دانشگاه تبریز

دانشکده فنی مهندسی عمران

گروه سازه

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران - سازه

عنوان

طراحی بهینه خرپاهای فولادی با رویکرد الگوریتم‌های متا اکتشافی

اساتید راهنما

دکتر ناصر تقی‌زادیه

دکتر یوسف حسین‌زاده

استاد مشاور

دکتر کامبیز کوهستانی

پژوهشگر

فرشید غنی‌دل

شهریور ۱۳۹۳

نام خانوادگی دانشجو: غنی‌دل تکالو **نام**: فرشید

عنوان پایان‌نامه: طراحی بهینه خرپاهای فولادی با رویکرد الگوریتم‌های متا اکتشافی

اساتید راهنما: دکتر ناصر تقی‌زادیه و دکتر یوسف حسین‌زاده

استاد مشاور: دکتر کامبیز کوهستانی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته تحصیلی**: عمران **گرایش**: سازه **دانشگاه**: تبریز

دانشکده: فنی مهندسی عمران **تاریخ فارغ التحصیلی**: ۱۳۹۳/۶/۱۹ **تعداد صفحات**: ۸۷

کلید واژه‌ها: بهینه‌سازی سازه‌ها، بهینه‌سازی خرپاها، الگوریتم گروه شکار، خرپاهای فولادی

چکیده:

بهینه‌سازی سازه‌های فولادی با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی مانند الگوریتم‌های ژنتیک، ازدحام ذرات و کلونی مورچگان با رعایت قیدهایی مانند تغییرمکان بیشینه ، تنش بیشینه در اعضای سازه و سایر قیدهای آیین‌نامه‌ای انجام می‌شود. از شاخص‌های مهم کارایی و توانایی الگوریتم‌های بهینه-سازی سازه‌ها می‌توان به حداقل تعداد دفعات تحلیل سازه و تعیین وزن حداقل سازه با رعایت قیدهای از پیش تعیین شده اشاره کرد. تعداد دفعات تحلیل سازه از این جهت مهم است که بر روی هزینه محاسبات و زمان رسیدن به جواب تاثیر زیادی دارد. هدف این پایان‌نامه، استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی گروه شکار و بهبود این الگوریتم برای بهینه‌سازی سازه‌ها، با حداقل کردن وزن سازه و تعداد دفعات تحلیل سازه نسبت به الگوریتم‌های موجود است.روش کار نیز بدین صورت است که الگوریتم گروه شکار در نرم افزار متلب کد نویسی می شود و سپس توسط کدهای تحلیل سازه که در متلب کد نویسی شده است نیروها و تنش های موجود را بدست آورده و طی یک روند تکراری پروسه بهینه سازی را انجام می دهد . پس از آنکه این روند تکراری به پایان رسید و نقطه ی بهینه پیدا شد (وزن حداقل) که توسط سطح مقطع های حداقل که به عنوان متغیرهای طراحی هستند و باعث حداقل شدن وزن سازه می گردند نتایج حاصل در جدولی که در فصل ۳ این تحقیق تدوین شده است با نتایج کارهای گذشته و سایر الگوریتم ها مقایسه می شود . در این تحقیق ۴ نوع خرپای فولادی ۱۰ عضوی ، ۲۵ عضوی ، ۷۲ عضوی و ۱۲۰ عضوی مورد مطالعه قرار گرفته اند که مطابق جداول موجود در فصل ۳ مشاهده شد این الگوریتم در مقایسه با سایر الگوریتم ها کارایی بهتری دارد که یک نمونه بارز آن می توان به سازه فضاکار گنبدی ۱۲۰عضوی اشاره کرد که وزن بدست آمده توسط این الگوریتم به مراتب از الگوریتم های دیگر کمتر است که این خود کارا بودن الگوریتم گروه شکار را نتیجه می دهد .

فهرست مطالب

فصل اول: مبانی بهینه سازی و پیشینه تحقیق ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- روش تحقیق ۲

۱-۳- اهداف تحقیق ۴

۱-۴- تعریف بهینه‌سازی ۴

۱-۵- فرآیند کلی بهینه‌سازی ۶

۱-۶- کنترل صحت برنامه ۶

۱-۷- حدود تحقیق ۷

۱-۸- مروری بر مطالعات پیشین و تاریخچه بهینه‌سازی ۷

۱-۹- طراحی بهینه ۱۳

۱-۱۰- روش‌های بهینه‌سازی ۱۴

۱-۱۱- ایده‌های اساسی ۱۷

۱-۱۲- بهینه‌سازی مدرن ۱۸

۱-۱۳- تحققیات انجام گرفته در مورد انواع بهینه‌سازی سازه‌ها ۲۴

۱-۱۳-۱- بهینه‌سازی ابعاد اعضای سازه ۲۵

۱-۱۳-۲- بهینه‌سازی شکل ۲۷

۱-۱۳-۳- بهینه‌سازی توپولوژی ۲۸

۱-۱۴- خلاصه فصل اول ۲۹

فصل دوم: الگوریتم گروه شکارو تغییراتپیشنهادی برای بهبود الگوریتمHunt ۳۰

۲-۱- مقدمه ۳۰

۲-۲ - تغییرات اعمال شده به الگوریتم گروه شکار برای بهینه‌سازی سازه‌ها ۴۰

۲-۳ – نتیجه گیری الگوریتم Hunt ۴۱

۲-۴- فرمول‌بندی مسئله بهینه‌سازی ۴۲

۲-۴-۱- تحلیل سازه در طی فرآیند بهینه‌سازی ۴۲

۲-۴-۲- مسئله بهینه‌سازی ۴۳

۲-۴-۲-۱- بهینه‌سازی مقید ۴۳

۲-۴-۲-۱-۱- توابع جریمه ۴۴

۲-۴-۲-۱-۱-۱- روش تابع جریمه خارجی ۴۴

۲-۴-۲-۱-۱-۲- روش تابع جریمه داخلی ۴۶

۲-۴-۲-۲- متغیرهای طراحی ۴۷

۲-۴-۲-۳- تابع هدف ۴۸

۲-۴-۲-۴- قیود بهینه‌سازی ۴۸

۲-۴-۲-۴-۱- قیدهای تنش ۴۸

۲-۴-۲-۴-۲- قیدهای فرکانس ۴۹

۲-۴-۳- شکل کلی مسئله بهینه‌سازی ۵۰

۲- ۵ - طراحی بهینه سازه‌های فولادی ۵۱

۲-۵-۱- طراحی سازه‌های فولادی ۵۱
۲-۵-۲- طراحی سازه‌های فولادی به روش حالت حدی (LRFD) و روش تنش مجاز (ASD) ۵۲
۲-۵-۲-۱- مقدمه ۵۲
۲-۵-۲-۲- طراحی سازه‌ها به روش حالات حدی (LRFD) ۵۲
۲-۵-۲-۲-۱- ضرایب بار ۵۳
۲-۵-۲-۲-۲- ضرایب مقاومت ۵۳
۲-۵-۲-۲-۳- استحکام طراحی قطعات کششی و فشاری ۵۴
۲-۵-۲-۲-۴- طراحی تیرها و تیرستونها ۵۵
۲-۵-۲-۳- طراحی سازه‌ها به روش تنش مجاز ۵۶
۲-۵-۲-۳-۱- مقاومت طراحی اعضای دارای نیروی محوری ۵۶
۲-۵-۲-۳-۲- مقاومت طراحی اعضای خمشی ۵۷
فصل سوم: نتایج عددی ۵۸
۳-۱- مقدمه ۵۸
۳-۲- مثال های طراحی بهینه سازه‌ها با استفاده از الگوریتم Hunt ۵۹
۳-۲-۱- خرپای دوبعدی ۱۰ عضوی ۵۹
۳-۲-۲- خرپای سه بعدی ۲۵ عضوی ۶۳
۳-۲-۳- خرپای سه بعدی ۷۲ عضوی ۷۲
۳-۲-۴- سازه فضاکار گنبدی ۱۲۰ عضوی ۷۹
۳-۲-۴-۱- قید تنش ۸۲

۳-۲-۴-۲- قید جاجایی گره های آزاد ۸۳

۳-۳- نتایج و پیشنهادات ۸۶

۳-۳-۲ - پیشنهاداتی برای مطالعات آتی ۸۷

منابع ۸۸

چکیده انگلیسی ۹۰

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ : نمودار کلی ماکزیمم و مینیمم توابع ۵

شکل ۱-۲ : الف) بهینه‌سازی اندازه، ب) بهینه‌سازی شکل، پ) بهینه‌سازی توپولوژی ۲۵

شکل ۲-۱ : روش بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم شکار ۳۳

شکل۲-۲: کاهشa(:Ra) کاهش ثابت ؛(b)و(c)کاهش نمایی؛((dبعداز تعدادمعینی تحقیقRaکاهش می‌یابد..... ۳۷

شکل ۲-۳ : نمودار جریان تابع جریمه خارجی ۴۵

شکل ۲-۴- کانتورهای تابع شبه هدف به ازای مقادیر مختلف rp..... ۴۶

شکل ۳-۱ : خرپای دوبعدی ۱۰ عضوی ۶۰

شکل ۳-۲ : نرخ همگرایی الگوریتم Hunt برای سازه خرپائی دوبعدی ۱۰ عضوی برای حالت اول بارگذاری ۶۲

شکل ۳-۳: سازه خرپای سه بعدی ۲۵ عضوی ۶۴

شکل ۳-۴: نرخ همگرایی الگوریتم Hunt برای سازه خرپائی سه بعدی ۲۵ عضوی ۶۸

شکل ۳-۵: نمودار جابجایی برای حالت اول بارگذاری خرپای ۲۵ عضوی ۶۹

شکل ۳-۶: نمودار جابجایی برای حالت دوم بارگذاری خرپای ۲۵ عضوی ۷۰

شکل ۳-۷: مقایسه تنش های موجود با تنش‌های مجاز در اعضای خرپای ۲۵ عضوی ۷۱

شکل ۳-۸: سازه خرپایی سه بعدی ۷۲ عضوی ۷۳

شکل ۳-۹: نرخ همگرایی الگوریتم Hunt برای سازه خرپائی سه بعدی ۷۲ عضوی ۷۷

شکل ۳-۱۰: نمودار جابجایی حداکثر مجاز برای حالت ۱ ..... ۷۸

شکل ۳-۱۱: نمودار جابجایی حداکثر مجاز برای حالت ۲ ..... ۷۸

شکل ۳-۱۲: مقایسه تنش‌های موجود با تنش‌های مجاز در اعضای خرپای ۷۲ عضوی ۷۹

شکل ۳-۱۳: پلان و نمای بالایی سازه فضاکار گنبدی ۱۲۰ عضوی ۸۱

شکل ۳-۱۴: نرخ همگرایی الگوریتم Hunt برای سازه فضاکار گنبدی ۱۲۰ عضوی..... ۸۵

فهرست جداول

جدول ۳-۱: مقایسه نتایج بهینه‌سازی برای سازه خرپایی دوبعدی ۱۰ عضوی (حالت اول بارگذاری) ۶۱

جدول۳-۲: حالت‌های بارگذاری برای سازه خرپای سه بعدی ۲۵ عضوی ۶۵

جدول۳-۳: تنش های مجاز کششی و فشاری اعضای خرپای سه بعدی ۲۵ عضوی ۶۵

جدول ۳-۴: مقایسه نتایج بهینه‌سازی برای سازه خرپایی سه بعدی ۲۵ عضوی ۶۷

جدول ۳-۵: حالت‌های بارگذاری برای سازه خرپایی سه بعدی ۷۲ عضوی ۷۴

جدول ۳-۶: مقایسه نتایج بهینه‌سازی برای سازه خرپایی سه بعدی ۷۲ عضوی ۷۵

جدول ۳-۷: مقایسه نتایج بهینه سازی برای سازه فضاکار گنبدی ۱۲۰ عضوی (حالت چهارم) ۸۴

فصل اول

مبانی بهینه سازی و پیشینه تحقیق

۱-۱- مقدمه

بهینه‌سازی عبارت است از فرآیند رسیدن به بهترین نتیجه در یک مسئله تحت یک سری شرایط از پیش تعیین شده. اهمیت طراحی سازه‌های با وزن مینیمم، اولین بار توسط صنایع هوافضا مورد توجه قرار گرفت که در آنها طراحی سازه‌های هواپیما به جای هزینه بیشتر با وزن کنترل می‌شد. در دیگر صنایع مربوط به سیستم‌های مهندسی ساختمان، مکانیک و خودرو، ممکن است هزینه در درجه اول اهمیت داشته باشد هرچند که وزن سیستم، هزینه و عملکرد آنرا نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. بهینه‌سازی در کلیه شاخه‌های عملی به خاطر استفاده مفید از زمان، هزینه متعادل و ... از اهمیت زیادی برخوردار است. امروزه با توجه به محدود بودن منابع و تجهیزات در اجرای اغلب پروژه‌های عمرانی استفاده بهینه از امکانات موجود جهت کاهش هزینه‌ها امری ضروری می‌باشد. با توجه به پیشرفت‌های چشمگیری که در تکنیک‌های بهینه‌سازی حاصل شده است، کاربرد آن در علوم مهندسی به خصوص مهندسی عمران بیش از پیش مورد توجه واقع شده است.

۱-۲- روش تحقیق

درگذشته طراحی بهینه سازه‌ها، برای انواع سازه‌ها مورد توجه بسیار قرار گرفته است. در سالهای اخیر، با پیشرفت تکنولوژی کامپیوتر، روش‌های جدید بهینه‌سازی سازه‌ها پدید آمدند که اکثر این روش‌ها از مکانیسم‌های موجود در طبیعت الهام گرفته‌اند. در این تحقیق از الگوریتم گروه شکار حیوانات برای وزن بهینه سازه‌ها با در نظر گرفتن قیود تنش و جابجایی استفاده شده است. برای این منظور یک برنامه کامپیوتری در نرم‌افزار MATLAB تدوین شده است که یک سازه را تحلیل نموده و با بدست آوردن تنش اعضا و جابجایی‌های گرهی، بهینه‌سازی را با استفاده از متغیرهای پیوسته توسط الگوریتم انجام می‌دهد. برای نشان‌دادن کارایی و مفید بودن الگوریتم شکار، انواع سازه‌های خرپایی مورد بررسی قرار گرفته است.

در مسائل بهینه‌سازی، سازه‌ها تحت اثر بارهایی قرار دارند و هدف از بهینه‌سازی، طراحی مشخصات هندسی سازه برای این بارگذاری به منظور رسیدن به هدفی مشخص (معمولاً کمینه‌کردن وزن سازه) است. در کنار این هدف، محدودیت‌هایی نیز وجود دارند که باید رعایت شوند. از این محدودیت‌ها، می‌توان به حداکثر جابجایی گره‌ها، کنترل تنش محوری و خمشی، کنترل جابجایی نسبی طبقات و محدودیت-های آیین‌نامه‌ای اشاره کرد. برای رسیدن به این هدف، پژوهشگران از الگوریتم‌های مختلفی استفاده می-کنند. این الگوریتم‌ها به دلیل طبیعت تصادفی خودشان، لزوماً رسیدن به یک جواب بهتر را تضمین نمی-کنند، اما می‌توان در رسیدن به جواب‌های بهینه به آنها امید داشت. هدف این پایان‌نامه، استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی گروه شکار برای بهینه‌سازی سازه‌ها، با حداقل کردن وزن سازه و تعداد دفعات تحلیل سازه نسبت به الگوریتم‌های موجود است.

در الگوریتم گروه شکار که الهام گرفته از شکار گروهی از حیوانات مانند شیر و گرگ و دلفین‌ها است اگرچه این شکارچیان در روش شکار کردن با هم متفاوتند اما وجه تشابه آنها این است که همه آنها در یک گروه به دنبال شکار طعمه خود هستند. شکارچیان طعمه را محاصره می‌کنند و به تدریج حلقه

محاصره را تنگ‌تر می‌کنند تا زمانی که طعمه را بگیرند. علاوه براین هریک از اعضای گروه، موقعیت خود را براساس موقعیت خود و موقعیت اعضای دیگر تصحیح می‌کنند. اگر طعمه از حلقه فرار کند شکارچیان دوباره گروه را سازمان‌دهی می‌کنند تا دوباره طعمه را محاصره کنند.

در الگوریتم شکار یک رهبر تعیین می‌شود که بهترین موقعیت را نسبت به سایر اعضای گروه دارد و این رهبر با توجه به موقعیت بهتر اعضای دیگر قابل انتقال است. یعنی اگر هر یک از اعضا یک نقطه پیدا کند که بهتر از رهبر فعلی است در مرحله بعد آن رهبر می‌شود. بنابراین در این الگوریتم بعد از حرکت به سمت رهبر قبلی شکارچیان موقعیت خود را براساس موقعیت اعضای دیگر تصحیح می‌کنند. علاوه براین در شکار گروهی از حیوانات واقعی، اگر طعمه از حلقه فرار کند شکارچیان خود را سازماندهی می‌کنند تا دوباره شکار را محاصره کنند. در الگوریتم HuS توانایی به شکارچیان داده خواهد شد که بتوانند خارج از حلقه محاصره جستجو کنند. همچنین در این الگوریتم در صورتی که موقعیت شکارچیان بیش از حد به یکدیگر نزدیک باشند، گروه خود را سازماندهی می‌کند تا نقطه بهینه در تلاش بعدی را پیدا کند. الگوریتم تحقیق شکار شامل مراحل زیر است:

مرحله ۱) مشخص کردن مسئله بهینه‌سازی و پارامترهای الگوریتم

مرحله ۲) مقداردهی اولیه به گروه شکار

مرحله ۳) حرکت به سمت رهبر

مرحله ۴) تصحیح موقعیت (همکاری بین اعضا)

مرحله ۵) سازماندهی مجدد گروه شکار

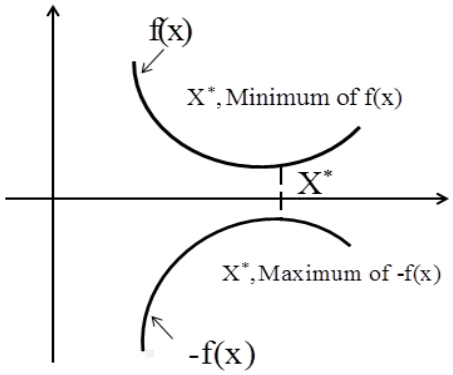
مرحله ۶) تکرار مراحل ۳ و ۴ و ۵ تا ارضای معیار نهایی

۱-۳- اهداف تحقیق

بهینه‌سازی سازه‌های فولادی با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی مانند الگوریتم‌های بهینه‌سازی ژنتیک، ازدحام ذرات و کلونی مورچگان با رعایت قیدهایی مانند تغییرمکان بیشینه سازه، تنش بیشینه در اعضای سازه و سایر قیدهای آیین‌نامه‌ای انجام می‌شود. از شاخص‌های مهم کارایی و توانایی الگوریتم‌های بهینه-سازی سازه‌ها می‌توان به حداقل تعداد دفعات تحلیل و تعیین وزن حداقل سازه با رعایت قیدهای از پیش تعیین شده اشاره کرد. تعداد دفعات تحلیل سازه از این جهت مهم است که بر روی هزینه محاسبات و زمان رسیدن به جواب تاثیر زیادی دارد. هدف این پایان‌نامه، استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی گروه شکار برای بهینه‌سازی سازه‌ها، با حداقل کردن وزن سازه و تعداد دفعات تحلیل سازه نسبت به الگوریتم‌های موجود است.

۱-۴- تعریف بهینه‌سازی

در طراحی، ساخت و نگهداری هر سیستم، مهندسین ناگزیر از اتخاذ تصمیمات مهم صنعتی و مدیریتی هستند، هدف از چنین تصمیماتی، مینیمم نمودن هزینه‌های لازم و یا ماکزیمم نمودن کارایی و بهره‌دهی سیستم‌هاست. از آنجایی که هزینه‌های لازم و کارایی هر سیستم واقعی را می‌توان بصورت تابعی از یک سری متغیر تعریف نمود، لذا بهینه‌سازی را می‌توان بعنوان فرآیند یافتن مینیمم یا ماکزیمم یک تابع در نظر گرفت. در شکل (۱-۱) اگر نقطه X^* متناظر با مقدار min تابع $f(x)$ باشد، همان نقطه متناظر با max تابع $-f(x)$ نیز خواهد بود. شکل (۱-۱) نمودار کلی ماکزیمم و مینیمم توابع را نشان می-دهد.



شکل ۱-۱ : نمودار کلی ماکزیمم و مینیمم توابع

در حالت کلی بهینه‌سازی را می‌توان بعنوان عملیات مینیمم‌سازی در نظر گرفت. روش‌های بهینه-سازی متعددی وجود دارند و نمی‌توان یک روش خاص را که جوابگوی تمام مسائل باشد، پیدا نمود. در بیست سال گذشته روش‌ها و الگوریتم‌های مختلفی جهت بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته‌است که از جمله می‌توان به الگوریتم‌های مختلف جستجوی تصادفی تطابقی، تکنیک‌های محاسبات تکاملی، الگوریتم ژنتیک و جدیدترین آنها PSO و ACO و HS اشاره نمود.

پیش از ظهور محاسبات سریع، بیشتر جوابها را مسائل تحلیل سازه براساس رابطه‌سازی به کمک معادلات دیفرانسیل تحلیل می‌نمود. این معادلات دیفرانسیل به صورت تحلیلی (به عنوان مثال به کمک سری‌های نامحدود) و در بعضی از مواقع با استفاده از روش‌های عددی در آخرین مراحل، حل می‌شوند.

مجهولات توابعی بودند (مانند متغیر مکانها، تنش‌ها و ...) که روی یک محیط پیوسته تعریف می‌شدند. شروع اولیه بهینه‌سازی سازه‌ها نیز روش مشابهی را پیموده که در آن مجهولات توابعی بودند که خواص سازه بهینه را تعریف می‌کردند.

۱-۵- فرآیند کلی بهینه‌سازی

لازمه استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی، پیونددادن آن با یک الگوریتم تحلیل سازه است. روش کار بهینه‌سازی بدین صورت است که ابتدا با ابعاد فرض اولیه سیستم تحلیل می‌شود. سپس نیروهای اعضای بدست آمده با مقادیر مجاز مقایسه می‌شوند. آنگاه با توجه به الگوریتم بهینه‌سازی جهت حرکت به سوی سازه بهینه شناسایی می‌شود و ابعاد جدیدی برای اعضا بدست می‌آید. با استفاده از ابعاد جدید بدست آمده روند فوق تکرار می‌شود و این روند تکراری آنقدر ادامه می‌یابد تا الگوریتم به جواب بهینه همگرا شود. در این تحقیق تابع هدف وزن سازه بوده و قیدهای مساله از نوع قیدهای تنش و تغییر مکان می‌باشند. روند کلی برنامه نوشته شده به زبان MATLAB در قالب مراحل زیر آورده شده است:

- گرفتن اطلاعات ورودی از کاربر شامل تعداد کل گره‌های سازه، تعدا المانها، نوع المان، گره‌های تکیه‌گاهی، مشخصات مصالح، مختصات گره‌ها، اندازه بار و تعداد گره‌های هر المان
- تشکیل ماتریس سختی برای قسمت مربوط به تنش
- سوارکردن ماتریس سختی المانها برای تشکیل ماتریس سختی کل
- اعمال شرایط مرزی
- بدست آوردن تغییر مکانها
- محاسبه تنش‌ها

۱-۶- کنترل صحت برنامه

برای این منظور از نرم افزار MATLAB، برای تحلیل دقیق سازه استفاده شده است. نرم افزار اطلاعات مربوط به سازه را فراخوانی نموده و با استفاده از یک جمعیت اولیه شامل سطح مقطع اعضا سازه

و مختصات گره‌ها، سازه مورد نظر را تحلیل می‌کند. جمعیت جدید با استفاده از الگوریتم پیشنهادی تولید شده و این روند تکراری آنقدر ادامه می‌یابد تا در نهایت تغییری در وزن سازه به وجود نیامده و همچنین قیدها نیز ارضاء گردند. سطوح مقطع اعضا سازه و وزن مینیمم بعنوان پاسخ مسئله ارائه می‌شود.

۱-۷- حدود تحقیق

در این تحقیق در مورد بهینه‌سازی وزن سازه‌های فولادی با در نظر گرفتن قیود تنش و جابجایی انجام می‌شود. این تحقیق بر مبنای فرض‌های زیر انجام می‌گیرد :

۱. نوع سازه در این تحقیق فولادی می‌باشد

۲. تحلیل و طراحی به صورت الاستیک صورت می‌گیرد

۳. بارگذاری به روش استاتیکی و خطی صورت می‌گیرد

۴. تابع هدف مسئله، بهینه‌سازی وزن سازه می‌باشد

۵. مبنای طراحی اعضای فولادی به روش تنش مجاز (ASD) انجام می‌گیرد .

۱-۸- مروری بر مطالعات پیشین و تاریخچه بهینه سازی

در این بخش تاریخچه تحقیقات انجام شده در زمینه تحقیق حاضر بررسی شده و خلاءها و کاستی-های موجود در تحقیقات قبلی مشخص شده است. همچنین با استفاده از ادبیات فنی به برخی از سوالات موجود در این پژوهش پاسخ داده شده است. در بخش حاضر ابتدا تحقیقات انجام شده در مورد بهینه-سازی سازه‌ها تشریح گردیده است، سپس تحقیقات انجام شده در مورد بهینه‌سازی وزن بررسی شده است. و در نهایت به تحقیقات اخیر در زمینه بهینه‌سازی وزن سازه اشاره می‌شود.

طراحی یک سازه آمیخته‌ای است از علم و هنر که در آن تجربیات مهندسی در درک رفتار سازه، بکار

گرفته شده تا سازه‌ای ایمن و اقتصادی به وجود آید. تا قبل از دستیابی بشر به اصول حاکم بر رفتار سازه ها و مصالح ساختمانی، طراحی کاری هنری به حساب می‌آمد که ابعاد اعضا براساس تجربه و احساس طراح از رفتار فیزیکی سازه انتخاب می‌شد. هرچند که ساختمانهای بسیار زیبایی از این دوران به یادگار مانده‌اند، لیکن این موضوع به هیچ وجه مؤید اقتصادی بودن این ساختمانها نیست. از طرفی نباید فراموش کرد که در این دوران، بشر شاهد خرابیهای متعددی در زمینه خلق کارهای نو بوده است. اگرچه از عمر شناخت علمی رفتار سازه بیش از یک و نیم قرن نمی‌گذرد لیکن پیشرفتهای حاصل بسیار قابل توجه و دور از انتظار است. ساخت ساختمانهای بلند، پل‌های با دهانه‌های بزرگ و اسکلت هواپیما و فضاپیماهای غول‌پیکر با حداقل وزن و حداکثر ایمنی از دستاوردهای مهم بشر در این دوره است.

امروزه معمول است که فرآیند طرحی با سعی و خطا انجام گیرد. ابتدا یک طرح اولیه برپایه تجربه در نظر گرفته می‌شود. سپس طرح مفروض تحلیل شده و دقت مقاطع بررسی می‌شود. برخی از مقاطع تغییر می‌کند و فرآیند طراحی تا آن زمان که طرح قابل قبولی بدست آید، تکرار می‌شود. این روش به مقدار زیادی به تجربه مهندسی بستگی دارد و علی‌رغم خواست مهندسی طراح مبنی بر تهیه طرح بهینه یا طرح با کمترین وزن هیچ دلیلی برای اینکه این طرح دارای کمترین وزن یا هزینه ممکن باشد وجود ندارد.

ایده طرح بهینه سازه‌ها همواره ذهن مهندسان را به خود معطوف داشته است. ایده اولیه در این زمینه توسط گالیله در سال ۱۶۳۸ م. مطرح شد. او به دنبال شکل بهینه تیری می‌گشت که توزیع تنش خمشی در آن بصورت یکنواخت باشد. در بهینه‌سازی، پارامترهای سیستم های سازه‌ای می‌توانند متفاوت باشند. برای مثال در کار گالیله متغییر اصلی شکل سازه یا هندسه سازه بوده است. در حالت کلی پارامترهای متغییر سیستم سازه‌ای می‌تواند شامل : نوع سازه، شکل سازه، شرایط تکیه‌گاهی، نوع مصالح، خصوصیات مصالح، گروه‌بندی اعضا، شکل مقطع عرضی و مانند آنها باشند. در سالهای اخیر روش‌های بهینه‌سازی به اندازه‌ای توسعه پیدا کرده است که به همراه تحلیل‌های کامپیوتر روشی تمام اتوماتیک برای طراحی سازه-

ها در عین بهینه‌بودن پدیدآورده اند. با این ابزارها می‌توان سازه بهینه‌ای را بدست آورد که بتواند با ایمنی مناسب و حداقل وزن، بار بیشتری را تحمل کند. برای رسیدن به طرح بهینه، معیارهای خاصی باید برقرار شوند. معیارهای لازم برای بهینگی سازه می‌توانند موارد زیر باشند:

حداقل وزن، حداقل هزینه، حداقل کار خارجی، حداکثر جذب انرژی، حداکثر ایمنی، حداکثر بازدهی در هنگام بهره‌برداری از سازه به عدد و رقم در آوردن بعضی از معیارهای فوق الذکر نظیر حداقل وزن و حداقل مخارج سازه است، ولی سنجش سایر معیارها که معمولا به صورت کیفی صورت می‌گیرد، مشکل است. از این رو باید اینگونه معیارها به معادل کمی تبدیل شوند. بدون شک یکی از اهداف اولیه و مهم یک طرح تامین ایمنی در کنار حداقل وزن است که پایه و اساس هر روش طراحی به حساب می‌آید. در گذشته نه چندان دور قبل از پیدایش نسل جدید کامپیوترها علیرغم وجود ایده‌های بهینه‌سازی، بهینه-سازی سازه‌ها محدود به سازه‌های خاص با درجات آزادی محدود می‌شد. فرآیند بهینه‌سازی عمدتاً متکی بر تئوری‌های برنامه‌ریزی غیرخطی بود و بصورت تحلیلی انجام می‌گرفت و این از آن‌رو بود که مشکلات برای تحلیل سازه‌های بزرگ خصوصاً از جهت زمان‌بر بودن تحلیل و تکرار محاسبات وجود داشت. خوشبختانه با پیشرفت کامپیوترهای با سرعت بالا، زمان لازم برای تحلیل سازه‌ها و مشکل تکرار محاسبات بسیار کم شده است . تحقیقات در مورد بهینه‌سازی سازه‌ها از سال ۱۶۳۸ م. شروع و تا بحال نیز ادامه دارد که در کارهای اخیر می‌توان به کارهای (Chan,1993) در مورد سازه‌های فولادی سه بعدی، قلی‌زاده و سلاجقه (Salajeghe & Gholizadeh,2005) در مورد بهینه‌سازی تحت قیود فرکانسی و کارهای صداقتی (Sedaghati,2004) در مورد بهینه‌سازی سازه‌ها و قابها تحت قیود فرکانس، تنش و جابجایی اشاره نمود.

در سالهای اخیر با پیشرفت تکنولوژی کامپیوتر، روش‌های جدید بهینه‌سازی سازه‌ها پدید آمده است. اکثر این روش‌ها، روش المانهای محدود گسسته را بکار می‌برند و در سه دسته اصلی بهینه‌سازی

توپولوژی، بهینه‌سازی شکل و بهینه‌سازی اندازه رده‌بندی می‌شوند. بهینه‌سازی اندازه سازه‌های فولادی شامل مراحلی برای تغییر ابعاد مقاطع اعضا سازه برای رسیدن به سازه بهینه می‌باشد ولی در بهینه‌سازی شکل، این تغییرات به نقاط و گره‌های سازه محدود می‌شود. در این پروژه، وزن خرپاهای فولادی را با در نظر گرفتن تنش‌های مجاز اعضا و تغییرمکان مجاز نقاط، بهینه‌سازی می‌کنیم. هدف اکثر مسائل طراحی بهینه خرپاهای فولادی، حداقل کردن وزن با ارضاء قیود مطرح شده است.

گذشته روش‌های بهینه‌سازی را می‌توان در روزگار نیوتن، لاگرانژ، کوشی ردیابی کرد. بسط روش‌های بهینه‌سازی حساب دیفرانسیل با کارهای نیوتن و لایبنیز ممکن گشت. حساب تغییرات توسط برنولی، اولر، لاگرانژ و ویرشتراس بنیانگذاری شد. یک روش بهینه‌سازی برای مسائل مقید، که شامل افزودن مضارب مجهول می‌باشد به نام یابنده آن لاگرانژ، نامگذاری شد. کوشی برای اولین بار روش تندترین کاهش را در حل مسائل کمینه‌سازی نامقید بکار گرفت. با وجود سهم این افراد تا قرن بیستم پیشرفت بسیار اندکی حاصل شد. در این قرن کامپیوترهای رقمی سریع، به کارگیری روش‌های بهینه‌سازی را ممکن ساخت و تحقیقات بیشتر برای روش‌های جدید را برانگیخت. پیشرفت‌های بعدی به روش‌های بهینه‌سازی ابعاد گسترده‌ای داد. این پیشرفت‌ها به چند زمینه جدید در تئوری بهینه‌سازی انجامید. قابل توجه است که توسعه اصلی در زمینه روش‌های عددی بهینه‌سازی نامقید تنها در دهه ۱۹۶۰م. در انگلستان صورت گرفت. بسط روش سیمپلکس در ۱۹۴۷ م. توسط دانتریک برای مسائل برنامه‌ریزی خطی، و ارائه اصل بهینگی در ۱۹۵۷ م. توسط بلمن برای مسائل برنامه‌ریزی پویا، راه را برای توسعه روش‌های بهینه‌سازی مقید گشود. کان و تاکر در ۱۹۵۱ م. برای شرایط لازم و کافی جواب بهینه مسائل برنامه‌ریزی ریاضی، زیربنای تحقیقات بعدی در برنامه‌ریزی غیرخطی شد. سهم زوتندیک و روزن در اوایل دهه ۱۹۶۰ م. در برنامه‌ریزی غیرخطی بسیار با اهمیت بوده است. گرچه روش یگانه‌ای که بطور کلی برای حل همه مسائل برنامه‌ریزی غیرخطی قابل اعمال باشد یافت نشد، کارهای کارول و فیاکو و مک کورمیک یک مسئله

مشکل را که می‌بایست با استفاده از روش‌های شناخته شده بهینه‌سازی نامقید حل شود، بسیار آسان کرد. برنامه‌ریزی هندسی در دهه ۱۹۶۰ م. توسط دوفین، طنروپیترسون بسط یافت. گاموری در زمینه برنامه-ریزی با اعداد صحیح پیشگام شد،که یکی از مهمترین و رو به گسترش‌ترین زمینه‌های بهینه‌سازی است. زیرا بیشتر کاربرهای دنیای واقعی در این طبقه از مسائل قرار می‌گیرند. دنتزیگ و چارنز و کوپر روش‌های برنامه‌ریزی تصادفی را توسعه دادند و مسائلی را با فرض اینکه پارامترها مستقل و دارای توزیع نرمال هستند، حل کردند. تمایل به بهینه‌سازی مسئله‌ای با بیش از یک هدف و با قیدهای فیزیکی، به توسعه روش‌های برنامه‌ریزی با چند هدف انجامید. برنامه‌ریزی آرمانی روش شناخته شده‌ای برای حل انواع خاصی از مسائل بهینه‌سازی با چند هدف است. برنامه‌ریزی آرمانی در اصل برای مسائل برنامه‌ریزی خطی و توسط چارنز و کوپر در ۱۹۶۱ م. پیشنهاد شد.

روش‌های تحلیل شبکه، اساساً روش‌های کنترل مدیریت هستند و طی سالهای ۱۹۵۷ و ۱۹۵۸ م. بسط یافتند. وان نیومن در ۱۹۲۸ م. تئوری بازی را بنیانگذاری کرد و از آن زمان این روش در حل چندین مسئله اقتصاد ریاضی و ارتشی بکار گرفته شده است. تنها طی چندین سال اخیر از تئوری بازی در حل برخی از مسائل مهندسی استفاده شده است[۱].

دوریگو و همکارش (۱۹۹۹) برای کاهش مشکلات بهینه‌سازی سازه‌ها از الگوریتم مورچه استفاده کردند. این الگوریتم، رفتار مورچگان را که برای رسیدن به منبع غذایی، کوتاه‌ترین مسیر را انتخاب می-کنند، شبیه‌سازی می‌کند. دوریگو و همکارش با حل چندین مثال به کاربردی بودن این الگوریتم دست یافتند و به این نتیجه رسیدند که با گسترش کاربردهای بیشتر این الگوریتم می‌توان در حل مسائل ترکیبی بهینه‌سازی از این الگوریتم بهره جست[۱].

کاوه و همکارانش (۲۰۰۸) دو مکانیزم برای بهبود الگوریتم مورچه برای طراحی خرپاها ارائه کردند. یک مکانیزم باعث کاهش فضای جستجو و مکانیزم دیگر باعث کاهش تعداد مورچه‌ها و آنالیزها می‌شود. این

مکانیزم‌ها بر روی خرپاهایی امتحان شدند. نتایج تحلیل خرپاهای مختلف، کارآیی مکانیزم‌های پیشنهادی را اثبات کرد[۲].

کاوه و همکارانش (۲۰۰۷) در مقاله‌ای دیگر از این الگوریتم برای طراحی بهینه‌سازی سازه‌های اسکلتی استفاده کردند و نتایج حاصل از این روش را با نتایج الگوریتم‌های بهینه‌سازی دیگر مقایسه کردند و به نتایج قابل قبولی از این الگوریتم دست یافتند[۳].

کمپ و همکارانش (۲۰۰۵) نیز با استفاده از الگوریتم مورچه به بهینه‌سازی قابهای فولادی پرداختند. آنها نیز به نتایج قابل قبولی از این الگوریتم دست یافتند و در پایان تحقیق خود، این الگوریتم را با الگوریتم‌های توسعه یافته دیگر مورچه، از لحاظ بهینه‌سازی طبقه‌بندی کردند[۴].

سرا و همکارش (۲۰۰۶) نیز در تحقیق خود به بعضی از کاربردهای الگوریتم مورچه در مسائل بهینه-سازی سازه‌ها پرداختند. آنها در تحقیق خود با بررسی خرپاهای متعدد نشان دادند که این الگوریتم یک روش تصادفی موفق است که می‌تواند حداقل کلی (مثلاً حداقل حجم در خرپاهای مستوی) در مسائل ترکیبی مختلف را پیدا کند که با روشهای بهینه‌سازی دیگر به سختی قابل حل هستند[۵].

کاوه و همکارانش (۲۰۰۸) با استفاده از الگوریتم مورچه و آنالیز المان محدود، بهینه‌سازی مدلهای سازه‌ای دوبعدی و سه‌بعدی را بررسی کردند. آنها با حل مدلهای دوبعدی و سه‌بعدی، قابل اجرا بودن این روش را اثبات کردند[۶].

لی و همکارانش (۲۰۰۴) با استفاده از الگوریتم جستجوی هارمونی، که رفتار یک آهنگساز را در ساخت یک هارمونی شبیه‌سازی می‌کند، به بهینه‌سازی مسائل سازه‌ای مهندسی پرداختند. آنها برای صحت‌سنجی، نتایج این الگوریتم را با نتایج الگوریتم‌های دیگر مقایسه کردند و قابل قبول بودن نتایج الگوریتم هارمونی را اثبات کردند[۷].

لی و همکارانش (۲۰۰۵) در تحقیقی دیگر با استفاده از الگوریتم جستجوی هارمونی به بهینه‌سازی