

روشهای آماری

تألیف:

دکتر مجید خالداري

عضو هیئت علمی دانشگاه لرستان

انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران

پاییز ۱۳۹۰

سرشناسه	:	خالداری، مجید، ۱۳۵۶ -
عنوان و نام پدیدآور	:	روشهای آماری / تألیف مجید خالداری.
مشخصات نشر	:	تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد تهران، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	:	۸۶۲ ص.
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۱۳۳-۰۵۹-۹
وضعیت فهرست نویسی	:	فبا
موضوع	:	آمار
موضوع	:	آمار -- مسائل، تمرین ها و غیره
شناسه افزوده	:	جهاد دانشگاهی، واحد تهران. انتشارات
رده بندی کنگره	:	۱۳۹۰ ۲۹/۵/ف۲ع
رده بندی دیویی	:	۰۰۱/۴۳۲
شماره کتابشناسی ملی	:	۲۲۲۳۷۹۷



روشهای آماری

تألیف: دکتر مجید خالداری

ناشر: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران

ناظر چاپ: احمد آرشی

لیتوگرافی: زاویه نور

چاپ و صحافی: نقش نیاز

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۱۶۰۰۰۰ ریال

نوبت چاپ: اول - پاییز ۱۳۹۰

ISBN: 978-600-133-059-9

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۳۳-۰۵۹-۹

<http://nashr.jahat.ir>

نشانی تهران صندوق پستی ۱۸۶-۱۳۱۴۵

en.jahat@gmail.com

تلفن: ۶۶۴۱۸۴۹۹-۶۱۱۱۲۷۶۱ تلفکس: ۶۶۹۵۴۳۸

تلفن مراکز پخش ۶۶۴۹۰۷۴۰ - ۶۶۴۹۰۷۴۲

این اثر، مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مولف یا ناشر تکثیر و کپی برداری نماید مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

«ويزكيهم و يعلمهم الكتاب و الحكمة»

مقدمه ناشر

ایران امروز در اشتیاق توسعه و استقلال، گامهای محکم و استواری برمی‌دارد. همه روزه در گوشه و کنار میهن ما جوانه‌های خود کفایی علمی و فنی رخ نموده و با عنایت و یاری خداوند متعال و در سایه تلاش و کوشش جامعه علمی و دانشگاهی حرکت به سوی مرزهای دانش شتاب بیشتری به خود می‌گیرد. خدای را شکر می‌گوییم که این فرصت را به ما ارزانی داشته تا گامهایی هر چند کوچک در راه رشد و نشر دستاوردهای علمی و فرهنگی کشور برداریم، باشد تا با یاری خداوند منان و در پرتو همت اندیشمندان، نویسندگان، مترجمان و متخصصان مومن و متعهد بتوانیم در اعتلاء علمی کشور عزیزمان ایران سهمی داشته باشیم.

انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران در راستای وظایف خویش و به منظور نیل به اهداف علمی - فرهنگی نظام جمهوری اسلامی مبادرت به انتشار آثار ارزشمند و مورد نیاز علمی و دانشگاهی می‌نماید. در این راه از کلیه اساتید، پژوهشگران، صاحبان قلم و اندیشه دعوت به مشارکت و همکاری می‌گردد.

تقدیم به روان پاک استاد آواز ایل بختیاری

بهمن علاء الدین (مسعود بختیاری)



و تقدیم به

فرزند برومند ایل قشقای

بنیانگذار آموزش عشایری ایران

و نویسنده گرانقدر معاصر

محمد بهمین بیگی



پیشگفتار

بررسی‌ها نشان می‌دهد طی سه دهه گذشته، حدود ۹۸ درصد مقالات انتشار یافته در حوزه علوم زیستی، اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و روانشناسی، برای انتشار و نتیجه‌گیری به آمار و روشهای آماری صحیح متکی بوده‌اند، لذا مهمترین هدف آمار، تولید بهترین اطلاعات از داده‌های موجود و سپس استخراج دانش از آن اطلاعات است. علاوه بر این، توسعه روشهای مختلف آماری سبب شده است تا کیفیت هر آنالیز آماری توسط مدلی که داده‌ها را تشریح می‌کند، مورد قضاوت قرار گیرد. بنابراین درک صحیح و عمیق از مفاهیم و روشهای مختلف آماری برای افراد جامعه به طور عمومی و برای دانشگاهیان به طور خاص یک ضرورت می‌باشد. نظر به اینکه شناخت قابل اعتماد، شناخت متکی بر آمار دقیق و صحیح است، آمار هم برنامه است و هم برای آینده برنامه دارد. در این راستا هر فرد که به زبان آمار سخن می‌گوید و به آمار می‌اندیشد از دقت و وضوح بیشتری بهره‌مند است.

رشته تخصصی اینجانب آمار نیست و لذا آماردان یا آمارشناس نمی‌باشم، لیکن با مطالعه کتابهای آمار موجود در دانشگاه‌های کشور متوجه شدم تقریباً کلیه این کتابهای ارزشمند توسط نسلی از دانشگاهیان، ترجمه، تألیف و تدوین شده است که یا از دانشگاه بازنشسته شده‌اند و یا در حال قطع رابطه علمی با دانشگاه هستند. نظر به اهمیت آمار در توسعه تحقیقات زیستی و اجتماعی، روش‌های نوین تجزیه و تحلیل در عرصه تحقیقات دانشگاهی، امری اجتناب‌ناپذیر است و لذا نیاز به بازنگری در روش‌شناختی تحقیق و تدریس کتابهای آماری در دانشگاه احساس می‌شود. فقدان این موضوع در مقطع تحصیلات تکمیلی بیشتر از دوره کارشناسی مشاهده می‌شود. بر این اساس تألیف یک کتاب که به نیاز آماری دانشجویان در کلیه مقاطع تحصیلی پاسخ دهد، همواره مورد توجه اینجانب بوده است. این کتاب مشتمل بر ۳ بخش و ۲۵ فصل است. بخش اول شامل ۱۴ فصل است که بر اساس سرفصل‌های دوره کارشناسی تنظیم شده است. در فصل‌های ۲۲-۱۵ مباحث آمار پیشرفته برای دوره کارشناسی ارشد ارائه شده است. نظر به ضرورت آشنایی دانشجویان با نرم‌افزارهای آماری برای تحلیل و تفسیر مسائل آماری و طرحهای آزمایشی، نرم‌افزار SAS در فصل‌های ۲۳ و ۲۴ ارائه شده است. مثالها در فصل ۲۴ به نحوی انتخاب شده‌اند که برای دانشجویان سایر رشته‌ها نیز (نظیر روانشناسی و جامعه‌شناسی) قابل استفاده باشند. به هر حال امید است مطالب ارائه شده در این کتاب در توسعه دانش آماری دانشجویان و محققان مفید باشد.

این کتاب در زمان اقامت اینجانب در کشور دانمارک تدوین شده است، لذا بر خود لازم می دانم از کلیه محققین و دانشجویان ایرانی دانشگاه آرهوس به شرح زیر تشکر و قدردانی نمایم: دوست فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر محمد مهدی شریعتی راهنمای اینجانب در بسیاری از موارد علمی بودند که بدینوسیله از ایشان و مهمان نوازی خانواده محترمشان تشکر می کنم. از برادر ارجمندم جناب آقای دکتر علیرضا احسانی و خانواده محترمشان و دوست عزیزم جناب آقای دکتر جمال مؤمنی و همسر محترمشان سرکار خانم دکتر فرج زاده به دلیل کمک های علمی و جمع آوری برخی از منابع تشکر می کنم. همچنین از مهمان نوازی و محبت این عزیزان، صمیمانه سپاسگزاری می کنم. دوست عزیزم جناب آقای دکتر حیدر قیاسی برخی دست نویسها را از مؤسسه INEA اسپانیا در دسترس اینجانب قرار داده است که زحماتش شایسته تقدیر است.

دکتر Peer Berg استاد راهنمای اینجانب در دوره فرصت مطالعاتی در تحلیل بسیاری از مفاهیم و روشهای آماری مساعدت نمودند که از ایشان تشکر می شود. از برادر ارجمند جناب آقای دکتر وحید ادریس و سرکار خانم دکتر فاطمه رزاقی نیز به دلیل کمک های علمی و تشویقشان تشکر می کنم. از جناب آقای دکتر تقی قورچی و خانواده محترمشان نیز صمیمانه سپاسگزاری می کنم.

دوست دیرینه و دردمندم جناب آقای دکتر صاحب فروتنی فر از ابتدای تحصیلات دانشگاهی تا کنون همواره مشوق و پشتیبان اینجانب بوده است. امیدوارم که پاسخگوی محبت هایش باشم. همچنین بر خود وظیفه می دانم از دوستان سالهای دور و نزدیک دوره دانشجویی ام که در تدوین این مجموعه مساعدت نمودند و در حقیقت بزرگترین سرمایه معنوی زندگی اینجانب هستند نیز به شرح زیر تشکر کنم:

جناب آقایان دکتر محمد رزم کبیر، دکتر محمدباقر زندی، دکتر محمدحسین مرادی، دکتر علی عبدالمحمدی، دکتر حسین مرادی شهربابک، دکتر علی صادقی، دکتر هادی آتشی، دکتر امیر فراهانی، دکتر رستم عبدالمهدی، مهندس محمد فرهنگفر و سرکار خانم دکتر شیدا ورکوهی، دکتر الهام رضوان نژاد، دکتر آزاده بوستان و دکتر هما اعرابی

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه و تعاریف	۲۳
۱-۱. تاریخچه علم آمار	۲۳
۲-۱. تعریف علم آمار	۲۵
۳-۱. طبقه‌بندی علم آمار	۲۶
۴-۱. داده	۲۷
۵-۱. واریت	۲۷
۶-۱. متغیر	۲۸
۷-۱. جمعیت	۳۰
۸-۱. نمونه‌گیری تصادفی	۳۲
۹-۱. دقت و صحت داده‌ها	۳۵
فصل ۲: معیارهای متمایل به مرکز و پراکنش	۴۰
۱-۲. میانگین حسابی	۴۱
۲-۲. میانه	۴۴
۳-۲. مد	۴۷
۴-۲. میانگین هندسی	۴۸
۵-۲. میانگین همساز	۴۹
۶-۲. دامنه	۵۰
۷-۲. انحراف از میانگین	۵۱
۸-۲. واریانس	۵۱

۵۴	۹-۲. انحراف معیار
۵۴	۱۰-۲. ضریب تنوع
۵۷	۱۱-۲. کدگذاری داده‌ها
۵۸	۱۲-۲. اثر کدگذاری روی معیارهای پراکندگی
۵۹	فصل ۳: توزیع نرمال
۵۹	۱-۳. تاریخچه توزیع نرمال
۷۴	۲-۳. منحنی فراوانی
۷۷	۳-۳. منحنی توزیع
۷۸	۴-۳. رابطه بین منحنی توزیع فراوانی و منحنی فراوانی
۸۱	۵-۳. منحنی نرمال
۸۹	۶-۳. نسبت‌های توزیع نرمال
۹۳	۷-۳. توزیع میانگین‌ها و قضیه حد مرکزی
۱۰۳	۸-۳. روش برخورد با توزیع‌های غیر نرمال
۱۱۴	۹-۳. داده‌های پرت
۱۱۸	فصل ۴: آزمون فرض و توزیع‌های آماری
۱۱۷	۱-۴. آزمون فرض
۱۱۹	۲-۴. آزمون‌های یک دامنه و دو دامنه
۱۲۱	۳-۴. خطاهای تصمیم‌گیری
۱۲۲	۴-۴. معنی‌دار بودن آماری و معنی‌دار بودن بیولوژیکی
۱۲۳	۵-۴. چند آزمونی
۱۲۵	۶-۴. توزیع نرمال
۱۲۶	۷-۴. توزیع Z

۱۲۸	۸-۴ توزیع کای دو یا χ^2
۱۳۰	۹-۴ توزیع استیودنت یا توزیع t
۱۳۲	۱۰-۴ توزیع F
۱۳۵	فصل ۵: آزمون‌های فرض مربوط به یک نمونه
۱۳۶	۱-۵ فرض‌های آماری
۱۳۶	۲-۵ فرض‌های مربوط به یک نمونه
۱۴۲	۳-۵ فرض‌های یک دامنه در مورد میانگین
۱۴۶	۴-۵ حدود اطمینان میانگین جمعیت (CI)
۱۴۹	۵-۵ حدود اطمینان آزمون یک دامنه برای میانگین
۱۵۱	۶-۵ گزارش آماره‌ها
۱۵۱	۷-۵ اندازه نمونه
۱۶۰	۸-۵ حداقل تفاوت قابل تشخیص
۱۶۱	۹-۵ محاسبه توان در آزمون مربوط به یک نمونه
۱۶۳	۱۰-۵ نمونه‌گیری از جوامع محدود
۱۶۴	۱۱-۵ حدود اطمینان و آزمون‌های فرض برای واریانسها
۱۷۰	فصل ۶: آزمون‌های فرض مربوط به دو نمونه
۱۷۰	۱-۶ فرض‌های مربوط به دو نمونه
۱۷۹	۲-۶ استفاده از ارزش‌های P در آزمون فرض
۱۸۱	۳-۶ انحراف از فرضیات آزمون t برای دو نمونه
۱۸۷	۴-۶ حدود اطمینان برای میانگین دو جامعه
۱۸۹	۵-۶ اندازه نمونه و تخمین تفاوت بین میانگین‌های دو جمعیت
۱۹۳	۶-۶ توان و اندازه نمونه در آزمون‌های تفاوت بین دو میانگین

۱۹۶	۷-۶. آزمون تفاوت بین واریانس دو جمعیت
۱۹۹	۸-۶. حدود اطمینان برای واریانس های جمعیت و نسبت واریانس جمعیت
۲۰۲	فصل ۷: نمونه‌های جفت‌شده
۲۰۲	۱-۷. فرض‌های نمونه‌های جفت شده
۲۰۸	۲-۷. حدود اطمینان برای میانگین تفاوتها
۲۰۹	۳-۷. آزمون تفاوت بین واریانس های دو جمعیت همبسته
۲۱۴	فصل ۸: روش‌های آماری ناپارامتری
۲۱۳	۱-۸. آزمون ناپارامتری
۲۱۶	۲-۸. آزمون رتبه دو نمونه
۲۱۷	۳-۸. آزمون من - وایتنی
۲۱۷	۴-۸. آزمون یک دامنه من - وایتنی
۲۱۹	۵-۸. آزمون من وایتنی برای مشاهدات کیفی
۲۲۴	۶-۸. آزمون‌های ناپارامتری برای نمونه‌های جفت شده
۲۳۴	فصل ۹: نیکویی برازش و آزمون کای دو
۲۳۴	۱-۹. آزمون نیکویی برازش
۲۳۵	۲-۹. نیکویی برازش دو گروه توسط کای دو
۲۴۲	۳-۹. نیکویی برازش با فراوانی های کوچک
۲۴۳	۴-۹. آزمون کای دو غیر یکنواخت
۲۴۶	۵-۹. نسبت لگاریتم درست‌نمایی برای نیکویی برازش
۲۴۸	۶-۹. نیکویی برازش با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف
۲۵۱	۷-۹. آزمون کولموگروف - اسمیرنوف $(k-s)$ برای داده‌های مجزا یا گروهی
۲۵۵	۸-۹. اندازه نمونه مورد نیاز

فصل ۱۰: جداول توافقی و آزمون کای دو..... ۲۵۸

۱-۱۰. جداول توافقی..... ۲۵۸

۲-۱۰. آزمون کای دو برای جداول توافقی..... ۲۵۹

۳-۱۰. جداول توافقی با بیش از دو بعد..... ۲۶۳

فصل ۱۱: توزیع دو جمله‌ای و متغیر دوتایی..... ۲۷۲

۱-۱۱. متغیر دوتایی..... ۲۷۲

۲-۱۱. احتمالات دو جمله‌ای..... ۲۷۳

۳-۱۱. توزیع فوق هندسی..... ۲۷۹

۴-۱۱. نمونه‌گیری از جمعیت با توزیع دو جمله‌ای..... ۲۸۱

۵-۱۱. نیکویی برازش برای توزیع دو جمله‌ای..... ۲۸۲

۶-۱۱. آزمون دو جمله‌ای و آزمون یک نمونه‌ای از یک نسبت..... ۲۸۵

۷-۱۱. آزمون تفاوت بین دو نسبت..... ۲۸۶

۸-۱۱. حدود اطمینان برای تفاوت بین دو نسبت..... ۲۹۱

۹-۱۱. تخمین اندازه نمونه..... ۲۹۴

۱۰-۱۱. مقایسه بیش از دو نسبت..... ۲۹۵

فصل ۱۲: توزیع پواسن و آزمون تصادفی..... ۲۹۹

۱-۱۲. آزمون تصادفی..... ۲۹۹

۲-۱۲. احتمالات پواسن..... ۲۹۹

۳-۱۲. حدود اطمینان برای پارامترهای پواسن..... ۳۰۲

۴-۱۲. نیکویی برازش برای توزیع پواسن..... ۳۰۴

۵-۱۲. مقایسه دو رخداد پواسن..... ۳۰۷

فصل ۱۳: فرضیات آنالیز واریانس	۳۰۹
۱-۱۳. فرضیات آنالیز واریانس	۳۰۹
۲-۱۳. اثرات افزایشی	۳۱۱
۳-۱۳. مستقل بودن خطاهای آزمایشی	۳۱۲
۴-۱۳. یکنواختی واریانس ها	۳۱۶
فصل ۱۴: تبدیل داده‌ها	۳۲۲
۱-۱۴. تبدیل داده‌ها	۳۲۲
۲-۱۴. تبدیل لگاریتمی	۳۲۴
۳-۱۴. تبدیل ریشه دوم	۳۲۸
۴-۱۴. تبدیل زاویه ای	۳۲۸
۵-۱۴. تبدیل توانی یا تبدیل Box-Cox	۳۳۲
۶-۱۴. استاندارد کردن	۳۳۷
فصل ۱۵: روش‌های تخمین پارامتر	۳۴۰
۱-۱۵. حداکثر درست‌نمایی	۳۴۱
۲-۱۵. حداقل مربعات معمولی	۳۴۶
۳-۱۵. روشهای مبتنی بر تکرار نمونه‌گیری	۳۴۷
۴-۱۵. تخمین پارامترها بر اساس استنباط بیزین	۳۴۹
۵-۱۵. خصوصیات برآوردکننده‌ها	۳۵۶
فصل ۱۶: مدل‌ها و عوامل مؤثر بر آنها	۳۵۸
۱-۱۶. مدل حداقل مربعات	۳۵۷
۲-۱۶. مدل واقعی	۳۶۲
۳-۱۶. مدل ایده ال	۳۶۳

۳۶۲	۴-۱۶. مدل کاربردی
۳۶۳	۵-۱۶. اثرات موجود در مدل
۳۶۳	۶-۱۶. اثرات ثابت و تصادفی
۳۶۴	۷-۱۶. مفهوم درجه آزادی
۳۶۷	فصل ۱۷: رگرسیون ساده
۳۶۷	۱-۱۷. رگرسیون
۳۶۹	۲-۱۷. متغیرها در رگرسیون
۳۷۲	۳-۱۷. روابط بین دو متغیر (معادله رگرسیون و منحنی رگرسیون)
۳۷۶	۴-۱۷. رگرسیون خطی ساده
۳۸۲	۵-۱۷. فرضهای آنالیز رگرسیون
۳۸۴	۶-۱۷. کاربردهای رگرسیون
۳۸۸	۷-۱۷. آزمون معنی دار بودن رگرسیون
۳۹۹	۸-۱۷. فواصل اطمینان در رگرسیون
۴۰۱	۹-۱۷. پیش‌بینی معکوس
۴۰۲	۱۰-۱۷. روش حداقل مربعات
۴۰۴	۱۱-۱۷. واریانس و خطای معیار پارمترهای α و β
۴۰۵	۱۲-۱۷. مقایسه مدل‌های رگرسیون
۴۰۶	۱۳-۱۷. آزمون عدم برازش
۴۱۳	۱۴-۱۷. علائم ضرایب رگرسیون
۴۱۵	۱۵-۱۷. تفاوت رگرسیون و آنالیز واریانس
۴۱۶	۱۶-۱۷. اثر کدگذاری داده‌ها در آنالیز رگرسیون
۴۱۷	۱۷-۱۷. حداقل مربعات وزنی (موزون)

۴۱۹	۱۷-۱۸. توان و اندازه نمونه در رگرسیون
۴۲۰	۱۷-۱۹. مقایسه معادلات رگرسیون خطی ساده
۴۲۹	فصل ۱۸: همبستگی ساده
۴۲۹	۱-۱۸. ضریب همبستگی
۴۳۳	۲-۱۸. فرضیات آنالیز همبستگی
۴۳۵	۳-۱۸. حدود اطمینان ضرایب همبستگی جمعیت
۴۳۹	۴-۱۸. توان و اندازه نمونه در همبستگی
۴۴۱	۵-۱۸. مقایسه دو ضریب همبستگی
۴۴۲	۶-۱۸. همبستگی رتبه‌ای
۴۴۵	۷-۱۸. همبستگی رتبه‌ای موزون
۴۴۸	۸-۱۸. همبستگی مشاهدات با مقایسه اسمی
۴۵۲	۹-۱۸. همبستگی درون گروهی
۴۵۵	۱۰-۱۸. همبستگی تطابقی یا توافقی
۴۶۱	فصل ۱۹: رگرسیون و همبستگی چندگانه
۴۵۹	۱-۱۹. رگرسیون چندگانه
۴۶۲	۲-۱۹. تفسیر ضرایب رگرسیون چندگانه
۴۶۷	۳-۱۹. تخمین پارامترها در مدل رگرسیون چندگانه
۴۶۸	۴-۱۹. خصوصیات تخمین‌های حداقل مربعات
۴۷۵	۵-۱۹. درجات آزادی در رگرسیون چندگانه
۴۷۸	۶-۱۹. فرضیات آنالیز رگرسیون چندگانه
۴۸۲	۷-۱۹. هم خطی و هم خطی چندگانه
۴۸۷	۸-۱۹. مجموع مربعات متوالی و جزئی

۹-۱۹. انتخاب متغیرهای مستقل	۴۸۹
۱۰-۱۹. برازش کلیه مدل‌های رگرسیون ممکن	۴۹۲
۱۱-۱۹. حذف پسرو متغیرها	۴۹۲
۱۲-۱۹. افزودن پیشرو متغیرها	۴۹۳
۱۳-۱۹. رگرسیون گام به گام	۴۹۶
۱۴-۱۹. سایر روشها و معیارهای انتخاب مدل	۵۰۳
۱۵-۱۹. آزمون تفاوت بین دو ضریب رگرسیون جزئی	۵۰۵
۱۶-۱۹. اثر متقابل بین متغیرهای مستقل	۵۰۴
۱۷-۱۹. همبستگی جزئی و چندگانه	۵۰۵
فصل ۲۰: رگرسیون چندجمله‌ای	۵۰۹
۱-۲۰. رگرسیون چند جمله‌ای	۵۰۷
۲-۲۰. برازش منحنی چندجمله‌ای	۵۰۸
فصل ۲۱: آنالیز کوواریانس	۵۱۷
۱-۲۱. مزایای استفاده از آنالیز کوواریانس	۵۱۷
۲-۲۱. فرضیات مدل آنالیز کوواریانس	۵۱۸
۳-۲۱. تخمینهای حداقل مربعات و میانگین تصحیح شده تیمارها	۵۲۱
۴-۲۱. جدول آنالیز کوواریانس و محاسبه مجموع مربعات	۵۲۳
۵-۲۱. آزمونهای فرض آنالیز کوواریانس	۵۲۵
فصل ۲۲: رگرسیون غیرخطی	۵۴۱
۱-۲۲. مدل تجزیه نهایی	۵۴۰
۲-۲۲. مدل رشد نمایی	۵۴۴
۳-۲۲. مدل نمایی با دو مؤلفه	۵۴۶

۵۴۷	.....	۴-۲۲. مدل رشد میچرلیچ
۵۴۹	.....	۵-۲۲. مدل چند جمله‌ای معکوس
۵۴۹	.....	۶-۲۲. مدل رشد لجستیک
۵۵۱	.....	۷-۲۲. مدل رشد گومپتز
۵۵۱	.....	۸-۲۲. مدل ون برنالاتفی
۵۵۱	.....	۹-۲۲. مدل‌های پروبیت و لجیت
۵۵۳	.....	۱۰-۲۲. مدل‌های چند جمله‌ای قطعه‌ای
۵۵۴	.....	۱۱-۲۲. مدل یا تابع پروبیت
۵۵۵	.....	۱۲-۲۲. منحنی برودی
۵۵۷	.....	فصل ۲۳: معرفی نرم‌افزار SAS
۵۵۸	.....	۱-۲۳. محیط SAS
۵۶۰	.....	۲-۲۳. معرفی داده‌ها و روشهای آنالیز
۵۶۷	.....	۳-۲۳. نحوه واردکردن صحیح متغیرها در برنامه SAS
۵۶۸	.....	۴-۲۳. تعریف متغیرهای جدید در SAS
۵۷۲	.....	۵-۲۳. غیر فعال نمودن برخی از روش‌ها
۵۷۳	.....	۶-۲۳. فراخوانی داده‌ها از طریق فایل
۵۷۵	.....	۷-۲۳. داده‌های گم شده
۵۷۹	.....	۸-۲۳. توصیف داده‌ها
۵۹۷	.....	۹-۲۳. استفاده از دستور Set
۶۰۳	.....	فصل ۲۴: نرم‌افزار SAS: نکات اختصاصی
۶۰۱	.....	۱-۲۴. آزمونهای T و مقایسات ناپارامتری
۶۱۰	.....	۲-۲۴. تخصیص تصادفی افراد به گروههای آزمایشی

۶۱۲	 ۳-۲۴. آنالیز واریانس
۶۲۳	 ۴-۲۴. طرحهای نامتعادل و استفاده از Proc GLM
۶۲۹	 ۵-۲۴. طرحهای با اندازه‌گیریهای تکرار شده
۶۳۳	 ۶-۲۴. آنالیز واریانس طرحهای با اندازه‌گیریهای تکراری
۶۴۹	 ۷-۲۴. همبستگی
۶۵۷	 ۸-۲۴. رگرسیون
۶۸۱	 ۹-۲۴. تبدیل داده‌ها
۶۹۱	 ۱۰-۲۴. رگرسیون لجستیک
۷۰۳	 ۱۱-۲۴. مدل‌های خطی تعمیم یافته
۷۱۹	 فصل ۲۵: جبر ماتریسها
۷۲۱	 ۱-۲۵. تعاریف
۷۲۳	 ۲-۲۵. انواع ماتریس‌ها
۷۲۳	 ۳-۲۵. ضرب ماتریس‌ها
۷۲۸	 ۴-۲۵. معکوس ماتریس
۷۲۹	 ۵-۲۵. استقلال خطی و رتبه
۷۳۰	 ۶-۲۵. جبر ماتریس‌ها با استفاده از SAS
۷۴۵	 ضمیمه
۸۳۱	 منابع
۸۶۰	 واژه‌یاب

فهرست جداول

جدول ض. ۱ - حروف یونانی.....	۷۴۳
جدول ض. ۲- اعداد تصادفی.....	۷۴۴
جدول ض. ۳- ارزش های بحرانی توزیع کای دو (χ^2).....	۷۴۷
جدول ض. ۴- ارتفاع موردنظر برای توزیع Z	۷۵۰
جدول ض. ۵- مساحت زیر منحنی نرمال استاندارد از Z -0 (توزیع فراوانی تجمعی نرمال).....	۷۵۱
جدول ض. ۶- مساحت زیر منحنی نرمال استاندارد برای مقادیر بزرگتر از Z یعنی $Z > Z_\alpha$	۷۵۲
جدول ض. ۷- ارزش های بحرانی توزیع t	۷۵۳
جدول ض. ۸- ارزش های بحرانی توزیع F	۷۵۶
جدول ض. ۹- ارزش های بحرانی توزیع q برای آزمون توکی.....	۷۷۱
جدول ض. ۱۰- ارزش های بحرانی توزیع q' برای آزمون یک دامنه دانت.....	۷۷۶
جدول ض. ۱۱- ارزش های بحرانی توزیع q' برای آزمون دودامنه دانت.....	۷۷۷
جدول ض. ۱۲- ارزش های بحرانی d_{max} برای نیکویی برازش کولموگروف-اسمیرنوف.....	۷۷۸
جدول ض. ۱۳- ارزش های بحرانی D برای آزمون نیکویی برازش δ تصحیح شده کولموگروف-اسمیرنوف برای توزیع های پیوسته.....	۷۸۵
جدول ض. ۱۴- ارزش های بحرانی D_0 برای نیکویی برازش δ تصحیح شده کولموگروف-اسمیرنوف برای توزیع های پیوسته.....	۷۸۸
جدول ض. ۱۵- ارزش های بحرانی توزیع U من-وايتنی.....	۷۹۰
جدول ض. ۱۶- ارزش های بحرانی توزیع T ویلکاکنسن.....	۸۰۵
جدول ض. ۱۷- ارزش های بحرانی ضریب همبستگی (r).....	۸۰۷
جدول ض. ۱۸- تبدیل Z فیشر برای ضریب همبستگی (r).....	۸۱۰
جدول ض. ۱۹- ضریب همبستگی (r) برای تبدیل Z فیشر.....	۸۱۳
جدول ض. ۲۰- ارزش های بحرانی ضریب همبستگی رتبه ای اسپیرمن (r_s).....	۸۱۶
جدول ض. ۲۱- ارزش های بحرانی ضریب همبستگی Top-Down (r_T).....	۸۱۹
جدول ض. ۲۲- نسبت های توزیع دوجمله ای برای $p = q = 0.5$	۸۲۰
جدول ض. ۲۳- ارزش های بحرانی آماره C برای آزمون علامت یا آزمون دوجمله ای با $p = 0.5$	۸۲۱
جدول ض. ۲۴- تبدیل آرک سینوس (θ).....	۸۲۳
جدول ض. ۲۵- نسبت های p ، مطابق با تبدیل آرک سینوس (θ).....	۸۲۷
جدول ض. ۲۶- اسکورهای ساویج برای اندازه نمونه های مختلف.....	۸۳۰

فصل ۱

مقدمه و تعاریف

۱-۱. تاریخچه علم آمار

۲-۱. تعریف علم آمار

۳-۱. طبقه‌بندی علم آمار

۴-۱. داده

۵-۱. واریت

۶-۱. متغیر

۷-۱. جمعیت

۸-۱. نمونه‌گیری تصادفی

۹-۱. دقت و صحت

۱-۱. تاریخچه علم آمار

اصطلاح آمار برای اولین بار توسط پروفیسور آلمانی، گوتفرد اشول^۱ در سال ۱۷۴۹ با عنوان Statistik استفاده شد. اولین استفاده انگلیسی از آمار، توسط جان سینکلر^۲ در سال ۱۷۹۱ با عنوان Statistic بود. پایه ریزی علم آمار نوین از قرن ۱۷ شروع شده است و در این پایه ریزی دو عامل نقش اساسی داشته است. اولین عامل مربوط به علم سیاست یا علم حساب^۳ بود که به عنوان یک توصیف کمی از جنبه‌های مختلف امور دولتی یا ایالتی توسعه یافت، جنبه‌هایی نظیر بیمه‌ها و مالیات‌ها سبب شد که مردم به کمیت‌هایی نظیر سرشماری^۴، زنده‌مانی و تلفات علاقه‌مند شوند. اغلب این پیشنهادها توسط دولت انگلیس و توسط دو دانشجوی ابتدایی آمار به نام جان گرونت^۵ و ویلیام پتی^۶ معرفی شدند.

1 - Gottfried Achenwall (1719-1772)

2 - John Sinclair (1754-1835)

3 - Arithmetic

4- Censuses 5- John Graunt (1620-1674)

6- William Petty (1623-1687)

دومین ریشه یابی توسعه علم آمار از تئوری ریاضی قابلیت احتمال برای بازی های شانس بود. سهم اصلی حاصل از این تئوری توسط دو دانشمند فرانسوی به نام بلیس پاسکال^۱ و پیردی فرمات^۲ بود. یاکوس برنولی^۳ از سوئیس پایه گذار تئوری احتمال مدرن بود. پس از برنولی آبراهام دی مویر^۴ فرانسوی که در انگلیس زندگی می کرد، اولین فردی بود که آمار کارهای روزانه اش را با تئوری احتمال حقوق دریافتی سالیانه، ترکیب نمود. دی مویر همچنین اولین فردی است که به توزیع نرمال از طریق بسط دو جمله ای پی برد و به آن نزدیک شد.

توسعه های بعدی علم آمار از علم ستاره شناسی حاصل شده است، زیرا لازم بود بسیاری از مشاهدات افرادی با یک ارتباط منطقی از یک تئوری پیروی کنند. بسیاری از ریاضیدانان و اخترشناسان قرن ۱۸، نظیر پیر سیمون دی لاپلاس^۵ از فرانسه و کارل فردریش گوس^۶ در آلمان از رهبران مشهور در این زمینه بودند. آخرین نقش گوس در آمار، توسعه روش حداقل مربعات بوده است. به نظر می رسد مهمترین نقش قدیمی در آمار مربوط به ریاضیدان و ستاره شناس بلژیکی به نام آدلف کوتلت^۷ باشد که روش های عملی و تئوری آمار را با یکدیگر ترکیب و از آنها در مسائل مربوط به زیست شناسی، پزشکی و جامعه شناسی استفاده نمود. وی همچنین نظریه توزیع و نوع آماری را توسعه داد.

پیشرفت های بیشتر تئوری آمار توسط ریاضیدانان در قرن ۱۹ انجام شد. سهم بیشتر این پیشرفت مربوط به فرانسیس گالتون^۸ پسر عموی چارلز داروین^۹ است. انتشار اثر داروین و ناکافی بودن تئوری های ژنتیکی او، گالتون را تشویق به کوشش در حل مسائل مربوط به وراثت نمود. نقش اصلی گالتون در زیست شناسی، روش شناسی آمار برای

1 - Blaise Pascal (1623-1662)

2 - Pierre De Fermat (1601-1665)

3 - Jacques Bernoulli (1654-1705)

4 - Abraham De Moivre (1667-1754)

5 - Pierr-Simon De Laplace (1749-1827)

6- Carl Friedrich Gauss (1777-1855)

7- Adolph Quetelet (1796-1874)

8- Francis Galton (1822-1911)

9- Charls Darwin