

基于计算思维模式的财经院校 《NoSQL 数据库技术》课程改革实践

庄毅 葛羽嘉

浙江工商大学计算机科学与技术学院, 杭州 310000

摘要: 面对大数据和人工智能技术的普及, 以及大数据技术人才的高需求量, 多数本科生普遍存在即使学过 NoSQL 数据库技术等课程, 也不能很好地使用新技术进行大数据技术与开发, 主要问题表现在: 1) 在知识分层和专业分类教学方面不够明确; 2) 教学内容侧重基本知识, 与专业应用和行业需求存在差距; 3) 传统教学模式不能适应大数据和人工智能技术的应用需求。根据当前《NoSQL 数据库技术》在教学中理论与实际应用存在的问题, 提出面向财经院校, 基于计算思维的《NoSQL 数据库技术》课程的新教学模式, 重点培养学生基于计算思维的思考、分析和解决复杂实际工程问题的能力。

关键词: 计算思维, NoSQL 数据库, 案例驱动

The Reform Practice of NoSQL Database Technique Course in Finance and Economics Colleges Based on Computational Thinking Mode

Yi Zhuang Yujia Ge

School of Computer Science and Technology
Zhejiang Gongshang University
{zhuang,yge}@zjgsu.edu.cn

Abstract—Faced with the popularization of Big data and artificial intelligence technology, as well as the high demand for Big data technical talents, most undergraduates can not use new technologies for Big data technology research and development even if they have learned NoSQL database technology and other courses. The main problems are as follows: 1) The knowledge hierarchy and specialty classification teaching are not clear enough; 2) The teaching content focuses on basic knowledge, and there is a gap between it and professional applications and industry needs; 3) The traditional teaching mode cannot meet the application needs of Big data and artificial intelligence technology. According to the problems existing in the theory and practical application of NoSQL Database Technology in teaching, a new teaching mode of NoSQL Database Technology based on Computational thinking for financial colleges is proposed, focusing on cultivating students' ability to think, analyze and solve complex practical engineering problems based on Computational thinking.

Keywords—Computational thinking, NoSQL database, Case driven

1 前言

随着大数据和人工智能时代的到来, NoSQL 数据库技术已经成为计算机科学、统计科学和金融科学等多个相关学科交叉融合的重要组成部分。作为一门研究和讲授非关系型数据库相关概念、方法和技术的本科生专业核心课程,《NoSQL 数据库技术》课程在“数字+”时代显得越来越重要,不仅需要学习其理论、技术和方法,更重要的是培养学生基于大数据计算

思维方式^[1], 将《NoSQL 数据库技术》课程建设成为反映计算思维与方法的专业核心课程, 以培养更多具有计算思维能力和大数据专业背景的复合型创新人才。本课程已经在我校计算机、软件工程、网络技术、电子商务、信息管理、信息安全、应用数学和统计等多个本科生专业开设, 并取得了可喜的成绩, 在此基础上, 在以计算思维模式^[2]的综合人才培养的目标下将进行持续的课程优化和改进:

(1) 《NoSQL 数据库技术》的教学大纲和实验大纲持续更新、重组、优化, 形成了以应用案例为核心, 以 NoSQL 数据库系统实验及实践为突破口, 以培养学生分析复杂工程问题的思考能力为目标的完备课程体系; 在培养效果上, 实现多样化; 并走向包括课程设计、开放实验在内的多种形式教学模式。

(2) 利用数字学习资源、电子教材等多种网络多媒体教学平台, 将现代教育技术和手段应用到教学过程中。通过多种教

* **基金资助:** 本文受浙江省优秀研究生课程《数据科学与工程》项目、基于“数字+”计算思维模式下财经院校《NoSQL 数据库技术》课程改革实践(浙江工商大学本科生教改项目)、以及“数字+”背景下财经院校《数据科学与工程》研究生课程改革实践(浙江工商大学研究生教学研究与教学改革项目)资助。

学模式,实现教学内容、教学方法、实践平台与实际应用相结合,来改善教学过程和教学质量,以及通过数据分析和智能评估工具来改善学生的学习体验。

(3)通过校企合作实验室,根据企业项目和实际应用案例,开展面向实际需求的 NoSQL 数据库技术相关研究与开发,训练和培养本科生在 NoSQL 数据库系统设计中的分析、解决问题能力。

2 计算思维模式培养

NoSQL 数据库课程是一门关于非关系型数据库的课程。它介绍了非关系型数据库的概念、架构和特点,并对如何使用它们进行数据存储、检索和管理等进行了详细的讲解。这门课程还涵盖了 NoSQL 数据库的分布式系统、数据模型、查询语言和安全性等方面的内容。学习这门课程的目的是帮助学生了解非关系型数据库的工作原理和实际应用,并能够使用它们来解决实际问题。

2006年,美国卡内基梅隆大学周以真教授提出了计算思维(Computational Thinking)的定义^[2]。周教授认为:计算思维是运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计以及人类行为理解等涵盖计算机科学之广度的一系列思维活动。在国际上,多数学者认识到计算思维在计算机技术和数据库技术中的重要作用^[3-4],并在2009年提出了以计算思维为核心的课程改革。随着大数据时代的到来,计算思维培养显得尤为重要。这不仅引起国际教育界的关注,而且引起国际科学界的关注。因此美国科学基金会启动了一个涉及所有学科的、以计算思维为核心的重大基础研究计划“计算使能的科学发现和技术创新”。该计划旨在通过计算思维领域的创新和进步来促进自然科学和工程技术领域产生革命性的成果,进一步将计算思维的培育扩展到美国的各个研究领域^[5-8]。

中国高等学校计算机基础课教学指导委员会对计算思维的培养非常重视,多次组织专家学者召开会议,探讨如何将计算思维融入到大学计算机专业教学。2010年7月,北京大学、清华大学、浙江大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、中国科技大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学在西安发表的《九校联盟(C9)计算机基础教学发展战略联合声明》,确定了以计算思维为核心的计算机课程教学改革。声明指出,必须把培养学生的计算思维能力作为计算机基础教学的核心任务,并由此建设更加完备的计算机课程体系和教学内容,促进全国高校的计算机教学改革。强调将提出、分析和解决问题的理念贯穿整个课程改革^[9-16]。

综上所述,计算思维是人的思维,是人类的一种对于问题求解的方法和途径;具备计算思维的学生,在信息活动中,就能够采用计算机可以处理的方式界定问题、抽象特征、建立结构模型、合理组织数据;通过判断、分析与综合各种信息资源,运用合理的算法形成解决问题的方案;总结利用计算机解决复杂问题的过程与方法,并迁移到与之相关的其他问题解决中。

3 存在的主要问题

面对大数据和人工智能技术的普及,以及大数据技术人才的高需求量,多数本科生普遍存在即使学过《NoSQL 数据库技术》等课程,也不能很好地承担利用新技术进行大数据技术研发,主要问题表现在:

(1)在知识分层和专业分类教学方面不够明确

目前多数高校沿用多年的以“数据科学基础+数据库原理+Python 语言”为基本框架的 NoSQL 数据库课程设置,教学内容和教学进度基本统一,没有考虑实际应用的差异和专业需求的不同。对于财经院校,没有完全体现“大商科”专业需求的差异性。各专业培养目标不同,应用计算机的范围和重点也不尽相同,在教学内容如何与各自专业应用结合方面考虑不足。

(2)教学内容侧重基本知识,与专业应用和行业需求存在差距

虽然已经加强了数据科学相关理论教学的实践操作,但课堂教学和实验案例主要侧重基本知识点的讲授和操作技能的训练,缺乏与行业应用相关、专业应用相关的综合性和设计性案例,也缺乏大型、复杂课程设计的训练。学生得不到计算思维方面的足够训练,遇到实际问题无从下手,体会不到学习的实际作用与效果,教学成了概念的堆砌和操作技能的培训,造成高校人才培养和企业需求的一定脱节。

(3)传统教学模式不适应大数据和人工智能技术的应用需求

教学内容过于理论化、实验过于理想化,理论教学与实际应用存在偏差,缺乏深入培养学生对解决复杂计算问题和任务的思考能力,没有充分考虑财经院校对大数据人才的真正需求。

不难看出,目前的教学模式培养出的本科生缺乏计算思维方面的训练,对解决复杂问题缺乏系统的分析、处理能力。因此,根据当前《NoSQL 数据库技术》在教学中理论与实际应用的偏差,提出面向财经院校,基于计算思维的《NoSQL 数据库技术》课程的新教学模式^[17],从而改变目前教学模式,重点培养学生基于计算思维的实际研究与开发能力。以大数据和人工智能为培养背景,通过引入目前流行的 Python 语言和 NoSQL 数据库技术,以及校企联合培养,逐步建立理论和实践相融的新教学体系。面向复杂工程问题,着力培养学生的 NoSQL 数据库设计和开发能力,并形成融基础理论、实验教学、实际应用为一体的整体化本科生培养机制,使学生的基础知识、工程能力和职业素质都得到全面均衡的发展,以适应大数据时代的高要求。

4 改革内容及目标

作为一门重要的专业课,《NoSQL 数据库技术》概念多、难度大、应用广、理论性强、抽象性高,面临的教学难题是如何将抽象的理论和技能,形象化地教会学生,使学生能够把理论应用到实际。针对存在的问题,对该课程进行改革,以适应大数据和人工智能等新技术的需要。

4.1 改革内容

(1)面向财经院校人才培养需求,聚焦“大商科”领域,精简教学内容:针对财经院校的应用型教学的需要,强调应用于财经领域的数据存储、管理和分析等,详尽介绍在实际应用具有重要决定作用和指导意义的重点内容,即, NoSQL 技术、Hadoop、MapReduce 开发等。

(2)基于计算思维驱动的《NoSQL 数据库技术》课堂教学模式改革:针对课程教学,构建以计算思维为主线的大型 NoSQL 数据库实验平台,进行教学和实践。将计算思维纳入课程内容,强调在实际情境下对大数据的应用与分析。通过实际大型项目和复杂案例研究,培养学生的分析和解决问题的能

力。鼓励学生进行创造性和批判性思维，探索解决大数据挑战的创新方案。促进合作与团队协作，让学生与同伴交流思想和见解。

(3) 基于大数据案例驱动的课程内容改革：利用成功和失败的经典大数据案例，以基于计算思维的 NoSQL 数据库技术课堂教学为基础，以具体的设计与实施过程为主线，利用 NoSQL 技术和 Python 语言，详细介绍数据科学的实用理论及其在实际应用中的关键技术和实施方法。在理论内容上合理分配深度、广度和难度，在实用技术上做到实用、好用、易用和会用。

(4) 适合《NoSQL 数据库技术》课程的教材编写和改进：结合适合于财经院校的自编教材与国外原版经典教材，以自主的面向大数据的复杂金融工程案例为主导的教学，确保教学方法和实践平台与主流实际应用的匹配。

(5) 建立支持《NoSQL 数据库技术》课程的完整教学环节的平台：建立多媒体、网络为核心，基于计算思维的大数据教学平台，将现代教育技术和手段应用到教学过程中。开发以计算思维驱动的面向财经院校的大数据多媒体教学软件、网上答疑系统、在线考试系统和试卷（题）库系统的特色教学软件。

4.2 改革目标

在“数字+”学科发展的大背景下，按照“教学科研型”的办学定位，以“研究型”为发展目标。针对财经院校的需求，对《NoSQL 数据库技术》课程定位如下：

(1) 面向财经院校的核心必修课，该课程主要讲述大数据的基本理论，以及 NoSQL 数据库设计技术和方法。培养学生独立从事复杂应用系统的分析和开发能力，在专业人才培养方面具有极为重要的作用。因此需要采用“计算思维案例驱动”的新的教学形式和教学手段等。

(2) 面向大二以上本科生授课，为大数据分析实现“承上启下”的总体教学目标。《NoSQL 数据库技术》是计算机、软件、信息、安全、网络、统计等专业的专业课。课程主要作用就是实现对本科生专业知识的综合与提升，帮助学生建立系统、完整的大数据处理与分析的专业理论体系，培养学生的计算思维能力。

(3) 通过“计算思维+理论+实践+应用模式”培养高水平财经特色人才。课程建设存在教学工作量大、上机实践环节重要、学生学习任务繁重等特点，为培养高水平“研究型”应用人才，需要建立 NoSQL 数据库技术的柔性课程体系；吸收产业最先进的大数据和人工智能新技术，建立动态调整模块化教学内容、组织结构和实验设计机制，使教学内容、教学方法、实践平台与实际应用有效结合，建立互动平台，实现教学结合，提高实践动手能力。

5 案例学习

《NoSQL 数据库技术》课程一个学期 48 课时，考虑将课程安排分为理论讲授、实际案例分析和项目实践三个部分。具体课时分配如下：

① 理论讲授（24 课时）：专注于 NoSQL 数据库技术的基本原理和概念，让学生掌握核心知识点。每个理论课时安排 1-2 课时。

② 实际案例分析（16 课时）：选择 4 个具有代表性的大数

据案例，分别涵盖 NoSQL 数据库技术的关键应用场景。每个案例可以安排 4 课时，包括案例介绍、案例分析、学生讨论和案例总结。这样可以让学生深入了解实际应用，锻炼分析和解决问题的能力。

③ 项目实践（8 课时）：安排一个与财经领域相关的实际项目，让学生在老师的指导下，运用所学知识进行实际操作。项目实践可以分为项目介绍（2 课时）、分组讨论和设计（2 课时）、实际操作和调试（3 课时）以及项目总结和展示（1 课时）。

这样的课时分配既能保证学生掌握基本理论知识，又能让他们在实际案例分析和项目实践中锻炼自己的动手能力和创新思维。同时，这种课程设置也有利于培养学生的团队协作精神和批判性思考能力。

在设计反映计算思维的 NoSQL 数据库案例时，重点考虑：

(1) **问题分解**：案例应让学生了解如何将一个复杂的大数据问题分解为更小、更易于管理的子问题。例如，可以设计一个案例，让学生分析一个大型电商网站的用户行为数据，找出最受欢迎的产品类别、购物高峰时段等。

(2) **数据抽象和模式识别**：案例中应涉及到识别和提取数据中的关键特征，以便进行分析。例如，学生需要从原始数据中提取用户的购买行为、时间戳等关键信息。

(3) **算法设计**：案例应该教授学生如何设计和使用算法来解决实际问题。例如，在大型电商网站用户行为分析案例中，学生可以设计算法来计算不同产品类别的销售额，以及不同时间段的购物流量。

(4) **并行和分布式计算**：为了处理大规模数据集，案例应涉及到并行和分布式计算的概念。例如，可以教授学生如何使用 MapReduce 或 Spark 等分布式计算框架来处理大规模的电商数据。

(5) **数据库技术应用**：案例应教授学生如何使用 NoSQL 数据库技术来存储和查询数据。例如，在电商网站案例中，学生可以使用 MongoDB、Cassandra 或 HBase 等 NoSQL 数据库来存储用户行为数据，并通过特定的查询语言进行查询和分析。

下面通过一个具体案例来说明计算思维的训练对《NoSQL 数据库技术》课程学习的帮助。

案例名称：大型电商网站用户行为分析

案例描述：学生需要分析一个大型电商网站的用户行为数据，包括用户购买记录、浏览记录等。数据量庞大，无法使用传统关系型数据库进行处理。因此，学生需要使用 NoSQL 数据库技术来存储和查询数据。通过这个案例，学生可以学习到计算思维在 NoSQL 数据库技术中的应用，并提高他们的实际研究与开发能力。

任务：

① 选择合适的 NoSQL 数据库技术，并设计数据存储结构。

② 设计算法来分析最受欢迎的产品类别、购物高峰时段等。

③ 使用分布式计算框架进行大规模数据处理。

④ 提取关键数据特征，进行模式识别和数据抽象。

⑤ 将分析结果进行可视化展示。

数据样例:

- 用户 ID: 用户的唯一标识符
- 产品 ID: 产品的唯一标识符
- 产品类别: 如服装、电子产品、家居用品等
- 事件类型: 购买、浏览、添加到购物车、添加到收藏夹等
- 时间戳: 事件发生的具体时间

具体分析问题:

① 热销产品分析: 找出在特定时间段(如过去 30 天)内销量最高的前 10 名产品。需要对购买事件进行统计, 按产品 ID 分组, 并计算每个产品的总销量。

② 受欢迎的产品类别分析: 计算各个产品类别的总销量, 找出最受欢迎的产品类别。需要对购买事件进行统计, 按产品类别分组, 并计算每个类别的总销量。

③ 购物高峰时段分析: 找出用户购物活跃度最高的时间段, 例如每天的特定小时、每周的特定天数等。需要将时间戳转换为小时、星期等时间单位, 然后按时间单位分组, 统计购买事件的数量。

④ 转化率分析: 计算用户从浏览到购买的转化率。需要统计每个产品的浏览次数和购买次数, 然后计算转化率(购买次数/浏览次数)。

⑤ 潜在热销产品分析: 找出被频繁添加到购物车但购买次数较少的产品。这些产品可能具有潜在的市场需求。需要统计每个产品的购物车添加次数和购买次数, 然后筛选出购物车添加次数高但购买次数低的产品。

为了对这些数据进行分析, 需要从原始数据中提取关键信息, 如用户 ID、产品 ID、产品类别、事件类型和时间戳。然后, 使用 NoSQL 数据库技术(如 MongoDB、Cassandra 或 HBase)进行存储和查询数据。实验步骤:

① 数据预处理和清洗: 对原始数据进行清洗, 消除异常值和重复数据。同时, 确保数据中的关键字段(如用户 ID、产品 ID、产品类别等)格式正确且统一。

② 数据导入 NoSQL 数据库: 选择合适的 NoSQL 数据库, 将清洗后的数据导入。根据所选数据库的特点, 设计合适的数据存储结构。例如, 如果选择 MongoDB, 可以将数据存储为 JSON 格式的文档。

③ 查询与分析: 根据具体分析需求, 使用 NoSQL 数据库提供的查询语言进行数据查询和统计。例如, 在 MongoDB 中, 你可以使用聚合管道查询来对数据进行分组、计数等操作。

④ 分布式计算框架应用: 如果数据量非常大, 可以使用分布式计算框架(如 MapReduce 或 Spark)对数据进行处理和分析。这些框架可以充分利用计算资源, 加快数据处理速度。

⑤ 结果呈现和可视化: 将分析结果以图表、报告等形式进行可视化呈现, 以便向决策者传达关键信息。可以使用可视化工具(如 Tableau、Power BI 等)或编程库(如 Python 的 Matplotlib、Seaborn 等)进行可视化。

在整个过程中, 重点关注:

- 确保数据的完整性和准确性, 在进行分析前对数据进行充分的清洗和预处理。

- 根据具体分析需求选择合适的 NoSQL 数据库, 设计合理的数据存储结构。

- 根据所选 NoSQL 数据库的特点, 熟练掌握其查询语言和功能, 以便进行有效的数据查询和分析。

- 当数据量较大时, 考虑使用分布式计算框架进行数据处理, 以提高计算效率。

- 将分析结果进行可视化展示, 以便向决策者传达关键信息。

通过以上步骤, 能够充分利用 NoSQL 数据库技术, 有效地对大型电商网站的用户行为数据进行分析。在具体分析案例相关内容时, 可以使用“问题链”设计来引导学生自主学习和思考:

① 请考虑下大型电商网站中, 用户行为数据是如何产生和收集的?

② 在电商网站的用户行为数据中, 我们通常关注哪些关键信息, 如用户 ID、产品 ID 等? 请解释这些信息的重要性。

③ 请思考一下, 为什么传统关系型数据库不适用于存储和处理大型电商网站的用户行为数据? NoSQL 数据库有哪些优势?

④ 在分析大型电商网站的用户行为数据时, 我们可能关心哪些问题, 如热销产品、购物高峰时段等? 请列举一些你感兴趣的分析问题。

⑤ 选择一个你感兴趣的分析问题, 尝试画出程序流程图。在这个过程中, 请思考如何使用 NoSQL 数据库技术进行数据存储和查询。

⑥ 根据你所选的分析问题, 如何利用分布式计算框架(如 MapReduce 或 Spark)进行大规模数据处理? 请简要描述你的思路。

⑦ 在进行分析过程中, 你可能会遇到哪些问题, 如数据清洗、数据预处理等? 请谈谈你是如何解决这些问题的。

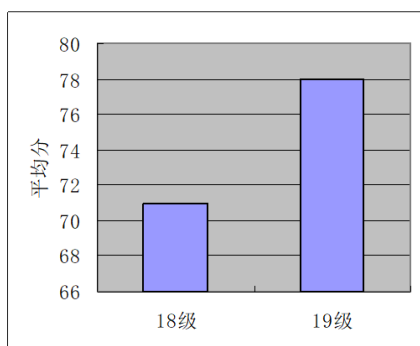
⑧ 请尝试使用你所学的知识, 设计一个完整的大型电商网站用户行为数据分析项目。请简要介绍你的设计思路和实现步骤。

通过这样的问题链设计, 引导学生从简单的问题开始, 逐步深入到复杂的分析问题。这种设计方式有助于学生掌握 NoSQL 数据库技术在大型电商网站用户行为数据分析中的应用, 并提高他们的实际研究与开发能力。同时, 问题链设计也有利于激发学生的学习兴趣 and 积极参与, 从而提高教学效果。

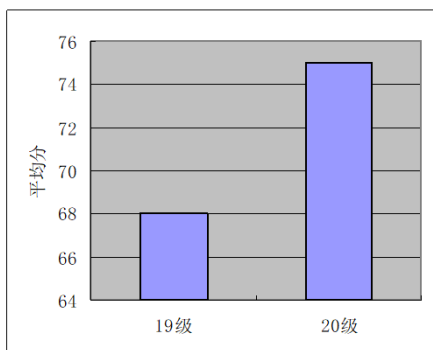
6 成效比较

本节对基于计算思维模式培养的课程改革效果作比较。比较对象分别是本校软件工程专业 18 级和 19 级学生, 以及大数据专业 19 级和 20 级学生。比较数据分别来自上述两个专业学生的《NoSQL 数据库技术》课程设计成绩。其中, 软件工程专业 18 级和大数据专业 19 级学生尚未进行计算思维方面的训练。软件工程专业 19 级和大数据专业 20 级学生则进行计算思维方面的系统培训。

课程综合成绩对比如图 1 所示, 课程综合成绩由理论成绩和实践成绩组成。从图中不难看出, 对于两个专业进行过计算思维训练的学生, 开发大型复杂 NoSQL 数据库系统的能力(包括开发时间、系统开发质量等)要明显强于其他学生。从课程设计的平均成绩可以看出, 训练过的学生要高于未训练的学生。因此, 计算思维的养成对于大型复杂的 NoSQL 数据库设计与开发会有明显的促进作用。



(a) 软件工程专业



(b) 大数据专业

图 1 本课程成绩比较

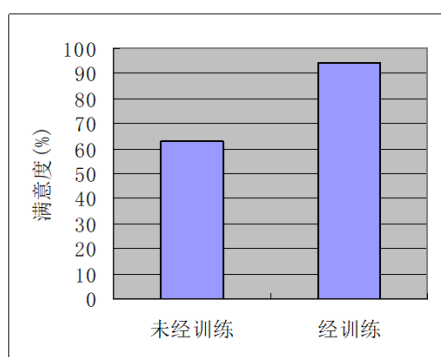


图 2 学生满意度调查比较

除此之外，为了了解学生对课程改革的看法和意见，如图 2 所示，我们对 100 名经过计算思维训练的学生和 100 名未经训练的学生进行了调查和统计后，发现经过计算思维训练的学生对该课程的满意度(93%)要远高于未训练的学生(64%)。说明经过计算思维模式训练的学生，在 NoSQL 数据库开发和应用上有更强的专业能力，从而使得他们对该课程的学习有更大的收获。

7 结束语

在大数据和人工智能的大背景下，传统数据库原理课程必须与时俱进，迎合大数据和人工智能时代的需求。本文通过引入最新的 NoSQL 数据库技术，以计算思维为导向，以大型复杂应用系统案例为驱动，提出了一种强化计算思维能力的《NoSQL 数据库技术》课程改革方案。不难看出，本课改方案具有如下主要特色与创新之处。

① 计算思维思想的引入

改变 NoSQL 数据库技术传统“狭义工具论”的思想，让学生理解计算思维的概念，构建计算思维能力培养的 NoSQL 数据库技术课程体系，培养学生对计算环境的认识，培养面向典型计算环境的复杂问题求解方法，养成用计算思维方式解决专业问题。

② 教学方法的新突破

在教学方法上，采取面向大数据的计算思维案例驱动、问题驱动、针对财经院校任务驱动的方式，改变教师演示、学生模仿的机械方式，在商务、经济、旅游等数据分析项目中，以案例演示，从问题出发，辅任务驱动，通过问题的逐步求解和分析，使学生直观地了解和掌握相应计算机技术、理念与方法，培养学生解决复杂问题或构建系统的能力。

参考文献

- [1] 范文翔, 张一春, 李艺. 国内外计算思维研究与发展综述[J]. 远程教育杂志, 2018, 36(2): 3-17.
- [2] Wing J M. Computational thinking[J]. Communications of the ACM, 2006, 49(3): 33-35.
- [3] 郁晓华, 肖敏, 王美玲. 计算思维培养进行时: 在 K-12 阶段的实践方法与评价[J]. 远程教育杂志, 2018, 36(2): 18-28.
- [4] 陈少波. 大学计算机课程中学生计算思维能力的培养[J]. 电脑知识与技术, 2021, 17(35): 184-185, 198.
- [5] 姚璐. 基于计算思维的大学计算机基础课程的教学改革研究[J]. 科技视界, 2021, 2(35): 22-23.
- [6] 肖卓宇, 黎妍. 计算思维导向下的 Python 数据分析教学改革研究[J]. 计算机时代, 2021(12): 121-124.
- [7] 肖锋, 辛大欣, 耿朝阳. 计算思维培养为核心的教学模式研究与实践: 以“数据库原理与应用”课程为例[J]. 现代教育技术, 2015, 25(7): 49-55.
- [8] 林旺, 孙洪涛. 基于软件应用的计算思维能力培养教学设计[J]. 中国电化教育, 2014(11): 122-127.
- [9] 张立国, 王国华. 计算思维: 信息技术学科核心素养培养的核心议题[J]. 电化教育研究, 2018, 39(5): 115-121.
- [10] Silapachote P, Srisuphab A. Teaching and learning computational thinking through solving problems in artificial intelligence: On designing introductory engineering and computing courses[C]. Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering. 2016: 50-54.
- [11] Standl B. Uniting computational thinking problem solving strategies with MIT inventor[C]. Proceedings of the 9th International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives (ISSEP). 2016: 60-63.
- [12] 张进宝. 计算思维教育: 概念演变与面临的挑战[J]. 现代远程教育研究, 2019, 31(6): 89-101.
- [13] 李贤阳, 杨志坚. 基于计算思维的问题导学型教学模式研究[J]. 教育与职业, 2015(33): 87-89.
- [14] 范雅惠, 刘德山, 魏迪, 等. 用问题驱动教学模型实施计算思维教学的应用与实践[J]. 计算机教育, 2016(1): 90-93.
- [15] 张山, 吕英俊, 李滢璐, 等. 面向计算思维的问题导学型数字逻辑课程教学研究[J]. 中国现代教育装备, 2021(21): 114-116, 119.
- [16] 刘唤唤, 葛斌, 陈辉. 非计算机专业《计算思维导论》教学方法的探讨与实践[J]. 《计算机技术与教育学报》, 2021, 9(1): 46-48