

有关高科技发展的应用数学新方向

New Perspectives of Applied Mathematics in Hi-Tech Development

郑 骏

(山东师范大学数学系, 副教授 济南 250014)

数学既是一门高度抽象的理论学科, 又是一门应用广泛的工具学科, 理论与应用有机地统一于一身。对电子计算机作出重大贡献的数学家冯·诺伊曼把数学看作是处于人类智能中心领域的科学。美国《今日数学》和《明日数学》两书的主编斯蒂恩(L. A. Steen)教授 1988 年在国际数学教育大会上的综合报告中说: “高等数学语言——从控制论到组合数学, 从微分几何到统计学——已经明显渗透到商业、医学以及现代社会的每个信息系统中去。计算机通讯又创造了一种世界经济。在工业化国家中, 目前大约有一半劳动力从事信息工作, 而在许多发展中国家里, 信息工业常常是增长最快的经济部门。数学正是这个新的世界秩序的一部分。”并响亮地提出了要倡导“面向新世纪的数学”这个具有划时代意义的口号。我们应站在这个高度上来考虑有关高科技发展的应用数学新方向。

一、提高软件产品的可靠性

现代社会各行各业对计算机系统的依存性将越来越大, 所以, 由软件故障所引起的系统瘫痪给国家安全、经济建设和人民生活带来的影响也将越来越大。在软件质量的各特性中最直观的是可靠性。所谓软件可靠性是指“软件在特定环境下和给定时间内, 始终能无故障运行的能力。”其概率(定量)描述称为软件可靠度。

随着我国软件产业的发展, 尽快实现软件的工业化生产, 使软件产品打入国际市场, 必然要把可靠性作为交付软件的一个重要指标。因此, 为了提高软件产品的可靠性, “工业与应用数学”工作者可以从下列工作中, 与实际工作者紧密合作, 找到既有理论价值、又有实用价值的好课题。

1. 在可靠性工程中, 提高硬件可靠性的哪些方法可移植到软件来? 哪些不能?

如“故障模式后果分析(FMEA)”和“故障树分析(FTA)”可结合软件特点移植到软件可靠性工程

中, “冗余”技术则不能。而可靠性工程的理论基础正是可靠性数学。

2. 对软件可靠性数学模型的评估

目前, 世界上已有 NHPP、Musa、Littlewood—Verrall 等几十种软件可靠性模型, 但没有一种是通用的。所以, 首先应确定对模型评估的准则, 并对“用什么模型”和“何时用这些模型”作深入的研究, 力争取得有效的进展。

3. 提高专家系统的可靠性

从国外文献看, 这是一个迟早要提上议事日程的研究课题。有关的课题有“关于专家系统应用中的安全性和风险”、“在关键领域中如何确保专家系统能胜任其职”、“如何处理专家系统中的不确定性”、“加强对信任函数(Belief Function)理论的研究”等。

4. 软件质量控制中的统计方法

在总结我国电子工业、纺织工业等系统开展“全面质量管理(TQC)”的经验和问题的基础上, 借鉴美国 IBM 公司为开发航天飞机机载软件的“软件质量控制(SQC)”, 也可借鉴日本 NEC 公司的“软件的综合质量管理(SWQC)”, 提出我国的“软件全面质量管理(STQC)”。

5. 确定软件的最优投放时间(Optimal Release Time)

在“软件可靠性”和“费用”指标下, 研究何时停止测试, 把软件投放市场能获得最大的经济效益。这是加强软件质量管理, 提高软件产业经济效益的关键问题之一。

6. 建立测定软件复杂性的数学模型

有了这些度量, 就可以控制软件设计的复杂性, 以提高可靠度。

7. 研究软件的稳健性(Robustness)

探索与统计学中的稳健性理论和控制论中的鲁棒性研究有哪些相同和差异。

8. 开展对“避错、容错、纠错”的研究

研究如何运用信息论中的检错、纠错理论及其

与可靠性工程、可靠性数学的结合。

9. 建立全面考核软件工厂的数学模型

一旦我国实现软件的工业化生产,目前的软件生产单位将成为软件工厂。要达到这样的前景,尚须作出艰辛的努力。有了考核软件工厂的各种数量指标,就可以使各类软件工厂明确自己上等级的奋斗目标。

二、计算机视觉的研究——随机方法

计算机视觉(Computer Vision)是用机器代替人的眼睛和大脑对客观世界进行视觉感知和解释,也可称为自动化眼睛。计算机视觉是从70年代发展起来的一门多学科交叉的边缘学科,已成为模式识别和人工智能的独立分支,是一个特别诱人的前沿领域。计算机视觉研究十几年来取得了非常迅速的进展,具有广阔的应用前景。如机器人视觉能力的强弱就与计算机视觉息息相关。目前在国际商品市场上已有带视觉的警卫机器人出售。随着科学技术、航天工业、国防工业的迅速发展,人工智能、图像处理、模式识别,以及制造到外星球观测和收集资料的漫步机器人,指导游泳运动员动作的水下自动摄影视觉系统乃至各种导弹都对计算机视觉提出了越来越高的要求。然而,一度发展较快而受到瞩目的计算机视觉研究近年来的发展却变慢了(就全世界计算机视觉研究的发展而言)。对此,引发了国内、外专家们的热烈讨论。有些专家认为,由于以往计算机视觉的研究忽略了图像的不确定性干扰(通常称为噪声),从而使算法陷入困境,也导致视觉处理效果不好。所以,近几年来,在计算机视觉研究中引入了随机方法,不少人开始研究随机模型在计算机视觉中的应用。随机方法的理论基础主要是概率论、随机过程和熵。由于原始图像是马尔可夫随机场(MRF),即图像在时间或空间上具有某种相关性,而在各种分布中,吉布斯(Gibbs)分布能直接和马尔可夫随机场找到对应关系,正是由于吉布斯分布与马尔可夫随机场的这种等价性,才可方便地建立原始图像模型和噪声模型,推广应用。

上述的“随机视觉”方法,虽然在处理效果上较好,但也存在一些问题,如一般需反复迭代,且因迭代的次数过多,导致计算的复杂度过高。目前这些算法还处于发展初期,不论在假设的提出、模型的建立,还是估计方法上都有许多值得探索的问题,与制造智能机器人的要求尚有差距。这些将有待于计算机视觉、应用数学、视觉心理学、微电子技术、神经生理学、认知科学等方面的专家学者们通力合作,使之不断的完善和发展。

三、高科技发展中倍受重视的 贝叶斯方法

统计学中由于观点不同,形成了各种学派,其中主要的是早在19世纪就存在的频率学派(也称经典学派)和贝叶斯(Bayes)学派。贝叶斯学派主张的“把待估参数 θ 看作随机变量,因而在抽样前 θ 就具有先验分布”观点,受到非贝叶斯学派的猛烈攻击,使贝叶斯方法的研究一度降至冰点。随着统计学广泛应用于自然科学和经济学研究,以及心理学和市场研究等领域,人们逐渐发现贝叶斯方法的合理部分,如逐日观察一个工厂的废品率 θ ,可以看到它确有波动,故从较长时间看,可以把 θ 视为随机变量,那么 θ 具有某个概率分布就不奇怪了。而且,人们还发现,有些贝叶斯估计量比经典统计的更合理,因而及至本世纪60年代,这一古老理论终于得以复苏。如今,曾遭到其他学派指责最多的“先验分布如何确定”这个贝叶斯统计的难点已得到解决,已初步找到能确定先验分布的不少方法,如无信息先验分布、共轭先验分布、用经验贝叶斯方法确定先验分布、用最大熵方法确定先验分布、用专家经验确定先验分布、用自助(Bootstrap)法和随机加权法确定先验分布等。贝叶斯方法在航天工程、电子工业,以及导弹、火箭的可靠性研究中取得了不少成果。导弹、火箭的可靠性试验只能取小样本或特小样本,在频率学派中,小样本是难以处理的,对特小样本更是不予考虑的。然而,贝叶斯方法就不同了,其统计推断的信息来源既与观察到的样本有关,也与观察前对研究对象的了解有关,所以可减少样本容量,同时样本还可起到调整人们原有认识的作用。而且,从用贝叶斯方法导出的一些估计看,绝大部分是先验分布与样本提供的估计值的加权平均,这些权值具有明显的统计意义,容易被应用统计学家和工程技术人员接受。他们把贝叶斯方法用于可靠性工程得到新的可靠性方法,使美国研制MX导弹过程中的发射试验从原来的36次减少为25次,可靠性却从72%提高到93%,节省费用2.5亿美元。因此,愈来愈多的人们认识到:“高技术本质上是一种数学技术。”同时也看到了,贝叶斯方法首先是从技术科学界专家们的认可中得到肯定的。透过运用贝叶斯方法成功的案例,使人想到,社会、经济方面的研究,人们长期来积累了大量的资料,已有丰富的经验,假如一味地按经典统计那样,不考虑先验知识,只凭样本推断,势必荒废大量的经验和信息,太可惜了!因此,应积极探索贝叶斯方法在社会、经济领域中的应用。当今,由于贝叶斯理论和方法研究的进展,使非贝叶斯学派虽然对贝叶斯学派的基本观点仍持保留,乃至批评的态度,但他

他们也使用贝叶斯方法去处理一些统计问题。笔者认为应该正确地评价贝叶斯学派,正如我国数理统计专家成平、陈希孺教授在《参数估计》一书中指出的:“不论如何,可能是统计学界都能同意的,即贝叶斯学派确实已成长为统计中一个很有影响和很有力量的学派,其势头看来仍在增长。”当然,统计界和应用数学界的学者们也深感贝叶斯学派的思想和方法还有很多值得探讨的问题。笔者认为这些问题应包括:

1. 哪些是贝叶斯学派的独到之处?哪些则有待改进?

2. 对已被科学技术界肯定的贝叶斯方法,应迅速完善对其基础理论的研究,如可靠性工程中的贝叶斯方法。

3. 当确定一个先验分布后,如何作出其灵敏度(Sensitivity)分析,以确保可行性。这是当前国际上的热点课题。

4. 贝叶斯统计的稳健性研究。

5. 贝叶斯方法在计算机科学中的应用,有些很有起色,有些则不然。

贝叶斯统计方法在“统计模式识别”中用得最多。人工智能专家还运用“修正的贝叶斯公式”作为开发 Prospector 地质矿藏勘探专家系统的概率推理方法,这是很值得进一步探索的,因为它关系到专家系统可靠性的研究。软件可靠性模型中的 Littlewood 模型和 Littlewood—Verrall 模型,就是贝叶斯随机模型,但这些模型尚存在不少疑点,限

制其实际应用。计算机视觉研究正需引用贝叶斯方法,以使很多计算可化为对能量函数的处理。

四、结 语

综上所述,数学,特别是应用数学,是促进经济建设和科技进步的重要因素。美国国家研究委员会(National Research Council, NRC)早在 1981 年就成立了有关数学科学的专门委员会,对美国数学科学的状况进行了深入细致的调查研究,陆续发表了多份具有广泛影响的报告。一份报告指出:“高技术的出现把我们的社会推进到数学工程技术的时代”;“数学和数学技术已经渗透到科学技术和生产中去,并成为其中不可分割的重要组成部分。”本文所阐述的高科技应用数学(其中含有工业应用数学)证实了这些论断。最近,由美国科学院院士格里姆(J. G. Glimm)教授主持起草的题为“数学科学、技术和经济竞争力”的报告指出:“在经济竞争中,数学科学是必不可少的,数学科学是一种关键性的普遍的能够实现的技术。”无疑,我们对发展应用数学(或称工业与应用数学),应站在提高全民族的科学文化素质,增强国力,以便在国际竞争中立于不败之地的高度上,给予充分的认识,足够的重视和扶持!不断地增强应用数学研究的实力,选择高水平的研究课题,以中国应用数学研究独特的贡献,赶上世界先进水平,为争取我国在 21 世纪前期成为数学大国、数学强国而努力! (责任编辑 蔡 今)

科技动态

国家自然科学基金项目评审实行全回避制度

评审公正性是国家自然科学基金委员会的生命线,是科学基金工作在科学界赢得良好信誉的源泉。为了进一步提高评审工作的公正性,国家自然科学基金委员会在深化改革过程中又推出了六项新的举措。

一、在国家自然科学基金委员会兼任各级领导职务的专家,凡当年作为第一申请者申请科学基金项目的,不出席该项目所在科学部的评审会;凡申请(包括参加申请)重点、重大项目的,不出席该重点、重大项目的评审会。

二、学科评审组成员凡当年作为第一申请人向所在科学部(组)申请本年度科学基金项目的,一律不出席该科学部(组)当年度的评审会,而由有关科学部(组)提名,并报分管副主任同意,另外特聘相应人数的特约评审专家参加当年评审会,特聘专家出席评审会的,其义务和权利同学科评审组成员。

三、参加学科评审组会议的专家,在遇有评审本人参加的项目或本人所在(法人)单位的项目时,要一律予以回避。

四、国家自然科学基金委员会兼职人员,不参与本人所在(法人)单位的申请项目的评审组织工作,包括不参与为所在单位的申请项目选定同行评议专家、汇总同行评议综合意见和提出资助建议等。

五、1994 年各类申请项目原则上不选用申请者所在(法人)单位的专家进行同行评议,对个别专业在非选用本单位专家不可时,也只限选一名专家参加该项目的同行评议。

六、本年度申请项目的评审,应与申请者以往特别是最近期受资助项目的完成情况联系起来,把完成情况好坏作为资助与否的重要条件。为此,今年将向评审组专家提供有关资助项目的“总结报告”,以便查考。

上述新举措是在 1994 年 4 月 1 日召开的国家自然科学基金委员会务会议上通过的。目的在于把 1994 年项目评审工作搞得更好,使科学基金公正合理的评审原则更加深入人心。

(国家自然科学基金委供稿,责任编辑 刘先曙)