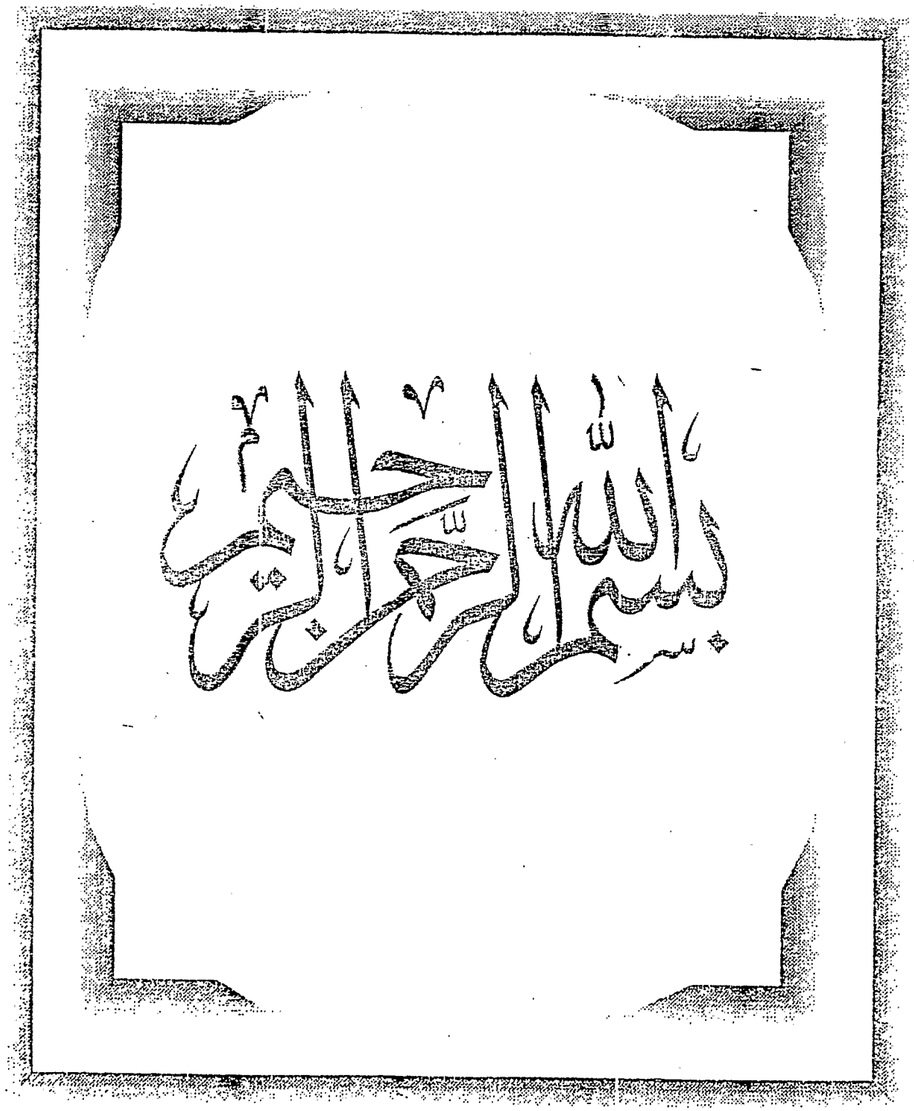
بسم الله الرحمن الرحيم

٤١٩١٩

۱۳۸۱ /۷/ ۱۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی ـ بخش مهندسی عمران

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته

مهندسی عمران ـ سازه‌های هیدرولیکی

تحت عنوان:

طرح بهینه پایه سکوهای ثابت دریایی با روش اصلاح شده وراثتی

نگارش: کورش لطفی

استاد راهنما: دکتر عیسی سلاجقه

شهریور ۸۰

(ب)
۴۱۹۸۹

بسمه تعالی

این پایان‌نامه

به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد

به

بخش مهندسی عمران دانشکده فنی دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور

شناخته نمی‌شود.

دانشجو: کورش لطفی **امضاء**

استاد راهنما: آقای دکتر عیسی سلاجقه

داور ۱: آقای دکتر فدائی

داور ۲: آقای دکتر ایرانمنش

دانشگاه شهید باهنر
کرمان
اداره تحصیلات تکمیلی

تقدیم به خانواده عزیزتر از جانم:

پدر فداکار

،

مادر مهربان

و

برادر عزیزم

تشکر و قدردانی:

با سپاس از رحمت خداوندی که نعمت آموختن را به من ارزانی داشت. حال که نگارش این تحقیق به پایان رسیده است بر خود واجب می‌دانم که از اساتید محترم و تمامی دوستان عزیز که مرا در این امر یاری نمودند تشکر و قدردانی نمایم.

از استاد بزرگوار جناب آقای دکتر سلاجقه که زحمت راهنمایی بنده را قبول فرموده و همواره در این راه از هیچ کمکی دریغ ننمودند کمال تشکر را دارم. همچنین از اساتید محترم آقایان دکتر فدایی و دکتر ایرانمنش که قبول داوری فرموده و این تحقیق را مورد بررسی قرار دادند، بسیار سپاسگزارم.

در پایان از ریاست محترم بخش و تمام اساتید محترم که در این مدت از محضر ایشان کسب فیض نمودم و کلیه دوستان عزیزم از جمله آقایان مهندس محجوب و باقری بسیار متشکرم و آرزوی موفقیت ایشان را در تمام مراحل زندگی خواستارم.

چکیده

طرح بهینه سازه‌ها عبارت است از تعیین متغیرهای طراحی با روشی معین، بطوریکه وزن سازه حداقل شود و همزمان تمام قیود طراحی برقرار باشند. در این نوشتار، متغیرهای طراحی سطح مقطع اعضا هستند که از بین یک دسته مقادیر معلوم (متغیرهای گسسته) انتخاب می‌شوند. قیود طراحی محدود به تنش اعضا و تغییر مکان گره‌ها می‌باشند. مسئله طرح بهینه، به شکل یک مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی ریاضی مطرح می‌شود و حل آن به کمک روش الگوریتم وراثتی اصلاح شده، به دست می‌آید. الگوریتم وراثتی قابلیت یافتن جواب بهینه مطلق (کلی) را دارد. این الگوریتم، روش مطمئنی به منظور طرح بهینه سازه‌ها می‌باشد و احتیاجی به مشتقات توابع مورد نظر ندارد.

ماهیت احتمالاتی (تصادفی) الگوریتم وراثتی استاندارد، همگرایی روش را کند می‌نماید. این امر از آنجایی ناشی می‌شود که احتمالات کنترل برای برخی عملگرهای الگوریتم وراثتی؛ مانند پیوند و جهش، در طول روند بهینه‌سازی ثابت فرض می‌شوند. در این نوشتار، با هماهنگ شدن پارامترهای کنترل و روند اجرای برنامه، عملکرد الگوریتم اصلاح می‌شود. این هماهنگی با استفاده از برخی ویژگی‌های روش شبیه سازی بازپخت فلزات، به دست می‌آید. تعدادی از این قوانین تطبیقی که نتایج آنها در همگرایی الگوریتم وراثتی تأثیرگذار است، بر اساس روش شبیه‌سازی بازپخت فلزات، مختصراً شرح داده می‌شود.

جنبه دیگر الگوریتم وراثتی، بالا بودن حجم محاسبات، طی روند اجرای الگوریتم است. برای بعضی مسائل مانند پایه سکوهای ثابت دریایی که درجات آزادی بالایی دارند، تحلیل سازه عملی بسیار وقت‌گیر است، از اینرو انجام طراحی بهینه بسیار ناکارآمد خواهد شد. به منظور چیرگی بر این مشکل، توابع مورد بررسی (وزن سازه و قیود مربوطه) به کمک روش

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

سطح پاسخ، تقریب زده می‌شوند. سطح پاسخ، تابع تقریب کلی است و در این نوشتار تابع چند جمله‌ای درجه دوم به این منظور استفاده می‌گردد. با معرفی این روش تقریبی، دیگر در جریان روند بهینه‌سازی، نیاز به تحلیل سازه نخواهد بود. بنابراین روشی کارآمد به منظور طرح بهینه پایه سکوهای ثابت دریایی معرفی می‌شود.

در این نوشتار، جزئیات ترکیب الگوریتم بهینه‌سازی با روش تقریب‌سازی بررسی، و یک مثال عددی برای پایه سکوهای ثابت دریایی ارائه می‌گردد. همچنین همگرایی روش پیشنهادی با الگوریتم وراثتی استاندارد مقایسه می‌شود.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول- مسائل بهینه‌سازی	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- مسائل بهینه‌سازی	٤
۱-۳- روش‌های متعارف بهینه‌سازی	٦
۱-٤- روش‌های بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت	۹
فصل دوم- الگوریتم وراثتی	۱۳
۲-۱- مقدمه	۱٤
۲-۲- الگوریتم وراثتی ساده	۱۷
۲-۲-۱- معرفی الگوریتم	۱۷
۲-۲-۲- چگونگی عملکرد الگوریتم	۲۱
۲-۲-۳- نمودار گردشی الگوریتم وراثتی ساده	۳۱
۲-۲-٤- همگرایی الگوریتم	۳۱
۲-۳- بهسازی الگوریتم وراثتی	۳٤
۲-۳-۱- تعیین پارامترهای الگوریتم وراثتی	۳٤
۲-۳-۲- روش‌های تبدیل تابع هدف به تابع برازندگی	۳٦
۲-۳-۳- شیوه‌های سنجش میزان برازندگی	۳۸
۲-۳-٤- روش‌های انتخاب	۳۸
۲-۳-۵- روش‌های پیوند	٤۲

۲-۳-٦- معیار همگرایی ٤٤

۲-۳-۷- افزایش ضریب تابع جریمه ٤٥

فصل سوم- ترکیب الگوریتم وراثتی و شبیه‌سازی بازپخت فلزات ٤۷

۳-۱- مقدمه ٤۸

۳-۲- معرفی الگوریتم شبیه‌سازی بازپخت فلزات ٥۱

۳-۳- چگونگی عملکرد الگوریتم ٥۷

۳-٤- الگوریتم وراثتی- شبیه‌سازی بازپخت فلزات (GA-SA) ٥۸

۳-٥- بهینه‌سازی خرپاها ٦۰

فصل چهارم- روش‌های تقریبی ۷۲

٤-۱- مقدمه ۷۳

٤-۲- روش سطح پاسخ ۷٤

٤-۳- ترکیب روش سطح پاسخ با الگوریتم بهینه‌سازی ۷۷

٤-٤- تقریب‌سازی مسئله بهینه‌سازی وزن خرپا ۷۹

فصل پنجم- طراحی سکوهای ثابت دریایی ۸۸

٥-۱- مقدمه ۸۹

٥-۲- سکوهای ثابت دریایی (شابلونی) ۹۰

٥-۳- بررسی اصول طراحی و محاسبه سکوهای شابلونی ۹۱

٥-۳-۱- آئین‌نامه‌های طراحی ۹۱

٥-۳-۲- داده‌های عملیاتی در طراحی ۹۳

٥-۳-۳- داده‌های محیطی در طراحی ۹٤

۵-۳-٤- شرایط خاک و محل نصب سکو ۹٦

۵-۳-۵- تعاریف نیروها و بارهای وارده بر سکو ۹۷

۵-٤- محاسبه بارها ۹۹

۵-٤-۱- نیروی باد ۹۹

۵-٤-۲- امواج سطح دریا ۱۰۱

۵-٤-۳- تئوری موج استوکس ۱۰۲

۵-٤-٤- کاربرد تئوری‌های موج ۱۰۷

۵-٤-۵- نیروی موج بر شمع قائم ۱۰۸

۵-٤-٦- نیروی ناشی از تئوری استوکس ۱۱۱

۵-٤-۷- نیروی موج بر شمع مایل ۱۱۳

۵-٤-۸- بیشینه نیروی موج بر سکوی دریایی ۱۱٦

۵-٤-۹- نیروهای گرهی ناشی از موج ۱۱۷

۵-٤-۱۰- نیروهای شناوری ۱۱۸

۵-٤-۱۱- نیروی ناشی از جریان آب ۱۲۱

۵-۵- طراحی سازه فلزی سکو ۱۲۳

۵-۵-۱- تنش‌های اصلی ۱۲۳

۵-۵-۲- عملکرد سازه‌ای اعضای استوانه‌ای فلزی ۱۲۳

فصل ششم- طرح بهینه پایه سکوی ثابت ۱۲۷

٦-۱- مشخصات سکو ۱۲۸

٦-۲- شکل و ابعاد جاکت ۱۲۸

٦-٣- محاسبه پریود طبیعی سازه ١٣٢
٦-٤- محاسبه طول حوزه تأثیر مؤثر باد ١٣٤
٦-٥- محاسبه ارتفاع و زمان تناوب موج ١٣٧
٦-٦- یافتن ضرایب هیدرودینامیکی ١٣٨
٦-٧- محاسبه نیروهای وارده بر سکو ١٤٠
٦-٧-١- نیروی موج و جریان آب ١٤٠
٦-٧-٢- نیروی وزن و شناوری ١٤٨
٦-٧-٣- محاسبه بارها ١٥٠
٦-٨- طرح بهینه پایه سکو ١٥٦
٦-٨-١- تعریف مسئله ١٥٦
٦-٨-٢- بهینه‌سازی به کمک الگوریتم وراثتی ١٦٠
٦-٨-٣- بهینه‌سازی به کمک الگوریتم ترکیبی وراثتی و شبیه‌سازی بازپخت فلزات ١٦٢
٦-٨-٤- بهینه‌سازی به کمک الگوریتم ترکیبی و استفاده از روش تقریبی ١٦٤
نتایج و پیشنهادات ١٦٦
مراجع ١٦٨

ضمائم- برنامه‌های رایانه‌ای ١
برنامه Stokes5 ٢
برنامه Max pile-force ٨

برنامه Wave-force	۲۱
برنامه Jacket1	۳۲
برنامه Jacket2	۵۵

فصل اول

مسائل بهینه‌سازی

۱-۱- مقدمه

در بسیاری از مسائل مهندسی و علوم، معمولاً با تابع هزینه و یا سود، و یا به عبارت کلی‌تر با تابع هدفی [۱] روبرو هستیم که می‌خواهیم با بهینه کردن مقدار آن، عملکرد یک سامانه را بهینه نماییم. در زمینه مهندسی عمران به دنبال بوجود آوردن طرحی هستیم که در برابر نیازهای مورد نظر و شرایط اعمالی، بیشترین کارایی را داشته باشد. در روشهای بهینه‌سازی سازه‌ها، این عمل معادل با تعیین گروهی از متغیرهای طراحی است که بر حسب بارهای اعمال شده، قیدها و پارامترهای از پیش تعیین شده، موجب کمینه یا بیشینه شدن تابع هدف می‌گردند. پارامترهای از پیش تعیین شده مقادیر ثابتی هستند که در خلال فرایند بهینه‌سازی تغییر نمی‌کنند. متغیرهای طراحی نیز مقادیری را شامل می‌شوند که در فرایند بهینه سازی تغییر می‌کنند و این تغییرات منجر به یافتن جواب بهینه می‌گردد.

مسائل بهینه‌سازی با روش‌های متفاوتی مورد تحلیل قرار می‌گیرند. این روش‌ها شامل شیوه‌های تحلیلی نظیر حساب تغییرات [۲]، حساب دیفرانسیل [۳]، روش مضارب لاگرانژ [۴] و شیوه‌های عددی [۵] مانند برنامه‌ریزی خطی [۶]، روش‌های جستجوی مستقیم [۷]، روش‌های مبتنی بر گرادیان [۸]، روش‌های تابع جریمه [۹]، روش‌های دوگانه [۱۰] و روش‌های معیار بهینگی [۱۱] می‌باشند [۱].

---

۱. *Objective function*
۲. *Calculus of variation*
۳. *Differential calculus*
٤. *Lagrange multipliers*
٥. *Numerical techniques*
٦. *Linear programming*
۷. *Direct search methods*
۸. *Gradient based methods*
۹. *Penalty function methods*
۱۰. *Dual methods*
۱۱. *Optimality criteria methods*

هر یک از شیوه‌های تحلیلی و عددی ذکر شده که در بخش‌های بعد بیشتر به آن خواهیم پرداخت، محدودیت‌های خاص خود را دارند. برای مثال اگرچه از شیوه‌های تحلیلی، پاسخ‌های دقیقی می توان به دست آورد، ولی فقط در مسائل ساده‌ای که مقید نیستند و یا قیدهای مساوی دارند، قابل استفاده هستند. بیشتر این روش‌ها با رسیدن به بهینه محلی[۱] (نسبی) متوقف می‌شوند و قادر به یافتن بهینه کلی[۲] (مطلق) نمی‌باشند. از طرف دیگر، شیوه‌های عددی را می‌توان در گستره وسیعی از مسائل بکار برد. در همهٔ این روش‌ها از یک جواب اولیه شروع کرده و با روش‌های تکراری، جواب نهایی را جستجو می‌کنیم. بجز حالتی که فضای طراحی محدب[۳] است، هیچ تضمینی برای رسیدن روش‌های بهینه سازی عددی به پاسخ بهینه وجود ندارد.

یکی دیگر از اشکالات روش‌های بهینه‌سازی عددی این است که تابع هدف و محدودیت‌ها باید دقیقاً بر حسب متغیرهای طراحی تعیین شوند. در سازه‌های واقعی، گاهی تعیین دقیق تابع هدف و محدودیت‌ها بر طبق رابطه مشخصی بر حسب متغیرهای طراحی غیر ممکن است. در اینگونه موارد معمولاً روش‌های تقریبی[۴] را بکار می‌بندیم که از بسط دنبالهٔ تیلور[۵] استفاده می‌کنند و بوسیله آن می‌توان یک فرمول‌بندی مشخصی برای مسئله بدست آورد.

مشکل دیگری که در مورد روشهای بهینه‌سازی عددی مطرح می‌شود این است که، بسیاری از چنین الگوریتم‌هایی فقط برای متغیرهای پیوسته کاربرد دارند. متغیرهای گسسته به صورت پیوسته در نظر گرفته می‌شوند و فقط پس از بدست آوردن پاسخ بهینه، چنین

---

۱. *Local optimum*
۲. *Global optimum*
۳. *Convex design space*
٤. *Approximation techniques*
٥. *Taylor series expansions*