

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
------	-------

1- فصل اول: مقدمه

- | | | |
|-------|---|---|
| 1-1-1 | پیشگفتار | 1 |
| 2-1 | تاریخچه علم بهینه سازی و الگوریتم ژنتیک | 2 |
| 3-1 | مطالعات انجام شده در بهینه سازی تیروقها | 6 |
| 4-1 | ساختار پایان نامه | 7 |

2- فصل دوم: روش های بهینه سازی و الگوریتم ژنتیک

- | | | |
|---------|---|----|
| 1-2-1 | پیشگفتار | 9 |
| 2-2 | بهینه سازی | 9 |
| 3-2 | روش های متعارف در بهینه سازی | 11 |
| 4-2 | روش شبکه های عصبی | 13 |
| 5-2 | روش های بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت | 18 |
| 1-5-2 | شبیه سازی بازیخت فلزات | 20 |
| 2-5-2 | الگوریتم ژنتیک | 24 |
| 1-2-5-2 | ویژگیهای الگوریتم ژنتیک | 25 |
| 2-2-5-2 | چگونگی عملکرد روش الگوریتم ژنتیک | 27 |

3- فصل سوم: بهینه سازی تیروقها

- | | | |
|-----------|----------------------------|----|
| 1-3-1 | پیشگفتار | 45 |
| 2-3 | تیر ورقها | 45 |
| 1-2-3 | انواع تیر ورق | 45 |
| 2-2-3 | کمانش تیر ورق ها | 48 |
| 3-2-3 | روابط و شروط طراحی تیروقها | 49 |
| 1-3-2-3 | تعیین تنش خمشی مجاز | 49 |
| 1-1-3-2-3 | بررسی شرایط فشردگی مقطع | 49 |
| 2-1-3-2-3 | بررسی شرایط اتکای جانبی | 49 |
| 3-1-3-2-3 | مقاطع دارای اتکای جانبی | 50 |

- 51-4-1-3-2-3-مقاطع فاقد اتکای جانبی -----
- 52-2-3-2-3-کاهش تنش خمشی مجاز بواسطه کماتش خمشی جان -----
- 53-3-3-2-3-اثر مشترک برش و کشش-----
- 53-4-3-2-3-تعیین تنش برشی مجاز -----
- 55-5-3-2-3- تعیین تنش مجاز فشاری در نواحی اعمال نیروهای متمرکز -----
- 56-6-3-2-3-قیود در نظر گرفته شده طراحی -----
- 56-1-6-3-2-3-کنترل تنش خمشی مقطع -----
- 56-2-6-3-2-3-کنترل تنش برشی مقطع-----
- 56-3-6-3-2-3-کنترل کماتش قائم جان تیورق -----
- 57-4-6-3-2-3-کنترل کماتش پیچشی بال تیورق-----
- 57-5-6-3-2-3-کنترل مساحت سخت کننده ها در مقاطعی که از عمل میدان کششی استفاده شد ----- ه باشد
- 57-----
- 57-6-6-3-2-3-کنترل ممان اینرسی سخت کننده های میانی-----
- 58-7-6-3-2-3-کنترل فواصل سخت کننده های میانی از لحاظ حمل و نصب -----
- 58-8-6-3-2-3-کنترل عرض سخت کننده ها-----
- 58-9-6-3-2-3-کنترل تغییر مکان تیر-----
- 58-10-6-3-2-3-کنترل تنش مجاز فشاری در نواحی بار متمرکز -----
- 59-11-6-3-2-3-کنترل ابعادی سخت کننده های فشاری -----
- 59-3-3-طراحی بهینه تیورقها با استفاده از الگوریتم ژنتیک-----
- 59-1-3-3-مقدمه -----
- 60-2-3-3-فرضیات و الگوی استفاده شده در برنامه -----
- 70-3-3-3-مراحل اصلی برنامه -----
- 71-4-3-3-مراحل اجرای برنامه-----
- 73-5-3-3-روش تحلیل سازه-----
- 74-6-3-3-شیوه اعمال قیود طراحی -----
- 75-7-3-3-اطلاعات ورودی برنامه-----
- 82-8-3-3-اطلاعات خروجی برنامه-----

4-فصل چهارم: حل مثالها

- 84-1-4-مثال برای کنترل نتایج طراحی -----
- 84-1-1-4-مقدمه -----
- 84-2-1-4-شرح مثال-----

85	-----	بررسی نتایج خروجی برنامه	3-1-4
90	-----	مثال های حل شده به منظور بررسی نتایج بهینه سازی	2-4
90	-----	مقدمه	1-2-4
93	-----	مثال 1-تیر سه دهانه بابرگذاری یکنواخت	2-2-4
93	-----	شرح مثال 1	1-2-2-4
94	-----	حل مثال 1	2-2-2-4
101	-----	ارزیابی نتایج حل مثال 1	3-2-2-4
102	-----	مثال 2-تیر سه دهانه با بارگذاری یکنواخت ومتمرکز	3-2-4
102	-----	شرح مثال 2	1-3-2-4
104	-----	حل مثال 2	2-3-2-4
110	-----	ارزیابی نتایج حل مثال 2	3-3-2-4
111	-----	مثال 3-تیر چهار دهانه با بارگذاری یکنواخت	4-2-4
111	-----	شرح مثال 3	1-4-2-4
113	-----	حل مثال 3	2-4-2-4
118	-----	ارزیابی نتایج حل مثال 3	3-4-2-4

5-فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

120	-----	نتیجه گیری	1-5
121	-----	پیشنهادات	2-5
122	-----	مراجع	
	-----	لغت نامه	
	-----	نام نامه	

Abstract

The feasibility of weigh optimization of multi-span non-prismatic girder plates under various static loadings with genetic algorithm (GA) was studied.

A computer code based on matrix structural analysis techniques has been developed to find the internal forces due to the specific loading, cross sections, and number of spans. The genetic algorithm was employed to find the beam span, wall thickness, width and thickness of flanges in selected positions.

In this thesis after reviewing the literature, the fundamentals of GA were presented. The design criteria and the method to find the optimized section based on GA were described. To illustrate the method, several examples were given and the results were compared with available cases in the references to evaluate the method.

Keywords: Optimization, genetic algorithm (GA), girder plate, non-prismatic beams, multi-span beams, Iranian Building Code (Steel Structures).

چکیده:

در این پایان نامه بهینه یابی وزن تیورق های چند دهانه با بارگذاری و ممان اینرسی متغیر با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک و روابط طراحی آیین نامه فولاد ایران مورد مطالعه واقع شده است.

بدین منظور برنامه کامپیوتری نوشته شده است که با استفاده از تحلیل ماتریسی سازه ها هر نوع تیورق با مقطع متغیر، تعداد دهانه و بارگذاریهای متفاوت را مورد تحلیل قرار داده و با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک، مقادیر نزدیک به بهینه ارتفاع و ضخامت جان، عرض و ضخامت بال در مقاطع منتخب را تعیین می نماید.

در متن پایان نامه پس از شرح مختصر راجع به تاریخچه کارهای انجام شده، مبانی الگوریتم ژنتیک و روابط طراحی تیورق بر اساس آیین نامه فولاد ایران و شیوه بهینه یابی بر اساس الگوریتم شرح داده شده و در خاتمه با طرح مثالهایی نحوه انجام کار توضیح داده شده است. برای نشان دادن صحت نتایج، مقادیر حاصل با سایر مراجع مقایسه شده است.

کلمات کلیدی: بهینه یابی، تیورق، ممان اینرسی متغیر، تعداد دهانه دلخواه، بارگذاری دلخواه، آیین نامه فولاد ایران، الگوریتم ژنتیک

فصل اول

مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

برای حل مسائل بهینه سازی، روش های گوناگونی توسط پژوهشگران پیشنهاد شده است که برخی از این روش ها از ویژگی گرادیان تابع هدف و قیود آن برای رسیدن به جواب بهینه استفاده می کنند. از آن جایی که در این روش ها به اطلاعات گرادیان تابع هدف و قیود مساله نیاز می باشد، قاعدتاً برای استفاده از این روشها، خود تابع هدف و قیود مساله نیز باید به شکل فرمولهای ریاضی مشخص موجود باشند. از سویی دیگر، پارامترهای اصلی طراحی تیورقها، مقادیر لنگروبرش و تغییر مکان در نقاط مختلف تیورق می باشند که توابع هدف و قیود مساله بوسیله آنها شکل می گیرد. فرمولسازی برای این سه مقدار در شرایطی امکان پذیر است که:

اولاً، تعداد و محل تکیه گاه ها ثابت و مشخص باشد، که با توجه به آنکه هدف ما حل مساله در انواع حالت تکیه گاهی است، ثابت نمودن این مقادیر موجب حل مساله در یک حالت خاص می شود که اصولاً مطلوب نیست. ثانیاً، الگوی بارگذاری ثابت و مشخص باشد. با توجه آنکه یکی از بارهای اصلی که به تیر ورقها وارد می شود خود وزن تیر ورق است، لذا ما با الگوی بارگذاری ثابتی مواجه نیستیم و بارگذاری با توجه به طرحهای مختلف تغییر می کند.

ثالثاً، در تیورقهای با شرایط تکیه گاهی نامعین و مقاطع متغیر تعیین پارامترهای لنگر، برش و تغییر مکان وابسته به نحوه توزیع ((سختی)) در طول تیر است. توزیع سختی در طول تیر شکل ثابتی ندارد و وابسته به انواع طرح تیر ورق تغییر می کند.

موارد ذکر شده از مشکلات عمده در حل مساله بهینه سازی با روشهای وابسته به گرادیان می باشد.

از دیگر ضعف های این روش ها محدودیت در حل مسائل بهینه سازی در فضای متغیرهای گسسته است. حال آنکه رسیدن به جوابی مناسب و کاربردی برای تیوروقها اساساً در فضای متغیرهای گسسته صورت می گیرد. در این تحقیق از میان روش های بهینه سازی، از روش الگوریتم ژنتیک برای بهینه سازی تیوروق ها استفاده شده است و با استفاده از این روش برنامه ای جامع که قابلیت طراحی انواع تیر ورق I شکل با دهانه ها و شرایط بارگذاری مختلف را دارد بدست آمده است. از قابلیت های مهم این برنامه انتخاب شرایط ثابت یا متغیر در طول تیر ورق اعم از ارتفاع، پهنا و ضخامت های بال و جان می باشد که به انتخاب کاربر شرایط ثابت یا متغیر آن تعیین می گردد. همچنین کاربر می تواند بدخواه تعداد مقاطع طراحی را تعیین نماید و نیز محدوده های ابعادی مناسب را براساس شرایط اجرایی برای برنامه تعریف نماید.

۱-۲- تاریخچه علم بهینه سازی و الگوریتم ژنتیک

تاریخ علم بهینه سازی به اوایل قرن نوزدهم باز می گردد. تمامی روش های بهینه سازی قدیمی بر اساس مفهوم مشتق جزئی توابع چند متغیره بیان شده اند. چنین روش هایی با عنوان روش های تحلیلی بهینه سازی شناخته می شوند.

محاسبات روش های تحلیلی از یکی از نقاط دامنه تابع هدف آغاز می شود و با توجه به گرادیان تابع مذکور به صورت خطی به نقطه دیگر منتقل می شود. محاسبات مذکور برای نقاط جدید تکرار می شوند تا نقاط بعدی بدست آیند. بدیهی است که عملیات تکراری روش های تحلیلی تا حصول همگرایی ادامه می یابد.

انجام عملیات بهینه سازی بر نقاط خاصی از دامنه تابع هدف و نیز حرکت خطی میان نقاط مذکور، در بسیاری از موارد باعث همگرایی الگوریتم در بهینه موضعی تابع هدف می شود. این ویژگی در شرایطی که تابع هدف دارای نوسانات شدید باشد، تشدید می شود. برای جبران این نقص، الگوریتم مورد نظر در دفعات مختلف با نقاط آغازین مختلف تکرار می شود تا پس از مقایسه نتایج آنها اطمینان کامل از مقادیر محاسبه شده حاصل گردد. مطالعات

چند دهه اخیر روش های عددی مختلفی را برای بهینه سازی توابع مقید ارائه کرده است. این روش ها معمولاً با تفکر و استدلال منطقی در چرخه های سعی و خطا، گام به گام به سمت نقطه بهینه پیش می روند.

در این تحقیق از میان روش های بهینه سازی عددی، از روش الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. محاسبات این روش از محاسبه مشتق تابع هدف و قیود حاکم بر آن بی نیاز می باشد. به همین دلیل استفاده از آن برای بهینه سازی توابع گسسته مفید و سودمند خواهد بود. همچنین بدلیل اینکه محاسبات روش الگوریتم ژنتیک با نمونه گیری از تمام فضای مجموعه مرجع انجام می شود احتمال همگرا شدن آن در بهینه موضعی کاهش می یابد. محققین از روش الگوریتم ژنتیک به عنوان یکی از مؤثرترین و قویترین روش ها در بهینه سازی سازه ها استفاده می کنند و این روش در حل مسائل مرکب از نوع متغیر گسسته و پیوسته، مناسب می باشد. این روش با استفاده از روش جستجوی غیرخطی و نیز عدم بکار بردن گرادیان تابع هدف به جواب بهینه می رسد.

واژه الگوریتم ژنتیک نخستین بار توسط «بگلی» در سال ۱۹۶۷ مطرح شد. در روش پیشنهادی او علاوه بر سه عملگر پیوند، تکثیر و جهش از یکسری رشته های در مبنای دو استفاده شده بود. بگلی عملگرهای تکثیر و انتخاب را بر اساس میزان صلاحیت رتبه بندی کرده بود.

در سال ۱۹۷۵ «هلند» کتاب ارزشمند خود را با عنوان «سازگاری در دستگاه های طبیعی و مصنوعی» که اساس اختراع برای جستجوی سازگار و هوش مصنوعی بود منتشر ساخت. او در کتابش نظریه بنیادی الگوریتم ژنتیک را که مبانی ریاضی چنین جستجویی را توصیف می کند مطرح کرد. از جمله ویژگی های محاسباتی نظریه او، انعطاف پذیری و دارا بودن قابلیت موازی سازی و سادگی و قابلیت تغییر و توانایی بالای حل مسائل بهینه بود.

در سال ۱۹۸۶ نخستین کاربرد روش ژنتیک در طرح بهینه سازی توسط «گلدبرگ» انجام شد. او سطح مقطع خرپا را با اعمال محدودیت تنش بهینه کرد و در هر بار پارامترهای جمعیت اولیه را به شکل متفاوت انتخاب کرد. البته کار او از کارایی پایینی برخوردار بود چرا که تحلیل های زیادی را برای جستجوی پاسخ بهینه لازم داشت [۱۰]

«راجیو» و «کریشنامورتی» در سال ۱۹۹۲ به بحث پیرامون مسائل بهینه سازی گسسته خرپاها پرداختند و مفهوم بهینه سازی را با استفاده از الگوریتم ژنتیک برای یک خرپای سه عضوی مطرح کردند. آنها از الگوریتم های ژنتیک ساده و اصلاح شده ای که «گلدبرگ» پیشنهاد داده بود برای بهینه نمودن خرپاها با متغیر اندازه سطح مقطع عرضی گسسته استفاده کردند؛ بدین صورت که نخست مسأله بصورت برنامه ریزی ریاضی رابطه سازی شد و سپس با استفاده از روش تابع پنالتی خارجی به یک مسأله بهینه غیر مقید تبدیل گردید. وزن خرپا به عنوان تابع هدف مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس رابطه سازی ویژه ای تابع هدف اصلاح شده بدست آمد سپس محدودیت های تنش و تغییر مکان به سازه وارد گردید [۱]

«هاجلا» در سال ۱۹۹۲ استفاده از روش های الگوریتم های ژنتیک و «شبه سازی بازپخت فلزات» را در بهینه سازی سازه ها شرح داد. وی شکل متغیرهای هر دو روش را توضیح داد و طرح بهینه سیستم های ساختمانی نسبتاً بزرگ از قبیل خرپاها و همچنین کاربرد این روش را در تولید یک دسته از طرح های بهینه «پارتو» را برای مسائل بهینه سازی چند معیاری بطور مفصل بیان کرد [۵]

در سال ۱۹۹۳ «گریسون» و «پاک» در زمینه بهینه سازی سازه ها با استفاده از روش ژنتیک به ارائه طرحی برای بهینه سازی قاب ها بر اساس معیار آیین نامه پرداختند. در این روش متغیرها شامل متغیرهای شکل و اندازه و توپولوژی بودند و از بین جمعیت یک طرح تصادفی انتخاب می شد و تحلیل دقیق بر روی آن انجام می شد [۲].

در سال ۱۹۹۴ «عادلی» و «چنگ» یک روش ژنتیک را برای بهینه سازی خرپاها به کاربرند. آنها محدودیت های تنش کمانش و تغییر مکان را بر اساس آیین نامه امریکا اعمال نمودند و به کمک تابع وزن و تابع جریمه خارجی مسأله را به یک مسأله نامقید تبدیل کردند [۳]

در سال ۱۹۹۵ «ویو» و «چاو» به حل مسأله بهینه سازی شکل خرپاها با استفاده از الگوریتم های ژنتیک اقدام نمودند. مسأله مورد بحث آنها شامل متغیرهای گسسته اندازه و متغیرهای پیوسته هندسی بود با وجود چنین متغیرهایی از

یک سو تعداد متغیرها افزایش یافته و از سویی دیگر سبب غیر خطی شدن شدید مسأله و پیچیده تر شدن آن می گردید. افزون بر آن ماهیت متفاوت دو نوع متغیر ممکن است نرخ متفاوتی از همگرایی بوجود بیاورد و سبب ناموزونی مسأله گردد [۴]

در سال ۱۹۹۷، «آرورا» و «هوانگ» طراحی بهینه سیستم های مهندسی را که با متغیرهای گسسته پیوند داشتند، مطرح کردند. با اینگونه مسائل در مهندسی سازه زمانی که از مقاطع استاندارد برای طراحی سازه های فلزی استفاده می کنیم مواجه می شویم. آنان سه روش مختلف بهینه سازی را که عبارت بودند از: الگوریتم ژنتیک، شبیه سازی بازپخت فلزات و روش شاخه و کران، در بهینه سازی استفاده و نتایج را مقایسه کردند [۷]

«کاوامورا» و «امری» در سال ۲۰۰۱ الگوریتم های ژنتیک را برای بهینه سازی خرپاها بکار بردند. پیش از این، کارهای زیادی در مورد بهینه سازی شکل خرپاها انجام شده بود. در اغلب این مقالات توپولوژی سازه به صورت ترکیب ساده ای از اعضای سازه در نظر گرفته شده بود و وجود داشتن هر عضو به یک کد ژنتیکی مربوط بود. تمام این روش ها یک نقطه ضعف داشت. مثلاً طرحی که از نظر شکل بهینه شده بود ممکن بود دارای اعضای اضافی باشد و یا برخی اعضا روی اعضای دیگر قرار گرفته باشد. با وجود این مسأله امکان اینکه سازه مورد بحث ناپایدار باشد دور از ذهن نبود. همچنین این مسأله در مورد سازه های با درجه آزادی بیشتر محسوس تر بود. در تحقیق او روشی برای بیان حالت پایدار سازه های گسسته ارائه شده است [۸].

۱-۳- مطالعات انجام شده در بهینه سازی تیرورقها:

در طرح تیر ورقها نرم افزارها و روشهای مختلفی برای بهینه سازی و طرح آنها استفاده شده است.

چن فو و چای [۹] با ایجاد نرم افزار کامپیوتری به روش الگوریتم ژنتیک به بهینه سازی تیر ورقها پرداختند. در برنامه طراحی شده تیر ورق ها با مقطع ثابت در نظر گرفته شده و صرفاً تیر های دو سر مفصل و دو دهانه، با طول

دهانه های مساوی بهینه می گردند. کلیه روابط طراحی براساس آئین نامه AISC ASD می باشد. مقادیر نیروهای داخلی براساس فرمولهای تحلیل سازه ای در برنامه در نظر گرفته شده است .

امیدشیر الاسلام [۲۱] نیز با طرح دو برنامه کامپیوتری به روشهای باز پخت فلزات و الگوریتم ژنتیک به بهینه سازی تیورقهای تک دهانه دو سر مفصل پرداخته است. مقطع تیر ورق در طول تیر ثابت بوده و از روابط آئین نامه فولاد ایران در طراحی استفاده شده است. همچنین مقادیر نیروهای داخلی براساس فرمولهای تحلیل سازه ای در برنامه در نظر گرفته شده است.

نیتون زینی [۱۹] به بهینه سازی تیر ورقها به روش شبکه های عصبی پرداخته است و از روش های بهبود یافته شبکه عصبی در طراحی استفاده نموده است. مقطع طراحی در طول تیر ثابت بوده و نیز از روابط آئین نامه فولاد ایران در طراحی استفاده شده است. برنامه تیرهای یک، دو، سه و چهار دهانه را براساس کنترل در ناحیه بحرانی لنگر، طراحی و بهینه می نماید. و نیز مقادیر نیروهای داخلی براساس فرمولهای تحلیل سازه ای در برنامه در نظر گرفته شده است و برنامه اصطلاحاً تحلیل سازه نمی کند.

همچنین از برنامه هایی که به طراحی تیر ورقها، بصورت سعی و خطا یا همان کنترل طرح پیشنهادی اقدام می کند، می توان به برنامه طراحی شده توسط فرهاد عبدلی [۲۲] اشاره نمود. در برنامه اخیر به طراحی تیورقها مطابق با آئین نامه AISC LRFD پرداخته است.

۱-۴- ساختار پایان نامه

این تحقیق در پنج فصل تنظیم گردیده است، در فصل اول به مقدمه ای از علم بهینه سازی و تاریخچه علم بهینه سازی و الگوریتم ژنتیک اشاره شده است.

در فصل دوم ضمن اشاره به انواع روش های بهینه سازی، به بیان محدودیت ها و قابلیت های این روش ها اشاره شده است و در ادامه الگوریتم ژنتیک بعنوان یک روش بهینه سازی کارا و با قابلیت بالا، به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل سوم به کاربرد روش الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی تیورق ها پرداخته شده است و فرضیات و ضوابط بکاررفته در برنامه ی که به همین منظور نوشته شده، اشاره شده است. همچنین مشخصات برنامه نیز شرح داده شده است.

در فصل چهارم با ارائه چند مثال به بهینه سازی تیورقها و مقایسه نتایج با مراجع پرداخته شده است.

در خاتمه، فصل پنجم به بیان نتایج و پیشنهادات اختصاص یافته است.

فصل دوم

روش های بهینه سازی و الگوریتم ژنتیک

۱-۲- پیشگفتار

در بسیاری از مسائل مهندسی و علوم، معمولاً با تابع هزینه و یا سود، و یا به عبارت کلی تر با تابع هدفی روبرو هستیم که می خواهیم با کمینه یا بیشینه کردن مقدار آن، عملکرد یک سامانه را بهینه نماییم. در زمینه مهندسی عمران به دنبال بوجود آوردن طرحی هستیم که در برابر نیازهای مورد نظر و شرایط اعمالی، بیشترین کارایی را داشته باشد. در روش های بهینه سازی سازه ها، این عمل معادل تعیین گروهی از متغیرهای طراحی است که بر حسب بارهای اعمال شده، قیدها و پارامترهای از پیش تعیین شده، موجب کمینه یا بیشینه شدن تابع هدف می-گردند. پارامترهای از پیش تعیین شده مقادیر ثابتی هستند که در خلال فرایند بهینه سازی تغییر نمی کنند. متغیرهای طراحی نیز مقادیری را شامل می شوند که در فرایند بهینه سازی تغییر می کنند و این تغییرات منجر به یافتن جواب

بهینه می گردد. در این فصل ضمن اشاره به انواع روش های بهینه سازی، به بیان محدودیت ها و قابلیت های این روش ها اشاره شده و سپس الگوریتم ژنتیک را بعنوان یک روش بهینه سازی کارا و با قابلیت بالا، به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۲- بهینه سازی

مسائل بهینه سازی با روش های متفاوتی مورد تحلیل قرار می گیرند. این روش ها شامل شیوه های تحلیلی نظیر حساب تغییرات، حساب دیفرانسیل، روش مضارب لاگرانژ و شیوه های عددی شامل برنامه ریزی خطی، روش های جستجوی مستقیم، روش های مبتنی بر گرادیان، روش های تابع جریمه، روش های دوگانه و روش های معیار بهینگی می باشند. هر یک از شیوه های تحلیلی و عددی ذکر شده، محدودیت های خاص خود را دارند. برای مثال اگرچه از شیوه های تحلیلی، پاسخ های دقیقی می توان بدست آورد، ولی فقط در مسائل ساده ای که مقید نیستند و یا قیدهای مساوی دارند قابل استفاده می باشند. بیشتر این روش ها با رسیدن به بهینه محلی متوقف می شوند و قادر به یافتن بهینه کلی (مطلق) نمی باشند. از طرف دیگر، شیوه های عددی را می توان در گستره وسیعی از مسائل بکار برد. در همه این روش ها از یک جواب اولیه شروع کرده و با روشی تکراری، جواب نهایی را جستجو می کنیم. بجز حالتی که فضای طراحی محدب است، هیچ تضمینی برای رسیدن روش های بهینه سازی عددی به پاسخ بهینه وجود ندارد.

یکی دیگر از اشکالات روش های بهینه سازی عددی این است که تابع هدف و متغیر ها باید دقیقاً بر حسب متغیرهای طراحی تعیین شوند. در برخی مسائل، گاهی تعیین دقیق تابع هدف و محدودیت ها بر طبق رابطه مشخصی بر حسب متغیرهای طراحی غیر ممکن است. در این گونه موارد معمولاً روش های تقریبی به کار گرفته می شود، که از بسط دنباله تیلور استفاده می کند و بوسیله آن می توان یک فرمول بندی مشخصی برای مسأله بدست آورد.

مشکل دیگری که در مورد روش های بهینه سازی عددی مطرح می شود این است که بسیاری از چنین الگوریتم هایی فقط برای متغیرهای پیوسته کاربرد دارند. حال اینکه در برخی مسائل بهینه سازی متغیرهای گسسته حضور دارند. در این حالت متغیرهای گسسته به صورت پیوسته در نظر گرفته می شوند و بعد از بدست آوردن پاسخ بهینه، این متغیرها به نزدیکترین مقدار گسسته تبدیل می شوند. چنین تقریبی بدین دلیل بکار برده شده است که در این روش ها، بهینه سازی مسائل با متغیرهای پیوسته همیشه آسانتر از کار با متغیرهای گسسته می باشد.

یکی از الگوریتم هایی که توسط آن می توان متغیرهای گسسته را بطور مستقیم در بهینه سازی استفاده کرد، روش دوگانه است ولی غالباً با چنین روشی، محاسبات مورد نیاز برای حل مسائل بهینه سازی گسسته افزایش می یابد. [۱۰].

۲-۳- روش های متعارف در بهینه سازی

در حالت کلی مسائل بهینه سازی سازه ها را می توان بر حسب متغیرهای طراحی و کمیت های بیان کننده رفتار سازه، در چهارچوب مسائل برنامه ریزی ریاضی پایه ریزی نمود. روش های برنامه ریزی ریاضی، بطور کلی به دو گروه متمایز تقسیم می گردد. گروه نخست شامل روش های مبتنی بر گرادیان است که مشتقات تابع هدف و محدودیت ها را به همراه مقادیر این توابع برای یافتن طرح بهینه بکار می گیرد. در برخی مسائل مهندسی سازه، بهینه سازی توابع با استفاده از روش های مبتنی بر گرادیان تابع هدف امکان پذیر است؛ ولی در تعدادی از مسائل یا نمی توان از این روش ها استفاده کرد و یا بکارگیری آنها به سادگی امکان پذیر نیست. در مواردی فضای مسأله گسسته است، و گاهی به دلیل پیوستگی فضای جستجو، بهینه های محلی مانع رسیدن روش های گرادیانی به بهینه کلی می شوند. در این موارد از روش های جستجوی مستقیم که در گروه دوم روش های برنامه ریزی ریاضی جای دارند بهره جویی می شود. این روش ها، بر اساس گرادیان نبوده و تنها به ارزیابی مقادیر تابع هدف و محدودیت ها برای انجام جستجوهای بعد نیاز دارند. از آنجایی که روش های گروه اول اطلاعات بیشتری از تحلیل

را در یک نقطه از طرح بکار می گیرند، می توان انتظار داشت که از کارایی بیشتری نسبت به روش های گروه دوم برخوردار و به تعداد کمتری از تحلیل های پیاپی نیازمند باشند. برنامه ریزی خطی و غیر خطی نیز روش های برنامه ریزی ریاضی را به دو گروه مشخص دیگری تقسیم می کنند. در برنامه ریزی خطی، تابع هدف و محدودیت ها به صورت توابع خطی از متغیر های طراحی در نظر گرفته می شوند. در این روش پاسخ بهینه محلی وجود ندارد و پاسخ کلی پس از چند گام محدود بطور دقیق بدست می آید. در عمل روش مزبور در سطح گسترده ای از مسائل طراحی بهینه سازه ها کاربرد دارد.

گروه عمده ای از مسائل طراحی بهینه سازه ها به دلیل وابستگی غیر خطی میان رفتار سازه و متغیر های طراحی در چهارچوب مسائل برنامه ریزی غیر خطی قرار می گیرند. با توجه به ماهیت غیر خطی حاکم بر این گونه مسائل، روشن است که حل آنها به سادگی امکان پذیر نبوده و با دشواری هایی همراه می باشد. یکی از این دشواریها، وجود چندین پاسخ بهینه نسبی است. یک نقطه کمینه محلی نسبت به نقاط مجاور خود، مقدار کوچکتری را برای تابع هدف بدست می دهد؛ ولی نمی توان انتظار داشت که این پاسخ، کمترین مقدار مطلق تابع هدف در ناحیه قابل قبول باشد. از این رو رسیدن به یک پاسخ بهینه کلی در مسائل برنامه ریزی غیر خطی، با تردید همراه بوده و فرایند بهینه سازی در بسیاری از موارد، به پاسخ کمینه محلی همگرا می شود. در مواردی که فضای طراحی چند قیدی است، عملیات جستجو را می توان با چند نقطه آغاز نمود؛ ولی با وجود بکارگیری این روش هم تضمینی برای یافتن بهینه کلی وجود ندارد.

از دیدگاه دیگر، می توان روش های برنامه ریزی ریاضی را، در دو گروه روش های قطعی و تصادفی جای داد. منظور از روش های تصادفی، روش هایی است که برخلاف روش های قطعی، از نمونه برداری تصادفی فضای جستجو یا مدل های تصادفی تابع هدف استفاده می کنند که در سال های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده اند و این به دلیل ارائه روش های مؤثری در حل مسائل بهینه سازی و امکان دست یابی به نقاط بهینه کلی می باشد؛

اما در روش های قطعی این اشکال وجود دارد که به محض رسیدن به اولین نقطه بهینه محلی، متوقف شده و توانایی خروج از این نقطه و حرکت به سوی نقطه بهینه دیگر و در نهایت نقطه بهینه مطلق را ندارد.

بنابراین مدت هاست که مطالعاتی بر روی الگوریتم هایی که بتواند از نقاط بهینه موضعی بگریزد آغاز گشته و تا کنون روش های متفاوتی ارائه و مورد بررسی قرار گرفته است. در این میان الگوریتم های تصادفی به دلیل عملکرد ساده تر و در نتیجه راحتی اجرا به کمک رایانه، مورد توجه بیشتری قرار گرفته اند.

با توجه به مطالب فوق، در فرایند جستجوی نقاط بهینه دو مورد را باید بطور همزمان مورد توجه قرار داد؛ نخست اینکه بهینه کلی می تواند در هر جای فضای جستجو قرار داشته باشد و دوم اینکه بر اساس استراتژی محلی، احتمال یافتن نقطه ای جدید که مقدار تابع را بهبود ببخشد، نزدیک نقطه ای با مقدار تابع هدفی بهتر، بیش از نقطه ای با مقدار تابع بدتر است.

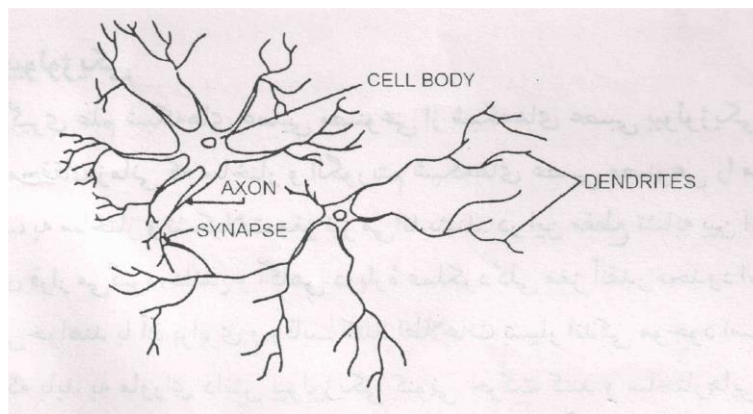
بنا بر آنچه بیان شد، یک روش بهینه سازی مؤثر باید دو هدف متناقض را پیگیری کند. با در نظر گرفتن استراتژی کلی، توزیع نقاط احتمالی باید یکنواخت باشد و برای برآوردن استراتژی دوم، توزیع نقاط باید در پیرامون بهترین نقاط فعلی متمرکز گردد. به همین دلیل، روش های بهینه سازی باید دو استراتژی جستجوی محلی و کلی را در حل مسائل بهینه سازی استفاده کنند، اما اکثر این روش ها، استراتژی جستجوی کلی را بکار می گیرند. [۱۰].

۲-۴- روش شبکه های عصبی [۲۳]

به منظور اشاره به روشهای متعارف در بهینه سازی، روش شبکه های عصبی را که از روشهای پر کاربرد در این زمینه است، بررسی می کنیم.

شبکه های عصبی در بسیاری موارد تحقیقی اعم از بهینه سازی، تحلیل، طراحی، پیش بینی خیز و وزن سازه ها، کاربرد در تئوری گرافها و بسیاری از موارد دیگر بکار گرفته شده است.

در شکل گیری علم شبکه های عصبی مصنوعی از شبکه های عصبی بیولوژیکی الهام گرفته شده است .
 محققان زمانی که ساختار والگوریتم شبکه های عصبی مصنوعی را مورد بررسی قرار می دادند، به ساختار
 والگوریتم مغز می اندیشیدند.

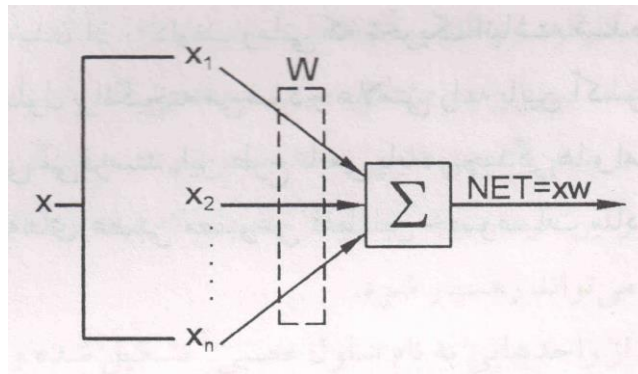


شکل (۱-۲)- سلول عصبی بیولوژیک

در بخش های ارائه شده ضمن اشاره به اجزای شبکه های عصبی به بیان فرآیند عمومی آن نیز می پردازیم:

۱- سلول عصبی مصنوعی:

سلول عصبی مصنوعی به منظور تقلید از خصوصیات مرتبه اول سلول عصبی بیولوژیکی طراحی شده است. بطور
 ذاتی، دسته ای از ورودیها به کاربرده می شوند که هر کدام معرف خروجی سلول عصبی دیگری هستند. هر
 ورودی در وزن متناظرش که بیانگر قدرت اتصالی است ضرب می شود و سپس همه این ورودیهای وزندار
 بایکدیگر جمع می گردند تا سطح تحریک سلول عصبی را معین نمایند. شکل (۱) مدلی را نشان می دهد که این
 نظریه را به انجام می رساند .



شکل (۲-۲)- سلول عصبی مصنوعی

علی رغم تنوع در الگوهای شبکه، تقریباً همه آنها براساس این ساختار بنا نهاده شده اند. در اینجا، دسته ای از ورودیها بصورت (x_1, x_2, \dots, x_n) نشان داده شده اند که به سلول عصبی اعمال می شوند. این ورودیها که جمعاً به عنوان یک بردار در نظر گرفته می شوند، مشابه علایمی هستند که به (سیناپس) های سلول عصبی بیولوژیکی فرستاده می شوند. هر سیگنال قبل از آنکه به واحد جمع که با علامت Σ نشان داده شده است اعمال شود، در یک وزن مربوط به خود (w_1, w_2, \dots, w_n) ضرب می گردد که هر وزن مشابه با قدرت یک اتصال سیناپتیک بیولوژیکی منفرد است (دسته وزن ها را جمعاً بصورت یک بردار W می توان در نظر گرفت).

واحد جمع که شباهت خیلی کمی به جسم سلول بیوژیکی دارد، همه ورودیهای وزن دار را به صورت جبری جمع و خروجی را تولید می کند که در اینجا با NET نشان داده می شود. این روند ممکن است بصورت خلاصه با نماد برداری بصورت زیر بیان شود:

$$NET = X \cdot W$$

۲-توابع تحریک:

معمولاً سیگنال NET توسط تابع تحریک مورد پردازش قرار می گیرد تا سیگنال خروجی سلول عصبی، یعنی OUT تولید شود. این تابع ممکن است به صورت یک تابع خطی ساده باشد:

$$OUT = K(OUT)$$

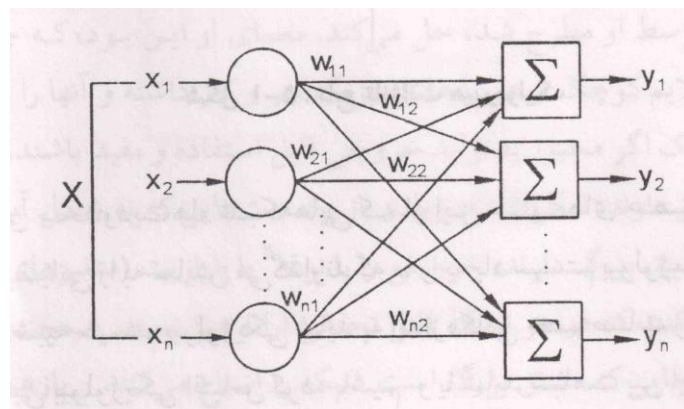
که در آن K یک تابع حدی است و به صورت زیر عمل می نماید:

$$OUT = \begin{cases} NET & \text{اگر } NET > T \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

اعمال تابع تحریک می تواند از خروجی اعداد بسیار بزرگ و یا بسیار کوچک از سلول جلوگیری نماید.

۳- شبکه های عصبی تک لایه:

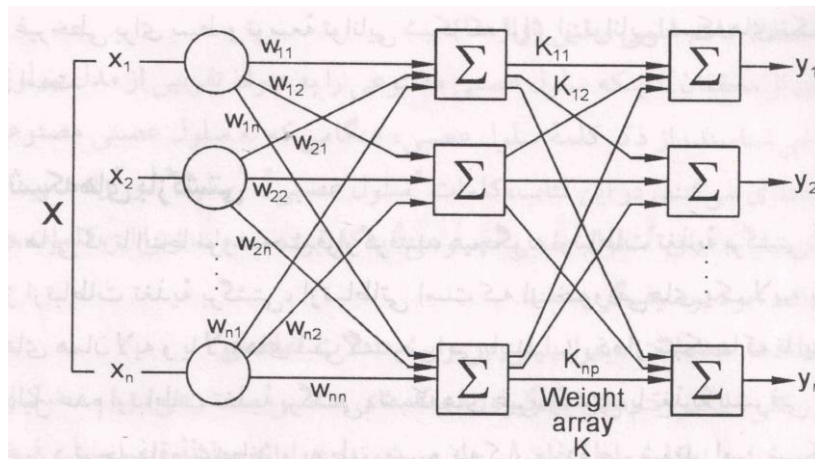
اگرچه یک سلول عصبی منفرد برخی از توابع ردیابی الگوهای ساده را می تواند به انجام برساند، قدرت مجموعه ای از سلولهای عصبی مرتبط شونده به یکدیگر در یک شبکه شکل می گیرد. مطابق شکل () ساده ترین شکل شبکه در یک لایه نشان داده شده است.



شکل (۲-۳) - شبکه عصبی تک لایه

۴- شبکه های عصبی چند لایه:

با قرار دادن خروجی یک لایه بعنوان ورودی لایه بعدی می توان شبکه های چند لایه را شکل داد.



شکل (۲-۳)- شبکه عصبی دو لایه

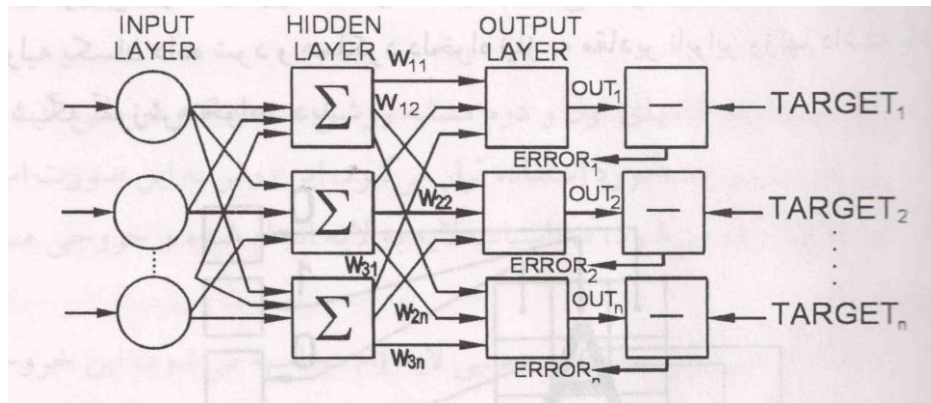
۵- آموزش شبکه:

یک شبکه به گونه ای آموزش داده می شود که با به کار بردن یک دسته از ورودیها، دسته خروجی های دلخواه تولید شود.

هر کدام از این دسته های ورودی و یا خروجی را می توان به صورت یک بردار در نظر گرفت. آموزش با بکار بستن متوالی بردارهای ورودی و تنظیم وزن های شبکه، مطابق با یک روش از پیش تعیین شده انجام می گردد. طی آموزش شبکه، وزنه های شبکه بتدریج به مقادیری همگرا می شوند که به ازای اعمال بردار ورودی، بردار خروجی دلخواه تولید شود.

چنانچه از روش (انتشار برگشتی) برای آموزش شبکه استفاده نماییم مطابق این روش پس از انتخاب یک زوج آموزشی وزن ها بصورت تصادفی قرار داده می شوند و خروجی شبکه محاسبه می گردد.

با مقایسه خروجی با مقدار مورد انتظار خطای شبکه محاسبه می گردد. سپس وزن ها به مقادیری تغییر می یابند که خطای شبکه حداقل گردد. با تکرار مراحل اخیر مقادیر خطا به حد قابل قبول می رسند و با تعیین مقادیر وزنی شبکه آموزش داده می شود و در این مرحله شبکه برای شناخت و تشخیص آماده شده است.



شکل (۲-۳)- آموزش شبکه با الگوریتم بازگشتی

۲-۵- روش های بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت

بسیاری از سیستم های زنده و غیر زنده طبیعی، نسبت به سیستم های ساخته شده دست بشر از لحاظ کارایی برتری کامل دارند. طراحان سیستم های ساخت دست بشر نظیر سیستم های مهندسی، رایانه ای و یا تجاری در توانمندی، کارایی و انعطاف سیستم های زیستی در شگفت مانده اند. ترکیبی از خود تعمیری، راهنمای خود بودن و تولید مثل، قوانینی در سیستم های زیستی می باشند؛ در حالیکه این پارامترها را به زحمت می توان در اغلب سیستم های ساخت دست بشر یافت. بنابراین به این نتیجه جالب دست خواهیم یافت که، هر جا توانمندی مورد نظر باشد، طبیعت آنرا بهتر انجام می دهد و بهترین راه فراگیری سازش و بقا از مطالعه دقیق نمونه های زیستی به دست می آید [۱۰].

همین امر محققان را بر آن داشت که سیستم های طبیعی را با عنوان الگوی طراحی سیستم های مهندسی مورد توجه قرار دهند. اینگونه تلاش ها به ایجاد مجموعه روش های بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت منجر شده است

که به دو زیر مجموعه اصلی تقسیم می شود:

1- روش های مبتنی بر طبیعت جاندار.

2- روش های الهام گرفته از طبیعت بی جان.

اکثر روش های مبتنی بر طبیعت جاندار، از فرایند تکامل جانداران در طبیعت ایده می گیرند. در این فرایند، ویژگی های جانداران بهبود می یابد تا بهتر بتوانند با محیط سازگار شوند و در رقابت با جانداران دیگر در دست یابی به منابع محدود طبیعت پیروز گردند. دو گروه عمده ی این زیر مجموعه، الگوریتم های ژنتیک و الگوریتم های تکاملی می باشند. در بخش بعد بطور مفصل راجع به الگوریتم های ژنتیک بحث خواهد شد؛ ولی در مورد الگوریتم های تکاملی به همین نکته بسنده می کنیم که این الگوریتم ها، شباهت زیادی با الگوریتم ژنتیک دارند. روش های الهام گرفته از طبیعت بی جان، در فرایند های فیزیکی موجود در طبیعت ریشه دارند. تعداد این روش ها کم است. شناخته شده ترین روش این زیر مجموعه شبیه سازی باز پخت فلزات به شمار می رود. روش شبیه سازی باز پخت فلزات بر اساس فرایند باز پخت در فلزات استوار شده است. در این فرایند، آرایش اتمی ماده جدید در روندی تصادفی بهبود می یابد تا انرژی آن کمینه گردد.

حال به شرح عملکرد کلی روش های بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت می پردازیم. در این روش ها ابتدا جمعیتی از نقاط (این جمعیت در برخی الگوریتم ها تک عضو است)، بطور تصادفی از میان جواب ها انتخاب و سپس مقدار تابع هدف بازای تک تک مقادیر نقاط جمعیت محاسبه می شود. در مرحله بعد که مرحله تولید نقاط جدید است، به کمک جمعیت موجود و استفاده از تابع توزیع احتمال مشخص و یا هر عملگر تصادفی دیگر، جمعیتی از نقاط جدید تولید و مقدار تابع هدف بازای هر یک از نقاط جمعیت بوجود آمده محاسبه می شود. در اینجا جمعیت جدید با جمعیت مولد سنجیده شده و بر اساس این سنجش، جمعیت نقاط جدید برای مرحله بعد انتخاب می گردد. البته چگونگی این انتخاب در الگوریتم های مختلف، متفاوت است.

ویژگی های مناسب روش های جستجوی تصادفی این است که کمتر از الگوریتم های قطعی، تحت تأثیر فرم تابع هدف می باشند. در نتیجه تعداد زیاد بهینه های محلی، ابعاد وسیع فضای جستجو، مشتق ناپذیری، و ... در اجرای

اینگونه الگوریتم ها نمی توانند خللی وارد کنند. در کنار این ویژگی های مناسب، روش های جستجوی تصادفی ویژگی نامطلوبی دارند که کندی آنها است و این بدلیل محاسبه تابع هدف به دفعات زیاد است.

در کنار شباهت های بالا، روش های بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت برتری مهمی بر روش های جستجوی تصادفی دارند. این مزیت را بر اساس آنچه که در بخش قبل ذکر شد چنین بیان می کنیم؛ که روش های جستجوی تصادفی تنها از استراتژی جستجوی کلی برخوردار می باشند، در حالیکه روش های بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت بطور همزمان استراتژی جستجوی کلی و محلی را به اجرا می گذارند.

به منظور آشنایی هرچه بیشتر باروشهای بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت دو روش (شبیه سازی بازپخت فلزات) و روش (الگوریتم ژنتیک) را در ادامه توضیح می دهیم .

گفتنی است روش شبیه سازی (بازپخت فلزات) مبتنی بر الگوی طبیعت بی جان بوده و روش (الگوریتم ژنتیک) مبتنی بر الگوی طبیعت جاندار است.

۲-۵-۱- شبیه سازی بازپخت فلزات [۲۱]

شبیه سازی بازپخت فلزات ، یکی از مهمترین روشهای بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت بی جان به شمار می رود و مبتنی بر فرایند بازپخت در فلزات است . در این فرایند ، به منظور دستیابی به پایدارترین حالت یک ماده جامد (و بویژه فلزات) ، آرایش اتمی ماده جامد در روندی تصادفی بهبود می یابد تا انرژی آن کمینه گردد . در شبیه سازی بازپخت فلزات ، که تقلیدی از فرایند بازپخت فلزات است ، به جای تابع انرژی با تابع هدف مسئله بهینه سازی ، و به جای آرایشهای اتمی مختلف ، با حالت های مختلف در فضای مسئله (که جوابهای بالقوه مسئله بهینه سازی هستند) مواجهیم .

در ابتدای جستجو که «دما» بالاست ، احتمال انتخاب شدن تمام جوابها به عنوان جواب بهینه وجود دارد ولی با کاهش دما ، بتدریج احتمال انتخاب نقاطی از فضا که مقدراتابع هدف زیادی دارند (در مسائل کمینه سازی) کاهش می یابد ، تا اینکه در نهایت با به صفر رسیدن دما ، احتمال انتخاب چنین نقاطی به صفر می رسد و به این ترتیب به بهینه کلی تابع هدف دست می یابیم .

اجزاء اصلی الگوریتم شبیه سازی بازپخت فلزات عبارتند از:

۱-تابع تولید وضعیت جدید (Generation Function)

۲- معیار پذیرش (Acceptance Criterion)

۳-برنامه سرد کردن (Cooling Schedule) .

ذیلاً به شرح اجزا و مراحل الگوریتم بازپخت فلزات می پردازیم:

۱-تابع تولید وضعیت جدید:

پس از تعیین مقادیر اولیه پارامترهای الگوریتم ، یک نقطه تصادفی تولید می شود و به عنوان نقطه شروع جستجو مورد استفاده قرار می گیرد . در ضمن ، مقادیر تابع هدف (مثلاً وزن) و نقض محدودیت های این نقطه محاسبه می شود سپس الگوریتم وارد حلقه ای داخلی می گردد که در ابتدای آن ، نقطه ای جدید توسط تابع تولید که یک تابع تولید اعداد تصادفی است و وضعیت جدید را بصورت تصادفی تولید می کند ، برگزیده می شود . نقطه جدید از بین نقاط واقع در همسایگی نقطه فعلی (که در هر مسئله بهینه سازی مقدار ویژه ای دارد) به طور تصادفی و یا توزیعی یکنواخت، انتخاب می شود .

۲- معیار پذیرش:

بسته به مقادیر تابع هدف و نقض محدودیت های محاسبه شده نقطه جدید، یکی از مراحل زیر دنبال می شود:

۱- اگر حالت جدید غیر قابل قبول باشد (محدودیت ها را نقض کند) در حالیکه حالت پیشین قابل قبول باشد و یا محدودیت ها را کمتر نقض کند، حالت جدید پذیرفته نمی شود و نقطه جدیدی توسط تابع تولید وضعیت جدید انتخاب می گردد.

۲- چنانچه حالت پیشین غیر قابل قبول باشد، در حالیکه حالت جدید قابل قبول باشد یا محدودیت ها را کمتر نقض کند، و یا هر دو حالت قابل قبول باشند ولی حالت جدید وزن کمتری را نتیجه دهد، حالت جدید جایگزین حالت پیشین می شود و نقطه جدید انتخاب می گردد.

۳- در صورتی که هر دو حالت جدید و پیشین قابل قبول باشد ولی حالت جدید مقدار تابع هدف بیشتری را نتیجه می دهد (در مسائل کمینه سازی) معیار پذیرش به مقایسه مقادیر تابع هدف در نقطه جدید و نقطه پیشین می پردازد. تابع پذیرش در واقع احتمال پذیرش نقطه تولید شده به عنوان نقطه جدید است معیارهای مختلف پذیرش تاثیری در سرعت همگرایی الگوریتم ندارد. در اینجا به معرفی دو تابع تولید وضعیت جدید شناخته شده می پردازیم.

تابع پذیرش متروپولیس:

$$P = \text{Min}\{1, \exp[Y_{new} - Y_{old} / T]\} \quad (2-1)$$

آن Y_{old}, Y_{new} به ترتیب عبارتند از مقدار تابع هدف در نقطه جدید و پیشین، و T دما است.

تابع پذیرش سیگموند:

$$P = \text{Min}\left\{1, \frac{1}{1 + \exp[(Y_{new} - Y_{old}) / T]}\right\} \quad (2-2)$$

سپس عدد تصادفی x بین صفر و یک تولید می شود و اگر x بزرگتر یا مساوی p باشد، حالت جدید پذیرفته نمی شود و در غیر اینصورت حالت جدید جایگزین حالت پیشین می گردد.

۳- برنامه سرد کردن:

پس از اجرای هر حلقه الگوریتم دما اندکی کاهش یافته و الگوریتم دوباره اجرا می شود با اجرای متناوب الگوریتم و به دنبال آن، کاهش متوالی دما که به طور نظری باید تا بینهایت ادامه داشته باشد، توزیع نمونه برداری از فضای جستجو به توزیع بولتزمن در دمای نزدیک به صفر، میل می کند، یعنی بتدریج احتمال نمونه برداری از نقاط بهینه کلی تابع به یک میل می کند و احتمال گذار حالت از این نقاط به نقاط دارای مقدار تابع هدف بیشتر، به صفر نزدیک می شود، در چنین وضعیتی، سیستم به (ترازندی) رسیده است.

در شبیه سازی بازپخت فلزات، برنامه سرد کردن از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا اگر دمای اولیه زیاد باشد، احتمال متوقف شدن در بهینه های محلی کاهش می یابد، ولی از سوی دیگر، برای رسیدن الگوریتم به دمای نهایی (تقریباً صفر)، یا معادل آن دستیابی به بهینه کلی، زمان بیشتری لازم است روش تولید رشته T_k نیز اهمیت دارد، زیرا، اگر این روش سرعت دما را کاهش دهد الگوریتم در بهینه های محلی متوقف می شود و یا کاهش کند دما نیز سرعت همگرایی الگوریتم کم می کند.

تابع سرد کردن در هر مرحله الگوریتم (K) یا $T(K)$ نمایش داده می شود و T_k درجه حرارت در مرحله k ام لازم است. $(T_k = T(k))$ با در نظر گرفتن معیار پذیرش متروپولیس تابعی بصورت عکس لگاریتمی طبیعی مراحل الگوریتم (k) بدست آمده است.

$$T(k) = \frac{2.T_0.L_n}{L_n(2+k)}, k = 0, 1, 2, \dots \quad (2-3)$$

گونه های دیگری از تابع $T(k)$ نیز بصورت عکس مراحل الگوریتم (k) تعریف شده است :

$$T(k) = \frac{T}{k+1}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (2-4)$$

این تابع با کاهش درجه حرارت با یک ضریب ثابت کوچکتر از یک (α) نیز بیان شده است :

$$T(k) = (\alpha)^k T, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (2-5)$$

• $\langle\langle\alpha\rangle\rangle$

در روابط بالا، T دمای اولیه و k شمارنده مراحل الگوریتم است .

۲-۵-۲- الگوریتم ژنتیک

در میان روش های بهینه سازی الهام گرفته شده از طبیعت جاندار، الگوریتم ژنتیک از تکامل یافته ترین ها به شمار می رود. در طبیعت افرادی که در رقابت برای دست یابی به منابع محدودی مانند غذا و سر پناه پیروز می شوند، باقی می مانند و تولید مثل می کنند. برتری این افراد مدیون ویژگی های فردی آنها است که تا حد زیادی تحت تأثیر ژن های آنها قرار دارد. تولید مثل افراد پیروز، موجب تکثیر این ژن ها و در نتیجه ایجاد فرزندان بهتر می گردد. با انجام متوالی انتخاب بهترین افراد جمعیت و تولید مثل آنها، کل جمعیت به سوی سازش بیشتر با محیط خود- یعنی دست یابی به منابع بهتر و بیشتر سوق می یابند.

الگوریتم های ژنتیک، الگوریتم های جستجویی هستند که بر اساس سازوکار (مکانیزم) انتخاب طبیعی و ژنتیک طبیعی ذکر شده در بالا بنا نهاده شده اند. این الگوریتم ها مناسب ترین رشته ها را از میان اطلاعات تصادفی سازمان دهی شده با روش جستجوی انسانی انتخاب می کنند. در هر نسل، یک گروه جدید رشته ها با استفاده از بهترین قسمت های رشته های قبلی و بخش جدید اتفافی، برای رسیدن به یک جواب مناسب بوجود می آید. بنابراین الگوریتم ژنتیک در انتخاب داده های جدید روند ساده ای را طی نمی کند؛ بلکه آنها داده های پیشین را با تفکر انتخاب نقاط جستجوی جدید برای رسیدن به پیشرفت مورد نظر، توأم می کنند.

در سال ۱۹۶۲ میلادی اصول نخستین جستجو به روش الگوریتم های ژنتیک توسط «جان هلند» و همکاران وی در دانشگاه میشیگان آمریکا پیشنهاد شد. جان هلند کتاب خود با عنوان «سازگاری در دستگاه های طبیعی و مصنوعی» را در سال ۱۹۷۵ منتشر نمود پس از آن بحث های فراوانی در مورد اعتبار و کارایی این روش در حل مسأله های بهینه سازی بوجود آمد.

از اوایل دهه ۱۹۸۰ به بعد، مقاله ها و رساله های بسیاری در تایید شیوه بهینه سازی توابع توسط الگوریتم ژنتیک انتشار یافته است. در زمینه مهندسی سازه، راجیو و کریشنامورثی و گریرسون و پاک نشان داده اند که الگوریتم ژنتیک مناسب ترین روش برای بهینه سازی سازه ها با متغیرهای گسسته می باشند. امروزه کاربرد الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی مسائل طراحی مهندسی موفقیت آمیز بوده است.

۲-۵-۱- ویژگیهای الگوریتم ژنتیک

روش های ژنتیکی نسبت به سایر فن های بهینه سازی عددی، دارای تفاوت هایی می باشند. مهمترین ویژگی های آنها به قرار زیر است:

۱- در راهکارهای ژنتیکی، از متغیرهای طراحی رمز گذاری شده بجای خود متغیر ها استفاده می شود. این ویژگی برای استفاده از متغیرهای گسسته بسیار مناسب است. خاطر نشان می نماید، افزون بر شیوه رمز گذاری دودویی، روش های دیگری برای رمز گذاری عامل ها وجود دارد.

۲- الگوریتم ژنتیک بر خلاف سایر راهکارهای بهینه سازی که عملیات جستجو را از یک نقطه آغاز می کنند، از چندین نقطه در فضای پاسخ به جستجوی طرح بهینه می پردازند. بنابراین از مشکل گیر افتادن در بهینه محلی بشدت می کاهند. به سخن دیگر، پاسخ الگوریتم ژنتیک با احتمال بیشتری نزدیک به بهینه کلی می باشد.

۳- بیشتر روش های بهینه سازی معمول با متغیرهای پیوسته کار می کنند و در صورتی که مسأله دارای

متغیرهای گسسته باشد، این روش ها با مشکل روبرو می شوند. اما الگوریتم ژنتیک بر خلاف این فرایندها با مقادیر گسسته کار می کند. این ویژگی برای مسأله های مهندسی بسیار مفید است. خاطر نشان می نماید، مسأله های با متغیرهای پیوسته و حتی تلفیقی از متغیرهای پیوسته و گسسته، به راحتی با الگوریتم ژنتیک قابل حل می باشند.

۴- الگوریتم ژنتیک در فضاها طراحی ناپیوسته و پیچیده توانمندی دارد. در برابر این، فن های مبتنی بر گرادین در اینگونه فضاها بسیار دشوار کار می کند و یا حتی پاسخی نمی دهد.

۵- در این شیوه فقط به مقدار تابع هدف نیاز می باشد. به سخن دیگر به پیوسته بودن تابع هدف و مشتق آن در بازه تعریف شده برای متغیرها نیاز نمی باشد.

۶- روش های معمول بهینه سازی عددی از قانون های قطعی برای هدایت فرایند جستجو استفاده می کنند، اما روش های ژنتیکی از قانون های تصادفی استفاده می نماید.

۷- الگوریتم ژنتیک می تواند با سایر روش های بهینه سازی بکار رود.

۸- الگوریتم ژنتیک برای بیشینه سازی تابع ها بکار می رود. بنابراین، اگر نیاز به کمینه سازی تابع هدف باشد، باید مسأله به بیشینه سازی تبدیل شود.

۹- این راهکار بر روی مقادیر نامنفی تابع هدف کار می کند. بنابراین اگر مقدار تابع هدف بازای مقادیری مثبت و به ازای مقادیر دیگری منفی باشد باید با بکار گیری شیوه هایی مناسب همه مقادیرها را نامنفی کرد.

۱۰- با توجه به اینکه روال جستجوی ارثی تصادفی می باشد، حتی اگر جمعیت نخستین یکسان باشد با هر بار اجرای برنامه امکان دستیابی به پاسخ های متفاوت وجود دارد.

۱۱- این شیوه نسبت به سایر روش های بهینه سازی نرمش دارد. به سخن دیگر کاربر می تواند دیدگاه های خود را به سادگی وارد تحلیل نماید. این ویژگی وابسته به غیر قطعی بودن فرایند الگوریتم ژنتیک است.

۱۲- این روش برای حل مسأله های نامقید می باشد، بنابراین، مسأله های مقید را نخست به نامقید تبدیل می کند.

۲-۲-۵-۲- چگونه عملکرد روش الگوریتم ژنتیک

در این بخش فرایند گام به گام الگوریتم ژنتیک بررسی می گردد. برای درک بهتر این فرایند، به حل یک مسأله بسیار ساده پرداخته خواهد شد. هدف یافتن کمینه تابع (۱-۲) می باشد. خاطر نشان می کند این مسأله نامقید می باشد:

$$F(x) = x_1^2 + \frac{x_2}{x_1} + x_3 \quad (1-2)$$

متغیرهای x_1 , x_2 می توانند مقادیر گسسته در جدول (۱-۲) را بپذیرند. دامنه مقدار x_3 نیز در بازه $[-4,4]$ می باشد.

جدول (۱-۲) - مقادیر مجاز متغیرهای x_1 , x_2

X	1	2	3	4	5	6	7
x_1	0.1	0.25	0.50	0.67	0.73	1.5	1.85
x_2	1	1.6	1.78	1.85	-	-	-

۱- طول رشته ها:

هر متغیر بصورت یک زیررشته رمزگذاری می شود. در حقیقت، رشته که از کنارهم قرار گرفتن این ژن ها بوجود می آید، یک پاسخ در فضای جستجو می باشد. بنابراین، نخستین گام برای حل مسأله با روش ژنتیکی

بدست آوردن طول هر زیر رشته می باشد. این طول به شمار مقادارهای گسسته آن متغیر و سامانه رمز گذاری بستگی دارد. طول زیر رشته در رمز گذاری گسسته از رابطه زیر بدست می آید:

$$k^{L_i} \geq N_d \quad (2-2)$$

در رابطه فوق، N_d تعداد مقادارهای گسسته، L_i طول زیر رشته و k تعداد حرف موجود در سامانه رمز گذاری می باشد. بطور معمول از شکل دودویی برای رمز گذاری استفاده می شود. در این حالت $k=2$ است و رابطه (2-2) به رابطه (3-2) تبدیل می شود:

$$2^{L_i} \geq N_d \quad (3-2)$$

در این مسأله با توجه به مقادارهای گسسته برای متغیرهای x_1 و x_2 ، طول زیر رشته بصورت زیر در دسترس قرار می گیرد:

$$2^{L_1} \geq 7 \Rightarrow L_1 = 3$$

$$2^{L_2} \geq 4 \Rightarrow L_2 = 2$$

چون متغیر x_3 پیوسته می باشد، طول زیر رشته وابسته به آن را نمی توان با رابطه (3-2) بدست آورد. در الگوریتم ژنتیک مقادارهای پیوسته به گسسته تبدیل می گردد. برای انجام این کار بازه مسأله به بخش های کوچک تقسیم می شود. با مشخص ساختن نرخ تقسیمات که در واقع مین دقت ارزیابی می باشد، هرچه r نرخ تقسیمات کمتر گردد، تعداد متغیرهای گسسته افزایش می یابد و دقت ارزیابی بالاتر می رود:

$$N_d = CEILING\left(\frac{X_{\max} - X_{\min}}{r}\right) + 1 \quad (4-2)$$

$$2^{L_i} \geq N_d$$

تابع CEILING کوچکترین عدد صحیحی که بزرگتر یا مساوی خود آرگومان باشد را برمی گرداند. به عنوان نمونه چنانچه بخواهیم بازه [1,2] را بانرخ تقسیم ۰,۷ گسسته کنیم، اعداد ۱,۷ و ۲,۱ حاصل می گردد که در نتیجه مطابق فرمول (۲-۴)، $N_d = 3$ می گردد. چنانچه نرخ تقسیمات متغیر x_3 برابر 0/00783 باشد طول رشته بدست آمده L_3 ، برابر ۱۰ میگردد.

پس از محاسبه طول هر زیر رشته، طول کروموزوم از کنارهم قرار گرفتن زیر رشته ها و از رابطه (۲-۵) بدست می آید:

$$L_c = \sum_{i=1}^n L_i \quad (۲-۵)$$

در این رابطه، L_c طول کروموزوم، n شمار متغیرها و L_i طول زیر رشته i ام می باشد. بنابراین، در این مثال، طول کروموزوم به قرار زیر است:

$$L_c = 3 + 2 + 10 = 15$$

بدین گونه، طول هر زیر رشته و کروموزوم بدست می آید. در حالت کلی، طول زیر رشته ها و کروموزوم می تواند در طول فرایند بهینه سازی تغییر کند. در این مثال با فرض ثابت بودن طول کروموزوم، الگوریتم ژنتیک ساده شرح داده شد.

۲-آفرینش جمعیت نخستین:

پس از بدست آمدن طول زیررشته ها و کروموزوم ها نوبت به آفرینش جمعیت نخستین می رسد. این جمعیت می تواند کاملاً بصورت تصادفی و یا با اعمال نظر کاربر ایجاد شود. تعداد جمعیت باید مقداری زوج باشد. بصورت تصادفی، کروموزوم هایی به طول L_c ایجاد می شوند. اگر در مثال پیشین اندازه جمعیت برابر شش باشد کروموزوم های زیر که بصورت تصادفی ایجاد شده اند جمعیت نخستین را تشکیل خواهند داد:

$chrom1 = 111010011110101$
 $chrom2 = 001110000010011$
 $chrom3 = 110001010001010$
 $chrom4 = 010101100100011$
 $chrom5 = 101000001111011$
 $chrom6 = 100111101000111$

در صورتی که جمعیت نخستین با اعمال نظر کاربر ایجاد شود باید مقدارهای مورد نظر برای هر ژن بصورت دودویی تبدیل شود، در ادامه کار، زیررشته ها کنار یکدیگر قرار گیرند و تشکیل کروموزوم دهند.

۳- رمز گشایی:

پس از ایجاد جمعیت نخستین، هر یک از کروموزوم ها که نماینده یک طرح می باشند، رمز گشایی می گردند. بر این اساس، مقدار واقعی متغیرهای وابسته به هر بردار پاسخ بدست می آید. برای این کار نخست مقدارهای دودویی ژن ها به عددهای صحیح تبدیل می شود. این کار در حقیقت رونویسی RNA از روی DNA در ژنتیک طبیعی می باشد. سپس، بر اساس عدد صحیح ژن ها مقدار واقعی هر متغیر در دسترس قرار می گیرد. این مرحله همان مرحله تولید پروتئین از روی RNA می باشد. مقدار صحیح هر ژن از رابطه (۶-۲) محاسبه می شود.

$$R_{substr_k} = \sum_{i=1}^{L_k} C(i) \times 2^{i-1} + 1 \quad (6-2)$$

در این جا، $C(i)$ مقدار i امین بیت متغیر k ام و یا همان مقدار ژن می باشد. در سامانه دودویی مقدار هر بیت ۰ یا ۱ است. در ادامه برای نمونه، کروموزوم شماره ۱ رمز گشایی می شود. نخست، زیر رشته های کروموزوم تفکیک می گردند:

$$chrom1 = 1101001111 \ 0101 \Rightarrow substr_1 = 111 \ , substr_2 = 01 \ , substr_3 = 0011110101$$

با بکار گیری رابطه (۶-۲) مقدار صحیح وابسته به هر زیر رشته بدست می آید. این مقدار ها با R_{substr} نمایش داده می شوند.

در برابری های کنونی زیر رشته $substr_i$ و $Rsubstr_i$ بترتیب مقدار زیر رشته i ام در مبنای ۲ و عدد صحیح مربوط به آن را نشان می دهد. بنابراین RNA مربوط به کروموزوم یکم بصورت بردار زیر می باشد:

$$RNA_1 = \{8,2,246\}$$

همانند ساخت پروتئین در ژنتیک طبیعی بردار پاسخ این کروموزوم از روی RNA بدست می آید با توجه به فرایند متفاوت برای متغیرهای پیوسته و گسسته هر کدام از آنها بصورت جداگانه بررسی می گردد.

متغیر های گسسته: در متغیرهای گسسته، مقدار صحیح متغیر، شماره مقدار گسسته آنرا نمایش می دهد. در مثال پیشین، $Rsubstr_1=8$ به هشتمین مقدار گسسته وابسته به x_1 در جدول (۱-۲) اشاره دارد. همچنین $Rsubstr_2=2$ یعنی مقدار x_2 برابر دومین مقدار گسسته آن در جدول (۱-۲) می باشد در حالت کلی این مقدارهای صحیح می تواند مشخصه های مختلفی را نشان دهند. به عنوان نمونه، در بهینه سازی یک سازه فولادی این مقدارها می توانند شماره پروفیل به کار رفته را مشخص کند. در مثال پیشین $Rsubstr_1=8$ می باشد، اما در جدول (۱-۲) متغیر یکم تنها ۷ مقدار مختلف دارد این نارسایی از آنجا است که طول هر زیر رشته براساس رابطه (۲-۳) که یک رابطه نامساوی است بدست می آید. خاطر نشان می نماید در حالتی که $Rsubstr_i > N_{di}$ باشد، مقدار $Rsubstr_i$ بر اساس رابطه زیر که توسط هاجلاو پیشنهاد شده است بازنگری می گردد [۵]:

$$Rsubstr_i = INT\left(\frac{N_d \times (Rsubstr_i - N_d)}{2^{L_i} - N_d}\right) \quad (۷-۲)$$

$$Rsubstr_1 = INT\left(\frac{7(8-7)}{2^3 - 7}\right) = 7$$

پس از بازنگری، متغیر x_1 هفتمین مقدار مجاز را در جدول (۱-۲) را می پذیرد. در ادامه کار مقدار x_3 ، که یک مقدار پیوسته است، مشخص می گردد.

متغیر های پیوسته: همچنان که دیدیم با مشخص نمودن دقت ارزیابی متغیر های پیوسته به یک سلسله متغیر های گسسته تبدیل گردید. مشابه قسمت قبلی چنانچه $R_{substr_i} > N_d$ در ابتدا بایستی R_{substr_i} مورد بازنگری قرار گیرد (۲-۷). سپس خواهیم داشت:

$$X_i = \min((X_{\min} + (R_{substr_i} - 1) \times r), X_{\max}) \quad (۸-۲)$$

به عنوان نمونه چنانچه بازه [1,2] را با نرخ تقسیم ۰,۷ گسسته نمودیم تعداد اعضای جمعیت $N_d = 3$ که در نتیجه با تولید اعداد R_{gen} ، ۱ و ۲ و ۳ بترتیب اعداد ۱,۷ و ۲,۱ و ۲,۱ حاصل می گردد.

۴- ارزیابی طرح ها:

در الگوریتم ژنتیک، طرح های برتر، اقبال بیشتری برای انتخاب دارند. براین اساس، باید یک معیار مناسب برای برتری وجود داشته باشد. این معیار همان برازندگی طرح می باشد. برای انجام ارزیابی درست طرح و یافتن برازندگی آن باید به ویژگی های زیر پرداخت :

تابع هدف: تابع هدف به ازای هر کدام از بردارهای پاسخ بدست می آید. مقدارهای تابع هدف برای مثال مورد بحث بصورت جدول (۲-۲) است .

جدول (۲-۲) - تابع هدف به ازای بردارهای پاسخ

شماره طرح	x ₁	x ₂	x ₃	مقدار تابع هدف
1	1.85	1.6	-2.082	2.205
2	0.25	1.85	-3.855	3.6075
3	1.85	1	1.074	5.03
4	0.5	1.78	2.269	6.079

5	1.5	1	-3.04	-0.123
6	0.73	1.85	2.55	5.617

تبدیل مسأله های مقید به نامقید: الگوریتم های ژنتیک برای بیشینه سازی مسأله های نامقید می باشد. برای تبدیل مسأله های مقید به نامقید از روش تابع پناستی استفاده می شود. برای برخی مسائل تابع هدف بدون قید می باشد، اما برای برخی مسائل بهینه سازی، به عنوان مثال وزن یک خرپا، با محدود شدن تنش عضوها به مقدار مجاز، تابع هدف بصورت زیر بازنگری می شود. $Gol(x)$ تابع هدف و $\varphi(x)$ تابع هدف اصلاح شده می باشد.

$$\varphi(x) = Gol(x) + Gol(x) \times r_p \left[\sum_{i=1}^m \left[\left(\frac{|\sigma_i|}{\sigma_i} - 1 \right)^+ \right] \right] \quad (10-2)$$

$$\left(\frac{|\sigma_i|}{\sigma_i} - 1 \right)^+ = m \quad \left(\frac{|\sigma_i|}{\sigma_i} - 1, 0 \right) \quad (11-2)$$

در رابطه های کنونی، m شماره عضوها، σ_i تنش موجود، $\overline{\sigma_i}$ تنش مجاز عضو i ام و r_p ضریب تابع پناستی است.

تابع هدف $Gol(x)$ بصورت زیر نوشته می شود:

$$G(x) = \sum_{i=1}^m \rho A_i L_i \quad (12-2)$$

نامنفی کردن تابع هدف: هنگامی که تابع هدف بازای پاره ای متغیرها مثبت و بازای برخی دیگر منفی

باشد، باید مقدار تابع هدف بصورت زیر به مقداری نامنفی تبدیل شود :

$$F_i(x) = G_i(x) + C_{\min} \quad (14-2)$$

در رابطه کنونی $Gol_i(x)$ مقدار تابع هدف مربوط به بردار طرح i ام، $F_i(x)$ تابع هدف اصلاح شده و C_{\min} مقدار مثبت و ثابتی است که توسط کاربر داده می شود. همچنین، این مقدار می تواند قدر مطلق کوچکترین مقدار تابع هدف نسل کنونی و یا چند نسل پیشین باشد. بر اساس جدول (۲-۲)، مقدار تابع هدف کروموزوم پنجم منفی است. در ادامه، قدر مطلق کوچکترین عدد نسل کنونی برای C_{\min} بکار می رود.

جدول (۲-۳) - نامنفی کردن تابع هدف

شماره طرح	x_1	x_2	x_3	$Gol_i(x)$	$F_i(x)$
1	1.85	1.6	-2.082	2.205	2.328
2	0.25	1.85	-3.855	3.6075	3.73
3	1.85	1	1.074	5.03	5.153
4	0.5	1.78	2.269	6.079	6.202
5	1.5	1	-3.04	-0.123	0
6	0.73	1.85	2.55	5.617	5.74

تبدیل مسأله کمینه سازی به بیشینه سازی: در الگوریتم ژنتیک روش های گوناگونی برای این کار وجود دارد. تابع اصلاح شده، برازندگی نام دارد. در مسأله های بیشینه سازی تابع هدف همان برازندگی است. هرچه طرح مناسبتر باشد، برازنده تر خواهد بود. برای تبدیل تابع هدف به برازندگی در مورد مسأله های کمینه سازی بطور معمول، از رابطه زیر استفاده می شود :

$$Fit_i(x) = C - F_i(x) \quad (14-2)$$

در این رابطه $Fit_i(x)$ برازندگی کروموزوم i ام و $F_i(x)$ مقدار تابع هدف اصلاح شده کروموزوم i ام می باشد. عامل C مقدار مثبتی است که به شیوه های گوناگونی در دسترس قرار می گیرد. این عامل می تواند بزرگترین مقدار تابع هدف در نسل کنونی و یا چند نسل پیشین باشد :

$$Fit_i(x) = F_{\max} - F_i(x) \quad (15-2)$$

در این روش، برازندگی نامناسبترین طرح برابر با صفر است. بنابراین، هیچ اقبالی برای تولید مثل وجود ندارد. برای دادن اقبال زیست به بدترین طرح که ممکن است در نسل های بالا بدترین طرح نیز دارای خواص خوبی باشد، از مجموع کمترین و بیشترین مقدار تابع هدف در نسل کنونی و یا نسل های پیشین بهره جویی می گردد.

$$Fit_i(x) = F_{\max} + F_{\min} - F_i(x) \quad (17-2)$$

نمونه عددی کنونی، مسأله کمینه سازی است. حال برازندگی هر کروموزوم حساب می شود. در اینجا $F_{\min} = 0$ و $F_{\max} = 6.202$ می باشد. جدول (۲-۴) مقادیرهای برازندگی را نشان می دهد. بر اساس این جدول هرچه طرح مناسبتر باشد، مقدار تابع هدف کمتر و برازندگی آن بزرگتر خواهد بود.

جدول (۳-۴) - مقادیر برازندگی افراد

شماره طرح	تابع هدف	تابع هدف اصلاح شده	برازندگی
1	2.205	2.328	3.874
2	3.6075	3.73	2.471
3	5.03	5.153	3.049
4	6.079	6.202	0
5	-0.123	0	6.202
6	5.617	5.74	0.462

۵- شرط توقف برنامه:

مسئله بهینه سازی کلی، در حالت عمومی خود غیر قابل حل است. بنابراین در زمان محدود (یعنی در عمل) نمی توان انتظار دستیابی به بهینه کلی تابع را داشت. با این حال، معمولاً علاقه داریم که با عنوان عاملی اطمینان بخش، الگوریتم بهینه سازی ما با احتمال بالا، به بهینه کلی همگرا شود. با توجه به این نکته، در این بخش به بررسی همگرایی و شرط توقف روند جستجو در الگوریتم ژنتیک می پردازیم.

رودلف در مقاله خود به بررسی رفتار الگوریتم ژنتیک ساده از لحاظ همگرایی پرداخته است. تحلیل رودلف نشان می دهد که الگوریتم ژنتیک ساده در زمان بی نهایت به بهینه کلی خود همگرا نمی شود. این نتیجه چندان نگران کننده نیست؛ زیرا اولاً الگوریتم همیشه در زمان محدود اجرا می شود و در نتیجه ناچاریم به تقریب بهینه کلی اکتفا کنیم. ثانیاً این نتیجه به آن معنی نیست که الگوریتم هرگز به بهینه کلی نمی رسد؛ بلکه به این معنی است که الگوریتم در بهینه کلی باقی نخواهد ماند و از آن خارج می شود. در واقع بطور متوسط این پیشامد در زمان محدود رخ می دهد. در زمان بی نهایت، الگوریتم بی نهایت بار به بهینه کلی می رسد و از آن خارج می شود. مسأله ای که بیشتر از همگرایی الگوریتم در بی نهایت اهمیت دارد، زمانی است که باید صرف شود تا الگوریتم برای نخستین بار به بهینه کلی برسد [۶].

با توجه به نکته ای که برای محدود بودن زمان متوسط عبور الگوریتم از بهینه کلی ذکر گردید، رودلف نشان داده است که اگر بهترین فرد جمعیت در طول اجرای الگوریتم در حافظه ای جدا از جمعیت ذخیره شود، الگوریتم در زمان بی نهایت به بهینه کلی همگرا می شود. بهترین فرد را می توان در یکی از دو مرحله قبل و یا بعد از انتخاب در جمعیت یافت و ذخیره کرد.

پژوهشگران نشان داده‌اند که با استفاده از انتخاب نخبه‌گرا می‌توان در زمان بی‌نهایت به بهینه کلی تابع دست یافت. انتخاب نخبه‌گرا به این معناست که بهترین فرد هر نسل بدون تغییر به نسل بعد منتقل شود. این حالت با حالتی که در بررسی کار رودلف گفته شد متفاوت است، زیرا در اینجا بهترین فرد در تولید نسل بعد هم شرکت می‌کند، در حالی که در آنجا چنین نبود. بنابراین با به کار بردن ترفند انتخاب نخبه‌گرا می‌توان از همگرایی روند جستجو اطمینان خاطر حاصل نمود.

در الگوریتم ژنتیک از شرط‌های گوناگونی برای توقف روند جستجو بهره جویی می‌گردد. این شرط‌ها به دو گونه زیرند:

۱- شرط‌های مستقل از پاسخ

۲- شرط‌های وابسته به پاسخ

شرط بیشینه‌شمار حلقه از شرط‌های مستقل از پاسخ می‌باشد. این عدد صحیح مثبت توسط کاربر وارد رایانه می‌گردد. اگر شمار حلقه (نسل) به این مقدار برسد، حتی در صورت واگرایی برنامه می‌ایستد. در شرط‌های وابسته به پاسخ، توقف روند جستجو به پاسخ برنامه بستگی دارد.

۶- عملگر انتخاب:

این عملگر بر اصل انتخاب طبیعی داروین استوار است. براین اساس، پاسخ‌های بهتر بخت بیشتر و جواب‌های بدتر اقبال کمتری برای انتخاب و رفتن به حوضچه پیوند خواهند داشت. عملگرانتخاب به روش‌های گوناگونی انجام می‌پذیرد که در ادامه می‌آیند:

انتخاب متناسب: در این راهکار هر فرد بر اساس برازندگی خود به نسبت برازندگی تمام کروموزوم های نسل خود، افرادی را جهت ایجاد نسل آینده به حوضچه آمیزش خواهد فرستاد. به سخن دیگر هر کروموزوم به تعداد Ncopy نماینده دارد.

$$Ncopy_i = INT\left(\frac{Fit_i}{\sum_{i=1}^{Npop} Fit_i} Npop\right) \quad (19-2)$$

رابطه فوق را می توان بصورت زیر نوشت :

$$Ncopy_i = INT\left(\frac{Fit_i}{Fit_{avg}}\right) \quad (20-2)$$

در این رابطه ها Npop اندازه جامعه، Fit_i برازندگی فرد i ام و Fit_{avg} میانگین برازندگی نسل می باشد. تابع INT نیز جزء صحیح آرگومان خود را برمی گرداند. برای مثال مورد بحث، مقدارهای زیر در دسترس قرار می گیرند :

$$Fit_{avg} = 2.676$$

$$Ncopy_1 = 1$$

$$Ncopy_2 = 0$$

$$Ncopy_3 = 1$$

$$Ncopy_4 = 0$$

$$Ncopy_5 = 2$$

$$Ncopy_6 = 0$$

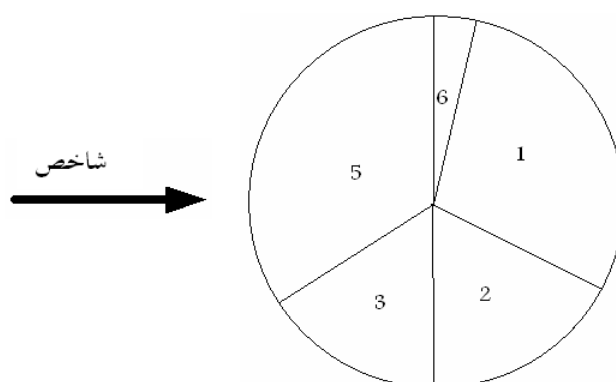
خاطر نشان می نماید، شمار کروموزوم های موجود در حوضچه پیوند باید برابر اندازه جمعیت باشد. اگر شمار

افراد حوضچه کمتر از افراد جامعه باشد، در این صورت کروموزوم ها بر اساس قسمت اعشار $\frac{Fit_i}{Fit_{avg}}$ بازچینی

می گردند. در ادامه از بزرگترین اعشار به پایین، تا کامل شدن تعداد کروموزوم ها در حوضچه، نمایندگان به

آن فرستاده می شود. در این روش تصادف هیچ نقشی ندارد و به همین علت به آن روش انتخاب قطعی نیز می گویند.

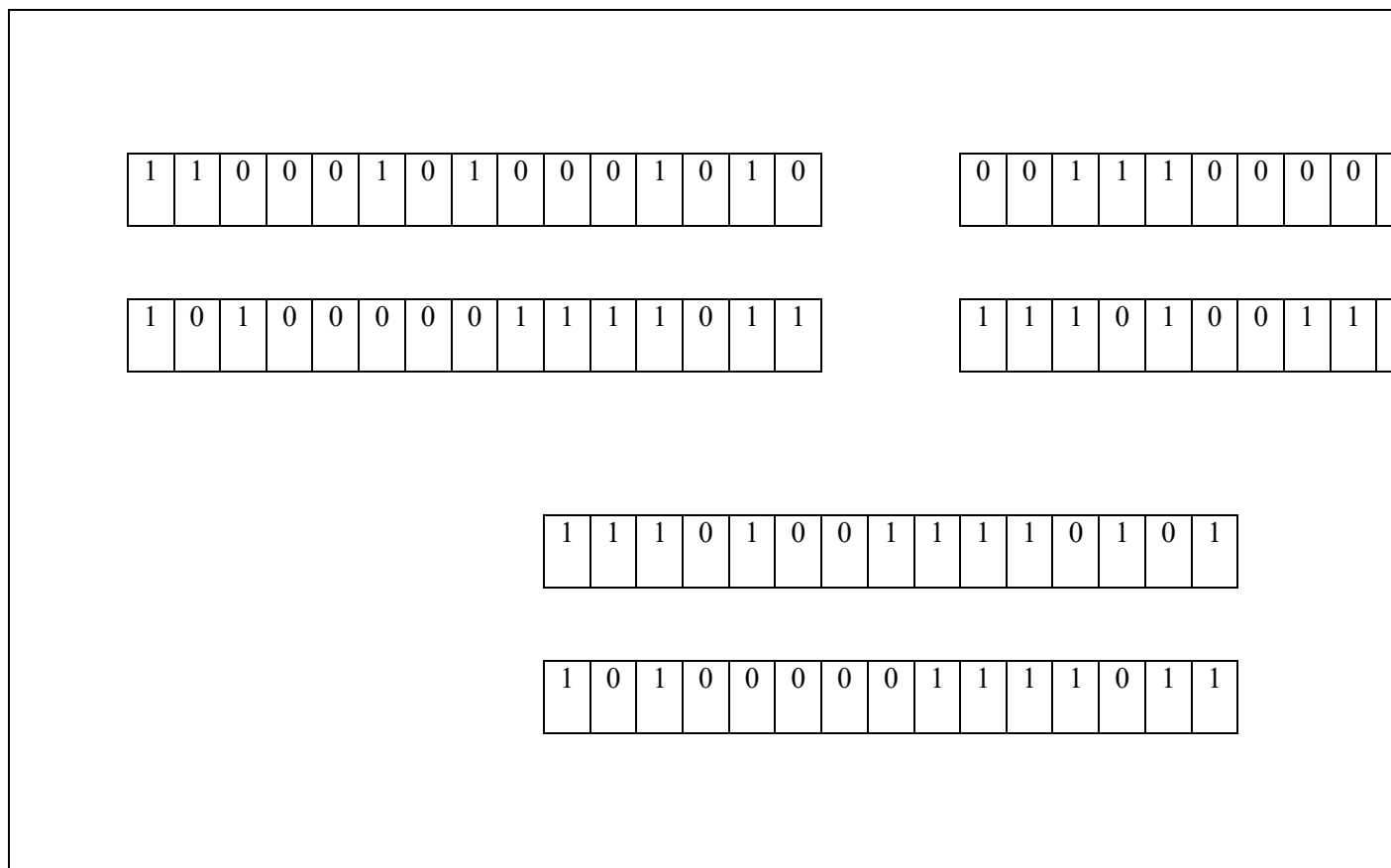
روش چرخ گردان: این راه کار ساده ترین شیوه انتخاب است. در این روش چرخ همانند شکل (۲-۱) بکار می رود. در ادامه به هر فرد قطعی از این چرخ به نسبت برازندگی آن نسبت داده می شود.



شکل (۲-۴) - چرخ گردان

سپس، به اندازه جمعیت، اعداد تصادفی در بازه $(0, 2\pi)$ ، ایجاد می شوند. رشته هایی که اعداد تصادفی در قطاع وابسته به آنها قرار گیرد، برای رفتن به حوضچه آمیزش انتخاب می گردند. براساس شکل (۲-۱) چون برازندگی فرد چهارم صفر می باشد، هیچ قطعی از چرخ به آن اختصاص نیافته است. به سخن دیگر احتمال انتخاب این کروموزوم صفر می باشد. از سویی دیگر، فرد پنجم که دارای بیشترین برازندگی است بیشترین قطاع را به خود اختصاص می دهد.

در ادامه کار، کروموزوم های موجود در حوضچه که شمار آنها برابر اندازه جمعیت می باشد بطور تصادفی و به صورت جفت جفت در کنار یکدیگر قرار می گیرند. شکل (۲-۲) این موضوع را درباره مثال مورد بحث نشان می دهد.

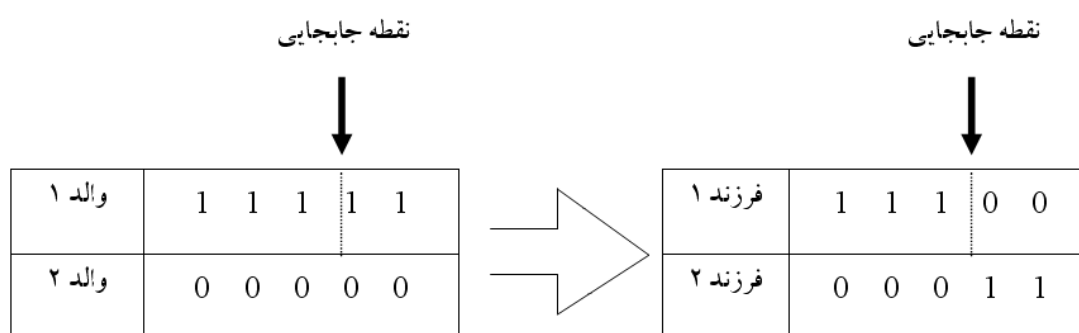


شکل (۲-۵) - جفت کروموزوم ها در استخر آمیزش

۲- عملگر پیوند:

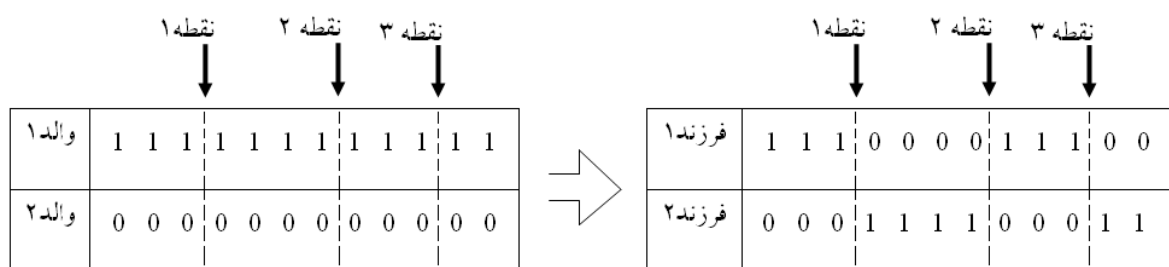
تا کنون هیچ تغییری در ساختار کروموزوم های نخستین صورت نگرفته است. اگر در روش های ژنتیکی فقط به عملگر انتخاب بسنده شود، جوابی بهتر از پاسخ نسل یکم در دسترس قرار نمی گیرد. بنا براین به عملگر جدیدی که بر اساس اطلاعات موجود، طرح های جدیدی ارائه دهد، نیاز می باشد. عمل گر پیوند مهمترین عملگر این روش و موتور جستجوی آن است. این عملگر بر روی یک جفت از کروموزوم ها عمل می کند و می تواند به صورت تک نقطه ای، چند نقطه ای و یکنواخت باشد. در عمل جابجایی تک نقطه ای، ابتدا نقطه ای در حد فاصل دو بیت مجاور در کروموزوم های والدین به تصادف انتخاب می گردد و سپس دو کروموزوم از این نقطه شکسته شده و بخش های شکسته دو کروموزوم با همدیگر جابجا می گردند. بدین ترتیب دو کروموزوم جدید به دست می آید.

به کروموزوم های اولیه، کروموزوم های «والد» و به کروموزوم های حاصل شده از عمل جابجایی و جهش، کروموزوم های «فرزند» گفته می شود. در شکل (۲-۳) مثالی از عمل جابجایی تک نقطه ای بین یک زوج کروموزوم نشان داده شده است. در این شکل کروموزوم های والد ۱ و ۲ از نقطه بین بیت های ۴ و ۵ با همدیگر جابجا شده اند. در صورتی که کروموزوم ها از کدگذاری چند متغیر به وجود آمده باشد بهتر است که نقطه جابجایی، محل اتصال متغیرها انتخاب گردد.



شکل (۲-۶) - مثالی از عمل جابجایی تک نقطه‌ای

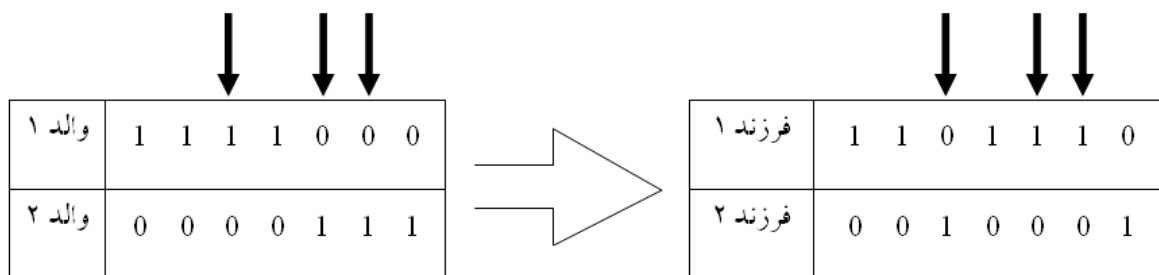
تفاوت عملگر جابجایی چند نقطه‌ای در مقایسه با عملگر جابجایی تک نقطه‌ای در این است که نقطه شکست دو کروموزوم، بیش از یکی است و جابجایی در بخش‌های شکسته شده دو کروموزوم به صورت یک در میان، انجام می‌گیرد. در شکل (۲-۴) مثالی از عمل جابجایی چند نقطه‌ای نشان داده شده است. در این شکل کروموزوم‌های والد از سه نقطه شکسته شده و بخش‌های ۲ و ۴ کروموزوم‌های والدین با همدیگر جابجا شده‌اند.



شکل (۲-۷) - مثالی از عمل جابجایی چند نقطه‌ای (سه نقطه‌ای)

در عمل جابجایی یکنواخت، بیت‌های یکی از کروموزوم‌های والد در داخل یک جعبه ریخته شده و سپس به صورت تصادفی، هر بار یک بیت از جعبه بیرون آورده شده و کنار هم قرار داده می‌شود. با این کار، یک الگوی جابجایی بدست می‌آید و بر اساس آن عمل جابجایی بین کروموزوم‌های والد انجام می‌گیرد. بدین ترتیب که بیت‌های متناظر با بیت‌های صفر الگو از کروموزوم‌های والد جابجا می‌گردد. در شکل (۲-۵) مثالی از عمل جابجایی یکنواخت نشان داده شده است. در این شکل الگوی جابجایی از والد ۱ به صورت ۱۱۰۱۰۰۱ تعیین شده است.

با توجه به الگوی جابجایی که به صورت تصادفی بدست آمده است، بیت های سوم، پنجم و ششم (محل بیت های صفر در الگوی جابجایی) کروموزم های والد با هم جابجا شده اند و بقیه بیت ها ثابت مانده اند. عملگر جابجایی با احتمال P_c (CROSS OVER) یا همان احتمال پیوند، بر روی کروموزم های والد اعمال می گردد. یعنی عمل جابجایی بین کروموزم های والد با احتمال P_c انجام می گیرد. لازم به ذکر است که اثر هر یک از عملگرهای جابجایی (تک نقطه ای، چند نقطه ای و یکنواخت) در سرعت همگرایی الگوریتم، دقیقاً مشخص نیست و به مسأله مورد نظر بستگی دارد.



شکل (۲-۸) - مثالی از عمل جابجایی یکنواخت با الگوی ۱۱۰۱۰۰۱

۸- عملگر جهش:

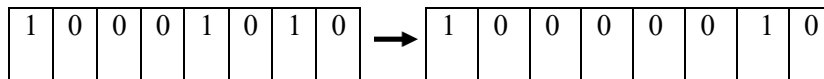
بطور معمول در جامعه های کوچک احتمال دارد که یک بیت مشخص (مانند بیت دوم)، در تمام افراد جامعه دارای مقدار یکسانی (مثل یک) باشند. در این صورت، بر اساس عملگر پیوند، این بیت هیچگاه مقدار مخالف یک را نخواهد پذیرفت. از سوی دیگر امکان دارد مقدار صفر با ارزشتر باشد. در این صورت، وجود عملگری مانند جهش، برای بازیابی این بیت ها می تواند مفید باشد. این عملگر روی هر یک از کروموزم های حاصل از عمل جابجایی عمل می کند. بدین ترتیب که به ازای هر بیت از کروموزم، یک عدد تصادفی تولید می گردد. اگر مقدار این عدد تصادفی کمتر از مقدار P_m (MUTATION) احتمال انجام عمل جهش باشد، در آن بیت عمل

جهش انجام می شود در غیر این صورت، در آن بیت عمل جهش انجام نمی گیرد. لازم به ذکر است که مقدار P_m معمولاً خیلی کوچک در نظر گرفته می شود.

در برخی موارد عمل جهش در هر بیت با تولید تصادفی عدد 0 یا 1 و جایگزینی آن به جای بیت مورد جهش انجام می گیرد. اما در اغلب کاربردهای ژنتیک، عمل جهش در یک بیت با متمم ساختن آن انجام می گیرد. آزمایشات نشان داده است که این روش مناسب تر می باشد. در مثال مزبور اگر احتمال جهش 0.002 باشد، براساس اینکه اندازه جامعه شش و طول هر کروموزوم پانزده باشد، بطور میانگین در هر نسل:

$$0.002 \times 6 \times 15 = 0.18$$

بیت مورد جهش قرار میگیرد. به سخن دیگر بطور میانگین در هر شش نسل در یک بیت جهش رخ می دهد. پس از وارد شدن جهش کروموزوم های جدید جانشین نسل پیشین می شوند و در ادامه از مرحله ارزیابی به بعد تکرار می شود. شکل (۲-۶) طرز کار عملگر جهش را نشان می دهد.



شکل (۲-۹) - عملگر جهش

فصل سوم

بهینه سازی تیورق ها

1-3- پیشگفتار

مانند سایر مسائل طراحی، طرح تیورقها بر اساس آزمون و خطا انجام می شود، بدیهی است که نمی توان با چنین روشی به وزن کمینه سازه دست یافت. به منظور اقتصادی کردن طرح تیورقها که به دلیل کاربرد فراوان و ابعاد بزرگ آنها فولاد زیادی مصرف می شود، استفاده از روش مناسبی برای بهینه کردن وزن آنها ضروری به نظر می رسد. در این پایان نامه از روش الگوریتم ژنتیک، که روشی کارا و مناسب در بهینه سازی است، برای بهینه سازی تیورق ها استفاده شده است. الگو و طرح برنامه نوشته شده بگونه

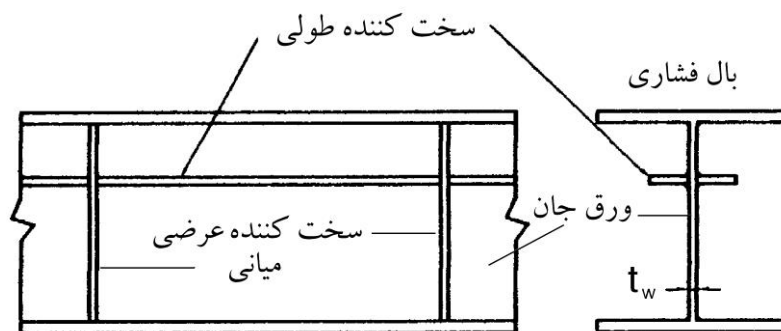
ای است که قابلیت دستیابی به طرح تیر ورق با مقاطع متغیر فراهم گردد بر اساس به تمایل کاربر تعداد مقاطع تغییر یافته در طول تیر و همچنین دقت طراحی قابل افزایش و کاهش باشد.

3-2- تیورورق ها :

3-2-1- انواع تیر ورق:

با از دیاد طول دهانه تیرها و در نتیجه افزایش مقدار لنگر خمشی ، نیمرخهای نورد شده در بازار جوابگوی آثار نیروهای داخلی نمی باشند، در این صورت یکی از بهترین راه حل ها استفاده از تیورورق است. امروزه تیورورقها به گونه ای گسترده به عنوان تیرهای اصلی در سالنهای صنعتی با دهانه بزرگ و یا به عنوان تیرهای حمال پل در جاده و راه آهن مورد استفاده قرار می گیرند.

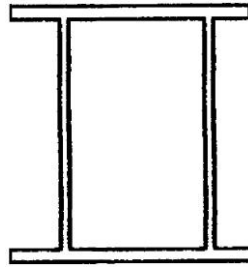
تیورورق از به هم پیوستن دو ورق بال و یک ورق جان تشکیل می شود که به منظور پایداری ورق جان سخت کننده هایی به صورت عرضی و یا طولی در آنها تعبیه می شود. رایج ترین شکل تیورورق، مقطع I شکل است. نوع فولاد جان و بال در بیشتر موارد یکسان است، ولی گاهی برای اقتصادی تر کردن طرح، بال تیورورق را از فولاد اعلا می سازند. در این حالت تیورورق بدست آمده را تیورورق دوگانه می نامند (شکل 3-1).



شکل (3-1) - اجزای تیورورق

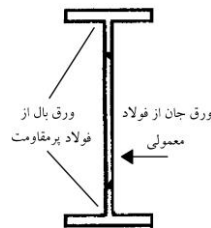
در فاصله سالهای 1900-1870 میلادی در ایالات متحده امریکا برای اتصال اجزای تیورورق مورد استفاده در پلها از پرچ استفاده می شد. دهانه این تیرها از 15 تا 45 متر تغییر می کرد. در اوایل دهه 1950 هنگامی که فنون جوشکاری پیشرفت قابل ملاحظه ای کرد، تمایل به استفاده از پرچ رفته رفته کمتر شد و جوش جای آن را گرفت. در این سالها استفاده از پیچهای با مقاومت بالا نیز رواج پیدا کرد. در حال حاضر جوش بیشترین استفاده در اتصال اجزای تیورورق را دارد. انواع مختلف تیورورق در شکلهای (3-2) تا (3-4) نشان داده شده است.

الف - تیورورق جعبه ای Box girder : این تیورورق مقاومت پیچشی خوبی در دهانه های بزرگ، از خود نشان می دهد (شکل (3-2)).



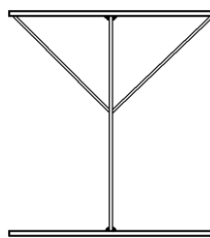
شکل (3-2) - تیرورق جعبه ای

ب - تیرورق دوگانه ای Hibrid girder : ورقهای مورد استفاده در این تیرورق به تناسب تنشهای بوجود آمده در آنها، دارای مقاومت های متفاوتند. این تیرورق از هنگامی بوجود آمد که فنون جوشکاری پیشرفت کرد. استفاده از این تیرورق میتواند به لحاظ اقتصادی مفید باشد (شکل (3-3)).



شکل (3-3) - تیرورق دوگانه

ج - تیرورق دلتا Delta girder : این تیرورق در مواقعی استفاده می شود که دهانه، بزرگ و در طول این دهانه، تکیه گاه جانبی کافی وجود نداشته باشد. این تیرورق سختی جانبی کافی برای مقابله با کمانش جانبی بال فشاری فراهم می کند (شکل (4-3)).



شکل (4-3) - تیرورق دلتا

3-2-2-2- کمانش تیر ورق ها:

از آنجایی که در تیرورق با سطوح بزرگی از ورق با ضخامت کم روبرو هستیم، مهمترین مساله ای که با آن روبرو هستیم ناپایداری ارتجاعی (کمانش) این ورق ها می باشد. ناپایداری هایی که در بررسی یک تیرورق با آن روبرو می شویم به صورت فهرست وار در زیر بیان شده است،

الف - ناپایداری بال فشاری تیرورق شامل :

1- کماتش جانبی بال فشاری

2- کماتش پیچشی بال فشاری

3- کماتش قائم بال فشاری

ب - ناپایداری های جان تیرورق شامل :

1- کماتش ورق جان در اثر تنشهای فشاری ناشی از خمش در صفحه جان (کمانش خمشی جان)

2- کماتش قائم ورق جان در اثر تنشهای فشاری ناشی از انحناى خمشی بال فشاری (کمانش قائم بال فشاری)

3- کماتش ورق جان در اثر تنشهای برشی

4- اثر متقابل تنشهای برشی و خمشی

5- کماتش قائم ورق جان در اثر تنشهای فشاری مستقیم ناشی از اعمال بار خارجی

در طراحی یک تیرورق توسط آیین نامه های طراحی، تک تک موارد فوق کنترل می شود . کلیه روابط استفاده شده در این فصل و در برنامه مطابق با آخرین نگارش آیین نامه فولاد ایران می باشد هر چند اختلاف کمی با آیین نامه فولاد امریکا (AISC) دارد.

3-2-3- روابط و شروط طراحی تیر ورقها:

مطابق با آیین نامه فولاد ایران [13] کلیه روابط طراحی تیر ورقها استخراج گردیده است . چون طرح تیر ورق بهینه با لاغری

جان توام است ($\frac{h}{t_w} > 260$) و نیاز به سخت کننده میانی دارد روابط و شروط ارائه شده براین اساس می باشد، که ذیلاً به شرح آن

می پردازیم:

3-2-3-1- تعیین تنش خمشی مجاز:

3-2-3-1-1- بررسی شرایط فشردگی مقطع:

$$\frac{b_f}{t_f} < \frac{545}{\sqrt{F_y}} \quad \text{اتصال بال به جان پیوسته باشد و} \quad \text{مقطع فشرده است} \quad (3-1)$$

$$\frac{b_f}{t_f} < \frac{795}{\sqrt{F_y/k_c}} \quad \text{مقطع غیر فشرده است} \quad (3-2)$$

تعیین k_c :

$$\frac{h}{t_w} > 50 \rightarrow K_c = \frac{\sqrt{h/t_w}}{\sqrt{h/t_w}} \geq 0.4 \quad (3-3)$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 50 \rightarrow K_c = 1 \quad (3-4)$$

t_f : ضخامت بال تیرورق (سانتیمتر)

t_w : ضخامت جان تیرورق (سانتیمتر)

b_f : پهناي بال تیرورق (سانتیمتر)

h : ارتفاع جان تیرورق (سانتیمتر)

F_y : تنش تسلیم فولاد (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

2-1-3-2-3- بررسی شرایط اتکای جانبی تیرورق:

$$(3-5) L_{c1} = \frac{635.b_f}{\sqrt{F_y}}$$

$$L_{c2} = \frac{1406000}{\left(\frac{d}{A_f}\right).F_y} \quad (3-6)$$

$$L_c = \text{Min}(L_{c1}, L_{c2})$$

$L_s < L_c \longrightarrow$ عضو خمشی دارای اتکای جانبی است

$L_s \geq L_c \longrightarrow$ عضو خمشی فاقد اتکای جانبی است

L_c : طول حداکثر حمایت جانبی بال فشاری در شرایط اتکای جانبی (سانتیمتر)

L_{c1}, L_{c2} : طول های حمایت جانبی (سانتیمتر)

L_s : فواصل تکیه گاههای جانبی واقعی تیرورق (سانتیمتر)

d : ارتفاع نهایی تیرورق (سانتیمتر)

b_f : پهناي بال تیرورق (سانتیمتر)

A_f : مساحت بال فشاری تیورق (سانتیمتر مربع)

F_y : تنش تسلیم فولاد (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

3-1-3-2-3- مقاطع دارای اتکای جانبی:

چنانچه عضو دارای اتکای جانبی بوده و شرایط مقطع فشرده (3-1) و (3-2) را نیز برآورده نماید در این صورت:

$$F_b = 0.66 F_y \quad (3-7)$$

و چنانچه عضو دارای اتکای جانبی بوده و شرایط مقطع غیر فشرده را داشته باشد خواهیم داشت:

$$F_b = 0.6 F_y \quad (3-8)$$

F_b : تنش مجاز خمشی (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

3-2-3-2-4- مقاطع فاقد اتکای جانبی:

چنانچه عضو کلاً فاقد اتکای جانبی باشد صرفنظر از فشرده یا غیر فشرده بودن مقطع

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} \quad (3-9)$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{360 \times 10^4 C_b}{F_y}} \quad (3-10)$$

$$\lambda = \frac{L_s}{r_t} \quad (3-11)$$

$$F_{b1} = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y (\lambda)^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right] F_y \quad (3-12)$$

$$F_{b2} = \frac{120 \times 10^5 C_b}{(\lambda)^2} \quad (3-13)$$

$$F_{b3} = \frac{84 \times 10^4 C_b}{\frac{L_d}{A_f}} \quad (3-14)$$

بایررسی λ :

$$\lambda < \lambda_1 \longrightarrow F_b = 0.6 F_y \quad (3-15)$$

$$\lambda_1 \leq \lambda < \lambda_2 \longrightarrow F_b = \text{Min}(0.6 F_y, F_{b1}) \quad (3-16)$$

$$\lambda_2 < \lambda \longrightarrow F_b = \text{Min}\left(0.6 F_y, \text{Max}(F_{b1}, F_{b2})\right) \quad (3-17)$$

A_f : مساحت بال فشاری تیوروق (سانتیمتر مربع)

d : ارتفاع کلی تیوروق (سانتیمتر)

L : حداکثر طول فاقد اتکای جانبی

C_b : ضریب خمشی که از رابطه زیر بدست می آید:

$$C_b = 1/75 + 1/0.5 \left(\frac{m_1}{m_2}\right) + 0/3 \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^2 < 2/3 \quad (3-18)$$

m_1, m_2 به ترتیب کوچکترین و بزرگترین لنگر خمشی در دوانتهای طول مهار نشده می باشند، در حالت انحنای دوطرفه نسبت $\frac{m_1}{m_2}$

مثبت و در حالت انحنای یکطرفه نسبت $\frac{m_1}{m_2}$ منفی است، بطور محافظه کارانه C_b را می توان یک (1) فرض کرد.

r_f : شعاع ژیراسیون قسمتی از مقطع شامل بال فشاری و $\frac{1}{3}$ مساحت جان تحت فشار طول محوری که از صفحه جان عبور می

کند (سانتیمتر)

2-3-2-3- کاهش تنش خمشی مجاز بواسطه کماتش خمشی جان:

در صورتی که:

$$\frac{h}{t_w} > \frac{6372}{\sqrt{F_b}} \quad (3-19)$$

خواهیم داشت:

$$F'_b = F_b \left[1 - 0.0005 \left(\frac{A_w}{A_f} \right) \left(\frac{h}{t_w} - \frac{6372}{\sqrt{F_b}} \right) \right] \quad (3-20)$$

A_w : مساحت جان تیوروق (سانتیمتر مربع)

t_w : ضخامت جان تیوروق (سانتیمتر مربع)

h : ارتفاع جان تیورق (سانتیمتر مربع)

F_b : تنش خمشی مجاز اولیه تیورق (کیلوگرم برسانتیمتر مربع)

F'_b : تنش خمشی کاهش یافته تیورق (کیلوگرم برسانتیمتر مربع)

3-3-2-3- اثر مشترك برش وکشش:

در مقاطعي که در آنها از اثر میدان کششي (که بعداً به آن اشاره مي گردد) استفاده شده باشد مقدار تنش خمش مجاز مورد باز بيني قرار مي گيرد در تنش خمش مجاز نبايد از دومقدار :

$$0.6F_y$$

و

$$\left(0.825 - 0.375 \frac{f_v}{F_v}\right) F_y \quad (3-21)$$

بيشتر اختيار شود و بعبارتي

$$F_b'' = \text{Min}\left(\left(0.825 - 0.375 \frac{f_v}{F_v}\right) F_y, 0.6F_y, F_b\right) \quad (3-22)$$

f_v : تنش برشي متوسط درجان تیورق (کیلوگرم برسانتیمتر مربع)

F_v : تنش برشی مجاز (کیلوگرم برسانتیمتر مربع)

F_b : تنش خمشی مجاز اولیه تیورق (کیلوگرم برسانتیمتر مربع)

F_b'' : تنش خمشی مجاز اصلاح شده تیورق (کیلوگرم برسانتیمتر مربع)

f_y : تنش تسلیم فولاد (کیلوگرم برسانتیمتر مربع)

3-3-2-3-4- تعیین تنش برشی مجاز:

بايررسي نسبت $\frac{h}{t_w}$ خواهيم داشت :

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} \quad \rightarrow F_v = 0.6F_y \quad (3-23)$$

$$\frac{h}{t_w} > \frac{3185}{\sqrt{F_y}} \rightarrow \text{با بررسی پارامتر } C_v \text{ نسبت به} \quad (3-24)$$

تنش مجاز برشی اظهار نظر می شود:

$$C_v = \frac{315 \times 10^4 K_v}{F_y \cdot \left(\frac{h}{t_w}\right)^2} \quad \text{برای } C_v \leq 0.8 \quad (3-25)$$

$$C_v = \frac{1600}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2} \cdot \sqrt{\frac{K_v}{F_y}} \quad \text{برای } C_v > 0.8 \quad (3-26)$$

$$K_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad (3-27)$$

$$F_v = \frac{F_y}{2/89} \cdot C_v \leq 0.4 F_y \quad (3-28)$$

در صورتیکه $C_v \leq 1$ باشد در چشمه هایی که می توان از عمل میدان کششی استفاده نمود. (همچنین چشمه هایی که دور از تکیه گاه باشند) تنش های برشی مجاز از مقدار زیر حاصل می گردد.

$$F_v = \frac{F_y}{2/89} \cdot \left[C_v + \frac{1 - C_v}{1/15 \sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right] \leq 0.4 F_y \quad (3-29)$$

F_v : تنش برشی مجاز (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

K_v : عدد کماتش برشی جان

C_v : نسبت تنش کماتش برشی جان

h : ارتفاع جان تیر ورق (سانتیمتر)

t_w : ضخامت جان تیر ورق (سانتیمتر)

a : طول چشمه سخت کننده در مقطع مورد بررسی (سانتیمتر)

3-3-2-3-5- تعیین تنش مجاز فشاری در نواحی اعمال نیروهای متمرکز:

در تعیین تنش مجاز فشاری در ابتدا باید سطح موثر فشاری زیر نیروی متمرکز تعیین گردد.

سطح موثر شامل بخشی از طول جان تیر ورق (طول موثر L_e) و مقطع سخت کننده های فشاری است،

$$\text{سخت کننده میانی} \rightarrow L_e = 25.t_w \quad (3-30)$$

$$\text{سخت کننده کناری} \rightarrow L_e = 12.t_w \quad (3-31)$$

$$(3-32)$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2.\pi^2.E}{F_y}}$$

$$(3-33)$$

$$\lambda_e = \frac{0.75 \times h}{(r_e)}$$

حال اگر :

$$\lambda_e \leq C_c \rightarrow F_a = \frac{\left[1 - \frac{\lambda_e^2}{2C_c^2}\right].F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8}\left(\frac{\lambda_e}{C_c}\right) - \frac{1}{8}\left(\frac{\lambda_e}{C_c}\right)^2} \quad (3-34)$$

$$\lambda_e > C_c \rightarrow F_a = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2.E}{\lambda_e} \quad (3-35)$$

F_a : تنش مجاز فشاری ناحیه موثر زیر بار متمرکز (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

h : ارتفاع تیرورق در ناحیه اعمال نیروی متمرکز (سانتیمتر)

L_e : طول موثر جان تیر ورق تحت بار متمرکز (سانتیمتر)

R_e : شعاع ژیراسیون ناحیه موثر تحت بار متمرکز (سانتیمتر)

E : سختی فولاد مصرفی تیر ورق (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

C_c : ضریب لاغری کماتش ارتجاعي

λ_e : لاغری ناحیه موثر تحت نیروی متمرکز

3-2-3-6-3-2-3-6-3-2-3 فیود در نظر گرفته شده طراحی :

کلیه فیودی که ذیلاً اشاره می گردد در مقاطع تیر کنترل میگردد.

3-2-3-6-3-2-3-1-6-3-2-3 کنترل تنش خمشی مقطع :

$$A_{st} > \frac{1 - C_v}{\gamma} \left[\frac{a}{h} - \frac{(a/h)^2}{\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right] \cdot Y \cdot D \cdot h \cdot t_w \quad (3-41)$$

Y : نسبت تسلیم فولاد جان تیر به تنش تسلیم فولاد قطعه سخت کننده

D : برای قطعات سخت کننده جفت برابر (1) و برای قطعات سخت کننده تک از نوع نبشی (1/8) و برای نوع تسمه برابر (2/4) می باشد .

A_{st} : سطح مقطع قائم سخت کننده ها

3-2-3-6-6-3-2-3- کنترل ممان اینرسی سخت کننده های میانی :

$$I_{st} > (h/5)^2 \quad (3-42)$$

I_{st} : ممان اینرسی مقطع سخت کننده ها (سانتی متر به توان چهار)

h : ارتفاع جان تیر ورق (سانتی متر)

3-2-3-7-6-3-2-3- کنترل فواصل سخت کننده های میانی از لحاظ حمل و نصب :

$$\frac{a}{h} < \text{Min} \left(3, \frac{260}{(h/t_w)} \right) \quad (3-43)$$

h : ارتفاع جان تیر ورق (سانتی متر)

t_w : ضخامت جان تیر ورق (سانتی متر)

a : طول چشمه سخت کننده ها (سانتی متر)

3-2-3-8-6-3-2-3- کنترل عرض سخت کننده ها :

$$b_s < \frac{(b_f - t_w)}{\gamma} \quad (3-44)$$

b_s : عرض سخت کننده ها (سانتیمتر)

b_f : پهناي بال تیر (سانتیمتر)

t_w : ضخامت جان تیر (سانتیمتر)

9-6-3-2-3- کنترل تغییر مکان تیر : $u \langle U_{allow}$ **(3-45)** U_{allow} : تغییر مکان مجاز تیر ورق (سانتی متر)

u : تغییر مکان موجود در مقطع بر اساس نتایج تحلیل سازه ای (سانتی متر)

10-6-3-2-3- کنترل تنش مجاز فشاری در نواحی بار متمرکز :

در نواحی اعمال بار متمرکز با توجه به عمل ستونی سخت کننده های فشاری

 F_a : تنش مجاز فشاری (کیلوگرم بر سانتی متر مربع) $f_a \langle F_a$ **(3-46)** f_a : تنش متوسط فشاری ناحیه موثر زیر بار متمرکز (کیلوگرم بر سانتی متر مربع) F_a : تنش فشاری مجاز (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)**11-6-3-2-3- کنترل ابعادی سخت کننده های فشاری :** b_s : پهنای سخت کننده فشاری (سانتی متر) t_s : ضخامت سخت کننده فشاری (سانتی متر) $\frac{b_s}{t_s} \langle \frac{795}{\sqrt{F_y}}$ **(3-47)****3-3- طراحی بهینه تیرورق ها با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک****مقدمه: 3-3-1-**

در این تحقیق برای طراحی بهینه تیرورقها، یک برنامه رایانه ای با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک به نام (GA PLATE GIRDER) به زبان FORTRAN با کامپایلر VISUAL FORTRAN COMPAC6.6 نوشته شده است.

در حل مسائل بهینه سازی بوسیله رایانه، ایجاد الگویی خاص که بر اساس آن مسائل مختلف را در قالب آن الگو بتوان طرح نمود ضروری می باشد. هدف گذاری تدوین برنامه چگونه ای بوده است که بتواند جوابهایی کاربردی در اختیار کاربر قرار دهد و از ارائه خروجیهایی که انطباق مناسبی با شرایط اجرایی ساخت تیر ورقها ندارد پرهیز شود.

این امر مشخصاً با تنظیم خروجی های مساله بر داده های گسسته تحقق یافته است. به عنوان نمونه (همچنان که خواهیم دید) اگر قرار است در یک تیر یک دهانه سخت کننده ها را بصورت یکنواخت بکار ببریم برنامه بجای ارائه یک طول بهینه فاصله سخت کننده ها، که ممکن است تقسیم کننده ای صحیح از طول تیر نباشد، تعداد سخت کننده های بهینه را در طول تیر ارائه می دهد.

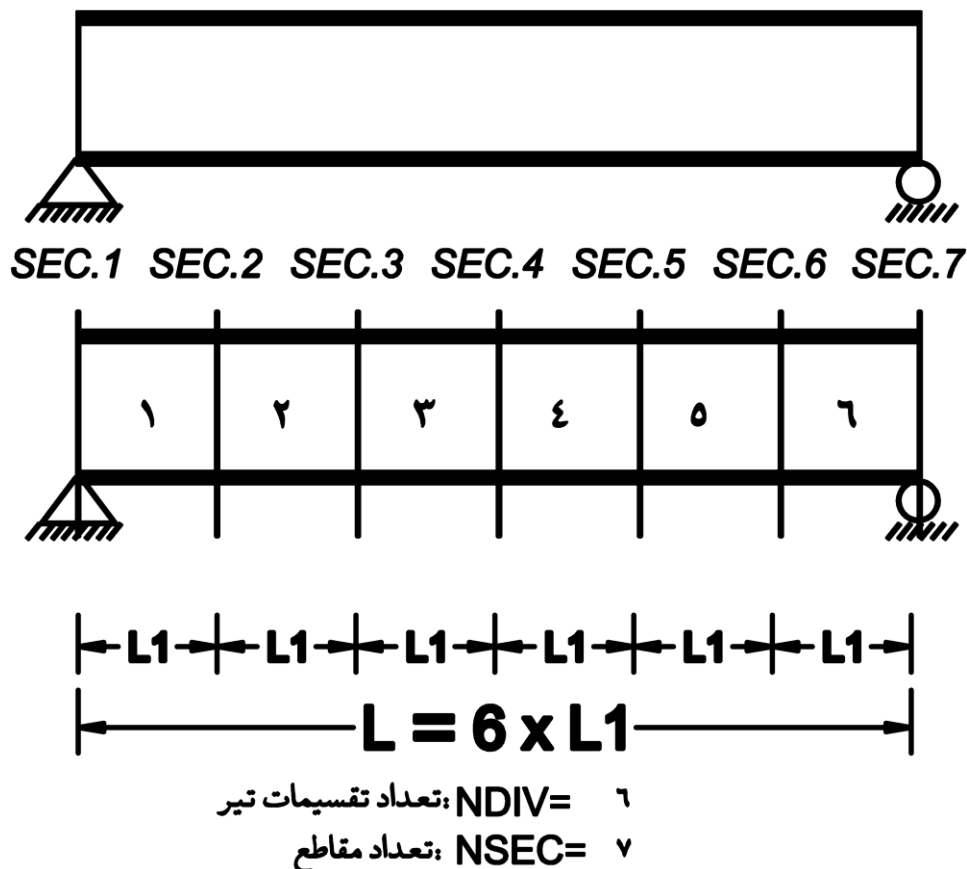
یکی از اهداف برنامه امکان دستیابی به الگوی بهینه تیر ورق با مقطع متغیر است. ایده بکار رفته برای دستیابی به این امر تقسیم

تیر به فواصل مساوی است که تعداد این تقسیمات را کاربر مشخص می کند. با استفاده از این کار در تیر به مقاطعی بوجود می آید که می تواند ابعاد مقطع در آنها تغییر کند و تیر ورق با ارتفاع، پهنا و ضخامتهای بال و جان متفاوت بوجود آید. که البته در طرح برنامه انتخاب نوع پارامتر یا پارامترهای متغیر اعم از ارتفاع، پهنا و ضخامتهای بال و جان در اختیار کاربر است.

همچنین چنانچه کنترل‌لهایی سازه ای تیر ورق اعم از تنش ها، خیز و... در همین مقاطع صورت گیرد ضمن توجه به اطمینان از دقت کنترل با توجه به امکان تغییر ابعاد مقطع، با افزایش تعداد این مقاطع دقت کنترل طرح نیز افزایش می یابد و کاربر وابسته به حساسیت مورد نظر می تواند دقت مطلوب را تعیین نماید.

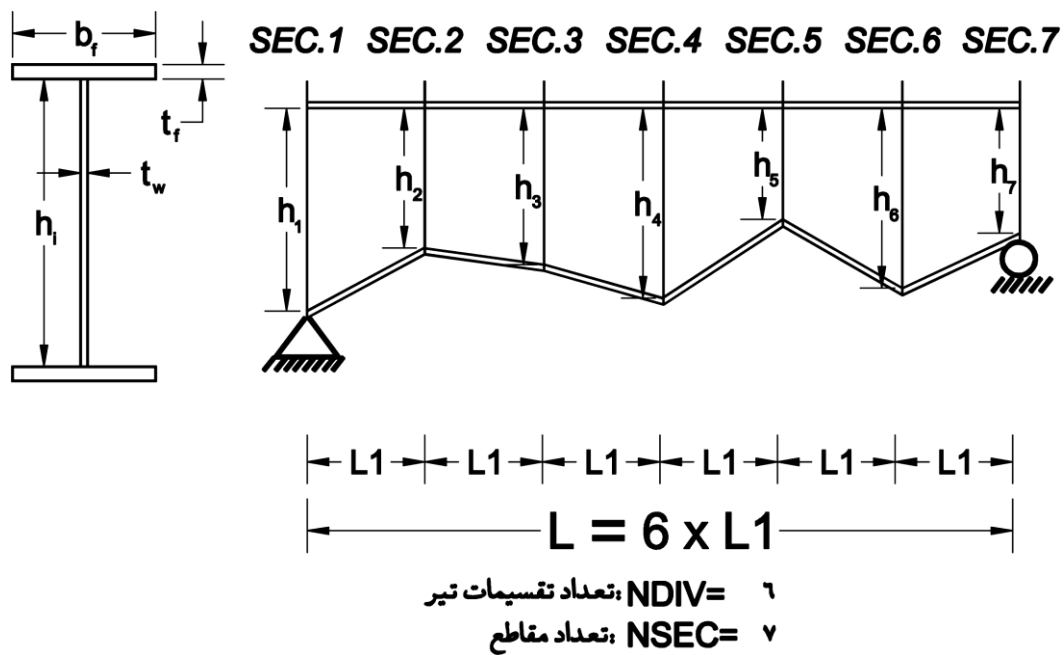
فرضیات و الگوی استفاده شده در برنامه: 3-3-2-

۱. برنامه بر اساس ورودی تعداد تقسیمات تیر، کل طول تیر را به فواصل مساوی تقسیم می کند و کلیه کنترل های سازه ای را در محل مقاطع بوجود آمده از این تقسیمات انجام می دهد. همچنین برای کاربر این قابلیت وجود دارد که به انتخاب او هر یک از پارامتر های ابعادی در محل مقاطع بدست آمده تغییر کند و یا کلادر طول تیر ثابت بماند. تعداد مقاطع بوجود آمده از این تقسیمات یک واحد بیشتر از تعداد تقسیمات است. حداقل تعداد تقسیمات یک است شکل (3-5).

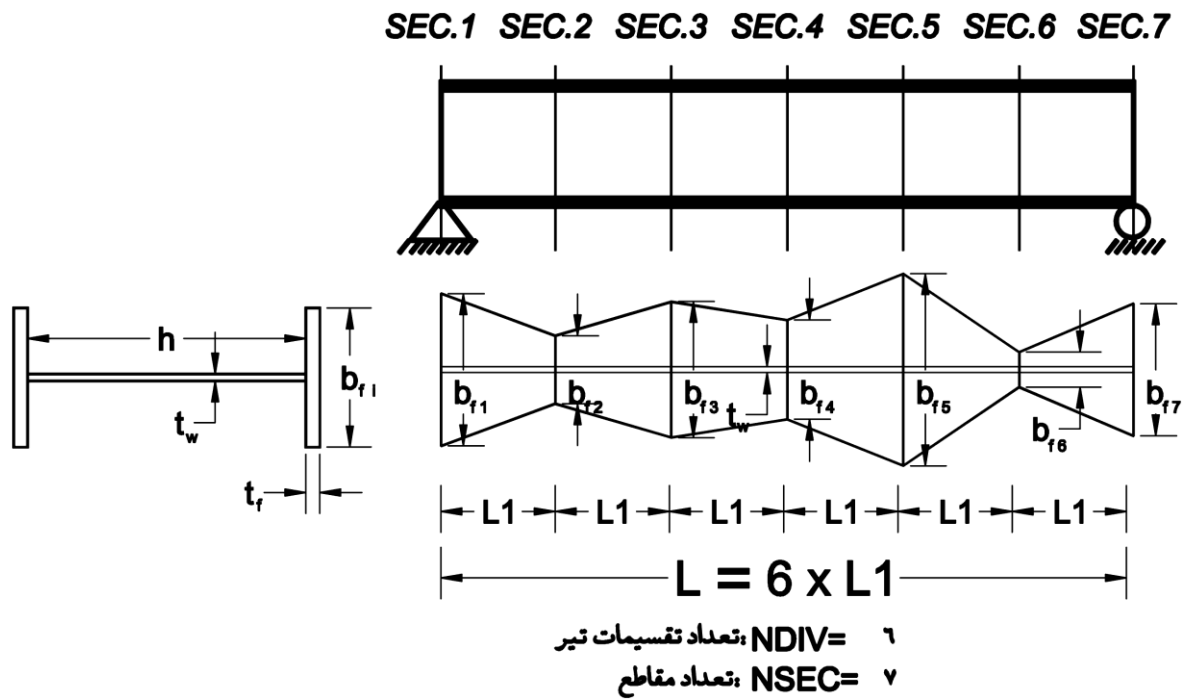


شکل (3-5)-تقسیم تیر به قطعات مساوی و ایجاد مقاطع در تیر

۲. همچنان که اشاره گردید، کاربر می تواند تغییر یا عدم تغییر پارامترهای ابعادی تیر را مشخص سازد. در صورت پذیرش تغییر آن پارامتر (مثل ارتفاع) در تمامی مقاطع تیر تغییر می کند. در واقع با آزادسازی قید ارتفاع یا پهنا یا ضخامت، ارتفاع یا پهنا و یا ضخامت در مقاطع تیر می توانند تغییر کنند. (شکلهای (6-3) و (7-3) و (8-3)، شکل تغییرات ضخامت جان، مشابه ضخامت بال است).
۳. در مواردی که تغییرات ارتفاع جان یا پهنای بال تیر ورق در مقاطع توسط کاربر آزاد گردیده است تغییرات آنها در فواصل مقاطع تعریفی بصورت خطی خواهد بود (شکلهای (6-3) و (7-3))



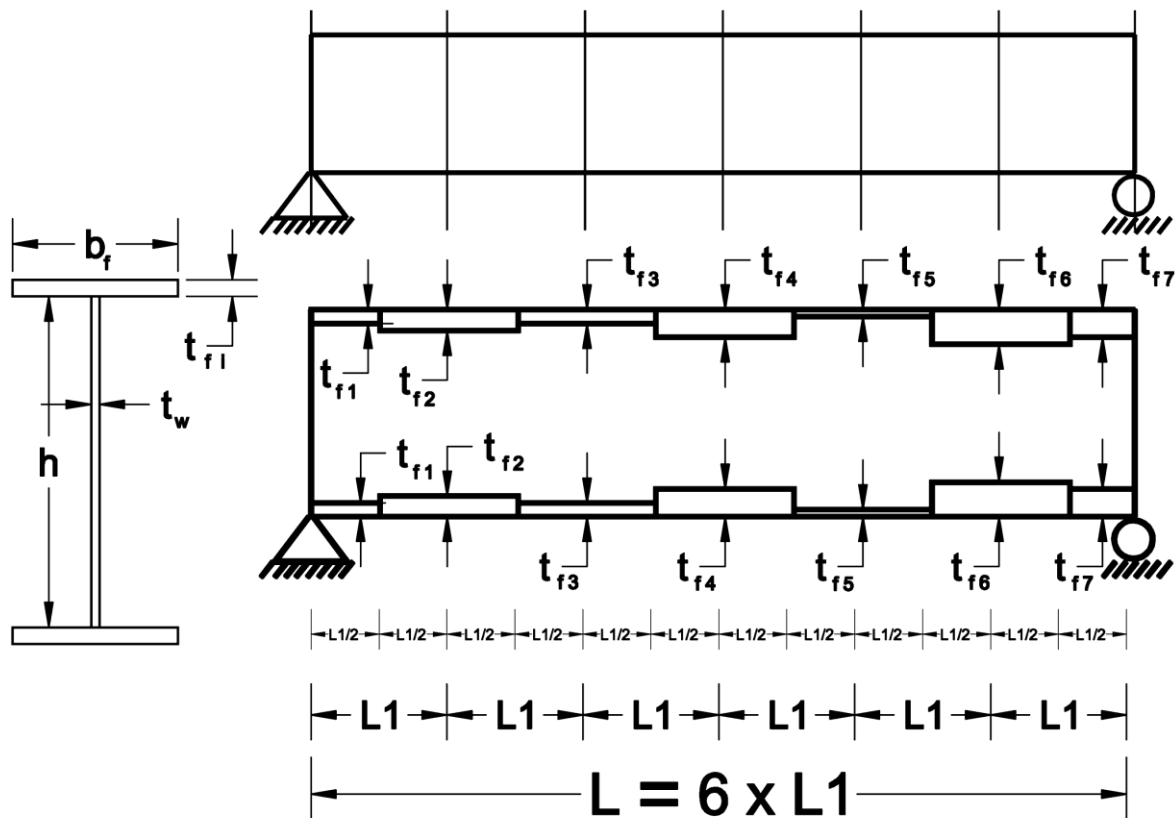
شکل (6-3)- آزاد سازی تغییر ارتفاع در مقاطع تیر



شکل (7-3)-آزادسازی تغییر پهنای بال در مقاطع تیر

۴. در مواردی که تغییرات ضخامت جان یا بال توسط کاربر آزاد گردد، برنامه ضخامت را از محل مقطع تا نصف فاصله با مقطع بعدی ثابت فرض می کند. این مساله بدان علت است که از لحاظ اجرایی شیب دار کردن ضخامت و ایجاد تغییرات خطی امری کلاً نامعقول و غیر عملی است. ولی همانطور که ذکر گردید در مورد ارتفاع جان یا پهنای بال امری ممکن است که البته در نظر گرفته شده است (شکل (9-3)، شکل تغییرات ضخامت جان، مشابه ضخامت بال است)

SEC.1 SEC.2 SEC.3 SEC.4 SEC.5 SEC.6 SEC.7



$$\text{NDIV} = 6 \quad \text{تعداد تقسیمات تیر}$$

$$\text{NSEC} = 7 \quad \text{تعداد مقاطع}$$

شکل (8-3)- آز ادسازی تغییر ضخامت بال در مقاطع تیر

۵. طرح بهینه با لاغری بالای جان همراه است ($\frac{h}{t_w} > 260$)، لذا از تیرورق های دارای سخت کننده استفاده می شود. توضیح

اینکه سخت کننده ها به دو گروه اصلی زیر تقسیم می شوند:

1- سخت کننده های طولی

2- سخت کننده های عرضی

سخت کننده های طولی در مواردی که ارتفاع جان تیر ورق زیاد است مانند تیر حمل پلها، برای جلوگیری از کمانش خمشی جان بکار می روند، این سخت کننده ها باید دو منظور را تأمین نمایند:

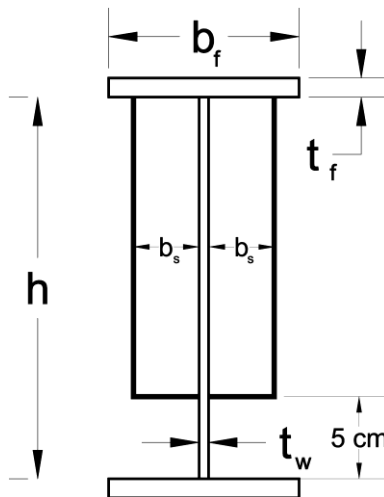
الف- دارای سختی کافی باشند تا بتواند نقش یک گره ثابت در وضعیت کمانش یافته جان را ایفا کند. این کار باعث کاهش ابعاد ورق تحت کمانش جان می شود.

ب- دارای سطح مقطع کافی برای تحمل تنش های فشاری ناشی از خمش باشند.

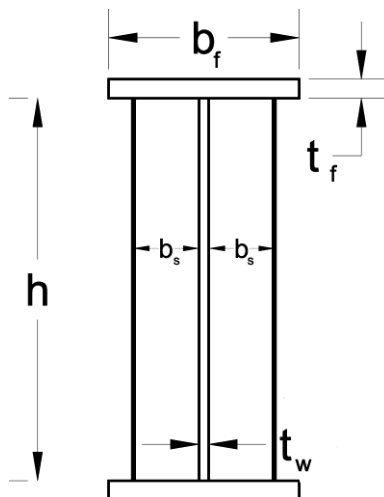
روابط مربوط به این نوع سخت کننده ها در بخش مقررات آیین نامه آشتو (ASHTO) برای طراحی تیر ورق ها موجود است و در آیین نامه فولاد ایران و (AISC) مطرح نشده است .

۶. در طراحی حاضر، فقط از سخت کننده های عرضی استفاده شده است.

۷. ورق های سخت کننده جان چه میانی و چه فشاری به صورت زوج ورق در دو طرف جان در نظر گرفته شده اند ($D=1$)، شکل های (9-3) و (10-3).



شکل (9-3)-مقطع تیر در محل سخت کننده میانی

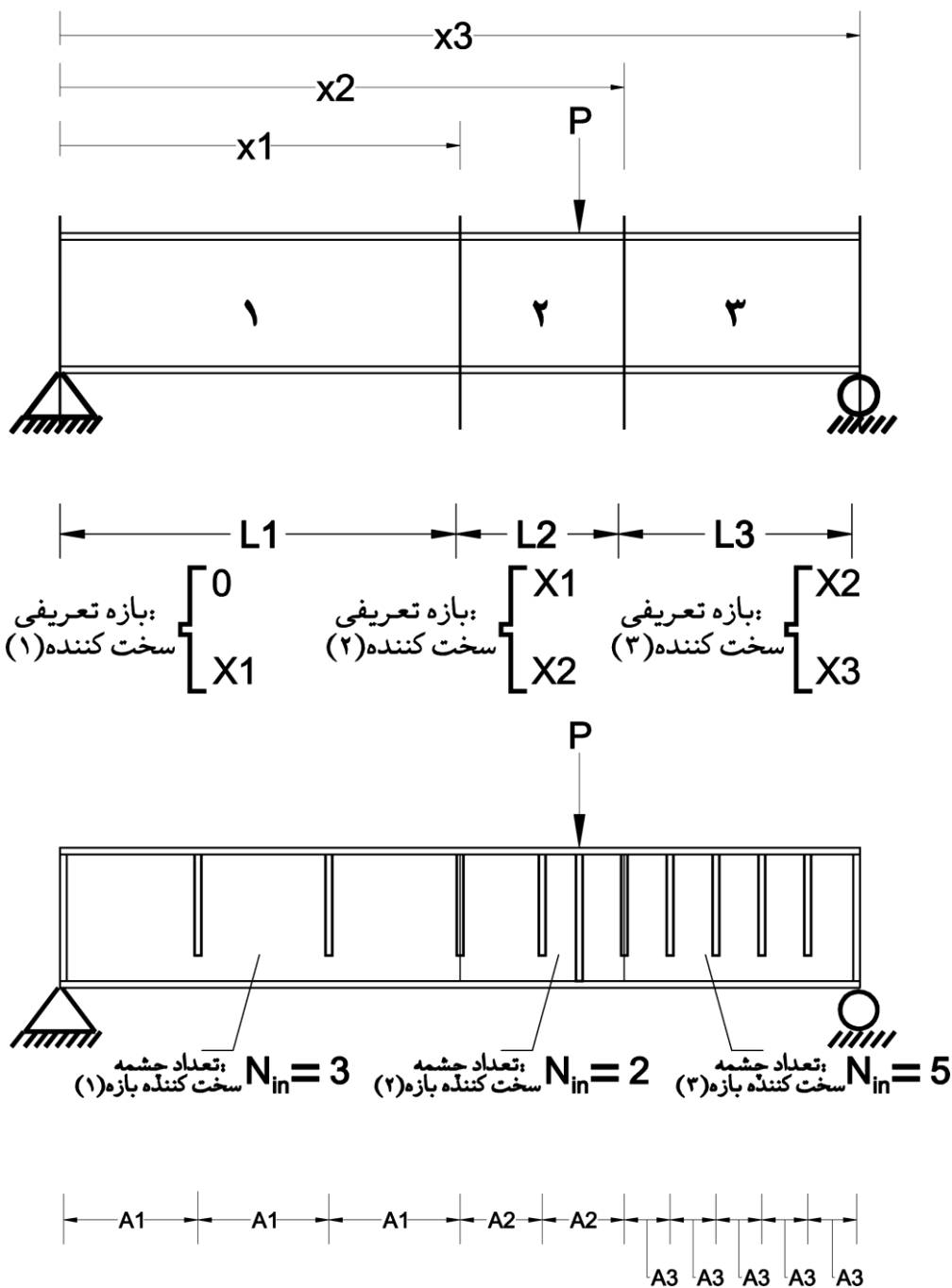


شکل (10-3)-مقطع تیر در محل سخت کننده فشاری یا تکیه گاهی

۸. برنامه براساس بازه های طولی تیر که کاربر تعداد، موقعیت طولی ابتدا و انتهای آنها را مشخص می کند اقدام به پیدا کردن تعداد چشمه های سخت کننده بهینه در آن بازه می کند (توضیح اینکه چشمه سخت کننده، فضای محصور بین دو سخت کننده می باشد). این الگو به کاربر امکان می دهد به تعداد دلخواه وابسته به حساسیت کاربر، در بدست آوردن وزن بهینه، بازه طولی تعریف نماید. حداقل تعداد چشمه سخت کننده در هر بازه یک است. یعنی یک سخت کننده در ابتدا و یک سخت کننده در انتهای

بازه لزوماً باید قرار گیرد، البته دوچشمه نزدیک هم در سخت کننده مشترک هستند. این الگوموجب می شود در محلهایی که کاربرد اصرار بر حضور سخت کننده دارد، بتوان سخت کننده قرار داد (شکل (11-3))

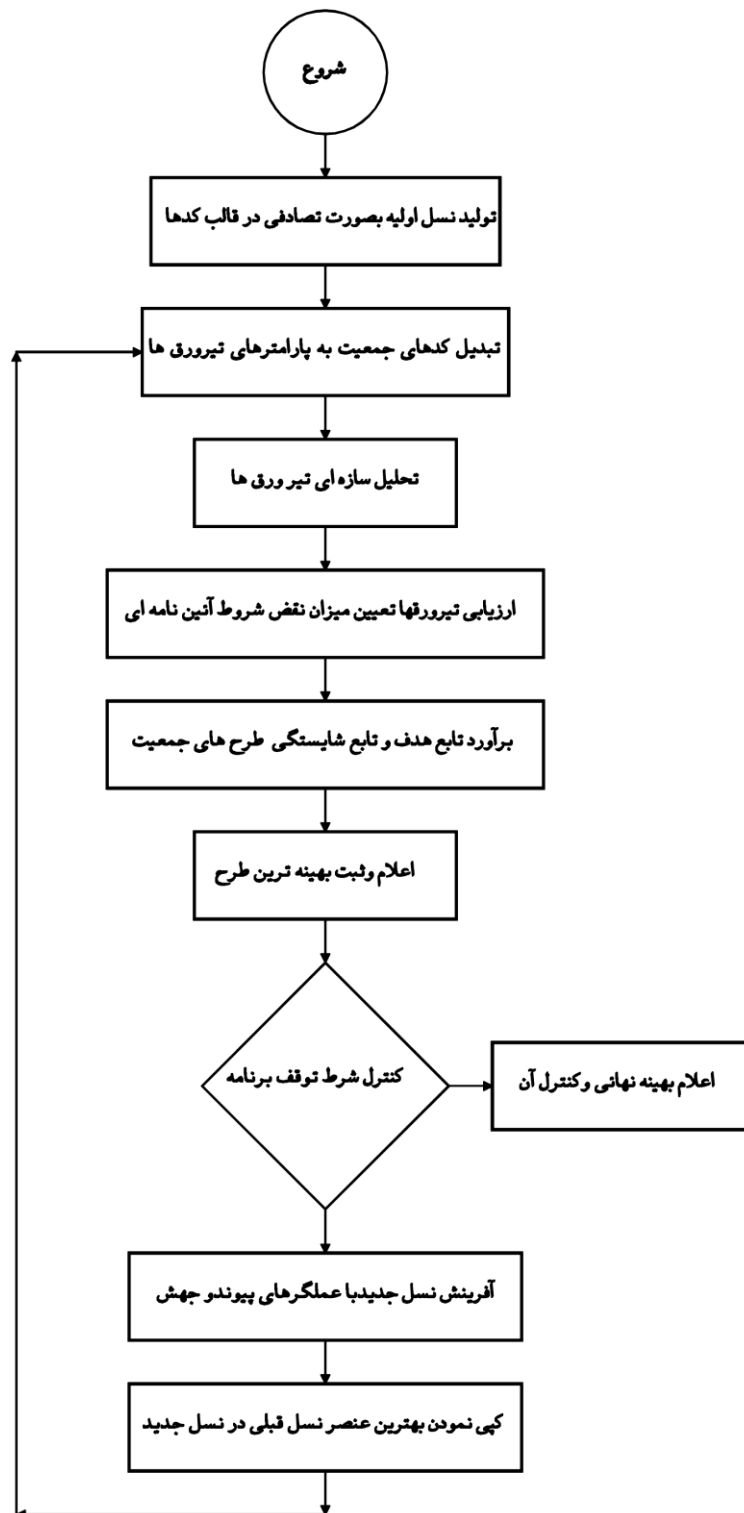
$N_{st} = 3$: تعدادبازه های تعریفی سخت کننده ها



شکل (11-3)-بازه های تعریفی سخت کننده ها

۹. برنامه بدون توجه به بازه های تعریفی سخت کننده و تعداد چشمه های سخت کننده ی بهینه ای که برنامه در این بازه ها بدست می آورد، در محل بارهای متمرکز و تکیه گاهها سخت کننده فشاری قرار می دهد. در صورتی که محل سخت کننده فشاری با سخت کننده بازه ها تداخل داشته باشد صرفاً یک سخت کننده فشاری در آن محل در نظر گرفته می شود (شکل 3-11)).
۱۰. ارتفاع سخت کننده های عرضی، در حالت کلی به اندازه کل ارتفاع جان تیرورق منهای 5 سانتیمتر در نظر گرفته شده است. در محل های تکیه گاه و نقاط اعمال بار متمرکز که از سخت کننده های فشاری استفاده می شود ارتفاع سخت کننده به اندازه کل ارتفاع تیر در نظر گرفته می شود. (شکل های 3-9 و 3-10)).
۱۱. برنامه مطابق آئین نامه فولاد ایران [13] از عمل میدان کششی در چشمه های سخت کننده بر تکیه گاه استفاده نمی کند.
۱۲. برنامه محدوده مناسب پارامترهای مجهول تیر ورق را از کاربر دریافت می کند. این دریافت اطلاعات بصورت دریافت کران پایین، دریافت کران بالا و نرخ تغییرات یا جهش های مقادیر در بین این دو کران است. خود کرانهای بالا و پایین نیز جزو انتخاب برنامه هستند. برنامه این مقادیر را در هفت پارامتر: 1- پهنای بال 2- ارتفاع جان 3- ضخامت بال 4- ضخامت جان 5- پهنای سخت کننده 6- ضخامت سخت کننده و 7- تعداد چشمه های سخت کننده، دریافت می کند. این روش به کاربر امکان می دهد در هر محدوده و با هر میزان دقت جستجو نماید. حتی می توان نرخ تغییرات در مقادیر آنقدر کم انتخاب کرد که جستجو در مقادیر به شکل جستجوی پیوسته ی عددی در آید. در تعیین محدوده مناسب برای پارامتر چشمه های سخت کننده به صحیح بودن مقادیر کرانها و نرخ تغییرات ورودی بایستی دقت شود.
۱۳. در این برنامه ضریب خمش در جهت اطمینان برابر یک فرض شده است ($c_b = 1$).
۱۴. نوع فولاد مصرفی در تمام نقاط از یک جنس بوده و تنش حد جاری شدن و مدول الاستیسیته فولاد مصرفی جان، بال و سخت کننده ها یکسان و بترتیب برابر 2400 Kg/Cm^2 و 2100000 Kg/Cm^2 در نظر گرفته شده است.
۱۵. برنامه وزن مخصوص فولاد را از کاربر دریافت می کند و مطابق آن وزن تیر را به الگوی بارگذاری اضافه می کند.
۱۶. وضعیت پیوستگی جوش اتصال بال به جان و طول یا محل تکیه گاه جانبی تیر و نوع آن، اعم از پیوسته یا گسسته از کاربر دریافت می شود.

است :



شکل(3-12)-فلوچارت مراحل اصلی برنامه

3-3-4- مراحل اجرای برنامه:

مراحل کلی اجرای برنامه در ادامه بیان شده است. لکن موارد خاص و قابل توجه در هر مورد در بخشهای بعدی مفصل تر ارائه میگردد:

3-4-3-1- دریافت اطلاعات ورودی: که شامل دو دسته اطلاعات است:

الف- اطلاعات بهینه سازی:

در اطلاعات بهینه سازی نام فایل های خروجی، بازه های ابعادی پیشنهادی کاربر، تعداد اعضاء جمعیت، تعداد نسلهای بررسی شده و نیز تعداد مقاطع تقسیمی تیر ورق، بازه های سخت کننده ها، شکل تیر ورق اعم از (ارتفاع ثابت یا متغیر)، (پهنای ثابت یا متغیر) (ضخامت حان ثابت یا متغیر) ضخامت بال ثابت یا متغیر) و (تعداد چشمه سخت کننده های ثابت یا متغیر) (شکل متقارن یا نامتقارن) می باشد. در واقع با استفاده از اطلاعات این بخش می توان الگوهای مختلف تیر ورق را پیشنهاد نمود.

ب- اطلاعات سازه ای:

اطلاعات این بخش منحصراً در بخش کنترلهای سازه ای تیر ورق مورد استفاده قرار می گیرد. اطلاعات سازه ای شامل طول تیر، وزن مخصوص فولاد مصرفی تعداد و نوع تکیه گاه ها و بارگذاری تیرورق شرایط اتصال پیوسته یا گسسته بال به جان، همچنین بازه های کنترل تغییر مکان و مقادیر نسبت محدودیت آنها می باشد.

3-4-3-2- تولید جمعیت اولیه: در این مرحله برنامه بر اساس داده های ورودی در مرحله قبلی که شکل بهینه

سازی را معین می سازد اقدام به تولید نسل اول جمعیت می نماید. این جمعیت به شکل کدهای منظم شکل یافته است. کلیه شرایط مساله اعم از تقارن، ثابت ماندن پهنا، ضخامتها، ارتفاع در شکل جمعیت لحاظ گردیده است. همچنین تعداد زیر رشته ها مطابق با تعداد متغیرهای گسسته ای است که کاربر آنرا معین نموده است. در تولید کروموزوم از کدهای (0) و (1) باینری استفاده شده است.

3-4-3-3- تبدیل کدها به پارامترهای ابعادی تیر ورق: کلیه کدهای تولید شده در مرحله قبلی به

پارامترهای طراحی تیر ورق تبدیل میگردد. این تبدیل بر اساس محدوده های ابعادی مشخص شده و شکل گسسته متغیر ها می باشد.

3-4-3-4- ارزیابی نسل: باتوجه به اینکه به تعداد اعضاء جمعیت نسل حاضر (الگوی تیر ورق) موجود است، کلیه

الگوها بایستی مورد ارزیابی و بررسی قرارگیرند و مقادیر تابع هدف و همچنین میزان نقض محدودیتها در آنها سنجیده شود.

لذا برنامه با ایجاد یک حلقه هریک از طرحها را ابتدا تحلیل سازه نموده و سپس با استفاده از نتایج تحلیلی و تعیین مقادیر لنگر و برش و تغییر شکل و ابعاد موجود تیرورق، اقدام به تعیین مقادیر نقض شروط طراحی می نماید. در واقع کلیه روابط و ضوابط آئین نامه ای در این بخش برای هر طرح بررسی می شود.

در نهایت میزان تابع هدف برای هریک از اعضا جمعیت مشخص شده و با استفاده از مقادیر نقض محدودیت در

هر طرح (کروموزوم)، مقادیر تابع هدف اصلاح شده و تابع شایستگی آن تعیین می گردد.

بعبارت واضحتر بخش ارزیابی نسل را می توان به سه بخش عمده زیر تقسیم نمود:

الف- تحلیل سازه ای تیر ورقها

ب- کنترل شروط آئین نامه ای

ج- تعیین تابع هدف و تابع اصلاح شده و تابع شایستگی هر طرح (هر کروموزوم)

با استفاده از مقادیر تابع شایستگی می توان بهترین عنصر نسل را که در واقع دارای بیشترین مقدار تابع شایستگی است معرفی و ثبت نمود. برنامه کلیه مقادیر شماره نسل، تابع شایستگی و تابع هدف بهترین عضو جمعیت را داخل فایلی که نام آن را در ورودی دریافت نموده است ثبت می نماید. با استفاده از این فایل و برنامه EXCEL می توان نمودار ((نسل جواب)) که مبین همگرایی به سمت جواب بهینه است را ترسیم نمود.

3-3-4-5- آفرینش نسل جدید:

در این مرحله بر اساس مقادیر تابع شایستگی اعضای جمعیت که در مرحله قبلی تعیین گردید نسل جدید ساخته می شود.

در انتخاب اعضاء برای پیوند از روش (چرخ گردان) استفاده شده است. لذا در ابتدا تابع هدف اصلاح می شود و مساله بهینه سازی مقید به بهینه سازی نامقید تبدیل شده و سپس مساله کمینه سازی به مساله بیشینه سازی تبدیل می گردد و بر اساس روش چرخ گردان اعضاء برای پیوند انتخاب می گردند.

برنامه قبلاً مقادیر احتمال پیوند و جهش را بصورت ورودی از کاربر دریافت نموده است.

پس از فرآیند انتخاب، با استفاده از عملگر پیوند و براساس نرخ پیوند عمل پیوند انجام می شود.

پیوند بصورت دو نقطه ای با دو نقطه تصادفی در طول کروموزوم صورت می گیرد.

پس اعمال عملگر پیوند عملگر جهش نیز با احتمال ارائه شده بر روی تمامی ژنهای اعضاء جمعیت اعمال می شود و چنانچه عدد تصادفی تولید شده کمتر یا مساوی احتمال جهش باشد مقدار ژن را به مقدار مخالف خود تبدیل می کند.

به منظور سوق دادن هر چه سریعتر به سمت نقطه بهینه همواره پس تولید جمعیت ثانویه، بهترین عنصر نسل قبلی در جمعیت جدید کپی می گردد. این کار باعث می شود که هیچگاه بهترین عنصر نسل جدید از لحاظ بهینگی ضعیف تر نسل قبلی نباشد و برنامه همواره به سمت جواب برتر سوق داده می شود.

پس از مرحله پنجم برنامه مجدداً از مرحله سوم کار را ادامه می دهد مگر آنکه قبل از مرحله پنجم براساس تعداد نسلهایی که برای شرط توقف توسط کاربر اعلام گردیده برنامه متوقف شود و بهینه نهائی را اعلام و کنترل می نماید و در فایل خروجی ثبت می کند.

با توجه با تولید تابع هدف اصلاح شده بر مبنای میزان نقض شروط آئین نامه ای، بدیهی است طرح بهینه طرحی است که هیچ شرطی را نقض نکرده باشد مگر آنکه محدوده های ابعادی پیشنهادی کاربر، اصولاً محدوده های مناسبی نباشد که در این صورت کاربر باید آن را اصلاح نماید.

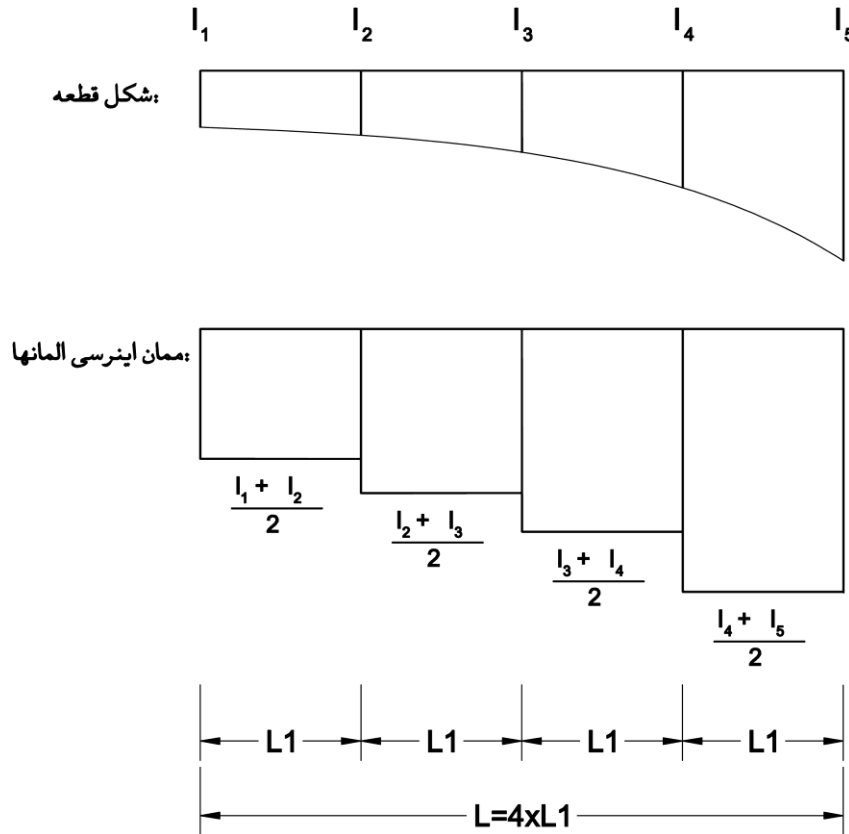
3-3-5- روش تحلیل سازه:

مبانی تحلیل سازه ای بر اساس روش ماتریس سختی و مطابق با فرمول بندی ماتریسی مرجع [11]

تنظیم یافته است. همچنین در تحلیل سازه ای تیر های با مقطع متغیر از شیوه ارائه شده در مرجع

[12] در بخش تحلیل مقاطع نامنشوری استفاده گردیده است.

مطابق شیوه اخیر، المان نامنشوری تیر به r قطعه مساوی تقسیم می شود. سپس میانگین ممان اینرسی دو سر قطعه بعنوان ممان اینرسی آن قطعه منظور می گردد. در واقع با این روش تغییرات ممان اینرسی تیر بصورت پلکانی منظور میگردد. بدیهی است هر چه تعداد قطعات r بیشتر اختیار گردد دقت تحلیل افزایش می یابد.



3-3-6- شیوه اعمال قیود طراحی:

جهت استقلال ارزیابی نقض قیود از مقادیر مربوطه، قیود مطابق روش زیر نرمالیزه می شوند.

$$V_1 < V_2$$

چنانچه قید طراحی بصورت مقابل باشد:

می توان آن بصورت زیر نرمالیزه نمود.

$$\rightarrow \frac{V_1}{V_2} < 1 \quad \rightarrow \quad \left(\frac{V_1}{V_2} - 1\right) < 0$$

در نتیجه تابع پناستی بصورت تبدیل می شود:

$$PENALTY = \sum_{i=1}^n \text{Max}((\frac{V_i}{V_p} - 1), 0) \quad (14-3)$$

قابل بیان است

n تعداد قیود طراحی

3-3-7-اطلاعات ورودی برنامه:

همانگونه که در بخش مراحل کلی ذکر شد اطلاعات ورودی را می توان به دو بخش تقسیم نمود:

الف-اطلاعات بهینه سازی: لیست داده های ورودی برنامه به شرح زیر می باشد.

۱. (THE NAME OF OUTPUT FILE FOR FINAL RESULTS): نام فایل خروجی که شامل اطلاعات داده های ورودی و طرح بهینه نهایی و کنترل های طرح بهینه می باشد.
۲. (THE NAME OF OUTPUT FILE FOR DRAWING GRAPH): نام فایل خروجی برنامه که اطلاعات شماره نسل و مقادیر تابع هدف اصلاح شده با مقدار پناالتی و تابع هدف بهترین عضو هر نسل می باشد.
۳. (LOWER LIMIT VALUE OF BF-mm): حد پایینی محدوده ابعادی پهنای بال تیر ورق I شکل است. واحد طولی مبنای برنامه میلیمتر است
۴. (UPPER LIMIT VALUE OF BF-mm): حد بالائی محدوده ابعادی پهنای بال تیر ورق I شکل است.
۵. (DIVISIONS VALUE OF BF-mm): مقدار تقسیمات پهنای بال . این مقدار مشخص کننده مقادیر جهش های عددی پهنای بال در بین حدود بالایی و پایینی خود می باشد.
۶. (LOWER LIMIT VALUE OF H-mm): حد پایینی محدوده ابعادی ارتفاع جان تیر ورق I شکل است.
۷. (UPPER LIMIT VALUE OF H-mm): حد بالائی محدوده ابعادی ارتفاع جان تیر ورق I شکل است.
۸. (DIVISIONS VALUE OF H-mm): مقدار تقسیمات ارتفاع جان تیر ورق.
۹. (LOWER LIMIT VALUE OF TF-mm): حد پایینی محدوده ابعادی ضخامت بال تیر ورق I شکل است.
۱۰. (UPPER LIMIT VALUE OF TF-mm): حد بالائی محدوده ابعادی ضخامت بال تیر ورق I شکل است.
۱۱. (DIVISIONS VALUE OF TF-mm): مقدار تقسیمات ضخامت بال تیر ورق
۱۲. (LOWER LIMIT VALUE OF TH-mm): حد پایینی محدوده ابعادی ضخامت جان تیر ورق I شکل است.
۱۳. (UPPER LIMIT VALUE OF TH-mm): حد بالائی محدوده ابعادی ضخامت جان تیر ورق I شکل است.
۱۴. (DIVISIONS VALUE OF TH-mm): مقدار تقسیمات ضخامت جان تیر ورق

۱۵. (LOWER LIMIT VALUE OF TS-mm): حد پایینی محدوده ابعادی ضخامت سخت کننده های تیورورق I شکل است.
۱۶. (UPPER LIMIT VALUE OF TS-mm): حد بالایی محدوده ابعادی ضخامت سخت کننده های تیورورق I شکل است.
۱۷. (DIVISIONS VALUE OF TS-mm): مقدار تقسیمات ضخامت سخت کننده های تیورورق
۱۸. (LOWER LIMIT VALUE OF BS-mm): حد پایینی محدوده ابعادی پهنای سخت کننده های تیورورق I شکل است.
۱۹. (UPPER LIMIT VALUE OF BS-mm): حد بالایی محدوده ابعادی پهنای سخت کننده های تیورورق I شکل است.
۲۰. (DIVISIONS VALUE OF BS-mm): مقدار تقسیمات پهنای سخت کننده های تیورورق.
۲۱. (LOWER LIMIT VALUE OF STIFFENER VALUE): حد پایینی محدوده تعداد چشمه سخت کننده های تیورورق I شکل است.
۲۲. (UPPER LIMIT VALUE OF STIFFENER VALUE): حد بالایی محدوده تعداد چشمه های سخت کننده های تیورورق I شکل است.
۲۳. (DIVISIONS VALUE OF STIFFENER): تعداد تقسیمات چشمه های سخت کننده تیورورق این مقدار باید بگونه ای تعیین گردد که مضرب صحیحی هم از حد پائینی و هم از حد بالایی تعداد چشمه سخت کننده ها باشد.
۲۴. (THE NUMBER OF EQUAL BEAM DIVISIONS): تعداد تقسیمات مساوی کل تیورورق. همانطور که قبلاً نیز اشاره شد برنامه بر اساس عدد ارائه شده توسط کاربر تیورورق را به قطعاتی مساوی تقسیم می کند و در دو انتهای هر قطعه مقطعی در نظر می گیرد و علاوه بر کنترل کلیه شروط طراحی سازه ای در آن مقطع امکان تغییر مقادیر ابعادی اعم از ارتفاع، پهنا و ضخامت های بال و جان را در آن مقطع فراهم می آورد.
۲۵. (THE NUMBER OF STIFFENER DIVISIONS): تعداد تقسیمات بازه های طولی سخت کننده ها. همچنان که اشاره گردید برنامه بر اساس محدوده های طولی که کاربر تعیین می نماید اقدام به جستجو برای تعداد چشمه سخت کننده هایی که داخل این محدوده ها قرار می گیرند، می کند. حداقل تعداد چشمه سخت کننده ها، یک و نقطه شروع و انتهای آن، ابتدا و انتهای تیورورق است.
۲۶. (THE END COORDINATES OF THE i TH DIVISIONS): مختصات طولی انتهای بازه شماره i ام مربوط به تعداد چشمه سخت کننده ها از ابتدای تیورورق نسبت به مبدا مختصات. شماره i وابسته به تعداد بازه ها بر اساس ورودی قبلی تغییر می کند.
۲۷. (VARIATION CODE FOR BF): این عدد مشخص کننده تغییر یا عدم تغییر پهنای بال در مقاطع مشخص شده توسط کاربر می باشد. عدد بصورت کد وارد می شود و (1) به معنی عدم تغییر و (0) به معنی اجازه تغییر می باشد.

۲۸. (VARIATION CODE FOR H): این عدد مشخص کننده تغییر یا عدم تغییر ارتفاع در مقاطع مشخص شده توسط کاربر می باشد. عدد بصورت کد وارد می شود و (1) به معنی عدم تغییر و (0) به معنی اجازه تغییر می باشد.
۲۹. (VARIATION CODE FOR TF): این عدد مشخص کننده تغییر یا عدم تغییر ضخامت بال در مقاطع مشخص شده توسط کاربر می باشد. عدد بصورت کد وارد می شود و (1) به معنی عدم تغییر و (0) به معنی اجازه تغییر می باشد.
۳۰. (VARIATION CODE FOR TH): این عدد مشخص کننده تغییر یا عدم تغییر ضخامت جان در مقاطع مشخص شده توسط کاربر می باشد. عدد بصورت کد وارد می شود و (1) به معنی عدم تغییر و (0) به معنی اجازه تغییر می باشد.
۳۱. (VARIATION CODE FOR STIFFENER DIVISIONS): این عدد مشخص کننده تغییر یا عدم تغییر تعداد چشمه های سخت کننده ها در بازه های طولی مشخص شده توسط کاربر می باشد. عدد بصورت کد وارد می شود و (1) به معنی عدم تغییر و (0) به معنی اجازه تغییر می باشد.
۳۲. (SYMMETRICALITY CODE FOR VARIATIONS): این عدد مشخص کننده آن است که متغیرهایی که اجازه تغییر به آنها داده شده است باید بشکلی متقارن در تیر شکل بگیرند یا خیر. (1) به معنی تقارن و (0) به معنی خلاف آن می باشد.
۳۳. (POPULATION SIZE): مقدار تعداد اعضای جمعیت ژنتیکی را مشخص می کند.
۳۴. (THE CROSS OVER PROBABILITY): احتمال پیوند.
۳۵. (THE MUTATION PROBABILITY): احتمال جهش.
۳۶. (THE TOTAL NUMBER OF GENERATIONS): تعداد نسلهای که کاربر برای شرط توقف برنامه مشخص می کند
- ب- اطلاعات سازه ای:
۳۷. (TOTAL LENGTH OF THE PLATE GIRDER -mm): طول کلی تیر برحسب میلیمتر.
۳۸. (SPECIFIC WEIGHT OF STEEL-kg/mm³): وزن مخصوص فولاد مصرفی.
۳۹. (THE NUMBER OF SUPPORTS): تعداد تکیه گاهها.
۴۰. (X: COORDINATE OF i TH SUPPORT FROM ORIGIN-mm): فاصله طولی تکیه گاه i از ابتدای تیر برحسب میلیمتر.
۴۱. (THE CODES OF KIND OF SUPORT i TH): این عدد مشخص کننده نوع تکیه گاه i ام تیر است. عدد بصورت کد وارد می شود و (1) به معنی گیر داری قائم یا مفصلی تکیه گاه (2) به معنی گیر داری دورانی تکیه گاه و (3) به معنی گیر داری کامل تکیه گاه می باشد.
۴۲. (NUMBER OF CONCENTRATED LOAD): تعداد بارهای متمرکز.

۴۳. (X: COORDINATE OF i TH CONCENTRATED LOAD-mm) : فاصله طولی بار متمرکز i ام از ابتدای تیر بر حسب میلیمتر.
۴۴. (VALUE OF i TH CONCENTRATED FORCE-kg) : مقدار نیروی قائم متمرکز بار i ام بر حسب کیلوگرم.
۴۵. (VALUE OF i TH CONCENTRATED MOMENT-kg.mm) : مقدار لنگر متمرکز بار i ام بر حسب کیلوگرم در میلیمتر.
۴۶. (NUMBER OF UNIFORM LOAD) : تعداد بارهای گسترده.
۴۷. (THE FIRST COORINATE OF i TH UNIFORM LOAD FROM ORIGIN-mm) : فاصله طولی نقطه شروع بار گسترده i ام از ابتدای تیر بر حسب میلیمتر
۴۸. THE SECOND COORINATE OF i TH UNIFORM LOAD FROM (-mm ORIGIN) : فاصله طولی نقطه خاتمه بار گسترده i ام از ابتدای تیر بر حسب میلیمتر
۴۹. (VALUE OF i TH UNIFORM LOAD-kg/mm) : مقدار بار گسترده i ام بر حسب کیلوگرم بر میلیمتر.
۵۰. (THE NUMBER OF LATERAL BRACING ZONE) : تعداد نقاط اتکای جانبی تیر.
۵۱. (X: COORDINATE OF i TH LATERAL BRACING -mm) : فاصله طولی نقطه خاتمه بار گسترده i ام از ابتدای تیر بر حسب میلیمتر
۵۲. (THE CODE OF KIND OF i TH BRACING) : این عدد مشخص کننده نوع اتکای جانبی i ام تیر است. عدد بصورت کد وارد می شود و (0) به معنی اتکای جانبی پیوسته (مثلاً محاط در بتن) و (1) به معنی اتکای جانبی گسسته در بازه طولی اتکای جانبی i ام تیر است و طول اتکای جانبی به اندازه طول بازه است.
۵۳. (CONNECTIVITY TYPE OF FLANGE TO WEB) : این عدد مشخص کننده وضعیت اتصال بال به جان تیر ورق است. عدد بصورت کد وارد می شود و (0) به معنی اتصال منقطع بال به جان و (1) به معنی اتصال پیوسته بال به جان است.
۵۴. (NUMBER OF DEFELECTION CONTROL ZONE) : تعداد نواحی کنترل تغییر مکان تیر ورق.
۵۵. (X: COORDINATE OF i TH CONTROLING ZONE FOR DEFELECTION-mm) : فاصله طولی نقطه خاتمه ناحیه کنترل تغییر مکان i ام از ابتدای تیر بر حسب میلیمتر.
۵۶. (INVERS OF CONTROL DEFELECTION RATIO OF i TH ZONE) : مقدار معکوس نسبت محدودیت طولی تغییر مکان i ام.

به عنوان نمونه چنانچه تیر به دو ناحیه تقسیم شود و قرار باشد تغییر مکان در ناحیه اول با نسبت **1/800** طول آن ناحیه و در ناحیه دوم با نسبت **1/1000** طول آن ناحیه کنترل شود، پس از مشخص نمودن تعداد و محل این نواحی کنترل در ورودی های **55 و 54** در ورودی **56** دو مقدار **1000 و 800** برای این دو ناحیه وارد می شود.

3-3-8-اطلاعات خروجی برنامه:

همانگونه که در بخش اطلاعات ورودی اشاره گردید اطلاعات خروجی در دو فایل ذخیره میگردد. یک فایل حاوی اطلاعات بهینه ترین فرد هر نسل که قابلیت ترسیم نمودار بهیجگی در طول نسلها را به کاربر می دهد. در این فایل در هر سطر بترتیب شماره نسل، مقدار تابع هدف اصلاح شده با اعمال مقدار پنالنتی و مقدار تابع هدف ذکر گردیده است. فایل دیگر حاوی اطلاعات طرح بهینه نهایی وکنترلهای آن می باشد که ذیلاً ترتیب و نوع اطلاعات ارائه شده بیان می شود:

1- اطلاعات ورودی: تمامی اطلاعاتی که کاربر به برنامه وارد نموده است بترتیب ارائه شده است.

2-نتایج تحلیل سازه تیر ورق بهینه:مقادیر برش و لنگر در بازه های طولی (حداقل $1/50$) طول تیر ارائه گردیده است. چنانچه کاربر بیش تعداد **50**مقطع در طول تیر مشخص سازد برنامه در محل تمامی مقاطع مقادیر برش و لنگر را ارائه می دهد.

3-کنترلهای سازه ای در مقاطع مختلف:مقاطع کنترلی خود دو بخش تقسیم می گردد: **1-مقاطع**ی که ناشی از الگوی تقسیمی طول تیر هستند و تمامی شروط سازه ای به غیر از شروط کنترل بار متمرکز در آنها کنترل می گردد **2-مقاطع**ی که محل و موقعیت آنها در محل اعمال بارهای متمرکز و تکیه گاهها می باشند و کلیه شروط سازه ای مربوط به کنترل بارهای متمرکز در آن محل بررسی می شود.

در مورد هر دو نوع مقطع، برنامه کلیه پارامتر های محاسباتی همچون مقدار لنگر و برش یا واکنش تکیه گاهی، تنش های مجاز و مقادیر وابسته به آنها را ارائه داده، سپس با ذکر شروط وضعیت کنترل آنها نشان داده می شود. در نهایت مقادیر نقض شروط در آن مقطع و جمع آن در تمام مقاطع ارائه می گردد.

4- مقادیر طرح بهینه نهایی: در ابتدا مقادیر تابع شایستگی و تابع هدف (که همان حجم کل فولاد است) و نیز وزن کل فولاد و سپس مقادیر ارتفاع، پهنا، ضخامت بال و جان در مقاطع مختلف و سپس پهنا و ضخامت سخت کننده ها و در پایان تعداد چشمه سخت کننده در بازه های طولی تعریف شده ارائه می گردد.

فصل چهارم

حل مثالها و بررسی نتایج

4-1-1- مثال برای کنترل نتایج طراحی :

4-1-1-1- مقدمه:

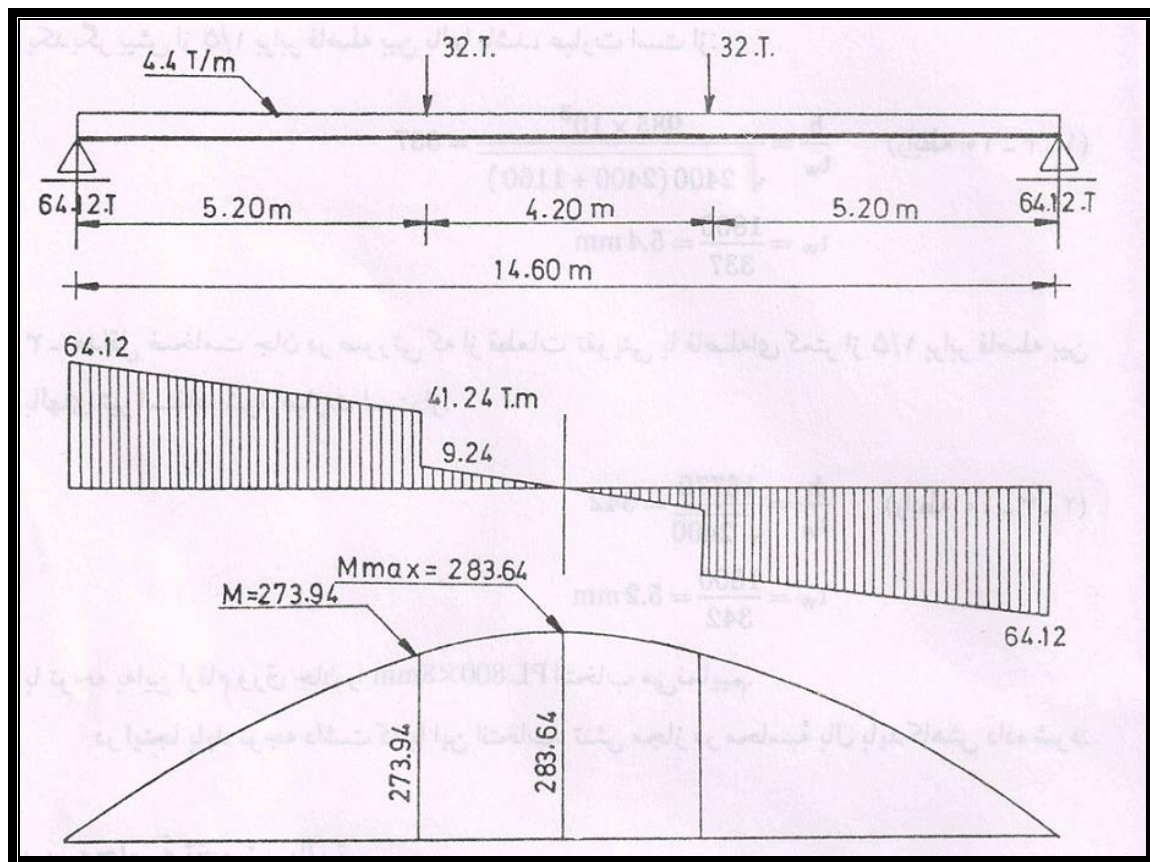
باتوجه به گستردگی شروط طراحی تیرورقهاو به منظور کنترل روش طراحی برنامه تدوین شده ، صرفنظر از جنبه های بهینگی ، مساله حل شده در مرجع [15]، توسط برنامه حل شده است و مقادیر پارامترهای بدست آمده در مساله مورد نظر با نتایج برنامه مقایسه گردیده است، تا از صحت برنامه از لحاظ رعایت شروط آئین نامه ای اطمینان حاصل شود .

به منظور حذف فرآیند بهینه سازی، بازه های ابعادی پیشنهادی کاربر، مقادیری نزدیک به جواب مرجع [15] قرار داده شده است. به این صورت که مقادیر جواب مرجع در کران پایین بازه قرار گرفته و کران بالای بازه ها (0/1) میلیمتر بالاتر از جواب انتخاب قرار داده شده است و مقدار تقسیمات همان (0/1) در نظر گرفته شده است . همچنین بازه های طولی موقعیت سخت کننده ها دقیقاً مطابق با جواب مرجع [15] قرار داده شده است. لکن تعداد سخت های قابل انتخاب را حداکثر 3 واحد و حداقل 1 در نظر گرفته شده است، تا برنامه خود به انتخاب تعداد سخت کننده اقدام کند. علت این امر رادربخش کنترل مقادیر مرجع اشاره خواهد شد.

2-1-4- شرح مثال :

در این مثال تیر ورقى با دهانه ساده مطابق شکل (4-1) که در مرجع [15] مورد طراحی قرار گرفته است، انتخاب شده است. تیر

فقط در محاذات بارهای متمرکز دارای اتکای جانبی است $F_y = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$ و از وزن تیرورق صرفنظر شده است .



شکل (4-1)

3-1-4- بررسی نتایج خروجی برنامه :

پس از ارائه داده ها و اجرای برنامه ، برنامه فایل های خروجی را تولید می کند.

باتوجه به خروجی برنامه که ارائه گردیده است ملاحظه می شود مقدار تابع هدف مساوی مقدار تابع هدف اصلاح شده پس اعمال مقدار پناالتی است که حکایت از آن دارد که تمامی شروط طراحی توسط برنامه مورد تایید قرار گرفته است و نقض قیودی صورت نگرفته است. همچنین برنامه کلیه کران های پایین ابعادی را انتخاب نموده که این امر نیز دلالت بر آن دارد برنامه به مقادیر پایین تر از ابعاد بدست آمده از حل [15] نیز بسنده می کند. به منظور مقایسه دقیق نتایج برنامه باحل مرجع [15] جدول (1-4) تنظیم گردیده است .

جدول (1-4) - مقایسه نتایج مرجع [15] و برنامه تدوین شده به روش الگوریتم ژنتیک

توضیحات	مقدار یا کنترل برنامه	مقدار یا کنترل مرجع	نام پارامتر یا شرط طراحی	شماره
	283/67 ton.m	283/64 ton.m	M: لنگر تیر وسط دهانه	1
	273/96 ton.m	273/94 ton.m	M: لنگر تیر در فاصله 5/2 متر از ابتدا	2
	63/8 ton	64/12 ton	V: برش در تکیه گاه	3
	41/24 ton	41/24 ton	V: برش در فاصله 5/2 متر از ابتدا	4
	222.07/75 cm ³	222.07 cm ³	S _{xx} : مدول مقطع تیر	5
فاقد اتکای جانبی است	فاقد اتکای جانبی است	بررسی شرایط اتکای جانبی در وسط دهانه		6
	10/37cm	10/37cm	r _t : شعاع ژیراسیون در ناحیه $\frac{1}{3}$ ناحیه فشاری	7
برنامه دقت محاسباتی بالاتری دارد	40/5	41	λ: لاغری ناحیه فشاری	8
	1277/36 kg/cm ²	1277 kg/cm ²	f _b : تنش خمشی موجود در وسط دهانه	9
البته مرجع 0/6 Fy=1400 فرض کرده بود که اصلاح شد	1380	1380	F _b : تنش خمشی مجاز کاهش یافته	10

ادامه جدول (1-4)- مقایسه نتایج مرجع [15] و برنامه تدوین شده به روش الگوریتم ژنتیک

شماره	نام پارامتر یا شرط طراحی	مقدار یا کنترل مرجع	مقدار یا کنترل برنامه	توضیحات
11	k_v نمود کمانش برش در برتکیه گاه	21/34	25/36	مرجع [15] به اشتباه وبدون توجه $\frac{a}{h} < 1$ از فرمول نامناسب استفاده کرده است
12	C_v : نسبت تنش کمانش جان در برتکیه گاه	0/536	0/66	مطابق اشتباه در محاسبه k_v مرجع [15]
13	f_v : تنش برشی موجود در برتکیه گاه	445 kg/cm^2	443 kg/cm^2	
14	f_v : تنش برشی مجاز در تکیه گاه	445 kg/cm^2	546 kg/cm^2	مطابق اشتباه در محاسبه k_v مرجع [15]
15	k_v : عدد کمانش برش در فاصله 3/65 از ابتدا	8/16	8/16	
16	C_v : نسبت تنش کمانش جان در فاصله 3/65 از ابتدا	0/21	0/21	
17	تعداد چشمه سخت کننده مناسب در فاصله 0 تا 90 سانتیمتر ابتدا	1	1	
18	تعداد چشمه سخت کننده مناسب در فاصله 90 تا 520 سانتیمتر ابتدای تیر	2	2	
19	تعداد چشمه سخت کننده مناسب در فاصله 520 تا 940 سانتیمتری از ابتدای تیر	1	2	مرجع [15] به اشتباه قید $\frac{a}{h} < \left(\frac{260}{\frac{h}{t_w}}\right)^2 = 1/32$ در این فاصله کنترل ننموده است . $h = 180, a = 420$
20	A_s حداقل سطح قائم سخت کننده ها در فاصله 3/65 از ابتدای تیر	$15/84 \text{ cm}^2$	$15/84 \text{ cm}^2$	

ادامه جدول (1-4) - مقایسه نتایج مرجع [15] و برنامه تدوین شده به روش الگوریتم ژنتیک

شماره	نام پارامتر یا شرط طراحی	مقدار یا کنترل مرجع	مقدار یا کنترل برنامه	توضیحات
21	I_{st} : ممان اینرسی سخت کننده ها	599	599	
22	f_a : تنش فشاری مجاز سخت کننده ها	$1260 \frac{kg}{cm}$	$1253 \frac{kg}{cm}$	
23	F_a : تنش فشاری موجود سخت کننده ها در تکیه گاه	$1397 \frac{kg}{cm^2}$	$1399 \frac{kg}{cm^2}$	
24	λ_p : لاغری ستون سخت کننده زیر تکیه گاه	13/6	13/64	
25	A_p سطح ستون سخت کننده در زیر پارامتر	$50/88 \text{ cm}^2$	$50/88 \text{ cm}^2$	
26	$\frac{b_s}{t_s} < 792$ شرط ابعادی سخت کننده ها	✓	✓	
27	$\frac{h}{t_w} < \frac{16770}{F_y}$ شرط ارتفاع به ضخامت جان		✓	
28	$I_{st} > \left(\frac{h}{50}\right)^4$ شرط ممان اینرسی سخت کننده ها	✓	✓	
29	$A_{st} > A_s$ شرط مساحت سخت کننده ها	✓	✓	
30	$\frac{b_f}{2t_s} < \frac{795}{\sqrt{F_y}}$ شرط پهنا به ضخامت بال	✓	✓	

2-4-2-مثالهاي حل شده به منظور بررسی نتایج بهینه سازی :

1-2-4-مقدمه:

به منظور کنترل فرآیند بهینه سازی با استفاده از مثالهاي حل شده در مرجع [19] که باروش شبکه عصبي صورت پذیرفته اقدام به مقایسه نتایج بهینه سازی نموده ایم . هرچند الگوي حل برنامه مرجع [19] و نیز روش و آئین نامه طراحی با برنامه ژنتیکی تفاوتهاي دارد لکن بهترین انتخاب ممکن برای کنترل برنامه است .

آئین نامه طراحی مرجع [19] مطابق با نسخه پیشین آئین نامه فولاد ایران است . همچنین شروط ابعادي مطابق با معیارهاي خارج از آئین نامه که جنبه هاي اجرائی دارد به شروط طراحی اضافه شده است . لذا به منظور تطبیق کامل شروط طراحی، کلیه روابط طراحی همچون مرجع [19] در نظر گرفته شده است . در همین راستا، مقدار پارامتر k_v براساس نسخه پیشین آئین نامه فولاد ایران در برنامه وارد شده است:

$$\frac{a}{h} < 1 \rightarrow k_v = \varepsilon / 0.0 + \frac{0.34}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

(1-4)

$$\frac{a}{h} \geq 1 \rightarrow k_v = 0.34 + \frac{4}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

و همچنین شروط ابعادي مرجع [19] نیز به شروط طراحی برنامه اضافه شده است :

$$b_f < \frac{h}{2.5}$$

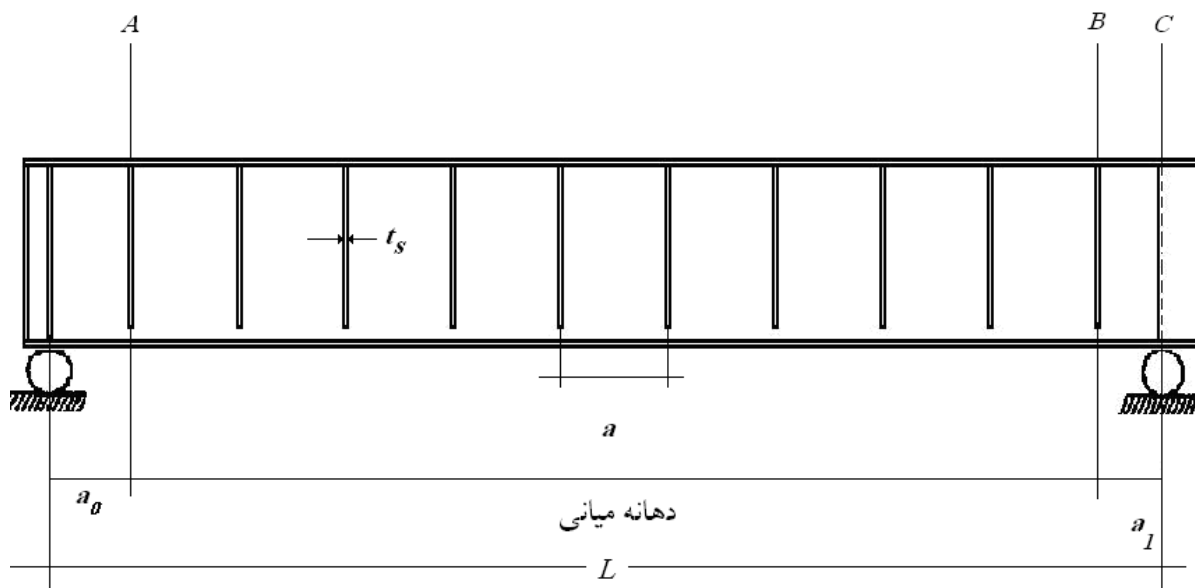
(2-4)

$$\frac{h}{6} < b_f$$

و ضمناً، مقادیر 795 در شروط کنترل ابعادي به 797 مطابق مرجع [19] تغییر یافت .

لازم به توجه است، برنامه مرجع [19] صرفاً به منظور بهینه سازی مقاطع تیرورق در مدلهاي تیربادخانه هاي مساوي و آن هم مقطع ثابت طراحی شده است . همچنین شیوه جستجوی جواب در میان مقادیر بصورت جستجو مقادیر پیوسته عددی می باشد . علاوه بر این برنامه مرجع [19] فاصله سخت کننده ها را صرفنظر از عملی یا غیر عملی بودن در سه بازه طولی دهانه تیر تعیین می نماید .

a_0 فاصله اولین سخت کننده از تکیه گاه خارجی، a فاصله سخت کننده هاي میانی ، a_1 فاصله اولین سخت کننده از تکیه گاه میانی . این تقسیم بندی در شکل زیر مشخص گردیده است .



شکل (2-4)

هر چند در برنامه کامپیوتری نوشته شده می توان تعداد نامحدودی بازه طولی سخت کننده را تعریف نمود و در داخل این بازه ها اقدام به جستجو کرد لکن تفاوت در آن است که طول بازه ها ثابت است .

در حال در کلیه مسائل حل شده در هر دهانه تیر صرفاً یک بازه طولی سخت کننده مشخص گردیده و در داخل آن برنامه ژنتیکی به تعیین تعداد چشمه سخت کننده هایی که در داخل آن بازه که تیورق را بهینه می نمایند، اقدام می کند و فواصل سخت کننده ها صرفاً یکنواخت است .

برنامه مرجع [19] هیچگونه کنترل شرطی در مورد نیروی فشاری متمرکز در تکیه گاه ها و نقاط اعمال بار ندارد و لذا به منظور هماهنگی هر چه بیشتر دو برنامه کنترل شروط نیروهای متمرکز در برنامه کامپیوتری تدوین یافته ، غیر فعال گردید .

برای مقایسه نتایج طراحی تیر ورق های بامقاطع متغیر با انواع مقطع ثابت، مثالها بر اساس مقطع متغیر نیز حل شده است. در این نمونه ها صرفاً از قابلیت ارتفاع متغیر تیورق استفاده شده است همواره هر دهانه از تیر به 6 قسمت مساوی تقسیم شده و در هر دهانه یک بازه سخت کننده و بطور یکنواخت با دهانه های دیگر تعریف شده است، یعنی تعداد چشمه سخت کننده ای که برنامه مشخص می کند در همه دهانه ها مساوی با یکدیگر است .

با توجه به آنکه شروط ابعادی (2-4) استفاده شده در مرجع [19] خارج از ضوابط آئین نامه است و این شروط با کسب مقادیر مختلف ارتفاعی در طول تیر در تقابل است و نیز اینکه این شروط اساساً برای طراحی تیرهای با مقطع ثابت پایه گذاری شده است. در مثالهای حل شده ارتفاع متغیر در حالت فقدان این شروط ابعادی نیز بررسی شده است.

لذا مثالهای حل شده ارتفاع متغیر با شماره (1) به مواردی اشاره دارد که علاوه کنترل کلیه شروط آئین نامه ای مرجع [19] ، شروط ابعادی (2-4) این مرجع نیز در توسط برنامه ژنتیکی نگارش شده ، کنترل می شود . مثالهای حل شده مرجع با شماره (2) به مواردی اشاره دارد که شروط ابعادی (2-4) توسط برنامه نگارش شده کنترل نمی شود و صرفاً شروط آئین نامه ای مرجع [19] کنترل می گردد .

چهار نمونه حل شده عبارتند از :

1- حل مرجع [19] به روش شبکه عصبی.

2- حل بوسلیه برنامه نگارش شده بر اساس الگوریتم ژنتیک بامقطع ثابت.

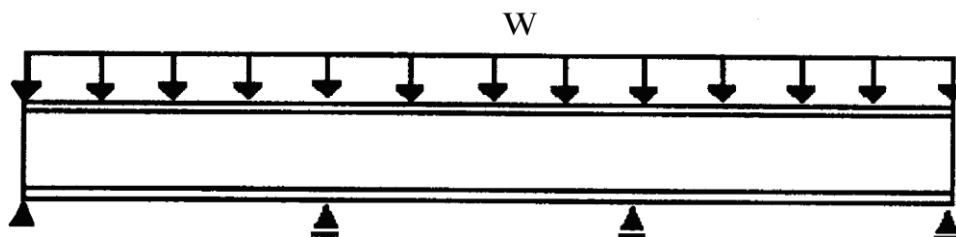
3- حل بوسلیه برنامه نگارش شده بر اساس الگوریتم ژنتیک با ارتفاع متغیر از نوع (1)، یعنی کنترل روابط (2-4) .

4- حل بوسلیه برنامه نگارش شده بر اساس الگوریتم ژنتیک با ارتفاع متغیر از نوع (2)، یعنی عدم کنترل روابط (2-4).

در پایان هر چهار نمونه از لحاظ مقادیر وزنی تیورقهای بدست آمده، مقایسه شده اند و نمودارهای وزنی چهار نمونه ترسیم گردیده است.

4-2-2-1 مثال 1- تیر سه دهانه با بارگذاری یکنواخت:

4-2-2-1-شرح مثال 1:



شکل (3-4)- تیورق سه دهانه با بارگذاری یکنواخت

جدول (2-4) - حالت‌های مختلف برای تیر سه دهانه با بارگذاری ها و دهانه های مختلف [19]

شماره حالت	طول دهانه (Cm)	فاصله تکیه گاه جانبی (Cm)	شدت بارگذاری (Kg/Cm)
1	2150	680	55
2	2400	500	50
3	2300	450	48
4	2480	510	42
5	2200	600	58
6	2350	650	45
7	2250	550	52
8	2450	420	49
9	2180	580	54
10	2280	620	58

جدول (3-4) - نتایج طراحی بهینه حاصل از شبکه های عصبی برای تیورق سه دهانه با بارگذاری یکنواخت [19]

شماره	b_f	t_f	h	t_w	a	t_s	b_s	a_0	a_1
1	50.75	1.65	211.20	0.63	115.13	0.69	10.15	82.71	66.26
2	53.50	1.73	216.50	0.67	117.80	0.72	10.33	89.18	71.31
3	49.95	1.62	205.42	0.64	123.34	0.71	10.19	87.94	70.19
4	51.14	1.69	202.49	0.61	122.53	0.70	10.13	83.75	66.96
5	51.64	1.69	219.16	0.65	121.20	0.75	10.16	86.05	68.93
6	50.35	1.67	204.38	0.61	120.89	0.69	10.10	82.71	66.18

جدول (6-4) - نتایج طراحی بهینه حاصل از الگوریتم ژنتیک با مقطع ثابت برای تیورق سه دهانه با بارگذاری یکنواخت

شماره	b_f	t_f	h	t_w	N_{in}	a_n	t_s	b_s	W_{tot}
1	50.49	1.65	200.00	0.62	34	63.24	0.62	10.00	16672.00
2	50.12	1.81	210.79	0.64	35	68.57	0.64	10.00	20073.00
3	46.64	1.70	201.56	0.70	28	82.14	0.62	10.00	17860.00
4	48.12	1.77	200.68	0.63	35	70.86	0.62	10.00	19354.00
5	48.20	1.81	156.68	0.68	30	73.33	0.62	10.00	18091.00
6	49.87	1.62	200.68	0.64	33	71.21	0.62	10.00	17797.00
7	49.06	1.67	206.64	0.67	30	75.00	0.62	10.00	17807.00
8	50.35	1.74	218.74	0.69	31	79.03	0.62	10.00	20776.00
9	51.15	1.60	205.32	0.63	33	66.06	0.62	10.00	16996.00
10	49.14	1.91	206.71	0.69	31	73.55	0.62	10.00	19585.00

جدول (7-4) محدوده تغییرات متغیرهای طراحی در حل ژنتیک با ارتفاع متغیر در وضعیتهای (1) و (2)

متغیر	نماد	بازه تغییرات	تقسیمات
پهنای بال	b_f	450-550 mm	10 mm
ارتفاع جان	h	600-2500 mm	50 mm
ضخامت بال	t_f	10-20 mm	2 mm
ضخامت جان	t_h	6-10 mm	2 mm
ضخامت سخت کننده	t_s	6-10 mm	2 mm

پهنای سخت کننده	b_s	100-140 mm	20 mm
تعداد چشمه سخت کننده	N_{st}	6-48	6

جدول (8-4) - نتایج طراحی بهینه حاصل از الگوریتم ژنتیک با ارتفاع متغیر وضعیت (1) برای تیورق سه دهانه با بارگذاری یکنواخت [19]

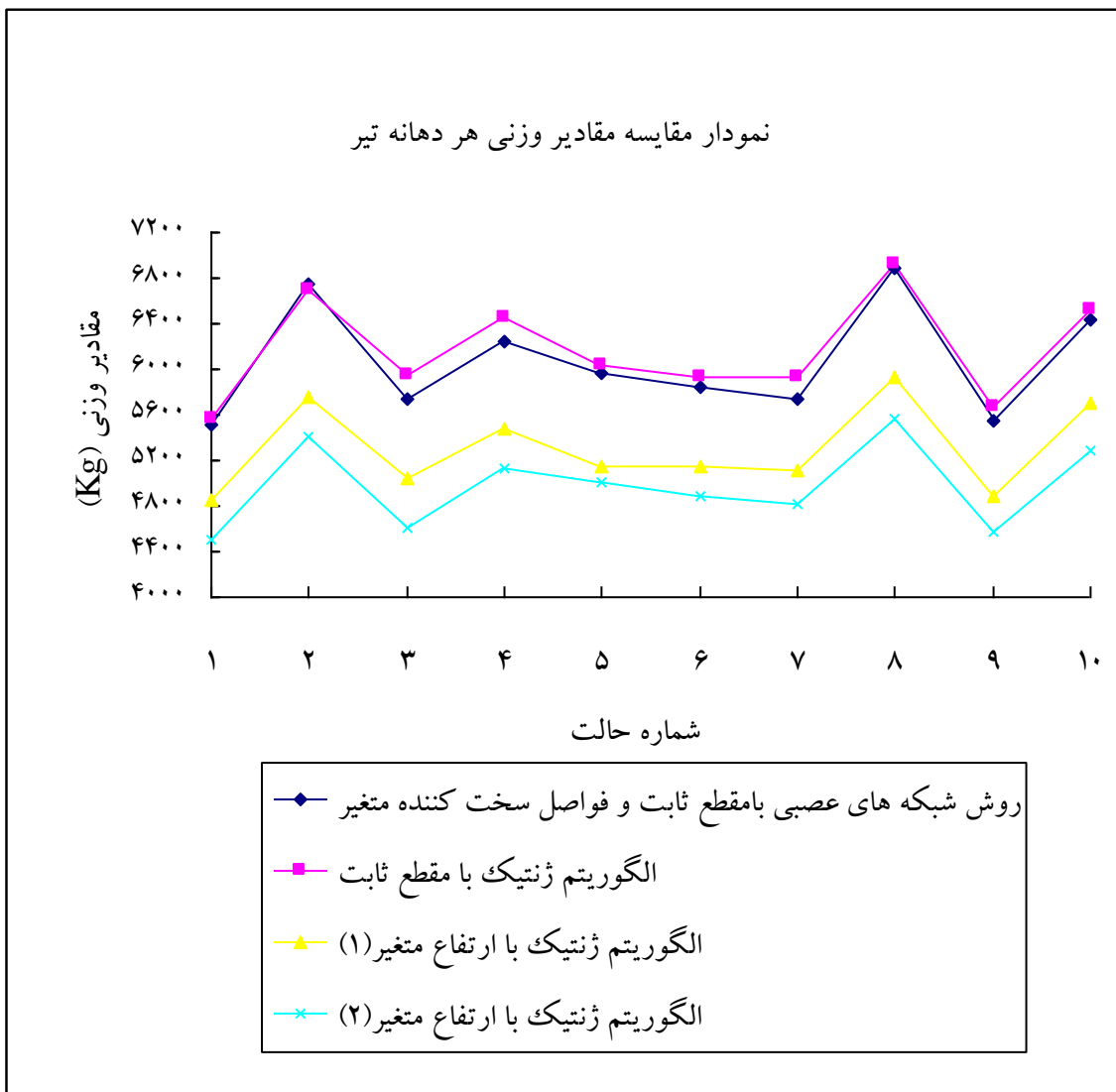
شماره	b_f	t_f	t_w	N_{in}	a_n	t_s	b_s	W_{tot}	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6
1	46.00	1.60	0.80	24	89.58	0.80	10.00	14569.00	130	115	165	165	115	120
2	45.00	1.80	0.80	24	100.00	0.80	10.00	17282.00	120	135	200	170	125	120
3	45.00	1.60	0.80	24	95.83	0.80	10.00	15132.00	115	120	155	155	125	115
4	46.00	1.60	0.80	24	103.33	0.80	10.00	16454.00	120	130	155	155	120	120
5	45.00	1.80	0.80	24	91.67	0.80	10.00	15462.00	120	115	115	155	120	120
6	45.00	1.60	0.80	24	97.92	0.80	10.00	15451.00	130	120	155	155	135	115
7	45.00	1.60	0.80	24	93.75	0.80	10.00	15331.00	120	130	170	180	140	120
8	46.00	1.80	0.80	24	102.08	0.80	10.00	17791.00	120	155	165	200	135	120
9	45.00	1.40	1.00	18	121.11	0.80	10.00	14638.00	130	120	160	155	115	120
10	45.00	2.00	0.80	24	95.00	0.80	10.00	17120.00	130	115	180	175	125	120
شماره	h_7	h_8	h_9	h_{10}	h_{11}	h_{12}	h_{13}	h_{14}	h_{15}	h_{16}	h_{17}	h_{18}	h_{19}	
1	240	120	125	135	125	120	240	120	115	165	165	115	130	
2	225	120	115	165	115	120	225	120	125	170	200	135	120	
3	240	120	120	115	120	120	240	115	125	155	155	120	115	
4	240	120	115	115	115	120	240	120	120	155	155	130	120	
5	240	120	120	120	120	120	240	120	120	155	115	115	120	
6	230	115	120	115	120	115	230	115	135	155	155	120	130	
7	230	120	130	145	130	120	230	120	140	180	170	130	120	
8	225	115	115	115	115	115	225	120	135	200	165	155	120	
9	225	115	115	155	115	115	225	120	115	155	160	120	130	
10	215	120	120	120	120	120	215	120	125	175	180	115	130	

جدول (9-4) - نتایج طراحی بهینه حاصل از الگوریتم ژنتیک با ارتفاع متغیر وضعیت (2) برای تیورق سه دهانه با بارگذاری یکنواخت [19]

شماره	b_f	t_f	t_w	N_{in}	a_n	t_s	b_s	W_{tot}	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6
1	45.00	1.40	1.00	18	119.44	0.80	10.00	13516.00	60	130	170	180	135	65
2	48.00	1.60	0.80	30	80.00	0.80	10.00	16217.00	60	130	170	170	140	105
3	45.00	1.40	1.00	18	127.78	0.80	10.00	13811.00	75	120	160	150	90	60
4	45.00	1.60	0.80	30	82.67	0.80	10.00	15391.00	60	115	160	155	100	85
5	45.00	1.60	0.80	24	91.67	0.80	10.00	15042.00	75	155	190	225	170	105
6	47.00	1.60	0.80	36	65.28	0.80	10.00	14660.00	60	105	145	155	90	75
7	46.00	1.60	0.80	24	93.75	0.80	10.00	14465.00	65	120	175	180	115	105
8	45.00	1.80	0.80	30	81.67	0.80	10.00	16690.00	60	130	165	165	125	95
9	45.00	1.60	0.80	30	72.67	0.80	10.00	13719.00	65	115	180	150	105	90
10	45.00	1.80	0.80	24	95.00	0.80	10.00	15873.00	80	125	180	180	135	110
شماره	h_7	h_8	h_9	h_{10}	h_{11}	h_{12}	h_{13}	h_{14}	h_{15}	h_{16}	h_{17}	h_{18}	h_{19}	
1	205	70	60	155	60	70	205	65	135	180	170	130	60	
2	235	90	60	155	60	90	235	105	140	170	170	130	60	
3	225	100	60	65	60	100	225	60	90	150	160	120	75	
4	230	90	60	130	60	90	230	85	100	155	160	115	60	
5	215	80	80	200	80	80	215	105	170	225	190	155	75	
6	220	85	60	60	60	85	220	75	90	155	145	105	60	
7	200	65	60	240	60	65	200	105	115	180	175	120	65	
8	240	95	60	105	60	95	240	95	125	165	165	130	60	
9	225	85	60	105	60	85	225	90	105	150	180	115	65	
10	240	95	65	155	65	95	240	110	135	180	180	125	80	

جدول (4-10)- مقایسه وزن هر دهانه تیورق بهینه در چهار روش مختلف

شماره حالت	روش شبکه های عصبی بامقطع ثابت و فواصل سخت کننده متغیر	روش الگوریتم ژنتیک با مقطع ثابت	روش الگوریتم ژنتیک با ارتفاع متغیر (1)	روش الگوریتم ژنتیک با ارتفاع متغیر (2)	درصد اختلاف وزن روش ژنتیک با مقطع ثابت نسبت به روش شبکه عصبی (علامت مثبت نشانه افزایش وزن است)	درصد اختلاف وزن روش ژنتیک با ارتفاع متغیر (1) نسبت به روش شبکه عصبی (علامت مثبت نشانه افزایش وزن است)	درصد اختلاف وزن روش ژنتیک با ارتفاع متغیر (2) نسبت به روش شبکه عصبی (علامت مثبت نشانه افزایش وزن است)
1	5519.18	5557.33	4856.33	4505.33	0.69%+	12.01%-	18.37%-
2	6747.45	6691.00	5760.67	5405.67	0.84%-	14.62%-	19.89%-
3	5744.11	5953.33	5044.00	4603.67	3.64%+	12.19%-	19.85%-
4	6239.03	6451.33	5484.67	5130.33	3.40%+	12.09%-	17.77%-
5	5966.63	6030.33	5154.00	5014.00	1.07%+	13.62%-	15.97%-
6	5850.28	5932.33	5150.33	4886.67	1.40%+	11.96%-	16.47%-
7	5741.95	5935.67	5110.33	4821.67	3.37%+	11.00%-	16.03%-
8	6878.43	6925.33	5930.33	5563.33	0.68%+	13.78%-	19.12%-
9	5547.75	5665.33	4879.33	4573.00	2.12%+	12.05%-	17.57%-
10	6430.60	6528.33	5706.67	5291.00	1.52%+	11.26%-	17.72%-



نمودار (1-4)

نمودار (1-4)

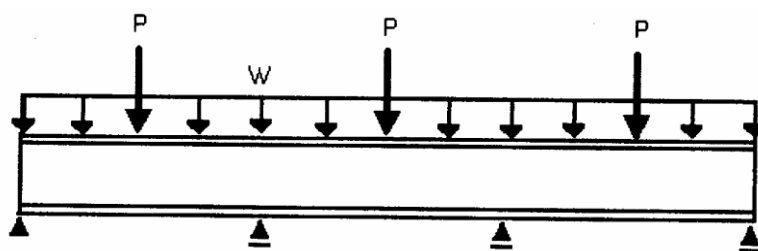
4-2-2-3- ارزیابی نتایج حل مثال 1:

1- در الگوی استفاده شده در مرجع [19] در هر دهانه سه بازه جهت تعیین فواصل سخت کننده ها ارائه می شود. با توجه به الگوی استفاده شده در برنامه کامپیوتری نوشته شده و با وضعیت مقطع ثابت که تعداد سخت کننده ها بطور یکنواخت در هر دهانه تیر تعیین می شود، پیش بینی می شود نتایج وزنی مرجع [19] با روش شبکه عصبی کمتر از نتایج وزنی برنامه الگوریتم ژنتیک در وضعیت مقطع ثابت باشد.

لکن در حالت 2 مثال 1 ملاحظه می گردد برنامه نگارش شده به روش الگوریتم ژنتیک در وضعیت مقطع ثابت به طریقی با وزن کمتر از برنامه شبکه عصبی دست یافته است.

2- مطابق بررسی جداول و نمودارهای وزن نهایی، درصد متوسط بهبود وزن نسبت به نتایج مرجع [19] در مثال 1 در حالت ارتفاع متغیر 12.45% و در حالت ارتفاع متغیر (2) برابر 17.87% می باشد.

4-3-1-شرح مثال:



شکل (4-4) - تیورق سه دهانه با بار یکنواخت و بار متمرکز در وسط دهانه

جدول (4-11) - حالت‌های مختلف برای تیر سه دهانه با بارگذاری ها و دهانه های مختلف [19]

شماره	طول دهانه	فاصله حمایت	شدت بارگذاری	مقدار بار
1	1400	400	35	25000
2	1550	300	32	23000
3	1700	200	40	22000
4	1600	350	38	24500
5	1350	450	44	25000
6	1680	150	50	22500
7	1450	450	48	25500
8	1580	460	45	22500
9	1380	410	50	23100
10	1750	180	31	24000

جدول (4-12) - نتایج طراحی حاصل از شبکه های عصبی برای تیورق سه دهانه با بارگذاری یکنواخت و بار

متمرکز [19]

شماره	b_f	t_f	h	t_w	a	t_s	b_s	a_0	a_1
1	36.13	1.18	161.05	0.601	130.48	0.618	10	93.68	70.45
2	36.48	1.28	163.28	0.602	133.46	0.634	10	94.23	71.27
3	41.48	1.42	183	0.611	125.58	0.662	10.07	88.16	68.11
4	39.88	1.31	186.71	0.607	130.19	0.642	10.05	89.34	68.48
5	36.48	1.21	177.71	0.601	124.48	0.619	10	87.97	67.21
6	43.99	1.44	197.84	0.623	125.3	0.69	10.18	85.68	66.78
7	39.35	1.26	177.75	0.617	122.75	0.635	10.06	89.01	68.29
8	38.99	1.31	178.42	0.614	122.17	0.629	10.06	89.1	68.6
9	36.27	1.25	174.9	0.604	120.6	0.62	10.01	86.04	66.21
10	40.27	1.38	175.41	0.605	132.89	0.686	10.04	91.04	69.54

4-2-3-2-4-حل مثال 2:

جدول (4-13) داده های بهینه سازی

نوع پارامتر	روش مقطع یکنواخت	وضعیت ارتفاع متغیر (1) و (2)
اندازه جمعیت (pop size)	30	100
احتمال پیوند (Crossover)	0.95	0.95
احتمال جهش (Mutation)	0.005	0.005
تعداد نسل بررسی شده (Generations)	1000	2000
تعداد کل حالات محتمل	1.24 E+16	5.90 E+18
تعداد تقسیمات مساوی کل تیر	3	18
تعداد بازه های سخت کننده	3 (در هر دهانه یک بازه مجهول)	3 (در هر دهانه یک بازه مجهول)

جدول (4-14) محدوده تغییرات متغیرهای طراحی در حل ژنتیک با مقطع ثابت

متغیر	نماد	بازه تغییرات	تقسیمات
پهنای بال	b_f	350-450 mm	0.1 mm
ارتفاع جان	h	1500-2000 mm	0.1 mm
ضخامت بال	t_f	10-20 mm	0.1 mm
ضخامت جان	t_h	6-10 mm	0.1 mm
ضخامت سخت کننده	t_s	6-10 mm	0.1 mm
پهنای سخت کننده	b_s	100-150 mm	0.1 mm
تعداد چشمه سخت کننده	N_{st}	10-40	1

جدول (15-4) - نتایج طراحی بهینه حاصل از الگوریتم ژنتیک با مقطع ثابت برای تیرورق سه دهانه با بارگذاری یکنواخت

شماره	b_f	t_f	h	t_w	N_{in}	a_n	t_s	b_s	W_{tot}
1	35.20	1.24	156.64	0.64	18	77.78	0.64	10.00	7031.00
2	39.80	1.24	151.64	0.65	20	77.50	0.62	10.00	8079.00
3	40.48	1.48	162.69	0.74	19	89.47	0.62	10.00	10557.00
4	38.91	1.45	169.63	0.60	24	66.67	0.62	10.00	9260.00
5	35.00	1.24	156.68	0.75	14	96.43	0.62	10.00	7134.00
6	42.62	1.63	180.27	0.60	28	60.00	0.62	10.00	11231.00
7	36.49	1.53	160.26	0.69	19	76.32	0.62	10.00	8514.00
8	41.23	1.45	169.72	0.61	24	65.83	0.64	10.00	9513.00
9	38.79	1.35	150.06	0.73	16	86.25	0.62	10.00	7659.00
10	40.02	1.39	163.23	0.70	20	87.50	0.62	10.00	10237.00

جدول (16-4) محدوده تغییرات متغیرهای طراحی در حل ژنتیک با ارتفاع متغیر در وضعیتهای (1) و (2)

متغیر	نماد	بازه تغییرات	تقسیمات
پهنای بال	b_f	350-450 mm	10 mm
ارتفاع جان	h	600-2000 mm	50 mm
ضخامت بال	t_f	10-20 mm	2 mm
ضخامت جان	t_h	6-10 mm	2 mm
ضخامت سخت کننده	t_s	6-10 mm	2 mm
پهنای سخت کننده	b_s	100-140 mm	20 mm

تعداد چشمه سخت کننده	N_{st}	6-48	6
----------------------	----------	------	---

جدول (4-17) - نتایج طراحی بهینه حاصل از الگوریتم ژنتیک با ارتفاع متغیر وضعیت (1) برای تیورق سه دهانه با بارگذاری یکنواخت

شماره	b_f	t_f	t_w	N_{in}	a_n	t_s	b_s	W_{tot}	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6
1	35.00	1.20	0.80	12	116.67	0.80	10.00	6110.00	95	90	130	135	95	90
2	35.00	1.40	0.80	24	64.58	0.80	10.00	7028.00	90	90	130	140	100	95
3	36.00	1.40	0.80	18	94.44	0.80	10.00	8663.00	90	95	140	165	100	95
4	35.00	1.60	0.60	24	66.67	0.80	10.00	7856.00	90	95	125	145	90	110
5	35.00	1.40	0.60	24	56.25	0.80	10.00	6226.00	95	95	120	140	95	100
6	40.00	1.40	0.80	18	93.33	0.80	10.00	9410.00	100	100	150	165	130	100
7	35.00	1.60	0.60	24	60.42	0.80	10.00	7298.00	95	95	130	150	95	110
8	35.00	1.40	0.80	18	87.78	0.80	10.00	7954.00	100	100	140	150	100	95
9	35.00	1.40	0.60	24	57.50	0.80	10.00	6627.00	90	95	135	165	110	105
10	35.00	1.40	0.80	18	97.22	0.80	10.00	8769.00	95	100	135	180	95	95
شماره	h_7	h_8	h_9	h_{10}	h_{11}	h_{12}	h_{13}	h_{14}	h_{15}	h_{16}	h_{17}	h_{18}	h_{19}	
1	150	95	95	95	95	95	150	90	95	135	130	90	95	
2	175	95	95	95	95	95	175	95	100	140	130	90	90	
3	190	95	95	115	95	95	190	95	100	165	140	95	90	
4	195	95	95	95	95	95	195	110	90	145	125	95	90	
5	175	90	95	95	95	90	175	100	95	140	120	95	95	
6	200	105	100	140	100	105	200	100	130	165	150	100	100	
7	185	95	95	130	95	95	185	110	95	150	130	95	95	
8	195	95	95	90	95	95	195	95	100	150	140	100	100	
9	185	95	95	130	95	95	185	105	110	165	135	95	90	
10	175	95	105	95	105	95	175	95	95	180	135	100	95	

جدول (4-18) - نتایج طراحی بهینه حاصل از الگوریتم ژنتیک با ارتفاع متغیر وضعیت (2) برای تیرورق سه دهانه با بارگذاری یکنواخت

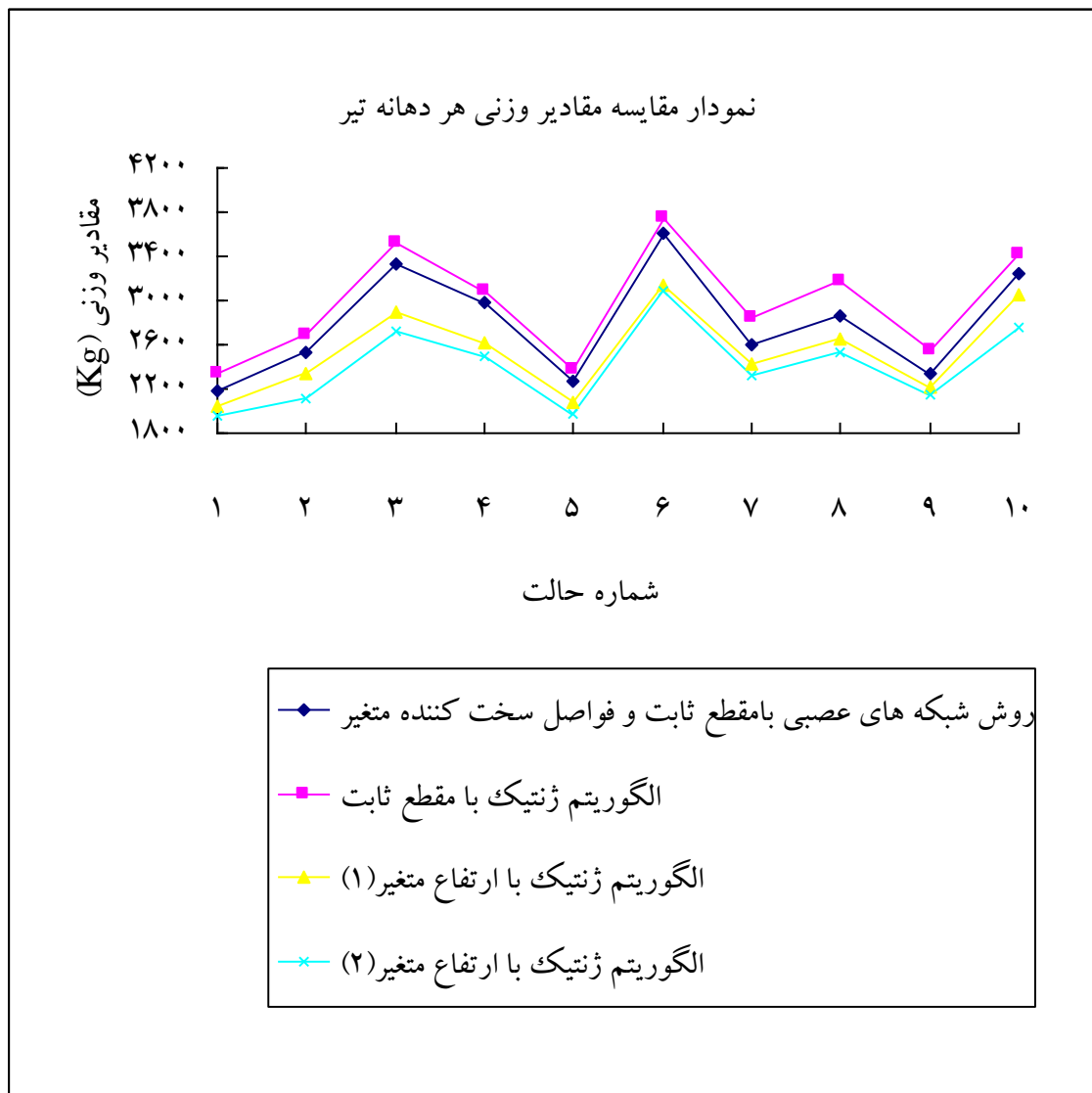
شماره	b_f	t_f	t_w	N_{in}	a_n	t_s	b_s	W_{tot}	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6
1	35.00	1.40	0.80	12	116.67	0.80	10.00	5872.00	60	70	105	125	65	60
2	35.00	1.20	0.80	12	129.17	0.80	10.00	6315.00	60	80	120	135	65	60
3	36.00	1.20	1.00	12	141.67	0.80	10.00	8163.00	60	100	145	155	90	60
4	35.00	1.40	0.80	18	88.89	0.80	10.00	7486.00	60	85	130	165	70	75
5	35.00	1.40	0.80	18	75.00	0.80	10.00	5939.00	60	75	110	135	65	65
6	37.00	1.70	0.80	18	93.33	0.80	10.00	9251.00	60	90	140	145	95	95
7	37.00	1.40	0.80	18	80.56	0.80	10.00	6954.00	60	85	130	150	90	80
8	35.00	1.40	0.80	18	87.78	0.80	10.00	7594.00	60	95	140	165	95	80
9	38.00	1.20	0.80	18	76.66	0.80	10.00	6238.00	60	85	150	140	85	70
10	37.00	1.40	0.80	18	97.22	0.80	10.00	8277.00	60	100	135	155	100	60
شماره	h_7	h_8	h_9	h_{10}	h_{11}	h_{12}	h_{13}	h_{14}	h_{15}	h_{16}	h_{17}	h_{18}	h_{19}	
1	135	75	65	85	65	75	135	60	65	125	105	70	60	
2	195	95	60	60	60	95	195	60	65	135	120	80	60	
3	185	90	60	75	60	90	185	60	90	155	145	100	60	
4	190	95	60	60	60	95	190	75	70	165	130	85	60	
5	150	75	60	60	60	75	150	65	65	135	110	75	60	
6	170	60	60	105	60	60	170	95	95	145	140	90	60	

7	165	75	60	85	60	75	165	80	90	150	130	85	60	
8	175	70	60	135	60	70	175	80	95	165	140	95	60	
9	170	80	60	70	60	80	170	70	85	140	150	85	60	
10	155	60	60	115	60	60	155	60	100	155	135	100	60	

جدول (4-19) وزن هر دهانه تیورورق بهینه در چهار روش مختلف

شماره حالت	روش شبکه های عصبی بامقطع ثابت فواصل سخت کننده متغیر	الگوریتم ژنتیک با مقطع ثابت	الگوریتم ژنتیک با ارتفاع متغیر (1)	الگوریتم ژنتیک با ارتفاع متغیر (2)	درصد اختلاف وزن روش ژنتیک با مقطع ثابت نسبت به روش شبکه عصبی (علامت مثبت نشانه افزایش وزن است)	درصد اختلاف وزن روش ژنتیک با ارتفاع متغیر (1) نسبت به روش شبکه عصبی (علامت مثبت نشانه افزایش وزن است)	درصد اختلاف وزن روش ژنتیک با ارتفاع متغیر (2) نسبت به روش شبکه عصبی (علامت مثبت نشانه افزایش وزن است)
1	2179.55	2343.67	2036.67	1957.33	7.53%+	6.56%-	-10.20%
2	2532.51	2693.00	2342.67	2105.00	6.34%+	7.50%-	-16.88%
3	3336.71	3519.00	2887.67	2721.00	5.46%+	13.46%-	-18.45%
4	2982.65	3086.67	2618.67	2495.33	3.49%+	12.20%-	-16.34%
5	2267.69	2378.00	2075.33	1979.67	4.86%+	8.48%-	-12.70%

6	3605.16	3743.67	3136.67	3083.67	3.84%+	13.00%-	-14.47%
7	2599.94	2838.00	2432.67	2318.00	9.16%+	6.43%-	-10.84%
8	2866.53	3171.00	2651.33	2531.33	10.62%+	7.51%-	-11.69%
9	2333.84	2553.00	2209.00	2079.33	9.39%+	5.35%-	%0.90-1
10	3248.11	3412.33	2923.00	2759.00	5.06%+	-10.00%	15.06%

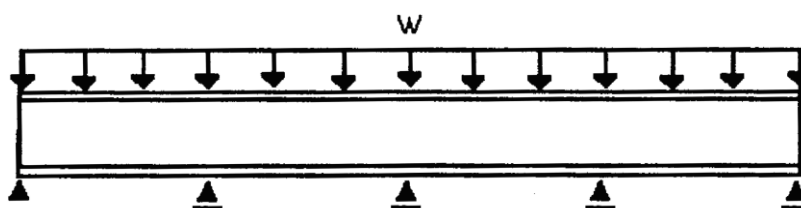


4-2-3-3-ارزیابی نتایج حل مثال 2:

مطابق بررسی جداول ونمودارهای وزن نهایی، درصد متوسط بهبود وزن نسبت به نتایج مرجع [19] در مثال 2 در حالت ارتفاع متغیر (1)، 9.5% و در حالت ارتفاع متغیر (2) برابر 13.75 % می باشد.

4-2-4-مثال 3- تیرچهار دهانه با بارگذاری یکنواخت:

4-2-4-1-شرح مثال 3:



شکل (4-5) - تیرورق چهار دهانه با بار یکنواخت

جدول (4-20) - حالت‌های مختلف برای تیرچهار دهانه با بارگذاری ها و دهانه های مختلف [19]

شماره حالت	طول دهانه (Cm)	فاصله تکیه گاه	شدت بارگذاری
1	2300	650	55
2	2550	420	45
3	2420	480	40
4	2380	550	50
5	2570	380	38
6	2350	580	52
7	2480	450	48
8	2530	400	42
9	2320	630	51

10	2400	500	40
----	------	-----	----

جدول (4-21) - نتایج طراحی بهینه حاصل از شبکه های عصبی برای تیرورق چهار دهانه با بارگذاری یکنواخت [19]

شماره	b_f	t_f	h	t_w	a	t_s	b_s	a_0	a_1
1	48.93	1.97	218.2	0.66	114.9	0.71	10.23	89.04	70.08
2	51.52	1.88	212.5	0.63	122.7	0.71	10.38	87.25	68.67
3	51.22	1.67	197.8	0.61	126.1	0.69	10.1	86.6	67.95
4	54.32	1.81	219.3	0.67	120.2	0.73	10.47	91.28	71.8
5	51.37	1.79	202.3	0.62	124.7	0.69	10.22	87.2	68.48
6	52.91	1.82	217.2	0.66	118.1	0.72	10.39	91.06	71.6
7	52.89	1.94	219.6	0.68	113.2	0.7	10.29	92.69	72.84
8	51.61	1.86	210.7	0.63	127.4	0.72	10.46	88.45	69.55
9	51.89	1.81	215.1	0.65	120.4	0.73	10.22	88.98	70
10	51.2	1.66	198.1	0.61	125.1	0.68	10.14	86.48	67.87

2-4-2-4-2-4 حل مثال 3:

جدول (22-4) داده های بهینه سازی

نوع پارامتر	وضعیت مقطع ثابت	وضعیت ارتفاع متغیر (1) و (2)
اندازه جمعیت (pop size)	30	100
احتمال پیوند (Crossover)	0.95	0.95
احتمال جهش (Mutation)	0.005	0.005
تعداد نسل بررسی شده (Generations)	1000	2000
تعداد کل حالات محتمل	1.24 E+16	3.47 E+24
تعداد تقسیمات مساوی کل تیر	4	24
تعداد بازه های سخت کننده	4 (در هر دهانه یک بازه مجهول)	4 (در هر دهانه یک بازه مجهول)

جدول (23-4) محدوده تغییرات متغیرهای طراحی در حل ژنتیک با مقطع ثابت

متغیر	نماد	بازه تغییرات	تقسیمات
پهنای بال	b_f	450-550 mm	0.1 mm
ارتفاع جان	h	1900-2400 mm	0.1 mm
ضخامت بال	t_f	10-20 mm	0.1 mm
ضخامت جان	t_h	6-10 mm	0.1 mm

ضخامت سخت کننده	t_s	6-10 mm	0.1 mm
پهنای سخت کننده	b_s	100-150 mm	0.1 mm
تعداد چشمه سخت کننده	N_{st}	10-40	1

جدول (24-4) - نتایج طراحی بهینه حاصل از الگوریتم ژنتیک با مقطع ثابت برای تیرورق سه دهانه با بارگذاری یکنواخت

شماره	b_f	t_f	h	t_w	N_{in}	a_n	t_s	b_s	W_{tot}
1	54.69	1.77	214.38	0.64	34	67.65	0.62	10.00	26685.00
2	49.29	1.93	211.59	0.73	29	87.93	0.62	10.00	29957.00
3	46.63	1.81	199.37	0.60	36	67.22	0.62	10.00	24663.00
4	46.06	1.99	215.28	0.69	30	79.33	0.64	10.00	27360.00
5	49.02	1.76	201.42	0.69	30	85.67	0.62	10.00	27456.00
6	52.65	1.87	208.74	0.63	36	65.28	0.62	10.00	27112.00
7	50.65	1.95	215.22	0.64	36	68.89	0.62	10.00	29078.00
8	45.34	1.98	215.55	0.64	34	74.41	0.62	10.00	28033.00
9	49.85	1.75	215.63	0.71	28	82.86	0.62	10.00	26182.00
10	47.30	1.73	201.19	0.61	34	70.59	0.62	10.00	24208.00

جدول (25-4) محدوده تغییرات متغیرهای طراحی در حال ژنتیک با ارتفاع متغیر وضعیتهای (1) و (2)

متغیر	نماد	بازه تغییرات	تقسیمات
پهنای بال	b_f	450-550 mm	10 mm
ارتفاع جان	h	600-2400 mm	50 mm
ضخامت بال	t_f	10-20 mm	2 mm
ضخامت جان	t_h	6-10 mm	2 mm

ضخامت سخت کننده	t_s	6-10 mm	2 mm
پهنای سخت کننده	b_s	100-140 mm	20 mm
تعداد چشمه سخت کننده	N_{st}	6-48	6

جدول (4-26) - نتایج طراحی بهینه حاصل از الگوریتم ژنتیک با ارتفاع متغیر وضعیت (1) برای تیورق سه دهانه با بارگذاری یکنواخت

شماره	b_f	t_f	t_w	N_{in}	a_n	t_s	b_s	W_{tot}	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6
1	46.00	1.60	1.00	18	127.78	0.80	10.00	23186.00	155	120	165	230	165	115
2	45.00	1.80	0.80	24	106.25	0.80	10.00	25326.00	125	170	200	200	210	115
3	45.00	1.60	0.80	24	100.83	0.80	10.00	21437.00	155	125	165	180	125	125
4	45.00	2.00	0.80	24	99.17	0.80	10.00	23542.00	120	115	150	195	125	115
5	45.00	1.60	0.80	24	107.08	0.80	10.00	23646.00	130	175	170	230	185	125
6	45.00	2.00	0.80	24	97.92	0.80	10.00	23665.00	115	150	145	175	160	125
7	45.00	2.00	0.80	24	103.33	0.80	10.00	25503.00	150	150	150	230	150	120
8	45.00	1.60	0.80	24	105.42	0.80	10.00	23904.00	120	150	205	230	220	125
9	45.00	1.80	0.80	24	96.67	0.80	10.00	22810.00	140	135	205	205	140	125
10	45.00	1.80	0.80	24	100.00	0.80	10.00	21677.00	130	115	125	155	115	115
شماره	h_7	h_8	h_9	h_{10}	h_{11}	h_{12}	h_{13}	h_{14}	h_{15}	h_{16}	h_{17}	h_{18}	h_{19}	h_{20}
1	240	125	125	150	120	125	200	125	120	150	125	125	240	115
2	235	125	170	130	120	115	220	115	120	130	170	125	235	115
3	240	125	115	130	115	125	175	125	115	130	115	125	240	125
4	240	120	125	115	140	130	125	130	140	115	125	120	240	115
5	235	115	120	115	150	130	150	130	150	115	120	115	235	125
6	230	115	115	135	150	130	145	130	150	135	115	115	230	125
7	235	150	125	125	130	115	210	115	130	125	125	150	235	120
8	230	115	115	160	135	130	220	130	135	160	115	115	230	125

9	240	130	150	115	120	160	180	160	120	115	150	130	240	125
10	220	125	115	115	120	115	155	115	120	115	115	125	220	115

شماره	h ₂₁	h ₂₂	h ₂₃	h ₂₄	h ₂₅
1	165	230	165	120	155
2	210	200	200	170	125
3	125	180	165	125	155
4	125	195	150	115	120
5	185	230	170	175	130
6	160	175	145	150	115
7	150	230	150	150	150
8	220	230	205	150	120
9	140	205	205	135	140
10	115	155	125	115	130

جدول (4-27) - نتایج طراحی بهینه حاصل از الگوریتم ژنتیک با ارتفاع متغیر وضعیت (2) برای تیورق سه دهانه با بارگذاری یکنواخت

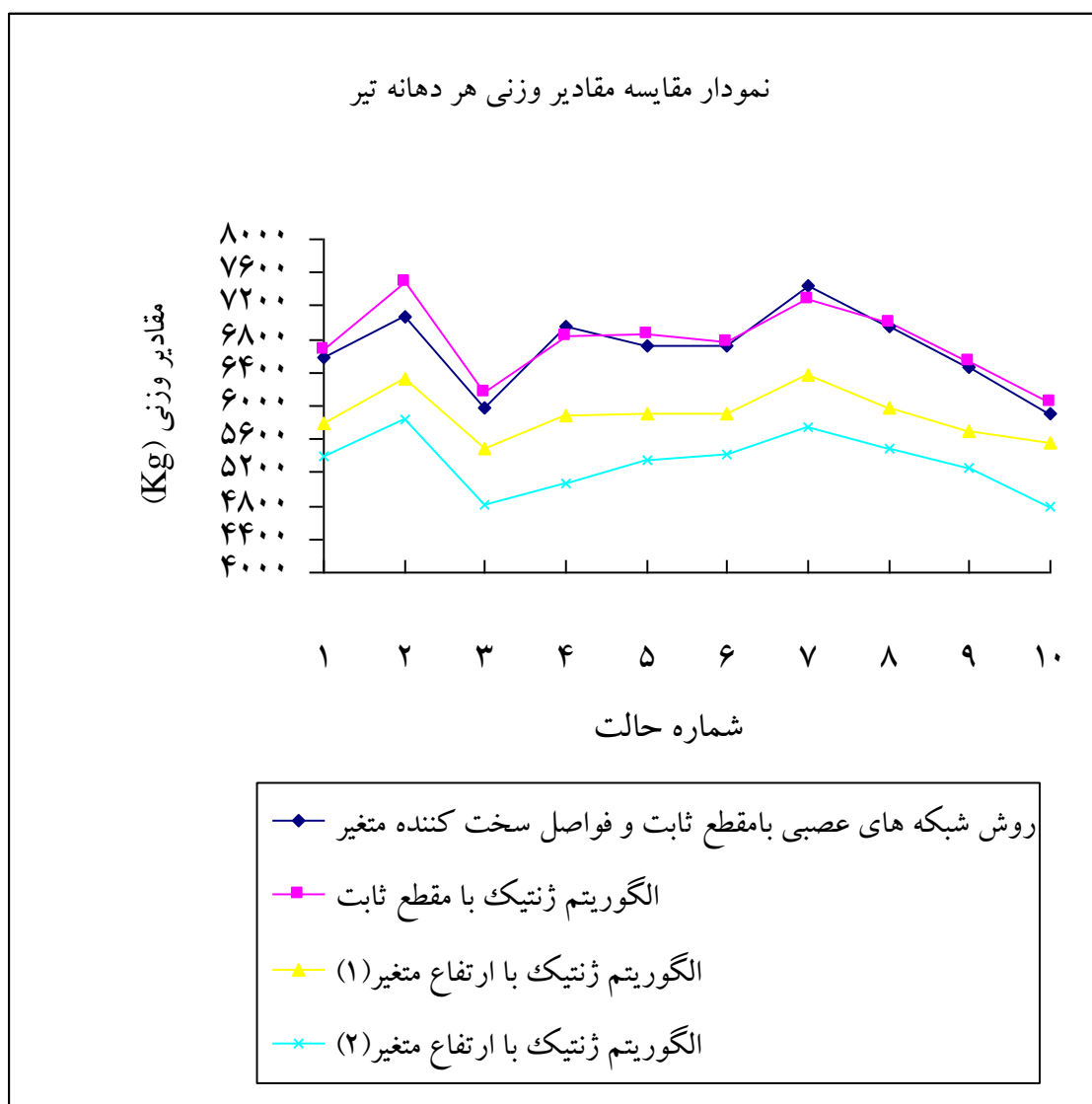
شماره	b _f	t _f	t _w	N in	a _n	t _s	b _s	W _{tot}	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	h ₆
1	46.00	1.80	0.80	36.00	63.89	0.80	10.00	21600.00	70	115	200	180	145	90
2	50.00	1.60	1.00	18.00	141.67	0.80	10.00	23346.00	60	125	195	160	150	60
3	45.00	1.60	0.80	24.00	100.83	0.80	10.00	19210.00	70	105	150	170	125	80
4	45.00	1.60	1.00	18.00	132.22	0.80	10.00	20297.00	65	120	195	200	105	60
5	45.00	1.60	1.00	18.00	142.78	0.80	10.00	21382.00	60	105	155	160	100	60
6	45.00	1.80	0.80	30.00	78.33	0.80	10.00	21708.00	65	150	180	195	185	100
7	47.00	1.60	0.80	36.00	68.89	0.80	10.00	22936.00	65	155	185	225	190	80
8	46.00	1.60	1.00	18.00	140.56	0.80	10.00	21938.00	65	110	150	150	130	80
9	45.00	1.80	0.80	36.00	64.44	0.80	10.00	21045.00	70	150	150	170	150	90
10	45.00	1.60	0.80	24.00	100.00	0.80	10.00	19121.00	60	125	180	170	145	70
شماره	h ₇	h ₈	h ₉	h ₁₀	h ₁₁	h ₁₂	h ₁₃	h ₁₄	h ₁₅	h ₁₆	h ₁₇	h ₁₈	h ₁₉	h ₂₀

1	220	75	60	155	60	90	225	90	60	155	60	75	220	90
2	205	70	65	145	80	60	160	60	80	145	65	70	205	60
3	220	90	60	85	60	95	190	95	60	85	60	90	220	80
4	240	105	60	85	60	70	210	70	60	85	60	105	240	60
5	220	105	65	100	60	60	170	60	60	100	65	105	220	60
6	210	70	85	130	60	75	225	75	60	130	85	70	210	100
7	235	70	70	200	60	65	230	65	60	200	70	70	235	80
8	230	90	60	170	65	60	145	60	65	170	60	90	230	80
9	230	85	60	100	60	70	230	70	60	100	60	85	230	90
10	180	60	65	100	60	80	220	80	60	100	65	60	180	70

شماره	h ₂₁	h ₂₂	h ₂₃	h ₂₄	h ₂₅
1	145	180	200	115	70
2	150	160	195	125	60
3	125	170	150	105	70
4	105	200	195	120	65
5	100	160	155	105	60
6	185	195	180	150	65
7	190	225	185	155	65
8	130	150	150	110	65
9	150	170	150	150	70
10	145	170	180	125	60

جدول (4-28) - مقایسه وزن هردهانه تیورق بهینه در چهار روش مختلف

شماره حالت	روش شبکه های عصبی با فواصل سخت کننده متغیر	الگوریتم ژنتیک با مقطع ثابت	الگوریتم ژنتیک با ارتفاع متغیر (1)	الگوریتم ژنتیک با ارتفاع متغیر (2)	درصد اختلاف وزن روش ژنتیک با مقطع ثابت نسبت به روش شبکه عصبی (علامت مثبت نشانه افزایش وزن است)	درصد اختلاف وزن روش ژنتیک با ارتفاع متغیر (1) نسبت به روش شبکه عصبی (علامت مثبت نشانه افزایش وزن است)	درصد اختلاف وزن روش ژنتیک با ارتفاع متغیر (2) نسبت به روش شبکه عصبی (علامت مثبت نشانه افزایش وزن است)
1	6588.55	6671.25	5796.50	5400.00	1.26%+	12.02%-	-18.04%
2	7080.01	7489.25	6331.50	5836.50	5.78%+	10.57%-	-17.56%
3	5968.49	6165.75	5359.25	4802.50	3.30%+	-10.2%	-19.54%
4	6951.05	6840.00	5885.50	5074.25	1.60%-	-15.33%	-27.00%
5	6712.66	6864.00	5911.50	5345.50	2.25%+	-11.94%	-20.37%
6	6715.00	6778.00	5916.25	5427.00	0.94%+	-11.90%	-19.18%
7	7453.00	7269.50	6375.75	5734.00	2.46%-	-14.45%	-23.06%
8	6956.87	7008.25	5976.00	5484.50	0.74%+	-14.10%	-21.16%
9	6464.36	6545.50	5702.50	5261.25	1.26%+	-11.79%	-18.61%
10	5901.42	6052.00	5419.25	4780.25	2.55%+	-8.17%	-19.00%



نمودار (3-4)

3-4-2-4-3- ارزیابی نتایج حل مثال 3:

1- همانطور که پیشتر نیز اشاره شد، در الگوی استفاده شده در مرجع [19] در هر دهانه سه بازه جهت تعیین فواصل سخت کننده ها ارائه می شود. با توجه به الگوی استفاده شده در برنامه کامپیوتری نوشته شده و با وضعیت مقطع ثابت که تعداد سخت کننده ها بطور یکنواخت در هر دهانه تیر تعیین می شود، بیش بینی می شود نتایج وزنی مرجع [19] با روش شبکه عصبی کمتر از نتایج وزنی برنامه الگوریتم ژنتیک در وضعیت مقطع ثابت باشد.

لکن در حالت 4 و 7 مثال 3 ملاحظه می گردد برنامه نگارش شده به روش الگوریتم ژنتیک و در وضعیت مقطع ثابت به طریقی با وزن کمتر از برنامه شبکه عصبی دست یافته است.

2- مطابق بررسی جداول و نمودارهای وزن نهایی، درصد متوسط بهبود وزن نسبت به نتایج مرجع [19] در مثال 3 در حالت ارتفاع متغیر 12.04% و در حالت ارتفاع متغیر (2) برابر 20.1% می باشد.

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادات

5-1- نتیجه گیری :

1- با توجه مطالب ارائه شده در بخش ارزیابی مثالها و مقایسه نتایج برنامه مرجع [19] و برنامه تدوین شده، می توان اظهار نظر نمود در حل با مقطع ثابت، برنامه الگوریتم ژنتیک می تواند نتایج بهتری نسبت به برنامه مرجع [19] به روش شبکه عصبی ارائه دهد.

2- مطابق بررسی جداول و نمودارهای وزن نهایی، درصد متوسط بهبود وزن نسبت به نتایج مرجع [19] در مثالهای 1 و 2 و 3 در حالت ارتفاع متغیر (1) بترتیب 12.45% ، 9.5% ، 12.04% و در حالت ارتفاع متغیر (2) برابر 17.87% ، 13.75% ، 20.1% می باشند. این مقادیر بیانگر دست یابی به وزن بهینه بهتر با استفاده از حل ارتفاع متغیر برنامه می باشند.

قابل توجه است بهبود نتایج صرفاً در حالت تقسیم هر دهانه تیر به 6 قطعه حاصل شده است که مسلماً با افزایش تعداد تقسیمات به اعداد وزنی بهتری می توان دست یافت.

5-2- پیشنهادات :

1- چنانچه از روش شبکه عصبی در بهینه سازی تیر ورقها استفاده می شود می توان از نتایج الگوریتم ژنتیک در آموزش شبکه استفاده نمود.

2- با بست الگوی برنامه در گام اول قابهای دوعدی همچون سوله ها و در گام بعدی قابهای سه بعدی را بروش ژنتیک به شکل مقطع متغیر بهینه سازی نمود.

3- با استفاده از نرم افزار طراحی شده که بر اساس آئین نامه AISC ASD اقدام به طراحی می کند، برنامه دیگری که با اصلاح همین برنامه، بر اساس آئین نامه AISC LRFD به طراحی و بهینه سازی تیورقها می پردازد، طراحی گردد. با حل مثالهای مختلف به این سوال پاسخ داده شود که در طراحی تیورقها، وزن بدست آمده از دو روش طراحی تنش مجاز و ضریب بار و مقاومت، چه نسبتی با یکدیگر دارند.

4- با استفاده از روشهای تکمیلی ژنتیک همچون (روش جزیره ای) سرعت برنامه را در بهینه سازی افزایش داد.

واژه نامه انگلیسی به فارسی

الف

ارزیابی Evaluation

الگوریتم ژنتیک Genetic algorithm

انتخاب Selection

انتخاب چرخ گردان Roulette wheel selection

انتخاب نخبه گرا Elitist selection

انجمن ساختمانهای فولادی امریکا Aisc

انحراف معیار Standard deviation

ب

بارگذاری Loading

بار موضعی Patch load

بار موضعی میانی Interior patch loading

بار موضعی متقابل Opposite patch loading

بار موضعی انتهایی End patch loading

بار نهایی Ultimate load

بازپخت فلزات Annealing

بال Flange

بحرانی Critical

برازندگی Fitness

برش Cross over

بهینه سازی Optimization

بهینه کلی Global optimum

بهینه محلی Local optimum

بهینه مطلق Absolute optimum

پ

پیوسته Continue

ت

Effect تاثیر

Penalty function تابع پناستی

Objective function تابع هدف

Experimental تجربی

Verification تحقیق

Sensitivity analysis تحلیل حساسیت

Evolution تکاملی

Interactive تکراری

Available shear stress تنش برشی مجاز

Plate girder تیرورق

Delta girder تیرورق دلتا

Box girder تیرورق جعبه ای

Hybrid girder تیرورق دوگانه

ث

Coefficient ثابت

ج

Web جان

Lateral جانبی

Initial population جمعیت نخستین

خ

Mutation جهش

Trust خرپا

Deflection خیز

Binary دودویی

Rotation دوران

Panel دهانه

ر

String رشته

Coding رمزگذاری

Decoding رمزگشایی

Least square method روش کمینه مربعها

س

Stiffener سخت کننده

Transverse stiffener سطح مقطع عرضی

Longitudinal stiffener سطح مقطع طولی

ش

Cross-section area سطح مقطع

ض

Fitness index شاخص برازندگی

Thickness ضخامت

ط

Coefficient ضریب تغییرات

ع

Scheme طرح

	عرض Width	
	عمق Depth	
	عملگر Operator	
ف		عملی Practical
فاصله Space		
فرایند Procedure		
ک		فشاری Compression
کاربرد Application		
	کروموزوم Chromosome	
گ		کمینه سازی Minimization
ل		گونه Schema
م		لنگر خمشی Bending moment
	مدل سازی Modeling	
	مشتق سازی Derive	
	معیار Criterion	
	مقید Clamped	
	ممان اینرسی Moment of inertia	
خ		میانگین Mean
نخبه گرا	Elitism	
	ه	
همگرایی Conevergence		
هندسی Logical		

مراجع:

- [1]. Rajeev,S, and Krishnamoorty ,C.S.(1992).” Discrete Optimization of Structure Using Genetic Algorithms”. J.f. Structural Engineering,ASCE,VOL.118,NO.5,pp.1233-1250.
- [2].Grierson ,D.E.and Pak ,W.H.(1993)” Optimal Sizing, Geometrical and Topological Design Using a Genetic Algorithm ”J.f. Structural Optimization,ASCE,VOL.6 , NO.2,pp.151-159.
- [3].Adeli ,H.and Cheng,N.T.(1994)” Concurrent Genetic Algorithm for Optimization of Larg Structure “J.f. Aerospace Engineering,ASCE ,VOL .7,NO.3.pp.276-296.
- [4].WU,S.J.and Chow,P.T.(1995)” Integrated Disctete and Configuration Optimization of trusses Using Genetic Algorithms“ J.f. Computers and Structures,VOL 55 ,NO.4,pp.695-702.
- [5].Hajela,P.and Lee,E.(1992)’ Genetic Algorithms in Truss Topological Optimization “,J.f. Solid Structure ,VOL.32.NO.22,pp.3341-3357.

- [6].Rudolph,G(1994) "Convergence Analysis Gononical Genetc algorithm",J.f. Trans Neutral Networks, IEEE ,VOL5,NO.1,pp.96-101.
- [7].Arora ,J.S.and Huang,M.W.(1997)"Optimal Design of Steel Structure Using Standard Sections "J.f Structural Optimization,ASCE ,VOL14,NO01,PP.24-35.
- [8].Kawamura,H,and Ohmori ,H.(2001)"Computational Morphonogenesis of Discrete Structure Via genetic Algorithms "J.f memoirs of the school of engineering ,nogoya university ,VOL.53,NO.1,pp.28-55.
- [9].Chen fu,K,and Zhai,Y.(2005)" Optimum Design of Welded Steel Plate Girder Bridges using a Genetic Algorithm with Elitism " ,J.f bridge engineering, ASCE, VOL. 10, NO. 3, pp. 291-301.
- [10] .حجازی،ف، " بهسازی لرزه ای سازه ها با استفاده از سیستم های هوشمند" چاپ اول،انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر،1384.
- [11] [طاحونی،ش،لیل آبادی ،الف،"تحلیل سازه ها"،چاپ دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر1376.
- [12] . کارد استونسره،" تحلیل ماتریسی سازه ها" ،ترجمه دکتر علی کاوه،چاپ اول، انتشارات دانشگاه علم وصنعت،1372.
- [13] . مبحث دهم مقررات ملی ساختمان،طرح و اجرای ساختمانهای فولادی،چاپ اول، انتشارات دفتر ترویج مقررات ملی،1384.
- [14] .راهنمای مبحث دهم مقررات ملی ایران ،جلد اول،چاپ اول،انتشارات دفتر ترویج مقررات ملی ،1383.
- [15] . راهنمای مبحث دهم مقررات ملی ایران ،جلد دوم،چاپ اول،انتشارات دفتر ترویج مقررات ملی ،1383.
- [16] .طاحونی،ش،" طراحی سازه های فولادی" چاپ ششم ،انتشارات دهخدا،1376.
- [17] .مشعل،م،" فرترن 90"،چاپ اول ،انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران ،1385.
- [18] .جانفداس،" فرترن 77"،چاپ اول ،دانشگاه ارومیه،1373.
- [19] .زینی،ن،(1379)، پایان نامه ارشد، " بهبود عملکرد شبکه عصبی متقابل و طرح بهینه تیر ورقها با استفاده از آن " ،دانشکده عمران ،دانشگاه باهنر کرمان .
- [20] . ابوالبشری،ح،" طراحی بهین " ،جلد اول ،چاپ اول ،انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد،1378.
- [21] .شیخ الاسلام،الف،(1383)" طرح بهینه سازه ها با روشهای وراثتی و شبیه سازی بازپخت فلزات " ،پایان نامه ارشد ، دانشکده عمران ،دانشگاه باهنر کرمان.
- [22] [عبدلی،ف،(1375)، " تهیه نرم افزار برای تیورقها مطابق آئین نامه LRFD " ،پایان نامه ارشد،دانشکده عمران ،دانشگاه تیریز .

[23] کاوه ع، ثروتی، ه، " شبکه های عصبی مصنوعی در تحلیل سازه ها "، چاپ اول، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان
ومسکن، 1379.