

概率论与数理统计在地学相关专业中的应用

郭艳凤^{1*}, 郭春晓², 黄刚¹, 张明俊³

¹中国地质大学(武汉)数学与物理学院, 湖北 武汉

²中国矿业大学(北京)理学院, 北京

³广西科技大学理学院, 广西 柳州

收稿日期: 2024年3月28日; 录用日期: 2024年4月30日; 发布日期: 2024年5月7日

摘要

本文结合行业类学校特色, 从地质类专业的不同角度出發, 主要围绕地球物理与空间信息专业, 讨论了大学数学中概率论与数理统计基础课程在该专业中的广泛应用, 体现了大学数学公共课教学在行业类高校中的重要支撑作用。

关键词

概率论与数理统计, 图像处理, 遥感

Applications of Probability Theory and Mathematical Statistics in Corresponding Geophysics Major

Yanfeng Guo^{1*}, Chunxiao Guo², Gang Huang¹, Mingjun Zhang³

¹School of Mathematics and Physics, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan Hubei

²School of Science, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing

³School of Science, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou Guangxi

Received: Mar. 28th, 2024; accepted: Apr. 30th, 2024; published: May 7th, 2024

Abstract

In this paper, applications of probability theory and mathematical statistics as basic courses are mainly discussed combined with the characteristics of industry schools, from different perspectives.

*通讯作者。

文章引用: 郭艳凤, 郭春晓, 黄刚, 张明俊. 概率论与数理统计在地学相关专业中的应用[J]. 教育进展, 2024, 14(5): 20-24. DOI: 10.12677/ae.2024.145648

tives of geological majors, some special applications mainly focusing on the majors of geophysics and spatial information. These reflect the important supporting roles of university mathematics public course for the teaching in industry universities.

Keywords

Probability Theory and Mathematical Statistics, Image Processing, Remote Sensing

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

众所周知, 概率论是一门研究相关变量之间的概率关系的科学, 它的研究方法依赖于多种分析工具, 例如有限的概率空间、概率分配函数、随机变量及其统计量、随机过程以及非确定性概率模型等。与其他科学一样, 它也是一门研究推导和验证实验结论的科学。数理统计是在概率论的理论基础上, 用于收集、组织、分析和描述变量等因素之间的规律性现象的一门学科。它是利用数量技术和统计方法, 研究和分析少量或大量数据的定量分析和应用科学。它是数学与计算机的融合, 利用统计分析把概率、数量和抽样结果相结合。

概率论与数理统计主要用于解决一些复杂的问题, 即把大量复杂的、不可见的数据进行分析 and 处理, 从而在各工科专业中都有着广泛的应用。在给不同工科专业的本科生讲授概率论与数理统计这门课程时, 大多数学生认为这门课的主要思想是比较容易理解和接受的, 但实际应用能力还稍显欠缺。如何应用案例式教学进一步充分调动学生学习这门课的积极性成了一个很重要的研究课题, 而结合工科专业撰写合适的教学案例并应用到教学中是一个关键环节。本文主要从地学类专业, 尤其是地球物理与空间信息专业出发, 给出了大学数学中概率论与数理统计课程的一些具体的应用实例, 为相应的案例式教学提供了重要的素材。

2. 在地学相关专业中的应用

概率论与数理统计及其相关内容在地球信息科学与技术专业里扮演着至关重要的角色。概率论与数理统计及其延伸出来的重要课程如统计学等, 在图像处理、统计物理学、粒子物理学等研究方向中都能发挥重要的作用。

首先, 在分析天体[1], 核物理等研究领域, 概率论与数理统计及其延伸课程统计学的一些知识点可以用于图像处理技术, 以便更好地分析和理解相关数据, 通过设置不同的图像处理算法, 可以调节图像的对比度和清晰度, 以及对特定区域图像进行增强处理等。另外, 图像处理可以用于去除由于仪器本身所产生的“噪声”, 以获得更真实准确的实验数据。

其次, 在地球物理与空间信息专业中, 研究固体物质、液体、气体以及相变等方面, 概率论与数理统计也发挥着重要的作用。例如, 研究固体物质时, 可以用统计机制对所研究的物质进行建模, 以此来预测它的性质等; 又如热力学中的统计流体力学理论, 通过建立基于统计学的模型, 来预测气体在不同温度下的热力学性质。

下面给出一些具体的概率论与数理统计中的知识点在地学各专业中的应用。

2.1. 二维随机变量的某些应用

在实际应用中由于很多问题设计到的因素不止一个，用一维随机变量函数来描述问题就有一定的局限性，至少要考虑用二维随机变量来解决问题。然而二维随机变量函数相比一维随机变量函数的理论体系要复杂，因此它是概率论与数理统计中的重要知识结构。例如，二维随机变量函数和二维连续型随机变量在地球信息科学与技术如下的一些领域中有着很重要的应用。

在信号处理和信息系统中，通信领域里面的信号的幅度和相位可以用二维随机变量表示，对这些二维随机变量的函数分布进行建模可以帮助分析通信信号[2]的性能和优化系统设计。二维连续型随机变量还用于表示信号特性，如在雷达系统中，目标的距离和方位可以用二维连续型随机变量表示，从而进行目标检测和跟踪。

在图形处理和计算机视觉中，二维随机变量函数用于图像处理中的去噪、图像增强等任务，通过对像素值的二维随机变量函数分布建模，可以改善图像质量；还可以用于描述图像上像素的位置和颜色分布，从而进行图像分割、目标检测等计算机视觉任务。

在地理信息系统中，二维随机变量函数用于建模地理空间数据的相关性，如地理位置的相似性分析，用于描述地理空间数据的位置和属性，帮助进行地理信息系统分析和地图制作。

在数据分析与识别模式中，可以对多个变量进行函数映射，从而提取特征或进行数据降维，用于模式识别和分类任务，例如图像分类和语音识别。

实际上，二维连续型随机变量函数在许多其他学科和工程领域中也有广泛应用，它们是处理和分析复杂系统行为的重要工具。

2.2. 大数定律在遥感数据处理中的应用

大数定律是考虑大量数据和信息的重要的规律，是解决实际问题中庞大数据时不可缺少的一个重要理论。

地球信息科学中使用大量的遥感图像数据，如卫星图像、航空摄影图像等。这些图像通常包含大量的像素，形成庞大的数据集。大数定律的应用可以确保在处理这些大规模数据集时，对地表特征的统计分析是可靠和准确的。

在数据降维与特征提取中的应用。遥感数据可能包含大量冗余信息，而大数定律可用于支持数据降维和特征提取。通过对大量样本的分析，科学家可以确定对于地物分类或环境变化检测等任务而言，哪些特征是最具代表性的。针对多期遥感观测数据，科学家可能进行时间序列分析以监测地表的动态变化。大数定律可用于确保对于不同时间点的观测结果，得到统计分析的可靠性和一致性，从而更好地理解地球表面的时空变化。

遥感数据处理中常需要对产品的精度进行评估[3]。通过对大量独立样本的统计分析，可以得出关于遥感产品精度的可信度，帮助科学家和决策者更准确地使用遥感数据。另外遥感图像常用于地表特征的分类，如植被、水体、城市等。大数定律在这里的应用可以确保不同类别地表特征分类算法的稳健性和准确性。

通过应用大数定律，在地球信息科学相关专业中能够更有效地处理大规模的遥感数据，提高数据分析的可靠性和科学的推断水平，为环境监测、资源管理等方面的决策提供更有信心的支撑。

2.3. t 分布在地球信息科学与技术领域的应用

在地球信息科学与技术领域，经常涉及空间数据的建模和分析，比如地球表面的地形高度、地下水位、土地利用等。在这些应用中， t 分布可以用于描述空间数据的变异性或者用于空间数据插值方法中的置信区间估计。

众所周知,在遥感数据分析[4]和空间数据建模中, t 分布应用起着重要的作用。在遥感数据分析中, t 分布可以用于描述遥感数据的误差分布或者用于遥感数据处理中的假设检验。例如,当进行遥感图像分类或者特征提取时, t 分布可以用于评估不同类别之间的统计显著性。在地球信息科学中的空间数据建模中, t 分布可以用于空间回归分析,用于评估空间数据中不同区域之间的相关性和影响。

而在地质统计学中, t 分布经常用于处理地理空间数据的统计分析。例如,在地质勘探的地震数据分析中, t 分布可以用于描述地震强度或者地质属性的变异性。

总之, t 分布在地球信息科学与技术中的应用涵盖了空间数据分析、遥感数据处理、地质统计学和空间数据建模等多个方面。通过 t 分布的应用,可以更好地理解和分析地球表面的空间数据特征,从而为地球科学研究和地理信息技术的发展提供理论支持。

2.4. 泊松分布在地震概率预测中的应用

地震是自然界最为严重的自然灾害之一,统计学方法在地震研究中起着重要的作用,可以帮助我们了解地震的规律以及评价地震的风险。泊松分布是研究地震的一类重要分布[5][6],我们认为在一定理想条件下某地区地震复发的时间间隔符合泊松分布。则在 t 年内再次发生震级 $\geq m$ 的概率可以表示为

$$P(t) = 1 - \exp(-tN(m)), \quad (1)$$

其中 $N(m)$ 表示震级 $\geq m$ 的地震年发生率。

而 $N(m)$ 需要借助 $G-R$ 关系[5]即震级-频度关系求得,如下式所示

$$N(m) = \frac{\exp(-\lambda m) - \exp(-\lambda M_{\max})}{\exp(-\lambda M_{\min}) - \exp(-\lambda M_{\max})} N(M_{\min}),$$

其中 λ 可以由等式

$$\frac{1}{\lambda} + \frac{M_{\min} \exp(-\lambda M_{\min}) - M_{\max} \exp(-\lambda M_{\max})}{\exp(-\lambda M_{\min}) - \exp(-\lambda M_{\max})} = \bar{M}$$

确定,上式中 M_{\max} , M_{\min} , \bar{M} 分别表示最大、最小、平均震级, $N(M_{\min})$ 表示 M_{\min} 的地震频次与统计时间间隔之间的商。

3. 总结

综上所述,概率论与数理统计在地学专业各研究领域中有非常广泛的应用。作为地学专业的学生,更要认真学习概率论与数理统计这门大学数学基础课程。将概率论与数理统计应用到未来的工作生活当中,不仅可以提升在地学专业中的应用能力,还可以进一步开发地震遥感等相关产品,为人们提供更加便捷的生活做出贡献。

基金项目

本文受2022年度高等学校大学数学教学研究与发展中心资助(编号CMC20220209);受2022年度及2023年度中国地质大学(武汉)教学改革研究项目(编号:2022086,2023138,2023063)资助;受2023年北京高等教育本科教学改革创新项目的重大项目“五育并举的书院式人才培养模式改革与实践研究”的教改项目资助。

参考文献

- [1] 潘祖恒,彭青玉,陆星,等.利用图像相关性搜寻运动目标[J].天文研究与技术,2023,20(1):41-49.

- [2] 杜广周, 唐坤剑. 基于大数据驱动的光纤通信网络异常入侵检测研究[J]. 激光杂志, 2023, 44(11): 116-120.
- [3] 屈艳红. 基于聚类改进的河流水体遥感图像处理算法[J]. 人民长江, 2022, 53(3): 196-201.
- [4] 任志武. 空间邻域作用下的 FGFCM 图像分类算法研究[J]. 经纬天地, 2023(6): 29-33.
- [5] 吴果, 周庆, 冉洪流. 震级-频度关系中 b 值的极大似然法估计及其影响因素分析[J]. 地震地质, 2019, 41(1): 21-43.
- [6] 高孟潭. 基于泊松分布的地震烈度发生概率模型[J]. 中国地震, 1996, 12(2): 195-201.