

1.
2021

国家自然科学基金重点项目 简介

(一)

国家自然科学基金委员会

科学出版社

1993

(京)新登字092号

内 容 简 介

国家自然科学基金重点项目与重大项目 and 面上项目一起,构成了国家自然科学基金资助的三个层次。

本书概要地介绍了国家自然科学基金委员会在“八五”期间资助的重点项目78项,其中包括:数理科学18项、化学科学15项、生命科学10项、地球科学14项、材料与工程科学9项、信息科学10项、管理科学2项。书中介绍了这些项目的意义、当前国内外研究概况、研究内容和目标、研究队伍及资助经费等情况。

本书介绍的重点项目反映了当前的前沿课题和研究热点,可供科研单位和高等院校的广大科技人员、科技管理人员及有关师生参考,也可供各级政府部门和有关企事业单位的领导干部和管理人员参考。

国家自然科学基金重点项目简介

(一)

国家自然科学基金委员会

责任编辑 范铁夫 刘兴民

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

北京市桦星计算机公司激光照排

北京朝阳大地印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1993年6月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1993年6月第一次印刷 印张: 11 1/2

印数: 1—3 000 字数: 260 000

ISBN 7-03-003679-4/Z·211

定价: 16.00元

前 言

基础性研究的主要任务是为揭示客观世界的内在规律,进行探索性研究。它的特点之一是要在科学原理的指导下,循序渐进,把学科理论不断向前推进,又要经常吸收相邻学科甚至跨度较大的其他学科的研究成果,不断拓宽研究领域,形成新学科的生长点,推动基础性研究不断发展,为解决国民经济发展、社会进步提出的理论问题做出贡献。因此,国家自然科学基金委员会在不断总结经验的基础上,从“八五”起开始强化重点项目这个层次,构成了重大项目、重点项目和面上(含自由申请、地区科学基金、青年科学基金、高技术探索及一些专项基金)项目三个层次的资助格局。“七五”期间也有少数面上自由申请项目被确定为重点项目,那只是为了进行重点跟踪管理的需要,有别于一般面上的自由申请项目。它们在内涵和资助强度上,与“八五”期间的重点项目是不同的。

设立重点项目的主要目的是为了推动那些处于学科前沿和新生长点,以及对开拓新兴技术领域、发展高技术起关键作用或对促进科技进步和经济、社会发展有重要指导意义和深远影响的基础性研究。简言之,重点项目的研究,有助于推动学科的发展,建立起新的理论体系,有利于解决对经济发展、社会进步有重要意义的基础性研究问题。

重点项目不同于重大项目。重大项目是可望在近期内取得重大突破,达到国际先进水平的前沿性基础性研究,或者是以关系国计民生的重大自然科学问题为目标的基础性研究。由于研究内容的综合性,重大项目要求组织多学科、跨部门、跨单位的优势力量共同完成。重点项目虽然也是在“近期内可望取得重要成果或突破性进展”的研究,但其研究内容比较专一,主要是依靠一个单位或几个性质相近或互补的研究单位共同完成。

重点项目也不同于面上项目。面上项目是科技人员在个人以往研究和学术积累的基础上,有兴趣继续探索的或由积累而提出的创新探索的科学命题。一般来说,这类研究可以探求得某一答案,也有可能取得某些有重要意义的结果,甚至可能得到一些重大发现的苗头。

当然,重大项目、重点项目和面上项目在资助强度上有着显著差别。但是,这种差别不是决定性的。个别面上项目由于实验工作的需要,其资助强度也可接近于重点项目,可是两者在内涵上是有差别的。

重大、重点、面上项目虽有区别,但它们却是有机联系,相辅相成的。比如,面上项目经过一定探索以后,对客观世界认识日益增多,外延逐渐扩大,研究目标越发明确,在继续研究的基础上,就可发展成为重点项目。同样,重点项目深化、扩展以后,就可能发展成为重大项目。反之,重大或重点项目在完成其既定目标的同时,可能引伸出新的问题,这些问题又可根据其性质的不同而分属于重点项目或面上项目的研究范围。这种由重大、重点、面上项目三个层次组成的国家自然科学基金项目的资助格局,是根据基础性研究的特点,适应科学研究自身发展规律,有利于学科纵深发展与学科间横向交叉发展而设置的。三个层次的格局体现了科学发展的内在要求,具体项目的选择,既着眼于科学自身的发展,又强调重视我国国民经济发展的要求和提高综合国力的要求,力求体现科学技

术现代化在四个现代化建设中的关键地位,体现科学技术是第一生产力,而科学又是先导的作用;这样便使三个层次的资助格局在我国基础性研究的具体配置上发挥其政策性、导向性的作用。

从1988年起,国家自然科学基金委员会下属科学部(组),根据科学家的具体建议,对重大项目、重点项目的选项进行调查研究。经过几次酝酿,重点项目的立项建议从1990年起,逐批在每年的学科评审组会议上审查通过,然后发布指南,接受申请。到目前为止,1991年公布了83项立项建议,受理各单位申请后,批准了78项,于1992年起正式启动开展研究。1992年接着公布了116项立项建议,1993年又公布了82项,三年共计通过指南公布的立项建议281项,占“八五”期间重点项目列项计划300项的93.7%,剩下的立项建议,可望在今年全部完成。

为了便于科技界对国家自然科学基金重点项目的研究内容和预期目标有所了解,增加重点项目的透明度,也有利于重点项目按原计划执行,我们特编写这本《国家自然科学基金重点项目简介(一)》。书中所列78项重点项目的研究计划正在执行之中。以后,我们将编写出版本书的续篇,介绍逐年批准实施的重点项目。

我们对重点项目的认识还有待在实践过程中不断深化。在具体做法上也有待于进一步总结和提高。例如1991年批准的第一批78个项目,由于当时对重点项目认识的局限,也由于种种实际困难,在项目的组织上并非都十分理想。希望读者对重点项目选项和管理工作的改进提出具体建议,以使重点项目在推动与繁荣我国基础性研究方面做出更大的贡献。

本书所列各项目的简介由各项目负责人或其指定代表撰写。国家自然科学基金委员会综合计划局重大项目处会同各有关学科组根据项目执行计划书对简介文稿作了补充、修改,重大项目处还对文稿的体例进行了统一。然后,由各项目负责人再次审阅,并经有关学部、学科组审定作为正式稿件交付出版。在定稿过程中,我们充分尊重项目负责人的意见,特别是有关学术方面的内容。每个项目除列出项目负责人(排黑体字)外,多数项目也只列出该项目的一些核心人员,特此说明。

向社会公布重点项目的具体内容,这是第一次,因此本书一定会有不足和缺点,希望广大读者提出宝贵的意见和建议,以便把以后的续集编写得更好。

国家自然科学基金委员会

综合计划局

1993年4月

目 录

前 言

一、数 理 科 学

1.1	多复变的全纯映照理论.....	(3)
1.2	非线性分析.....	(5)
1.3	多维数据的统计理论.....	(7)
1.4	随机分析及其应用.....	(9)
1.5	随机和分布参数系统控制的数学理论	(11)
1.6	算子理论与算子代数	(13)
1.7	湍流的基础研究	(15)
1.8	细观力学基础	(17)
1.9	冲击载荷下材料与结构的响应	(19)
1.10	太阳磁场和速度场的观测和研究	(21)
1.11	天体高能过程的空间观测与研究	(23)
1.12	激光超声研究	(25)
1.13	扫描隧道显微镜表面结构研究	(27)
1.14	原子分子团簇的形成机理及其特性	(29)
1.15	准晶的结构与物性	(31)
1.16	相对论性核-核碰撞的理论与实验研究.....	(33)
1.17	离子注入生物诱变机理及生物效应研究	(35)
1.18	宇宙超高能天体现象的观测研究	(37)

二、化 学 科 学

2.1	新型和功能性配合物的研究	(41)
2.2	无机材料的固体化学	(43)
2.3	复杂天然产物的立体选择性合成及合成方法的研究	(45)
2.4	常用中药化学基础研究	(47)
2.5	我国边远地区和海洋独特天然产物的研究	(49)
2.6	若干体系的结构与功能关系的研究	(51)
2.7	新分子筛催化材料与催化剂基础研究	(53)
2.8	稀土催化剂的催化特征研究	(55)
2.9	电磁活性高分子及其材料研究	(57)
2.10	金属配合物参与的高分子合成	(59)
2.11	现代分离分析及富集	(61)

2.12	化学计量学基础研究	(63)
2.13	生物化工分离新技术的基础及工程研究	(65)
2.14	化工系统工程与智能化	(67)
2.15	气-液-固三相反应器的基础及工程研究	(69)

三、生 命 科 学

3.1	我国豆科植物根瘤菌资源和分类研究	(73)
3.2	大熊猫繁殖生物学研究	(75)
3.3	tRNA 个性及 tRNA 与氨酰 tRNA 合成酶的相互作用	(77)
3.4	新生肽链的折叠	(79)
3.5	辐射对生物组织损伤分子机制的研究	(81)
3.6	植物细胞骨架结构与功能的细胞生物学及分子生物学研究	(83)
3.7	粘虫、褐稻虱迁飞行为机制研究	(85)
3.8	我国主要人工用材林生长模型、经营模型及优化控制	(87)
3.9	脑内多巴胺和烟碱受体的结构、功能和配体研究	(89)
3.10	免疫介导炎症性疾病发生机理的研究	(91)

四、地 球 科 学

4.1	中国自然灾害的区域规律研究	(95)
4.2	中国土壤系统分类研究	(97)
4.3	青藏高原北部第四纪晚期自然环境演变研究	(99)
4.4	大别山-苏北-胶东南高压变质带及其大地构造意义	(101)
4.5	生物成矿作用和成矿背景研究	(103)
4.6	南海大陆边缘盆地分析及油气聚集	(105)
4.7	华北北部麻粒岩相带地质演化及其深成地质作用的研究	(107)
4.8	低温地球化学	(109)
4.9	地幔流体与软流层地球化学	(111)
4.10	10 年尺度中国地震灾害损失预测研究	(113)
4.11	大气边界层湍流动力学特征的研究	(115)
4.12	低纬大气热源与环流变异规律的研究	(117)
4.13	东海陆架边缘海洋通量的研究	(119)
4.14	中国海陆架环流及其动力机制的研究	(121)

五、材料与工程科学

5.1	从原子水平上研究薄膜材料的表面与界面	(125)
5.2	稀土相图及稀土新材料探索	(127)
5.3	复相陶瓷的优化设计与性能的研究	(129)
5.4	反应注射成型基础研究	(131)
5.5	我国复杂低品位难处理金矿资源利用的理论及新过程研究	(133)

5.6	多孔介质传热传质的基础研究·····	(135)
5.7	脉冲放电等离子体活化法去除烟气中 SO ₂ 和 NO _x 的研究 ·····	(137)
5.8	水体颗粒物和难降解有机物的特性及控制技术原理·····	(139)
5.9	水工混凝土建筑物老化病害的防治及评估的研究·····	(141)

六、信 息 科 学

6.1	信息薄膜微观结构实时分析的理论 and 处理方法的研究·····	(145)
6.2	实现我国通信网向 ISDN 发展的高技术研究 ·····	(147)
6.3	XYZ 系统基础上面向实时控制等工程领域专用环境研究 ·····	(149)
6.4	快速、超高密度外存储基础技术研究·····	(151)
6.5	非线性控制系统研究·····	(153)
6.6	汉语综合资料库及信息处理系统评价方法·····	(155)
6.7	新型 MOS 功率器件和智能功率集成电路 ·····	(157)
6.8	超大规模系统集成的基础研究·····	(159)
6.9	量子阱红外探测器研究·····	(161)
6.10	软 X 射线光学基础技术研究 ·····	(163)

七、管 理 科 学

7.1	国民经济宏观管理中预测、决策、调控问题研究·····	(167)
7.2-I	我国国有大型企业活力的系统分析与实证研究 ·····	(169)
7.2-II	我国国有大型企业活力的系统分析与实证研究·····	(171)

附录	国家自然科学基金重点项目一览表 (一) ·····	(173)
----	---------------------------	-------

一、数 理 科 学

1.1 多复变的全纯映照理论

项目批准号: 19131010

项目组总人数: 6

批准金额: 18.00 万元

执行期限: 1992.01—1996.12

项目负责人: 陆启铿 研究员 学部委员 中国科学院数学研究所

殷慰萍 教授 中国科学技术大学

张锦豪 教授 复旦大学

摘要: 多复变函数论是基础数学的重要分支之一, 是一门综合性强、交叉性强的理论, 不但数学的许多其他分支对它具有重要影响, 而且它对其他分支也有重要和深远的作用。近来, 多复变发展依然迅速, 研究依然十分热门。本项目是围绕多复变全纯映照展开的, 考虑分类问题的一个具体问题, 即如何用曲率来刻画一些已知较丰的区域; 试图构造对称空间上对 (p, q) - 外微分形式的核, 这些具体构造对数学其他分支也是有益的; 进一步深入研究 Schwarz 型引理、度量与曲率的关系、性质与估计、特征值的估计; 通过对拟全纯映照 (μ -holomorphic mapping) 的研究, 考虑复结构的形变与模 (Moduli) 问题。本项目将使用来自分析与几何的诸多方法与工具, 力求对与全纯映照有关的问题有更清晰的了解。

多复变函数论是基础数学的重要分支之一, 它的产生是由于本世纪初 Poincare, Hartogs 等人的几个发现, 这些发现表明了多复变与单复变的巨大差异。由于在多复变的研究历史中不断引进来自分析、代数、几何、拓扑的思想和方法, 多复变的研究一直充满活力, 多复变也成了一门综合性强、交叉性强的理论, 而且对数学的其他重要分支有极其重要和深远的影响。近来, 多复变发展依然迅速, 研究依然热门, 无疑它的发展将为整个数学的发展做出贡献。

多复变中的分类问题一直是十分引人注目但却相当复杂困难的问题。分类问题主要有两方面, 一类是针对紧复流形的分类, 另一类是针对 $\mathbb{C}^n$ 中的域。本项目主要考虑后者。人们已经知道当 $n \geq 2$ 时有无穷多个互不全纯等价的单连通域 (Invent. Math. 1978), 这与黎曼映照定理迥然不同。对 Pointed convex domains (定点凸域) 的 Moduli 空间 (即这些域的双全纯等价类), 目前有很重要的突破 (Ann. of Math. 1990, Invent. Math. 1992)。本项目考虑一与此有关的具体问题, 即一个 $\mathbb{C}^n$ 中的域在何种条件下可双全纯等价于一单位球? 陆启铿 1966 年曾证明若一域的 Bergman 度量的西曲率为常数, 则该域必全纯等价于一球。王彬 (Bun Wong) 1977 年证明有光滑边界的强拟凸域若有非紧全纯自同构群则该域全纯等价于一球。Bedford-Pinchuk 于 1988—1992 年证明有实解析边界的有限型的拟凸域若具非紧全纯自同构群则该域全纯等价于域 $\{Z \in \mathbb{C}^n: |Z_1|^{2m} + |Z_2|^2 + \cdots + |Z_n|^2 < 1\}$ 。本项目的目标是用曲率来刻画域 $\{Z \in \mathbb{C}^n: |Z_1|^{2m} + |Z_2|^2 + \cdots + |Z_n|^2 < 1\}$ 。

多复变中有许多概念,如 Bergman 核、热核、Poisson 核等,在理论上易于陈述但却很难构造出来。华罗庚对典型域构造了 Bergman 核及 Poisson 核等。这些核的构造或其渐近表示在多复变中有极其重要的意义。如 C. Fefferman (曾获 Fields 奖) 在 1974 年得到的在强拟凸域上的 Bergman 核的渐近展开的结果就具有多方面的重要意义。陆启铿、洪毅近年来在构造典型域的热核方面取得成功。本项目将进一步考虑更广一类流形(对称空间)的对 (p, q) - 外微分形式的热核,这将使得可用积分表达式给出 $\bar{\partial}$ 问题的解,同时对指标定理的热方程方法 [Atiyah (曾获 Fields 奖)-Singer-Patodi] 也有参考价值。 $\bar{\partial}$ 问题一直是多复变的基本问题,尽管早已解决,但 Hörmander (曾获 Fields 奖) 的方法、Kohn 的方法及随后的 Henkin 积分表示的方法给出了对该问题的越来越精细的结果,而且其多方面的应用也导致了越来越强的结果,对多复变中的许多问题的认识也就越发深刻。我们的方法不同于他们的方法,是值得研究的有特色的方法。

复流形上各种度量、曲率是把复分析与几何联系起来的基本而又重要的概念。对这些度量与曲率的性质、联系及估计的研究不乏其量,且已有重要的应用,但仍然不完全。本项目将致力于对此作更深入的研究。高维的 Schwarz 引理有广泛的应用,包括在对度量、曲率的性质及估计研究方面的应用。本项目组成员在 Schwarz 引理及其应用方面有不少研究,积累了不少经验与方法,这是进一步研究的前提及工具。我国在调和算子特征值估计方面曾有较好结果,已写入国外专著。有关特征值的性质与估计的更进一步的研究也是本项目的目标之一。

复流形上全纯向量丛的 Moduli (模) 空间的研究在许多其他数学分支中有重要作用,如低维流形的拓扑(主要是 4 维)、数学物理等。国外这方面的研究是大量和深入的,而国内在这方面的工作很缺乏,本项目也致力于弥补这一不足,并力争作出有特色的结果。

拟全纯映照 (μ -holomorphic mapping) 理论与复结构的形变理论、偏微分方程理论息息相关。从方程角度看,它涉及一种 Cauchy-Riemann 方程与 Beltrami 方程的推广方程,从复分析角度看,拟全纯映照是全纯映照的推广(当 $\mu=0$ 即退化为全纯映照)。它的定义是考虑一种 $\bar{\partial}_\mu$ 算子,它是算子 $\bar{\partial}$ 的推广。本项目将考虑 $\bar{\partial}_\mu$ Neumann 问题 ($\bar{\partial}$ 问题的推广)、与复结构形变理论的关系以及可能的在共形场论的应用。

总而言之,本项目的内容是围绕多复变的全纯映照展开的,处处离不开这一概念。我们希望,通过本项目的研究,将对多复变全纯映照有更多更深入的了解。

1.2 非线性分析

项目批准号: 19131020 项目组总人数: 5
批准金额: 15.00 万元 执行期限: 1992.01—1996.12
项目负责人: 张恭庆 教授 学部委员 北京大学
丁伟岳 研究员 中国科学院数学研究所
史树中 教授 南开大学

摘要: 本项目的重点是流形上的非线性分析。它的特点是: 以分析为主要工具对流形这个非线性的数学对象的拓扑、几何及分析性质进行研究, 并在这个过程中发展新的非线性分析方法。它的发展已对数学本身, 也对数学物理和更广泛的非线性科学产生了不同寻常的影响。这个领域涉及许多不同的数学分支, 要求发现它们之间的深刻联系并加以利用, 其内容非常丰富、方法极为复杂。根据国内现有条件, 本项目计划研究的主要内容有: (1) 几何变分问题, 包括调和映射、极小曲面、常均曲率曲面等问题解的存在性、正则性以及相应的热流方程的研究。(2) 与曲率有关的几何偏微分方程问题, 如预定纯量曲率的共形度量的存在性, Einstein 度量及其他极值度量的存在性问题。(3) 辛几何中的变分问题, 如 Arnold 猜想与 Weinstein 猜想等。

本项目的重点是流形上非线性分析。这是当代数学中发展最为迅速的领域之一, 它的特点是: 以分析为主要工具对流形这个非线性的数学对象的拓扑、几何及分析性质进行研究, 并在这个过程中发展新的非线性分析方法。它的发展对数学本身, 也对数学物理和更广泛的非线性科学产生了不同寻常的影响。这个领域的特点决定了必然要涉及许多不同的数学分支, 发现它们之间的深刻联系并加以利用, 内容非常丰富、方法极为复杂。

所谓流形就是曲线、曲面及它们在高维空间中的推广。对于流形的研究最早可追溯到上一世纪的高斯、黎曼和庞卡莱, 但以分析为工具对流形进行研究基本上始于本世纪 30 年代, 代表性的工作有 Morse 理论, Hodge 理论及极小曲面的经典理论。这些领域在 60 年后有了加速发展, 其中最重要的发展有: 椭圆型偏微分方程理论的完善, 联系椭圆偏微分算子与流形拓扑的 Atiyah-Singer 指标定理, 几何变分问题 (如极小子流形与调和映射) 的深入研究及相应的分析方法 (如变分方法、几何测度论、正则性理论和热流方法等) 的建立, 微分几何中的一系列非线性偏微分方程问题 (如关于 Kahler-Einstein 度量的 Calabi 猜测, Yamabe 问题, Yang-Mills 方程等) 的解决, 应用 Yang-Mills 方程于四维微分拓扑的 Donaldson 理论等。著名华人数学家丘成桐教授对于偏微分方程在几何中的应用作出了杰出贡献, 他从 70 年代开始率先发展了研究黎曼流形上的椭圆和抛物方程的新方法, 解决了 Calabi 猜测和正质量猜测等影响深远的重要问题, 并荣获菲尔兹奖。现在国

际上已形成沿着丘成桐开辟的方向，以几何中的非线性问题为研究目标的丘成桐学派。

我国在流形上的非线性分析领域的研究工作，大约是在 1984 年，丘成桐教授来华讲学之后才开始的。经过几年的努力，在一些课题的研究上已取得了进展。例如在预定纯量曲率的共形形变问题、调和映射及极小曲面的存在性与多解问题、调和映射的热流的研究、辛几何中与 Arnold 猜测有关的问题等方面，我国数学工作者获得了较好的成果，其中某些成果在国际上也有一定影响。但是，总的来看我们在这个领域与国际先进水平相比还有很大差距，目前还难以取得第一流的研究成果。造成差距的原因除起步较晚外，更为重要的是该领域的综合性复杂性要求研究人员必须具有相当全面的数学知识及较高的创造性。而这种高水平研究人员的培养与我国数学的总体水平密切相关，不是短期内可以造就的。可喜的是，我国留欧、留美的许多优秀青年学者均在这个领域内从事研究，其中最突出者已做出水平很高的工作。他们对于迅速提高我国在这一领域的研究水平正在作出积极贡献。

当前这个领域仍处于迅速发展的阶段，经过 80 年代初的高潮及其后的相对平静，新的突破和飞跃正在孕育之中。有可能在近期内取得突破性进展的一些方向包括：(1) 非线性分析方法在低维流形拓扑问题中的应用，在这个方向上以 Donaldson 为代表的英国学派和以 Taubes 等为代表的美国学派有很强的实力。(2) 黎曼几何中的 Einstein 度量及其他典则度量存在性问题。这个问题多年来一直备受重视，并在一些特殊情形取得了进展，我国留美的一些青年学者有可能在这个问题上获得好的成果。(3) 调和映射的分析理论与几何应用。这是一个近年来发展很快的方向，如二维调和映射的正则性在本项目开始之际，已为法国 Helein 解决，国内也已有一定的研究力量，可望在这一方向上取得较高水平的成果。(4) 变分方法和偏微分方程在辛几何中的应用。这是一个形成不久的新方向，但发展非常迅速，已取得了引人注目的重要进展。我国的一些青年数学工作者有望赶上这一新发展，作出较好的工作。

根据上述情况，本项目着重于下列内容的研究：(1) 几何变分问题，包括调和映射、极小曲面、常均曲率曲面等问题解的存在性、正则性以及相应的热流方程的研究。(2) 与曲率有关的几何偏微分方程问题，如预定纯量曲率的共形度量的存在性、Einstein 度量及其他极值度量的存在性问题。(3) 辛几何中的变分问题，如 Arnold 猜想与 Weinstein 猜想等。

1.3 多维数据的统计理论

项目批准号: 19131030 项目组总人数: 5

批准金额: 15.00 万元 执行期限: 1992.01—1996.12

项目负责人: 成平 研究员 中国科学院系统科学研究所

陈希孺 教授 中国科学技术大学研究生院

郑忠国 教授 北京大学

摘要: 本课题的研究重点是投影寻踪法 (Project pursuit, PP)、自助法 (Bootstrap) 及包括 M 回归和 L_1 回归在内的回归分析法。关于 PP 法的研究, 着重于寻找性能良好的投影指标及其渐近性质, 如尾部概率的估计、极限分布的确定等, 以期用于一些有实用价值的高维数据分析问题。研究中也注意把 PP 法与传统的统计概念结合, 如 PP 回归、PP 密度估计即其一例。Bootstrap 方法的研究则着重于深化独立同分布样本情况的探讨, 以期提高现有方法的精度, 同时注意在有实际意义的复杂模型中这个方法的研究, 并尝试解决在非独立同分布样本下的一些重要问题。 M 回归的研究着重在能以最小的条件获致深入的渐近性质, 并对某些未决问题 (如回归系数 L_1 估计相合性的充要条件问题) 作努力, 希望能获得解决。

高维数据统计分析的研究对象是那种包含众多变元的统计模型的分析推断问题。这里“众多”一词并无明确的数量界限, 因此广义地说, 一些传统的、得到高度发展的统计学分支如回归分析和多元分析, 都可以列入这个课题的范围之内。但是, 一则因为低维数 (尤其一维) 的统计学已比较成熟, 一则因为目前在统计学的应用中愈来愈多地碰到多至十余个、数十个变元的问题, 所以, 高维数据统计分析的重点发展方向, 其热点和生长点, 应当是那些涉及变元数量较多而用传统方法难于妥善处理的问题。

研究表明, 许多在低维情况下性能一般良好的统计方法, 在高维数据下表现不理想。最为人共知的例子是回归分析中常用的最小二乘法, 其他如密度估计中的核方法和近邻法, 多元分析中的主成份分析等。究其根源, 在于低维数据在所考察的区域内一般分布较为均匀, 且数据变量数目少而使总的变异性减少, 常规的统计量 (如方差) 尚可不失其优越性。高维情况则迥异, 以上所说方便之处全不存在。因此, 恰当地处理这种数据的统计分析问题, 要求引入全新的概念和方法。近 10 余年来引进并大有发展的投影寻踪法 (Project pursuit, PP) 和自助法 (Bootstrap), 就是此种新概念新方法的代表性例子。另外, 回归分析的一系列新发展, 如 PP 回归、 M 回归 (包括 L_1 回归)、切片回归和逆回归等, 也可以列入这个范围。这些都是当前国际统计界研究的热门, 也是本项目要投入研究的内容。

PP 方法自 1985 年 Huber 的综合性论文发表以来, 引起了数理统计学的研究者和应

用者的注意,它可看成是降维法的一个突破性进展。应用实例(包括我国的应用实例)表明,它确实可以解决用传统方法不好处理的问题。本项目在这方面的研究重点是寻找优良的投影指标并弄清其渐近性质,以便用于有关的统计推断问题。

PP方法与Bootstrap方法的结合及与传统分支(如回归分析)的结合也是一个重要的研究方面。Bootstrap的概念和方法源于统计学家Efron在1979年的一项工作,其基本思想是对已有的样本进行再抽样从而构成“Bootstrap统计量”,用于克服因为总体分布类型未知而带来的问题。在某种意义上可以把它算作是非参数统计学的一项新发展。独立同分布样本的情况在当前的研究中已有很大的进展,着重在特定模型之下有关的Bootstrap统计量的渐近表现,以此去衡量基于这种统计量的推断方法的渐近性能,其中涉及深入的极限理论问题。本项目将深化独立同分布样本情况的探讨,提高现有方法的精度,并注意结合有实际意义的复杂模型。非独立同分布样本的情况也有了一些研究,但进展还不大,是一个难点,本项目将尝试解决其中一些重要问题。

回归分析的PP方法有助于在众多变元的情况下,寻找一种既具现实性而形式又不至于复杂的模型,以避免传统方法的困难。M回归则主要用于线性回归及半参数回归的情况,着眼于寻求富于稳健性的推断方法,以克服最小二乘法在高维情况下通常有的缺点。研究的重点也在于方法的渐近性质,如各种意义下的相合性,渐近正态性及最佳收敛速度的确定等。

可以预期,随着科学技术日新月异的发展,计算机处理数据的能力不断提高,以及人类面临的问题日益增多,包含众多变量的统计问题会更加频繁地出现在应用中。如在环境科学中为探求大气污染物的影响,气象科学中的天气预报等方面,国外在许多年前就使用过大型回归的方法。目前这类应用日益增多。高维数据统计分析的发展也给理论和研究工具带来新的要求,高性能的计算机是一个方面,理论上如随机过程特别是经验过程极限理论的广泛应用等,都对研究人员的基本训练和素质提出了更高的要求。10余年来,我国在高维数据统计分析方面的研究工作有了一个良好的起步,如我国的PP研究集体的工作受到国际上的好评,Bootstrap方面提出的“随机加权法”受到国际上一定的重视等。但我国研究力量尚显薄弱,对整个领域的覆盖面不足等问题应引起注意。

1.4 随机分析及其应用

项目批准号: 19131040 项目组总人数: 6
批准金额: 18.00 万元 执行期限: 1992.01—1996.12
项目负责人: 严加安 研究员 中国科学院应用数学研究所
汪嘉冈 教授 华东化工学院
黄志远 教授 华中理工大学

摘要: 随机分析是当今概率论最活跃的主流方向, 在数学的众多分支及数学物理中有广泛应用。随机分析学创立于 50 年代, 后来又发展成为半鞅的随机分析, 并出现狄氏型、大偏差、Malliavin 分析及白噪声分析等新理论。本项目涉及随机分析的上述诸分支, 分为三个子课题: 白噪声分析与狄氏型, 半鞅与随机分析, 大偏差与随机变分学。主要研究内容是: 白噪声分析理论及在 Feynman 积分、无穷维调和分析及量子场论中的应用; 狄氏型理论及在无穷维分析和量子物理中的应用; 无穷维随机分析的一般理论; 半鞅理论及在随机过程的极限理论、排队系统和随机过程统计中的应用; 大偏差理论及在动力系统、统计力学中的应用; 无穷维高斯空间上的解析泛函及分布理论; 量子白噪声分析。

随机分析是当今概率论最活跃的主流方向, 在数学的众多分支及数学物理中有广泛应用。随机分析学始于关于布朗运动的随机积分及随机微分方程理论, 该理论由 K. Itô (伊藤清) 在 50 年代初创立。到 70 年代初, 该理论进一步发展成为半鞅的随机分析理论。现统称为 Itô 随机分析。70 年代以来又出现了狄氏型 (Dirichlet form)、大偏差理论、Malliavin 分析和白噪声分析。狄氏型是联系分析与概率论 (马氏过程) 的一个桥梁, 近年来由于量子物理的问题 (如奇异 Schrödinger 算子、欧氏量子场) 推动, 该理论有了迅速发展。其中本项目成员马志明研究员与德国 S. Albeverio 教授及 M. Röckner 教授共同创建了拟正则狄氏型框架, 使之适用于无穷维空间情形。这一新框架将在无穷维分析及量子物理中有重要应用。大偏差理论源于大样本统计, 70 年代发展成为马氏过程的大偏差理论。其中著名的大偏差原理在统计物理及随机动态系统中有重要应用。目前, 扩大这一理论的应用领域是中心论题。本项目成员吴黎明教授新近将大偏差理论推广到无穷维空间情形, 取得重大进展。Malliavin 分析与白噪声分析都属于无穷维随机分析, 其共同点是研究 Wiener 泛函。前者是 80 年代概率论的最热门课题, 有众多的应用, 其中最著名的例子是给出了偏微分方程中 Hörmander 定理及 Atiyah-Singer 指标定理的概率证明。目前, 该理论的应用范围还在不断扩大, 仍然有很强的活力。白噪声分析虽然在 70 年代就已由 T. Hida 提出, 但直到前几年才发展成为比较完善的理论。这一理论在 Feynman 积分和量子场论中得到了初步应用。目前, 该理论还有待进一步发展。半鞅的随机分析是整个随机分析的基础, 在理论上已非常完善, 现在中心问题是扩大这一理论的应用范围。例