

مدل‌های خطی برای آمار

الوین رنچر

ترجمه

دکتر حسنعلی آذرنوش

استاد دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر ابوالقاسم بزرگ‌نیا

استاد دانشگاه فردوسی مشهد

سرشناسه:	رنچر، آلوین، ۱۹۳۴-م.	Rencher, Alvin C
عنوان و نام پدیدآور:	مدل‌های خطی برای آمار/الوین رنچر؛ ترجمه حسنعلی آذرنوش، ابوالقاسم بزرگ‌نیا.	
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۲.	
مشخصات ظاهری:	۷۶۶ ص. مصور، جدول، نمودار.	
فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۳۶۴	
شابک:		ISBN: 978-964-5782-96-0
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیا.	
یادداشت:	عنوان اصلی:	Linear models in statistics.
یادداشت:	چاپ سوم: بهار ۱۳۹۲.	
یادداشت:	واژه‌نامه.	
یادداشت:	کتابنامه: ص. [۷۳۱] - ۷۳۹.	
یادداشت:	نمایه.	
موضوع:	الگوهای خطی (آمار).	
شناسه افزوده:	آذرنوش، حسنعلی، ۱۳۱۹ - ، مترجم.	
شناسه افزوده:	بزرگ‌نیا، ابوالقاسم، ۱۳۱۲ - ، مترجم.	
شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد.	
رده‌بندی کنگره:	QA ۲۷۶/۳۹م۴ ۱۳۸۲	
رده‌بندی دیویی:	۵۱۹/۵۳۵	
شماره کتابشناسی ملی:	۳۱۰۱-۸۲م	

مدل‌های خطی برای آمار

پدیدآورنده: الوین، رنچر
 مترجمان: دکتر حسنعلی آذرنوش، دکتر ابوالقاسم بزرگ‌نیا
 مشخصات: وزیری، ۵۰۰ نسخه، چاپ چهارم، زمستان ۹۶
 چاپ و صحافی: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد
 بها: ۳۸۰/۰۰۰ ریال



انتشارات
۳۶۴

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، سازمان مرکزی، جنب سلف یاس تلفن: ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)
مؤسسه کتابیران: تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی‌نژاد، بین خیابان فروردین و اردیبهشت، شماره ۲۳۸ تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹-۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)
مؤسسه دانشسیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شماره ۱۴۲ تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰-۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir

فهرست مطالب

۱۱	پیش‌گفتار
۱۵	سیاسگزاری
	۱. مقدمه
۱۷	۱.۱ الگوی رگرسیون خطی ساده
۱۸	۲.۱ الگوی رگرسیون خطی چندگانه
۲۰	۳.۱ الگوهای آنالیز واریانس
	۲. جبر ماتریسها
۲۳	۱.۲ نماد برداری و ماتریسی
۲۳	۱.۱.۲ ماتریسها، بردارها و اسکالرها
۲۵	۲.۱.۲ تساوی ماتریسها
۲۵	۳.۱.۲ ترانزپوز
۲۶	۴.۱.۲ ماتریسهای خاص
۲۷	۲.۲ اعمال ماتریسی
۲۸	۱.۲.۲ مجموع دو ماتریس یا دو بردار
۲۸	۲.۲.۲ ضرب دو ماتریس یا دو بردار
۳۵	۳.۲ ماتریسهای افراز شده
۳۸	۴.۲ رتبه
۴۱	۵.۲ معکوس ماتریس
۴۳	۶.۲ ماتریسهای معین مثبت
۴۸	۷.۲ دستگاه معادلات
۵۳	۸.۲ معکوس تعمیم‌یافته
۵۳	۱.۸.۲ تعریف و خواص
۵۷	۲.۸.۲ معکوس تعمیم‌یافته و دستگاه معادلات
۵۸	۹.۲ دترمینانها
۶۲	۱۰.۲ بردارها و ماتریسهای متعامد
۶۶	۱۱.۲ اثر

۶۸	۱۲.۲ مقادیر ویژه و بردارهای ویژه
۶۸	۱.۱۲.۲ تعریف
۷۱	۲.۱۲.۲ تابعی از یک ماتریس
۷۳	۳.۱۲.۲ حاصل ضربها
۷۴	۴.۱۲.۲ ماتریسهای متقارن
۷۶	۵.۱۲.۲ ماتریسهای معین مثبت و نیمه معین مثبت
۷۷	۱۳.۲ ماتریسهای خودتوان
۸۰	۱۴.۲ مشتق توابع خطی و صورتهای درجه دوم
۸۱	تمرینها
	۳. بردارها و ماتریسهای تصادفی
۹۵	۱.۳ مقدمه
۹۶	۲.۳ میانگینها، واریانسها، کوواریانسها، و همبستگیها
۱۰۱	۳.۳ میانگین بردارها و ماتریس کوواریانس بردارهای تصادفی
۱۰۱	۱.۳.۳ بردار میانگین
۱۰۲	۲.۳.۳ ماتریس کوواریانس
۱۰۴	۳.۳.۳ واریانس تعمیم یافته
۱۰۴	۴.۳.۳ فاصله استاندارد
۱۰۴	۴.۳ ماتریسهای همبستگی
	۵.۳ بردارهای میانگین و ماتریسهای کوواریانس برای بردارهای تصادفی
۱۰۵	افراز شده
۱۰۶	۶.۳ توابع خطی از بردارهای تصادفی
۱۰۷	۱.۶.۳ میانگینها
۱۰۹	۲.۶.۳ واریانسها و کوواریانسها
۱۱۰	تمرینها
	۴. توزیع نرمال چند متغیری
۱۱۳	۱.۴ توزیع نرمال یک متغیری
۱۱۴	۲.۴ تابع چگالی نرمال چند متغیری
۱۱۶	۳.۴ توابع مولد گشتاور
۱۱۹	۴.۴ خواص توزیع نرمال چند متغیری
۱۲۸	۵.۴ همبستگی جزئی
۱۳۰	تمرینها

	۵. توزیع صورتهای درجه دوم y
۱۳۳	۱.۵ مجموع مربعات
۱۳۵	۲.۵ میانگین و واریانس صورتهای درجه دو
۱۴۰	۳.۵ توزیع غیرمرکزی کی دو
۱۴۲	۴.۵ توزیعهای غیرمرکزی F و t
۱۴۲	۱.۴.۵ توزیع F غیرمرکزی
۱۴۴	۲.۴.۵ توزیع غیرمرکزی t
۱۴۴	۵.۵ توزیع صورتهای درجه دوم
۱۴۷	۶.۵ استقلال صورتهای خطی و صورتهای درجه سوم
۱۵۱	تمرینها
	۶. رگرسیون خطی ساده
۱۵۷	۱.۶ مدل خطی
۱۵۸	۲.۶ برآورد β_0, β_1 و σ^2
۱۶۲	۳.۶ آزمون فرض و فاصله اطمینان برای β_1
۱۶۴	۴.۶ ضریب تعیین
۱۶۶	تمرینها
	۷. رگرسیون چندگانه: برآورد کردن
۱۶۹	۱.۷ مقدمه
۱۶۹	۲.۷ مدل رگرسیون
۱۷۴	۳.۷ برآورد β و σ^2
۱۷۴	۱.۳.۷ برآوردگر کمترین مربعات برای β
۱۷۸	۲.۳.۷ خواص برآوردگر کمترین مربعات $\hat{\beta}$
۱۸۴	۳.۳.۷ یک برآوردگر برای σ^2
۱۸۷	۴.۷ هندسه کمترین مربعات
۱۸۷	۱.۴.۷ فضای متغیر
۱۸۸	۲.۴.۷ فضای نمونه
۱۹۰	۵.۷ مدل مرکزی
۱۹۴	۶.۷ مدل نرمال
۱۹۴	۱.۶.۷ مفروضات
۱۹۴	۲.۶.۷ برآوردگرهای درست‌نمایی ماکزیمم β و σ^2

۱۹۶	۳.۶.۷ خواص $\hat{\beta}$ و $\hat{\sigma}^2$
۱۹۸	۷.۷ محاسبه R^2 در رگرسیون با x ثابت
۲۰۳	۸.۷ کمترین مربعات تعمیم یافته: $\text{cov}(y) = \sigma^2 V$
۲۰۳	۱.۸.۷ برآورد β و σ^2 وقتی $\text{cov}(y) = \sigma^2 V$
۲۰۷	۲.۸.۷ تعیین نادرست ساختار خطا
۲۰۹	۹.۷ تعیین مدل اشتباه
۲۱۶	۱۰.۷ متعامدسازی
۲۲۱	تمرینها
	۸. رگرسیون چندگانه: آزمونهای فرض و فاصلههای اطمینان
۲۳۱	۱.۸ آزمون کلی رگرسیون
۲۳۶	۲.۸ آزمون زیرمجموعه‌ای از β ها
۲۴۶	۳.۸ آزمون F برحسب R^2
۲۴۷	۴.۸ آزمونهای کلی فرضهای خطی برای $H_0: C\beta = t$ و $H_0: C\beta = o$
۲۴۷	۱.۴.۸ آزمون برای $H_0: C\beta = o$
۲۵۴	۲.۴.۸ آزمون فرض $H_0: C\beta = t$
۲۵۶	۵.۸ آزمونهای β و $a'\beta$
۲۵۶	۱.۵.۸ آزمون یک β یا یک $a'\beta$
۲۵۸	۲.۵.۸ آزمون چندین β یا $a'\beta$
۲۶۴	۶.۸ فاصلههای اطمینان و فاصلههای پیش‌بینی
۲۶۴	۱.۶.۸ ناحیه اطمینان برای β
۲۶۴	۲.۶.۸ فاصله اطمینان برای β
۲۶۶	۳.۶.۸ فاصله اطمینان برای $a'\beta$
۲۶۶	۴.۶.۸ فاصله اطمینان برای $E(y)$
۲۶۸	۵.۶.۸ فاصله پیش‌بینی برای مشاهده بعدی
۲۷۱	۶.۶.۸ فاصله اطمینان برای σ^2
۲۷۱	۷.۶.۸ فاصلههای توأم
۲۷۳	۷.۸ آزمونهای نسبت درست‌نمایی
۲۷۸	تمرینها
	۹. رگرسیون چندگانه: اعتبار و تشخیص مدل
۲۸۷	۱.۹ مانده‌ها

۲۹۱	۲.۹ ماتریس تبدیل
۲۹۳	۳.۹ مشاهدات دورافتاده
۲۹۷	۴.۹ مشاهدات مؤثر و عامل نفوذ
۳۰۰	تمرینها
	۱۰. رگرسیون چندگانه: x های تصادفی
۳۰۶	۱.۱۰ مدل رگرسیون نرمال چند متغیری
۳۰۷	۲.۱۰ برآورد در رگرسیون نرمال چند متغیری
۳۱۶	۳.۱۰ R^2 در رگرسیون نرمال چند متغیری
۳۲۰	۴.۱۰ آزمونها و فاصله های اطمینان
۳۲۶	۵.۱۰ اثر هر متغیر روی R^2
۳۲۹	۶.۱۰ پیش بینی برای داده های غیرنرمال
۳۳۱	۷.۱۰ همبستگی های جزئی نمونه
۳۳۹	تمرینها
	۱۱. مدل های آنالیز واریانس
۳۴۳	۱.۱۱ مدل با رتبه ناقص
۳۴۳	۱.۱.۱۱ مدل یک طرفه
۳۴۸	۲.۱.۱۱ مدل دو طرفه
۳۵۱	۲.۱۱ برآورد
۳۵۱	۱.۲.۱۱ برآوردپذیری β
۳۵۵	۲.۲.۱۱ توابع برآوردپذیر از β
۳۶۰	۳.۱۱ برآوردگرها
۳۶۰	۱.۳.۱۱ برآوردگرهای $\lambda'\beta$
۳۶۵	۲.۳.۱۱ برآوردگر σ^2
۳۶۷	۳.۳.۱۱ مدل نرمال
۳۶۹	۴.۱۱ پارامتری سازی مجدد
۳۷۱	۵.۱۱ شرایط فرعی
۳۷۴	۶.۱۱ آزمون فرض
۳۷۴	۱.۶.۱۱ فرض آزمون پذیر
۳۷۶	۲.۶.۱۱ مدل کامل و تقلیل یافته
۳۷۹	۳.۶.۱۱ فرض خطی کلی

۳۸۱	۷.۱۱ شرح برآورد و آزمون
۳۸۲	۱.۷.۱۱ توابع برآوردپذیر
۳۸۴	۲.۷.۱۱ آزمون یک فرض
۳۸۶	۳.۷.۱۱ متعامد بودن ستونهای X
۳۹۰	تمرینها

۱۲. آنالیز واریانس یک طرفه: حالت متعادل

۳۹۵	۱.۱۲ مدل یک طرفه
۳۹۶	۲.۱۲ توابع برآوردپذیر
۳۹۸	۳.۱۲ برآورد پارامترها
۳۹۸	۱.۳.۱۲ حل معادلات نرمال
۴۰۰	۲.۳.۱۲ یک برآوردگر برای σ^2
۴۰۱	۴.۱۲ آزمون فرض $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$
۴۰۲	۱.۴.۱۲ مدل کامل و تقلیل یافته
۴۰۵	۲.۴.۱۲ فرض خطی کلی
۴۰۹	۵.۱۲ امید میانگین مربعات
۴۱۰	۱.۵.۱۲ مدل کامل و تقلیل یافته
۴۱۳	۲.۵.۱۲ فرض خطی کلی
۴۱۵	۶.۱۲ تباینها
۴۱۶	۱.۶.۱۲ آزمون فرض تباین
۴۱۷	۲.۶.۱۲ تباینهای متعامد
۴۲۳	۳.۶.۱۲ تباینهای چندجمله‌ای متعامد
۴۳۲	تمرینها

۱۳. آنالیز واریانس دو طرفه: حالت متعادل

۴۳۹	۱.۱۳ مدل دو طرفه
۴۴۱	۲.۱۳ توابع برآوردپذیر
۴۴۵	۳.۱۳ برآوردگرهای $\lambda'\beta$ و σ^2
۴۴۵	۱.۳.۱۳ حل معادلات نرمال و برآورد $\lambda'\beta$
۴۴۸	۲.۳.۱۳ یک برآوردگر برای σ^2
۴۴۹	۴.۱۳ آزمون فرضها
۴۴۹	۱.۴.۱۳ آزمون اثر متقابل

۴۶۰	۲.۴.۱۳ آزمون اثرهای اصلی
۴۷۰	۵.۱۳ امید میانگین مربعات
۴۷۰	۱.۵.۱۳ روش مجموع مربعات
۴۷۲	۲.۵.۱۳ روش صورت درجه دوم
۴۷۶	تمرینها
	۱۴. آنالیز واریانس: داده‌های نامتعادل
۴۸۳	۱.۱۴ مقدمه
۴۸۴	۲.۱۴ مدل یک طرفه
۴۸۴	۱.۲.۱۴ برآورد و آزمون
۴۸۷	۲.۲.۱۴ تباینها
۴۹۰	۳.۱۴ مدل دو طرفه
۴۹۱	۱.۳.۱۴ مدل بدون شرط
۴۹۹	۲.۳.۱۴ مدل مقید (شرطی)
۵۰۳	تمرینها
	۱۵. آنالیز کوواریانس
۵۰۹	۱.۱۵ مقدمه
۵۱۱	۲.۱۵ برآورد و آزمون
۵۱۱	۱.۲.۱۵ مدل آنالیز کوواریانس
۵۱۳	۲.۲.۱۵ برآورد
۵۱۵	۳.۲.۱۵ آزمون فرض
۵۱۶	۳.۱۵ مدل یک طرفه با یک متغیر کمکی
۵۱۶	۱.۳.۱۵ مدل
۵۱۷	۲.۳.۱۵ برآورد
۵۱۸	۳.۳.۱۵ آزمون فرضها
۵۲۶	۴.۱۵ مدل دو طرفه با یک متغیر کمکی
۵۲۷	۱.۴.۱۵ آزمون اثرهای اصلی و اثر متقابل
۵۳۲	۲.۴.۱۵ آزمون شیب
۵۳۳	۳.۴.۱۵ آزمون شبیه‌های همگن
۵۳۵	۵.۱۵ مدل یک طرفه با چند متغیر کمکی
۵۳۵	۱.۵.۱۵ مدل
۵۳۶	۲.۵.۱۵ برآورد

۵۳۹	۳.۵.۱۵ آزمون فرض
۵۴۴	۶.۱۵ آنالیز کوواریانس با مدل‌های نامتعادل
۵۴۶	تمرینها
	۱۶. مدل‌های اثرهای تصادفی و مدل‌های اثرهای آمیخته
۵۵۳	۱.۱۶ مقدمه
۵۵۷	۲.۱۶ برآورد $\lambda'\beta$ و پیش‌بینی a در $y = X\beta + Za + \varepsilon$
۵۵۷	۱.۲.۱۶ بهترین برآوردگر نااریب خطی $\lambda'\beta$
۵۵۹	۲.۲.۱۶ بهترین پیش‌بینی خطی متغیر تصادفی a
۵۶۱	۳.۱۶ برآورد مؤلفه‌های واریانس
۵۶۱	۱.۳.۱۶ امید میانگین مربعات
۵۶۵	۲.۳.۱۶ برآوردگرهای ANOVA
۵۶۵	۴.۱۶ آزمون فرض
۵۶۸	تمرینها
	۱۷. مدل‌های اضافی
۵۷۱	۱.۱۷ مدل غیرخطی
۵۷۲	۲.۱۷ رگرسیون لجستیک
۵۷۶	۳.۱۷ مدل لگ خطی
۵۷۷	۴.۱۷ رگرسیون پواسون
۵۷۸	۵.۱۷ مدل‌های خطی تعمیم‌یافته
۵۸۱	تمرینها
۵۸۳	پیوست الف. جوابها و راهنمایها برای تمرینهای انتخابی
۷۲۹	پیوست ب. مجموعه داده‌ها و فایل‌های SAS
۷۳۱	کتاب‌نامه
۷۴۱	واژه‌نامه
۷۶۳	راهنمای موضوعی

پیش‌گفتار

الگوهای خطی (الگوهایی که نسبت به پارامترها خطی هستند) در رگرسیون، آنالیز واریانس، آنالیز کواریانس، و تعمیم اینها مانند رگرسیون لجستیک و الگوهای تعمیم‌یافته خطی به کار برده می‌شوند. این کتاب بر تعمیم نظریهٔ اساسی سه مبحث اول با یک مقدمهٔ مختصر دربارهٔ سایر الگوها تأکید دارد (در فصل ۱۷). کاربردها به وسیلهٔ مثالها و مسائل مربوط به داده‌های حقیقی تشریح می‌شوند. این ترکیب نظریه و کاربرد، خواننده را آماده می‌سازد که در مطالعات آیندهٔ خود تعبیری صحیح‌تر از خروجی رایانه الگوهای خطی داشته باشد.

این کتاب مقدماتی الگوهای خطی در اصل به عنوان درسی در یک ترم برای دانشجویان سالهای آخر کارشناسی یا کارشناسی‌ارشد طرح شده است؛ اما مطالب آن بیشتر از آن است که بتوان در یک ترم تدریس کرد. بنابراین، به مدرّس امکان انتخاب مباحث را می‌دهد و می‌تواند به عنوان یک کتاب مرجع برای کسانی که می‌خواهند درک بهتری از رگرسیون و آنالیز واریانس داشته باشند به کار رود. همچنین می‌تواند به عنوان یک متن مناسب برای کلاسهای PhD که در آنها مدرّس بخواهد یک ترم از مقدمات صحبت کند، استفاده شود؛ و نیز می‌تواند یک متن تکمیلی خوب یا یک مرجع پیشرفته‌تر کلاس PhD برای دانشجویانی باشد که نیاز به مرور شخصی دارند.

هدف از تدوین این کتاب، ارائهٔ سادهٔ مطالب بوده است. امیدوارم، دانشجویان، مدرّسان، محققان و آنها که عملاً از آن استفاده می‌کنند، در این متن الگوهای خطی را راحت‌تر از سایر کتابهای مربوط به این موضوع پیدا کنند. در مراحل پایانی این کار از دانشجویان خواستم که ضمن مطالعهٔ روزانه، تذکرات لازم را بنویسند که پیشنهادهای ایشان، در بهبود کیفی کتاب، تأثیر فراوانی داشت. همین جا لازم است از خوانندگان که وقت خود را صرف بررسی این اثر نموده، پیشنهادها و تذکرات مفیدی داده‌اند، سپاسگزاری کنم.

هدف دیگر کتاب تکمیل مطالب کم‌اهمیتی است که مانع پیشرفت موفقیت‌آمیز پروژه‌اند. برای تدریس رگرسیون روشهای مختلفی وجود دارد؛ مثلاً، بعضی کتابها

برآورد ضرایب رگرسیون را فقط برای x ‌های ثابت در نظر می‌گیرند، کتابهای دیگری x ‌ها را متغیرهای تصادفی می‌گیرند، بعضی‌ها الگوهای مرکزی شده و بالاخره بعضی برآورد ضرایب رگرسیون را برحسب واریانسها و کوواریانسها یا برحسب همبستگی‌ها بررسی می‌کنند. من سعی کرده‌ام که تمام این روشها را با دقت به کار برم و نشان دهم که اینها چگونه با هم در ارتباطند. همچنین سعی کرده‌ام همین کار را برای روشهای مختلف آنالیزواریانس انجام دهم. معتقدم که این کار کتاب را به عنوان یک مرجع نیز مانند یک کتاب درسی مفید می‌سازد. یک مدرس می‌تواند روشی را که خود ترجیح می‌دهد انتخاب نماید، و در عین حال دانشجو یا محقق به روشهای دیگر نیز دسترسی دارد.

این کتاب شامل تعداد زیادی مسایل نظری و تعداد کمی مسایل کاربردی عددی شامل مجموعه‌های اعداد حقیقی است. مسائل همراه مجموعه وسیعی از جوابها در پیوست (الف) در توسیع کتاب از دو جهت کمک می‌کند: (۱) مسائل نظری و جوابها تقریباً تمام شکافهای موجود در به دست آوردن و اثبات‌ها را پر می‌کنند و همچنین موضوعات متن را پوشش می‌دهند، (۲) مسائل کاربردی و جوابها مثالهای دیگری برای تشریح نظریه هستند. به عنوان یک مدرس، دریافتم که با داشتن جوابها برای دانشجویان، خیلی در وقت کلاس صرفه‌جویی می‌شود و در نتیجه می‌توانم موضوعات بیشتری را مطرح و آنها را بیشتر تشریح کنم. جوابها، بخصوص برای خواننده‌ای که بدون شرکت در کلاس می‌خواهد از این مطالب استفاده نماید می‌تواند مفید باشد.

مطالب ریاضی لازم برای این کتاب ریاضیات عمومی و جبر ماتریسها است. مرور جبر ماتریسها در فصل ۲ به طور بسنده کامل است به قسمی که خواننده بدون اطلاع می‌تواند تا حد لازم برای این کتاب از آن بهره‌مند شود. مطالب آماری لازم شامل بعضی مطالب نظری است، که مباحثی از قبیل توزیعهای متغیرهای تصادفی، امید ریاضی، توابع مولد گشتاور، و مقدمه‌ای از برآورد و آزمون فرض را در بر می‌گیرد. این مباحث به اختصار مرور می‌شوند. یک یا دو درس روشهای آماری نیز که مباحثی نظیر آزمون t ، رگرسیون و آنالیزواریانس را پوشش دهد مفید خواهد بود.

بسیار سعی کرده‌ام که از نمادهای سازگار در تمام کتاب استفاده کنم. همچنین سعی کرده‌ام نمادهای استاندارد را تا حد امکان به کار برم و از شاخصهای خارجی که به آسانی ارائه نمی‌شوند اجتناب کنم. با چند استثناء از کاربرد اختصارات و تدابیر ذهنی خودداری کرده‌ام. شخصاً این نمادهای آزار دهنده را در بعضی از کتابها یا مقالات

مجلات می بینیم.

معادلات به طور سری در هر فصل شماره گذاری شده اند، مثلاً (۲۹.۳) بیست و نهمین معادله را در فصل ۳ نشان می دهد. جدولها و نمودارها نیز به طور سری در فصل به صورت "جدول ۸.۳" یا "شکل ۲.۳" شماره گذاری شده اند. از طرف دیگر، مثالها و قضایا به طور سری در هر بخش شماره گذاری می شوند، مانند قضایای ۲۸.۲ و ۲۵.۲.

حل بیشتر مسائل با مجموعه هایی از داده های واقعی به رایانه نیاز دارد. در مورد فایل های رایانه و خروجی هیچ یک از برنامه های خاص بحث نکرده ام؛ علتش وجود برنامه های نوشته شده خوب است که در دسترس می باشند. محاسبات مثال های عددی و مسائل عددی به کمک SAS انجام شده است. مجموعه داده ها و فایل های رایانه SAS برای تمام مثال های عددی و مسائل متن در شبکه موجود است؛ پیوست B را ببینید.

در کتابشناسی، بررسی کامل تمام نوشته ها، مورد نظر نبوده است. مراجع اولیه را برای بعضی از نتایج الگوهای خطی فراهم کرده ام و خواننده را به متن ها و کتاب های جدید و مفید برای مطالعه بیشتر ارجاع داده ام. هر وقت در متن به مرجعی اشاره می کنم، طبق استاندارد، سال نشر آن را نیز متذکر می شوم. برای مقالات مجله ها، سال انتشار کافی خواهد بود. مثلاً فیشر (۱۹۲۱). ولی برای یک مرجع خاص در یک کتاب، شماره صفحه یا بخش مربوطه نیز آورده شده است. مانند: ها کینگ (۱۹۹۶ صفحه ۲۱۶).

خیلی از مباحث انتخاب شده به این منظور بوده است که خواننده را برای درک بهتر کاربردها و مطالعات بعدی در مباحثی مانند الگوهای مرکب، و الگوهای خطی تعمیم یافته آماده سازد. به دنبال مقدمات مختصری در فصل ۱، در فصل ۲ تمام جنبه های جبر ماتریسی مورد نیاز در این کتاب به طور دقیق، مرور شده است. فصل های ۳ و ۴ و ۵ خواص متغیرهای تصادفی، ماتریسها، و صورت های درجه دوم را در بر می گیرد. فصل های ۶، ۷ و ۸ شامل رگرسیون ساده و چند گانه، برآورد و آزمون فرض و نتایجی از تشخیص نابه جای الگو است. فصل ۹ روش های تشخیص اعتبار الگو و کشف مشاهدات مؤثر را فراهم می سازد. فصل ۱۰ درباره رگرسیون چند گانه با x های متغیر بحث می کند. فصل های ۱۱، ۱۲ و ۱۳ شامل الگوهای آنالیز واریانس متعادل با استفاده از پارامتری کردن الگو با پارامتر اضافی است، و فصل ۱۴ شامل الگوهای نرمال استاندارد متعادل با استفاده از الگوی میانگین های خانه ای است. فصل ۱۵ الگوهای آنالیز کوواریانس را شامل می شود، و فصل ۱۶ الگوهای با اثرات تصادفی و الگوهای مرکب را مورد بحث قرار می دهد. فصل ۱۷ مباحث دیگری مانند رگرسیون غیر خطی، رگرسیون لجستیک، الگوهای

لگ خطی، رگرسیون پواسن، الگوهای تعمیم‌یافته خطی را معرفی می‌کنند. من در کلاس دانشجویان کارشناسی‌ارشد، بیشتر مطالب فصل ۱ تا ۸ و ۱۰ تا ۱۴ را تدریس می‌کنم. الگوهای خطی توسط دیل ریچارد و رالف پارلمان به من معرفی شد. علاوه براین، از کتابهای گرییل، شفه و راثو بهره زیادی برده‌ام. از افراد زیر به خاطر خواندن نسخه اولیه و پیشنهادهای سازنده آنها بسیار ممنونم: دیوید ترنر، جان دالکو، جول رینولد و گیل رگس بریس. از دانشجویان زیر در BYU به خاطر محاسبات رایانه‌ای، نمودارها و تایپ تشکر می‌کنم:

دیوید فیلمور، کانداس بیکر، اسکات کورتیس، دو کلاس بورتن، دیوید دال، برندا پراس، اریک هنیز، جیمز لچی و جوی ویلبر، دانشجویان من در کلاس مدل‌های خطی که نسخه اولیه را به دقت خوانده و غلط‌های تایپی و مطالبی را که به توضیح بیشتر نیاز داشته متذکر شده‌اند.

این کتاب به انجام نمی‌رسید مگر با صبر و پشتیبانی همسر، که مرا به راه‌های مختلفی که می‌دانست کمک کرده است.

الوین. رنچر