文章编号：2095-1663(2022)05-0082-07　　DOI：10.19834/j.cnki.yjsjy2011.2022.05.11

以群体智能引领人工智能高层次人才培养
——来自佐治亚大学的经验与启示

马永红，马万里

（北京航空航天大学 高等教育研究院，北京 100191）

摘　要：群体智能是有机体通过彼此间的交互而涌现出超越个体智能水平的智能类型，即个体的行为以非线性方式涌现形成群体的行为。生物学领域的群体智能为人工智能的突破提供了概念框架，为其高层次人才培养提供了适应性情境。佐治亚大学作为美国第一所将人工智能作为独立专业招收硕士研究生的高校，是人工智能高层次人才培养的典范。其人工智能硕士项目依托于人工智能研究院，秉持群智交互的理念，集聚多学科师资队伍，汇聚多方主体力量，设置了覆盖人工智能全产业链的课程体系，为学生提供不同层次与不同类型的真实研究项目，形成了完备的人工智能高层次人才培养体系。基于此，研究提出我国人工智能领域高层次人才培养要打破桎梏，组建多元异质性师资队伍，进行系统化改革；适应需求，设置“基础层、技术层、应用层”全链条课程体系，促进学生多样化发展；群智交互，顺应知识生产模式演变，构建多元开放协同网络。

关键词：研究生人才培养；人工智能；新兴学科；群智交互

中图分类号：G643　　**文献标识码**：A

一、问题的提出

2016 年，谷歌人工智能程序“AlphaGo”赢得人机围棋对战大赛，人工智能瞬间成为社会各界关注的焦点。此后，美国相继发布《为人工智能的未来做好准备》《国家人工智能研究与发展战略计划》《美国人工智能倡议》等报告，引起了各国政府、资本界、产业界以及学术界的高度重视。2017 年，我国发布《新一代人工智能发展规划》，提出要把高端人才队伍建设作为人工智能发展的重中之重；2018 年，工业与信息化部发布《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018—2020 年）》，进一步明确了我国人工智能发展的行动目标与具体任务。2019 年 5 月，习近平总书记在中国人工智能与教育大会致贺信中指出，“把握全球人工智能发展态势，找准突破口和主攻方向，培养大批具有创新能力和合作精神的人工智能高端人才”。研究生教育肩负着高层次人才培养的重要使命，承担着为国家输送科技前沿和关键领域急需高层次人才的重要任务。2020 年 1 月，教育部、国家发展改革委、财政部印发《关于“双一流”建设高校促进学科融合加快人工智能领域研究生培养的若干意见》，明确指出要构建基础理论人才与“人工智能＋X”复合型人才并重的培养体系，探索深度融合的学科建设和人才培养新模式，着力提升人工智能领域研究生培养水平。

截至 2020 年，我国已有 215 所高校获批开设人工智能本科专业，在探索人工智能人才培养的道路上已迈出重要的一步。但是对于人工智能领域研究生人才的培养，大多数高校仍是在计算机相关专业下设若干培养方向。作为一门横贯不同领域的横断学科[1]，人工智能领域研究生人才培养路径与机制

收稿日期：2022-02-24

作者简介：马永红（1966－），女，安徽安庆人，北京航空航天大学高等教育研究院教授。
马万里（1993－），男，河南南阳人，北京航空航天大学高等教育研究院博士研究生。

基金项目：2021 年国家社科基金教育学重点课题“新时代研究生教育高质量发展研究”（AIA210012）

仍不清晰。现有相关研究多聚焦于探讨人工智能本科层次的人才培养模式[2-5]，对于人工智能领域研究生人才培养的研究相对匮乏[6]，业界似乎也还未达成明确共识。与美国等发达国家相比，我国人工智能领域研究生人才培养起步较晚、培养模式尚不成熟。美国在20世纪60年代开始人工智能领域研究生人才培养。麻省理工学院、斯坦福大学、卡内基梅隆大学、普渡大学等一批高校最早开始人工智能领域的相关研究，但彼时人工智能并未发展成为独立的专业。1984年，佐治亚大学(The University of Georgia，UGA)开始筹建人工智能硕士项目，成为美国第一个将人工智能作为独立专业招收硕士研究生的高校。佐治亚大学成立于1785年，作为顶尖的综合性公立研究型大学之一，以优质的本科生教育和高精尖的研究生教育闻名。美国卡耐基高等教育基金会在其研究与学术两方面排名中，均将佐治亚大学列为最高级，在研究方面，将佐治亚大学列为“全国第一等研究型大学”(最高等级)[7]。其人工智能硕士项目独立于计算机学院设立，历经长足发展依然秉持创建之初的群智交互理念，是硕士层面人工智能专业建设的典范[8]。硕士研究生作为研究生教育的重要组成部分，是承担创新创造的生力军，在当前人工智能高层次人才培养上升至国家战略高度之际，系统剖析佐治亚大学人工智能硕士项目，对我国人工智能领域高层次人才培养与推动人工智能学科建设具有重要的理论价值与现实意义。

二、UGA人工智能硕士项目发展沿革

1956年召开的达特茅斯会议开启了人工智能的纪元。自此以后，美国的高校相继开展建设人工智能领域的研究组织与人才培养。1984年，佐治亚大学中来自计算机、哲学、心理学、教育学、语言学、化学等不同学科领域的专家组成了多学科的师资团队，开始筹建人工智能研究组。由于美国政府、产业界以及学术界对人工智能领域人才的迫切需求，佐治亚大学于1985年开始筹划人工智能硕士项目，并于1986年招收了首批人工智能硕士研究生。1987年，佐治亚大学人工智能硕士项目正式建立[9]。

UGA的人工智能硕士项目在一个多学科、跨学科的研究组中孕育而生，从创立伊始便独立于计算机学院之外，具有天然的学科交叉特性。创立之初，其课程体系由基础课程与高级课程两部分构成，一方面依托UGA原有院系的相关课程，比如心理学系的认知心理学、计算机学院的自然语言处理以及语言系的语言课程等；另一方面围绕哲学系与计算机学院为人工智能硕士项目开发新的课程[9]。同样，该项目的师资队伍也是由来自计算机学院、管理学院、心理学院以及语言学院等不同学科领域的教师构成。除了跨学科、多学科的课程设置与教师团队之外，其实践教学也是在不同学院的实验室和硬件设备的支撑下开展，充分体现出跨学科、多学科、异质性的特点。1994年，人工智能研究组发展成为人工智能中心，2006年该中心并入富兰克林文理学院，2008年发展成为人工智能研究院。从1988年至今，UGA人工智能硕士项目已经培养出了200多名硕士毕业生[10]。目前，该项目提供包括自动推理、认知建模、神经网络、遗传算法、专家数据库、专家系统、知识表示、逻辑编程和自然语言处理、微电子技术以及机器人等多样化的研究方向。

三、UGA人工智能硕士项目特征

群体智能这一词汇来源于生物学领域，是针对蚂蚁、蜜蜂等为代表的社会性昆虫的群体行为的研究，最早被用在细胞机器人系统的描述中。群体智能是指自然界的有机体通过彼此间的交互而“涌现”出超越个体智能水平的智能类型，即有机体通过简单的规则与彼此间的互动形成复杂的集体行动，产生更强大的智能[11]。在蚂蚁、蜜蜂等群体中，个体的结构与功能相对简单，但是它们的集体行为通常非常复杂，其群体的复杂行为是群体中各个个体随时间相互作用的交互结果。“群智交互”体现的是多方参与、跨界交叉、多元融合的理念。随着算力、算法与数据的蓬勃发展，新一轮人工智能的发展从以往聚焦于个体智能转换到基于互联网与大数据的群体智能，凸显出强烈的群组效应。“群智交互”意味着聚集群体的智能，最大限度发挥群组效应，这是当今人工智能发展的显著特点，也是人工智能高层次人才培养的题中应有之义。UGA人工智能硕士项目彰显出极强的群智交互特征，主要体现在课程体系设置、师资队伍构成以及研究项目供给三个方面。

(一)全链条课程设置

UGA人工智能硕士项目致力于培养人工智能领域的研究者以及人工智能技术的应用者。整个学习过程大约持续两年时间，学生毕业需达到规定学分要求并完成论文答辩。项目规定学生至少要修满30个学分的课程，包括16个学分的必修课程与14

个学分的选修课程。必修课程为人工智能专业核心课程,如机器学习、演绎系统等。除此之外,还包含3个学分的论文写作指导以及2个学分的学术研究,必修课程设置与学分要求如表1[12]所示。选修课程共47门,分为A类与B类。值得注意的是,并不是所有的选修课程都是专门为人工智能硕士项目而设置的,部分选修课程为其他院系的专业课或专业基础课。学生需要去其他院系学习对应的课程,例如心理学系开设的心理语言学、哲学系开设的技术哲学等。可以看出,UGA人工智能硕士项目的跨界交叉本质不仅体现在课程门类的多样化,更重要的是使学生实地沉浸在其他学科专业的环境之中,在真实情境中培养学生宽广的学科视野。选修课程包括多学科的前沿与应用型课程(例如人机交互、生物医学信息学)、基础与理论型课程(例如心理语言学、形态学),凸显出人工智能领域跨界、学科交叉的本质。学生必须选择至少8个学分的A类课程,至少6个学分的B类课程,选修课程与学分要求如表2[12]所示。

表1 必修课程[12]

必修课程	学分
演绎系统	3
数据挖掘/机器学习(二选一)	4
人工智能导论	3
研讨课	1
论文写作指导	3
学术研究	2

分析可见,UGA人工智能硕士项目的课程设置涵盖了人工智能基础层、技术层与应用层完整的知识链条,如图1所示。基础层课程包括人工智能专业核心课程(例如人工智能导论、机器学习)与心理学、哲学等不同学科的基础与理论性课程,主要为学生提供人工智能领域所必需的知识基础与认知框架,为学生在人工智能领域开展深入研究打下坚实基础;同时使学生深度了解其他学科的基础理论,把握人类的思维习惯与行为方式,从而为人工智能技术的研发与突破提供必要支撑。技术层是连接基础层与应用层的桥梁,课程主要包括自然语言处理、多机器人系统、人机交互、计算机视觉与模式识别等面向不同应用领域的技术性课程,学生可以根据自己的兴趣与研究方向选择不同的技术路径进行深度“攻关”。应用层是人工智能技术在不同行业、不同领域下的具体实施,旨在加速人工智能在众多应用领域的突破与创新成果的产生,满足人工智能产业

表2 选修课程[12]

类型	选修课程	学分
A类	人工智能与网络	4
	数据科学	4
	机器人学导论	4
	符号编程	3
	进化计算	4
	人机交互	4
	知识系统	4
	数据科学(基于项目的实践)	4
	信息系统高级专题	4
	多机器人系统	4
	自然语言处理	4
	逻辑与逻辑程序设计	4
	计算机视觉与模式识别	4
	生物医学信息学	4
	不确定型决策	4
	计算智能	4
	高级表征学习	4
	机器学习	4
	高级数据分析	4
	隐私保护数据分析	4
	人文计算概论	3
	高级林区规划与采伐调度	3
	商业智能系统	3
	商务智能	3
B类	自然语言处理专题/计算机科学专题(偏应用而非开发)	3
	文本与语料库分析	3
	心理语言学	3
	语音学与音系学	3
	高级语音学	3
	组合语义学	3
	形态学	3
	生成句法	3
	高级生成句法	3
	语音学/音韵学(研讨课)	3
	技术哲学	3
	语言哲学	3
	心灵哲学	3
	自然科学哲学	3
	模型论	3
	数学哲学	3
	语言哲学(研讨课)	最多3个学分
	心灵哲学(研讨课)	最多3个学分
	逻辑问题(研讨课)	最多3个学分
	形而上学(研讨课)	最多3个学分
	认识论	最多3个学分
	认知心理学	3
	判断与决策	3

发展需求。该层次的课程包括生物医学信息学、商业智能系统等众多不同领域的应用性课程,学生可根据自己的兴趣选择与技术层课程相对应的应用型课程进行深度学习,从而加速人工智能技术落地,满足产业发展与社会需求。

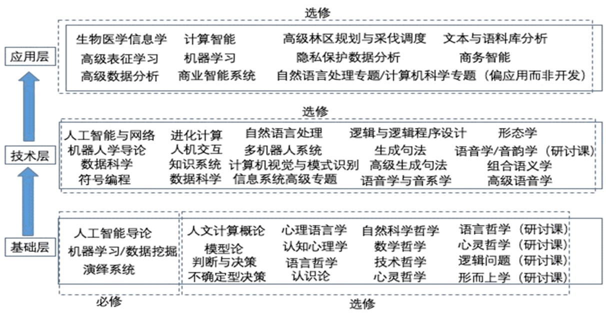

图 1 UGA 人工智能硕士项目课程体系

(二)异质性师资队伍

UGA 认为人工智能不是一门独立存在的学科,而是一个横断、交叉的研究领域,这一领域涵盖了认知科学、计算机科学、哲学、心理学、语言学和工程学等众多学科的知识。基于此,UGA 人工智能硕士项目从创立伊始就整合了多个学科的资源,构建了跨学科、多学科的教师队伍。截至 2021 年 8 月,UGA 人工智能硕士项目拥有 48 名员工组成的师资队伍,其中包括 8 名荣誉教师,涉及十九个不同的研究领域,涵盖计算机科学、哲学、管理学、生物医学、心理学、语言学以及工程学等不同学科。基础与应用兼具,理工与人文融合,师资队伍组成具体分布如表 3[12] 所示。

表 3 UGA 人工智能硕士项目师资队伍分布[12]

学科领域	人数
政治学、公共政策与管理	1
管理学	1
计算机科学	15
哲学	7
林业资源	2
流行病学与生物统计学	2
公共卫生学	1
戏剧与电影研究	1
心理学	3
语言学	2
电子和计算机工程	2
信息管理系统	1
英语	1
工程学	2
统计学	1
人工智能领域	3
数学与科学教育	1
生物与农业工程	1
职业研究	1

多元化、异质性的师资队伍为 UGA 人工智能高层次人才培养提供了坚实支撑。哲学、语言学、心理学等学科为人工智能算法创新提供基础思想和模拟原型;计算机科学、统计学、工程学等学科构建起技术路径,为人工智能提供算力支撑与建模分析;信息管理系统、农业工程、林业资源等学科为人工智能技术提供落地场景,面向特定产业形成行业解决方案。各个研究领域的教师构成了层次分明、各有侧重的指导体系,为 UGA 人工智能硕士项目的可持续发展提供了强力保障。

(三)多类型实验平台与研究项目

随着人工智能在各个领域的快速发展,人工智能产业的人才需求将越来越多样化。高校与科研机构之间、学术界与产业界、工业界之间的跨界融合将越来越多。除了多元化的师资队伍之外,UGA 人工智能硕士项目还与多方主体开展长期密切的合作,为学生提供类型多样的实验平台与研究项目,覆盖人工智能不同研究领域与应用场景。目前,UGA 人工智能硕士项目为学生提供了四种可选的研究领域:进化计算与机器学习实验室(Evolutionary Computation & Machine Learning Lab,ECML)、人工智能与机器人技术尖端研究实验室(THINC Lab)、异构机器人研究实验室(Heterogeneous Robotics Research Lab,HERO)以及致力于心理学研究的计算机语音分析项目(Computer Analysis of Speech for Psychological Research,CASPR)[13]。

机器学习是人工智能的根技术,本质是通过计算模型和算法从数据中学习规律的一门学问。机器学习在各种需要从复杂数据中挖掘规律的领域有着广泛的应用,已成为当今人工智能领域最核心的技术之一。ECML 实验室主要开展进化算法与机器学习以及两者交叉领域的相关研究,包括基础研究以及在生物学领域的应用研究。该实验室提供不同的项目供学生选择,以项目为驱动开展学习与研究,目前正在进行中的 10 个项目为:人类基因组突变致癌识别、阿尔茨海默症检测与预测的机器学习方法、连续基因遗传算法中的灵敏度分析与连锁检测、古兰经与圣训语料库的知识建模与分类、全基因组关联研究、长链非编码 RNA 的检测、利用 GPU(图形处理器)加速机器学习和进化计算、临床问题的短文本分类、聚类算法分析、基于机器学习技术的英语语篇概念/综合复杂度自动评分器的研发[14]。

算法创新是推动人工智能大发展的重要驱动力,强化学习与多智能体分布计算系统等技术可以提升机器智能的水平。THINC 实验室主要与国内

外不同领域的学者合作，围绕多智能体系统、强化学习、移动机器人和语义网等前沿领域开展研究。其长期接受国家科学基金会、国立卫生研究院、国防部机构以及行业企业的资助，与政府、企业等不同主体保持着紧密联系。在多方的支持与协作下，THINC实验室取得了丰硕的研究成果，迄今为止，已在国际人工智能联合会议等重要会议与JAIR等人工智能领域权威期刊上发表了100多篇学术论文[15]。

人工智能发展的一个重要特点是从聚焦个体智能转换为聚焦于群体智能，实现群智交互，最大限度地发挥群组的效应。HERO实验室着重开展不同功能和移动能力异构机器人系统的应用研究以及多智能体系统的研究，主要包括多机器人系统、智能和直觉的远程操作、人机连接、机器人在紧急救援与应对灾难等挑战性环境中的应用。该实验室的团队以马斯洛需求层次理论和系统理论为基础，设计了一种新的基于优先级队列机制的协商协议，形成了机器人的需求层次，使其能够有效地适应动态环境，最大限度地发挥群组的效应。目前，该团队已经提出了一个新的多机器人任务分配、通信、规划和执行相结合的框架[16]。

CASPR项目最初由英国制药公司葛兰素史克(GlaxoSmithKline)出资赞助，该公司长期致力于药品研发和药物生产，属于医药行业的龙头企业，在2021年发布的“福布斯全球企业2000强”排行榜中位列97位[17]。CASPR项目的目的在于通过计算机分析语音寻找诊断、评估和调查精神疾病和其他大脑损伤的方法，学生可以根据自己的研究方向与兴趣选择是否参加。该项目以企业面临的现实问题为导向，学生在研究与实践过程中要定期提交进展报告并形成最终解决方案[18]。在此过程中，学生要真正地做到面向市场的研发与应用，可以有效培养人工智能人才所需的理论创新能力与技术突破能力。同时，企业也得以进行及时的成果转化，形成双赢的良性循环。

人工智能产业分为基础层、技术层与应用层。基础层是人工智能发展的核心基础，要求相对最高；技术层为其开发技术与输出，解决具体问题；应用层面向行业企业提供商业化解决方案，人才需求量相对较大。每一层都对应人工智能众多不同研究领域，比如机器学习、计算机视觉、自然语言处理、机器人学等。三个层次互为支撑，形成了人工智能完整的产业链条。由上所述，UGA提供的研究领域与项目设置基本涵盖了人工智能的各个领域，不仅满足了产业发展需求而且为人工智能领域自身的发展与突破提供了有利的条件。

四、思考与启示

相关研究表明，近年来我国在人工智能领域的论文数量和高被引数量均排世界第一，人工智能人才拥有量达到全球第二[19]。同时，相关数据显示，清华大学、上海交通大学与北京航空航天大学的人工智能人才数量分别位居世界第一、第二与第四[20]。但是，在全球高校人工智能杰出人才数量分布榜上，中国没有一所高校进入前十榜单，我国人工智能杰出人才仍不足美国的五分之一[20]。人工智能高层次人才紧缺，尤其是缺乏大量基础层与技术层人才，仍是我国的现实写照。他山之石，可以攻玉。UGA人工智能硕士项目自1986年招收首批硕士研究生起，迄今已经走过了三十多年的发展历程，其人工智能高层次人才培养已形成了具有鲜明群智交互特征的典型模式。借鉴美国佐治亚大学人工智能硕士项目的发展经验，我国相关培养单位可从以下三个方面着手完善人工智能领域高层次人才培养体系。

(一)打破桎梏，系统化改革

人工智能横跨多个学科领域，涉及众多基础学科以及几乎所有的其他学科[21]，具有典型的学科交叉特性。其之所以能产生颠覆性的影响，正在于融合多个学科引发科学技术产生链式突破，从而带动各个领域的创新能力快速跃升。人工智能人才培养是人工智能学科发展的基础，而人才培养的关键在于教师。UGA人工智能硕士项目由跨学科、多学科的教师团队聚合而成，多元化师资团队构成的人工智能学术共同体为人工智能人才培养提供了强力支撑。所以，人工智能人才培养必须要超越传统学科界限，鼓励多学科、跨学科师资的交叉协同，形成一支多元异质性的师资队伍。

我国人工智能领域研究生人才培养起步较晚，大多依托于计算机学院或软件学院的计算机技术应用专业，下设人工智能领域培养方向[6]。因此就形成了教师学科背景单一、同质化问题严峻的僵局。并且在原有学院建制之下，会堵塞不同学科间教师的自由流动，严重阻碍多学科师资队伍的搭建。从促进人工智能学科发展和人工智能高层次人才培养的视角，相关培养单位有必要结合自身条件以实体或虚拟形式设立专门的人工智能研究机构或交叉学

科研究中心,以此为抓手形成灵活的教师聘任制度,突破传统学院对于教师的“羁绊”,为聚集优秀杰出师资破除体制机制障碍。另一方面,应加快人工智能一级学科的建设步伐。2021 年我国新设置的“交叉学科门类”下设“集成电路科学与工程”和“国家安全学”作为一级学科,此举旨在增强学术界与社会各界对交叉学科的认同度,从而为其提供更好的发展通道和平台。人工智能作为引领产业变革的颠覆性技术领域之一,同样迫切需要一级学科的地位认可。而且,在我国现行学科专业目录设置制度下,一级学科地位的获得是人工智能在高校得以发展的合法性前提[22]。只有获得了一级学科地位,才能获得学科建设相应的资源支持,从而更便于引进聚集一批高层次、跨学科、多学科的师资队伍。

(二)适应需求,多样化发展

在人工智能六十多年的发展史中,其研究领域不断拓展,与计算机科学、认知科学、心理学、逻辑学、语言学等不同学科形成了广泛紧密的联系,覆盖的产业范围呈链式增长并且对于人才的需求也越来越多样化。UGA 人工智能硕士项目课程体系覆盖了人工智能基础层、技术层至应用层的完整产业链。专业系列课程旨在为学生打下坚实理论基础,大量的选修课程提供人工智能不同的技术方向与应用领域供学生选择,基础与应用紧密耦合,满足了人工智能产业链发展对于不同层次人才的需求。同时在这一过程中,赋予学生充分的自主选择权,彰显出个性化培养特色。

当前我国人工智能在基础层与技术层——例如基础理论、原创算法、高端芯片和生态系统等核心环节——存在较大的人才缺口,迫切需要多样化的人工智能高层次人才填补空缺。课程是人才培养的基础环节,构建开放多样、跨界交叉的课程体系是提高人工智能高层次人才培养质量的关键[23]。通过对首批设立人工智能专业的 35 所高校的网站资料分析,发现大部分院校在课程设置方面与其他学科的融合深度严重不足,特别是缺乏与人文社会科学相关专业的跨界交叉。这无疑为人工智能基础理论突破与技术创新增添了屏障,蒙蔽了人工智能高层次人才宽广的学科视野,阻塞了“人工智能+X”复合型人才的培养进程。鉴于此,高校应充分发挥自身特色与优势,设置多学科交叉融合的人工智能“基础层、技术层、应用层”全链条课程体系,以课程为载体构建层次分明、类型多样的人才培养体系,充分考虑到人工智能产业发展对人才的多样化需求以及学生作为不同个体其自身存在的差异性与兴趣所在。

(三)群智交互,构建多元开放协同网络

UGA 人工智能硕士项目与政府、企业等多方主体建立了长期、广泛、紧密的联系,为学生提供了大量的项目学习与课题研究机会。依托多方支持共同开展人工智能高层次人才培养,充分显现出群智交互特征,为我国人工智能高层次人才培养提供了有益参考。

传统学科的人才培养模式以知识分化为导向且圈定于学科藩篱之内,限制知识流动与多方跨界融合。随着大数据、云计算、物联网与脑科学等新技术与新理论的日趋成熟,人工智能已呈现出群体智能、深度学习、人机协同、自主操控等新特征。人工智能本质是在市场需求驱动下而催生的一门学科[24],发展的根本动力在于产业链的应用。知识生产模式Ⅳ的雏形正是在开放流动、多元联通的空间中,政府、高校(科研机构)、公民社会、行业企业等多元利益相关者立足于现代社会网络构成的创新知识教育系统,其中包含了跨学科教育从初步整合向深度融合转变[25]。而这一形式也正契合人工智能作为理论博大精深、技术深度牵引、应用赋能社会的综合协同体所显现出的特质。同时,对于新时代的研究生教育而言,多元开放的教育网络是其生命力的保障,也是人类社会在新的教育系统中不断探索的结果[25]。因此,以群智交互理念形成多方主体良性交互的动力机制,引领构建多元开放网络,是培养人工智能领域高层次人才的必由之路。

参考文献:

[1] 陈·巴特尔,苏明.人工智能的学科定位与发展战略[J].国家教育行政学院学报,2019(8):18-23+38.

[2] 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.

[3] 耿乐乐,符杰.世界一流大学人工智能本科人才培养模式及启示——基于麻省理工学院、斯坦福大学和卡内基梅隆大学的比较分析[J].现代教育技术,2020,30(2):14-20.

[4] 谷腾飞,张端鸿.英国高校人工智能人才培养模式研究——以牛津大学为例[J].中国高校科技,2021(9):51-56.

[5] 陶泓杉,郄海霞.高校人工智能本科专业需要怎样的课程体系——基于卡内基梅隆大学和南洋理工大学的比较分析[J].重庆高教研究,2021,9(5):44-54.

[6] 李君,陈万明,董莉.“新工科”建设背景下人工智能领域研究生培养路径研究[J].学位与研究生教育,2021(2):29-35.

[7] The Carnegie Classification of Institutions of Higher Education. 2018 Update Facts & Figures[EB/OL]. (2019-05-24)[2021-10-28]. https://carnegieclassifications.iu.edu/downloads/CCIHE2018-FactsFigures.pdf.

[8] 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.

[9] Potter W D,Nute D E,Covington M A. The Master of Science in Artificial Intelligence Program at the University of Georgia[J]. Journals & Books,1992,4(2):185-193.

[10] Institute For Artificial Intelligence. Past Graduates and Completed Theses[EB/OL]. (2020-08)[2021-12-29]. https://ai.uga.edu/past-graduates-and-completed-theses.

[11] 何静. 人工群体智能是否可能?[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版),2020,52(5):90-96+186.

[12] Institute For Artificial Intelligence. The University of Georgia ARTIFICIAL INTELLIGENCE STUDENT HANDBOOK[EB/OL]. (2021-08)[2021-12-29]. https://ai.uga.edu/sites/default/files/inline-files/AI%20Student%20Handbook.pdf.

[13] Institute For Artificial Intelligence. AI-RELATED LABS AND PROJECTS[EB/OL]. [2021-12-29]. https://ai.uga.edu/resources.

[14] Evolutionary Computation and Machine Learning Lab. Research[EB/OL]. [2021-12-29]. http://ecml.uga.edu/Research.html.

[15] Institute For Artificial Intelligence. Research[EB/OL]. [2021-12-29]. http://thinc.cs.uga.edu/index.php/publication.

[16] Heterogeneous Robotics (HeRo) Research Lab. Research[EB/OL]. [2021-12-29]. http://hero.uga.edu/research/.

[17] 福布斯.《2021 福布斯全球企业 2000 强》[EB/OL]. [2021-12-28]. https://www.forbeschina.com/lists/1762.

[18] Computer Analysis of Speech for Psychological Research[EB/OL]. [2021-12-29]. https://ai.uga.edu/caspr-home.

[19] 刘进,钟小琴. 全球人工智能人才培养的政策比较研究:以中美英加四国为例[J]. 重庆高教研究,2021,9(2):39-50.

[20] 国务院发展研究中心国际技术经济研究所,中国电子学会,智慧芽. 人工智能全球格局未来趋势与中国位势[M]. 北京:中国人民大学出版社,2019:200-203.

[21] 蔡三发,王倩,沈阳. 人工智能赋能:高校学科建设的创新与发展——访中国工程院院士陈杰教授[J]. 电化教育研究,2020,41(2):5-9.

[22] 张海生. 我国高校人工智能人才培养:问题与策略[J]. 高校教育管理,2020,14(2):37-43+96.

[23] MCARTHUR D,LEWIS M,BISHARY M. The Roles of Artificial Intelligence in Education: Current Progress and Future Prospects[J]. Journal of Educational Technology,2005,1(4):42-80.

[24] 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.

[25] 马永红,刘润泽. 研究生教育的本质和发展逻辑探究[J]. 清华大学教育研究,2020,41(3):42-51.

Swarm Intelligence Leads High-level AI Professional Training: Experience and Inspiration from the University of Georgia

MA Yonghong, MA Wanli

(*Institute of Higher Education, Beihang University, Beijing* 100191, *China*)

Abstract: Swarm intelligence is a type of intelligence that emerges from the interaction between organisms and its intelligence level is higher than that of the individuals, i.e. the behavior of the individuals appears in a nonlinear way and forms a kind of collective behavior of the swarm. The swarm intelligence in the field of biology provides a conceptual framework for artificial intelligence breakthrough and an adaptive context for the cultivation of high-level professionals. The University of Georgia, the first one in the United States taking artificial intelligence as an independent major to recruit postgraduates, is a model of cultivating high-level professionals in artificial intelligence. Relying on its artificial intelligence research institute and adhering to the concept of swarm intelligence interaction, the postgraduate training program of the university organizes a multidisciplinary faculty team, pools together the strength of various entities, sets up a curriculum system covering the whole industrial chain of artificial intelligence, and provides students with application-oriented research projects at different levels and in different fields in a complete training system. Inspired by the findings, the authors propose that China should break the cultivation "shackles", establish a multi-plural and heterogeneous teaching team, and carry out a systematic reform. The authors also propose that we should adapt to the practical requirements, develop a "whole chain" curriculum system ranging over basic level, technical level and application level to promote diversified development of students. Furthermore, we should, in line with the evolution of knowledge production mode, carry out study of interaction of swarm intelligence and build a diversified, open and collaborative network.

Keywords: postgraduate training; artificial intelligence; emerging disciplines; swarm intelligence interaction