توسط هر گروه می‌تواند در نتیجه نهایی اثر قابل ملاحظه‌ای بگذارد. همچنین در روش روز-درجه، نوع مصالح استفاده شده در ساختمان که در ضریب انتقال حرارت در نظر گرفته می‌شود، پارامتر روز-درجه در هر استان و تعیین مساحت ساختمان از پارامترهای تعیین کننده می‌باشند. بطور کلی میزان خطا در روش اول بدلیل زیاد بودن پارامترها و استفاده از تخمین تکنولوژی‌های گرمایشی بدلیل عدم وجود آمار مربوط به تعداد تجهیزات گرمایشی در کشور، نسبت به روش دوم بالاتر می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

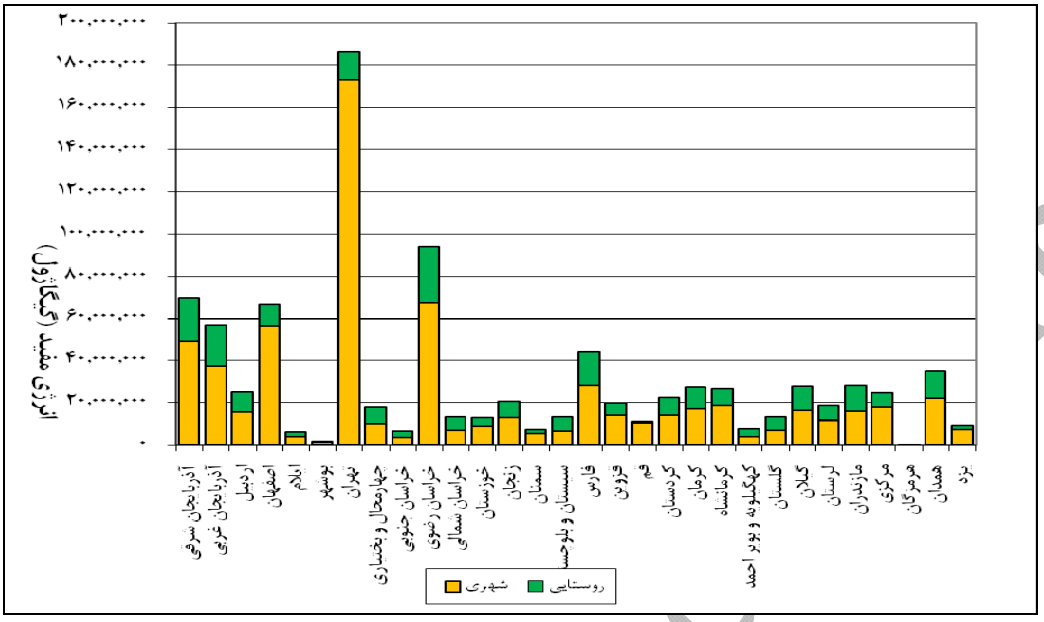


نمودار شکل(۵) – مقایسه تقاضای انرژی مفید کل کشور حاصل از دو روش روز-درجه و تکنولوژی

نمودار شکل(۶) سهم بخش شهری و روستایی را در تقاضای انرژی مفید در گرمایش محیط را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده میشود سهم بخش روستایی با حدود ۲۷ درصد کمتر از بخش شهری (۷۳درصد) می‌باشد که علت آن را می‌توان از چند نظر بررسی نمود. ابتدا اینکه تعداد خانوار روستایی کمتر از تعداد خانوارهای شهری می‌باشند. علت بعدی نیز میزان بهره مندی کم بخش روستایی از تسهیلات تکنولوژی‌های گرمایش نسبت به بخش شهری می‌باشد.

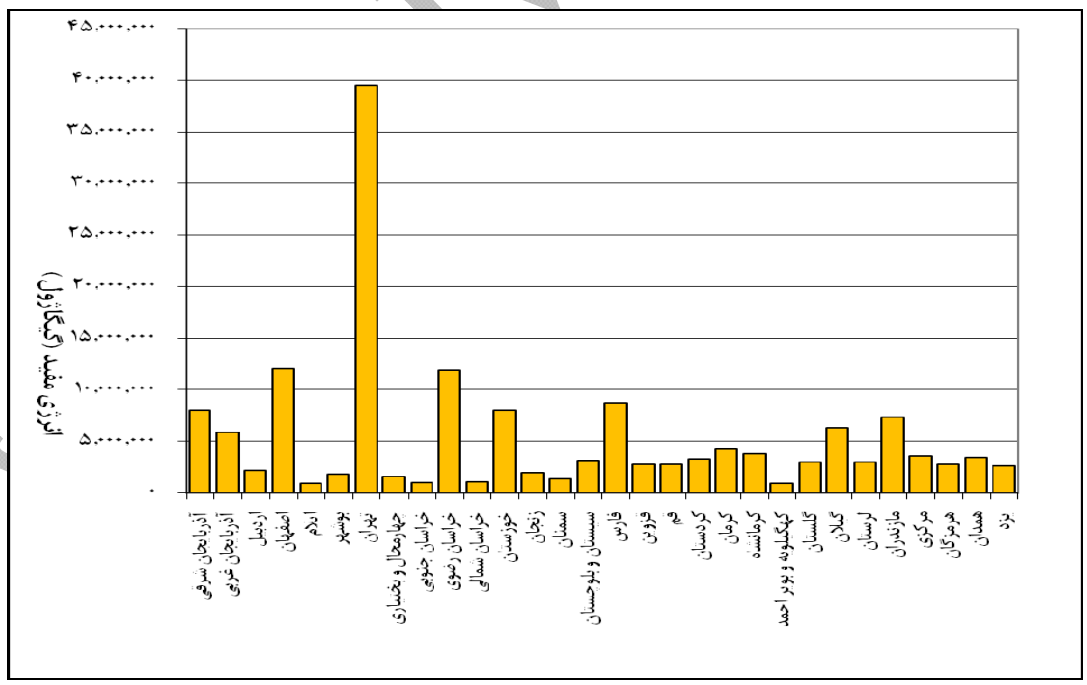
www.SID.ir

Archive of SID



نمودار شکل (۶) – تقاضای انرژی مفید گرمایش در استانها به تفکیک شهری و روستایی سال ۱۳۹۲ (گیگا ژول)

در خصوص مصرف انرژی مفید جهت تأمین آب گرم همانطور که از شکل (۷) مشاهده می‌گردد، استان تهران بدلیل بالا بودن تعداد خانوار دارای مصرف انرژی بالایی می‌باشد.

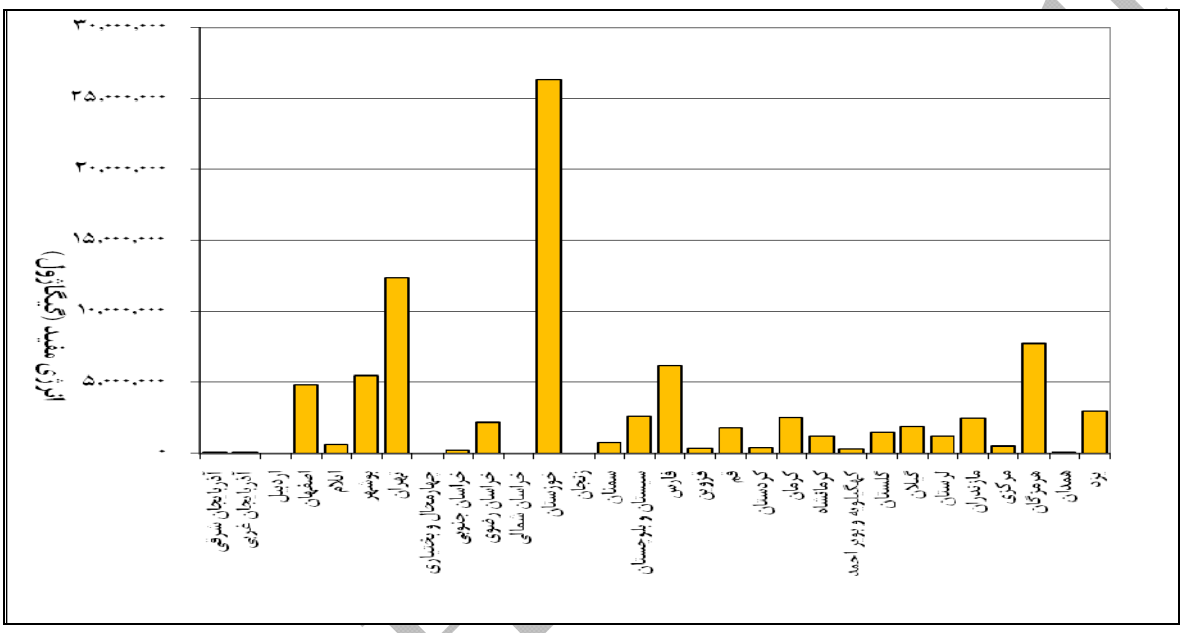


www.SID.ir

Archive of SID

نمودار شکل (۷) – تقاضای انرژی مفید آب گرم در استانهای مختلف کشور سال ۱۳۹۲(گیگا ژول)

پس از محاسبه میزان انرژی مصرفی در سرمایش، نتایج به صورت مصرف انرژی مفید در استان‌های مختلف را در شکل (۸) نشان میدهد. همانطور که مشاهده می‌گردد استانهای گرمسیر خصوصاً استان خوزستان دارای مصرف سرمایش بالایی نسبت به سایر مناطق کشور می‌باشد.



نمودار شکل (۸) – تقاضای انرژی مفید سرمایش در استانهای مختلف سال ۱۳۹۲ (گیگا ژول)

۵- مراجع

۱- ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۱، معاونت امور برق و انرژی، وزارت نیرو، ۱۳۹۱
۲- مرکز آمار ایران، ریاست جمهوری معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی، نشانی سایت اینترنتی: www.sci.org.ir
۳- سازمان بهینه سازی مصرف سوخت، نشانی سایت اینترنتی: www.ifco.ir
۴- سازمان بهره وری انرژی (سابا) http://www.saba.org.ir
۵- Energy Audit of Building Systems An Engineering Approach, Moncef Krarti, 2011

www.SID.ir