

概率统计和理论计算机科学的汇合共进

摘要：本文讨论了概率统计和理论计算机科学的汇合所带来的趋势和机遇，重点分析了这两个领域汇合共进所产生的学科影响。同时也阐述了我国发展这一学科方向的重要性、迫切性和已有的条件储备。

数学、统计学和计算机科学是三个独立的一级学科，但是它们又是紧密联系的。特别是，作为统计学和计算机科学各自的理论分支，概率统计（或称数理统计）和理论计算机科学都可以归入应用数学范畴。虽然概率统计和理论计算机科学在各自的领域道路上都取得了良好的发展，但今天这两个领域正日益融合，其背后的核心原因是：数据变得更容易获取，且积累的规模越来越大，从数据中挖掘信息和推理结论的算法技术在不断改进。算法和计算已成为统计学和计算机科学共同的基础要素。

然而由于我们的资源（包含数据、信息和计算能力）常常是有限的，因此我们需要设计能够尽可能高效地使用已有资源、信息和计算的算法；或者代替地知道何时信息和计算有效的算法是不可能的。前者为实际问题提供建设性和明确的可行解决方案，可以看成为一个构造性证明过程。建立不可能性的结果则提供了算法使用的边界，可以理解为一种存在性理论分析。

统计学往往从样本有效推理角度来研究上述问题，而计算机科学关注计算有效算法。正如我们现在看到的，两者的交汇产生了有趣和令人惊奇的效果。比如，计算机科学的多臂老虎机或在线算法为大规模统计推断提供了新的技术思路，平方求和证明技术为一些鲁棒统计估计问题提供了求解方法；统计假设检验成为理论计算机学家的研究工具或问题，最近发展起来的随机局部化技术则被理论计算学家用于分析凸离散优化问题。如果我们孤立地研究它们，我们可能不能够获得这些效果。因此，这种渐近和非渐近、随机和确定、连续和离散、概率和组合相结合的更现代观点为我们带来了新的视角和研究手段。

实际上，概率统计和理论计算机科学的汇合已经成为了应用数学乃至数学的前沿和主流，引领了统计学和计算机科学的发展，涌现了一批以 Emmanuel Candès、Andrea Montanari、Daniel Spielman 和 Roman Vershynin 等人为代表的才华横溢学者，他们的研究活跃于数学、统计学和计算机科学之间，给相关领域带来了深刻、广泛的影响。而一批分布在斯坦福大学、耶鲁大学、麻省理工

学院、加州伯克利大学、华盛顿大学等机构更为年轻一代学者在这一融合领域也已经崭露头角，未来不可估量。近年来，一些国际主流数学奖项颁授给与这领域相关的学者。比如，Noga Alon、Daniel Spielman、Michael Jordan 最近分别获得邵逸夫奖（数学奖）、科学突破奖（数学突破奖）和顶科协奖（智能科学或数学奖）。而且非统计学背景出身的 Daniel Spielman 和 Michael Jordan 以他们的远见卓识和亲力亲为极大地推动了他们各自所在的耶鲁大学和加州伯克利大学统计学和数据科学的发展。

但是，我国这一领域比较薄弱，其重要性未被充分认识。主要原因：首先是统计学和计算机科学发展当前更着力于应用层面，理论层面则相对滞后、科研力量储备比较薄弱。其次，以资源配置为驱动的学科发展模式也阻碍了两个学科的深度交流和合作。但是今天我们已初步具备发展该领域的条件，我们引进了和成长起来了一批有国际视野的高水平的年轻概率统计学家、理论计算机学家，其中有些已经处于所在学科世界最前列。我国数学专业本科生资源极为丰富，象北大、清华、复旦、中科大、浙大等高校每年数学专业本科生招收数量都超过 100 人，有些甚至达到 200 人。完全可以吸引一部分学生今后从事这一领域的研究工作。最近，北大概率统计系以《High-Dimensional Probability》(Roman Vershynin) 和《The Probabilistic Method》 (Noga Alon & Joel Spencer) 为教材为本科生开设了相关高阶课程，反响非常正面、积极，学生完全有能力掌握课程内容，且享受其所蕴含的数学思想和技巧。

我国现在正大力发展数学与应用数学。我们应该抓住概率统计和理论计算机科学汇合的趋势和机遇，把由此诞生的研究方向纳入数学的发展轨道中，作为重要的一翼。可以预见，该方向同基础数学一样必定能够孕育出深刻的数学成果和思想，且带动和支撑统计学、计算机科学，以及其他相关学科比如人工智能、控制科学、信息与信号处理、经济与运筹学等的发展。

做科学的研究和培养人才不能采取“田忌赛马”的策略。我们应该引导“上等驹”和“潜力驹”到主流“赛道”上，激励他们去竞争最有挑战的领域和项目，经过不懈努力和持续接力做到并跑甚至领跑，从而实现我国从科技大国到科技强国的质变。

张志华
北京大学数学科学学院教授
2022 年 10 月 1 日星期六国庆节