مستخرج از پایان نامه

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره ده، دی ماه ۱۴۰۰(۱۷-۱)

# بهینه سازی مصرف انرژی در بخش ساختمان با استفاده از شبکه عصبی و الگوریتم PSO (مطالعه موردی شهرستان بندرعباس)

**فخری الهیاری** [۱]

**آزیتا بهبهانی نیا** [۲ *]

behbahani@riau.ac.ir

**حسین رحامی** [۳]

**مریم فراهانی** [٤]

**سمیرا خدیوی** [٤]

**تاریخ دریافت: ۹۹/۴/۴** **تاریخ پذیرش: ۹۹/۸/۶**

**چکیده**

**زمینه و هدف:** مصرف انرژی در ساختمان ها یک سوم مصرف انرژی سالانه کشور را تشکیل می دهد، بنابراین ارائه راهکارهایی که بتواند مصرف انرژی را در این بخش کاهش دهد، حائز اهمیت است.

**روش بررسی:** با استفاده از پرسشنامه و نظرات کارشناسان، پارامترهای موثر در بهینه سازی انرژی در سازمان نظام مهندسی ساختمان بندرعباس شناسایی شد. متغیرهایی مانند جنس مواد دیوار و سقف، مساحت و نوع پنجره ها، ضخامت عایق دیوار و سقف انتخاب شدند. حالت های مختلف با نرم افزار Design Builder بررسی شد. با آموزش دو شبکه عصبی مجزا نحوه اتصال ورودی ها به دو خروجی مهم یعنی میزان انرژی و دی اکسید کربن بدست آمد. و بهینه سازی با استفاده از الگوریتم PSO انجام شد.

**یافته‌ها:** در مدل به دست آمده دیوار آجری با ضخامت عایق ۵ سانتی متر، سقف تیرچه با ضخامت عایق ۵ سانتی متر، شیشه سه جداره، نسبت پنجره های شمالی و شرقی به دیوار در یک جهت ۷۰ درصد، نسبت پنجره جنوبی به دیوار جنوبی بین ۴۱ به ۴۳ است. درصد و نسبت پنجره غربی به دیوار غربی بین ۶۵ تا ۶۷ درصد است که در آن میزان انرژی و دی اکسید کربن حداقل است.

۱- دانشجوی دکتری گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، رودهن، ایران.

۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، رودهن، ایران.* (مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار دانشکده علوم مهندسی پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، رودهن، ایران.

**بحث و نتیجه‌گیری:** اگر انرژی به عنوان تابع هدف انتخاب شود، نتایج به‌دست‌آمده از PSO کاملاً با نتایج بهینه‌سازی برای زمانی که تابع هدف مقدار دی اکسید کربن است، مطابقت دارد. این دو تابع با یکدیگر همسو هستند و بهینه سازی یکی منجر به بهینه سازی دیگری می شود.

**واژه‌های کلیدی:** ساختمان، بهینه سازی، انرژی، نرم افزار Design Builder، شبکه عصبی، الگوریتم .PSO.

*J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 10, January, 2022*

# Optimizing energy consumption in the building sector using neural networks and PSO algorithms (Case study: Bandar Abbas city)

**Fakhri Allahyari** [1]
**Azita Behbahaninia** [2 *]
*behbahani@riau.ac.ir*
**Hossein Rahami** [3]
**Maryam Farahani**[4]
**Samira Khadivi**[4]

Admission Date:October 27, 2020 Date Received: June 24, 2020

**Abstract**

**Background and Objective:** Energy consumption in buildings accounts for one third of the country's annual energy consumption, so it is important to provide solutions that can reduce energy consumption in this sector.

**Material and Methodology:** Using questionnaires and experts' opinions, effective parameters in energy optimization in Construction Engineering Organization of Bandar Abbas were identified. Variables such as wall and ceiling material, area and type of windows, wall and ceiling insulation thickness were selected. Different modes were investigated with Design Builder software. By training two separate neural networks, how the inputs are connected to two important outputs, which is the amount of energy and carbon dioxide, was obtained. And optimization was performed using the PSO algorithm.

**Findings:** In the obtained model, brick wall with insulation thickness of 5cm, beam roof with insulation thickness of 5cm, triple glazing, ratio of north and east windows to wall in the same direction 70%, ratio of south window to south wall between 41 to 43 percent and the ratio of the west window to the west wall is between 65 to 67 percent, in which the amount of energy and carbon dioxide is the minimum.

**Discussion and Conclusion:** If the energy is selected as target function, the results obtained from the PSO are closely consistent with the optimization results for when the target function is the amount of carbon dioxide. These two functions are in line with each other, and optimizing one will lead to optimizing the other.

**Keywords:** Building, Optimization, Energy, Design Builder software, neural network, PSO Algorithm.

1- PhD Student, Department of Environment, Faculty of Basic science and Agriculture, Islamic Azad University, Roudehen branch, Roudehen, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Basic science and Agriculture, Islamic Azad University, Roudehen branch, Roudehen, Iran. **(Corresponding Author)*
3- Associate Professor, School of Engineering Science, Faculty of Engineering, University of Tehran, Iran.
4- Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Basic science and Agriculture, Islamic Azad University, Roudehen branch, Roudehen, Iran.

**مقدمه**

مصرف انرژی در ساختمان یک سوم مصرف انرژی سالانه کشور را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین ارائه راهکارهایی که بتواند مصرف انرژی را در این بخش کاهش دهد اهمیت فراوانی دارد. رعایت کوچکترین جزئیات می تواند تاثیر زیادی درکاهش مصرف انرژی در ساختمان داشته باشد به عنوان مثال نحوه جهت گیری ساختمان، نحوه قرارگیری فضاهای جانبی و بهبود روشهای عایق بندی با کمترین هزینه می‌تواند باعث بهبود کارایی انرژی در ساختمان ها شود به همین منظور با تصحیح روشهای ساخت و طراحی ساختمان می توان به طراحی ایده آل دست یافت(۱). در سطح جهانی صرفه جویی در مصرف انرژی بحث جدیدی نیست اما در مورد ایران و به خصوص در بخش ساختمان اهمیت موضوع تازه روشن شده و اقدامات اولیه در این راستا آغاز شده است. در حال حاضر در کشور ما با توجه به آمار و ارقام مصرف سوخت، بهینه سازی و منطقی کردن مصرف انرژی به خصوص در بخش ساختمان سازی و به ویژه در مرحله طراحی امری حیاتی است. در بخش طراحی ساختمان که بر عهده معمار است، صرفه جویی در مصرف انرژی از طریق توجه به جانمایی فضاها در پلان بر اساس تطبیق الگوی اشغال فضا با چرخه خورشیدی، انتخاب پوسته مناسب با اقلیم و شرایط محیطی، ابعاد بازشو با توجه به تابش دریافتی و اتلاف حرارت حاصل از آن و همچنین انواع بازشو و شیشه در کاهش مصرف انرژی ساختمان موثر است (۲ ). با انجام اقدامات بهینه سازی در بخش ساختمان و اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، می‌توان مصرف سوخت ساختمان ها را تا ۵۰ ٪ کاهش داد. این در حالی است که اکثر مردم در این تفکرند که اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان سبب افزایش هزینه های ساختمان می‌شود. نتایج تحقیقات انجام شده نشان دهنده این است که چنانچه این مبحث در ساختمان به درستی اجرا شود، علاوه بر هزینه های اولیه احداث ساختمان را کاهش می‌دهد، موجب صرفه جویی در هزینه های بهره برداری ساختمان نیز خواهد گردید(۳).

اثر خصوصیات فیزیکی ساختمان مانند ابعاد پلان ( طول به عرض)، مساحت بازشوها، میزان شفافیت جداره های آن نسبت به سطح کدر و جهت‌گیری ساختمان نسبت به جهات جغرافیایی بر میزان مصرف انرژی، نشان دهنده آن است که تناسب مربع با نسبت یک به یک(طول به عرض) دارای کمترین اتلاف انرژی بوده، هم چنین درصد بهینه شفافیت جداره ها در نمونه مربع ۳۴/۵ و جهت گیری بهینه ی آن ۸ درجه به سمت شرق می باشد (۴). انجام برنامه ریزی مناسب در زمینهٔ مصرف و مدیریت انرژی در ساختمان های اداری هوشمند، امکان کاهش بیش از ۳۵ تا ۴۰ درصد مصرف انرژی سالانه را موجب شده و بیشترین میزان صرفه جویی در بخش های سرمایش و روشنایی بوده و با افزایش تهویه طبیعی و تمهیدات سایه اندازی ساختمان اتفاق می افتد (۵). برنامه های بهینه سازی ازدحام ذرات (*PSO Algorithm*) برای بهبود عملکرد سیستمهای انرژی خورشیدی و شناسایی شکاف تحقیق برای کارهای آینده موثر بوده و بهینه سازی ازدحام ذرات ( *PSO Algorithm*) روشی بسیار امیدوار کننده برای تقویت عملکرد سیستم های انرژی خورشیدی است(۶). استفاده از شبکه عصبی مصنوعی بهترین مدل خطی را به منظور پیش بینی شاخصهای محیطی برای تسطیح زمین ایجاد می نماید(۷). یک پوشش ساختمان که به خوبی طراحی شده نیاز به تهویه مطبوع و بار نورپردازی را کاهش می دهد(۸).

با در نظر گرفتن معیارهای محیطی و اقتصادی، یک مدل بهینه سازی چند هدفه برای تعیین ضخامت عایق سطح خارجی ساختمان ارائه می شود(۹). ساختمان‌هایی که رنگ سطوح خارجی آن‌ها سفید یا نزدیک به سفید بوده و دارای مصالح ساختمانی با ظرفیت و مقاومت حرارتی متوسط و پنجره‌های نسبتا کوچک مجهز به سایبان باشند، دمای هوای داخلی آنها در روز پایین‌تر از دمای هوای خارج قرار می گیرد. اما ساختمان‌هایی‌که رنگ جداره خارجی دیوارهایشان تیره بوده یا پنجره های بزرگ بدون سایبان داشته باشند در روز هوای داخلی گرمتری نسبت به هوای خارج خواهند داشت. بنابراین میزان اهمیت تهویه در تغییر هوای داخلی یک ساختمان به چگونگی سطح خارجی دیوارهای آن و نیز اندازه پنجره ها و کیفیت سایبان بستگی دارد(۱۰). با استفاده از بهینه سازی

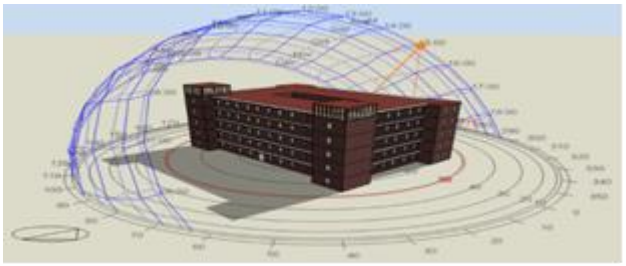
انبوه ذرات، یک مدل بهینه سازی چنـــد هدفـــه برای بهبود عملکرد انرژی ساختمان ارائه مـی شـود(۱۱). اسـتفاده از مـدل عملکرد اوج ویبول تاثیر تغییرات هوا در مصرف انرژی ساختمان را نشان می دهـد(۱۲). عوامل مرتبط با فرم که مسـتقیما بـر مصـرف انـرژی تـاثیر گذارنـد نسـبت سـطح بـه حجـم و جهت گیری ساختمان بوده و پـس از ان عـایق کـاری صـحیح بیشترین تاثیر را بر جلوگیری از هدررفت انرژی خواهد داشت(۱۳). هدف اصلی این مطالعـه بهینـه سـازی مصـرف انرژی در بخش ساختمان با به کار گیـری برنامـه هـای بهینـه سازی ازدحام ذرات

( *PSO Algorithm*) وکاهش میزان مصرف انرژی وگازهـای گلخانـه ای در سـاختمانهای اداری شهرسـتان بنـدرعباس مـی باشد. طولانی بودن مدت زمان گرما در این اسـتان و همچنـین افزایش دما در تابستان از جملـه دلایـل مصـرف بـالای بـرق در هرمزگان مـی باشـد بـا توجـه بـه شـرایط آب و هـوایی خـاص هـرمزگان و لـزوم بهـره منـدی همـــه از نعمـت بـرق، رعایـت الگـوی مصرف از سوی مشترکان امری مهم و ضـروری اسـت . انجام این طرح برای اولین بـار در شهرسـتان بنـدرعباس انجـام شد. اقلیم گرم و مرطوب بندرعباس مصرف بـالای انـرژی را بـه همراه داشته و لذا انجام طرح یاد شده روش مناسـبی در جهـت کاهش مصرف انرژی ، کاهش آلودگیهای زیسـت محیطـی و در نهایت کاهش انتشار گازهای گلخانه ای می باشد.

**روش بررسی**

**محدوده مورد مطالعه**

شهرستان بندرعباس یکی از شهرستانهای اسـتان هرمزگـان در جنوب ایران است. مرکز این شهرستان، شهر بنـدرعباس اسـت. شهرستان بندر عباس در شمال تنگـه هرمـز قـرار دارد. وسـعت آن۲۷۳۱۶ کیلومتر مربع است. این شهرستان از سمت شمال به شهرستان حاجی آباد و از سمت شرق به شهرستانهای مینـاب و رودان، ازغرب به شهرستان بندر لنگه و بندر خمیـر و از جنـوب به خلیج فارس و جزیره قشـم محـدود مـی باشـد. ارتفـاع آن از سطح دریا ۱۰ متر می باشـد. نزدیکتـرین شـهر بـه بنـدرعباس جزیره قشم می باشد. آب و هوای این شهر گرم و مرطوب است به طور کلی بندرعباس از نیمـه آبـان تـا نیمـه فـروردین دارای آب‌وهوای مطبـوعی اسـت. مـاه‌هـای اردیبهشـت و خـرداد هـوا خشک، ماه‌های تیر تا مهر اب و هوا مرطـوب مـی باشـد. دمـای هوای شهر بندرعباس در گرم‌ترین روزها به ۵۲ درجه سانتیگراد و در سردترین روزها به ۲ درجه سانتیگراد مـی‌رسـد میـانگین بارش بنـدرعباس حـدود ۲۰۰ میلـی متـر اسـت (۱۴). در ایـن تحقیق به این جهت که دسـتیابی بـه آمـار و اطلاعـات لازم در خصوص جزئیات ساختمان سـازمان نظـام مهندسـی سـاختمان آسان تر بوده و شرایط آب و هوایی در کل شهرستان بندرعباس یکسان است، بررسیهای مورد نیـاز بـر روی سـاختمان سـازمان نظام مهندسی ساختمان استان هرمزگان به عنوان نمونـه انجـام گردیده و نتایج آن به سایر ساختمانهای اداری تعمیم داده شـد. نمونه مطالعاتی مورد بررسی چهار طبقه ساختمان اداری بـدون پارکینگ است. نمای ساختمان آجری، مصالح جداره ها آجری و سقف از نوع تیرچه و پنجره ها رو به سمت شـرق و غـرب قـرار گرفته و کشیدگی ساختمان شـرقی – غربـی اسـت. پنجـره هـا بدون سایبان از جنس چوب با شیشه سـاده، ارتبـاط طبقـات از طریق راه پله و آسانسور تامین شده، سیسـتم سـرمایش از نـوع اسپلیت و سرمایش توسط برق صورت می گیرد. لامپهای مـورد استفاده در این ساختمان از نوع کـم مصـرف و لامپهـا بـه طـور متوسط حدود ۸ ساعت در طول شـبانه روز روشـن هسـتند بـا توجه به شکل ۱ که نمای ساختمان مورد مطالعه را نشـان مـی دهد می توان دریافت که حجم ساختمان و بدنه خـارجی آن بـا محیط بیرون ارتباط زیادی داشته و می توان گفت بخش زیادی از انرژی ساختمان از طریق بدنه های بیرونی آن هدر می رود.



**شکل ۱- شماتیک ساختمان سازمان نظام مهندسی ساختمان**

Figure 1. Schematic picture of the building of Engineering System Organization

به منظور اجـرای پـژوهش بـا اسـتفاده از پرسشـنامه و نظـرات صـاحبنظران پارامترهـای مـوثر در بهینـه سـازی انـرژی در سـاختمان نظـام مهندسـی در بنـدرعباس شناسـایی گردیـد. متغیرهایی مانند جنس دیوار و سقف، مساحت و نوع پنجره هـا، ضخامت عایق دیوار و سقف انتخاب شدند. با نرم افـزار دیـزاین بیلدر مدلها بررسی گردید با آموزش دو شـبکه عصـبی مجـزا، نحوه ارتباط ورودیها با دو خروجی مهم که میـزان انـرژی و دی اکسید کربن می باشد به دست آمد و با استفاده از برنامه هـای بهینه سازی ازدحام ذرات ( *PSO Algorithm* ) عمـل بهینـه سازی انجام شد.

**شناسایی پارامترها**

ابتدا با استفاده از مطالعـات کتابخانـه ای و میـدانی متغیرهـای مـوثر در کـاهش مصـرف انـرژی انتخـاب گردیـد و بـه صـورت پرسشنامه در سال ۱۳۹۸ در اختیار صاحبنظران قـرار داده شـد تا متغیرهای مهمتر و مناسب تر استخراج گـردد. بـا اسـتفاده از ۳۲ تعداد پرسشنامه و نظرات صاحبنظران پارامترهـای مـوثر در بهینه سازی انرژی در ساختمان شناسـایی گردیـد و در نتیجـه متغیرهای طول ضلع شمالی، طـول ضـلع جنـوبی، طـول ضـلع شرقی، طول ضلع شرقی، تهویه طبیعی، نسبت پنجره شمالی به طول ضلع شمالی، نسبت پنجره جنوبی به طـول ضـلع جنـوبی، نسبت پنجره شرقی به طول ضلع شرقی و نسبت پنجـره غربـی به طول ضلع غربی، دما، نوع سیستم سرمایش از نـوع اسـپلیت، نوع سیستم سرمایش از نوع خورشیدی، نوع سیسـتم سـرمایش از نوع پنجره ای، عایق سازی دیوار، عایق سـازی سـقف، جـنس دیوار از نوع بلوک معمولی، دیوار بلوک لیکا، دیوار سفالی، دیـوار آجری، دیوار بتنی، جنس سقف از نوع سقف تیرچه، سـقف دال بتنی، پنجره دوجداره و یا سه جداره تعیین گردیـد. پـس از آن برای تعیین نهایی متغیرهای مـوثر در بهینـه سـازی انـرژی از پرسشنامه نظر سـنجی متخصصان(پرسشـنامه دلفـی) و نمـودار اهمیـت معیـار اسـتفاده شـد. پرسشـنامه دلفـی در بـین افـراد متخصص در رشته عمران و تاسیسات ساختمان توزیـع شـده و در نهایت از مجمـوع پرسـش نامـه هـای توزیـع شـده آرای ۲۰ کارشناس و صاحب نظر خبره در امر بهینه سازی انـرژی جمـع آوری شد .تعداد ۲۰ پرسشـنامه بـا اسـتفاده از فرمـول کـوکران محاسبه گردید. روایی و پایـایی پرسشـنامه بـا اسـتفاده از نظـر خبرگان و آلفای کرونباخ تعیین گردید تعداد پرسشنامه هـا نیـز با استفاده از فرمول کوکران انتخـاب شـد. از پرسـش شـوندگان درجه اهمیت متغیرها درخواست شد و هر پرسش شـونده یکـی از ۵ درجه اهمیت ( بی اهمیت، کم اهمیت، با اهمیـت، اهمیـت زیاد و اهمیت خیلی زیاد) را که دارای درجات وزنی متفاوت (۱، ۳، ۵، ۷، ۹) بود برگزید. به این ترتیب تعداد انتخابهـای صـورت گرفته برای هر درجه اهمیت، معرف امتیاز آن درجه اهمیـت در نظر گرفته شد . بر اساس نتایج پرسشنامه دلفـی متغیرهـای بـا اهمیت در امر بهینه سازی انرژی شامل درصد بهینه پنجـره بـه دیوار، شیشه دوجداره کـم گسـیل، شیشـه سـه جـداره سـاده، عایقکاری دیوار، عایقکاری سقف مـی باشـد . در مرحلـه بعـدی برای پارامترهای یاد شده مقادیری به صورت بازه تعریف گردیـد که عبارتند از : نوع سقف از نوع تیرچه و یا دال بتنی، نوع دیوار از نوع بتنی و یا آجری، عایقکاری دیوار و سقف به ضـخامت ۳ و ۵ سانتی متر، مساحت پنجره شمالی ۱۰ تا ۷۰ درصد مسـاحت ضلع شمالی، مساحت پنجره جنوبی ۱۰ تا ۷۰ درصـد مسـاحت ضلع جنوبی، مساحت پنجره شرقی ۱۰ تـا ۷۰ درصـد مسـاحت

ضلع شرقی، مساحت پنجره غربی ۱۰ تا ۷۰ درصد مساحت ضلع غربی، نوع پنجره شمالی دو جداره کم گسیل یا سه جداره ساده، نوع پنجره جنوبی دو جداره کم گسیل یا سه جداره ساده، نوع پنجره شرقی دو جداره کم گسیل یا سه جداره ساده، نوع پنجره غربی دو جداره کم گسیل یا سه جداره ساده.

**ایجاد پایگاه داده ها و شناسایی تابع هدف با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر(*Design Builder*)**

در این تحقیق نرم افزار دیزاین بیلدر (*Design 2018 Builder 5.5.0.012* ) برای بهینه سازی مصرف انرژی ارائه شده است. نرم افزار دیزاین بیلدر با بررسی حالات مختلف متغیرهای ورودی، اقدام به ارائه درصد بهینه برای تمامی حالات نموده و بهترین نتایج هر قسمت را ارائه می دهد. بدین ترتیب می توان شرایط مختلف را در ساختمان به سادگی مقایسه کرد و حالت بهینه را بدست آورد. در حقیقت این نرم افزار به صورت خودکار پارامترهای مناسب جهت کاهش مصرف انرژی را بررسی نموده و نتیجه را ارائه می دهد(۱۵).

در این پژوهش فرایند بهینه سازی توسط برنامه های بهینه سازی ازدحام ذرات (*PSO*) انجام شد. از انجا که در الگوریتمهای متاهیوریستیک بایستی تابع هدف به دفعات مورد ارزیابی قرار بگیرد به جای لینک برنامه (*PSO*) به نرم افزارهای شبیه سازی، ساده‌تر است با استفاده از یک شبکه عصبی الگوی ما بین متغیرهای مسئله و تابع هدف را به دست آورده و پس از آن برای محاسبه بار سرمایی و گرمایی از آن استفاده کرد.

**کمینه کردن تابع هدف**

با استفاده از برنامه های بهینه سازی ازدحام ذرات (*PSO*) محاسبه کمینه کردن تابع هدف (کاهش مصرف انرژی و کاهش میزان دی اکسید کربن ) انجام می‌گردد. این الگوریتم حالت بهینه از متغیرهای مورد نظر را انتخاب نموده، حالتی که کمترین میزان مصرف انرژی و دی اکسید کربن وجود داشته باشد. ممکن است به نظر برسد، باید از الگوریتمهای بهینه سازی چند هدفه برای این منظور استفاده کرد، اما این دو تابع هدف در واقع به یک نقطه سراسری بهینه شده و بنابراین در نظر گرفتن یکی از آنها کافی است. قابل ذکر است پردازش آماری داده ها در نرم افزار دیزاین بیلدر به طور خودکار انجام می گیرد.

**یافته ها**

به منظور بررسی راهکارهای کاهش مصرف انرژی جهت حرکت به سمت ساختمان های کم مصرف، ابتدا لازم است مصرف فعلی انرژی ساختمان مورد نظر مورد بررسی قرار گیردو سپس با نتایج نرم افزار مقایسه گردد. در همین راستا قبوض برق سال ۹۶ ساختمان تهیه شده و بصورت ماهانه نرمالیزه گردید تا با نتایج نرم افزار مقایسه گردد.

مطالعات مربوط به قبوض برق نشان می دهد که بیشترین برق مصرفی در ماههای گرم سال ( تیر و مرداد )، بیشترین مصارف در دوره های میان بار به میزان ۱۷۳۹۱۱ کیلو وات ساعت در یک سال، اوج بار برق ۳۷۸۸۵/۵ کیلو وات ساعت و کمترین بار جهت تقاضای برق ۴۹۸۶۸ کیلو وات ساعت بوده است .

**شبیه سازی حالت موجود**

در حالت موجود جنس دیوار از نوع آجری، جنس سقف از نوع تیرچه، سیستم سرمایش از نوع اسپلیت، پنجره از جنس چوب با شیشه دو جداره بوده که اطلاعات یاد شده در نرم افزار دیزاین بیلدر وارد شد و ضریب انتقال حرارتی برای هر کدام از اجزای ساختمان محاسبه گردید. به منظور شبیه سازی و وارد کردن جزئیات، از اطلاعات موجود در نرم افزار استفاده شده است.

جدول ۱ جزئیات سقف و دیوار ساختمان مورد نظر را در نرم افزار دیزاین بیلدر، قبل از انجام بهینه سازی نشان می دهد. در حالت پایه مصالح مورد استفاده در سقف تیرچه از بالا به پایین و به ترتیب شامل موزاییک، پلاستر، ایزوگام، پلاستر، پوکه، بتن سبک، بلوک و گچ با ضخامت های مندرج در جدول ۱ بوده که در این حالت ضریب انتقال حرارتی سقف ۱/۱۴۹ $W/m^2.k$ می باشد .مصالح مورد استفاده در دیوار آجری از بیرون به داخل ساختمان و به ترتیب شامل آجر بیرونی و گچ بوده که در این حالت ضریب انتقال حرارتی دیوار ۲/۰۷۰ $W/m^2.k$ می باشد .

**جدول ۱- جزئیات مصالح مورد استفاده درسقف و جداره های داخلی و خارجی در حالت موجود**

Table 1. Details of the materials used on the existing ceiling and inner and outer walls

| عناصر ساختمان | مصالح | ضریب انتقال حرارتی $W/m^2.k$ | ضخامت ( سانتی متر ) |
|---|---|---|---|
| سقف تیرچه | موزاییک | ۱/۱۴۹ | ۲ |
| | پلاستر | | ۳ |
| | ایزوگام | | ۱ |
| | پلاستر | | ۳ |
| | پوکه | | ۱۰ |
| | بتن سبک | | ۱۰ |
| | بلوک | | ۲۵ |
| | گچ | | ۳ |
| دیوار آجری | آجر بیرونی | ۲/۰۷۰ | ۲۰ |
| | گچ | | ۳ |

**راهکارهای بهینه ساز**

به منظور کاهش مصرف انرژی ساختمان، راهکارهای مختلفی جهت بهینه سازی انرژی از جمله بهینه کردن درصد پنجره به دیوار، عایقکاری دیوار و سقف، استفاده از پنجره سه جداره و استفاده از جزئیات متفاوت سقف و دیوار در ساختمان پیشنهاد شده است. در هر یک از راهکارهای بهینه ساز میزان صرفه جویی در بار سرمایش محاسبه شده و در نهایت حالت بهینه با استفاده از تجمیع این راهکارها شبیه سازی شده است.

جدول ۲ جزئیات سقف و دیوار ساختمان مورد نظر را در نرم افزار دیزاین بیلدر، در حالت بهینه سازی شده نشان می دهد در حالت بهینه سازی شده مصالح مورد استفاده در سقف دال بتنی از بالا به پایین و به ترتیب شامل ایزوگام، پلاستر، بتن سبک، بتن و پلاستر با ضخامت های مندرج در جدول ۲ بوده که در این حالت ضریب انتقال حرارتی سقف $W/m^2.k$۱/۶۸۳ می باشد. مصالح مورد استفاده در دیوار بتنی از بیرون به داخل ساختمان و به ترتیب شامل بتن سبک و پلاستر بوده که در این حالت ضریب انتقال حرارتی دیوار۲/۶۴۷ $W/m^2.k$ می باشد

**جدول ۲- جزئیات مصالح مورد استفاده درسقف و جداره های داخلی و خارجی در حالت بهینه سازی شده**

Table 2. The details of materials used in inner and outer ceilings and walls in the optimized mode

| عناصر ساختمان | مصالح | ضریب انتقال حرارتی $W/m^2.k$ | ضخامت ( سانتی متر ) |
|---|---|---|---|
| سقف دال بتنی | ایزوگام | ۱/۶۸۳ | ۳ |
| | پلاستر | | ۲ |
| | بتن سبک | | ۵ |
| | بتن | | ۲۰ |
| | پلاستر | | ۳ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| دیوار بتنی | بتن سبک | ۲/۶۴۷ | ۱۵ |
| | پلاستر | | ۳ |
| عایق سقف | پلی استایرن | ۰/۶۱۷ | ۳ |
| | پلی استایرن | ۰/۴۷۲ | ۵ |
| عایق دیوار | پلی استایرن | ۰/۸۱۱ | ۳ |
| | پلی استایرن | ۰/۶۱۴ | ۵ |
| شیشه دو جداره | دو لایه شیشه | ۱/۳۳۸ | ۰/۶ |
| | گاز آرگون | | ۰/۲ |
| شیشه سه جداره | دو لایه شیشه شفاف | ۰/۶۸۹ | ۰/۴ |
| | شیشه کم گسیل | | ۰/۱ |
| | گاز کریپتون | | ۰/۱۲ |

نتایج نشان می دهد استفاده از دیوار آجری در مقایسه با دیوار بتنی، سقف تیرچه در مقایسه با سقف دال بتنی، شیشه سه جداره در مقایسه با شیشه دوجداره، استفاده از عایق پلی استایرن ۵ سانتی متری در مقایسه با عایق ۳ سانتی متری در دیوار آجری و سقف تیرچه، میزان انرژی سرمایشی ساختمان را کاهش داده و اتلاف حرارتی ساختمان را نیز کاهش می دهد.

**بهینه سازی با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر (*Design Builder*)**

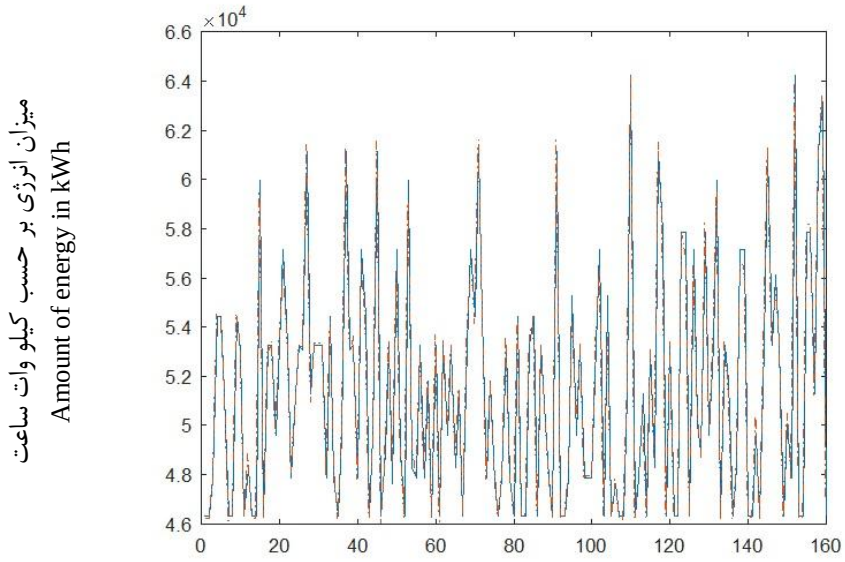
به منظور بهینه سازی از ابزار *Optimization* نرم افزار دیزاین بیلدر استفاده شده است. کلیه جزئیات مربوط به ساختمان که در بهینه سازی انرژی موثر است و در قسمت قبلی شناسایی شد، در این قسمت از نرم افزار وارد شده و نرم افزار بر اساس کمترین مصرف انرژی بر حسب کیلو وات ساعت و کمترین میزان دی اکسید کربن بر حسب کیلو گرم عمل بهینه سازی را انجام داد . نکته حائز اهمیت در این قسمت این است که با توجه به اینکه دیوار آجری نسبت به دیوار بتنی، سقف تیرچه نسبت به دال بتنی، شیشه سه جداره و دو جداره نسبت به شیشه معمولی و عایق دیوار و سقف به ضخامت ۵ سانتی متر در بهینه سازی انرژی ساختمان موثر بوده و اتلاف انرژی کمتری را سبب می شوند، به عنوان گزینه های موثر در قست بهینه سازی نرم افزار دیزاین بیلدر وارد شده است. از طرفی درصدهای پنجره به دیوار در جبهه های شمالی، جنوبی، شرقی و غربی با درصدهای ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ در قسمت *Optimization* نرم افزار وارد شده و خروجی این قسمت شامل میزان انرژی کل ساختمان بر حسب کیلو وات ساعت و میزان دی اکسید کربن بر حسب کیلو گرم می باشد.

**آموزش شبکه عصبی**

روش محاسباتی شبکه عصبی الگو گرفته از ساز و کار طبیعی نرونهای مغزی میباشد(۱۶). نرونهای شبکه عصبی به کمک وزنها و بایاس ها و تابع انتقال، ورودی را به خروجی مرتبط کرده و در واقع ارتباط بین ورودی و خروجی را پیدا می کند. در آموزش یک شبکه عصبی هدف پیدا کردن وزنهای مناسب جهت یافتن یک رابطه مابین پارامترهای ورودی و خروجی می باشد. ورودیها شامل متغیرهای مستقل و خروجیها شامل توابع هدف می باشند(۱۷) . در شبکه های عصبی با لایه های بیش از یک لایه، خروجی هر لایه با ورودی لایه قبلی برابر می باشد. به طور کلی هر شبکه دارای یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و در نهایت یک لایه خروجی است. لازم به ذکر است برنامه نویسی شبکه عصبی در نرم افزار متلب انجام شده است. برای آموزش شبکه عصبی ابتدا متغیرهای ورودی به کدهای مشخص تبدیل می شود. شبکه مورد استفاده یک شبکه *MLFF* با دو لایه مخفی بوده که تعداد نرونهای آن به ترتیب ۱۰ و ۵ انتخاب شده است. تعداد داده های آموزشی برابر ۱۶۰، داده های آزمایشی برابر ۱۰۰ و تابع انتقال همه

نرونها تابع زیگموید انتخاب شده است. همچنین برای آموزش سریعتر شبکه از روش مارکوارت-لونبرگ استفاده گردیده است.

در این تحقیق ورودی های شبکه عصبی شامل نوع دیوار، سقف و شیشه و درصد بهینه پنجره به دیوار در چهار جهت شمالی، جنوبی، شرقی و غربی بوده و وزنها و بایاسها مقادیری می باشند که به ورودیها اختصاص داده شده و توابع هدف میزان انرژی و دی اکسید کربن می باشد. به عبارتی در این تحقیق دو شبکه عصبی آموزش داده شده، یک شبکه برای به دست آوردن انرژی و یک شبکه برای به دست آوردن دی اکسید کربن. از آنجا که در فرایند آموزش شبکه عصبی از داده های آموزشی و آزمایشی (تست شونده) استفاده می شود در ادامه به بررسی خروجی شبکه برای این دو دسته از داده ها پرداخته شده است .

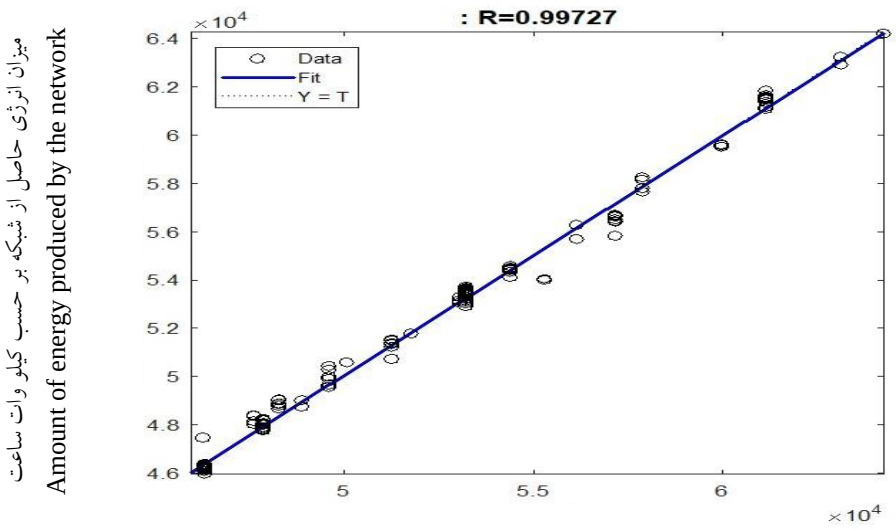



**نمودار ۲- مقایسه مقدار تخمینی محاسبه شده توسط شبکه عصبی و دقیق انرژی برای داده های آموزشی**

Figure 2. Comparison of the estimated value calculated by the neural network and energy for the data training

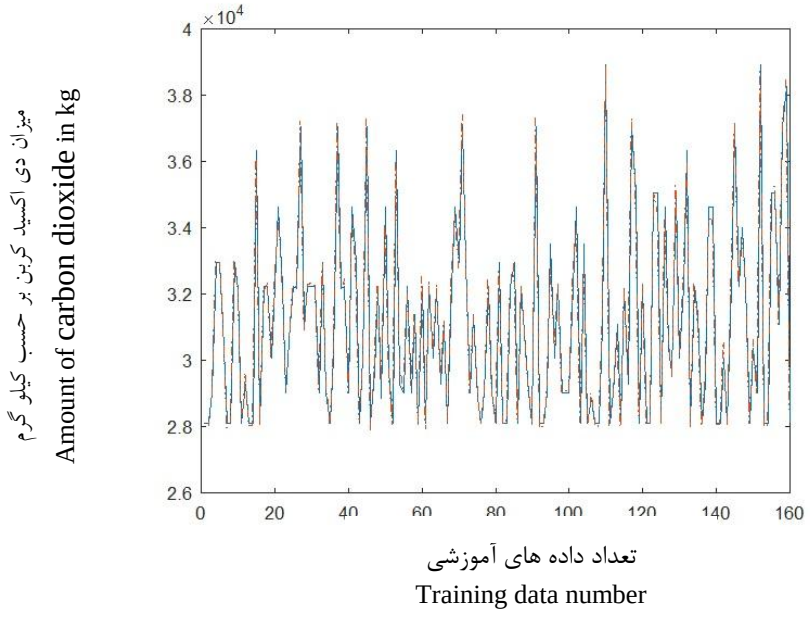
در نمودار ۲ محور افقی معرف شماره داده آموزشی وارد شده در شبکه و محور عمودی میزان انرژی را بر حسب کیلو وات ساعت نشان می دهد. برای هر کدام از داده ها میزان انرژی محاسبه شده توسط شبکه با مقدار واقعی آن بسیار نزدیک به هم بوده و این موضوع نشان دهنده صحت آموزش شبکه می باشد.

برای کنترل داده های آزمایشی یک روش مناسب استفاده از نموداری است که در نمودار ۳ دیده می شود. در این نمودار محور افقی میزان انرژی واقعی و محور عمودی میزان انرژی حاصل از شبکه را نشان می دهد. در حالت ایده آل بایستی کلیه نقاط بر روی نیمساز ربع اول و سوم قرار بگیرند. در این نمودار مقایسه داده های واقعی با داده های حاصل از شبکه همراه با بهترین خط گذرنده از این نقاط قابل مشاهده است. نزدیک بودن نقاط به نیمساز بیانگر دقت بالای شبکه می باشد.




**نمودار۳- مقایسه مقدار تخمینی محاسبه شده توسط شبکه عصبی و دقیق انرژی برای داده های آزمایشی**

Figure 3. Comparison of the estimated value calculated by the neural network and energy for experimental data

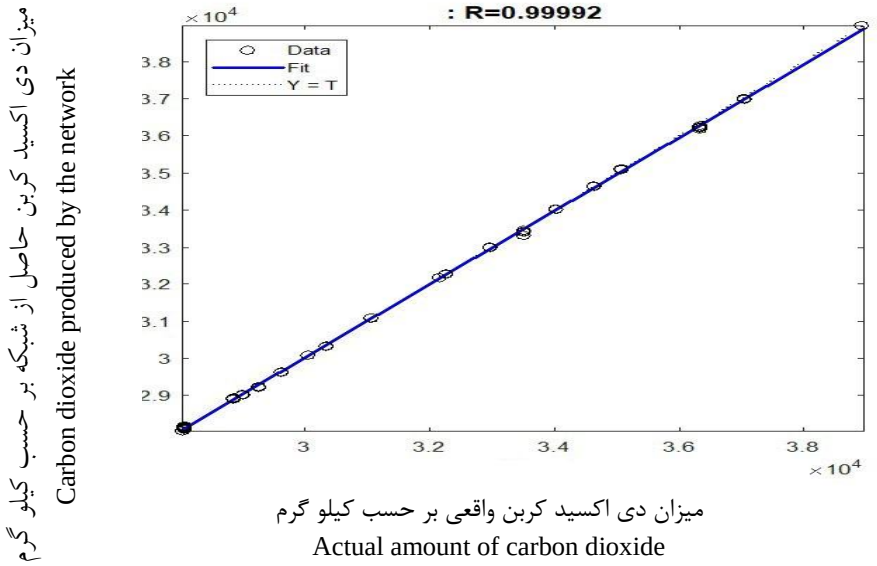



**نمودار ۴- مقایسه مقدار تخمینی محاسبه شده توسط شبکه عصبی و دقیق دی اکسید کربن برای داده های آموزشی**

Figure 4.Comparison of the estimated value calculated by the neural network and carbon dioxide for the data training

در نمودار ۴ محور افقی معرف شماره داده آموزشی وارد شده در شبکه و محور عمودی میزان دی اکسید کربن را بر حسب کیلو گرم نشان می دهد. در اینجا نیز برای هر کدام از داده ها میزان انرژی محاسبه شده توسط شبکه با مقدار واقعی آن بسیار نزدیک به هم می باشد که نشان دهنده صحت مدل سازی شبکه است.

در نمودار۵ محور افقی میزان دی اکسید کربن واقعی و محور عمودی میزان دی اکسید کربن حاصل از شبکه را نشان می دهد. در اینجا نیز بهترین خط گذرنده از این نقاط نزدیکی بسیار مناسبی با نیمساز ربع اول و سوم دارد. به طور کلی در نمودارهای ۲ و ۴ نزدیک بودن مقادیر واقعی و تخمینی محاسبه شده به خوبی قابل مشاهده می باشد و این موضوع بیانگر صحیح بودن شبکه عصبی و یکسان بودن نتایج حاصل از شبکه و آنچه در واقع انجام شده می باشد. همچنین در نمودارهای ۳ و ۵ دیده می شود که ضریب همبستگی داده ها نزدیک به عدد یک بوده و این نیز تاییدی بر مدل سازی مناسب شبکه است.




**نمودار ۵- مقایسه مقدار تخمینی محاسبه شده توسط شبکه عصبی و دقیق دی اکسید کربن برای داده های آزمایشی**

Figure 5. Comparison of estimated value calculated by neural network and carbon dioxide for experimental data

### الگوریتم *PSO*

*PSO* یک الگوریتم قدرتمند برای بهینه سازی در محیط های غیر خطی و غیر محدب و ناپیوسته می باشد. با استفاده از برنامه های بهینه سازی ازدحام ذرات (*PSO*) می توان انواع مسائل بهینه سازی اعم از پیوسته و گسسته را حل نمود. این الگوریتم بسیار قوی و کارا می باشد در حالیکه نیاز به تعریف پارامترهای بسیار کمتری نسبت به دیگر الگوریتم ها دارد و لذا برنامه نویسی این الگوریتم بسیار ساده تر از دیگر روشهای بهینه سازی است. این الگوریتم به طور گسترده در مسائل بهینه سازی استفاده شده است. در این الگوریتم ذرات، واحدهای سازنده، جمعیت ما هستند و با هم همکاری می کنند. با هوشی که که قابل مقایسه با هوش هر کدام از آنها نبوده و به آن هوش ازدحامی می گویند. مهمترین ویژگی هر ذره موقعیت آن می باشد و موضوع قابل اهمیت این است که ذره چه شاخص یا هدفی را پیشنهاد می دهد و با چه سرعتی حرکت می کند(۱۸). هدف برنامه های بهینه سازی ازدحام ذرات ( *PSO* )، یافتن بهینه تابع هدف می باشد. همانطور که در آموزش شبکه ملاحظه گردید تعداد ورودی ها شامل ۷ ورودی (همان متغیرهای ورودی در نرم افزار دیزاین بیلدر) و تعداد خروجی ها دو خروجی می باشد که تابع هدف همان کمینه کردن میزان انرژی و دی اکسید کربن می باشد. در اینجا تصور می شود، هر نقطه یا ذره دارای ۷ بعد بوده که همان ۷ ورودی مطرح شده می باشد. بنابراین یک بار برنامه های بهینه سازی ازدحام ذرات ( *PSO* ) برای انرژی و یک بار برای دی اکسید کربن اجرا می شود و نتایج آن مورد بررسی قرار می گیرد.

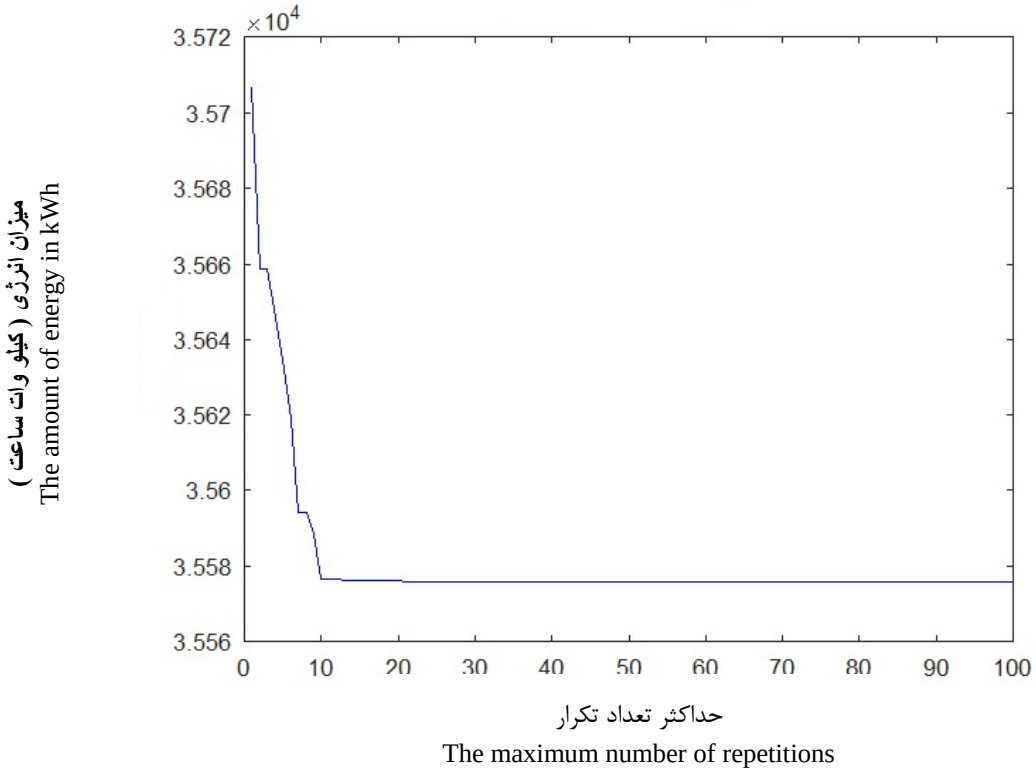
با وجود اینکه پارامترهـای ورودی شـامل جـنس دیـوار، جـنس سقف، ضخامت عایق دیوار، ضخامت عـایق سـقف، نـوع شیشـه، نسبت پنجره به دیوار در چهار جهت شمالی، جنـوبی، شـرقی و غربی بوده، یـک بـار برنامـه هـای بهینـه سـازی ازدحـام ذرات ($PSO$) برای تابع هدف کمینه کردن انرژی و با همان ورودی-ها یک بار برای تابع هدف کمینه کردن دی اکسید کربن انجـام می شود و اجرای الگوریتم نشان می دهد که برای هـر دو تـابع هدف، مقادیر ورودی ها تقریبا به یک میزان می باشد. نکته مهم این است که پیدا کـردن مقـادیر ایـن ورودی هـا کـه از میـان جمعیت ورودی نبوده به کمک شبکه عصبی انجام شده است .

**جدول۳- پارامترهای PSO تابع هدف کمینه کردن انرژی**

Table 3. PSO parameters for the energy minimization objective function

| پارامتر | اندازه |
|---|---|
| اندازه ی ذرات | ۲۰ |
| ماکزیمم تعداد تکرار | ۱۰۰ |
| مقادیر پارامترهای $c_1$ و $c_2$ | ۲/۰۵ |

مقادیر بهینه پارامترهای ورودی حاصـل از اجـرای برنامـه هـای بهینه سازی ازدحام ذرات ( الگوریتم $PSO$ ) بـرای تـابع هـدف کمینه کردن میزان انرژی شامل دیوارآجری با عایق با ضـخامت ۵ سانتی متر، سقف از جنس تیرچه با عایق با ضخامت ۵ سانتی متر، شیشه از نوع سه جداره، نسبت پنجره شمالی و شـرقی بـه دیوار در همان جهت ۷۰ درصد، نسبت پنجره جنـوبی بـه دیـوار جنوبی ۴۲/۰۱۸۸ درصد و نسبت پنجره غربی بـه دیـوار غربـی ۶۶/۰۳۸۷ درصد می باشد.



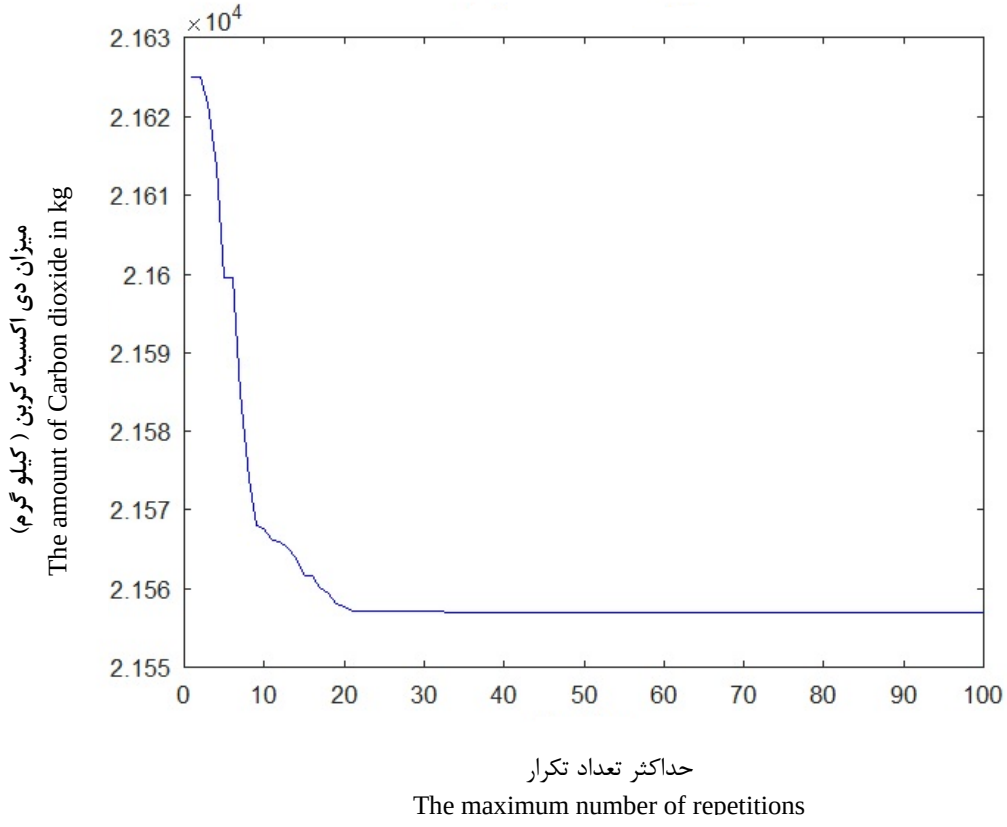

**نمودار ۶- تغییرات میزان انرژی بر حسب ماکزیمم تعداد تکرار ۱۰۰ تکرار**

Figure 6. Energy changes in terms of 100 repetitions maximum

در نمودار۶ محور افقی حداکثر تعداد تکرار و محور عمودی میزان انرژی را بر حسب کیلو وات ساعت نشان می دهد برای اجرای الگوریتم $PSO$ جمعیت اولیه از ذرات تشکیل شده که تصور می رود که هر ذره دارای ۷ بعد بوده که همان تعداد پارامترهای ورودی است، الگوریتم بر اساس تعیین بهترین ذره و بهترین خاطره شخصی هر کدام از ذرات انجام شده، ذرات بر اساس یک هوش جمعی به سمتی حرکت کرده که نتیجه آن پیدا کردن کمترین میزان انرژی می باشد. پاسخ بهینه میزان انرژی برابر با $۳/۵۷۲ \times ۱۰^{۴}$ کیلو وات ساعت می باشد.

اجرای الگوریتم $PSO$ برای تابع هدف کمینه کردن میزان دی اکسید کربن با پارامترهای ورودی مشابه تابع هدف کمینه کردن انرژی انجام شده و پاسخ ارائه شده توسط الگوریتم برابر با $۲/۱۶۳ \times ۱۰^{۴}$ کیلو گرم می باشد. مقادیر بهینه پارامترهای ورودی شامل دیوار از نوع آجری با عایق با ضخامت ۵ سانتی متر، سقف از جنس تیرچه با عایق با ضخامت ۵ سانتی متر، شیشه از نوع سه جداره، نسبت پنجره شمالی و شرقی به دیوار در همان جهت ۷۰ درصد، نسبت پنجره جنوبی به دیوار جنوبی ۴۱/۹۱۸۴ درصد و نسبت پنجره غربی به دیوار غربی ۸۵۲۴ /۶۵ درصد می باشد.

در نمودار۷ محور افقی حداکثر تعداد تکرار و محور عمودی میزان دی اکسید کربن را بر حسب کیلو گرم نشان می دهد الگوریتم $PSO$ با کمک پارامترهای ورودی و با تعداد تکرار ۱۰۰ تکرار به پایان رسیده که نتیجه آن پیدا کردن کمترین میزان دی اکسید کربن به میزان $۲/۱۶۳ \times ۱۰^{۴}$ کیلو گرم می-باشد .




**نمودار ۷- تغییرات میزان دی اکسید کربن بر حسب ماکزیمم تعداد تکرار ۱۰۰ تکرار**

Figure 7. Carbon dioxide changes in terms of 100 repetitions maximum

**بحث و نتیجه گیری**

در این پژوهش وضعیت موجود یک ساختمان اداری در شهرستان بندرعباس از نظر مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفت و سپس مدل سازی بهینه سازی مصرف انرژی با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر و شبکه عصبی صورت گرفت. نتایج

حاصل از به کارگیری الگوریتم $PSO$ نشان دادکه در صورتی که ورودی ها شامل دیوار از نوع آجری با عایق با ضخامت ۵ سانتی متر، سقف از جنس تیرچه با عایق با ضخامت ۵ سانتی متر، شیشه از نوع سه جداره، نسبت پنجره شمالی و شرقی به دیوار در همان جهت ۷۰ درصد، نسبت پنجره جنوبی به دیوار جنوبی بین ۴۱ تا ۴۳ درصد و نسبت پنجره غربی به دیوار غربی۶۵ تا ۶۷ درصد، میزان انرژی و دی اکسید کربن در حداقل میزان می باشد.

نتایج تحقیقات امامقلی زاده و سالاری ( ۱۹) نشان داد، اگر دیوارهای خارجی ساختمان با ۵ سانتی متر پشم سنگ عایق کاری و پنجره های دوجداره نصب و موتورخانه هوشمند گردد به ترتیب تلفات حرارتی ساختمان ۱۴ درصد، ۱۱ درصد و مصرف سوخت ۵/۲۳ درصد کمتر می شود. نتایج این تحقیق با تحقیق حاضر با در نظر گرفتن متغیرهای مشابه از نظر بهینه سازی مصرف انرژی هماهنگی دارد البته درصد کاهش انرژی و دی اکسید کربن متفاوت است. در تحقیقی توسط رفیعیان و همکاران( ۲۰) برای ۳۵ هکتار از اراضی شهر جدید هشتگرد، سه سناریوی پیشنهادی ارائه شد و با اندازه گیری شاخص های انرژی ساختمان توسط نرم افزار Ecotect میزان مصرف انرژی ساختمان ها با سناریوهای مختلف ارزیابی شد. یافته های تحقیق نشان می دهد که با اعمال تغییر در فرم، تراکم، جهت گیری و ارتفاع ساختمان های مسکونی، می توان تا حدود ۴۵ درصد از میزان مصرف انرژی ساختمان کاست. متغیرهای مورد مطالعه در این تحقیق با تحقیق حاضر متفاوت است ولی ، در هر دو پژوهش بیش از ۴۰ درصد کاهش مصرف انرژی مشاهده شد. میرزرگر و همکاران (۲۱) در تحقیقی بیان کردند، سیستم های روشنایی با توجه به مصرف بیش از ۳۰درصد از انرژی ساختمان از یک سو و تاثیرات فراوان بر آسایش، امنیت و کیفیت زندگی ساکنین از سوی دیگر ، یکی از بخش های قابل توجه صنعت ساختمان به منظور اصلاح، بهینه سازی و کاهش تلفات انرژی می باشند. طراحی اصولی روشنایی، استفاده از ادوات کنترل روشنایی نظیر سنسورها، به کارگیری منابع مناسب روشنایی و تجهیزات الکترونیکی استاندارد مرتبط و استفاده از سیستم های هوشمند روشنایی از جمله راهکارهای بهینه سازی روشنایی در صنعت ساختمان هستند. در این تحقیق متغیرهای اصلی سیستم روشنایی می باشد که باعث بهینه سازی مصرف انرژی شده است متغیرهای مورد مطالعه در این تحقیق با تحقیق حاضر متفاوت هستند ولی در هر دو پژوهش روشهایی برای بهینه سازی مصرف انرژی بررسی شده است. نتایج تحقیقات هوی و همکاران (۲۲) نشان داد که بسته به منطقه جغرافیایی ، فصل و جهت ساختمان ، می توان با استفاده از پوشش های مختلف ، دمای سطح خارجی و داخلی را به ترتیب تا ۲۰ و ۴,۷ درجه سانتی گراد کاهش داد. در تحقیق حاضر نیز از عایق با ضخامت ۵ سانتیمتر در دیوار و سقف استفاده شده است که باعث تنظیم دما و انرژِی گردیده است. بنابراین نقش عایق و پوشش های مختلف برای کاهش مصرف انرژی حائز اهمیت است. در این تحقیقات متغیرهای موثر در کاهش مصرف انرژی در ساختمانها بررسی شدند و نتایج تحقیقات به طور کلی با بهینه سازی مصرف انرزی همراه بوده است. بدین معنی که با ایجاد تغییراتی در پارامترهای ساختمان می توان مصرف انرژی آن را کاهش داد . علاوه بر این اعمال تعداد بسیار زیادی از این متغیرها در ساختمان هزینه قابل ملاحظه ای در بر نداشته و از طرفی هزینه های جاری ساختمان و بهای انرژی را نیز کاهش داده است. در تحقیق حاضر به پارامترهایی که منجر به کاهش مصرف انرژی و در نتیجه دی اکسید کربن شده، پرداخته شده است به گونه ای که حتی درصدهای بهینه پنجره به دیوار را در جهات مختلف ساختمان مورد بررسی قرار گرفت .نتیجه نهایی حاصل از تحقیق حاضر این است که اگر تابع هدف انرژی انتخاب شود نتایج بدست آمده از $PSO$ انطباق نزدیکی با نتایج بهینه سازی برای زمانی دارد که تابع هدف، میزان دی اکسید کربن باشد. به عبارتی این دو تابع هدف دقیقا در راستای هم بوده و بهینه کردن یکی منجر به بهینه شدن دیگری خواهد شد. به این ترتیب نیازی به بهینه سازی دو هدفه برای این مساله خاص نخواهیم داشت. بنابراین مدل کلی برای سیاستگذاری کاهش گازهای گلخانه ای نیز قابل ارائه می باشد.

Nadjar Arrabi Babak (2018). Prediction of environmental indicators in land leveling using artificial intelligence techniques, Journal of Environmental Health Science and Engineering, Volume 16, pp 65–80 (2018 ).

8. Batra. u & Signal.s., (2017). Optimum level of insulation for energy efficient envelope of office buildings, international journal of environmental science and technology, (2017), volume 14, issue 11, pp2389-2398.
9. Carreras, J., Pozo, C., Boer, D., Guillen-Gosalbez, G., Caballero, J.A., RuizFemenia, R. & Jimenez, L. (2016). Systematic approach for the life cycle multi-objective optimization of buildings combining objective reduction and surrogate modeling. Energy and Buildings, 130, 506-518.
10. Casini .M, Smart Buildings: Advanced Materials and Nanotechnology to Improve Energy-Efficiency and Environmental Performance, Woodhead Publishing, 1st edition, pp. 109-125, 2016.
11. Delgarm, N., Sajadi, B., Kowsary, F. & Delgarm, S. (2016). Mluti-objective optimization of the building energy performance: A simulation-based approach by means of particle swarm optimization (PSO). Applied Energy, 170, 293-303.
12. Barkhudaryan Naira, Orosa José A, Roshan Gholamreza. (2013). A new procedure to analyze the effect of air changes in building energy consumption, Journal of Environmental Health Science and Engineering , 2014.
13. Kazanasmaz T, Uygun IE, Akkurt GG (2014). On the relation between architectural considerations and

## References

1. Ghafari Jabbari Sh, Saleh E (2013). Housing Design Solutions in Tehran Energy Optimization. Journal of Energy Planning and Policy Research, 1st year, No.1, 2013.
2. Hashemi F, Heidari SH (2012). Optimizing energy consumption in residential buildings in cold climates (Case Study: Ardabil City), Sofeh Magazine, No. 56. (In Persian)
3. Khorramabadi M, Shahi F (2014). The Role of Nineteen National Building Regulations (Energy Saving) on Modifying the Energy Consumption Model. First National Conference on Intelligent Building Management Systems with Energy Conservation Optimization Approach, Qazvin, Building Engineering System of Qazvin Province, 2014. (In Persian).
4. Naseri A, Mehregani A (2017). Investigation of the effect of physical properties of residential buildings on energy consumption (A Case Study of Khorramabad City). Iranian Journal of Architecture and Urban Development, No.14, pp. 59-73. (In Persian)
5. Khoda Karami J, Qobadi Parisa (2016). Optimize energy consumption in an office building equipped with intelligent management system. Journal of Energy Engineering and Management, No. 2, 2016. (In Persian)
6. Elsheikh, A.H., Elazig, M.abd., (2019). Review on applications of particle swarm optimization in solar energy systems., international journal of environmental science and technology,volume 16,issue 2, pp1159-1170.
7. Alzoubi Isham, Delavar Mahmoud R, Mirzaei Farhad,

heating energy performance of Turkish residential buildings in Izmir, Energy and Buildings, Vol. 72, pp. 38-50.

14. Meteorological Organization of the country (2015), Hormozgan Meteorological Office, Hormozgan Meteorological Research Center, Learn to pronounce, Meteorological Yearbook of Hormozgan Province, 2014-2015 crop year, 2015. (In Persian)
15. Mechanic A, Shafiee M (2013). Building design optimization using a combination of genetic algorithm and neural network. The 7th Student Conference on Mechanical Engineering, 2013. (In Persian)
16. Sarabi M, Ebrahimpour A (2013). Introduction and application of energy saving optimization software in buildings. Third International Conference on New Approaches to Energy Conservation 2013. (In Persian)
17. Kalami Heris SM (2013). The theory of multilayer perceptron neural networks, or MLP, Artificial neural network superconductors, a Tutorial Film. (In Persian)
18. Kalami Heris SM (2013). The theory of fundamentals of Particle Swarm Optimization Algorithm, or PSO, Artificial neural network superconductors, a Tutorial Film. (In Persian)
19. Emamqolozadeh M, Salari M (2017). Optimization Energy Consumption in an office building by calculating the impact of external components and engine smarts. Journal of Geography Studies of Civil and Urban Management, Volume 3, No.14, 2017. (In Persian)
20. Rafieian M, Fath Jalali A, Dadashpour H (2011). Investigation and feasibility of the effect of form and density of residential blocks on energy consumption of the city, Case study of Hashtgerd new city. Armanshahr Journal, No. 6, pp. 107-116. (In Persian)
21. Mirzargar M, Raeisi A (2015). Improving energy consumption in the buiding industry by optimizing lighting systems. Third National Conference on Building Climate and Energy Conservation Optimization with Sustainable Development Approach, Esfahan Province Engineering Organization, 2015.
22. Hui S., Hongwei T., Athanasios T., The effect of reflective coatings on building surface temperatures, indoor environment and energy consumption—An experimental study , China, Energy and Buildings 43, pp. 573–580, 2011.