

随机过程课程的实践探讨*

孙凤佑 杨柯杰 郑忠龙 李明禄

浙江师范大学计算机科学与技术学院, 浙江 321004

摘要 随机过程是一门重要的高校课程,它在计算机科学、统计学、物理学、金融工程等领域都有着广泛的应用,这门课程也成了许多高校的计算机专业核心选修课之一。针对高校中随机过程课程学习情况不乐观的现象,通过调研了全球 146 所著名的优秀学府来对比分析,包括国内排名前五十的高校和国外 QS 排名前一百的学府,并提出教学过程中教与学两者和仿真建模实践的结合。

关键字 随机过程, 计算机专业, 实践教学, 仿真建模

A Practical Exploration of Stochastic Process Teaching

Fengyou Sun

School of Computer Science and Technology
Zhejiang Normal University,
Zhejiang 321004, China;
fengyou.sun@zjnu.edu.cn

Zhonglong Zheng

School of Computer Science and Technology
Zhejiang Normal University,
Zhejiang 321004, China;
zhonglong@zjnu.edu.cn

Kejie Yang

School of Computer Science and Technology
Zhejiang Normal University,
Zhejiang 321004, China
1397487363@qq.com

Minglu Li

School of Computer Science and Technology
Zhejiang Normal University,
Zhejiang 321004, China
mlli@zjnu.edu.cn

Abstract—Stochastic process is an important college course, which has extensive applications in computer science, statistics, physics, financial engineering and other fields. This course has also become one of the core elective courses for computer majors in many colleges and universities. In view of the fact that the learning situation of Stochastic process courses in colleges and universities is not optimistic, this paper makes a comparative analysis by investigating 146 world-famous excellent universities, including the top 50 universities in China and the top 100 universities in QS World University Rankings, and proposes the combination of teaching and learning and simulation modeling practice in the teaching process.

Keywords—Stochastic process, computer specialty, practice teaching, simulation modeling

1 引言

随机过程课程是重要的数学分支,它在计算机科学、统计学、物理学、金融工程等领域都有着广泛的应用。在大多数高校中,教学内容通常包括随机变量、概率分布、随机过程的基本概念和性质、马尔可夫过程、泊松过程、布朗运动等内容。在教学中,通常会使用数学分析、随机漫步模型等方法来帮助学生理解和应用随机过程的理论和方法。随着计算机科学和人工智能的发展,随机过程在这些领域的应用越来越广泛,因此,一些高校和学术机构也开始将随机过程纳入计算机科学和人工智能等课程的教学内容中。例如,在机器学习和深度学习的课程中,随机过程被用来建

立和优化模型,用于解决自然语言处理、图像识别、语音识别等问题;在强化学习的课程中,随机过程被用来描述环境的演化和智能体的决策过程,用于解决自主导航、机器人控制等问题;在计算机网络和通信领域中,网络传输中的数据包的传输时间可以被建模为一种随机过程,因此随机过程的分析可以帮助我们预测数据包的传输时间和网络的吞吐量,在无线通信中,信道的衰落和干扰也可以被建模为随机过程,因此随机过程的理论可以帮助计算机网络和通信专业设计更加可靠的通信系统。总的来说,随机过程在计算机科学中有着广泛的应用,它可以帮助我们建立更加准确的模型,预测和优化系统的行为和性能。此外,随机过程的理论也为我们提供了一种重要的数学工具,用于解决实际问题 and 探索新的问题领域。因此,学习随机过程对于计算机课程的重要性不言而喻,它可以

* 基金资助: 本项目得到浙江省教育厅一般项目 (No. KYZ04Y20183) 资助。

提高学生的数学建模能力和问题解决能力，并且为未来的研究和实践工作打下坚实的基础。

2 教学现状

随机过程作为一门较为抽象和理论性较强的学科，对学生的数学素养和抽象思维能力有较高的要求。因此，在教学中，老师需要注重理论与实践相结合，引导学生掌握基本的数学工具和方法，并通过大量的练习和实例来帮助学生深入理解随机过程的概念和应用。同时，也需要注重培养学生的创新思维和问题解决能力，鼓励学生探索和应用随机过程在实际问题中的应

用，以提高他们的学习兴趣和学术能力。此外，随机过程的教学也需要注重与实际应用的结合，通过实际案例和应用场景的引入，帮助学生理解随机过程的实际应用价值和意义。例如，在通信和网络领域，可以引入信息传输过程、信道衰落等实际场景，帮助学生理解随机过程在网络传输和通信中的应用；在金融和风险管理领域，可以引入股票价格、保险索赔等实际案例，帮助学生理解随机过程在金融和风险管理中的应用。目前高校计算机专业本科生对随机过程课程的学习现状普遍不是特别理想，在学习随机过程中的主要问题有：

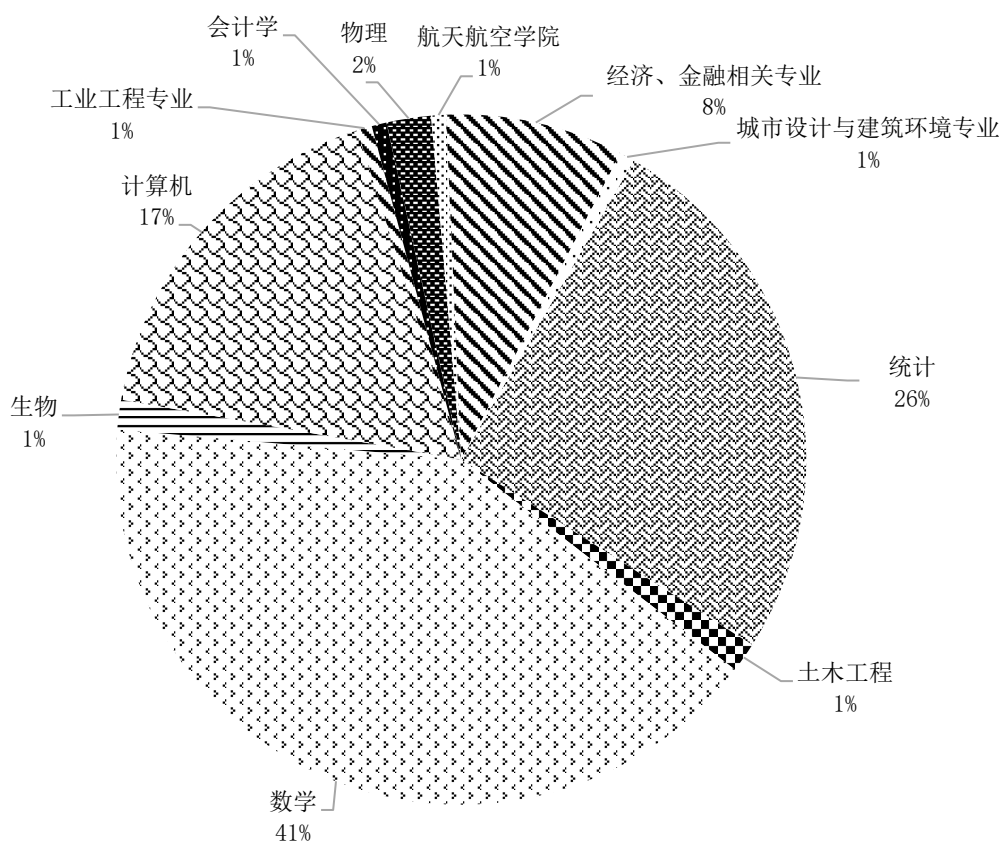


图 1 总览饼图

(1) 要求较高的数学基础，除了数学分析或者高等代数，还以概率论与数理统计为前置课程，计算机专业学生学习随机过程时比数学专业和统计专业学生的难度更高；

(2) 随机过程本身的内容，如定义、特性等比较抽象，具有难度，需要一定的精力去消化吸收，一部分的计算机专业学生的数学基础比较弱，在学习过程中会更吃力；

(3) 随机过程的实验操作难度高，让学生去操作，自主建立随机模型较难。

目前部分高校的授课现状：

(1) 在教学内容上，由于随机过程这门学科发展十分迅速，其内容之丰富使得高校的随机过程教学不可能包括其全部内容。因此，大部分高校主要根据金融方向本科生的学科需求选择，重于随机过程的基本知识和基本方法的介绍。

(2) 以教师讲授为主导，强调理论知识的学习。

(3) 缺乏学科联系，从实践能力素养标准来看，传统计算机师范类、教育技术等相关师范专业设置对

人才素养标准的定义均着眼于计算机等信息技术专业知识，重点突出编程能力掌握、信息技术应用等，缺乏跨学科、主动学习等方面的综合能力标准定义^[1]，因此虽然随机过程与计算机息息相关，但缺乏编程内容的随机过程更像是计算机课程中被独立出来的存在。

(4) 随机过程方法较少与实际关联。由于应用随机过程教学大纲中没有设置上实验课程，理论教学与实践相脱节。

(5) 教学师资不足。部分高校讲授应用随机过程的教师严重不足，没有形成良好的教学团队和营造良好的教学氛围^[2]。

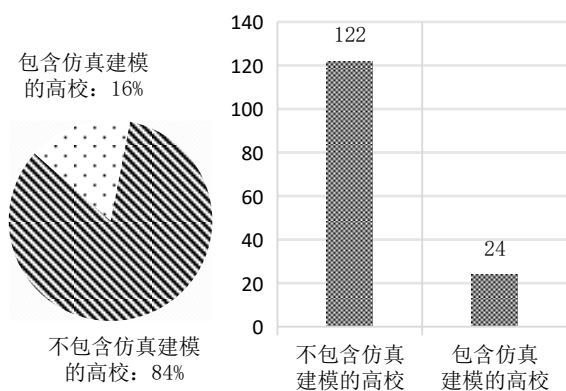


图 2 加入建模的随机过程高校数量统计图

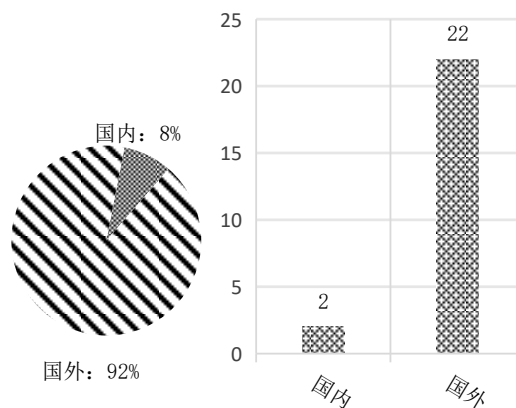


图 3 国内国外加入仿真建模的随机过程的高校统计图

3 调研

为了解计算机专业随机过程课程目前教学中加入仿真建模实践的比例等信息，通过调研全球 146 所著名的优秀学府的随机过程教学大纲，进行统计对比分析。

3.1 调研总览

由于部分学校 VPN 限制，本次调研目标为国内排名前 50 的大学，国外 QS 排名前 100 的大学，最终收获国内高校 50 份大纲，国外高校 101 份大纲。其中北京大学，清华大学，浙江大学，复旦大学，上海交通大学五所大学进入国外 QS 排名前 100 学校，故本次调查的随机过程大纲共 146 份，包括了计算机类、统计学、物理、金融、数学、生物学等多个系和专业，生物学等多个系和专业，各专业占比如图 1。

3.2 调研统计

在将调研的结果统计后得到的信息中，有相当一部分高校在教学大纲中明确加入了建模的环节，如开设几堂课来作为仿真建模的实验课，有些集中在每一单元章节的结尾部分，有的集中起来作为一章，具体数据和比例如图 2。虽然已有学校在随机过程教学大纲中加入了仿真建模的部分，但比例不乐观，这些学校比例仅占 16%。

同时，在对国内外的随机过程课程大纲进行了统计后，得到的结果如图 3 所示。从图可以看出，在随

机过程教学中，国外更加注重建模和计算机模拟方面的教学，而国内学校目前的教学仍然以传统的教师授课为主导，学生处于被动学习的状态，现行的中国随机过程课程教学过于强调方法和理论，忽视了实践的重要性和学生的主体性。

从图 4 可以看出，涉及到仿真建模的随机过程课程在不同专业中的数量分布情况。值得注意的是，在 146 所高校中，不少计算机专业的随机过程教学大纲都包含了仿真建模环节，计算机专业的高校数量在加入仿真建模的随机过程教学方面位居第三。

图 5 展示了在计算机专业中加入仿真建模环节的高校占比情况。由于调研中的各个专业的随机过程课程数量不同，计算机类专业加入实操的数量低于数学和统计专业。实际上计算机专业在随机过程中加入了仿真建模环节的高校数量百分比达到了 20%，在各个专业中处于领先地位。

每个专业中的课程教学的内容应该是支撑各自专业的，然而在调研过程中发现很多不同专业的大纲都是相似的，大部分高校的教学选材主要考虑经济、金融专业，并没有考虑计算机专业。

以计算机专业中的信息相关专业为例，在通信系统中，电子器件内部的噪声可以视作高斯过程进行研究。以此为基础主要通过泊松过程建立了通信量数学描述模型，在以语音业务为主的传统电信网和以数据为主的计算机网络性能分析中发挥了重要作用^[3]，随着时代变迁，自相似过程也逐渐出现在网络通信领域。

因此通信、信息相关专业的学生应该掌握高斯过程和了解自相关过程,为网络数据流量分析等方面的工作和研究做准备。然而,在调研中有12个高校的随机过程是信息通信相关专业,仅有清华大学、北京科技大学、北京邮电大学的信息专业教学大纲中明确标注了高斯过程的学习内容,仅占25%。在调研中,没有高校的信息专业随机过程大纲包含自相关过程。

对于统计学专业,教学内容一般包括随机过程的基本概念和类型、泊松过程、更新过程、马尔科夫链、连续时间的马尔科夫链、鞅、布朗运动及随机微分方程^[4]等,即便对于统计专业而言教学内容也较多。而课时有限,导致目前课堂教学模式以多媒体与板书结合传授知识信息为主,个性化教学程度不高、效果不理想^[5],更何况将这些教学内容照搬于计算机专业。

加入仿真建模的高校数量

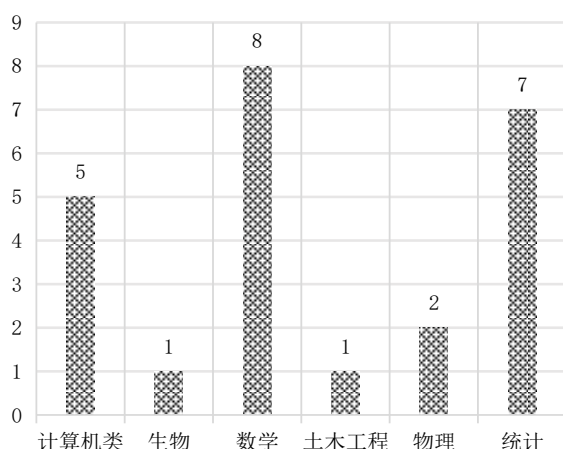


图4 专业统计图

因此在随机过程教学内容方面极大倾向于数学和统计专业,十分不利于计算机专业学生的高端人才的培养。计算机专业应该设计属于本专业的教学内容,而非稍稍删改其他专业的教学大纲后使用。

此外,由于传统随机过程教材的滞后性,经常造成教科书上的理论知识和科学技术严重脱节。因此可以引入科研成果,培养学生应用和创新能力^[6]。

另外,在调研过程中,发现不少的大纲网址页面、教授个人网页上都会附有教师的联系方式和答疑邮箱,便于师生间的答疑解惑,国外偏多,而国内的情况相对较少。值得一提的是,中国传统教育观念中,在教学中要结合学生的实际特点进行因材施教。但随着当前教学模式的不断发展,目前最适合中国教育的班级授课制较难发挥每个学生的长处。在课堂教学中,为了能够将规定的教学内容完整的传输给学生,主要采用传统传输式教学法,为学生设计统一的学习目标和学习方法,从而限制了学生的个性化发展^[7]。在这种大环境下,答疑的邮箱和联系方式是一种很好的途径,

既能拉近师生间的关系,又能在大班教学的情况下,让每一个学生能够向教师提出自己的疑惑和观点,通过教师的帮助下根据自己的兴趣和特长方向研究,从而在一定程度上帮助学生个性化发展。

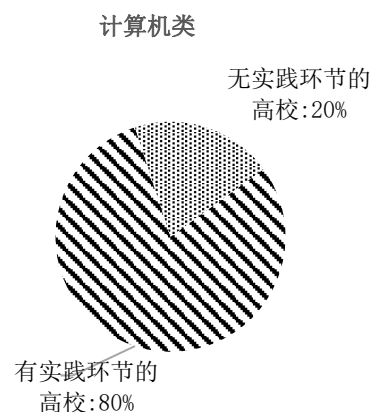


图5 计算机专业随机过程加入建模的高校占比

3.3 小结

在工程、医学、经济等众多领域,仿真建模技术已成为一项不可或缺的工具,可以帮助研究者对实际问题进行模拟和分析,提高研究效率和准确性。

然而,从调研的结果来看,随机过程中加入仿真建模部分的高校总体比例少,在调研的大部分高校的教学大纲中,仍然不包括实践的环节。尤其是在国内,采用仿真建模技术进行实验教学的高校数量远远少于国外。这不仅限制了学生的综合素质的提升,同时也影响了计算机创新人才的培养。

据调研统计,在计算机专业中,随机过程课程加入仿真部分的高校占比达到了20%,虽然在各个专业中处于领先地位,但是由于计算机专业本身的专业知识就是趋向于计算机相关,应当发挥本专业的优势,因此有待提高,同时将随机过程的教学大纲设计,提高与计算机专业其他课程的联系,能够支撑本专业的学习和研究。

4 实践教学

传统的教学模式主要局限于课堂,教师依靠演示文稿PPT以及板书等方式进行教学,教学模式较为单一,容易导致学生疲劳^[8]。此外,对于计算机专业的学生,由于大部分高校主要根据经济、金融和数学类本科生的学科需求选择素材,随机过程部分内容的计算量大,难度高,需要很好的数学基础,学习这门课的难度相较于数学专业和统计专业的学生更高。而对于计算机专业来说,学习随机过程更重要的是随机过程的一些概念思想和分析方法,而非计算本身。因此建议计算机专业的随机过程适当加入用仿真建模软件解

决问题，使用计算机来解决高难度的计算过程，同时也能学到分析方法。除此之外，布置实验的作业，考试中加入仿真的题目，也能更好的将随机过程与计算机专业相关联，便于培养计算机人才，为日后深造和研究打下基础。如在通信网络领域，学生可以自主地用随机过程和仿真软件来分析传输过程、信道衰落等实际场景。

在加入仿真建模技术的教学内容时，应该注重实践操作和案例分析，让学生通过实际操作掌握仿真建模技术的应用方法和技巧。同时，通过案例分析，可以让学生更好地理解仿真建模技术在实际问题解决中的应用场景和方法，从而提高其创新能力和解决问题的能力。

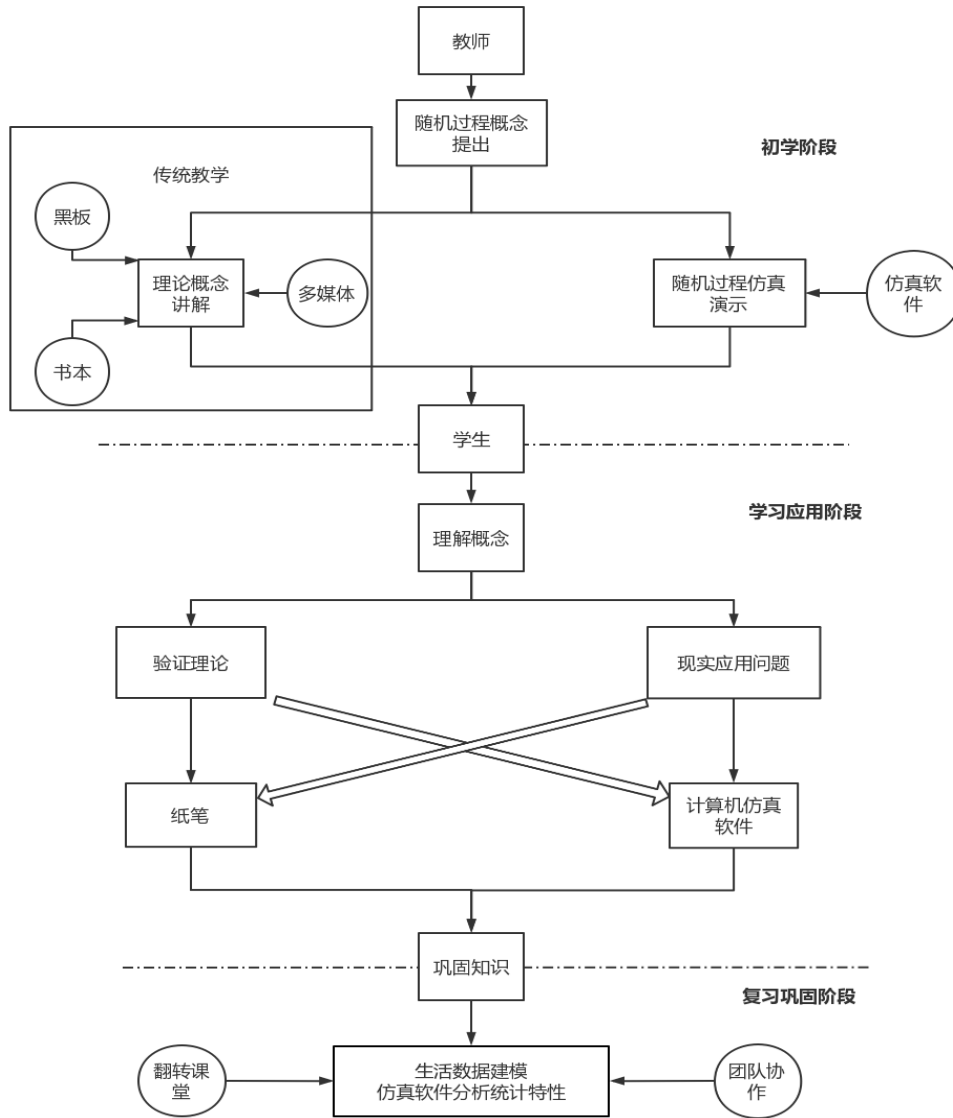


图 6 随机过程实践教学思路图

4.1 结合仿真与传统的课堂教学

由于随机过程发展快，涵盖的范围广，内容丰富，因此其教学内容较多。但这门课总学时并不多，教学任务较困难，想要在紧凑的课程安排下空出完整的课时来进行实验课更为困难。较于目前大部分高校采用

的专门拿出几节课或一个小单元作为实验课，本文将实验操作融于日常教学，这种方式能在学生遇到疑惑点时能更及时地向教师反馈，其主要分为初学阶段、学习应用阶段和复习巩固阶段，其中后两个阶段可采用采用差异化教学手段^[9]，在满足基本的教学目标后根据学生的能力和兴趣来增减难度，即因材施教。实

践教学过程中,内容形式可以以(Contemporary, Compatible, Colorful, Contest, Check)模型的思路^[10]进行,即随机过程实践教学的内容除了夯实基础,还需与时俱进;基础学习后,对学生采取差异化教学,或者设置不同难度的实践课题,让学生根据自身能力自由选取;实践教学的形式和内容生动有趣,易激起学生学习兴趣;教学过程中可以组织小型的随机过程仿真建模竞赛;在随机过程总成绩考核上适当匀出部分占比给实践实验环节。

(1) 初学阶段

在刚接触某一随机过程公式概念时,由于其本身的抽象性,导致其晦涩难懂。因此在初学阶段,以黑板、书本、多媒体辅助教师讲解理论概念的传统教学的同时,教师可以使用仿真软件根据该随机过程的概念和公式来对其进行一步一步的仿真演示,以此来作为一个学生消化概念的缓冲阶段;同时也可以让学生进行尝试,以此来及时找到学生的困难之处。

(2) 学习应用阶段

在学生消理解概念后,为巩固知识,一般会要求使用学生将所学内容解决问题,例如用纸笔书面解决现实问题和验证理论。但对于计算机专业的学生,尤其是数学基础薄弱的学生,遇到计算难度大、偏数学方向的理论验证和难题,虽然能运用相关理论,但无法获得结果,挫其锐气。长此以往,即使学生对随机过程本身产生了兴趣,也会因为这点使兴趣慢慢消磨殆尽,甚至知难而退,放弃学习这门课。因此对于那些计算难度高、数学理论要求高的难题,可以适当引进仿真软件,让计算机专业的学生运用随机过程的理论知识,通过仿真来解决实际的问题以及验证理论。

同时,在随机过程这门课中,常常会发现教师授课热情,而学生因跟不上教师的思路而没什么反应的情况,这种场景也发生在许多学术汇报中。一方面是这门课数学基础要求高,学生底子薄弱,而教师基础较学生扎实;另一方面,由于教师在上课前花费大量时间来备课,反复阅读,对于知识间的联系等早已熟透,思路清晰,而学生刚接触或初步掌握,自然无法跟上教师的思路。因此,可以在授课过程中穿插一个个小案例和小问题,让学生用仿真软件模拟,尝试回答这些现象,以此来做一个缓冲过渡阶段,便于理解知识点。

(3) 复习巩固阶段

这一阶段学生有了一定的随机过程知识基础和仿真能力,通过这些能力可以对生活中感兴趣的事或物来研究。因此,作业不仅仅可以是做题目,也可以通过调取数据、建模、分析等一系列流程来对生活中有意义、有价值的现象解读,如对某一地区疫情的数

据来建模分析和预测。当然,这类作业需要结合教师的答疑邮箱等方式来为作业在宏观上指导。这类作业不仅能增加随机过程这门课程的趣味性,激起学生的兴趣,也能极大的调动学生的动手能力和自主研究能力,有利于学生的个性化发展,不再“为了考试而学习”。除了日常作业,也可以布置“大作业”,鼓励学生进行团队合作,尝试去发现和研究计算机领域中的随机过程,共同完成仿真建模项目,增强学生的合作能力和实践能力,同时以翻转课堂的形式让团队每个成员向教师和其他团队讲解自己的思路和负责的内容,师生间互相借鉴思路等等。有利于培养全面发展的计算机人才。

5 结束语

随机过程这门课程能够为众多计算机专业理论的学习和研究提供帮助,但由于其对于数学基础有较高的要求,使得计算机专业学生在学习时较为吃力。本文通过对大量国内外优秀的高等学府调研统计,发现目前很多高校在随机过程课程教学上过于重视理论与方法的教授,随机过程与计算机专业其他课程的联系较为薄弱,大纲中加入计算机实操环节的高校数量较少。基于调研结果,本文提供了一种将传统课堂与仿真建模紧密结合的上课思路,以此尝试在随机过程教学内容众多的情况下给与学生更多的实践和体验的机会。

参考文献

- [1] 张波,徐立,潘建国,陈涛.基于产教融合的新工科人工智能教育人才实践能力培养体系建设[J].计算机教育,2023,(05):1-6.
- [2] 李苗苗,曹勇敢.统计学专业应用随机过程教学问题及对策——以周口师范学院统计学专业应用随机过程课程为例[J].中国管理信息化,2016,19(22):236.
- [3] 饶云华.自相似网络通信量及高速路由结构性能研究[D].华中科技大学,2004.
- [4] 张波,张景肖.应用随机过程[M].北京:清华大学出版社,2012.
- [5] 张新红,宋允全.应用统计学专业研究生“随机过程”教学改革初探[J].新课程研究,2020, No. 562(30):15-16.
- [6] 孙春香,李冠军.基于创新人才培养目标下“应用随机过程”教学改革探讨[J].中国多媒体与网络教学学报(上旬刊),2021(04):80-82.
- [7] 李卫快.刍议应用型计算机创新人才培养的多层态实践教学体系建设[J].数字通信世界,2020,(11):242-243.
- [8] 柏琪,许睿婧,余星星.高校“线上线下混合式教学模式”的探索与实践[J].计算机技术与教育学报,2022,10(2):75-78.
- [9] 王盛邦,韦宝典.综合型实验设计指导框架的探索与实践[J].计算机技术与教育学报,2022,10(5):81-85.
- [10] 李震宇,刘琰,谭磊,朱玛,罗向阳.基于5C模型的网络安全类课程实践教学改革与探索[J].计算机技术与教育学报,2021,9(2):111-114.