文章编号: 2095-1663(2022)04-0080-10

DOI: 10. 19834/j. cnki. yjsjy2011. 2022. 04. 13

美国研究型大学人工智能人才培养的 革新路径与演进机理

胡德鑫,纪 璇

(天津大学 教育学院,天津 300354)

摘 要:作为引领新一轮科技革命、产业调整与社会变革的战略性技术,人工智能技术正在对经济发展、科技 创新和社会进步等领域产生深远影响。基于麻省理工学院、卡内基·梅隆大学等五所美国顶尖研究型大学 的样例,运用案例分析与综合比较的混合研究方法,对其人才培养的革新路径与演进机理进行解析。结果显 示,以培养目标引领培养方向、以资源整合支撑培养基础、以课程教学驱动培养创新、以产学研联通深化协同 育人、以质量保障提升卓越品质是其人工智能人才培养的主要革新路径;进一步指出其人才培养模式的演进 机理,即"个人发展+社会本位"的多元化人才培养目标、"跨界融合+均衡高效"的整合式资源供给、"通专结 合十推陈出新"的复合型课程教学、"知行合一十完善灵活"的综合性项目实习,以期为我国未来人工智能人 才培养的理论研究与实践改革提供科学参考。

关键词:人工智能:人才培养:研究型大学:课程体系:教学模式

中图分类号: G643 文献标识码: A

一、问题提出

21世纪以来,各种新兴科学与应用技术骈兴错 出。以工业智能化和互联网产业化为代表的新一轮 工业革命已悄然而至。各类智能技术不断涌现,以 人工智能为代表的人机互动、量子信息、机器学习、 虚拟现实、大数据技术促进着当今工业生产模式、经 济组织运作方式乃至人类生活方式的急遽变革[1]。 发展人工智能技术、培养人工智能人才已被世界各 国视为在产业变革中增加话语权、掌握主动权和维 护国家安全、提升国际竞争力的重要战略。为了迎 接人工智能时代的机遇和挑战,处于人工智能研究 及应用全球领先地位的美国,通过强化政策支持、推 动国会立法、加大研发投入等多项措施,力求保持人

工智能时代"领头羊"地位。在此背景下,美国联邦 政府于2016年陆续出台《为未来人工智能做准备》 《国家人工智能研发战略规划》《人工智能、自动化与 经济报告》等文件,并于 2019 年制定《未来 20 年美 国人工智能研究路线图》《维护美国人工智能领域领 导力的行政命令》,将人工智能战略提升至国家整体 层面。在这一过程中,美国研究型大学则致力于将 神经网络、类脑智能等前沿领域开拓以及跨学科的 人才培养作为人工智能发展的基石,助力人工智能 前沿领域的理论研究与技术开发[2]。

综观国内,当前也在大力推进人工智能领域的 技术研发与人才培养。就上层设计来看,2017年, 国务院印发《新一代人工智能发展规划》,旨在抢抓 人工智能发展的重大战略机遇与先发优势,把高端 人才队伍建设作为人工智能发展的重中之重[3]。次

收稿日期:2022-01-23

作者简介: 胡德鑫(1988-), 男, 山东潍坊人, 天津大学教育学院副教授, 管理学博士。

纪璇(1998-),女,山东青岛人,天津大学教育学院硕士研究生。

基金项目:天津市教委社科重大项目"研究生教育质量评价体系研究与实践"(2020JWZD48)

年,教育部颁布《高等学校人工智能创新行动计划》, 指出"到 2030 年, 高校成为建设世界主要人工智能 创新中心的核心力量和引领新一代人工智能发展的 人才高地,为我国跻身创新型国家前列提供科技支 撑和人才保障"[4]。就实践而言,目前人工智能人才 培养主要集中在一流研究型高校,多数学校依托于 其深厚的计算机科学、电气工程等学科增设人工智 能专业方向,培养不同层次的人工智能人才[5]。 2021年3月,教育部公布的2020年度普通高等学 校本科专业备案和审批结果显示,本年度各高校新 增备案专业 2046 个,其中有 130 所高校申请的"人 工智能"专业通过教育部备案,其因此也成为年度高 校新增最"热门"的专业。然而,虽然我国人工智能 人才培养体量持续增加,但培养模式尚不成熟,人工 智能产业发展的人才供给侧与需求侧严重失衡;面 对我国人工智能领域百万量级的缺口,人才短缺已 经成为制约人工智能飞速发展的瓶颈问题。换言 之,人工智能的竞争上升到大国间人才的竞争,并最 终归聚到人才培养的竞争[6]。因此,应当借鉴国外 人工智能人才培养的成熟经验,抓住当前所处的重 大战略机遇期培养高端科技创新人才。而美国研究 型大学所培养的高素质人才通过融会人工智能的先

进理念技术,有效赋能科技创新与产业发展,与之相适应的人才培养也成为本研究关注的焦点。

二、研究设计

(一)案例选择

在人工智能人才培养方面,美国研究型大学已进行了大量探索与实践。本研究根据 US News 2021 年度最新美国大学排名^[7]及各院校官网最新资料(表 1),综合考虑案例选择的典型性、代表性以及资料的可获得性,选取了在工程学科、人工智能方向以及计算机科学大类综合实力较强的麻省理工学院(MIT)、斯坦福大学(Stanford)、加州大学伯克利分校(UC Berkeley)、卡内基·梅隆大学(CMU)以及德克萨斯大学奥斯汀分校(UT-Austin)这五所美国一流研究型院校为案例研究对象。这五所人工智能领域的顶尖院校在人工智能人才培养领域都拥有相对成熟的经验与模式。在当前中美人工智能人才培养尚存在较大差距时,系统剖析美国一流研究型院校人工智能人才培养的内涵理念与实践机制,对于我国人工智能人才培养具有重要的现实意义。

院校 名称	综合实 力排名	计算机 科学排名	人工智能专业 (方向)排名	人工智能专业 (方向)所在院系	图灵奖(计算机 领域国际最高 奖项)得主人数	美国国家 工程院 院士人数
麻省理 工学院	4	1	2	工程学院电气工程 与计算机科学系	26	107
斯坦福大学	6	2(并列)	3	工程学院计算机科学系	29	116
加州大学 伯克利分校	22	2(并列)	4	工程学院电气工程 与计算机科学系	25	78
卡内基•梅隆大学	26	2(并列)	1	计算机科学学院计算机科学系	13	60
德克萨斯大学 奥斯汀分校	42	10	5	工程学院电气与计算机工程系	2	57

表 1 五所人工智能顶尖高校基本情况

资料来源:US NEWS 美国大学综合排名、美国工程院(NAE)。

(二)研究思路

从研究方法的选择与运用来看,应与研究目的、研究对象特点相适配。本研究旨在解释案例大学人工智能人才培养模式的构成要素、运作机制及内涵特征,并探讨其人才培养模式组成要素与人才产出之间的互动关系与影响机制。基于案例分析与综合比较的思路,本研究通过对各院校官网的公开信息以及政策文件的深入研判,对其人才培养要素构成

及表征进行多维度分析;同时通过分析框架的搭建探寻美国研究型院校的人工智能人才培养经验,以期为我国同层次高校的人工智能专业建设以及人才输出提供参考。据此,本研究将人才培养解构为目标定位、资源支撑、课程教学、项目实习、质量保障五要素(图1);阐述在明晰的目标引领下,美国一流研究型大学如何通过多元主体的协商共构,在人工智能人才培养上实现价值耦合与共同进步。

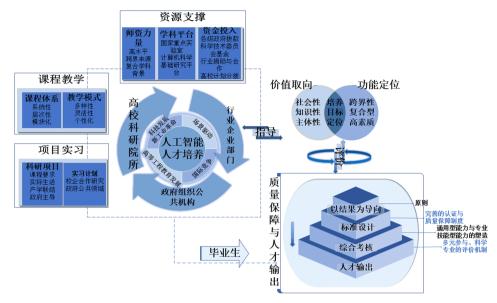


图 1 美国研究型院校人工智能人才培养模式图

三、美国研究型大学人工智能 人才培养的革新路径

(一)以培养目标引领发展方向

人才培养目标是关于回答"培养怎样的人、需要取得什么结果"的问题,是对人工智能人才所需具备的核心能力要求的价值引导与明确定位。而人工智能技术发展若要满足国家对于市场应用的需求趋向,必须综合多元学科的知识场域以构建一个技术融入人类世界的学术生态系统。这就要求研究型大学在此过程中发挥"媒介"作用,通过高素质、创新型的人才培养与输出,打通人工智能理论研究与技术落地之间的桥梁;其培养目标也应体现高水平人才发展所应具备的价值取向与能力素养。

就美国一流研究型大学而言,其目标旨在培养引领学科专业发展、能与未来产业需求对接、推动社会进步的跨界型的复合高素质人工智能人才,强调高校作为教育提供机构所培养人才应与大学所承载的公共使命保持一致。MIT 素以世界顶尖的工程学和计算机科学享誉全球,其电气工程与计算机科学系(EECS)下属的施瓦茨曼计算机学院计算机科学与人工智能实验室(CSAIL)是全球最重要的人工智能研发机构之一[8]。EECS为其下属实验室、研究机构从事人工智能研究的学生列出了四个培养目标。1.工程能力塑造。毕业生能将在人工智能相关课程中所学习的物理知识、分析计算方法熟练应用于实际生活问题,在认清事情本质以及不确定性来源的同时,应用适当的模型、技术工具和评估方法

来制定问题解决方案。2. 领导能力提升。毕业生能为他们的专业学习、职业发展塑造自信、正直的品质,具备推动创新的技术优势以及激励和引导自身所在团队将想法付诸实施的沟通和协作技能。3. 通用能力培养。毕业生能创造性地应用自身的能力、才干和洞察力,在专业学习以及项目实践过程中体现出一定成效。4. 社会参与加强。毕业生能对专业发展和社会变迁保持敏感度,积极参与公益活动以及终身学习,成为一个对自身所在社区发展有用的人等。综上可知,MIT的人工智能人才培养目标有效体现了多元价值取向,并为其从事相关研究的学生指明了"工程能力+领导能力+通用能力+社会参与"四个维度的发展方向,强调了个人知识掌握、综合能力塑造与社会需求的有机结合。

CMU则是美国最早开设人工智能专业的院校,其人才培养目标是"熟练掌握计算机科学、机器学习和自动推理等方面的专业技能,同时兼具道德精神与社会责任,利用人工智能技术促进医疗保健、交通和教育等领域的发展"[10]。Standford 的人工智能人才培养目标则是"能够通过广泛的思考进行跨学科的研究,利用机器语言、图形以及数据完成多类别的复杂任务,建立更好的算法和机器辅助人们决策,帮助人类过上更安全、更有成效和更健康的生活"[11]。总体来看,美国一流研究型大学均致力于培养具备多元素养的跨界复合型人才,并以关照全人类的培养理念引领全球人工智能人才培养风向,在兼顾道德伦理的层面上,发展学生运用人工智能领域的广幅知识与先进技术改善世界、实现自我发

展和价值追求的综合性能力素养。

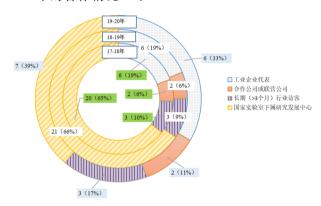
(二)以资源整合支撑培养基础

由于人工智能涉及产业发展、科技变革、职业更替等诸多领域,其作用机制具有多样性、复杂性、不确定性,因此其人才培养需要稳定充裕的资源支撑,以满足其在多变环境中高素质人才的培养所需,这主要体现在三个方面。

首先, 多元跨界的师资队伍建设。人工智能专 业知识及问题涉及多元学科交互,具有多样性、复杂 性和广泛性的特征,因此一支经验丰富、高水平、具 有差异化学科背景以及高校和企业多重经历的跨界 来源师资就成为其人才培养质量的关键。UC Berkeley的人工智能实验室(BAIR)汇集了在计算 机视觉、机器学习、自然语言处理、自动控制等领域 的教职人员[12]:实验室所依托的电气工程与计算机 科学系(EECS)的教师囊获了包括国家科学奖(电 气工程和计算机科学各1个)、国家技术与创新奖以 及4个计算机领域的国际最高奖项——图灵奖等。 此外还有37名教师被选为美国国家工程院院士,是 全美高校 EECS 中当选成员最多的高校院系之 一[13]。CMU 则利用跨学科的人工智能研究和教育 推进技术落地和产业发展。其于 2017 年开启了 "AI 计划",借助计算机科学学院内部雄厚的学科基 础与顶尖师资,通过搭建非实体平台的方式整合全 校 23 个系所近 200 余名教职员工从事人工智能相 关研究[14],涉及生物、认知神经、土木环境、公共政 策、人文社会等多元领域[15],在开展合作授课、培养 高素质人才的同时注重与相关产业、政策制定者和 公众的互动交流。而 MIT 则通过机构重组,将 EECS 系重整为电气工程 (EE)、计算机科学 (CS) 和人工智能与决策 (AI+D) 三个重叠的子单元,联 结施瓦茨曼计算学院和工程学院的高水平研究人 员[16],共同培养人工智能人才。

其次,强劲的学科平台与稳定充裕的资源投入。1. 在学科平台的基础建设上,MIT 拥有美国最高机密的林肯实验室(MIT Lincoln Lab)、世界一流的计算机科学及人工智能实验室(MIT CSAIL)、汇集世界各类顶尖科技的麻省理工学院媒体实验室(MIT Media Lab),具有深厚的人工智能学科积淀与硬件支撑。同样,Standford下属的斯坦福语言和信息研究中心(CSLI)同样是世界知名的信息、计算机与认知科学等交叉科学研究中心。而 CMU 的计算机科学世界排名第一,其软件工程研究院作为美国国防部军管研究所,更是遥遥领先于其它院校。2. 在资源投入上,美国高校研发经费与硬件资源来源广泛,

涵盖联邦和地方政府、企业及其他社会组织等。就 政府层面,2019年美国白宫在《国家人工智能研究 和发展战略计划更新版》中指出,"与学术界、产业 界、国际合作伙伴和盟友以及其他非联邦实体合作, 助力教育人工智能技术发展,促进对人工智能研发 的持续投资[17]";据此,美国国家科学基金会于2020 年8月宣布投资超过1亿美元建立五个人工智能 (AI) 研究所,每个研究所在五年内获得大约 2000 万美元的资助[18]。而在工业企业及其他组织机构 的资助上,各院校也形成了各具特色的筹资方式与 资助渠道。以 UT-Austin 为例,其人工智能实验室 所依托的奥登计算工程和科学研究所与工业界、非 营利组织以及国家实验室下属的研究发展中心 (FFRDCs)进行长期互动,为其人才培养的长期发 展和成功提供了有力支撑。图 2 总结了 2017— 2020 年的合作情况[19]。



数据来源: 奥登计算工程与科学研究所官网。

图 2 UT-Austin 工业企业、其他组织资助项目数及占比

由上图结合 UT-Austin 奥登研究所官网的资料可知,2019—2020 年度来自这些部门总投资为12,878,468 美元,其中7,016,326 美元来自工业企业、合作联营公司及行业访客等组织,5,862,142 美元来自国家实验室下属研究发展中心。工业界参与的研究资助约占所有正在进行的研究资助总额的7%;来自工业企业代表、合作联营公司、行业访客和国家实验室下属研究发展机构的支持加在一起,则占到正在进行的资助研究总额的近17%。

(三)以课程教学驱动培养创新

人工智能人才培养要求相关利益主体在科学的价值引领下,有效参与、加强协作,注重学生在各培养环节中基础性、挑战性与创新性能力的塑造。其中,课程与教学作为培养环节中的重要组成部分,是人工智能人才各项能力养成的必由之路。

首先,培养目标的实现依靠系统科学的课程体系的支撑。深入推进教学模式与课程体系重构,打

造多学科有机融合的人工智能课程是教学实施的基本着力点,是人才培养质量提升的"最后一公里"。这就要求人工智能课程体系需以能力为导向,合理有序、结构均衡、能动高效。譬如,CMU于 2018年

开设了全美第一个人工智能学士学位,课程体系涵盖计算机科学、数学统计、计算建模、机器学习、人文艺术等领域的广泛知识(表 2)。^[20]

表 2 CMU 人工智能学士学位课程体系

课程模块	人工智能核心	人工智能选修	计算机科学核心	数学与统计核心	道德与伦理	人文与艺术	科学与工程
学分要求	4门;38学分	6 门;54 学分	6 门;57 学分	6 门;58 学分	1 门;9 学分 (三选一)	7门;63学分 (每门9分)	4 门;36 学分 (每门 9 分)
课程设 置及学 - 分占比	人工智能概论	决策制定与 机器人序列(9)	新生人门课程	计算机科学数 学基础(10)	人工智能、 社会与人伦(9) 和	人工智能学士 学位学生应当 选择7门人文 与艺术相关课 程。在文7门	人工智能学士 学位必须选择 4 门科学与工 程课程(源于理 学院与工学院)
	人工智能导论: 表示与问题 解决(12)	机器学习序列(9)	计算机指令式 计算原理(10)	三维微积分 (10)			
		计算机感知和 语言序列(9)	函数式编程 原理(10)	集成与近似 (10)			
	自然语言处理 导论/计算机 视觉导论 (2选1;12)	人机交互序列 (9)	并行、顺序数据 结构与算法(12)	线性矩阵 变换(10)			
		从计算机科学 学院选修课程 中再选2门 (2*9)	计算机系统 导论(12)	计算机科学 概率论(9)	计算机科学中 的伦理与政 策问题(9)		
	机器学习导论 (12)		计算机科学重要 思想理论(12)	现代回归(9)			

其课程体系主要有两个特点。1. 课程结构模块 条理、通专并重。CMU 将人工智能所需掌握的知 识和技能划分成七大能力模块,课程主次突出、知识 层级清晰。人工智能学士学位需要修满 34 门、共计 315 个课程学分;在基础课程方面,数学与统计核心 课程以及计算机科学核心课程共计12门,占课程总 学分比重的 36.5%;而在通识课程以及人工智能专 业课程部分,前者涵盖人文艺术课程以及科学与工 程课程,共计11门,占所修课程学分的31.4%;后 者则共计10门,占所修课程学分的29.2%。由此 可见,其课程设置兼顾了基础、通识、专业课程;且厚 基础、拓广度、精专业。2. 课程内容有序递进、融汇 均衡。其在大一、大二阶段就开设了人工智能概论、 机器学习导论等人工智能核心课程,这可以帮助学 生对人工智能领域形成初步了解,为后续深度学习 打下基础。而人文艺术、道德伦理等通识选修课程 则贯穿于学习始终,人文与专业并举的系统安排有 助打破原有学科体系藩篱,将人工智能专业课程与 道德伦理、人文艺术等社科类课程有机融合,实现人 文课程中的价值理性与科学课程中的工具理性有效 均衡,构建起包容复合的知识网络,培养具备复合知 识体系的人工智能人才[21]。

MIT 并没有设置人工智能本科专业,但其 EECS系基本所有的专业都涉及人工智能相关课 程,旨在培养具有宽厚基础知识的通用型本科人才。 而在研究生阶段,MIT则有其人工智能人才培养的 独特课程体系。其课程组依照"基础理论一专业学 习一系统应用"的理念展开设计,为从事人工智能研 究的学生提供了科学的发展路径。人工智能方向研 究生应当从计算机科学中的系统(课程组1)、计算 机科学中的理论(课程组2)以及人工智能(课程组 3)三组课程中共选择四门课程(其中两门课程必须 在课程组3中选取,另外两门课程则需要在另外两 个课程组中选择)。研究生可以根据自己的研究兴 趣选择人工智能所深研的领域,完成66个单元的专 业学习(四门课程共48单元,其余18个单元可通过 选择第一年的计算机科学引言课程[22]完成),而每 门课程至少获得 A-才能够通过学位授予要求的技 术能力评估[23]。这种课程体系设计以广幅的课程 内容为支撑,在帮助研究生巩固计算机科学专业学 习的基础之上兼顾课程的深度与广度。由此可见, 由于人才培养层次侧重有所不同,CMU 与 MIT 两 所学校对于课程体系建设也有差异。本科人工智能 课程体系的建设上更加重基础、拓宽度;而研究生的

课程体系则倾向于厚深度、促创新。

其次,课程体系的落实依托于多样灵活、个性高 效的教学组织模式。美国一流研究型大学在保证人 工智能基础理论以及专业知识教学的同时,更加注 重培养学生自主探究、应用知识的能力。1. 就教学 组织形式而言,其通过顶尖教师单独授课、教师群合 作教学等方式改良传统教学模式,穿插采用高水平 演讲、研讨会、课后指导或课外沙龙等形式,搭建多 元开放的综合教学平台。譬如,除了课堂规定内容 的讲授之外,斯坦福人工智能实验室(SAIL)定期为 学生组织"杰出演讲者"系列讲座活动, 邀请人工智 能领域的先行者就特定主题展开谈话,以促进学生 对学科前沿进展的深入了解与学术发现[24]。此外, 部分授课教师为学生提供了"研究办公时间",以便 在课后为对人工智能研究感兴趣的学生提供指导与 建议,并就具体的研究课题展开交流回答[25]。同 时,SAIL还通过人工智能沙龙的形式开展前瞻性、 跨学科视角的研讨。沙龙对所有在校学生、博士后 和教师开放,约两周举办一次。每次沙龙都会围绕 人工智能领域的一个高级话题展开,由一位专家老 师和一位 AI 实验室的研究人员主持[26]。2. 在教学 方法层面,与传统填鸭式、自上而下的教学方法不 同,美国研究型大学通常采用研讨式学习、研究型教 学,并以小班式教学为主,通过学生自主研习、小组 实践探讨、真实案例分析、实地考察研究等方式展 开。学生可以根据自身基础禀赋、兴趣爱好、发展规 划,享有教学内容的充分选择权。例如,UC Berkeley 为从事人工智能研究的学生开设"自定义 学习进度中心",旨在为学生打造"定制化"的专业成 长路径。学生可以根据自己的学习基础与节奏在没 有导师监督以及截止日期压力的情况下自主安排学 习进度,完成相应的学习与测验[27]。为了激发学生 自主学习的动力,学校还为中心分拨了专门经费,聘 请学院资历丰厚的教师、博后等研究人员为学生提 供辅导与帮助。类似的, UT-Austin 为了使学生能 够有更多自主学习时间,在培养计划中减少了计算 机科学必修课的数量,学生有更多时间与空间选择 人工智能诸多子领域进行深度学习,培养自身批判 性思维和独立思考能力。而学术跟踪小组顾问和主 管教师可以就学生选取的课程提供指导。

(四)以产学研联通深化协同育人

人工智能具有集学术研究、实践应用、多领域交 互于一体的特点,其人才培养的重点就是帮助学生 将所学的知识、技术安全且有效地应用到实际场景。 美国研究型大学通过灵活多样的研究项目、产教联 通的实习计划,创新人工智能人才培养路径。首先, 研究项目。CMU注重以项目为依托的人才培养环 境建设,其人工智能研究项目主要有三个导向。一 是产业实践导向。例如,其产品设计课程旨在培养 学生对人工智能技术应用与设计过程的完整认知。 授课教师围绕机器学习、人机交互等领域的产业研 发项目设计了以项目为中心的课程安排,融合选修 部分"研究与创新""研究实践"两个模块,加之院校 的项目孵化平台,学生可以完成"知识掌握一确定兴 趣一研究设计一项目落实"环环相扣的项目实践流 程,保证其人才培养质量能够适应产业发展、引领技 术变革。二是学术研究导向。对于有较强科研意向 与研究兴趣的高年级本科生,CMU 鼓励其加入长 周期、连续性的科研项目中,经过导师及教务部门批 准后还可选修研究生阶段的高深课程,帮助学生广 泛接触不同的研究方法并将最新的科研成果纳入自 身知识体系建构之中,加深学生对于人工智能学科 的认同感。三是政府赋能导向。由于学生参与研究 的项目涉猎广泛,涵盖医疗健康、市政工程、教育管 理等诸多实际生活领域,因此学生所从事的人工智 能研究项目也与政府部门达成了密切的合作。例 如,由国家科学基金会资助的本科生研究经历 (REU)计划,通过鼓励 CMU 本科生参与人工智能 领域跨学科、跨团队的前沿课题研究,助力国家亟需 领域的研究建设[28]。

其次,实习计划。美国研究型大学强调实习过 程中的"联通主义",旨在将科研院所、行业企业所涉 及的信息、资源、知识与联系纳入到能够解决实际问 题的联通型网络之中。其实习计划主要涵盖与行业 企业合作、与科研院所合作两种模式,以此打造产学 研联通合作的人才培养新格局。就前者而言,MIT 通过提供来源广泛的企业实习计划,深化校企合作 层次,提升学生在人工智能领域的研发创新能力。 其所开设的本科生实践机会计划(UPOP)是一个为 大二学生提供的为期一年的专业发展计划,重点培 养学生在工业、研究所或学术界工作所需的关键技 能。该计划由 UPOP 导师、研究领域校友、合作企 业雇主组成的社区为有意愿参与的学生提供个性化 的实习咨询、互动研讨和实践机会。参与 UPOP 的 学生可以通过获得心仪企业的暑期实习机会,提升 自身在人工智能领域的理论应用、实践操作、人际沟 通、团队合作能力[29]。而在与科研院所合作的实习 方面, UT-Austin 的 Moncrief 本科生暑期实习计划 为学业成绩合格的工程学院本科生提供了与奥登计 算工程和科学研究所研究人员工作的机会。实习生

可以通过与奥登研究所下属 24 个研究中心及小组的教研人员一起工作,开展与人工智能相关的课题研究。其研究活动涉及计算机模拟与建模、增强现实、绿色能源、先进材料、生物医学等交叉领域,能够锻炼学生跨学科的知识转化与创新性开发的能力[30]。

(五)以质量保障提升卓越品质

若要保证人才培养质量、实现高素质的复合型 创新人才输出,作为人才培养最后一环的质量保障 则尤为重要。美国研究型大学通过科学专业的评价 体制和完备细致的保障措施,以毕业生能力结果为 导向,抓住质量保障中的标准设计与综合考核两个 关键环节,以保证适应多元利益主体需求的高水平 人工智能人才得以有效输出。首先,完善的质量认 证制度为标准设计提供了思路。美国工程教育认证 协会(ABET)为从事工程相关专业学习的学生制定 了一套毕业生成果清单。从获得认证的专业毕业代 表毕业生拥有了企业以及用人单位所重视的知识、 能力,是一项社会证明。因此其能力要求可以作为 衡量毕业生人才素质与能力的标准,在此基础上各 个院校可以根据自身特点补充相应的能力要求。譬 如,麻省理工学院 EECS 的学生在满足上述成果要 求外,还需实现六个方面的成果(图 3)[9]。通过分 析图 3 内容可知,认证成果标准体现了对人工智能人才多元能力培养的要求。一是通用型能力的培养与输出,即能够运用知识进行深入思考、有效表达、团队合作,在具有扎实的分析和解决问题的能力的同时兼具道德意识与社会责任感。二是专业技能方面的能力塑造,标准就学生所需具备的工程伦理、专业技能、知识建构情况做出了符合实际、完备细致的要求,要求其培养的学生在良好的数学以及计算机专业知识的基础上,具备人工智能理论研究、技术实践、系统应用的综合研究能力以及对新知识、新技术的敏锐性。

其次,在认证标准的引导下综合运用多种方法 进行毕业生成果质量综合考核。综合考核就是通过 对毕业生进行多主体、多方法、可调整、重反馈的评价,从而对毕业生的能力素养得出一个全面科学的 结论。1.多主体、多方法。就校内而言,MIT EECS 根据工程专业认证的毕业生能力清单,依据不同指 标要求设置水平能力测试,在校内以教师以及同伴 互评的方法对学生所掌握的人工智能相关知识进行 客观考察。而对于外部用人单位或者雇主而言,其 通过发放满意度问卷的形式对毕业生实际工作能力 进行质性评估,并结合毕业生就业率以及收入情况 等进行定量分析,在评估方法上采用量质结合的复

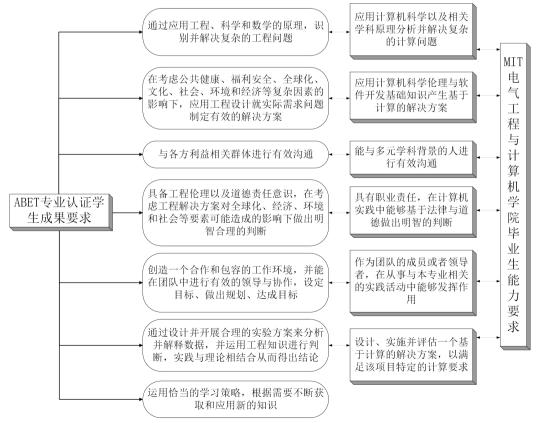


图 3 ABET 工程专业及 MIT EECS 学院毕业生能力要求

合型评价手段。2. 可调整、重反馈。UC Berkeley 专门为毕业生开设了职业规划中心,并出台了相应的研究生、本科生指南,通过对学生能力素养的合理评估为伙伴公司人才招聘提供建议^[31];同时通过对企业的反馈调查来对学生毕业成果的考核要求进一步调整。此外,其为毕业生就业开设了写作与交流、研究与数据分析、领导与管理、职业探索与准备、专业精神等拓展课程,学生可以根据自身需求选择适合的课程,提高自身多元能力素养以便更好地适配雇主调查反馈中的需求^[32]。

四、美国研究型大学人工智能 人才培养的演进机理

(一)"个人发展十社会本位"的人才培养目标

作为人才培养的顶层设计,人才培养目标对于 人工智能人才体系的建构具有引领性作用。智能时 代,在为社会实际问题提出解决对策的同时,应当同 时关注学生个人素养与技术能力的提升。就学生个 人发展目标而言,根据自我决定理论的观点,美国一 流研究型大学给予学生自主学习的空间,鼓励学生 基于自身兴趣爱好、特长禀赋做出个性化选择,在塑 造知识掌握能力、研究分析能力、复杂问题解决能 力、高阶认知创新能力、团队领导协作能力的同时, 充分发挥其在自我管理以及高效能学习方面的素 养。就社会层面的目标而言,通过多元融合、明晰具 体的目标设置,美国研究型大学有效传递出高素质 人工智能人才所应具备的社会价值与功能定位,强 调学生运用所掌握的知识服务社会现实需求,即不 仅能够利用人工智能技术促进学科的学理性发展, 也能呼应社会层面的工具性需要,为当今技术变革 和面对"技术奇点"可能存在的风险[33]提供可行的 解决方案。

(二)"跨界融合十均衡高效"的整合式资源供给

美国研究型大学基于院校整体人工智能发展战略,打通各学院专业出于对自身知识体系的保护而造成的隔阂,对内整合协调不同学科专业的教师以及教育教学资源,对外则依托于国家层面的政策支持,联合产业界、政府以及其他社会机构深化产教研一体化的体制机制重构。就师资而言,美国研究型大学通过校内组织重组、非实体平台建构、以项目为导向的临时性科研团队等方式,破除由于各方制度资源差异造成的组织壁垒,并通过优厚的薪资吸引感兴趣的教师加入,为人才培养提供跨界来源的高

水平师资,协助学生进行科研攻关。在学科平台方面,五所院校的计算机科学、综合实力排名均位居美国大学前列,且不乏排名前十的顶尖院校,部分院校还设有国家重点实验室以及研究课题,这为人工智能领域的人才培养提供了先进的学科研究基础平台以及硬件技术支撑。此外,在多元主体利益驱使下,五所高校都注重加强与政府、产业界、研究机构的合作,打造彼此协同互补、高效均衡的整合式资源输送模式。

(三)"通专结合十推陈出新"的复合型课程教学

由于人工智能对于知识的深度与广度、跨学科 的复合型知识掌握有较高的要求,因此在课程设计 上应当做到通专结合、博精并重。本研究中案例大 学的人工智能专业通过变革传统课程体系、均衡课 程结构设置,将通识课程与专业课程有机融合,构建 了以计算机学科的广博知识为依托、数学及工程领 域的通识课程为基础、人工智能专业课程为核心、多 学科的洗修课程为外延的系统科学、逐层递进的课 程体系, 秉执能力素质培养原则, 注重学生表达分 析、逻辑推理、创新合作等个性化高阶素质的养成, 围绕人才培养目标从通识基础课程—专业延伸课 程—拓展实验课程—系统综合课程进行系统编排。 这种模式符合学生人工智能专业学习的进阶过程、 兼顾不同层次学生人工智能核心能力培养,同时能 够反应院校学科设置的结构特点以及人才培养的侧 重。各院校也结合自身特点,推陈出新,辅以多样灵 活的教学模式助力人才培养。

(四)"知行合一十完善灵活"的综合性项目实习

多元灵活的研究项目和实习安排是美国高校人 才培养的典型特征,这些环节类似于我国的毕设,但 前者多源于实际需求或者真实问题[34]。譬如 CMU 以课程为载体开展项目实践,为学生搭建与政府和 企业进行双向交流的平台;而 MIT 的人工智能实验 室通过与附属伙伴公司的 CAP 计划,为学生的实习 安排提供具有竞争力的薪酬[35];UT-Austin 则以自 身研究中心为依托,通过暑期实习支持学生与来自 不同实验室或者课题组的研究人员进行合作。总 之,由于各院校办学性质及资源禀赋有所差异,因此 在人才培养时所采取的方式也有所不同,但归根结 底都是为了能让学生在开放、完善的学习实践环境 中,经历合作、协商、情感等人际要素的交互碰撞,培 养高素质人工智能人才所必备的系统思维、创新思 维、综合能力,使其做到知行合一,赋能人才培养长 期进步。

五、未来展望

要顺应新一轮科技革命和产业变革的浪潮,力 争在日益激烈的国际竞争中把握主动,必须以人才 培养为核心,将人才培养作为建设人工智能专业的 核心要义。通过参考美国研究型大学在人工智能人 才培养方面的经验可知,首先,应当重构培养目标, 以跨学科的人才培养系统观为引导,在顶层设计上 打破传统工科的专业线性、一元化的制度藩篱。其 次,在资源投入方面,一方面可以通过构建非实体平 台的方式整合不同学院、不同学科门类的教师资源, 保证师资充足、灵活;同时以本领域高水平的专家学 者为核心,融合其他院系优质师资,组建跨学科的研 究教学团队。另一方面,院校可以通过聘请龙头企 业的高管和技术人员担任兼职专家,弥补内部专职 教师行业实践能力不足的短板。再次,就培养过程 而言,应当摆脱传统课程编排与授课模式的桎梏,引 进先进管理理念,以学生为中心创新教学组织形式 与实践方法,发挥教学过程中学生作为认知主体的 作用,为学生提供多元化、个性化的课程模块与授课 方式。此外也可通过与研究机构、合作企业开展综 合性人才培养实训,帮助学生在熟练掌握人工智能 专业知识的同时,综合系统性思维、多学科视野,具 备源头创新能力以解决企业关键技术难题。最后, 应当完善人才培养质量保障体系,优化评价体制机 制建设,将各方资源有效联通,形成开放互补的信息 网络,通过完成实习计划或者研究项目为学生就业 或者学术发展提供合理参考,促进产业需求与人才 培养目标、培养路径的有效对接,以此构建新时代高 效能的人工智能人才培养生态系统。

参考文献:

- [1] 胡德鑫,郭哲.新工业革命背景下发达国家工程教育专业认证的制度建构与运行机制[J].高教探索,2019 (11):46-51,63.
- [2]段世飞,龚国钦. 国际比较视野下的人工智能教育应用政策[J]. 现代教育技术,2019,29(3):11-17.
- [3] 黄蓓蓓. 改革与创新: 斯坦福大学人工智能人才培养的特征分析[J]. 电化教育研究,2020,41(2):122-128.
- [4] 中华人民共和国教育部. 教育部关于印发《高等学校人工智能创新行动计划》的通知. 教技[2018]3 号[EB/OL]. [2022-1-23]. http://www. moe. gov. cn/srcsite/A16/s7062/201804/t20180410_332722. html.
- [5]方兵,胡仁东.我国高校人工智能学院建设:动因、价值

- 及哲学审思[J]. 中国远程教育,2020,41(4):19-25.
- [6] 季波,李魏,吕薇,等.人工智能本科人才培养的美国经验与启示—以卡内基梅隆大学为例[J].高等工程教育研究,2019(6):194-200.
- [7] U. S. NEWS. 2021 Best National University Rankings in America [EB/OL]. [2022-1-23]. https://www.usnews. com/best-colleges/rankings/national-universities.
- [8] MIT CSAIL. Admissions [EB/OL]. [2022-1-23]. https://www.csail.mit.edu/admissions/admissions.
- [9] MIT EECS. Program Objectives and Student Outcomes [EB/OL]. [2022-1-23]. https://www.eecs.mit.edu/academics-admissions/program-objectives.
- [10] Carnegie Mellon University School of Computer Science, B. S. in Artificial Intelligence [EB/OL]. [2022-1-23]. https://www.cs.cmu.edu/bs-in-artificial-intelligence/.
- [11] Stanford Artificial Intelligence Laboratory. 2020 Brochure [EB/OL]. [2022-1-10]. https://ai. stanford. edu/wp-content/uploads/2020/12/SAIL _ Brochure _ 2020_LowerRes_S. pdf.
- [12] Berkeley Artificial Intelligence Research [EB/OL]. [2021-6-10]. https://bair. berkeley. edu/index. html # header.
- [13] Electrical Engineering and Computer Sciences. Faculty Lists [EB/OL]. [2021-6-10]. https://eecs. berkeley. edu/people/faculty.
- [14] 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,
- [15] Carnegie Mellon University Artificial Intelligence. Faculty listing [EB/OL]. [2022-1-23]. https://ai.cs.cmu.edu/faculty-listing.
- [16] MIT EECS. A college for the computing age[EB/OL]. [2021-6-10]. https://www.eecs.mit.edu/news-e-vents/announcements/college-computing-age.
- [17] Executive Officeof The President. The National Artificial Intelligence Research And Development Strategic Plan; 2019 Update [EB/OL]. [2022-1-23]. https://www.nitrd.gov/pubs/National-AI-RD-Strategy-2019.pdf.
- [18] MIT EECS. National Science Foundation announces MIT-led Institute for Artificial Intelligence and Fundamental Interactions [EB/OL]. [2021-6-10]. https://www.eecs.mit.edu/news-events/media/national-science-foundation-announces-mit-led-institute-artificial-intelligence.
- [19] University of Texas at Austin. Oden Institute Annual report: 2019-2020 web version [EB/OL]. [2021-6-10].

- https://www. oden. utexas. edu/media/documents/ Oden_Institute_Annual_report_2019_2020_web_version, pdf.
- [20] Carnegie Mellon University School of Computer Science. Curriculum [EB/OL]. [2021-6-10]. https://www.cs.cmu.edu/bs-in-artificial-intelligence/curriculum.
- [21] 吕薇,季波,张怡凡,等.美国一流研究型高校人工智能人才培养的经验与启示——基于"以学生为中心"的视角[I].大学教育科学,2019(6):102-109.
- [22] MIT EECS. Reference Materials for Incoming EECS Graduate Students [EB/OL]. [2022-1-23]. http://www.eecs.mit.edu/docs/grad/EECS_Reference_Materials_For_Incoming_Graduate_Students.pdf.
- [23] MIT EECS. News & Events [EB/OL]. [2022-1-23]. http://www.eecs.mit.edu/grad-areas/2-ai/tqe.html.
- [24] Stanford Artificial Intelligence Laboratory. AI Distinguished Speakers Series [EB/OL]. [2022-1-23]. https://ai. stanford. edu/events/ai-distinguished-speakers-series/.
- [25] John Hewitt. Research Office Hours for Undergraduates (ROHU) [EB/OL]. [2022-1-23]. https://nlp.stanford.edu/~johnhew/research-office-hours.html.
- [26] Stanford Artificial Intelligence. AI Salon [EB/OL]. [2022-1-23]. https://ai. stanford. edu/events/ai-salon/.
- [27] Berkeley Universityof California. The Self-Paced Center [EB/OL]. [2022-1-23]. https://selfpaced. bitbucket.

- io/#/.
- [28] National Science Foundation, Research Experiences for Undergraduates (REU) [EB/OL], [2022-1-23], https://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=5517&from=fund.
- [29] UPOP. MIT's Undergraduate Practice Opportunities Program (UPOP) [EB/OL]. [2022-1-23]. https://upop. mit. edu/what-upop.
- [30] Oden Institutefor Computational Engineering & Sciences. Moncrief Undergraduate Summer Internship. [EB/OL]. [2022-1-23]. https://www.oden.utexas.edu/.
- [31] Berkeley Engineering. Industry engagement [EB/OL]. [2022-1-23]. https://engineering. berkeley. edu/connect/industry/industry-engagement/.
- [32] Berkeley Gladiate Division. Graduate Student Professional Development Guide [EB/OL]. [2022-1-23]. https://grad. berkeley. edu/professional-development/guide/.
- [33] 唐汉卫. 人工智能时代教育将如何存在[J]. 教育研究, 2018, 39(11):18-24.
- [34] 季波,李劲湘,邱意弘,等."以学生为中心"视角下美国一流研究型大学本科人才培养的特征研究[J].中国高教研究,2019(12):54-59.
- [35] MIT CSAIL Alliances. Frequently-asked-questions [EB/OL]. [2022-1-23]. https://cap. csail. mit. edu/about-us/frequently-asked-questions.

Innovation Path and Evolution Mechanism of AI Personnel Training in US Research Universities

HU Dexin, JI Xuan

(School of Education, Tianjin University, Tianjin 300354, China)

Abstract: As a strategic technology that leads a new round of sci-tech revolution, industrial adjustment and social change, AI technology is exercising a far-reaching impact on economic development, sci-tech innovation and social progress. Based on five top research universities in the United States including MIT and Carnegie Mellon University, this paper analyzes the innovation path and evolution mechanism of their talent cultivation by using a hybrid research method of case analysis and comprehensive comparison. The results show that guiding the training direction with training objectives, supporting the training with resource integration, driving the training innovation with course teaching, deepening the training with the synergy of enterprises, universities and research institutions, and improving the excellent quality with quality assurance demonstrate the features of the main innovation path of the AI talent training there. Furthermore, this paper points out the evolution mechanism of their talent training, that is, the diversified talent training objectives focusing on "personal development + social standard", the integrated resource supply featuring "cross-border integration + balanced efficiency", the compound course teaching showing "the blend of generic and specialized education + innovation", and the comprehensive project practice for "the unity of knowing and doing + completion and flexibility". In general, this paper is to provide some reference for the theoretical research and practical reform of the AI talent training in the future.

Keywords: artificial intelligence; personnel training; research university; curriculum system; teaching mode