

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



انتشارات جهاد دانشگاهی قزوین

سرشناسه: کاظمی، رامین، ۱۳۵۷ -
عنوان و نام پدیدآور: مبانی قابلیت اعتماد/ تالیف رامین
کاظمی .
مشخصات نشر: قزوین: جهاد دانشگاهی، سازمان
انتشارات، واحد قزوین، ۱۳۹۶ .

مشخصات ظاهری: ۲۰۲ ص.: جدول، نمودار .
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۷۴۶۹-۹-۶
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت: واژه نامه .
یادداشت: کتابنامه .
موضوع: اطمینان‌پذیری (مهندسی) -- روش‌های
آماري

موضوع: RELIABILITY (ENGINEERING)-- STATISTICAL
METHODS

شناسه افزوده: جهاد دانشگاهی. سازمان انتشارات.
واحد قزوین

رده بندی کنگره: TA ۱۶۹/۲م۲ک۱۳۹۶

رده بندی دیویی: ۶۲۰/۰۰۴۵۲

شماره کتابشناسی ملی: ۴۷۰۶۰۰۹

مبانی قابلیت اعتماد

تالیف: دکتر رامین کاظمی

"گروه آمار، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی"

طراح جلد: علی رحیمی

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۶

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۷۴۶۹-۹-۶

بهاء: ۱۵۰۰۰۰ ریال

ناشر: انتشارات جهاد دانشگاهی قزوین
کلیه حقوق محفوظ است ©

مبانی قابلیت اعتماد

مبانی قابلیت اعتماد

تألیف:

دکتر رامین کاظمی

"گروه آمار، دانشگاه بین المللی امام خمینی"

پیش‌گفتار

قابلیت اعتماد (اطمینان) یکی از دروس اختیاری و سه واحدی رشته‌ی آمار و برخی رشته‌های مهندسی است. در سال‌های گذشته این درس از سوی مدرسان رشته‌ی آمار کمتر مورد توجه بوده است. شاید بتوان یکی از دلایل این موضوع را عدم وجود یک سرفصل مشخص برای این درس از سوی شورای عالی برنامه‌ریزی دانست. با پیشرفت علم آمار در کشور و لزوم یادگیری این علم و زیرشاخه‌های آن از جمله نظریه‌ی قابلیت اعتماد به دلیل کاربرد فراوان آن به‌ویژه در علوم مهندسی و تدوین یک سرفصل مشخص برای آن در سال ۱۳۸۸، امروزه ارائه‌ی این درس بر سایر دروس اختیاری ارجحیت پیدا کرده و می‌توان ادعا کرد در بیشتر گروه‌های آموزشی آمار این درس همانند یک درس اجباری برای دانشجویان ارائه می‌شود. شاید بخشی از مطالب این کتاب برای دانشجویان رشته‌ی آمار ساده و از پیش شناخته شده باشد اما سعی شده است کتاب به‌گونه‌ای باشد که دانشجویان رشته‌های دیگر نیز بتوانند در صورت نیاز استفاده‌ی بهینه‌ای از آن داشته باشند. لازم به ذکر است در این کتاب مطالب پایه‌ای و بنیادی این نظریه بیان می‌شوند. بدیهی است که دانش بیشتر از نظریه‌ی قابلیت اعتماد منوط به مطالعه‌ی کتاب‌های دیگر و به‌ویژه کتاب‌های معرفی شده در کتاب‌نامه خواهد بود. در فصل دوم توزیع‌های عمر معرفی شده‌اند. برای فهم بیشتر از رفتار این توابع برنامه شکل‌های ارائه شده در این فصل در پیوست A ارائه شده است. این دستورها با نرم‌افزار R که یکی از پرکاربردترین نرم‌افزارهای آماری است، نوشته شده است. خواننده می‌تواند در صورت نیاز با اجرای این برنامه‌ها برای مفادیر دیگری از پارامترها به دانش بیشتری در خصوص رفتار این توزیع‌ها دست یابد. لازم به ذکر است که می‌توان این برنامه‌ها را به صورت دیگر و حتی ساده‌تر نوشت. در مواردی در فصل ششم از ذکر برخی جزئیات خودداری شده است. نویسندگان را به مطالعه‌ی مفهوم‌های پایه‌ای فرایندهای تصادفی برای درک بهتر مطالب این فصل توصیه می‌کند. این کتاب بیشتر سعی در بیان نظری مسائل در این حوزه را دارد و کمتر کاربردی به نظر می‌رسد. لذا خوانندگان بعد از مطالعه‌ی این کتاب، به مطالعه‌ی سایر کتاب‌ها در این زمینه توصیه می‌شوند. برای این منظور نیز سعی شده است تقریباً بیشتر

واژه‌های کلیدی در این حوزه در واژه‌نامه (پیوست E) آورده شوند. همچنین چگونگی تحلیل بقا با نرم‌افزار R در پیوست D تشریح شده است. در این قسمت نیز مانند سایر بخش‌های کتاب از بیان توضیح‌های اضافی پرهیز شده است. این تحلیل با استفاده از مجموعه داده‌ی melanom موجود در R صورت گرفته است. این کتاب حاصل تدریس اجباری درس قابلیت اعتماد در چند سال متوالی است و به تشویق همکاران گرامی منتشر شده است. بدون شک خلق هر اثری عاری از خطا و اشتباه نیست لذا نویسنده از کلیه‌ی اشخاصی که این کتاب را مطالعه می‌کنند صمیمانه تقاضا دارد نظرها و پیشنهادهای خود را برای رفع نواقص احتمالی آن به رایانامه نویسنده ارسال نمایند. در ضمن نویسنده از جناب آقای افشین فلاح برای ویراستاری این مجموعه تشکر و قدردانی می‌نماید.

دکتر رامین کاظمی

گروه آمار

دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

email: r.kazemi@SCI.ikiu.ac.ir

سال ۱۳۹۶

فهرست مندرجات

۱	مفاهیم پایه‌ای	۱
۱	۱.۱ تاریخچه‌ی قابلیت اعتماد	۱
۳	۲.۱ انواع قابلیت اعتماد	۳
۴	۳.۱ قابلیت اعتماد و توابع وابسته	۴
۵	۱.۳.۱ تابع قابلیت اعتماد (تابع بقا)	۵
۶	۲.۳.۱ تابع نرخ شکست (نرخ خطر)	۶
۸	۳.۳.۱ میانگین عمر و انواع شکست	۸
۱۴	۴.۱ قابلیت دسترسی، نگهداری و قابلیت تعمیر	۱۴
۱۶	۵.۱ تمرین‌ها	۱۶
۱۹	۲ توزیع‌های عمر	۱۹
۱۹	۱.۲ انواع مشاهدات شکست	۱۹
۲۰	۲.۲ توزیع‌های یک‌متغیره	۲۰

۴۷ چند توزیع دو متغیره ۳.۲

۵۱ تمرین‌ها ۴.۲

۳ قابلیت اعتماد سیستم‌های مختلف ۵۵

۵۶ قابلیت اعتماد سیستم‌های شامل مؤلفه‌های مستقل سری و موازی ۱.۳

۵۶ سیستم سری ۱.۱.۳

۵۸ سیستم موازی ۲.۱.۳

۵۹ سیستم مرکب ۳.۱.۳

۶۰ سیستم‌های k مؤلفه از n مؤلفه‌ی مستقل ۴.۱.۳

۶۱ روش تجزیه ۲.۳

۶۳ مسیرها و بُرش‌های مینیمال ۳.۳

۶۵ متوسط زمان تا شکست (MTTF) سیستم‌های مرکب ۴.۳

۶۷ مؤلفه‌های عملگر دنباله‌ای ۵.۳

۶۸ ساختارهای ستاره‌ای و مثلثی ۶.۳

۷۰ تمرین‌ها ۷.۳

۴ تحلیل نموداری داده‌های عمر ۷۳

۷۳ رسم نمودار احتمال برای مدل‌های پارامتری با داده‌های سانسور نشده ۱.۴

۸۱ رسم نمودار احتمال برای داده‌های سانسور شده ۲.۴

۸۲	..... نمودار ناپارامتری	۳.۴
۸۲	..... برآوردگر حد حاصل ضربی قابلیت اعتماد	۱.۳.۴
۸۶	..... زمان کل روی نمودارهای آزمون	۲.۳.۴
۸۷	..... تمرین‌ها	۴.۴

۵ برآوردهای پارامتری و ناپارامتری

۹۱	..... ویژگی‌های برآوردگرها	۱.۵
۹۱	..... برآورد	۱.۱.۵
۹۳	..... توزیع‌های نمونه‌گیری، درستی و دقت	۲.۱.۵
۹۶	..... احتمال‌های نزدیکی	۳.۱.۵
۹۸	..... بازه‌های اطمینان و پیش‌گویی	۴.۱.۵
۱۰۲	..... برآورد ماکسیمم درست‌نمایی	۲.۵
۱۰۲	..... توزیع‌های تک‌پارامتری	۱.۲.۵
۱۰۸	..... توزیع‌های چندپارامتری	۲.۲.۵
۱۱۳	..... برآوردگر ماکسیمم درست‌نمایی قابلیت اعتماد سیستم	۳.۵
۱۱۶	..... برآوردگر ماکسیمم درست‌نمایی نمونه‌های سانسور شده	۴.۵
۱۱۶	..... داده‌های سانسور شده‌ی نوع I	۱.۴.۵
۱۱۸	..... داده‌های سانسور شده‌ی نوع II	۲.۴.۵
۱۲۱	..... برآوردگر حد حاصل ضربی کاپلان-میهیر: رهیافت ناپارامتری	۵.۵
۱۲۴	..... تمرین‌ها	۶.۵

۱۲۷	۶	مقدمه‌ای بر الگوهای تعمیر و نگهداری سیستم‌ها
۱۲۷	۱.۶	فرایند تجدید
۱۳۰	۲.۶	تابع تجدید و چگالی آن
۱۳۴	۳.۶	تقریب‌های مجانبی
۱۳۸	۴.۶	افزایش دسترسی از طریق نگهداری پیش‌گیرانه و سیستم‌های جانشین
۱۳۸	۱.۴.۶	سیستم‌های با تعمیر و جانشین
۱۳۹	۲.۴.۶	نگهداری پیش‌گیرانه
۱۴۳	۵.۶	تمرین‌ها
۱۴۷	A	دستور شکل‌های فصل ۲
۱۵۷	B	تبدیل لاپلاس
۱۵۹	C	جدول‌های آماری
۱۶۵	D	تحلیل بقا با نرم‌افزار R
۱۷۵	E	واژه‌نامه

فهرست شکل‌ها

۹	۱.۱	تابع توزیع تجمعی برای زمان تا شکست و تابع قابلیت اعتماد مربوطه اش.
۱۰	۲.۱	تابع نرخ شکست مثال ۲.
۱۳	۳.۱	تابع نرخ شکست مثال ۳.
۲۲	۱.۲	تابع چگالی و تابع توزیع متغیر نمایی برای $\beta = 0/5, 1, 2$.
۲۶	۲.۲	تابع توزیع تجمعی توزیع ارلانگ برای $k = 1, 2, 3$ و $\beta = 1$.
۲۷	۳.۲	تابع نرخ شکست توزیع ارلانگ برای $k = 2, 3, 4, 5$ و $\beta = 1$.
۲۹	۴.۲	تابع چگالی توزیع وایبل برای $v = 1, 2, 3$ و $\beta = 1$.
۳۲	۵.۲	تابع نرخ شکست توزیع وایبل برای $v = 1/2, 1, 2, 3, 4$ و $\beta = 1$.
۳۴	۶.۲	تابع چگالی توزیع کوچک‌ترین مقدار کرانگین برای $\delta = 1, 2, 3$ و $\xi = 0$.
۳۵	۷.۲	تابع نرخ شکست کوچک‌ترین مقدار کرانگین برای $\delta = 5, 6, 7$ و $\xi = 50$.

۳۸	.....	CDF, PDF و تابع نرخ شکست توزیع بزرگ‌ترین مقدار کرانگین.	۸.۲
۳۹	.....	تابع چگالی توزیع نرمال برای $\mu = 0$ و $\sigma = 1, 2, 3$.	۹.۲
۴۰	.....	تابع توزیع و تابع نرخ شکست نرمال برای $\sigma = 0/3, 0/5, 0/8$.	۱۰.۲
۴۲	.....	تابع نرخ شکست توزیع نرمال بریده شده در صفر.	۱۱.۲
۴۴	.....	تابع چگالی توزیع لگ نرمال برای $\mu = 0$ و $\sigma = 1$.	۱۲.۲
۵۳	.....	CDF, PDF و تابع نرخ شکست توزیع لوژستیک.	۱۳.۲
۵۴	.....	CDF, PDF و تابع نرخ شکست توزیع لگ‌لوژستیک.	۱۴.۲
۷۵	.	تابع توزیع تجربی یک نمونه‌ی تصادفی 100 تایی از توزیع $N(10, 1)$.	۱.۴
۷۵	.....	مقادیر نمونه‌ی نرمال در مقابل نمره‌ها.	۲.۴
۷۷	.....	100 مقدار تولید شده‌ی تصادفی از یک توزیع نمایی $E(5)$.	۳.۴
۷۹	.....	نمودار احتمال 100 مقدار تصادفی از توزیع وایبل $W(2, 2/5)$.	۴.۴
۸۰	.....	رسم نمودار احتمال لگ نرمال برای زمان‌های تعمیر.	۵.۴
۸۲	.....	رسم نمودار احتمال لگ نرمال برای نمونه‌ی سانسور شده.	۶.۴
۸۵	.....	برآوردگر حد حاصل ضربی قابلیت اعتماد تحت سانسور.	۷.۴
۸۶	.....	نمودار تابع خطر تجمعی تحت سانسور.	۸.۴

۹.۴	زمان کل روی نمودار آزمون.	۸۷
۱.۵	رسم نمودار احتمال نمایی طول عمرهای ۲۰ مولد الکتریکی.	۹۲
۲.۵	بافت‌نگار ۱۰۰ میانگین نمونه در مثال ۲.	۹۴
۳.۵	نمودار احتمال‌های متناسب‌نزدیکی.	۹۸
۴.۵	احتمال‌های ثابت‌نزدیکی بر آوردگرهای قابلیت اعتماد توزیع نمایی.	۹۹
۵.۵	کارایی نسبی.	۱۰۸
۱.۶	تابع دسترسی مجانبی.	۱۴۲

فهرست جدول‌ها

۱۱	تابع توزیع تجربی طول عمر.	۱.۱
۱۲	تابع قابلیت اعتماد و نرخ شکست تجربی.	۲.۱
۳۰	مقادیر چارک‌ها برای توزیع وایبل به‌ازای $v = 1, 2, 3, 4, 10$ و $\beta = 1$	۱.۲
۴۴	چارک‌ها، دهک نهم، میانگین و انحراف معیار توزیع لگ‌نرمال.	۲.۲
۷۷	برآوردهای نموداری برای برخی توزیع‌های عمر.	۱.۴
۸۰	آماره‌های نمونه برای زمان‌های تعمیر.	۲.۴
۸۱	موقعیت‌های نمودار در یک نمونه‌ی سانسور شده از داده‌های مثال ۲.	۳.۴
۸۵	زمان‌های شکست (برحسب ساعت) و برآوردهای PL	۴.۴
۱۱۶	مقادیر انحراف معیار مجانبی قابلیت اعتماد سیستم.	۱.۵
۱۱۹	روش تکرار برای دستیابی به حدود اطمینان در مثال ۱۷.	۲.۵

۱۳۵	مقایسه بین $A(t)$ در مثال ۳ و ۴	۱.۶
۱۶۰	تابع توزیع تجمعی نرمال استاندارد $(\Phi(z))$	۱.۳
۱۶۰	کسرک‌های منتخب توزیع نرمال استاندارد	۲.۳
۱۶۱	کسرک‌های توزیع خی‌دو $(\chi_a^2[v])$	۳.۳
۱۶۱	ادامه کسرک‌های توزیع خی‌دو $(\chi_a^2[v])$	۴.۳
۱۶۲	کسرک‌های توزیع تی استیودنت $(t_a[v])$	۵.۳
۱۶۲	کسرک‌های توزیع فیشر $(F_p[v_1, v_2])$	۶.۳
۱۶۳	تابع گاما $(\Gamma(x); 0/01 \leq x \leq 1/00)$	۷.۳