



تحقیق در عملیات ۱

پروانه ریزی خطی، پروانه ریزی آرمانی، شبکه،
حمل و نقل و تخصیص

قابل استفاده برای دانشجویان مقاطع مختلف رشته های ریاضی کاربردی و مهندسی صنایع

☐ شرح درس به همراه نکات کلیدی
☐ مثال های آموزشی با پاسخ کاملاً تشریحی
☐ خودآزمایی

تألیف:

مازیار زاهدی سرشت
شهرزاد خسروی



انتشارات نگاه دانش

از سری کتابهای تحقیق در عملیات

سرشناسه	زاهدی سرشت، مازیار
عنوان و نام پدیدآور	تحقیق در عملیات ۱: برنامه‌ریزی خطی، شبکه، حمل و نقل و تخصیص / قابل استفاده برای دانشجویان مقاطع مختلف رشته‌های ریاضی کاربردی و مهندسی صنایع /... تألیف مازیار زاهدی سرشت، شهرزاد خسروی
مشخصات نشر	تهران: نگاه دانش، ۱۳۹۰
مشخصات ظاهری	۵۸۴ ص
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۱۵۷-۱۳۱-۵
وضعیت فهرست‌نویسی	فیا
موضوع	تحقیق عملیاتی-- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	تحقیق عملیاتی-- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)
موضوع	تحقیق عملیاتی-- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)
شناسه افزوده	خسروی، شهرزاد
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۰ ت ۳۲/۶/۲۵۷
رده‌بندی دیویی	۵۵۳/۰۷۶
شماره کتابشناسی ملی	۲۴۰۱۸۲۶

خواننده گرامی! انتشارات نگاه دانش از سال ۱۳۸۸، به عضویت شبکه اینترنتی ناشران ایران درآمده و از این پس، شما خواننده عزیز می‌توانید با مراجعه به وب سایت انتشارات به آدرس www.negahedaneshi.ir از نمایشگاه کتاب دیدن نمایید و از همین طریق، کتب مورد نظر خود را انتخاب نموده و سفارش دهید. شایان ذکر است که با مراجعه به این وب سایت می‌توانید علاوه بر سهولت در انتخاب و خرید کتاب از موارد زیر بهره‌مند شوید.

- * دستمندی مناسب کتاب‌ها و اطلاعات کامل در مورد هر کتاب
- * امکان مشاهده کتاب‌های مرتبط از همین ناشر و دیگر ناشران

از وب سایت ما دیدن کنید و آن را به دوستان خود نیز معرفی نمایید.



انتشارات نگاه دانش

تحقیق در عملیات ۱	نام کتاب:
مازیار زاهدی سرشت - شهرزاد خسروی	مؤلفین:
نگاه دانش	ناشر:
امیر محمدی - ۰۹۱۲۲۰۷۷۷۲۸	مطراحت:
کبری صابری	حروف‌نگاری، صفحه‌آرایی (نگاه دانش):
اول، ۱۳۹۰	نوبت چاپ:
۱۰۰۰ نسخه	تیراژ:
۱۱،۰۰۰ تومان	قیمت:
باختر / طیف نگار	لیکتراف / چاپ و صحافی:
۹۷۸-۹۶۴-۱۵۷-۱۳۱-۵	شابک:

حق چاپ محفوظ و مخصوص ناشر است.

انتشارات نگاه دانش: انقلاب - خ ۱۲ فروربین - ساختمان ناشران پلاک ۲۷۱ - طبقه ۲ - واحد ۲

تلفن: ۶۶۹۵۴۸۹۲

تلفکس: ۶۶۴۸۶۱۵۴

پیشگفتار

تحقیق در عملیات، یکی از رشته‌های دانشگاهی می‌باشد که بر اساس ترکیبی از رشته‌های مختلف همچون ریاضی، آمار، اقتصاد، مهندسی و... بنا شده است. یکی از وظایف مهم هر مدیر تصمیم‌گیری است. تحقیق در عملیات با توجه به قابلیت فوق‌العاده‌ای که در زمینه مدل‌سازی و حل مدل‌ها دارد، می‌تواند مدیران را در زمینه تصمیم‌گیری کمک کند.

کتابی که پیش رو دارید، مبحث اصلی آن در مورد برنامه‌ریزی خطی است. از زمانی که روش سیمپلکس توسط جورج ب. دانتزیگ در سال ۱۹۴۷ معرفی شد، تاکنون برنامه‌ریزی خطی به طور وسیعی در ارتش، صنعت، حکومت، شهرسازی و سایر حوزه‌ها به کار گرفته شده است.

این کتاب برگرفته شده از کتاب‌های مرجع و دانش مولفانش می‌باشد. در این کتاب علاوه بر درس، تمرین‌های تشریحی و خودآزمایی وجود دارد که اکیدا به خوانندگان توصیه می‌شود پس از مطالعه درس هر فصل، تمرین‌های حل شده آن را که هر کدام یک نکته آموزشی دارند و برای مرور درس هر فصل در آخر آن آورده شده‌اند، مطالعه کنند.

هیچ موقع زحمات اساتید برجسته این درس را که همیشه افتخار شاگردی آنها را داریم فراموش نخواهیم کرد. دکتر حسن صالحی فتح آبادی، دکتر غلامرضا جهان‌شاهلو و دکتر فرهاد حسین زاده لطفی که عمر خود را در جهت رشد و تعالی علم تحقیق در عملیات و تعلیم و تربیت دانشجویان صرف کرده‌اند. برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توانید به پایگاه اینترنتی www.zahediseresht.com (ir) مراجعه کرده و برای ارتباط با مولفین با پست الکترونیکی zahedi_s@yahoo.com تماس حاصل نمایید.

مولفین

تابستان ۱۳۹۰

۲۵	۳.۱.۲.۱ جمع برداری و ضرب اسکالر در بردار	۹	فصل ۱: مبانی ریاضی و جبرخطی
۲۶	تعریف ۱.۱۹.۱ ترکیب خطی	۱۱	۱.۱ مبانی ریاضی
۲۶	تعریف ۱.۲۰.۱ ترکیب آفین	۱۱	۱.۱.۱ مبانی منطق
۲۶	تعریف ۱.۲۱.۱ ترکیب محدب	۱۱	تعریف ۱.۱.۱ گزاره
۲۹	تعریف ۱.۲۲.۱ ضرب داخلی دو بردار	۱۱	تعریف ۱.۲.۱ رابطهای گزاره‌ای
۲۹	تعریف ۱.۲۳.۱ نرم (اندازه) بردار	۱۲	تعریف ۱.۳.۱ نقیض
۳۰	قضیه ۱.۱۲.۱ (نامساوی شوارتز)	۱۲	تعریف ۱.۴.۱ ترکیب عطفی
۳۰	قضیه ۱.۱۳.۱ (نامساوی مینکوسکی)	۱۲	تعریف ۱.۵.۱ ترکیب فصلی
۳۰	تعریف ۱.۲۴.۱ فاصله بین دو بردار	۱۲	تعریف ۱.۶.۱ ترکیب شرطی
۳۰	تعریف ۱.۲۵.۱ زاویه بین دو بردار	۱۴	تعریف ۱.۷.۱ ترکیب دو شرطی
۳۱	تعریف ۱.۲۶.۱ تصویر بردار	۱۶	۱.۱.۱ سورهای
۳۱	تعریف ۱.۲۷.۱ بردارهای متعامد	۱۶	۱.۱.۱ مجموعه‌ها
۳۱	تعریف ۱.۲۸.۱ بردارهای متعامد نرمال	۱۷	تعریف ۱.۸.۱ دو مجموعه هم‌غلظ
۳۱	۲.۲.۲ خط در R^n	۱۸	تعریف ۱.۹.۱ مجموعه متناهی
۳۲	۳.۲.۱ ماتریس‌ها	۱۸	تعریف ۱.۱۰.۱ مجموعه نامتناهی
۳۳	۱.۳.۲.۱ جمع دو ماتریس و ضرب اسکالر در ماتریس	۱۸	۴.۱.۱ استقرای ریاضی
۳۴	۲.۳.۲.۱ ضرب دو ماتریس	۱۹	۵.۱.۱ افزایش مجموعه
۳۵	۴.۲.۱ انواع ماتریس‌ها	۱۹	۶.۱.۱ تعمیم اعمال جمع و ضرب
۳۵	تعریف ۱.۲۹.۱ ترانزپوز ماتریس	۱۹	تعریف ۱.۱۱.۱ جمع استقرایی
۳۶	تعریف ۱.۳۰.۱ ماتریس مربعی	۲۰	تعریف ۱.۱۲.۱ ضرب استقرایی
۳۶	تعریف ۱.۳۱.۱ ماتریس مثلثی	۲۰	قضیه ۱.۱.۱ (قضیه استقلال از اندیس ضرب و جمع)
۳۶	تعریف ۱.۳۲.۱ ماتریس	۲۱	قضیه ۱.۴.۱ (قضیه لیزانین حدود)
۳۷	تعریف ۱.۳۳.۱ ماتریس همانی (یکه)	۲۱	قضیه ۱.۵.۱ (قضیه ادغام در $\sum$ و $\prod$)
۳۸	تعریف ۱.۳۴.۱ ماتریس‌های تعویض پذیر	۲۱	۷.۱.۱ قدرمطلق
۳۸	تعریف ۱.۳۵.۱ ماتریس متقارن	۲۱	تعریف ۱.۱۳.۱ قدرمطلق
۳۸	تعریف ۱.۳۶.۱ ماتریس یاد متقارن	۲۲	تعریف ۱.۱۴.۱ کران بالای (حد بالای) مجموعه
۳۸	تعریف ۱.۳۷.۱ ماتریس قطری	۲۲	تعریف ۱.۱۵.۱ سوپریمم مجموعه
۳۹	تعریف ۱.۳۸.۱ ماتریس متعامد	۲۲	تعریف ۱.۱۶.۱ کران پایین (حد پایین) مجموعه
۴۰	تعریف ۱.۳۹.۱ ماتریس بلوکی	۲۲	تعریف ۱.۱۷.۱ اینفیمم مجموعه
۴۱	تعریف ۱.۴۰.۱ ماتریس بلوکی مربعی	۲۳	قضیه ۱.۸.۱ (خاصیت ارشمیسی اعداد حقیقی)
۴۲	تعریف ۱.۴۱.۱ ماتریس قطری بلوکی	۲۳	۲.۱ جبرخطی
۴۳	تعریف ۱.۴۲.۱ چگالی ماتریس	۲۳	۱.۲ بردارها
۴۴	۵.۲.۱ توان و چندجمله‌ای‌ها در ماتریس‌ها	۲۳	تعریف ۱.۱۸.۱ بردار
۴۴	۶.۲.۱ تبدیلات مقدماتی در ماتریس‌ها	۲۳	۱.۱.۲.۱ بردارها در فیزیک
۴۶	۷.۲.۱ ماتریس‌های مقدماتی	۲۴	۲.۱.۲.۱ بردارها در فضای R^n

۱۱۸	۳.۳.۲ حل هندسی	۴۷	۸.۲.۱ دترمینان
۱۱۸	تعریف ۱.۲.۱ جواب بهینه	۴۹	۹.۲.۱ دترمینان ماتریس بلوکی
۱۲۵	۲.۲ مدلسازی با مازاد و کمبود	۵۰	۱۰.۲.۱ معکوس ماتریس
۱۲۶	۵.۲ مدلسازی با تابع هدف قطعه‌ای خطی چندلایه	۵۰	تعریف ۱.۴۳ ماتریس وابسته
۱۲۶	تعریف ۲.۲ تابع قطعه‌ای خطی چندلایه	۵۳	۱۱.۲.۱ فضاهای برداری
۱۳۰	۲.۲ می‌نیم نمودن ماکزیمم چند تابع خطی	۵۳	تعریف ۱.۴۴ فضای برداری
۱۳۰	۲.۲ می‌نیم کردن یک تابع با متغیرهای قدرمطلق‌دار یا	۵۳	تعریف ۱.۴۵ زیر فضای برداری
۱۳۲	ضریب مثبت در تابع هدف	۵۴	تعریف ۱.۴۶ استقلال خطی
۱۳۲	۸.۲ به دست آوردن جواب بهینه برای مسائل با تابع هدفهای	۵۵	تعریف ۱.۴۷ پایه
۱۳۵	لولویت‌دار	۵۶	قضیه ۱.۳۱ (توضیح یک بردار پایه با بردار دیگر - بسیار مهم)
۱۳۸	۹.۲ حل هندسی با استفاده از اصل تجزیه	۵۷	تعریف ۱.۴۸ رتبه سطری (ستونی) ماتریس
۱۳۹	۲.۲ فضای احتیاج	۵۷	تعریف ۱.۴۹ رتبه ماتریس
۱۴۲	تمرین‌های حل شده	۵۸	۱۲.۲.۱ حل دستگاه معادلات خطی
۱۴۷	خودآزمایی	۵۸	تعریف ۱.۵۰ معادله خطی
۱۵۳	فصل ۳: چند وجهی‌ها، جهت‌ها و شعاع‌ها	۵۸	تعریف ۱.۵۱ دستگاه معادلات خطی
۱۵۵	۱.۲ چندوجهی‌ها	۵۹	تعریف ۱.۵۲ دستگاه معادلات خطی همگن
۱۵۵	تعریف ۱.۱ مجموعه محدب	۵۹	تعریف ۱.۵۳ جواب دستگاه معادلات خطی
۱۵۶	تعریف ۲.۳ ابرصفحه	۶۰	تعریف ۱.۵۴ معادله خطی تپ‌هینه
۱۵۶	تعریف ۳.۳ نیم فضا	۶۱	۱.۱۲.۲.۱ دستگاه‌های به فرم مثلثی
۱۵۶	تعریف ۴.۳ چندوجهی	۶۱	۲.۱۲.۲.۱ دستگاه‌های به فرم اقلینسی، متغیرهای مجاور
۱۵۷	تعریف ۵.۳ مخروط	۶۱	و آزاد
۱۵۷	تعریف ۶.۳ مخروط محدب	۶۲	تعریف ۱.۵۵ معادل بودن دو دستگاه
۱۵۷	تعریف ۷.۳ مخروط چندوجهی	۶۸	۳.۱۲.۲.۱ روش حنفی گاوس - جردن
۱۵۸	تعریف ۸.۳ نقطه رأسی	۷۱	۴.۱۲.۲.۱ روش کرلر برای حل دستگاه معادلات خطی
۱۵۹	تعریف ۹.۳ نقطه رأسی یک مجموعه محدب	۷۲	۱۳.۲.۱ مقننر ویژه و بردار ویژه
۱۵۹	تعریف ۱۰.۳ نقطه رأسی چندوجهی	۷۳	تعریف ۱.۵۶ مقدار ویژه
۱۵۹	تعریف ۱۱.۳ نقطه رأسی تپ‌هینه	۷۳	تعریف ۱.۵۷ بردار ویژه
۱۵۹	تعریف ۱۲.۳ محدودیت زائد	۷۶	تمرین‌های حل شده
۱۶۳	تعریف ۱۳.۳ وجه	۸۲	خودآزمایی
۱۶۳	تعریف ۱۴.۳ یال	۸۳	فصل ۴: مفاهیم اولیه، مدلسازی و حل هندسی
۱۶۵	تعریف ۱۵.۳ نقطه درونی	۸۵	۱.۲ مقدمه
۱۶۵	۲.۳ جهت‌ها و شعاع‌ها	۸۵	۱.۱.۱ مدل‌های تحقیق در عملیات
۱۶۵	تعریف ۱۶.۳ جهت شلنی برای نقطه	۸۶	۲.۱.۱ حل مدل‌های تحقیق در عملیات
۱۶۵	تعریف ۱۷.۳ جهت دورشونده برای نقطه	۸۷	۳.۱.۱ مدل‌های شبیه‌سازی و صف
۱۶۶	۱.۲.۳ جهت در چندوجهی‌ها	۸۸	۲.۲ مدلسازی
۱۷۰	تعریف ۱۸.۳ جهت رأسی	۱۱۰	۳.۲ برنامه‌ریزی خطی
۱۷۲	۲.۲.۳ تشخیص جهت شلنی، جهت شلنی و جهت دورشونده برای یک نقطه	۱۱۲	۱.۳.۳ فرض‌های برنامه‌ریزی خطی
۱۷۶	تعریف ۱۹.۳ شعاع	۱۱۳	۲.۳.۳ دستکاری مسأله

تعریف ۲۰.۳. شعاع رأسی	۱۷۶
۳.۳ معرفی چند تابع	۱۷۶
تعریف ۲۱.۳. تابع محدب	۱۷۶
تعریف ۲۲.۳. تابع مقعر	۱۷۷
تعریف ۲۳.۳. تابع قطعه قطعه خطی تعریف شده روی خط حقیقی	۱۷۸
تمرین‌های حل شده	۱۷۹
خودآزمایی	۱۸۴
فصل ۴: روش سیمپلکس	۱۸۹
۱.۴ قضایا و تعاریف اولیه	۱۹۱
قضیه ۱.۴. (قضیه نمایش)	۱۹۱
تعریف ۱.۴. جواب پایه‌ای شدنی	۲۰۰
تعریف ۲.۴. جواب پایه‌ای شدنی	۲۰۱
قضیه ۲.۴. (قضیه هل دانن)	۲۰۳
تعریف ۳.۴. متغیر خشنی	۲۰۹
تعریف ۴.۴. جواب پایه‌ای شدنی برای متغیرهای نامفید	۲۱۳
روش سیمپلکس	۲۱۴
۱.۲.۴ متغیرهای کمکی	۲۱۴
تعریف ۵.۴. نقاط رأسی مجاور	۲۳۰
تعریف ۶.۴. پایه‌های مجاور	۲۳۱
۳.۴ جبر روش سیمپلکس	۲۳۵
۱.۲.۴ شکل جدولی روش سیمپلکس	۲۳۷
۴.۴ حالت‌های خاص حل به روش سیمپلکس	۲۴۲
۱.۴.۴ جواب بهینه منحصر به فرد متناهی	۲۴۲
۲.۴.۴ جواب بهینه نامتناهی	۲۴۲
۳.۴.۴ جواب بهینه چندگانه متناهی	۲۵۱
۴.۴.۴ تباهیدگی	۲۵۸
۵.۴.۴ متغیرهای نامفید	۲۶۳
۵.۴ الگوریتم سیمپلکس	۲۶۴
۵.۴.۱ تعمیر اجزاء سیمپلکس	۲۶۵
۶.۴ متغیرهای مازلا و کمبود	۲۶۶
۷.۴ فضای متغیرهای غیرپایه‌ای	۲۶۸
۸.۴ حل سیمپلکس برای دستگاه $Ax=b$ که در آن A یک ماتریس $m \times (m+1)$ با رتبه m می‌باشد	۲۷۲
۹.۴ حداکثر تعدلا جواب‌های پایه‌ای و حداکثر تعدلا تکرارهای سیمپلکس	۲۷۴
۱۰.۴ به دست آوردن جواب بهینه برای دستگاه $Ax=b$	۲۷۹
۱۱.۴ جدول سیمپلکس و جواب‌های پایه‌ای مجاور	۲۸۱
۱۲.۴ ارتباط بین تباهیدگی، تعدلا پایه‌ها و متغیر خشنی در جدول سیمپلکس	۲۸۳
۱۳.۴ استفاده از روش سیمپلکس برای مسائل با تابع هدف‌های اولویت‌دار	۲۸۶
۱۴.۴ اعتبار الگوریتم سیمپلکس	۲۸۹
۱۵.۴ فضای احتیاج و روش سیمپلکس	۲۹۲
۱۵.۴.۱ یافتن جواب پایه‌ای شدنی با استفاده از فضای احتیاج	۲۹۲
۱۵.۴.۲ استفاده از فضای احتیاج برای تفسیر روش سیمپلکس	۲۹۳
۱۶.۴ هندسه سیمپلکس	۲۹۶
تعریف ۷.۴. مخروط سیمپلکسی	۲۹۶
تعریف ۸.۴. مجموعه مستقل آفینی	۲۹۷
تعریف ۹.۴. سیمپلکس	۲۹۷
۱۶.۴ چرا الگوریتم سیمپلکس نامیده می‌شود؟	۳۰۰
۱۷.۴ حل دستگاه معادلات با استفاده از برنامه‌ریزی خطی	۳۰۳
۱۸.۴ مسائل با چند تابع هدف	۳۰۶
۱۸.۴.۱ برنامه‌ریزی آرمانی	۳۰۷
۱۸.۴.۲ روش‌های حل برنامه‌ریزی آرمانی	۳۱۰
تمرین‌های حل شده	۳۱۶
خودآزمایی	۳۲۱
فصل ۵: متغیرهای مصنوعی و روش‌های حل آن، دورافتادگی و ایست	۳۲۹
۱.۵ متغیرهای مصنوعی	۳۳۱
۱.۱.۵ ارتباط متغیرهای کمکی و متغیرهای مصنوعی با بعد فضای جواب	۳۳۲
۲.۱.۵ روش M بزرگ	۳۳۵
۳.۱.۵ روش دوفازی (دو مرحله‌ای)	۳۴۰
۵.۱.۳.۱ در انتهای فاز I ، متغیر مصنوعی با مقدار صفر در پایه	۳۴۴
۵.۲.۱.۵ رابطه بین متغیر مصنوعی و محدودیت زائد	۳۴۹
۵.۳.۱.۵ در انتهای فاز I ، متغیر مصنوعی غیرصفر در پایه	۳۵۴
۴.۱.۵ روش تک متغیر مصنوعی	۳۵۸
۵.۱.۵ ارتباط بین جدول‌های M بزرگ و دوفازی	۳۵۹
۲.۵ دورافتادگی و ایست	۳۶۰
۱.۲.۵ قاعده القابایی	۳۶۰
۲.۲.۵ قاعده بلاند	۳۶۱

تعریف ۴.۷. نقطه رآسی تبلیهه برای مسائل با متغیرهای	۳۲۸
کراندار	۳۲۸
۱.۲.۷ الگوریتم سیمپلکس متغیرهای کراندار	۳۴۵
(ماکزیممیزی)	۳۴۵
۲.۲.۷ دوگان مسأله با متغیرهای کراندار	۳۴۹
۳.۲.۷ حل مسأله با محدودیت‌های کراندار	۳۵۰
۱.۳.۷ دوگان مسأله با محدودیت‌های کراندار	۳۵۴
۴.۲.۷ سیمپلکس دوگان	۳۵۵
۱.۴.۷ مقایسه روش سیمپلکس و سیمپلکس دوگان	۳۶۱
۲.۴.۷ اعتبار الگوریتم سیمپلکس دوگان	۳۶۳
۵.۲.۷ روش محدودیت مصنوعی	۳۶۵
۶.۲.۷ روش اولیه - دوگان	۳۶۸
۱.۶.۷ خلاصه الگوریتم اولیه - دوگان (برای می‌نیممیزی)	۳۷۱
۷.۲.۷ روش سیمپلکس - سیمپلکس دوگان	۳۷۴
۱.۷.۷ تقسیم‌بندی مقادیر سمت راست	۳۷۴
۲.۷.۷ حل مسأله با روش سیمپلکس - سیمپلکس دوگان	۳۷۴
۸.۲.۷ لم فارکاس از طریق روش سیمپلکس	۳۷۶
۱.۸.۷ تعبیر هندسی لم فارکاس	۳۷۶
۲.۸.۷ لم فارکاس و دوگان	۳۸۱
قضیه ۱.۷. (قضیه موتزکینز)	۳۸۲
قضیه ۲.۷. (قضیه تاکر)	۳۸۲
خودآزمایی	۳۸۳

فصل ۸: تحلیل حساسیت ۳۸۷

۱.۸. تغییر در بردار هزینه C	۳۸۹
۱.۱.۸. x_1 غیرپایه است	۳۹۰
۲.۱.۸. x_2 پایه‌ای است	۳۹۰
۳.۱.۸. محاسبه بازه بهینگی ضرایب تابع هدف	۳۹۱
۲.۸. تغییر در بردار سمت راست b	۳۹۳
۱.۲.۸. محاسبه بازه شش مقادیر سمت راست	۳۹۸
۳.۸. تغییر در ماتریس ضرایب A	۵۰۰
۱.۳.۸. تغییر در ستون متغیر غیرپایه‌ای x_1	۵۰۰
۲.۳.۸. تغییر در ستون متغیر پایه‌ای x_2	۵۰۰
۴.۸. افزودن یا حذف کردن یک متغیر	۵۰۲
۱.۴.۸. افزودن متغیر جدید	۵۰۲
۲.۴.۸. حذف متغیر	۵۰۲
۵.۸. افزودن یا حذف کردن یک محدودیت	۵۰۴
۱.۵.۸. افزودن محدودیت جدید	۵۰۴
۲.۵.۸. حذف محدودیت	۵۰۴
۶.۸. برنامه‌ریزی پارامتری	۵۰۶

تمرین‌های حل شده	۳۶۳
خودآزمایی	۳۶۵

فصل ۹: دوگان ۳۶۹

۱.۹. قضایا و روابط بین اولیه و دوگان	۳۷۱
قضیه ۲.۹. (قضیه ضعیف دوگانی)	۳۷۵
قضیه ۳.۹. (قضیه قوی دوگانی)	۳۷۷
۲.۹. روش ماتریس بزرگ برای پیدا کردن بی‌کرانی یکی از ناحیه‌های شدنی اولیه یا دوگان	۳۷۹
۱.۲.۹. ماتریس بزرگ	۳۸۰
۳.۹. شرایط مکمل زائد	۳۸۲
قضیه ۴.۹. (شرایط مکمل زائد)	۳۸۲
۴.۹. بهینگی اولیه - شدنی دوگان	۳۸۴
۵.۹. شرایط بهینگی کاروش - کلن - تاکر برای قیض‌های نامساوی $(K.K.T)$	۳۹۱
قضیه ۶.۹. (شرایط کاروش - کلن - تاکر $(K.K.T)$)	۳۹۱
۵.۹. استفاده از شرایط بهینگی $K.K.T$ برای یافتن جواب بهینه	۳۹۴
۶.۹. حل هندسی با استفاده از رسم بردار گرادیان محدودیت‌های گذرنده از نقاط رآسی	۴۰۰
۷.۹. تفسیر اقتصادی دوگان	۴۰۲
۱.۷.۹. تفسیر ضرایب فنی یا تکنولوژی	۴۰۵
۲.۷.۹. تفسیر اقتصادی $z_k - c_k$ (هزینه تقلیل یافته)	۴۰۶
۳.۷.۹. قیمت‌های بایه در تبلیهگی	۴۱۱
قضیه ۹.۹. (قضیه متغیر ختنی)	۴۱۱
تمرین‌های حل شده	۴۱۳
خودآزمایی	۴۲۰

فصل ۷: سیمپلکس‌های دیگر ۴۲۷

۱.۷. سیمپلکس اصلاح شده	۴۲۹
۱.۱.۷. خلاصه روش سیمپلکس اصلاح شده (برای مسأله ماکزیممیزی)	۴۳۰
۲.۱.۷. مقایسه محاسبات روش سیمپلکس و سیمپلکس اصلاح شده	۴۳۴
۲.۷. سیمپلکس متغیرهای کراندار	۴۳۶
تعریف ۱.۷. جواب پایه‌ای شدنی برای مسائل با متغیرهای کراندار	۴۳۷
تعریف ۲.۷. جواب پایه‌ای شدنی برای مسائل با متغیرهای کراندار	۴۳۷
تعریف ۳.۷. نقطه رآسی برای مسائل با متغیرهای کراندار	۴۳۸

۵۲۳	۱.۹ کوتهترین مسیر
۵۲۵	۷.۱ حداکثر جریان
۵۲۷	۸.۱ شبکه‌های سی پی ام (CPM)، پرت (PERT) و گرت (GERT)
۵۴۱	۲.۹ حمل و نقل
۵۴۲	۱.۲ جواب پایه‌ای شننی اولیه
۵۵۲	۲.۲ مقایسه روش‌های موجود برای پیدا کردن جواب پایه‌ای شننی اولیه
۵۵۳	۳.۲ دوگان مسأله حمل و نقل
۵۵۴	۴.۲ روش‌هایی جهت تشخیص بهینگی جدول حمل و نقل و محاسبه $z_j - c_j$
۵۵۵	۵.۲ روش پله سنگ جهت انتخاب متغیر خارج‌شونده
۵۵۶	۶.۲ حالت‌های خاص حل به روش سیمپلکس حمل و نقل
۵۵۹	۷.۲ مسائل حمل و نقل با ظرفیت محدود در عرضه و تقاضا
۵۶۰	۸.۲ تحلیل حساسیت در حمل و نقل
۵۶۳	۹.۲ حمل و نقل مرکب
۵۶۵	۱۰.۲ جدول سیمپلکس برای حمل و نقل
۵۶۶	۱۱.۲ سیمپلکس دوگان برای مسأله حمل و نقل
۵۶۸	۱۲.۲ نکات مهم مسأله حمل و نقل ساده
۵۶۹	۳.۹ تخصیص
۵۶۹	۱.۳ دوگان مسأله تخصیص
۵۷۰	۲.۳ مراحل حل مدل تخصیص (الگوریتم مجارستانی)
۵۷۱	۳.۳ حالت‌های خاص در تخصیص
۵۷۳	۴.۳ نکات مهم مدل تخصیص
۵۷۴	تمرین‌های حل شده
۵۸۰	خودآزمایی
۵۸۴	فهرست منابع

۵۰۶	۱.۶ برنامه‌ریزی پارامتری ضرایب تابع هدف
۵۰۶	۲.۶ برنامه‌ریزی پارامتری اعتداد سمت راست محدودیت‌ها
۵۰۹	۷.۸ قانون صددرصد (۱۰۰٪) در تحلیل حساسیت
۵۱۰	۱.۷ قانون صددرصد برای بررسی تغییرات همزمان b_i ها
۵۱۱	۲.۷ قانون صددرصد برای بررسی تغییرات همزمان b_i ها
۵۱۲	۸.۸ تحلیل حساسیت ترسیمی
۵۱۲	۱.۸ تحلیل حساسیت ضرایب تابع هدف
۵۱۳	۲.۸ تحلیل حساسیت مقادیر سمت راست
۵۱۴	۹.۸ دوگان و تحلیل حساسیت
۵۱۶	تمرین‌های حل شده
۵۲۰	خودآزمایی

فصل ۹: شبکه، حمل و نقل و تخصیص ۵۲۳

۵۲۵	۱.۹ شبکه
۵۲۵	تعریف ۱.۹ گراف
۵۲۵	تعریف ۲.۹ گراف جهت‌دار
۵۲۵	تعریف ۳.۹ گراف بدون جهت
۵۲۶	۱.۱ بعضی تعاریف‌های پایه‌ای و اصطلاحات مهم از نظریه گراف
۵۲۶	تعریف ۲.۹ مسیر
۵۲۷	تعریف ۵.۹ رشته
۵۲۷	تعریف ۶.۹ مدار
۵۲۷	تعریف ۷.۹ دور (حلقه)
۵۲۷	تعریف ۸.۹ گراف همبند (متصل)
۵۲۸	تعریف ۹.۹ درخت
۵۲۸	۲.۱ جزئیات ماتریس ضرایب A
۵۳۱	۳.۱ مجموعه برش
۵۳۱	۴.۱ ظرفیت مجموعه برش
۵۳۱	۵.۱ درخت فراگیر مینیمم