

## فهرست مطالب

### فصل اول: اهمیت و جایگاه بهینه‌سازی در مهندسی ..... ۱۳

- ۱-۱- بهینه‌سازی شاخه‌ای از علم تصمیم‌گیری..... ۱۴
- ۱-۱-۱- تشخیص مسئله ..... ۱۵
- ۱-۱-۲- تعریف مسئله..... ۱۶
- ۱-۱-۳- مدل‌سازی..... ۱۷
- ۱-۱-۴- به دست آوردن جواب (حل مدل)..... ۲۰
- ۱-۱-۵- تحلیل حساسیت ..... ۲۱
- ۱-۱-۶- آزمون جواب ..... ۲۱
- ۱-۱-۷- اجرا و پیاده‌سازی..... ۲۲
- ۲-۱- پیشینه‌ی بهینه‌سازی..... ۲۳
- ۳-۱- طراحی بهینه در مهندسی..... ۲۸
- ۴-۱- ساختار یک مسئله‌ی بهینه‌سازی..... ۳۹
- ۱-۴-۱- بردار طراحی (متغیرهای تصمیم)..... ۴۰
- ۲-۴-۱- محدودیت‌های طراحی (قیود)..... ۴۱
- ۳-۴-۱- ناحیه‌ی شدنی..... ۴۲
- ۴-۴-۱- تابع هدف..... ۴۳
- ۵-۴-۱- منحنی تابع هدف (خطوط کانتور)..... ۴۵

### فصل دوم: فرآیند مدل‌سازی و تکنیک‌های پرکاربرد ..... ۴۷

- ۱-۲- فرآیند مدل‌سازی..... ۴۸
- ۲-۲- بیان مفهومی مسئله‌ی بهینه‌سازی..... ۴۹
- ۳-۲- تحلیل جواب‌های یک مسئله..... ۵۱
- ۴-۲- مدل‌سازی یک مسئله‌ی نمونه..... ۵۳
- ۵-۲- تکنیک‌ها و فنون پرکاربرد مدل‌سازی..... ۵۶
- ۱-۵-۲- محدودیت‌های از نوع تقدم و تأخر..... ۵۷
- ۲-۵-۲- تصمیمات بله یا خیر..... ۵۸
- ۳-۵-۲- محدودیت‌های این یا آن..... ۵۹

- ۶۰-۴-۵-۲- انتخاب  $K$  محدودیت از  $N$  محدودیت .....
- ۶۳-۵-۵-۲- متغیرها و توابع با  $N$  مقدار ممکن .....
- ۶۴-۶-۵-۲- تصمیمات مشروط و گزینه‌های دو به دو ناسازگار .....
- ۶۷-۷-۵-۲- اتصال محدودیت‌ها و تابع هدف .....
- ۷۰-۸-۵-۲- توابع خطی تکه‌ای .....
- ۷۲-۹-۵-۲- تقریب توابع غیرخطی .....
- ۷۴-۱۰-۵-۲- حاصلضرب متغیرهای باینری .....
- ۷۵-۱۱-۵-۲- برنامه‌ریزی کسری .....
- ۷۹-۱۲-۵-۲- متغیرهای آزاد در علامت .....
- ۸۰-۱۳-۵-۲- تغییر ماهیت تابع هدف و جهت محدودیت‌ها .....
- ۸۳-۱۴-۵-۲- قدر مطلق .....
- ۸۷-۱۵-۵-۲- تابع هدف مینیماکس minimax .....
- ۸۸-۱۶-۵-۲- تابع هدف ماکسیمین maximin .....
- ۸۹-۱۷-۵-۲- محدودیت با کران بالا و پایین .....
- ۹۰-۱۸-۵-۲- محدودیت احتمالی .....
- ۹۴-۱۹-۵-۲- متغیر با مقادیر ناپیوسته .....
- ۹۶-۲۰-۵-۲- هزینه‌های ثابت .....
- ۹۸-۲۱-۵-۲- گزاره‌های منطقی .....
- ۹۹-۲۲-۵-۲- حداقل برای چند متغیر پیوسته .....
- ۱۰۰-۲۳-۵-۲- حداکثر برای چند متغیر پیوسته .....
- ۱۰۱-۲۴-۵-۲- حداقل برای چند متغیر باینری .....
- ۱۰۲-۲۵-۵-۲- حداکثر برای چند متغیر باینری .....
- ۱۰۲-۲۶-۵-۲- حاصلضرب متغیر باینری و پیوسته .....
- ۱۰۲-۲۷-۵-۲- نمایش متغیر عدد صحیح توسط متغیرهای باینری .....

فصل سوم: دسته‌بندی جامع مسائل بهینه‌سازی ..... ۱۰۵

- ۱-۳- دسته‌بندی بر اساس وجود/عدم وجود محدودیت‌ها ..... ۱۰۵
- ۲-۳- دسته‌بندی بر اساس ماهیت متغیرهای طراحی ..... ۱۰۸
- ۱-۲-۳- بهینه‌سازی استاتیکی ..... ۱۰۹
- ۲-۲-۳- بهینه‌سازی دینامیک ..... ۱۰۹
- ۳-۳- دسته‌بندی بر اساس ساختار فیزیک مسئله ..... ۱۱۰
- ۴-۳- دسته‌بندی بر اساس ماهیت معادلات دخیل در مسئله ..... ۱۱۵
- ۱-۴-۳- برنامه‌ریزی خطی ..... ۱۱۵
- ۲-۴-۳- برنامه‌ریزی غیرخطی ..... ۱۱۹
- ۳-۴-۳- برنامه‌ریزی هندسی ..... ۱۲۱
- ۴-۴-۳- برنامه‌ریزی درجه دو (کوآدراتیک) ..... ۱۲۹
- ۵-۴-۳- برنامه‌ریزی کسری ..... ۱۳۶
- ۵-۳- دسته‌بندی بر اساس مقادیر مجاز متغیرهای طراحی ..... ۱۴۲
- ۱-۵-۳- برنامه‌ریزی عدد صحیح ..... ۱۴۲
- ۲-۵-۳- برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط ..... ۱۴۹
- ۶-۳- دسته‌بندی بر اساس قطعیت متغیرها ..... ۱۵۵
- ۷-۳- دسته‌بندی بر اساس تفکیک‌پذیری توابع ..... ۱۵۷
- ۸-۳- دسته‌بندی بر اساس تعداد توابع هدف ..... ۱۶۰
- ۱-۸-۳- برنامه‌ریزی چند هدفه ..... ۱۶۰
- ۲-۸-۳- برنامه‌ریزی دو سطحی ..... ۱۶۲

## فصل چهارم: اصول حل مسائل بهینه‌سازی با GAMS ..... ۱۶۵

۱۶۵	۱-۴- مقدمه
۱۶۹	۲-۴- ساختار مدل GAMS
۱۷۱	۳-۴- مجموعه‌ها Sets
۱۷۲	۱-۳-۴- نکات مهم در مورد مجموعه‌ها
۱۷۵	۲-۳-۴- مجموعه‌های پویا Dynamic Sets
۱۷۷	۳-۳-۴- عملگرهای مجموعه Set operations
۱۷۸	۴-۳-۴- مجموعه‌های چندبعدی multi-dimensional sets
۱۸۱	۴-۴- داده‌ها Data
۱۸۱	۱-۴-۴- ورود داده‌ها با فهرست
۱۸۳	۲-۴-۴- ورود داده‌ها به وسیله جدول
۱۸۵	۳-۴-۴- ورود داده‌ها به روش تخصیص مستقیم
۱۸۶	۴-۴-۴- مقداردهی به پارامتر با شرط گذاشتن
۱۸۶	۱-۴-۴- عبارات شرطی
۱۸۷	۲-۴-۴- عبارات عددی
۱۸۷	۳-۴-۴- عملگرهای رابطه‌ای
۱۸۸	۴-۴-۴- عملگرهای منطقی
۱۸۹	۵-۴-۴- عملگر دلار
۱۹۲	۵-۴- متغیرها Variables
۱۹۶	۶-۴- معادلات Equations
۱۹۶	۱-۶-۴- اعلان معادلات
۱۹۷	۲-۶-۴- تعریف معادله
۲۰۰	۷-۴- دستورهای مدل Model و حل Solve
۲۰۲	۸-۴- دستور نمایش display
۲۰۳	۹-۴- خروجی GAMS
۲۰۴	۱-۹-۴- نسخه برگشتی مدل
۲۰۵	۲-۹-۴- پیغام‌های خطا
۲۱۱	۳-۹-۴- فهرست معادلات
۲۱۲	۴-۹-۴- فهرست ستون (متغیرها)

۲۱۳	..... ۴-۹-۵- آمار مدل
۲۱۴	..... ۴-۹-۶- گزارش وضعیت
۲۱۷	..... ۴-۹-۷- گزارش جواب
۲۱۹	..... ۴-۱۰- option دستور
۲۲۱	..... ۴-۱۱- عبارات محاسباتی
۲۲۱	..... ۴-۱۱-۱- تابع‌های دامنه‌دار
۲۲۲	..... ۴-۱۱-۲- مهمترین تابع‌ها در GAMS
۲۲۴	..... ۴-۱۱-۳- تعیین محدوده محاسباتی
۲۲۶	..... ۴-۱۲- ویژگی‌های پیشرفته برنامه‌نویسی
۲۲۶	..... ۴-۱۲-۱- دستور Loop
۲۲۹	..... ۴-۱۲-۲- دستور If-Elseif-Else
۲۳۰	..... ۴-۱۲-۳- دستور while
۲۳۱	..... ۴-۱۲-۴- دستور For
۲۳۲	..... ۴-۱۳- انتقال داده بین GAMS و EXCEL
۲۳۴	..... ۴-۱۴- انتقال داده بین GAMS و text file

#### فصل پنجم: محاسبات ریاضی پر کاربرد با GAMS ..... ۲۴۱

۲۴۱	..... ۵-۱- محاسبه‌ی معکوس ماتریس
۲۴۴	..... ۵-۲- معکوس، دترمینان و رتبه‌ی دترمینان ماتریس
۲۴۶	..... ۵-۳- حل دستگاه معادلات خطی مختلط
۲۴۷	..... ۵-۴- معکوس‌سازی یک ماتریس مختلط و حل دستگاه متناظر، با مقدار سمت راست مختلط
۲۴۷	.....
۲۴۹	..... ۵-۵- یافتن چند ضلعی با بیشترین مساحت، در بین تمامی چند ضلعی‌هایی با $nv$ ضلع و قطر کمتر از یک
۲۵۴	..... ۵-۶- یافتن کوچکترین دایره با تعداد مشخصی از نقاط
۲۵۷	..... ۵-۷- مسئله‌ی بیشینه‌سازی مساحت شش ضلعی با قطر کوچکتر یا مساوی یک
۲۶۰	..... ۵-۸- مسئله‌ی سطح کمینه (کمترین مساحت)
۲۶۳	..... ۵-۹- ایجاد عدد اول

## فصل ششم: کاربردهای بهینه‌سازی در مهندسی برق ..... ۲۶۷

- ۱-۶- کمینه‌سازی هزینه‌ی طراحی یک ترانسفورماتور ..... ۲۶۷
- ۲-۶- طراحی بهینه‌ی یک مدار الکتریکی ..... ۲۷۰
- ۳-۶- توزیع الکترون‌ها روی یک کره ..... ۲۷۳
- ۴-۶- زمانبندی توان استاتیک ..... ۲۷۶
- ۵-۶- زمانبندی توان دینامیک ..... ۲۷۹
- ۶-۶- توزیع اقتصادی بار برای توان ۳۰۰ مگاوات با سه واحد ژنراتور تولید توان ..... ۲۸۳
- ۷-۶- توزیع اقتصادی بار برای توان ۱۹۸۰ مگاوات با ۱۵ واحد ژنراتور تولید توان ..... ۲۸۷
- ۸-۶- بهینه‌سازی تخصیص سوخت ..... ۲۹۰
- ۹-۶- تحلیل پایداری مقاوم برای یک سیستم خطی ..... ۲۹۴
- ۱۰-۶- تحلیل پایداری مقاوم برای Daimler-Benz 0305 Bus ..... ۲۹۹
- ۱۱-۶- تحلیل حاشیه‌ی پایداری موتور احتراق جرقه‌ای Fiat Dedra ..... ۳۰۲

## فصل هفتم: کاربردهای بهینه‌سازی در مهندسی مکانیک ..... ۳۱۱

- ۱-۷- طراحی بهینه‌ی یک کاهنده‌ی سرعت برای موتور هواپیمای ملخی ..... ۳۱۲
- ۲-۷- طراحی بهینه‌ی یک مخزن تحت فشار ..... ۳۱۶
- ۳-۷- کمینه‌سازی وزن فنر کششی/فشاری ..... ۳۲۰
- ۴-۷- طراحی بهینه‌ی تیر جوش داده شده ..... ۳۲۲
- ۵-۸- طراحی بهینه‌ی یک زنجیره از چرخ‌دنده‌ها (گیربکس) ..... ۳۲۸
- ۶-۷- طراحی بهینه‌ی کمپرسور انتقال گاز ..... ۳۲۹
- ۷-۷- ظرفیت بهینه‌ی تسهیلات تولید گاز ..... ۳۳۲
- ۸-۷- طراحی بهینه‌ی ترمز دیسکی ..... ۳۳۴
- ۹-۷- طراحی بهینه‌ی خرپای سه میله‌ای ..... ۳۳۷
- ۱۰-۷- طراحی بهینه‌ی خرپای چهار میله‌ای ..... ۳۳۹
- ۱۱-۷- طراحی بهینه‌ی یک ستون لوله‌ای ..... ۳۴۲
- ۱۲-۷- طراحی بهینه‌ی چرخ لنگر (چرخ طیار) ..... ۳۴۵
- ۱۳-۷- بهینه‌سازی ماشین تراش خودکار چندمحوره ..... ۳۴۷
- ۱۴-۷- طراحی بهینه‌ی یاتاقان محوری هیدرواستاتیک ..... ۳۵۰
- ۱۵-۷- طراحی بهینه‌ی فنر مارپیچ ..... ۳۵۸

- ۳۶۱-۱۶-۷- مسئله‌ی سینماتیک روبات.....
- ۳۶۳-۱۷-۷- توزیع فشار در یاتاقان ژورنال.....
- ۳۶۸-۱۸-۷- طراحی زنجیر آویزان.....
- ۳۷۲-۱۹-۷- بهینه‌سازی دینامیکی یک موشک.....
- ۳۷۸-۲۰-۷- پیشینه کردن مساحت دهانه‌ی شیر.....
- ۳۸۲-۲۱-۷- کمینه‌سازی زمان برای حرکت بازوی روبات بین دو نقطه.....
- ۲۲-۷- کمینه‌سازی زمان حرکت توسط یک ذره تحت نیروی پیشران ثابت برای رسیدن به سرعت و ارتفاع مشخص.....
- ۳۸۸-۲۳-۷- پیشینه کردن برد گلايدر تحت یک جریان گرمایی رو به بالا.....
- ۳۹۱-۲۴-۷- میدان دمایی بهینه در یک ناحیه‌ی مستطیلی (دیفیوژن).....
- ۴۰۹-۲۵-۷- جریان پایای یک سیال تراکم‌ناپذیر در یک ناحیه‌ی مستطیلی.....

#### فصل هشتم: کاربردهای بهینه‌سازی در مهندسی شیمی..... ۴۲۳

- ۴۲۴-۱-۸- طراحی بهینه راکتور.....
- ۴۲۶-۲-۸- تعیین صورتبندی مولکولی شبه اتان.....
- ۴۲۸-۳-۸- طراحی بهینه‌ی سیستم سردخانه صنعتی.....
- ۴۳۲-۴-۸- مسئله‌ی طراحی شبکه‌ای از راکتورها.....
- ۴۳۵-۵-۸- عملکرد بهینه‌ی یک واحد آلکیلدار کردن.....
- ۴۴۰-۶-۸- مسئله‌ی تعادل فازي و شیمیایی (معادله واندروالس).....
- ۴۴۴-۷-۸- مسئله‌ی ادغام: اختلاط با ۴ ماده اولیه، یک مخزن و دو محصول نهایی.....
- ۴۵۰-۸-۸- مسئله ادغام: اختلاط یک سیستم ادغام با ۵ خوراک، ۳ مخزن و ۵ محصول.....
- ۴۵۸-۹-۸- جداسازی غیر کامل پروپان، ایزو بوتان و  $n$ -بوتان در دو برج تقطیر.....
- ۴۶۲-۱۰-۸- جداسازی غیر کامل پروپان، ایزو بوتان،  $n$ -بوتان و ایزو پنتان در سه برج تقطیر.....
- ۱۱-۸- تعیین روش اختلاط بهینه دو کاتالیزور در امتداد طول یک راکتور جریان پیوستونی لوله‌ای شامل واکنش‌های متعدد.....
- ۴۷۲-۱۲-۸- کنترل بهینه راکتور شیمیایی هم‌نندار.....
- ۴۷۵-۱۳-۸- طراحی بهینه شبکه مبدل حرارتی با سه جریان گرم.....
- ۴۸۱-۱۴-۸- طراحی بهینه شبکه مبدل حرارتی با سه جریان گرم موازی.....

- ۸-۱۵- طراحی بهینه شبکه مبدل‌های حرارتی موازی همراه با گردش مجدد با دو جریان گرم و یک جریان سرد ..... ۴۹۰
- ۸-۱۶- طراحی بهینه‌ی یک مبدل حرارتی ..... ۴۹۴
- ۸-۱۷- کنترل بهینه‌ی یک راکتور ناپیوسته ..... ۴۹۷
- ۸-۱۸- تولید بهینه پروتئین کدگذاری شده در یک راکتور با خوراک ناپیوسته ..... ۵۰۱

### فصل نهم: کاربردهای بهینه‌سازی در مهندسی صنایع ..... ۵۰۵

- ۹-۱- مسئله‌ی حمل و نقل ..... ۵۰۵
- ۹-۲- مسئله‌ی برنامه‌ریزی تولید ..... ۵۱۱
- ۹-۳- مسئله‌ی تعیین برنامه‌ی غذایی ..... ۵۱۷
- ۹-۴- مسئله‌ی جریان در شبکه ..... ۵۲۱
- ۹-۵- مسئله‌ی پورتفولیو ..... ۵۲۶
- ۹-۶- مسئله‌ی کولپشتی ..... ۵۳۰
- ۹-۷- تشخیص نشانه‌های مرتبط با بیماری‌ها ..... ۵۳۴
- ۹-۸- مسئله انتخابات انجمن مهندسی صنایع ..... ۵۳۸
- ۹-۹- مسئله‌ی تعیین جدول زمانی آموزشی ..... ۵۴۵
- ۹-۱۰- مدل مکان‌یابی گسسته ..... ۵۵۱
- ۹-۱۱- برنامه‌ریزی مشارکت واحدها ..... ۵۵۹