مقایسه ترمواکونومیکی به کارگیری سیستم‌های سرمایشی تراکمی و جذبی در پهنه‌های آب و هوایی ایران

شبنم منصوری[۱]، ثریا رستمی[۲]، محسن جبار[۳]، مصطفی نوری[۴]

تاریخ دریافت مقاله:
۱۳۸۷/۴/۲۹
تاریخ پذیرش مقاله:
۱۳۸۷/۷/۲۷

چکیده:

گسترش روز افزون به کارگیری سیستم‌های سرمایش مرکزی تراکمی و جذبی در بخش‌های اقتصادی و اجتماعی و در مناطق مختلف کشور، نیازمند بررسی‌ها و مطالعات جامع برای ارائه الگوی استفاده از این سیستم‌ها در کاربری‌ها، اقلیم‌ها و ظرفیت‌های گوناگون می‌باشد. در مقاله حاضر استفاده از سیستم‌های سرمایش مرکزی در شرایط مختلف و با توجه به عوامل مختلف فنی، اقتصادی و زیست محیطی براساس روش «ارزش یکنواخت سالیانه» مورد تحلیل قرار گرفته و استراتژی مناسب برای به کارگیری آنها از دیدگاه‌های مصرف کننده ، عرضه کننده انرژی و همچنین دیدگاه ملی تعیین می‌گردد. دامنه بررسی سیستم‌های مورد مطالعه در این مقاله شامل دو نوع سیستم تراکمی هوا خنک و آب خنک و پنج نوع سیستم جذبی تک اثره آب داغ، جذبی شعله مستقیم، جذبی تک اثره بخار، جذبی دو اثره و جذبی تک اثره آب گرم می‌باشد. هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه سیستم‌ها، بهره‌برداری، هزینه‌های انرژی شامل برق، گاز و آب براساس مطالعات میدانی صورت گرفته و ظرفیت‌های مرسوم این سیستم‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج حاصل از مطالعه، انتخاب سیستم برتر، در ظرفیت، پهنه و کاربری مورد نظر را امکان پذیر ساخته و علاوه بر صرفه اقتصادی چگونگی حمایت دولت از سیستم‌های مناسب را در شرایط مناسب با آن شفاف و میسر می‌سازد.

کلمات کلیدی:
سیستم‌های سرمایشی، تراکمی، جذبی، اولویت بندی، دیدگاه تحلیل اقتصادی، پهنه آب و هوایی.

۱) پژوهشگاه نیرو ، پژوهشکده انرژی و محیط زیست ، فوق لیسانس مهندسی مکانیک ، تبدیل انرژی ـ Shmansoori@nri.ac.ir
۲) پژوهشگاه نیرو ، پژوهشکده انرژی و محیط زیست ، لیسانس مهندسی صنایع ، تحلیل سیستم‌ها.
۳) پژوهشگاه نیرو ، پژوهشکده انرژی و محیط زیست ، فوق لیسانس انرژی.
۴) پژوهشگاه نیرو ، پژوهشکده انرژی و محیط زیست ، لیسانس مهندسی مکانیک .

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

مقدمه

کاربرد وسیع و روز افزون سیستم‌های سرمایش مرکزی در ساختمان‌ها در ایجاد پیک شبکه نقش مهمی ایفا می‌کنند. از طرف دیگر باتوجه به اینکه ظرفیت تولید، انتقال و توزیع شبکه سراسری باید متناسب با پیک شبکه باشد لذا تامین نیازهای مذکور مستلزم صرف هزینه‌های هنگفتی می‌باشد. به همین دلیل بررسی سیستم‌های خنک‌کن به‌عنوان یکی از عوامل ایجاد کننده پیک شبکه از نظر مدیریت بار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. بدون تردید عوامل تأثیر گذار در انتخاب و استفاده از سیستم‌های برودتی مختلف را می‌توان در پارامترهای فنی و اقتصادی آن سیستم خلاصه نمود. تکامل سیستم‌های خنک‌کن جذبی و افزایش راندمان آنها، عدم نیاز به انرژی الکتریکی و امکان پیاده‌سازی راهکارهای گوناگون مدیریت انرژی با استفاده از این سیستم را می‌توان از جمله عواملی به حساب آورد که تمایل به کاربرد سیستم‌های خنک‌کن جذبی را بیش از پیش افزایش داده است ولیکن سیستم‌های جذبی دارای معایب و ویژگی‌های خاص خود می‌باشند.

در مقاله حاضر به امر ارزیابی و مقایسه اقتصادی چیلرهای جذبی و تراکمی پرداخته شده، و سعی شده جوانب اقتصادی در گزینش سیستم برتر مورد بررسی قرار گیرد[۱]. پس از تعیین روش مناسب برای تحلیل اقتصادی ، پارامترهای اقتصادی موثر تعیین می‌شود. با انجام آنالیز اقتصادی، اولویت‌بندی سیستم‌های خنک‌کن پس از اعمال عوامل موثر بر رتبه‌بندی تعیین می‌گردند. در این تحقیق همچنین بین سیستم‌های سرمایش مرکزی جذبی و تراکمی از دیدگاه‌های مصرف‌کننده و عرضه‌کننده انرژی مقایسه به عمل آمده است.

گزینش روش برتر در ارزیابی اقتصادی و مقایسه چیلرهای جذبی و تراکمی

با توجه به اینکه چیلرهای جذبی و تراکمی به عنوان سیستم‌های خنک کن از نظر قابلیت تولید سرما برای تهویه مطبوع و بسیاری از پارامترهای دیگر نسبتاً مشابه به حساب می‌آیند و هدف از انجام این تحقیق مقایسه این سیستم‌ها با یکدیگر است، و از طرفی با عنایت به این که هدف از بکارگیری این سیستم‌ها تولید برودت و بهره‌گیری از منافع ناشی از تهویه مطبوع می‌باشد و در این سیستم‌ها در نهایت مقایسه هزینه‌ها و گزینش سیستم با هزینه کمتر، ما را به سمت اهداف پروژه رهنمون خواهد ساخت ،از بین روش‌های تحلیل اقتصاد مهندسی، روش « ارزش یکنواخت سالیانه» به عنوان روش برتر در مقایسه چیلرهای جذبی و تراکمی تشخیص داده می‌شود. [۲] .

معرفی و محاسبه پارامترهای اقتصادی مورد نیاز در ارزیابی اقتصادی چیلرها به روش معادل سالانه

هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه: این مقدار برابر با هزینه‌های اولیه اجرای طرح، نظیر خرید تجهیزات، هزینه حمل و نقل تجهیزات، هزینه نصب و سایر هزینه‌هایی است که در ابتدا بر سرمایه گذار تحمیل می‌شود.

در این مقاله هزینه تجهیزات سیستم اولیه مد نظر قرار گرفته است که این هزینه عبارتست از هزینه خرید چیلر جذبی یا تراکمی، هزینه خرید برج خنک کن، پمپ، کندانسور هوایی ، بویلر ، پمپ بویلر (بسته به نوع سیستم) و هزینه حمل و نقل و نصب آنها .

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

هزینه‌های تعمیرات و نگهداری: هزینه‌های تعمیرات و نگهداری عبارتند از مجموعه هزینه‌هایی که برای یک سیستم طی سال‌های عمر مفید آن به صورت ثابت یا متغیر صرف می‌شوند تا سیستم طی هر سال بتواند آماده کار کردن شود یا در صورت بروز خرابی از طریق رفع عیب و تعویض قطعات امکان کار را داشته باشد.

در مورد برآورد این هزینه ها افراد متخصص در زمینه تعمیرات و نگهداری تا ۵ درصد هزینه سرمایه گذاری اولیه را برآوردی از هزینه تعمیرات و نگهداری سالانه می‌دانند [۳]. در برخی کتابهای مرتبط روش دیگری برای برآورد هزینه سالانه تعمیرات و نگهداری چیلرهای جذبی و تراکمی با استفاده از فرمول آورده شده است. در مقاله حاضر با توجه به تایید متقابل پاسخهای دو روش و کاربرد بیشتر روش اول در ارزیابی‌های داخلی از رابطه اول جهت محاسبه هزینه تعمیرات و نگهداری چیلر در سال اول استفاده شده است [۴].

هزینه‌های عملیاتی: هزینه‌های عملیاتی شامل هزینه‌هایی می‌باشند که طی عمر مفید پروژه برای پا برجایی و بقای سیستم صرف می شوند. به عنوان مثال در مورد چیلرهای جذبی عبارتست از هزینه برق، آب و گاز طبیعی و در مورد چیلرهای تراکمی هزینه برق و آب می‌باشد.

در تحقیق حاضر به منظور مقایسه عملکرد چیلرهای جذبی و تراکمی در ظرفیت‌های مختلف، سناریوهای متفاوتی در رابطه با هزینه انرژی مصرفی چیلر در نظر گرفته شده است و سعی شده هزینه انرژی هم از دید مصرف کننده ـ که در ایران حامل انرژی را با یارانه دریافت می کند ـ و هم از دید عرضه کننده (دولت) ـ که در حقیقت قیمت تمام شده و هزینه فرصتی متفاوت از قیمت فروش به مشترک را برای هر واحد انرژی (برق یا گاز) متصور است ـ در محاسبات ملحوظ گردد. لذا در این رابطه سه سناریو برای برق، دو سناریو برای آب و دو سناریو برای گاز وجود دارد. این سناریوها در مورد برق عبارتند از:

۱) قیمت برق (از دید مصرف کننده) : برای محاسبه هزینه برق چیلرهای جذبی و تراکمی از تعرفه شماره ۲ برق سال ۸۴ مربوط به مصارف عمومی و آزاد (بند ۲-۱ و ۲-۲)که مربوط به مصارف مشترک مصرف کنندگان مسکونی و تجاری است ، استفاده می‌شود. بسته به اینکه مجموع توان چیلر و تجهیزات آن از ۳۰ کیلووات کمتر باشد یا بیشتر ، از ارقام متناظر این حالتها در جدول تعرفه استفاده خواهد شد[۵و۷]. روند رشد ۱۸/۴۷ درصدی طی سالهای ۷۸ تا ۸۲ قیمت برق برای مشترکان تجاری ۱۳/۵۸ برای مشترکان مسکونی در سال ۸۴ برآورد می‌گردد[۶].

۲) قیمت برق (از دید عرضه کننده و جهانی): برای محاسبه هزینه انرژی یکبار قیمت مطابق قیمت ارائه حامل انرژی (برق یا گاز) به مصرف کننده و بار دیگر برابر قیمت تمام شده یا هزینه فرصت حامل انرژی برای دولت در نظر گرفته می‌شود. در مورد برق، قیمت جهانی برای هر کیلوواتساعت برق برابر ۶ سنت (با توجه به اینکه قیمت برق در بازارهای جهانی ۳ تا ۷ سنت می باشد) و ۲ درصد افزایش سالانه در نظر گرفته شده است [۸].
مطابق اطلاعات دریافت شده (دفتر مطالعات اقتصادی توانیر)توسط قیمت هر کیلوواتساعت برق تولید شده در نیروگاههای ایران درسال ۱۳۸۴ برابر ۲۰۰ ریال برآورد می‌گردد [۸].

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

۳) قیمت گاز طبیعی (از دید مصرف کننده): قیمت هر متر مکعب گاز طبیعی برای مصرف کننده تجاری، مطابق ترازنامه انرژی [۶] در سال ۱۳۸۳ برابر ۱۹۵/۸۸ ریال بر متر مکعب با توجه به روند رشد ۱۲/۲۵ درصدی قیمت آن طی سالهای ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ برای سال ۱۳۸۴ برابر ۲۱۹/۸۸ ریال پیش بینی می‌گردد [۹].

۴) هزینه فرصت گاز طبیعی (از دید دولت): برابر است با قیمت FOB خلیج فارس هر متر مکعب گازطبیعی به علاوه برآوردی از هزینه توزیع که مطابق اطلاعات از معاونت برنامه ریزی تولید می‌توان آنرا معادل ۱۰ سنت بر متر مکعب در سال ۱۳۸۴در نظر گرفت. پیرو همین اطلاعات ، روند رشد ۲ درصد فرض شده است[۸].

۵) قیمت آب (از دید مصرف کننده): این رقم مطابق تعرفه آب سال ۱۳۸۴ برای مصارف زیر ۲۰ متر مکعب در ماه برابر ۱۲۸۸ ریال بر متر مکعب و برای مصارف بیشتر از آن ۱۷۳۷ ریال بر متر مکعب می باشد. بنابر اظهارات کارشناسان شرکت آب و فاضلاب استان تهران، بطور متوسط از ۱۳ درصد رشد برخوردار بوده است.

۶) قیمت تمام شده آب (از دید دولت): برابر اطلاعات دریافتی از کارشناسان شرکت آب و فاضلاب استان تهران قیمت تمام شده هر متر مکعب آب در سال ۱۳۸۴ برابر ۱۰۸۱/۷۷ ریال بر متر مکعب می باشد. همچنین بنابراین اطلاعات برای این رقم می توان به طور متوسط ۱۲ درصد رشد سالانه را در نظر گرفت.

بنا به تحقیقات انجام شده و مطالعات صورت گرفته، عمده کاربری چیلرها برای مشترکان تجاری در تهران از اواسط اردیبهشت تا اواسط مهرماه (حدود ۵ ماه) و در هر روز ۱۶ ساعت (۴ ساعت در پیک و ۱۲ ساعت در میان باری) اتفاق می افتد. لذا می توان با توجه به ساعات کاربری چیلرها و قیمت‌های برق، آب و گاز طبیعی و روند رشد آنها برآورد مناسبی از هزینه مصرف انرژی توسط چیلرها را ارائه نمود.

عمرمفید: عمر مفید یا عمر اقتصادی یک سیستم، طرح یا تجهیزات عبارتست از دوره زمانی (تعداد سال‌هایی) که دستگاه در حال کار بوده و انتظار می‌رود به صورت مطلوب و سود دهی مورد انتظار به کار خود ادامه دهد. بنا بر تحقیقات صورت گرفته از شرکت‌های تاسیساتی فعال در بخش نگهداری و تعمیرات و نیز سازندگان تجهیزات سرمایشی، عمر مفید چیلرهای جذبی و تراکمی را می‌توان به طور متوسط ۲۰ سال در نظر گرفت.

ارزش اسقاطی[1] : ارزش اسقاطی یک سیستم عبارتست از مقدار ارزش خالص باقیمانده آن سیستم در پایان عمر مفید یا اقتصادی سیستم. در مورد ارزش اسقاطی چیلرهای جذبی و تراکمی متخصصین معتقدند در مورد چیلرهای تراکمی ۵ درصد قیمت اولیه چیلر را می‌توان متصور شد. ارزش اسقاطی برای چیلرهای جذبی عموماً صفر در نظر گرفته می‌شود زیرا پس از طی عمر مفید قطعات فلزی دچار خوردگی خواهند شد.

1) Salvage Value

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

سایر پارامترهای موجود در محاسبات: جهت انجام تحلیلهای اقتصادی به روش «ارزش معادل سالانه» که قبلاً در مورد آن صحبت شد، پارامترهای دیگری نیز تاثیرگذارند که تحت سناریوهای مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرند. این پارامترها در ذیل توضیح داده شده‌اند.

ـ نرخ بهره و نرخ تورم : برابر اطلاعات موجود در سایت اینترنتی بانک مرکزی ایران نرخ بهره در سال ۸۴ معادل ۱۶ درصد سالانه [۱۰] و نرخ تورم حامل‌های انرژی معادل نرخ رشد سالانه آنها و نیز نرخ تورم هزینه‌های تعمیرات و دستمزد نگهداری بنابر اطلاعات گرفته شده از شرکت‌های فعال در این زمینه معادل ۱۰ درصد سالانه در نظر گرفته می‌شود.

آنالیز اقتصادی سیستم‌های جذبی و تراکمی و محاسبه هزینه تولید هر تن تبرید

برای مقایسه سیستم‌های برودتی تراکمی و جذبی از روش معادل سالانه استفاده خواهد شد. در این روش لازم است کلیه هزینه‌ها و درآمدهای احتمالی هر سیستم به کمک نرخ‌های بهره و تورم متناسب طی عمر مفید آن ، به صورت یکنواخت تعدیل شود. در نتیجه جمع جبری این هزینه‌ها و درآمد در هر سال، هزینه یکنواخت سالانه هر سیستم طی عمر مفید آنرا نشان خواهد داد. از مقایسه این دو هزینه (هزینه یکنواخت سالانه چیلرهای جذبی و تراکمی در ظرفیت‌های یکسان)، تعیین می‌گردد در هر ظرفیت مشخص شده ، انتخاب کدام نوع چیلرهای جذبی و یا تراکمی اقتصادی‌تر است. آنچه در اینجا ذکر آن ضروری به نظر می‌رسد فروضی هستند که در تحلیل اقتصادی به آنها توجه شده است و عبارتند از :

الف) سال پایه برای محاسبات اقتصادی سال ۱۳۸۴ در نظر گرفته شده و لذا تمام قیمت‌ها و هزینه‌ها بر اساس سال مذکور وارد محاسبات شده و در عمر مفید سیستم روند افزایش و یا کاهش آن پیش‌بینی و محاسبه گردیده است.

ب) بررسی‌های اقتصادی برای انواع چیلرهای تراکمی و جذبی متداول (شامل تراکمی آبی، تراکمی هوایی، جذبی تک اثره آبگرم، جذبی تک اثره آب داغ، جذبی تک اثره بخار، جذبی دو اثره و جذبی شعله مستقیم) مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

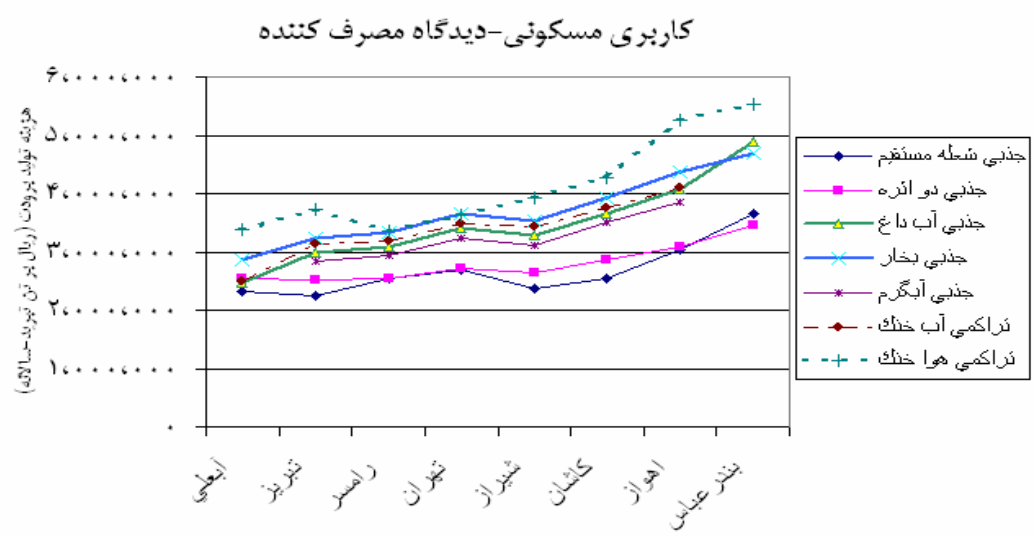
ج) هزینه حامل‌های انرژی شامل برق، آب و گاز در حالات مختلف از دید مصرف کننده و عرضه کننده بررسی شده‌اند.

د) با وجودی که هرکدام از این چیلرها ویژگی‌های خاصی از لحاظ سر و صدا ، ارتعاشات و غیره دارند، کیفیت برودت تولید شده در انواع چیلرها یکسان فرض شده است.

تاثیر عوامل مختلف بر هزینه تولید برودت

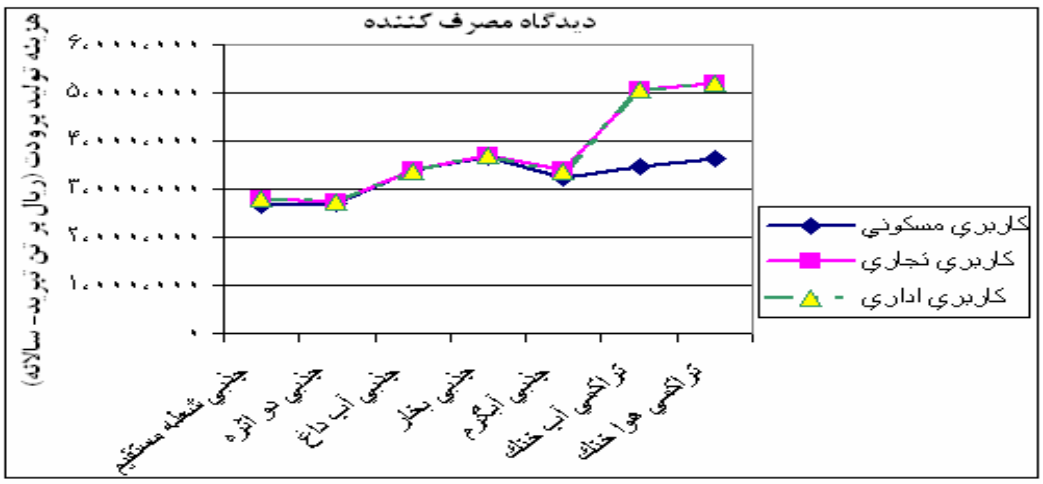
تاثیر اقلیم‌های آب و هوایی: برای انجام مقایسه در اقلیم‌های مختلف کشور، از هر یک از اقلیم‌های هشتگانه یک شهر به عنوان نماینده اقلیم مورد نظر انتخاب شد[۱۱]. نحوه تاثیر شرایط آب و هوایی بر هزینه تولید برودت بر حسب ریال بر تن تبرید – سالانه در شکل (۱) قابل مشاهده است. هدف تامین برودت ۱۸۰ تن است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]



شکل(۱): تأثیر اقلیم بر هزینه تولید برودت در سیستم‌های سرمایشی با کاربری مسکونی و از دیدگاه مصرف کننده

تاثیر کاربری: برای انجام مقایسه در کاربری‌های مختلف سه نوع ساختمان مسکونی، تجاری و اداری بـه عنـوان نماینـده سه کاربری انتخاب شده‌اند. برای تعیین تاثیر نوع کاربری هزینه تولید برودت بر حسب ریال بر تن تبرید – سالانه محاسـبه شده و در شکل (۲) قابل مشاهده می‌باشند. بار برودتی ساختمان‌های مفروض ۱۸۰ تـن تبریـد و شـهر مـورد نظـر تهـران می‌باشد.



شکل (۲): تاثیر کاربری بر هزینه تولید برودت در سیستم‌های سرمایشی در شهر تهران و از دیدگاه مصرف کننده

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

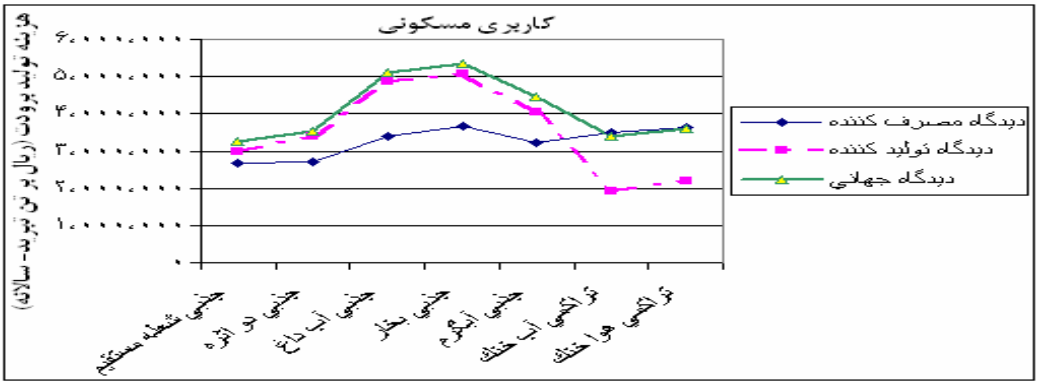
تاثیر دیدگاه عرضه انرژی: هزینه انرژی تابع قیمت عرضه آن و نرخ رشد قیمت حامل‌های انرژی طی عمر مفید سیستم می‌باشد. برای محاسبه هزینه انرژی سه سناریو در نظر گرفته شده است که پاسخ‌های نهایی تحلیلها در قالب سه دیدگاه کلی مطرح می‌گردند:

دیدگاه مصرف کننده : در این دیدگاه برق و آب مطابق تعرفه و گاز برابر قیمت عرضه به مصرف‌کننده می‌باشد.

دیدگاه تولید کننده : در این دیدگاه برق با قیمت تمام شده، آب با قیمت تمام شده و گاز با قیمت وارداتی در محاسبات ملحوظ گردیده اند.

دیدگاه جهانی : در این دیدگاه برق با قیمت جهانی و آب با قیمت تمام شده و گاز با قیمت وارداتی در محاسبات وارد می‌شوند.

در شکل (۳) هزینه تولید برودت برای هفت نوع سیستم مفروض از سه دیدگاه مصرف‌کننده، تولیدکننده و جهانی آورده شده‌اند. همچنین در جدول (۲) تاثیر دیدگاه عرضه انرژی بر رتبه‌بندی سیستم‌های خنک‌کن قابل مشاهده است.



شکل(۳): تاثیر دیدگاه عرضه انرژی بر هزینه تولید برودت در سیستم‌های سرمایشی در تهران و در کاربری مسکونی

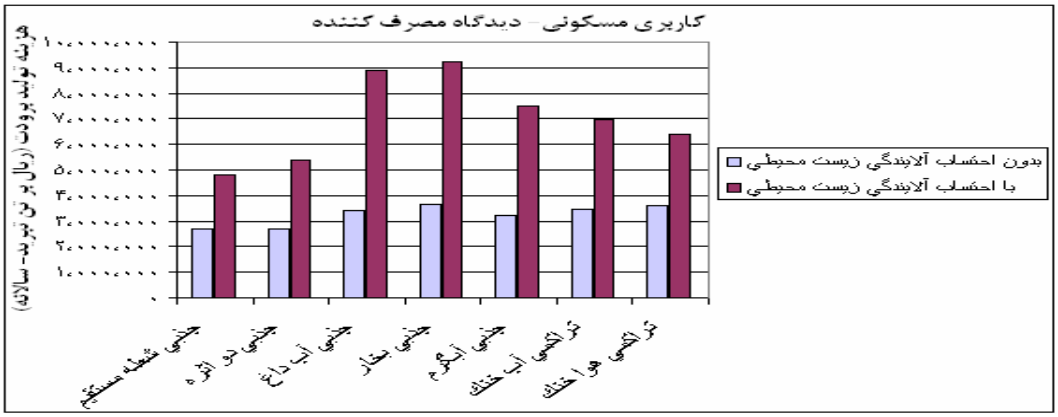
جدول (۲): تاثیر نوع دیدگاه بر تغییر اولویت در شهر نمونه تهران با کاربری تجاری

	دیدگاه عرضه انرژی		
	دیدگاه مصرف کننده	دیدگاه تولید کننده	دیدگاه جهانی
اولویت بندی سیستم خنک کن	جذبی دواثره	تراکمی آب خنک	تراکمی آب خنک
	جذبی شعله مستقیم	تراکمی هوا خنک	جذبی شعله مستقیم
	جذبی تک اثره آب داغ	جذبی شعله مستقیم	تراکمی هوا خنک
	جذبی تک اثره آب گرم	جذبی دواثره	جذبی دواثره
	جذبی تک اثره بخار	جذبی تک اثره آب گرم	جذبی تک اثره آب گرم
	تراکمی آب خنک	جذبی تک اثره آب داغ	جذبی تک اثره آب داغ
	تراکمی هوا خنک	جذبی تک اثره بخار	جذبی تک اثره بخار

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

تاثیر آلایندگی زیست محیطی: آلایندگی در سیستم‌های برودتی شامل آلایندگی زیست محیطی ناشی از احتراق گازطبیعی در دیگ‌ها (چیلرهای جذبی)، ناشی از نشت و یا تخلیه گاز مبرد فریون (چیلرهای تراکمی) و ناشی از تولید برق در نیروگاه می‌باشد. بنابر اطلاعات آمار تفصیلی صنعت برق ایران از مجموع ظرفیت نیروگاه‌های وزارت نیرو سهم نیروگاه‌های بخاری ۴۱٪، سهم نیروگاه‌های گازی ۲۶ ٪ و سهم نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ۱۸٪ می‌باشد. بنابراین از برآیند سهم نوع نیروگاه‌ها و شاخص انتشار آلایندگی نیروگاه‌ها به ازای هرکیلوواتساعت برق ۰/۸۳۴ گرم NO_x ، ۰/۷۱۱ گرم SO_2 و ۵۴۱/۳ گرم CO_2 انتشار می‌یابد[۱۲].

هزینه‌های زیست محیطی آلاینده‌های حاصل از انتشار گازهای آلاینده در نتیجه احتراق به اتمسفر به ازای هر کیلوگرم به صورت ریالی عبارتند از: آلودگی NO_x برابر ۵۱۷۹۶/۵ ریال به کیلوگرم، آلودگی SO_2 برابر ۷۱۰۰ ریال بر کیلوگرم و آلودگی CO_2 برابر ۱۹۲ ریال بر کیلوگرم می‌باشد. [۱۳]. مبرد موجود در چیلرهای تراکمی R-22 و میزان آنها بسته به مدل انتخاب شده بر حسب کیلوگرم ارائه می‌شود. برای محاسبه هزینه‌های آلایندگی چیلرهای تراکمی باید، معادل CO_2 آنها از لحاظ اثرات گرمایش جوی (GWP) در ۱۰۰ سال مشخص شود. برای R-22 این مقدار، ۱۷۰۰ با واحد معادل CO_2 بر مقدار فریون بر حسب کیلوگرم می‌باشد که معنای آن این است که هر کیلوگرم مبرد R-22 از لحاظ پتانسیل گرمایش جوی، معادل ۱۷۰۰کیلوگرم CO_2 می‌باشد. همچنین بطور میانگین درسال حدود ۵ درصد مبرد به جو نشت می‌کند. اگر عدد حاصل از مقدار مبرد در گردش در چیلر با اعمال مقدار نشتی آن بر حسب کیلوگرم در معادل CO_2 مبرد فریون و در میزان آلایندگی CO_2 که برابر با ۱۹۲ ریال بر هر کیلوگرم می‌باشد، ضرب شود، هزینه آلایندگی چیلر بدست خواهد آمد [۱۴]. در شکل (۴) تاثیر آلاینده‌های زیست محیطی بر هزینه تولید برودت قابل مشاهده می‌باشد.



شکل (٤): تاثیر آلاینده‌های زیست محیطی بر هزینه تولید برودت در سیستم‌های سرمایشی در شهر تهران ، دیدگاه مصرف کننده و کاربری مسکونی

تاثیر ظرفیت: از عواملی که بر اولویت‌بندی سیستم‌ها موثر می‌باشد ظرفیت سیستم برودتی می‌باشد. برای بررسی تاثیر ظرفیت ، یک ساختمان نمونه در شهر تهران با ظرفیت‌های ۱۱۰ ،۱۸۰ و۲۴۰ تن مورد بررسی قرار گرفته و نتایج در جدول (۳) ارائه شده‌اند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

جدول(۳): تاثیر ظرفیت بر تغییر اولویت در کاربري مسکوني

ظرفیت / شهر	۱۱۰	۱۸۰	۲٤۰
تهران	جذبی تک اثره آب داغ	جذبی شعله مستقیم	جذبی دواثره
	جذبی شعله مستقیم	جذبی دواثره	جذبی شعله مستقیم
	تراکمی آب خنک	جذبی تک اثره آب گرم	جذبی تک اثره آب داغ
	جذبی تک اثره بخار	جذبی تک اثره آب داغ	جذبی تک اثره آب گرم
	جذبی دواثره	تراکمی آب خنک	جذبی تک اثره بخار
	تراکمی هوا خنک	تراکمی هوا خنک	تراکمی آب خنک
	جذبی تک اثره آب گرم	جذبی تک اثره بخار	تراکمی هوا خنک

جمع‌بندی و نتیجه گیری

مقاله حاضر به بررسی اقتصادی سیستم‌های خنک کن جذبی و تراکمی پرداخته است. در این پروژه هدف مقایسه بین سیستم‌های خنک کن مرکزی بود. هفت نوع سیستم سرمایش مرکزی چیلر تراکمی آبی، چیلر تراکمی هوایی، چیلر جذبی تک اثره آب گرم، چیلر جذبی تک اثره آب داغ، چیلر جذبی تک اثره بخار، چیلر جذبی دو اثره و چیلر جذبی شعله مستقیم که سیستم‌های رایج در کشور می‌باشند، انتخاب شدند.

برای اعمال دیدگاه‌های مختلف سه سناریو برای هزینه‌های انرژی مدنظر قرار گرفت. پس از تعیین مفروضات و سناریوهای مختلف انواع سیستم‌های تبرید تراکمی و جذبی با استفاده از هزینه تولید برودت بر تن تبرید مورد نیاز اولویت بندی شدند.در ابتدا تاثیر اقلیم بررسی شد. نتایج نشان دادند با تغییر اقلیم به مناطق گرم، هزینه‌ها افزایش می‌یابند و نرخ افزایش هزینه در سیستم‌های هواخنک بیش از بقیه سیستم‌ها است (شکل ۱).

در مورد تاثیر کاربری نتایج نشان دادند که نوع کاربری تاثیر چندانی بر هزینه تولید برودت توسط سیستم‌های جذبی ندارد ولی سیستم‌های تراکمی تابع نوع کاربری هستند و هزینه تولید برودت در کاربری مسکونی کمتر از هزینه تولید برودت در کاربری غیرمسکونی است(شکل ۲).

تاثیر دیدگاه عرضه انرژی بر هزینه تولید برودت نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر برتری سیستم‌های جذبی بر سیستم‌های تراکمی از دیدگاه مصرف کننده می‌باشند. ولی در دیدگاه‌های تولیدکننده هزینه‌ها در سیستم‌های تراکمی و جذبی به یکدیگر نزدیک شده و در شرایطی هزینه تولید در سیستم‌های تراکمی کمتر است (شکل ۳). همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد در دیدگاه تولیدکننده و تا ظرفیت حدود ۲۰۰ تن سیستم‌های تراکمی نسبت به دیدگاه مصرف کننده از اولویت بالاتری برخوردارند (جدول ۲).

نتایج نشان دادند اعمال هزینه‌های زیست محیطی باعث افزایش هزینه‌های تولید برودت تا حد دو برابر شدند(شکل ۴). همچنین با اعمال هزینه‌های زیست‌محیطی اولویت سیستم‌های جذبی تک اثره را پایین آوردند.

بررسی تاثیرظرفیت برودتی نشان داد در ظرفیت‌های پایین سیستم‌های تراکمی از لحاظ هزینه تولید برودت سیستم‌های مطلوبی می‌باشند و با افزایش ظرفیت این مقبولیت به سمت سیستم‌های جذبی می‌رود(جدول ۳).

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

با مقایسه نتایج تحلیل‌ها چنین برمی‌آید که از دیدگاه مصرف کنندگان استفاده از چیلرهای تراکمی به علت قیمت بالای برق البته در ظرفیت‌های ۶۰ تن به بالا به نفع مصرف کنندگان نمی‌باشد و حتی چیلر جذبی تک اثره آب گرم با وجود COP بسیار پایین به صرفه‌تر از چیلر تراکمی می‌باشد. با افزایش ظرفیت، هزینه تولید بر تن در چیلرهای تراکمی افزایش می‌یابد در صورتی که این هزینه‌ها در چیلرهای جذبی کم می‌شود و مصرف کنندگان را به سمت استفاده از چیلرهای جذبی در ظرفیت‌های بالا تشویق می‌کند.

در صورتی که از دیدگاه عرضه کننده و در شرایطی که قیمت برق و گاز طبیعی با قیمت واقعی آن در نظر گرفته شود، مشاهده می‌شود، چیلرهای تراکمی آبی تا ظرفیت‌های حدود ۲۰۰ تن اقتصادی‌تر از بقیه سیستم‌ها است و این بدین معنی است که تا این ظرفیت‌ها حمایت دولت از تولید کنندگان سیستم‌های تراکمی از توجیه مناسبی برخوردار است .

منابع

[۱] پژوهشگاه نیرو، گروه انرژی و مدیریت مصرف، " بررسی و مقایسه فنی، اقتصادی و زیست محیطی سیستم‌های خنک‌کن تراکمی و جذبی"، گزارش مرحله دوم ، سال ۱۳۸۵.

[۲] اسکونژاد م.، " ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی"، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۷۸.

[۳] م توانپور، م.ا. سربندی فراهانی، " مقایسه فنی – اقتصادی بکارگیری سیستمهای برودتی رایج در کشور"، نشریه علمی برق، سال سیزدهم ، بهار ۱۳۷۹.

[4] Jan F.kreider; "Handbook of Heating, Ventilation and Air Conditioning"; CRC Press LLC, 2001.

[۵] وزارت نیرو، سازمان توانیر، تعرفه‌های برق ، سال ۱۳۸۴.

[۶] وزارت نیرو، معاونت انرژی ایران، ترازنامه انرژی، سال ۱۳۸۲.

[7] http://www.Tavanir.org.ir/

[۸] دفتر معاونت برنامه‌ریزی توانیر

[9] http://www.iranenergy.org.ir

[10] http://www.cbi.ir

[۱۱] کسمایی، م. " پهنه‌بندی اقلیمی ایران : مسکن و محیطهای مسکونی"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۷۲.

[۱۲] آمار تفصیلی صنعت برق ایران، سال ۱۳۸۳.

[۱۳] ترازنامه انرژی، معاونت امور انرژی، سال ۱۳۸۳.

[۱۴] پژوهشگاه نیرو، گروه انرژی و مدیریت مصرف، " بررسی و مقایسه فنی، اقتصادی و زیست محیطی سیستم‌های خنک‌کن تراکمی و جذبی"، گزارش مرحله سوم ، سال ۱۳۸۵.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]