

数学在信息技术教育中的作用*

作者: 安德烈·苏科夫 (Andrei Sukhov)

译者: 刘宇航 张 菲

关键词: 数学 信息技术教育

译者按: 俄罗斯高等经济大学教授安德烈·苏科夫 (Andrei Sukhov) 考虑了为什么要修改以及如何修改信息技术专业数学教学的基础课程, 他认为计算机专业“只需要三门基础课程: 微积分、基本代数、概率论与数理统计。”这种观点是有新意的, 实际上是对“数学无用论”的让步, 我们认为这未必是最终结论或者最佳方案, 但在当前我国实施“重视基础研究”“强基计划”“发展职业教育”等政策的背景下, 讨论“数学在信息技术教育中的作用”是非常及时和必要的。

我国计算机专业长期以来一直重视数学的教育。一方面投入巨大, 开设了微积分、基本代数 (在我国被称为线性代数或高等代数)、概率论与数理统计等基础课程, 还开设了离散数学、形式语言、小波分析、数值分析等进阶课程; 一方面实效欠佳, 较多的学生对数学知识的运用能力不够理想, 很多计算机专业的大学生认为学习微积分等课程对自己在专业学习上没有较大的实质性帮助, 而一些数学基础较好的学生只善于解决一些纯粹的理论计算问题, 对软硬件系统设计中硬核的、接地气的实际问题一直置若罔闻。计算机科学在多个细分方向之间、在理论与实践之间缺乏贯通。

因此我们建议: (1) 重新审视现有的课程设置体系、学习方法、教授方法、评价方法, 建立适应不同教育层次不同细分方向的“必修+选修+自修”课程体系。(2) 优化师资、项目和教材, 计算机专业的数学教师有必要率先垂范打通数学与计算机两个方向, 开发一批贯通式理论与实践相结合的示范项目, 重视数学课程与计算机专业课程之间的衔接贯通, 不仅要教授学生数学知识, 更要帮助学生在解决计算机专业实际问题过程中学会运用数学知识。日本数学家“菲尔兹奖”得主小平邦彦曾经系统地探讨了日本类似的数学教育问题 [小平邦彦 (著), 尤斌斌 (译). 数感与数学, 人民邮电出版社, 2007年12月第1版.], 提出培养以自主思考能力为核心的“数感”, 而不是仅仅增加知识量。中国科学院计算技术研究所发起的“一生一芯”计划, 目的就是让学生制作一个完整的芯片, 打通整个本科生涯学到的知识。我们撰写了计算机系统设计方法学方面的文章 [Yuhang Liu, Xian-He Sun, Yang Wang, Yungang Bao. HCDA: From computational thinking to a generalized thinking paradigm[J]. Communications of the ACM, 2021, 64(5): 66-75.] 和教材 [刘宇航, 包云岗. 计算机系统设计方法学 (历史-计算-数据-结构). 高等教育出版社, 2022.] 帮助学生建立融会贯通的知识体系和能力体系。(3) 在评价方法上, 要用问题导向替代考试导向和论文导向, 培养学生应用数学解决实际问题的能力, 把聪明才智贯注到研究关系国计民生发展的芯片和解决系统软件等领域的“卡脖子”问题上。

数学学科在信息技术（IT）教育中的作用难以估量。

首先，数学有助于发展算法思维，因为数学理论是基于抽象概念的。掌握基础数学的任何部分都可以让你运用抽象概念去发现新模式。

然而，信息技术专业的本科生经常怀疑学习数学学科的必要性。他们的主要论据是数学的学习需要大量的时间和精力，但对所学知识的实际应用却很少。因此，花在学习数学上的时间可以更好地用于学习信息技术学科的专业课程。

这就是我决定讨论关于数学教学的问题并提出一些解决问题的新途径的原因。

请注意，数学知识在研究生阶段尤其重要。我的外国同事经常要求我推荐一名具备编程能力的学生去攻读研究生，但必须具备数学知识。在俄罗斯，计算机科学学院有若干研究领域，例如应用数学和物理学。这些专业领域的课程包含相当一部分的编程以及数学和物理的各个领域的课程。然而，此类领域的教学的受欢迎程度正在下降，入学申请者的平均水平也在下降。

因此，需要对信息技术专业数学教学的基础进行修订。

首先，我们需要有少量的必修课。我们应当讨论它们的构成，在我看来，只需要三门基础课程：微积分、基础代数以及概率论与数理统计。

大多数数学理论应该作为新的综合课程的一部分来教授。此类课程可以专注于信息技术的某个狭窄领域，并应包含以下三个主要组成部分：

- 基础数学的基本信息；
- 使用所学习的数学方法表达应用问题及其解决方案；
- 通过信息技术实现其解决方案。

这些课程应该教的主要是从抽象的基础知识

到成熟的应用之间所经历的所有阶段。此外，许多应用程序，尤其是最好的应用程序，都是基于基础知识的。然而，学生们通常不知道如何从头到尾穿过这条路径。他们也不知道需要什么知识。充其量，他们被教授运用数学及其应用来解决一些问题。

原则上，基础数学的许多部分都有应用上的重要性。然而，开发一门成熟的综合课程是相当困难的。这种困难可以归因于需要在这样的课程中呈现大量相容的结论。这样的呈现需要作者具备宽阔的视野。

目前，我已经开始准备这样一门课程，我将用它来说明这种方法的主要特点。下面详细介绍“骨干网络的流量模型和检测分布式拒绝服务（DDoS）攻击的阈值方法的合理解释”课程的主要条目和内容。

这一课程完全符合综合方法的思想，并包含以下主要组成部分：

- 排队论；
- 排队论在描述骨干网络流量上的应用；
- 实用的流量模型；
- 判定网络异常状态；
- 对确定 DDoS 攻击来源的阈值方法的证实。

排队论是概率论的一个分支，它建立在死亡和繁殖过程的问题之上。该领域的高级研究已经在广泛的实际社会经济和人口统计过程中产生了多种应用。然而，排队论的第一个应用领域是电子通信。电子通信排队论分析的主要条目和方法在教科书中有精彩的介绍^[1-2]。这些教科书被用在课程第一部分的方法论基础教学中，应作为附加文献推荐给学生。

文献 [3] 给出了在骨干网络的一部分上建立流量模型的下一步。通过排队理论，找到了骨干链路上的平均流量及其在短时间尺度上变化的表达式。请注意，一般化（generalizations）是在流级别而

* 本文译自 Communications of the ACM, “The Role of Math in IT Education”, 2022, 65(6): 14-15 一文。

¹ 小平邦彦（著），尤斌斌（译）. 数感与数学，人民邮电出版社，2007年12月第1版。

² Yuhang Liu, Xian-He Sun, Yang Wang, Yungang Bao. HCDA: From computational thinking to a generalized thinking paradigm[J]. *Communications of the ACM*, 2021, 64(5): 66-75.

³ 刘宇航，包云岗. 计算机系统设计与方法学（历史 - 计算 - 数据 - 结构）. 高等教育出版社，2022.

不是数据包级别进行的。特别是，流量的表达式包括平均流大小和新流在被研究的主干段上的平均出现率。

然而，获得流量及其短期变化的表达式并不意味着建立一个完整的流量模型。这样的模型应该定义正常操作的区域，并突出异常网络状态。如果网络状态由两个变量（网络部分中的活动流的数量和以比特/秒为单位的链路负载）来描述，那么所有这些目标都可以实现^[4]。然后，网络状态集将被表示为平面上的一组点，横坐标表示活动流的数量，纵坐标表示链路负载。

在这个平面上，我们可以根据平均值建立一条曲线，并在其上选择与操作模式相对应的直线部分。根据分位数，可以以这条直线的形式定义具有中心轴的抛物线区域。与网络状态对应的点将落入该区域。如果有几个连续的状态超出了这个区域，那么我们可以讨论网络的异常状态。

实验表明，在 DDoS 攻击期间，某些网络变量的值会增加很多倍。这一事实首先是在针对单个外部 IP 地址生成的活动流的数量这个变量中发现的。后来发现原来这些变量包括传入的 TCP 和 UDP 流量以及对 Web 或代理服务器的调用次数。

文献 [5] 证明，对于所有这些变量，都有可能找到一个阈值。如果超过阈值，我们应该谈论 DDoS 攻击。这篇文章还介绍了如何找到阈值的方法，并制定了规则来确定发起攻击的机器的 IP 地址。因此，课程的理论部分可以认为是完整的。

在课程的实践部分，有必要创建工具来确定攻击的开始，例如攻击执行机器的 IP 地址，并开发阻止攻击流量的方法。这些工具的实际实施可以在多种技术的基础上进行，比如 Linux 实用程序、SDN 模块、NetFlow 和 sFlow 收集器。

学生必须独立选择一种技术来实现理论模型并说明选择的合理性。还需要提出一种方法来限制攻击者 IP 地址的流量，因为理论模型没有回答这个问题。开发的软件应尽快检测到攻击并阻止攻击性的流量，在攻击停止后移除所有限制。

我希望在 2022 年秋季之前准备好这门课程，并

将其作为选修课提供给学生。原则上，我非常希望听到大家对该课程的评论，以及对数学学习中综合课程的评论。此外，我愿意为大家提供综合课程主题开发方面的合作。 ■

作者：

安德烈·苏科夫

俄罗斯高等经济大学教授，ACM 高级会员。
asukhov@acm.org



刘宇航

CCF 高级会员，CCCF 特邀专栏作家，CCF 职业伦理和学术道德委员会常务委员。中国科学院计算技术研究所副研究员。主要研究方向为计算机体系结构、高性能计算、存储系统、智能并发系统。
liuyuhang@ict.ac.cn



张菲

美国康奈尔大学生物统计与数据科学硕士。主要研究方向为计算机科学、统计学、数据科学。

（本文责任编辑：苗启广）

参考文献

- [1] Kleinrock, L. Theory, volume 1, Queueing Systems. (1975).
- [2] Gnedenko, B.V. and Kovalenko, I.N. *Introduction to Queueing Theory*. Birkhauser Boston Inc., 1989.
- [3] Barakat, C. et al. Modeling Internet backbone traffic at the flow level. *IEEE Transactions on Signal Processing* 51.8 (2003), 2111-2124.
- [4] Sukhov, A.M. et al. Active flows in diagnostic of troubleshooting on backbone links. *Journal of High Speed Networks* 18.1 (2011), 69-81.
- [5] Sukhov, A.M., Sagatov, E.S., and Baskakov, A.V. Rank distribution for determining the threshold values of network variables and the analysis of DDoS attacks. *Procedia engineering* 201 (2017), 417-427.

更多参考文献：<http://dl.ccf.org.cn/cccf/list>