

统计推断理论的发展历程与核心议题研究

郭钦尧

金谷成（厦门）私募基金管理有限公司，福建 厦门 361001

DOI:10.61369/ASDS.2026050015

摘要：统计推断是数理统计学的核心分支，是连接概率论理论与实证数据分析需求的核心桥梁。本文以统计推断理论的历史演进脉络为线索，将其发展划分为萌芽奠基、经典体系成型、多元拓展融合与大数据时代革新四个阶段，系统梳理各阶段的标志性成果与理论突破。在此基础上，提炼并剖析了贯穿学科发展始终的五大核心议题，最后总结了当前理论面临的挑战并对未来发展方向进行展望，旨在为相关研究厘清学科脉络、把握前沿方向提供理论参考。

关键词：统计推断；贝叶斯学派；发展历程

Research on the Development Process and Core Issues of Statistical Inference Theory

Guo Qinyao

Jingucheng (Xiamen) Private Equity Fund Management Co., Ltd., Xiamen, Fujian 361001

Abstract：Statistical inference is the core branch of mathematical statistics, serving as a crucial bridge between probability theory and empirical data analysis needs. This article takes the historical evolution of statistical inference theory as a clue, dividing its development into four stages: embryonic foundation, formation of classical system, diversified expansion and integration, and innovation in the era of big data. It systematically sorts out the landmark achievements and theoretical breakthroughs of each stage. On this basis, five core issues that run through the development of the discipline were extracted and analyzed. Finally, the challenges faced by current theories were summarized and future development directions were discussed, aiming to provide theoretical references for related research to clarify the disciplinary context and grasp cutting-edge directions.

Keywords：statistical inference; Bayesian school; development history

引言

统计推断依托样本数据来推测总体分布、参数特征以及内在规律，是数理统计的核心内容之一，也是诸多学科进行实证研究的重要分析手段，能够为数据分析及科学判断予以坚实的理论基础。在18世纪贝叶斯法则提出以来，至今已有三百多年的历史，在不断的发展过程中，由最初的零散分析方法发展成为完整的学科分支并且伴随着不同的学派之争还有重要问题的争论^[1]。如今在大数据、人工智能时代下出现了高维、大规模以及无规则的新型数据类型，传统的推断理论面临新的契机与挑战。所以总结其发展的历程、明确重要的研究问题对理解学科规律、促进理论革新有着深刻的理论意义和实践意义。

一、统计推断理论的发展历程

（一）萌芽与奠基期（18世纪–20世纪初）

统计推断的思想萌芽最早可追溯至18世纪的概率论研究。1763年，贝叶斯的遗作发表并首次提出贝叶斯定理，构建了先验信念结合样本信息更新后验信念的推断框架，奠定贝叶斯推断学派基础，也是人类首个系统的统计推断思想。十九世纪初，由于对天文学观测误差修正的要求，勒让德提出了最小二乘法，高斯用正态随机误差分布的观点给出了最小二乘法的概率论解释，使

其成为早期参数估计核心工具；而拉普拉斯将概率论与统计推断相结合，进一步发展了古典概率论体系，使统计推断有着坚实的数学支撑。此阶段，在统计推断方面逐步由单纯概率向数据推断方向发展，开始初步形成了推断性方法的基本框架，但尚未构建一个完整的体系^[2]。

（二）经典理论体系成型期（20世纪初–20世纪中叶）

这一阶段完成了对零散方法向完整理论体系的跨越，形成了频率主义学派、贝叶斯学派这两大主要派别，奠定了近代统计推断的基本结构。频率学派建立起了主流理论框架：皮尔逊提出矩

估计与卡方拟合优度检验,开启了经典理论体系的探索;戈赛特以t分布为基础进行小样本推断的研究;费希尔提出了极大似然估计法、参数评估规则以及方差分析法等,构成了经典理论基础的内容;奈曼和皮尔逊补充了假设检验方法、两类错误控制以及置信区间理论,从而形成了完整的频率派推断体系。同时杰弗里斯提出了无信息先验构造的方法使贝叶斯理论走向了系统化,从而与频率学派一起构成了统计推断的两大分支。两大流派围绕概率释义与推断逻辑产生的学术争论,也成为贯穿统计推断发展全程的核心主线。

（三）多元拓展与融合期（20世纪中叶-21世纪初）

随着计算机技术与应用场景区不断拓展,统计推断突破经典体系框架,步入多元发展与学派融合阶段。这一时期贝叶斯推断迎来复兴,依托1953年提出的MCMC方法及后续相关算法完善,彻底攻克高维后验分布的计算难题,摆脱了共轭先验的限制,让贝叶斯推断顺利从理论研究落地到工程实际应用^[3]。同时频率学派理论也在不断发展,稳健统计理论、核密度估计法、非参回归等方法不断出现并改善了传统方法对异常值敏感、过度依赖模型假设的问题,极大地扩展了适用性^[4]。而罗宾斯提出的经验贝叶斯方法,则将两派的方法相结合,冲破了派系之间的鸿沟,这是此时期派系相融的一个重要标志。

（四）大数据时代的革新期（21世纪至今）

自二十一世纪以来,大数据及人工智能迅猛发展,数据展现出高维、海量和非结构化,使得传统的统计推断的大样本、低维度的前提条件不再适用,从而使得统计学理论进入了一个全新的革新阶段。这一时期主要成就在于高维统计推断方面的突破,针对大数据场景下p远大于n引发的维数难题,LASSO,SCAD等正则化技术得以进一步完善,并建立起了基于高维数据的选择变量以及估计参数的方法,构建完成了一套完整的高维推断理论框架^[5];同时,在控制错误发现率(FDR)方面的优化也改善了大规模多重检验的效果,克服了传统检验太过谨慎的问题;另外,统计推断也在不断与因果分析、机器学习相结合,利用潜在结果模型及因果图理论,使统计推断由相关推理扩展到了因果推理之中,结合可解释性和不确定性的度量方式,进一步促进了统计推断同人工智能领域的融合^[6]。

二、统计推断理论的核心议题研究

纵观统计推断近三百年的发展历程,尽管理论体系不断完善、应用场景不断拓展,但始终围绕着一系列核心议题展开研究与论争,这些议题构成了统计推断理论的核心内核,也是推动学科不断发展的核心动力。

（一）概率诠释与两大流派的核心分歧

概率诠释是统计推断最根本的核心议题,也是频率学派与贝叶斯学派分歧的根源。频率学派认为,概率是随机事件长期重复试验中出现频率的极限,是客观常数;总体参数为固定未知常数,推断核心是基于样本抽样分布评估方法的长期表现。贝叶斯学派则认为,概率是人们对事件发生的主观信念度,依赖已有信

息;总体参数为随机变量,可通过概率分布刻画先验信念,推断核心是借助贝叶斯定理更新先验、得到后验分布,并基于后验得出结论^[7]。这一分歧贯穿学科发展全程,当前学界已形成“方法适配场景”的共识,但概率诠释本质、先验选择客观性等问题,仍是学界持续探讨的重点。

（二）参数估计的最优性准则构建与权衡

参数估计是统计推断的核心任务之一,最优性准则的构建与权衡是贯穿学科发展的核心议题。经典统计推断中,费希尔提出的无偏性、一致性、有效性三大准则,奠定了参数估计的理论基础。但学界发现准则间存在不可避免的权衡,不存在绝对最优方法,例如岭回归、LASSO等有偏正则化方法,在高维场景下解决多重共线性、降低均方误差的表现优于传统无偏估计^[8]。贝叶斯框架下,估计量最优性与损失函数直接相关,因此参数估计的核心已从“寻找绝对最优方法”,转变为“结合场景构建适配准则,实现准则间合理权衡”。

（三）假设检验的逻辑体系与有效性控制

假设检验属于统计推断的重要内容之一,它的逻辑体系与有效性控制是学界长期探讨的核心议题。经典的假设检验体系结合了费希尔的显著性检验法以及奈曼-皮尔逊的NP检验,已经成为主流方式,但也引发了p值诠释与滥用的问题,出现了结果不可重复的情况,目前在国际期刊中已经限制p值的采用,假设检验逻辑重构、p值替代方法成为了新的趋势^[9]。在大数据时代下,大规模的多重检验也是一个重要议题,传统的检验方式过于保守,FDR控制方法提供了一种新思路,但是针对高维稀疏场景下检验的有效性提高以及贝叶斯多重检验等相关的问题还有待进一步的深入研究。

（四）模型适配性与推断稳健性的平衡

传统统计推断依赖特定模型假设,模型与实际数据的适配性直接决定推断可靠性,因此二者的平衡是核心议题之一。模型适配性需在拟合优度与泛化能力间平衡,AIC、BIC、交叉验证等准则均围绕这一目标提出;推断稳健性指模型假设不满足时方法仍能保持良好性能,稳健统计方法可解决传统方法对异常值、重尾分布敏感的问题,但需权衡稳健性与估计效率^[10]。如何实现三者的合理平衡,仍是统计推断长期探讨的重点。

（五）高维大数据场景下的推断理论突破

在大数据时代,高维、海量数据颠覆了传统统计推断“大样本、低维度”的假设,成为当前最核心的研究议题。传统渐近理论不再适用,“维数灾难”成为主要瓶颈,LASSO、SCAD等正则化方法构建了高维参数估计与变量选择体系。当前核心研究包括高维估计理论性质、高维假设检验等,同时统计推断与机器学习的融合成为核心方向,为解决机器学习“黑箱问题”、实现不确定性量化提供支撑,助力人工智能向决策智能跨越。

三、现存挑战与未来展望

目前统计推断理论还存在着一些挑战:高维非结构化数据的推断体系尚不完善;在因果推断中高维混杂的控制以及未观测

混杂分析还不够深入；对于复杂深度学习模型的统计推断理论还未成型；算法偏差与数据隐私等伦理问题也使得其面临新的难题。

未来，统计推断将聚焦三大方向：一是两大流派深度融合，构建兼顾各自优势的统一推断框架^[11]；二是因果推断成为核心，推动统计推断从“描述数据”向“解释数据、干预决策”转变；三是与人工智能深度融合，为复杂机器学习模型的可解释性与可靠性提供理论支撑。

四、结语

统计推断理论历经近三百年发展，从贝叶斯定理的思想萌

芽，到经典两大流派体系成型，再到多元拓展与大数据时代的革新，逐步形成体系完整、逻辑严谨的学科体系，成为人类从数据中提取信息、实现科学决策的核心理论工具。贯穿于整个发展过程中的问题是概率诠释、参数估计最优性准则、假设检验逻辑、模型适配性与推断稳健性平衡及高维推断等，这些议题是统计推理理论的基本内容所在，也是其不断进步的动力源泉；当前大数据与人工智能的快速发展为其带来了新的挑战与机会，未来随着流派深度融合、因果推断突破及交叉学科发展，统计推断理论将进一步完善，在更多领域发挥更大作用。

参考文献

[1] 何梦涵. 数理统计学的历史演进研究 [J]. 中国管理信息化, 2017, 20(08): 236.
[2] 万东华, 周晶. 我国近现代统计学发展 [J]. 统计研究, 2020, 37(06): 119-128.
[3] Wang, Qiuping. Application and Development of Bayesian Inference in Modern Statistics [J]. Journal of International Natural Science Studies, 2025, 2(1):
[4] 陈婷婷. 非参数回归模型在缺失数据情形下的统计推断 [J]. 滁州职业技术学院学报, 2024, 23(02): 63-67.
[5] 刘晓宇, 金勇进. 大数据背景下基于概率-非概率样本的高维数据整合推断研究 [J]. 数理统计与管理, 2025, 44(03): 381-392.
[6] Fan C, Guang Y. Causal inference using regression-based statistical control: Confusion in Econometrics [J]. Journal of Data and Information Science, 2023, 8(1): 21-28.
[7] 刘晋, Tianxin Shi, 赵杨, 等. 基于频率统计和贝叶斯统计的零事件率区间估计方法比较研究 [J]. 中国卫生统计, 2023, 40(01): 15-19+26.
[8] 张红英, 董珂臻. 稀疏统计学习及其最新研究进展综述 [J]. 西南师范大学学报 (自然科学版), 2023, 48(04): 1-12.
[9] 章秋香, 魏立力. 统计假设检验的模糊集描述 [J]. 宁夏师范学院学报, 2024, 45(01): 18-26.
[10] 单国栋, 于娟. 部分线性变系数 Tobit 模型的稳健贝叶斯统计推断 [J]. 长春大学学报, 2023, 33(04): 19-25.
[11] 徐安察, 章礼明, 顾诚, 等. 基于威布尔分布多部件应力-强度模型的贝叶斯推断 (英文) [J]. 应用概率统计, 2023, 39(06): 907-923.