

بسم الله الرحمن الرحيم

# آمار و احتمال کاربردی

مهندسی

(جلد دوم)

تالیف : داگلاس سی مونتگومری

جرج رانگر

مترجم: دکتر کریم آتشگر (عضو هیئت علمی دانشگاه)

Montgomery, Douglas C

سرشناسه : مونتگمری، داگلاس، ۱۹۴۳-م.

عنوان و نام پدیدآور: آمار و احتمال کاربردی مهندسی / تالیف داگلاس سی مونتگومری، جرج رانگر؛ مترجم کریم آتشگر.

مشخصات نشر : تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۹۱.

مشخصات ظاهری : ۲ج.: مصور، جدول، نمودار.

شابک : ۵۰۰۰۰ ریال: ج. ۱: ۴-۲۲۴-۴۵۴-۹۶۴-۹۷۸:

۱۸۹۰۰۰ ریال: ج. ۲: ۵-۲۴۳-۴۵۴-۹۶۴-۹۷۸: دوره: ۲-۲۴۴-۴۵۴-۹۶۴-۹۷۸

فهرست نویسی : فیا

یادداشت : عنوان اصلی: Applied statistics and probability for engineers.

موضوع : آمار

موضوع : احتمالات

شناسه افزوده : رانگر، جورج سی.

شناسه افزوده : Runger, George C

شناسه افزوده : آتشگر، کریم، ۱۳۲۰-، مترجم

شناسه افزوده : دانشگاه علم و صنعت ایران

رده بندی کنگره : QA۲۷۶/۱۲۱ ۸۸۱ ۱۳۹۱ م

رده بندی دیودی : ۵۱۹/۵

شماره کتابشناسی ملی: ۲۷۳۸۵۱۰

• مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران - تهران - نارمک صندوق پستی

۱۶۸۴۶۱۳۱۱۴ تلفن: ۷۷۲۴۰۴۲۵ - دورنویس: ۷۷۲۴۰۴۲۵

• فروشگاه: میدان رسالت - خیابان هنگام - خیابان دانشگاه علم و صنعت

- دانشگاه علم و صنعت ایران - تلفن: ۷۷۲۴۰۳۸۳

وب سایت: [Publication.iust.ac.ir](http://Publication.iust.ac.ir)



نام کتاب: آمار و احتمال کاربردی مهندسی (جلد دوم)

تالیف: داگلاس سی مونتگومری، جرج رانگر

مترجم: دکتر کریم آتشگر

چاپ اول: ۱۳۹۱

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۱۸۹۰۰۰ ریال

شماره انتشارات: ۵۴۸

لینتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

\*حق چاپ برای دانشگاه علم و صنعت ایران محفوظ است.

ISBN: 978-964-454-243-5

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۴۵۴-۲۴۳-۵

## مقدمه مترجم

این کتاب که به فاصله کوتاهی بعد از زمان انتشار جلد اول کتاب، توانست با تلاشی سخت و بی وقفه، به انتهایی قابل عرضه برسد، و هم اکنون نیز در دسترس دانشگاہیان، کارشناسان و محققین قرار گرفته است، تنها با عنایات خاصه حضرت باری تعالی شدنی و امکان پذیر بود، و لذا حمد و سپاس خویش را به درگاه ربوبی برده و توفیق ادب، برکت و کمال در مسیر خدمت گذاری، که در نهایت دیداری با معرفت در بهشت خاصان را در مقاماتی والا به همراه داشته باشد، از درگاه بی نیازش مسئلت می کنم.

همانگونه که در مقدمه جلد یک کتاب اشاره شد، این جلد از کتاب شامل مباحث تجزیه و تحلیل های آماری است. در این جلد، با روش هایی آشنا می شوید که بتوانید با استفاده از آنها در مراحل مختلف طراحی محصول، طراحی فرآیند و یا بهبود آنها، تجزیه و تحلیل هایی برای شرایط واقعی، مبتنی بر داده های نمونه، بدست آورده و تصمیمات مهمی را برای عرصه های مختلف کاری، اعم از مهندسی و یا مدیریتی اتخاذ کنید. در این کتاب علاوه بر سرفصل هایی که بطور معمول در کتب آمار مهندسی با آن مواجه خواهید شد، تحلیل ها و مقایسه بعضی از روشهای آماری را مطالعه خواهید کرد، که بنظر می آید کمتر بتوان این ظرافت ها را در لابلای یافته های علمی منتشر شده، بدست آورد. تحلیل ها و مقایسه های فوق به محققین، دانشگاہیان و کارشناسان کمک می کند که بتوانند روش های مناسب آماری را برای دست یابی به اهداف خود برگزینند. در این کتاب به مباحثی برخورد خواهید کرد که در کمتر کتب سنتی آمار مهندسی فارسی، آنها را خواهید یافت. سرفصل هایی مانند ارزش  $P$  ( $P\_value$ )، تخمین حداکثر درست نمایی (MLE)، نسبت درست نمایی، بوت استرپ، رگرسیون تیغه ای و رگرسیون لجستیک از جمله آن مباحث هستند. در این کتاب، علاوه بر آنکه بسیاری از مسائل با استفاده از محاسبات دستی، مبتنی بر فرمول های آماری، حل شده است، حل مسائل فوق با استفاده از نرم افزار "مینی تب" نیز انجام گردیده است، و ضمن ارائه گزارشات کامپیوتری، نتایج آنها با

محاسبات دستی مقایسه شده است. این مهم به محققان و کارشناسان کمک می کند که چگونه در مسائل ساده و پیچیده از نرم افزارهای کامپیوتری مانند "مینی تب" استفاده کنند، و چگونه نتایج حاصل از گزارش نرم افزار را بر اساس مباحث تئوریک که در این کتاب تشریح شده است، تفسیر کنند. محتوای کتاب حاضر و میزان توجه جهانی به این کتاب نشان می دهد که بدون تردید کتاب حاضر یکی از بهترین و کاربردی ترین کتب احتمالات و آمار مهندسی در سطح جهان است، که بشکلی کاملاً حرفه ایی برای آموزش و یادگیری در کلیه رشته های مهندسی، فیزیک، شیمی و علوم مرتبط با مدیریت، تدوین شده است. نحوه تدوین مباحث تئوریک که آموزش و فراگیری آنرا سهل می نماید، و محتوای مثال های کاربردی ارائه شده، که از درون واحدهای صنعتی استخراج شده است، از ویژگی های برجسته این کتاب می باشد.

در اولین فصل این کتاب، که در ادامه فصول جلد یک، فصل ششم نام گذاری شده است، با نمونه گیری تصادفی و تشریح آنها با استفاده از روش های ترسیمی آشنا خواهید شد. این روش ها علاوه بر سهولت در پایش داده ها، بدلیل دست یابی سریع به نتایج مهم برای تصمیم گیری، بویژه برای لایه های مدیریتی، بسیار مفید و قابل استفاده است. در فصل بعدی کتاب، یعنی فصل هفتم، با روش های سنتی و نوین تخمین نقطه ایی پارامترها آشنا خواهید شد. فصل هشتم، به مبحث مهم و کاربردی فاصله های آماری، اعم از فاصله اطمینان، فاصله پیش بینی و فاصله تلرانس در تک نمونه گیری می پردازد. در فصل نهم به یکی از مباحث قابل توجه آماری، که مباحث تست فرضیه ها است، پرداخته شده است. در این فصل انواع خطاهایی که ممکن است در این مسیر پدید آید، و رویکرد ارزش  $P$  مورد بحث قرار گرفته است. فصل دهم به مباحث فصل هشتم و نهم در زمانی که تجزیه و تحلیل و مقایسه دو جامعه مورد نظر می باشد، معطوف شده است. فصل های یازده و دوازده کتاب به مبحث بسیار مهم و کاربردی رگرسیون، برای شرایط تک متغیره و چند متغیره پرداخته است. در این دو فصل علاوه بر آشنایی نسبتاً جامع با انواع رگرسیون های خطی و غیر خطی، به مباحث جذاب، بهمراه مثال های کاربردی برخورد خواهید نمود. در نهایت این کتاب در فصل سیزده به معرفی آمار غیر پارامتری می پردازد. از آنجاییکه کتاب حاضر خالی از اشکال نیست، موجب سپاسگزاری است که مترجم را از اشکالات موجود، از طریق آدرس [Atashgar@iust.ac.ir](mailto:Atashgar@iust.ac.ir) مطلع فرمایید.

تهران - پاییز ۱۳۹۱

کریم آتشگر

## قسمتی از مقدمه نویسندگان

این کتاب بعنوان دوره مقدماتی احتمالات و آمار کاربردی برای دانشجویان مقطع لیسانس در رشته‌های علوم مهندسی، شیمی و فیزیک نوشته شده است. مطالب این کتاب که به شکل منحصر بفردی ارائه شده است، در طراحی و توسعه محصولات جدید، سیستم های تولیدی، فرایندها و همینطور در بهبود سیستم های موجود، می تواند نقش مهمی ایفا نماید. روش های آماری ابزار مهمی در اینگونه فعالیت‌ها محسوب می شوند، زیرا روش های آماری شرایطی را در عرصه فعالیت های مهندسی فراهم می آورد تا مهندسین بتوانند با دو رویکرد توصیفی و تحلیلی تغییراتی که در داده ها مشاهده می شود را تجزیه و تحلیل نمایند. هرچند که بسیاری از روش هایی که ما در این کتاب ارائه کرده ایم در تجزیه و تحلیل - های آماری بطور کلی جزو مسائل پایه ایی محسوب می شوند و بصورت عام در حوزه های مختلف کسب وکار، مدیریت، علوم زیستی و علوم اجتماعی کاربرد دارند، اما در این کتاب ما بصورت خاص رویکرد و جهت گیری مهندسی را برای بیان مطالب انتخاب کرده ایم. ما براین باور هستیم که رویکرد انتخاب شده در این کتاب، بهترین کمک را به دانشجویان رشته های علوم مهندسی، شیمی و فیزیک می کند، و شرایطی را برای آنها فراهم می آورد که آنها بتوانند روی بسیاری از کاربردهای آمار در حوزه های فوق تمرکز کنند. ما بشدت تلاش کردیم تا مطمئن شویم که مثال ها و تمرین هایی که در این کتاب برای مخاطبان آورده می شود، مهندسی و از پایه علمی پیروی کرده باشد. بطوریکه تقریباً تمامی مواردی که بعنوان مثال مطرح کرده ایم از داده های واقعی و یا از منابع منتشر شده ایی استخراج شده است که حاصل تجربه کارهای مشاوره ما می باشد.

ما اعتقاد داریم که تمام گرایش های رشته های مهندسی لازم است که حداقل یک دوره آمار را فرا گیرند. با امید اینکه بیشتر دانشجویان بتوانند کاربردهای مهم آمار را در کارهای خود مشاهده کنند، ما در این کتاب مطالب کافی برای تدریس در دو دوره را فراهم کرده ایم، اما این کتاب می تواند برای تدریس در یک دوره نیز مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر اهداف مذکور، ما بر این باور هستیم که این کتاب می تواند بعنوان یک مرجع نیز مورد استفاده قرار گیرد.

داگلاس سی مونتهگومری

جرج رانگر

## فهرست مطالب

| عنوان                                                       | صفحه       |
|-------------------------------------------------------------|------------|
| <b>فصل ۶: نمونه گیری تصادفی و تشریح داده ها</b>             | <b>۲۹۹</b> |
| ۱-۶ خلاصه کردن داده ها و نمایش آنها                         | ۳۰۱        |
| چگونه واریانس نمونه، تغییر پذیری را اندازه می گیرد؟         | ۳۰۴        |
| محاسبه واریانس نمونه                                        | ۳۰۵        |
| ۲-۶ نمونه گیری تصادفی                                       | ۳۰۸        |
| ۳-۶ نمودارهای ساقه و برگ                                    | ۳۱۱        |
| ۴-۶ توزیع فراوانی و هیستوگرام                               | ۳۱۸        |
| ۵-۶ نمودارهای جعبه ایی                                      | ۳۲۵        |
| ۶-۶ نمودارهای توالی زمانی                                   | ۳۲۷        |
| ۷-۶ نمودارهای احتمال                                        | ۳۳۰        |
| ۸-۶ بحث تکمیلی نمودارهای احتمال                             | ۳۳۵        |
| <b>فصل ۷: تخمین نقطه ایی پارامترها</b>                      | <b>۳۳۹</b> |
| ۱-۷ مقدمه                                                   | ۳۴۱        |
| ۲-۷ مفاهیم عمومی تخمین نقطه ایی                             | ۳۴۴        |
| ۱-۲-۷ تخمین زننده های نااریب                                | ۳۴۴        |
| ۲-۲-۷ اثبات اریب دار بودن $S$ ، برای انحراف استاندارد جامعه | ۳۴۶        |
| ۳-۲-۷ واریانس یک تخمین زننده نقطه ایی                       | ۳۴۸        |
| ۴-۲-۷ خطای استاندارد: گزارش یک تخمین زننده نقطه ایی         | ۳۴۹        |
| ۵-۲-۷ تخمین بوت استرپ برای خطای استاندارد                   | ۳۵۱        |
| ۶-۲-۷ میانگین مربعات خطای یک تخمین زننده                    | ۳۵۴        |

|     |                                                           |       |
|-----|-----------------------------------------------------------|-------|
| ۳۵۶ | روش های تخمین نقطه ایی                                    | ۳-۷   |
| ۳۵۶ | روش گشتاور                                                | ۱-۳-۷ |
| ۳۵۹ | روش حداکثر درست نمایی                                     | ۲-۳-۷ |
| ۳۶۶ | ویژگی های تخمین زننده حداکثر درست نمایی                   |       |
| ۳۶۸ | پیچیدگی استفاده از تخمین زننده حداکثر درست نمایی          |       |
| ۳۷۱ | تخمین بیس برای پارامترها                                  | ۳-۳-۷ |
| ۳۷۵ | توزیع نمونه گیری                                          | ۴-۷   |
| ۳۷۶ | توزیع نمونه گیری میانگین                                  | ۵-۷   |
| ۳۸۳ | <b>فصل ۸: فاصله های آماری در تک نمونه گیری</b>            |       |
| ۳۸۵ | مقدمه                                                     | ۱-۸   |
| ۳۸۷ | فاصله اطمینان میانگین در توزیع نرمال، با واریانس معلوم    | ۲-۸   |
| ۳۸۷ | بدست آوردن فاصله اطمینان و ویژگی های اساسی آن             | ۱-۲-۸ |
| ۳۸۹ | تفسیر فاصله اطمینان                                       |       |
| ۳۹۱ | سطح اطمینان و دقت تخمین                                   |       |
| ۳۹۱ | انتخاب اندازه نمونه                                       | ۲-۲-۸ |
| ۳۹۳ | محدوده های اطمینان یکطرفه                                 | ۳-۲-۸ |
| ۳۹۴ | روش عمومی بدست آوردن فاصله اطمینان                        | ۴-۲-۸ |
| ۳۹۵ | فاصله اطمینان میانگین با استفاده از نمونه با اندازه بزرگ  | ۵-۲-۸ |
| ۳۹۸ | شکل عمومی فاصله های اطمینان نمونه های با اندازه بزرگ      |       |
| ۳۹۸ | فاصله های اطمینان بوت استرپ                               | ۶-۲-۸ |
| ۴۰۱ | فاصله اطمینان میانگین توزیع نرمال، با واریانس مجهول       | ۳-۸   |
| ۴۰۲ | توزیع $t$                                                 | ۱-۳-۸ |
| ۴۰۳ | بدست آوردن توزیع $t$                                      | ۲-۳-۸ |
| ۴۰۶ | فاصله اطمینان میانگین در توزیع $t$                        | ۳-۳-۸ |
| ۴۰۹ | فاصله اطمینان واریانس و انحراف استاندارد برای جامعه نرمال | ۴-۸   |
| ۴۱۳ | فاصله اطمینان برای نسبت جامعه، با نمونه های بزرگ          | ۵-۸   |
| ۴۱۵ | انتخاب اندازه نمونه                                       |       |
| ۴۱۷ | حدود اطمینان یکطرفه                                       |       |
| ۴۱۷ | پیش بینی فاصله اطمینان برای مشاهدات آینده                 | ۶-۸   |
| ۴۲۰ | فاصله های تلرانس در توزیع نرمال                           | ۷-۸   |

## فصل ۹: تست فرضیه های تک نمونه گیری .....

|     |                                                                |       |
|-----|----------------------------------------------------------------|-------|
| ۴۲۶ | ..... تست فرضیه ها                                             | ۱-۹   |
| ۴۲۶ | ..... فرضیه های آماری                                          | ۱-۱-۹ |
| ۴۲۸ | ..... تست فرضیه های آماری                                      | ۲-۱-۹ |
| ۴۳۸ | ..... فرضیه های یکطرفه و دو طرفه                               | ۳-۱-۹ |
| ۴۴۰ | ..... دستورالعمل عمومی برای انجام تست فرضیه ها                 | ۴-۱-۹ |
| ۴۴۱ | ..... تست های میانگین توزیع نرمال، با واریانس معلوم            | ۲-۹   |
| ۴۴۱ | ..... تست فرضیه ها برای میانگین                                | ۱-۲-۹ |
| ۴۴۵ | ..... ارزش P در تست فرضیه ها                                   | ۲-۲-۹ |
| ۴۴۷ | ..... ارتباط بین تست فرضیه ها و فاصله های اطمینان              | ۳-۲-۹ |
| ۴۴۷ | ..... خطای نوع II و انتخاب اندازه نمونه                        | ۴-۲-۹ |
| ۴۴۷ | ..... بدست آوردن احتمال خطای نوع II                            |       |
| ۴۴۹ | ..... فرمول های اندازه نمونه                                   |       |
| ۴۵۰ | ..... استفاده از متحنی های مشخصه عملکرد                        |       |
| ۴۵۳ | ..... استفاده از کامپیوتر                                      |       |
| ۴۵۴ | ..... تست با نمونه بزرگ                                        | ۵-۳-۹ |
| ۴۵۴ | ..... توصیه های عملی برای تست فرضیه ها                         | ۶-۲-۹ |
| ۴۵۴ | ..... هشت گام انجام تست فرضیه ها                               |       |
| ۴۵۵ | ..... آمار در مقابل اهمیت عملیاتی                              |       |
| ۴۵۶ | ..... تست های میانگین توزیع نرمال، با واریانس مجهول            | ۳-۹   |
| ۴۵۶ | ..... تست فرضیه ها برای میانگین                                | ۱-۳-۹ |
| ۴۶۱ | ..... ارزش P برای تست t                                        | ۲-۳-۹ |
| ۴۶۲ | ..... انتخاب اندازه نمونه                                      | ۳-۳-۹ |
| ۴۶۵ | ..... رویکرد نسبت درست نمایی برای توسعه روش های تست            | ۴-۳-۹ |
| ۴۶۹ | ..... تست فرضیه ها برای واریانس و انحراف استاندارد جامعه نرمال | ۴-۹   |
| ۴۶۹ | ..... روش های تست فرضیه                                        | ۱-۴-۹ |
| ۴۷۲ | ..... خطای نوع II و انتخاب اندازه نمونه                        | ۲-۴-۹ |
| ۴۷۳ | ..... تست نسبت جامعه                                           | ۵-۹   |
| ۴۷۴ | ..... تست نسبت برای نمونه های با اندازه بزرگ                   | ۱-۵-۹ |
| ۴۷۷ | ..... تست نسبت برای نمونه های با اندازه کوچک                   | ۲-۵-۹ |
| ۴۷۸ | ..... خطای نوع II و انتخاب اندازه نمونه                        | ۳-۵-۹ |

|     |                                                                        |      |
|-----|------------------------------------------------------------------------|------|
| ۴۸۱ | ..... تست انطباق                                                       | ۶-۹  |
| ۴۸۷ | ..... تست های جدول توافقی                                              | ۷-۹  |
| ۴۹۳ | ..... فصل ۱۰: استنتاجات آماری برای دو نمونه گیری                       |      |
| ۴۹۶ | ..... مقدمه                                                            | ۱-۱۰ |
| ۴۹۶ | ..... بررسی تفاوت میانگین دو توزیع نرمال، با واریانس های معلوم         | ۲-۱۰ |
| ۴۹۸ | ..... ۱-۲-۱۰ تست فرضیه تفاوت میانگین ها، با واریانس معلوم              |      |
| ۵۰۰ | ..... ۲-۲-۱۰ انتخاب اندازه نمونه                                       |      |
| ۵۰۰ | ..... استفاده از منحنی های مشخصه عملکرد                                |      |
| ۵۰۲ | ..... فرمول های اندازه نمونه                                           |      |
| ۵۰۳ | ..... ۳-۲-۱۰ شناسایی علت و معلول                                       |      |
| ۵۰۵ | ..... ۴-۲-۱۰ فاصله اطمینان برای تفاوت میانگین ها، با واریانس های معلوم |      |
| ۵۰۷ | ..... انتخاب اندازه نمونه                                              |      |
| ۵۰۷ | ..... محدوده های اطمینان یکطرفه                                        |      |
| ۵۰۸ | ..... بررسی تفاوت میانگین دو توزیع نرمال، با واریانس های مجهول         | ۳-۱۰ |
| ۵۰۸ | ..... ۱-۳-۱۰ تست فرضیه تفاوت میانگین ها، با واریانس های مجهول          |      |
| ۵۰۸ | ..... حالت اول: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$                   |      |
| ۵۱۴ | ..... حالت دوم: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$                           |      |
| ۵۱۸ | ..... ۲-۳-۱۰ مباحث تکمیلی در رابطه با فرض واریانس های مساوی            |      |
| ۵۱۹ | ..... ۳-۳-۱۰ انتخاب اندازه نمونه                                       |      |
| ۵۲۰ | ..... ۴-۳-۱۰ فاصله اطمینان برای تفاوت میانگین ها                       |      |
| ۵۲۰ | ..... حالت اول: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$                   |      |
| ۵۲۲ | ..... حالت دوم: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$                           |      |
| ۵۲۳ | ..... تست ۱ مشاهدات زوجی                                               | ۴-۱۰ |
| ۵۲۶ | ..... مقایسه مشاهدات زوجی با مشاهدات غیر زوجی                          |      |
| ۵۲۸ | ..... فاصله اطمینان برای میانگین مشاهدات زوجی                          |      |
| ۵۳۰ | ..... بررسی واریانس های دو جامعه نرمال                                 | ۵-۱۰ |
| ۵۳۰ | ..... ۱-۵-۱۰ توزیع F                                                   |      |
| ۵۳۳ | ..... ۲-۵-۱۰ بدست آوردن توزیع F                                        |      |
| ۵۳۶ | ..... ۳-۵-۱۰ تست فرضیه ها برای نسبت بین دو واریانس                     |      |
| ۵۳۸ | ..... ۴-۵-۱۰ خطای نوع II و انتخاب اندازه نمونه                         |      |
| ۵۳۹ | ..... ۵-۵-۱۰ فاصله اطمینان برای نسبت دو واریانس                        |      |

|     |                                                              |      |
|-----|--------------------------------------------------------------|------|
| ۵۴۱ | ..... بررسی نسبت های دو جامعه                                | ۶-۱۰ |
| ۵۴۱ | ..... ۱-۶-۱۰ تست نمونه با اندازه بزرگ، برای $H_0: p_1 = p_2$ |      |
| ۵۴۵ | ..... ۲-۶-۱۰ تست نمونه با اندازه کوچک، برای $H_0: p_1 = p_2$ |      |
| ۵۴۷ | ..... ۳-۶-۱۰ خطای نوع II و انتخاب اندازه نمونه               |      |
| ۵۴۹ | ..... ۴-۶-۱۰ فاصله اطمینان برای $p_1 - p_2$                  |      |

## فصل ۱۱: رگرسیون خطی و همبستگی ..... ۵۵۳

|     |                                                                   |       |
|-----|-------------------------------------------------------------------|-------|
| ۵۵۵ | ..... مدل های تجربی                                               | ۱-۱۱  |
| ۵۵۹ | ..... رگرسیون خطی ساده                                            | ۲-۱۱  |
| ۵۶۴ | ..... تخمین واریانس                                               |       |
| ۵۶۵ | ..... ویژگی های تخمین زننده حداقل مربعات                          | ۳-۱۱  |
| ۵۶۶ | ..... توصیه هایی برای استفاده از رگرسیون                          | ۴-۱۱  |
| ۵۶۶ | ..... ملاحظات تاریخی                                              |       |
| ۵۶۷ | ..... استفاده نامناسب از رگرسیون                                  |       |
| ۵۶۸ | ..... تست فرضیه ها برای رگرسیون خطی ساده                          | ۵-۱۱  |
| ۵۶۸ | ..... ۱-۵-۱۱ استفاده از تست های t                                 |       |
| ۵۷۱ | ..... ۲-۵-۱۱ تحلیل رگرسیون واریانس، برای تست معنادار بودن رگرسیون |       |
| ۵۷۴ | ..... فاصله های اطمینان                                           | ۶-۱۱  |
| ۵۷۴ | ..... ۱-۶-۱۱ فاصله های اطمینان برای شیب و عرض از مبدا             |       |
| ۵۷۶ | ..... ۲-۶-۱۱ فاصله اطمینان برای میانگین پاسخ                      |       |
| ۵۷۸ | ..... پیش بینی مشاهدات جدید                                       | ۷-۱۱  |
| ۵۸۱ | ..... شایستگی مدل رگرسیون                                         | ۸-۱۱  |
| ۵۸۲ | ..... ۱-۸-۱۱ تجزیه و تحلیل باقیمانده                              |       |
| ۵۸۵ | ..... ۲-۸-۱۱ ضریب تعیین ( $R^2$ )                                 |       |
| ۵۸۷ | ..... ۳-۸-۱۱ تست عدم انطباق                                       |       |
| ۵۹۱ | ..... ۹-۱۱ تبدیلات برای یک خط مستقیم                              |       |
| ۵۹۲ | ..... ۱۰-۱۱ مطالب تکمیلی در رابطه با تبدیلات                      |       |
| ۵۹۶ | ..... رگرسیون لجستیک                                              |       |
| ۶۰۱ | ..... همبستگی                                                     | ۱۱-۱۱ |

## فصل ۱۲: رگرسیون خطی چند متغیره ..... ۶۰۹

|     |                                  |      |
|-----|----------------------------------|------|
| ۶۱۲ | ..... مدل رگرسیون خطی چند متغیره | ۱-۱۲ |
| ۶۱۲ | ..... ۱۰۱-۱۲ مقدمه               |      |

|     |       |                                                           |      |
|-----|-------|-----------------------------------------------------------|------|
| ۶۱۶ | ..... | ۲-۱-۱۲ تخمین حداقل مربعات پارامترها                       |      |
| ۶۲۰ | ..... | ۳-۱-۱۲ رویکرد استفاده از ماتریس در رگرسیون خطی چند متغیره |      |
| ۶۲۶ | ..... | تخمین واریانس                                             |      |
| ۶۲۸ | ..... | ۴-۱-۱۲ ویژگی‌های تخمین زننده‌های حداقل مربعات             |      |
| ۶۳۰ | ..... | تست فرضیه‌ها در رگرسیون خطی چند متغیره                    | ۲-۱۲ |
| ۶۳۰ | ..... | ۱-۲-۱۲ تست معنادار بودن رگرسیون                           |      |
| ۶۳۳ | ..... | $R^2$ و $R^2$ تعدیل شده                                   |      |
| ۶۳۵ | ..... | ۲-۲-۱۲ تست انفرادی و زیر مجموعه‌های ضرایب رگرسیون         |      |
| ۶۴۱ | ..... | ۱۲ مطالب تکمیلی در رابطه با روش مجموع مربعات اضافی        |      |
| ۶۴۳ | ..... | فاصله اطمینان در رگرسیون خطی چند متغیره                   | ۳-۱۲ |
| ۶۴۳ | ..... | ۱-۳-۱۲ فاصله‌های اطمینان برای ضرایب انفرادی رگرسیون       |      |
| ۶۴۵ | ..... | ۲-۳-۱۲ فاصله اطمینان برای میانگین پاسخ                    |      |
| ۶۴۷ | ..... | پیش‌بینی مشاهدات جدید                                     | ۴ ۱۲ |
| ۶۴۹ | ..... | ارزیابی شایستگی مدل                                       | ۵-۱۲ |
| ۶۴۹ | ..... | ۱۲-۵ تجزیه و تحلیل باقیمانده                              |      |
| ۶۵۴ | ..... | ۲-۵-۱۲ مشاهدات با نفوذ                                    |      |
| ۶۵۷ | ..... | انواع مدل‌های رگرسیون چند متغیره                          | ۶-۱۲ |
| ۶۵۷ | ..... | ۱-۶-۱۲ مدل‌های رگرسیون چند جمله‌ای                        |      |
| ۶۶۱ | ..... | ۲-۶-۱۲ متغیرهای مستقل بدون فید و شرط و متغیرهای نشانگر    |      |
| ۶۶۶ | ..... | ۳-۶ ۱۲ انتخاب متغیرها و ساختن مدل                         |      |
| ۶۶۶ | ..... | روش مبتنی بر همه رگرسیون‌های ممکن                         |      |
| ۶۷۲ | ..... | روش مبتنی بر رگرسیون گام به گام                           |      |
| ۶۷۴ | ..... | روش انتخاب پیشرو                                          |      |
| ۶۷۵ | ..... | روش حذف پسرو                                              |      |
| ۶۷۶ | ..... | توصیه‌هایی برای انتخاب مدل نهایی                          |      |
| ۶۷۷ | ..... | ۴-۶-۱۲ چند همخطی                                          |      |
| ۶۷۹ | ..... | ۵-۶-۱۲ رگرسیون تیمه‌ای                                    |      |
| ۶۸۴ | ..... | ۶-۶-۱۲ رگرسیون غیر خطی                                    |      |
| ۶۸۴ | ..... | مدل‌های خطی و مدل‌های غیر خطی                             |      |
| ۶۸۶ | ..... | تخمین پارامترها در مدل غیر خطی                            |      |

## فصل ۱۳: آمار غیر پارامتری ..... ۶۹۱

|     |                                                          |      |
|-----|----------------------------------------------------------|------|
| ۶۹۳ | ..... مقدمه                                              | ۱-۱۳ |
| ۶۹۴ | ..... تست علامت                                          | ۲-۱۳ |
| ۶۹۴ | ..... ۱-۲-۱۳ تشریح انجام تست                             |      |
| ۶۹۹ | ..... تساوی ها در تست علامت                              |      |
| ۶۹۹ | ..... تقریب نرمال                                        |      |
| ۷۰۰ | ..... ۲-۲-۱۳ تست علامت برای نمونه های زوجی               |      |
| ۷۰۲ | ..... ۳-۲-۱۳ خطای نوع II برای تست علامت                  |      |
| ۷۰۴ | ..... ۴-۲-۱۳ مقایسه با تست $t$                           |      |
| ۷۰۵ | ..... ۳-۱۳ تست رتبه با علامت ویلکاکسون                   |      |
| ۷۰۵ | ..... ۱-۳-۱۳ تشریح انجام تست                             |      |
| ۷۰۷ | ..... تساوی ها در تست رتبه با علامت ویلکاکسون            |      |
| ۷۰۷ | ..... ۲-۳-۱۳ تقریب برای نمونه های با اندازه بزرگ         |      |
| ۷۰۸ | ..... ۳-۳-۱۳ مشاهدات زوجی                                |      |
| ۷۱۰ | ..... ۴-۳-۱۳ مقایسه با تست $t$                           |      |
| ۷۱۱ | ..... ۴-۱۳ تست جمع رتبه ویلکاکسون                        |      |
| ۷۱۱ | ..... ۱-۴-۱۳ تشریح تست                                   |      |
| ۷۱۴ | ..... ۲-۴-۱۳ تقریب برای نمونه های با اندازه بزرگ         |      |
| ۷۱۵ | ..... ۳-۴-۱۳ مقایسه با تست $t$                           |      |
| ۷۱۵ | ..... ۵-۱۳ روش های غیر پارامتری در تجزیه و تحلیل واریانس |      |
| ۷۱۵ | ..... ۱-۵-۱۳ تست کراسکال والیس                           |      |
| ۷۱۸ | ..... تساوی ها در تست کراسکال والیس                      |      |
| ۷۲۰ | ..... ۲-۵-۱۳ تبدیل رتبه                                  |      |

## پیوست ها ..... ۷۲۱

|     |                                                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------|
| ۷۲۳ | ..... جدول نقاط درصدی $t_{\alpha, n}$ برای توزیع $t$             |
| ۷۲۴ | ..... جدول نقاط درصدی $F_{\alpha, n_1, n_2}$ برای توزیع مربع کای |
| ۷۲۵ | ..... جدول فاکتورهای فاصله تلرانس                                |
| ۷۲۷ | ..... منحنی های مشخصه عملکرد                                     |
| ۷۳۶ | ..... جدول نقاط درصدی $f_{\alpha, n_1, n_2}$ توزیع $F$           |
| ۷۴۱ | ..... جدول مقادیر بحرانی برای تست علامت                          |
| ۷۴۲ | ..... جدول مقادیر بحرانی برای تست رتبه با علامت ویلکاکسون        |