

# اعداد تصادفی و مقادیر تصادفی

مؤلفین:

دکتر عبدالله آفانی

استاد دانشکده مهندسی صنایع  
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

مهندس الهام شادکام

پائیز ۱۳۹۰

سرشناسه	: آقای، عبدالله، ۱۳۴۱ -
عنوان و نام پدیدآور	: اعداد تصادفی و مقادیر تصادفی/مؤلفین عبدالله آقائی، الهام شادکام.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۳۰۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۴۲۰۰۰ ریال: 978-600-6383-04-0
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: واژه نامه.
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۱۹۹-۱۹۵.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: اعداد تصادفی
شناسه افزوده	: شادکام، الهام، ۱۳۴۴ -
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۰ الف۶/۵/۶ QAT۷۶
رده بندی دیویی	: ۵۱۹/۹۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۵۱۹۷۰۷

### نام کتاب: اعداد تصادفی و مقادیر تصادفی

مؤلفین: دکتر عبدالله آقائی، عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، مهندس الهام شادکام

ناشر: انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: آبانماه ۱۳۹۰

تیراژ: ۱۲۰۰ جلد

قیمت: ۴۲۰۰ تومان

کد کتاب: ۲۹۰

ISBN: 978-600-6383-04-0

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۳۸۳-۰۴-۰

صحافی: گرنامی.

چاپ و لیتوگرافی: هوررنگ.

آدرس و تلفن مرکز بخش و فروش: خیابان ولیعصر (عج)، بالاتر از میدان ونک، تقاطع

میرداماد، روبروی ساختمان اسکان (۸۸۷۷۲۲۷۷-۰۲۱)

(حق چاپ برای ناشر محفوظ است)

## پیش‌گفتار مولفین

دنیای امروز بیش از گذشته با احتمالات و عدم قطعیت‌ها مواجه است. هر چه علم بشر بیشتر گسترش می‌یابد ناشناخته‌های بشر بطور فزاینده‌ای افزایش می‌یابد.

از سوی دیگر با این سیر خارق‌العاده ناشناخته‌ها و پیچیدگی‌ها، تحلیل و حل مسائل جزء با مدل‌سازی و حل آنها از روشهای تحلیلی و مقداری امکان‌پذیر نیست.

تنها ابزار شناخته‌شده برای استفاده موثر از مدل‌سازی در جهت مواجهه با عدم قطعیت‌ها، استفاده از اعداد تصادفی است. این کتاب به تبیین اهمیت اعداد تصادفی و روشهای تولید و نیز آزمون‌های اطمینان از میزان تصادفی بودن آنها می‌پردازد. اگر چه شایان ذکر است که تصادفی بودن و ناشناخته‌ها از دیدگاه بشر است، وگرنه برای خالق مطلق و حضرت حق تصادفی بودن جایی ندارد.

تحقیقاً این کتاب اولین کتاب به زبان فارسی در حوزه اعداد تصادفی است که تألیف شده است. اعداد تصادفی در انواع مدل‌سازی‌های غیرمغین و احتمالی، شبیه‌سازی، سیستم‌های دینامیکی و در علوم مختلف مهندسی، پزشکی، علوم کامپیوتر و فناوری اطلاعات، علوم ریاضی و آمار، اقتصاد، علوم فضایی، نظامی و بسیاری دیگر از حوزه‌های علمی و کاربردی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

با توجه به اینکه مطالب این کتاب از منابع معتبر علمی استنتاج شده است و نیز نتایج تحقیقات مولفین را در حوزه اعداد تصادفی در بر دارد، و از سوی دیگر دارای مثال‌های متعدد در متن و تمرین‌های مختلف در پایان هر فصل است،

بعنوان متن درسی و یا کمک درسی برای دروس مختلف از جمله شبیه سازی، سیستم های دینامیکی، تئوری صف، مدل های احتمالی، آمار و احتمال می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

در اینجا از کلیه کسانی که به هر نحو در ایجاد انگیزه و تدوین این کتاب سهمی داشته اند از جمله دانشجویان درس شبیه سازی، دانشکده مهندسی صنایع - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تشکر و قدردانی می شود.

از همکاران گرامی انتشارات دانشگاه و ناشر محترم نیز تشکر و قدردانی می شود.

در پایان ذکر این نکته حائز اهمیت است که دستاوردها و ساخته های بشری خالی از عیب و نقص نیست لذا علی رغم دقت عمل زیاد در تالیف و تدوین این کتاب، وجود نقص و کاستی در آن دور از انتظار نیست. پیشاپیش ضمن عذرخواهی از این بابت، از خوانندگان محترم، اساتید بزرگوار و دانشجویان گرامی درخواست می شود که نظرات اصلاحی خود را از مولفین دریغ نفرمایند.

دکتر عبدالله آقائی<sup>۱</sup>

مهندس الهام شادکام

## فهرست مطالب

۱۱	بخش ۱
۱۲	فصل اول
۱۳	۱-۱ تاریخچه تولید اعداد تصادفی
۱۵	۲-۱ تعریف مولد اعداد تصادفی
۱۶	۳-۱ خصوصیات مولد تولید اعداد تصادفی (RNG)
۱۹	۴-۱ جمع‌بندی
۱۹	۵-۱ تمرین‌ها
۲۰	فصل دوم
۲۱	۱-۲ روش‌های سنتی
۲۲	۲-۲ دنباله‌های بازگشتی خطی
۲۲	۱-۲-۲ مولد هم‌نهشتی خطی
۲۸	۲-۲-۲ مولد هم‌نهشتی خطی تعمیم یافته
۳۰	۳-۲-۲ مولد ضربی با انتقال
۳۱	۴-۲-۲ مولدهای رقمی
۳۳	۳-۲ دنباله‌های بازگشتی غیرخطی
۳۴	۱-۳-۲ مولد هم‌نهشتی معکوس
۳۵	۲-۳-۲ مولد هم‌نهشتی درجه دوم
۳۵	۴-۲ مولدهای مورد استفاده در زمینه رمز نویسی
۳۶	۵-۲ مولدهای مرکب
۳۶	۱-۵-۲ ترکیب دنباله‌های محاسباتی با اعداد تصادفی حاصل از روش‌های غیر محاسباتی
۳۷	۲-۵-۲ ترکیب مولدهای خطی

۳۹	..... ترکیب مولدهای غیر خطی.....
۳۹	..... ۶-۲ طبقه بندی شماتیک مولدها.....
۴۳	..... ۷-۲ جمع بندی.....
۴۴	..... ۸-۲ تمرین ها.....
۴۶	..... فصل سوم.....
۴۸	..... ۱-۳ تست های تجربی.....
۵۵	..... ۲-۳ تست های تئوری.....
۵۹	..... ۳-۳ تست های دیگر.....
۶۴	..... ۴-۳ بسته های نرم افزاری کاربرد و مولدهای مورد استفاده در این نرم افزارها.....
۶۵	..... ۱-۴-۲ جاوا.....
۶۵	..... ۲-۴-۲ وی بی.....
۶۶	..... ۳-۴-۲ اکسل.....
۶۶	..... LCG ۱۶۱۰۷۰۰۴-۴-۳.....
۶۷	..... ۵-۲ جمع بندی.....
۶۸	..... ۶-۲ تمرین ها.....
۷۱	..... بخش ۲.....
۷۲	..... فصل چهارم.....
۷۲	..... ۱-۴ تاریخچه و اهمیت تولید مقادیر تصادفی.....
۷۳	..... ۲-۴ طبقه بندی های مختلف الگوریتم های تولید مقادیر تصادفی.....
۷۸	..... ۳-۴ فاکتورهای انتخاب یک روش تولید مقدار تصادفی.....
۷۸	..... ۱-۳-۴ دقت.....
۷۸	..... ۲-۳-۴ کارایی.....
۷۹	..... ۳-۳-۴ سادگی.....
۷۹	..... ۴-۳-۴ ماهیت روش.....

- ۴-۴ جمع‌بندی ..... ۸۰
- ۴-۵ تمرینها ..... ۸۰
- فصل پنجم ..... ۸۲
- ۱-۵ تبدیل معکوس ..... ۸۲
- ۱-۱-۵ نمونه‌ای از کاربرد روش ..... ۸۹
- ۲-۱-۵ روش تبدیل معکوس با استفاده از روش حل عددی  $F(x) = u$  ..... ۹۰
- ۲-۵ روش ترکیب ..... ۹۱
- ۱-۲-۵ تجزیه به ترکیبات گسسته ..... ۹۳
- ۳-۵ روش پیچش ..... ۹۴
- ۱-۳-۵ روش پیچش معکوس ..... ۹۵
- ۴-۵ روش رد و قبول ..... ۹۵
- ۵-۵ ترکیب روش‌های اصلی با هم و روش‌های اصلی تغییر یافته ..... ۱۰۰
- ۱-۵-۵ روش اسکوییز ..... ۱۰۰
- ۲-۵-۵ ترکیب-عدم پذیرش ..... ۱۰۱
- ۳-۵-۵ روش نسبت یکنواخت (ROU) ..... ۱۰۲
- ۴-۵-۵ معکوس تقریبا دقیق ..... ۱۰۳
- ۵-۵-۵ روش متمم-پذیرش ..... ۱۰۴
- ۶-۵ الگوریتم‌های خاص ..... ۱۰۵
- ۱-۶-۵ روش فورسیت ..... ۱۰۶
- ۲-۶-۵ معکوس‌های تقریبا دقیق ..... ۱۰۶
- ۳-۶-۵ روش سری ..... ۱۰۶
- ۴-۶-۵ روش نسبت یکنواخت ..... ۱۰۷
- ۵-۶-۵ روش زیگورات ..... ۱۰۸

۱۱۰	۶-۶-۵ روش حذفی توزیع تبدیل یافته (TDR)
۱۱۲	۷-۶-۵ تعمیم یک نمونه
۱۱۵	۸-۶-۵ روش جزء اعشاری یکنواخت (UFP)
۱۱۵	۷-۵ ویژگی‌های خاص
۱۱۵	۱-۷-۵ انتقال و سایر تبدیل‌های ساده
۱۱۷	۲-۷-۵ انواع روش‌های تبدیل
۱۲۲	۸-۵ جمع بندی
۱۲۳	۹-۵ تمرین‌ها
۱۲۶	فصل ششم
۱۲۷	۱-۶ تابع توزیع یکنواخت
۱۲۷	۲-۶ تابع توزیع نمایی
۱۲۸	۳-۶ تابع توزیع آرلنگ نوع m
۱۲۹	۴-۶ تابع توزیع گاما
۱۳۹	۵-۶ تابع توزیع وایبول
۱۳۹	۶-۶ تابع توزیع نرمال
۱۴۲	۷-۶ تابع توزیع لاگ نرمال
۱۴۳	۸-۶ تابع توزیع بتا
۱۴۹	۹-۶ تابع توزیع پیرسن نوع ۵
۱۴۹	۱۰-۶ تابع توزیع پیرسن نوع ۶
۱۵۰	۱۱-۶ تابع توزیع Log-Logistic
۱۵۰	۱۲-۶ تابع توزیع Johnson Bounded
۱۵۱	۱۳-۶ تابع توزیع Johnson Unbounded
۱۵۱	۱۴-۶ تابع توزیع بیض
۱۵۱	۱۵-۶ تابع توزیع مثلثی



۱۵۲	۱۶-۶ تابع توزیع مربع کای با $k$ درجه آزادی
۱۵۲	۱۷-۶ تابع توزیع $t$ با $v$ درجه آزادی
۱۵۴	۱۷-۶ توزیع‌های تجربی
۱۵۵	۱۸-۶ جمع‌بندی
۱۵۶	۲۰-۶ تمرین‌ها
۱۵۹	فصل هفتم
۱۵۹	۱-۷ روش معکوس برای معادلاتی گسسته
۱۶۰	۲-۷ جستجوی <i>Indexed</i> (روش جدول راهنما)
۱۶۲	۳-۷ روش جدول گرد
۱۶۲	۴-۷ روش‌های نواری
۱۶۳	۵-۷ روش آلیاز
۱۶۴	۶-۷ چندین رویکرد ردو قبول برای توزیع‌های گسسته
۱۶۵	۷-۷ برنولی
۱۶۶	۸-۷ یکنواخت گسسته
۱۶۶	۹-۷ توزیع گسسته دلخواه
۱۶۶	۱۰-۷ تابع توزیع دو جمله‌ای
۱۶۸	۱۱-۷ تابع توزیع هندسی
۱۷۰	۱۲-۷ تابع توزیع دو جمله‌ای منفی
۱۷۱	۱۳-۷ تابع توزیع چند جمله‌ای
۱۷۱	۱۴-۷ تابع توزیع پواسن
۱۷۴	۱۶-۷ جمع‌بندی
۱۷۴	۱۶-۷ تمرین‌ها

۱۷۶.....	فصل هشتم.....
۱۷۶.....	۱-۸ تولید بردار تصادفی، مقادیر تصادفی همبسته و فرآیندهای احتمالی.....
۱۸۰.....	۱-۱-۸ روش‌هایی برای تولید مقادیر چند گانه تصادفی.....
۱۸۴.....	۱-۸-۲ کاپولا.....
۱۸۶.....	۳-۱-۸ توزیع‌های خاص چند متغیره.....
۱۸۹.....	۲-۸ آماره‌تریبی.....
۱۹۱.....	۳-۸ بهبود الگوریتم‌های تولید مقادیر تصادفی.....
۱۹۲.....	۴-۸ تست‌های آماری برای مقادیر تصادفی.....
۱۹۲.....	۱-۴-۸ تست مربع کای.....
۱۹۲.....	۲-۴-۸ تست کلموگراف-اسمیرنوف.....
۱۹۲.....	۵-۸ جمع‌بندی.....
۱۹۳.....	۶-۸ تمرین‌ها.....
۱۹۵.....	منابع و مراجع.....
۲۰۰.....	لیست الفبایی اصطلاحات و واژه‌های به کار گرفته شده (انگلیسی).....
۲۰۲.....	لیست الفبایی اصطلاحات و واژه‌های به کار گرفته شده (فارسی).....
۲۰۴.....	فهرست اعلام.....