

آمار و احتمال؛ مفاهیم و کاربردها در مهندسی آب

تألیف:

دکتر بیژن قهرمان

استاد دانشگاه فردوسی مشهد

۱۳۹۷

سرشناسه	قهرمان، بیژن، ۱۳۳۷ -
عنوان و نام پدیدآور	آمار و احتمال؛ مفاهیم و کاربردها در مهندسی آب / بیژن قهرمان.
مشخصات نشر	مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	۲۵۶ص. مصور، جدول.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۳۲۴-۴۰۳-۳
فروست	انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد ۵۵۴؛ کشاورزی ۲۳۲؛
موضوع ۱	آمار- آب شناسی .
موضوع ۲	احتمال - باران و بارندگی.
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۷؛ ۹۴ ق ۵/آ۸ / ۴۹۴ S
رده‌بندی دیویی	۳۳۸/۱۰۲



مهندسين مشاور
آبراه ساز شرق



مشهد

انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد با مشارکت شرکت مهندسين مشاور آبراه ساز شرق

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه، سازمان مرکزی جهاد دانشگاهی
 ص.ب. ۹۱۷۷۵_۱۳۷۶ تلفن: ۳۸۸۳۲۳۶۷ دفترپخش: ۳۸۸۴۲۲۳۰
www.jdmpress.com info@jdmpress.com

آمار و احتمال؛ مفاهیم و کاربردها در مهندسی آب

تألیف: دکتر بیژن قهرمان

واژه پرداز هاشمی نجفی / چاپ و صحافی دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ اول ۱۳۹۷ / ۵۰۰ نسخه / شماره نشر ۵۵۴

ISBN: 978-964-324-403-3

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۳۲۴-۴۰۳-۳

کلیه حقوق نشر برای ناشر محفوظ است.

قیمت: ۲۴۰,۰۰۰ ریال

به نام خداوند جان و خرد

کتاب بزرگترین دستاورد فرهنگی بشر است. دانش بشری وامدار هزاران هزار کتابی است که در طول تاریخ با رنج و تلاش فراوان گرد آمده‌اند. کتاب تداوم معرفت علمی انسان است که سرانجام به گسترش مرزهای دانش و بروز دگرگونی‌های تمدنی می‌انجامد. جهاد دانشگاهی مشهد بر این باور است که نخستین گام در راه بهبود ساختارهای اقتصادی - اجتماعی و توسعه کشور، دستیابی به تازه‌های دانش و نشر یافته‌های پژوهشگران است. کتاب حاضر پانصد و پنجاه چهارمین اثری است که با همین رویکرد منتشر می‌شود. رهنمودهای خوانندگان فرهیخته می‌تواند ما را در ارتقای سطح کیفی و کمی این آثار یاری نماید.

انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

فهرست مطالب

پیشگفتار مؤلف	۹
بخش اول: آمار توصیفی	۱۱
۱. آمار توصیفی	۱۳
۱-۱ ارائه به صورت نموداری	۱۴
۱-۱-۱ نمودار میله‌ای یا نمودار ستونی	۱۴
۱-۱-۲ نمودار نقطه‌ای	۱۵
۱-۱-۳ هیستوگرام	۱۵
۱-۱-۴ چندبر فراوانی	۱۷
۱-۱-۵ نمودار فراوانی نسبی تجمعی	۱۸
۱-۲ خلاصه‌های عددی از داده‌ها (خلاصه کردن داده‌ها در چند عدد شاخص)	۱۹
۱-۲-۱ معیارهای تمایل مرکزی	۱۹
۱-۲-۲ معیارهای پراکندگی	۲۲
۱-۲-۳ معیار عدم تقارن	۲۵
۱-۲-۴ معیار تیزی بودن	۲۵
۱-۳ روش‌های اکتشافی	۲۶
۱-۳-۱ نمودار ساقه و برگ	۲۶
۱-۳-۲ نمودار جعبه‌ای	۲۷
۱-۴ داده‌های جفتی	۲۸
۱-۴-۱ نمودار پراکنش	۲۸
۱-۴-۲ معیارهای عددی	۳۰
۱-۵ تمرین	۳۲

بخش دوم: احتمال

۲. مفاهیم پایه احتمالات و مدل‌ها	۳۹
۲-۱ آزمایش تصادفی	۳۹
۲-۲ پیشامدها	۴۰
۲-۲-۱ پیشامد	۴۰
۲-۲-۲ ریاضیات پیشامدها	۴۱
۲-۳ احتمال	۴۳
۲-۳-۱ تعبیر احتمال	۴۳
۲-۳-۲ اصول موضوعه احتمال	۴۴
۲-۴ شمارش	۴۵
۲-۴-۱ اصول شمارش	۴۵
۲-۴-۲ فرمول‌های شمارش	۴۶
۲-۵ ریاضیات احتمال	۴۸
۲-۵-۱ مدل احتمال	۴۸
۲-۵-۲ مدل احتمال با فضای نمونه با پایان	۴۸
۲-۵-۳ مدل احتمال برای فضای نمونه بی‌پایان (شمارش‌پذیر)	۵۰

- ۵۱..... ۲-۵-۴ مدل احتمال برای فضای نمونه شمارش ناپذیر.....
- ۵۲..... ۲-۵-۵ مدل احتمال شرطی.....
- ۵۵..... ۲-۵-۶ روش تعیین مدل احتمال.....
- ۵۷..... ۲-۶-۱ آمار بیز.....
- ۵۷..... ۲-۶-۱ قضیه احتمال کل.....
- ۵۹..... ۲-۶-۲ قضیه بیز.....
- ۶۲..... ۲-۷ تمرین.....
- ۷۱..... ۳. متغیر تصادفی و قانون حاکم بر آن.....
- ۷۱..... ۳-۱ پیشامد تصادفی و متغیر تصادفی.....
- ۷۳..... ۳-۲ تابع توزیع تجمعی (CDF).....
- ۷۷..... ۳-۳ تابع چگالی احتمال.....
- ۷۷..... ۳-۳-۱ تابع جرم احتمال برای متغیر تصادفی گسسته.....
- ۷۸..... ۳-۳-۲ تابع چگالی احتمال برای متغیر تصادفی پیوسته.....
- ۸۱..... ۳-۳-۳ تابع چگالی برای متغیر تصادفی آمیخته.....
- ۸۱..... ۳-۴ تمرین.....
- ۸۵..... ۴. گشتاورهای متغیر تصادفی.....
- ۸۵..... ۴-۱ امید ریاضی.....
- ۸۶..... ۴-۱-۱ امید ریاضی تابعی از یک متغیر تصادفی.....
- ۸۸..... ۴-۲ سنجه‌های پراکندگی.....
- ۸۸..... ۴-۲-۱ واریانس.....
- ۸۹..... ۴-۲-۲ ویژگی‌های واریانس.....
- ۸۹..... ۴-۲-۳ سایر سنجه‌های پراکندگی.....
- ۹۰..... ۴-۳ گشتاورهای متغیر تصادفی در حالت کلی.....
- ۹۰..... ۴-۳-۱ گشتاورها حول مبدأ.....
- ۹۰..... ۴-۳-۲ گشتاورها حول میانگین.....
- ۹۰..... ۴-۴ تمرین.....
- ۹۵..... ۵. متغیرهای تصادفی چندگانه.....
- ۹۵..... ۵-۱ چگالی توأم دو متغیر تصادفی.....
- ۹۵..... (الف) متغیرهای تصادفی گسسته.....
- ۹۷..... (ب) متغیرهای تصادفی پیوسته.....
- ۹۸..... ۵-۲ تابع توزیع تجمعی دو متغیر تصادفی.....
- ۹۸..... ۵-۳ متغیرهای تصادفی هم‌توزیع.....
- ۹۸..... ۵-۴ امید ریاضی تابعی از دو متغیر تصادفی.....
- ۹۹..... ۵-۵ کوواریانس.....
- ۱۰۰..... ۵-۵-۱ ویژگی‌های کوواریانس.....
- ۱۰۲..... ۵-۶ ضریب همبستگی و ویژگی‌های آن.....
- ۱۰۳..... ۵-۷ تمرین.....
- ۱۰۹..... ۶. توزیع‌های احتمال برای متغیر تصادفی گسسته.....
- ۱۰۹..... ۶-۱ توزیع برنولی.....
- ۱۱۰..... ۶-۲ توزیع دو جمله‌ای.....
- ۱۱۰..... ۶-۲-۱ CDF و PMF توزیع دو جمله‌ای.....
- ۱۱۱..... ۶-۲-۲ امید ریاضی و واریانس توزیع دو جمله‌ای.....
- ۱۱۲..... ۶-۳ سایر توزیع‌های مشتق‌شده از توزیع برنولی.....
- ۱۱۲..... ۶-۳-۱ توزیع هندسی.....
- ۱۱۳..... ۶-۳-۲ توزیع دو جمله‌ای منفی.....
- ۱۱۴..... ۶-۳-۳ توزیع فوق هندسی.....

۱۱۵.....	۶-۴ توزیع پواسون.....
۱۱۷.....	۶-۵ تمرین.....
۱۲۱.....	۷. توزیع‌های احتمال برای متغیر تصادفی پیوسته.....
۱۲۱.....	۷-۱ توزیع یکنواخت.....
۱۲۲.....	۷-۲ توزیع نرمال.....
۱۲۵.....	۷-۲-۱ ترکیب خطی چند متغیر نرمال.....
۱۲۵.....	۷-۳ قضیه حد مرکزی.....
۱۲۸.....	۷-۳-۱ تفریب توزیع دوجمله‌ای با توزیع نرمال.....
۱۳۰.....	۷-۴ توزیع نمایی.....
۱۳۰.....	۷-۴-۱ ارتباط توزیع نمایی با توزیع پواسون.....
۱۳۱.....	۷-۴-۲ مفهوم فقدان حافظه در توزیع نمایی.....
۱۳۲.....	۷-۵ چند توزیع مهم برپایه توزیع نرمال استاندارد.....
۱۳۲.....	۷-۵-۱ توزیع کای-دو χ^2
۱۳۳.....	۷-۵-۲ توزیع تی.....
۱۳۴.....	۷-۵-۳ توزیع اف.....
۱۳۵.....	۷-۶ تمرین.....

بخش سوم: آمار استنباطی

۱۴۱.....	۸. برآورد نقطه‌ای یک یا چند پارامتر.....
۱۴۲.....	۸-۱ نمونه تصادفی و یافته‌های آن.....
۱۴۲.....	۸-۲ آماره.....
۱۴۳.....	۸-۳ برآورد نقطه‌ای- روش گشتاورها.....
۱۴۵.....	۸-۴ برآورد نقطه‌ای- روش حداکثر درست‌نمایی.....
۱۴۸.....	۸-۵ تمرین.....
۱۵۳.....	۹. فاصله اطمینان (برآورد بازه‌ای)- یک جامعه آماری.....
۱۵۳.....	۹-۱ پیداکردن فاصله اطمینان در حالت کلی.....
۱۵۵.....	۹-۲ چند آماره مهم برپایه توزیع نرمال.....
۱۵۶.....	۹-۲-۱ ارتباط متقابل \bar{X} و S^2
۱۵۶.....	۹-۳ فاصله اطمینان برای میانگین توزیع نرمال.....
۱۵۶.....	۹-۳-۱ واریانس معلوم.....
۱۵۷.....	۹-۳-۲ واریانس مجهول.....
۱۵۸.....	۹-۴ فاصله اطمینان برای واریانس توزیع نرمال.....
۱۵۸.....	۹-۴-۱ میانگین معلوم.....
۱۵۹.....	۹-۴-۲ میانگین مجهول.....
۱۵۹.....	۹-۵ فاصله اطمینان برای پارامتر نسبت.....
۱۶۱.....	۹-۶ تمرین.....
۱۶۷.....	۱۰. آزمون فرض- یک جامعه آماری.....
۱۶۷.....	۱۰-۱ انجام آزمون آماری.....
۱۶۸.....	۱۰-۲ تحلیل خطاها در آزمون آماری.....
۱۶۹.....	۱۰-۳ توان آزمون.....
۱۶۹.....	۱۰-۴ p -مقدار.....
۱۷۰.....	۱۰-۵ آزمون آماری برای μ
۱۷۰.....	۱۰-۵-۱ واریانس معلوم.....
۱۷۲.....	۱۰-۵-۲ واریانس مجهول.....
۱۷۳.....	۱۰-۶ آزمون آماری برای واریانس.....
۱۷۳.....	۱۰-۶-۱ میانگین معلوم.....
۱۷۵.....	۱۰-۶-۲ میانگین مجهول.....

۱۷۵	۱۰-۷	آزمون آماری برای نسبت
۱۷۷	۱۰-۸	تمرین
۱۸۳	۱۱	استنباط آماری از دو جامعه
۱۸۳	۱۱-۱	چند مفهوم آماری از دو توزیع نرمال
۱۸۳	۱۱-۱-۱	واریانس آمیخته
۱۸۳	۱۱-۱-۲	متغیر تصادفی S_1^2/S_2^2
۱۸۴	۱۱-۲	فاصله اطمینان برای تفاضل میانگین‌های دو جامعه نرمال
۱۸۴	۱۱-۲-۱	واریانس‌های دو جامعه معلوم‌اند
۱۸۵	۱۱-۲-۲	واریانس‌ها مجهول
۱۸۷	۱۱-۳	فاصله اطمینان برای نسبت دو واریانس از دو جامعه نرمال
۱۸۸	۱۱-۴	فاصله اطمینان برای تفاضل دو نسبت از دو جامعه آماری
۱۸۹	۱۱-۵	آزمون آماری برای تفاضل میانگین‌های دو جامعه نرمال
۱۸۹	۱۱-۵-۱	واریانس‌ها معلوم
۱۸۹	۱۱-۵-۲	واریانس‌ها مجهول
۱۹۰	۱۱-۶	آزمون آماری برای نسبت دو واریانس از دو جامعه نرمال
۱۹۲	۱۱-۷	آزمون آماری برای تفاضل دو نسبت از دو جامعه آماری
۱۹۲	۱۱-۸	تمرین
۱۹۹	۱۲	آزمون مدل‌های احتمال
۱۹۹	۱۲-۱	آزمون نیکویی برازش کای-دو
۲۰۲	۱۲-۲	آزمون نیکویی برازش کولموگروف-اسمیرنوف
۲۰۵	۱۲-۳	آزمون هم‌توزیعی کای-دو
۲۰۷	۱۲-۴	آزمون هم‌توزیعی کولموگروف-اسمیرنوف
۲۰۹	۱۲-۵	تمرین

بخش چهارم: رگرسیون و همبستگی

۲۱۵	۱۳	رگرسیون خطی ساده
۲۱۶	۱۳-۱	برآورد پارامترها
۲۱۸	۱۳-۲	برآورد دیاپ‌های پارامترها و ویژگی‌های آنها
۲۱۹	۱۳-۲-۱	ویژگی‌های b
۲۲۰	۱۳-۲-۲	ویژگی‌های a
۲۲۱	۱۳-۳	ویژگی‌های مؤلفه‌های خطاها
۲۲۲	۱۳-۴	محدوده‌های اطمینان و آزمون‌های آماری در حالت نرمال
۲۲۵	۱۳-۵	تمرین
۲۲۹	۱۴	همبستگی
۲۲۹	۱۴-۱	همبستگی خطی یا همبستگی پیرسون
۲۳۱	۱۴-۲	چگالی تقریبی R
۲۳۲	۱۴-۳	چگالی دقیق R
۲۳۳	۱۴-۴	ضریب همبستگی کندال
۲۳۵	۱۴-۵	ضریب همبستگی اسپیرمن
۲۳۶	۱۴-۶	تمرین
۲۳۷		پیوست‌ها
۲۳۹		پیوست ۱ جدول‌های آماری
۲۴۹		پیوست ۲ آمار و احتمال در متلب (MATLAB)
۲۵۳		نمایه
۲۵۶		کتابنامه

پیشگفتار مؤلف

کتاب‌های فراوانی به زبان فارسی در خصوص آمار و احتمال برای رشته‌های مختلف دانشگاهی (برای مثال، آمار حیاتی، علوم انسانی و غیره) تألیف شده است. در این کتاب‌ها مثال‌ها و تمرین‌هایی در خصوص این رشته‌ها وجود دارد که دانشجویان را با کاربردهای گوناگون آمار و احتمال آشنا کرده و این علم را برای آنها جذاب کند. گرچه در مهندسی، آمار و احتمال نقشی اساسی در تصمیم‌گیری و طراحی ایفا می‌کند ولی کتاب‌های اندکی در زمینه مهندسی وجود دارد و به‌طور مشخص هیچ کتابی به مهندسی آب نپرداخته است. مهندسی آب از شاخه‌های گوناگون تشکیل شده که از آن میان می‌توان به هیدرولوژی، منابع آب، کیفیت آب و فاضلاب، آبیاری، زهکشی، هواشناسی کشاورزی و نیز سازه‌های آبی اشاره کرد. این کتاب بر مبنای سرفصل درسی آمار مهندسی مقطع کارشناسی برای رشته مهندسی آب مصوب ستاد انقلاب فرهنگی تهیه شده است. مثال‌ها و تمرین‌های این کتاب تقریباً به‌طور کامل توسط مؤلف طراحی شده تا کاربردهای آمار و احتمال در شاخه‌های مختلف مهندسی آب برای دانشجویان این رشته روشن شده و موجب علاقه‌مندی بیشتر آنها گردد. بخشی از داده‌های این مثال‌ها و تمرین‌ها واقعی بوده و از پایان‌نامه‌های دانشجویان و برخی پژوهش‌های مؤلف گرفته شده و برخی دیگر ساختگی هستند. گرچه این کتاب بر اساس سرفصل درس کارشناسی تهیه شده ولی برخی مطالب پیشرفته‌تر نیز به کتاب اضافه شده تا دامنه مخاطبین کتاب گسترش یافته و دانشجویان کارشناسی ارشد و مهندسیین مشاور نیز بتوانند از آن استفاده کنند. در معادل‌سازی واژگان لاتین از فرهنگ لغت آماری که توسط پژوهشکده آمار و مرکز آمار ایران تهیه شده است (بخش واژه‌نامه از آدرس srta.ac.ir) استفاده گردید.

از دوست عزیزم آقای مهندس منصور جاجرمی‌زاده برای حمایت مالی کتاب و از انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد بابت چاپ و نشر کتاب تشکر می‌کنم.

عنقریب است که از ما اثری باقی نیست

شیشه بشکسته و می ریخته و ساقی نیست

بیژن قهرمان

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب