بسم الله الرحمن الرحيم

آمار فضایی و کاربردهای آن

(چاپ سوم)

محسن محمدزاده

۱۳۹۸

سرشناسه: محمدزاده درودی، محسن، ۱۳۳۶–
عنوان و نام پدیدآور: آمار فضایی و کاربردهای آن/نگارنده محسن محمدزاده
مشخصات نشر: تهران: انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۹۱
مشخصات ظاهری: ز، ٤٢٦ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک: ۰– ٤٥–٥٣٩٤– ٦٠٠– ۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا
یادداشت: واژه‌نامه.
یادداشت: کتابنامه.
یادداشت: نمایه.
موضوع: تحلیل فضایی(آمار)
شناسه افزوده: انتشارات دانشگاه تربیت مدرس
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۱ ۸آ۳م/٦HA۳۰
رده‌بندی دیویی: ٥۱۹/٥
شماره کتابشناسی ملی: ۲۷۱۸۹۸۱

آمار فضایی و کاربردهای آن

نگارنده: دکتر محسن محمدزاده
ویراستار علمی: دکتر محمدرضا مشکانی
ویراستار ادبی و فنی: مرسده برنجی
طراح جلد: سمیرا آفرینش
حروفچین: رحیم صفری
کارشناس اجرایی: مرسده برنجی
ناشر: انتشارات دانشگاه تربیت مدرس
شماره انتشار: ۱۳۲
شماره پیاپی: ۳۳۸
تاریخ انتشار: ۱۳۹۸
شمارگان: ٥۰۰
شابک: ۹۷۸–٦۰۰–٥۳۹٤–٤٥–۰
نوبت چاپ: سوم
ناظر چاپ: مصطفی جانجانی
لیتوگرافی: ایران گرافیک
چاپ و صحافی: قشقایی
مرکز پخش: تقاطع بزرگراه‌های آل‌احمد و دکتر چمران، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی: ۳۱۸– ۱٤۱۱٥
تلفن: ۸۲۸۸۳۰۹٦
دورنگار: ۸۲۸۸۳۰۳۲
آدرس اینترنتی فروش pub.modares.ac.ir

صحت مطالب کتاب برعهدهٔ نگارنده است .

تقدیم به

همسر فداکارم

و دخترانم مریم و مهدیه

فهرست مطالب

۱ آشنایی با آمار فضایی

۱.۱ مقدمه ۱
۲.۱ ضرورت استفاده از آمار فضایی ۷
۳.۱ انواع داده‌های فضایی ۹
۴.۱ مدل آماری ۱۲
۵.۱ ساختار همبستگی فضایی ۱۵
۶.۱ میدان همسان‌گرد ۲۰
۷.۱ مدل‌های معتبر تغییرنگار ۲۲
۸.۱ ابر تغییرنگار ۲۶
۹.۱ براورد تغییرنگار ۲۶
۱۰.۱ براورد هم‌تغییرنگار و همبستگی‌نگار ۳۱

۲ تحلیل کاوشگرانه داده‌های فضایی

۱.۲ مقدمه ۳۵
۲.۲ شناسایی داده‌های دورافتاده ۳۶
۳.۲ شناسایی مانایی داده‌ها ۳۸
۴.۲ روش‌های حذف روند داده‌ها ۴۱

۵.۲ شناسایی همسان‌گردی ۴۲
۶.۲ طرح نمونهٔ فضایی بهینه..... ۵۲

۳ پیش‌گویی فضایی

۱.۳ مقدمه ۵۷
۲.۳ پیش‌گوی خطی بهینه..... ۵۹
۳.۳ کریگیدن..... ۶۰
۱.۳.۳ کریگیدن عادی ۶۱
۲.۳.۳ کاربرد ماتریس تُنُک در کریگیدن..... ۶۸
۳.۳.۳ کریگیدن عام ۶۹
۴.۳ کریگیدن لگ‌ْگاوسی ۷۳
۵.۳ کریگیدن گاوسی تبدیل‌یافته ۷۵
۶.۳ هم‌کریگیدن ۷۶
۷.۳ پیش‌گوی فضایی ناخطی ۷۸
۱.۷.۳ کریگیدن گسلنده..... ۷۸
۲.۷.۳ کریگیدن نشانگر ۸۱
۳.۷.۳ کریگیدن احتمالی ۸۲
۸.۳ کریگیدن مقید به جورشدگی کوواریانس..... ۸۳
۱.۸.۳ بررسی شبیه‌سازی ۸۶

۴ تحلیل استوار داده‌های فضایی

۱.۴ مقدمه ۹۱
۲.۴ براورد استوار تغییرنگار ۹۳
۱.۲.۴ براوردگر مقیاسی استوار با نقطهٔ فروریزش بالا..... ۹۵
۲.۲.۴ براوردگر مقیاسی استوار تغییرنگار با نقطه فروریزش بالا ۹۷
۳.۴ براورد استوار پارامترهای روند ۱۰۱
۴.۴ پیش‌گویی فضایی استوار..... ۱۰۷

۱.۴.۴ کریگیدن استوار هاوکینز و کرسی ۱۰۷
۲.۴.۴ پیش‌گویی استوار با پیراستن داده‌ها..... ۱۰۹

۵ تحلیل فضایی بیزی

۱.۵ مقدمه ۱۱۷
۲.۵ پیش‌گویی فضایی بهینه ۱۱۸
۳.۵ پیش‌گویی فضایی بیزی ۱۲۱
۴.۵ روش‌های مونت‌کارلوی زنجیر مارکوفی ۱۲۱
۱.۴.۵ الگوریتم متروپولیس – هستینگز ۱۲۲
۲.۴.۵ الگوریتم نمونه‌گیری گیبز ۱۲۴
۳.۴.۵ معیارهای همگرایی زنجیرهای مارکوفی ۱۲۵
۵.۵ انتخاب توزیع پیشینی ۱۲۶
۶.۵ پیش‌گویی بیزی میدان تصادفی گاوسی..... ۱۳۰
۱.۶.۵ پیش‌گوی فضایی بیزی با β نامعلوم ۱۳۰
۲.۶.۵ پیش‌گوی فضایی بیزی با σ^2 نامعلوم..... ۱۳۲
۱.۲.۶.۵ توزیع پیشینی مزدوج ۱۳۲
۲.۲.۶.۵ توزیع پیشینی ناسره..... ۱۳۴
۳.۶.۵ پیش‌گوی فضایی بیزی با β، σ^2 و θ نامعلوم ۱۳۵
۴.۶.۵ روش گسسته‌سازی ۱۳۷
۷.۵ پیش‌گویی بیزی میدان تصادفی گاوسی تبدیل‌یافته ۱۴۰
۸.۵ پیش‌گویی بیزی میدان تصادفی چوله‌گاوسی ۱۴۶
۹.۵ پیش‌گویی بیزی میدان تصادفی چوله‌گاوسی بسته..... ۱۴۹

۶ تحلیل رگرسیون فضایی

۱.۶ مقدمه ۱۶۳
۲.۶ مدل‌های خطی با خطاهای همبسته فضایی ۱۶۴

۳.۶ تحلیل بیزی رگرسیون فضایی با خطای خودهمبسته ۱۷۰
۱.۳.۶ براوردگر ماکسیمم درست‌نمایی مقید ۱۷۳
۲.۳.۶ براورد بیزی مدل رگرسیون فضایی با خطاهای خودهمبسته ۱۷۴

۷ خودگردانی فضایی

۱.۷ مقدمه ۱۸۷
۲.۷ خواص براوردگرهای اریبی و واریانس ۱۹۰
۳.۷ مقایسهٔ خودگردانی بلوک مجزا و متحرک ۱۹۳
۴.۷ تعیین اندازهٔ بلوک بهینه در روش خودگردانی بلوک مجزا ۱۹۸
۵.۷ ارزیابی اندازهٔ بلوک بهینه ۲۰۱

۸ تحلیل داده‌های فضایی- زمانی

۱.۸ مقدمه ۲۱۱
۲.۸ ساخت تابع کوواریانس فضایی- زمانی ۲۱۷
۱.۲.۸ مدل تفکیک‌پذیر ۲۱۸
۲.۲.۸ مدل تفکیک‌ناپذیر ۲۲۰
۱.۲.۲.۸ روش کرسی و هوانگ ۲۲۲
۲.۲.۲.۸ روش گنیتینگ ۲۲۷
۳.۲.۲.۸ روش دی‌ایاکو و همکاران ۲۳۰
۴.۲.۲.۸ روش ما ۲۳۱
۳.۲.۸ مدل تفکیک‌ناپذیر نامتقارن ۲۳۳
۱.۳.۲.۸ روش ما ۲۳۴
۲.۳.۲.۸ روش پورکو ۲۳۴
۴.۲.۸ مدل ناهمسان‌گرد ۲۳۶
۳.۸ مدل‌بندی روند فضایی- زمانی ۲۳۹
۱.۳.۸ مدل رگرسیون خطی با خطاهای مستقل ۲۴۰

۱.۱.۳.۸ مدل خطی با ضرایب ثابت ۲۴۰
۲.۱.۳.۸ مدل خطی با ضرایب فضایی- زمانی ۲۴۱
۲.۳.۸ مدل رگرسیون خطی با خطاهای وابسته فضایی- زمانی..... ۲۴۳
۳.۳.۸ مدل خطی فضایی- زمانی پویا ۲۴۵
۱.۳.۳.۸ برازش مدل ۲۴۷
۴.۸ آزمون ویژگی‌های تابع کوواریانس فضایی- زمانی ۲۶۳
۱.۴.۸ آزمون ناپارامتری لی ۲۶۳
۲.۴.۸ آزمون ناپارامتری شائو و لی ۲۶۸
۳.۴.۸ آزمون طیفی فوئنتس ۲۶۹

۹ تحلیل بیز تقریبی مدل‌های آمیختهٔ خطی تعمیم‌یافتهٔ فضایی

۱.۹ مقدمه ۲۸۳
۲.۹ مدل بیزی ۲۸۵
۳.۹ استنباط بیز تقریبی برای مدل SGLM ۲۸۶
۱.۳.۹ توزیع پسینی تقریبی متغیرهای پنهان ۲۸۶
۲.۳.۹ براورد بیز تقریبی پارامترهای مدل ۲۹۰
۳.۳.۹ براورد درست‌نمایی کناری تقریبی ۲۹۴
۴.۳.۹ پیش‌گویی فضایی بیز تقریبی ۲۹۴
۴.۹ مطالعه شبیه‌سازی ۲۹۶

۱۰ مثال‌های کاربردی

۱.۱۰ مقدمه ۳۱۳
۲.۱۰ تحلیل داده‌های بارندگی ۳۱۳
۳.۱۰ تحلیل داده‌های کلسیم ۳۲۱
۴.۱۰ تحلیل داده‌های واتنش سمنان ۳۳۳

۵.۱۰ تحلیل داده‌های آلودگی آب رودخانه جاجرود ۳۳۸
۶.۱۰ تحلیل داده‌های میزان بارندگی در حوزه کرخه ۳۴۹

مراجع ۳۵۳

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۳۷۷

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۳۸۹

نمایه ۴۰۱

پیشگفتار نگارنده در چاپ سوم

خداوند منان را شاکرم که این اثر علمی مورد استفاده و استقبال وسیع اساتید، پژوهشگران و دانشجویان تحصیلات تکمیلی فعال در حوزه‌های مختلف علمی کشور قرار گرفت و ضرورت آن به وجود آمد تا برای بار سوم تجدید چاپ شود تا در اختیار فرهیختگانی قرار گیرد که به نحوی از انحا با تحلیل داده هایی مواجهند که برخلاف داده‌های قابل تحلیل با روش‌های متعارف آماری لازم است انواع ساختارهای همبستگی مکانی، فضایی یا فضایی–زمانی داده‌ها را تعیین و در مدل‌بندی و تحلیل آنها لحاظ نمایند. این کتاب حاصل تجربه‌های علمی نگارنده در بیش از سه دهه فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در گروه آمار دانشگاه تربیت مدرس است که در سال ۱۳۹۷ از سوی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به عنوان قطب علمی تحلیل داده‌های فضایی و فضایی–زمانی معرفی شده است. از آن جایی که عمده مطالب این کتاب برگرفته از مقالات و فعالیت‌های علمی مشترک با دانشجویان تحصیلات تکمیلی تحت راهنمایی نگارنده تصنیف شده است، توانست سه عنوان «جایزهٔ کتاب سال ۱۳۹۱ دانشگاه تربیت مدرس»، «بیست و یکمین دوره جایزه کتاب فصل بهار ۱۳۹۱ جمهوری اسلامی ایران» و «سی و یکمین دوره جایزه کتاب سال ۱۳۹۱ جمهوری اسلامی ایران» را به خود اختصاص دهد.

امید است تجدید چاپ این کتاب که در حال حاضر به عنوان منبعی معتبر مورد استفاده اساتید و دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری رشته‌های مختلف قرار می‌گیرد، همچنان به لطف الهی و اقبال فرهیختگان در توسعه علمی کشور مؤثر واقع شود. ضمن تقدیر و تشکر از همه کسانی که از این اثر بهره برده و به محتوای آن توجه ویژه داشته‌اند، همانند گذشته از هرگونه نقد، نظر و پیشنهاد اصلاحی با دیده منت استقبال نموده و از آنها در ارتقای کیفی مطالب کتاب استفاده خواهد کرد.

دکتر محسن محمدزاده

استاد گروه آمار، دانشگاه تربیت مدرس

خرداد ۱۳۹۸