

# 面向服务的计算教育学初探

胡 泉<sup>1</sup>, 陈增照<sup>2</sup>, 李 源<sup>3</sup>, 邓 为<sup>1</sup>

<sup>1</sup>华中师范大学人工智能学部, 湖北省教育信息化研究实验室, 湖北 武汉

<sup>2</sup>华中师范大学人工智能学部, 国家数字化学习工程技术研究中心, 湖北 武汉

<sup>3</sup>华中师范大学计算机学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2022年8月21日; 录用日期: 2022年9月21日; 发布日期: 2022年9月28日

## 摘 要

计算教育学是在以计算机和先进信息网络为基础环境下, 研究以大数据为支撑的个人与群体的学习和教学行为, 建立面向教育全过程的数学模型; 计算教育学是以量化教育数据为研究对象, 以计算为主要研究方法的新兴学科。服务科学是科学, 其研究对象是服务关系、服务过程和服务系统。因为服务系统中有物也有人, 所以服务科学兼具自然科学和社会科学的特性, 是一种交叉学科。该文综合运用自然科学与人文社会科学的研究方法, 着力探索多学科深度交叉融合、联合攻关的新方法、新模式, 将计算教育学与服务科学有机结合, 开拓“面向服务的计算教育学”研究的新领域、新方向、新发现, 以促进“面向服务的计算教育学”研究中规律性和机制性的理论突破, 发展面向未来教育的颠覆性新方法、新技术与新应用。

## 关键词

教育学, 计算教育学, 服务科学, 大数据, 面向服务的计算教育学

# A Preliminary Study of Service-Oriented Computational Education

Quan Hu<sup>1</sup>, Zengzhao Chen<sup>2</sup>, Yuan Li<sup>3</sup>, Wei Deng<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Artificial Intelligence Education/Hubei Research Center for Educational Informationization, Central China Normal University, Wuhan Hubei

<sup>2</sup>Department of Artificial Intelligence Education/National Engineering Research Center for E-Learning, Central China Normal University, Wuhan Hubei

<sup>3</sup>College of Compute, Central China Normal University, Wuhan Hubei

Received: Aug. 21<sup>st</sup>, 2022; accepted: Sep. 21<sup>st</sup>, 2022; published: Sep. 28<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Computational education is based on computer and advanced information network environment,

文章引用: 胡泉, 陈增照, 李源, 邓为. 面向服务的计算教育学初探[J]. 教育进展, 2022, 12(9): 3619-3628.

DOI: 10.12677/ae.2022.129554

studying the learning and teaching behavior of individuals and groups supported by big data, and establishing a mathematical model for the whole process of education. Computational education is a new subject with quantitative educational data as its research object and computation as its main research method. Service science is a science, and its research objects are service relationship, service process and service system. Because there are things and people in the service system, service science is an interdisciplinary subject with the characteristics of natural science and social science. This paper comprehensively uses the research methods of natural science and humanities and social science, focuses on exploring new methods and models of deep interdisciplinary integration and joint research, organically combines computational education with service science, and explores new fields, new directions and new discoveries of "Service-oriented Computational Education" research to promote the theoretical breakthrough of regularity and mechanism in the research of "Service-oriented Computational Education", and to develop new subversive methods, new technologies and new applications for future-oriented education.

## Keywords

Education, Computational Education, Service Science, Big Data, Service-Oriented Computational Education

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着大数据和人工智能技术在教育研究领域中的广泛应用,以个体教育数据为主的实证研究正在逐步向以海量关系数据挖掘的新范式推进。另一方面,自然生成的教学行为数据为提高教育研究的客观性和可检验性提供了新的方法和途径;计算模拟实验、虚拟技术等也为实现教育研究的可重复性提供了新的方法和可能。为实现教育体系中必要环节的智能化,满足新时代对教育的个性化与公平性相协调的需求,急需建构更为全面科学的教育数据模型,开展更多基于复杂算法的精准教育预测的跨学科研究[1]。在此内、外动因推动下李未院士于2014年在分析如何提高高等教育质量核心问题时,提出了计算教育学的概念。以数据为基础,以计算为手段的计算教育学为高效地推动智能技术应用于教育研究提供有力的新工具和新方法,从而推动了对教育教学内在机制的深度探索,构建新时代中国教育研究科学化和系统化的理论体系,实现教育问题的精准定位、智能分析与科学治理,满足新时代对教育的个性化与公平性相协调的需求[2]。计算教育学的诞生响应了教育研究科学化发展的需求,促进了现有教育研究范式与自然科学范式融合的发展趋势,为教育领域的实证研究提供了有力的新方法工具,助力研究者获得对教学行为和认知规律更深刻的理解[3]。本文在简单分析当前关于计算教育学的几个关键问题的基础上,提出了“面向服务的计算教育学”的新概念,并研究了面向服务的计算教育学的部分主要内容。

## 2. 目前计算教育学主要研究内容

计算教育学是在以计算机和先进信息网络为基础环境下,研究以大数据为支撑的个人和群体的学习和教学行为,建立面向教育全过程的数学模型[1];计算教育学是以量化教育数据为研究对象,以计算为主要研究方法的新兴学科[2]。计算教育学的研究与应用发展将进一步合理优化教育环境、优化教育配置,并进一步共享优质教育资源,全面而均衡地实现教育的规模化共享、个性化学习和创新性培养[4]。计算

教育学是一门融合教育学、计算机科学、教育技术学、信息科学、数学、社会学、心理学、脑科学等众多多个相关学科的现代教育科学。如图 1 所示，计算教育学的学科本质是跨领域特征，其主要特点是跨学科性贯穿于它的各个环节，其主要研究目标是综合分析复杂而动态变化的教育系统，逐步揭示教育现象和教育规律[5]。计算教育学基于数据密集型的研究方式，解释信息时代的教育活动与教育问题，揭示教育复杂系统内在机制与运行规律的新兴交叉学科[6]。

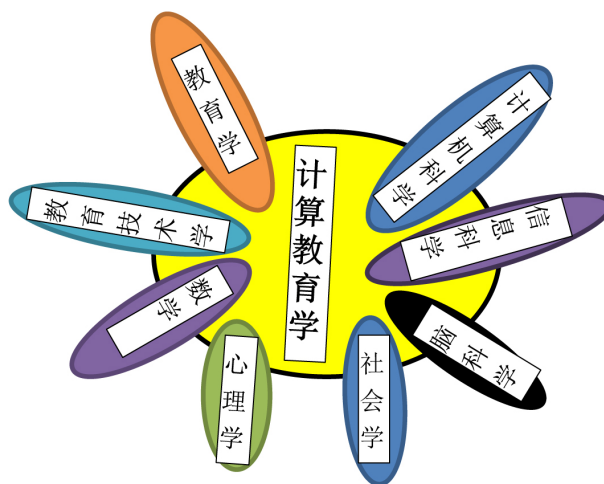


Figure 1. Interdisciplinary and interdisciplinary characteristics of computational education

图 1. 计算教育学的跨学科、跨领域特征

目前广大从事教育工作及其科学研究者正在从计算教育学的主要研究对象，计算教育学的主要研究目的，计算教育学的主要研究基础，计算教育学的基本性质、基本构件和基本要素，计算教育学的进路，计算教育学的主要研究方法与教育研究范式等诸多方面对计算教育学进行广泛的研究与讨论。

### 1) 计算教育学的主要研究对象

现代教育学的研究对象是人类社会的一切教育现象、教育问题和教育规律。

由于计算教育学起源于教育大数据和对教育数据的分析，所以计算教育学的重点研究对象应该是教育大数据。或者说运用计算机技术(包括大数据、人工智能、互联网等)来研究教育现象、教育问题与教育规律和教育管理，无论是个人还是群体、线上还是线下的教学活动，都需要首先转换为教育数据才有可能成为可供计算教育学分析、研究的对象。

### 2) 计算教育学的主要研究目标

教育信息科学的主要特点就是其研究问题的精确性和严密性，教育信息科学发展的更高级阶段就成为计算教育学，所以计算教育学的主要研究目标就是着力于精确、精准解决教育的复杂性和系统性难题，构建一整套关于教育全过程的系统 and 模型。这就是说计算教育学的研究目的就是要构建一套较为完整、精确或精准的教育理论[1] [5]。

### 3) 计算教育学的主要研究基础

随着信息技术发展，机器学习、特别是深度学习的研究与应用，促进了自然语言处理在字、词、句方面的自动识别、自动分析与自动理解的广泛研究，并得到较好的应用，计算机视觉处理技术也得到广泛使用；随之智能教学设计、智慧课堂、智慧教室、智慧校园得到迅速发展。在此基础上的教育大数据迅猛发展，教育大数据的应用在教育领域逐步产生了重大效果，同时为计算教育学的研究与发展提供了强有力的基础[4]。

信息技术的高速发展致使教育数据的日益膨胀,网络教室、智慧教室所产生的大量课堂网络痕迹、课堂音视频、以及可穿戴设备所产生的海量大数据,急需依靠系统的教育理论,开展综合性、系统性的教育统计、分析与评测,并从多侧面和多维度地为教学发展服务,包括为教师进一步提高教学质量,为学生更好地提高学习效率和学习质量提供有效的参考。高效地利用日益膨胀的教育大数据,通过系统计算、统计、分析与评测现有的教育大数据为教学发展服务,成为计算教育学的产生与研究发展的重要基础[1][6]。

#### 4) 计算教育学的基本性质、基本构件和基本要素

目前诸多学者讨论、研究的第一个共识是:计算教育学的基本性质或者说其基本属性仍然是教育学。从“信息科学”的角度来分析,计算教育学中的“计算”包含了信息学的“方法”、“路径”和“动力”等基本性质与基本功用。作为“方法”的“计算”,是“量化研究”的基本方法和典型方法;作为“路径”的“计算”,是“方法”所造就的任何“方法”本身,都构成了一条“路径”,既是通往问题发现、问题解决的路径,也是通向某一教育研究领域或教育学科的门径[5]。这一路径对于“计算教育学”的价值表现为:没有“计算”方法,就不可能存在“计算教育学”;作为“动力”的“计算”,利用大数据驱动着教育改革与教育学理论的重建[1][6][7]。

目前诸多学者讨论、研究的第二个共识是:计算教育学的基本构件和基本要素包括有学科的制度实体、学科的基本思想内容、学科的基本概念和学科的基本特点。其中,“学科的制度实体”主要是指学科制度层面的内容,如课程、教学内容、教学机构、教师席位、教师职称、教师学位、学科代码等等;学科的基本思想内容是针对该学科特定的基本研究对象、基本教育现象、基本概念和明晰的基本问题;学科的基本概念是指与“计算教育学”相关的基本概念,由于不同的学科、不同的研究者,各自对“教育”这一概念都有不同的认识和理解,所以“计算教育学”中关于“教育”的基本概念和特定内涵到目前为止,还没有形成一致的概念和统一的认识,这属于需要进一步广泛而深入研究的基本概念;学科的基本特点是体现人类认识和知识的公共性,学科是人类共同财产,是人类的公共思想文化平台。因此计算教育学的学科基本特点也属于需要进一步广泛而深入研究的重要问题之一[1][4][5]。

#### 5) 计算教育学的主要研究方法

教育学科发展到今天,其研究方法可以划分为定性研究法、定量研究法和综合研究法。传统教育学主要采用定性研究方法,该方法是一种早期的通用方法,早期教育问题是通过观察来分析、理解问题。例如在自然环境下,运用现场实验、开放式访谈、参与观察和个案调查等方法,对所研究的现象进行长期深入、细致的分析,在此基础上建立假设和理论,并通过证伪、相关检验等方法对研究结果加以检验。在定性研究范式之下,还可以有通用的文献分析法、实证研究法、个案调查法、理论研究法等具体方法。这种模糊性的教育学研究方法有其时代优势,但其主要缺陷是缺乏问题的精准说明和精确描述[1][8]。

随着社会的发展,教育也得到迅速发展,教育问题越来越多,定性研究式的模糊研究方法已经不能完全适应时代的教育发展,所以出现了定量研究方法。定量研究法是事先建立研究假设,然后进行严格的研究设计,按照预定程序收集资料并进行数量化分析,用数字或量度表达研究结果,并对假设进行检验的一种研究方法。可见定量研究法是重在对事物可量化的特性进行测量和分析,以检验事先建立的研究假设的可靠性[1][4][5][6][7]。

计算教育学的跨学科领域特征,决定了其研究者必须采用基于数据及其相关的研究方法为研究者研读大数据、理解数据背后的含义。研究者需要了解各种与教育相关的数据特征及其有关的研究工具,结合教学场景的实际情况,研究出合理而具有实际意义的分析与解释。目前,信息技术在教育场景中的深度应用,为计算教育学的研究与实践带来了道德与伦理方面的严峻挑战,因此计算教育学在其发展初期,就必须关注人工智能与大数据技术在教育领域的应用,建立计算教育学的研究方法及其相应的规范与标准[1][4][6]。

## 6) 计算教育学的研究发展

随着以大数据与人工智能为代表的信息技术的快速发展,数据与计算分析等逐渐成为描述自然现象和社会现象的主流方式,计算教育学作为一个新兴的交叉研究领域受到国内外学者的广泛关注。现在已有多篇探讨计算教育学的内涵、立场、范式、体系、发展路径的研究成果论文发表。这些研究成果中具有许多前瞻性与启示性的思想观点。《计算教育学:内涵与进路》一文提出了包括计算教育伦理、教育主体计算、教育情境计算、教育服务计算等相关内容的计算教育学的知识体系,以及在教育评价、教育服务、教育治理、教育决策等方面的应用前景,这些都是饱含着智慧的、富有启发性的新观念与新思想[2]。

2009年,拉泽(D. Lazer)等研究者首次提出“计算社会科学”(Computational Social Science)的概念,认为计算社会科学能够在各个维度对大数据进行充分挖掘与分析[9]。经过十余年的研究探索与发展,随着新兴技术与各社会科学领域的深度融合,计算社会科学下的各个分支学科开始逐步走向成熟[10]。与此同时,大数据、人工智能等新兴技术的发展,也在逐步改变教育领域的实践,以个体数据为主的实证研究逐步向以海量关系数据挖掘的新范式推进[11]。2014年,李未院士提出要将教育科学的研究范式从基于定性和经验,转变为基于大数据、计算、模型的定量和精确分析[3]。随后,一些研究者对计算教育学的定义、研究对象、研究内容、研究方法以及学科建设等诸多方面进行了深入探讨。在计算教育学定义层面,研究者均认同:计算教育学与传统的定性、定量教育研究范式在数据特征、数据获取、研究路径等方面存在绝对的差异[1][4][5][6]。

目前,学术界主要是在计算教育学的研究对象方面存在较大的争鸣。有研究者认为,计算教育学是“通过技术赋能,基于数据密集型的研究范式,以解释信息时代的教育活动与问题,揭示教育复杂系统内在机制与运行规律的新兴交叉学科[11][12]。其核心是将教育各要素及要素之间互动过程进行量化,以达到对教育学领域中各种现象、行为数据进行采集、分析、建模、解读、预测等目的[12]。但是,也有研究者针对教育的特殊性,认为计算教育学不能过分强调对教育对象、教育内容、教育现象的可计算性,否则就会陷入还原主义的怪圈[1][13],为避免这一问题的发生,计算教育学的研究对象只能是教育大数据本身。

在计算教育学的研究内容层面,刘三女牙教授按照创新人才培养目标,将计算教育学的研究内容划分为计算教育伦理、教育主体计算、教育情境计算、教育服务计算等四个方面[2][6]。王晶莹等研究者使用UCINET进行凝聚子群分析,发现当前计算教育学主要围绕教育学规律、认知与行为模拟、学习动机和情感参与、师生人格和性别等四个主题进行研究,并将这四个主题细化为包含38个关键词的研究图景[12]。

刘三女牙、杨宗凯教授等研究认为:计算教育学作为一个新兴的教育学科,其发展方向是教育科学研究范式的转变、社会发展的需要与技术的进步等方面共同作用的产物,面临着社会伦理、数据获取与量化困难、跨学科人才缺乏与培养等五个方面的问题[2][6]。

郑永和等在“计算教育学论纲:立场、范式与体系”一文中认为:计算教育学的突围将为我国教育学发展提供重要机遇,突破目前教育学研究存在的局限性,构建教育学全新的研究路径,大力推动教育学认知体系的结构化变革。为满足计算教育学科学而有序发展的需求,实现以学科建制的方式进一步推动计算教育学的体系化发展,结合我国发展现状,提出知识建构与社会建构共同发展的路线,理论研究与应用实践并举的生态建构发展思路[1]。

计算教育学的诞生响应了教育研究科学化发展的需求,促进了现有教育研究范式与自然科学范式融合的发展趋势,为教育领域的实证研究提供了有力的新方法,助力研究者获得对教学行为和认知规律更深刻的理解。计算教育学作为一个新兴的研究领域,具有极大的创新潜力和应用前景,需要进一步对该领域的热点动态、发展脉络进行更加直观、全面的研究。总而言之,形成研究规范与研究方法论,形成与技术相适配的计算教育学的研究体系,制定包括研究问题、研究设计、数据采集与分析、解释与

理论构建、研究评价与伦理等各环节的规范与标准,有助于跨学科领域的研究者积极投身到计算教育学的研究之中,保障计算教育学研究与实践的有序而健康发展[11][13]。

### 3. 服务科学与面向服务的计算教育学

#### 3.1. “面向服务的计算教育学”的教育服务科学与教育服务计算

教育服务科学(*Education Service Science*)是科学,其研究对象是教育服务关系、服务过程和教育服务系统。因为服务系统中有物也有人,所以教育服务科学兼具自然科学和社会科学的特性,是一种交叉学科。由于服务科学主要是在信息技术快速发展与广泛应用的基础上产生的,新的服务模式和实践不断涌现,教育服务科学的知识正处在快速发展与增长过程中,所以教育服务科学是一门新兴的交叉学科。因此,研究“面向服务的计算教育学”的教育服务科学重点是研究教育服务计算和“面向服务的计算教育学”的服务体系结构[14]-[30]。

教育服务计算(*Education Service Computing, ESC*)针对教学主体的差异性以及教学需求的多样性,以智能导学、精准推荐、群体互助、精细评价等需求为牵引,提供个性化的学习规划、学习资源、学习活动、教学工具与服务等,是实现人才培养目标的重要依托。教育服务计算研究知识供给服务机制、领域知识图谱服务和可视化服务机制,以及如何将碎片化服务知识资源进行聚合与智能化处理等。教育服务计算还研究个性化学习服务路径规划、自适应学习服务诊断,以及服务有效性的评价和服务优化策略,解决学习者的服务需求与学习服务的精准匹配;研究智能服务导师、教育机器人及其教育机器人的问答服务系统等,实现更加智能化的个性化学习服务[18][19][20]。

作为计算教育学的实践者,更需要适应新的形势变化,在继承与发展的基础上,构建“面向服务的计算教育学”体系,以提高我国计算教育学综合性专业人才培养的质量。

#### 3.2. “面向服务的计算教育学”的教育服务体系结构

“面向服务的计算教育学”的教育服务体系结构实质上是一个教育服务组件模型,致力于将教育业务功能保持一致的应用系统,并将技术服务作为设计、构建和编排组合教育业务流程,以利于解决教育服务方案的基本单元。教育服务体系结构的真正价值体现在将可重用的服务,灵活组合编排在一起构建敏捷而灵活的教育业务流程,即在不同教育环境中构建教育业务的服务功能,将教育服务组装成有价值、更高级别的业务流程和解决方案的平台。

本文设计的“面向服务的计算教育学”的教育服务体系结构如图2所示。

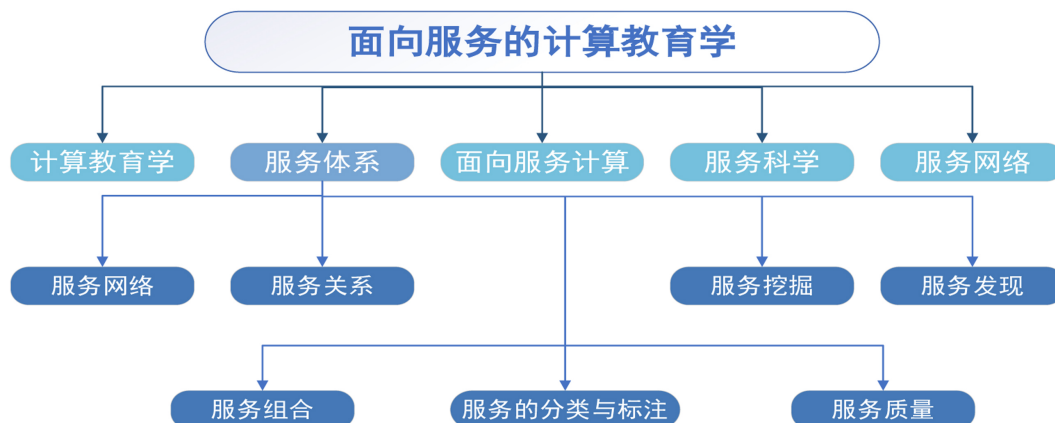


Figure 2. The basic architecture of a service-oriented computational education architecture  
图2. 面向服务的计算教育学体系结构的基本架构

### 3.3. “面向服务的计算教育学”的教育服务网络(*Education Service Network, ESN*)

“面向服务的计算教育学”的教育服务网络 *ESN* 是关于 Web 上可用服务的社会网络, 核心是带有丰富语义信息的教育服务和教育服务间的交互关系。

**定义 2.1** “面向服务的计算教育学”的教育服务网络 *SN* 可以形式化的定义为:

$$ESN(V, E) = Graph_{SN}(V_{SN}, SR_{SN}),$$

其中,

$$V_{SN} = \{Abstract\ Web\ Services\} \cup \{Actual\ Web\ Services\}, SR_{SN} = V_{SN} \times V_{SN}.$$

即 *SN* 是以教育服务为结点, 教育服务关系为边的社会图(*Social Graph*), 教育服务结点是用于描述 *Web* 服务及其特征的、良好定义的“面向服务的计算教育学”教育本体模型, 分为“抽象教育服务结点”(*Abstract Web Service*)和“具体教育服务结点”(*Actual Web Service*)。

### 3.4. “面向服务的计算教育学”的教育服务体系

由图 2 可知, “面向服务的计算教育学”的教育服务体系包括有教育服务网络、教育服务关系、教育服务关系的挖掘、教育服务发现、教育服务组合、教育服务质量等等。

#### 1) “面向服务的计算教育学”的教育服务关系(*Education Service Relation, ESR*)

“面向服务的计算教育学”的教育服务是一种带有丰富语义信息的服务和服务间的交互关系。教育服务关系是良好定义的、建立在服务交互和事务上下文基础上的二元关系, 描述了教育服务之间的功能性和非功能性约束; 教育服务关系是一种社会化的、计算教育类的交互关系, 是关于 *Web* 教育服务间接触、联络、关联、群体依附和聚集等方面的关系数据, 它们把一个教育服务与另一个教育服务联系在一起, 形成基于教育服务关系的 *Web* 教育服务生态系统。教育服务关系可以形式化描述如下:

**定义 2.2** 教育服务关系是从教育服务结点  $V_i$  到  $V_j$  的(有向)边, 代表了教育服务之间操作上、结构上或语义上的约束与关联。记作

$$ESR_{Type}(V_i, V_j),$$

其中,

$$V_i, V_j \in V_{SN}, Type = \{exa, plu, sub, sim, seq1, seq2, pre1, pre2, Community, MemberOf, Nonfunctional\}.$$

#### 2) “面向服务的计算教育学”的教育服务关系挖掘

教育服务关系挖掘是从大量的 *Web* 服务中识别和获取对“面向服务的计算教育学”有意义的、有关语义交互和逻辑约束的教育知识, 挖掘这些教育服务之间的关联关系。对于“面向服务的计算教育学”而言, 教育服务关系挖掘需要完成以下三个功能:

1、挖掘抽象参数(*Abstract Parameter, AP*)关系: 不同教育本体标注的抽象参数概念, 通过挖掘程序将相同的概念合并, 在合并过程中, 在“面向服务的计算教育学”中的不同领域本体(*Domain Ontology*)之间建立联通桥梁, 并减少教育服务网络的冗余。

2、挖掘抽象接口(*Abstract Interface, AI*)关系: 以教育领域本体为基础, 借助本体推理等手段, 挖掘抽象服务/接口之间的关联关系, 同时将“面向服务的计算教育学”中相同领域的抽象服务聚类, 以及描述相同功能的抽象服务合并, 形成相互交叉的抽象服务聚类。

3、推理出具体的教育服务之间隐含的教育服务关系, 这是最主要的功能。

#### 3) “面向服务的计算教育学”的教育服务发现(*Education Service Discovery, ESD*)

教育服务发现是“面向服务的计算教育学”研究模式中的核心任务之一，是发现与“面向服务的计算教育学”目标服务相关的教育服务关系或教育服务流。可以通过以下两种方法将教育服务关系引入到教育服务发现的过程中：

1、利用等价、相似等关系在 *ESN* 中发现与“面向服务的计算教育学”的目标服务相关的教育服务，在保证查准率的前提下，可以提高查全率和查找的效率；

2、充分利用前驱、后继等关系，如果在 *ESN* 中查找不到能满足“面向服务的计算教育学”的用户请求的单一服务时，但能在 *ESN* 中查找到可满足“面向服务的计算教育学”的用户需求的服务链，也可以认为查找到了满足“面向服务的计算教育学”的用户需求的服务。

#### 4) “面向服务的计算教育学”的教育服务组合(*Education Service Composition, ESC*)

上述“面向服务的计算教育学”的“服务发现”过程，已经为其提供了最基本的教育服务组合能力，但只有充分利用服务关系与服务关系之间的推理和演算，从 *ESN* 中查找到可满足“面向服务的计算教育学”的用户需求的服务链，其服务功能才能够充分发挥出来。所以“面向服务的计算教育学”的教育服务组合就是充分地利用广泛分布于网络上的教育服务，将其组合起来协同工作完成一个整体任务。可以有两种教育服务组合策略：

**1、静态组合：**静态组合是在设计时基于教育服务组合和编排规范，静态地汇集多个教育服务构建“面向服务的计算教育学”的业务服务流程。

**2、动态组合：**动态组合是在人工智能(*AI*)和语义 *Web* 技术基础上，动态地组合可满足“面向服务的计算教育学”需求的教育服务流程。可以采用形式语言和本体来对教育服务的所有相关方面进行语义描述，从而有助于通过 *Web* 进行“面向服务的计算教育学”的服务的自动发现、汇聚组合和调用，也可以利用 *AI* 规划技术来自动地发现和组合 *Web* 教育服务。

#### 5) “面向服务的计算教育学”的教育服务质量(*Quality of Education Sevices, QOS*)

“面向服务的计算教育学”中的教育服务和关系的服务质量是决定计算教育学的应用效果好坏的关键要素。在问题真正产生影响之前，通过定量模型检查技术对教育服务计算组合系统进行预测和分析，对其服务系统进行主动式自适应调整，这是决定“面向服务的计算教育学”是否应用成功的决定因素之一。

可以采用概率统计模型检验的方法判别服务计算组合流程的教育服务质量是否满足“面向服务的计算教育学”的质量需求。“面向服务的计算教育学”的教育服务质量至少应该包含 5 项指标：执行代价、任务  $t_i$  在执行服务任务时的响应时间和执行时间、服务负载、服务的可靠性和可用性(信誉度)。可以采用将原子服务的质量指标映射为一系列的随机变量，利用随机变量的数学期望和方差来度量各指标取值，并根据各项指标对教育服务产生的正负影响因子来对这些指标值进行归一化处理；然后依据服务计算组合流程的控制结构来计算教育服务的组合流程及其教育服务质量的指标值。

## 4. 结束语

计算教育学是一种跨学科的新科学，是把以定性研究为主体、以经验为基础的教育科学，转变为以大数据为基本对象、以计算和模型为手段的定量精确科学，是把定性研究与定量研究相结合的崭新研究学科。计算教育学将成为信息科学的一个重要分支，进一步促进信息科学其他分支的快速发展。“计算教育学”的研究、发展、成型与成熟，势必依仗于数据科学、信息技术学、心理学等理工科背景的学者与教育学领域的研究者们共同努力、相互协作。计算教育学必将成为全面提高教育管理质量的重要抓手和突破点。

“面向服务的计算教育学”是一门待研究的新兴交叉学科，它具有以下几个重要特点：



1) 教育服务的主导观念, 即认为教育服务是教育过程的最终目的, 教育产品只是服务交付的载体。

2) 客户行为与决策方面, 移动通讯等技术的发展, 特别是 5G 的发展与广泛应用, 使得教育服务交互与服务接触的模式发生了根本性改变, 教育服务交互与接触方式的数量大大增加而且可以动态切换, 社交媒体等使得教育者和受教育者之间的选择相互影响, 并影响教育服务提供者的决策。

3) 在服务资源组织与整合方面, 强调社会教育服务资源协同地满足社会服务需求, 而不是单个应用孤立地满足若干细分的需求, 教育服务资源为教育者和受教育者共同服务。

“面向服务的计算教育学”需要研究和实践应用的内容很多, 本文之后将深入细致的研究, 并不断实践, 不断深入发展“面向服务的计算教育学”这门新兴交叉学科。

## 基金项目

系国家自然科学基金面上项目“教师课堂非言语行为的量化计算与教学效果评价研究”(课题批准号: 62077022)和国家社科基金一般项目(课题批准号: 18BYY174)的研究成果。

## 参考文献

- [1] 郑永和, 严晓梅, 王晶莹, 王杨春晓, 刘士玉. 计算教育学论纲: 立场、范式与体系[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2020, 38(6): 1-19.
- [2] 刘三女牙, 杨宗凯, 李卿. 计算教育学: 内涵与进路[J]. 教育研究, 2020, 41(3): 152-159.
- [3] 李未. 抓住 MOOC 发展机遇全面提高高等教育质量[J]. 中国大学教学, 2014(3): 30-32+40.
- [4] 李政涛, 文娟. 计算教育学: 是否可能, 如何可能? [J]. 远程教育杂志, 2019, 37(6): 12-18.
- [5] 王晶莹, 杨伊, 宋倩茹, 郑永和. 计算教育学: 是什么、做什么及怎么做[J]. 现代远程教育研究, 2020, 32(4): 27-35+56.
- [6] 刘三女牙. 计算教育学[M]. 北京: 科学出版社, 2021.
- [7] 黄荣怀, 周伟, 杜静, 孙飞鹏, 王欢欢, 曾海军, 等. 面向智能教育的三个基本计算问题[J]. 开放教育研究, 2019, 25(5): 11-22.
- [8] 叶澜, 陈桂生, 瞿葆奎. 向着科学化的目标前进——试述近十年我国教育研究方法的演进[J]. 中国教育学刊, 1989(3): 2-6.
- [9] Lazer, D., Pentland, A., Adamic, L., Aral, S., Barabási, A.-L., Brewer, D., et al. (2009) Computational Social Science. *Science* (New York), **323**, 721-723. <https://doi.org/10.1126/science.1167742>
- [10] 谭维智. 计算社会科学时代需要什么教育学[J]. 教育研究, 2020, 41(11): 46-60.
- [11] 余胜泉, 徐刘杰. 大数据时代的教育计算实验研究[J]. 电化教育研究, 2019, 40(1): 17-24.
- [12] 贾维辰, 彭俊, 任英杰. 计算教育学国内发展现状分析与未来展望——基于语言模型和自然语言生成技术[J]. 远程教育杂志, 2021, 39(3): 42-51.
- [13] 贾向桐. 大数据背景下“第四范式”的双重逻辑及其问题[J]. 江苏行政学院学报, 2017(6): 14-20.
- [14] 林闯, 陈莹, 黄霁崑, 向旭东. 服务计算中服务质量的多目标优化模型与求解研究[J]. 计算机学报, 2015, 38(10): 1907-1923.
- [15] 吴朝辉, 邓绥水光, 吴键. 服务计算与技术[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2009: 1-28.
- [16] 陈世展, 冯志勇, 王辉. 服务关系及其在面向服务计算中的应用[J]. 计算机学报, 2010, 33(11): 2268-2283.
- [17] Papazoglou, P.M. (2003) Service-Oriented Computing: Concepts, Characteristics and Directions. *Proceedings of the 4th International Conference on Web Information Systems Engineering Works Hops (WISE 2003)*, Rome, 12 December 2003, 3-12. <https://doi.org/10.1109/WISE.2003.1254461>
- [18] Huhns, M.N. and Singh, M.P. (2005) Service-Oriented Computing: Key Concepts and Principles. *IEEE Internet Computing*, **9**, 75-81. <https://doi.org/10.1109/MIC.2005.21>
- [19] Papazoglou, M.P., Traverso, P., Dustdar, S. and Leymann, F. (2007) Service-Oriented Computing: State of the Art and Research Challenges. *Computer*, **40**, 38-45. <https://doi.org/10.1109/MC.2007.400>
- [20] 陈儒, 肖刚, 张元鸣, 陆佳炜, 程振波. 基于事务规则的面向服务工作流模型研究[J]. 计算机应用与软件, 2014,

- 31(6): 5-8+41.
- [21] 张笛, 李兴华, 刘海, 马建峰. SDN 网络中面向服务的网络节点重要性排序方法[J]. 计算机学报, 2018, 41(11): 26243-6376.
- [22] 宋奇谦, 郭红钰. 面向服务的数据共享交换模型[J]. 电子设计工程, 2021, 29(2): 174-178.
- [23] 沈文杰, 郭永钊, 胡永芳. 一种面向服务的数字化工厂体系架构研究[J]. 中国军转民, 2021(13): 57-61.
- [24] 曹云梦, 周胜军, 刘晨, 韩燕波. 面向服务的云端动态协作方法[J]. 计算机工程与科学, 2019, 41(4): 598-605.
- [25] 张型龙, 李松犁, 肖俊超. 面向服务集成的工作流模型及其实现方法[J]. 计算机应用, 2015, 35(7): 1993-1998, 2003.
- [26] Tan, W. and Zhou, M.C. (2015) Service-Oriented Workflow Systems. In: Zhou, M.C., Li, H.X. and Weijnen, M., Eds., *Contemporary Issues in Systems Science and Engineering*, Wiley, Hoboken, 645-660.  
<https://doi.org/10.1002/9781119036821.ch18>
- [27] 部海青. 面向服务的 MES 系统的研究与应用[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2012.
- [28] 张国宝, 吴凯, 杨莉. 面向服务一体化的网上办事平台[J]. 计算机系统应用, 2021, 30(9): 122-127.
- [29] 陈丽. 面向服务架构的固定资产投资审计系统构建研究[J]. 财会通讯, 2022(1): 139-144.
- [30] 开金宇, 缪淮扣, 高洪皓. Web 服务计算组合流程 QoS 验证[J]. 计算机科学, 2015, 42(12): 120-123+147.