

بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان با استفاده از الگوریتم ژنتیک

محمد حسن سعیدی ، ابراهیم شهرآئینی

دانشکده مهندسی مکانیک ، دانشگاه صنعتی شریف

E-mail: Shahraeeni@hotmail.com

پروژه حل یک مسئله بهینه سازی با استفاده از الگوریتم های مبتنی بر هوش مصنوعی به نحوی است که می توان با اعمال تغییراتی ، به منظور طراحی نیز از آن استفاده نمود . در اینجا الگوریتم ژنتیک علاوه بر بهینه سازی ، در پروژه طراحی نیز حضور فعال داشته و تلاش می کند طراحی را به گونه ای انجام دهد که ملزومات بهینه سازی را در بر داشته و به این ترتیب طرح اولیه در راستای هدف مشخصی ارائه شود. با این روش ابزار مولدی در اختیار طراح قرار می گیرد که می تواند با استفاده از آن طراحی بهین را در محاسبات مد نظر داشته باشد و مسئله خاصی که در اینجا مورد بررسی قرار گرفته موقعیت قرارگیری و اندازه پنجره های یک ساختمان اداری است ، اما همین روش را می توان در انتخاب های دیگر پروژه طراحی سیستم HVAC نظیر جنس مصالح ، اندازه سیستم های تاسیساتی و ... مورد استفاده قرار داد .

واژه های کلیدی : الگوریتم ژنتیک - طراحی سیستم های تاسیساتی - طراحی زیست محیطی - کاهش مصرف انرژی

در چند دهه اخیر مدل سازی با استفاده از کامپیوتر کارآیی خود را به عنوان ابزاری قدرتمند در بررسی عملکرد زیست محیطی بناها نشان داده است. ارتباط چند گانه و متقابل موجود بین خصوصیات طراحی ، شرایط آب و هوایی ، سیستم های تاسیساتی و الکتریکی و ... در یک مجموعه سبب می شود که تنها از طریق مدل سازی کامپیوتری کل سیستم بتوان تأثیر هر عامل را

۱- استادیار، گروه تبدیل انرژی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شریف

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه تبدیل انرژی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شریف

بر عملکرد کلی تعیین نمود و با استفاده از یک حلقه فیدبک بین ارائه طرح و برآورد نحوه عملکرد ، پروسه طراحی را پیش برد .

هدف از این مقاله ارائه روشی است برای درگیر کردن بیشتر کامپیوتر در پروسه طراحی ، تا از قدرت محاسباتی و پردازشی آن نه تنها به عنوان ابزار مدل سازی که به عنوان وسیله ای برای تولید طرحهای بهینه نیز استفاده شود. مدل سازی در حالت عادی در طراحیهای گام به گام مورد استفاده قرار می گیرد که در آنها طراح جوابی را ارائه کرده و سپس با استفاده از ماشین عملکرد آن را برآورد می کند . این روش علاوه بر آن که کند و خسته کننده است ، این مشکل را هم دارد که در محدوده وسیعی از پاسخ های قابل قبول تنها تعداد محدودی پاسخ را بنا به تشخیص طراح ارزیابی کرده و عملکرد آنها را با هم مقایسه می کند . در برابر این روش ، روش طراحی در راستای هدف پیشنهاد می شود که در آن کامپیوتر محدوده گسترده ای از فضای جواب را برای یافتن پاسخ هایی که در راستای هدف مشخصی ، بهترین عملکرد را دارند ، جستجو می کند . به این ترتیب کامپیوتر به صورت اتوماتیک پاسخ های ممکن را تولید و ارزیابی کرده و حل های بهینه یا نزدیک به بهینه را برای مسئله مورد بررسی به طراح ارائه می دهد .

بنابراین استفاده از بهینه سازی به جای مدل سازی روشی است که برای وارد کردن کامپیوتر در پروسه طراحی پیشنهاد شده است. روش طراحی در راستای هدف در حقیقت وام گیری از تکنیکهای جستجو و بهینه سازی مبتنی بر هوش مصنوعی است که دسته ای از آنها الگوریتم ژنتیک نامیده می شود . الگوریتم ژنتیک روشی است که بر مبنای اصول حاکم بر تئوری انتخاب طبیعی داروین عملکردهای انتخاب و باز تولید را بر نامزدهای حل اعمال کرده و بهترین ها را از بین آنها انتخاب می کند. در اینجا الگوریتم ژنتیک برای جستجوی فضای پاسخ ها و ارزیابی نحوه عملکرد آنها استفاده شده و بر مبنای نتایج این ارزیابی ها ، پروسه جستجو به سمت پاسخ های بهینه هدایت می گردد . مجموعه ای از پاسخهای بهینه حاصل از اجرای حلقه نهایتاً در اختیار طراح قرار می گیرد تا بر اساس آنها طرح نهایی را ارائه نماید .

دو گام اصلی پروسه طراحی که الگوریتم ژنتیک طراح را در انجام آنها یاری می دهد عبارتند از تولید یک پاسخ قابل قبول برای مسئله و ارزیابی نحوه عملکرد و کارایی آن ، اگر به کامپیوتر این اجازه داده شود که فعالانه در پروسه طراحی مشارکت نماید این انتظار می رود که پاسخ هایی که احتمالاً در نگاه اول به چشم نمی خورند ، تولید شوند و به تبع آن طرح های پخته تر و قویتری ارائه شود .

بخش دشوار استفاده از ابزارهای مولد برای طراحی بهینه ، تعریف تابع هدف مناسب و قیود مسئله است . تحلیل های زیست محیطی معمولاً زمینه های مناسبی برای طراحی در راستای هدف محسوب می شوند ، چرا که می توان عملکرد سیستم را از این لحاظ در قالب های کمی ارزیابی

کرد. مثلاً سطح نور داخل فضا، دمای طرح داخل، میزان مصرف انرژی به منظور تأمین روشنایی، گرمایش و سرمایش و ... همه کمیت‌های قابل اندازه‌گیری هستند که می‌توان بر اساس آنها تابع هدف و قیود را ارائه کرد. مثلاً مسئله خاص مورد بررسی در این مقاله عملکرد یک ساختمان به جهت میزان روشنایی فضای داخلی و رفتار حرارتی آن را در بر می‌گیرد که در ارتباط با کمیت‌های قابل محاسبه یا اندازه‌گیرند.

از ابزار مولد بیشتر در مراحل پایانی طراحی استفاده می‌شود، چرا که در مراحل اولیه عملاً پاسخ بهینه‌ای وجود ندارد و در عوض محدوده وسیعی از پاسخ‌ها موجود است که تمامی آنها بالقوه برای مسئله مورد بررسی پاسخ‌های مناسبی محسوب می‌شوند. هر چقدر پروسه حل جلوتر می‌رود نیاز به بهینه‌سازی هم افزایش پیدا می‌کند؛ چرا که تعریف دقیق‌تر مسئله نیازها را روشن‌تر می‌کند. مثال‌های متعددی را می‌توان به عنوان مسایل قابل حل به این روش مطرح کرد. اندازه شیشه‌های پنجره بر مبنای شرایط آب و هوایی و جهت قرارگیری ساختمان، انتخاب نوع شیشه یا انتخاب مصالح ساختمانی مورد استفاده در دیوارها و سقف از آن جمله‌اند.

مسئله‌ای که در اینجا مورد بررسی قرار گرفته است، تعیین اندازه پنجره‌های یک ساختمان به منظور تأمین شرایط بهینه روشنایی و حرارتی (گرمایشی و سرمایشی) است. اندازه پنجره‌های ساختمان به طور معمول در مراحل نهایی طراحی و بر اساس فاکتورهایی غیر از عملکرد حرارتی (و بعضاً حتی روشنایی) تعیین می‌شود و تلاش می‌گردد تا مشکلات ناشی از این عدم توجه به عملکرد حرارتی به طرق دیگری جبران شود که به نوبه خود سبب تحمیل بار بیشتری به محیط و سیستم تهویه می‌شود. مسئله در حقیقت این است که پنجره‌ها تأثیر حساسی بر عملکرد زیست محیطی بنا دارند و عدم توجه به این تأثیر مشکلات بعدی را به همراه دارد. اندازه بهینه پنجره‌ها وابسته به شرایط آب و هوایی بنا، شیشه‌های مورد استفاده، جهت قرارگیری پنجره‌ها و نوع استفاده از بناست.

پنجره‌ها در مجموعه بنا عملکرد و یا حتی چند گانه‌ای دارند که بعضاً با هم در تضادند و به همین سبب ارزیابی عملکرد آنها پیچیده است. در طی فصول سرد سال که ساختمان نیاز به گرمایش دارد، افزایش اندازه پنجره‌ها سبب می‌شود که نور طبیعی بیشتری وارد محیط شود و در نتیجه نیاز به نور مصنوعی کمتر شود که به نوبه خود سبب کاهش مصرف انرژی الکتریکی می‌شود. هم‌چنین به سبب ایجاد امکان استفاده بیشتر از انرژی حرارتی خورشید، این احتمال وجود دارد که بتوان تولید و مصرف حرارت را هم کاهش داد. به این خاطر بحث احتمال کاهش نیاز به حرارت مطرح می‌شود که با افزایش اندازه پنجره‌ها تبادل حرارتی از طریق شیشه‌ها افزایش یافته و نیاز به تولید حرارت بیشتر می‌شود. هم‌چنین کاهش استفاده از نورهای مصنوعی سبب می‌شود حرارت ناشی از آنها نیز از بین برود و نیاز به تولید حرارت بیشتر شود.

در فصول گرم پنجره های بزرگ کاهش نیاز به نورهای مصنوعی ، کاهش مصرف انرژی الکتریکی و کاهش بار برودتی ناشی از عملکرد این چراغ ها را به دنبال دارد که وجوه مثبت استفاده از پنجره های بزرگ است. اما افزایش اندازه پنجره ها سبب می شود تابش خورشید به داخل محیط بیشتر شده و نیاز به سرمایش افزایش یابد .

حال بایستی باید به نحوی این ارتباطات را شبیه سازی کرد . برای این منظور طرحی به عنوان پاسخ در نظر گرفته شده و سطح روشنایی داخل محیط در نقاط مشخصی محاسبه می شود این مقادیر با آنچه توسط طراح به عنوان سطح روشنایی قابل قبول تعیین شده مقایسه گردیده و کسری آن ، در صورت وجود ، با نورهای مصنوعی جبران می شود . حال می توان انرژی مورد استفاده توسط این روشناییها و حرارت ناشی از عملکرد آنها را محاسبه کرد .

در مراحل بعد دمای محیط تحت تأثیر شرایط آب و هوایی بنا ، انتقال حرارت از دیوارها ، سقف و پنجره ها ، تابش خورشید ، بارهای داخلی ناشی از ساکنین ، وسایل و تجهیزات و نورهای مصنوعی محاسبه شده و با دمای مورد نظر طراح برای طرح داخل مقایسه می شود تا میزان انرژی حرارتی یا برودتی که برای جبران تفاوت بین این دو دما نیاز است ، محاسبه شود . این انرژی به انرژی محاسبه شده در قسمت قبلی افزوده شده و مصرف کلی ساختمان محاسبه می شود . اگر به نحوی این محاسبات برای تمامی روزهای سال انجام شود (حال خواه دقیقا انرژی تمام روزها محاسبه شده و با هم جمع شود یا در بازه های زمانی مشخصی این انرژی محاسبه گردیده و مقدار مصرف برای ایام نزدیک به آن بازه ها با این مقادیر یکی گرفته شود .) می توان به این ترتیب مصرف انرژی سالیانه را محاسبه نمود .

ساختمان مورد بررسی در این مقاله ساختمانی اداری فرض می شود که شرایط طرح داخلش برای فضاهای مختلف آن تقریبا یکسان است و روشنایی مصنوعی هم در تمام این فضاها وجود دارد. ساختمان یک فضای مرکزی مربع شکل $30 \times 30 \text{ m}^2$ دارد که دور آن چهار فضای $30 \times 4/5 \text{ m}^2$ موجود است و این فضاهای محیطی به ۱۰ دفتر یکسان تقسیم شده است . ساختمان در امتداد جهات اصلی (شمالی - جنوبی) قرار گرفته است . نقطه ای که به عنوان معیار ، سطح روشنایی در آن سنجیده می شود . نقطه ای به فاصله 3 m از پنجره ها و در ارتفاع 1 m از سطح زمین است . نور افقی مورد نیاز در این نقطه 5401 lx است . ضریب سایه شیشه پنجره ها $0/34$ و ضریب عبور نور توسط آنها $0/41$ در نظر گرفته می شود^۱ . فرض می شود ساختمان مورد بررسی در تهران واقع است و شرایط آب و هوایی تهران به عنوان شرایط طرح خارج اعمال می گردد . تهران وضعیت بحرانی مصرف انرژی را در تابستان دارد و در زمستان آن قدر سرد نیست که سرمایش حالت بحرانی ایجاد کند . بنابراین مسئله سرمایش در طراحی مشکل غالب است .

۱- این مقادیر برای شیشه ها از پایگاه داده های نرم افزار DOE2.1E استخراج شده است .

قبل از تشریح روش حل و ارائه نتایج بهتر است الگوریتم بهینه سازی مورد استفاده مرور مختصری شود [۱]. الگوریتم ژنتیک تکنیک بهینه سازی عمومی است که برای جستجو در فضاهای پاسخ مغشوش که نقاط اکسترمم محلی بسیاری دارند، مورد استفاده قرار می گیرد. از آنجا که الگوریتم ژنتیک با استفاده از جمعیتی از پاسخ ها جستجو را انجام می دهد (به جای یک نقطه، چنان که در اکثر روشهای جستجو و بهینه یابی متداول است)، احتمال این که جستجو در دام یک بهینه محلی گرفتار شود کاهش می یابد. الگوریتم ژنتیک جستجو را با یک جمعیت نمونه تصادفی آغاز می کند و سپس با استفاده از عملکردهای تصادفی و بر مبنای مقادیر تابع هدف بهینه سازی را دنبال می کند. این عملکردهای تصادفی که هم گذاری^۱، جهش^۲ و باز تولید متناسب با شایستگی^۳ نامیده می شوند در حقیقت تلاشی برای مدل سازی فرآیند تولید مثل بر مبنای تئوری انتخاب طبیعی داروین محسوب می شوند.

هر پاسخ قابل قبول برای مسئله در الگوریتم ژنتیک یک فرد^۴ نامیده می شود و دسته ای از پاسخ ها که در هر مرحله وجود دارد را یک جمعیت^۵ می نامند. هر جمعیت جدید یک نسل^۶ جدید محسوب می شود. در الگوریتم ژنتیک دودویی، که در اینجا نیز از آن استفاده می شود هر فرد با یک رشته دودویی که کروموزوم^۷ نامیده می شود، معرفی می گردد. این کروموزوم به ترتیب خاصی (که برنامه نویس معین می کند) پارامترهای دخیل در مسئله را کد می کند. هر کروموزوم از تعدادی ژن^۸ تشکیل شده که در حقیقت معادل بیتهای رشته دودویی است. شایستگی هر فرد نیز متناظر با مقدار تابع هدف در آن نقطه (یعنی با ازای مقادیر ورود یهایی برابر با مقادیر کد شده توسط کروموزوم مورد نظر) است.

عملگرهای ژنتیکی که ابتدا معرفی شدند روند تکامل نسل ها را کنترل می کنند. احتمال این که یک کروموزوم در تولید نسل بعدی شرکت داده شود متناسب با میزان شایستگی آن است. هم گذاری بر دو کروموزوم که به صورت تصادفی انتخاب شده اند عمل کرده و با جا به جا کردن ژنهای آنها از نقطه ای که آن هم به صورت تصادفی انتخاب می شود، دو کروموزوم جدید می سازد.

1- Cross over

2- Mutation

3- Fitness Proportionate reproduction

4- Individual

5- Population

6- Generation

7- Chromosome

8- Allele

[]

:

00100 01100 11000	→	00100 01100 10100
01010 11100 00100		01010 11100 01000

جهش عبارتست از تعویض تصادفی یک ژن به منظور وارد کردن نقاط جدیدی از فضای پاسخ ها در پروسه بهینه سازی .

شکل ۲: جهش یک ژن [۱]

mutation site
↓
00100 01100 10100 → 00110 01100 10100

حل با کمک الگوریتم ژنتیک با تولید یک جمعیت اولیه تصادفی از پاسخ های قابل قبول مسئله آغاز می شود . این پاسخ ها ارزیابی شده و عملکردهای ژنتیکی به آنها اعمال می شود . به این ترتیب نسل جدیدی از پاسخ ها ساخته می شود که میانگین شایستگی آنها از نسل قبلی بیشتر است . بسته به پیچیدگی مسئله شرایط هم گرایی برای آن وضع می شود که با ارضای آنها الگوریتم متوقف می گردد .

الگوریتم ژنتیک قدرت خود را در حل مسایل پیچیده ای که روش های مبتنی بر مشتق معمولاً در حل آنها دچار اشکال شده و روی مینیمم های محلی هم گرا می گردند , نشان داده است. از الگوریتم ژنتیک در زمینه بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان ها استفاده های متعددی شده است که عمدتاً به منظور یافتن اندازه بهینه سیستم های تاسیساتی یا نحوه کنترل آنها بوده است [۲ و ۳] .

در اینجا برای شبیه سازی حرارتی از نرم افزار DOE2.1E استفاده شده است که ابزار قدرتمندی برای شبیه سازی ساعت به ساعت عملکرد حرارتی بناست . مدل ساختمان , موفقیت جغرافیایی آن و شرایط طرح خارج در محیط نرم افزار ساخته می شود . سپس فایلی بر اساس داده های یک کروموزوم تولید می گردد که به عنوان ورودی به نرم افزار داده شده و نتایج آنالیز نیز

توسط نرم افزار در فایلی دیگر ریخته می شود که کد الگوریتم ژنتیک به آن دسترسی داشته و نتایج محاسبات را از آن می خواند. به این ترتیب هر بار که نیاز باشد میزان شایستگی یک کروموزوم تعیین شود، اطلاعات مربوط به آن به DOE پاس شده و این نرم افزار تحلیل حرارتی را انجام داده و میزان مصرف انرژی سالیانه را بر می گرداند. دقت بالای ناشی از آنالیز ساعت به ساعت، پایگاه داده های قوی و اعمال جزئیات در محاسبه میزان مصرف انرژی سبب می شود که مصرف سالیانه انرژی با دقت بالایی اندازه گیری شود. اما مشکلی که به این روش مترتب است آن است که پایگاه داده های DOE فقط اطلاعات مناطق مختلف ایالات متحده را شامل می شود و اگر بنا باشد از این داده ها برای شهری خارج از آمریکا استفاده شود، بایستی آن شهر را با یکی از شهرهای ایالات متحده که شرایط آب و هوایی مشابهی دارد، تقریب زد که طبیعتاً از دقت جوابها می کاهد. البته می توان داده های مختلف را به صورت دستی وارد نمود، اما از آنجا که متأسفانه چنین اطلاعاتی برای شهرهای ایران در دسترس نیست، از این راه هم عملاً مشکل حل نشده باقی خواهد ماند^۱. به عنوان توسعه های بعدی بناست کدی به منظور شبیه سازی عملکرد حرارتی ساختمان مشابه با DOE (و البته نه به وسعت آن) ارائه شود تا بتوان مدل سازی را بیشتر با شرایط واقعی منطبق نمود.

نتایج حل دستی مسئله در حالت های بسیار ساده با استفاده از روشهای مبتنی بر مشتق و مقایسه آن با مقادیر به دست آمده از طریق این الگوریتم صحت پاسخ ها را تأیید می کند [۴]. الگوریتم پاسخ های بهینه را برای ابعاد پنجره های دفاتر در چهار جهت ساختمان محاسبه می کند. کل فضای گسسته شده چیزی در حدود ۱۷ میلیون عدد را در بر دارد و جواب های بهینه باید از بین آنها جستجو شود. از آنجا که هدف بیشتر نشان دادن نحوه عملکرد ابزار و بهینه شدن پاسخ هاست، از وارد کردن جزئیات بیشتر اجتناب شده و ساده ترین حالت ممکن لحاظ شده است. مثلاً با توجه به این که ساختمان شمالی - جنوبی فرض شده است، تابش راستهای مختلف بر هم تأثیر ندارد و بنابراین تابع هدف را می توان برای راستهای مختلف از هم جدا کرده و در حقیقت راستهای مختلف را جداگانه بهینه کرد؛ در حالی که در عمل وقوع چنین حالتی بعید است و بایستی اثرات تداخلی لحاظ شود. البته در نحوه عملکرد الگوریتم تغییری ایجاد نمی شود و صرفاً محاسبات طولانی تر می شود. پاسخ بهینه این مسئله که در تکرار ۸۰ هم گرا شده است به صورت زیر می باشد که اعداد به ترتیب معرف پهنا و ارتفاع پنجره اضلاع شمالی، جنوبی، شرقی و غربی اند:

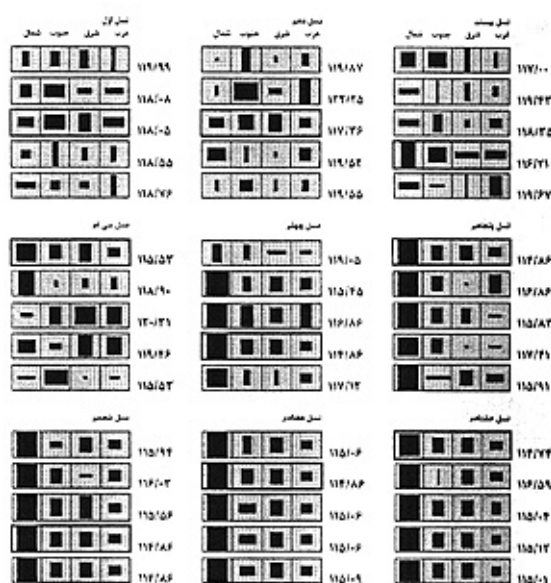
۱- در اینجا از داده های فونیکس واقع در ایالت آریزونا برای مدلسازی ساختمان در محیط DOE استفاده شده است که تا حد زیادی با شرایط آب و هوایی تهران مطابقت دارد.

:

مقدار تابع هدف (MWh)	پاسخ بهینه
/	$2/1 \times 2/1$, $1/2 \times 1/5$, $1/2 \times 1/5$, $1/2 \times 0/9$

شکل ۳ تکامل نسل ها را از ابتدا تا رسیدن به پاسخ نهایی نشان می دهد. چنان که دیده می شود در ابتدا انحراف شدیدی بین الگوهای مختلف ارائه شده توسط افراد یک جمعیت وجود دارد که در انتها هم گرا می شود.

شکل ۳: نسلهای اول تا هشتاد (جواب نهایی)



هم چنین روشن است که علیرغم بررسی الگوهای متعدد در حین حل، روند ثابتی در طی هم گرایی تعقیب می شود: ابعاد پنجره ها در ضلع شمالی تا حد امکان بزرگ می شود ($2/1 \times 2/1$ m) تا در عین به حداقل رساندن انرژی حرارتی خورشید در تابستان، حداکثر استفاده از روشنایی روز بشود. با توجه به اینکه هوای زمستان تهران چندان سرد نیست و جنس شیشه ها هم به نحوی است که تلفات حرارتی شدیدی ندارند، انتقال حرارت از سطح این پنجره های بزرگ به سمت بیرون در فصول سرد به حدی نیست که سبب کاهش اندازه این پنجره ها در روند کلی حل شود. ابعاد پنجره ها در اضلاع شرقی و جنوبی در حد متوسط نگه داشته می شود ($1/2 \times 1/5$ m) که حاصل برقراری تعادل بین استفاده از روشنایی روز و تابش خورشید در فصل زمستان از یک سو و اجتناب از تابش های شدید خورشید در فصل تابستان از سوی دیگر است. در ضلع غربی ابعاد پنجره تا حد امکان کوچک می شود ($1/2 \times 0/9$ m) چرا که ضلع غربی در بین چهار دیوار ساختمان بدترین وضعیت را در تابستان دارد و بعد از ظهرها به شدت گرم می شود، به نحوی که بالا رفتن میزان تابش از این ضلع میزان انرژی مصرفی مورد نیاز برای سرمایش را تا حد زیادی

تحت تأثیر قرار می دهد . از هم اینجا می توان ایده استفاده از جنس شیشه ای متفاوت و یا سایبان را برای این پنجره ها ارائه نمود .

در بررسی پاسخ ها دو نکته حائز اهمیت به چشم می آید :

۱- تفاوت زیادی بین ابعاد پیشنهاد شده برای راستهای مختلف وجود دارد که با آنچه در واقع اعمال می شود تفاوت زیادی می کند. در عمل مهندسين ساختمان معمولاً ابعاد تمام پنجره های ساختمان را یکسان ارائه می کنند که چنان که دیده می شود , لااقل به جهت مصرف انرژی بهینه نیست و با اندازه گیری از این نتایج می توان بهبود زیادی در مصرف انرژی ایجاد نمود .

۲- پاسخ های غیر منتظره ای ارائه شده است که احتمالاً به چشم یک مهندس HVAC و با لحاظ کردن اثرات مصرف انرژی هم نمی آید . بعيد است مهندسی پنجره های ۲ متری را به عنوان طرح بهینه برای ضلع شمالی بنا ارائه کند , در حالی که پاسخ بهینه واقعاً چنین ابعادی را دارد! این تاییدی است بر آن نکته که استفاده از قدرت محاسبه و پردازش کامپیوتر می تواند پاسخ هایی را ارائه کند که حتی طراحان با تجربه هم در نگاه اول آن را نمی بینند .

اما یکی از جالب ترین خصوصیات الگوریتم ژنتیک که ناشی از ماهیت تصادفی آن است, ارائه پاسخ های متفاوت در اجراهای مختلف است. به عنوان مثال همین مسئله را با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۵ بار حل کرده و پاسخ های بهینه را هر بار به دست آورده ایم . جدول ۲ نتایج این اجراهای متعدد را نشان می دهد. چنان که مشاهده می شود علیرغم این که میزان مصرف انرژی در اجراهای مختلف تقریباً یکی است , ابعاد پنجره ها متفاوت است. به این ترتیب این امکان به طراح داده می شود که از بین مجموعه ای از پاسخ های عملکرد مشابه آن را که تطابق بیشتری با نیازهای خاص مسئله اش دارد , انتخاب نماید .

:

ردیف	پاسخهای بهینه	مقدار تابع هدف (MWh)
۱	$2/1 \times 2/1$, $1/2 \times 1/5$, $1/2 \times 1/5$, $1/2 \times 0/9$	/
۲	$2/4 \times 2/1$, $2/1 \times 0/9$, $2/1 \times 0/9$, $0/9 \times 1/5$	۱۱۴/۶۵
۳	$2/1 \times 2/1$, $1/2 \times 1/5$, $2/1 \times 0/9$, $1/5 \times 0/9$	۱۱۴/۶۰
۴	$1/8 \times 2/1$, $1/2 \times 1/8$, $0/9 \times 1/5$, $1/2 \times 0/9$	۱۱۴/۸۹
۵	$2/4 \times 2/1$, $2/1 \times 0/9$, $1/2 \times 1/5$, $1/5 \times 0/9$	۱۱۴/۶۵

ماکزیمم تعدا نسل هایی که برای حل وجود داشته ۱۰۰ بوده که غالباً هم برنامه نیازی به تولید این تعداد نداشته و در مقادیر کمتری (حدود ۸۰) هم گرا شده است . پس حداکثر ۵۰۰ نقطه از مجموع حدود ۱۷ میلیون نقطه ای که وجود داشت تست شده است . یعنی ۰/۰۰۳٪ که بسیار قابل توجه است . با توجه به این که ۵ بار حل انجام شده (با ۵ جمعیت اولیه تصادفی و متفاوت) و تمام آنها نیز در یک حول و حوش جواب داده اند می توان نتیجه گرفت که حدود ۱۱۴/۵ MWh مینیمم مطلق است و بنابراین مشکل هم گرایی روی مینیمم های محلی نیز وجود ندارد که باز مزیتی برای استفاده از الگوریتم ژنتیک و این ابزار جدید به جای مدل سازی صرف است .

هدف از ارائه این مقاله ارائه رویکردی جدید در مواجهه با مسایل طراحی و استفاده از روشهای بهینه سازی مولد به جای روشهای مدل سازی در این گونه مسایل است . به این منظور الگوریتم ژنتیک با یک موتور تحلیل مرتبط شد تا بتواند پاسخ های تولیدش را توسط آن ارزیابی کرده و با اعمال پروسه بهینه سازی ، بهترین پاسخ ها را برای مسئله طراحی ارائه کند . نتایج نشان از قدرت بالای این روش و موید مزایای برشمرده شده برای آنند . این نتایج نشان می دهند که با شروع از یک جمعیت اولیه با انحراف زیاد در الگوی طرحها ، الگوریتم کم کم هم گرا شده و پاسخ های بهینه یا نزدیک به بهینه را ارائه می کند. برای اجراهای مختلف پاسخهای متفاوتی به دست می آید که حاکی از وجود ترکیب های مختلفی برای جواب است که همگی استانداردهای مورد نظر را برآورده می کنند. به این ترتیب اطلاعات ارزشمندی از آن می تواند طرحهای جایگزین را با در نظر گرفتن شرایط و محدودیت های دیگر مسئله را در اختیار داشته باشد. هم چنین مشاهده شد که در مسئله خاص مورد بررسی ، ابعاد پنجره ها در اضلاع مختلف بنا متفاوت محاسبه می شود که گویای نیازهای متفاوت برای راساهای مختلف است. مسئله ای که معمولاً کمتر در طراحی بناها به آن توجه می شود .

نکته آخر این که هدف از این مقاله ارائه ابزار جدیدی است که طراحی را در راستای هدف جلو می برد و مسئله ای که مورد بررسی قرار گرفته صرفاً به عنوان مثالی برای نشان دادن قابلیت این ابزار حل شده و به همین دلیل ساده سازی های متعددی نیز برای آن در نظر گرفته شده است. این ابزار را می توان با هدف بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان برای مسایل متعدد دیگری نیز به کار گرفت .

- 1- Shariat Panahi, M., "*An Introduction to Genetic Algorithms*", Department of Mechanical Engineering, University of Alberta, 1995.
- 2- Caldas, L. G., "*A Generative Design System for Low-Energy Architecture Design*", Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Instituto Superior Tecnico, Lisboa, Portugal.
- 3- Wright, J., "*HVAC Optimization studies: Sizing by Genetic Algorithm*", Building Services Engineering Research and Technology, Vol. 17, pp.1-14, 1996.
- 4- Norford, L. K.; Caldas, L. G., "*A Design Optimization Tool Based on a Genetic Algorithm*", Massachusetts Institute of Technology, Automation in Construction, Vol. 11, pp.173-184, 2002.