



رده بندی انرژی چند ساختمان مسکونی طبق استاندارد ملی در شهر قم و بررسی اثر چند عامل موثر بر آن

هادی کارگر شریف آباد^{1*}، مسعود جلیلیان²

1- استادیار، مرکز تحقیقات راهبردی انرژی و توسعه پایدار، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

2- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

* سمنان، صندوق پستی 35145-179، h.kargar@semnaniau.ac.ir

اطلاعات مقاله

یادداشت پژوهشی

دریافت: 16 آبان 1394

پذیرش: 21 آذر 1394

ارائه در سایت: 13 دی 1394

کلید واژگان:

ساختمان

صرفه جویی انرژی

مصالح

پنجره

کنتور گاز

چکیده

در این مقاله، شاخص‌های شدت مصرف انرژی سالیانه 13 مجتمع مسکونی با ویژگی‌های متفاوت مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته است. این ویژگی‌ها شامل نوع نما، سیستم گرمایشی و سرمایشی، نوع پنجره‌ها و مجزا یا مشترک بودن کنتورهای گاز واحدهای موجود در مجتمع‌ها می‌باشند. ضمن معرفی مجتمع‌های انتخاب شده، مشخصات پوسته آن‌ها، سیستم گرمایشی و سرمایشی و همچنین حامل‌های انرژی مورد استفاده در آن‌ها مورد بررسی و سپس به تحلیل جریان انرژی در مجتمع‌ها پرداخته شده است. در ابتدا روش محاسبه شاخص شدت مصرف انرژی ارائه شده است. سپس شاخص‌های شدت مصرف انرژی ساختمان‌ها محاسبه و ساختمان‌های با ویژگی‌های متفاوت از نظر شاخص شدت مصرف انرژی مقایسه شده‌اند. مقایسه شاخص‌های شدت مصرف انرژی نشان می‌دهد که استفاده از مصالح نوین انرژی مانند نمای متال برد (ساندویچ پانل دکوراتیو) بجای آجرنما، پنجره UPVC بجای پنجره فلزی، شیشه دوجداره بجای تک جداره و همچنین استفاده از سیستم‌های گرمایشی نیمه متمرکز بجای بخاری و آبگرمکن و یا موتورخانه شدت مصرف انرژی در ساختمان را تا حد قابل توجهی کاهش می‌دهد. همچنین استفاده از کنتور گاز مجزا بجای کنتور گاز مشترک، با تأثیرگذاری بر رفتار ساکنین ساختمان و ایجاد انگیزه مالی برای کاهش مصرف انرژی باعث صرفه‌جویی در مصرف گاز طبیعی و کاهش شاخص شدت مصرف انرژی ساختمان می‌گردد.

Energy rating of residential buildings in the city of Qom according to the national standard and the effect of several factors affecting it

Hadi Kargar sharifabad^{1*}, Masood Jalilian²

1- Strategic Research Center for Energy and Sustainable Development, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran

2- Department of Mechanical Engineering, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran

* P.O.B. 35145-179, Semnan, Iran, h.kargar@semnaniau.ac.ir

ARTICLE INFORMATION

Research Note

Received 07 November 2015

Accepted 12 December 2015

Available Online 03 January 2016

Keywords:

Building
energy saving
Materials
Windows
gas meters

ABSTRACT

In this article, energy consumption properties of 13 random residential complexes with different construction characteristics have been examined and compared. These properties are consist of facade type, cooling and heating system, window type and the gas meters being united or separated for each unit. While introducing selected complexes, their envelope specifications, heating and cooling systems and energy agent used for them are considered and then the energy analysis is done for each of them. At first the energy consumption ratio factor is introduced then the energy consumption ratios are calculated and compared for selected complexes. The comparison of energy consumption ratios show that the use of new construction materials such as metal board facades (decorative sandwich panels) instead of conventional bricks, two-layer windows instead of one-layer one's and using the semi-central heating and cooling systems instead of mechanical rooms, water heaters or heaters can reduce the energy consumption of a building significantly. Also using separated gas meters instead of united type can affect resident's consumption pattern and cause financial motives for them to save energy and therefore the natural gas consumption and energy consumption ratio can be reduced.

1- مقدمه

کشور در مقایسه با بخش‌های دیگری چون صنعت حمل و نقل و کشاورزی می‌باشد. در این راستا مطالعات متعددی توسط محققین انجام شده است. صفایی و طالقانی [1] با اشاره به الگوی مصرف انرژی در بخش خانگی و میزان نقش آن در آلودگی‌های زیست‌محیطی، بهینه‌سازی مصرف سوخت هم از بعد چگونگی کیفیت لوازم انرژی بر و هم از بعد چگونگی ساخت بنا تشریح

همه آمار، ارقام، اخبار و تحلیل‌های مختلف به‌وضوح نشان می‌دهند که روند کنونی مصرف انرژی در ایران، به ویژه در بخش ساختمان به‌گونه‌ای است که کشور را به سمت بروز مشکلات و معضلات ملی پیش می‌برد. در الگوی مصرف انرژی کشور بخش مسکونی و تجاری عمده‌ترین مصرف کننده انرژی

Please cite this article using:

H. Kargar sharifabad, M. Jalilian, Energy rating of residential buildings in the city of Qom according to the national standard and the effect of several factors affecting it, *Modares Mechanical Engineering*, Vol. 16, No. 1, pp. 361-364, 2016 (in Persian)

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

اطلاعات قبوض برق و گاز تمامی مجتمع‌ها مربوط به بازه زمانی 1.5 الی 2 سال جمع‌آوری شده است.

متال برد¹ یا ساندویچ پانل‌های دکوراتیو جهت پوشش داخل و خارج ساختمان استفاده می‌شود. این نما از سه قسمت لایه فلزی بیرونی، لایه فوم پلی اورتان و لایه پشت که کاغذ کرافت یا ورق گالوانیزه می‌باشد، تشکیل شده است. مارالکس نوعی دیگر از نمای بیرونی است که ترکیبی از سیمان، ماسه شسته شده و آهک می‌باشد.

در جدول 2 نیز ضرایب انتقال حرارت قسمت‌های مختلف پوسته ساختمان خلاصه شده است. این مقادیر با استفاده از مشخصات فیزیکی و ضخامت مصالح مختلف در جداره محاسبه شده است [8]. همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود ضریب انتقال حرارت سقف مجتمع‌ها و درب تمامی واحدهای آن‌ها یکسان است و تنها ضریب انتقال حرارت دیوارهای جانبی (به دلیل وجود نماهای مختلف) و پنجره‌ها متفاوت است.

2-2- تحلیل شدت مصرف انرژی

با توجه به استاندارد 14253 سازمان ملی استاندارد ایران در خصوص تعیین معیار مصرف انرژی برای ساختمان‌های مسکونی، روش عملکردی به عنوان یک روش جهت تعیین رتبه مصرف انرژی ساختمان، از دقت بالایی برخوردار بوده و براساس بازخورد انرژی ساختمان و با توجه به قبوض انرژی صورت می‌پذیرد، ملاک قرار گرفته است. شاخص مصرف انرژی به صورت انرژی اولیه مصرفی سالیانه ساختمان برحسب واحد زیربنای مفید و در واحد کیلووات ساعت بر مترمربع بر سال تعریف شده است. یکی از پارامترهای مهم در تعیین شاخص مصرف انرژی ساختمان در شرایط ایده‌آل شرایط محیطی و اقلیم محل قرارگیری ساختمان می‌باشد. بعد از آن برای هر اقلیم شدت مصرف انرژی ایده‌آل انتخاب می‌شود. از آنجایی که تمامی مجتمع‌ها دارای کنتورهای برق مجزا هستند لذا می‌توان با محاسبه کل برق مصرفی و تقسیم آن بر واحد- روز برق کل مجتمع مصرف روزانه متوسط مجتمع را طبق روابط (1) و (2) محاسبه نمود. در این‌جا منظور از واحد- روز برق یک مجتمع مجموع واحد- روزهای برق واحدهای آن است. واحد- روز برق هر واحد از مجتمع نیز تعداد روزهایی است که آن واحد از مجتمع در بازه مورد مطالعه دارای سکنه بوده و مصرف برق داشته است.

$$EL_i^{\text{Annual}} = \frac{365}{UD_i^{EL}} \sum_j \sum_k EL_{i,j,k} \quad (1)$$

$$UD_i^{EL} = \sum_j \sum_k UD_{i,j,k}^{EL} \quad (2)$$

در روابط فوق پارامترهای مختلف عبارتند از:

EL_i^{Annual} : مصرف انرژی الکتریکی سالیانه مجتمع i (کیلووات ساعت در سال)
 $EL_{i,j,k}$: مصرف انرژی الکتریکی واحد j از مجتمع i در دوره k (کیلووات ساعت)

UD_i^{EL} : تعداد واحد-روزهای برق مجتمع i

$UD_{i,j,k}^{EL}$: تعداد واحد-روزهای برق واحد j از مجتمع i در دوره k

برآورد مصرف گاز سالیانه برای مجتمع‌هایی که دارای کنتور گاز مجزا هستند دقیقاً مشابه برآورد صورت گرفته برای مصرف برق آن‌ها می‌باشد.

برای واحدهایی که دارای کنتور گاز مشترک هستند تنها کمیت مجتمع- روز گاز با استفاده قبوض گاز مجتمع‌ها قابل محاسبه است. بنابراین دستیابی به تعداد واحد- روزهای گاز یک مجتمع به صورت مستقیم

کردند. ابراهیم پور و کریمی واحد [2] مصرف انرژی در ساختمان دانشگاهی در تبریز را با استفاده از نرم‌افزار انرژی پلاس تحلیل کردند و تأثیرات نمای خارجی و رنگ آن را بر مصرف انرژی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از رنگ سفید به جای رنگ‌های تیره در نما می‌تواند میزان مصرف انرژی سالانه را حدود 9 درصد کاهش دهد. صادقی و همکاران [3] با اندازه‌گیری از تعدادی از مصرف کنندگان انرژی در شهر اهواز و به دست آوردن میزان شاخص شدت مصرف، مقایسه با استاندارد و در نهایت ارائه یک مدل ساختمانی که تمامی موارد صرفه جویی و کاهش شاخص تلفات نیز در نظر گرفته شده باشد، اقدام کردند. لیندبرگ و همکاران [4] میزان دریافت انرژی خورشیدی در دیوارهای دارای نماهای آجری و چوبی را به صورت تجربی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان از تأثیر قابل توجه جنس نمای ساختمان بر میزان مصرف انرژی ساختمان حکایت داشت. در تحقیقی دیگر ارزیابی عملکرد حرارتی وضعیت‌های گوناگون نصب پنجره، شامل حالت‌های استفاده یا عدم استفاده از پیش‌قاب چوبی یا فولادی، برای نصب پنجره‌های دارای شیشه‌های دوجداره با نرم‌افزار ترم بررسی شد [5]. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند جزئیات اجرایی نصب پنجره، محل قرارگیری پروفیل و همچنین نحوه و میزان عایق کاری حرارتی اطراف پروفیل پنجره نقشی تعیین‌کننده بر عملکرد حرارتی جدار دارد. جانی [6] در مطالعه خود نشان داده است با به‌کارگیری فنون طراحی و ساخت می‌توان صرفه‌جویی قابل‌توجهی در مصرف انرژی داشت و در نتیجه آلودگی ناشی از آن‌را به میزان زیادی کاهش داد. تدوین معیار مصرف انرژی، یکی از مهمترین اقدامات مدیریت مصرف جهت تعیین چارچوب مناسب برای اعمال قوانین و دستورالعمل‌ها و پیش‌بینی‌های مربوط به تقاضا و برنامه‌ریزی جهت تولید انرژی می‌باشد. بر این اساس استاندارد مربوط به ساختمان‌های مسکونی تحت عنوان "ساختمان‌های مسکونی- تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی" به شماره 14253 در سازمان ملی استاندارد ایران تدوین شده است [7]. با توجه به ضرورت توجه به بحث صرفه جویی انرژی در حوزه ساختمان، تأثیر پارامترهای مختلفی در رده مصرف انرژی چند ساختمان در شهر قم بررسی شده است.

2- تئوری و روش کار

2-1- معرفی ساختمان‌های مورد مطالعه

برای بررسی تأثیر پارامترهای پوسته ساختمان، کنتور مجزا یا مشترک و نوع سیستم سرمایشی یا گرمایشی، ساختمان‌هایی که از نظر معماری تقریباً مشابه بوده و تنها در موارد ذکر شده متفاوت بودند، مقایسه شده است. با توجه به این عوامل، 13 مجتمع مسکونی در شهر قم در نظر گرفته شده است. قابل ذکر است در انتخاب ساختمان‌ها، به نحوه قرارگیری ساختمان نسبت به ساختمان‌های مجاور نیز توجه شده است و به‌همین منظور ساختمان‌هایی انتخاب شده است که دارای جهت‌گیری یکسان هستند. در جدول 1 مشخصات کلی مجتمع‌های مسکونی انتخاب شده شامل تعداد واحدها، مساحت زیربنای کل مسکونی (مفید)، نوع نما، پنجره و شیشه، سیستم گرمایشی، نحوه استفاده واحدهای مجتمع‌ها از کنتورهای گاز، شاخص شدت مصرف انرژی واقعی و رده مصرف انرژی آمده است. قابل ذکر است نوع سیستم سرمایشی تمامی واحدها مشابه و از نوع کولر آبی است. همچنین کنتور برق تمامی واحدها مجزا است. بررسی‌های میدانی از ماه مرداد تا ماه دی سال 1392 انجام شده است ولی جهت افزایش دقت تحلیل،

جدول 1 مشخصات کلی و شدت مصرف انرژی ساختمان های مسکونی انتخاب شده

Table 1 General Characteristics and energy consumption of selected residential building

شماره مجتمع	تعداد واحد	زیر بنای کل مسکونی (m ²)	پیلوت	نما	نوع پنجره و شیشه	نوع سیستم گرمایشی	کنتور گاز	مصرف گاز 1000m ³ /year	مصرف برق (MWh) /year	شاخص شدت مصرف انرژی واقعی (kWh/m ² /year)	رده انرژی
1	18	1386	دارد	متال برد	UPVC- دوجداره	پکیج	مجزا	23	34	265	D
2	16	1168	ندارد	آجر نما	فلزی- تک جداره	بخاری+ آبگرمکن	مجزا	19	37	289	E
3	16	1168	ندارد	آجر نما	فلزی- تک جداره	بخاری+ آبگرمکن	مشترک	28	32	356	F
4	18	1440	دارد	مارالکس	UPVC- دوجداره	پکیج	مشترک	26	37	286	E
5	24	1824	دارد	مارالکس	UPVC- دوجداره	پکیج	مشترک	27	33	222	C
6	16	1088	ندارد	آجر نما	فلزی- تک جداره	بخاری+ آبگرمکن	مشترک	23	31	323	E
7	16	1120	ندارد	آجر نما	فلزی- تک جداره	بخاری+ آبگرمکن	مشترک	33	33	421	-
8	18	1368	دارد	متال برد	UPVC- دوجداره	پکیج	مشترک	20	36	249	D
9	16	1184	ندارد	آجر نما	فلزی- تک جداره	بخاری+ آبگرمکن	مشترک	21	31	283	E
10	16	1296	ندارد	آجر نما	فلزی- تک جداره	پکیج	مجزا	19	31	240	D
11	16	1296	ندارد	آجر نما	فلزی- تک جداره	پکیج	مجزا	24	35	294	E
12	24	2520	دارد	متال برد	UPVC- دوجداره	پکیج	مشترک	28	50	191	C
13	24	2520	دارد	متال برد	UPVC- دوجداره	پکیج	مشترک	30	43	190	C

$$CUD_i^{NG} = \alpha_i \times UN_i \times UD_i^{NG} \quad (5)$$

$$NG_i^{Annual} = \frac{365}{CUD_i^{NG}} \sum_j \sum_k NG_{i,j,k} \quad (6)$$

در روابط فوق پارامترهای مختلف عبارتند از:

$\alpha_{i,j}$: ضریب اشغال واحد j از مجتمع i در دوره مورد مطالعه

$UD_{i,j,m}^{EL}$: واحد- روز برق واحد j از مجتمع i در دوره m

UN_i : تعداد واحدهای اشغال شده مجتمع i

α_i : ضریب اشغال متوسط مجتمع i

CUD_i^{NG} : واحد- روز تصحیح شده گاز طبیعی مجتمع i

NG_i^{Annual} : مصرف گاز طبیعی سالیانه مجتمع i (مترمکعب در سال)

$NG_{i,j,k}$: مصرف گاز طبیعی واحد j از مجتمع i در دوره k (مترمکعب)

تنها اطلاعاتی که امکان ایجاد خطای انسانی در آن ها وجود دارد اطلاعات

مربوط به قبوض برق و گاز می باشد. با بررسی اولیه داده مشاهده شد که در برخی از دوره ها برق مصرفی تمامی واحدهای یک مجتمع صفر اعلام شده است. با بررسی اعداد مصرف مربوط به دوره بعدی مشخص شد که در دوره موردنظر عدد کنتور بنا به دلایلی قرائت نشده است چرا که مصرف در دوره بعدی تقریباً دو برابر مقدار مشابه آن در سال قبل اعلام شده است. بنابراین در این دوره ها واحدها خالی از سکنه نبوده است و مقدار روزهای آن دوره ها در محاسبه واحد- روز مجتمع لحاظ شده است.

3- نتایج

در جدول 1 مشخصات ساختمان ها و شدت مصرف انرژی آن ها ارائه شده است. با توجه به این که شهر قم در اقلیم گرم و خشک در استاندارد ملی 14253 قرار می گیرد، شاخص شدت مصرف انرژی ایده آل در ساختمان مسکونی بزرگ 75 کیلووات ساعت بر مترمربع در سال است. با توجه به این که شدت مصرف انرژی علاوه بر مشخصات فیزیکی ساختمان تابعی از رفتار ساکنین نیز می باشد یکی از دلایل اختلاف شدت مصرف انرژی در ساختمان های مشابه، متفاوت بودن الگوی مصرف می باشد. دلیل دیگر شکل پوسته خارجی ساختمان و به عبارتی نسبت سطح خارجی به حجم ساختمان می باشد که در انتقال حرارت پوسته خارجی موثر است و اختلاف در بعضی از

جدول 2 ضرایب انتقال حرارت اجزای مختلف ساختمان های مسکونی انتخاب شده

Table 2 Heat transfer coefficients of the various components in selected residential complexes

شماره مجتمع	سقف	دیوارهای جانبی	کف	پنجره	درب
1	0.47	0.26	0.46	0.82	1.46
2	0.47	0.48	0.46	2.1	1.46
3	0.47	0.48	0.46	2.1	1.46
4	0.47	0.54	0.46	0.82	1.46
5	0.47	0.54	0.46	0.82	1.46
6	0.47	0.48	0.46	2.1	1.46
7	0.47	0.48	0.46	2.1	1.46
8	0.47	0.26	0.46	0.82	1.46
9	0.47	0.48	0.46	2.1	1.46
10	0.47	0.48	0.47	2.1	1.46
11	0.47	0.48	0.47	2.1	1.46
12	0.47	0.26	0.46	0.82	1.46
13	0.47	0.26	0.46	0.82	1.46

امکان پذیر نبوده و باید با کمک گرفتن از واحد- روز برق واحدهای مجتمع برآورد گردد. برای این منظور ابتدا قبوض برق واحدهای هر مجتمع را با قبض گاز مجتمع انطباق داده و تعداد دوره های مشترک بین قبض گاز و قبوض برق هر واحد از مجتمع مشخص و استخراج شده است. سپس برای دوره هایی که تقریباً منطبق بر هم هستند، ضریب اشغال هر واحد از مجتمع با استفاده از تقسیم واحد- روزهای برق این دوره ها بر کل تعداد واحد- روزهای این دوره ها به تفکیک برای هر واحد از مجتمع طبق رابطه (3) محاسبه می شود.

ضریب اشغال متوسط مجتمع با میانگین گیری روی ضرایب اشغال واحدهای آن و با استفاده از رابطه (4) محاسبه می شود. در پایان تعداد واحد روزهای یک مجتمع از ضرب ضریب اشغال مجتمع در تعداد واحدها در مجتمع- روز گاز آن مجتمع طبق رابطه (5) محاسبه می شود. مصرف گاز سالیانه مجتمع نیز با استفاده از رابطه (6) محاسبه می شود.

$$\alpha_{i,j} = \frac{\sum_m UD_{i,j,m}^{EL}}{\sum_n UD_{i,j,n}^{EL}} \quad (3)$$

$$\alpha_i = \frac{\sum_j \alpha_{i,j}}{UN_i} \quad (4)$$

4- جمع بندی و نتیجه گیری

در این گزارش شاخص های شدت مصرف انرژی در 13 مجتمع مسکونی در شهر قم مورد بررسی قرار گرفت. رده انرژی ساختمان ها که براساس استاندارد ملی 14253 محاسبه شد از C تا F متغیر می باشد. با مقایسه شاخص شدت مصرف انرژی ساختمان ها مشخص شد که استفاده از مصالح نوین مانند نمای متال برد، پنجره UPVC و شیشه دوجداره بجای مصالح سنتی مانند آجرنما، پنجره فلزی و شیشه تک جداره می تواند شدت مصرف انرژی را تا حد قابل ملاحظه ای کاهش دهد و موجب ارتقای رده انرژی ساختمان ها گردد. علاوه بر این، استفاده از کنتور گاز مجزا بجای کنتور گاز مشترک با ایجاد انگیزه کاهش هزینه برای مشترک باعث کاهش مصرف گاز و در نتیجه کاهش شدت مصرف انرژی ساختمان می گردد. همچنین استفاده از سیستم گرمایش نیمه متمرکز مانند پکیج با حذف اتلاف ناشی از سیستم توزیع و توزیع یکنواخت حرارت در اتاق ها باعث کاهش شدت مصرف انرژی و افزایش رفاه ساکنین می شود.

با توجه به استاندارد مربوط به ساختمان های مسکونی تحت عنوان "ساختمان های مسکونی- تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی" به شماره 14253، می توان شدت مصرف و رده انرژی را تعیین و نسبت به صدور برچسب انرژی اقدام کرد. با استفاده از برچسب انرژی تمامی ساختمان ها با دسته بندی ساختمان مسکونی کوچک و بزرگ، براساس معیار مصرف انرژی از رتبه A تا G درجه بندی می شوند و به ساختمان هایی که حداقل معیار مصرف در آن ها رعایت نشود، برچسب تعلق نمی گیرد. استفاده از برچسب های انرژی ابزار موثری در جهت کاهش هزینه های انرژی کشور در دیدگاه کلان بوده و به علاوه برای مصرف کنندگان نیز این امکان را فراهم می سازد که هزینه کمتری برای انرژی مصرفی بپردازند.

5- قدردانی

شایسته است از مرکز خدمات حوزه های علمیه قم تشکر و قدردانی شود. این تحقیق تحت حمایت مالی موسسه مسکن مرکز خدمات حوزه های علمیه قم طی قرارداد شماره 919/5104 مورخ 1392/6/16 انجام شده است.

6- مراجع

- [1] B. Sfaee, G. Taleghani, Energy Conservation in Building, *Proceedings of 4rd Conference on Energy Conservation in Building*, Tehran, 2005. (in Persian فارسی)
- [2] A. Ebrahimipour, Y. Karimi wahed, The best methods to optimize energy consumption for an educational building in Tabriz, *Modares Mechanical Engineering*, Vol. 12, No. 4, pp. 91-104, 2012. (in Persian فارسی)
- [3] A. Sadeghi, A. Taheri, M. Sayadi, Building with optimized energy in south of Iran, *Proceedings of 2rd Conference on Building and Optimazation of Energy*, Esfahan, 2013. (in Persian فارسی)
- [4] R. Lindberg, A. Binamu, M. Teikari, Five-year data of measured weather, energy consumption, and time-dependent temperature variations within different exterior wall structures, *Energy and Buildings*, Vol. 36, No. 6, pp. 495-501, 2004.
- [5] M. Abravesh, B. Mohammad Kari, Analyse of thermal bridge performance of new window installation in the building envelope with external thermal insulation, *Modares Mechanical Engineering*, Vol. 12, No. 3, pp. 27-36, 2012. (in Persian فارسی)
- [6] M. Jani, Use of superior technology in manufacturing to optimize energy consumption, *Proceedings of 2rd Conference on Building and Optimazation of Energy*, Esfahan, 2013. (in Persian فارسی)
- [7] ISIRI, Residential Building- Criteria for Energy Consumption and Energy Labeling Instruction Available *Building*, 4, Iranian National Standards Organization, 2011, pp. 4. (in Persian فارسی)
- [8] M. G. Davies, *Building heat transfer*, pp. 40-43, John Wiley & Sons, 2004.

مقادیر حالت های مشابه می تواند ناشی از آن باشد. همچنین در جدول 1 مصرف گاز و برق مجتمع های مسکونی انتخاب شده به تفکیک نشان داده شده است. همان طور که مشخص است مجتمع های 7 و 5 به ترتیب با 33 و 15 هزار مترمکعب دارای بالاترین و پایین ترین مصرف گاز طبیعی در بین مجتمع های مسکونی انتخاب شده هستند. مشاهده می شود که اختلاف بین مصارف برق مجتمع ها بسیار کمتر از مصارف گاز طبیعی است و مصرف اکثر مجتمع ها در بازه 31 الی 37 مگاوات ساعت در سال است. مجتمع 12 با 50 مگاوات ساعت و مجتمع های 10، 9 و 6 با 31 مگاوات ساعت به ترتیب بیش ترین و کمترین مصرف برق در بین مجتمع های مسکونی انتخاب شده را دارند.

3-1- ارزیابی تأثیر نوع نما، پنجره و شیشه در شدت مصرف انرژی

در جدول 1 دیده می شود که شدت مصرف انرژی در ساختمان های با نمای متال برد، پنجره با قاب UPVC و شیشه دو جداره پایین ترین و در ساختمان های با نمای آجرنما، قاب فلزی و شیشه تک جدار بالاترین مقدار را دارد. این نتیجه نشان دهنده تأثیر بالای نوع نما، نوع پنجره و شیشه در بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان و در نتیجه در شدت مصرف انرژی آن است و با به کار بردن مصالح نوین مانند متال برد به جای آجر نما و پنجره با قاب UPVC و شیشه دوجداره بجای پنجره با قاب فلزی و شیشه تک جداره می توان شدت مصرف انرژی در ساختمان های مسکونی بزرگ را تا حد زیادی کاهش داد.

3-2- ارزیابی تأثیر نوع سیستم گرمایشی در شدت مصرف انرژی

دو نوع سیستم گرمایشی برای گرمایش و تهیه آب گرم در مجتمع های مسکونی انتخاب شده وجود دارد؛ پکیج و آبگرمکن به همراه بخاری. همان طور که در جدول 1 مشخص است استفاده از پکیج در واحدهای مسکونی نسبت به مجموع بخاری و آبگرمکن منجر به شدت مصرف انرژی کمتر برای ساختمان می گردد زیرا در صورت استفاده از پکیج علاوه بر توزیع یکنواخت حرارت در ساختمان، دارای راندمان بالاتری نسبت به آبگرمکن و بخاری می باشند.

3-3- ارزیابی تأثیر نوع کنتور گاز در شدت مصرف انرژی

در جدول 1 تأثیر استفاده از کنتور مشترک و مجزا بر شدت مصرف انرژی نشان داده شده است. دیده می شود ساختمان های با کنتور گاز مجزا شدت مصرف انرژی کمتری نسبت به ساختمان های با کنتور مشترک دارند. ساختمان هایی که کنتور گاز مشترک دارند مشترکین هزینه گاز را به صورت مساوی پرداخت می کنند و انگیزه برای صرفه جویی در مصرف گاز برای واحدهای مجتمع وجود ندارد.

3-4- علت رده بندی مختلف در شرایط مشابه

علاوه بر موارد مذکور در بخش های قبلی، همان طور که در جدول 1 نیز دیده می شود، برخی ساختمان ها دارای پوسته، سیستم گرمایشی و سرمایشی و همچنین شرایط یکسان بهره برداری از کنتور گاز هستند اما رده انرژی آن ها متفاوت است. این امر به دلیل پارامترهای نامعین مانند نحوه استفاده از ساختمان می باشد که قابل اندازه گیری نیست و باعث بروز خطا در نتایج نیز می گردد اما در نظر گرفتن تعداد زیادی ساختمان در این کار این اثر را تا حد زیادی خنثی می کند.