بهینه سازی هندسی سازه های فضاکار و گنبدی شکل با در نظرگرفتن کمانش اعضاء و ارتفاع متغیر گره ها با استفاده از الگوریتم وراثتی

محمدرضا جعفریان
مربی گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ایلام
پست الکترونیکی: Avishan_Sazeh@yahoo.com

علیرضا عباس زاده
مربی گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ایلام
پست الکترونیکی: Hiva_Reza@Yahoo.Com

(تاریخ دریافت مقاله:۱۳۸۸/۹/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله:۱۳۸۹/۱/۲۲)

چکیده

بهینه سازی سازها در مهندسی عمران یعنی طراحی آنها بصورتی که هم مسایل فنی رعایت شوند و هم کمترین وزن و هزینه اجرایی را داشته باشند. سازه های فضاکار گنبدی یکی ازانواع سازه هایی است که در مهندسی عمران کاربرد روز افزونی دارد. بنابراین بهینه سازی این نوع سازه ها که از عضوهای زیادی تشکیل شده است کمک بزرگی از نظر اقتصادی خواهد نمود. درسازه های گنبدی شکل با قطر دهانه ثابت، یافتن وزن حداقل سازه بستگی به موقعیت گره ها و بارگذاری آنها دارد. یکی از مشکلات موجود در مسئله بهینه سازی همگرایی موضعی می باشد. لذا استفاده از ابزاری که بتواند بر مشکل مذکور غلبه کند، ضروری به نظر می رسد. الگوریتم وراثتی که یکی از روشهای بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت است، بر این مشکل فائق آمده است .

در این تحقیق، هدف، بهینه سازی سازه های فضاکار گنبدی شکل با در نظر گرفتن کمانش کلیه اعضاء و تعیین مناسب‌ترین ارتفاع لایه‌ها می باشد. بدیهی است باتغییر موقعیت گره‌ها، سطح بارگیر گره‌ها نیز متغیر خواهد بود لذا تعیین بهترین موقعیت گره‌ها با در نظر گرفتن انحنای گنبد، به منظور دستیابی به حداقل وزن سازه بعنوان هدف اصلی این نوشتار منظور گردیده است.

به منظور نیل به اهداف فوق اقدام به تهیه نرم افزاری شده که کلیه مراحل تحلیل و طراحی وبهینه سازی سازه‌های مذکور را با در نظر گرفتن شرایط اخیر بوسیله الگوریتم وراثتی انجام می دهد.

کلید واژه ها: بهینه سازی، الگوریتم وراثتی، سازه های فضا کار، شکل گنبدها، کمانش اعضاء

۱- مقدمه

در بسیاری از مسائل مهندسی و علوم معمولاً تابع هزینه یا سود و یا بعبارت کلی تر با تابع هدفی روبرو هستیم که می خواهیم با بهینه نمودن مقدار آن، عملکرد یک سامانه را بهینه نمائیم. در زمینه مهندسی عمران برای تهیه طرحی هستیم که در برابر نیازهای مورد نظر و شرایط اعمالی، بیشترین کارایی را داشته باشد. درروش بهینه سازی سازه‌ها این عمل با تعیین گروهی از متغیرهای طراحی همراه است که بر حسب بارهای اعمال شده، قیود و پارامترهای از پیش تعیین شده موجب کمینه یا بیشینه شدن تابع هدف می‌شوند. در واقع می توان گفت دست یابی به بهترین نتیجه تحت شرایط داده شده را بهینه سازی می گویند. ابزارهای معمول که از آنها میتوان در جهت بهینه سازی سود جست اکثریت با عنوان روشهای ریاضی موجود می باشد. این روشها مبتنی بر مشتق پذیری و

پیوستگی توابع می باشند و از آنجا که موضوع بهینه سازی سازه ها از نوع گسسته برای یک مهندس و طراح عملاً بیشتر مورد نظر می باشد، لذا کار برد روشهای ریاضی با توجه به احتمال زیاد متوقف شدن عملیات در بهینه محلی، در بهینه سازی سازه ها مطلوب نمی باشد. الگوریتم وراثتی یکی از شیوه های اقتباس گرفته از طبیعت است که توانایهای ویژه ای بعنوان ابزار بهینه سازی، خصوصاً در مسائل گسسته، از خود نشان داده است.

۲- سازه های فضاکار

تقاضای روز افزون برای ساخت سالنهای بزرگ، بمنظور ایجاد غرفه های نمایشگاهی، سالنهای ورزشی، آشیانه هواپیما و... باعث پیشرفت و توسعه این سازه گردیده است.

سازه‌های فضاکار سازه‌هایی هستند که از اعضای مستقیم ساخته می شوند و عملکرد آنها بصورت سه بعدی است. اعضای تشکیل دهنده این سازه‌ها بیشتر از مقاطعی هستند که شعاع ژیراسیون آنها در تمام جهات یکسان است و یا لااقل نسبت به محورهای مختلف با هم تفاوتی ندارند. لذا مقاطع لوله‌ای در درجه اول اهمیت و مقاطع قوطی شکل در درجه دوم اهمیت هستند. اتصال اعضاء در این سازه ها معمولاً بصورت مفصلی است.

نیروی اعضاء عمدتاً محوری بوده و خمش ناچیزی ناشی از وزن عضو، بوجود می آید لیکن مقدار آن در حدی است که می توان از اثر آن درمقایسه با بارهای محوری صرف نظر نمود. سازه‌های فضاکار با توجه به شکل ظاهری و نحوه عملکردشان به انواع سازه های دولایه، گنبدی، چیلک، تاشو و... تقسیم بندی می شود[۱]. سازه فضاکار گنبدی شکل نمونه‌ای از انواع سازه های فضاکار می باشد که با توجه به زیبایی، صلبیت و نصب سریع کاربرد روز افزونی دارد. در طراحی این نوع سازه ها تعیین نسبت ارتفاع به قطر دهانه و موقعیت گره‌های بالایی بر عهده طراح می باشد. لذا تعیین این پارامترها از اهمیت ویژه‌ای در تعیین وزن حداقل برخوردار است. چنانچه این پارامترها ثابت در نظر گرفته شوند، بارگذاری ونهایتاً نیرو دراعضاء ثابت خواهد بود. در صورتی‌که این پارامترها متغیر در نظر گرفته شوند، بارگذاری ودر نتیجه تنشها متغیر خواهند بود. از آنجا که تنشها تعیین کننده سطح مقاطع اعضاء می باشند لذا وزن سازه ارتباط مستقیمی با موقعیت گره‌ها خواهد داشت. بنابراین تعیین مناسب‌ترین ارتفاع بین لایه‌ها برای دست یابی به بهترین وزن از قدمهای اساسی در طراحی این نوع سازه‌ها محسوب می‌شود. سازه‌های فضاکار گنبدی شکل، برای پوشش دهانه های بزرگ مثل سالنهای ورزشی و پارکینگها و... استفاده می شود. در برنامه نوشته شده بهترین موقعیت گره ها با در نظر گرفتن انحنای گنبد، تعیین شده و با لحاظ نمودن اثر کمانش اعضاء به تعیین حداقل وزن بهینه سازه تحت بارهای متغیر و ارضاء شرایط طراحی پرداخته شده است.

۳- الگوریتم وراثتی

الگوریتم وراثتی یکی از روشهای بهینه سازی است. این روش با الهام از طبیعت موجودات زنده و نقش وراثت در تکامل تدریجی آنها به محاسبه مقدار بهینه سیستمهای ریاضی می پردازد. مبنای طبیعی الگوریتم وراثتی بر این حل استوار است که رقابت موجودات زنده برای تصاحب منابع محدود طبیعی باعث تکامل آنها می‌شود. در رقابتهای طبیعی موجوداتی پیروز می‌شوند که از دیگران قوی‌تر باشند. اقتدار موجودات پیروز مرهون ویژگی‌های طبیعی و فیزیکی منحصر بفرد آنهاست. آنها پس از پیروزی خود را مالک منابع موضوع رقابت می دانند. در نتیجه امکان استفاده بیشتر از منابع برای آنها فراهم می شود، و بطور معکوس امکان بهره‌مندی موجودات ضعیف از منابع کاهش می یابد. این فرآیند امکان حیات موجودات مغلوب را محدود می‌کند و در صورتی که موجودات مغلوب بسیار ضعیف باشند از گردونه حیات حذف می شوند. از آنجا که موجودات مقتدر بیش از دیگران ادامه حیات دارند، در تولید نسل بعد از خود نیز موثرتر از دیگران خواهند بود. بنابراین اکثر اعضای نسل جدید، فرزندان موجودات مقتدری خواهند بود که همواره در رقابتهای طبیعی پیروز بوده اند.

از طرفی اعضای نسل جدید ویژگی های منحصر به فرد والدین خود را با دریافت ژنهای آنها دارا خواهند بود. مجموعه عوامل فوق باعث می شوند که بیشتر اعضای نسل جدید دارای قدرتی برابر یا بیش از والدین خود باشند. انجام رقابتهای میان اعضای نسل جدید منجر به پیروزی اعضای قوی تر می شود. دلیل این موضوع این است که پیروزی اعضای مقتدر در جمعیتی رخ می دهد که اعضای آن به طور متوسط قوی تر از اعضای نسل گذشته خواهند بود. پیروزی های مکرر اعضای قدرتمند همراه با انتقال ژنهای آنها به نسل بعد از خود باعث افزایش قدرت متوسط جمعیت از نسلی به نسل دیگر می شود. بنابراین رقابت میان موجودات زنده، باعث تکامل تدریجی آنها می شود. از دیدگاه علم ریاضی، در حالت حدی با تکرار بی نهایت این چرخه، اعضای جمعیت مورد بحث به کمال مطلق خود خواهند رسید که همان نقطه بهینه کلی برای آنها خواهد بود[۲].

الگوریتم وراثتی دارای سه عملگر اصلی انتخاب[1]، پیوند[2] و جهش[3] می باشد در مورد هریک از موارد مذکور بطور خلاصه می توان به موارد زیر اشاره نمود.

۳-۱- انتخاب

این عملگر، روایت ساختگی انتخاب طبیعی داروین است، بدین ترتیب که به جوابهای بهتر بخت بیشتر و به جوابهای بدتر بخت کمتری برای بقا می‌دهد.روشهای مختلفی برای این عملگرد در کتابها و مقالات آورده شده است[۲].

1 Slection
2 Crossover
3 Mutation

۳-۲- پیوند

مهمترین عملگرالگوریتم و کلید موفقیت این الگوریتم است. زیرا عملگر انتخاب قادر نیست نقاط جدید تعریف کند. عملگر پیوند, با مبادله تصادفی اطلاعات بین دو رشته(والدین) و ایجاد دو رشته جدید, امکان جستجو در نقاط جدیدی از فضای طراحی را بوجود می آورد. در تمامی روشهای پیوند, مکانهایی(بیتهایی) بصورت اتفاقی در طول رشته تعیین می شود و ارقام این بیتها, با یکدیگر تعویض می شوند تا دو رشته جدید بدست آید.

۳-۳-جهش

عملگر سوم الگوریتم وراثتی ساده، جهش است که در عملکرد الگوریتم وراثتی نقش فرعی بازی می کند و برای بهبود روش جستجو به دو عملگر دیگر یعنی انتخاب و پیوند کمک می کند. اگر چه عملگر های انتخاب و پیوند جستجو موثری را در فضای طراحی دنبال نموده و رشته های مناسب موجود را ترکیب می کنند، ولی گاهی باعث از بین رفتن خصوصیات مفید رشته های وراثتی می شوند. در این صورت وجود جهش برای جلوگیری از دست رفتن این اطلاعات سودمند لازم است.گام به گام روند الگوریتم وراثتی جهت بهینه سازی سازه‌های فضاکار،در مرجع[۳] آمده است.

٤- مدل ریاضی مسئله

٤-۱- تابع هدف

یک مسئله بهینه سازی (کمینه سازی) را می تواند بصورت زیر مطرح نمود:

$$\{X_l\} \le \{X\} \le \{X_u\} \qquad (۱)$$

$$Minimize \quad : F(\{X\}) \qquad (۲)$$

$$Subjected \quad to: \begin{Bmatrix} g_i(\{x\}) & \le 0 \\ h_j(\{x\}) & = 0 \end{Bmatrix}, \qquad (۳)$$

$$i = 1,2,...,n$$
$$j = 1,2,..., \quad m$$

در رابطه (۱) بردار $\{X\}$ نمایانگر متغیرهای طراحی ونماد F نشان دهنده تابع هدف مسئله بهینه سازی بوده که معیاری برای طرحهای مختلف و انتخاب طرح برتر بشمار می آید.

از این رو لازم است نقطه کمیته تابع هدف نابرابریها روابط(۲) و (۳) را که قیود مسئله نامیده می شوند، بر آورده نماید. نمادهای h,g در روابط اخیر در برگیرنده شرایطی است که توانایی سازه برای تحمل بارهای وارده و نیز سایر معیارهای کاربردی مفید آن را تضمین می کند از این میان می توان محدودیتهای بیشترین تنش و بیشترین تغییر مکان را نام برد. سرانجام رابطه (۳) نشان دهنده محدودیتهای است که به دلیل ملاحظات غیر رفتاری سازه مانند مسائل اجرایی بر متغیرهای طراحی وارد می گردند. تابع هدف در این تحقیق وزن سازه می باشد که بصورت زیر تعریف می شود.

$$w = \gamma . \sum_{i=1}^{nel} A_i . L_i \qquad (۴)$$

که در این مسئله هدف به حداقل رساندن w است . A_i , L_i به ترتیب سطح مقطع و طول عضو i ام است. γ وزن مخصوص مصالح و nel تعداد اعضا می باشد. عملیات روش وراثتی بر جمعیتی از داده های مسئله اعمال می شود اعضای این جمعیت از نوع چند تایی های مرتب می باشند بطوریکه هر کدام از آنها یک سازه فضا کار را تعریف می کنند. متغیرهای طراحی شامل موقعیت متغیر گره های فوقانی و سطح مقاطع اعضا, خواهند بود. با توجه به انتخاب مقاطع از جدول پروفیل های استاندارد لوله ای شکل، بهینه سازی مقاطع از نوع گسسته و تعیین ارتفاع مناسب لایه ها از نوع پیوسته خواهد بود. بدین لحاظ مساله بهینه سازی از نوع گسسته- پیوسته می باشد.

٤-۲- قیود طراحی

قیود طراحی به دو گروه قیود تنش(نیرو) و خدمت پذیری تقسیم می شود. گروه اول که قیود تنش نامیده می شوند، محدویتهای نیرویی اعضا را بر آورده نموده و از گسیختگی اعضا جلوگیری می کنند . این محدودیتها شامل تنش کششی، تنش فشاری و تنش کمانشی می باشند .دسته دوم قیود که همان قیود تغییر مکان یا خدمت پذیری است، مربوط به تغییر مکانهای سازه هستند که استفاده مناسب را از آن فراهم می نمایند در حالت کلی قیود مسئله بصورت زیر بیان می گردد.

$$C_i = \frac{g_i}{\overline{g}_i} - 1 \qquad (۵)$$

که در رابطه اخیر g_i مقدار قید، $\overline{g}_i$ مقدار مجاز قید می باشد .
در این نوشتار علاوه بر قیود مذکور،دو قید دیگر نیز بصورت زیر در نظر گرفته شده است.

الف- در سازه های گنبدی شکل، بمنظور حفظ حالت انحنای گنبد، تغییرات مختصات گره ها در راستای محور Z بعنوان متغیر اصلی در نظر گرفته شده ومختصات y,x هر گره پس از برازش z در معادله ،بدست خواهد آمد. در واقع انتخاب معادله سهمی به این دلیل است که اولا" همواره شکل گنبد ها از معادله دایره تبعیت نمی‌کند، ثانیاً دایره حالت خاصی از سهمی است. بنابراین استفاده از معادله سهمی معقول بنظر می رسد. معادله مذکور نسبت به مرکز گنبد نوشته شده است لذا با داشتن مقدار شعاع گنبد و ارتفاع مجاز گنبد، مقادیر ثابت b,a قابل تعیین هستند.

ب- با توجه به این نکته که شدت بار وارده بر سقف برای هر سازه مقدار ثابتی است لذا سطح بار گیر هر گره بستگی به مختصات آنها خواهد داشت. از آنجا که این مختصات متغیر می باشد، بنابراین مقدار بار هرگره نیز بعنوان متغیر در نظر گرفته می شود. بدیهی است در این حالت، بار وارده به گره ها نیز بعنوان قیدی در تعیین مختصات گره ها اعمال می شود.

٤-۳- تابع جریمه

محاسبات روش وراثتی برای توابع بدون قید تنظیم شده است. بنابراین جهت اعمال این روش بر توابع هدف مقید باید مجموعه تابع هدف و قیود حاکم بر آن به تابع آزاد معادل یا تابع الحاقی تبدیل گردد..

رایج ترین روش برای تشکیل تابع الحاقی، افزودن تابع جریمه خارجی به تابع هدف می باشد. این روش تابع هدف و قیود حاکم بر آن را بصورتی که در رابطه (۶) نشان داده شده است به تابع آزاد معادل تبدیل می کند.

$$\phi = w + R_p * \left\{ \sum_{i=1}^{ne} [\max(0, c_i)]^2 \right\} \qquad (۶)$$

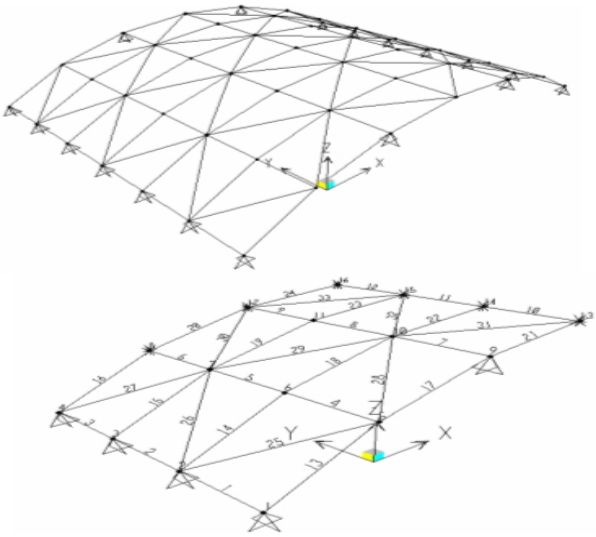
در رابطه فوق ϕ تابع الحاقی، R_p ضریبی است که اثر مستقیم بر سرعت همگرایی دارد. در صورتی که این ضریب بزرگ انتخاب شود،همگرایی را کند، و در صورت کوچک انتخاب نمودن آن باعث همگرایی زودرس می شود. در این تحقیق پس از مطالعه منابع مربوط، ضریب جریمه برابر۱۰ منظور شده است[۶،۵،۴]. (ω, c_i) در رابطه های (۴و۵) تعریف شده اند).

۵- مثال عددی

۵-۱-کنترل برنامه

در این قسمت بمنظور بررسی صحت و دقت نرم افزار نوشته شده، به بهینه سازی یک سازه چیلکی [۷] نشان داده شده در شکل (۱) می پردازیم. تمامی اتصالات این سازه فضا کار چلیکی، مفصلی هستند. این چلیک در امتداد محور xدارای ۷ تکیه گاه ساده در هر لبه بوده و بعدش در این جهت ۴۲m می باشد. در جهت y نیز هر لبه دارای دو تکیه گاه و بعد ۵۱/۶۵m می باشد. همچنین ارتفاع این چلیک ۹/۶۲m بوده و در تمامی گره های آزاد خود بار ۱۰- ton را در جهت z تحمل می نماید همانطور که در شکل (۱) ملاحظه می شود، این سازه چلیکی فاقد هر نوع تکیه گاه میانی است و تنها در امتداد لبه ها روی تکیه گاه قرار دارد. سایر اطلاعات طراحی در جدول (۱) آورده شده است. با توجه به اصول تحلیل سازه های متقارن، تنها یک چهارم سازه چلیکی فوق طراحی بهینه خواهد شد. این نتایج را به راحتی می توان به کل سازه تعمیم داد. موقعیت اعضای سازه یک چهارم، به وضوح در شکل (۱) نشان داده شده اند..

گروه بندی اعضای این سازه در جدول (۲) بیان شده است. از آنجـایی که نیروی محوری اعضای ۱و۲و۳ برابر صفر می باشد لذا این اعضا در جدول زیر لحاظ نشده اند. مقاطعی که در این مثال مورد استفاده قـرار گرفته اند در جدول (۱) ملاحظه می شوند.



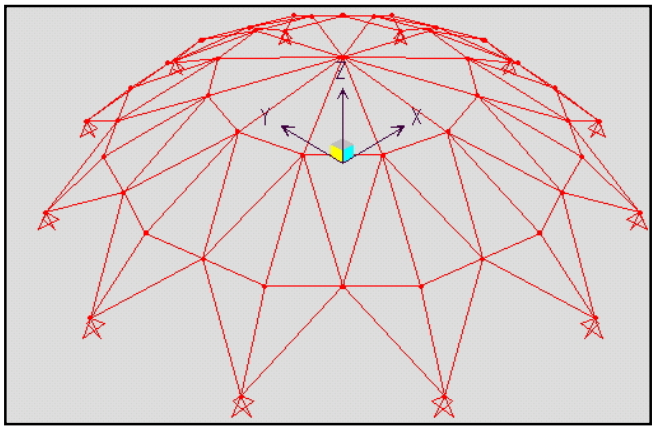
شکل ۱ – سازه فضا کار از نوع چلیکی با ۱۲۰ عضو وموقعیت سازه یک چهارم

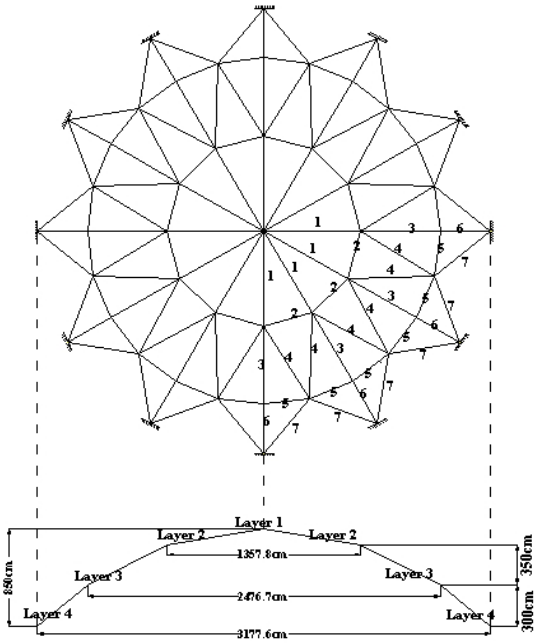
جدول۱ – اطلاعات طراحی گنبد ۱۲۰ عضوی

متغیرهای طراحی	مدول یانگ (kg/Cm^2)	۲۱۰۰۰۰۰
	تنش مجاز کششی(kg/Cm^2)	۱۲۶۰
	تنش مجاز فشاری (kg/Cm^2)	-۱۲۶۰
	جابجای مجاز در هر راستا(cm)	۱۵/۰
	کمانش اولر	$\sigma = \pi^2 E / \left(\frac{KL}{r}\right)^2$
پارامترهای کنترلی الگوریتم وراثتی	تعداد جمعیت	۱۰۰
	احتمال جهش	۱/.
	احتمال پیوند	۱/.

۵-۲- گنبد ۱۲۰عضوی

در این قسمت به بهینه سازی گنبد ۱۲۰عضوی نشان داده شده در شکل (۲) پرداخته می شود. تعیین حداقل سطح مقطع کلیه اعضا و مناسب ترین ارتفاع بین لایه ها با هدف دستیابی به کمینه وزن سازه مد نظر است. با توجه به تقارن سازه، اعضا به هفت گروه مستقل تقسیم شده اند همچنین تعداد لایه های متغییر نیز برابر سه منظور شده است. (شکل۲) لذا در این مسئله تعداد متغییرها برابر ده می باشد.





شکل۲- گنبد ۱۲۰ عضوی

جدول ۲ – گروه بندی اعضای سازه

گروه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
اعضاء	۷،۶،۵،۴	۱۱،۱۰،۹،۸	۲۱،۱۳	۲۳،۲۲،۱۹،۱۸،۱۴	۲۴،۲۰،۱۷،۱۶،۱۵	۳۳،۳۱،۲۹،۲۷،۲۵	۲۸،۲۶	۳۲،۳۰،۱۲

جدول ۳ – کد گذاری مقاطع

کد وابسته	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
ضخامت (mm)	۴/۵	۴	۳/۶	۴/۵	۴/۵	۵	۵/۹	۶/۳
قطر (mm)	۶۰/۳	۸۸/۹	۱۰۸	۱۹۳/۷	۲۱۹/۱	۲۱۹/۱	۲۱۹/۱	۲۱۹/۱

وزن بهینه کل سازه مذکور در مرجع [۷] برابر ۲۰۶۶۰ kg بدست آمده است. وزن بهینه بدست آمده در این تحقیق برابر ۱۹۸۶۰ kg شده است که نسبت به مرجع [۷] حدود ۴٪ بهبود وزن دارد.

در جدول (۴) مقاطع بدست آمده و تنش های موجود جهت مقایسه آورده شده است. با ملاحظه مثال اخیر صحت و دقت نرم افزار نوشته شده مورد تایید قرار می گیرد.

جدول ۴ – نتایج طراحی چیلک ۱۲۰ عضوی

متغیرهای طرح	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	وزن(kg)
روشGA	۷/۸۹	۱۱/۸	۳۹/۵	۳۳/۶	۲۶/۷	۱۱/۸	۳۰/۳	۲۶/۷	۱۹۸۶۰
مرجع [۷]	۷/۸۹	۱۱/۸	۳۹/۵	۳۳/۶	۳۰/۳	۱۱/۸	۳۳/۶	۲۶/۷	۲۰۶۶۰
در صد اختلاف							٪۴		

شدت بار وارده بر سقف برابر $180\ kg/m^2$ منظور شده است. از آنجا که بار وارده بر هر گره وابسته به سطح بارگیر آن گره می باشد، لذا بار هر گره نیز متغیر خواهد بود. سایر اطلاعات طراحی و متغیرهای مربوط به الگوریتم وراثتی در جدول (۴) آورده شده است.

پروفیل های مورد استفاده در این مسئله از جدول استاندارد پروفیل های ساختمانی بصورت جدول (۵) انتخاب خواهد شد.

جدول ۴- اطلاعات طراحی گنبد ۱۲۰ عضوی

متغیرهای طراحی	مدول یانگ (kg/Cm^2)	۲۱۰۰۰۰۰
	تنش مجاز کششی(kg/Cm^2)	۱۲۶۰
	تنش مجاز فشاری (kg/Cm^2)	-۱۲۶۰
	جابجای مجاز در هر راستا(cm)	۱۰/۰
	کمانش اولر	$\sigma = \pi^2 E / \left(\frac{KL}{r}\right)^2$
پارامترهای کنترلی الگوریتم وراثتی	تعداد جمعیت	۱۵۰
	احتمال جهش	۱/.
	احتمال پیوند	۱/.

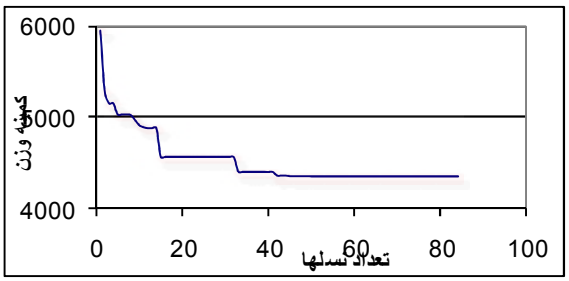
ارتفاع مجاز (cm)	لایه (۱)	لایه (۲)	لایه (۳)	لایه (۴)*
حداکثر	۹۵۰	۷۴۰	۴۹۰	۰/۰
حداقل	۷۵۰	۵۰۰	۱۵۰	۰/۰

*- مختصات این لایه ثابت است.

جدول۵ - مقاطع مورد استفاده

شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
قطر	۴۲/۴	۴۸/۳	۶۰/۳	۷۶/۱	۸۸/۹	۸۸/۹	۸۸/۹	۸۸/۹	۷۶/۱	۱۰۱/۶	۱۰۸	۱۱۴/۳	۱۳۳	۱۳۹/۷	۱۵۹	۱۶۸/۳
ضخامت	۲/۶	۲/۶	۲/۹	۲/۹	۳/۲	۳/۶	۴/۰	۵/۰	۴/۰	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۴/۰	۴/۰	۴/۵	۴/۵

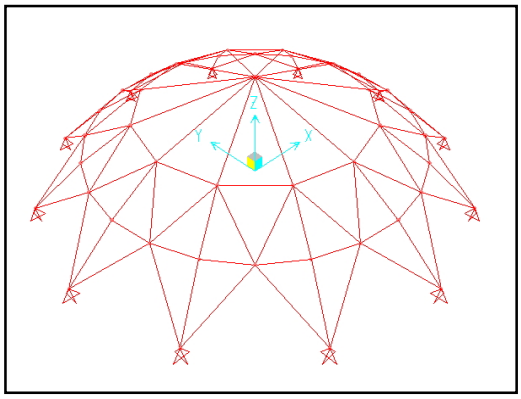
پس از فرآیند بهینه سازی، وزن سازه بهینه برابر ۴۰۵۸ kg شده است .در جدول (۶) مقادیر تنش ها و سطح مقاطع طرح شده و ارتفاع بدست آمده برای لایه ها آورده شده است. همچنین در شکل (۲) نمودار (۱) تاریخچه تعداد نسلها بر حسب وزن سازه آورده شده است. شکل گنبد پس از عملیات بهینه سازی بصورت نشان داده شده در شکل(۳) می باشد.



شکل ۲ نمودار ۱- تعداد نسلها بر حسب وزن

جدول۶ – مقادیر سطح مقاطع و تنش ها(واحد :kg-cm)

گروه اعضاء	سطح مقطع(cm)	
۱	۱۱/۸	
۲	۸/۶۲	
۳	۹/۶۵	
۴	۵/۲۳	
۵	۵/۲۳	
۶	۱۷/۱	
۷	۸/۶۲	
ارتفاع بهینه لایه ها (cm)	لایه (۱)	۸۱۲/۵
	لایه (۲)	۵۷۱/۲۵
	لایه (۳)	۳۲۵/۳۱
وزن کل (kg)		۴۳۵۴



شکل۳– گنبد ۱۲۰ عضوی بعد از بهینه سازی

٦– نتایج:

در تحقیق حاضر با استفاده از روش الگوریتم وراثتی به بهینه سازی سازه‌های فضاکارگنبدی شکل، با در نظر گرفتن مسئله کمانش اعضاء و تعیین ارتفاع مناسب بین لایه ها پرداخته شد. تعیین ارتفاع بین لایه ها از قدمهای اساسی در طراحی این نوع سازه ها محسوب می شود. از آنجا که طراحی هر نوع سازه باید بر اساس آیین نامه ای خاص صورت پذیرد و توجه به این نکته که تاکنون نیز جهت طراحی سازه های فضاکار گنبدی آیین نامه ای تدوین نشده است، لذا ارتفاع بین لایه ها براساس ابعاد مدل تعیین خواهد شد. بدین لحاظ برنامه نوشته شده، ضمن تحلیل و طراحی این سازه ها، به تعیین بهترین ارتفاع بین لایه ها می پردازد. با توجه به حجم عملیات طراحی و روند تکراری بودن الگوریتم وراثتی، برنامه نوشته شده از لحاظ دست یابی به حداقل وزن سازه و زمان طراحی بسیار موثر می باشد.

۷– مراجع

۱– کاوه، علی، ثروتی، همایون، شبکه های عصبی مصنوعی در تحلیل و طراحی سازه ها، مرکز تحقیقات مسکن ، ۱۳۸۰.

۲– اژدری، فردین، بهینه سازی سطح مقطع, هندسه و توپولوژی ستونها در سازه های فضاکار با محدودیت کمانش با استفاده از الگوریتم وراثتی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۲.

۳– قلی زاده، سعید، طرح بهینه سازه های فضاکار با استفاده از الگوریتم وراثتی و شبکه های عصبی تابع بنیادی شعاعی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۸۲.

4- Salajegheh, E., Salajegheh, J., optimum Designe of Structures with Dicrete varables Using Higher order Approximation, J. of Coumputer Methods in Applied Mechanics and Engineerring, no.191, pp.1395-1419, 2002.

5- Goldberg, D. E., Genetic Algorithms in search, optimization and Machine learning, MA, Addison – Wesley, 1989.

6- Ghasemi, M.R. and Hinton, E.Truss optimization Using Genetic Algorithms,Proceeding of the Thirdin termational Conference in Technology, Advances in computational Structures, Budapest, 1996.

7- Ghasemi, M.R. and Hinton, E. Concept ofebirthing in Truss optimization Using Genetic Algorithms, Published in Computer and Structures, April 1988.

Geometry Optimization of Space Structures with Dome Shape by Considering Buckling of Member and Variable Jonits Location by Using Genetic Alghorithm

Jaefarian, M.
Faculty Member, Department of civil, Islamic Azad University, Ilam Branch, Iran
Email: avishan_sazeh@yahoo.com

Abbaszadeh, A.
Faculty Member, Department of civil, Islamic Azad University, Ilam Branch, Iran
Email: hiva_reza@yahoo.com

Abstract

Structural optimization in Civil Engineering is a designing technique that, besides controlling the technical behavior of the structure, should possess the minimum weight. A dome structure is one type that is so applicable in civil engineering purposes. In such structures with a constant span diameter and under a constant distributed loading, determining a minimum weight depends on the location of the joints and a portion of the load applied to each joint. One of the major drawbacks in optimization techniques is a possible convergence of the problem in a local region. Therefore, using a technique capable of overcoming this major problem could be crucial. Genetic Algorithm (GA), a method based on the nature, is a technique which has overcome this problem to some extent. In this research, the objective is to minimize the weight of dome structures with concern to the buckling of all the members, while the height of the layers may vary to its best location in Z direction. Obviously alteration of the joint location will cause a change on the amount of load applied to each joint in order to keep the total loading constant. Also in order to make the optimum shape practical, the new location of the joint will move in the xy plane to fit a parabolic function. Therefore, obtaining the best location of the joints with regard to the defined parabolic function could also be considered as a secondary objective of the paper. The proposed technique was then applied to a number of dome problems and also to a barrel vault. The results obtained were found to be very satisfactory.

Keywords: Buckling, Geometric Optimization, Genetic Algorithms, Dome structures, Load variation