پیش‌بینی مصرف انرژی یک ساختمان مسکونی با استفاده از رگرسیون خطی چندمتغیره در اقلیم گرم و خشک کشور ایران

امین اله چائیده[1*]، علیرضا باهری[2]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشدگروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران
[2] دانشیار گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران

دریافت: پاییز ۹۶ پذیرش: زمستان ۹۶

چکیده

طبق آمار رسمی منتشره ساختمان‌های مسکونی در ایران و جهان بطور متوسط ۴۰٪ از مجموع انرژی را مصرف مـی‌کنند که بطور قطع موجب کاهش بی-رویه ذخایر سوخت‌های فسیلی، آلودگی هوا و گرم شدن کره زمین می‌شود. لذا تحقیق حاضر در همین راستا و به منظور کسب اهداف ذیل انجام گرفت: ۱- ممیزی انرژی جهت یافتن پارامترهای اساسی (موثرترین پارامترها) در مصرف انرژی ساختمان ۲-محاسبه میزان تاثیر (وزن) پارامترهای اساسی در مصرف انرژی ساختمان ۳- پیش‌بینی میزان تغییرات در مصرف انرژی ساختمان با تغییر در هریک از پارامترهای اساسی ساختمان. برای این کار در ابتدا یک ساختمان مسکونی سه طبقه از قبل ساخته شده در اقلیم گرم و خشک ایران و بطور اختصاصی در شهرستان دزفول انتخاب و توسط نرم‌افزار تحلیل انرژی eQUEST شبیه‌سازی شد که در گام اول ۱۹ پارامتر اساسی و قابل تغییر توسط این نرم‌افزار شناسایی شد. در گام بعد با تغییر هر یک از این پارامترها در محدوده قابل قبول توسط eQUEST، مقادیر انرژی مصرفی متناظر با آنها بدست آمد. سپس با وارد کردن این مقادیر در نرم‌افزار تحلیل آماری SPSS و انجام تحلیل رگرسیون خطی چندمتغیره، دو رابطه خطی جهت پیش‌بینی مصرف انرژی بطور جداگانه برای هر یک از انرژی‌های مصرفی برق و گاز بدست آمد که ضرایب این روابط بیانگر میزان تاثیر (وزن) هر یک از پارامترها در انرژی مصرفی ساختمان می‌باشد. علاوه بر آن این روابط نشان دادند که در اقلیم گرم و خشک موثرترین پارامتر در مصرف برق «چگالی توان تجهیزات» و موثرترین پارامتر در مصرف گاز «بازده سیستم گرمایشی» است. اعتبارسنجی داده‌های حاصل از نرم‌افزار نیز از دو طریق یکی با استفاده از قبوض برق و گاز مصرفی ساختمان و دیگری با استفاده از روابط و محاسبات دستی انجام شد. خطای حاصل به تر تیب ٪۱۷/۳۸ و ٪۹.۷ بدست آمد که بدلایلی از جمله ساده‌سازی ساختمان شبیه‌سازی شده و نیز یکسان نبودن زمان کاربری و حضور ساکنین در مقایسه با حالت واقعی، کاملا قابل قبول و منطقی بود.

* **عهده‌دار مکاتبات:** Amin.chaeedeh@yahoo.com

کلمات کلیدی: ممیزی انرژی ساختمان، پیش‌بینی مصرف انرژی، رگرسیون خطی چندمتغیره، نرم‌افزار eQUEST، نـرم‌افزار SPSS

Abstract

By the published official statistics, The residential buildings in Iran and rest of the world, They spend almost 40% of the energies that surely leads to some disadvantages. For example an unlimited decreases of fossil fuel resources, weather pollution and global warming. This research also has been done for the purposes in following: energy aduit in building, found coefficient of basic parameter in energy consumption and predict it. For this project, firstly a building model in Dezful county has been simulated by the analytical energy eQUEST software wich on the first step, 19 main parameters that are contributed in consumption of energy got recognized. On the second step with the change of each of these parameters and further simulation of the building for energy position, we got different model of buildings. Then with the inserting the result that are related to electrical & gas consumption of the models to the statistics analysis software SPSS got two linear regression from the data. So that one of them for electrical consumption and the other for gas consumption been acquired that it showed in the case of electrical consumption "Equipment power density" and in the case of gas consumption "Heating system efficiency" are the most effective factores in building energy consumption for the hot and dry climate of Iran. Also at the end authority delibration of the purchased data from eQUEST can be done in 2 ways. First from the gas and the electrical consumption bills of the building and second from the relations and manual calculation. The errors were found 17.38% and 9.7% respectively and because of some reasons like simplification of the simulated building and unequal exist duration of inhabitants at model in compare to actiual.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1396.4.4.2.4]

Keywords: Energy aduit building, Predicting building energy consumption, Multiple linear regression, eQUEST softwar, SPSS softwar

مقدمه

ذخایر سوخت‌های فسیلی، جلوگیری از گرم شدن کره زمین و کاهش آلودگی زیست محیطی ناشی از سوختن این سوخت‌ها که همگی بصورت زنجیره‌وار به یکدیگر مرتبط‌اند بطور قطع یکی از مهمترین چالش‌های مهم جهان امروز است. راه حل اصلی مواجه با این چالش و جلوگیری از مشکلات و عوارض ناشی از آن، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و یا به زبان عامیانه «درست مصرف کردن» می‌باشد. لذا اولین گام جهت نیل به این هدف شناسایی بزرگترین مصرف‌کننده انرژی و در کنار آن بزرگترین اتلاف کننده‌های انرژی در ایران و جهان است.

نگاهی به آمار مصرف انرژی در ایران و جهان

طبق آمار منتشر شده از سوی سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، ۴۰٪ انرژی مصرفی در ایران مربوط به بخش ساختمان می‌باشد که در حدود۲۶/۴ درصد از انتشار دی‌اکسید کربن را نیز به خود اختصاص می‌دهد[۱]. این در حالی است که میانگین مصرف انرژی ساختمانها در ایران بیش از۲/۵ برابر متوسط مصرف جهانی است (آژانس بین‌المللی انرژی[۱]) [۲]. بخش صنعت و بخش حمل و نقل نیز به ترتیب ۲۵٪ و ۳۰٪ انرژی‌های کشور را مصرف می‌کنند. همچنین طبق برآوردهای بعمل آمده توسط سازمان بهره‌وری انرژی کشور (سابا)، با بکارگیری صنعت اتوماسیون ساختمان می‌توان حداقل ۳۰٪ در مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی صرفه‌جویی کرد، که این یعنی ۱۲٪ (۱۲٪ = ۴۰ × ۳۰٪) صرفه‌جویی در مصرف انرژی سالانه کشور[۳].

پیشینه تحقیق

M.Mottahedi و همکاران [4] در تحقیقی به مطالعه توسعه یک مدل رگرسیون خطی چندمتغیره جهت پیش‌بینی تاثیر شکل(پاکت) ساختمان بر روی مجموع مصرف انرژی در دو اقلیم آب و هوایی مختلف ایالات متحده پرداختند. در این مطالعه ۷ شکل مختلف ساختمان (شامل اشکال:-T- -H - مستطیل- و ...) مورد بررسی قرار گرفت و از نرم‌افزارهای eQUEST و DOE2 جهت شبیه‌سازی استفاده شد. در ادامه یک تحلیل آماری با استفاده از برنامه آنالیز آماری R به جهت توسعه مجموعه‌ای از معادلات رگرسیون خطی چندمتغیره با هدف پیش‌بینی مصرف انرژی برای هر یک از پروژه‌ها انجام گرفت. در نهایت اختلاف بین مقادیر مصرف انرژی سالانه پیش‌بینی شده توسط رگرسیون و مقادیر شبیه‌سازی شده توسط DOE2 به بزرگی ۵٪ بدست آمد (که تقریب بسیار خوب و قابل قبولی در طراحی محسوب می‌شود). بنابرین نتیجه شد که مدلهای رگرسیون توسعه یافته می‌توانند جهت تخمین مجموع مصرف انرژی در مراحل اولیه طراحی با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف ساختمان (از جمله پاکت و سایر پارامترهای دخیل در طراحی) مورد استفاده قرار بگیرند.

۱- IEA

Tsun Ke و همکاران،۲۰۱۵) [5] به بررسی‌هایی در ارتباط با ممیزی انرژی در ساختمان‌های اداری پرداختند و برای این کار با انتخاب یک نرم‌افزار شبیه‌ساز مناسب با نام eQUEST اطلاعات و مشخصات یک ساختمان واقعی را مانند فایل هواشناسی، نوع سیستم تهویه مطبوع، جنس عایق، دیوارها و ... وارد نرم‌افزار کرده و ساختمان را شبیه‌سازی کردند. در این تحقیق تاثیر متغیرهای مختلف بر روی مصرف برق ساختمان بررسی شد و نتیجه شد که در ماه جان بار ساختمان با افزایش دمای هوای بیرون افزایش خواهد یافت، بنابراین مصرف برق ایرکاندیشن به حداکثر خواهد رسید و در تابستان با افزایش جمعیت، بار ایرکاندیشن افزایش می‌یابد که نتیجه آن افزایش در مصرف انرژی می‌باشد. در حالی که در زمستان نتیجه کاملا برعکس است. دمای طرح داخل تابستانی نیز بر روی بار سرمایشی ساختمان تاثیرگذار است. دمای طرح داخل تابستانی بیشتر موجب بار سرمایشی کمتر برای ساختمان می‌باشد. بیشترین مصرف انرژی در ساختمان مذکور به ترتیب مربوط به مصرف انرژی سیستم ایرکاندیشن معادل ۴۹٪ ، سیستم روشنایی معادل ۳۵٪ و مصرف برق سایرتجهیزات معادل ۱۵٪ از انرژی کل مصرفی ساختمان بود.

A.Alaidroos و همکاران [6] در تحقیقی به بررسی نحوه ارتقاء عملکرد انرژی ساختمان‌های مسکونی در کشور عربستان سعودی از طریق بهینه‌سازی پارامترهای طراحی پاکت ساختمان پرداختند. این پارامترها شامل عایق دیوارها، عایق سقف، نسبت پنجره به دیوار، میزان شفافیت پنجره و نوع سایبان نصب شده بر روی پنجره بود. بهینه‌سازی انجام شده برمبنای کاهش هزینه‌های لازم در کنار بیشترین صرفه جویی در انرژی مصرفی و برای پنج اقلیم آب و هوایی مختلف کشور عربستان (در ۵ شهر این کشور) انجام شد. در این تحقیق نتایج نشان داد که عایق دیوارهای خارجی بطور متوسط برای هر پنج اقلیم تاثیر بیش‌تری در مقایسه با سایر پارمترها دارد.

M.Zhao و همکارن [7] در تحقیقی پارامترهای اساسی در طراحی ساختمان‌های بلند و تاثیر آنها بر مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی را در تمام اقلیمهای آب و هوایی موجود در کشور چین بررسی کردند. این کار با شبیه‌سازی ساختمان (با استفاده از نرم‌افزار آلمانی wufi plus) و بررسی تغییرات پارامترهای دخیل در مصرف انرژی با حفظ کیفیت شرایط آسایش حرارتی داخلی ساختمان انجام شد. نتایج بدست آمده از این شبیه‌سازی نشان داد که بیشترین مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی به میزان kwh ۷۵ برای هر متر مربع و برای هر شخص در اقلیم سرد، kwh ۴۰ در اقلیم زمستانی سرد و تابستانی گرم، kwh ۵۰ در اقلیم زمستانی گرم و تابستانی داغ و kwh ۳۵ در اقلیم معتدل کشور چین می‌باشد.

ممیزی انرژی

اختلاف بین میزان انرژی مصرفی و انرژی مورد نیاز در یک ساختمان برابر با میزان اتلاف انـرژی در آن ساختمان مـی‌باشد. ممیزی انرژی ساختمان در واقع بررسی اجزا و قسمت‌های مختلف آن ساختمان از منظر انرژی و یافتن اتلافات است. و به بیان ساده‌تر هدف از ممیزی انرژی ساختمان، کاهش میزان اتلافات انرژی تا حد ممکن است که این کاهش انرژی، کاهش هزینه‌های پرداختی را نیز به همراه دارد. ممیزی انرژی در

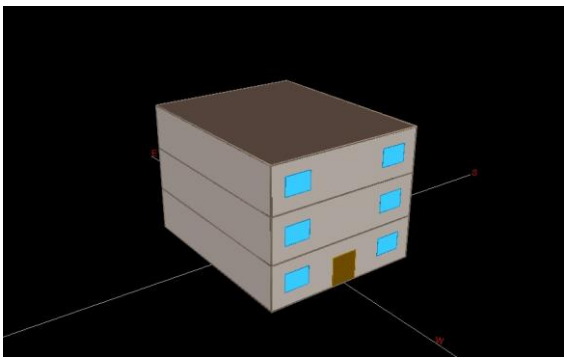
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1396.4.4.2.4]

سطوح مختلف شامل ممیزی ساده و اولیه که شامل مشاهده و بررسی مصرف انرژی در بخشهای مختلف ساختمان و در سطوح بالاتر، مدلسازی و تجزیه و تحلیل عملکرد ساختمان با استفاده از شبیه‌سازی های کامپیوتری می‌باشد که موجب افزایش دقت و سرع عمل در روند ممیزی نیز خواهند شد که از جمله بهترین آنها، نرم‌افزار eQUEST می‌باشد که در این تحقیق از آن استفاده شده است. این نرم فزار از موتور محاسباتی نرم افزار DOE2.2 بهره می‌برد که اولین بار در سال ۱۹۷۹ توسط گروه تحقیقاتی شبیه‌سازی لابراتوار لورنس[۱] برکلی توسعه داده شد و هم اکنون در اختیار تیم جیمز هرش[۲] و همکارانش می‌باشد[۸].

نمونه مطالعاتی

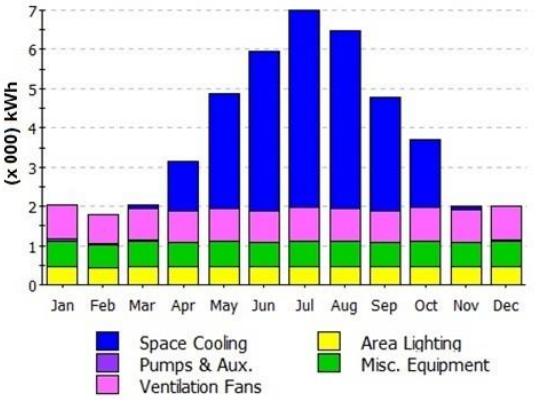
بر اساس آمار ذکر شده در بالا و همچنین اهمیت انجام ممیزی در یک ساختمان، تمرکز تحقیق حاضر بر روی میزان مصرف انرژی ساختمان های مسکونی و مؤثرترین عوامل دخیل بر آنها می‌باشد. برای این کار یک ساختمان سه طبقه مسکونی واقع در اقلیم گرم و خشک ایران و بطور اختصاصی در شهرستان دزفول انتخاب و توسط نرم‌افزار eQUEST شبیه-سازی شد. برای این کار تمامی اطلاعات مورد نیاز ساختمان از جمله ابعاد و جنس دیوارها،سقف، کف ، در و پنجره‌ها و همچنین جهت جغرافیایی قرارگیری پنجره‌های ساختمان نسبت به خورشید، نوع سیستم سرمایش و گرمایش، دمـای طـرح داخل و ... به نـرم‌افزار داده شد. دمای طرح خارج نیز توسط یک فایل اقلیمی[۳] تهیه شده توسط سازمان هواشناسی کشور به نرم‌افزار داده شد. شکل (۱) نمای شبیه‌سازی شده ساختمان را نشان می-دهد.



شکل۱: نمای سه‌بعدی از ساختمان مدل شده در نرم‌افزارeQUEST

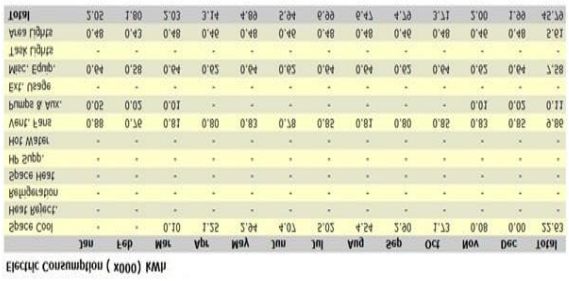
نتایج

نتایج حاصل از شبیه‌سازی ساختمان توسط eQUEST مربوط به مصرف برق سالانه به تفکیک ماه‌های سال و تجهیزات مصرف کننده و بر حسب $10^3 kWh\times$ در نمودار (۱) و جدول (۱) و نتایج مربوط به مصرف گاز سالانه برحسب $10^6 Btu\times$ در نمودار (۲) و جدول (۲) ارایه شده است (قابل ذکر است که نتایج و خروجی‌های نرم‌افزار eQUES تنها در سیستم انگلیسی قابل ارایه می‌باشد).

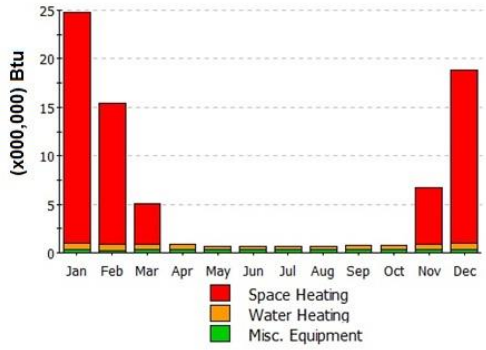


نمودار۱: انرژی مصرفی برق سالانه به تفکیک ماه‌های سال و نیز تجهیزات مصرف-کننده

جدول۱: انرژی مصرفی برق سالانه به تفکیک ماه‌های سال و نیز تجهیزات مصرف-کننده



Electric Consumption (x000) kWh



نمودار۲: انرژی مصرفی گاز سالانه به تفکیک ماه‌های سال و نیز تجهیزات مصرف-کننده

جدول۲: انرژی مصرفی گاز سالانه به تفکیک ماه‌های سال و نیز تجهیزات مصرف-کننده

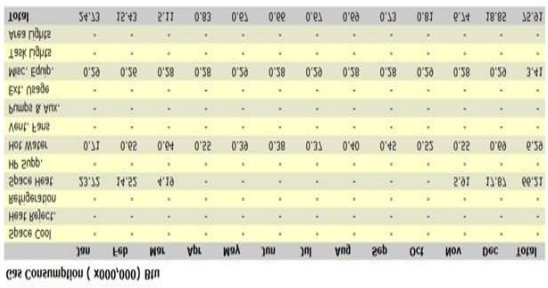
۱-Lorence

۲- James Hirsch

۳-TMY

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1396.4.4.2.4]



همان‌طور که از جداول و نمودارهای بالا مشاهده می‌شود بیشترین مصرف برق در ماه جـولای (تیرماه) و مربوط به سرمایـش فضـا مـی‌باشد. بیشترین مصرف گاز نیز در ماه جان (دی ماه) و مربوط به گرمایـش فضا می‌باشد. علاوه بر نتـایج بالا نرم‌افزار eQUEST مهـم‌ترین پارامترهای قابل تغییر را در قسمتی با نام Energy Efficiency Measure Wizard یا همان «راهبر سنجشگر انرژی» جهت انجام تغییر در پارامترها و اجزای ساختمان و مشاهده تغییر حاصل در انرژی مصرفی ساختمان، ارایه می‌دهد. این پارامترها برای مدل ساختمان تحقیق ما ۱۹ عدد بود که در جدول (۳) آورده شده است.

جدول۳:پارامترهای قابل تغییر ارایه شده توسطeQUEST

x1	عایقبندی سقف
x2	عایقبندی کف
x3	عایقبندی دیوار خارجی
x4	ضخامت بتن دیوار خارجی
x5	ارتفاع پنجره
x6	نوع شیشه
x7	پیش‌آمدگی سایبان بالای پنجره
x8	پیش‌آمدگی تیغه کناری پنجره
x9	سنسور استفاده از نور روز
x10	چگالی توان نوری
x11	چگالی توان تجهیزات
x12	مدیریت دمای سرمایشی ترموستات
x13	مدیریت دمای گرمایشی ترموستات
x14	توان فن‌های سیستم تهویه مطبوع
x15	بازده سیستم سرمایشی
x16	بازده سیستم گرمایشی
x17	دمای آب گرم مصرفی با گاز
x18	دمای آب گرم مصرفی با برق
x19	تخلیه و تامین هوای تازه

با تغییر هر یک از این ۱۹ پارامتر به تعداد قابل قبول (برخی پارامترها ۵ بار و برخی دیگر ۱۰ بار) و شبیه‌سازی مجدد ساختمان نتایج جدیدی برای مصارف برق و گاز برای هر حالت به دست آمد و در مجموع ۱۵۵ مدل ساختمان مختلف شبیه‌سازی شد. برای تحلیل این نتایج از یک نرم‌افزار تحلیل آماری مناسب به نام SPSS استفاده کردیم.به این طریق که ابتدا داده‌ها را در SPSS وارد[۱] کرده و سپس با انجام آزمون تحلیل واریانس و آزمون شاخص‌های همبستگی چندمتغیره [۹] از داده‌ها رگرسیون‌گیری می‌کنیم. با این کار دو رابطه خطی معنادار شامل ۱۹ متغیر مستقل (۱۹ پارامتر قابل تغییر eQUEST) یکی برای مصرف برق، رابطه(۱)، و دیگری برای مصرف گاز ، رابطه(۲)، بدست آمدند.

$$Y = 127.536 - 0.478X_1 - 0.083X_2 - 0.544X_3 - 0.693X_4 + 1.546X_6 - 0.243X_7 - 0.064X_8 + 0.011X_9 + 5.957X_{10} + 12.691X_{11} - 0.909X_{12} - 0.009X_{13} + 9.487X_{14} - 3.774X_{15} + 0.031X_{16} + 0.073X_{18} + 0.322X_{19} \quad (1)$$

$$Y = -227.788 + 0.394X_1 - 0.001X_2 - 4.885X_3 - 9.896X_4 - 4.868X_6 + 0.5511X_7 + 0.571X_8 - 0.019X_9 - 3.877X_{10} - 7.673X_{11} + 0.052X_{12} + 7.043X_{13} - 10.674X_{14} - 0.186X_{15} - 115.089X_{16} + 0.125X_{17} - 0.217X_{18} + 3.954X_{19} \quad (2)$$

در این روابط، قدرمطلق ضرایب روابط بدست آمده نشان‌دهنده میزان تاثیر (وزن) هر پارامتر در مصـرف انـرژی ساختمـان مـی‌باشد. علامت مثبت ضرایب نیز نشان‌دهنده رابطه مستقیم و علامت منفی نشان‌دهنده رابطه معکوس آن پارامتر با انرژی مصرفی ساختمان است. با این توضیح، در رابطه (۱) X_{11} (چگالی توان تجهیزات) با علامت مثبت و در رابطه (۲) X_{16} (بازده سیستم گرمایشی) با علامت منفی موثرترین عوامل خواهند بود. علاوه بر این، با استفاده از روابط (۱) و (۲) می‌توان در حین دقت بالا، براحتی و بسرعت برای هر مقدار دلخواه (والبته قابل قبول) از پارامترها، مصرف انرژی برق و گاز ساختمان را بدست آورد.

اعتبارسنجی نتایج

اعتبارسنجی نتایج تحقیق حاضر از دو طریق یکی مقایسه با قبوض برق و گاز، جدول (۴)، و دیگری مقایسه با روابط انتقال حرارت در ساختمان بصورت محاسبات دستی[۱۰]، جدول (۵)، انجام شد. این مقایسه برای برق مصرفی در ماه‌های مهر و آبان و برای گاز مصرفی در ماه‌های آبان و آذر صورت گرفت. نتایج انرژی گاز مصرفی از سیستم انگلیسی(Btu) به سیستم (SI) تبدیل شده است. قابل ذکر است که انتخاب ماه‌ها برای مقایسه و اعتبارسنجی نتایج باتوجه به نرمال بود مصرف تمامی واحدهای ساختمان در مقایسه با سایر ماه‌ها انجام شد.

جدول۴: مقایسه نتایج eQUEST و قبوض برای برق و گاز مصرفی

	eQUEST	قبض	خطا
برق مصرفی بر حسب $\times 10^3 kWh$	۵۷۱۰	۴۵۲۵	۲۶/۱٪
گاز مصرفی برحسب $\times 10^6 Kj$	۲۶/۹۹	۲۳/۰۰	۱۷/۳۸٪

۱-Import

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1396.4.4.2.4]

دلایل خطای ایجاد شده جدول (۴) را می‌توان بصورت زیر برشمرد:

۱. سیستم گرمایشی ساختمان در حالت واقعی بخاری گازسوز دودکش‌دار می‌باشد. در حالیکه بدلیل نبود این نوع سیستم در نرم‌افزار، به ناچار سیستم گرمایشی کوره انتخاب و جایگزین شده است.
۲. ساده‌سازی ساختمان مدل شده (در مقایسه با حالت واقعی) جهت انجام شبیه‌سازی
۳. یکسان نبودن زمان استفاده و کاربری ساکنین ساختمان در حالت واقعی با مدل نرم‌افزاری
۴. یکسان نبودن پریود قبوض با پریود نتایج نرم‌افزار (زیرا قبوض صادر شده معمولا از ابتدای برج صادر نمی‌شوند)

جدول۵: مقایسه نتایج eQUEST و محاسبات دستی برای گاز

خطا	محاسبات دستی	eQUEST	
۹/۷٪	۲۴/۶۰	۲۶/۹۹	گاز مصرفی برحسب $\times 10^6 Kj$

دلایل خطای ایجاد شده جدول (۵) را می‌توان بصورت زیر برشمرد:

۱. در نظر گرفتن یک دمای میانگین در طول شبانه روز برای انجام محاسبات دستی در حالیکه نرم‌افزار دمای لحظه به لحظه را از فایل اقلیمی تعریف شده برای آن (مربوط به شهرستان دزفول) دریافت می‌کند.
۲. در نظر نگرفتن انتقال حرارت و تبادل انرژی برخی تجهیزات برقی منزل مانند یخچال، تلویزیون، لامپ‌های روشنایی و همچنین انرژی حاصل از متابولیسم بدن انسان در محاسبات.

با توجه به موارد ذکر شده، خطای حاصل کاملا منطقی و قابل قبول می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مدل رگرسیون خطی چندمتغیره بدست آمده، اصلی‌ترین و موثرترین عوامل در میزان مصرف انرژی (گاز و برق) را ارائه می‌دهد که با استفاده از آن پی بردیم که در اقلیم گرم و خشک کشور و به طور اختصاصی شهرستان دزفول موثرترین عامل در مصرف برق چگالی توان تجهیزات و در مصرف گاز بازده سیستم گرمایشی می‌باشند. علاوه بر این، با استفاده از این روابط براحتی و بدون نیاز به تغییر در مصالح و تجهیزات یک ساختمان مسکونی می‌توان میزان تاثیر ناشی از تغییر هر پارامتر از ساختمان را بر روی مصرف برق و گاز آن دریافت و با در نظر گرفتن هزینه تغییرات، بهینه‌ترین حالت را جهت کاهش مصرف انرژی (برق و گاز) ساختمان برگزید. لذا امید است با استفاده و بهره‌گیری از نتایج این تحقیق در ساخت و یا بازسازی ساختمانهای مسکونی کشور گامی نه چندان دشوار ولی بسیار موثر در کاهش مصرف انرژی ساختمانهای مسکونی برداریم و در حفظ منابع ارزشمند انرژی جهت آسایش خود و آیندگان سهمی بسزا داشته باشیم.

فهرست علامت‌ها

علائم انگلیسی	
مساحت، m^2	A
یکای فرعی انرژی در سیسم SI	kwh
یکای انرژی در سیسم SI	Kj
یکای انرژی در سیستم انگلیسی	Btu

مراجع

[۱] وب سایت رسمی سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور به نشانی www.ifco.ir.

[۲] وب سایت رسمی آژانس بین‌المللی انرژی به نشانی www.iea.org .

[۳] وب سایت رسمی سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا) به نشانی www.saba.ir.

[4] M,Mottahedi, A.Mohammadpour, S.Shams Amiri, and D.Riley, 2015, Multi-linear Regression Models to Predict the Annual Energy Consumption of an Office Building with Different Shapes. Procedia Engineering 118 (2015) 622 – 629.

[5] M.Tsun Ke, C.Hung yeh, J.Ting Jian,2013, Analysis of building energy consumption parameters and energy savings measurement and verification by applying eQUEST software. Energy and Buildings 61 (2013) 100–107.

[6] A. Alaidroos,M.Krarti, Optimal design of residential building envelope systems in theKingdom of Saudi Arabia. Energy and Buildings 86 (2015) 104–117.

[7] M.Zhao, H.M. Künzel, F.Antretter, Parameters influencing the energy performance of residentialbuildings in different Chinese climate zones. Energy and Buildings 96 (2015) 64–75.

[۸] محمد عباسپور و مجتبی رضائیان باجگیران، ۱۳۸۹، جایگاه تحلیل نرم-افزاری در ممیزی انرژی در بخش ساختمان، نشریه انسان و محیط زیست، دوره ۸، شماره۳.

[۹] نعمت الهی، نادر، ۱۳۹۲، آمار واحتمالات مهندسی، انتشارات سهادانش، تهران.

[۱۰] طباطبایی، سید مجتبی، ۱۳۹۳، محاسبات تاسیسات ساختمان، انتشارات روزبهان، تهران.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1396.4.4.2.4]