

دانشگاه صنعتی شاهرود

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته و گرایش

مهندسی عمران - سازه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

عنوان:

یافتن توپولوژی و سطح مقطع بهینه بادبندها در

سازه های فضایی اسکلت فلزی با استفاده از

الگوریتم ژنتیک

استاد راهنما: دکتر وحید رضا کلاتجاری

استاد مشاور: مهندس فرنوش با سلیقه

دانشجو: حامد ولی زاده

تابستان ۱۳۸۵

چکیده

یکی از ابزارهای که امروزه توجه بسیاری از ریاضیدانان، محققین، مهندسين و غيره را به سمت خود جلب کرده است، بهینه سازی می باشد. در زمینه مهندسی سازه، بایستی توجهی دو چندان به مبحث بهینه سازی داشت تا بتوان به تولید سازه هایی با توپولوژی، شکل و ابعاد بهینه اقدام کرد. به همین منظور در این پایان نامه به بررسی چگونگی بهینه سازی توپولوژی بادبند ها با استفاده از روش G.A. پرداخته شده است.

تغییر آرایش و محل بادبند ها باعث تغییر در تنشهای اعضا، وزن اسکلت، سختی و تغییر مکان نسبی طبقات سازه می گردد. علاوه بر این موارد، چیدمان صحیح مهاربندها، منجر به کاهش نیروهای بالا کشنده (uplift) در ستونهای متصل به شالوده می گردد.

وزن یا قیمت اسکلت سازه ای، تابع هدف را تشکیل می دهد. تنشهای اعضا، سختی طبقات، تغییر مکان نسبی طبقات سازه، نیروهای بالا کشنده (uplift) در ستونهای متصل به شالوده به عنوان قیود مسأله بهینه سازی لحاظ شده اند. بدین منظور برنامه ای نوشته شده است که قادر به در نظر گرفتن قیود معماری نیز باشد. آرایش و محل قرار گیری بادبندها و سطح مقطع اعضا متغیر های مسأله بهینه یابی اند.

واژه های کلیدی:

بهینه سازی، الگوریتم ژنتیک، آرایش و موقعیت بهینه بادبندها، قاب فلزی سه بعدی.

تقدیم به

شهدای حرب الله لبنان

تشکر و قدردانی

در ابتدا بر خود لازم می دانم تا از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر وحید رضا کلات جاری که استاد و راهنمای اینجانب در این پایان نامه بودند و راهنمایی های ایشان در این راه به حق همواره راهگشا بوده است ، کمال تشکر را داشته باشم و از خداوند منان خواستارم که ایشان همواره سلامت و موفق و پیروز باشند که ایران اسلامی عزیزمان همواره نیازمند به چنین افراد متعهد و فرهیخته ایست .

همچنین از کلیه اساتید دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شاهرود ، به خصوص آقایان دکتر علی کیهانی و مهندس فرنوش باسلیقه، کمال تشکر و قدردانی را دارم و امید وارم که موفق ، پیروز و سربلند باشند .

در پایان از همسر عزیزم و خانواده هایمان که همواره ، به خصوص در طول دوران تحصیل همراه و پشتیبانم بوده اند، بسیار سپاسگزارم .

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
یک	چکیده
دو	تقدیم
سه	تقدیر و تشکر
چهار	فهرست مطالب
۱	فصل ۱: مقدمه و تاریخچه
۲	۱-۱- مقدمه
۴	۲-۱- تاریخچه
۶	فصل ۲: یافتن توپولوژی و سطح مقطع بهینه بادبندها با استفاده از GA
۷	۱-۲- مقدمه
۹	۲-۲- مبانی بهینه یابی سازه ها با استفاده از الگوریتم ژنتیک
۱۱	۳-۲- الگوریتم ژنتیک مورد استفاده در این پایان نامه
۱۱	۴-۲- کد گذاری
۱۲	۵-۲- دلایل استفاده از سیستم کدینگ اعداد صحیح
۱۴	۶-۲- خواندن اطلاعات
۱۵	۷-۲- نحوه تشکیل کروموزومها
۱۶	۸-۲- قیود
۱۷	۱-۸-۲- اعضای بادبندی (ستون تحت فشار یا کشش خالص)
۱۸	۲-۸-۲- اعضای غیر بادبندی (تیر و ستون)
۲۱	۳-۸-۲- اعضای غیر بادبندی (برش)
۲۲	۴-۸-۲- اعضای غیر بادبندی (Uplift)
۲۲	۵-۸-۲- جابجایی نسبی طبقات
۲۳	۶-۸-۲- سختی نسبی طبقات

۲۵	.....۹-۲- نرمالایز کردن قیود.....
۲۸	.....۱۰-۲- عملگر انتخاب
۳۰	.....۱۱-۲- انتخاب برگزیده.....
۳۰	.....۱۲-۲- عملگر پیوند
۳۲	.....۱-۱۲-۲- پیوند دو نقطه ای.....
۳۳	.....۱۳-۲- عملگر جهش.....
۳۴	.....۱۴-۲- تابع هدف.....
۳۵	.....۱۵-۲- تابع جریمه
۳۶	.....۱۶-۲- تابع هدف اصلاح شده.....
۳۷	.....۱۷-۲- تابع شایستگی
۳۷	.....۱۸-۲- شرط همگرایی

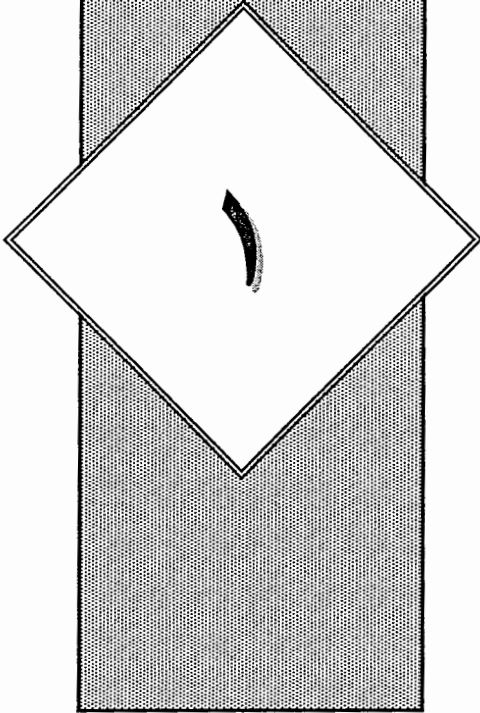
۴۰	..... فصل ۳: معرفی برنامه Bracing Optimization
۴۱	.....۱-۳- مقدمه
۴۱	.....۲-۳- زبان برنامه نویسی Bracing Optimization
۴۳	.....۳-۳- نصب برنامه
۴۵	.....۴-۳- اجرای برنامه Bracing Optimization
۴۶	.....۵-۳- تشریح عملکرد برنامه توسط یک مثال عددی.....
۴۷	.....۱-۵-۳- سیستم واحدها.....
۴۷	.....۲-۵-۳- نحوه شماره گذاری گره ها
۴۷	.....۳-۵-۳- نحوه شماره گذاری المانها
۴۷	.....۴-۵-۳- دستگاه مختصات عمومی
۴۷	.....۵-۵-۳- دستگاه مختصات محلی
۴۹	.....۶-۵-۳- تیپ بندی المانها.....
۵۰	.....۷-۵-۳- نکته مهم
۵۱	.....۸-۵-۳- ورود اطلاعات پایه

۵۲	..... ۳-۵-۹- ورود اطلاعات گره ها
۵۳	..... ۳-۵-۱۰- ورود اطلاعات نقاط مرجع
۵۴	..... ۳-۵-۱۱- تعداد سقفهای صلب
۵۵	..... ۳-۵-۱۲- ورود اطلاعات المانهای ثابت
۵۵	..... ۳-۵-۱۳- شکل سازه
۵۷	..... ۳-۵-۱۴- تعداد المانهای ثابت و تعداد مقاطع هر تیپ
۵۷	..... ۳-۵-۱۵- شماره المانهای ثابت هر تیپ
۵۸	..... ۳-۵-۱۶- مشخصات مقاطع
۶۰	..... ۳-۵-۱۷- تعداد گروه بندی المانهای ثابت
۶۱	..... ۳-۵-۱۸- ذخیره کردن مدل
۶۲	..... ۳-۵-۱۹- خروج از برنامه
۶۳	..... ۳-۵-۲۰- باز کردن مجدد فایل مثال
۶۳	..... ۳-۵-۲۱- تعریف مشخصات مصالح
۶۵	..... ۳-۵-۲۲- ترکیب بار گذاری
۶۶	..... ۳-۵-۲۳- معرفی پارامترهای طراحی
۶۹	..... ۳-۵-۲۴- Uplift مجاز
۶۹	..... ۳-۵-۲۵- ضریب رفتار سازه
۷۰	..... ۳-۵-۲۶- بارگذاری سازه
۷۵	..... ۳-۵-۲۷- تعریف المانهای بادبندی
۸۲	..... ۳-۵-۲۸- تعریف پارامترهای بهینه یابی
۸۳	..... ۳-۵-۲۹- دیدن اجرای برنامه
۸۴	..... ۳-۵-۳۰- اجرای برنامه
۸۵	..... ۳-۵-۳۱- خروجی برنامه
۸۹	..... ۳-۵-۳۲- فایل خروجی برنامه
۹۰	..... ۳-۵-۶- نکته قابل توجه در مورد زیر روال آنالیز برنامه

۹۲	..... فصل ۴: مثال های عددی
۹۳	..... ۱-۴-۱ مثال ۱
۹۷	..... ۲-۴-۲ مثال ۲
۱۰۳	..... ۳-۴-۳ مثال ۳
۱۲۰	..... ۴-۴-۴ مثال ۴
۱۲۴	..... فصل ۵: نتایج و پیشنهادات
۱۲۵	..... ۱-۵-۱ مقدمه
۱۲۵	..... ۲-۵-۲ نتایج
۱۲۷	..... ۳-۵-۳ پیشنهادات
۱۲۸	..... فهرست مراجع
۱۳۰	..... پیوست الف (CD برنامه Bracing Optimization)
۱۳۲	..... چکیده انگلیسی

فصل

مقدمه و تاریخچه



۱-۱- مقدمه

به طور کلی مسائل بهینه سازی را می توان در سه رده مختلف دسته بندی نمود که عبارتند از بهینه سازی توپولوژی ، شکل و ابعاد^۱ سازه. در بهینه سازی توپولوژی محیط های پیوسته، هدف اصلی پیدا کردن تعداد مناسب حفره ها و محل آنها می باشد [۱]. در بهینه یابی توپولوژی سازه های اسکلتی، هدف یافتن تعداد و آرایش بهینه اعضای سازه می باشد. در بهینه سازی شکل سازه ها هدف اصلی پیدا کردن بهترین موقعیت مرزهای سازه است. برای مثال اگر خرابایی در نظر گرفته شود، حل مسأله بهینه سازی شکل خرپا، منجر به حل مسأله ای می شود که جواب آن بهترین موقعیت مکانی گره های خرپا خواهد بود و متغیرهای طراحی مسأله بهینه سازی، مختصات گره های دو سر اعضای خرپا می باشد. نوع دیگر مسائل بهینه سازی، بهینه سازی ابعاد می باشد که برای یک سازه خرابایی به مفهوم بدست آوردن حداقل سطح مقطع مورد نیاز است. هر کدام از موارد نامبرده شده ، نکات و پیچیدگیهای خاص خودش را دارد. در مسائل واقعی ممکن

¹ - Topology , Shape and Size Optimization

است با ترکیبی از هر سه مورد مواجه شویم و بخواهیم سازه ای با توپولوژی، شکل و ابعاد بهینه داشته باشیم.

در بین سیستمهای مقاوم در برابر بارهای جانبی سیستم بادبندی در سازه های فولادی، دارای بیشترین کاربرد می باشد. اجرای ساده، سریع و ارزان اتصالات در این سیستم باعث شده است مهندسين تمايل بیشتری برای انتخاب این سیستم در سازه های مورد طراحی خود داشته باشند. با توجه به این امر بهینه سازی این گونه سازه ها نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. در این پایان نامه به تعیین مکان و آرایش بهینه بادبندها (توپولوژی) با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک پرداخته شده است.

از آنجا که مسأله بدست آوردن بهترین آرایش و موقعیت بادبند ها در سازه های اسکلت فلزی است، تنها متغیر اصلی مسأله، آرایش و موقعیت بادبند ها در دهانه ها و طبقات مختلف در نظر گرفته شده است. بدیهی است که با تغییر آرایش و موقعیت بادبند ها، تنشها در اعضا تغییر کرده و مقاطع متفاوت بدست می آید. بنابراین مقاطع اعضا نیز بطور غیر مستقیم، دیگر متغیر مسأله بهینه یابی خواهد بود. مقادیر بهینه متغیرها به نحوی بدست می آیند که حداقل وزن یا قیمت اسکلت سازه ای بدست آید.

بدین منظور در این پژوهش برنامه ای به نام Bracing Optimization نوشته شده است بنحوی که بدون هیچگونه استفاده از نرم افزارهای آماده، عملیات بهینه سازی را انجام داده و حتی الامکان بهترین توپولوژی بدست آید. این برنامه به زبان V.B. نوشته شده و طراحی آن بگونه ای است که کاربر بسهولت بتواند آنرا مورد استفاده قرار دهد.

۱-۲- تاریخچه

در میان روشهای بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت، الگوریتم ژنتیک از تکامل یافته ترین آنها به شمار می رود. الگوریتم ژنتیک بر اساس اصول تکامل طبیعی موجودات زنده پایه ریزی شده است. اصول اولیه الگوریتم ژنتیک توسط جان هلند، همکاران و دانشجویانش در دانشگاه میشیگان ایالات متحده در سال ۱۹۶۲، ارائه شد [۲]. پس از این گزارش مقدماتی، تحقیق در جهت توسعه چهارچوب ریاضی این الگوریتم و به طور همزمان، در زمینه کاربردهای آن ادامه یافت.

در زمینه مهندسی سازه، افراد مختلفی نشان دادند که الگوریتمهای ژنتیک، مناسب ترین روش برای بهینه سازی سازه ها با متغیرهای گسسته می باشند. به عنوان مثال در سال ۱۹۹۲، راجیو و کریشنا مورتی [۳]، از روش الگوریتم ژنتیک ساده و اصلاح شده ای که گلدبرگ [۲]، پیشنهاد داده بود برای بهینه کردن خرپاها استفاده کردند. در سال ۱۹۹۳، حجت ا... عادلی و چنگ [۴]، به بهینه سازی سازه های فضاکار با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداختند. در سال ۱۹۹۵، هاجلا و لی [۵]، روشی دو مرحله ای برای بهینه سازی شکل خرپاها ارائه نمودند. در همین سال اوساکی [۶]، برای یافتن شکل بهینه خرپاها تحت اثر چندین حالت بارگذاری از روش الگوریتم ژنتیک بهره برد. در سال ۱۹۹۸ کمپ، چارلز، پزاشک، شهرام، کائو و گازونگ طراحی بهینه سازه های دو بعدی با استفاده از الگوریتم ژنتیک را ارائه نمودند [۷]. از کتاب های تألیف شده نیز می توان به کتاب جن و چنگ در سال ۲۰۰۰ در زمینه الگوریتم ژنتیک و طراحی مهندسی اشاره نمود [۸].

از آن زمان تا به حال مطالعات فراوانی در ارتباط با GA و بهینه سازی خرپاها صورت گرفته است. اما مقالات معدودی در زمینه مکان یابی بهینه موقعیت بادبندها در قابهای فلزی ارائه شده است. به اختصار برخی از کارهای صورت گرفته در این زمینه به شرح ذیل می باشد :

۱- میجار ، سان ، آرورا و کساک در سال ۱۹۹۸ بهینه سازی توپولوژی پیوسته برای ایجاد

طراح اولیه سیستم های قابی بادبندی شده را ارائه نمودند [۹].

۲- لینگ ، اکسی و گرانت در سال ۲۰۰۰ طراحی توپولوژی بهینه بادبند برای قابهای فولادی

چند طبقه را ارائه نمودند [۱۰].

۳- کامشکی و ساکا در سال ۲۰۰۱ طراحی بهینه بادبند قابهای صفحه ای بلند با استفاده از

الگوریتم ژنتیک را ارائه نمودند [۱۱].

۴- شعبانزاده، در سال ۱۳۸۲ بهینه یابی موقعیت بادبندها در قابهای فولادی دو بعدی با

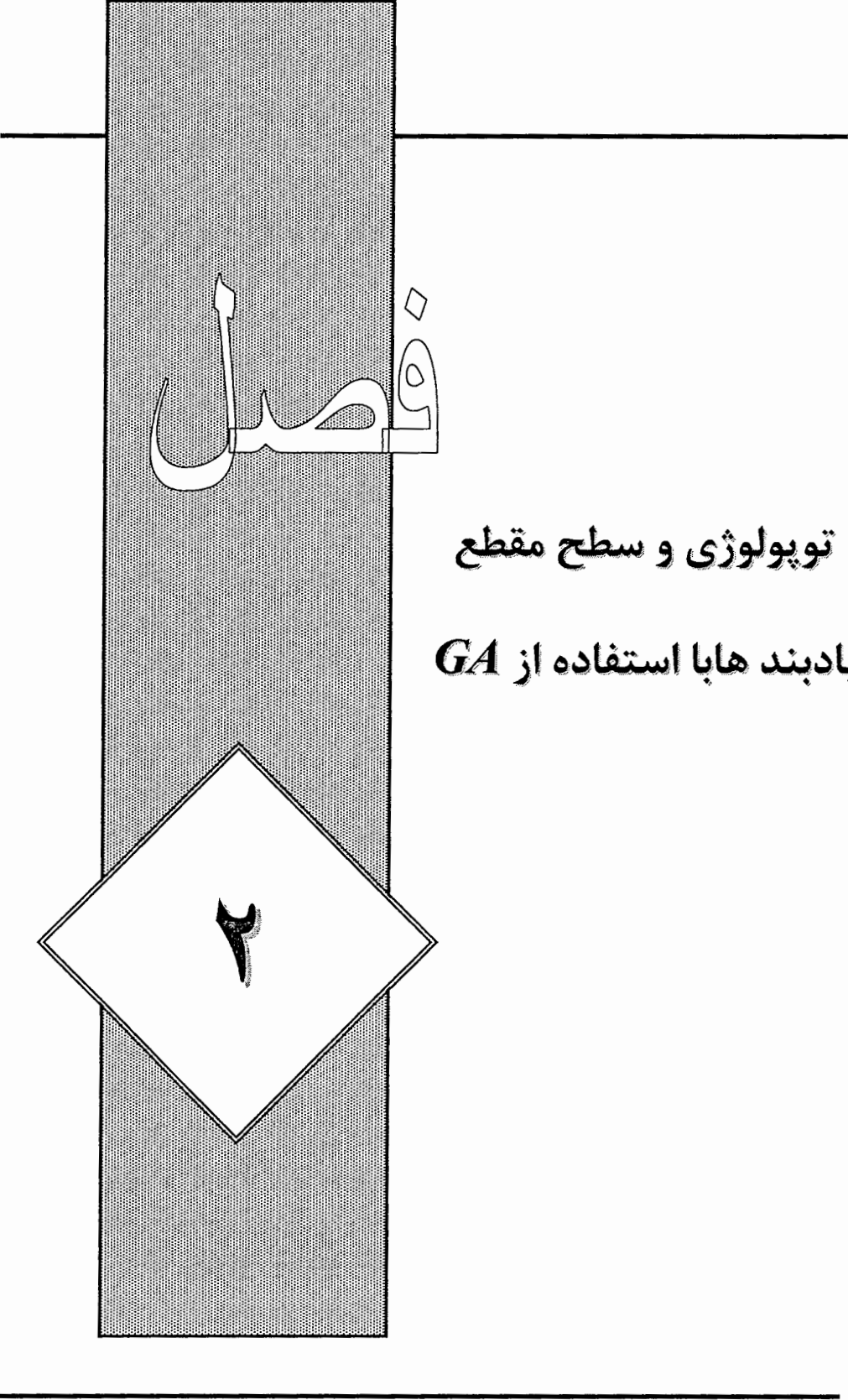
استفاده از تئوری گرافها را ارائه نمود [۱۲].

۵- نوبهاری در سال ۱۳۸۳ مکانیابی بهینه بادبندها در سازه های فلزی سه بعدی با روش

الگوریتم ژنتیک را ارائه نمود [۱۳].

۶- صفری در سال ۱۳۸۵ کاربرد الگوریتم ژنتیک در مکان یابی بهینه مهاربندهای ضربدری

در قابهای فلزی دو بعدی را ارائه نمود [۱۴].



فصل

یافتن توپولوژی و سطح مقطع

بهینه بادبند ها با استفاده از *GA*

۲

۲-۱- مقدمه

مطالعات زیست شناسان بر روی حیوانات و گیاهان مشخص ساخته است که این موجودات در طی سالیان سال بر اساس اصول مشخصی خود را با شرایط محیط اطراف خود تطبیق داده و به حالت بهینه دست یافته اند. این بهینه سازی مهندسین را به این فکر کشاند که می توانند با الگو گرفتن از تطبیق و تکامل طبیعی روشی مشابه روش های طبیعی برای بهینه یابی محصولات خود به کار گیرند. با الهام گرفتن از این تفکر روش های گوناگونی برای بهینه یابی مسائل مهندسی بر مبنای روش های بهینه یابی طبیعت بنا گردید. از جمله این روش های الهام گرفته از طبیعت می توان به شبیه سازی شبکه های عصبی در مغز، الگوریتم ژنتیک، روش مورچگان، روش پرندگان و شبیه سازی رشد تطبیقی در درختان نام برد که هر یک در بخشی از علم کاربرد دارند.

به طور معمول، در بهینه سازی سازه‌ها، متغیرهای اندازه - سطح مقطع اعضا و ضخامت ورقها، پیوسته^۱ پنداشته می‌شوند. در حالی که در بیشتر طرحهای عملی و کاربردی، متغیرهای مزبور به اجبار بایستی از میان مجموعه‌ای از اندازه‌های پیش ساخته موجود در بازار،

¹ - Continuous

انتخاب گردد. این واقعیت که متغیرهای اندازه، گسسته^۱ هستند مسأله را قدری پیچیده و مشکل می‌سازد. بیشتر شیوه‌های بهینه سازی سازه‌ها، متغیرهای طراحی را به صورت پیوسته مورد بحث قرار می‌دهند که برای حل مسائل با متغیرهای طراحی گسسته مناسب نمی‌باشند. اگرچه مسائل مزبور را می‌توان به صورت مسأله‌ای با متغیرهای پیوسته حل نمود و سپس از فن گرد کردن بهره جست، با این حال، هنگامی که تعداد متغیرها افزایش می‌یابد امکان رسیدن به حل‌های دور از بهینه یا حتی پاسخهای غیر عملی، وجود دارد. پاره‌ای از روشهای ابتکاری برای این گونه مسائل در دست است که تنها برای حالت‌های ویژه‌ای قابل کاربرد هستند.

در سالهای اخیر، الگوریتم‌های ژنتیکی^۲ به عنوان یکی از موثرترین و قدرتمندترین فنون بهینه سازی مطرح گردیده اند. پژوهشگران زیادی از این شیوه‌ها برای بهینه سازی سازه‌ها استفاده نموده‌اند. از آنجا که الگوریتم‌های ژنتیکی بیشتر با متغیرهای رمزگذاری شده کار می‌کنند، از دیدگاه محاسباتی، برای حل مسائل بهینه با ترکیبی از متغیرهای طراحی گسسته و پیوسته مناسب می‌باشند. خاصیت جالب این شیوه‌ها، جستجوی غیرخطی و اجتناب از محاسبه گرادیان تابع هدف و قیود است. آنها یک جستجوی کلی با قابلیت کاربرد گسترده و کارآمد را انجام می‌دهند. افزون بر اینها، فرایند حل مسائل بهینه در الگوریتم‌های ژنتیکی سرشتی موازی دارد و با پدید آمدن رایانه‌های بسیار سریع، که به طور موازی کار می‌کنند، به این شیوه‌ها قابلیت توانمندی حل مسائل بهینه سازه‌های بزرگ در ابعاد واقعی و عملی را داده است.

¹ - Discrete

² - Genetic Algorithms

۲-۲- مبانی بهینه یابی سازه ها با استفاده از الگوریتم ژنتیک [۱۵]

در بهینه یابی بر اساس GA چهار مرحله اساسی انجام می پذیرد: (۱) تولید تصادفی مجموعه ای از طرحها که یک جمعیت اولیه^۱ را تشکیل می دهد. هر طرح در این جمعیت یک رشته منحصر بفرد^۲ نامیده شده و تعداد این رشته های منحصر بفرد pop-size را تشکیل می دهد. هر رشته منحصر بفرد توسط زنجیره ای از زیر رشته ها تعریف می شود، که هر کدام بیانگر یک متغیر طراحی است و خود حاوی تعدادی کاراکتر یا بیت می باشد. تعداد بیت ها در تناسب با نوع متغیر طراحی موجود در مسأله بهینه یابی است. در GA، رشته منحصر بفرد و کاراکتر به ترتیب هم ارز با کروموزوم^۳ و ژن^۴ در الفبای ژنتیک طبیعی است. (۲) پس از تولید تصادفی جمعیت اولیه، با رمز گشایی، متغیرهای طراحی در هر رشته، ارزیابی و به ازای آنها مقادیر تابع هدف، تنش اعضا، تغییر مکانهای گرهی و میزان نقض قیود در ارتباط با پاسخ سازه^۵ به بارهای خارجی تعیین می گردد. (۳) با تعریف تابع پنالتی که وابسته به میزان نقض قیود است و ترکیب آن با تابع هدف، تابع هدف اصلاح شده تعیین و مسأله بهینه یابی مقید به بهینه یابی نامقید تبدیل می گردد. در ادامه با تعریف تابع شایستگی^۶، به مقادیر تابع هدف اصلاح شده وابسته به هر کروموزوم یک مقدار شایستگی اختصاص می یابد. بالطبع هر طرح اولیه ای که از نقص کمتری برخوردار باشد،

¹ - Initial population

² - Individual

³ - Chromosome

⁴ - Gene

⁵ - Structural Response

⁶ - Fitness Function

شایستگی بیشتری به آن اختصاص می یابد. سپس با استفاده از فرآیند تکثیر^۱ که الهام گرفته شده از قوانین تکامل طبیعی^۲ است، سعی می شود بهترین ها^۳ انتخاب شوند. در این پایان نامه فرآیند انتخاب^۴ با استفاده از روش چرخ گردان^۵ انجام شده است. یک کروموزوم خیلی خوب شانس آن را می یابد تا چندین بار در جمعیت منتخب تکرار شود. (۴) در این مرحله با استفاده از اپراتورهای GA که مرسوم ترین آنها پیوند^۶ و جهش^۷ است، جمعیت جدید (فرزند^۸) که کیفیت کروموزوم های آن نسبت به جمعیت منتخب بهبود یافته است، ایجاد می گردد. اپراتور پیوند، عمل جفت یابی^۹ بین کروموزوم های دلخواه را جهت ایجاد فرزندان به عهده دارد. تعداد این عملیات به نرخ پیوند^{۱۰} بستگی پیدا می کند. اپراتور جهش بسته به نرخ جهش^{۱۱}، بطور تصادفی سبب تغییر مقدار در برخی از کاراکترها می شود. اگر به کاراکترهای جمعیت اعداد دودویی اختصاص داده شده باشد، اپراتور جهش در برخی از کاراکترها مقدار صفر را به یک و یا بالعکس تبدیل می کند. هر دو اپراتور وظیفه ایجاد پراکندگی^{۱۲} در فضای جستجو را به منظور کسب بهینه واقعی به عهده دارند. پس از آن که جمعیت فرزندان تولید گردید، این جمعیت در نسل بعد مورد استفاده قرار می گیرد. این مراحل به تعداد نسل های پیش بینی شده برای کسب بهینه عمومی تکرار می شود.

-
- 1 - Reproduction
 - 2 - Natural Evolution of Living Organism
 - 3 - High fitness
 - 4 - Selection
 - 5 - Roulette Wheel
 - 6 - Crossover
 - 7 - Mutation
 - 8 - Offspring
 - 9 - Mating
 - 10 - Crossover Rate
 - 11 - Mutation Rate
 - 12 - Diversity

۲-۳- الگوریتم ژنتیک مورد استفاده در این پایان نامه

در این پایان نامه از روش الگوریتم ژنتیک ساده با اندکی تغییرات برای بهینه یابی استفاده شده است. اساس کدبندی الگوریتم ژنتیک فوق اعداد صحیح می باشد. و در آن از فرآیندهای زیر استفاده گردیده است :

۱- چرخ گردان

۲- انتخاب

۳- پیوند دو نقطه ای

۴- جهش تک نقطه ای

۵- نسل سازی به تعداد مشخص

در ادامه نحوه برنامه ریزی و چگونگی عملکرد هر یک از اجزای فوق تشریح می گردد.

۲-۴- کد گذاری

موضوع اصلی در بکارگیری الگوریتم های ژنتیک برای حل مسائل واقعی، انتخاب روش ها و پارامترهای مناسب برای کسب بهینه عمومی است. نحوه کد گذاری یکی از موضوع های اصلی است. یکی از شیوه های کد گذاری استفاده از رشته های باینری است. ولی بدلیل اینکه بکارگیری این روش در برخی از کاربردها دشوار می باشد، تکنیکهای کد گذاری دیگر چون کد گذاری اعداد حقیقی و کد گذاری اعداد صحیح بوجود آمده اند.

موضوع بعدی، نحوه نگاشت میان دو فضا است. حتی الامکان باید سعی شود که نگاشت یک به یکی از فضای حل مسأله به فضای کدگذاری انجام شود. این مسأله به کارایی الگوریتم ژنتیک کمک فراوانی می کند و در هنگام طراحی روش کدگذاری باید مورد ملاحظه قرار گیرد.

با تمام تفصیل و مسائلی که در کدگذاری وجود دارند و به بعضی از آنها اشاره شد، کدگذاری تا حدود زیادی وابسته به مسأله بوده و برای هر مسأله خاص باید جوانب آن سنجیده شود و یک شیوه کار آمد برای آن مورد استفاده قرار گیرد.

در این برنامه از کدگذاری اعداد صحیح استفاده شده است. بدین سان که هر داده توسط یک عدد صحیح کدگذاری می گردد. در این روش کد هر داده برابر شماره ردیف آن داده در ستون داده های آن متغیر می باشد. بعنوان مثال اگر لیست پروفیل های موجود ۷۳ تا عضو داشته باشد. هر یک از ژنها می توانند عددی بین ۱ الی ۷۳ بخود اختصاص دهند. بدین ترتیب هر یک از این ژنها بطور مستقیم نشانگر یک پروفیل از لیست پروفیل های موجود هستند.

۲-۵- دلایل استفاده از سیستم کدینگ اعداد صحیح

با توجه به اینکه اکثر قریب به اتفاق برنامه های الگوریتم ژنتیک از کدینگ باینری استفاده می نمایند استفاده از سیستم فوق کمی غیر معمول به نظر می رسد. در زیر به پاره ای از دلایل استفاده از سیستم فوق اشاره می نمایم.

۱- واضح است هر اندازه طول رشته ها کوتاهتر باشد برنامه سریع تر (یکی از مهمترین مزایا) اجرا خواهد شد و بازده بهتری خواهد داشت. بعنوان مثال اجرای عملگرها و محاسبات با

کد ۶۸ (بر مبنای اعداد صحیح) نسبت به ۱۰۰۰۰۱۰ (بر مبنای باینری) برای انسان و رایانه آسانتر بوده و سریعتر انجام می گیرد. حال اگر کثرت متغیر های این برنامه را نیز در نظر بگیریم بیشتر با محسنات این کدینگ آشنا خواهیم شد. کروموزوم زیر نمونه ای از کروموزوم های این برنامه بر مبنای دو نوع کدینگ می باشد. نگاهی گذرا به این دو کروموزوم شایستگی کدبندی اعداد صحیح را نسبت به کدبندی باینری عیان می سازد.

۱۱	۱۵	۴	۱۰	۸	۲	۳	۱
----	----	---	----	---	---	---	---

۱۰۱۱۱۱۱۱۰۱۰۰۱۰۱۰۱۰۰۰۰۰۱۰۰۰۱۱۰۰۰۱

کدبندی باینری فوق بر اساس کمترین طول لازم انجام شده است. حال اگر در کروموزوم فوق مثلا کد ۱۵ به ۱۷ تبدیل گردد ۸ کاراکتر دیگر به رشته باینری افزوده می گردد در حالیکه در کد بندی اعداد صحیح طول ثابتی خواهیم داشت.

۱۱	۱۷	۴	۱۰	۸	۲	۳	۱
----	----	---	----	---	---	---	---

۰۱۰۱۱۱۰۰۰۱۰۰۱۰۰۰۱۰۱۰۰۱۰۰۰۰۰۱۰۰۰۰۱۱۰۰۰۱

۲- درک آسانتر کدبندی اعداد صحیح بطوریکه با در دست داشتن بانک اطلاعاتی و کروموزومها براحتی می توان آنها را دکدینگ نمود و اطلاعات مربوطه را استخراج نمود. (برای این کار کافیسست تنها به شماره ردیف-کد- داده مراجعه نمائید). اما در سیستم باینری می بایست ابتدا هرکد به سیستم ده دهی تبدیل گردد و سپس اعمال فوق بر روی آن انجام گیرد که امری طولانی می گردد.

۳- قالب شکنی سیستم باینری که باعث می گردد کاربرانی که در آینده قصد استفاده از سیستم اعداد صحیح را داشته باشند بتوانند از الگوریتم ارائه شده در این برنامه استفاده نمایند. (اکثر قریب به اتفاق و کمی با احتیاط می توان گفت کلیه مراجع راهنمای برنامه نویس برای الگوریتم ژنتیک بر اساس سیستم باینری نوشته شده اند و محدود افرادی که از سیستم اعداد صحیح استفاده کرده اند تنها به ذکر نتایج کار خود بسنده نموده اند).

۲-۶- خواندن اطلاعات

جهت تشکیل والدین نسل اول نیاز به انتخاب یک جمعیت اولیه می باشد. برای تشکیل جمعیت اولیه، ژنهای هر کروموزوم به ترتیب بطور تصادفی از جمعیت داده های خود مقداری (شماره ردیف یا همان کد) اختیار می نمایند. با کنار هم گذاشتن این کدها رشته آن کروموزوم تشکیل می گردد.

انتخاب تصادفی اعداد توسط تابع Rnd (تابع مذکور در هر بار خوانده شدن خود یک عدد

تصادفی بین ۰ تا ۱ انتخاب می نماید) صورت می پذیرد.

جهت بدست آوردن تصادفی یک کد برای یک ژن از رابطه زیر استفاده می نماییم:

$$\text{شماره کد} = \text{INT}(A * \text{Rnd}) + 1$$

A : تعداد داده های موجود برای هر متغیر. تابع INT قسمت اعشاری عدد را حذف نموده و

عدد صحیح باقی مانده را ارائه می نماید (رند نمودن به سمت پایین).

عبارت فوق مقداری بین ۱ و بزرگترین شماره ردیف می دهد. همانطور که قبلاً اشاره شد عدد فوق خود کد بوده و نیاز به کدگذاری مجدد ندارد.

۲-۷- نحوه تشکیل کروموزومها

در بهینه یابی توپولوژیکی خرپاها، متغیرهای طراحی سطح مقطع اعضا و معمولاً بیت های بولی توپولوژیکی مربوط به حضور یا عدم حضور اعضا در نظر گرفته می شود. آزادی در مقاله خود مکان بیت توپولوژیکی را در سمت چپ زیر رشته متغیر طراحی سطح مقطع معرفی می کند تا سرعت همگرایی افزایش یابد. وی عدم حضور عضو را در قالب صفر شدن مقدار بیت بولی توپولوژیکی و یا مقدار صفر برای متغیر طراحی سطح مقطع (در صورتیکه کلیه بیتها صفر شوند) تفسیر می کند. وازکوئز در مقاله خود، که به بحث بر روی مقاله راجیو و کریشنامورتی اختصاص دارد اضافه کردن سطح مقطع صفر به لیست مقاطع منفصل و حذف متغیر توپولوژیکی را پیشنهاد می کند. به این ترتیب حصول سطح مقطع صفر برای هر عضو به منزله حذف آن تلقی خواهد شد [۱۵].

پس از کدبندی داده ها با قرار دادن این کدها در کنار یکدیگر یک کروموزوم تشکیل

می دهیم. ترتیب قرارگیری متغیرها بصورت زیر می باشد:

--	--	--

(۱)

(۲)

(۳)

(۱) : مربوط به Topology بادبندها است. ژن های این قسمت از کروموزوم 0 یا 1 می باشند. 0 یعنی بادبند تولید نشده است. 1 یعنی بادبند تولید شده است. (جهت اطلاعات بیشتر در مورد انواع بادبندها، نحوه نامگذاری و معرفی آنها به بخش ۳-۵-۲۷ مراجعه شود.)

(۲) : مربوط به Sizing بادبندها است.

(۳) : مربوط به Sizing المانهای ثابت است.

۲-۸- قیود

برای محاسبه قیود مقاومتی نیازمند به تحلیل و طراحی سازه می باشیم. برای تحلیل سازه از برنامه آنالیز سازه های سه بعدی مرجع [۱۶] استفاده شده است. البته این برنامه قابلیت آزاد سازی (مفصل) انتهای المانها را نداشت. به همین علت ناگزیر به اصلاح ماتریس سختی این برنامه شدیم. برای اصلاح این ماتریس سختی از مرجع [۱۷] استفاده شد.

برای طراحی از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران استفاده شد [۱۸]. با توجه به اینکه سازه های مورد نظر ما سازه های قابی هستند و فرض می گردد اعضا از جنس فولاد هستند بنابراین می توان کلیه اعضا را به صورت تیر و ستون در نظر گرفت. از آنجا که اعضای بادبندی دارای نیروی جانبی نیستند و می توان آنها را ستون با فشار خالص در نظر گرفت برای افزودن سرعت برنامه این اعضا را جداگانه و تنها با روابط ستون تحت فشار خالص طرح می کنیم.

۲-۸-۱- اعضای بادبندی (ستون تحت فشار یا کشش خالص)

طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران [۱۸] تنشهای مجاز کششی به $0.6F_y$ محدود

شده است و تنشهای مجاز فشاری به صورت زیر در نظر گرفته شده اند:

الف) در صورتیکه ضریب لاغری حداکثر عضو کمتر از مقدار C_c باشد تنش مجاز از رابطه

زیر بدست می آید:

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{\left[\frac{Kl}{r} \right]^2}{2C_c^2} \right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left[\frac{\left[\frac{Kl}{r} \right]}{C_c} \right] - \frac{1}{8} \left[\frac{\left[\frac{Kl}{r} \right]}{C_c} \right]^3} \quad (1-2)$$

که در آن:

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

ب) اگر $\frac{Kl}{r}$ بزرگتر از C_c باشد، تنش فشاری مجاز از رابطه زیر بدست می آید:

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23 \left[\frac{Kl}{r} \right]^2} \quad (3-2)$$

چون اعضا دوسر مفصل هستند طبق بند ۱۰-۱-۱-۳ آیین نامه داریم:

$$K = 1 \quad (4-2)$$

همچنین طبق بند ۱۰-۱-۱-۸ آیین نامه

برای اعضای کششی باید :

$$\frac{Kl}{r} < 300 \quad (۵-۲)$$

و برای اعضای فشاری باید :

$$\frac{Kl}{r} < 200 \quad (۶-۲)$$

۲-۸-۲- اعضای غیر بادبندی (تیر و ستون)

بند ۱۰-۶-۱-۱ از آیین نامه فولاد ایران ضوابط طراحی اعضا تحت فشار محوری و خمش را

مطابق زیر ارائه می کند:

- اعضای که تحت اثر فشار محوری توأم با تنش خمشی قرار می گیرند باید طوری محاسبه

شوند که محدودیتهای زیر را برآورده کنند:

الف : در صورتیکه $\frac{f_a}{F_a} > 0.15$ باشد :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ex}}\right) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ey}}\right) F_{by}} \leq 1 \quad (۸-۲)$$

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (۹-۲)$$

ب : در صورتیکه $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$ باشد :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (10-2)$$

در روابط (۸-۲) و (۹-۲) و (۱۰-۲) اندیسهای X و Y مربوط به محورهای خمشی و :

$F_a =$ تنش فشاری مجاز اگر فقط نیروی محوری عمل کند (بخش ۲-۸-۱).

$F_b =$ تنش فشاری مجاز خمشی اگر فقط لنگر خمشی عمل کند (این مقدار برابر $0.6F_y$ در

نظر گرفته شده است. البته اگر نیاز به تغییر داشته باشد این قابلیت در برنامه دیده شده که بتوان

مقدار آنرا تغییر داد).

$F'_e =$ تنش اولر که بر ضریب اطمینان تقسیم شده و مقدار آن عبارت است از :

$$F'_e = \frac{12\pi^2 E}{23 \left(\frac{KL_b}{r_b} \right)^2} \quad (11-2)$$

در این رابطه L_b طول آزاد قطعه در صفحه خمش، شعاع ژیراسیون نظیر و K ضریب طول

مؤثر در صفحه خمش می باشد.

$f_a =$ تنش فشاری ناشی از بار محوری که برای نقطه مورد نظر محاسبه شده است.

$f_{bx} =$ تنش ناشی از خمش حول محور X.

$f_{by} =$ تنش ناشی از خمش حول محور Y.

$C_m =$ ضریبی که مقدار آن به شرح زیر اختیار می شود :

چون از بادبند استفاده می شود پس قابها مهاربندی شده بوده و طبق آئین نامه فولاد ایران

داریم :

۱- چنانچه بار خارجی در بین دو انتهای عضو، در صفحه خمش بر آن وارد نشود و فقط لنگرهای انتهایی داشته باشیم :

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \geq 0.4 \quad (12-2)$$

در این رابطه $\frac{M_1}{M_2}$ (نسبت لنگر کوچکتر به لنگر بزرگتر در دو انتهای طول آزاد عضو) مثبت است اگر عضو انحنای مضاعف داشته باشد و منفی است اگر انحنای عضو ساده باشد.

۲- چنانچه بار خارجی در بین دو انتهای عضو، در صفحه خمش بر آن وارد شود و لنگرهای انتهایی داشته باشیم :

$$C_m = 0.85 \quad (13-2)$$

۳- چنانچه بار خارجی در بین دو انتهای عضو، در صفحه خمش بر آن وارد شود و لنگرهای انتهایی نداشته باشیم :

$$C_m = 1 \quad (14-2)$$

بند ۱۰-۱-۶-۲ آئین نامه، ضوابط طراحی اعضا تحت کشش محوری و خمش را مطابق زیر ارائه می کند:

- اعضای که تحت اثر کشش محوری توأم با تنش خمشی قرار می گیرند باید طوری محاسبه

شوند که در تمام نقاط طول عضو رابطه زیر را برآورده نمایند:

$$\frac{f_t}{F_t} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (15-2)$$

که در آن :

$$f_b = \text{تنش کششی محاسباتی حاصل از لنگر خمشی.}$$

$$f_t = \text{تنش محاسباتی حاصل از کشش محوری.}$$

$$F_b = \text{تنش خمشی مجاز.}$$

$$F_t = \text{تنش کششی مجاز (این مقدار برابر } 0.6F_y \text{ در نظر گرفته شده است. البته اگر نیاز به}$$

تغییر داشته باشد این قابلیت در برنامه دیده شده که بتوان مقدار آنرا تغییر داد).

همچنین طبق بند ۱۰-۱-۱-۸ آیین نامه

برای اعضای که ملاک طراحی و محاسبه آنها نیروی کششی است باید :

$$\frac{Kl}{r} < 300 \quad (۱۶-۲)$$

و برای اعضای که ملاک طراحی و محاسبه آنها نیروی فشاری است باید :

$$\frac{Kl}{r} < 200 \quad (۱۷-۲)$$

۲-۸-۳- اعضای غیر بادبندی (برش)

از آنجا که در اعضای بادبندی برش نداریم فقط به اعضای غیر بادبندی می پردازیم.

باید تنش برشی موجود از تنش برشی مجاز کمتر باشد پس داریم :

$$f_v = \frac{V}{A_{rv}} \leq F_v \quad (۱۸-۲)$$

که در آن :

$V =$ برش موجود.

$A_{vw} =$ سطح مقطع جان (برابر dt_w است).

$f_v =$ تنش برشی موجود.

$F_v =$ تنش برشی مجاز (این مقدار برابر $0.4F_v$ در نظر گرفته شده است. البته اگر نیاز به

تغییر داشته باشد این قابلیت در برنامه دیده شده که بتوان مقدار آنرا تغییر داد).

۲-۸-۴- اعضای غیر بادبندی (Uplift)

نیروهای بالاکشنده (Uplift) در ستونهای متصل به شالوده باید از Uplift مجاز کمتر باشند تا بلند شدگی در سازه نداشته باشیم. اما مسأله اساسی که مطرح می شود این است که Uplift مجاز چه مقداری دارد؟ جوابی که به ذهن می رسد آن است که، اگر فونداسیون تک داریم برابر وزن این فونداسیون می باشد، ولی اگر فونداسیون نواری یا ... داشته باشیم دیگر نمی توان به سادگی Uplift مجاز را مشخص کرد. در این پایان نامه Uplift مجاز درصدی از F_a مجاز ستون متصل به شالوده در نظر گرفته شده است. این درصد را کاربر با استفاده از اطلاعات مهندسی خود می تواند تغییر دهد.

$$\text{Uplift مجاز} < \text{Uplift موجود} \quad (۲-۱۹)$$

۲-۸-۵- جابجایی نسبی طبقات

طبق بند ۶-۷-۳-۲ از مبحث ششم مقررات ملی ساختمان [۱۹]، داریم:

$$K_{ix} < 0.70K_{(i+1)x} \quad (۲۲-۲)$$

OR

$$K_{ix} < 0.80 \frac{K_{(i+1)x} + K_{(i+2)x} + K_{(i+3)x}}{3} \quad (۲۳-۲)$$

و

$$K_{iy} < 0.70K_{(i+1)y} \quad (۲۴-۲)$$

OR

$$K_{iy} < 0.80 \frac{K_{(i+1)y} + K_{(i+2)y} + K_{(i+3)y}}{3} \quad (۲۵-۲)$$

که در آن :

K_{ix} = سختی نسبی هر طبقه در جهت X

K_{iy} = سختی نسبی هر طبقه در جهت Y

۲-۹- نرمالایز کردن قيود

با توجه به آنکه الگوریتم ژنتیک برای مسائل بهینه یابی نامقید^۱ می باشد واکثر مسائل مطرح شده مقید می باشند، لذا ضروری است آنها را به یک مساله بهینه یابی نامقید تبدیل کنیم. این کار می تواند با استفاده از توابع جریمه صورت پذیرد. در تحلیل این مسائل قيود نرمال شده، و میزان نقض آنها بر این مبنا ارزیابی می شود. این کار نتایج خوبی را بدنبال خواهد داشت زیرا به لحاظ کمی میزان نقض تنش بسیار متفاوت با نقض تغییر مکان ویا ... است و نرمال کردن قيود سبب می شود ارزش کمی یکسانی به آنها اختصاص یابد. روابط قيود نرمال شده بصورت زیر قابل بیان است :

۱- برای اعضای بادیبندی (ستون تحت فشار یا کشش خالص) :

$$\frac{f_a}{F_a} - 1 \leq 0 \quad (26-2)$$

برای اعضای کششی :

$$\frac{Kl}{300r} - 1 < 0 \quad (27-2)$$

و برای اعضای فشاری :

$$\frac{Kl}{200r} - 1 < 0 \quad (28-2)$$

۲- برای اعضای غیر بادیبندی (تیر و ستون) :

- برای اعضای تحت تنش فشاری و خمشی

الف : در صورتیکه $\frac{f_a}{F_a} > 0.15$ باشد :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ex}}\right) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ey}}\right) F_{by}} - 1 \leq 0 \quad (29-2)$$

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} - 1 \leq 0 \quad (30-2)$$

ب : در صورتیکه $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$ باشد :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} - 1 \leq 0 \quad (31-2)$$

- برای اعضای تحت کشش محوری و خمش

$$\frac{f_t}{F_t} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} - 1 \leq 0 \quad (32-2)$$

برای اعضای که ملاک طراحی و محاسبه آنها نیروی کششی است باید :

$$\frac{Kl}{300r} - 1 < 0 \quad (33-2)$$

و برای اعضای که ملاک طراحی و محاسبه آنها نیروی فشاری است باید :

$$\frac{Kl}{200r} - 1 < 0 \quad (34-2)$$

۳- برای اعضای غیر بادبندی (برش) :

$$\frac{f_v}{F_v} - 1 \leq 0 \quad (35-2)$$

۴- برای اعضای غیر بادبندی (Uplift) :

$$\frac{Uplift}{Uplift_{(all)}} - 1 < 0 \quad (۳۶-۲)$$

۵- برای جابجایی نسبی طبقات :

$$\frac{u_x R_x}{0.03H} - 1 < 0 \quad (۳۷-۲)$$

$$\frac{u_y R_y}{0.03H} - 1 < 0 \quad (۳۸-۲)$$

۶- برای سختی نسبی طبقات :

$$\frac{K_{ix}}{0.70 K_{(i+1)x}} - 1 < 0 \quad (۳۹-۲)$$

OR

$$\frac{3 K_{ix}}{0.80 (K_{(i+1)x} + K_{(i+2)x} + K_{(i+3)x})} - 1 < 0 \quad (۴۰-۲)$$

و

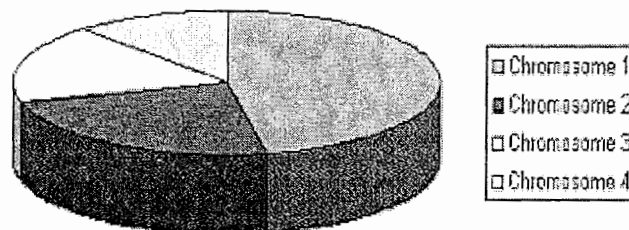
$$\frac{K_{iy}}{0.70 K_{(i+1)y}} - 1 < 0 \quad (۴۱-۲)$$

OR

$$\frac{3 K_{iy}}{0.80 (K_{(i+1)y} + K_{(i+2)y} + K_{(i+3)y})} - 1 < 0 \quad (۴۲-۲)$$

۲-۱۰- عملگر انتخاب

در این پایان نامه از روش انتخاب چرخ گردان استفاده شده است. این روش همانند بازی رولت عمل می نماید. در این بازی هر فرد ناحیه ای را انتخاب می نماید. چرخ گردانده می شود پس از مدتی نشانگر آن بر روی عددی می ایستد. در صورتیکه عدد مزبور در ناحیه انتخاب شده آن فرد قرار داشته باشد فرد مزبور برنده است. طبیعی است هر فردی که ناحیه بیشتری را انتخاب نماید از احتمال برنده شدن بیشتری برخوردار است. ضمن اینکه افراد دیگر با در اختیار داشتن ناحیه ای کوچک از احتمال برنده شدن ولو به اندازه اندک برخوردار می باشند. با شبیه سازی روش فوق، روش چرخ رولت که معمولترین روش تکثیر در الگوریتم ژنتیک می باشد ابداع گردید.



شکل (۲-۱) مدلی از چرخ گردان

در این شیوه به هر عضو از جمعیت، مطابق با شایستگی آن، یک احتمال انتخاب تخصیص داده می‌شود. اگر F_i مقدار شایستگی این عضو باشد، می‌توان احتمال انتخاب زیر را به آن نسبت داد:

$$P_{si} = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^{np} F_i} \quad (۴۳-۲)$$

در این رابطه np اندازه جمعیت است.

مراحل عملیاتی انتخاب چرخ گردان را می‌توان بصورت خلاصه زیر تشریح نمود:

- ۱- میزان شایستگی یا همان عدد تابع شایستگی برای تمام کروموزوم ها تعیین می‌شود.
- ۲- نسبت شایستگی هر کروموزوم به مجموع شایستگی کل جمعیت محاسبه می‌گردد.
- ۳- میزان تجمعی نسبت‌های شایستگی برای هر کروموزوم محاسبه می‌شود.
- ۴- به منظور تعیین هر کروموزوم یک عدد تصادفی بین صفر و یک تولید می‌شود.
- ۵- اعداد تصادفی با مقدار تجمعی نسبت‌های شایستگی مقایسه شده و در صورت قرارگیری هر عدد تصادفی در قطاع مربوط به هر کروموزوم، کروموزوم مربوطه جهت مشارکت در تولید فرزندان نسل آتی انتخاب می‌گردد. واضح است که کروموزومی با شایستگی بالا قطاع بزرگتری را در بین نسبت‌های تجمعی شایستگی به خود اختصاص خواهد داد و در نتیجه به همان نسبت شانس انتخاب شدن بیشتری خواهد داشت و بالعکس.

۲-۱۱- انتخاب برگزیده

در الگوریتم ژنتیک ساده ممکن است بهترین عضو جمعیت در نسل جدید وجود نداشته باشد. بنابراین الگوریتم ژنتیک ساده از نسلی به نسل دیگر دارای نوسان است. برای کاهش این نوسان بهترین عضو هر نسل بدون تغییر در نسل بعدی کپی می شود. این روش کمک قابل ملاحظه ای در ایجاد تعادل در الگوریتم می نماید.

به کمک استراتژی فوق این اطمینان حاصل می گردد که بهترین فرزند هر نسل نسبت به بهترین فرزند نسلهای گذشته دارای نمره شایستگی پایین تری نخواهد بود. عملگر فوق در همگرایی الگوریتم تأثیر بسزایی داشته و اغلب اوقات کاربرد آن توصیه می گردد. اهمیت این عملگر از دیدگاه تئوری با قضیه زیر که توسط Hartel در سال ۱۹۹۰ اثبات شده، روشن می گردد [۲۰]:

اگر در الگوریتم ژنتیک جمعیتهای پی در پی یکنوا باشند، بدین معنی که برازندگی بهترین فرد نسل کنونی از بهترین فرد نسل پیشین بدتر نباشد و احتمال انتقال بین هر دو رشته اختیاری از فضای حل در روند جستجو در گامهای معدودی بزرگتر از صفر باشد، الگوریتم به بهینه مطلق همگرا می گردد. شرط اول با فرآیند انتخاب برگزیده به راحتی تحقق می یابد.

۲-۱۲- عملگر پیوند

یکی از عملگرهای اصلی الگوریتمهای ژنتیکی عملگر پیوند می باشد. فرایند پیوند، امکان تعویض ویژگی طرح در میان عضوی جمعیت، به قصد بهبود شایستگی نسل بعدی طرحها

می‌باشد. این مشابه با انتقال صفات ژنتیکی در فرایندهای زایش موجودات زنده است که توسط DNA و RNA صورت می‌پذیرد. پیوند سبب جستجو در فضای طراحی ارائه شده می‌گردد [۲۱]. اگر بر روی کل رشته‌های حوضچه آمیختگی^۱ پیوند صورت پذیرد، ممکن است تعدادی از طرحهای خوب حذف شوند. به این دلیل، یک دسته از طرحهای با شایستگی بالا بهتر است از نسل پیشین حفظ گردند. این عمل توسط احتمال پیوند «PC» بررسی می‌شود.

ساده‌ترین نوع پیوند، تک نقطه‌ای یا پیوند استاندارد است. گونه‌های بشماری از عملگرهای پیوند تدبیر شده‌اند، مانند: دونقطه‌ای، پیوند گردشی، پیوند ردیفی، پیوند نقطه گذاری شده، پیوند در هم و پیوند یکنواخت.

انتخاب عملگر پیوند مناسب، بستگی به دامنه مسأله و نمایش رشته‌ای متغیرها دارد. به طور معمول، در الگوریتمهای ژنتیکی سنتی از عملگرهای یک نقطه‌ای یا دو نقطه‌ای استفاده شده است. با توجه به انتخاب روش رمزبندی اعداد صحیح، می‌توان از روش‌های مختلف پیوند که جهت این نوع رمزبندی تعریف شده‌اند استفاده نمود. در این پایان‌نامه از روش پیوند دو نقطه‌ای استفاده شده است. عدد نرخ پیوند عددی بین صفر تا یک می‌باشد. در صورت بالا بودن نرخ پیوند اکثر کروموزوم‌ها در تشکیل نسل بعد مشارکت کرده و توسط اپراتور پیوند فرزندان را تشکیل می‌دهند. از سویی با کاهش نرخ پیوند تعداد نسبتاً بیشتری از کروموزوم‌ها عیناً در نسل بعد حضور می‌یابند. در این پایان‌نامه با توجه به بررسی‌های صورت گرفته نرخ پیوند ۰.۸۵ پیشنهاد می‌شود. البته این مقدار در برنامه قابل تغییر است.

¹ - Mating Pool

۲-۱۲-۱- پیوند دو نقطه‌ای

در پیوند دو نقطه‌ای دو موقعیت انتخابی به تصادف تعیین می‌گردد. سپس، ارقام بین این دو نقطه تعویض می‌شوند [۲۲]. برای نمونه، با فرض اینکه موقعیت‌های سوم و هشتم در رشته‌های والدین^۱ به تصادف انتخاب شده باشند، دو رشته فرزندان^۲ تولید شده از آنها، به صورت زیر در می‌آیند:

۷	۲۰	۳	۱۲	۴۰	۱۵	۴	۱۰	۸	۲۰	۳	۱
---	----	---	----	----	----	---	----	---	----	---	---

والدین ۱

۳	۹	۱۴	۳۶	۱۱	۵	۷	۱۱	۱۸	۲	۳۰	۱
---	---	----	----	----	---	---	----	----	---	----	---

والدین ۲

۷	۲۰	۳	۳۶	۱۱	۵	۷	۱۱	۸	۲۰	۳	۱
---	----	---	----	----	---	---	----	---	----	---	---

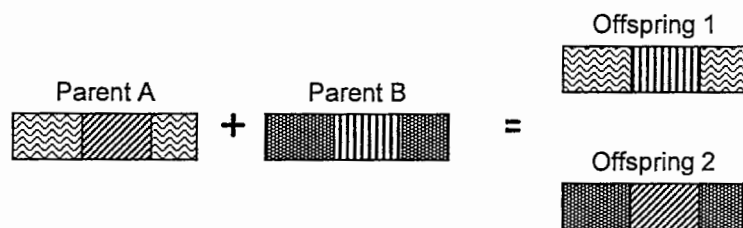
فرزند ۱

۳	۹	۱۴	۱۲	۴۰	۱۵	۴	۱۰	۱۸	۲	۳۰	۱
---	---	----	----	----	----	---	----	----	---	----	---

فرزند ۲

¹ - Parents

² - Offspring



شکل (۲-۲) پیوند دو نقطه‌ای

۲-۱۳- عملگر جهش

این عملگر با احتمال P_m بر روی کروموزومهای والد انجام می پذیرد. یک عملگر جهش به صورت تصادفی یک یا چند ژن یک کروموزوم را تغییر می دهد با این کار امکان بررسی دیگر نقاط فضای جستجو میسر می گردد.

نقش جهش در الگوریتم ژنتیک، بازگرداندن مواد ژنتیکی گم شده و یا پیدا نشده به داخل جمعیت است. به این ترتیب از همگرایی زودرس الگوریتم ژنتیک و کسب جوابهای بهینه محلی جلوگیری می شود.

هدف از جهش ایجاد پراکندگی بیشتر در محدوده کاوش فضای طراحی است. در صورت کوچک بودن نرخ جهش عملاً هدف کاربردی آن نقض می گردد و تاثیر مطلوبی ندارد و در صورت بزرگ بودن نرخ جهش الگوریتم ژنتیک به سمت بی نظمی سوق داده شده و همگرایی آن به طرز قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. در عملگر جهش ابتدا ژنی بطور تصادفی از طول کروموزوم تعیین می شود و سپس مقدار آن بطور تصادفی تغییر داده می شود. این تغییر مقدار در کدگذاری

(رمزبندی) باینری می تواند تبدیل صفر به یک و یا بالعکس باشد. در این پایان نامه برای ژن های توپولوژی چون از کدهای صفر و یک استفاده شده پس برای ایجاد جهش در این ژن ها از تبدیل صفر به یک یا بالعکس استفاده می شود. و برای Sizing المانها چون از کدگذاری اعداد صحیح استفاده شده است بنابراین تغییر مقدار، عددی تصادفی بین ۱ تا A می باشد.

A : تعداد داده های موجود برای هر متغیر است. (بزرگترین شماره ردیف در لیست

پروفیلهای موجود برای آن متغیر)

عموماً نشان داده شده که جهش ژن با احتمال پایین به وقوع می پیوندد معمولاً این احتمال 0.1 تا 0.01 می باشد. در این پایان نامه با توجه به بررسی های صورت گرفته نرخ جهش 0.01 پیشنهاد می شود. البته این مقدار در برنامه قابل تغییر است.

۲-۱۴- تابع هدف

یکی از عوامل تعیین کننده و بنیادی در الگوریتم ژنتیک معرفی تابع هدف مناسب جهت مسأله می باشد. اساساً تابع هدف عبارتست از پارامتری که باید بهینه یابی گردد. در اکثر مسائل بهینه یابی سازه تابع هدف وزن سازه می باشد. از آنجا که قیمت پروفیل در کشور ما با نوسانات بالایی همراه است. به عنوان مثال IPE12 ممکن است هم قیمت یا گرانتتر از IPE14 باشد، بنابراین نمی توان وزن مصالح مصرفی را ملاک مناسبی برای بهینه یابی عنوان کرد. چون در الگوریتم ژنتیک می توان وزن یا قیمت را بعنوان تابع هدف معرفی کرد بنابراین برنامه Bracing Optimization به

گونه ای طراحی گردید تا کاربر با توجه به نیاز خود بسادگی وزن یا قیمت سازه را به عنوان تابع هدف معرفی کند.

تابع هدف بصورت زیر تعریف می گردد:

$$f(x) = \sum_{i=1}^m L_i \times G_i \quad (۴۴-۲)$$

که در آن :

m = تعداد المانها

L_i = طول المان i ام

G_i = وزن (Kg/m) یا قیمت ($Rial/m$) المان i ام

۲-۱۵- تابع جریمه

تعاریف متنوعی برای تابع پناستی در مقالات معرفی شده است. در این پایان نامه از تعریف

تابع جریمه معرفی شده در مقاله راجیو و کریشنامورتی بشرح ذیل استفاده شده است [۱۵] :

$$f^{(i)}_{penalty} = W^{(i)}.K.C^{(i)} \quad (۴۵-۲)$$

$$C^{(i)} = \sum_{q=1}^q \max [0 , g_q(X)] \quad (۴۶-۲)$$

در این رابطه $W(i)$ وزن یا قیمت سازه طرح i ام ، $C(i)$ نشانگر جمع کل نقض های صورت گرفته توسط سازه مرتبط با کروموزوم i ام در پاسخ به کلیه وضعیت های بارگذاری به تعداد Q است. $g_q(x)$ مشخصه تابع نقض برای هر کروموزوم می باشد که بر اساس ضوابط مبحث ششم و دهم مقررات ملی ساختمان ایران در نظر گرفته می شود و K ضریب تابع جریمه می باشد. در این پایان نامه با توجه به بررسی های صورت گرفته ضریب K برابر 1 پیشنهاد می شود. البته این مقدار در برنامه قابل تغییر است.

۲-۱۶- تابع هدف اصلاح شده

همانگونه که می دانیم بهینه شدن سازه های مورد نظر در این پایان نامه شامل پنج عامل بسیار مهم می باشد:

۱- سازه بهینه شده باید از نظر مقاومت اعضا در برابر بارهای وارده مقاوم بوده و مقطع پیشنهادی برای هر عضو بایستی مقاومت لازم در برابر نیروهای موجود را داشته باشد.

۲- نیروهای بالاکشنده (Uplift) در ستونهای متصل به شالوده از Uplift مجاز کمتر باشند.

۳- جابجایی نسبی طبقات از حد مجاز تجاوز نکند.

۴- طبقه نرم نداشته باشیم.

۵- سازه طرح شده از نظر وزن یا قیمت حداقل باشد.

با توجه به بررسی های صورت گرفته تابع هدف اصلاح شده مطابق زیر پیشنهاد می شود:

$$FM(i) = w(i) + f(i)_{penalty} \quad (۴۷-۲)$$

که در آن $FM(i)$ ، $w(i)$ و $f(i)_{penalty}$ به ترتیب مقادیر تابع هدف اصلاح شده، تابع هدف و تابع جریمه در طرح i ام می باشند.

۲-۱۷- تابع شایستگی

تابع شایستگی زیر که توسط راجیو و کریشنا مورتی پیشنهاد شده است به طرح هایی با نقض قیود یا وزن بالا، شایستگی کم و برعکس به طرح های خوب با FM کوچک، شایستگی بالا تعلق می گیرد:

$$Fit(i) = [FM_{max} + FM_{min}] - FM(i) \quad (۴۸-۲)$$

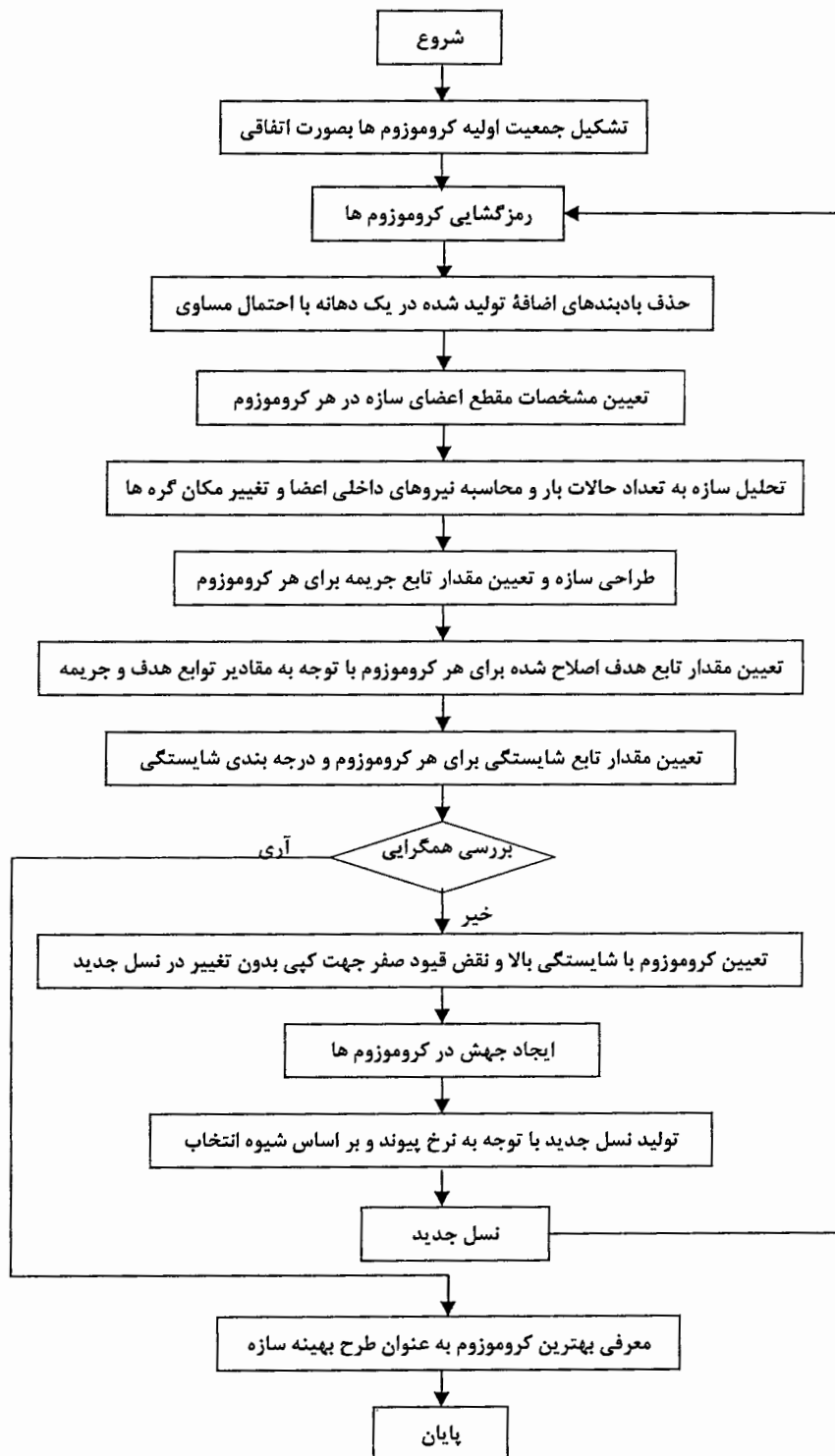
در این رابطه $Fit(i)$ تابع شایستگی طرح i ام، $FM(i)$ تابع هدف اصلاح شده طرح i ام و FM_{max} و FM_{min} به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار تابع هدف اصلاح شده در نسل مورد بررسی است.

۲-۱۸- شرط همگرایی

در این پایان نامه، شرط همگرایی سپری شدن تعداد مشخصی از نسلها که توسط کاربر تعیین می گردد، در نظر گرفته شده است.

در صورت رسیدن به این نسل بهترین جواب نسل فوق بعنوان پاسخ الگوریتم ارائه میگردد.
تعیین تعداد تکرار (تعداد نسل تولید شده) جهت خاتمه الگوریتم اختیاری بوده و تنها بر اساس
تجربیات اجرای برنامه می توان عدد خوبی را حدس زد.

شکل (۲-۳) فلوجارت الگوریتم ژنتیک بکار رفته در این پایان نامه را نمایش می دهد.



شکل (۳-۲) فلوچارت الگوریتم ژنتیک

فصل

معرفی برنامه

Bracing Optimization

۴

۳-۱- مقدمه

همانگونه که می دانیم، مسائل عملی در بهینه سازی به قدری پیچیده هستند که مجال برای حل آنها به صورت دستی باقی نمی ماند و بایستی از روشهای عددی و برنامه های کامپیوتری در حل آنها بهره جست. به همین علت در این پایان نامه نیز برای بهینه یابی موقعیت و آرایش بادبندها در سازه های سه بعدی ، اقدام به تهیه برنامه ای کامپیوتری شد. این برنامه به زبان VB نوشته شده و کاملاً اجرایی و قابل استفاده در صنعت می باشد.

در این فصل ، جهت آشنا کردن کاربر با قابلیت های برنامه Bracing Optimization یک مثال ساده تهیه شده است که با مطالعه این مثال، با بسیاری از قابلیت های مفید این برنامه آشنا خواهیم شد.

۳-۲- زبان برنامه نویسی **Bracing Optimization**

کد نویسی برنامه Bracing Optimization توسط زبان برنامه نویسی Visual Basic 6.0

انجام شده است. بیسیک زبانی است که دوران تحول زیادی را پشت سر گذاشته است. اولین نسخه

از زبان بیسیک طوری بود که برنامه نویسی در آن دشواری خاصی داشت. امروزه با جدیدترین نسخه بیسیک به نام ویژوال بیسیک سروکار داریم. این زبان در محیط ویندوز قدرت فوق العاده ای دارد به طوری که از سبک برنامه نویسی شیء گرا^۱ پیروی می کند [۲۳].

تکنولوژی پشتیبانی از شیء که در ویژوال بیسیک وجود دارد به شما امکان می دهد تا عملیاتی را از برنامه های دیگری که از ActiveX و اتوماسیون ActiveX پشتیبانی می کنند وام بگیرید. به عنوان مثال برنامه ویژوال بیسیک می تواند با وام گرفتن تکنولوژی ActiveX از برنامه های دیگر یک سند Word یا یک صفحه کاری Excel بسازد [۲۴].

در این برنامه نیز با به خدمت گرفتن نرم افزار Excel از این توانمندی به منظور وارد کردن اطلاعات مورد نیاز و همچنین ارائه نتایج خروجی استفاده شده است. به همین دلیل کار با این برنامه آسان بوده و کاربر می تواند بدون نیاز به فراگیری فرمت خاصی به منظور وارد کردن اطلاعات اولیه مورد نیاز ، داده های ورودی را در جداول مربوطه وارد کند. خروجی های برنامه را نیز می توان به راحتی به نرم افزار Excel منتقل کرده و نتایج را در صورت لزوم بصورت نمودار مشاهده نمود. دلایل استفاده از برنامه فوق بصورت خلاصه در زیر بیان شده اند :

۱- ساده بودن ورود داده ها و تسلط بر نحوه ورود اطلاعات.

۲- امکان ویرایش ساده اطلاعات.

۳- شکیل بودن برنامه به لحاظ ظاهری جهت چاپ برنامه ها.

۴- استفاده از توابع موجود در برنامه Excel بطوریکه برای سهولت در ورود داده ها

¹ - Object Oriented

می توان از این فرمول ها استفاده نمود.

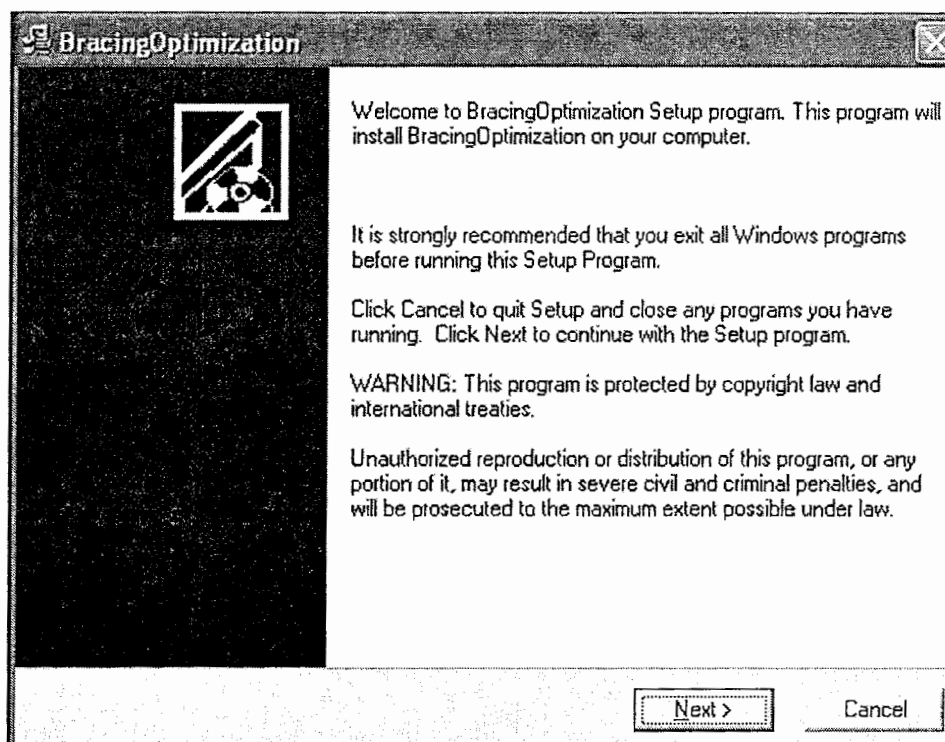
۵- در دسترس بودن برنامه Excel و سهولت در لینک نمودن آن با برنامه.

۶- سهولت در ارائه خروجی و امکان زیبا نمودن خروجی ها.

۳-۳- نصب برنامه

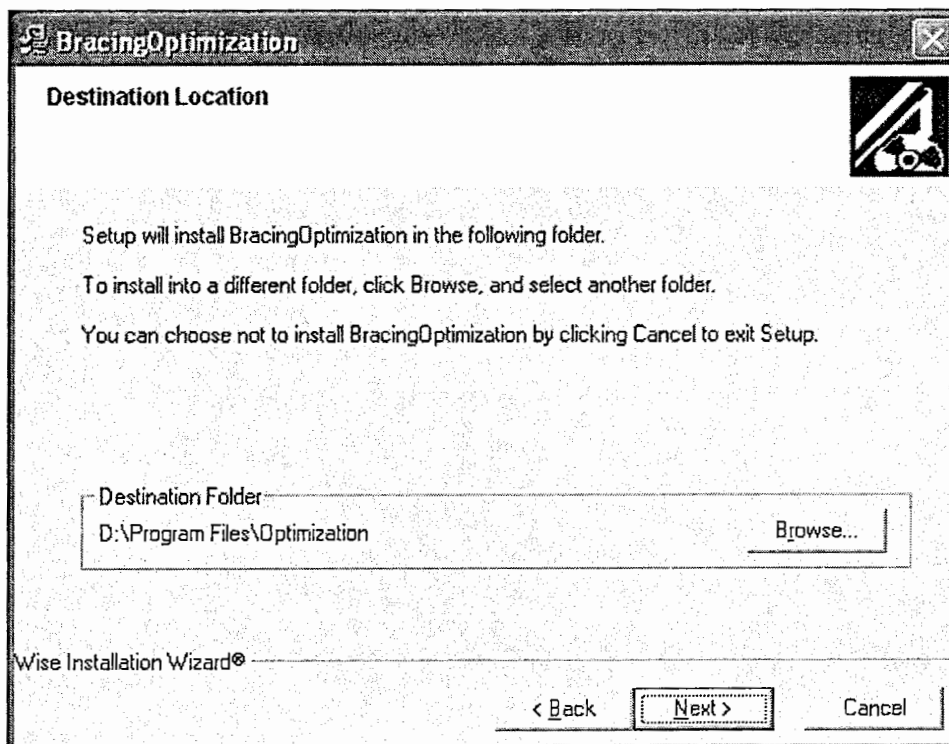
ابتدا از CD حاوی برنامه، فایل Setup را اجرا می کنیم. سپس در پنجره باز شده همانند

شکل ۱-۳ روی دکمه Next کلیک می کنیم.



شکل (۱-۳) نمایی از طریقه نصب برنامه

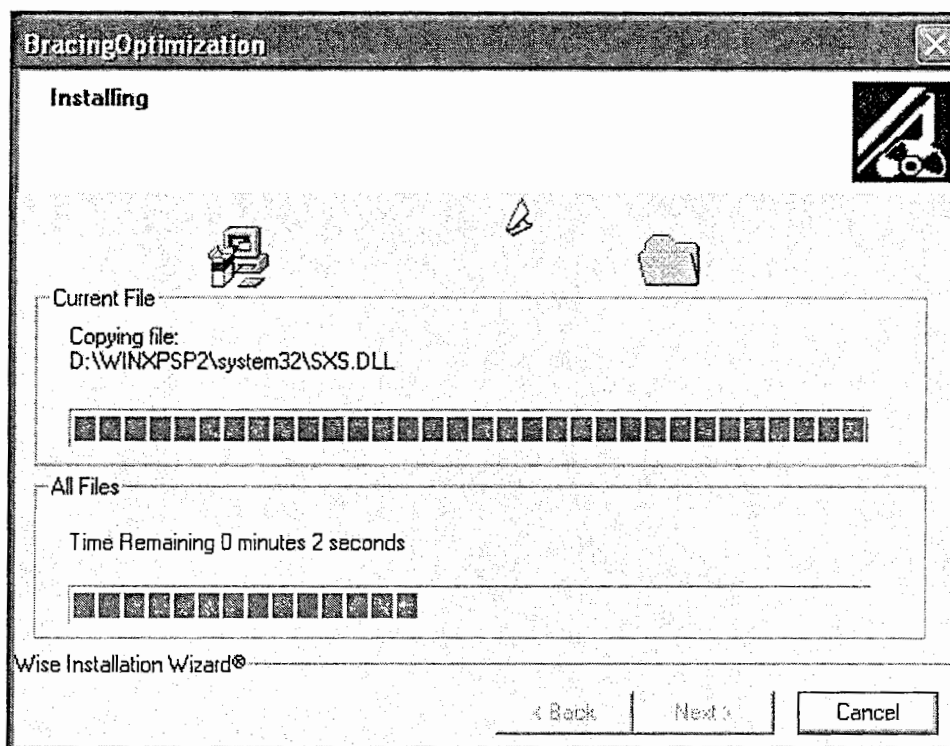
در پنجره باز شده همانند شکل ۳-۲ امکان نصب نرم افزار در مسیر دیگر با استفاده از دکمه Browse وجود دارد. مکان پیش فرض در مسیر C:\Program Files\Optimization پیش بینی شده است.



شکل (۳-۲) نمایی از طریقه نصب برنامه

پس از انتخاب مسیر روی دکمه Next کلیک کرده، تا برنامه نصب شود(همانند شکل ۳-۳).

برای خاتمه دادن به برنامه نصب دکمه Finish را کلیک می کنیم.



شکل (۳-۳) نمایی از طریقه نصب برنامه

۳-۴- اجرای برنامه Bracing Optimization

برای اینکه به فضای کاری برنامه وارد شوید، لازم است این برنامه را اجرا کنید. مراحل زیر

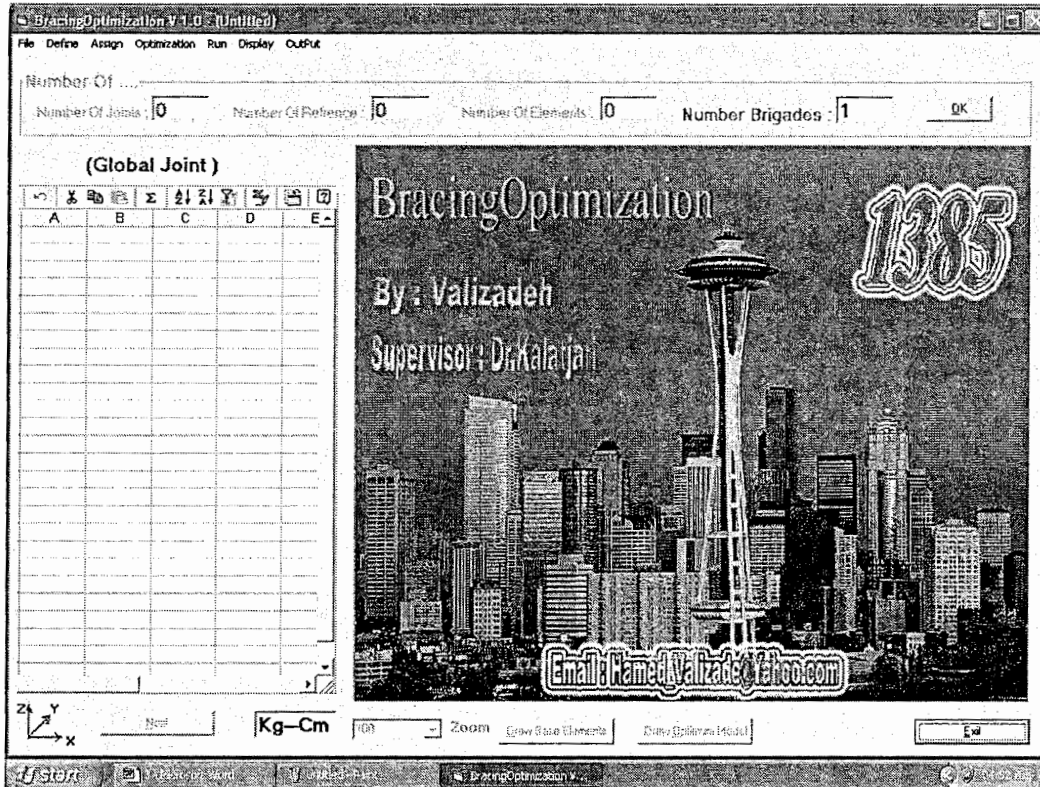
روش اجرای برنامه را توضیح می دهند:

۱- روی دکمه Start کلیک کنید.

۲- در منوی Start ، گزینه Programs را انتخاب کنید.

۳- روی گزینه Optimization کلیک کنید تا صفحه کاری برنامه همانند شکل ۳-۴ ظاهر

شود.

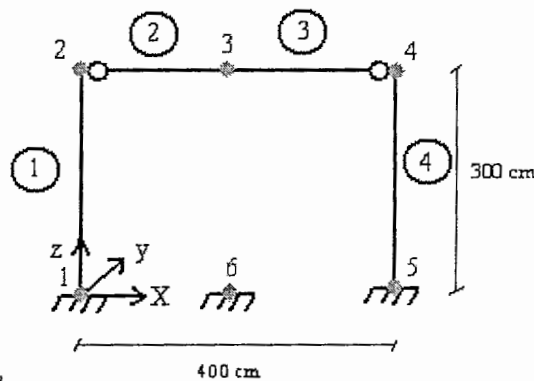


شکل (۳-۴) نمایی صفحه کاری برنامه

۳-۵- تشریح عملکرد برنامه توسط یک مثال عددی

در این بخش، نحوه عملکرد برنامه برای بهینه یابی مقاطع و آرایش بادبندها توصیف

می شود. بدین منظور یک قاب دویعدی ساده با مشخصات زیر مورد بررسی قرار می گیرد.



شکل (۳-۵)

ابتدا منوی File را باز کرده New را کلیک می کنیم یا Cntrl+N را می فشاریم. با باز شدن صفحه جدید ، مشخصات قاب را بصورت زیر وارد می کنیم.

۳-۵-۱- سیستم واحدها

سیستم واحدها در این برنامه Kg-Cm می باشد.

۳-۵-۲- نحوه شماره گذاری گره ها

با در نظر گرفتن یک گره در وسط تیر و نیز یک گره در راستای آن در تراز مبنا، امکان تعریف بادبند ۷ و ۸ در این دهانه بوجود می آید.

گره ای را که آزاد است و به هیچ المانی متصل نیست باید درجات آزادی اش را ببندیم. در ضمن ترتیب نامگذاری المانها کاملاً اختیاری است.

۳-۵-۳- نحوه شماره گذاری المانها

نامگذاری المانها نیز مانند گره ها لزومی ندارد ترتیب خاصی داشته باشند.

۳-۵-۴- دستگاه مختصات عمومی

جهت محورهای دستگاه مختصات عمومی را همیشه همانند شکلی که در برنامه وجود

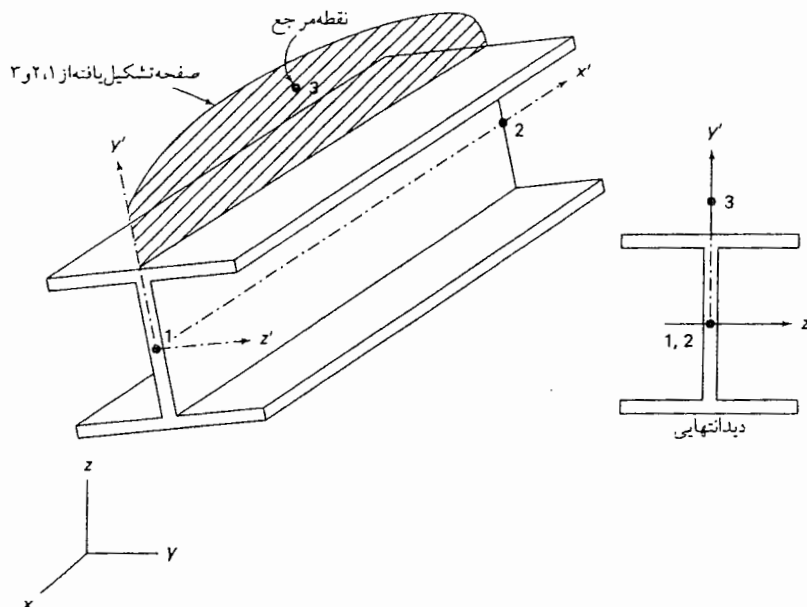
دارد، در نظر می گیریم. اما محل آن اختیاری است. (همانند شکل ۳-۵)

۳-۵-۵- دستگاه مختصات محلی

جهت یابی دستگاه مختصات محلی $Z' - Y' - X'$ با استفاده از سه نقطه برقرار می گردد.

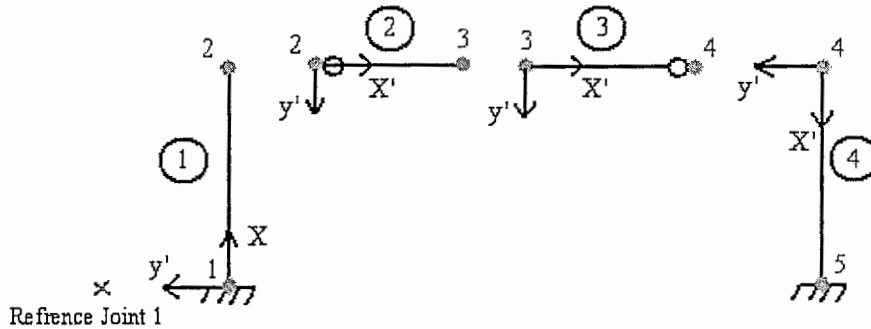
نقطه ۱ و ۲ دو انتهای المان می باشد. محور X' در امتداد خط کشیده شده از نقطه ۱ به نقطه ۲

قرار دارد. نقطه ۳ هر نقطه مرجع غیر واقع بر امتداد خط رابط نقاط ۱ و ۲ می باشد. محور y' در صفحه تعریف شده به توسط نقاط ۱، ۲ و ۳ واقع می باشد. این امر در شکل (۳-۶) نشان داده شده است. آنگاه محور Z' بطور خودکار از راست گرد بودن دستگاه $X' - Y' - Z'$ تعریف می گردد. یادآوری می شود که $y' - Z'$ ، محورهای اصلی سطح مقطع عرضی و I_y و I_z لنگر ماندهای اصلی می باشند. خواص سطح مقطع های عرضی توسط چهار پارامتر مشخص می شوند، A و لنگر ماندهای I_y ، I_z و J' . برای سطح مقطع های عرضی مدور یا لوله ای، J' لنگر ماند قطبی می باشد.



شکل (۳-۶)

در این مثال یک نقطه مرجع تعریف کرده ایم به مختصات $(-100,0,0)$ که با توجه به محل این نقطه دستگاه مختصات محلی برای تک تک المانها همانند شکل (۷-۳) تعریف می شوند.



شکل (۷-۳)

۳-۵-۶- تیپ بندی المانها

با توجه به اینکه هر المان برای بهینه یابی، از چه لیست مقاطعی می خواهد استفاده کند، تعداد تیپها مشخص می شوند. بدین ترتیب می توان لیست پروفیلهای موجود برای بادبندها، تیرها و ستونها را جدا در نظر گرفت.

لازم به تذکر است که در این برنامه محدودیت برای تعداد تیپها داریم و حداکثر تعداد تیپها را می توان ده تا در نظر گرفت.

در این مثال سه تیپ مقاطع را همانند زیر در نظر می گیریم :

تیپ ۱ : مربوط می شود به لیست پرو فیلهای موجود برای ستونها. این مطلب بدین مفهوم

است که مقاطع ستونها از لیست پرو فیلهای تیپ ۱ انتخاب می شوند. جدول (۳-۱)

تیپ ۲ : مربوط می شود به لیست پرو فیلهای موجود برای تیرها. این مطلب بدین مفهوم

است که مقاطع تیرها از لیست پرو فیلهای تیپ ۲ انتخاب می شوند. جدول (۱-۳)

تیپ ۳ : مربوط می شود به لیست پرو فیلهای موجود برای بادبند ها. این مطلب بدین

مفهوم است که مقاطع بادبند ها از لیست پرو فیلهای تیپ ۳ انتخاب می شوند. جدول (۱-۳)

ردیف	تیپ ۱ (ستونها)		تیپ ۲ (تیرها)		تیپ ۳ (بادبندها)	
	نوع مقطع	W (Kg/m)	نوع مقطع	W (Kg/m)	نوع مقطع	W (Kg/m)
1	IPE 12	10.4	CPE 18	18.3	Q 8-0-E1	17.3
2	IPE 14	12.9	CPE 20	22.4	Q 10-0-E1	21.2
3	IPE 16	15.8	CPE 22	26.2	Q 12-0-E1	26.7
4	IPE 18	18.8	CPE 24	30.7	Q 14-0-E1	32.1
5			2CPE 18-0	36.6	Q 16-0-E1	37.7
6					Q 18-0-E1	44

جدول (۱-۳)

مقاطع مورد استفاده در این مثال مطابق با استاندارد ایران می باشد که مشخصات این

مقاطع از مرجع [۲۵] انتخاب شده اند.

۳-۵-۷- نکته مهم

اگر سقف صلب باشد، تیرهایی که دو سر مفصل هستند، نقشی در تحمل بار جانبی ندارند

و تنها بار ثقلی را تحمل می کنند. بیشینه لنگر در این تیرها به راحتی بدست آمده و بسیار آسان

طراحی می شوند و نیازی به بهینه سازی ندارند. برای حذف این المانها از فرآیند بهینه سازی،

کافی است یک تیپ مقاطع برای آنها با یک پروفیل در نظر گرفته و مشخصات این پروفیل را

زیادتر از حد نیاز آن المانها لحاظ کنیم و G مربوط به این پروفیل را صفر بگذاریم. (G : وزن یا قیمت پروفیل بر واحد طول می باشد).

البته لازم به تذکر است که می توان این المانها را نیز همانند دیگر المانها بهینه یابی کرد. ولی اگر آنها را از فرآیند بهینه یابی حذف کنیم تعداد متغیرهای طراحی کاهش می یابند، در نتیجه برنامه سریعتر و دقیق تر به جواب بهینه می رسد.

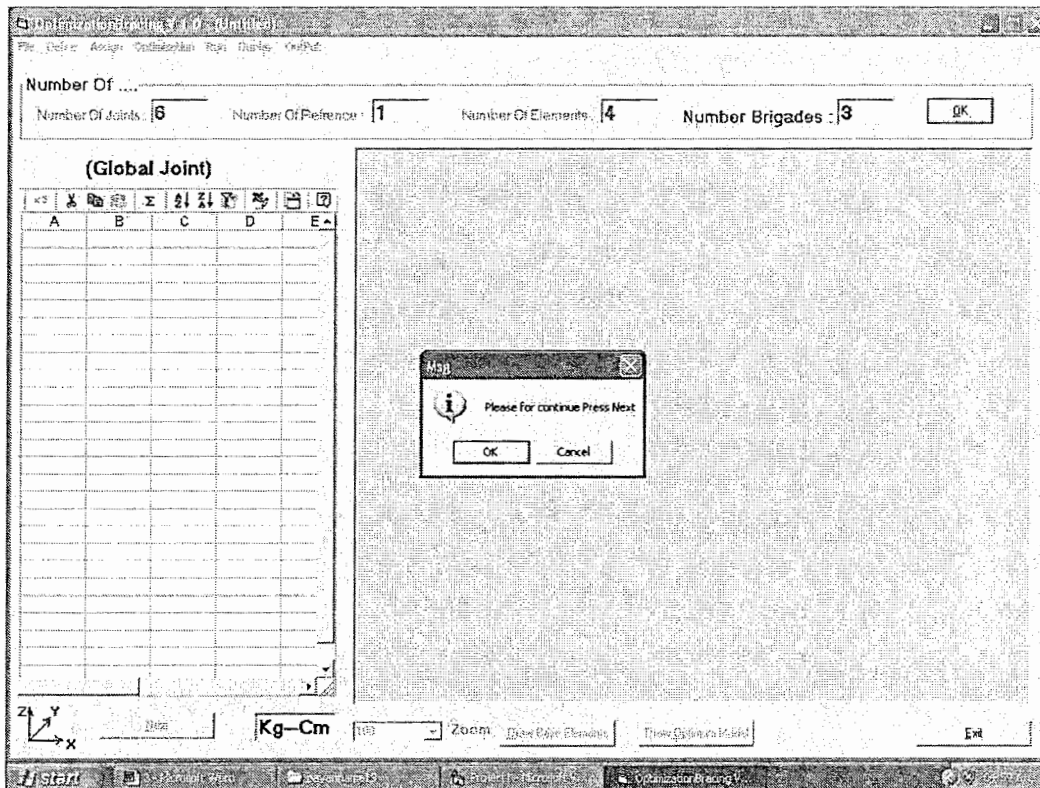
در این مثال تیر دو سر ساده بوده ولی چون بادبند هشت را تعریف کرده ایم بهتر است که از فرآیند بهینه یابی حذف نشود.

۳-۵-۸- ورود اطلاعات پایه

تعداد گره ها را در جعبه Number Of Joints، تعداد نقاط مرجع را در جعبه Number Of Reference، تعداد المانها را در جعبه Number Of Elements و تعداد تیپها را در جعبه Number Of Brigades وارد می کنیم. سپس دکمه OK را کلیک می کنیم.

پس از کلیک OK یک پنجره حاوی پیامی (پس از تأیید برای ادامه دکمه Next را فشار دهید تا زمانی که این دکمه غیر فعال شود) باز می شود. اگر مطمئن هستیم که اطلاعات داده شده تا به حال درست است دکمه OK را کلیک می کنیم. چون پس از تأیید دوباره این اطلاعات

قابل تصحیح نیستند. شکل (۳-۸)



شکل (۳-۸)

۳-۵-۹- ورود اطلاعات گره ها

مختصات جوینتها را در جدول Global Joint در ستونهای X , Y , Z وارد می کنیم سپس درجات آزادی هر گره را مشخص می نماییم، همانطور که می دانیم هر گره در فضا دارای ۶ درجه آزادی است. XT , YT , ZT درجات آزادی انتقالی در جهت محورهای مختصات عمومی هستند. XR , YR , ZR درجات آزادی دورانی در جهت محورهای مختصات عمومی می باشند. اگر درجه آزادی بسته باشد 0 می گذاریم و اگر درجه آزادی باز باشد 1 می گذاریم.

برای ورود ساده تر اطلاعات می توان با کلیک روی دکمه Export to Excel

اطلاعات ورودی را در جدول Excel وارد نمود، سپس اطلاعات را کپی کرده و در جدول برنامه وارد کرد همانند شکل (۹-۳). سپس دکمه Next را کلیک می کنیم.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		X	Y	Z	XR	YR	ZR				
2	Joint 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	Joint 2	0	0	300	1	1	1	1	1	1	
4	Joint 3	200	0	300	1	1	1	1	1	1	
5	Joint 4	400	0	300	1	1	1	1	1	1	
6	Joint 5	400	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	Joint 6	200	0	0	0	0	0	0	0	0	
8											
9											
10											

شکل (۹-۳)

۳-۵-۱۰- ورود اطلاعات نقاط مرجع

مختصات نقاط مرجع را در جدول Refrence Joint در ستونهای X , Y , Z وارد می کنیم

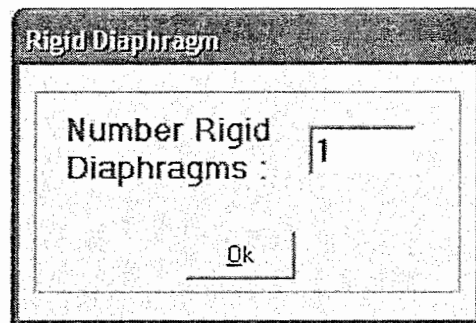
همانند شکل (۱۰-۳).

(Refrence Joints)				
A	B	C	D	E
	X	Y	Z	
Joint 1	-100	0	0	

شکل (۱۰-۳)

۳-۵-۱۱- تعداد سقفهای صلب

با کلیک دکمه Next پنجره Rigid Diaphragm ظاهر می شود. در این پنجره تعداد سقفهای صلب را وارد می کنیم. که در این مثال یک می باشد. سپس دکمه Ok را کلیک می کنیم. همانند شکل (۱۱-۳).



شکل (۱۱-۳)

در جدول Add Diaphragms ، مختصات Master Joint ها را در ستونهای X , Y , Z وارد می کنیم. سپس برای اختصاص دیافراگم صلب طبقه در ستون N.J.Diaphragm 1 ، شماره گره های دیافراگم 1 را که می خواهند به هم وابسته شوند وارد می کنیم. همانند شکل (۱۲-۳). سپس دکمه Next را کلیک می کنیم.

	X	Y	Z	N.j.Diaphragm 1
Master Joint 1	200	0	300	2
				4

شکل (۱۲-۳)

۳-۵-۱۲- ورود اطلاعات المانهای ثابت

منظور از المانهای ثابت، تیر، ستون و یا احیاناً بادبندهایی هستند که قرار است محل آنها ثابت باشد. و در بهینه یابی توپولوژی شرکت نکنند.

نقطه شروع و نقطه پایان المانها را در ستونهای First Joint و End Joint وارد می کنیم. شماره نقطه مرجع هر المان را در ستون Num.Ref.J وارد می کنیم. سپس اگر مفصل داشته باشیم عدد 1 و اگر نداشته باشیم عدد 0 را در ستونهای Release F.J (مربوط به ابتدای المان) و Release E.J (مربوط به انتهای المان) وارد می کنیم. همانند شکل (۳-۱۳).

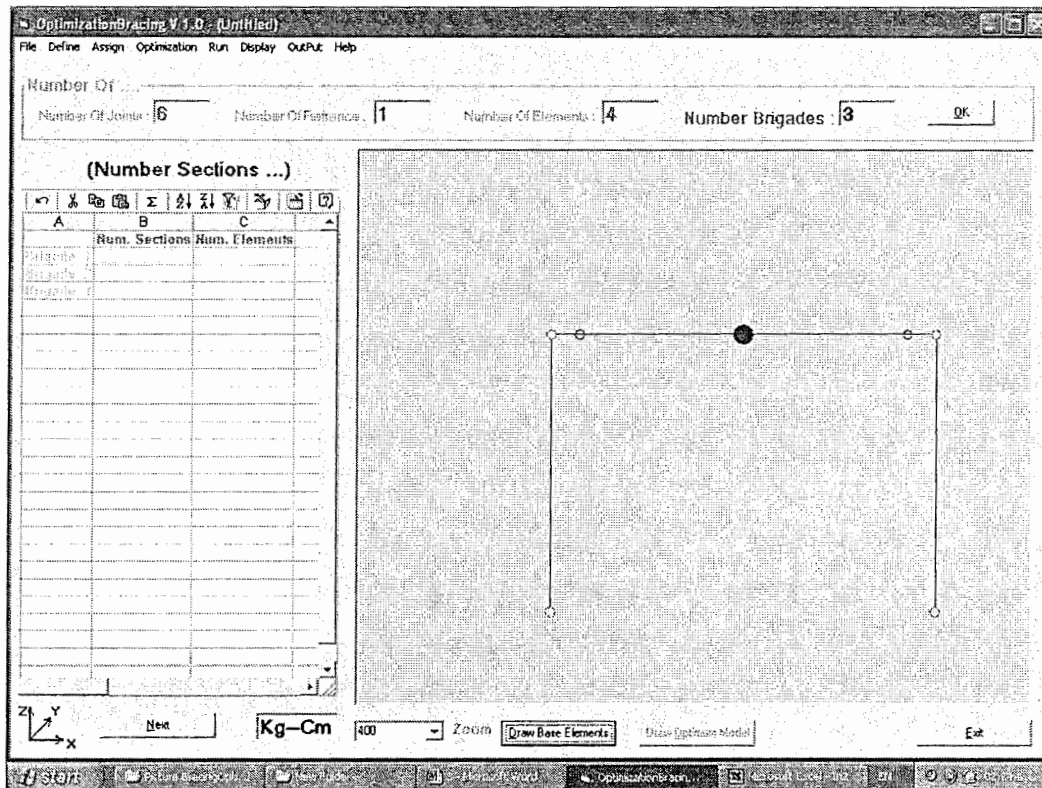
	First Joint	End Joint	Num.Ref.J	Release F-J	Release E-J
Element 1	1	2	1	0	0
Element 2	2	3	1	1	0
Element 3	3	4	1	0	1
Element 4	4	5	1	0	0

شکل (۳-۱۳)

۳-۵-۱۳- شکل سازه

با کلیک دکمه Next می بینیم که دکمه های Draw Base Element و Zoom فعال می شوند. اگر دکمه Draw Base Element را کلیک کنیم شکل سازه ای را که تا به حال مدل کرده ایم را می توانیم ببینیم. با کمک دکمه Zoom می توان هم به صورت عددی و هم به کمک

جعبه کشویی اندازه شکل سازه را تغییر داد. در این مثال عدد ۴۰۰ را در جعبه Zoom وارد کرده و دکمه Draw Base Element را کلیک می کنیم. نقطه قرمز در وسط المان تیر نشان دهنده Master Joint می باشد. شکل (۳-۱۴). المانهای تیر با رنگ آبی، المانهای ستون با رنگ سیاه و المانهای بادبندی با رنگ صورتی نشان داده می شوند. مفاصل با یک دایره تو خالی به رنگ قرمز، گره ها با رنگ سبز و نقاط مرجع نیز با نقطه سیاه نمایش داده می شوند.



شکل (۳-۱۴)

۳-۵-۱۴- تعداد المانهای ثابت و تعداد مقاطع هر تیپ

تعداد مقاطع هر تیپ را در ستون Num.Sections و تعداد المانهای ثابت که باید از هر

تیپ استفاده کنند را در ستون Num.Elements وارد می کنیم. چون در تیپ ۳ هیچ المان ثابتی

وجود ندارد پس صفر می گزاریم. شکل (۳-۱۵). سپس دکمه Next را کلیک می کنیم.

A	B	C
	Num. Sections	Num. Elements
Brigade 1	4	2
Brigade 2	5	2
Brigade 3	6	0

شکل (۳-۱۵)

۳-۵-۱۵- شماره المانهای ثابت هر تیپ

شماره المانهای ثابت هر تیپ را در مقابل آن تیپ وارد می کنیم. در تیپ ۳ المان ثابتی

نداریم پس مقابل آن را خالی می گذاریم. شکل (۳-۱۶). سپس دکمه Next را کلیک می کنیم.

A	B	C	D
	Num.Element	Num.Element	
Brigade 1	1	4	
Brigade 2	2	3	
Brigade 3			

شکل (۳-۱۶)

۳-۵-۱۶- مشخصات مقاطع

مشخصات پروفیلها را با توجه به شماره تیپ و به ترتیب وزن یا قیمت بر واحد طول آنها

(صعودی یا نزولی) در جدول Property Section وارد می کنیم. شکل (۳-۱۷)، (۳-۱۸) و (۳-۱۹).

علائم بکار رفته در این جدول به قرار زیرند :

$$A = \text{سطح مقطع پروفیل}$$

$$A_{vy'} = \text{سطح مقطع برشی پروفیل در جهت } y'$$

$$A_{vz'} = \text{سطح مقطع برشی پروفیل در جهت } z'$$

$$I_{y'} = \text{ممان اینرسی مقطع پروفیل حول محور } y'$$

$$I_{z'} = \text{ممان اینرسی مقطع پروفیل حول محور } z'$$

$$J' = \text{لنگر ماند مقطع پروفیل}$$

$$S_{y'} = \text{اساس مقطع پروفیل حول محور } y'$$

$$S_{z'} = \text{اساس مقطع پروفیل حول محور } z'$$

Rial/m or Kg/m = بسته به آنکه تابع هدف را وزن یا قیمت اختیار کنیم قیمت یا

وزن مقطع پروفیل را بر متر وارد می کنیم.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Brigade 1									
A	Avy'	Avz'	Iy'	Iz'	J'	Sy'	Sz'	Rial/m or Kg/m	
Section 1	13.3	5.28	8.06	27.7	318	1.41	8.6563	53	10.4
Section 2	16.4	6.6	8.4	44.9	541	2.1	12.3	77.3	12.9
Section 3	20.1	8	10.1	68.3	869	2.9	16.7	108.6	15.8
Section 4	23.9	9.5	12.1	101	1320	4	22.2	146.7	18.8
Section 5									
Section 6									

شکل (۱۷-۳)

K	L	M	N	O	P	Q	R	S
Brigade 2								
A	Avy'	Avz'	Iy'	Iz'	J'	Sy'	Sz'	Rial/m or Kg/m
19.1	9.5	12.1	101	3070	3.5	22.2	227.4	18.3
22.9	11.2	14.2	142	4540	4.6	28.4	302.7	22.4
26.9	13	16.9	205	6460	6.4	37.3	391.5	26.2
31.7	14.9	19.6	284	9070	8.4	47.3	503.9	30.7
38.2	9.1	24.3	992.8	6140	7.1	109.1	454.8	36.6

شکل (۱۸-۳)

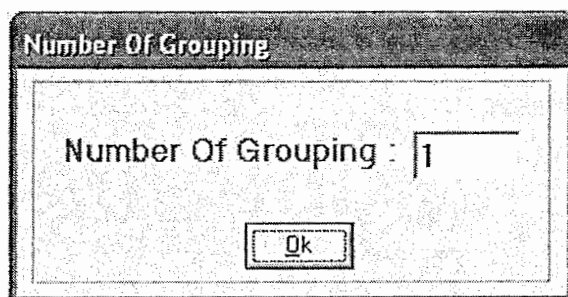
T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
Brigade 3								
A	Avy'	Avz'	Iy'	Iz'	J'	Sy'	Sz'	Rial/m or Kg/m
22	8.6	12	316.1	212	4.1	63.2	53	17.3
27	11	14.2	479.9	412	5.3	87.2	82.4	21.2
34	15.5	16.5	744.6	728	7.7	124.1	121.3	26.7
40.8	18.2	20	1045.9	1210	10.7	160.9	172.9	32.1
48	22.4	22.7	1448.6	1850	13.9	206.9	231.2	37.7
56	27	25.7	1971.6	2700	17.8	262.9	300	44

شکل (۱۹-۳)

۳-۵-۱۷- تعداد گروه بندی المانهای ثابت

منظور از گروه بندی المانها، المانهایی هستند که می خواهیم در فرآیند بهینه یابی دارای یک پروفیل باشند. یکی از فواید گروه بندی المانها کاهش متغیرهای طراحی، در نتیجه افزایش سرعت برنامه و دقت در جواب بهینه می باشد. از دیگر فواید گروه بندی المانها لحاظ کردن برخی از مسائل اجرایی است.

با کلیک دکمه Next پنجره Number Of Grouping ظاهر می شود. در این پنجره تعداد گروه بندیهای، المانهای ثابت را وارد می کنیم. در این مثال ما یک تیر داریم ولی برای تعریف بادبند هشت ناچار به تعریف دو المان برای تیر شده ایم. بنابراین یک گروه برای این دو المان در نظر می گیریم تا عملاً مقطع اختصاص داده شده به این دو المان یکی شود و یک تیر محسوب شوند. در نتیجه تعداد گروه بندی المانها برای این مثال یک می شود. بعد از وارد کردن عدد یک دکمه Ok را کلیک می کنیم. همانند شکل (۳-۲۰).



شکل (۳-۲۰)

در جدول Classify Elements ، شماره المانهای هر گروه را در مقابل آن گروه وارد می کنیم. همانند شکل (۲۱-۳). سپس دکمه Next را کلیک می کنیم. می بینیم که این دکمه غیر فعال می شود.

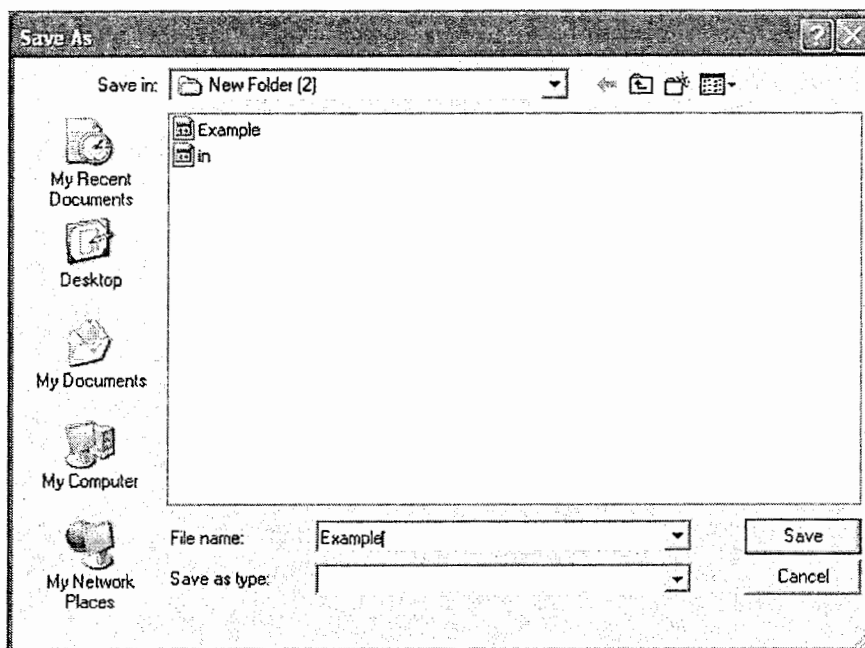
(Classify Elements)

A	B	C	D	E
1	2	3		

شکل (۲۱-۳)

۳-۵-۱۸- ذخیره کردن مدل

حالا می توانیم مدل را Save کنیم. برای اینکار کافی است از منوی File منوی Save یا Save As را کلیک کنیم. یا از کلیدهای ترکیبی Ctrl+S برای Save و Ctrl+A برای Save As استفاده کنیم. با این کار پنجره ای همانند شکل (۲۲-۳) باز می شود. در این پنجره می توان نام و آدرس فایل را به راحتی وارد کرد. نام این مثال را Example می گذاریم. سپس دکمه Save را فشار می دهیم تا مدل Save شود. پس از ذخیره کردن برنامه نام فایل را در نوار عنوان برنامه می توان دید.



شکل (۳-۲۲)

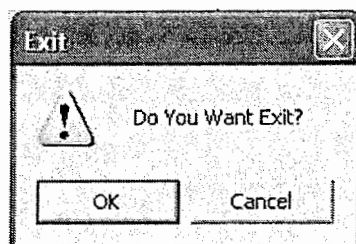
۳-۵-۱۹- خروج از برنامه

برای خروج از برنامه چند روش وجود دارد :

از منوی File منوی Exit را کلیک می کنیم. یا از کلیدهای ترکیبی Ctrl+E استفاده

می کنیم. یا می توان دکمه Close در نوار عنوان برنامه را کلیک کرد. سپس پنجره Exit با پیام آیا

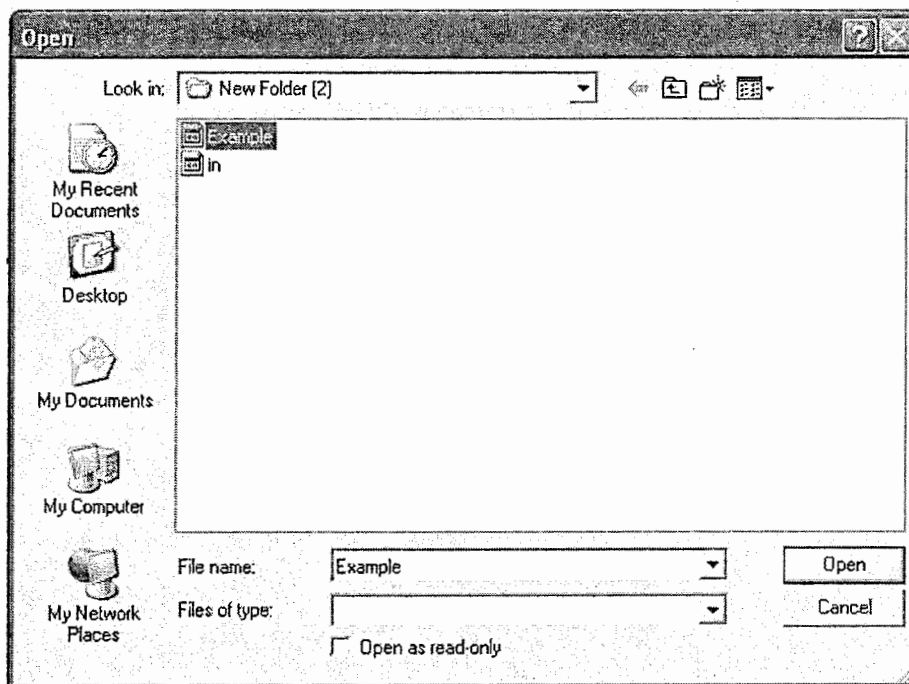
می خواهید خارج شوید ظاهر می شود. برای خروج کلید Ok را کلیک می کنیم. شکل (۳-۲۳)



شکل (۳-۲۳)

۳-۵-۲۰- باز کردن مجدد فایل مثال

پس از اجرای مجدد برنامه Bracing Optimization از منوی File منوی Open را کلیک می کنیم. در پنجره باز شده با مشخص کردن نام و آدرس فایل مثال دکمه Open را کلیک می کنیم. شکل (۳-۲۴)



شکل (۳-۲۴)

۳-۵-۲۱- تعریف مشخصات مصالح

از منوی Define منوی Material properties را کلیک می کنیم. در پنجره Material Property Data مشخصات مصالح را وارد می کنیم شکل (۳-۲۵). پارامترهای موجود در این پنجره به شرح ذیل می باشند:

Weight Per Unit Volume = وزن واحد حجم

Modulus Of Elasticity = مدول الاستیسیته

Poisson's Ratio = ضریب پواسون

Shear Modulus = مدول برشی که با توجه به اطلاعات بالابه طور خودکار محاسبه

می شود.

Minimum Yield Stress, Fy = تنش حد تسلیم

Minimum Tensile Stress, Fu = تنش گسیختگی نهایی

یادآوری می شود واحدها همه Kg - Cm می باشند.

Material Property Data	
Weight Per Unit Volume	0.007833
Modulus Of Elasticity	2038902
Poisson's Ratio	.3
Shear Modulus	784193

Minimum Yield Stress, Fy	2400
Minimum Tensile Stress, Fu	3700

Units	Kg-Cm

Ok	Cancel

شکل (۳-۲۵)

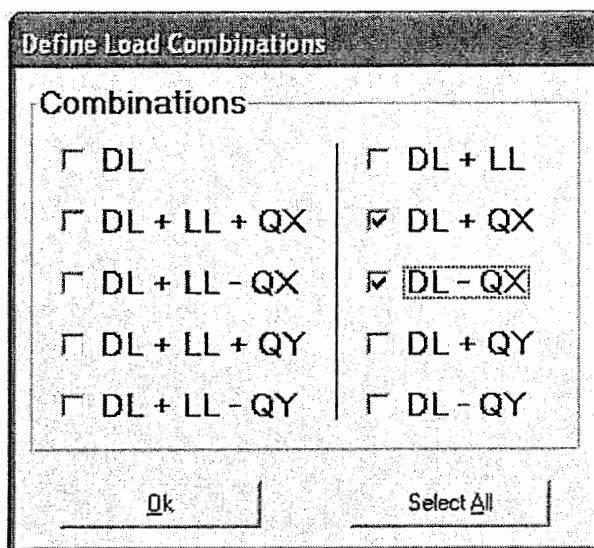
در این مثال پیش فرض برنامه را برای مشخصات مصالح پذیرفته و Ok را کلیک می کنیم.

۳-۵-۲۲- ترکیب بارگذاری

در این برنامه مطابق مبحث ششم از آئین نامه ایران [۱۹] کلیه حالات بارگذاری لحاظ شده اند. از منوی Define منوی Load Combinations... را کلیک می کنیم. در پنجره باز شده برای انتخاب حالات بارگذاری کافی است با کلیک چپ، علامت تیک را در مقابل بارگذاری مورد نظر قرار دهیم. و بالعکس برای از حالت انتخاب خارج کردن، با کلیک چپ، علامت تیک را از مقابل بارگذاری مورد نظر برداریم. دکمه Select All تمام گزینه ها را تیک دار می کند و با فشردن دوباره این دکمه همه گزینه ها از حالت انتخاب خارج می شوند. در این مثال دو حالت بارگذاری همانند شکل (۳-۲۶) را در نظر گرفته و دکمه Ok را کلیک می کنیم.

Q_x = نیروی زلزله در جهت x است.

Q_y = نیروی زلزله در جهت y است.



شکل (۳-۲۶)

۳-۵-۲۳- معرفی پارامترهای طراحی

پارامترهای طراحی مهمترین بخش در طراحی یک سازه می باشند. این پارامترها در واقع مشخصات طراحی اعضا می باشند. پارامترهای طراحی برای محاسبه تنش مجاز توسط برنامه استفاده می شوند. البته برنامه برای تمام این پارامترها پیش فرض هایی دارد. در صورت مناسب بودن پیش فرضها نیازی به معرفی پارامترهای مورد نظر وجود ندارد.

مهمترین پارامترهای طراحی شامل طول مهار نشده، ضریب طول مؤثر و ضریب C_m می شوند. با استفاده از پارامترهای طراحی تنش های مجاز بدست می آیند. به عنوان مثال با معلوم بودن طول مهار نشده و ضریب طول مؤثر و داشتن شعاع ژیراسیون مقطع اعضا، برنامه قادر است نسبت لاغری $\left(\frac{KL}{r}\right)$ را محاسبه کند. با استفاده از لاغری به دست آمده، برنامه تنش فشاری مجاز را محاسبه خواهد کرد.

در بخش معرفی پارامترهای طراحی امکان معرفی مستقیم تنش های مجاز نیز وجود دارد. در این صورت برنامه تنش های مجاز معرفی شده را جانشین تنش های مجاز محاسبه شده خواهد کرد. در ادامه پارامترهای طراحی و پیش فرضهای برنامه تشریح می شوند. شکل (۳-۲۷).

۱- Effective Length Factor ($K_y'y'$) = ضریب طول مؤثر حول محور y' . مقدار پیش

فرض آن برابر یک می باشد.

۲- Effective Length Factor ($K_z'z'$) = ضریب طول مؤثر حول محور z' . مقدار پیش

فرض آن برابر یک می باشد.

۳- Unbraced Length Ratio (L_y/y') = نسبت طول مهار نشده به کل طول عضو حول

محور y' . مقدار پیش فرض آن برابر یک می باشد.

۴- Unbraced Length Ratio (L_z/z') = نسبت طول مهار نشده به کل طول عضو حول

محور z' . مقدار پیش فرض آن برابر یک می باشد.

۵- Allowable Compressive Stress , F_a = تنش مجاز فشاری که توسط برنامه

محاسبه می شود.

۶- Allowable Tensile Stress , F_t = تنش مجاز کششی که توسط برنامه محاسبه

می شود.

۷- Allowable Bending Stress , $F_{b y'}$ = تنش مجاز خمشی حول محور y' . مقدار

پیش فرض آن برابر $0.6F_y$ در نظر گرفته می شود. (مقطع غیر فشرده فرض می شود)

۸- Allowable Bending Stress , $F_{b z'}$ = تنش مجاز خمشی حول محور z' . مقدار

پیش فرض آن برابر $0.6F_y$ در نظر گرفته می شود. (مقطع غیر فشرده فرض می شود)

۹- Allowable Shear Stress , $F_{v y'}$ = تنش مجاز برشی در امتداد محور y' . مقدار

پیش فرض آن برابر $0.4F_y$ در نظر گرفته می شود.

۱۰- Allowable Shear Stress , $F_{v z'}$ = تنش مجاز برشی در امتداد محور z' . مقدار

پیش فرض آن برابر $0.4F_y$ در نظر گرفته می شود.

از منوی Define منوی Design را کلیک می کنیم. پنجره Steel Frame Design

Overwrites باز می شود. در جعبه Number Brigade شماره تیب مقاطع و در جعبه Number

Section شماره مقطعی که می خواهیم پارامترهای طراحی آنرا تغییر دهیم وارد می کنیم. پس از تغییر پارامترهای مورد نظر دکمه Ok را کلیک می کنیم. لازم به تذکر است عدد 0 بمنزله استفاده از پیش فرضهای برنامه می باشد.

Steel Frame Design Overwrites

Number Brigade : 0 Number Section : 0

Effective Length Factor ($K_y y'$) : 0

Effective Length Factor ($K_z z'$) : 0

Unbraced Length Ratio ($L_y y'$) : 0

Unbraced Length Ratio ($L_z z'$) : 0

Allowable Compressive Stress , F_a : 0

Allowable Tensile Stress , F_t : 0

Allowable Bending Stress , F_{by}' : 0

Allowable Bending Stress , F_{bz}' : 0

Allowable Shear Stress , F_{vy}' : 0

Allowable Shear Stress , F_{vz}' : 0

Ok Cancel

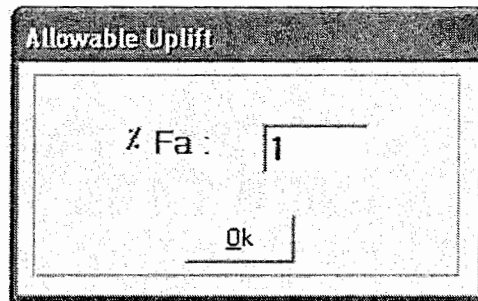
شکل (۳-۲۷)

در این مثال مقادیر پیش فرض را می پذیریم. دکمه Cancel را کلیک می کنیم یا دکمه

Esc از صفحه کلید را می فشاریم. تا پنجره بسته شود.

۳-۴-۲۴- مجاز Uplift

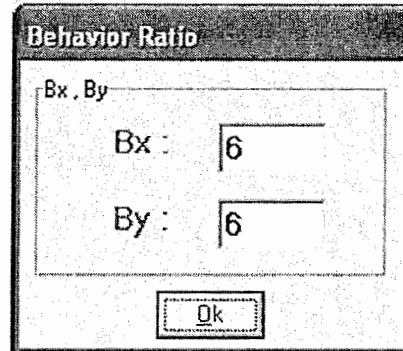
از منوی Define منوی Allowable Uplift را کلیک می کنیم. در پنجره باز شده می توان درصد مجاز را وارد کرد. همانطور که قبلاً ذکر شد در این پایان نامه مجاز را درصدی از F_a مجاز ستون متصل به شالوده در نظر می گیریم. در این مثال مقدار 1 را در نظر می گیریم و دکمه Ok را کلیک می کنیم. شکل (۳-۲۸)



شکل (۳-۲۸)

۳-۵-۲۵- ضریب رفتار سازه

از منوی Define منوی Behavior Ratio را کلیک می کنیم. پنجره Behavior Ratio باز می شود. در جعبه Bx ضریب رفتار سازه در جهت x و در جعبه By ضریب رفتار سازه در جهت y محورهای مختصات عمومی را وارد می کنیم. در این مثال مقدار پیش فرض برنامه را در نظر می گیریم و دکمه Ok را کلیک می کنیم. شکل (۳-۲۹)

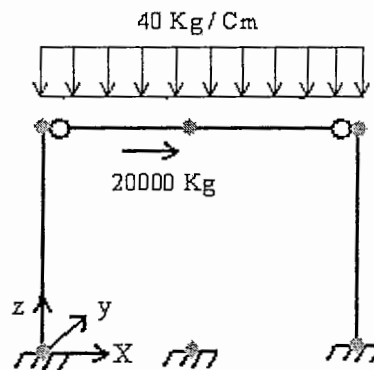


شکل (۳-۲۹)

۳-۵-۲۶- بارگذاری سازه

در این مثال فرض می‌کنیم یک بار 20000 Kg بعنوان بار زلزله در Master Joint و

همچنین بار 40 Kg/Cm بعنوان بار مرده بر المان تیر اثر کند شکل (۳-۳۰).



شکل (۳-۳۰)

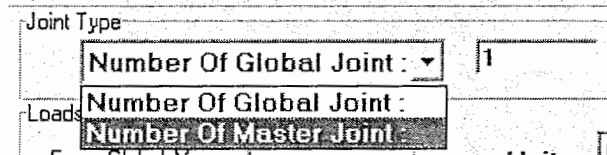
الف - بارگذاری گره‌ها

از منوی Assign منوی Joint Forces را کلیک می‌کنیم. پنجره Point Loads باز

می‌شود. در قسمت Joint Type نوع گره و شماره گره ای را که می‌خواهد بار به آن اعمال شود را

مشخص می‌نمائیم. روی جعبه کشویی Number Of Global Joint (شماره گره عمومی) کلیک

می کنیم و Number Of Master Joint (شماره گره مرجع) را انتخاب می کنیم شکل (۳-۳۱). در جعبه مقابل آن شماره گره مرجعی که می خواهیم به آن بار اعمال کنیم را وارد می نمایم. در این مثال شماره 1.



شکل (۳-۳۱)

در قسمت Loads نیروی مورد نظر را وارد می کنیم.

$$F_x = \text{نیروی متمرکز در جهت } x \text{ دستگاه مختصات عمومی}$$

$$F_y = \text{نیروی متمرکز در جهت } y \text{ دستگاه مختصات عمومی}$$

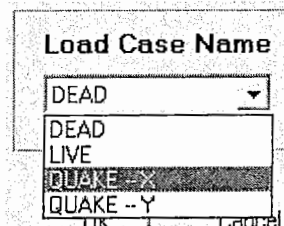
$$F_z = \text{نیروی متمرکز در جهت } z \text{ دستگاه مختصات عمومی}$$

$$M_x = \text{ممان متمرکز حول محور } x \text{ از دستگاه مختصات عمومی}$$

$$M_y = \text{ممان متمرکز حول محور } y \text{ از دستگاه مختصات عمومی}$$

$$M_z = \text{ممان متمرکز حول محور } z \text{ از دستگاه مختصات عمومی}$$

در جعبه کشویی Load Case Name نوع بار را مشخص می نمایم. همانند شکل (۳-۳۲)



شکل (۳-۳۲)

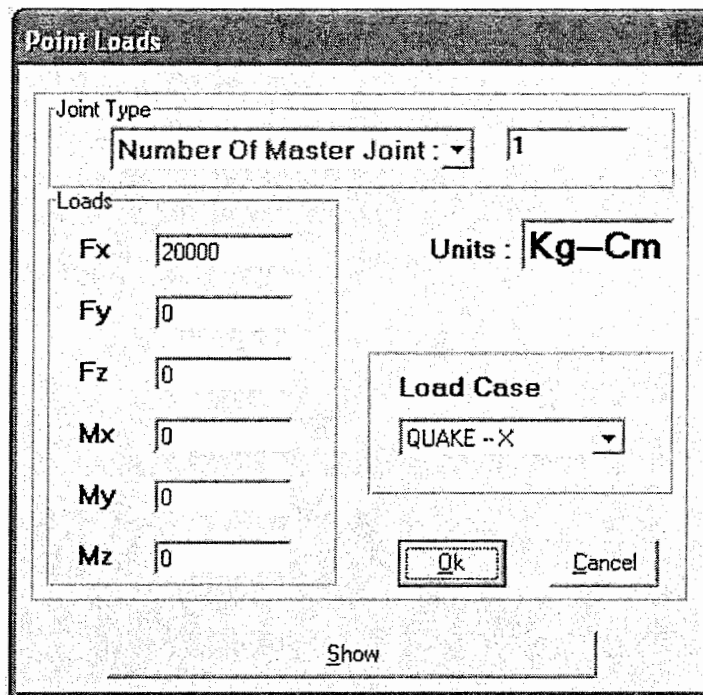
بار مرده = DEAD

بار زنده = LIVE

بار زلزله در جهت X = QUAKE - X

بار زلزله در جهت Y = QUAKE - Y

اطلاعات بار متمرکز این مثال را همانند شکل (۳-۳۳) وارد می نمائیم.



شکل (۳-۳۳)

برای تأیید روی دکمه Ok کلیک می کنیم. چون بارگذاری مدل اهمیت بسیار زیادی دارد

برای بررسی این بارگذاری می توان روی دکمه Show کلیک کرده و برای خروج دکمه Cancel

این پنجره را فشار داد. همانند اشکال (۳-۳۴) الی (۳-۳۷) بارگذاری مدل بصورت جدول قابل

مشاهده است.

A	B	C	D	E	F	G
	DEAD	DEAD	DEAD	DEAD	DEAD	DEAD
	X Direction	Y Direction	Z Direction	XX Direction	YY Direction	ZZ Direction
Joint 1	0	0	0	0	0	0
Joint 2	0	0	0	0	0	0
Joint 3	0	0	0	0	0	0
Joint 4	0	0	0	0	0	0
Joint 5	0	0	0	0	0	0
Joint 6	0	0	0	0	0	0
U-Joint 1	0	0	0	0	0	0

شکل (۳-۳۴)

H	I	J	K	L	M
LIVE	LIVE	LIVE	LIVE	LIVE	LIVE
X Direction	Y Direction	Z Direction	XX Direction	YY Direction	ZZ Direction
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

شکل (۳-۳۵)

N	O	P	Q	R	S
QUAKE-X	QUAKE-X	QUAKE-X	QUAKE-X	QUAKE-X	QUAKE-X
X Direction	Y Direction	Z Direction	XX Direction	YY Direction	ZZ Direction
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
20000	0	0	0	0	0

شکل (۳-۳۶)

T	U	V	W	X	Y
QUAKE-Y	QUAKE-Y	QUAKE-Y	QUAKE-Y	QUAKE-Y	QUAKE-Y
X Direction	Y Direction	Z Direction	XX Direction	YY Direction	ZZ Direction
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

شکل (۳-۳۷)

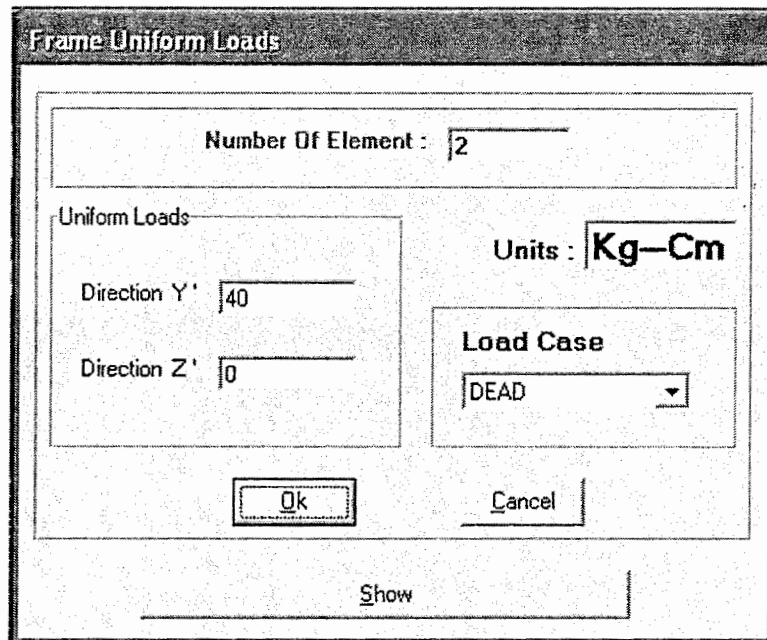
ب - بارگذاری المانها

در این برنامه فقط بارهای یکنواخت را می توان مدل کرد.

از منوی Assign منوی Frame Uniform Loads را کلیک می کنیم. در پنجره باز شده در جعبه Number Of Element شماره المانی را که می خواهیم به آن بار اعمال کنیم را وارد می نمائیم. در قسمت Uniform Loads با توجه به اینکه بار اعمالی در جهت 'y یا 'z محورهای محلی اعمال می شود می توان مقدار بار مورد نظر را در محل خود وارد کرد. در جعبه کشویی Load Case نوع بار را مشخص می نمائیم شکل (۳-۳۲).

در این مثال المانهای تیر بار یکنواخت دارند. اطلاعات المان ۲ را همانند شکل (۳-۳۸) وارد می کنیم سپس برای تأیید دکمه Ok را کلیک می کنیم. اطلاعات المان ۳ را نیز همانند المان ۲ وارد می نمائیم.

برای مشاهده این بارگذاری می توان روی دکمه Show کلیک کرده و مانند بارهای متمرکز بارگذاری مدل را در جدول مشاهده نمود. برای خروج از این پنجره می توان دکمه Cancel را فشار داد.

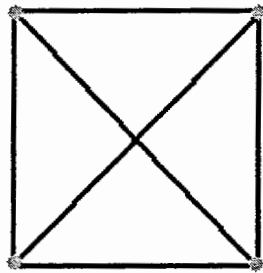


شکل (۳-۳۸)

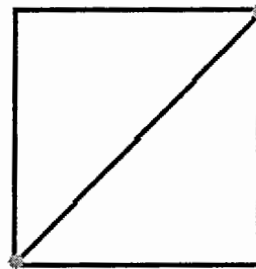
۳-۵-۲۷- تعریف المانهای بادبندی

در این قسمت المانهای بادبندی که در فرآیند بهینه یابی توپولوژی شرکت می کنند تعریف می شوند. در این پایان نامه انواع بادبندیهای معرفی شده در مبحث دهم از آیین نامه ایران مورد استفاده قرار گرفته اند شکل (۳-۳۹). همانطور که می دانیم بادبندها در دو گروه هم گرا و واگرا طبقه بندی می شوند. در این برنامه نیز آنها در دو منوی همگرا (CBF) و واگرا (EBF) طبقه بندی شده است.

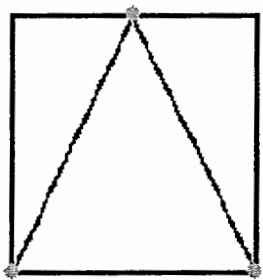
در این مثال سه نوع بادبند هم گرای ضربدری، هفت و هشت را در نظر می گیریم.



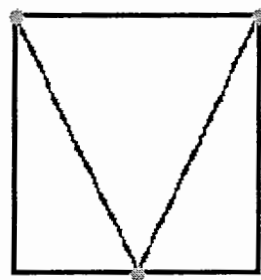
بادبند همگرای ضربدری



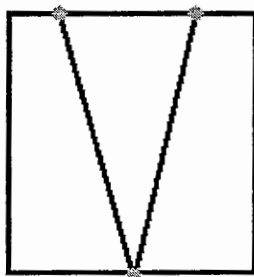
بادبند همگرای قطری



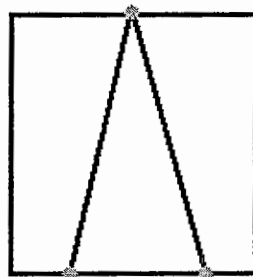
بادبند همگرای هشت



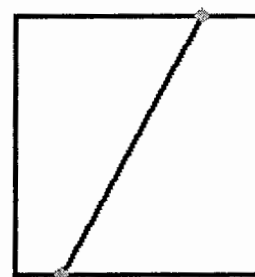
بادبند همگرای هفت



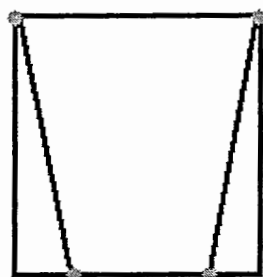
بادبند واگرای هفت



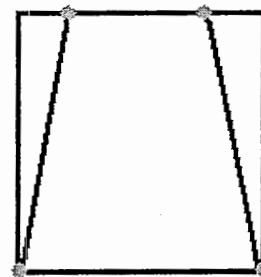
بادبند واگرای هشت



بادبند واگرای قطری



بادبند واگرای دوپرفه هفت



بادبند واگرای دوپرفه هشت

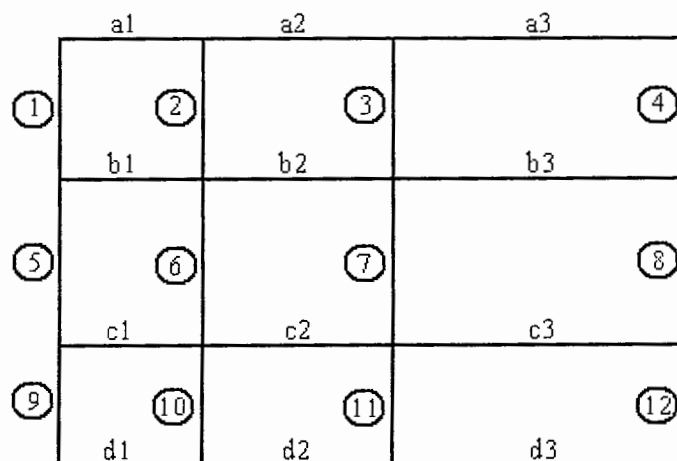
شکل (۳-۳۹) - انواع بادبندها

تعریف بادبند ضربداری در مثال :

ابتدا از منوی Assign روی منوی CBF می رویم. در زیر منوی باز شده روی Bracing X کلیک می کنیم. تا پنجره Brace X باز شود. در جعبه Number Bracing X تعداد کل بادبندیهایی که از نوع ضربداری در کل سازه می خواهیم تعریف کنیم را وارد می نمائیم. سپس دکمه Ok را کلیک می کنیم. در جعبه Number Bracing شماره هر باد بند ضربداری که می خواهیم اطلاعاتش را بدهیم وارد می کنیم.

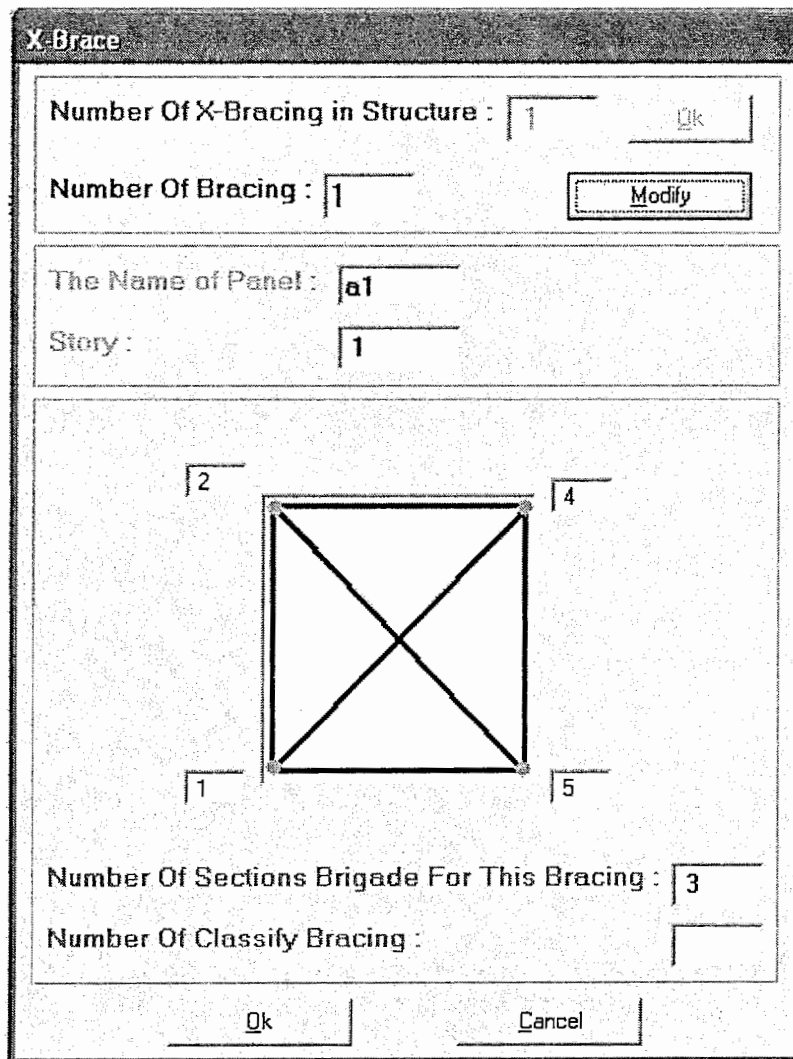
برای آنکه برنامه بتواند تشخیص دهد که در هر دهانه فقط یک بادبند از انواع بادبندهای تعریف شده برای آن دهانه را اختصاص دهد، باید اطلاعات دو جعبه The Name of Panel و Story را همانند تعاریف زیر وارد نمائیم.

تمامی دهانه ها در پلان، را متمایز از یکدیگر با نامهای دلخواه نام گذاری می کنیم. بعنوان مثال پلان شکل (۳-۴۰) را در نظر بگیرید. در این پلان همه دهانه ها به طور متمایز از یکدیگر نام گذاری شده اند.



شکل (۳-۴۰)

حال در جعبه The Name of Panel نام دهانه ای را که بادبند می خواهد در آن تعریف شود را وارد می کنیم. و در جعبه Story نام طبقه ای را که بادبند در آن تعریف می شود را وارد می کنیم (نام طبقه ها را به ترتیب از یک به بالا در نظر می گیریم). پس از وارد کردن نام و طبقه بادبند شماره گره هایی را که المانهای بادبند می خواهد به آنها متصل شود را در جعبه های اطراف شکل بادبند وارد می کنیم. شکل (۳-۴۱).



شکل (۳-۴۱)

در جعبه Number Of Sections Bracing For This Bracing شماره تپی را که مقاطع این بادبند می خواهند از آن استفاده کنند را وارد می کنیم.

حال نوبت به گروه بندی المانهای بادبندی می رسد. مفهوم گروه بندی قبلاً توضیح داده شد. لازم به یادآوری است که شماره گذاری گروه های المانهای بادبند که در فرآیند بهینه یابی توپولوژی شرکت می کنند از المانهای ثابت کاملاً جدا می باشند.

برای شماره گذاری گروه های المانهای بادبندی از یک در مجموعه اعداد صحیح به ترتیب به تعدادی که نیازاست استفاده می شود و نیازی به دادن تعداد کل گروه بندی ها نیست. بنابراین در جعبه Number Of Classify Bracing اگر این بادبند گروه بندی شده باشد شماره گروه مورد نظر را وارد می کنیم در غیر این صورت جای آن را خالی می گذاریم.

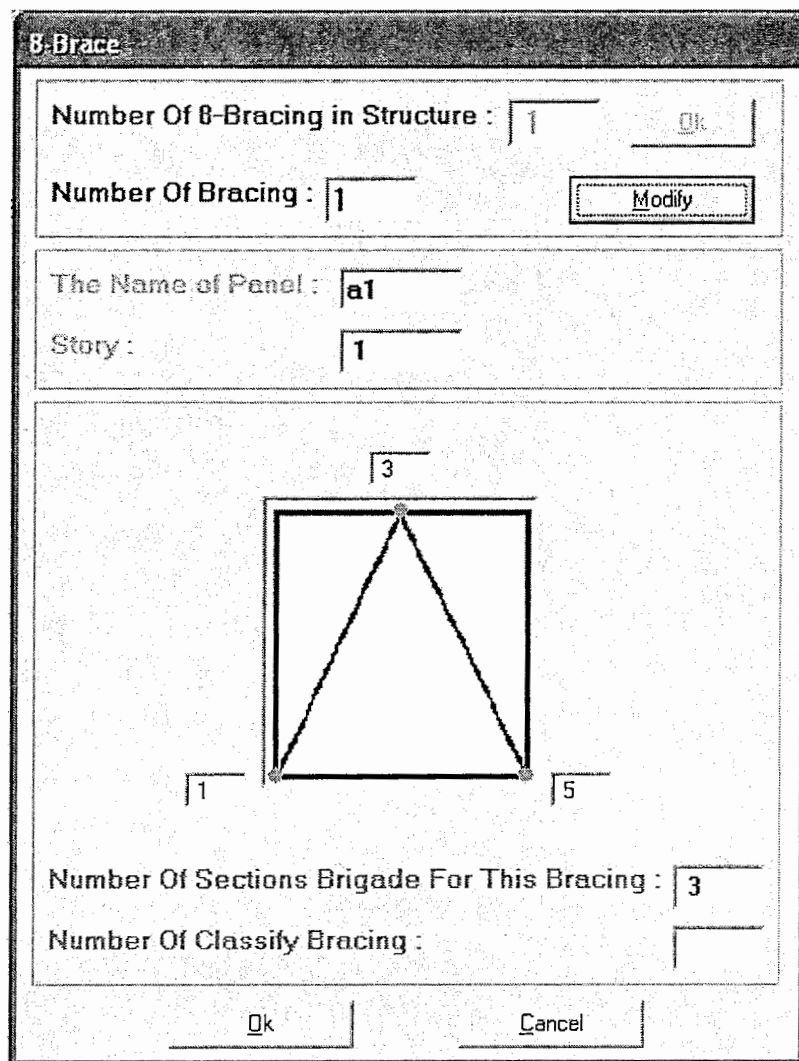
در این مثال با توجه به مطالب ذکر شده در بالا، اطلاعات مورد نیاز برای بادبند ضربداری را همانند شکل (۳-۴۱) وارد می کنیم. سپس دکمه Ok را کلیک می کنیم.

برای کنترل اطلاعات وارد شده مربوط به بادبندها کافی است پس از ورود به پنجره بادبند مورد نظر با وارد کردن شماره بادبند در جعبه Number Of Bracing روی دکمه Modify کلیک کنیم.

تعریف بادبند هشت در مثال :

ابتدا از منوی Assign روی منوی CBF می رویم در زیر منوی باز شده روی 8-Bracing

کلیک می کنیم. تا پنجره 8-Brace باز شود. اطلاعات مربوط به این مثال را همانند شکل (۳-۴۲) شبیه بادبند ضربداری وارد می کنیم.



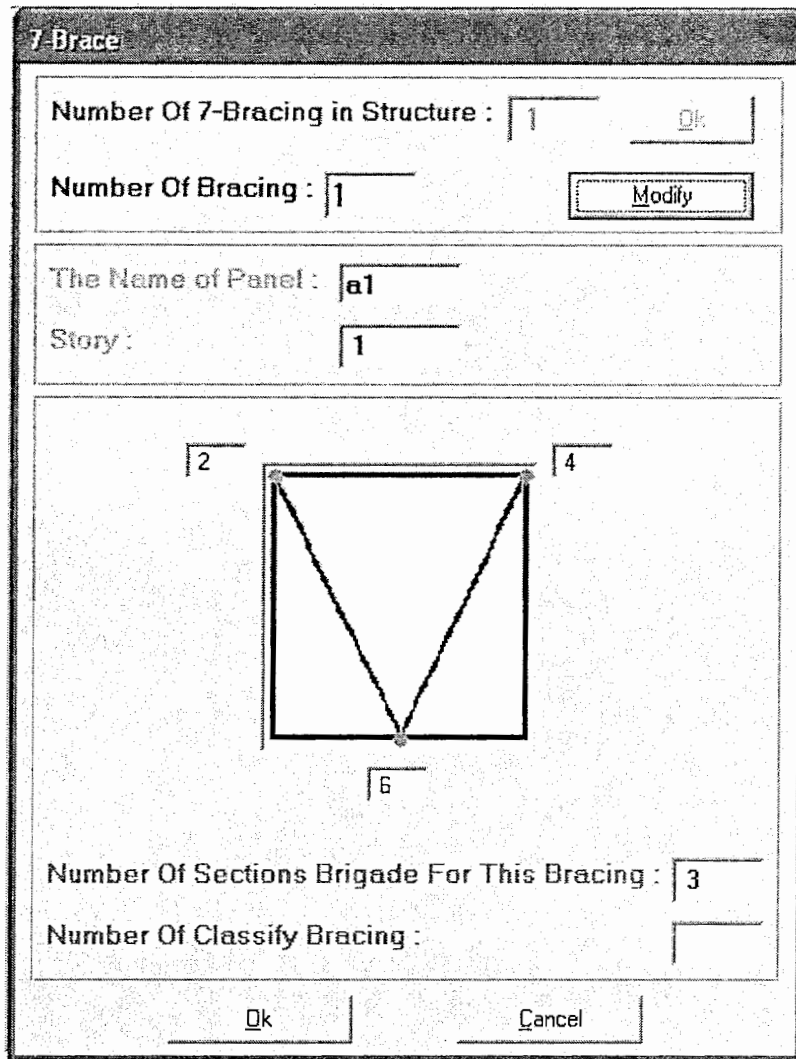
شکل (۳-۴۲)

تعریف بادبند هفت در مثال :

ابتدا از منوی Assign روی منوی CBF می رویم در زیر منوی باز شده روی 7-Bracing

کلیک می کنیم. تا پنجره 7-Brace باز شود. اطلاعات مربوط به این مثال را همانند شکل (۳-۴۳)

شبیه بادبند ضربدری وارد می کنیم.



شکل (۳-۴۳)

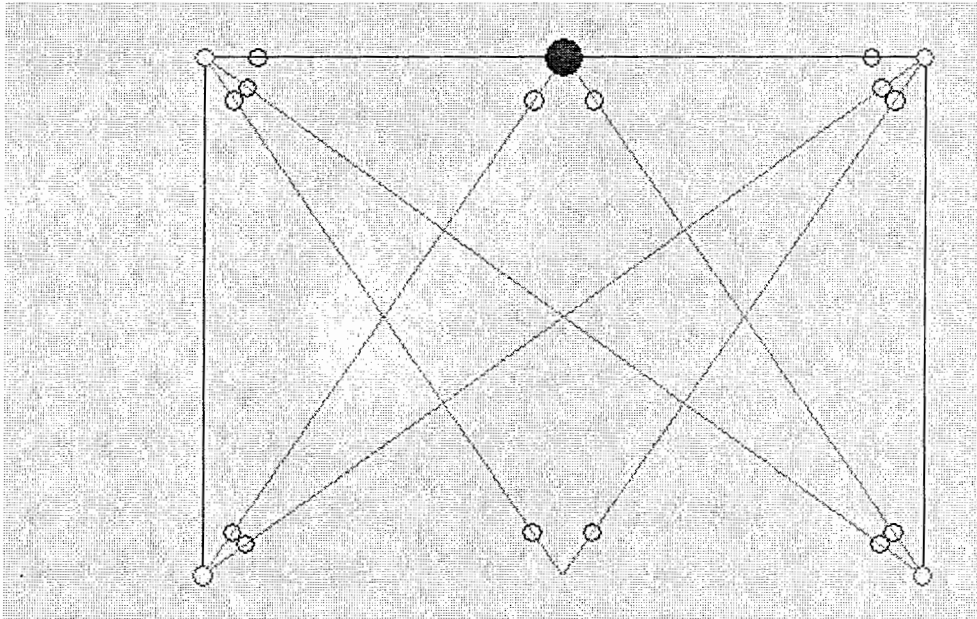
بادبندهای واگرا نیز شبیه بادبندهای هم گرا مدل می شوند و نیازی به توضیحات بیشتر

نیست.

در هر مرحله پس از معرفی هر بادبند می توان با کلیک روی دکمه Draw Base

Elements از پنجره اصلی برنامه، شکل سازه ای را که تا به حال مدل شده است، مشاهده نمود.

برای این مثال شکل (۳-۴۴) مشاهده میشود.



شکل (۳-۴۴)

۳-۵-۲۸- تعریف پارامترهای بهینه یابی

در این قسمت پارامترهای الگوریتم ژنتیک معرفی میشود. برای این منظور از منوی Optimization روی منوی GA Parameters کلیک می کنیم. قسمتهای پنجره باز شده شکل (۳-۴۵) به شرح ذیل می باشند :

No of Generations = تعداد نسلها

No of Population Size = تعداد اعضای جمعیت

Crossover Rate = نرخ پیوند

Mutation Rate For Sizing = نرخ جهش برای Sizing المانهای بادبندی و المانهای ثابت

Mutation Rate For Topology = نرخ جهش برای Topology المانهای بادبندی

Penalty Function Ratio (K) = ضریب تابع جریمه

Parameters GA	
No of Generations :	100
No of Population Size :	50
Crossover Rate :	0.05
Mutation Rate For Sizing :	0.01
Mutation Rate For Topology :	0.01
Penalty Function Ratio (K) :	1
<input type="button" value="Ok"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

شکل (۳-۴۵)

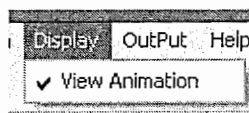
اطلاعات مربوط به این مثال همانند شکل (۳-۴۵) کامل شده سپس دکمه Ok کلیک

شود.

۳-۵-۲۹- دیدن اجرای برنامه

برای آنکه بتوان نحوه اجرای برنامه را بصورت گرافیکی مشاهده نمود از منوی Display

منوی View Animation را کلیک می کنیم. این منو تیک دار می شود شکل (۳-۴۶).

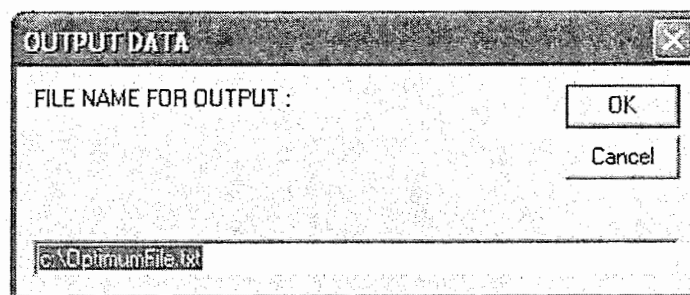


شکل (۳-۴۶)

این منو به صورت پیش فرض فعال نمی باشد چون دیدن گرافیک در حین اجرای برنامه می تواند سرعت برنامه را تا حدودی کاهش دهد. دیدن اجرای برنامه بصورت گرافیکی برای مثالهای ساده توصیه می شود چون می توان در آن روال بهینه شدن و اینکه جمعیت اولیه (طرحها) به سمت یک جمعیت شایسته (بهینه) حرکت می کنند را بخوبی مشاهده کرد.

۳-۵-۳- اجرای برنامه

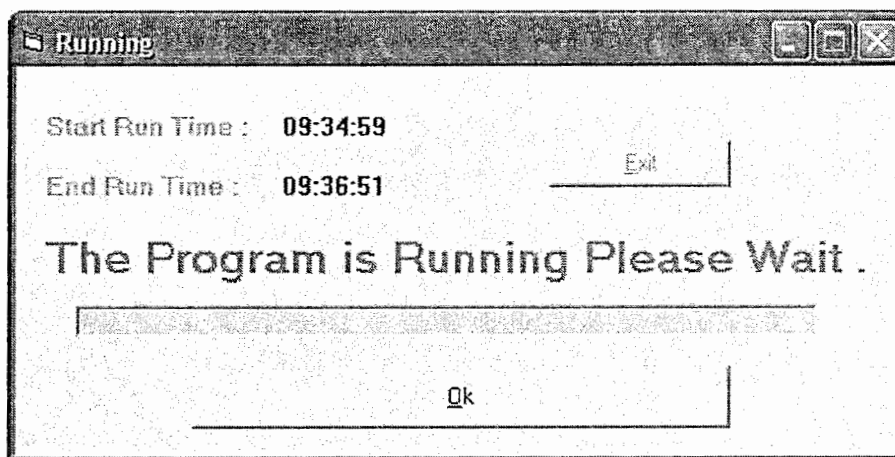
برای اجرای برنامه از منوی Run منوی Sizing and Topology Optimization را کلیک می کنیم. با این کلیک ابتدا پنجره OUTPUT DATA باز می شود. در این پنجره نام و آدرس فایل خروجی را می دهیم. این نام و آدرس بصورت پیش فرض C:\OptimumFile.txt در نظر گرفته شده است. شکل (۳-۴۷)



شکل (۳-۴۷)

پس از کلیک دکمه Ok پنجره Running باز و همزمان برنامه اجرا می شود. در پنجره Running زمان شروع و پایان برنامه درج می شود. همچنین بصورت گرافیکی زمان روند اجرای برنامه دیده می شود که با کمک آن می توان سرعت برنامه را مشاهده کرد. با این ترتیب زمان

اجرای برنامه قابل تخمین زدن است. دکمه Exit برای خروج از برنامه در این پنجره در نظر گرفته شده است. در زمان اجرای برنامه دکمه Ok غیر فعال است. پس از آنکه اجرای برنامه تمام شد این دکمه فعال می شود و همچنین زمان اتمام برنامه نیز درج می گردد. شکل (۳-۴۸)

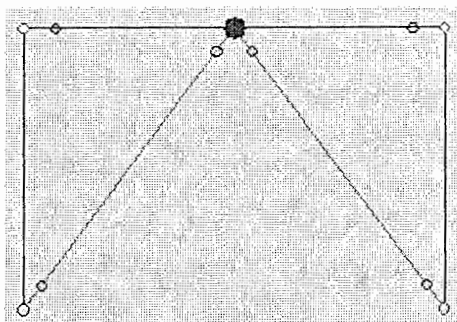


شکل (۳-۴۸)

۳-۵-۳۱- خروجی برنامه

پس از کلیک دکمه Ok پنجره Running بسته می شود و شکل مدل بهینه بصورت

گرافیکی نمایش داده می شود. شکل (۳-۴۹).




شکل (۳-۴۹)

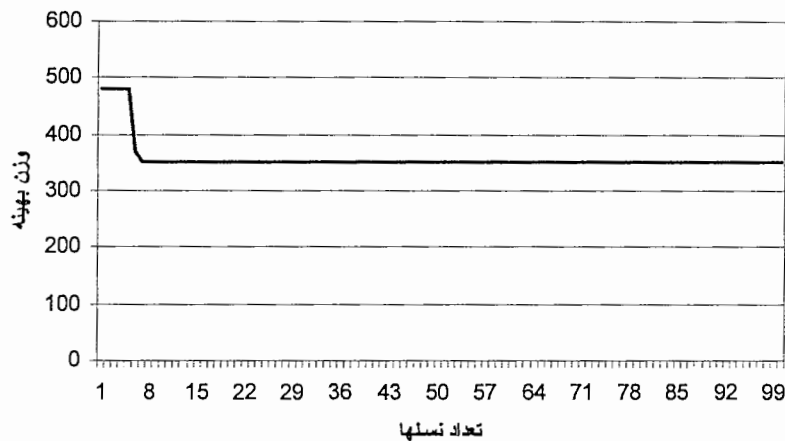
همچنین در جدول پنجره اصلی برنامه، وزن یا قیمت بهینه هر نسل نمایش داده می شود. شکل (۳-۵۰). در ستون Number Generation شماره هر نسل نشان داده می شود. در ستون Optimum Weight وزن یا قیمت بهترین طرح (کروموزوم) هر نسل نمایش داده می شود. همانطور که مشاهده می شود مقادیر این ستون با گذشت نسلها کاهش می یابد که نشان دهنده روند رو به بهینه شدن است. در ستون (Cg) ضریب نقض قیود بهترین طرح (کروموزوم) هر نسل نمایش داده می شود. اگر لیست مقاطع تیپها درست انتخاب شده باشند و همچنین ضریب تابع جریمه مقدار مناسبی داشته باشد مقادیر این ستون صفر خواهند شد. (البته ممکن است چند نسل اول مقدار غیر صفر داشته باشد که در نسلهای بعدی مقدار آن صفر خواهد شد).

(Output)

A	B	C
Number Generation	Optimum Weight (Cg)	
1	480.4586	0
2	480.4586	0
3	480.4586	0
4	480.4586	0
5	480.4586	0
6	370.4754	0
7	352.4754	0
8	352.4754	0
9	352.4754	0
10	352.4754	0
11	352.4754	0
12	352.4754	0
13	352.4754	0

شکل (۳-۵۰)

برای آنکه بتوانیم این نتایج را به صورت نمودار مشاهده کنیم کافی است روی دکمه Export to Excel  در جدول پنجره اصلی برنامه کلیک کنیم تا بتوانیم نتایج را در برنامه Excel ببینیم. (البته باید نرم افزار Excel روی کامپیوتر شما نصب باشد). حالا می توانیم از کلیه امکانات نرم افزار Excel استفاده کنیم. نمودار این مثال در شکل (۳-۵۱) نشان داده شده است.



شکل (۳-۵۱)

برای دیدن سایر خروجی های برنامه کافی است از منوی Output منوی For Generations روی زیر منوهای موجود کلیک کنیم و اطلاعات مربوط به آنها را در جدول پنجره اصلی برنامه مشاهده نمائیم. منوی Fitness شایستگی تمامی طرحها در همه نسلها را می دهد شکل (۳-۵۲). منوی Weight وزن یا قیمت تمامی طرحها در همه نسلها را می دهد شکل (۳-۵۳). و منوی Violation Coefficient (Cg) ضریب نقض قیود تمامی طرحها در همه نسلها را می دهد شکل (۳-۵۴). منوی Optimum Model نیز وزن یا قیمت بهینه هر نسل را می دهد که توضیح آن در ابتدای این بخش آمد.

Fitness	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9
Generation 1	5311.67	20052.39	15273.82	17684	16883.06	17640.57	20058.74	19886.52	1870
Generation 2	14106.3	14401.49	13942.59	16188.23	13919.03	14379.51	5756.65	13600.82	141
Generation 3	14198.35	15759.36	16777.19	13870.33	15648.8	15882.95	14897.21	15201.68	1488
Generation 4	8073.077	14135.41	14810.02	16173.53	13775.48	13522.3	15610.13	2459.083	1650
Generation 5	7995.905	6719.743	8233.22	9721.186	9051.156	9509.751	8544.592	8544.592	9983
Generation 6	7337.872	8146.331	9373.277	9399.768	9665.137	9983.261	8257.813	370.4754	8434
Generation 7	16860.58	18947.16	16039.51	17291.11	18475.96	17228.24	16965.73	17380.5	1843
Generation 8	17925.32	15856.23	16530.47	16424.26	16251.26	352.4754	16718.78	16424.26	1642
Generation 9	12033.23	11047.42	10873.87	10579.35	10011.32	9033.324	9269.429	8908.151	1208
Generation 10	15745.09	9994.816	15547.06	17195.28	17380.5	17001.8	17366.51	15981.19	1777
Generation 11	12860.1	13104.05	14153.54	10871.27	11211.88	14153.53	13148.34	10894.38	133
Generation 12	14680.21	14362.71	6814.422	15642.26	17756.74	17744.18	15051.2	16609.23	1523
Generation 13	17621.86	14844.68	16513.65	14287.53	17756.74	15985.56	17621.86	16541.09	7738
Generation 14	15156.46	14752.49	16504.37	13756.19	16504.37	16504.37	14752.49	14709.38	11

شکل (۳-۵۲)

Weight	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9
Generation 1	199.9	480.7586	469.2885	451.7	544	332.5	318.1521	342.6521	500.6
Generation 2	368.2364	341.0521	364	408.4764	332.5	365.4	232.5	505.7	368.2
Generation 3	332.5	438.6	480.4586	625.2	429.9	345.2754	309.4521	402.9364	309.9
Generation 4	175.7	567.9	392.4364	492.9885	505.4	380.3	345.2754	184.7	480.9
Generation 5	657.9	347.6	594.9	315.6521	354.2754	485.2685	404.7	404.7	480.9
Generation 6	451.7	509.9885	480.4586	485.2685	416.1764	370.4754	485.4885	208.9	4
Generation 7	513.7	352.4754	444.2	431.3586	501.9885	518.6885	469.0885	404.7	517.9
Generation 8	507.4586	609.5	556.6	431.3586	459.7	210.4	399.6764	431.3586	431.9
Generation 9	328.5754	345.5754	399.6764	431.3586	609.5	363.8	496.7	526.0885	507.9
Generation 10	363.8	151.8	561.7	477.4	404.7	441.8764	446.5586	496.7	4
Generation 11	477.4	422.4	301.7521	418.8	561.7	398.4764	484.9	554.2	335.9
Generation 12	561.7	554.2	143.1	380.2	407.1764	416.1764	371.3	390.9764	4
Generation 13	301.7521	355.1	404.7	410.1	407.1764	452.2	301.7521	408.8364	4
Generation 14	317.4521	477.4	367.4754	609.5	367.4754	367.4754	477.4	306.7	4

شکل (۳-۵۳)

(Co)	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9
Generation 1	75.97948	0.346791	10.56229	5.676698	6.016191	8.200896	1.015176	1.373677	2.99
Generation 2	6.799416	6.555554	7.339931	0.934268	8.200896	6.112267	47.26529	5.678887	6.79
Generation 3	8.200896	2.416068	0	4.417963	2.742376	2.981455	6.627774	4.102446	6.62
Generation 4	49.72139	4.017457	4.541798	0.645676	5.350101	8.104717	2.981455	77.64507	
Generation 5	2.751048	9.770934	2.749369	1.35238	2.987189	0.965775	3.742099	3.742099	
Generation 6	5.676698	3.328343	0	0.965775	0.654586	0	3.317143	46.78966	3.74
Generation 7	3.748001	0	6.339313	3.656269	0.640825	2.993513	3.975395	3.742099	0.6
Generation 8	0	3.227321	2.417726	3.656269	3.745518	84.933	3.288467	3.656269	3.65
Generation 9	0.688021	3.457635	3.288467	3.656269	3.227321	8.770599	5.680974	5.994482	
Generation 10	8.770599	60.29654	5.680743	3.40795	3.742099	4.200173	3.328922	5.680974	2.41
Generation 11	3.40795	3.40437	1.687365	8.773615	5.680743	1.035058	2.745343	6.344049	3.79
Generation 12	5.680743	6.344049	80.19048	6.339601	0.660307	0.654586	8.107405	3.664081	6.34
Generation 13	1.687365	9.104459	3.742099	9.107895	0.660307	4.411814	1.687365	3.382409	63.0
Generation 14	4.356338	3.40795	0	4.226111	0	0	3.40795	5.673727	2.74

شکل (۳-۵۴)

با داشتن این خروجی ها و امکانات برنامه Excel واضح است که به راحتی می توان بهینه

یابی توسط GA را بررسی کرد. (هم به لحاظ علمی و هم به لحاظ کاربردی)

۳-۵-۳- فایل خروجی برنامه

نتیجه نهایی برنامه در یک فایل Text در مسیری که قبلاً آن را مشخص کرده ایم ذخیره

می شود.

فایل خروجی مثال مذکور همانند شکل (۳-۵۵) می باشد.

Output for Input Data in File— Example					
***** The Optimum Model *****					
No of Generations :					100
No of Population Size :					50
Crossover Rate :					0.85
Mutation Rate For Sizing :					0.01
Mutation Rate For Topology :					0.01
Penalty Function constant :					1
<hr/>					
Minimum Weight = 352.4754 Kg					
<hr/>					
Structural violation Coefficient (Cg) = 0					
<hr/>					
<< Constant Elements, Brigades And Sections >>					
Element	Brigade	Section			
1	1	3			
2	2	3			
3	2	3			
4	1	3			
<hr/>					
<< Topology Elements Names, Brigades And Sections >>					
Bracing	Number	Names	Story	Brigade	Section
CBF 8	1	a	1	3	2

شکل (۳-۵۵)

سطر اول نام فایل ورودی برنامه را نشان می دهد.

قسمت The Optimum Model پارامتر های بهینه یابی را مشخص می کند.

قسمت بعد وزن یا قیمت طرح بهینه را می دهد. و همچنین مقدار (Cg)، ضریب نقض

قیود مربوط به این طرح را مشخص می سازد.

در قسمت << Constant Elements Brigades And Sections >> تیپ و شماره مقطع

برای المانهای ثابت مشخص می شود.

در این مثال برای المانهای ۱ و ۴، از تیپ ۱ مقطع شماره ۳ (شماره ردیف مقطع که در

هنگام ورود داده ها معرفی شد) IPE 16 و برای المانهای ۲ و ۳، از تیپ ۲ مقطع شماره ۳، CPE 22

انتخاب شده است.

در قسمت << Topology Elements Names, Brigades And Sections >> نوع و

مقطع بادبندهای مورد استفاده مشخص می شود.

برای این مثال بادبند همگرای هشت در دهانه a طبقه ۱ و مقطع آن از تیپ ۳ مقطع

شماره ۲، Q 10-0-E1 انتخاب شده است.

Number شماره بادبند در هنگام تعریف آن می باشد.

۳-۶- نکته قابل توجه در مورد زیر روال آنالیز برنامه

در سازه های قابی سه اثر خمشی، برشی و محوری مؤثر می باشند. اگر تغییر شکل ناشی

از لنگر خمشی یا نیروی برشی و یا نیروی محوری در تحلیل وارد گردد، در این صورت اثر خمشی

یا برشی و یا محوری در نظر گرفته می شود. در بیشتر سازه ها، اثرهای برش چندان مؤثر نیست و در پاره ای موارد در نظر گرفته نمی شود. به عبارت دیگر، اثر تغییر شکل های برشی، کمتر از دو اثر دیگر بوده و بیشتر اوقات از آن چشم پوشی می گردد. چنانچه هدف، وارد نمودن اثر برش در تحلیل باشد می توان درایه های ماتریس سختی عضو را با در نظر گرفتن تغییر شکل های برشی محاسبه نمود. اثر برش در درایه های خمشی وارد می شود و به دلیل وابستگی به اثرات خمشی، هیچگونه تغییری در درجات آزادی به وجود نمی آورد.

در زیر روال تحلیل برنامه Bracing Optimization اثر برشی لحاظ نشده است. همچنین در صلب کردن سقف از المانهایی با صلبیت بالا در صفحه سقف و صلبیت بسیار اندک در خارج این صفحه استفاده شده است. بنابراین نیروهایی که این برنامه بدست می آورد با نیروهایی که برنامه های تجاری همانند SAP یا Etabs بدست می آورند اندکی متفاوت است.

فصل

مثال های عددی

۴

چند مثال و کالیبره نمودن برنامه

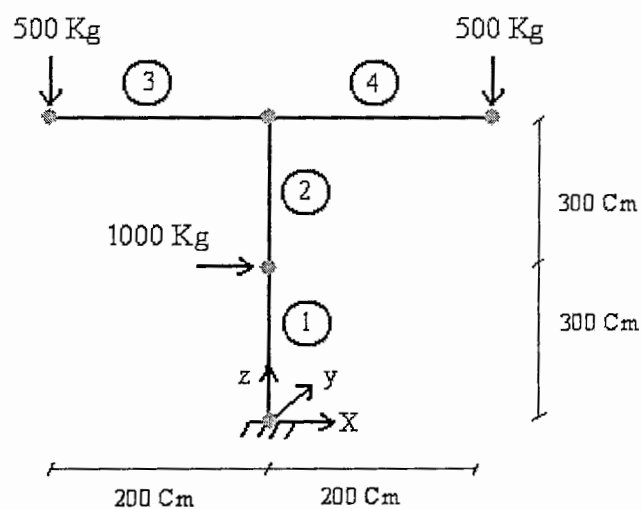
در ادامه به منظور بررسی صحت نتایج و کالیبره کردن برنامه Bracing Optimization و

بررسی روابط پیشنهادی به ذکر چند مثال می پردازیم.

۴-۱- مثال (۱)

در این مثال یک قاب معین جهت کنترل نتایج حاصله توسط GA مطابق شکل (۴-۱)

مطرح شده است:



شکل (۴-۱) سازه معین استاتیکی

با توجه به معین بودن سازه ها از نظر استاتیکی و مستقل بودن نیروهای داخلی و تغییر مکان های گرهی از مقاطع انتخابی و با توجه به اینکه در این مثال کنترل قید تغییر مکان وجود ندارد با داشتن نیرو های داخلی اعضاء و روابط طراحی می توان بطور مستقیم شماره اعضاء لازم را بدست آورد. اعضاء سازه از بین مقاطع ارائه شده در جدول (۴-۱) انتخاب می شوند.

ردیف	مقطع	A (Cm ²)	I (Cm ⁴)	S (Cm ³)	W (Kg/m)
1	IP14	16.4	541	77.3	12.9
2	IP16	20.1	869	108.6	15.8
3	IP18	23.9	1320	146.7	18.8
4	IP20	28.5	1940	194	22.4
5	IP22	33.4	2770	251.8	26.3
6	IP24	39.1	3890	324.2	30.7
7	IP27	45.9	5790	428.9	36.1
8	IP30	53.8	8360	557	42.3

جدول (۴-۱) جدول مقاطع IPE مورد استفاده جهت اعضا در سازه معین استاتیکی

با توجه به محاسبات موجود برای طراحی مقاطع فولادی، مقطع مورد استفاده در شکل (۴-۱) برای المان ۱ ، IPE18 ، برای المان ۲ ، IPE14 و برای المان های ۳ و ۴ ، IPE16 خواهد بود.

حال سازه فوق را با نرم افزار Bracing Optimization بهینه یابی می کنیم.

اطلاعات طراحی عبارتند از:

$$E = 2.1 \cdot 10^6 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\rho = 0.007888 \text{ Kg/Cm}^3$$

$$F_y = 2400 \text{ Kg/Cm}^2$$

قید محدودیت تغییر مکان جانبی سازه وجود ندارد.

در این مثال پارامترهای بهینه یابی را همانند شکل (۲-۴) در نظر می گیریم.

شکل (۲-۴)

در جدول (۲-۴) طرح پیشنهادی توسط نرم افزار و طرح بهینه ای که در ابتدا توسط کنترل مقاومت مقاطع تعیین گردید، ارائه و مقایسه شده است. مشاهده می شود نرم افزار Bracing Optimization دقیقاً همان مقاطع مورد انتظار را بدست آورده است. فایل خروجی برنامه در شکل (۳-۴) نشان داده شده است.

شماره المان	ترکیب ارائه شده توسط محاسبه دستی اعضای سازه	ترکیب ارائه شده توسط برنامه Bracing Optimization
1	IPE18	IPE18
2	IPE14	IPE14
3	IPE16	IPE16
4	IPE16	IPE16
وزن کلی سازه	158.2	158.2

جدول (۲-۴) طرح های بهینه برای سازه معین استاتیکی

Output for Input Data in File---- Example 1

The Optimum Model *****

No of Generations : 100
No of Population Size : 50
Crossover Rate : 0.85
Mutation Rate For Sizing : 0.01
Mutation Rate For Topology : 0.01
Penalty Function constant : 2.5

Minimum Weight = 158.2 Kg
Structural violation Coefficient (Cg) = 0

<< Constant Elements, Brigades And Sections >>

Element	Brigade	Section
1	1	3
2	1	1
3	1	2
4	1	2

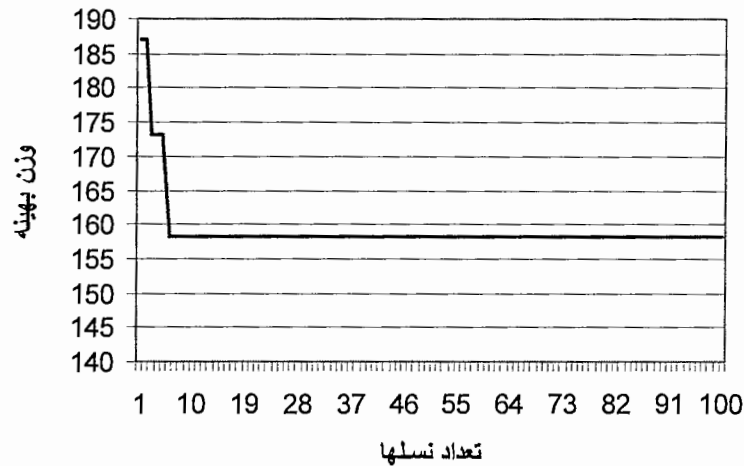
<< Topology Elements Names, Brigades And Sections >>

Bracing Number Names Story Brigade Section

شکل (۳-۴) فایل خروجی برنامه

شکل (۴-۴) نمودار تغییرات وزن سازه و تعداد نسل ها را نشان می دهد. در این شکل

روند کاهش وزن سازه با گذشت نسل ها مشاهده می شود.



شکل (۴-۴)

همانگونه که از نمودار مشخص است از نسل ۶ به بعد وزن سازه ثابت بوده و دیگر تغییری

حاصل نمی شود.

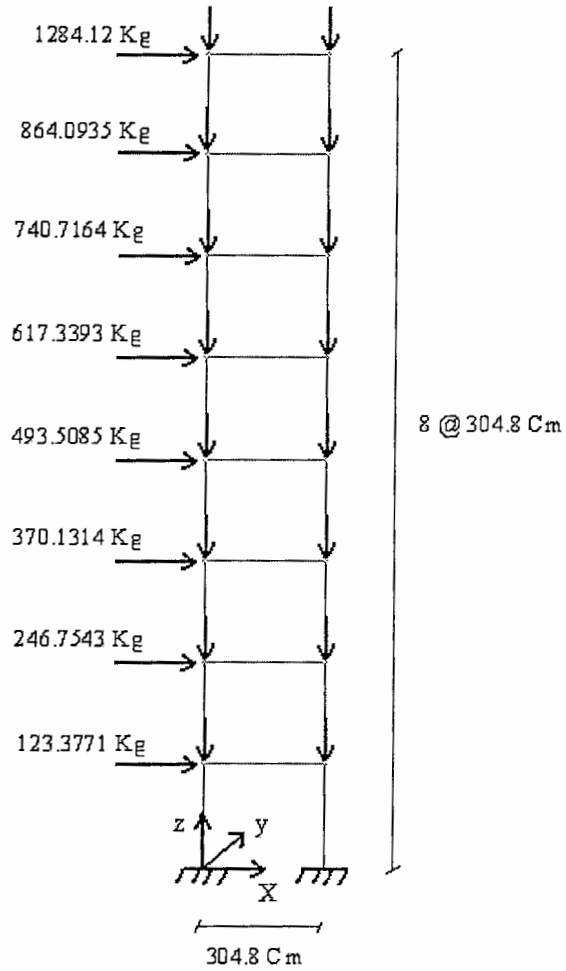
۴-۲- مثال (۲)

جهت کنترل نتایج حاصل توسط برنامه یک مثال از مرجع [۳] انتخاب شده است. در

شکل (۴-۵) شمای کلی و بارگذاری قاب یک دهانه هشت طبقه نشان داده شده است.

در شکل (۴-۶) نامگذاری و در شکل (۴-۷) گروه بندی اعضای سازه نمایش داده شده

است.



نیروهای در جهت y برابر 453.5924 Kg می باشند.

شکل (۴-۵)

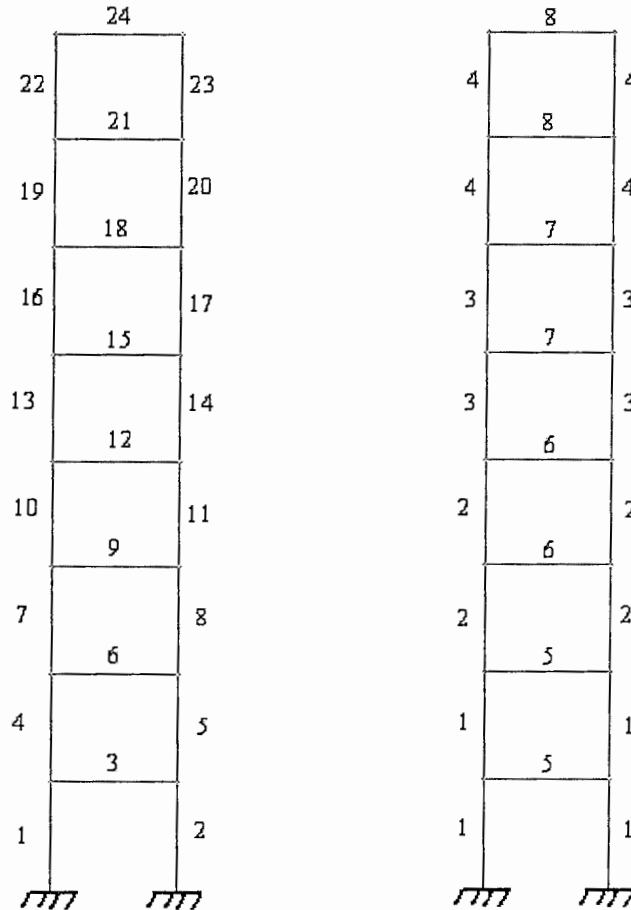
اطلاعات طراحی عبارتند از:

$$E = 2038902 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\rho = 7.833E-3 \text{ Kg/Cm}^3$$

$$F_y = 2400 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$U_{\max} = \pm 5.08 \text{ Cm}$$



شکل (۷-۴) شماره گذاری اعضا

شکل (۶-۴) گروه بندی اعضا

چنانچه متغیرهای طراحی منفصل طرح شوند، مقادیرشان بایستی از لیست پروفیل های

موجود انتخاب گردد. بدین منظور جدول (۳-۴) شامل ۳۲ مقطع استاندارد W که از لیست ۲۶۸

عضوی مقاطع فولادی W، انیستیتو طراحی سازه های فولادی آمریکا (AISC-ACD) اقتباس

شده است، پیشنهاد می گردد. همانگونه که مشاهده می شود، در مجموع ۳۲ مقطع منفصل در

جدول (۳-۴) موجود است. هر متغیر طراحی می تواند یکی از ۳۲ مقطع جدول را اتخاذ کند.

ردیف	مقطع	$A(Cm^2)$	$I(Cm^4)$	$S(Cm^3)$
1	W 6*16	30.5806	1336.1028	167.5238
2	W 6*20	37.9999	1727.3604	219.3752
3	W 8*18	33.9354	2576.4726	249.2283
4	W 8*28	53.1612	4079.068	398.4943
5	W 10*19	36.258	4008.3088	309.4263
6	W 10*26	49.0967	5993.7325	458.2014
7	W 10*30	57.0321	7075.9342	530.6287
8	W 10*33	62.645	7117.5574	575.9893
9	W 10*39	74.1934	8699.2368	690.5033
10	W 12*16	30.387	4287.1837	281.3113
11	W 12*35	66.4515	11863	747.2501
12	W 12*40	75.4837	12778	845.5174
13	W 12*45	84.516	14485	942.5947
14	W 12*50	94.1934	16275	1050.384
15	W 14*34	64.516	14152	795.9431
16	W 14*38	72.2579	16025	894.8964
17	W 14*43	81.2902	17815	1023.8925
18	W 14*53	100.645	22518	1275.5974
19	W 14*74	140.6449	33090	1834.8896
20	W 16*26	49.5483	12529	628.3448
21	W 16*31	58.9031	15609	772.9747
22	W 16*36	68.387	18647	923.4472
23	W 18*35	66.4515	21228	944.3392
24	W 18*40	76.1289	25473	1120.5456
25	W 18*46	87.0966	29636	1289.2364
26	W 21*50	94.8385	40957	1550.4684
27	W 21*68	129.032	61602	2298.8487
28	W 21*73	138.7094	66597	1473.519
29	W 21*111	210.9673	111134	4070.0894
30	W 24*55	105.1611	56607	1888.6785
31	W 24*68	129.6772	76170	2530.6604
32	W 24*76	144.5158	87409	2879.7351

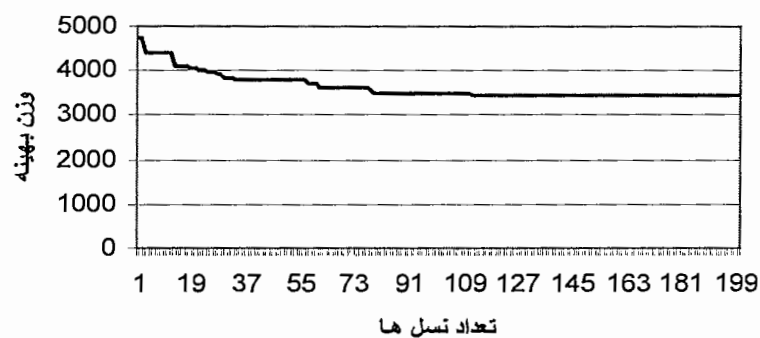
جدول (۴-۳)

در مرجع [۳] سه طرح بهینه برای سازه مذکور، که توسط روشهای مختلف بدست آمده است، ارائه گردیده است. در جدول (۴-۴) نتایج حاصل از بهینه یابی سازه توسط برنامه، با نتایج مقاله مذکور مقایسه شده است.

شماره گروه مقطع	روشهای پیشنهادی در مرجع [۳]			نتایج حاصل از برنامه
	روش ۱	روش ۲	روش ۳	
1	W 12*45	W 18*46	W 14*34	W 21*50
2	W 14*34	W 16*31	W 10*39	W 18*35
3	W 12*35	W 16*26	W 10*33	W 16*31
4	W 10*19	W 12*16	W 8*18	W 12*16
5	W 18*35	W 18*35	W 21*68	W 18*35
6	W 18*40	W 18*35	W 24*55	W 16*31
7	W 16*36	W 18*35	W 21*50	W 16*26
8	W 16*26	W 16*26	W 12*40	W 16*26
وزن کلی سازه (Kg)	3388.3	3347.5	4182.1	3464.8

جدول (۴-۴)

نمودار وزن بهینه در خلال نسل های مختلف در شکل (۸-۴) نمایش داده شده است. در شکل (۹-۴) فایل خروجی این مثال که توسط برنامه طراحی شده، نشان داده شده است.



شکل (۸-۴)

Output for Input Data in File— Example 2

***** The Optimum Model *****

No of Generations : 200
 No of Population Size : 50
 Crossover Rate : 0.85
 Mutation Rate For Sizing : 0.01
 Mutation Rate For Topology : 0.01
 Penalty Function constant : 2

 Minimum Weight = 3464.791 Kg

Structural violation Coefficient (Cg) = 0

 << Constant Elements, Brigades And Sections >>

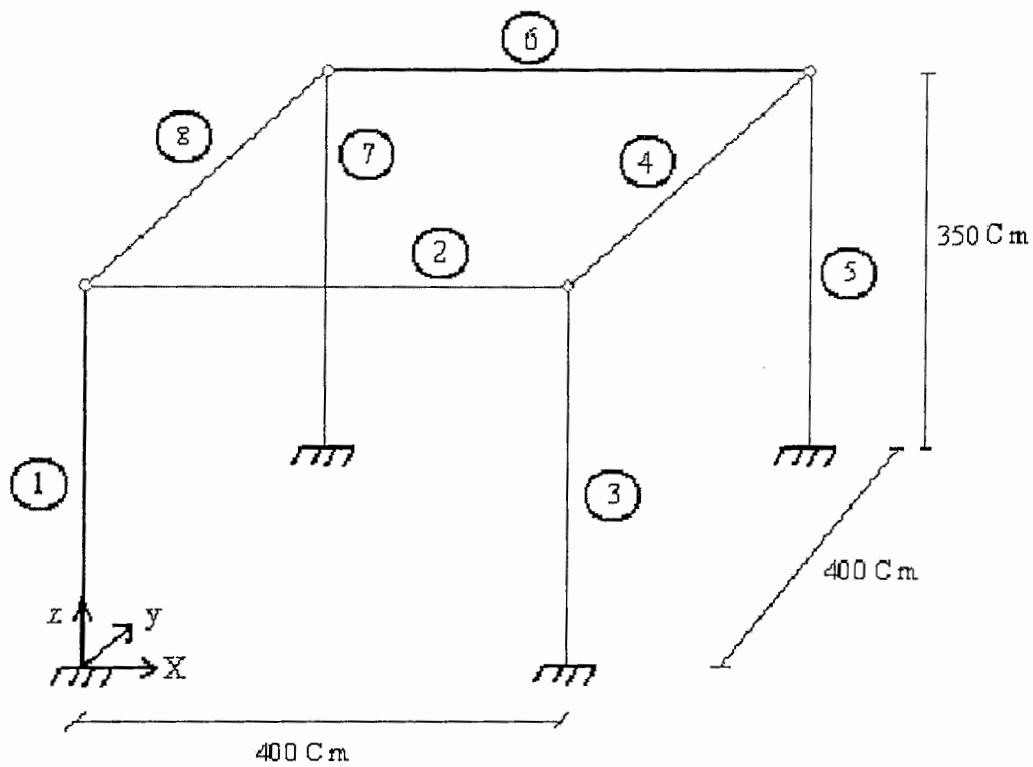
Element	Brigade	Section
1	1	26
2	1	26
3	1	23
4	1	26
5	1	26
6	1	23
7	1	23
8	1	23
9	1	21
10	1	23
11	1	23
12	1	21
13	1	21
14	1	21
15	1	20
16	1	21
17	1	21
18	1	20
19	1	10
20	1	10
21	1	20
22	1	10
23	1	10
24	1	20

 << Topology Elements Names, Brigades And Sections >>

Bracing	Number	Names	Story	Brigade	Section
---------	--------	-------	-------	---------	---------

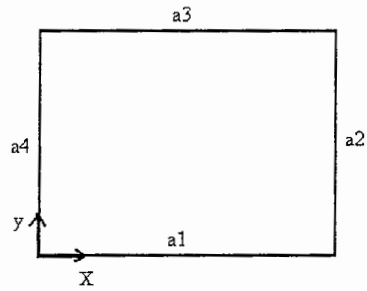
۴-۳- مثال ۳

در این مثال یک قاب یک دهانه سه طبقه بعدی مطابق شکل (۴-۱۰) در نظر گرفته شده است. این مثال با برنامه Bracing Optimization حل شده و جواب بهینه آن بدست آمده است.

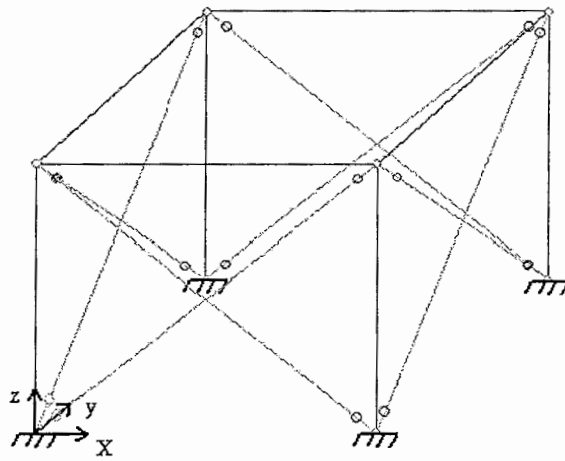


شکل (۴-۱۰) شماره گذاری اعضا

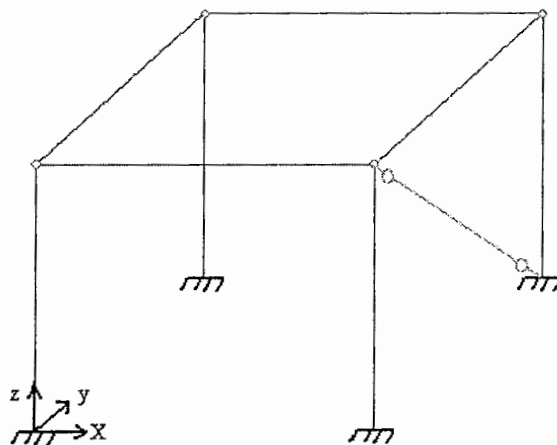
نامگذاری دهانه ها مطابق شکل (۴-۱۱) صورت گرفته است. تمامی دهانه ها قابلیت داشتن بادبند ضربدری و فقط دهانه a_2 قابلیت داشتن یک بادبند قطری را دارد شکل های (۴-۱۲) و (۴-۱۳).



شکل (۱۱-۴) نامگذاری دهانه ها در پلان



شکل (۱۲-۴) بادبند ضربدری



شکل (۱۳-۴) بادبند قطری

به منظور کنترل جواب برنامه، به روش دستی به کمک نرم افزار Etabs 2000 و استفاده از خاصیت Auto Selections (در این نرم افزار) برای بهینه یابی مقاطع، تمامی حالات ممکنه همانند جداول (۴-۵)، (۴-۶) و (۴-۷) بررسی شده است. در این جداول علامت × به معنای بادبند ضربدری، علامت \ | به معنای بادبند قطری، علامت — به معنای نداشتن بادبند و علامت √ به معنای پاسخگو بودن اعضای طرح مورد بررسی از تیپ مقاطع معرفی شده می باشد.

دهانه ها	1	2	3	4	5	6	7	8
بادبند در دهانه a_1	×	×	×	×	—	—	—	—
بادبند در دهانه a_2	—	×	×	×	×	×	×	—
بادبند در دهانه a_3	—	—	×	×	—	×	×	×
بادبند در دهانه a_4	—	—	—	×	—	—	×	—
پاسخ سازه	پاسخ نداد	پاسخ نداد	پاسخ نداد	√	پاسخ نداد	پاسخ نداد	√	پاسخ نداد

جدول (۴-۵)

دهانه ها	9	10	11	12	13	14	15	16
بادبند در دهانه a_1	—	—	—	×	×	×	×	—
بادبند در دهانه a_2	—	—	—	×	—	—	—	×
بادبند در دهانه a_3	×	—	—	—	×	×	—	—
بادبند در دهانه a_4	×	×	—	×	×	—	×	×
پاسخ سازه	پاسخ نداد	پاسخ نداد	پاسخ نداد	√	پاسخ نداد	پاسخ نداد	پاسخ نداد	√

جدول (۴-۶)

دهانه ها	17	18	19	20	21	22	23	24
بادبند در دهانه a_1	—	×	—	—	×	×	—	×
بادبند در دهانه a_2	\	\	\	\	\	\	\	\
بادبند در دهانه a_3	—	—	×	—	×	—	×	×
بادبند در دهانه a_4	—	—	—	×	—	×	×	×
پاسخ سازه	پاسخ نداد	پاسخ نداد	پاسخ نداد	✓	پاسخ نداد	✓	✓	✓

جدول (۴-۷)

اطلاعات طراحی عبارتند از:

$$E = 2038902 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$\rho = 7.833E-3 \text{ Kg/Cm}^3$$

$$F_y = 2400 \text{ Kg/Cm}^2$$

چون می خواهیم جواب ها را به صورت دستی کنترل نماییم باید مقداری ساده سازی در

برنامه انجام نماییم

۱- کنترل Uplift در برنامه را با دادن ضریب بالایی از Fa ستون متصل به شالوده (مثل

10) عملاً غیر فعال می کنیم.

۲- کنترل جابجایی نسبی طبقه را با دادن ضریب رفتار خیلی کوچک (مثل 0.1) عملاً

غیر فعال می کنیم.

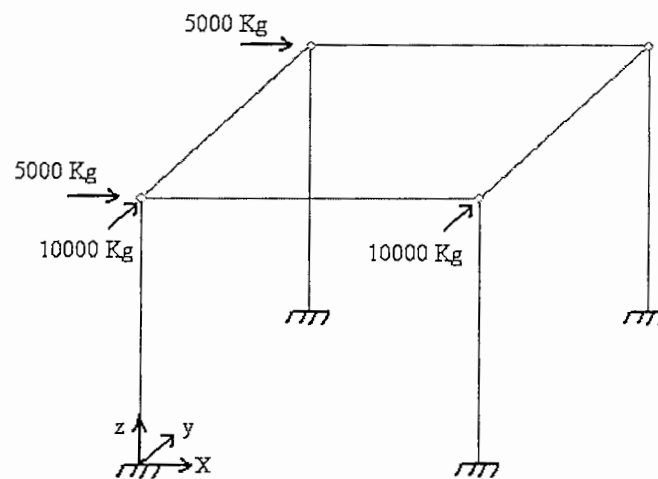
۳- چون سازه مورد بررسی یک طبقه است کنترل سختی طبقه نداریم.

بارگذاری مثال:

الف- بارگذاری المانها: به المانهای ۲، ۴، ۶ و ۸ بار گسترده یکنواختی معادل 5 Kg/Cm

به صورت ثقلی وارد می کنیم.

ب- بارگذاری گره ها: همانند شکل (۴-۱۴) می باشد.



شکل (۴-۱۴)

در این مثال سه تیپ مقطع برای اعضا لحاظ کرده ایم. تیپ ۱ برای اعضای تیر، تیپ ۲

برای اعضای ستون و تیپ ۳ برای اعضای بادبندی جداول (۴-۸)، (۴-۹) و (۴-۱۰).

تیپ ۱		
ردیف	نوع مقطع	W (Kg/m)
1	IPE 14	12.9
2	CPE 16	15.8
3	CPE 18	18.3
4	CPE 20	22.4
5	CPE 22	26.2
6	CPE 24	30.7

جدول (۸-۴) برای اعضای تیر

تیپ ۲		
ردیف	نوع مقطع	W (Kg/m)
1	2IP 14-10-E10	57.2
2	2IP 16-10-E10	63
3	2IP 16-12-E10	69.3
4	2IP 18-10-E10	76.9
5	2IP 18-12-E10	84.7
6	2IP 18-15-E10	96.5

جدول (۹-۴) برای اعضای ستون

تیپ ۳		
ردیف	نوع مقطع	W (Kg/m)
1	Q 8-0-E1	17.3
2	Q 10-0-E1	21.2
3	Q 12-0-E1	26.7
4	Q14-0-E1	32.1
5	Q16-0-E1	37.7
6	Q 18-0-E1	44

جدول (۱۰-۴) برای اعضای بادبند

تمامی حالات ممکنه در جداول (۴-۵) ، (۴-۶) و (۴-۷) توسط برنامه Etabs چک شده

در اینجا تنها حالاتی را که پاسخ داده اند، در جداول (۴-۱۱) الی (۴-۱۸) آورده شده اند.

نوع المانها	نوع مقطع	W_i (Kg/m)	L_i (m)	$W_i * L_i$
1	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
2	CPE 16	15.8	4	63.2
3	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
4	CPE 18	18.3	4	73.2
5	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
6	CPE 16	15.8	4	63.2
7	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
8	CPE 18	18.3	4	73.2
$\times a_1$ بادبند دهانه	Q8-0-E1	17.3	10.64	184.072
$\times a_2$ بادبند دهانه	Q10-0-E1	21.2	10.64	225.568
$\times a_3$ بادبند دهانه	Q8-0-E1	17.3	10.64	184.072
$\times a_4$ بادبند دهانه	Q10-0-E1	21.2	10.64	225.568
جمع کل				1892.88

جدول (۴-۱۱) حالت ۴

نوع المانها	نوع مقطع	W_i (Kg/m)	L_i (m)	$W_i * L_i$
1	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
2	CPE 22	26.2	4	104.8
3	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
4	CPE 20	22.4	4	89.6
5	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
6	CPE 16	15.8	4	63.2
7	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
8	CPE 22	26.2	4	104.8
بادبند دهانه a_1	—	—	—	—
$\times a_2$ بادبند دهانه	Q10-0-E1	21.2	10.64	225.568
$\times a_3$ بادبند دهانه	Q8-0-E1	17.3	10.64	184.072
$\times a_4$ بادبند دهانه	Q10-0-E1	21.2	10.64	225.568
جمع کل				1798.408

جدول (۴-۱۲) حالت ۷

نوع المانها	نوع مقطع	W_i (Kg/m)	L_i (m)	$W_i * L_i$
1	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
2	CPE 18	18.3	4	73.2
3	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
4	CPE 20	22.4	4	89.2
5	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
6	CPE 22	26.2	4	104.8
7	2IP16-10-E10	63	3.5	220.5
8	CPE 22	26.2	4	104.8
$\times a_1$ بادبند دهانه	Q8-0-E1	17.3	10.64	184.072
$\times a_2$ بادبند دهانه	Q10-0-E1	21.2	10.64	225.568
a_3 بادبند دهانه	—	—	—	—
$\times a_4$ بادبند دهانه	Q10-0-E1	21.2	10.64	225.568
جمع کل				1828.71

جدول (۴-۱۳) حالت ۱۲

نوع المانها	نوع مقطع	W_i (Kg/m)	L_i (m)	$W_i * L_i$
1	2IP16-10-E10	63	3.5	220.5
2	CPE 22	26.2	4	104.8
3	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
4	CPE 18	18.3	4	73.2
5	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
6	CPE 22	26.2	4	104.8
7	1IP18-10-E10	76.9	3.5	269.15
8	CPE 18	18.3	4	73.2
a_1 بادبند دهانه	—	—	—	—
$\times a_2$ بادبند دهانه	Q10-0-E1	21.2	10.64	225.568
a_3 بادبند دهانه	—	—	—	—
$\times a_4$ بادبند دهانه	Q10-0-E1	21.2	10.64	225.568
جمع کل				1697.186

جدول (۴-۱۴) حالت ۱۶

نوع المانها	نوع مقطع	W_i (Kg/m)	L_i (m)	$W_i * L_i$
1	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
2	CPE 22	26.2	4	104.8
3	2IP16-10-E10	63	3.5	220.5
4	CPE 16	15.8	4	63.2
5	2IP18-10-E10	76.9	3.5	269.15
6	CPE 24	30.7	4	122.8
7	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
8	CPE 18	18.3	4	73.2
a_1 بادبند دهانه	—	—	—	—
a_2 \ بادبند دهانه	Q10-0-E1	21.2	5.32	112.784
a_3 بادبند دهانه	—	—	—	—
a_4 × بادبند دهانه	Q10-0-E1	21.2	10.64	225.568
جمع کل				1592.402

جدول (۴-۱۵) حالت ۲۰

نوع المانها	نوع مقطع	W_i (Kg/m)	L_i (m)	$W_i * L_i$
1	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
2	CPE 16	15.8	4	63.2
3	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
4	CPE 16	15.8	4	63.2
5	2IP16-10-E10	63	3.5	220.5
6	CPE 22	26.2	4	104.8
7	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
8	CPE 20	22.4	4	89.6
بادبند دهانه a_1 ×	Q8-0-E1	17.3	10.64	184.072
بادبند دهانه a_2 \	Q10-0-E1	21.2	5.32	112.784
بادبند دهانه a_3	—	—	—	—
بادبند دهانه a_4 ×	Q10-0-E1	21.2	10.64	225.568
جمع کل				1664.324

جدول (۴-۱۶) حالت ۲۲

نوع المانها	نوع مقطع	W_i (Kg/m)	L_i (m)	$W_i * L_i$
1	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
2	CPE 22	26.2	4	104.8
3	2IP16-10-E10	63	3.5	220.5
4	CPE 16	15.8	4	63.2
5	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
6	CPE 16	15.8	4	63.2
7	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
8	CPE 20	22.4	4	89.6
بادبند دهانه a_1	—	—	—	—
بادبند دهانه a_2	Q10-0-E1	21.2	5.32	112.784
× بادبند دهانه a_3	Q8-0-E1	17.3	10.64	184.072
× بادبند دهانه a_4	Q10-0-E1	21.2	10.64	255.568
جمع کل				1664.324

جدول (۴-۱۷) حالت ۲۳

نوع المانها	نوع مقطع	W_i (Kg/m)	L_i (m)	$W_i * L_i$
1	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
2	CPE 16	15.8	4	63.2
3	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
4	CPE 16	15.8	4	63.2
5	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
6	CPE 16	15.8	4	63.2
7	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
8	CPE 18	18.3	4	73.2
$\times a_1$ بادبند دهانه	Q8-0-E1	17.3	10.64	184.072
$\backslash a_2$ بادبند دهانه	Q10-0-E1	21.2	5.32	112.784
$\times a_3$ بادبند دهانه	Q8-0-E1	17.3	10.64	184.072
$\times a_4$ بادبند دهانه	Q10-0-E1	21.2	10.64	225.568
جمع کل				1770.096

جدول (۴-۱۸) حالت ۲۴

فایل خروجی این مثال در شکل (۴-۱۵) آورده شده است و نمودار وزن بهینه در خلال

نسل ها در شکل (۴-۱۶) نشان داده شده است.

```

Output for Input Data in File----- Example 3

***** The Optimum Model *****

No of Generations :      600
No of Population Size :   50
Crossover Rate :         0.85
Mutation Rate For Sizing : 0.01
Mutation Rate For Topology : 0.01
Penalty Function constant : 1

-----
Minimum Weight = 1516.081 Kg

Structural violation Coefficient (Cg) = 0

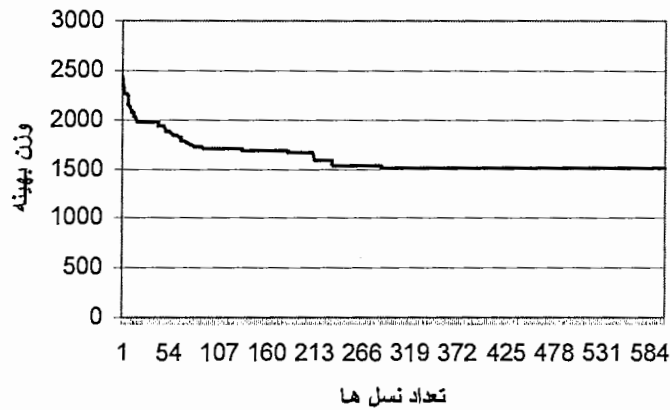
-----
<< Constant Elements, Brigades And Sections >>

Element  Brigade  Section
  1         2         1
  2         1         6
  3         2         1
  4         1         2
  5         2         1
  6         1         6
  7         2         2
  8         1         4

-----
<< Topology Elements Names, Brigades And Sections >>

Bracing  Number  Names  Story  Brigade  Section
CBF x    4        a4     1      3        1
CBF D    1        a2     1      3        2
    
```

شکل (۴-۱۵)



شکل (۴-۱۶)

همانطور که مشاهده می شود وزن بهینه حاصل از حالات دستی 1592.4 Kg در جدول

(۴-۱۵) حالت ۲۰ و وزن بهینه حاصل از برنامه 1516.081 Kg در جدول (۴-۱۹) می باشد.

مقاطع بهینه حاصل از برنامه با مقاطع حاصل از حالات دستی یکسان نیست ولی آرایش

بادبندها یکی است. همچنین مشاهده می شود که وزن بهینه برنامه کمتر از وزن بهینه حالات

دستی است.

علت این امر را می توان ضعف خاصیت Auto Selections برنامه Etabs دانست زیرا در

این خاصیت بهینه کردن مقاطع شمارشی است.

لازم به ذکر است که طرح بهینه برنامه برای این مثال با کمک نرم افزار Etabs چک شده

و کاملاً پاسخگو بوده است.

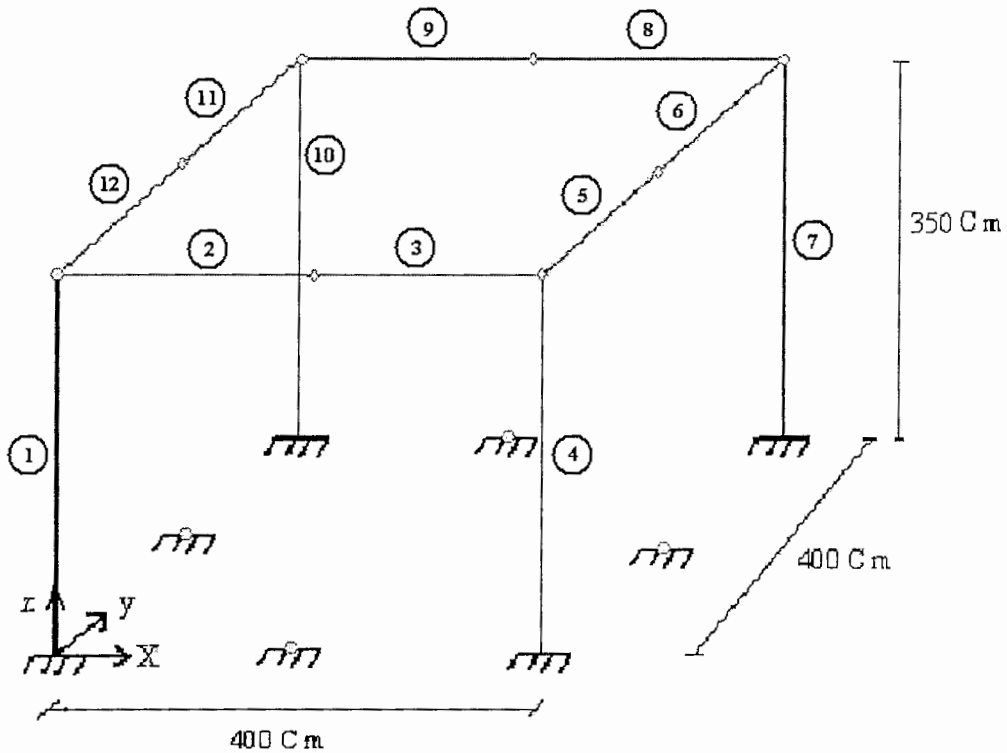
نوع المانها	نوع مقطع	W_i (Kg/m)	L_i (m)	$W_i * L_i$
1	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
2	CPE 24	30.7	4	122.8
3	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
4	CPE 16	15.8	4	63.2
5	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
6	CPE 24	30.7	4	122.8
7	2IP16-10-E10	63	3.5	220.5
8	CPE 20	22.4	4	89.6
بادبند دهانه a_1	—	—	—	—
بادبند دهانه a_2	Q10-0-E1	21.2	5.32	112.784
بادبند دهانه a_3	—	—	—	—
بادبند دهانه a_4	Q8-0-E1	17.3	10.64	184.072
جمع کل				1516.081

جدول (۴-۱۹) طرح بهینه حاصل از برنامه

۴-۴- مثال (۴)

در این مثال، مثال ۳ برای کلیه پتانسیل های بادبندی همگرا در تمامی دهانه ها توسط برنامه اجرا شده و فقط به نتیجه نهایی اشاره شده است. در ضمن نتیجه نهایی توسط نرم افزار Etabs چک شده و پاسخگو بوده است.

شکل (۴-۱۷) نامگذاری المانها را نشان می دهد.



شکل (۴-۱۷) نام گذاری المانها

فایل خروجی این مثال در شکل (۴-۱۸) آورده شده است و نمودار وزن بهینه در خلال

نسل ها در شکل (۴-۱۹) نشان داده شده است.

Output for Input Data in File----- Example 4

***** The Optimum Model *****

No of Generations : 600
 No of Population Size : 50
 Crossover Rate : 0.85
 Mutation Rate For Sizing : 0.01
 Mutation Rate For Topology : 0.01
 Penalty Function constant : 1

 Minimum Weight = 1418.459 Kg

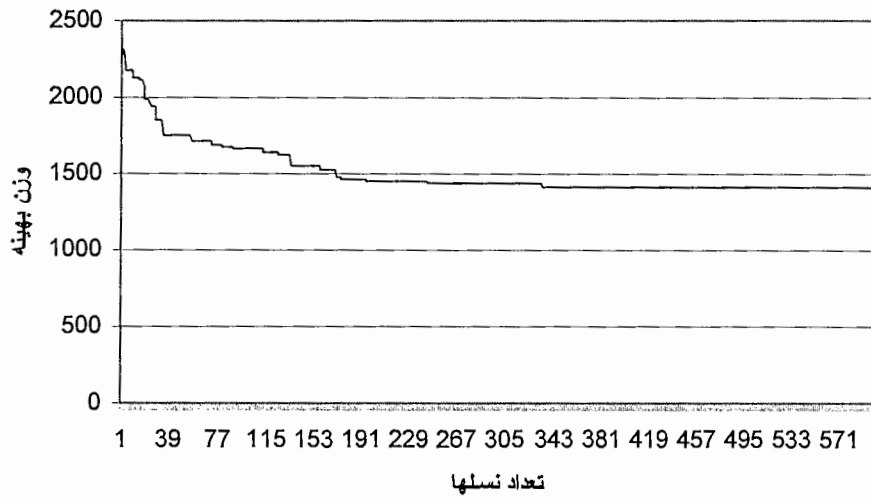
Structural violation Coefficient (Cg) = 0

 << Constant Elements, Brigades And Sections >>

Element	Brigade	Section
1	2	1
2	1	6
3	1	6
4	2	1
5	1	2
6	1	2
7	2	2
8	1	6
9	1	6
10	2	1
11	1	2
12	1	2

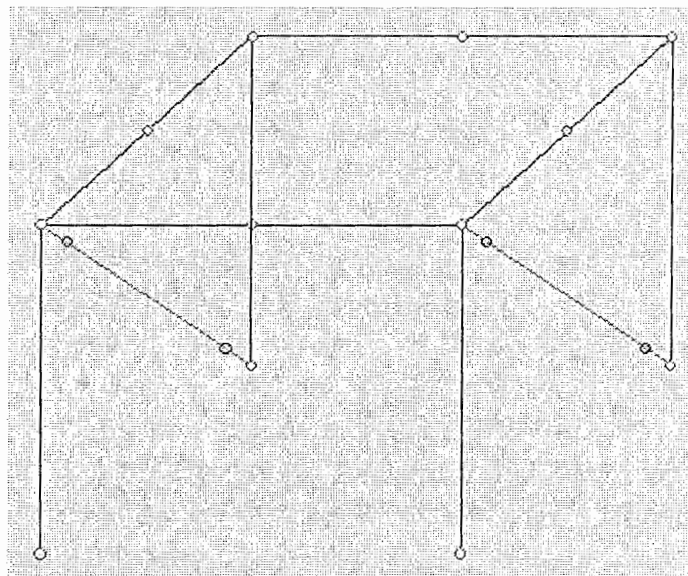
 << Topology Elements Names, Brigades And Sections >>

Bracing	Number	Names	Story	Brigade	Section
CBF D	4	a2	1	3	2
CBF D	8	a4	1	3	2



شکل (۴-۱۹)

در شکل (۴-۲۰)، شکل بهینه مدل نشان داده شده است.



شکل (۴-۲۰)

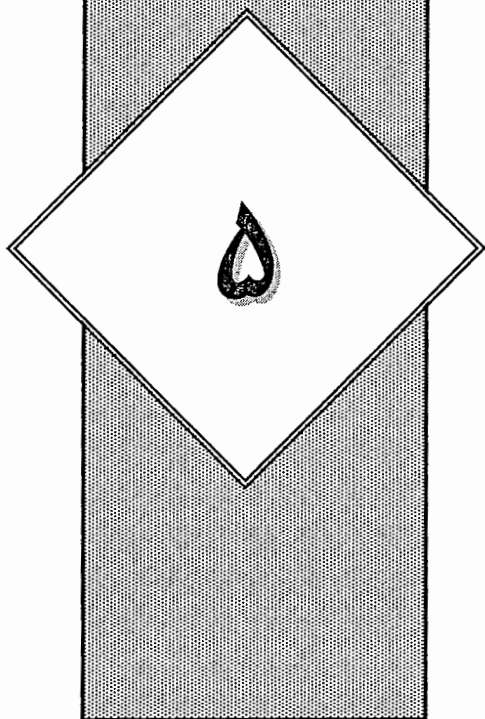
همچنین طرح بهینه حاصل از برنامه در جدول (۴-۲۰) نشان داده شده است.

نوع المانها	نوع مقطع	W_i (Kg/m)	L_i (m)	$W_i * L_i$
1	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
2	CPE 24	30.7	2	61.4
3	CPE 24	30.7	2	61.4
4	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
5	CPE 16	15.8	2	31.6
6	CPE 16	15.8	2	31.6
7	2IP16-10-E10	63	3.5	220.5
8	CPE 24	30.7	2	61.4
9	CPE 24	30.7	2	61.4
10	2IP14-10-E10	57.2	3.5	200.2
11	CPE 16	15.8	2	31.6
12	CPE 16	15.8	2	31.6
a_1 بادبند دهانه	—	—	—	—
a_2 \ بادبند دهانه	Q 10-0-E1	21.2	5.315	112.678
a_3 بادبند دهانه	—	—	—	—
a_4 \ بادبند دهانه	Q 10-0-E1	21.2	5.315	112.678
جمع کل				1418.459

جدول (۴-۲۰) طرح بهینه حاصل از برنامه

فصل

نتایج و پیشنهادات



۵-۱- مقدمه

هدف از نگارش این فصل، بیان خلاصه ای از نتایج و دستاوردهای حاصل در طول انجام این پایان نامه می باشد. همچنین بر آنیم تا پیشنهاداتی را در جهت انجام و ادامه این پژوهش مطرح سازیم. همانگونه که قبلاً نیز بیان شد، هدف اصلی از انجام این پایان نامه، استفاده از روش الگوریتم ژنتیک برای بهینه یابی آرایش و موقعیت بادبندها و مقاطع بادبندها، تیرها و ستون ها می باشد. تلاش صورت گرفته در این زمینه منجر به ارائه برنامه کامپیوتری به نام Bracing Optimization گردید که بر اساس آن نتایج و پیشنهادات ذیل ارائه می شود.

۵-۲- نتایج

نتایج بدست آمده به شرح زیر می باشد:

- ۱- اکثر تحقیقات و پژوهش های صورت گرفته در زمینه بهینه سازی موقعیت بادبندها، فقط منجر به توصیه هایی در حالات خاص شده است. ولی با توجه به اینکه ما در اکثر

موارد محدود به قيود معماری هستیم، لذا اغلب، این شرایط خاص به هم زده می شود و عملاً توصیه ها و تحقیقات صورت گرفته را غیر کاربردی می سازد به جرأت می توان گفت که برنامه Bracing Optimization این مشکل را حل کرده است و می توان در هر شرایطی طرح نزدیک به بهینه واقعی را به لحاظ موقعیت و آرایش بادبندها و همچنین سطح مقطع اعضا بدست آورد.

۲- روش های آزمون و خطا نظیر آنچه نرم افزار Etabs انجام می دهد منجر به بهینه عمومی نمی شود و روشهایی نظیر GA می تواند از بین ترکیبات بیشمار، طرح نزدیک به بهینه را بدست آورد.

۳- نتایج ارائه شده در فصل مثال های عددی نشانگر عملکرد خوب شیوه رمزبندی اعداد صحیح می باشد. سرعت بالای عملکرد الگوریتم ژنتیک با این شیوه، آن را از سایر روشها متمایز می سازد. قابل فهم بودن، تعداد کاراکترها (ژن ها) یا طول کمتر کروموزوم از دیگر نکات برجسته آن محسوب می گردد.

۴- بهینه یابی قابهای فولادی براساس تابع هدف وزن یکی از روش های مورد استفاده است. ولی در این روش نقایصی وجود دارد که براساس آن تفکیک مناسبی از پروفیل ها به لحاظ قوی تر بودن مقطع به دست نمی دهد. برای رفع این نقیصه، در این پایان نامه، از تابع هدف هزینه علاوه بر تابع هدف وزن استفاده شده است. به عنوان مثال مقاطع Q12-8-E2 و Q12-8-E5 در جدول اشتایل دارای وزن در واحد طول یکسان 41.8 Kg/m هستند در حالی که مشخصات هندسی آنها کاملاً متفاوت است.

۵- از آنجا که برخی از موارد آئین نامه ای از جمله ضوابط طرح لرزه ای در این برنامه لحاظ نشده است لذا طرح بهینه برنامه مستقیماً قابل اجرا نمی باشد ولی از این طرح به عنوان یک طرح اولیه بسیار مناسب می توان استفاده نمود. (البته، معمولاً در برنامه های بهینه سازی نمی توان خیلی زمان محاسبات را زیاد کرد چون برنامه عملاً غیر اقتصادی می شود.)

۵-۳- پیشنهادات

۱- استفاده از یک روش تحلیل و طراحی قوی تر در برنامه به گونه ای که نتایج برنامه به صورت مستقیم قابل اجرا باشند. (البته باید زمان محاسبات را در نظر داشت.)
بدین منظور می توان از قابلیت لینک نمودن برنامه با نرم افزار Etabs 2000 بهره جست. با توجه به اینکه برنامه Etabs 2000 توانایی خروجی داده ها به برنامه Access را دارا می باشد، لذا این خواسته کار دشواری نمی باشد. اما مرحله ای که کمی زمان بر است انتقال خروجی این برنامه به برنامه Etabs 2000 است. برای حل این مشکل می توان از API Function های ویندوز در VB استفاده کرد.

۲- در سازه های عملی با ابعاد واقعی بطور معمول به دلیل افزایش ابعاد سازه ها و همچنین متغیرهای طراحی زمان اجرای برنامه های رایانه ای افزایش می یابد. به همین دلیل پیشنهاد می شود از شیوه هایی چون پردازش موازی و... استفاده شود.

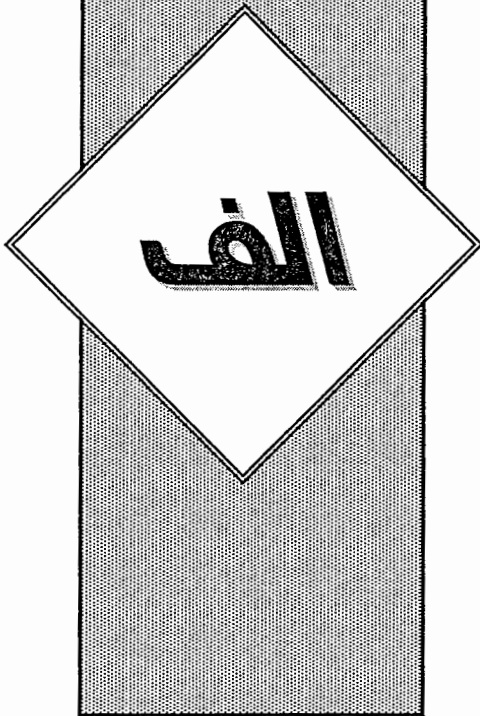
۳- استفاده از روشهای توسعه یافته GA به منظور بهبود نتایج طرح بهینه.

فهرست مراجع

- [1]-Hassani,B. and Hinton,E. 1999. "**Homogenization and Structural Topology Optimization**".
- [2]-Goldberg,D.E. 1989. "**Genetic Algorithm in Search Optimization and Machine Learning**". Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.
- [3]-Rajeev,S. and Krishnamoorthy,C.S. 1992. "**Discrete Optimization of Structures Using Genetic Algorithms**". ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol. 118, No. 5, p.p. 1233-1250.
- [4]-Adeli,H. and Cheng,N.T. 1993. "**Integrated Genetic Algorithm For Optimization of Space Structures**". Journal of Aerospace Engineering, Vol. 6, No. 4, p.p. 315-328.
- [5]-Hajela,P. and Lee,E. 1995. "**Genetic Algorithms in Truss Topological Optimization**". International Journal of Solids Structures, Vol. 32, No. 22, p.p. 3341-3357.
- [6]-Ohsaki,M. 1995. "**Genetic Algorithm for Topology Optimization of Trusses**". Computer & Structures, Vol. 57, No. 2, p.p. 219-225.
- [7]-Camp, Charls, Pezashk, Shahram, Cao and Guozhong. 1998. "**Optimized Design of Two Dimensional Structures Using a Genetic Algorithm**". ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol. 124, No. 5, p.p. 551-559.
- [8]-Gen,M. and Cheng,R. 2000. "**Genetic algorithm and engineering design**". John Wiley and Sons.
- [9]-Mijar,A.R. Swan,C.C. Arora,J.S. and Kosak,I. 1998. "**Continuum Topology Optimization for Concept Design Of Frame Bracing Systems**". ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol. 124, No. 5,
- [10]-Liang,Q.Q. Xie,Y.M. and Grant,P. 2000. "**Optimal Topology Design of Bracing for Multistory Steel Frames**". ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol. 126, No. 7, P.P. 823-829.
- [11]-Kameshki,E.S. and Saka,M.P. 2001. "**Genetic Algorithm Based Optimum Bracing Design of Tall Plane Frames**". Journal of Construction steel, P.P. 1081-1097.

- [۱۲]- شعبانزاده ، حمید. ۱۳۸۲. " بهینه یابی موقعیت بادبندها در قابهای فولادی دو بعدی با استفاده از تئوری گرافها ". ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- [۱۳]- نوبهاری ، مهدی. ۱۳۸۳. " مکانیابی بهینه بادبندها در سازه های فلزی سه بعدی با روش الگوریتم ژنتیک ". اولین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.
- [۱۴]- صفری ، داود. ۱۳۸۵. " کاربرد الگوریتم ژنتیک در مکان یابی بهینه مهاربندهای ضربدری در قابهای فلزی دو بعدی ". هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس.
- [۱۵]- کلات جاری ، و. ۱۳۸۰. " بهینه یابی خرپاها با استفاده از الگوریتم ژنتیک و روش جبری نیروها ". رساله دکتری، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- [۱۶]- چاندروپاتلا ، تی ، آر و بلگوندو ، ای ، دی. ۱۳۸۰. " مقدمه ای بر المانهای محدود در مهندسی ". چاپ اول، ناشر دانشگاه محقق اردبیلی.
- [۱۷]- کاردستونسر ، ه. ۱۳۶۶. " تحلیل ماتریسی سازه ها ". چاپ دوم، ناشر و مترجم (دکتر علی کاوه).
- [۱۸]- دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان. ۱۳۸۴. " مقررات ملی ساختمان ایران- مبحث دهم: طرح و اجرای ساختمانهای فولادی ".
- [۱۹]- دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان. ۱۳۸۴. " مقررات ملی ساختمان ایران- مبحث ششم: بارهای وارد بر ساختمان ".
- [20]-Baeck,T. 1996. "Evolutionary Algorithms in theory and Practice". Oxford University Press, Oxford.
- [21]-Hajela,P. and Lin,C.Y. 1992. "Genetic Search Strategies in Multicriterion Optimal Design". Structural Optimization, Vol. 4, p.p. 99-107.
- [22]-Adeli,H. and Kumer,S. 1994. "Distributed Genetic Algorithm for Structural Optimization". Journal of Aerospace Engineering, Vol. 7, No. 1, p.p. 104-118.
- [۲۳]- جعفرنژاد قمی و عباس نژاد . ۱۳۸۴. " آموزش گام به گام ویژوال بیسیک ". چاپ هشتم، انتشارات علوم رایانه، صفحه ۱۱.
- [۲۴]- گرگ پری . ۱۳۸۴. " آموزش گام به گام ویژوال بیسیک ۶ مقدماتی و پیشرفته ". چاپ چهارم، انتشارات مرکز فرهنگی نشر گستر، صفحه ۴۳۴.
- [۲۵]- کریمخانی . ۱۳۸۲. " بانک اطلاعاتی مقاطع مرکب فولادی و بتنی مطابق با استاندارد ایران ". انتشارات آذرباد.

لوسات



CD برنامج

Bracing Optimization

ABSTRACT

Optimization has attracted the attention of many researchers from mathematics, sciences and engineering disciplines, especially, in structural engineering. Among The Purposed methods for optimization of structures, genetic algorithm proved to be a powerful tool. This thesis is devoted to the braces topology optimization of two dimensional structures with the genetic algorithm method.

Changing the form and the place of braces causes the change in the stresses of the members, the structural frame weight and the stiffness of the stories and relative displacement of the stories. In addition, the correct placing of braces results in the reduction of the uplift forces in the columns joined to the foundations.

In the present research, the weight or the cost of the structural frame was chosen as the goal function. The stresses in the members, the stiffness of the stories and relative displacements of the stories, the uplift forces in the columns joined to the foundations are the constraints of optimum problem. To achieve this goal, a program is written in Visual Basic which is able to include the architecture constraints as well. The form and the place of the braces and the area sections of the members are the optimized parameters.

KEY WORDS:

Optimization, Genetic Algorithm, G.A., Form and Topology of Braces Optimum, 3D Steel Frame.



Shahrood University Of Technology
Faculty Of Civil Engineering
Structural Department

Title

**Optimization Of Sizing And Topology
Of Braces in 3D-Frame Structures**

by GA

Supervisor

Dr. V. Kalatjari

Student

H. Valizadeh