

بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی

Multidisciplinary Design Optimization

مؤلفین:

دکتر مسعود ابراهیمی

استادیار دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه تربیت مدرس

دکتر جهانگیر جدی

استادیار دانشکده مهندسی مکانیک

تحت نظر:

دکتر جعفر روشنی‌یان

استاد دانشکده هوافضا، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی



شماره ۴۷۸

سرشناسه: ابراهیمی، مسعود، ۱۳۶۰-

عنوان و نام پدیدآور: هینه سازی طراحی چند موضوعی = Multidisciplinary design optimization / مولفین: مسعود ابراهیمی، جهانگیر جدی؛ تحت نظر جعفر روشنی یان. مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۹۸. مشخصات ظاهری: ۲۰۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.

شابک: 978-622-6655-34-7

وضعیت فهرست نویسی: فیا

یادداشت: کتابخانه: ۱۹۴ - ۲۰۲.

موضوع: بهینه سازی طراحی چندرشته ای

موضوع: طراحی مهندسی

موضوع: بهینه سازی ریاضی

موضوع: مهندسی محیط زیست

شناسه افزوده: جدی، جهانگیر، ۱۳۰۰-

شناسه افزوده: روشنی یان، جعفر، ۱۳۰۰-

رده بندی کنگره: TA۱۷۴

رده بندی دیویی: ۶۵۸/۴۰۳۸۰۱۱

شماره کتابشناسی ملی: ۵۹۷۱۱۶۶

press.kntu.ac.ir



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

نام کتاب: بهینه سازی طراحی چند موضوعی

مؤلفان: دکتر مسعود ابراهیمی و دکتر جهانگیر جدی

زیر نظر: دکتر جعفر روشنی یان

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: آذرماه ۱۳۹۸

تیراژ: ۲۰۰ جلد

ویرایش: گروه ویراستاری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

قیمت: ۵۳۰۰۰ تومان

چاپ و لیتوگرافی: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

صحافی: گرنامی

تمام حقوق برای ناشر محفوظ است

خیابان میرداماد غربی - شماره ۴۷۰ - انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲

میدان ونک - خیابان ولی عصر (عج) - بالاتر از چهارراه میرداماد - شماره ۲۶۲۶ - مرکز پخش و فروش انتشارات

تلفن: ۸۸۷۷۲۲۷۷ رایانامه: press@kntu.ac.ir - تارنما (فروش برخط): press.kntu.ac.ir

پیشگفتار

بهینه‌سازی طراحی چند موضوعی یک فرآیند مدرن طراحی است که تأثیرات متقابل چندین موضوع مهندسی را به طور همزمان لحاظ می‌نماید تا جواب‌های بهتر و اثربخش‌تری در حین طراحی یک سیستم پیچیده ارائه نماید.

روش بهینه‌سازی، طراحی چندموضوعی را از اتصالات سیون طراحی سرعت بالای رایانه‌ها را به کمک هوش و نوع انسان‌ها می‌آورد. با این کار چه بهایی مطابق نیاز مشتری و در عین حال بهینه در زمان بسیار کوتاه‌تری نسبت به روش‌های مرسوم به دست می‌آید. این روش به طراحان اجازه می‌دهد تا مطالعات گزینه‌سنجی را در یک طیف گسترده و با سرعت و دقت بسیار بالا انجام دهند. خروجی این روش نوین طراحی، طرح بهینه‌ای خواهد بود که برای کارشناسان همه موضوعات دخیل در طراحی سیستم مورد نظر قابل قبول است.

روش بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی اولین بار در سال ۱۹۹۰ توسط مهندسين هوافضا و برای طراحی سیستم‌های پیچیده هوافضایی نظیر هواپیما و ماهواره با به‌کار بردن وجود نهاد؛ ولی به دلیل مزایای متعدد آن به سرعت در حوزه‌های دیگر نظیر مهندسی عمران به منظور طراحی انواع ابنیه، طراحی وسایل حمل و نقل نظیر کشتی، قطار، خودرو، طراحی مدارات الکترونیک، طراحی لوازم خانگی و ... نیز به کار گرفته شد.

روش بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی به عنوان یک حوزه میان رشته‌ای در طی سه دهه اخیر به سرعت مورد توجه مجامع تحقیقاتی و صنعتی در کشورهای مختلف قرار گرفته و توسعه یافته است. تشکیل انجمن‌های علمی، برگزاری کنفرانس‌های تخصصی، چاپ مجلات تخصصی، ایجاد کرسی‌های دانشگاهی و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در دانشگاه‌های مطرح دنیا و دفاتر ویژه در ناسا،

بویینگ، ایرباس، وزارت دفاع آمریکا و تعریف چندین پروژه کلان در زمینه بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی از جمله این وقایع است.

متأسفانه در ایران روش‌های طراحی به طور عام و روش بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی به طور ویژه مورد غفلت بوده و هست. در این میان در سال ۱۳۸۲ استاد ارجمند جناب آقای دکتر جعفر روشنی‌یان در دانشکده هوافضای دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی با درک صحیح از فضای تحقیقاتی دنیا و همچنین شناخت درست از نیازهای آتی صنعت کشور اقدام به تأسیس و راهبری آزمایشگاه تحقیقاتی بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی به عنوان اولین و تنها مرکز تحقیقاتی در زمینه مذکور نمود. این آزمایشگاه به همت آقای دکتر روشنی‌یان تاکنون دارای کارنامه موفقی بوده است. از جمله فعاله‌های این آزمایشگاه می‌توان موارد زیر را نام برد:

- تأسیس بانک الکترونیک مقالات و کتب در زمینه بهینه‌سازی طراحی چند موضوعی
- ایجاد بانک اطلاعاتی از اکثر دانشگاهی و صنعتی فعال در زمینه بهینه‌سازی طراحی چند موضوعی و رسیدن ارهای تحقیقاتی حال و آینده
- ایجاد بانک نرم‌افزاری از نرم‌افزار مرتبط با بهینه‌سازی طراحی چند موضوعی
- انجام چندین پروژه تحقیقاتی در زمینه بهینه‌سازی طراحی چند موضوعی
- انجام چندین عنوان پایان‌نامه کارشناسی ارشد و رساله دکتری
- چاپ بیش از ۱۵ عنوان مقاله در مجلات معتبر ۲۰ عنوان مقاله در کنفرانس‌های معتبر ملی و بین‌المللی

ما مؤلفان به عنوان اولین دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری تحت راهنمایی جناب آقای دکتر روشنی‌یان در حوزه بهینه‌سازی طراحی چند موضوعی با توفیق و حمایت ایشان برآن شدیم تا تجربه انباشته موجود را در قالب این کتاب به جامعه علمی کشور عرضه نماییم.

فصل اول کتاب پس از بررسی سیر تحول طراحی در یک قرن گذشته به معرفی مفاهیمی نظیر طراحی چندموضوعی و بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی می‌پردازد. در ادامه این فصل به ضرورت استفاده از این روش طراحی مدرن در طراحی محصولات مختلف پرداخته شده و نمونه‌هایی از کاربردهای آن در سطح جهان مطرح می‌گردد. نحوه چیدمان موضوعات طراحی نسبت به یکدیگر و همچنین نحوه ارتباط آنها با الگوریتم بهینه‌ساز از جمله موارد مهم در بهینه‌سازی طراحی چند-موضوعی است که در فصل دوم به آنها پرداخته شده‌است. در این فصل همچنین بعضی از نرم‌افزارهای مورد استفاده در این حوزه از طراحی معرفی شده‌اند. فصل سوم به تشریح زمینه‌های تحقیقاتی در حوزه بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی، نظیر طراحی آزمایش، مدل‌های جایگزین و طراحی بر مبنای

عدم قطعیت اختصاص دارد. در فصل چهارم انواع روش‌های بهینه‌سازی کلاسیک و تکاملی، نامقید و مقید، تک‌هدفی و چندهدفی و ... توضیح داده شده‌اند. در نهایت در فصل پنجم یک مطالعه موردی در خصوص طراحی یک ماهواره بر که حاصل کارهای تحقیقاتی نویسندگان می‌باشد، انجام شده‌است. در این فصل جزئیات طراحی یک ماهواره بر دو مرحله‌ای سوخت جامد از روش بهینه‌سازی طراحی چند موضوعی تشریح می‌شود.

اگر چه کتاب به واسطه زمینه کاری نگارندگان آن نیم نگاهی به حوزه هوافضا دارد؛ ولی سعی شده است مطالب به ویژه در چهار فصل اول به صورت عمومی بیان شود تا برای خوانندگان از سایر حوزه‌های مهندسی نیز قابل بهره‌برداری باشد. گزینش مطالب کتاب به گونه‌ای بوده که محققین را با این حوزه جدید آشنا نماید و ارجاعات مناسب برای بهره‌برداری تخصصی نیز انجام شده است. از آنجا که کتاب حاضر نخستین تجربه نویسندگان و اولین کتاب در حوزه بهینه‌سازی طراحی چند موضوعی بوده قطعاً بسیاری از اشکال نیست؛ از خوانندگان گرامی درخواست می‌شود نظرات اصلاحی خود را از نویسندگان دریغ ندارد. و ایشان را در برداشتن گام‌های بلندتر بعدی یاری نمایند.

در پایان مجدداً و موکداً راتب سپاس خود را از استاد فرزانه جناب آقای دکتر روشنی‌یان که با در اختیار گذاشتن امکانات آزمایشگاه رسم خطوط کلی نگارش کتاب، پاسخگویی به سؤالات مکرر در خصوص مطالب با صبر و حوصله بی‌شمار، زبانی و بازبینی متن نهایی بر غنای کتاب افزودند؛ اعلام می‌داریم. همچنین از آقایان دکتر علی‌اسغر بطالبی و محمدرضا فرمانی و دیگر دانشجویان تحت راهنمایی آقای دکتر روشنی‌یان و همکاران آزمایشگاه، تسهیلاتی بهینه‌سازی طراحی چند موضوعی، که در تهیه بخشی از مطالب کتاب ما را یاری رساندند، قدردانی می‌نماییم.

مسعود ابراهیمی، جهانگیر جدی

آبان ماه ۱۳۹۸

فهرست مطالب

۷	پیشگفتار
۲۷	فصل اول
۲۷	مقدمه‌ای بر بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی
۲۹	۱-۱ مقدمه
۲۹	۲-۱ سیر تحول روشهای طراحی
۳۴	۳-۱ طراحی چندموضوعی
۳۵	۱-۲-۱ ضرورت استفاده از طراحی چندموضوعی
۳۸	۱-۳-۱ به بازی طراحی چندموضوعی
۴۱	۳-۳-۱ توسعه بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی
۴۲	۴-۳-۱ کاربرد روش بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی
۴۷	فصل دوم
۴۷	ساختارهای بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی
۴۹	۱-۲ مقدمه
۵۱	۲-۲ طبقه‌بندی فرمولاسیون بهینه‌سازی طراحی چند موضوعی
۵۲	۱-۲-۲ روشهای یک سطحی
۵۶	۲-۲-۲ روشهای چندسطحی
۶۲	۳-۲ نرم‌افزارهای مرتبط با بهینه‌سازی طراحی چند موضوعی
۶۷	فصل سوم
۶۷	مروری بر بهینه‌سازی عددی
۶۹	۱-۳ مقدمه
۷۱	۲-۳ بهینه‌سازی تک متغیره (جستجوی خطی)
۷۲	۱-۲-۳ بهینه‌سازی نامقید همراه با یک متغیر حقیقی پیوسته
۷۴	۲-۲-۳ بهینه‌سازی همراه با یک متغیر گسسته
۷۵	۳-۲-۳ بهینه‌سازی همراه با یک متغیر غیر عددی
۷۶	۳-۳ بهینه‌سازی چند متغیره
۷۷	۱-۳-۳ روشهای جمعیتی در مقابل روشهای تک نقطه‌ای
۷۸	۲-۳-۳ روشهای بر اساس مشتق

۸۲.....	۳-۳-۳ مقادیر تابع تقریب - توابع اغتشاشی
۸۳.....	۴-۳-۳ روشهای غیر مشتقی
۹۴.....	۵-۳-۳ معیارهای همگرایی و توقف الگوریتم‌ها
۹۶.....	۴-۳ بهینه‌سازی مقید
۹۷.....	۱-۴-۳ تبدیل مسأله
۹۸.....	۲-۴-۳ ضرایب لاگرانژ
۱۰۰.....	۳-۴-۳ روش جهت‌های قابل قبول
۱۰۰.....	۴-۴-۳ روش‌های تابع جریمه
۱۰۲.....	۵-۴-۳ ترکیب روشهای تابع جریمه و لاگرانژ
۱۰۳.....	۶-۴-۳ برنامه‌ریزی رجه دو متوالی
۱۰۳.....	۵-۳ بهینه‌سازی چند-هدفی
۱۰۴.....	۱-۵-۳ تعاریف ریاضی بهینه‌سازی
۱۰۶.....	۲-۵-۳ روش‌های تحسین ضابطه وزنی چند هدفی
۱۰۷.....	۳-۵-۳ الگوریتم‌های مجموعه پارتو
۱۰۸.....	۴-۵-۳ روش‌های ترکیب توابع هدف، مطلق‌سازی و برنامه‌سازی فیزیکی
۱۰۸.....	۵-۵-۳ تعادل نش
۱۰۹.....	۶-۳ روش‌های ترکیبی و فرا ابتکاری
۱۱۱.....	فصل چهارم
۱۱۱.....	حوزه‌های پژوهشی جدید در بهینه‌سازی طراحی چندمنحرفی
۱۱۳.....	۱-۴ مقدمه
۱۱۴.....	۲-۴ مدل‌های جایگزین
۱۱۴.....	۱-۲-۴ روش سطح پاسخ
۱۱۵.....	۲-۲-۴ روش فرامدل‌سازی
۱۱۹.....	۳-۴ طراحی بر مبنای عدم قطعیت
۱۲۵.....	۱-۳-۴ تعریف عدم قطعیت
۱۲۷.....	۲-۳-۴ دسته‌بندی عدم قطعیت
۱۳۱.....	۳-۳-۴ منابع عدم قطعیت
۱۳۲.....	۴-۳-۴ مدل‌سازی عدم قطعیت
۱۳۳.....	۵-۳-۴ اهمیت عدم قطعیت‌ها در طراحی

۱۳۷.....	۶-۳-۴ روش‌های تحلیل عدم قطعیت
۱۴۰.....	۷-۳-۴ بهینه‌سازی مقاوم
۱۴۱.....	۸-۳-۴ بهینه‌سازی بر مبنای قابلیت اطمینان
۱۴۵.....	۸-۳-۴ بهینه‌سازی طراحی نامعین، چشم انداز و چالش‌ها
۱۵۰.....	فصل پنجم
۱۵۰.....	مطالعه موردی
۱۵۰.....	(بهینه‌سازی طراحی چند موضوعی یک ماهواره‌بر)
۱۵۲.....	۱-۵ مقدمه
۱۵۲.....	۱-۵ تعریف مسئله طراحی
۱۵۲.....	۱-۲-۱ ماهواره‌بر سوخت جامد
۱۵۳.....	۲-۲-۵ بع هد
۱۵۴.....	۳-۲-۵ متدهای طراحی
۱۵۵.....	۵-۲-۵ قیود طراحی
۱۵۶.....	۴-۳-۵ پارامترهای طراحی
۱۵۷.....	۳-۵ ساختار مسئله طراحی
۱۵۷.....	۱-۳-۵ انتخاب موضوعات دخیل طراحی
۱۵۸.....	۲-۳-۵ موضوع آیرودینامیک
۱۶۰.....	۳-۳-۵ موضوع پیشرانش
۱۷۴.....	۴-۳-۵ شبیه‌سازی و بهینه‌سازی مسیر
۱۸۵.....	۵-۳-۵ سازه و وزن
۱۸۷.....	۶-۳-۵ چیدمان موضوعات طراحی
۱۸۹.....	۴-۵ نتایج بهینه‌سازی
۱۸۹.....	۱-۴-۵ بهینه‌سازی از روش‌های کلاسیک
۱۹۰.....	۲-۴-۵ بهینه‌سازی از روش‌های اتفاقی
۱۹۴.....	مراجع