

23-25

关于加强计算机科学中 连续数学教育的一点思考

苏运霖

(暨南大学计算机科学系 广州510632)

TP3

A 摘要 本文系统地讨论了关于加强计算机科学中连续数学教育的问题,包括其缘起、必要性、含义以及课程的建设、教材编写等问题。作者相信,文中所阐述的观点,最终将会为计算机科学界所接受。

关键词 连续数学,连续数学教育,计算机科学。

1. 问题的缘起

本人在计算机科学领域工作已数十年,又有较广泛的兴趣,曾经涉足于偏实际的方面。因此对于较广泛的学科内容和它们所依赖的数学基础,有较多的了解,也就感到数学对计算机科学实在有着重大的意义。正如同没有二进制和布尔逻辑,就不可能有计算机一样,没有离散数学,今天的计算机科学的发展也是很难想象的。所以 ACM 和 IEEE 历来的课程表,都强调了离散数学的重要性,并把它作为计算机科学教育的一门重要基础课程,这是十分必要和正确的。

ACM 和 IEEE 的联合课程表'91明确指出,作为通过逻辑上严格的数学课程所普遍达到的数学成熟性,对于成功地掌握计算的许多基本课程而言,是必不可少的。

本文认为,这里所提到的数学成熟性,不应当单纯地理解为离散数学的成熟性,而应当把连续数学也包括在内。近年来计算机科学的迅速发展,更增加了这样一个趋势,即计算机科学同样需要连续数学。

有鉴于此,本人曾专门发表文章,论述了计算机科学的数学教育问题。在那里,明确指出了计算机科学教育中加强连续数学教育的问题,但是由于篇幅关系,未曾作更深入的讨论,现在作此文来讨论这一问题。

1. 连续数学的必要性

ACM-IEEE 联合课程表'91提到,所有计算科学

的学生都应当至少掌握半年的数学课程(至少下边的重点线为作者所加),并在脚注上说明,所谓半年是等价于全日制的半年的时间,典型地说,这将是四到五学期长的课程,接着指出,这些课程至少应复盖下列课程:

离散数学:集合论、函数、初等命题和谓词逻辑、布尔代数、初等图论、矩阵论、证明技术(包括归纳法和反证法)、组合学、概率论及随机数;

微积分:微分学和积分学,包括序列与级数以及微分方程入门;

接着该课程表又指出,半年数学还应当包括下列课题之一:

概率论:离散和连续概率论,包括组合学以及初等统计学;

线性代数:初等的内容,包括矩阵、向量与代数变换;

高等离散数学:这是一门包括离散数学更高等课题的高等的第二门课程;

数理逻辑:命题和函数演算、完备性、正确性、证明以及判定问题。

在上述短短的文字中,ACM 和 IEEE 的专家们用词十分谨慎,多次使用至少一词。以下一段又指出:

许多实现将会有超出这一极小要求的另外的数学要求。例如,面向专业(即数学)的课程表通常将要求五至六门数学课程,对于那些希望攻读研究生课程的学生,我们也建议他们学习更多的数学课程。

从上述论述中,实际上我们已经看到了,ACM

和 IEEE 的专家们强调了连续数学的必要性。在他们所讲的另外的五六门数学课中,肯定地不会仅仅是离散数学方面的课程,而同样地或许更多地是连续数学的课程。

关于连续数学的必要性,我们想从三个方面来予以阐述。

一是连续数学所提供的思维方法和严格性训练。我们可以这样说,整个世界,整个宇宙都具有连续和离散的双重性。人的智能,人的思维中,也都体现了这样的双重性,即有时人们采用离散的方式思维,有时又须采用连续的方式思维。连续数学,对于提供连续方式的思维方法及其严格性,是极其有效和必要的,连续数学的这种思维方法,基本上可以这样说:1)它是通过静化的方法来描述动态变化的事物;2)通过拟动态来描述动态;3)它也通过离散化的方法来描述连续。惟其如此,它就不同于处理离散问题的思维方法。所以这种通过连续数学所接收的思维训练和严格性训练,确实是离散数学教育所不能替代的。

二是连续数学的内容本身是计算机科学所必需的,且看看上边给出的极低要求的数学内容,谈到了微积分,这自然是连续数学的基础分枝,此外还有概率论,也包含有关于连续的概率论的讨论。

由于是极低要求,因而实际上就略去了许多仍然十分必需和基本的连续数学的内容。如果承认算法是计算机科学的一门核心课程的活,自然就推出,算法的分析是与设计同样重要的部分。而算法的分析,诚如 D. E. Kimth 所著的《算法分析中的数学》一书中列出的数学内容那样,提到了相当多的连续数学的内容,如斯蒂捷积分、生成函数、复变函数等等。以另一门在计算机科学中也是十分重要的课程操作系统而言,当考虑到进程调度的问题时,很多比较深入的讨论都引进了生与死过程,这就属于连续概率论乃至排队论的内容。

三是我们要进一步指出的,连续数学的内容实际上在计算机科学的各个分枝中无所不在,我们就来就 ACM 和 IEEE 课程表'91所开列的每个计算机课程进行分析。

ACM 和 IEEE 课程表'91指出,下表所列的课题应被认为是这样一些领域,其中的课程都可以在高年级本科生和研究生课程中提供深入的学习,超出这些的其它课题也重要,但它们随个别的教学计

划中教师的具体兴趣和专业知识而有所不同,以下的课题对于现时的学科是如此重要,因此其中许多个应当出现在任何本科生教学计划所提供的高等课程中。

高等操作系统 高等软件工程 算法分析 人工智能 组合和图论算法 计算复杂性 计算机通讯网络 计算机图画 计算机人机界面 计算机安全性 数据库及信息查询 数字设计 自动化 容错计算 信息论 建模与模拟 数值计算 并行和分布计算 性能预测和分析 程序设计语言原理 实时系统 机器人和机器智能 语义和验证 计算的社会影响 符号计算 计算理论 VLSI(超大规模集成电路)设计

虽然不能说,这些课题的每一个都同连续数学有密切关系,不过至少可以说,其中有很大一部分都极其密切,前边已经指出,高等操作系统涉及概率论、排队论、数理统计,还涉及了其它一些连续数学的分枝。对于算法设计和分析,已作过论述,不再赘言。计算复杂性也涉及大量的连续数学的内容,包括级数、序列、函数级数等等概念,尤其是生成函数,渐近计算,计算机图画,容错计算,信息论,建模与模型,数值计算等等课程,对于连续数学的要求,更是十分突出。别的不说,单以建模为例,我们的世界具有两重性,即连续性和离散性。如果我们希望模拟的是连续现象、系统或过程,那我们别无选择,只能以连续数学作为工具进行建模或模拟。顺便指出,非线性函数和混沌论的研究,已经引起了越来越广泛的注意,究其原因,人们发现,不但自然界中的许多现象是非线性或混沌的,就连人的大脑的工作机理也同非线性与混沌有关,因此如果人们希望更多地去了解自然,征服自然,更多地去了解人类本身,揭开人类的奥秘,那就必须去研究非线性和混沌,要研究非线性和混沌,就自然地要更多地了解和研究连续数学。反过来也可以说,正是计算机,提供了研究连续数学的最强有力的工具。这就决定了学习计算机科学的人们,如果想使自己成功地开展在这些方面的计算机应用,那就必须花费气力去增加对于连续数学的了解,只有这样才能有所作为。

除此之外,象实时系统、性能预测和分析、VLSI 的设计等等,也都同连续数学有着这样或那样的密切联系,因此连续数学也肯定地派得上用场。

Ⅱ. 连续数学的含义

迄今还没有一个被普遍接受的数学的定义,要想给出连续数学的一个被普遍接受的定义,也是徒劳无益的,因此我们不想这样做,然而,我们可以界定一下连续数学的范围,或者给出连续数学的描述性说明。

我们可否这样说,从大范畴来说,数学可以划分为三类:一是离散数学,这个范畴已经比较清楚,那就是目前在计算机科学中讲授的那些内容,包括集合论、数理逻辑、图论、代数、组合数学、离散概率论等等。

第二类是介于离散数学与连续数学之间的那些课程,如数值计算(即用离散(数值)的方法来解决连续的问题)、数理统计、概率论、几何、代数拓扑等等。这类学科,或者用离散方法来研究连续问题,或者是把离散的问题化为连续问题来进行研究(如生成函数就是一例)。

第三类就是连续数学,最典型的当然就是微积分以及以微积分为基础而发展起来的那些课程或学科,因此我们也可以这样说,连续数学的领域更比离散数学的领域广泛得多。

今天,没有一个数学家可以标榜自己是数学的通才,没有严格完整意义下的数学家的概念,而只有某个专门的数学领域的专家。最杰出的数学家,充其量也只不过是专长两个或少数几个领域。所以当我们谈到我们对于连续数学的要求时,我们在自己的脑海中根本没有要让我们的学生全面掌握连续数学的全部领域这一意图,我们很明确,我们要求他们掌握的只是连续数学的最基本东西,入门的东西,也就是连续数学的公共基础,这就如同今天的离散数学向学生们所提供的那样。

Ⅳ. 连续数学的课程建设

根据上述的分析,我们着重建议,在计算机科学系中,开设连续数学课程,作为与现有的离散数学课程相对称的课程来进行安排。

既然有离散数学课,因此安排连续数学课自然是顺理成章之事。当然,设置这门课不仅仅是出于表面上的对称性,而是出于实际的需要性和迫切性之考虑。

和离散数学一样,连续数学应由连续数学的各分级中的最基本内容组成,它应包含极限论、微分学、积分学、复变函数论、实变函数论、泛函分析、微分方程(包含常微分方程与偏微分方程)、拓扑学、连续概率论等等。由于连续数学的分枝传统地就比离散数学的分枝多,而其重要性也并不比离散数学低,因此这门课程应该比 IEEE 联合课程表'91所建议的半年的课程大,考虑把它作为一年的课程是适宜的,也许一个更为适宜的安排是把连续数学也分成连续数学和高等连续数学课两部分,并把高等连续数学作为选修课程。但是这样开设的连续数学课不应该仅仅包含今天普遍开设的高等数学课,而应包含比它更广更深些的内容,否则那就只不过采用了一个新名称,而毫无实质的改变可言。当然具体的实现可以根据每个学校的具体情况,而在选材方面、深度方面都具有一定的灵活性,并不要求一刀切。

V. 教材编写问题

面对这样一个不算小的变革,第一步是要有敢为天下先之精神,象鲁迅先生所赞扬的第一个吃螃蟹的人那样,大胆地开设连续数学的课程,当有了这样的需要之后,教材的编写也就提出来了。

如果作为连续数学和高等连续数学来开设这一课程,教材可以作为两种来编写,或者教材本身是一部,但明确表明其中那些部分作为高等部分,而其余自然就是初等的了,这样一种写法更体现灵活性。

教材的内容自然就是从上边提到那些课程中选取的。这里最基本之点是这些内容之间要用连续的观点、处理连续问题的一般方法来加以贯通,这样才不致于使这样繁多的内容变成毫无联系的大杂烩,而是如 ACM 和 IEEE 课程表'91所要求的数学成熟性的严格数学课程。

参考文献

- [1]ACM-IEEE Curriculan '91 IEEE Computer Society Press. ISBN Number 0-8168-2220-2
- [2]Daniel H. Greene & D. E. Knuth. Mathematics for the Analysis of Algorithms, Birkhuser 1989
- [3]苏运霖,关于计算机科学中的数学增长率问题,计算机科学,1983年第6期