

# 面向人机物融合的软件学科高质量 创新人才培养研究\*

张广泉

苏州大学计算机科学与技术学院, 苏州, 215006

**摘要** 通过分析人机物融合时代对软件学科高质量创新人才培养的新要求, 构建相适应的专业知识体系, 融合软件学科知识体系与其它学科专业知识体系, 探索复合型、创新型的跨学科软件人才培养方法; 基于教育数字化转型与群智计算的思想方法, 探讨群体化在线学习的智慧教育新模式。

**关键词** 人机物融合, 软件学科, 知识体系, 创新能力, 智慧教育

## Research on the Cultivation of High-Quality Innovative Talents in Software Discipline for the Integration of Human-Cyber-Physical

ZHANG Guangquan

School of Computer Science and Technology, Soochow University, Suzhou 215000, China  
gqzhang@suda.edu.cn

**Abstract**—By analyzing the new requirements for the cultivation of high-quality innovative talents in the era of Human-Cyber-Physical integration, this paper builds a suitable professional knowledge system, integrates the knowledge system of software discipline with the professional knowledge system of other disciplines, and explores the training methods of composite and innovative interdisciplinary software talents. Based on the digital transformation of education and the thought method of swarm intelligence computing, this paper discusses the new intelligent education model of group online learning.

**Key words**—Human-Cyber-Physical integration, software discipline, knowledge system, innovative ability, intelligent education

### 1 引言

当前, 世界百年未有之大变局进入加速演变期, 新一轮科技革命和产业变革推动全球数字经济的发展, 主要发达国家均将发展数字经济作为国家战略, 我国也高度重视数字经济的发展。数字经济的本质是物联网、云计算、大数据、移动互联网、区块链、人工智能、元宇宙等新一代数字技术带来的一场社会经济“革命”, 通过加快推进制造、能源、交通等传统工业领域在内各行各业的数字化转型, 促进数字经济和实体经济深度融合, 以数字化驱动生产生活和治理方式变革。数字新技术使得人类社会、信息空间和物理世界的“人-机-物”三元关系发生了根本性变革和全方位重塑, 深刻改变了人们的生产、生活和学习方式。2021年5月, 习近平总书记在两院院士大会、中

国科协第十次全国代表大会上指出, 以信息技术、人工智能为代表的新兴科技快速发展, 大大拓展了时间、空间和人们认知范围, 人类正在进入一个人机物三元融合的万物智能互联时代。

人机物三元融合强调的是人类社会、信息空间和物理世界的有机融合, 物理世界分别与信息空间、人类社会源源不断地进行信息交互, 而信息空间与人类社会则进行着计算属性和认知属性的智能融合; 在这其中, 软件则是将物理世界拓展为“社会-信息-物理”三元融合世界的主要手段, “软件定义一切”成为人机物三元融合的关键实现途径。在人机物融合的新时代, 软件学科建设与创新人才培养将面临着一系列新的机遇和挑战。

### 2 人机物融合时代的软件学科发展趋势

软件作为数字化的直接产物、自动化的现代途径、智能化的逻辑载体, 是信息系统的灵魂。小到一

\* **基金资助:** 本文得到江苏省学位与研究生教育教学改革(重点)课题(JGKT23-B045)、江苏省高等教育教学改革研究课题(编号: 2021JSJG254)、2023年苏州大学高等教育教改研究课题资助。

个智能传感器、一块智能手表，大到一座智慧城市、一张智能电网，无不依赖于软件系统的驱动与驾驭。软件已经成为信息化社会不可或缺的基础设施，人们越来越需要通过软件来定义和构造复杂世界，建模、处理那些无处不在的“人-机-物”深度融合的智能化时代要素。无所不在的软件，正在走出信息世界的范畴，开始深度渗透到物理世界和人类社会，开始扮演着重新定义整个世界的重要角色，人类正在进入一个“软件定义一切”的人机物融合新时代。

在人机物融合时代，信息技术及其应用飞速发展，已经广泛覆盖并深入渗透到了社会生活的方方面面。特别是近年来，以云计算、大数据、移动互联网、物联网、人工智能等为代表的新一代信息技术推动信息技术应用进入跨界融合的繁荣期，开始呈现出“网构化、泛在化、智能化”的新趋势，并不断催生新平台、新模式和新思维。软件技术在信息技术中则始终处于“灵魂”地位，所有新的信息技术应用、平台和服务模式，均离不开软件技术作为基础支撑。更为重要的是，软件技术不仅引领信息技术产业的变革，在很多传统领域（如汽车、能源、制造、零售等）中的存在比重和重要性也在不断加大，在支持这些传统领域产业结构升级换代甚至颠覆式创新的过程中起到核心关键作用，并进一步加速重构了全球分工体系和竞争格局。例如，作为新一轮科技革命和产业变革的标志，德国的“工业 4.0”和美国的“工业互联网”，以及我国的“中国制造 2025”，均将软件技术作为发展重点。

软件学科是以软件为研究对象，研究以软件求解应用问题的理论、原则、方法和技术，以及相应的工具支持、运行平台和生态环境的学科。作为一门相对年轻而又发展迅速的学科，软件学科的内容一直在不断深化、边界一直在不断扩展。软件学科在整个计算机学科中占有举足轻重的核心地位，从 1966 年首届图灵奖至 2022 年的 57 次颁奖中，属于软件领域的有 39 次（68.4%）。从目前我国人才培养一级学科划分看，软件学科横跨了计算机科学与技术、软件工程、网络空间安全等三个一级学科，特别是与计算机软件与理论二级学科和软件工程一级学科关系密切。与国际计算教育学科划分相比，软件学科横跨了 ACM/IEEE 计算教程等五个学科，即计算机科学、计算机工程、软件工程、信息技术、信息系统。

软件学科的研究主体是人类及其思维活动，客体是软件及其内在规律。在人机物融合时代，软件的环境、边界、构成、形态、交互、复杂性等发生了深刻的变化，软件学科的内涵和外延也在不断的发展，其知识体系不断的丰富，对软件学科专业人才的能力、素质和技能等要求也随之发生变化，这些变化不仅推动了软件学科的发展和进步，也对软件学科专业教育

提出了新的挑战。随着软件学科外延的拓展和内涵的发展，软件学科需要与更多的学科进行交叉，非软件学科的专业人才越来越多的需要具备软件学科的相关知识和能力，软件学科专业的人才也需要向其他学科渗透，以帮助其他学科解决特定专业和学科领域的相关问题。如何实现软件学科教育与其他学科教育的双向融合成为当前软件学科教育面临的一项重大挑战。

在人机物融合时代，一方面，随着计算平台不断向物理世界和人类社会的快速延伸，软件作为“集成器”在连接物理系统和社会系统中发挥着日趋重要的作用，软件泛在化和人机物融合的趋势日益明显，软件成为诸多行业和领域（如机器人、航空、航天、生物医学等）解决其特定问题的核心手段和必不可少的工具。这些行业、领域的专业人士需要掌握软件学科的基础知识和核心能力，学会运用软件工具来解决特定领域的问题；与此同时，软件学科的专业人才也需要向特定领域扩展和渗透，软件学科教育呈现出与其他学科教育日益交融的趋势。另一方面，随着软件应用范围的扩张、软件计算平台的泛化和软件方法技术的发展，软件的环境、边界、构成、形态、交互、复杂性和不确定性等发生了深刻的变化，软件系统变得日益复杂。软件学科的内涵和外延也在不断的发展，其知识体系不断的丰富，对软件学科专业人才的能力、素质和技能等要求也随之发生变化，进而对软件学科专业教育和人才培养提出了新的挑战。

### 3 面向人机物融合的软件学科知识体系构建与创新能力培养

为了进一步推动人机物融合时代软件学科教育的高质量发展，加快培养多学科、跨学科的高素质软件创新人才，在深入研究与分析新时代软件学科特点和人才培养要求的基础上，从学科内涵与外延两个方面构建多学科交叉融合的专业知识体系和跨学科知识体系，探索专业核心能力培养方法与复合型、创新型的跨学科软件人才培养方法。

#### 3.1 软件学科知识体系构建

(1) 基于多学科交叉融合的软件学科专业教育知识体系构建

针对人机物融合时代的软件学科特点和人才培养要求，深入研究软件学科与哪些相关学科发生了交叉、交叉的边界和范围是什么；人们对软件的价值取向发生了什么样的变化，这些变化对学科的知识体系提出了什么样的要求；软件学科自身发展带来哪些方面的变化，这些变化处于知识体系的哪些层次和方面。另外，还需要从软件学科专业人才能力培养的视点，探讨系统能力、解决复杂工程问题能力的培养对知识体系提出什么样的要求。在此基础上，基于多学科交

又融合研究并构建软件学科专业教育的知识体系，包括知识领域、知识单元及知识点等。

(2) 基于“专业学科知识 + 软件学科知识”的跨学科教育知识体系构建

作为基础学科，软件学科教育需要面向其他学科专业实现外延式的发展。针对不同专业自身特点，结合软件学科知识在该专业人才培养中所起到的作用，采取“专业学科知识 + 软件学科知识”的方式来拓展专业知识体系，开展适用于自身专业需求的教学改革，使得相关专业人才具备软件学科的知识并能运用它们来解决特定专业问题。

为此需要研究如何将软件学科的知识差异化地融入到相关专业的知识体系中，实现与相关专业知识的有机融合，实现跨学科知识体系的交叉融合和互补，为跨学科人才培养奠定基础。

### 3.2 软件学科人才创新能力培养方法

(1) 软件学科专业人才核心能力培养方法

系统能力和解决复杂工程问题能力是人机物融合时代软件学科专业教育的核心能力。这两类能力的关注点和侧重点有所不同，培养方式和手段也不尽相同。实践无疑是专业教育环节中支撑能力培养的主要手段。

为此需要深入研究系统能力和解决复杂工程问题能力的内涵、构成和模型，分析不同能力之间的内在关联性，探究能力持续性培养和形成的特点和规律性，探究如何通过渐进式、综合性的实践教学来促进系统能力和解决复杂工程问题能力的培养，以及针对能力培养的考评方法。

(2) 复合型、创新型的跨学科软件人才培养方法

随着软件学科在其他专业领域的不断渗透，在这些学科专业人才培养方案的设计中，必须解决软件学科知识储备不足的问题。

由于专业背景和专业思维的差异性，不同学科专业教育对软件学科知识结构的需求和相关课程衔接也不尽相同，因此跨学科的软件人才培养需要多元化的知识和课程体系，为此需要探究如何实施“因材施教”的教学理念，分析不同专业对软件学科的“个性化”需求，构建专业软件化的新型课程体系，设计差异化的跨学科软件人才培养方案，以实现软件学科和其他相关学科专业交叉融合，让非软件专业的学生也具备软件学科的思维能力来解决本学科专业的问题，以满足社会对复合型、创新型的跨学科软件人才的需求。

## 4 面向人机物融合的软件学科智慧教

## 育与数字化转型

我国高等教育现已进入普及化阶段，高质量发展成为时代主题，高校师生及社会学习者对优质在线教育资源、高品质在线教育服务、规范化在线教学管理的需求日益强烈。在此背景下，教育部实施教育数字化战略行动，打造并推出国家“智慧高教”平台，为高等教育数字化变革和高质量发展提供了有力支撑。党的二十大报告提出“推进教育数字化”，以数字化转型引领高等教育高质量发展。2023年2月在北京召开的世界数字教育大会指出，融合物理空间、社会空间和数字空间的智慧教育引领高等教育数字化转型，将成为数字时代的高等教育新形态。智慧教育通过教育环境数字化、课程教学个性化、教育治理精准化，构建面向人人、适合人人、更加开放灵活的高质量教育体系。目前，智慧教育已成为全球教育变革发展的必然趋势。

### 4.1 教育数字化转型与智慧教育

进入21世纪以来，全球新一轮科技革命和产业变革带来前所未有的发展机遇，数字技术所蕴含的巨大潜力得到充分释放，习近平总书记指出，数字技术正以新理念、新业态、新模式全面融入人类经济、政治、文化、社会、生态文明建设各领域和全过程，给人类生产生活带来广泛而深刻的影响。党的十八大以来，党中央高度重视发展数字经济，将其上升为国家战略，从国家层面部署推动数字经济发展。2021年12月，国务院发布《“十四五”数字经济发展规划》，提出了要加快数字化发展、建设数字中国的任务；党的二十大报告提出加快发展数字经济；2023年2月，中共中央、国务院印发《数字中国建设整体布局规划》指出，建设数字中国是数字时代推进中国式现代化的重要引擎，是构筑国家竞争新优势的有力支撑；加快数字中国建设，对全面建设社会主义现代化国家、全面推进中华民族伟大复兴具有重要意义和深远影响。作为数字中国的重要组成部分，教育数字化是数字化技术在教育场景中的应用，教育数字化转型可以理解为在5G环境下，以互联网、物联网为载体，以数据资源为关键要素，数字技术与教育要素深度融合，推动教育变革创新的过程。作为社会数字化转型的一个组成部分，教育数字化转型对推动高等教育内涵式发展、高质量教育体系的构建和拔尖创新人才培养具有重要意义，已成为促进高等教育高质量发展的重要引擎和创新路径。

2022年以来，教育部启动实施国家教育数字化战略行动，加快推动高等教育数字化转型，建设上线了全球最大的国家高等教育智慧教育平台（简称智慧高教平台），该平台把分散的优质课程资源整合在一起，汇聚了2.7万门优质慕课课程、1800门国家一流课程，

采用了先进的互联网引擎技术,实现了全网好课一站搜索和智能推荐,同时具备了大数据分析和服务功能,实现了“一个平台在手、网尽天下好课”。我校依托国家智慧高教平台,积极探索新时代高等教育教学的新形态;目前已有78门在线开放课程上线智慧高教平台,23门课程获得国家级、省级线上一流本科课程认定,常态化运用平台优质课程资源开展线上线下混合式教学的课程达300门之多;通过在线课程组合、定制“微专业”,开辟了学生跨学科学习的新路径。为了打造更具包容性的数字学习平台,我国连续三年(2020-2022)举办世界慕课与在线教育大会,2020年由清华大学发起成立世界慕课与在线教育联盟,搭建起慕课与在线国际交流合作新机制、新平台,为世界高等教育数字化发展贡献了中国经验、中国方案。2022年9月在联合国召开的“教育变革峰会”上,将“促进数字学习和转型”作为教育变革的五大议题之一,认为智慧教育已成为全球教育变革发展的必然趋势。

在人机物高度融合的新时代,软件学科教育在教育理念、方法和模式等方面将面临着一系列新的挑战,教育数字化转型和智慧教育为软件学科高质量创新人才培养带来了新机遇。通过教学资源 and 教学方法的数字化转型,构建个性化培养的新型教育模式与质量保障体系,借助软件学科资源大数据和人工智能等核心数字技术,针对学习者个性化特点及需求,基于教育大数据来构建学习者个性化学习路径的方法,探索大数据驱动的智慧评价方法,对学习者的学习情况和成长进行跟踪和考评等。

#### 4.2 教育数字化转型与个性化软件人才培养及其质量保障

通过教育数字化转型,构建新形态在线教学模式。依托国家智慧高教平台和慕课,探索多种在线开放课程新形态,如跨校跨区域在线教学、“MOOC+SPOCs(大规模在线和小规模定制)+翻转课堂”、线上线下混合式教学、“1(门慕课)+M(所大学)+N(个学生)”协同教学等;拓展教学时空,探索虚实融合空间中体验式、探究式、合作式、互动式、混合式等教学新模式;促进软件学科优质教学资源数字化转型(在线课程、数字教材、典型案例等)。

基于软件学科教育教学的数字化转型,构建个性化软件人才培养与质量保障体系。借助软件学科资源大数据和人工智能等核心数字技术,针对学习者个性化特点及需求,基于教育大数据构建学习者个性化学习路径的方法,实现因材施教,对学习者的学习情况和成长进行跟踪和考评等;通过信息跟踪挖掘、数字回溯分析、科学监测评价等,探索大数据驱动的智慧评价方法,完善教学质量监控流程,确保反馈闭环运行控制,强化持续改进机制,精准保障软件人才培养

质量。

#### 4.3 软件数字资源挖掘与基于群体化学习的智慧教育新模式

软件学科经过几十年的积累,尤其是近年来开源软件、群智软件开发等的发展,积累了大量、多样、极有价值的软件资源,如以开源社区为载体的开源代码、知识问答、软件开发历史数据等。深入挖掘和利用软件学科资源在教育中的价值,系统研究如何在课程教学、实践教学和人才培养过程中有效地应用这些资源,如何将抽象的知识与具体的资源相结合来促进对知识的理解和掌握、推动实践教学、培养能力和素养。

目前,一种新兴的智慧教育模式——群体化在线学习开始引起人们关注,它基于人机物融合的新型协同计算范式——群智计算的基本思想,借鉴新建构主义思想和开源社区协作机制,借助互联网平台,通过吸引、汇聚和管理大规模的学习者,使得他们以竞争和合作等多种自主协同方式来开展学习,依靠互联网大众的群体智慧来解决学习过程中遇到的问题。通过群体化在线学习,可以促进软件学科人才的大规模、高质量、普及化的培养。

#### 5 结束语

随着物联网、云计算、大数据、移动通信、区块链、人工智能、元宇宙等新一代信息技术不断发展与涌现,人类进入了人机物三元空间深度融合的新时代,随着软件应用范围的扩张、计算平台的泛化和方法技术的发展,软件学科边界与内涵发生了深刻的变化,对多学科、跨学科的高质量软件创新人才培养提出了新的挑战。本文在深入研究与分析新时代软件学科特点和人才培养要求的基础上,从学科内涵与外延两个方面构建多学科交叉融合的专业知识体系和跨学科知识体系,探索专业核心能力培养方法与复合型、创新型的跨学科软件人才培养方法。

近期,以ChatGPT/GPT-4为代表的人工智能大模型的兴起,将给高等教育变革带来新的冲击和影响,软件学科创新人才培养在教育理念、方法和模式等方面也将面临着一系列新的挑战。针对新时代软件学科教育的特殊需求,通过教学资源和教学模式的数字化转型,依托慕课和智慧高教平台,创新在线开放课程新形态,构建个性化软件人才培养与质量保障体系;基于群智计算和新建构主义等思想方法,借助互联网平台,实施群体化在线学习的思想。作为智慧教育的一种创新模式,群体化学习对于大规模培养更具价值信念、数字素养、创新能力、可持续发展与终身学习能力的多学科、跨学科乃至超学科的高质量软件人才具有重要意义。

## 参考文献

- [1] 国家自然科学基金委员会,中国科学院编. 中国学科发展战略: 软件科学与工程[M]. 北京: 科学出版社, 2021.1
- [2] 梅宏. 数字经济时代的计算学科及其人才培养——若干认识和思考[C]. 第25届全国高校计算机学科系主任/院长论坛主旨报告, 重庆邮电大学, 2022.12
- [3] 王怀民. 人机物融合智能化时代的计算机学科专业创新人才培养[C]. 第24届全国高校计算机学科系主任/院长论坛主旨报告, 南京大学, 2021.11
- [4] 周志华. 人机物融合智能化时代计算机专业创新人才培养体系建设与实践[C]. 第24届全国高校计算机学科系主任/院长论坛主旨报告, 南京大学, 2021.11
- [5] 怀进鹏. 数字变革与教育未来[C]. 2023年世界数字教育大会主旨演讲, 北京, 2023.2
- [6] 吴岩. 以数字化转型引领高等教育高质量发展[C]. 2022年世界慕课与在线教育大会主旨演讲, 北京, 2022.12
- [7] 袁振国. 教育数字化转型: 转什么, 怎么转[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 教育数字化转型专刊, 2023年第3期
- [8] 张广泉. 形式化方法导论(第2版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2023.3
- [9] 张广泉. 面向工业4.0的CPS多学科交叉融合课程教学改革与探索[J]. 计算机技术与教育学报, 2022. 10(2): 40-44
- [10] 张广泉. 《形式化方法》课程建设探索与实践. 计算机技术与教育学报[J], 2021. 9(2): 59-64