

# تحقق ساختمان سبز با بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر نوین و تکنیک‌های هوشمندسازی و بررسی میزان اثر بخشی با نرم افزار e\_QUEST

اسلام هشتری<sup>۱</sup>، مهدی نیرومند<sup>۲</sup>

۱ کارشناس ارشد الکترونیک، موسسه آموزش عالی راغب اصفهانی، [Eslam.Hashtari@raghebist.ac.ir](mailto:Eslam.Hashtari@raghebist.ac.ir)

۲ استادیار دانشگاه اصفهان، [mehdi\\_niroomand@eng.ui.ac.ir](mailto:mehdi_niroomand@eng.ui.ac.ir)

## چکیده

انرژی، بحران قرن کنونی است. به علت موقعیت، طراحی و ساخت نامناسب ساختمان‌ها و عدم نگهداری مناسب سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی، مقدار زیادی از انرژی در ساختمان‌ها تلف می‌گردد. این اتلاف انرژی، علاوه بر از بین بردن منابع طبیعی کشورها باعث آلوده‌سازی هوای شهرها نیز می‌شود. نگاهی به سرانه ۳ برابری مصرف انرژی در ایران نسبت به میانگین جهانی، اهمیت بکارگیری ساختمان سبز را دوچندان می‌کند. رویکرد سیاسی-اقتصادی کنونی کشورهای توسعه یافته با توجه به مواردی از قبیل نوسانات قیمت حامل‌های انرژی و عدم امنیت بازار از یک سو و مسئله گرم شدن کره زمین از سوی دیگر، بر تولید و استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر و کاهش مصرف انرژی شکل گرفته است. یکی از راهکارهای بنیادی در تحقق این رویکرد ساختمان سبزی می‌باشد که در آن علاوه بر حذف سوخت‌های فسیلی و بهره‌گیری از راهکارهای هوشمند بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش راندمان و در نتیجه حافظت از محیط زیست، انرژی مورد نیاز در خود ساختمان از طریق سیستم‌های نوین تولید انرژی پاک تعبیه شده در آن تولید و تامین می‌شود. در این مقاله بهره‌گیری از تمامی تمهیدات کاهش مصرف انرژی اعم از موقعیت‌یابی محل ساختمان، تمهیدات عمرانی و سازه‌ای، معماری و تأسیسات الکتریکی و مکانیکی در تحقق ساختمان سبز همچنین به کارگیری تکنیک‌های خانه هوشمند در کاهش مصرف انرژی و استفاده از تمام ظرفیت‌های تولید انرژی‌های تجدیدپذیر به خصوص روش‌های نوین آن بررسی شده و در نهایت میزان اثر بخشی این راهکارها در کاهش مصرف انرژی توسط نرم افزار معتبر e\_QUEST مشخص می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ساختمان سبز- ساختمان هوشمند- انرژی‌های تجدیدپذیر- بهینه سازی مصرف انرژی- نرم‌افزار e\_QUEST.

## ۱- مقدمه:

مهمترین دلیل توسعه جنبش ساخت وساز سبز، افزایش شدید قیمت نفت در دهه ۱۹۷۰ میلادی و بوجود آمدن شوک بحران انرژی است. کاهش انرژی‌های فسیلی و کمبود منابع طبیعی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و ...، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را ضروری نمود.

در کشور آمریکا فرمان قانون سیاست انرژی در سال ۲۰۰۵ قانونی شد که موجب کاهش مالیات مالکانی می‌شود که می‌توانند استفاده از تغییرات کارآمد انرژی، همچون صفحات خورشیدی و دیگر وسایل انرژی خورشیدی را در خانه هایشان نشان دهند.<sup>[۱]</sup>

در حال حاضر متأسفانه بهینه‌سازی مصرف انرژی، صرفه‌جویی و کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر نقش ناچیزی را در فرهنگ ساختمانی کشورمان دارد.

یک ساختمان سبز با توجه به میزان سازگاری با محیط زیست و فناوری‌های آن می‌تواند یک ساختمان انرژی صفر (یا نزدیک صفر) یا خانه‌ای همراه با تولید انرژی باشد. یک خانه انرژی صفر، که با <sup>۱</sup> ZNE و <sup>۲</sup> NZEB شناخته می‌شود، انرژی مصرف نمی‌کند و آزادسازی کربن نیز ندارد.

ساختمان‌هایی که در طول یک سال انرژی تولیدی‌شان از مصرفی‌شان بیشتر است، ساختمان‌های انرژی پلاس<sup>۳</sup> نامیده می‌شوند. همچنین خانه‌هایی که مصرف انرژی آنها نزدیک به صفر است، ساختمان‌های با انرژی نزدیک به صفر<sup>۴</sup> یا خانه‌های با انرژی بسیار کم<sup>۵</sup> نامیده می‌شوند.

استفاده بهینه از انرژی خورشیدی، طراحی موقعیت پنجره‌ها، وجوه ساختمان، ایوان‌ها، سایبان‌ها و درخت‌ها به جهت بیشترین بهره‌برداری، در این ساختمان‌ها مورد توجه قرار دارد. توجه بر باد و تأثیر آن بر ساختمان با توجه به اقلیم موجود در طراحی‌ها بسیار مؤثر می‌باشد. استفاده از فضای سبز بر روی بام ساختمان و استفاده از مصالح بازیافتی یا قابل بازیافت در ساختمان از جمله راهکارهای مؤثر در این بخش است. یک ساختمان سبز می‌بایست علاوه بر تأمین احتیاجات ساکنین آن، سلامتی، رضایت و خشنودی، بهره‌وری و نشاط ساکنین خود را برآورده نماید.

لازم به ذکر است تاکنون تحقیقات و بررسی‌های زیادی در خصوص ساختمان سبز، ساختمان هوشمند و انرژی‌های تجدیدپذیر به صورت مجزا در سطوح مختلف ملی و بین‌المللی صورت گرفته است لیکن به ندرت تحقیق کاملی در خصوص ترکیب و کاربرد هر سه موضوع در یک ساختمان انجام شده است. لذا در این مقاله ترکیب ساختمان سبز، ساختمان هوشمند و استفاده از انواع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر، توأمان و در راستای کاهش حداکثری مصرف انرژی و بر اساس واقعیت‌ها و وضعیت کنونی ساخت‌وساز در کشورمان و به دور از رویاپردازی، در یک ساختمان مسکونی با ۵ سقف (یک زیرزمین به صورت پارکینگ، همکف و سه طبقه بالای آن به صورت مسکونی، با مساحت ۱۵۰ مترمربع در هر طبقه و مجموع ۷۵۰ متر مربع زیربنا) در شهر اصفهان مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است.

## ۲- الزامات و ضوابط ملی و بین‌المللی کاهش مصرف انرژی:

الف- مصوبه هیأت محترم وزیران در خصوص آیین‌نامه اجرایی صرفه‌جویی مصرف انرژی در ساختمان‌ها در جلسه مورخ ۹۶/۷/۳۰، با هدف صرفه‌جویی مصرف انرژی در ساختمان‌ها از طریق جهت‌گیری به سوی ساختمان سبز و ارتقای بهره‌وری انرژی و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی.

ب- قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مشتمل بر ۷۵ ماده و ۲۰ تبصره در ۱۲ فصل، مصوب ۸۹/۱۲/۴ مجلس شورای اسلامی.

پ- مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ویرایش سال ۱۳۸۹ تهیه شده توسط دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان.

1 Zero Net Energy

2 Net Zero Energy Building

3 Energy-plus buildings

4 Near-zero energy buildings

5 Ultra-low energy houses

ت- استاندارد جهانی LEED<sup>6</sup> که مربوط به مدیریت انرژی و طراحی اقلیمی بوده و یک برنامه برای ساختمان‌های سبز است که از سال ۱۹۹۴ میلادی در انجمن ساختمان سبز ایالات متحده آمریکا ارائه شد. این استاندارد در صورتی که ساختمان موفق به اخذ امتیازهای لازم گردد منتج به صدور گواهینامه در چهار سطح گواهینامه LEED (حداقل امتیاز)- سطح نقره‌ای- سطح طلائی و سطح پلاتینی می گردد.

ث- سیستم رتبه بندی BREEAM که در حقیقت متداولترین سامانه جهت ارزیابی میزان پایداری انواع ساختمانها در انگلستان است. این سامانه، ساختمانها را براساس نوع کاربری در هشت گروه شامل مسکونی، اداری، تجاری، آموزشی، صنعتی، درمانی، دادگاه و زندان جای می دهد و دارای سطوح زیر می باشد:

- قابل قبول<sup>۷</sup> با پیش نیاز حداقل ۱۰ درصد امتیازات.
- خوب<sup>۸</sup> با پیش نیاز حداقل ۲۵ درصد امتیازات.
- عالی<sup>۹</sup> با پیش نیاز حداقل ۴۰ درصد از امتیازات.
- خیلی خوب<sup>۱۰</sup> با پیش نیاز حداقل ۵۵ درصد از امتیازات.
- بسیار عالی<sup>۱۱</sup> با پیش نیاز حداقل ۷۰ درصد از امتیازات.
- بسیار عالی<sup>۱۲</sup> با پیش نیاز حداقل ۸۵ درصد از امتیازات.

از جمله دیگر استانداردها در این خصوص می توان به استاندارد<sup>۱۳</sup> IECC، ISO 50001، EN16001 اشاره نمود.

### ۳- اصول کلی و توصیه ها در زمینه طراحی ساختمان:

طراحی معماری ساختمان باید سازگار با اقلیم باشد تا ساختمان از شرایط و امکان های مطلوب طبیعی بهره گیری نماید و در- برابر شرایط نامطلوب اقلیمی محافظت گردد. این رویکرد در طراحی معماری ساختمان موجب می شود تا مقدار انرژی مورد نیاز برای تأمین شرایط آسایش حرارتی به حداقل برسد و بخشی از آن از طریق طبیعی فراهم گردد. علاوه بر عایق کاری حرارتی<sup>۱۴</sup>، برخی از تدابیر موثر در بهره گیری از انرژی های طبیعی در ساختمان عبارتند از:

- جهت گیری ساختمان
- حجم و فرم کلی ساختمان
- جانمایی فضاهای داخلی
- جدارهای نورگذر
- سایبانها
- اینرسی حرارتی جدارها

-تهویه طبیعی و ... [۲]

برخی از دیگر تدابیر عبارتند از:

- بهره گیری بهینه از روشنایی طبیعی و مصنوعی
- استفاده از بام سبز
- استفاده از سیستم مرکزی گرمایش و سرمایش پربازده
- استفاده از سنسورهای مختلف و ...

### ۴- برچسب انرژی:

#### ۴-۱- برچسب انرژی وسایل:

برچسب انرژی، مصرف کنندگان را با میزان کارایی انرژی وسایل آشنا می سازد. در برچسب انرژی هفت حرف لاتین از A تا G و هفت رنگ از سبز تا قرمز مشخص شده است. حرف A و رنگ سبز پررنگ نشانگر کمترین مصرف انرژی و بیشترین کارایی وسیله و حرف G و رنگ قرمز نشانگر بیشترین مصرف و کمترین کارایی وسیله می باشد. درجه بندی مصرف انرژی بر اساس مصرف سالیانه برحسب kWh/year و مطابق با زیربند ۶-۱ از استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۵۷۷ محاسبه و تا نزدیک ترین عدد صحیح گرد می شود.

6 Leadership in Energy and Environmental Design standards  
 7 ACCEPTABLE  
 8 PASS  
 9 GOOD  
 10 Very GOOD  
 11 EXCELLENT  
 12 OUTSTANDING  
 13 International Energy Conservation Code  
 14 Thermal Insulation

در ساختمان شبیه سازی شده در این مقاله تمامی لوازم الکتریکی (اعم از سیستم روشنایی LED، سرمایش، تهویه و وسایل الکتریکی منزل)، آب (مشابه تأسیسات آب کفا، دستشویی‌های آب نگهدار، دوش‌های حمام و هوا دهنده‌های شیر آب که علاوه بر کاهش مصرف آب، بار سیستم سپتیک یا عملکرد دستگاه فاضلاب را نیز کم می‌کنند، استفاده از ضایعات و خصوصاً استفاده از پساب در تولید آب مورد نیاز برای آبیاری فضای سبز، استفاده از شیرهای فوری یا شیرهای دارای چشم الکترونیکی) و گازی (گرمایش و پخت‌وپز) با بالاترین بازده انرژی انتخاب شده است. شایان ذکر است برخی از لوازم الکتریکی که دارای رده مصرف A+ و یا A++ و بالاتر می‌باشند نیز مدنظر قرار گرفته اند.

#### ۴-۲- برچسب انرژی ساختمان:

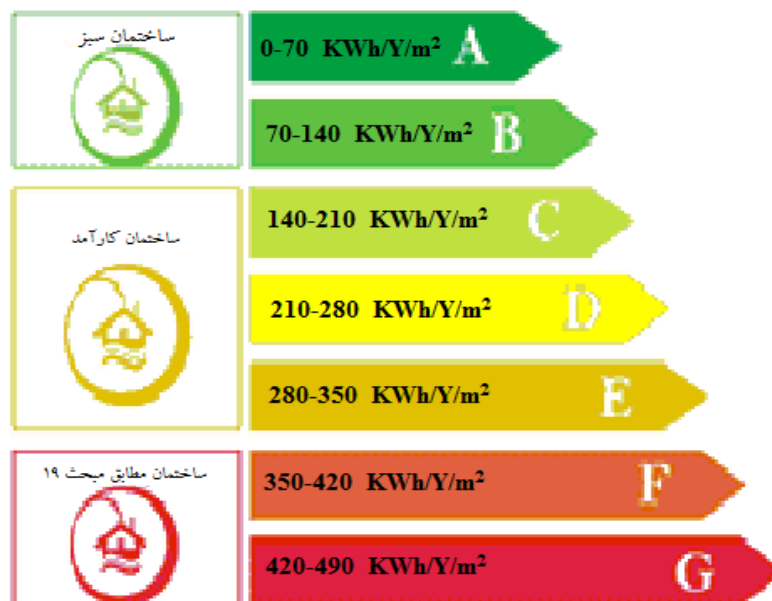
برچسب انرژی ساختمان در ساختمان های مسکونی بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۲۵۳ تحت عنوان "ساختمان مسکونی-تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی" صورت می‌گیرد.

در حقیقت برچسب انرژی ساختمان ابزار کلیدی برای کاهش مصرف انرژی و بهبود عملکرد انرژی در ساختمان های موجود و در حال ساخت است. با اجرای طرح برچسب دهی انرژی در ساختمان ها علاوه بر مشخص نمودن رده انرژی ساختمان ها می توان نظارت بر اجرای اقدامات بهینه سازی و صرفه جویی در مصرف انرژی هر ساختمان و ارتقاء سالانه رده انرژی ساختمان ها را برنامه ریزی نمود.

برچسب انرژی به عنوان روشی برای نشان دادن انطباق ساختمان با قوانین و کدهای ساختمانی و همچنین برای مقایسه عملکرد انرژی ساختمان های مشابه و مقایسه با ساختمان های قدیمی تر مورد استفاده قرار می گیرد. [۳]

با استفاده از روش های زیر می توان رده مصرف انرژی ساختمان را تعیین نمود:

- شبیه سازی: با استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی مانند e\_Quest [۴]، ECOTECT، Green Building Studio، IES، Energy plus [۵]، Design Builder [۶] و DOE ... شبیه سازی می گردد .
  - روش های محاسباتی: با استفاده از روابط و محاسبه مصرف انرژی در یک بازه زمانی.
  - روش های امتیازدهی: با تعیین امتیاز قابل تعلق به قسمت های مختلف مانند عایقکاری، سیستم های کنترلی، سیستم های خورشیدی، تولید انرژی در محل و ...
- و پس از مشخص نمودن میزان مصرف انرژی سالیانه می توان به کمک شکل ۱، نوع ساختمان را به لحاظ مصرف انرژی مشخص نمود.



شکل ۱ - برچسب انرژی ساختمان بر اساس میزان مصرف سالیانه انرژی به ازای هر مترمربع [۸]

## ۵- استفاده از انرژی های تجدیدپذیر:

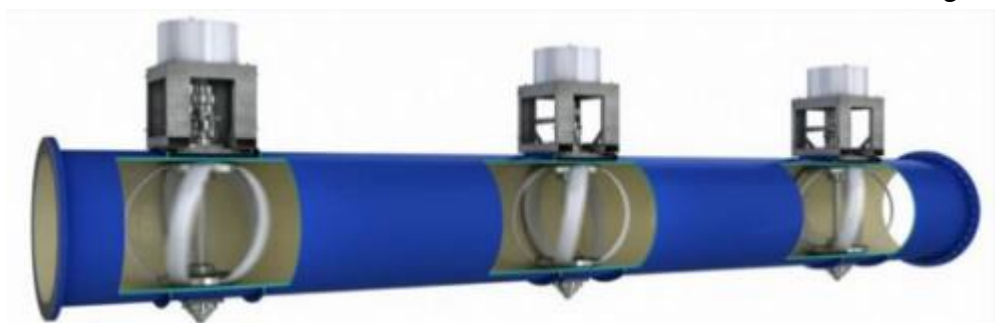
خوشبختانه در کشور ما استفاده از این انرژی های در حال گسترش است به نحوی که به لحاظ استانداردهای ملی مرتبط با انرژی های تجدیدپذیر از وضعیت مناسبی برخوردار بوده و بالغ بر ۳۱۱ عنوان از عناوین استانداردهای ملی به این حوزه ( انرژی خورشیدی، انرژی باد، زیست توده، زمین گرمایی، هیدروژن و پیل سوختی و ... ) اختصاص دارد.

در این مقاله از هر دو روش بهره گیری از انرژی خورشیدی شامل روش غیر فعال (از قبیل تکنیک دیوار سنگین<sup>۱۵</sup>، دیوار ترمب<sup>۱۶</sup>، مکش گرما<sup>۱۷</sup> و تهویه طبیعی) و روش فعال ( استفاده از نور خورشید در تولید برق و استفاده از حرارت تولید شده توسط خورشید<sup>۱۸</sup>) که دارای سیستم های دنبال کننده تابش خورشید<sup>۱۹</sup> و دنبال کننده حداکثر توان (MPPT<sup>۲۰</sup>) همچنین خوراک پزهای خورشیدی و آبگرمکن های خورشیدی هوشمند لوله خلاء<sup>۲۱</sup> (دارای قابلیت های نظیر کنترلر دمای مرکزی، نمایشگر دما و سطح آب مخزن، آبیگری اتوماتیک و دستی با شیر برقی، گرمکن پشتیبان برای روزهای خیلی سرد زمستان، باتری پشتیبان و غیره)، انرژی باد و برخی از روش های نوین تولید انرژی های تجدید پذیر استفاده شده است.

همچنین در ساختمان مدنظر از برخی روش های نوین تولید انرژی به شرح ذیل استفاده شده است:

الف- تولید برق از شبکه آبرسانی:

با توجه به عبور حجم زیادی از آب بطور دائم در لوله های آبرسانی، از عبور جریان آب در لوله توسط سیستم لوله درخشان<sup>۲۲</sup> ساخت شرکت Lucid Energy برق تولید می گردد. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می گردد، با جاری شدن آب در لوله ها چهار توربین به گردش در می آیند که در بالای هر توربین و خارج از لوله ها ژنراتوری قرار می گیرد تا انرژی مهار شده را به الکتریسته تبدیل کند.[۹]



شکل ۲ - تکنولوژی تولید برق از حرکت آب در لوله

ب- استفاده از شیشه های فتوولتاییک به جای استفاده از شیشه های معمولی در پنجره ها و نما.

پ- استفاده از توربین و انرژی باد.

## ۶- ساختمان هوشمند<sup>۲۳</sup>:

تفاوت خانه هوشمند با BMS و اتوماسیون خانگی<sup>۲۴</sup> این است که تجهیزات خانه هوشمند علاوه بر دارا بودن تمامی مزایای سیستم های مذکور (از قبیل تعریف سناریو بدون محدودیت، کنترل از راه دور و توانایی کاربر در برنامه ریزی)، دارای قابلیت یادگیری با توجه به رفتارهای بهره بردار و قابلیت تصمیم گیری هوشمندانه در شرایط مختلف می باشد.

<sup>15</sup> Thermal Mass Wall

<sup>16</sup> Trombe Wall

<sup>17</sup> Thermo Siphon

<sup>18</sup> Solar Thermal Power

<sup>19</sup> Sun Tracker

<sup>20</sup> Maximum Power Point Tracker

<sup>21</sup> Vacuum Tube

<sup>22</sup> LucidPipe

<sup>23</sup> Smart Home

<sup>24</sup> Home Automation

در حالتی که تعداد تجهیزات زیاد باشد، کنترل و نظارت بر تاسیسات سنتی پیچیده می گردد. برای حل نمودن این مشکل از تجهیزات خانه هوشمند که وظیفه تجمیع کنترل همه تاسیسات خانگی از طریق یک پنل کنترلی یا به صورت کنترل از راه دور ( یونیت کنترلی، تلفن های همراه هوشمند، کامپیوتر یا اینترنت) را دارد، استفاده می گردد.

تصور کنید که هنگامی که وارد خانه خود می شوید، روشنایی آرامش بخش و خوشایندی روشن شود، پرده ها بسته شود، و موسیقی مورد علاقه شما پخش شود. دیگر لازم نیست نگران تنظیم سطح روشنایی در اتاق پذیرایی هنگام ورود سرزده مهمان باشید- همه این کارها تنها با فشردن یک کلید برای تغییر سناریو به مثلاً " ملاقات عصرگاهی"، " شام" یا " تماشای فیلم" انجام می شود. وقتی که هنگام صبح برای رفتن به سرکار عجله دارید، دیگر لازم نیست نگران این باشید که آیا چراغ اتاق خواب را روشن گذاشته اید یا خیر. وقتی که کلید را در قفل می چرخانید، سیستم هشدار فعال، پرده های خارجی بسته، دما در اتاق ها کاهش و هر لامپ یا سیستم الکترونیکی خانگی فوراً خاموش خواهد شد. [۱۰]

این سیستم های علاوه بر کاهش مصرف انرژی و کنترلی کردن تمام تجهیزات داخل یک خانه، سیستم های ایمنی و امنیتی را به طور کاملی (از قبیل سیستم تهویه، سیستم ایمنی، سیستم اعلام و اطفای حریق، سیستم مدیریت روشنایی و انرژی) کنترل می کند که می توانند ساختمان را در برابر سرقت، آتش سوزی، نشت گاز و ... محافظت کنند. در ساختمان هوشمند بسیاری از اعمالی که ساکنان از روی عادت و به صورت غیرارادی انجام می دهند، توسط سیستم های هوشمند انجام می گردد که باعث صرفه جویی در زمان و هزینه نیروی انسانی می شود. با به کارگیری انواع و اقسام سنسورها در داخل و خارج ساختمان و با بهره گیری از یک شبکه و سیستم واحد می توان به صورت دائمی و بدون درنگ اطلاعات دما، فشار، رطوبت، دبی هوا، میزان اکسیژن و دی اکسیدکربن را در اختیار داشت و از آنها در جهت رسیدن به شرایط ایده آل استفاده کرد. [۱۱]

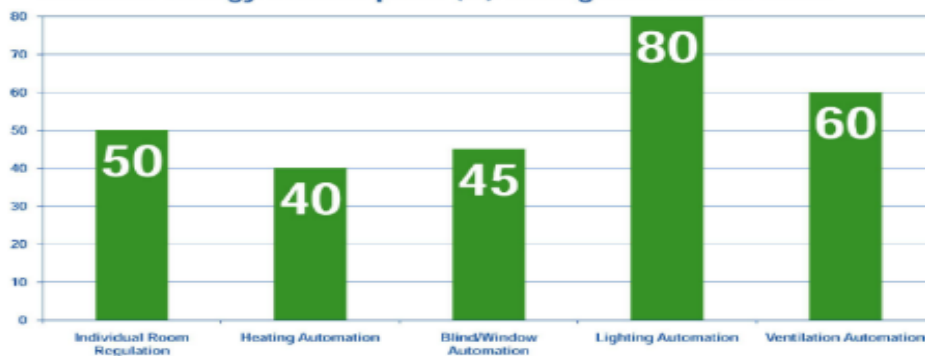
در ساختمان مدنظر از برخی قابلیت های سیستم ساختمان هوشمند تحت پروتکل KNX به شرح ذیل استفاده شده است:

۱. باز و بسته کردن خودکار پرده و کرکره ها با موتورایز نمودن آنها بنا به علل مختلف از قبیل تنظیم مصرف انرژی، باد و طوفان، نور خورشید، مسائل امنیتی و ... رخ دهد. بنابراین نیاز به سنسور باران، دما، باد و ... می باشد.
۲. سیستم گرمایش و سرمایش (موتورخانه مرکزی) جهت کاهش های مصرف انرژی از طریق کنترل شیرهای برقی گرمایش و سرمایش، کنترل بهینه دما، فعال شدن سیستم های گرمایش و سرمایش به طور اتوماتیک به محض ورود اشخاص به اتاق و تنظیم فن کویل ها در حالت Standby به هنگام خالی بودن منزل.
۳. کنترل از راه دور از طریق تلفن یا اینترنت ( می توان سیستم روشنایی، تهویه هوا و یا امنیت خانه را کنترل نمود. مثلاً با روشن و خاموش کردن لامپ ها، تغییر حالات پرده ها و ... تظاهر به حضور در ساختمان کرد).
۴. کنترل هوشمند سیستم روشنایی با استفاده از نور طبیعی، سنسورهای کاهنده شدت نور و تشخیص حضور. همانگونه که در شکل ۳ مشاهده می گردد، در ساختمان های هوشمند می توان با کنترل موارد فوق به صورت میانگین تا حدود ۶۰ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی نمود. [۱۲]

KNX is Green

www.knxuk.org 

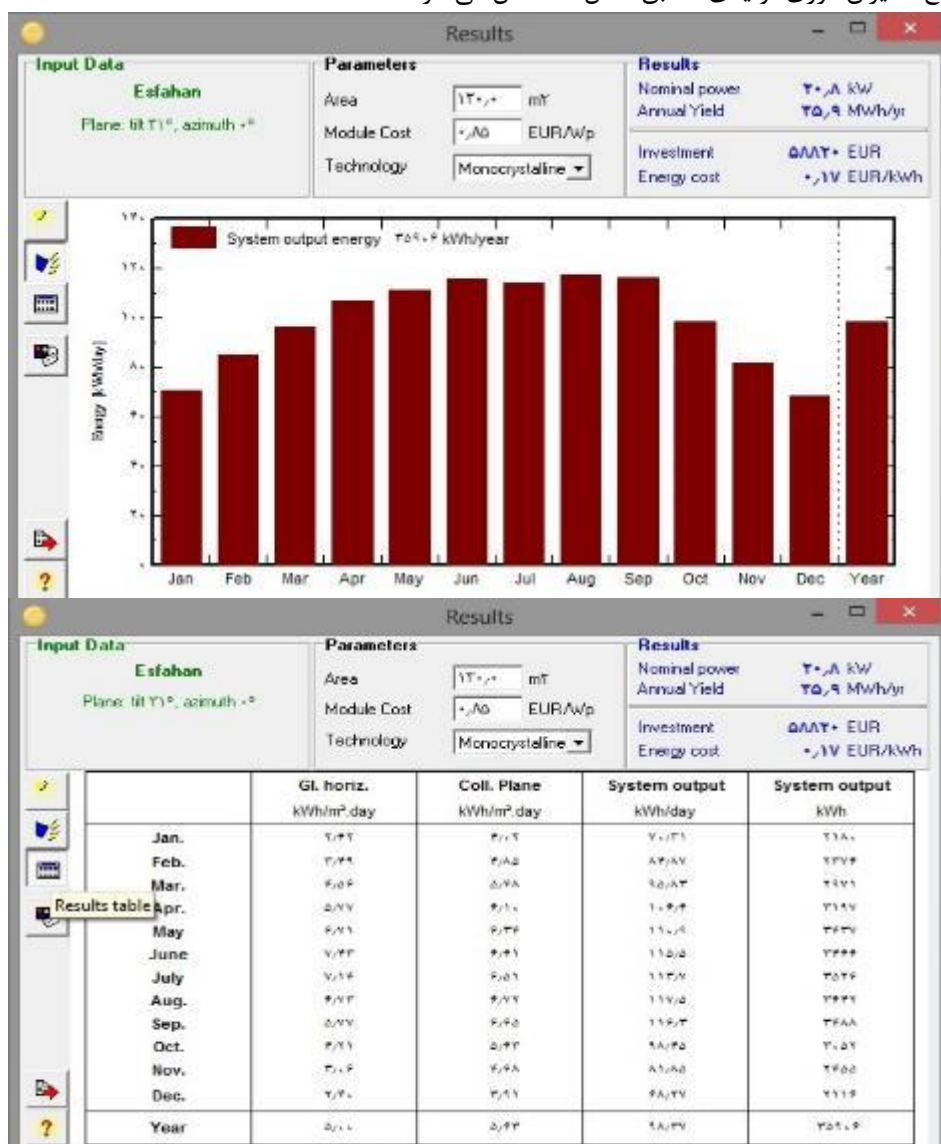
Reduced energy consumption (%) through the use of KNX.



شکل ۳ - میزان کاهش مصرف انرژی با کمک هوشمند سازی به تفکیک مصرف کننده های مختلف انرژی

## ۷- محاسبات سیستم فتوولتایک :

با استفاده از نرم افزار PVsys و با توجه به حدود ۱۳۰ مترمربع مساحت مفید قابل استفاده در بام ساختمان مدنظر این مقاله (از ۱۵۰ مترمربع)، میزان انرژی تولیدی مطابق شکل ۴ حاصل می گردد:



شکل ۴ - انرژی تولید شده با کمک سیستم فتوولتایک

## ۸- شبیه سازی:

### ۸-۱- معرفی نرم افزار:

e\_QUEST یکی از نرم افزارهای آنالیز انرژی پیشرفته ساختمان می باشد که در کشور آمریکا جهت طراحی و آنالیز انرژی استفاده می گردد. شرکت بهینه سازی مصرف سوخت پس از تصمیم به تهیه نرم افزاری در کشور جهت آنالیز مصارف انرژی و بررسی نرم افزارهای مختلف در این زمینه، اقدام به ترجمه و اعمال تغییرات و تعبیه اطلاعات و امکانات مختلف در جهت تطابق با شرایط اقلیمی و آب و هوایی کشورمان و شرایط ساخت و ساز، مصالح و تأسیسات الکتریکی و مکانیکی موجود در کشور یا به عبارت ساده تر بومی نمودن نرم افزار نمود.

موتور محاسباتی این نرم افزار DOE\_۲,۲ است که نسخه توسعه یافته DOE-۲ می باشد که به صورت گسترده در تمامی دنیا مورد استفاده قرار میگیرد و این موضوع بر صحت محاسبات و نتایج نرم افزار صحت می گذارد.

با وارد نمودن اطلاعات مختلف جانمایی محل ساختمان، سازه‌ای و عمرانی، معماری، تأسیسات الکتریکی و مکانیکی ساختمان مسکونی مدنظر (اطلاعات تعداد و مساحت طبقات در مقدمه آمده است) در شهر اصفهان به نتایج بند ۸-۲ می‌رسیم. لازم به ذکر است با توجه به عدم وجود گزینه‌های زیر در نرم افزار و پس از انجام برآوردهای لازم نتایج بند ۸-۳ بدست می‌آید.

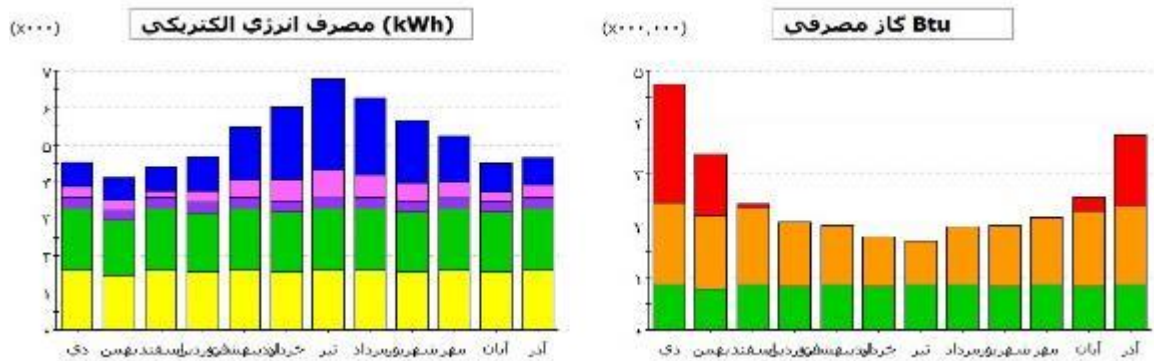
الف- عدم وجود گزینه‌ای برای سیستم هوشمند

ب- روشن ماندن سیستم سرمایش در طول ماه‌های سرد سال

پ- وجود آیتم مصرف انرژی گاز جهت گرمایش آب و عدم امکان حذف آن علی‌رغم اینکه در ساختمان مدنظر از آبگرم‌کن خورشیدی استفاده شده و این آبگرم‌کن با توجه به نوع تجهیزات و تعداد بهره‌برداران، پاسخگویی نیاز آنها می‌باشد.

### ۸-۲- خروجی نرم افزار:

در شکل های ۵ و ۶ میزان مصرف انرژی نشان داده شده است.



شکل ۵ - نمودار مصرف انرژی خروجی نرم افزار در طول سال به تفکیک هر ماه

	برق kWh	گاز طبیعی Btu (x۰۰۰)	بخار Btu	آب سرد Btu
سرمایش فضا	۱۵,۲۳۸	-	-	-
عدم قبول گرمایش	-	-	-	-
سرد سازی	-	-	-	-
گرمایش فضا	-	۵,۲۳۸	-	-
پمپ گرمایش	-	-	-	-
آب داغ	-	۱۵,۱۲۹	-	-
فناهی تهویه	۲,۸۸۲	-	-	-
پمپها و وسایل اضافی	۲,۶۲۵	-	-	-
مصرف نیروی	-	-	-	-
تجهیزات گوناگون	۱۹,۲۹۷	۱۰,۲۹۶	-	-
روشنایی اضافی	-	-	-	-
روشنایی عمومی	۱۹,۰۷۱	-	-	-
کلی	۶۲,۲۳۴	۳۰,۶۶۲	-	-



الکتریسته



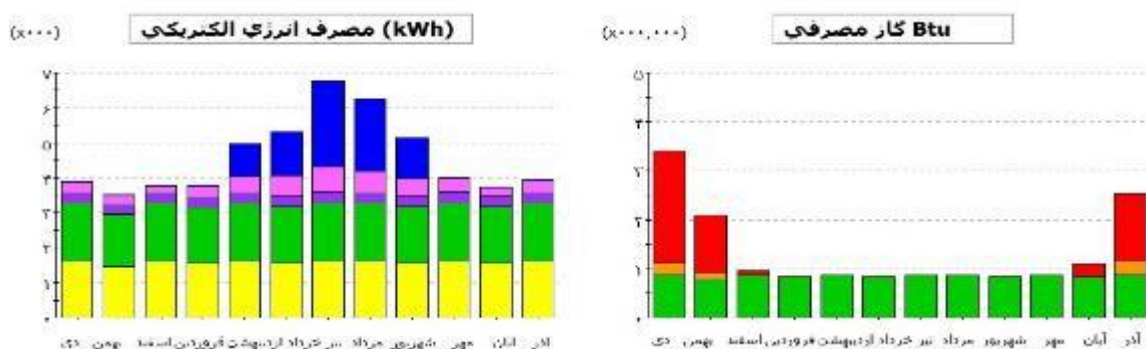
گاز طبیعی

شکل ۶ - مصرف سالیانه انرژی به دست آمده از خروجی نرم افزار



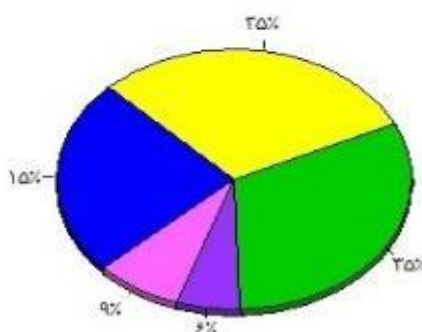
### ۳-۸- خروجی نهائی پس از دقیق سازی و اعمال شرایط هوشمندسازی:

در شکل های ۸ و ۷ میزان مصرف انرژی نشان داده شده است.



شکل ۷ - نمودار مصرف انرژی دقیق سازی شده در طول سال به تفکیک هر ماه

	برق kWh	گاز طبیعی Btu (x۰۰۰)	بخار Btu	آب سرد Btu
سرمایش فضا	۸.۳	-	-	-
عدم قبول گرمایش	-	-	-	-
سرد سازی	-	-	-	-
گرمایش فضا	-	۵.۲۵	-	-
پمپ گرمایش	-	-	-	-
آب داغ	-	۰.۶۶	-	-
فنهای تهویه	۲.۸۸	-	-	-
پمپها و وسایل اضافی	۲.۶	-	-	-
مصرف بیرونی	-	-	-	-
تجهیزات گوناگون	۱۹.۳۹	۱۰.۲۹۶	-	-
روشنایی اضافی	-	-	-	-
روشنایی عمومی	۱۹.۰۷۱	-	-	-
<b>کلی</b>	<b>۵۵.۳۳۴</b>	<b>۱۶.۲۱</b>	-	-



الکتریسیته



گاز طبیعی

شکل ۸ - مصرف سالیانه انرژی پس از دقیق سازی

### ۹- جمع بندی و نتیجه گیری:

باتوجه به بند ۳-۸ میزان مصرف انرژی سالیانه برق ساختمان مدنظر ۵۵/۳۳۴ MWh/year و گاز ۱۶۲۱۰ هزار بی تی یو (معادل ۴/۷۵ MWh/year) می باشد، پس خواهیم داشت:

مصرف سالیانه انرژی = میزان مصرف سالیانه برق + میزان مصرف سالیانه گاز

$$4/75 \text{ MWh/year} + 55/324 \text{ MWh/year} = 60/074 \text{ MWh/year}$$

مطابق بخش ۷، مقدار  $35/906 \text{ MWh/year}$  از عدد فوق توسط انرژی خورشیدی تأمین می گردد. لذا خواهیم داشت:

مصرف واقعی سالیانه انرژی ساختمان = میزان انرژی تولیدی سیستم فتوولتائیک - مصرف سالیانه انرژی

$$60/074 \text{ MWh/year} - 35/906 \text{ MWh/year} = 24/168 \text{ MWh/year}$$

و با عنایت به زیربنای  $750$  مترمربع ساختمان خواهیم داشت:

مصرف واقعی سالیانه انرژی به ازای هر مترمربع = زیربنای ساختمان ÷ مصرف واقعی سالیانه انرژی ساختمان

$$24/168 \text{ MWh/year} \div 750 \text{ m}^3 = 0/032224 \text{ MWh/year/m}^3$$

پس میزان مصرف واقعی انرژی سالیانه ساختمان  $32/224 \text{ KWh/year/m}^3$  خواهد بود.

لذا با توجه به شکل ۱ این ساختمان در رده A انرژی (بین  $0-70 \text{ KWh/year/m}^3$ ) که بالاترین رده می باشد قرار می گیرد. همانطور که ملاحظه گردید صرفاً با استفاده از انرژی فتوولتائیک و با راهکارهای مذکور در مقاله دستیابی به ساختمان سبز به آسانی امکان پذیر می باشد و می توان با حداکثر  $30\%$  افزایش هزینه اولیه ساخت و ساز و به شرط رعایت موارد فنی مذکور، از مصرف بی رویه انرژی، انتشار گازهای گلخانه ای و گرم شدن زمین و همچنین هزینه های تحمیلی انرژی ممانعت بعمل آورده و به تمامی اهداف ساختمان سبز دست یافت. بدیهی است با استفاده از تمامی راهکارهای اعلام شده، امکان کاهش بیشتر میزان مصرف انرژی سالیانه و نزدیک تر شدن آن به صفر امکان پذیر می باشد.

#### منابع و مراجع:

1. Woolsey M. Groundbreaking Green Home Tax Breaks. Forbes. March 7, 2007. Retrieved November 27, 2010
2. دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان. راهنمای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان با عنوان صرفه جویی در مصرف انرژی ۱۳۹۲؛ ۳ (بند ۳-۱۹): ۶۰.
3. استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۲۵۳ تحت عنوان "ساختمان مسکونی-تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی".
4. Rallapalli HS. A comparison of EnergyPlus and eQUEST whole building energy simulation results for a medium sized office building: Arizona State University; 2010.
5. Zhu D, Hong T, Yan D, Wang C, editors. A detailed loads comparison of three building energy modeling programs: EnergyPlus, DeST and DOE-2.1 E. Building Simulation; 2013: Springer
6. Baharvand M, Ahmad MH, Safikhani T, Majid RA. DesignBuilder Verification and Validation for Indoor Natural Ventilation. Journal of Basic and Applied Scientific Research (JBASR). 2013;3(4):8.
7. H. Altan SZa. "Evaluation of Thermal Conditions in a Secondary School Building in Middle East: A Comparison Study of Computed and Measured Conditions". Proceedings of 1th IBPSA Asia Conference, Shanghai, China. 2012.
8. [اینترنتی]. قابل دسترس در: <http://www.behsa.ir>
9. [اینترنتی]. قابل دسترس در: <http://ntc.isfahan.ir>
10. نیکنمای سیف ا... دادگستری آریتا، دهقان محمد حسین. سیستم های هوشمند ساختمان و تاریخچه آن در دنیا و ایران. ماهنامه بین المللی مهندسی تأسیسات و تهویه مطبوع. مهر ۱۳۹۲؛ ۱۲۶.
11. وحید جعفری، حامد توسل، ایمان زینلی-دانشنامه نما- نشریه فنی تخصصی سازمان نظام مهندسی ساختمان اصفهان. سال بیست و دوم، دوره سوم، آذر-اسفند ۱۳۹۲، شماره پیاپی: ۲۲۶ - ۲۲۳ ویژه نامه ساختمان پایدار. بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمانهای هوشمند.
12. [اینترنتی]. قابل دسترس در: <http://www.knxuk.org>