

راهنمای حل مسائل
طراحی و تحلیل آزمایش‌ها
(فصل‌های ۲ تا ۷)

داگلاس سی. مونتگمری

تألیف

محمد مهدی فیاض بخش

نیما احمدی

شهاب عین آبادی



انتشارات آسمان خیال و ناشر همکار همایون آثار

تهران، خیابان معلم، خیابان شهید اجاره‌دار، کوچه دقت، پلاک ۱۴، واحد ۱۱ تلفن: ۸۸۱۴۴۴۱۶

عنوان: راهنمای حل مسائل طراحی و تحلیل آزمایش‌ها (فصل‌های ۲ تا ۷)

تألیف: محمدمهدی فیاض‌بخش، نیما احمدی، شهاب عین‌آبادی

ویراستار: طاهره صفری مهناج

ناشر: آسمان خیال و ناشر همکار همایون آثار

نوبت چاپ: چاپ اول، زمستان ۱۳۸۹

طراح جلد: نیما احمدی

چاپ و صحافی: بعثت

شمارگان: ۱۵۰۰ جلد

قیمت: ۸۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۲۹-۰۶۰-۴

پست الکترونیکی: books@statiran.com

حق چاپ برای ناشر محفوظ است. تهران ۱۳۸۹.

سرشناسه: فیاض‌بخش، محمدمهدی، ۱۳۶۵ -
عنوان و نام پدیدآور: راهنمای حل مسائل طراحی و تحلیل آزمایش‌ها (فصل‌های ۲ تا ۷) / داگلاس
سی. مونتگمری؛ تألیف محمدمهدی فیاض‌بخش، نیما احمدی، شهاب عین‌آبادی.
مشخصات نشر: تهران: آسمان خیال، همایون آثار، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری: ۳۹۰ص: جدول، نمودار.
شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۲۹-۰۶۰-۴
وضعیت فهرست نویسی: فیا
یادداشت: کتاب حاضر راهنمایی است بر کتاب «طراحی و تحلیل آزمایش‌ها» تألیف داگلاس
سی. مونتگمری.
موضوع: طرح‌های آزمایشی
شناسه افزوده: احمدی، نیما، ۱۳۶۵ -
شناسه افزوده: عین‌آبادی، شهاب، ۱۳۶۱ -
شناسه افزوده: مونتگمری، داگلاس، ۱۹۴۳- م. طراحی و تحلیل آزمایش‌ها
رده بندی کنگره: ۱۳۸۹ ۴۲۷/م۸ ۲۷۹/۸۲۷
رده بندی دیویی: ۰۰۱/۴۳۴
شماره کتابشناسی ملی: ۲۱۸۳۹۱۲

فهرست مطالب

فصل دوم

آزمایش‌های مقایسه‌ای ساده ۱

فصل سوم

آزمایش‌هایی با یک عامل: تحلیل واریانس ۳۷

فصل چهارم

بلوک‌های تصادفی‌شده، مربع‌های لاتین و طرح‌های مربوطه ۱۰۷

فصل پنجم

مقدمه‌ای بر طرح‌های عاملی ۱۶۳

فصل ششم

طرح عاملی 2^k ۲۴۱

فصل هفتم

بلوک‌بندی و آمیختگی در طرح عاملی 2^k ۳۶۷

پیش گفتار

کتابی که پیش روی شماست، راهنمای حل مسائل طراحی و تحلیل آزمایش‌ها، شامل حل مسائل فصل‌های ۲ تا ۷ از ویرایش ششم کتاب «طراحی و تحلیل آزمایش‌ها» نوشته‌ی داگلاس سی. مونتگمری است. ویرایش ششم کتاب را جناب آقای دکتر رسول نورالسّناء ترجمه نموده‌اند که توسط انتشارات دانشگاه علم و صنعت در سال ۱۳۸۶ منتشر شده است؛ هم‌چنین ترجمه‌ی ویرایش پیشین آن توسط جناب آقای دکتر غلامحسین شاهکار در سال ۱۳۸۰ توسط نشر جهاد دانشگاهی منتشر شده بود. اکثر مسائل در هر دو ویرایش کتاب یکسان هستند (فصل اول هر دو ویرایش، فاقد مسأله است).

هدف از تألیف راهنمای حل مسائل، فراهم آوردن زمینه‌ای برای درک عمیق‌تر دانشجویان در به‌کارگیری صحیح مفاهیمی است که در آن کتاب آمده و بیش‌فرض آن، آشنایی مقدماتی با طراحی و تحلیل آزمایش‌هاست. از آن‌جایی که صورت کامل تمامی تمرین‌ها در این کتاب آمده است دانشجویانی که طراحی و تحلیل آزمایش‌ها را از طریق کتاب‌ها و منابع آموزشی دیگری آموخته‌اند تقریباً بی‌نیاز از اصل کتاب بوده و می‌توانند از این کتاب بهره‌مند گردند. از طرفی کاربرد روزافزون کامپیوتر در علم آمار، فنون و تکنیک‌های محاسباتی این علم را که تاکنون صرفاً به‌عنوان متون درسی و تحقیقی مورد توجه بوده‌اند، وارد سیستم کاربردی نموده و مزایای آن را عیناً در رابطه با حل مشکلات اجرایی و تجربی نمایان ساخته است. در این راستا نرم‌افزارهای آماری توانسته‌اند محاسبات پیچیده و زمان‌بر را به‌سادگی و با دقت زیاد انجام دهند. از این‌رو در ویرایش ششم این کتاب تأکید بسیار زیادی بر استفاده از کامپیوتر برای حل مسائل شده است. در طول سال‌های اخیر، نرم‌افزارهای زیادی برای به‌کارگیری در طراحی و تحلیل آزمایش‌ها تولید شده‌اند؛ مؤلف کتاب، داگلاس سی. مونتگمری، برای حل بسیاری از مثال‌ها، از دو نرم‌افزار *Minitab* و *Design-Expert* استفاده نموده است. *Minitab* یک بسته‌ی نرم‌افزاری همه‌منظوره‌ی آماری با قابلیت تحلیل داده‌ای فراوان، از جمله طراحی و تحلیل آزمایش‌ها با اثرات ثابت و تصادفی (شامل مدل‌های آمیخته) می‌باشد. اما *Design-Expert* صرفاً

نرم‌افزاری برای طراحی آزمایش‌ها است که قابلیت‌های فراوانی در طراحی و تحلیل طرح‌ها دارد.

به‌منظور تأمین اهداف این کتاب، سعی ما بر این بوده که تمرین‌ها، هم به‌صورت تشریحی و هم به‌وسیله‌ی نرم‌افزار، حل و نتایج به‌دست آمده از آن‌ها تحلیل شود. حل مسائل مربوط به طراحی و تحلیل آزمایش‌ها سرشار از محاسبات عددی می‌باشد، خصوصاً هنگامی که طرح‌ها پیچیده‌تر می‌شوند و این امر مستلزم بالا رفتن خطاهای محاسباتی می‌شود؛ برای اطمینان از صحت جواب‌ها، تمامی مسائل به‌وسیله‌ی نرم‌افزار حل شده‌اند؛ اما درمورد حل‌های تشریحی، برای نگه‌داری حجم کتاب در سطحی معقول، در مسائلی که شیوه‌ی حل‌شان یکسان بوده یا عملاً حل تشریحی ممکن نبوده (مانند رسم نمودارهای احتمال نرمال، نمودارهای خطوط هم‌تراز یا نمودارهای سه‌بعدی و ...) خصوصاً در فصل‌های آخر، از شیوه‌ی مؤلف کتاب پیروی کرده‌ایم و از ارائه‌ی حل تشریحی خودداری نموده‌ایم. خوانندگانی که مایلند همه‌ی مسائل را تشریحی حل کنند می‌توانند شیوه‌ی حل را از مسائلی که برای نمونه به‌صورت تشریحی حل شده‌اند، فرا گرفته و پس از حل مسائل دلخواه‌شان، نتایج خود را با خروجی‌های نرم‌افزاری کتاب مقایسه کنند. این شیوه به دانشجویانی که رشته‌ی تخصصی آن‌ها آمار است توصیه می‌شود، زیرا سبب درک عمیق‌تری نسبت به روش‌های بایستی علم آمار در طراحی و تحلیل آزمایش‌ها می‌شود؛ هم‌چنین تسلط به مباحث تئوری، انتخاب صحیح مدل و تحلیل درست نتایج را به‌دنبال خواهد داشت. از طرفی دانشجویان آمار هرگز نباید از یادگیری نرم‌افزارها غافل شوند؛ چراکه در کارهای تحقیقاتی و کاربردی واقعی، تغییر یک یا چند داده، تمام محاسبات را برهم می‌زند و یا هنگامی که می‌خواهیم چندین مدل را برای داده‌های یک مسئله باهم بسنجیم، حجم محاسبات آن‌قدر بالا می‌رود که عملاً ناچار به استفاده از نرم‌افزار خواهیم شد که محاسباتش دقیق، سریع و قابل استناد است.

اما این کتاب برای دانشجویانی که تمایل دارند طراحی و تحلیل آزمایش‌ها را به شیوه‌ی کاربردی فرا بگیرند نیز بسیار مفید است؛ خصوصاً دانشجویانی که رشته‌های غیر آمار دارند ولی در تحقیقات خود به این علم (و خصوصاً طراحی و تحلیل آزمایش‌ها) نیاز دارند و نمی‌خواهند درگیر محاسبات محض شوند؛ برای این دسته از افراد، چگونگی ساخت و تعریف طرح، جمع‌آوری داده‌ها، فرض‌هایی که درمورد مدل می‌پذیرند اهمیت دارد؛ از آن‌جایی که بیشتر مسائل این کتاب برپایه‌ی داده‌های حقیقی می‌باشد، اگر با طریقه‌ی مدل‌کردن این داده‌ها به‌وسیله‌ی نرم‌افزار و بررسی فرض‌های مدل و نیز تحلیل نتایج به‌دست آمده از خروجی نرم‌افزارها آشنا شوند می‌توانند با الگو برداری از شیوه‌های به‌کار رفته در حل این مسائل، به مدل‌کردن و تحلیل داده‌های خود در هر زمینه‌ی تخصصی که مایلند بپردازند.

همان طوری که عنوان شد، دو نرم افزار *Minitab* و *Design-Expert* از جمله معروف ترین و به روزترین نرم افزارها در زمینه ی طراحی و تحلیل آزمایش ها هستند. برای دانلود این نرم افزارها، به همراه دستورالعمل نصب، به سایت www.statiran.com مراجعه کنید.

هم چنین به منظور آشنا کردن کاربران با صورت صحیح طراحی آزمایش و وارد کردن داده ها در نرم افزار، داده های مربوط به مثال های حل شده در متن کتاب و هم چنین مسائل انتهایی فصل های دوم تا هفتم نیز به صورت یک فایل فشرده در همان سایت قرار داده شده است. این فایل، شامل پوشه ای به نام «*Data sets (chapter 2-7)*» می باشد؛ این پوشه مشتمل بر دو پوشه است:

۱. پوشه ی «*Data Sets for Homework Exercises*»

در این پوشه، داده های مسائل انتهایی فصل های ۲ تا ۷ کتاب به دو صورت در اختیار کاربران قرار داده شده است:

- به صورت یک جا و در قالب نرم افزار *Excel* و با نام «*Complete Data Sets.xls*».
- به صورت جداگانه، داده های هر فصل درون پوشه ای با نام «*Data Sets by Chapter*».

✓ لازم به ذکر است که فصل اول این کتاب، فاقد مسائل می باشد.

۲. پوشه ای با نام «*Data Sets for Examples*»

در این پوشه، داده های مربوط به مثال های حل شده در متن کتاب در اختیار کاربران قرار داده شده است. از آنجایی که در تعدادی از مسائل انتهایی هر فصل از کتاب، به داده های مثال های داخل متن کتاب ارجاع داده می شود، این داده ها در قالب همان نرم افزاری که مسأله با آن حل شده است (یعنی در قالب نرم افزار *Minitab* یا *Design-Expert*) در اختیار کاربران قرار داده شده است.

فایل ها با پسوند *mtw* یا *MTW* داده ها در قالب نرم افزار *Minitab* می باشند. پس از نصب این نرم افزار، می توانید با باز کردن آن ها توسط این نرم افزار، از آن ها استفاده کنید.

فایل ها با پسوند *dx6* داده ها در قالب نرم افزار *Design-Expert* می باشند. پس از نصب این نرم افزار، می توانید با باز کردن آن ها توسط این نرم افزار، از آن ها استفاده کنید.

هر فایل، شماره ای دارد که نشان می دهد این داده ها مربوط به کدام مسأله و مربوط به کدام فصل می باشد. برای مثال، نام «*dcm6-0322.dx6*» را در نظر بگیرید:

- «dcm6» یعنی این داده مربوط به ویرایش ششم کتاب داگلاس سی. مونتگمری می‌باشد. همه‌ی فایل‌های داده‌ای در این سی‌دی، این پیشوند را دارند.
- «0322» یعنی این داده‌ها مربوط به مسأله‌ی بیست و دوم (22) از فصل سوم (03) کتاب می‌باشد.
- پسوند «.dx6» یعنی این فایل، برای استفاده در نرم‌افزار *Design-Expert* (نسخه‌ی ۶ ام و بالاتر) می‌باشد.

در پایان، وظیفه‌ی خود می‌دانیم از همه‌ی کسانی که در انجام این کار ما را یاری دادند، به‌ویژه کارشناس آمار، خانم نگار جابرائصاری که از اطلاعات ایشان در حل تشریحی مسائل بهره بردیم، سپاس‌گزاری نماییم؛ هم‌چنین از دوست و ناشر عزیز، آقای مهندس علیرضا آدمپور مقدم تشکر می‌نماییم که اگر پشتیبانی ایشان نبود هرگز این کتاب در دسترس علاقه‌مندان قرار نمی‌گرفت.

بی‌شک در این کتاب نقایصی وجود دارد. از اساتید و خوانندگان بزرگوار خواهانیم که با راهنمایی‌ها و پیشنهادهای اصلاحی خود، ما را در رفع نقایص این کتاب یاری فرمایند. امیدواریم که این مجموعه، راهگشای دانشجویان و محققان باشد.

محمد مهدی فیاض‌بخش

نیما احمدی

شهاب عین‌آبادی