

## بهینه سازی شبکه‌های تخت دولایه فضاکار با استفاده از الگوریتم ژنتیک

ارژنگ صادقی\*، عضو هیأت‌علمی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

مصطفی میرزائی اصل، کارشناس ارشد سازه

بهمن فرهمندآذر، عضو هیأت‌علمی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

مجید پورامینیان، عضو هیأت‌علمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رامسر، رامسر، ایران

\*Arjang\_sadeghi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۹/۰۳ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۴/۰۲/۰۵

### چکیده

هدف اساسی در مهندسی عمران ایجاد طرحی است که در برابر نیازهای مورد نظر و نیز شرایط موجود، بیشترین کارایی را داشته باشد. در بهینه‌سازی سازه‌ها این عمل، معادل با تعیین گروهی از متغیرهای طراحی است که بر حسب بارهای اعمال شده و قیدها و پارامترهای از پیش تعیین شده، موجب کمینه شدن تابع هدف گردند. در این تحقیق جهت بدست آوردن طرح بهینه شبکه‌های تخت دولایه فضاکار از روش الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. همچنین در این پژوهش سطح مقطع اعضا و عمق شبکه دولایه به عنوان متغیرهای طراحی به صورت پیوسته بدست آورده شده، در ضمن وزن سازه نیز به عنوان تابع هدف انتخاب شده است. همچنین مقایسه شده کارایی الگوریتم ژنتیک با برخی از روشهای دیگری با ذکر مثالی و برای بدست آوردن وزن بهینه با استفاده از الگوریتم ژنتیک از نرم افزار Matlab استفاده شده است. قیدهای که برای مسئله بهینه‌سازی در این پژوهش در نظر گرفته شده شامل تغییر مکان گره‌ها، تنش‌ها و ضریب لاغری اعضا می‌باشند. نتایج نشان داد که استفاده از روش بهینه‌سازی ژنتیک روشی مؤثر در بهینه‌سازی شبکه‌های تخت دولایه می‌باشد.

**کلید واژگان:** بهینه‌سازی سازه، تاشه، شبکه‌های تخت دولایه فضاکار، الگوریتم ژنتیک

### ۱- مقدمه

سازگی شکل سازه‌های فضاکار تخت دولایه تحت بارهای ثقلی، از روش الگوریتم وراثتی استفاده کرد. او مجموع نیروهای داخلی اعضای سازه را به عنوان تابع هدف انتخاب نمود [9]. سلاجقه و میر علی محمدی با استفاده از روش الگوریتم وراثتی و تحلیل تقریبی سازه‌ها، سطح مقطع اعضا و ارتفاع سازه‌های فضاکار تخت دولایه را بهینه نمودند. آنها فضای طراحی را به زیرفضای کوچکی کاهش دادند و پس از چهار بار جستجو در زیرفضای کاهش یافته، به جواب بهینه دست یافتند، همچنین هنگام محاسبه میزان خطای سازه، تمامی اعضا و

هدف اصلی طراحان سازه، دست یابی به بهترین طرح ممکن می‌باشد و در طراحی، ساخت و نگهداری هر دستگاه، مهندسین باید تصمیم‌های فنی و مدیریتی بسیار زیادی را بگیرند که هدف نهایی چنین کارهایی کاهش و حداقل کردن هزینه‌ها و یا حداکثر کردن مقاومت، ضریب اطمینان، ایمنی و سود حاصله می‌باشد [5]. در بهینه‌سازی شبکه‌های تخت دولایه سازه‌های فضاکار پژوهش‌های گوناگونی انجام شده. به عنوان مثال ابراهیمی فرسنگی برای بهینه

هدف یافتن متغیرهای طراحی ( $X$ ) است به گونه‌ای که شرایط زیر برقرار گردد:

$$F(X) : \text{تابع هدف} \quad (1)$$

$$g_j(X) \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, m \quad \text{محدودیت‌ها}$$

$$X_k^l \leq X_k \leq X_k^u \quad K = 1, 2, \dots, n \quad \text{شرایط مرزی}$$

$$X^T = \{X_1, X_2, \dots, X_n\} \quad \text{که}$$

در روابط بالا  $F(X)$  تابع هدف  $g_j(X)$  قیدهای نامساوی

و رابطه آخر شرایط مرزی می باشد و ( $X$ ) یک بردار  $n$  بعدی از متغیرهای طراحی است.  $m$  تعداد قیدهای نامساوی و  $n$  تعداد متغیرهای طراحی می باشد [5].

### ۵- تابع هدف

برای طراحی یک سیستم، طرح‌های زیادی وجود دارد که بعضی از این طرح‌ها با توجه به شرایط سیستم بهتر می باشد. برای دستیابی به بهترین طرح سازه باید طرح‌های مختلف را با هم مقایسه کنیم. این معیار باید به صورت یک کمیت عددی باشد. مقدار این تابع اسکالر بر هر طرحی به صورت مقدار عددی مشخص می شود که تابعی از متغیرهای طراحی می باشد، به چنین تابعی که باید بهینه شود تابع هدف می گویند. وزن یک سازه فضاکار برابر مجموع وزن اعضای آن می باشد که با رابطه زیر بیان می شود:

$$f(x) = w = \sum_{i=1}^{n_i} \rho A_i L_i \quad (2)$$

در این رابطه (۲)،  $w$  وزن سازه و  $n_i$  و  $\rho$  و  $A_i$  و  $L_i$  به ترتیب تعداد و چگالی اعضا، سطح مقطع و طول عضو  $i$  ام است.

### ۶- متغیرهای طراحی

اولین گام مهم برای طراحی و فرموله نمودن مسئله، تعریف متغیرهای طراحی می باشد. متغیرهای طراحی برای مسئله بهینه سازی در این پژوهش سطح مقطع کلیه اعضا و همچنین عمق شبکه دولایه تقسیم بندی شده است. برای بدست آوردن متغیر سطح مقطع اعضا با استفاده از الگوریتم ژنتیک محدوده‌ای به صورت پیوسته در این تحقیق به صورت  $A_L \leq A_i \leq A_U$  گرفته شده، که مقدار  $A_U$  و  $A_L$  یعنی کران بالا و کران پایین سطح مقطع‌ها در این تحقیق در محدوده  $2 \leq A_i \leq 50$  سانتی مترمربع می باشد. همچنین برای بدست آوردن متغیر طراحی عمق شبکه دولایه با استناد به مرجع [12] عمق مناسب برای شبکه دولایه فضاکار بین مقادیر  $Lx/10$  و  $Lx/15$  در نظر گرفته شده است که  $Lx$  طول دهانه می باشد.

گره‌ها کنترل می شدند [3]. سلاجقه و مشایخی از الگوریتم وراثتی جهت یافتن شکل بهینه سازه‌های فضاکار تحت دو لایه استفاده نمودند. آنها سطح مقطع اعضا و نیز وجود و عدم وجود گره‌ها و ستونهای سازه را به عنوان متغیرهای طراحی و قیمت اعضا، گره‌ها و لایه‌ها را به عنوان تابع هدف در نظر گرفتند [6].

در این پژوهش برای بهینه‌سازی تاشه شبکه‌های تحت دولایه فضاکار از روش الگوریتم ژنتیک استفاده شده و متغیرهای طراحی عم شبکه دولایه و سطح مقطع اعضا برای مسئله بهینه‌سازی به صورت پیوسته حاصل شده و محدودیت تنش‌ها و لاغری اعضا و تغییرمکان گره‌ها در نظر گرفته شده و با ذکر چند مثالی کارائی روش الگوریتم ژنتیک نشان داده می شود.

### ۲- تاشه سازه های فضاکار

منظور از تاشه به همبندی اعضا و نحوه اتصال آنها به همدیگر می باشد. نوع تاشه یکی از پارامترهای مهم در بهینه سازی یک سازه فضاکار می باشد؛ به طوری که با تغییر دهانه ها و توزیع تکیه گاهها، شکل سازه با یک نوع تاشه نسبت به دیگری مقاومتر و اقتصادی تر می گردد [1].

### ۳- روش بهینه سازی الگوریتم ژنتیک

الگوریتم‌های ژنتیکی از فنونی استفاده می کنند که از علوم زیستی گرفته شده و بر مبنای نظریه بقای داروین استوار است. هنگامی که یک جمعیت از عناصر زیستی در نسلهای مختلف تکامل می یابند، ویژگیهای فردی که برای بقا مفیدند، تمایل به انتقال به نسلهای آینده دارند، زیرا عناصری که حامل آن ویژگیها باشند شانس بیشتری برای پرورش دارند. آن ویژگی های فردی در جمعیتهای زیستی در رشته های کروموزومی ذخیره می شوند. حرکت ژنتیک طبیعی بر مبنای عمل هایی است که به تبادل ساختاری تصادفی اطلاعات ژنتیکی ( یعنی وراثت مفید ) بین رشته های کروموزومی والدین تولد یافته می انجامد، و عبارت است از تولیدمثل، تقاطع، جهشهای گاه به گاه و واژگونگی رشته های کروموزومی [2].

### ۴- الگوی مسئله بهینه سازی

نخستین گام در حل هر مسئله بهینه سازی ارائه یک الگوی مناسب از طرح مورد نظر می باشد. این الگو با در نظر گرفتن کلیه ویژگیهای مورد نظر باید به گونه‌ای باشد که بتواند نحوه رفتار سازه را در برابر بارهای وارده بیان نموده و ضوابط مورد نیاز را برای رسیدن به طرح مناسب دارا باشد. یک مسئله بهینه سازی که شامل تابع هدف و متغیرهای طراحی و نیز قیدهای طراحی می باشد را می توان به شکل مجموعه ای از معادلات و یا نامعادلات بیان کرد.

## ۷- قیدهای تنش

برای کنترل تغییر مکان‌های گره‌های سازه مقادیر بدست آمده

برای تغییر مکان‌ها به مقدار  $\frac{Lx}{240}$  در نظر گرفته شده است.

### ۱۰- همپایه کردن قیود مسئله

با توجه به مقید بودن تابع هدف، یک سری قید برای ارضا تابع الزامی است. از آنجا که الگوریتم ژنتیک جهت بهینه یابی توابع نامقید کاربرد دارد، و اکثر مسائل مطرح شده مقید می‌باشند لذا ضروری است آنها را به یک مسأله بهینه‌یابی نامقید تبدیل کنیم. این کار می‌تواند با استفاده از توابع جریمه صورت پذیرد. در تحلیل این مسائل قیود نرمال شده و میزان نقض آنها بر این مبناء ارزیابی می‌شود. این نتایج خوبی را به دنبال خواهد داشت زیرا به لحاظ کمی میزان نقض تنش بسیار متفاوت با نقض تغییر مکان و ... است و نرمال کردن قیود سبب می‌شود ارزش کمی یکسانی به آنها اختصاص یابد. قیدهای نرمال شده برای مسئله بهینه‌سازی به صورت روابط (۷) قابل بیان است:

$$g_2 = \frac{\lambda_i}{\lambda_{im}} - 1 \leq 0 \quad , \quad g_1 = \frac{|\sigma_i|}{\sigma_{im}} - 1 \leq 0 \quad (7)$$

$$g_3 = \frac{|\Delta_j|}{\Delta_{jm}} - 1 \leq 0$$

که در روابط فوق  $\sigma_i$  تنش در عضو  $i$  ام،  $\sigma_{im}$  تنش مجاز عضو  $i$  ام،  $\lambda_i$  لاغری عضو  $i$  ام،  $\lambda_{im}$  لاغری مجاز عضو  $i$  ام،  $\Delta_j$  تغییر مکان گره  $j$  ام،  $\Delta_{jm}$  تغییر مکان مجاز گره  $j$  ام می‌باشد.

### ۱۱- تابع پناستی

تعاریف متنوعی برای تابع جریمه در پژوهش‌های مختلف معرفی شده است. در این پژوهش از تعریف تابع جریمه معرفی شده در مقاله راجیو و کریشنامورتی از مرجع [11] به شرح ذیل استفاده شده است:

$$f_{penalty} = W.K.C \quad (8)$$

$$C = \sum_{q=1}^Q \max[0, g_p(x)] \quad (9)$$

در این روابط  $W$  وزن سازه،  $Q$  تعداد کل قیود حاکم بر مسئله،  $C$  نشانگر جمع کل نقض‌های صورت گرفته توسط سازه،  $g_p(x)$  مشخصه تابع نقض برای هر طرح و  $K$  ضریب تابع جریمه می‌باشد.

### ۱۲- تابع شایستگی

تابع شایستگی برای مسئله بهینه‌سازی این پژوهش بدین صورت معرفی می‌شود:

$$FM = W + f_{penalty} \quad (10)$$

$FM$  تابع برازندگی می‌باشد.

مهمترین عامل در همگرا شدن جوابها و قابل قبول بودن آنها اعمال قید مناسب (محدودیت مناسب) بر مسئله است با این کار الگوریتم به سمت تولید جواب‌های قابل قبول و صحیح پیش رفته و ثبات برنامه را به دنبال خواهد داشت. در تحقیق حاضر سه نوع قید تنش، پایداری و تغییر مکانی اعمال شده است. بر اساس آئین نامه فولاد [7] تنش مجاز کششی و فشاری اعضا طبق آئین نامه از رابطه ۳ تا ۶ استفاده می‌شود:

$$\sigma_{up} = 0.6F_y, \text{ for } : \sigma_i > 0 \quad (3)$$

$$\sigma_i^b \text{ for } : \sigma_i < 0$$

الف) اگر لاغری ( $\lambda_i = \frac{KL_i}{r_i}$ ) آن کمتر از مقدار  $C_c$  باشد تنش مجاز فشاری طبق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\sigma_i^b = \frac{\left[ \left( 1 - \frac{\lambda_i^2}{2C_c^2} \right) F_y \right]}{\left( \frac{5}{3} + \frac{3\lambda_i}{8C_c} - \frac{\lambda_i^3}{8C_c^3} \right)} \rightarrow \text{for } : \lambda_i < C_c \quad (4)$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \quad (5)$$

ب) اگر لاغری بزرگتر از  $C_c$  باشد تنش فشاری مجاز برای مقطع کلی عضو تحت اثر فشار محوری طبق رابطه زیر تعیین می‌شود:

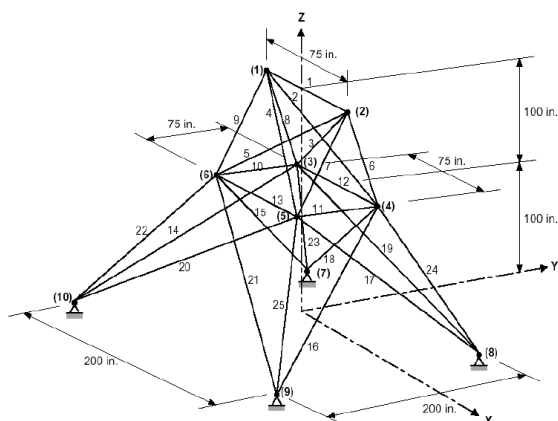
$$\sigma_i^b = \frac{12\pi^2 E}{23(\lambda_i)^2} \rightarrow \text{for } : \lambda_i \geq C_c \quad (6)$$

در فرمول بالا،  $E$  مدول الاستیسیته فولاد برحسب کیلوگرم بر سانتی مترمربع و  $(\bar{f}_y)$  تنش تسلیم فولاد برحسب کیلوگرم بر سانتی مترمربع و  $\lambda_i$  لاغری عضو فشاری  $i$  ام،  $F.S$  ضریب اطمینان،  $C_c$  مقدار لاغری مرزی بین کماتش ارتجاعی و غیر ارتجاعی،  $L$  طول عضو،  $K$  ضریب طول مؤثر (برای اعضا شبکه سازه فضاکار  $K=1$  می‌باشد) و  $r$  شعاع ژیراسیون مقطع عضو که بر اساس مرجع [12] طبق رابطه  $r = 0.4993(A_i)^{0.6777}$  بدست آورده شده است.

### ۸- قیود لاغری در اعضا

طبق آئین نامه در اعضای که ملاک طراحی و محاسبه آنها نیروی فشاری است لاغری حداکثر برای آنها نباید از ۲۰۰ بیشتر و در اعضای که ملاک طراحی آنها نیروی کششی است حداکثر لاغری برای آنها نباید از ۳۰۰ تجاوز کند.

### ۹- قیود تغییر مکان



شکل (۱) خرابای فضایی بیست و پنج عضوی

جدول ۱ - گروه بندی خرابای بیست و پنج عضوی

گروه	1	2	3	4	5	6	7	8
شماره ی اعضا	1	2	6	10	12	14	18	22
		3	7	11	13	15	19	23
		4	8			16	20	24
		5	9			17	21	25

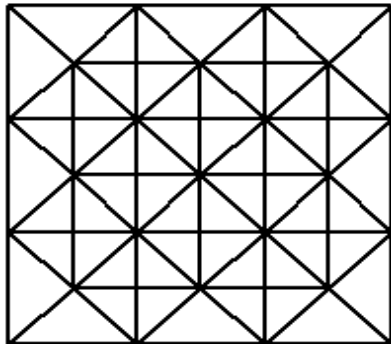
جدول ۲- نتایج بدست آمده با الگوریتم ژنتیک برای خرابای فضای ۲۵ عضوی [1],[8],[4],[7]

	Improved Penalty Function Method (Cai and Thiereu, 1993)	Brach and Bound (Zhu, 1986)	Genetic Algorithms (Rajeev and Krishnamoorthy, 1992)	Difference Quotient Method (Thong and Liu, 2001)	Present study Genetic Algorithm
weight	487.41	546.01	562.93	485.05	484.8542
A1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
A2	0.1	1.8	1.8	0.5	0.3
A3	3.4	2.3	2.6	3.4	3.4
A4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
A5	2.0	0.1	0.1	1.9	2.1
A6	1.0	0.8	0.8	1.0	1.0
A7	0.7	1.8	2.1	0.4	0.5
A8	3.4	3.0	2.6	3.4	3.4

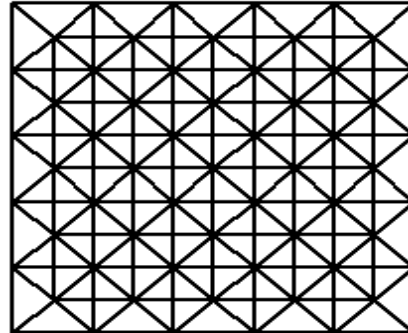
#### ۱۴- مثال بهینه سازی شبکه های تخت دولایه

در شبکه های دولایه (۳\*۳، ۵\*۵) سطح مقطعها اعضا در ۱۴ گروه تیپ بندی شده اند، در دور تا دور گره های لایه پایین تکیه گاه ها به صورت مفصلی در نظر گرفته شده است. همچنین مقادیر بارگذاری سازه بار مرده ای به شدت ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع (سازه در منطقه با برف زیاد که بار برف معادل ۱۵۰ کیلوگرم بر مترمربع و بار مرده سازه فضاکار ۵۰ کیلوگرم بر مترمربع) به صورت یکسان برای همه مثالها در نظر گرفته شده که این بار به صورت بارهای متمرکز بر تمام گره های لایه بالا شبکه دولایه و با توجه به نسبت سطح بارگیرشان توضیح داده شده است و همچنین ابعاد تاشه ها ۱۵m x ۱۵x می باشد.

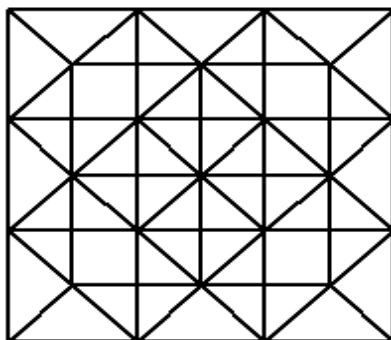
در بخش ابتدا مدل های اولیه شبکه های تخت دولایه (۳\*۳ و ۵\*۵) با روش الگوریتم ژنتیک مقطع اعضا بهینه سازی سازه شده و نتایج حاصل شده و سپس مدل بهینه با عملکرد سازه بهتر این شبکه ها نیز از حذف دستی المانها به حالت های مختلف از مدل اولیه این شبکه ها حاصل شده است و نتایج بهینه شده با روش الگوریتم ژنتیک نیز برای این مدلها ارائه شده است. گفتنی است برای مطالعات دقیقتر بایستی بهینه سازی توپولوژی برای این بخش مورد استفاده قرار گیرد.



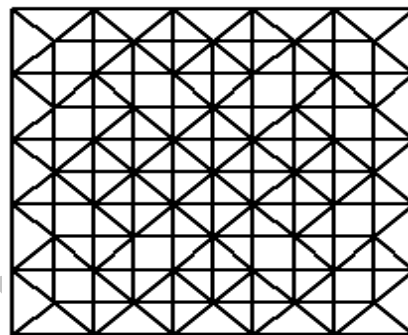
شکل (۴) مدل اولیه ۳\*۳- a



شکل (۲) مدل اولیه ۵\*۵- a



شکل (۵) مدل بهینه ۳\*۳- b



شکل (۳) مدل بهینه ۵\*۵- b

جدول ۳- مقاطع بدست آمده با الگوریتم ژنتیک برای تاشه شبکه‌های تخت دولایه فضاکار

configuration	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
a - 5*5	8.00	6.96	11.85	10.04	24.23	6.24	18.27	5.07	6.10	9.51	8.39	7.59	18.54	22.34
a - 3*3	37.56	17.65	31.50	15.75	21.88	16.85	23.58	12.27	41.56	18.29	23.83	13.50	17.70	25.93
b - 5*5	9.49	10.30	12.80	8.15	14.80	6.58	12.90	10.38	9.87	12.40	6.86	22.90	9.80	13.95
b - 3*3	19.67	14.99	18.69	18.16	27.80	21.90	24.94	19.86	37.00	25.70	14.70	16.48	22.44	14.75

سپس مدل با عملکرد سازه بهتر این شبکه‌ها نیز از حذف المانها به صورت‌های مختلف از مدل اولیه این شبکه‌ها حاصل شده است و نتایج بهینه شده با روش الگوریتم ژنتیک نیز برای این مدلها ارائه شده است. به عنوان پیشنهادی در پژوهش‌های آینده با این روش بدین صورت برای ارائه طرح بهینه بر روی چلیک‌های دولایه و گنبد‌ها نیز به کار برده شود.

۲- همچنین با توجه به نتایج حاصل شده برای وزن تاشه شبکه‌های تخت دولایه در جدول ۴ مشاهده می‌شود، برای مدل‌های اولیه ۵\*۵ و ۳\*۳ در حدود تقریباً ۲.۲۳٪ و ۹.۹۷٪ کاهش وزن در مدل‌های بهینه شده نسبت به مدل اولیه سازه مشاهده می‌شود که کارایی الگوریتم ژنتیک را برای بهینه‌سازی و ارائه مدل بهینه را همراه با نتایج بهتر را نشان می‌دهد.

جدول ۴- عمق و وزن بدست آمده با الگوریتم ژنتیک برای تاشه شبکه‌های تخت دولایه فضاکار

Weight(kg)	Depth(cm)	
configuration a-(5*5) =	4.4992e+003	107.669
configuration a-(3*3) =	5.5302e+003	139.593
configuration b-(5*5) =	4.3990e+003	127.599
configuration b-(3*3) =	4.9789e+003	144.793

### ۱۵- نتیجه گیری

۱- همانطور که در نتایج و مدلها مشاهده می‌شود در این تحقیق ابتدا مدل‌های اولیه شبکه‌های تخت دولایه (۳\*۳ و ۵\*۵) با روش الگوریتم ژنتیک مقطع اعضاء بهینه‌سازی شده و نتایج حاصل شده و

Environmental Engineering, B.H.V. Topping (Editor), Civil-Comp Press, Rome, Italy  
 [14]- Thong, W.H.T. and Liu, G.R., 2001, An optimization procedure for truss structures with discrete design variables and dynamic constraints, Comput. Struct. 79, 155-162.  
 [15]- Zhu, D.M., 1986, An improved Templeman's algorithm for the optimum design of trusses with discrete member sizes, Engrg. Opt. 9, 302-312.

### ۳-مراجع:

- [۱] - آیین‌نامه سازه‌های فضاکار کشور، نشریه شماره ۴۰۰ سازمان مدیریت  
 [۲] - آر.تی. هفتکه و زد. گوردل. "مبانی بهینه‌سازی سازه‌ها"، ترجمه دکتر محمد حسین ابوالبشری، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد (۱۳۸۲).  
 [۳] - سلاجقه، ج. و میر علی محمدی، ح. (۱۳۸۶) بهینه‌سازی ارتفاع و سطح مقطع اعضای شبکه دولایه فضاکار همراه با تقریب سازی. دومین کنفرانس ملی سازه‌های فضاکار، دانشگاه تهران.  
 [۴] - سلاجقه ج. و مشایخی م. و خطیبی نیا م. (۱۳۸۷) بهینه‌سازی سازه‌های فضاکار تحت دولایه با استفاده از الگوریتم ژنتیک و تحلیل تقریبی موضعی سازه. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران  
 [۵] - حجازی، فرزاد. (۱۳۸۴)، "بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها با استفاده از سیستم‌های هوشمند"، انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر.  
 [۶] - مشایخی م. و سلاجقه ع. (۱۳۸۳) بهینه‌سازی شکل و تعیین محل بهینه ستون‌های سازه‌های فضاکار با استفاده از الگوریتم ژنتیک. اولین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.  
 [۷] - مجموعه مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث دهم، طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی، ویرایش ۱۳۸۸.

- [8]- Cai, J.B. and Thierut, G., 1993, Discrete optimization of structures using an improved penalty function method, Engrg. Opt. 21, 293-306.  
 [9]- Farsangi, E. (2002) Topological optimization of double layer grids using genetic algorithms: Proceedings of 5th International Conference on Space Structure, Telford, London, 459-468.  
 [10] - Kaveh A. and Servati H. (2001) Design of layer grids using back propagation neural networks. Journal of Computers and Structures, 79, 1561-1568  
 [11]- Rajeev, S., and Krishnamoorthy, C. S., "Discrete Optimization of Structures Using Genetic Algorithms", Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 118, No. 5, pp. 1233-1250, 1992.  
 [12]- Saka, M. P., "Optimum Design of Pin-Jointed Steel Structures with Practical Applications." J.Struct.Div., ASCE, 116(10), 2599-2620, 1990.  
 [13]- Salajegheh E., Mashayekhi M., Khatibinia M. and Kaykha M. (2005) Optimum shape design of space Structures by Genetic Algorithm. 8th International Conference on the Application of Artificial Intelligence to Civil, Structural and

## Optimization of Double Layer Grids Using Genetic Algorithm Method

Arjhang Sadeghi

Assistant Professor, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

Mostafa Mirzaeiasl

Master of Science in Civil Engineering-Structure, Tabriz University, Tabriz, Iran

Bahman Farahmandazar

Assistant Professor, Tabriz University, Tabriz, Iran

Majid Pouraminian

Assistant Professor, Islamic Azad University, Ramsar Branch, Ramsar, Iran

### ABSTRACT:

The main purpose of design in civil engineering is to establish a project which has the most versatility on the expected needs and existing conditions. Through optimization this is equivalent to determination of a group of design variables that cause minimizing the object function versus imposed loads, restraints and predetermined parameters. In this research, genetic algorithm method is used to design optimally the double layer grids. Furthermore, in this research the cross section of the members and the depth of the double layer grid are taken as the continuous variants, while the weight of the structure is set as the object function. Also the versatility of the genetic algorithm method is compared with other methods and for this an example is examined. The programming of the genetic algorithm is done by Matlab software. The adapted restraints for the example of this research consist of deflections of the nodes, stresses and slenderness ratio of the elements. The results show that application of genetic algorithm is very versatile for optimization of double layer grids.

**Key words:** optimization, double layer grids, algorithm genetics, target function