

# کاربردهای مدل سازی رگرسیونی در

## علوم اکچوئری و مالی

(جلد دوم)

نویسنده:

ادوین دبایو فریس

مترجمان:

دکتر رضا افقی

(عضو هیئت علمی دانشگاه علامه طباطبائی)

رضا حاجی پور فرسنگی



پرومکده بیمه  
دفتر مرکزی جوی هادی پور

سرشناسه

فريس، ادوارد دبليو، ۱۹۵۳ - م.

Frees, Edward W

عنوان و نام پدیدآور: کاربردهای مدل‌سازی رگرسیونی در علوم اکچونری و مالی / نویسنده ادوارد دبلیو فریز؛

مترجمان رضا افقی، رضا حاجی‌پورفرسنگی.

مشخصات نشر: تهران: بیمه مرکزی جمهوری اسلامی ایران، پژوهشکده بیمه، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری: ج ۲

شابک: دوره: ۱-26-978-600-7648-24-7؛ ۱-4-25-978-600-7648-978-600-7648-24-7؛ ج ۲

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

یادداشت: عنوان اصلی: actuarial and financial applications Regression modeling with

موضوع: بیمه -- روش‌های آماری

موضوع: امور مالی -- روش‌های آماری

موضوع: برگشت (ریاضیات)

شناسه افزوده: افقی، رضا، ۱۳۵۲ - مترجم

شناسه افزوده: حاجی‌پورفرسنگی، رضا

شناسه افزوده: بیمه مرکزی جمهوری اسلامی ایران. پژوهشکده بیمه

رده بندی کنگر: HG ۸۷۸۱ / ک۴۳۹۱

رده بندی دیویی: ۵۱۹/۵۱

شماره کتابشناسی ملی: ۳۶۶۱۰



کاربردهای مدل‌سازی رگرسیونی در علوم اکچونری و مالی (جلد دوم)

نویسنده: ادوارد دبلیو فریز

مترجمان: دکتر رضا افقی، رضا حاجی‌پورفرسنگی

ناظر علمی: دکتر فرهاد غفاری

صفحه‌آرا: روشنگر قانع

ناظر فنی چاپ: محمدرضا حیدری

طراح جلد: یوسف رجبی

چاپ اول: ۱۳۹۴

لیتوگرافی چاپ صحافی: مجتمع چاپ سازمان فرهنگی سیاحتی کوثر

تعداد: ۴۰۰ نسخه

قیمت: ۲۷۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۶۴۸-۲۵-۴

ناشر: پژوهشکده بیمه وابسته به بیمه مرکزی جمهوری اسلامی ایران

نشانی: تهران - سعادت‌آباد - میدان شهید تهرانی مقدم (کاج) خیابان سرو غربی - پلاک ۴۳

صندوق پستی: ۱۹۳۹۵-۴۴۹۹ تلفن: ۲۲۰۸۴۰۸۴ دورنگار: ۲۲۰۸۴۰۲۲

پست الکترونیکی: info@irc.ac.ir

وب‌گاه: www.irc.ac.ir

«حق چاپ برای ناشر محفوظ است»

## مقدمه

امروزه اهمیت گردآوری و تولید دانش مکتوب و تأثیر آن در رشد و توسعه علمی و کاربردی صنعت بیمه، بر کسی پوشیده نیست. از سوی دیگر، سازماندهی دانش، نوعی فرایند شناختی است که به نظم دهی منابع دانش می‌پردازد و آنها را در یک چارچوب منسجم و یکپارچه قرار می‌دهد.

پژوهشکده بیمه (وابسته به بیمه مرکزی ج.ا.ا.)، به عنوان مهم‌ترین نهاد علمی و پژوهشی در صنعت بیمه، وظیفه خطیری در امر مدیریت و سازماندهی دانش این صنعت به عهده دارد. این پژوهشکده در سال‌های گذشته تلاش‌های خوبی در جهت انتقال دانش داشته است. لیکن در راستای ایفای وظایف خود در مدیریت دانش بیمه‌ای کشور اهداف والاتری را مدنظر قرار داده است. از این‌روی در نظر داریم تا شناسایی منابع دانش، کشف و دستیابی به دانش، سازماندهی دانش، نشر و تسهیم دانش بیمه‌ای و بهره‌گیری آن در عمل را سرلوحه فعالیت‌های خود قرار دهیم و پژوهشگران، صاحب‌نظران و نخبگان صنعت بیمه می‌توانند با استفاده از بستر علمی ایجاد شده، نتایج این علوم را به راهکارهای اجرایی برای حل مشکلات صنعت بیمه مبدل سازند.

پژوهشکده بیمه از تولیدات علمی که برای صنعت بیمه مفید، ملموس و قابل اجرا باشد، حمایت می‌نماید و با انتشار آنها در قالب کتاب و نشریه، این راهکارهای علمی را در بستر خانواده صنعت بیمه می‌گستراند.

کتاب حاضر از جمله کتاب‌های تخصصی است که امید می‌رود گامی در راستای اهداف پیش روی صنعت بیمه جمهوری اسلامی ایران باشد. در پایان بر خود واجب می‌دانم از نویسندگان، مترجمان و تمامی همکاران پژوهشکده بیمه در بخش‌های مختلف به خاطر زحماتی که در امر تألیف، ترجمه و چاپ و انتشار این کتاب‌ها متحمل می‌شوند، تشکر و قدردانی کنم.

دکتر امیر صفری

سرپرست پژوهشکده بیمه

## پیشگفتار مترجمین

کاربردهای ریاضیات و مدل‌های آماری در علوم انسانی قدمتی دیرینه دارد. این امر به دلیل نقش خطیر و بی‌بدیل ریاضیات و آمار در آزمون تجربی نظریات مطروحه در حوزه علوم انسانی می‌باشد. به عنوان مثال، کاربردهای وسیع آمار و مدل‌های رگرسیونی در اقتصاد، موجبات پدیدار شدن شاخه‌ای در درون علم اقتصاد شده است و عنوان پرکاربرد اقتصادسنجی، نزد صاحب نظران، محققین، دانشجویان و... معروفیتی دیرینه دارد. این امر بیانگر تنگنا و اهمیت آمار در مطالعات مرتبط با علوم انسانی می‌باشد.

نکته جالب توجه آن است که مدل‌های آماری نقش بسیار مهمی در مطالعات بیمه‌ای نیز ایفا می‌نمایند. این مدل‌هایی که تاکنون در برآوردهای مرتبط با بیمه‌های زندگی و غیر زندگی به کار گرفته شده‌اند، کمتر بر مدل‌های رگرسیونی تمرکز نموده و بیشتر توجه خود را، به ضرر منافع، تلفیق نظریه‌های بهره و احتمالات در بیمه‌های زندگی و تخمین توزیع آماری تناسبات و خسارت، به منظور برآورد هر چه صحیح‌تر خسارت مورد انتظار در بیمه‌های غیر زندگی، معطوف نموده‌اند.

مجموعه شرایط فوق، ممکن است سبب این تصور شود، که مدل‌های رگرسیونی کاربرد چندانی در علوم آکچوئری و مالی ندارند. با این حال، نگارنده کتاب، با هنرمندی و به زیبایی هر چه تمامتر، تلاش نموده تمامی مطالبی که ممکن است در یک کتاب اقتصادسنجی عنوان شود را در این کتاب نیز با ارائه مثال‌های مرتبط به‌ای، آکچوئری و مالی بیان نماید. با این حال، این امر تنها مزیت کتاب محسوب نمی‌شود. اول آن که نگارنده کتاب، ادوارد فریز، از اساتید معروف و صاحب نام در زمینه مطالعات مربوط به علوم آکچوئری می‌باشد. این امر موجب شده که ایشان با تسلطی که در زمینه علوم آکچوئری دارند، کاربردهای بیمه‌ای مدل‌های رگرسیونی را با شیوه‌ای مثال زدنی بیان نمایند. دوم آنکه تاریخ انتشار کتاب، که مربوط به سال ۲۰۱۰ میلادی می‌باشد، سبب گردیده که مدل‌ها و روش‌های نوین و به روز نیز در کتاب مورد استفاده قرار گیرند. نهایتاً آن که، کتاب حاضر توسط انتشارات معروف کمبریج به چاپ رسیده است. لازم

به ذکر است انتشارات کمبریج طی سال های اخیر، مجموعه ای از کتب را با عنوان "مجموعه بین المللی علوم آکچوئری" منتشر نموده تا نیازهای طیف گسترده ای از افرادی که در این زمینه مطالعه می نمایند، شامل دانشجویانی که دروس مرتبط را اخذ یا محققینی که در زمینه های پیشرفته تحقیق می نمایند را تامین نماید و تاکنون موفق به نشر ۱۴ عنوان کتاب در این زمینه شده که ترجمه کتاب حاضر، یکی از عنوان چهارده گانه فوق می باشد.

امید آن که خوانندگان کتاب، بهره وافر از مطالعه آن ببرند.

دکتر رضا افقی

عضو هیات عالی موسسه آموزش عالی بیمه اکو، دانشگاه علامه طباطبائی

رضا حاجی پور فرسنگی

کارشناس ارشد رشته علم محاسبات و برنامه ریزی بیمه

موسسه آموزش عالی بیمه اکو، دانشگاه علامه طباطبائی

## مقدمه

آکچوئرها و تحلیل گران مالی با استفاده از داده‌ها، مسائل را کمی می‌کنند و در واقع ما مردمانی هستیم که با اعداد سروکار داریم. بسیاری از نگرش‌ها و مدل‌های ما براساس سال‌ها تجربه و بررسی‌های صورت گرفته توسط تعداد بیشماری از تحلیل‌گران، قاعده‌مند هستند. با وجود این، دنیای مدیریت ریسک و مالی به سرعت تغییر می‌کند. بسیاری از تحلیل گران با مسائل نوینی روبرو هستند و لذا روش‌هایی که آزمون شده و صحت آنها ثابت گردیده، کاربردی ندارند. در چنین موقعیتی، ابزارهایی نظیر تحلیل رگرسیونی به کمک ما می‌آیند.

رگرسیون عبارت است از مطالعه روابط بین متغیرها. رگرسیون به عنوان شاخه‌ای از آمار محدود به دنیای مالی بوده، در رشته‌های نظیر علوم اجتماعی، زیست‌شناسی و فیزیک نیز کاربرد دارد. می‌توان از تکنیک‌های رگرسیونی برای بررسی داده‌های بزرگ و پیچیده استفاده نمود. به منظور آشنا نمودن شما با رگرسیون، این کتاب مثال‌ها و داده‌های زیادی را براساس کاربردهای آکچوئری و مالی برای شما می‌نماید. البته این بدان معنا نیست که شما با کاربردهای خارج از دنیای مالی مواجه نخواهید شد (به طور مثال، یک آکچوئر ممکن است درخصوص آخرین شواهد علمی تست‌های رت‌کی برای مقاصد بیمه‌گری مطلع باشد). با وجود این، زمانی که با این ابزار آشنا شوید، چگونگی کاربرد رگرسیون در بسیاری از مسائل (که گاهی اوقات جدید هستند) را خواهید دید.

### این کتاب برای چه کسانی مناسب است؟

این کتاب برای تحلیل گران مالی که با وقایع نامطمئن روبرو هستند و تمایل دارند که این وقایع را با استفاده از اطلاعات تجربی کمی نمایند، نگاشته شده است. کتاب به گونه‌ای تنظیم شده که آشنایی با صنعت پیش‌فرض آن نمی‌باشد. با این حال خوانندگان در صورتی که علاقه‌مند به کاربردهایی که در کتاب عنوان گردیده، باشند، مطالعه آن را آسانتر خواهند یافت! این کتاب برای دانشجویانی که به تازگی با موضوع آشنا شده‌اند و

همچنین تحلیل‌گران صنعت که علاقه‌مند به یادآوری تکنیک‌های قدیمی و آشنایی با روش‌های جدید (در فصول پایانی ارائه خوانند شد) می‌باشند، طراحی شده است. برای مطالعه این کتاب، فرض می‌کنم خواننده دارای دانشی در حد یک ترم مبانی احتمال و آمار می‌باشد. ضمیمه A1 خلاصه و از این موارد را مرور می‌نماید تا در صورتی که آنها را فراموش کرده‌اید، یادآوری نماید. دانشجویان آکچوئری در آمریکای شمالی مبانی آمار و احتمال را طی دو ترم (یک سال) مطالعه می‌نمایند. گذاردن آمار و احتمال به این روش نسبت به روش یک ترمی، کمک خواهد نمود که مفاهیم را سریعتر درک نمایند. نهایتاً اگرچه مباحث مربوط به ماتریس‌ها و جبر خطی پیش‌نیاز مطالعه کتاب نمی‌باشد، اما آشنایی با آنها سودمند خواهد بود.

خوانندگان متعاقب علاقه‌مند به فهم آمار در سطوح مختلف می‌باشند. این کتاب به صورت "کمکی آکچوئری" نگاشته شده است، بدین معنا که برای افرادی که به صورت انفعالی کتاب را مطالعه نمودند و در حل تمرین‌ها مطرح شده در کتاب نمی‌شوند نیز مناسب است. به منظور توضیح بهتر این امر، فوتبال یا هر ورزش دیگر را در نظر بگیرید. صرفاً نگاه کردن به فوتبال سبب آشنایی با این ورزش خواهد شد. با وجود این، اگر بخواهید مهارت‌های خود را ارتقا دهید، می‌بایست به زمین ورزش بروید و بازی کنید. اگر تمرین‌ها یا تحلیل‌های آماری کتاب را از یاد بدهید، بازیکن بهتری خواهید شد. با وجود این، کتاب مثال‌ها را با مفاهیم پایه در هم می‌آمیزد بنابراین، افرادی که صرفاً کتاب را مطالعه می‌کنند، می‌توانند تکنیک‌های رگرسیون را درک نمایند.

### کتاب در مورد چیست؟

فهرست عناوین، چشم اندازی از مطالب پوشش داده شده را ارائه می‌نماید که در چهار بخش تدوین شده است. بخش اول به معرفی رگرسیون خطی می‌پردازد. این بخش هسته اصلی کتاب بوده و آمار ریاضیات، توزیع‌ها و جبر ماتریس را به میزان مورد نیاز، مرور می‌نماید.

بخش دوم به مباحث مربوط به سری‌های زمانی اختصاص داده شده است. چرا می‌بایست مباحث مربوط به سری‌های زمانی در یک کتاب مربوط به رگرسیون وارد شود؟ دلیل آن ساده است با این حال باید توضیحاتی داده شود: بسیاری از اطلاعات مربوط به حسابداری، مالی و اقتصاد طی زمان در دسترس قرار می‌گیرند. اگرچه استنباط‌های مربوط به داده‌های مقطعی سودمند می‌باشند، تصمیم‌های تجاری می‌بایست در حال حاضر و با استفاده از داده‌های در دسترس اخذ شوند. فصول ۷ تا ۱۰ به معرفی تکنیک‌های سری زمانی می‌پردازد که در ابزارهای رگرسیونی مکرراً مورد استفاده قرار می‌گیرند.

رگرسیون نیز خطی، موضوع بخش سوم می‌باشد. بسیاری از ابزارهای مدل‌سازی پیش‌بینی نوین بر ساس رگرسیون غیر خطی بنا شده‌اند.

بخش چهارم مربوط به مدل‌های آکچوئری و مباحثی است که طی تحقیقات و مشاوره‌هایم در مدیریت ریسک مالی، آنها را مرتبط یافته‌ام. چهار فصل اول این بخش شامل تغییرات مدل‌های رگرسیون که مخصوص در زمینه مدیریت ریسک سودمند می‌باشند، خواهد بود. دو فصل پایانی، گزارشات، به خصوص گزارش نویسی و طراحی نمودار تمرکز می‌نماید. اطلاعات ارتباطی مفهومی مهم در هر رشته فنی می‌باشد و قطعاً آمار نیز از این امر مستثنی نیست.

کتاب چگونه پیام خود را به مخاطب می‌رساند؟

## فصول

هر فصل دارای مثال‌های متعددی مرتبط با مباحث نظری می‌باشد. فصل ۱ که به معرفی یک مدل می‌پردازد، ابتدا با یک مثال آغاز شده و تحلیل داده‌ها بدون در نظر گرفتن مباحث نظری، مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. این تحلیل در سطحی شهودی ارائه شده بدون آن که به مدلی مشخص ارجاع شود. این روش کار را سهل‌تر می‌نماید چرا که تنها شامل توضیحاتی در حد برآزش منحنی می‌باشد. تعقیب این هدف که دانشجویان بدون درک مدل، داده‌ها را معقولانه خلاصه نمایند، تحلیل مناسب داده‌ها را مشکل می‌سازد. بنابراین، مقدمه‌ای برای مدل نظری طی هر مثال مقدماتی ارائه می‌شود.



مثال اولیه با یک یا چندین مثال بیشتر دنبال شده تا تاکید مجددی باشد بر مدل نظری که پیش از آن ارائه شده و زمینه ارائه توضیحات بیشتر در خصوص نظریه را فراهم آورد. در فصول ۵ و ۶ که به معرفی مدل نمی‌پردازد بلکه تکنیک‌های تحلیل ارائه می‌شوند، با مقدمه‌ای برای معرفی تکنیک آغاز می‌شود. این مقدمه با یک مثال دنبال شده که مکمل توضیحات ارائه شده می‌باشد. بدین ترتیب، اگر زمان برای ما مهم باشد، تحلیل داده به راحتی و بدون از دست دادن پیوستگی مطالب، قابل حذف می‌باشد.

#### داده‌ای واقعی

در بسیاری از تمرینات خواننده کتاب با داده‌های واقعی کار می‌کند. نیاز به کار با داده‌های واقعی، مستند به مطالعاتی بسیار، نظیر مطالعات هاگ<sup>۱</sup> (۱۹۷۲) و سنگر و ویلت<sup>۲</sup> (۱۹۹۰)، می‌باشد. رخی از معیارهای سنگر و ویلت برای قضاوت در خصوص داده‌های مناسب شامل صحت، در دسترس بودن، علاقه و مرتبط بودن با آموختن مطالب واقعی و در دسترس بودن برای قابل شناسایی توسط خواننده، می‌باشد. البته گاهی کار با داده‌های واقعی مضراتی نیز دارد. داده‌ها به سرعت قدیمی می‌شوند. به علاوه، داده‌های مطلوب برای تشریح موضوع آمار، همین به سختی یافت می‌شود. این امر سبب خواهد شد که بررسی مجزای موضوعی مشخص، مشکل شود. شخصاً از کار با داده‌های بزرگ لذت می‌برم. هر چقدر داده‌ها بزرگ‌تر باشند، نیاز به آمار برای خلاصه نمودن اطلاعات موجود در آن نیز بیشتر خواهد شد.

#### نرم افزارهای آماری و اطلاعات

هدف من از نگارش این کتاب دستیابی به گروه وسیعی از دانشجویان، تحلیل‌گران صنعت می‌باشد. بنابراین، به منظور اجتناب از نادیده گرفتن بخشی بزرگ، تصمیم گرفتم که از نرم افزار مشخصی در طی کتاب استفاده ننمایم. با وجود این، به دلیل گرایش به کاربردی بودن، روش ارائه شده به راحتی با نرم‌افزارهایی که به راحتی در دسترس می‌باشند، قابل انجام

1. Hogg, 1972

2. Singer and Willett, 1990

خواهند بود. برای درسی که در دانشگاه ویسکنسین تدزیس می‌شود، از نرم افزار آماری SAS و R استفاده می‌نمایم. کاربران از طریق وبسایت مربوطه به کتاب به آدرس:

<http://research.wisc.edu/RegActuaries>

می‌توانند برنامه‌هایی که در SAS و R برای تحلیل‌های ارائه شده در کتاب نوشته شده‌اند را بیابند. داده‌ها به صورت متنی در دسترس می‌باشند که این امر به خواننده کتاب اجازه می‌دهد تا از هر نرم افزای آماری دلخواه استفاده نمایند.

ضمیمه‌های فنی  
ضمیمه‌های فنی تأکیدی بر نتایج مطروحه در بدنه اصلی فصول از طریق ارائه روش‌های مبتنی بر ریاضیات می‌باشد. برای خوانندگانی که از دانش کافی در زمینه ریاضیات بهره‌مند هستند، این ضمیمه‌ها فنی مطالب اضافی را ارائه می‌نماید که در برقراری ارتباط با مخاطبان فنی می‌باشد. ضمیمه‌های فنی پوششی عمیق‌تر و وسیع‌تر در خصوص تحلیل رگرسیون کاربردی ارائه می‌نماید.

باور دارم که تحلیل‌گر می‌بایست از سازوکار روش‌ها اطلاع داشته باشد. بسیاری از این مباحث پس از نگارش اولیه کتاب حذف شده‌اند. با وجود این، زمانی که با رگرسیون کار می‌کنید، با سوالاتی نظیر "چرا؟" مواجه می‌شوید. نیازمند آن خواهید بود که وارد جزئیات شوید تا دقیقاً ببینید که یک تکنیک چگونه عمل می‌نماید. به علاوه، ضمیمه‌های فنی، مباحثی را که خواننده کتاب ممکن است علاقه‌مند به دانستن آنها باشد، به صورت اختیاری ارائه می‌نماید.

# فهرست مطالب

## صفحه

## عنوان

|    |                                         |
|----|-----------------------------------------|
| ۱  | فصل اول: رگرسیون و توزیع نرمال          |
| ۳  | ۱-۱. تحلیل رگرسیونی چیست؟               |
| ۶  | ۲-۱. برازش داده به توزیع نرمال          |
| ۱۳ | ۳-۱. تبدیل‌های توانی                    |
| ۱۶ | ۴-۱. نرمال‌سازی و نقش نرمال بودن        |
| ۱۷ | ۵-۱. رگرسیون و طراحی نمونه‌گیری         |
| ۲۱ | ۶-۱. کاربردهای رگرسیون در علوم آکچوئرال |
| ۲۴ | ۷-۱. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع    |
| ۲۵ | ۸-۱. تمرین‌ها                           |
| ۳۳ | ۹-۱. ضمیمه اصطلاحات فنی - کزی           |

## بخش اول

|     |                                                      |
|-----|------------------------------------------------------|
| ۳۷  | فصل دوم: رگرسیون خطی پایه                            |
| ۳۹  | ۱-۲. همبستگی‌ها و کمترین مربعات                      |
| ۴۸  | ۲-۲. مدل رگرسیون خطی پایه                            |
| ۵۳  | ۳-۲. آیا مدل مناسب است؟ برخی معیارهای پایه خلاصه شده |
| ۵۸  | ۴-۲. ویژگی‌های برآوردگرهای ضریب رگرسیون              |
| ۶۰  | ۵-۲. استنباط آماری                                   |
| ۶۶  | ۶-۲. ساختن مدلی بهتر: تحلیل پسماندها                 |
| ۷۴  | ۷-۲. کاربرد: مدل قیمت‌گذاری دارایی سرمایه            |
| ۸۱  | ۸-۲. توضیح خروجی‌های کامپیوتری رگرسیون               |
| ۸۵  | ۹-۲. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع                 |
| ۸۶  | ۱۰-۲. تمرین‌ها                                       |
| ۹۸  | ۱۱-۲. ضمیمه اصطلاحات فنی - جبر مؤلفه‌های ماتریس      |
| ۱۰۷ | فصل سوم: رگرسیون خطی چندگانه - I                     |
| ۱۰۹ | ۱-۳. روش کمترین مربعات                               |
| ۱۱۸ | ۲-۳. مدل رگرسیون خطی و ویژگی‌های برآوردگرها          |

|                                            |                                                  |     |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----|
| ۳-۳.                                       | برآورد و نکویی برازش                             | ۱۲۵ |
| ۳-۴.                                       | استنباط آماری برای ضریب یک                       | ۱۳۱ |
| ۳-۵.                                       | برخی از متغیرهای توضیحی خاص                      | ۱۴۱ |
| ۳-۶.                                       | مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع                  | ۱۵۳ |
| ۳-۷.                                       | تمرین ها                                         | ۱۵۴ |
| <b>فصل چهارم: رگرسیون خطی چندگانه - II</b> |                                                  |     |
| ۴-۱.                                       | نقش متغیرهای دودویی                              | ۱۶۵ |
| ۴-۲.                                       | استنباط آماری برای ضرایب چند متغیره              | ۱۷۴ |
| ۴-۳.                                       | مدل ANOVA یک عامله                               | ۱۸۵ |
| ۴-۴.                                       | ترکیب متغیرهای توضیحی پیوسته و رسته ای           | ۱۹۴ |
| ۴-۵.                                       | مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع                  | ۲۰۴ |
| ۴-۶.                                       | تمرین ها                                         | ۲۰۴ |
| ۴-۷.                                       | ضمیمه اطلاعات فن آلیز ماتریسی                    | ۲۱۲ |
| <b>فصل پنجم: انتخاب متغیر</b>              |                                                  |     |
| ۵-۱.                                       | یک روش تکراری برای تحلیل داده و مدل سازی         | ۲۲۵ |
| ۵-۲.                                       | روش های انتخاب متغیر خود را                      | ۲۲۶ |
| ۵-۳.                                       | تحلیل پسماندها                                   | ۲۳۴ |
| ۵-۴.                                       | نقاط دارای نفوذ و قدرت                           | ۲۴۵ |
| ۵-۵.                                       | همخطی                                            | ۲۵۱ |
| ۵-۶.                                       | معیارهای انتخاب                                  | ۲۶۱ |
| ۵-۷.                                       | واریانس ناهمسانی                                 | ۲۶۸ |
| ۵-۸.                                       | مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع                  | ۲۷۵ |
| ۵-۹.                                       | تمرین ها                                         | ۲۷۷ |
| ۵-۱۰.                                      | اصطلاحات فنی فصل ۵                               | ۲۸۰ |
| <b>فصل ششم: تفسیر نتایج رگرسیون</b>        |                                                  |     |
| ۶-۱.                                       | فرایند مدل سازی چه مطالبی را برای ما بیان می کند | ۲۹۲ |
| ۶-۲.                                       | اهمیت انتخاب متغیر                               | ۳۰۲ |
| ۶-۳.                                       | اهمیت جمع آوری داده ها                           | ۳۰۵ |
| ۶-۴.                                       | مدل های داده های مفقود شده                       | ۳۱۷ |

|     |                                        |
|-----|----------------------------------------|
| ۳۲۴ | ۵-۶. کاربرد: هزینه-اثربخشی مدیران ریسک |
| ۳۳۷ | ۶-۶. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع   |
| ۳۳۹ | ۷-۶. تمرین‌ها                          |
| ۳۴۴ | ۸-۶. اصطلاحات فنی فصل ۶                |

## بخش دوم

|     |                                             |
|-----|---------------------------------------------|
| ۳۴۹ | فصل هفتم: مدل‌سازی روندها                   |
| ۳۵۱ | ۱-۷. تعاریف                                 |
| ۳۵۴ | ۲-۷. برازش روندها طی زمان                   |
| ۳۶۴ | ۳-۷. مانای و مدل گام تصادفی                 |
| ۳۶۸ | ۴-۷. استنباط استفاده از مدل‌های گام تصادفی  |
| ۳۷۶ | ۵-۷. پالایه کردن به منظور دستیابی به مانایی |
| ۳۷۹ | ۶-۷. ارزیابی پیش‌بینی                       |
| ۳۸۳ | ۷-۷. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع        |
| ۳۸۴ | ۸-۷. تمرین‌ها                               |
| ۳۸۷ | فصل هشتم: مدل‌سازی خودهمبستگی و اتورگرسیون  |
| ۳۸۹ | ۱-۸. خودهمبستگی‌ها                          |
| ۳۹۳ | ۲-۸. مدل‌های اتورگرسیون مرتبه یک            |
| ۳۹۷ | ۳-۸. برآورد و آزمون‌های تشخیصی              |
| ۴۰۰ | ۴-۸. هموار کردن و پیشگویی                   |
| ۴۰۲ | ۵-۸. مدل‌سازی و پیش‌بینی باکس-جنکینز        |
| ۴۰۹ | ۶-۸. کاربرد: نرخ ارز هنگ کنگ                |
| ۴۱۵ | ۷-۸. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع        |
| ۴۱۶ | ۸-۸. تمرین‌ها                               |
| ۴۱۹ | فصل نهم: پیش‌بینی و مدل‌های سری زمانی       |
| ۴۲۱ | ۱-۹. هموارسازی با میانگین متحرک             |
| ۴۲۴ | ۲-۹. هموارسازی نمایی                        |
| ۴۲۸ | ۳-۹. مدل‌های سری‌های زمانی فصلی             |
| ۴۳۷ | ۴-۹. آزمون ریشه واحد                        |
| ۴۳۹ | ۵-۹. ARCH/GARCH مدل‌های                     |

|     |                                                  |
|-----|--------------------------------------------------|
| ۴۴۲ | ۶-۹. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع             |
| ۴۴۵ | فصل دهم: مدل‌های داده‌های طولی و ادغامی          |
| ۴۴۷ | ۱-۱۰. داده‌های طولی و ادغامی چه داده‌هایی هستند؟ |
| ۴۵۱ | ۲-۱۰. بصری نمودن داده‌های طولی و ادغامی          |
| ۴۵۵ | ۳-۱۰. مدل‌های اثرات ثابت پایه                    |
| ۴۵۹ | ۴-۱۰. مدل‌های گسترش یافته اثرات ثابت             |
| ۴۶۲ | ۵-۱۰. مدل‌های اثرات تصادفی                       |
| ۴۶۷ | ۶-۱۰. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع            |

### بخش سوم

|     |                                                  |
|-----|--------------------------------------------------|
| ۴۷۱ | فصل یازدهم: متغیر وابسته رسته‌ای                 |
| ۴۷۳ | ۱-۱۱. متغیرهای وابسته دودویی                     |
| ۴۷۶ | ۲-۱۱. مدل‌های لوجستیک و پرویت                    |
| ۴۸۳ | ۳-۱۱. استنباط برای مدل ردسیون لوجستیک و پرویت    |
| ۴۸۸ | ۴-۱۱. کاربرد: هزینه‌های                          |
| ۴۹۳ | ۵-۱۱. متغیرهای وابسته اسمی                       |
| ۵۰۴ | ۶-۱۱. متغیر وابسته ترتیبی                        |
| ۵۰۷ | ۷-۱۱. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع            |
| ۵۰۸ | ۸-۱۱. تمرین‌ها                                   |
| ۵۲۱ | ۹-۱۱. ضمیمه اصطلاحات فنی - استنباط مبنی بر درستی |
| ۵۲۹ | فصل دوازدهم: متغیرهای وابسته شمارشی              |
| ۵۳۱ | ۱-۱۲. رگرسیون پواسن                              |
| ۵۳۹ | ۲-۱۲. کاربرد: بیمه اتومبیل سنگاپور               |
| ۵۴۵ | ۳-۱۲. پیش پراکنش و مدل‌های دوجمله‌ای منفی        |
| ۵۴۸ | ۴-۱۲. مدل‌های شمارشی دیگر                        |
| ۵۵۴ | ۵-۱۲. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع            |
| ۵۵۶ | ۶-۱۲. تمرین‌ها                                   |
| ۵۶۱ | فصل سیزدهم: مدل‌های خطی تعمیم‌یافته              |
| ۵۶۳ | ۱-۱۳. مقدمه                                      |
| ۵۶۵ | ۲-۱۳. مدل GLM                                    |

|     |                                              |
|-----|----------------------------------------------|
| ۵۷۰ | ۳-۱۳. برآورد                                 |
| ۵۷۶ | ۴-۱۳. کاربرد: هزینه‌های پزشکی                |
| ۵۸۱ | ۵-۱۳. پسماندها                               |
| ۵۸۳ | ۶-۱۳. توزیع تولیدی                           |
| ۵۸۴ | ۷-۱۳. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع        |
| ۵۸۶ | ۸-۱۳. تمرین‌ها                               |
| ۵۸۷ | ۹-۱۳. ضمیمه اصطلاحات فنی - خانواده نمایی     |
| ۵۹۳ | فصل چهارم: مدل‌های بقا                       |
| ۵۹۵ | ۱-۱۴. مقدمه                                  |
| ۵۹۸ | ۲-۱۴. سانسور کردن و برش                      |
| ۶۰۷ | ۳-۱۴. مدل از کار افتادن: کی؟ ابتدا زمانی     |
| ۶۰۹ | ۴-۱۴. مدل مخاطرات متناسب                     |
| ۶۱۴ | ۵-۱۴. پیشامدهای بازگردانده                   |
| ۶۱۷ | ۶-۱۴. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع        |
| ۶۱۹ | فصل پنزدهم: موضوعات متفرقه رگرسیون           |
| ۶۲۱ | ۱-۱۵. مدل‌های خطی آمیخته                     |
| ۶۲۷ | ۲-۱۵. رگرسیون بیزی                           |
| ۶۳۲ | ۳-۱۵. برآورد چگالی و نمودار پراکنش هموارسازی |
| ۶۳۶ | ۴-۱۵. مدل‌های جمعی تعمیم یافته               |
| ۶۳۸ | ۵-۱۵. خودگردان سازی                          |
| ۶۴۱ | ۶-۱۵. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع        |

#### بخش چهارم

|     |                                       |
|-----|---------------------------------------|
| ۶۴۵ | فصل شانزدهم: مدل‌های تناوب - شدت      |
| ۶۴۷ | ۱-۱۶. مقدمه                           |
| ۶۴۹ | ۲-۱۶. مدل توپیت                       |
| ۶۵۳ | ۳-۱۶. کاربرد: هزینه‌های پزشکی         |
| ۶۵۹ | ۴-۱۶. مدل دو مرحله ای                 |
| ۶۶۳ | ۵-۱۶. مدل خسارت کل                    |
| ۶۶۷ | ۶-۱۶. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع |

|     |                                                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------|
| ۷۷۱ | ۷-۱۶. تمرین‌ها                                                   |
| ۷۷۳ | فصل هفدهم: مدل‌های رگرسیونی دم‌بلند                              |
| ۷۷۵ | ۱-۱۷. مقدمه                                                      |
| ۷۷۷ | ۲-۱۷. تبدیلات                                                    |
| ۷۸۱ | ۳-۱۷. مدل‌های خطی تعمیم‌یافته                                    |
| ۷۸۸ | ۴-۱۷. توزیع‌های تعمیم‌یافته                                      |
| ۷۹۴ | ۵-۱۷. رگرسیون چندکی                                              |
| ۷۹۷ | ۶-۱۷. مدل‌های مقدار کرانگین                                      |
| ۷۰۰ | ۷-۱۷. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع                            |
| ۷۰۲ | ۸-۱۷. تمرین‌ها                                                   |
| ۷۰۵ | فصل هجدهم: باورمندی و سیستم پاداش - جریمه                        |
| ۷۰۷ | ۱-۱۸. طبقه‌بندی ریسک: سرخ‌گذاری تجربی                            |
| ۷۰۹ | ۲-۱۸. باورمندی                                                   |
| ۷۱۷ | ۳-۱۸. باورمندی و رگرسیون                                         |
| ۷۲۵ | ۴-۱۸. پاداش-جریمه                                                |
| ۷۲۷ | ۵-۱۸. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع                            |
| ۷۳۱ | فصل نوزدهم: مثلث‌های ادعای خسارت                                 |
| ۷۳۳ | ۱-۱۹. مقدمه                                                      |
| ۷۳۹ | ۲-۱۹. رگرسیون با استفاده از توابع زمانی به عنوان متغیرهای توضیحی |
| ۷۴۵ | ۳-۱۹. استفاده از توسعه‌های گذشته                                 |
| ۷۴۷ | ۴-۱۹. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع                            |
| ۷۴۹ | ۵-۱۹. تمرین‌ها                                                   |
| ۷۵۵ | فصل بیستم: گزارش‌نویسی: ارتباط با نتایج تحلیل داده‌ها            |
| ۷۵۷ | ۱-۲۰. چشم‌انداز کلی                                              |
| ۷۵۸ | ۲-۲۰. روش‌های ارتباط با داده‌ها                                  |
| ۷۶۵ | ۳-۲۰. چگونه سازمان دهی کنیم                                      |
| ۷۷۲ | ۴-۲۰. پیشنهادات بیشتر برای گزارش مکتوب                           |
| ۷۷۳ | ۵-۲۰. مورد مطالعه: ادعای خسارت بیمه اتومبیل سوئدی‌ها             |
| ۷۹۱ | ۶-۲۰. مطالب بیشتر برای مطالعه و منابع                            |



|     |                                               |
|-----|-----------------------------------------------|
| ۷۹۲ | تمرین‌ها                                      |
| ۷۹۳ | فصل بیست‌ویکم: طراحی نمودارهای کارا           |
| ۷۹۶ | ۱-۲۱. مقدمه                                   |
| ۸۰۱ | ۲-۲۱. چگونه طراحی نمودار تفاوت ایجاد می‌نماید |
| ۸۰۷ | ۳-۲۱. راهنمای طراحی                           |
| ۸۱۹ | ۴-۲۱. یافته‌های تجربی برای راهنمایی‌ها        |
| ۸۲۷ | ۵-۲۱. نتیجه‌گیری                              |
| ۸۲۸ | ۶-۲۱. منابع بیشتر برای مطالعه و منابع         |
| ۸۳۱ | پاسخ‌های و تمرینات منتخب                      |
| ۸۵۲ | ضمیمه ۱: استنباط آری پار                      |
| ۸۵۷ | ضمیمه ۲: جبر ماتریس                           |
| ۸۶۱ | ضمیمه ۳: جداول احتمال                         |