

**شرح جامع**

**تحقیق در عملیات ۱**

**«مهندسی صنایع»**

**مؤلف: سجاد فراهانی**



|                     |                                                                |
|---------------------|----------------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | : فراهانی، سجاد، ۱۳۶۶-                                         |
| عنوان و نام پدیدآور | : شرح جامع تحقیق در عملیات ۱ مهندسی صنایع / مولف سجاد فراهانی. |
| مشخصات نشر          | : تهران: ارشد، ۱۳۸۸.                                           |
| مشخصات ظاهری        | : ۲۹۹   ص.: نمودار: ۲۲ × ۲۹ س.م.                               |
| شابک                | : ۷۵,۰۰۰ ریال: ۹-۱۶-۱۱۵-۶۰۰-۹۷۸                                |
| وضعیت فهرست نویسی   | : فیبا                                                         |
| عنوان دیگر          | : تحقیق در عملیات ۱                                            |
| موضوع               | : دانشگاه‌ها و مدارس عالی -- ایران -- آزمون‌ها                 |
| موضوع               | : آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی -- ایران                       |
| موضوع               | : تحقیق عملیاتی-- راهنمای آموزشی (عالی)                        |
| موضوع               | : تحقیق عملیاتی-- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)                   |
| رده‌بندی کنگره      | : ۱۳۸۸ ش ۴۱۷ ف/ LB۲۲۵۳                                         |
| رده بندی دیویی      | : ۳۷۸/۱۶۶۴                                                     |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۱۸۲۸۲۳۰                                                      |



## انتشارات ارشد

|                                         |                                        |
|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| نام کتاب                                | : شرح جامع تحقیق در عملیات ۱           |
| نام مؤلف                                | : سجاد فراهانی                         |
| حروفچینی و صفحه‌آرایی                   | : واحد تایپ و صفحه‌آرایی انتشارات ارشد |
| نوبت چاپ                                | : چاپ اول ۱۳۸۸                         |
| تیراژ                                   | : ۱۰۰۰                                 |
| قیمت                                    | : ۷۵,۰۰۰ ریال                          |
| شماره استاندارد بین‌المللی کتاب (شابک): | : ۹-۱۶-۱۱۵-۶۰۰-۹۷۸                     |

International Standard Book Number(ISBN): 978-600-115-016-9

مرکز بخش: تهران - میدان هفت تیر - ابتدای خ مفتح شمالی - روبه‌روی سینما پایتخت - نیش کوچه پارس - پلاک ۲      تلفن: ۸۸۳۴۱۵۴۷-۹

[www.arshadbook.ir](http://www.arshadbook.ir)

هرگونه کپی‌برداری از سبک و سیاق و یا تکثیر کل یا قسمتی از کتاب‌های انتشارات ارشد ممنوع بوده و متکلف براساس قانون دفاع از حقوق مولفین و مصنفین تمت پیکرد شدید قانونی قرار خواهد گرفت. همد حقوق انتشارات ارشد: ۸۸۸۳۳۹۰۰

## پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمند به ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجائی که درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای رفرنس (منابع) مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش می‌شد تمامی منابع پراکنده و گاه‌أ دست‌نیافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می‌شدند، که خدشه‌ای بر آن وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آنقدر آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزه آزمون‌های سراسری - آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی که شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد که حائز رتبه‌های تک رتبه‌ای کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای داوطلبان عزیز را پوشش داده است. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان لازم به ذکر است که بی‌نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، بنابراین از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

با تشکر

ناشر

www.arshadbook.ir

## پیشگفتار مولف

حمد و سپاس حضرت باری تعالی که با نشر این کتاب به بنده خویش توفیق خدمت عطا فرمود تحقیق در عملیات شامل مجموعه‌ای از مدلها و تکنیک‌های کمی است که از طریق روشهای علمی، مدیران را در امر تصمیم‌گیری بهتر یاری می‌دهد و از مهمترین و کاربردی‌ترین دروس مهندسی صنایع و مدیریت صنعتی می‌باشد. این کتاب در راستای پاسخگویی به تقاضای داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع، ریاضی، مدیریت، حسابداری و اقتصاد تهیه شده است.

از ویژگیهای منحصر به فرد این کتاب نحوه تالیف آن است. کتاب حاضر شامل ۶ فصل می‌باشد همچنین کلیه فصول، بخش‌بندی شده‌اند و مطالب درسی و نکات کنکوری در این بخش‌ها بیان شده است و در انتهای هر فصل تست‌های دوره‌ای شامل تست‌های کنکور سراسری و آزاد مهندسی صنایع گرایش صنایع و سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی تا سال ۸۷ ارائه شده است.

در پایان از اساتید گرانقدر خود در دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، جناب آقای دکتر زنجیرانی فراهانی و جناب آقای دکتر احمدی جاوید که باب آشنایی مرا با این علم گشودند کمال تشکر را دارم. همچنین مراتب تشکر خود را از مدیریت محترم انتشارات ارشد و واحد تایپ و صفحه‌آرایی انتشارات ارشد ابراز می‌دارم. و با اعتقاد بر اینکه علیرغم دقتی که در تالیف این کتاب به کار گرفته شده، کتاب حاضر خالی از ایراد و اشکال نیست. لذا آرزو مندم که مرا از انتقادات، نظرات و پیشنهادات خود بی‌بهره نگذارید و هرگونه پیشنهاد و انتقادی را از طریق سایت انتشارات ارشد یا پست الکترونیک [sajad.farahani@aut.ac.ir](mailto:sajad.farahani@aut.ac.ir) اعلام نمایید.

سجاد فراهانی

شهریور ۸۸

## فهرست مطالب

| صفحه | عنوان         |
|------|---------------|
|      | پیشگفتار ناشر |
|      | پیشگفتار مؤلف |

### فصل اول: مفاهیم تحقیق در عملیات و مدل سازی

|         |                                                  |
|---------|--------------------------------------------------|
| ۱-۱-۱   | مقدمه                                            |
| ۲-۱-۱   | تحقیق در عملیات چیست؟                            |
| ۳-۱-۱   | برنامه ریزی خطی                                  |
| ۱-۳-۱-۱ | فرضیات برنامه ریزی خطی                           |
| ۲-۳-۱-۱ | تبدیلات مدل برنامه ریزی خطی                      |
| ۴-۱-۱   | تبدیلات مقدماتی یا دستکاری مسئله                 |
| ۱-۴-۱-۱ | تبدیل Max به Min و بالعکس                        |
| ۲-۴-۱-۱ | تغییر جهت در محدودیت ها                          |
| ۳-۴-۱-۱ | به کار بردن در نامعادله به جای یک معادله و برعکس |
| ۴-۴-۱-۱ | تبدیل قدر مطلق محدودیت ها                        |
| ۵-۴-۱-۱ | تبدیل نامساوی به تساوی (کانونیک)                 |
| ۶-۴-۱-۱ | نامنفی کردن متغیرها                              |
| ۷-۴-۱-۱ | تبدیل تابع هدف مرکب                              |
| ۸       | خلاصه فصل                                        |
| ۹       | تست های آخر فصل                                  |
| ۶       | پاسخ تست های آخر فصل                             |

### فصل دوم: مفاهیم اساسی برنامه ریزی خطی و روش سیمپلکس

|           |                                       |
|-----------|---------------------------------------|
| ۸         | مقدمه                                 |
| ۱-۲-۱     | روش هندسی یا ترسیمی                   |
| ۱-۱-۲-۱   | الگوریتم روش ترسیمی                   |
| ۲-۲-۱     | طبقه بندی محدودیت های برنامه ریزی خطی |
| ۳-۲-۱     | بررسی انواع جواب ها در روش ترسیمی     |
| ۴-۲-۱     | حالت های خاص در برنامه ریزی خطی       |
| ۱-۴-۲-۱   | عدم وجود جواب موجه                    |
| ۲-۴-۲-۱   | منطقه موجه نامحدود                    |
| ۳-۴-۲-۱   | جواب بهینه چندگانه                    |
| ۴-۴-۲-۱   | مسئله تبهگن                           |
| ۵-۲-۱     | مفاهیم اساسی                          |
| ۱-۵-۲-۱   | مجموعه های محدب                       |
| ۲-۵-۲-۱   | نقاط راسی (گوشه ای)                   |
| ۳-۵-۲-۱   | متغیرهای اساسی یا پایه                |
| ۴-۵-۲-۱   | چند وجهی ها                           |
| ۱-۴-۵-۲-۱ | ابر صفحه و نیم فضاها                  |
| ۲-۴-۵-۲-۱ | تعریف نیم فضا                         |
| ۵-۵-۲-۱   | شعاع ها و جهت ها                      |
| ۱-۵-۵-۲-۱ | جهت های راسی یک مجموعه محدب           |
| ۶-۲-۱     | چند وجهی                              |
| ۱-۶-۲-۱   | مخروطهای محدب                         |

|     |                                                            |
|-----|------------------------------------------------------------|
| ۴۰  | ۷-۲- فضای احتیاج                                           |
| ۴۱  | ۸-۲- قضیه نمایش در حالت کلی                                |
| ۴۲  | ۹-۲- جبر خطی                                               |
| ۴۲  | ۱-۹-۲ بردارها                                              |
| ۴۲  | ۲-۹-۲ بردارهای خاص                                         |
| ۴۲  | ۱-۲-۹-۲ بردار صفر (بردار مبدأ)                             |
| ۴۲  | ۲-۲-۹-۲ آمین بردار واحد (بردار آمین مختص)                  |
| ۴۲  | ۳-۹-۲ بردار مجموع                                          |
| ۴۲  | ۴-۹-۲ جمع و ضرب بردارها                                    |
| ۴۲  | ۱-۴-۹-۲ جمع                                                |
| ۴۲  | ۲-۴-۹-۲ ضرب اسکالر                                         |
| ۴۲  | ۵-۹-۲ فرم یک بردار                                         |
| ۴۲  | ۶-۹-۲ نامساوی شوارتز                                       |
| ۴۲  | ۱۰-۲- فضای اقلیدسی                                         |
| ۴۴  | ۱۱-۲- ترکیبات خطی و آفین                                   |
| ۴۴  | ۱-۱۱-۲ فضاهای خطی و آفین                                   |
| ۴۴  | ۱۲-۲- استقلال خطی                                          |
| ۴۴  | ۱۳-۲- مجموعه مولد                                          |
| ۴۵  | ۱۴-۲- پایه                                                 |
| ۴۶  | ۱۵-۲- ماتریس‌ها:                                           |
| ۴۶  | ۱-۱۵-۲ جمع ماتریس‌ها                                       |
| ۴۷  | ۲-۱۵-۲ ماتریسهای خاص                                       |
| ۴۸  | ۳-۱۵-۲ اعمال سطر و ستونی ماتریس                            |
| ۴۸  | ۱۶-۲- حل یک سیستم از معادلات خطی با عملیات مقدماتی ماتریسی |
| ۴۹  | ۱۷-۲- دترمینان یک ماتریس                                   |
| ۵۰  | ۱-۱۷-۲ خواص دترمینان                                       |
| ۵۰  | ۲-۱۷-۲ رتبه ماتریس:                                        |
| ۵۱  | ۱۸-۲- معادلات خطی همزمان                                   |
| ۵۲  | ۱۹-۲- ماتریس معکوس                                         |
| ۵۲  | ۱-۱۹-۲ خواص ماتریس معکوس:                                  |
| ۵۲  | ۲-۱۹-۲ قضیه ماتریس معکوس                                   |
| ۵۳  | ۲۰-۲- روش جبری                                             |
| ۵۶  | ۲۱-۲- روش سیمپلکس                                          |
| ۶۱  | ۲۲-۲- حالات خاص در جدول سیمپلکس                            |
| ۷۱  | ۲۳-۲- ریاضیات سیمپلکس                                      |
| ۷۴  | خلاصه فصل                                                  |
| ۷۵  | تست‌های آخر فصل                                            |
| ۱۰۲ | پاسخ تست‌های آخر فصل                                       |

### فصل سوم: روشهای حل دو فاز، $M$ - بزرگ، اصلاح شده، متغیرهای کراندار

|     |                                              |
|-----|----------------------------------------------|
| ۱۱۱ | ۱-۳- مقدمه                                   |
| ۱۱۱ | ۲-۳- حالت ساده                               |
| ۱۱۱ | ۳-۳- بعضی از حالت‌های ناجور                  |
| ۱۱۳ | ۴-۳- متغیرهای مصنوعی                         |
| ۱۱۳ | ۱-۴-۳ فلسفه هندسی اضافه کردن متغیرهای مصنوعی |
| ۱۱۴ | ۵-۳- روش متغیر مصنوعی یا روش $M$ - بزرگ      |
| ۱۱۶ | ۶-۳- روش دو فاز (دو مرحله‌ای)                |
| ۱۱۶ | ۱-۶-۳ فاز اول                                |

|     |                                                |
|-----|------------------------------------------------|
| ۱۱۶ | ۳-۶-۲- فاز دوم:.....                           |
| ۱۲۰ | ۳-۷- قواعد خروج از سیکل.....                   |
| ۱۲۲ | ۳-۸- روش سیمپلکس اصلاح شده (تجدیدنظر شده)..... |
| ۱۲۳ | ۳-۸-۱ الگوریتم سیمپلکس اصلاح شده.....          |
| ۱۲۵ | ۳-۹- روش سیمپلکس متغیرهای کراندار.....         |
| ۱۲۶ | ۳-۱۰- روش حل مسائل با متغیرهای کراندار.....    |
| ۱۲۹ | خلاصه فصل.....                                 |
| ۱۳۰ | تست‌های آخر فصل.....                           |
| ۱۵۳ | پاسخ تست‌های آخر فصل.....                      |

### فصل چهارم: روش دوگان (ثانویه) مسایل برنامه‌ریزی

|     |                                                      |
|-----|------------------------------------------------------|
| ۱۵۵ | ۴-۱- مقدمه.....                                      |
| ۱۵۵ | ۴-۲- تعاریف و مفاهیم.....                            |
| ۱۵۵ | ۴-۲-۱- تعریف دوگان یک مسئله.....                     |
| ۱۵۷ | ۴-۲-۲- دلایل استفاده از مسئله دوگان عبارتند از:..... |
| ۱۵۷ | ۴-۲-۳- اشکال مختلف دوگان.....                        |
| ۱۵۹ | ۴-۳- قضایای مسئله دوگان.....                         |
| ۱۵۹ | ۴-۳-۱- قضیه تو در تو دوگان.....                      |
| ۱۶۰ | ۴-۳-۲- قضیه ضعیف دوگان.....                          |
| ۱۶۰ | ۴-۳-۳- نتایج قضیه ضعیف دوگان.....                    |
| ۱۶۰ | ۴-۳-۴- قضیه معیار بهینگی.....                        |
| ۱۶۰ | ۴-۳-۵- نتیجه قضیه معیار برهنگی.....                  |
| ۱۶۰ | ۴-۳-۶- قضیه قوی دوگان.....                           |
| ۱۶۰ | ۴-۳-۷- نتیجه قضیه قوی دوگان:.....                    |
| ۱۶۱ | ۴-۳-۸- قضیه اساسی دوگان.....                         |
| ۱۶۱ | ۴-۳-۹- قضیه تعداد و انحطاط.....                      |
| ۱۶۱ | ۴-۳-۱۰- قضیه مکمل زاید.....                          |
| ۱۶۲ | ۴-۳-۱۱- نتایج قضیه مکمل زاید.....                    |
| ۱۶۳ | ۴-۴- روابط بین دو مسئله اولیه و ثانویه.....          |
| ۱۶۳ | ۴-۵- روابط متقابل جوابهای مسایل اولیه و ثانویه.....  |
| ۱۶۴ | ۴-۶- روابط متقابل جداول مسایل اولیه و ثانویه.....    |
| ۱۶۴ | ۴-۷- قضیه فارکاس.....                                |
| ۱۶۴ | ۴-۸- تفسیر اقتصادی متغیرهای دوگان.....               |
| ۱۶۴ | ۴-۸-۱- تعریف شبه قیمت (قیمت سایه).....               |
| ۱۶۵ | ۴-۸-۲- هزینه تقلیل یافته.....                        |
| ۱۶۶ | ۴-۹- روش حل سیمپلکس ثانویه (دوگان سیمپلکس).....      |
| ۱۶۷ | ۴-۹-۱- شرایط استفاده از دوگان سیمپلکس.....           |
| ۱۶۷ | ۴-۹-۲- الگوریتم دوگان سیمپلکس.....                   |
| ۱۷۰ | خلاصه فصل.....                                       |
| ۱۷۱ | تست‌های آخر فصل.....                                 |
| ۲۰۰ | پاسخ تست‌های آخر فصل.....                            |

### فصل پنجم: تحلیل حساسیت و برنامه‌ریزی پارامتریک

|     |                                                    |
|-----|----------------------------------------------------|
| ۲۰۵ | ۵-۱- مقدمه.....                                    |
| ۲۰۵ | ۵-۲- حالات مختلف آنالیز حساسیت.....                |
| ۲۰۶ | ۵-۳- تحلیل حساسیت به طریق ترسیمی.....              |
| ۲۱۱ | ۵-۴- تحلیل حساسیت مدل‌های $n$ متغیره.....          |
| ۲۱۲ | ۵-۴-۱- حالت اول - تحلیل حساسیت اعداد سمت راست..... |

|     |                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------|
| ۲۱۵ | ۲-۴-۵ - حالت دوم - اضافه شدن یک محدودیت جدید              |
| ۲۱۶ | ۳-۴-۵ - حالت سوم: تغییر در ضرایب تابع هدف                 |
| ۲۱۹ | ۴-۴-۵ - حالت چهارم: تغییر ماتریس A (ضرایب منفی)           |
| ۲۲۱ | ۵-۴-۵ - حالت پنجم: افزودن متغیر تصمیم‌گیری جدید           |
| ۲۲۲ | ۶-۴-۵ - حالت ششم: حذف یک متغیر تصمیم‌گیری از مسئله        |
| ۲۲۳ | ۷-۴-۵ - حالت هفتم: حذف یک محدودیت از صورت مسئله           |
| ۲۲۴ | ۵-۵ - برنامه‌ریزی خطی پارامتری                            |
| ۲۲۴ | ۱-۵-۵ - حالت اول: برنامه‌ریزی پارامتری ضرایب تابع هدف $c$ |
| ۲۲۷ | ۲-۵-۵ - حالت دوم: تغییر در اعداد سمت راست                 |
| ۲۲۹ | ۶-۵ - قانون ۱۰۰٪                                          |
| ۲۳۰ | خلاصه فصل                                                 |
| ۲۳۱ | تست‌های آخر فصل                                           |
| ۲۵۱ | پاسخ تست‌های آخر فصل                                      |

### فصل ششم: مدل‌های حمل و نقل و تخصیص

|     |                                                                         |
|-----|-------------------------------------------------------------------------|
| ۲۵۵ | ۱-۶ مقدمه                                                               |
| ۲۵۵ | ۲-۶ دلایل استفاده از مسئله حمل و نقل                                    |
| ۲۵۵ | ۳-۶ مدل حمل و نقل                                                       |
| ۲۵۷ | ۴-۶ فرضیات مدل حمل و نقل                                                |
| ۲۵۷ | ۵-۶ روش‌های حل مدل حمل و نقل                                            |
| ۲۵۷ | ۱-۵-۶ روش سیمپلکس                                                       |
| ۲۵۸ | ۲-۵-۶ روش حمل و نقل                                                     |
| ۲۵۸ | ۱-۲-۵-۶ خواص مدل حمل و نقل                                              |
| ۲۵۸ | ۲-۲-۵-۶ شروط لازم و کافی در مسئله حمل و نقل                             |
| ۲۵۸ | ۳-۲-۵-۶ قضایای مدل حمل و نقل متوازن                                     |
| ۲۵۹ | ۳-۵-۶ الگوریتم مدل حمل و نقل                                            |
| ۲۵۹ | ۶-۶ به دست آوردن یک جواب اساسی موجه ابتدایی                             |
| ۲۶۰ | ۷-۶ به دست آوردن جواب بهینه از حل قابل قبول ابتدایی به کمک روش‌های:     |
| ۲۶۱ | ۱-۶-۶ تعیین جواب اساسی موجه ابتدایی با استفاده از روش گوشه شمال غربی    |
| ۲۶۴ | ۲-۶-۶ تعیین جواب اساسی موجه ابتدایی با استفاده از روش حداقل هزینه       |
| ۲۶۶ | ۳-۶-۶ تعیین جواب اساسی موجه ابتدایی با استفاده از روش تخمین فوگل        |
| ۲۶۹ | ۴-۶-۶ تعیین جواب اساسی موجه اولیه با استفاده از روش تخمین راسل          |
| ۲۷۱ | ۱-۷-۶ تعیین جواب بهینه با استفاده از روش پله سنگی                       |
| ۲۷۴ | ۲-۷-۶ تعیین جواب بهینه با استفاده از روش مضارب (MODI) (توزیع تعدیل شده) |
| ۲۷۷ | ۸-۶ حالات خاص در روش حمل و نقل                                          |
| ۲۷۸ | ۹-۶ تحلیل حساسیت در مدل حمل و نقل                                       |
| ۲۸۲ | ۱۰-۶ مدل تخصیص (واگذاری - به کار گماری)                                 |
| ۲۸۳ | ۱-۱۰-۶ روش‌های حل مدل تخصیص                                             |
| ۲۸۳ | ۱-۱-۱۰-۶ روش شمارش کامل                                                 |
| ۲۸۳ | ۲-۱-۱۰-۶ روش برنامه‌ریزی عدد صحیح                                       |
| ۲۸۳ | ۳-۱-۱۰-۶ روش برنامه‌ریزی خطی                                            |
| ۲۸۴ | ۴-۱-۱۰-۶ روش حمل و نقل                                                  |
| ۲۸۵ | ۵-۱-۱۰-۶ روش مجارستانی                                                  |
| ۲۸۹ | خلاصه فصل                                                               |
| ۲۹۰ | تست‌های آخر فصل                                                         |
| ۳۰۴ | پاسخ تست‌های آخر فصل                                                    |