چکیده

این پایان‌نامه به بیان روش الگوریتم ژنتیک و نیز نحوه استفاده از آن در بهینه‌سازی خرپا می‌پردازد. بهینه‌سازی خرپا شامل بهینه‌سازی شکل، اندازه (سطح مقطع) و توپولوژی خرپا می‌باشد که در اینجا بهینه‌سازی شکل و اندازه خرپا بیان می‌شود. یک مسئله بهینه‌سازی شامل متغیرهای طراحی، محدودیت طراحی و تابع هدف می‌باشد که انتخاب تابع هدف به طبیعت مسئله بستگی داشته و در مورد طراحی سازه‌ها، معمولاً حداقل کردن وزن سازه به عنوان تابع هدف در نظر گرفته می‌شود.

روش الگوریتم ژنتیک یک شیوه مناسب برای بهینه‌سازی سازه‌ها بخصوص درمورد سازه‌های با متغیرهای گسسته می‌باشد که براساس جستجوی غیر خطی و عدم بکار بردن گرادیان تابع هدف به جواب بهینه می‌رسد. در این روش با استفاده از متغیرهای رمزگذاری شده وعملگرهای تکثیر، پیوند وجهش یک تابع هدف اصلاح شده به نام تابع صلاحیت نتیجه می‌شود. یک الگوریتم ژنتیکی ساده از چهارمرحلهٔ تولید جمعیتی از کروموزمها، ارزیابی هرکروموزوم، انتخاب بهترین کروموزوم و در پایان اعمال عملگرهای ژنتیکی برای تولید جمعیتی جدید تشکیل شده‌است. از جمله عوامل موثر در کارایی الگوریتم ژنتیک، تعیین پارامترهای کنترل این روش یعنی، اندازه جمعیت، احتمال پیوند و احتمال جهش می‌باشد. انتخاب این پارامترها بستگی به فعل و انفعال عملگرهای ژنتیکی دارد. در این تحقیق ضمن بررسی روش الگوریتم ژنتیک و تعیین مقادیر مناسب برای هر یک از عوامل این روش، سه روش پیشنهاد شده از سوی محققین برای بهینه‌سازی خرپاها بیان گردیده‌است. هر یک از این روشها برای عملگر انتخاب و تکثیر روابط متفاوتی را ارائه کرده‌اند که با ایجاد تغییر در نحوه انتخاب و تعداد رشته تکثیریافته سبب بوجود آمدن طرح‌های بهتری می‌شوند. همچنین یک روش جدیدی برای دو عملگر فوق پیشنهاد شده است که با انتخاب چند نمونه خرپا با شرایط متفاوت و با استفاده از برنامه کامپیوتری، هر یک از چهار روش فوق را آنالیز کرده و نتایج حاصله با یکدیگر در نمودارهایی مقایسه شده‌اند. در پایان به بیان نتایج حاصله پرداخته و مهمترین پیشنهاد، افزایش همزمان اندازهٔ جمعیت و کاهش طول کروموزوم برای هر چه کارآمدتر شدن روش ژنتیک بیان شده‌است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

فصل اول - بهینه‌سازی سازه‌ها

۱-۱- مقدمه ۴

۱-۲- روشهای کلی بهینه‌سازی ۵

۱-۲-۱- روشهای عددی ۵

۱-۲-۲- روشهای تحلیلی ۶

۱-۳- الگوی مسئلهٔ بهینه سازی ۶

۱-۳-۱ متغیرهای طراحی ۷

۱-۳-۲- محدودیتهای طراحی ۹

۱-۳-۳- تابع هدف ۱۱

۱-۴- روشهای بهینه‌سازی سازه‌ها ۱۲

۱-۴-۱- بهینه‌سازی اندازه ۱۲

۱-۴-۲- بهینه‌سازی شکل ۱۳

۱-۴-۳- بهینه‌سازی توپولوژی ۱۴

فصل دوم- روشهای بهینه‌سازی

۲-۱- مقدمه ۱۸

۲-۲- روشهای برنامه‌ریزی ریاضی ۱۸

۲-۲-۱- برنامه‌ریزی خطی ۱۹

عنوان | صفحه

۲-۲-۱-۱- دوگان در برنامه‌ریزی خطی ۲۱
۲-۲-۲- برنامه‌ریزی غیر خطی ۲۲
۲-۲-۲-۱- روش‌های نامقید ۲۵
۲-۲-۲-۲- روش جهت‌های مقید ۲۸
۲-۲-۲-۳- روش تغییر متغیرها ۲۹
۲-۲-۲-۴- روش تابع جریمه ۳۱
۲-۳- روشهای بهینه‌سازی مسایل با متغیرهای گسسته ۳۸
۲-۳-۱- الگوی مسئله بهینه‌سازی با متغیرهای گسسته ۳۹
۲-۳-۲- روش شاخه و کران ۴۰
۲-۳-۳- روش گردکردن ۴۱
۲-۳-۴- روش ژنتیک ۴۲

فصل سوم - الگوریتم ژنتیک

۳-۱- مقدمه ۴۵
۳-۲- معرفی الگوریتم ژنتیک ۴۶
۳-۳- اجزای الگوریتم ژنتیک ۴۹
۳-۳-۱- متغیرهای طراحی ۴۹
۳-۳-۲- تابع صلاحیت ۵۱
۳-۳-۲-۱- درجه‌بندی تابع صلاحیت ۵۱
۳-۳-۳- عملگرهای ژنتیک ۵۵
۳-۳-۳-۱- عملگر تکثیر ۵۵
۳-۳-۳-۲- عملگر پیوند ۵۷

عنوان | صفحه

۳-۳-۳-۳- عملگر جهش ۶۱
۳-۳-۴- شکاف نسل ۶۳
۳-۳-۵- اندازه جمعیت ۶۴
۳-۳-۶- معیار همگرایی ۶۶
۳-۳-۷- نظریه گونه ۶۷
۳-۴- پردازش موازی ۷۱
۳-۴-۱- موازی سازی روش ژنتیک ۷۲
۳-۵- عملکرد یک الگوریتم ژنتیکی ساده ۷۳

فصل چهارم - روشهای بهینه‌سازی شکل خرپا به کمک الگوریتم ژنتیک

۴-۱- مقدمه ۷۹
۴-۲- تاریخچه ۸۰
۴-۳- بهینه‌سازی شکل خرپا ۸۳
۴-۴ معرفی روشها ۸۸
۴-۴-۱- روش اول ۸۹
۴-۴-۲- روش دوم ۹۱
۴-۴-۳- روش سوم ۹۲

فصل پنجم - بهینه‌سازی شکل خرپا به روش ژنتیک پیشنهادی

۵-۱- مقدمه ۹۵
۵-۲- تبدیل مسئلهٔ مقید به نامقید ۹۶
۵-۳- عملگر انتخاب و تکثیر روش پیشنهادی ۹۶

۵-۵-۱ خرپای دوبعدی ۶ عضوی ۹۹
۵-۵-۲- خرپای دوبعدی ۲۷ عضوی ۱۰۲
۵-۵-۳- خرپای دو بعدی ۳۱ عضوی ۱۰۷
۵-۵-۴- خرپای دوبعدی ۳۳ عضوی ۱۱۱
۵-۵-۵ خرپای فضایی ۲۵ عضوی ۱۱۵
۵-۵-۶- خرپای فضایی ۵۲ عضوی ۱۲۰
۵-۵-۷- خرپای فضایی ۷۲ عضوی ۱۲۷

فصل ششم - نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه‌گیری ۱۳۲
۶-۲- پیشنهادات ۱۳۴
فهرست مراجع ۱۳۶
واژه‌نامه ۱۳۹
اسامی اعلام ۱۴۵

پیوست

برنامه کامپیوتری ۱۵۲

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) - سطوح قید و انواع نقاط طراحی در فضای دو بعدی ۱۰

شکل (۱-۲) - بهینه‌سازی شکل در یک خرپای ۴۷ عضوی ۱۴

شکل (۱-۳) - بهینه‌سازی توپولوژی در یک خرپای ۲۱ عضوی ۱۶

شکل (۲-۱) - روشهای مختلف بهینه‌سازی نامقید ۲۵

شکل (۲-۲) - جهات تندترین افزایش ۲۶

شکل (۲-۳) - روشهای مختلف بهینه‌سازی مقید ۲۷

شکل (۲-۴) - نمایش روشهای تابع جریمه ۳۲

شکل (۲-۵) - تأثیر ضریب r در توابع جریمه خارجی ۳۶

شکل (۲-۶) - شرایط توابع جریمه و طرح نسبت به ضریب r در نقطه بهینه ۳۷

شکل (۲-۷) - گامهای مختلف روش شاخه کران ۴۱

شکل (۳-۱) - درجه بندی خطی در شرایط عادی ۵۳

شکل (۳-۲) - درجه بندی خطی در شرایط ویژه ۵۴

شکل (۳-۳) - نحوه انتخاب طرح بوسیله چرخ گردان ۵۶

شکل (۳-۴) - تاریخچه زمانی نسبت به تغییرات احتمال پیوند ۵۸

شکل (۳-۵) - انواع عملگر پیوند چند نقطه‌ای ۵۹

شکل (۳-۶) - نحوه عملکرد پیوند یکنواخت ۶۰

شکل (۳-۷) - تاریخچه زمانی نسبت به انواع پیوند ۶۱

شکل (۳-۸) - نحوه عملکرد جهش ۶۲

شکل (۳-۹) - تاریخچه زمانی نسبت به تغییرات احتمال جهش ۶۳

شکل (۳-۱۰) - تاریخچه زمانی نسبت به تغییرات اندازه جمعیت ۶۵

شکل (۳-۱۱) - نمودار الگوریتم ژنتیکی ساده ۷۶
شکل (۴-۱) - خرپای سه عضوی اشمیت ۸۵
شکل (۴-۲) - فضای طراحی خرپای سه عضوی اشمیت ۸۸
شکل (۵-۱) - خرپای دو بعدی ۶ عضوی ۹۹
شکل (۵-۲) - تاریخچه همگرایی پاسخ بهینه خرپای ۶ عضوی ۱۰۱
شکل (۵-۳) - طرح بهینه خرپای ۶ عضوی ۱۰۲
شکل (۵-۴) - خرپای دوبعدی ۲۷ عضوی ۱۰۴
شکل (۵-۵) - طرح بهینه خرپای ۲۷ عضوی ۱۰۵
شکل (۵-۶) - تاریخچه همگرایی پاسخ بهینه خرپای ۲۷ عضوی ۱۰۶
شکل (۵-۷) - خرپای دوبعدی ۳۱ عضوی ۱۰۷
شکل (۵-۸) - تاریخچه همگرایی پاسخ بهینه خرپای ۳۱ عضوی ۱۱۰
شکل (۵-۹) - طرح بهینه خرپای ۳۱ عضوی ۱۱۱
شکل (۵-۱۰) - خرپای دوبعدی ۳۳ عضوی ۱۱۲
شکل (۵-۱۱) - تاریخچه همگرایی پاسخ بهینه خرپای ۳۳ عضوی ۱۱۴
شکل (۵-۱۲) - طرح بهینه خرپای ۳۳ عضوی ۱۱۵
شکل (۵-۱۳) - خرپای فضایی ۲۵ عضوی ۱۱۶
شکل (۵-۱۴) - تاریخچه همگرایی پاسخ بهینه خرپای فضایی ۲۵ عضوی ۱۱۹
شکل (۵-۱۵) - طرح بهینه خرپای ۲۵ عضوی ۱۲۰
شکل (۵-۱۶) - خرپای فضایی ۵۲ عضوی ۱۲۱
شکل (۵-۱۷) - تاریخچه همگرایی پاسخ بهینه خرپای فضایی ۵۲ عضوی ۱۲۶
شکل (۵-۱۸) - خرپای فضایی ۷۲ عضوی ۱۲۷
شکل (۵-۱۹) - تاریخچه همگرایی پاسخ بهینه خرپای فضایی ۷۲ عضوی ۱۳۰

فهرست جداول

جدول (۳-۱) - یک نمونه از عملکرد الگوریتم ژنتیک - نسل اول ۷۷
جدول (۳-۲) - یک نمونه از عملکرد الگوریتم ژنتیک - نسل دوم ۷۷
جدول (۵-۱) - نتایج پاسخ بهینه خرپای دوبعدی ۶ عضوی ۱۰۰
جدول (۵-۲) - گروه‌بندی اعضاء خرپای ۲۷ عضوی ۱۰۲
جدول (۵-۳) - کرانه پایین و بالای متغیرهای شکل خرپای ۲۷ عضوی ۱۰۳
جدول (۵-۴) - نتایج پاسخ بهینه خرپای ۲۷ عضوی ۱۰۴
جدول (۵-۵) - گروه‌بندی اعضاء خرپای ۳۱ عضوی ۱۰۸
جدول (۵-۶) - کرانه‌های پایین و بالای متغیرهای شکل خرپای ۳۱ عضوی ۱۰۸
جدول (۵-۷) - نتایج پاسخ بهینه خرپای ۳۱ عضوی ۱۰۹
جدول (۵-۸) - گروه‌بندی اعضاء خرپای ۳۳ عضوی ۱۱۱
جدول (۵-۹) - کرانه پایین و بالای متغیرهای شکل خرپای ۳۳ عضوی ۱۱۲
جدول (۵-۱۰) - نتایج پاسخ بهینه خرپای ۳۳ عضوی ۱۱۳
جدول (۵-۱۱) - بارگذاری خرپای فضای ۲۵ عضوی ۱۱۶
جدول (۵-۱۲) - گروه‌بندی عضوهای خرپای فضایی ۲۵ عضوی ۱۱۷
جدول (۵-۱۳) - کرانه‌های پایین و بالای متغیرهای شکل خرپای فضایی ۲۵ عضوی ۱۱۷
جدول (۵-۱۴) - نتایج پاسخ بهینه خرپای فضایی ۲۵ عضوی ۱۱۸
جدول (۵-۱۵) - مختصات نقاط گره‌های خرپای فضایی ۵۲ عضوی ۱۲۲
جدول (۵-۱۶) - گروه‌بندی گره‌های خرپای فضایی ۵۲ عضوی ۱۲۳
جدول (۵-۱۷) - گروه‌بندی عضوهای خرپای فضایی ۵۲ عضوی ۱۲۳
جدول (۵-۱۸) - کرانه پایین و بالای متغیرهای شکل خرپای فضایی ۵۲ عضوی ۱۲۴
جدول (۵-۱۹) - نتایج پاسخ بهینه خرپای فضایی ۵۲ عضوی ۱۲۵
جدول (۵-۲۰) - گروه‌بندی اعضاء خرپای فضایی ۷۲ عضوی ۱۲۸
جدول (۵-۲۱) - نتایج پاسخ بهینه خرپای فضایی ۷۲ عضوی ۱۲۹

مقدمه

در طراحی سازه‌ها هدف ارائه طرحی است که از بیشترین کارایی برخوردار باشد. از گذشته‌های بسیاردور، خرپاها در ساخت سازه‌های زیادی از جمله در ساخت دکل‌ها، پلها و یا برجهای انتقال نیرو کاربرد فراوان داشته‌اند. درگذشته مهندسان برای بهینه‌کردن طرحهای اولیه، از یک آئین‌نامهٔ معتبر استفاده می‌کردند ولی این طرحها دارای وزن بیشتری نسبت به طرح بهینه بودند. زیراکه هدف آنها این بود که طرح نهایی، از لحاظ مقاومت و صلب بودن مورد قبول باشد و نیز موردی از آئین‌نامه را نقض نکند.

در واقع هدف اصلی هر طراح از بهینه‌کردن یک طرح این است که، عوامل مختلف را به گونه‌ای ترکیب کند که علاوه براینکه مجموعه‌ای از نیازها و ضوابط را برآورده می‌کند، هزینه لازم را حداقل و سود مورد نظر را حداکثر سازد. واضح است که می‌توان هزینه لازم و سود مورد نظر را به صورت تابعی از متغیرهای مسئله‌بیان کرد و برآوردن این هدف مستلزم محاسبات عددی فراوانی است. پس می‌توان بهینه‌سازی را به عنوان فرآیند یافتن شرایطی دانست که مقدار حداکثر و حداقل یک تابع را ایجاد می‌کند.

از آنجایی که اگر نقطهٔ X منطبق بر مقدار حداقل تابع $F(X)$ باشد، این نقطه بر مقدار حداکثر تابع $-F(X)$ هم منطبق است. پس بدون اینکه حالت کلی مسئله عوض شود، می‌توان بهینه‌سازی را به معنای حداقل‌کردن یک تابع مطرح کرد. این تابع به تابع معیاری معروف می‌باشد. در بهینه‌سازی سازه‌ها، هدف کاهش هزینه می‌باشد. ولی چون تعیین دقیق تابع هزینه برای سازه‌ها بسیار مشکل می‌باشد وزن سازه به عنوان هدف دیگری برای ارائه طرح بهینه مطرح می‌شود. [۲] به دلایل زیر در زمینه بهینه‌سازی سازه‌ها

بیشتر تحقیقات بر روی خرپاها صورت گرفته‌است.

۱) انواع مختلف سازه‌های صنعتی خرپا می‌باشند و یا اینکه تقریباً شبیه خرپا هستند.

۲) در سازه‌های خرپایی که دارای اعضاء بسیار زیادی می‌باشند بدون اینکه در رفتار کلی سازه تغییری ایجاد شود می‌توان بعضی از اعضاء خرپا را حذف و یا موقعیت گره‌ها را عوض کرد. لذا چنین سازه‌هایی مناسب برای بهینه‌سازی می‌باشند.

معمولاً در بهینه کردن سازه‌ها، متغیرهای طراحی پیوسته فرض می‌شود در حالی که اجباراً متغیرهای فوق بایستی از بین مجموعهٔ مقادیر موجود در بازار انتخاب شوند. از آنجایی که متغیرهای اندازه، از نوع گسسته می‌باشند و این خود سبب پیچیدگی مسئله می‌شود، در بیشتر روشهای بهینه‌سازی می‌توان متغیرهای گسسته را به صورت متغیرهای پیوسته حل کرد و سپس جواب را به متغیر گسسته گرد نمود. ولی‌زمانی که تعداد متغیرها افزایش می‌یابد این امکان وجود دارد که به پاسخهای غیرعملی برسیم. در بهینه کردن شکل خرپاها علاوه بر سطح مقطع اعضاء موقعیت گره‌ها را نیز می‌توان تغییر داد. [۲۷]

ولی با حساب کردن موقعیت گره‌ها به عنوان یکی دیگر از متغیرهای طراحی مسئله بهینه‌سازی حالت غیرخطی و پیچیده پیدا خواهد کرد. همچنین چون متغیرهای فوق از ماهیت متفاوتی برخوردارند لذا دارای همگرایی متفاوت می‌باشند. مسائل بهینه‌سازی شکل خرپاها دارای فضای طراحی ناپیوسته و نیز نقاط بهینه موضعی زیادی می‌باشند. در بیشتر روشهای ریاضی از گرادیان تابع هدف و نیز محدودیتهایی برای رسیدن به جواب بهینه استفاده می‌کنند. چنین روشهایی برای تحلیل مسائل بهینه‌سازی مناسب نمی‌باشند زیرا که، نتیجه تحلیل به نقطهٔ شروع وابسته بوده و نیز به متوقف شدن حل مسئله در یک نقطه بهینه محلّی خواهد انجامید. از روشهای متفاوتی در تحلیل مسائل بهینه‌سازی استفاده می‌شود که شامل روشهای تحلیلی و روشهای عددی می‌باشند. [۲]

هر یک از روشهای فوق دارای محدودیتهایی می‌باشند. محققین از روشهای الگوریتم ژنتیک به عنوان یکی از قویترین روشها در بهینه‌سازی سازه‌ها استفاده می‌کنند و چون در روشهای فوق از متغیرهای رمزگذاری شده استفاده می‌شود لذا در حل مسائل مرکبّ از دو نوع متغیر گسسته و پیوسته، مناسب می‌باشند. این روشها با استفاده از جستجوی غیرخطی و نیز عدم به کاربردن گرادیان تابع هدف به جواب بهینه می‌رسند. [۲۸] هدف از تحقیق حاضر تلاش هر چند اندک، در جهت کارآمدتر و مؤثرتر شناساندن روشهای ژنتیک در بهینه‌سازی سازه‌ها می‌باشد.

فصل اول

بهینه‌سازی سازه‌ها

۱-۱- مقدمه

هدف اصلی طراحان سازه، دست‌یابی به بهترین طرح ممکن می‌باشد و در طراحی، ساخت و نگهداری هر دستگاه، مهندسان باید تصمیمهای فنی و مدیریتی زیادی را بگیرند که هدف نهایی چنین کارهایی حداقل‌کردن هزینه و یا حداکثرکردن مقاومت، ضریب اطمینان، ایمنی و سود حاصله می‌باشد. بنابراین می‌توان بهینه‌سازی[۱] را فرآیند یافتن شرایطی دانست که مقدار حداکثر و یا حداقل یک تابع حاصل می‌شود. بهینه‌سازی در مفهوم گسترده خود، می‌تواند در حل هر مسئلهٔ مهندسی بکار برود. [۲] نمونه‌هایی ازکاربرد بهینه‌سازی در مهندسی عبارتند از:

۱) طراحی هواپیما و سازه‌های فضایی به منظور حداقل کردن وزن.

۲) یافتن مسیرهای بهینه وسائل نقلیه فضایی.

۳) طراحی سازه‌های مهندسی عمران مانند: قابها، پی‌ها، پلها، برجها و سدها با هزینه حداقل.

۴) طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله و باد و انواع بارگذاری تصادفی با حداقل وزن.

۵) طراحی بهینهٔ سازه‌های پلاستیکی.[۲]

---

1. Optimization.

2. Plastic Stractures.

۶) طراحی بهینه شبکه‌های الکتریکی.[۱]

۷) طراحی بهینه سیستمهای کنترل.[۲]

۱-۲- روشهای کلی بهینه‌سازی

در حالت کلی روشهای بهینه‌سازی به دو گروه تحلیلی و عددی تقسیم می‌شوند.

۱-۲-۱- روشهای عددی

این روشها معمولاً بخشی از علم ریاضیات عددی می‌باشند که در سالهای گذشته با توسعه ظرفیت محاسبات کامپیوتر پیشرفتهای زیادی در این بخش از بهینه‌سازی صورت گرفته‌است. از جمله مشکلات روشهای بهینه‌سازی عددی[۳] این است که هیچ تضمینی برای رسیدن به پاسخ بهینه وجود ندارد همچنین باید تابع هدف و محدودیتهای مسئله دقیقاً بر حسب متغیرهای طراحی[۴] تعیین شوند که این در سازه‌های عملی بعضی مواقع غیرممکن می‌باشد و از طرفی این روش فقط برای متغیرهای پیوسته کاربرد دارد. در این روش، بااستفاده از یک روند تکراری طرحی نزدیک به طرح بهینه بدست می‌آید. بدین صورت که در آغاز، یک حدس اولیه از طرح بهینه انتخاب می‌شود و سپس در یک فرآیند تکراری میزان این تخمین بهبود یافته و تا زمانی تکرار می‌شود که معیار معینی برای رسیدن به طرح بهینه برآورده گردد. واضح است با افزایش تعداد متغیرها هزینه و زمان محاسبات افزایش یافته و مشکلاتی از قبیل زیادشدن خطای محاسبات بوجود می‌آید. روش حل مسائل بهینه‌سازی با استفاده از روشهای عددی به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم صورت می‌گیرد.

۱) **روش مستقیم**[۵]: در این روش مستقیماً حداقل کردن وزن سازه را به عنوان تابع هدف بیان کرده و به دو گروه مقید و نامقید تقسیم می‌شوند.

۲) **روش غیرمستقیم**: در این روش حداقل کردن وزن سازه به عنوان تابع هدف مستقیماً مطرح

---

1. *Electrical networks.*
2. *Control system.*
3. *Numerical techniques.*
4. *Design Variable.*
5. *Direct Method.*

نمی‌شود بلکه خصوصیات سازه را مدنظر قرارداده و سعی در برقراری آن خصوصیات می‌شود. روش غیرمستقیم را همچنین به عنوان روش معیار بهینگی[۱] بیان می‌کنند. روش فوق از دو قسمت اساسی تشکیل می‌شود بخش اول شامل شرط معیار بهینگی می‌باشد که ممکن است به صورت ریاضی بیان شود مانند شرط یکنواختی چگالی انرژی کرنشی در سازه. بخش دوم شامل محاسبات مسئله است که به منظور برقراری معیار بهینگی به کار می‌رود. / ۱۷ و ۱۵ /

۱-۲-۲- روشهای تحلیلی

از این روشها در بهینه‌سازی سازه‌های ساده که دارای متغیرهای طراحی گسسته[۲] و یا پیوسته[۳] می‌باشند استفاده می‌شود. از این روشها بیشتر برای مطالعه آرایش و شکل هندسی سازه براساس حساب تغییرات[۴] استفاده می‌شود. البته استفادهٔ عملی از آنها دریافتن شکل و یا ابعاد یک سازه در صورتی میّسر است که سازه فوق دارای شرایط انتهایی مشخص و همچنین بارگذاری ساده باشد در تحلیل مسائل بهینه‌سازی با این روش، طرح سازه با تعدادی تابع مجهول آغاز شده و شکل اصلی این توابع پیدا می‌شود. / ۱۷ /

۱-۳- الگوی مسئلهٔ بهینه سازی

نخستین گام در حل هر مسئلهٔ بهینه‌سازی ارائه یک الگوی مناسب از طرح مورد نظر می‌باشد. این الگو با در نظر گرفتن کلیهٔ ویژگیهای مورد نظر باید به گونه‌ای باشد که بتواند نحوه رفتار سازه را در برابر بارهای وارده بیان نموده و ضوابط مورد نیاز را برای رسیدن به طرح مناسب دارا باشد. یک مسئلهٔ بهینه‌سازی که شامل تابع هدف[۵] و متغیرهای طراحی و نیز محدودیتهای طراحی می‌باشد را، می‌توان به شکل مجموعه‌ای از معادلات و یا نامعادلات بیان کرد. هدف یافتن متغیرهای طراحی $\{X\}$ است به گونه‌ای که شرایط زیر برقرار گردد. / ۱۵ /

---

1. *Optimaly Creteria (oc).*
2. *Discrete variable.*
3. *Continuous Variable.*
4. *Calculus of variations.*
5. *Objective function.*

$$\text{تابع هدف :} \quad f(\underline{X}) \qquad (۱-۱)$$

$$\text{محدودیتها :} \quad g_j(\underline{X}) \le ۰ \qquad j = ۱,\ldots, m$$

$$h_i(\underline{X}) = ۰ \qquad i = ۱,\ldots, P$$

$$X_k^L \le X_k \le X_K^u \qquad K = ۱,\ldots, n$$

در روابط بالا $f(\underline{X})$ تابع هدف، $g_i(\underline{X})$, $h_i(\underline{X})$ به ترتیب، محدودیتهای مساوی و نامساوی[۱] و رابطهٔ آخر شرایط مرزی می‌باشند و $\{\underline{X}\}$ یک بردار n بعدی از متغیرهای طراحی است. لزومی ندارد که تعداد متغیرهای n و تعداد محدودیتهای m و P ارتباطی با هم داشته باشند. مسئله‌ای که علاوه بر تابع هدف دارای یک محدودیت باشد مسئلهٔ بهینه‌سازی مقید[۲] گویند و مسئله‌ای که فاقد محدودیت باشد مسئله بهینه‌سازی نامقید گویند که به شکل زیر بیان می‌گردد.

$$\text{تابع هدف :} \quad f(\underline{X}) \qquad (۲-۱)$$

$$x_k^L \le X_k \le X_L^u \qquad ; i = ۱,\ldots, n$$

۱-۳-۱- متغیرهای طراحی

یک طرح بوسیله مجموعه‌ای از پارامترها توصیف می‌شود که این پارامترها به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول: مقادیر ثابت که در حین طراحی تغییر نمی‌کنند مثل مشخصات مکانیکی یک خرپای فلزی و دسته دوم: پارامترهایی هستند که در حین طراحی می‌توانند تغییر کنند مثل سطح مقطع اعضاء یک خرپا که به آنها متغیرهای طراحی[۳] گویند. / ۴ / متغیرهای طراحی را می‌توان به دو نوع پیوسته و گسسته تقسیم کرد. متغیرهای پیوسته تمام مقادیر موجود در یک محدوده معین را شامل می‌گردند ولی متغیرهای ناپیوسته تنها مقادیر خاصی را انتخاب می‌کنند. حل مسایل بهینه‌سازی با متغیرهای گسسته[۴] مشکل‌تر از حل مسائل با متغیرهای پیوسته[۵] می‌باشد. از نظر فیزیکی متغیرهای یک مسئلهٔ بهینه‌سازی سازه‌ای، به شرح زیر تقسیم می‌شوند. / ۱۷ /

---

1. *Equality constraint.*
2. *Constrainted optimization problem.*
3. *Design variable.*
4. *Discrete variable.*
5. *Continuous variable.*

۱- متغیر طراحی نوع مصالح

این نوع متغیرها به دو صورت در مسئله بهینه‌سازی وارد می‌شوند. در حالت اول، نوع مصالح باید از بین چندین نوع مختلف انتخاب شوند. به این صورت که مسئلهٔ بهینه‌سازی را برای هر یک از انواع مصالح حل کرده و با مقایسه نتایج حاصله بهترین نوع مصالح انتخاب شوند. در حالت دیگر، ترکیبی از مصالح استفاده می‌شوند که باید عوامل مختلف ترکیب کنندهٔ این نوع مصالح به شکل محدودیتهایی در مسئلهٔ بهینه‌سازی وارد شوند.

۲- متغیر طراحی‌شکل یا هندسه‌سازه

متغیرهای طراحی شکل سازه انواع مختلف دارند، از بین آنها می‌توان به مختصات تمامی یا تعدادی ازگره‌ها، محل تکیه‌گاه در یک سازه خرپایی اشاره نمود. این نوع متغیر دارای ماهیتی پیوسته می‌باشد ولی با توجه محدودیتهای اجرایی از قبیل نصب، به صورت گسسته نیز می‌تواند در نظرگرفته شود.

۳- متغیر طراحی توپولوژی سازه

بهینه‌سازی توپولوژی[1] یک سازه، وجود یا عدم داشتن یک عضو را در سازه بررسی می‌کند. در یک خرپا می‌توان محل گره‌ها را ثابت فرض کرد ولی تعداد و محل عضوها را متغیر در نظرگرفت و یا گاهی محل و تعداد تکیه‌گاهها را به عنوان متغیرهای طراحی در نظرگرفت. البته بعضی مواقع به دلایلی مثل کمانش عضو، طول عضو نمی‌تواند از مقدار معینی کمتر باشد که در این موارد وجود یا عدم وجود یک عضو در سازه بوسیله مقادیر ۰ و یا ۱ مشخص می‌شود که ۱ به منزله وجود عضو و ۰ نشانگر عدم وجود عضو در سازه می‌باشد و در واقع متغیر توپولوژی[2] سازه ماهیتی گسسته دارد. *[۴]*

۴- متغیر طراحی اندازه

ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع متغیرهای طراحی، ابعاد مقطع عرضی اعضاء است که از ماهیتی گسسته

---

1. Topology optimization. *2. Boolean variable.*