



重庆高教研究

Chongqing Higher Education Research

ISSN 1673-8012, CN 50-1028/G4

《重庆高教研究》网络首发论文

题目： 高校人工智能本科专业需要怎样的课程体系——基于卡耐基梅隆大学和南洋理工大学的比较分析

作者： 陶泓杉， 郝海霞

收稿日期： 2020-10-12

网络首发日期： 2020-10-21

引用格式： 陶泓杉， 郝海霞. 高校人工智能本科专业需要怎样的课程体系——基于卡耐基梅隆大学和南洋理工大学的比较分析[J/OL]. 重庆高教研究.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1028.G4.20201020.1134.002.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

高校人工智能本科专业需要怎样的课程体系

——基于卡耐基梅隆大学和南洋理工大学的比较分析

陶泓杉，郅海霞

（天津大学 教育学院，天津 300350）

摘 要：人工智能技术从理论研究走向工业应用，甚至民用领域，不仅推动着新一轮科技革命和产业变革纵深发展，更激发了对教育系统变革的强烈诉求。为回应全球对人工智能的人才需求，国内外高校纷纷设立人工智能本科专业。其中，卡耐基梅隆大学和南洋理工大学分别代表了两种特色模式，前者建立了专深的人工智能本科专业，后者建立了跨学科的“人工智能+X”本科专业。两者均表现出专业特色突出、目标清晰；课程结构模块化、能力要求多样化；课程内容立足基础、注重交叉、面向应用的特点。基于此，我国人工智能本科专业课程体系建设应立足新人才、新模式、新知识的要求，回应国家需求，增强专业特色；创新课程结构，明确能力模块；优化课程内容，构建“厚基础、强专业、宽领域、重应用”的人工智能知识体系。

关键词：人工智能；本科专业；课程体系；人才培养

[中图分类号]G642.3;G649 [文献标志码]A

一、问题提出

世界范围内新一轮科技革命和产业变革席卷而来、蓬勃发展。人工智能正是引发产业快速变革的新一代信息技术革命的重要领域之一，因其在科技发展过程中的重要作用以及为产业创新发展带来的巨大机遇，世界各国纷纷将人工智能上升至国家战略高度，以此抢抓人工智能发展的重大战略机遇，保持本国研发前沿性和独创性，培养国家急需的高端科技创新人才，加快创新型国家和世界科技强国建设。

在此背景下，人工智能领域的人才培养成为高校的发展趋势和重要任务。自 2018 年秋

收稿日期：2020-10-12

基金项目：国家社会科学基金“十三五”规划教育学一般课题“研究型大学引导区域创新的协同动力机制与优化路径研究”（BIA170172）

作者简介：陶泓杉，女，天津人，天津大学教育学院硕士研究生，主要从事高等教育研究；
郅海霞，女，河北人，天津大学教育学院教授，博士生导师，教育学博士，主要从事比较高等教育，高等工程教育研究。

季学期开始,卡耐基梅隆大学、爱丁堡大学、南洋理工大学等纷纷开始设立独立的人工智能本科专业。我国浙江大学、上海交通大学和天津大学等在内的 35 所高校也获批设置人工智能本科专业^[1],到 2019 年,我国已有 180 所高校新增人工智能本科专业。

然而,各国脱胎于计算机专业的人工智能专业均刚刚建立,各高校对于这一新兴专业的人才培养目标、培养方式、课程体系建设等具体细节的思考尚不完善,仍面临一些问题和挑战。首先,确定什么样的人工智能本科专业人才培养目标?一方面人工智能领域涉及范围广,与其他领域交叉应用后又产生更多的人工智能应用学科,人工智能本科专业如何厘清自身内涵,强化专业特性,做到“至小有内”^[2]并兼顾专业内多元化人才培养是影响专业长期发展的关键前提;另一方面,智能时代、知识经济时代到来,低端劳动力极大可能被机器替代,新时代人才需要具备更多人类所特有的、适应时代要求的素养,包括技术素养、数据素养、人文素养^[3],以及批判性思维、决策能力、问题解决等高阶认知能力、沟通与协作等社会技能和伦理素养^[4],人工智能本科专业如何明晰与专业相适应的人才素养目标对课程体系建设具有指导意义。其次,采取什么样的形式培养人工智能本科专业人才?人工智能学科天然具有与其他学科研究进行交叉的秉性^[2],厘清相关学科在人工智能专业课程中的地位、所占比例以及协调各相关学科领域的主次关系影响着课程开展的有效性。同时,人工智能专业如何在课程组织形式上打破传统课程的学科壁垒,回归学生中心,融合案例教学、项目式教学等教学方法在微观上决定了学生如何形成并运用他们的知识体系。最后,培养人工智能本科专业人才需要什么样的课程内容?课程内容传递的知识是学生建构自身知识体系的直接材料,如何贴近学生实际、社会经验和学科发展规律,如何做到人工智能专业课程体系应有的“专(专业)、通(通识)、交(交叉)”^[2],使学生具有全面扎实、易应用且适应将来工作环境的知识体系都应体现在课程内容的选择中。

基于上述问题与挑战,本文拟以卡内基梅隆大学和南洋理工大学为例,探讨其人工智能本科专业课程建设的共性优势和个性特征。卡耐基梅隆大学(简称 CMU)在世界人工智能领域优势突出,开设了全美第一个以“人工智能”(AI)命名的本科专业,授予学士学位。新加坡南洋理工大学(简称 NTU)则是世界排名顶尖的年轻大学,在新加坡政府和国家研究基金会推出的“国家人工智能核心”(AI.SG)计划引领下,设立了全新的数据科学与人工智能研究中心^[5],并在此基础上开设了四年制“数据科学和人工智能”本科专业,授予荣誉学士学位。两所大学都在人工智能本科专业建设上走在前列,但它们在人工智能领域基础各有不同,人工智能专业课程体系上也各有侧重,因此对这两所大学人工智能本科专业课程体系进行深入研究和比较分析,可以发现人工智能专业课程建设的不同模式和特征,对我国人工智能本科专业课程体系建设具有一定的启示和借鉴价值。

二、卡耐基梅隆大学和南洋理工大学人工智能本科专业

课程体系比较分析

课程体系是把一个专业不同课程按照一定顺序排列起来,代表了教学内容和进程的总和,是实现培养目标的重要载体,对保障和提高教育质量起着至关重要的作用。一般而言,课程体系包括特定的课程观、课程目标、课程内容和课程结构等方面。考虑到课程观涉及人们对课程各方面内容的总体认识,而本文的重点是回答人工智能本科专业培养什么样的人才、如

何培养人才、培养人才哪些方面的知识和能力等问题,因此,本文将聚焦课程体系中的课程目标、课程结构和课程内容三方面内容并以此构建比较分析框架,这也是人工智能时代课程体系适应“新人才”、“新模式”、“新内容”的需要。其中,“新人才”的规定体现在课程目标(专业目标)中,“新模式”的构建体现在课程结构中,“新内容”的融合体现在课程内容中。

(一) 课程(专业)目标比较

课程目标是指课程本身要实现的具体目标和意图,规定了某一教育阶段的学生通过课程学习以后,在发展德智体美劳等方面期望实现的程度。人工智能本科专业的设立使其必然有不同于其他计算机相关专业的课程目标,以培养具有人工智能领域所需知识和技能的人才。

卡耐基梅隆大学于2018年秋季设立“人工智能科学(science in artificial intelligence)”专业,授予学士学位,旨在培养能够建设未来人工智能的人才,通过课程学习引导学生建构将大量数据转换为可执行决策所需的知识体系,使学生获得基础的计算机科学知识和技能以及在机器学习和自动化推理方面的额外专业知识^[6],其课程重点在于教会学生利用复杂的输入(如视觉、语言和庞大的数据库)来做出决策或增强人类能力。沿袭卡耐基梅隆大学致力于人工智能服务于社会公益的传统,学生还会学习到伦理和社会责任方面的课程,并可以选择参加一些使世界变得更加美好的独立研究项目,覆盖医疗、交通和教育等领域,培养拥有职业伦理道德和社会责任感的人工智能人才。同时,为回应历届美国政府维护其在人工智能领域全球领导地位的战略要求,使人工智能成为金融、医疗、教育、工业甚至军事领域的重要技术支撑,卡内基梅隆大学将其自20世纪50年代人工智能发端以来,继承创新的各领域人工智能知识与技术划分为多个专业领域,通过必修模块或选修课等形式,供学生个性化学习并可以持续深入研究,以培养专深的人工智能人才。

南洋理工大学设置了“数据科学与人工智能(Science in Data Science and Artificial Intelligence)”专业,是专门针对数据科学和人工智能领域的快速发展而设计的为期四年的全日制荣誉学士学位课程项目,旨在培养下一代高技能毕业生,使学生利用自己在数据科学和人工智能方面的知识,为社会面临的紧迫挑战找到创新解决方案,以继续推动新加坡高价值经济增长^[7]。在新加坡政府紧抓人工智能和大数据等新兴技术带来的数字经济机遇的引导政策下,为促进新加坡支柱产业——服务业在服务前积极使用新兴技术预测客户需求,弥补其在开发先进人工智能系统时面临的缺乏足够数据来训练智能系统的最大缺点^[8],南洋理工大学的课程注重在计算机科学和数据科学之间取得平衡,使学生能够在数据科学计算方面得到更全面的培训,在计算机科学、统计学和数学方面拥有较强基础。除了专业相关知识技能外,其课程体系也注重通过选修、实习、重大应用研究项目、行业系列讲座和小型项目等形式将知识应用于金融服务、政府服务、医疗保健、生物技术和制造业等重点行业,培养学生解决问题的能力以及口头和书面沟通技巧,发展学生知识的广度、创造力和社会适应性。

就培养“新人才”的要求而言,可以发现两校的一些相似之处:其一,专业的建立源于对国家发展和科学进步的回应,以培养具有深厚知识基础,能够为人工智能学科、社会、国家和世界科技发展做出贡献的高技能人才;其二,专业课程仍要建立在数学和计算机知识和技能的培养之上,进一步与人工智能知识融合,明确“人工智能”特征;其三,注重实践、面向应用,通过研究项目、实习实践将知识整合应用于不同行业领域,培养学生解决问题能力、伦理道德和其他核心素养,促进学生全面发展。同时,在专业要求的知识和能力方面,

两校也存在差异：卡耐基梅隆大学更偏重人工智能领域知识的系统构建和深入学习，南洋理工大学则更重大数据统计、处理和分析领域的知识学习，在之后的课程内容分析中将进一步详细阐述。

（二）课程结构比较

课程设置离不开合理的课程结构和课程内容。课程结构是把学生的在校学习时间分成各部分，在不同的学习时间安排不同的课程类型，以此形成一个课程的组织体系，主要规定了组成课程体系的学科门类以及各学科内容的比例关系等，主要的分类有学科课程与综合实践课程、必修课与选修课等。

南洋理工大学将课程划分成核心课程、专业规定选修、通识教育部分（包括核心通识课程、规定选修的商业与管理类和人文与艺术类通识课程）和非限制选修^[9]，并规定了相应学分（见表 1）。其人工智能专业本科课程的核心课程部分，包含数学基础、计算机、数据统计与分析和人工智能四个方面；专业规定选修课程部分，包括大数据统计分析和人工智能两个重要方面。同时，课程表中还详细标注了学习该课程前的准备课程，如数据科学导论和数据结构课程要以计算机思维课程为前提，人工智能课程要以计算机思维和算法课程为前提等，课程之间紧密联系并按照学科的逻辑顺序精心安排。

表 1 南洋理工大学人工智能专业课程结构及学分分布表

课 程 类型	核心课程 (Core)	专业规定选	通识教育 (GER)			非限制选修 (Unrestricted Elective)
		修 (Major Prescribed Elective)	核心	规定选修 (Prescribed Elective)		
				商业与管理 (BM)	人文与艺 术 (LA)	
学分	79	24	11	3	3	15

资料来源：新加坡南洋理工大学计算机与工程学院. Overview of AUs requirement [EB/OL]. [2019-10-16]. <http://scse.ntu.edu.sg/Programmes/CurrentStudents/Undergraduate/Documents/2018/AY1819%20SCSE%20DSAI%20%2813%20Sep%202018%29.pdf>.

卡耐基梅隆大学的人工智能专业课程则被划分为数学与统计学核心课程（6 门课程）、计算机科学核心课程（6 门课程）、人工智能核心课程（4 门课程）、人工智能模块选修（4 门课程）、伦理学选修（1 门课程）、人文与艺术通识选修（7 门课程，必须包括一门认知科学或认知心理学）、科学与工程通识选修（4 门课程）七大模块^[10]（见图 1）。这七大模块清晰而明确地规定了人工智能本科专业课程所涉及的知识领域以及人工智能领域人才所应具有的能力模块。



图 1 卡内基梅隆大学人工智能专业课程模块

资料来源：卡耐基梅隆大学计算机科学学院．Curriculum[EB/OL]．[2019-10-16]．
<https://www.cs.cmu.edu/bs-in-artificial-intelligence/curriculum>．

两所大学的课程结构都或隐含或清晰地表现出了模块化特征，将人工智能专业所需掌握的知识和技能划分成几大能力或技能模块，规定在以计算机和数学为基础、以人工智能（和大数据统计分析）为核心，以伦理学选修和通识教育为拓展的结构框架内，突出课程主次关系，形成了知识能力构成清晰、主次分明的课程结构。此外，两所大学均重视通识教育，卡内基梅隆大学的通识选修课程数量更是占到了专业所有课程的三分之一，开设了商业与管理、人文与艺术、科学与工程等不同方面的选修课程，通过其他领域知识的学习和涉猎，拓宽人工智能人才的知识面，提升学生综合素质，增强学生将人工智能与其他学科领域和实际应用结合的能力。

（三）课程内容比较

人工智能领域发展迅速，其专业内部发展出越来越多的分支，相应的课程内容也逐步增多。在课程内容广度方面，人工智能本科专业如何筛选和整合人工智能不同领域的课程内容是决定人才培养质量的重要一环；在课程内容深度方面，人工智能本科专业的课程内容要建立在学生知识的准备水平上，考虑多数本科层次学生的学习情况。

表 2 卡耐基梅隆大学和南洋理工大学专业核心课程开设比较

课程类型	卡耐基梅隆大学	南洋理工大学
数学基础	计算机科学的数学基础、积分与近似、矩阵与线性变换、三维微积分、基于计算机科学的概率论、现代回归等	基础微积分、离散数学、线性代数、多元微积分、概率论与统计学和统计与假设等

计算机基础	命令式计算原理、函数式编程原	计算机思维、数据结构、算法、面
	理、数据结构与算法、计算机系统	向对象的设计和编程、计算机数据
人工智能必修	概论、计算机科学中的伟大理论等	处理、软件工程等
	人工智能的概念、人工智能简介：	
人工智能（或数	表示和问题解决、机器学习入门、	人机交互、人工智能基础
	自然语言处理概论	
据分析处理）选	决策与机器人集群、机器学习集	自然语言处理；时间序列分析、生
	群、感知与语言集群和人机交互集	存数据分析、拓扑数据分析、创建
修	群四个集群各选一门	数据产品的方法、大数据管理等

资料来源：新加坡南洋理工大学计算机与工程学院. course content[EB/OL]. [2019-10-17].

<http://scse.ntu.edu.sg/Programmes/CurrentStudents/Undergraduate/Documents/2018/CourseContentSDSA1.pdf>.

卡耐基梅隆大学计算机科学学院. Curriculum[EB/OL]. [2019-10-17].

<https://www.cs.cmu.edu/bs-in-artificial-intelligence/curriculum>.

首先，在专业基础课程开设方面，表2展示了卡耐基梅隆大学和南洋理工大学的课程开设情况，两所学校在课程难度和不同模块课程比例方面有所不同。南洋理工大学专业基础课程覆盖面广且偏向基础，更有利于与高中阶段知识衔接，打牢学生基础；在高年级阶段，才开设人机交互、人工智能基础两门人工智能课程，并且学生在一定程度上可以依据个人学习兴趣和知识储备选择与专业相关的限选课程，继续发展不同分支的大数据统计分析与人工智能能力。但课程多为大数据分析与管理这一人工智能前提和支持类学科的选修课程（例如时间序列分析、生存数据分析、拓扑数据分析、大数据管理等），较少有深入人工智能领域的选修课程（仅有自然语言处理一门）。

而卡耐基梅隆大学更注重“人工智能”的专业特征，从表2展示的专业基础课程中就可以看出，数学和计算机基础课程较之南洋理工大学更为高阶且与专业更加贴合（如计算机科学的数学基础）。同时，依托其在人工智能领域的深厚积淀，设置了决策与机器人集群、机器学习集群、感知与语言集群和人机交互集群四个集群的选修课程，更能使学生从基础概念和理论出发，全面了解人工智能领域的各方面知识，以便自主选择自己感兴趣的领域持续深入学习和钻研。课程内容的差异由两所大学的人工智能人才培养目标的差异决定，南洋理工大学倾向于培养“人工智能+大数据统计与分析”方面的人才，而卡耐基梅隆大学更专注于在“人工智能”领域内培养人才。

其次，两所大学的课程内容存在许多相同之处。针对人工智能面向技术应用的天然特点，两所大学均十分注重知识应用和学科交叉，例如南洋理工大学的“应用分类数据分析”课程用统计工具分析分类数据并将其应用于医学和生物科学，“时间序列分析”课程则探讨时间序列模型在经济学、工程学和金融学中的应用，还有“拓扑数据分析”课程讨论其在自然科

学中的应用等等,使学生在具体课程中体验和学习如何将知识运用到涉及其他学科的实际问题中,培养学生解决问题和跨学科学习能力。除了显性教学课程外,两所大学也积极与政府(南洋理工大学与新加坡资讯通讯媒体发展署)、其他高校(卡耐基梅隆大学与匹兹堡大学医学院)、研究所(南洋理工大学与日本理化学研究所)和企业(卡耐基梅隆大学与美国自动驾驶汽车创业公司Argo AI)合作,通过学科背景多样化的教学人员和组织形式多样化的研究项目让学生在跨学科、跨院系、跨组织的氛围中开展知识应用和基础研究,培养其从多学科视角解决问题能力和创新能力,保证其参与人工智能学习的前沿性和创新性。

最后,在注重知识学习和应用的同时,南洋理工大学和卡耐基梅隆大学同样关注到了人工智能伦理问题,探索性地开设人工智能与人文、计算机领域的伦理和政策问题以及人工智能、社会与人类等课程,邀请不同学科学者就人工智能与人文历史、与社会、与环境等相关问题进行跨学科对话和讨论,学生可以由此关注人工智能领域人-机、机-机以及人-机共融所形成的社会形态及需要遵守的道德准则,同时课程以研讨的形式进行,给予学生充分地思考、讨论和验证的空间,有利于对伦理道德问题的学习。

(四) 两所大学人工智能专业课程体系综合比较

综合以上分析,卡耐基梅隆大学和南洋理工大学的人工智能专业课程体系呈现出三方面共同优势。在课程目标方面,回应国家需求、明确而有一定特色。在课程结构方面,将人工智能核心课程设置为数学、计算机基础模块和人工智能相关专业核心模块,并辅以人文与艺术、科学与工程和商业与管理等通识选修课程,通过模块化课程避免割裂学科之间的逻辑联系,同时个性化培养学生综合素质。在课程内容方面,注重扎实的数理和计算机基础;通过设置跨学科课程和配备不同学科教学人员、使用项目式教学方法、融合科研实习项目等促进课程学科交叉、面向应用;突出人工智能伦理思考,为支持人工智能与工业、人类生活深度融合提供伦理观。

其不同之处在于形成了两种人工智能本科专业建设模式:跨学科建设模式和专深的建设模式。南洋理工大学倾向于培养“人工智能+大数据统计与分析”的跨学科人才,在课程内容上更偏向数学和计算机基础知识的传授以及大数据科学类的人工智能基础课程,人工智能领域涉及不深;卡耐基梅隆大学依托其在人工智能领域多年深耕取得的科研成果,强调“人工智能”特征,开设了人工智能基础课程以及四个不同集群选修课,给予学生宽厚的人工智能基础和视野(见表3)。

表3 两所大学人工智能本科专业课程体系综合比较

	共性	差异性
课程(专业)目标	1. 回应国家发展和科技进步需要,培养高技能人才 2. 明确“人工智能特征”,交叉融合,面向应用	CMU: 专一且深入的人工智能本科专业 NTU: “人工智能+X”的人工智能与其他学科专业交叉的本科专业

课程结构	内含模块化课程结构	CMU: 七大模块+人工智能选修四模块
		NTU: 核心课程、专业规定选修、通识教育课程和非限制选修
课程内容	1. 重视数学及计算机基础	CMU: 注重“人工智能”的专业特征, 基础课程贴合人工智能, 且人工智能核心课程多
	2. 重视知识应用和学科交叉课程	NTU: 注重“大数据分析与人机智能”结合, 基础课程偏基础且广泛, 大数据分析课程多
	3. 重视人工智能伦理课程	

三、我国人工智能本科专业课程体系建设的思考

为应对智能时代的人才缺口,我国学者对人工智能专业和其相关专业的人才培养方向、模式和方法同样提出了一些新理念和新建议:在人才培养目标方面,致力于培养宽口径复合型人才、高水平专业人才和拔尖创新人才,并对人才素质做了多维度要求,促进学生全面发展^[11];在人才培养模式方面,总结出浙江大学以跨学科实践平台为支撑,整合学科知识、重构课程模块^[12]的课程体系建设方式,人工智能专业学生可在基础和专业核心课程外,根据自身的兴趣选择性地学习智能决策与机器人、机器学习、智能感知与语言以及可视交互与设计四个方向的模块课程^[13];在人才培养内容方面,反复强调人工智能专业知识体系中“交叉”、“应用”以及“通识(人文)教育”几个关键词,清华大学更是在人工智能学科领域创办智班践行了“广基础重交叉”的培养模式,注重学科基础教育并设置覆盖前沿领域的全英文教学专业核心课程,前两年以“通才教育”为主,实施基础知识强化训练,后两年以“专才教育”为主,加强人工智能专业教育^[14]。

然而,在我国高校面向人工智能领域人才培养做出快速反应的同时,我国高等教育在人工智能人才培养方面仍存在一些需要长期实践改革的问题。其一,针对本科层次,人工智能专业人才培养目标过于粗糙单一,需要有针对性地加以细化,包括与其他专业相区分、不同层次类型高校相区分、与高中和研究生阶段相衔接等,并亟待形成面向信息能力、创造能力、社交能力、人文情怀、国际化能力、问题解决能力等的人工智能人才培养能力体系^[15]。其二,就人才培养模式而言,我国高等教育中的学科壁垒、学院划分、教职人员流动限制和跨学科教育实践的落后性都在很大程度上阻碍了人工智能专业相关平台和模块化课程的有效实施,如何使新人才培养模式落地成为重要的前提性问题。其三,在人才培养内容方面,课程内容繁杂、与科研实践关系不紧密等问题同样可能出现在人工智能专业培养过程中,导致学生在基础研究和面向应用方面都“力不从心”,同时除通识教育课程选课范围外,缺乏对人工智能与人文、伦理、艺术等领域进行融合的中国化探索与尝试^[16]。

因此,借鉴国外两所案例大学人工智能专业课程体系建设的实践经验,未来我国人工智能专业课程体系建设应借新兴专业新生之势,破除高等教育旧有弊病,建设满足“三新”要求的课程体系,即新的特色复合型、跨学科人才培养目标,新的多维度模块化课程结构,新

的厚基础、多学科交叉融合、面向应用的课程内容。

（一）新人才：回应国家需求，增强专业特色

人工智能本科专业的课程目标代表着一个学校乃至一个国家对“培养什么样的人工智能人才”这一根本问题的回答，在宏观上要回应国家对人工智能学科发展及其相关领域人才素质的要求和期待；在微观层次要明确其存在的必要性和独特性，表现在与其他相似专业的区分以及突出不同学校相同专业的特色。

首先，在回应国家需求方面，我国人工智能本科专业在课程体系建设中首先要回应国家如下要求：“瞄准世界科技前沿，强化基础研究，实现前瞻性基础研究和引领性原创成果的重大突破，进一步提升高校人工智能领域科技创新、人才培养和服务国家需求，推动人工智能与实体经济深度融合、与人民需求深度融合、与教育深度融合”^[17]，对学生的人工智能基础知识与研究能力、技术设计与应用能力、跨学科（多学科）知识与能力、工程伦理、家国情怀、创新创业能力和终身学习能力等在培养目标上进行顶层设计，培养服务人民、服务国家的人才。

其次，在专业设置的必要性和独特性方面，人工智能专业虽脱胎于计算机专业，曾是计算机专业中的一个分支，但人工智能专业课程的知识体系绝对不是计算机专业的知识体系，人工智能人才具有的知识能力也不同于计算机专业人才。人工智能专业在设置之初，就要有清晰的人才培养目标和就业导向，各院校也要有不同侧重，避免各高校人才培养的同质化以及自身目标模糊化的问题。

通过对两所案例学校的比较分析，本文提出两种不同的课程建设模式：一是以卡耐基梅隆大学为代表的专一且深入的人工智能专业课程模式，二是以南洋理工大学为代表的“人工智能+X”的跨学科课程模式。与卡耐基梅隆大学相似的在人工智能领域有深厚积淀的、处于领先地位的高校或在人工智能领域研究覆盖面广、有一定实力的高校可以开设专一且深入的人工智能课程体系，以培养有大量知识能力储备的人工智能专攻型、研究型人才，人工智能的发展也离不开领域内基础研究的支持。而一些在人工智能某一方面有所专长且在其他相关学科也有所特色的大学可以开设“人工智能+X”的跨学科课程体系，培养能够在相关领域开展研究并将人工智能应用到实际问题中的人工智能复合型人才（如人工智能+医疗、人工智能+地球科学、人工智能+金融），或是注重应用的人工智能某一领域的技能型人才（如机器学习、人机交互、自然语言处理等）。各大学分别培养不同类型人工智能人才，各专业各具特色，有利于形成多元化人才培养结构，丰富人工智能领域市场的人才供给。在此基础上，各大学依据培养目标的具体特征，明晰其应具有的知识能力，进一步规定专业课程体系。

（二）新模式：创新课程结构，明确能力模块

根据新人才培养目标的要求，突破单一学科思维和院系设置物理壁垒的跨学科平台建设以及课程体系重构成为许多专业改革的方向，例如天津大学建构的面向未来科技和产业发展的多学院和多学科合作跨学科人才培养平台（未来智能机器人和系统培养平台、未来智能医疗与健康教育平台等）^[18]。本文受两所案例大学，特别是卡耐基梅隆大学的启发，提出在重视

人工智能专业课程的基础上,依托跨学科平台提供不同领域教学人员和项目资源,构建人工智能模块化课程的设想,明确学生应获得的知识能力模块,分清不同模块衔接关系。

模块化课程的模块设计分为狭义模块和广义模块,狭义模块是通过具体岗位的职业分析,将每一个岗位所需的能力或技能层层划分,每一个二级能力或每一个技能所需的工作步骤、工具、知识、态度、标准等内容就称之为一个模块。广义模块是模块概念引入我国以后的一种延伸,包含内容大于狭义模块,是多个狭义模块的组合,不单纯包括一项技能、知识或能力,并且在模块中能力性教学内容与学科性教学内容相结合^[19]。一个专业的规划则需要广义和狭义模块相配合,卡耐基梅隆大学的人工智能专业课程划分七大模块即可认为是广义模块,而一门课程中包含的使学生掌握一个具体技能或能力的所有内容就是一个狭义模块。模块化的课程结构有以下优势:1.明确专业培养的能力,既强调继承学科课程的优势,又重视以职业分析为基础进行课程开发,重视能力和技能培养的渗透,使学生真正掌握有专业特色的可以解决实际问题的能力;2.数学、计算机和通识教育等模块与人工智能基础和选修模块组成了一个循序渐进的宽基础课程结构,同时这些模块易于灵活组合,学生可以自由选择某些模块,利于培养个性化“人工智能+X”人才。

人工智能本科专业进行课程设计时,应将总体课程结构和每一门课程进行模块化设计,尽可能地丰富课程模块,宏观上建立“基础知识模块+人工智能专业模块+跨学科特色模块+综合素质选修模块”等课程模块(见图2),微观上合理安排、明确设置一门专业课程的能力模块,依此有针对性地授课,突出课程特色,避免课程冗余。同时,结合基础核心课程、专业核心课程以及专业选修课程和通识选修课程等课程类型规定,明确专业核心和特色,并在不同学科交叉中分清不同类型课程的作用、地位和主次关系,避免课程数量过多、知识重复率高、难以有效融合、学生忽视专业知识等问题。在之后的专业课程设计中,也要将教材模块化、课程内容模块化等细节落到实处。

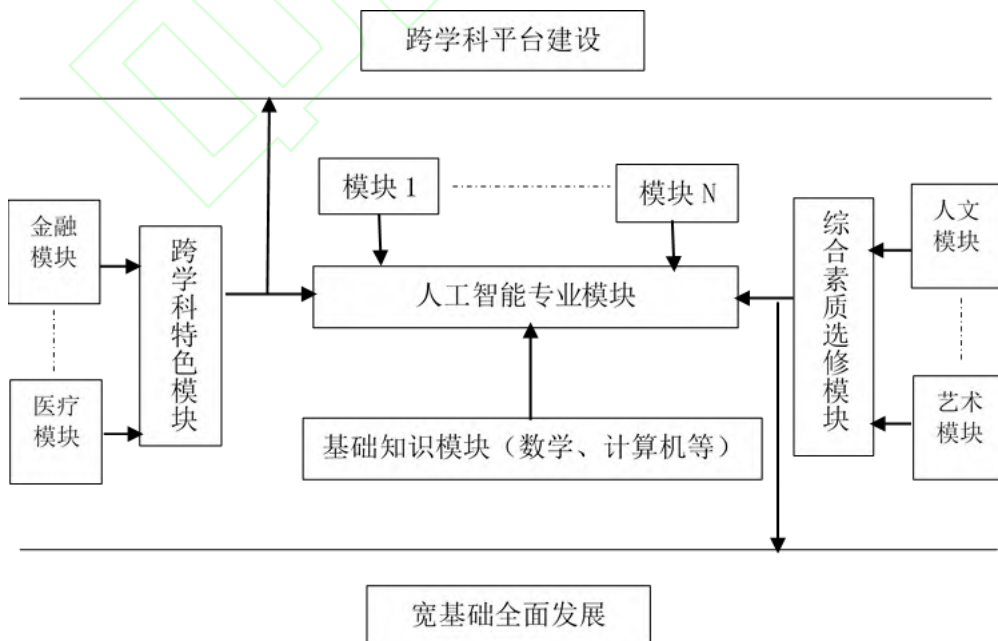


图2 人工智能本科专业课程结构模块

（三）新知识：优化课程内容，聚焦人工智能

课程内容的选择是根据特定的教育价值观及相应的课程目标，从学科知识、当代社会生活经验或学习者的经验中选择课程要素的过程，其要符合学生基础和认知发展的规律、贴近和适应社会发展以及符合学科发展规律和要求。因此，在确定人工智能本科专业课程内容时，要把握本科阶段学生知识基础和认知特点，在避免人工智能知识体系空心化、碎片化、浅显化的基础上，重点突出其与自然科学、社会科学与人文艺术科学交叉的新兴学科特点，构建“厚基础、强专业、宽领域、重应用”的人工智能知识体系。

在“厚基础”方面，借鉴南洋理工大学和卡耐基梅隆大学的课程构成，需在数学和计算机两个核心课程模块开设更系统更全面的基础课程。首先，从学生基础和认知发展情况出发，本科阶段教师应充分了解高中学生对于人工智能这一“高深”领域的知识准备水平和认知水平，更好地与高中阶段课程衔接，在低年级阶段开展螺旋式上升的数学和计算机知识学习，做好课程内容铺垫，使学生更顺利地进入专业学习。另一方面，从学科知识发展角度来看，因人工智能专业的发展立足于数学和计算机科学的基础之上，教师要巧妙筛选与人工智能相关的数学和计算机知识，避免“大水漫灌”和“学用不衔接”的问题，并在课程中点明这些基础知识的人工智能应用范围，例如，概率论中的贝叶斯思维可以应用到利用人工智能过滤垃圾邮件的问题中、随机过程中的隐马尔科夫模型可以支持语音识别等^[20]。总之，人工智能本科专业要重视并开足支持学生在人工智能领域深入学习、研究的基础课程，保证课程质量，使学生积累深厚的知识基础，打牢学生学习的“地基”。

其次，聚焦专业，学科交叉，面向应用。课程内容方面要突出人工智能专业特色，聚焦专业内涵，把握学科发展规律，将人工智能基础、机器学习、决策与机器人、感知与自然语言处理和人机交互等专业课程做精做细，将理论知识、研究前沿和应用问题有机结合融入课堂知识学习，并在课堂组织方式上多采用研讨式、问题式和项目式等学习方式，打造精品课程，避免对传统课堂的沿袭。另一方面，正是技术孕育的多学科基础和产业应用的多样化趋势要求不同学科的交叉融合，直接催生了独立、交叉的人工智能专业^[21]。为坚持人工智能专业初始的交叉性特点，课程内容要结合学校专业布局特点和专业建设优势，依托选修课程、科研项目和跨学科平台促进多学科交叉融合。专业课程中要涉及与人工智能研究息息相关的认知科学、脑科学、心理学等领域，初步探讨人工智能与金融、商业、医疗等其他学科交叉融合的相关问题，再借助科研合作项目，为学生提供宽领域的研究机会和接触实际问题解决过程的机会。在面向应用方面，为避免人工智能成为一个培养专门人才的专业后，学科逻辑替代问题逻辑^[22]，人才培养过于理论化和专业化，脱离问题实际，落入传统人才培养的窠臼，学校要重视与政府、科研机构和企业协同合作，多听取相关利益者的意见以确定课程内容，并建设实训基地和科研创新平台，建设起“场景驱动”的应用型模块课程，将课堂移到真实场景中，通过课上基础知识和技能工具的学习和小范围模拟运用、科研项目和实习实践中的实际问题解决和经验积累以及与企业、政府项目合作过程中的综合能力锻炼与知识创新等一系列的培养活动实现全过程协同育人，完善“人工智能+X”的复合人才培养体系。

最后, 课程内容具有知识性与价值性相统一的特点, 人工智能专业要通过人文、社会、艺术和伦理等方面的通识教育课程对学生进行人文关照, 提升学生的生态意识、法律意识、审美能力和伦理道德水平, 特别是引发学生对人工智能伦理和社会价值的思考。人工智能在无生命的机器上对人类智能的模拟必然会产生伦理问题, 包括表层的隐私泄露、工人失业风险增加、教育领域应用的两面性、军事领域应用带来的安全性问题等, 更隐藏着“机器是否会统治人、奴役人”以及人与人工智能的关系等哲学问题^[23]。虽然人工智能从数据智能到类脑(生物)智能还有很长的路要走, 但在实现这些技术之前, 这些伦理道德问题都是人类需要思考的。学校教育要肩负起对学生社会责任感和伦理道德的涵养, 德育、智育和美育课程三育并举, 专业课程和通识课程相辅相成, 结合工程实例和文艺创作, 引发学生对伦理问题的注意和思考, 引导学生正确平衡工具理性和价值理性, 培育正确社会价值观和对全人类的关怀之心。

四、结 语

人工智能本科专业作为高校本科层次的一个新兴专业, 应时代和国家需求而生, 肩负着培养人工智能领域高端技能人才, 并以高端人才和科研成果占领全球科技创新制高点的重要任务。为建设好这一专业, 各高校必须立足课程体系建设这一提高人才培养质量的关键环节, 从认识层面, 对“确定什么样的人工智能本科专业人才培养目标”、“采取什么样的形式培养人工智能本科专业人才”以及“用什么样的课程内容培养人工智能本科专业人才”等根本问题进行宏观把握和总体设计; 从实践层面, 对人才培养目标模糊、跨学科平台和模块课程建设落后、课程内容脱离科研和应用等高等教育实践中的固有问题进行有效探索和改革。因此, 我国人工智能本科专业课程体系建设应打破传统桎梏, 借新兴之势全面创新课程体系: 厘清课程目标, 回应国家需要, 发挥各校优势特色; 创新课程结构, 明确能力模块, 合理安排不同模块关系; 优化课程内容, 打牢基础、聚焦专业、学科交叉、面向应用, 构建“厚基础、强专业、宽领域、重应用”的人工智能知识体系。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部. 教育部关于公布 2018 年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知[EB/OL]. [2019-10-15].
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_1034/s4930/201903/t20190329_376012.html.
- [2] 吴飞, 杨洋, 何钦铭. 人工智能本科专业课程设置思考: 厘清内涵、促进交叉、赋能应用[J]. 中国大学教学, 2019(2): 14-19.
- [3] 武建鑫. 重塑自身以塑造未来: 人工智能时代的“MIT 方案”[J]. 比较教育研究, 2020, 42(2): 24-31.
- [4] 张炜, 王良, 钱鹤伊. 智能化社会工程科技人才核心素养: 要素识别与培养策略[J]. 高等工程教育研究, 2020(4): 94-98+106.
- [5] 新加坡南洋理工大学数据科学和人工智能研究中心. Vision and Mission [EB/OL]. [2019-10-15].
<https://dsair.ntu.edu.sg/aboutus/Pages/VisionMission.aspx>.
- [6] 卡耐基梅隆大学计算机科学学院. Introduction of Bachelor of Science in Artificial Intelligence[EB/OL]. [2019-10-16].

<https://www.cs.cmu.edu/bs-in-artificial-intelligence>.

[7] 新加坡南洋理工大学计算机与工程学院. Bachelor of Science in Data Science and Artificial Intelligence (New programme from AY18/19 onward) [EB/OL]. [2019-10-16].

<http://scse.ntu.edu.sg/Programmes/CurrentStudents/Undergraduate/Pages/DSAI.aspx>.

[8] 新加坡信息通信媒体发展管理局. 新加坡技术转型路线图报告 [EB/OL]. [2019-10-26].

<https://www2.imda.gov.sg/programme-listing/technology-roadmap>.

[9] 新加坡南洋理工大学计算机与工程学院. Overview of AUs requirement [EB/OL]. [2019-10-16].

<http://scse.ntu.edu.sg/Programmes/CurrentStudents/Undergraduate/Documents/2018/AY1819%20SCSE%20DSAI%20%2813%20Sep%202018%29.pdf>.

[10] 卡耐基梅隆大学计算机科学学院. Curriculum [EB/OL]. [2019-10-16].

<https://www.cs.cmu.edu/bs-in-artificial-intelligence/curriculum>.

[11] 黄河燕. 新工科背景下人工智能专业人才培养的认识与思考 [J]. 中国大学教学, 2019(2): 20-25.

[12] 吴婧娜, 王雨洁, 朱凌. 学科交叉: 未来工程师培养的必由之路——以机器人工程专业为例 [J]. 高等工程教育研究, 2020(2): 68-75+98.

[13] 浙江大学求是新闻网. 浙大招收首批人工智能专业本科生: 学什么, 怎么教 [EB/OL]. [2019-10-18].

<http://www.news.zju.edu.cn/2019/0415/c23245a1172087/page1.htm>

[14] 清华大学交叉信息研究院. 智班概况 [EB/OL]. [2019-10-18].

<http://iiis.tsinghua.edu.cn/list-127-1.html#class25>

[15] 刘进, 吕文晶. 人工智能创新与中国高等教育应对(下) [J]. 高等工程教育研究, 2019(2): 62-72.

[16] 王雪, 何海燕, 栗苹, 等. 人工智能人才培养研究: 回顾、比较与展望 [J]. 高等工程教育研究, 2020(1): 42-51.

[17] 中华人民共和国教育部. 高等学校人工智能创新行动计划 [EB/OL]. [2019-10-15].

http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s7062/201804/t20180410_332722.html.

[18] 顾佩华. 新工科与新范式: 实践探索和思考 [J]. 高等工程教育研究, 2020(4): 1-19.

[19] 蒋乃平. 模块化课程建设 [J]. 职业技术教育, 2001, 22(28): 16-19.

[20] 张雨萌. 人工智能头条. 人工智能必备的数学基础有哪些 [EB/OL]. [2019-10-18].

<https://mp.weixin.qq.com/s/nWC-9UDozFXCKpCe40qPIA>.

[21] 林健, 郑丽娜. 美国人工智能专业发展分析及对新兴工科专业建设的启示 [J]. 高等工程教育研究, 2020(4): 20-33.

[22] 陈涛, 韩茜. 四螺旋创新集群: 研究型大学人工智能发展生态重构与路向探究: 以加拿大多伦多大学为例 [J]. 重庆高教研究, 2020, 8(2): 48-61.

[23] 王治东. 人工智能研究路径的四重哲学维度 [J]. 南京社会科学, 2019(9): 39-47.

(责任编辑 杨慷慨)

Analysis of the Undergraduate Curriculum System of Artificial Intelligence: Based on the Comparative Analysis of Carnegie Mellon University and Nanyang Technological University

TAO Hongshan, QIE Haixia

(School of Education, Tianjin University, Tianjin 300350, China)

Abstract: From theoretical research to industrial application and even civil application, artificial intelligence not only pushes forward the new round of scientific and technological revolution and industrial revolution, but also stimulates a strong demand for education system reform. In response to the global demands for AI talents, domestic and overseas universities have set up undergraduate programs in AI since 2018. Among them, Carnegie Mellon University has built a single and in-depth undergraduate major in artificial intelligence, and Nanyang Technological University has built an undergraduate major called “AI + X” that combines artificial intelligence with other disciplines. Both of them show the characteristics of clear professional objectives, modular curriculum structure, basic-based, interdisciplinary and application-oriented curriculum content. Based on this analysis, combined with the requirements of new educational construction in China, this paper proposes to make some suggestion on construction of artificial intelligence undergraduate curriculum system, including to respond the needs of the country and enhance the characteristics of professional courses, to innovate the course structure to clarify the ability module and to optimize course content.

Key words: artificial intelligence; undergraduate major; curriculum system; cultivation of talents