

人工智能交叉学科

2018 年 4 月,国务院学位办发布《国务院学位委员会关于高等学校开展学位授权自主审核工作的意见》(学位〔2018〕17 号)通知,指出具有学位授权自主审核权高校可新增一级学科目录以外的交叉学科,并且规定了交叉学科不是现有学科的简单组合,高等学校在探索设置新兴交叉学科学位授权点时必须从严把握,应系统梳理凝练交叉学科学位授权点的学理基础、理论体系和研究生教育课程体系。设置的交叉学科应有一定数量、相对稳定的研究方向,覆盖面与现行一级学科相当,有可能形成新的学科增长点。

浙江大学在吴朝晖校长指示下开展了人工智能交叉学科设置工作。2018 年 6 月 21 日,浙江大学研究生院委托计算机学院召开浙江大学人工智能交叉学科专家论证会。通过这次论证,浙江大学明确了人工智能交叉学科的建设方向和建设内涵,并且向浙江大学学位评定委员会第 70 届全体委员会汇报了人工智能交叉学科设置方案。

2019 年 5 月 6 日,国务院学位办批准浙江大学设立人工智能交叉学科,这是中国高校设立的第一个人工智能的交叉学科。随后,华中科技大学和武汉大学也获批人工智能交叉学科。下面介绍这 3 所学校人工智能交叉学科的相关内容。

3.1 浙江大学

2018 年 6 月 6 日,教育部科技司同意并支持浙江大学“注重学科交叉融合、聚焦重大科学问题、加强关键共性技术攻关与产业对接”,牵头建设“人工智能协同创新中心”(教技司〔2018〕188 号)。

3.1.1 交叉学科方向

在人工智能协同创新中心、计算机学院以及相关学院参与建设下,浙江大学人工智能交叉学科分为 5 个学科方向,分别是认知神经科学、人工智能基础理论、人工智能技术与系统、人工智能伦理与安全、人工智能应用。

1. 认知神经科学

大脑是一个具有多通道感知觉信息输入和行为指令输出的感知-行为转换的动态信息处理系统。理解大脑如何接受外界的认知输入,并通过内部一系列整合、决策、调节过程,产生输出特定的行为,是神经生物学和信息工程研究中亟待解决的重大问题,将为基于学习的新一代人工智能算法的发展提供重要依据。在理解大脑整合感知觉信息、输出行为的基础上进而对正常或病理状态下“感知-行为转换”的系列过程进行精准的调控,是神经科学研究领域最令人兴奋的方向,也将为相关脑疾病的诊断和治疗提供崭新的策略和手段。进而基于大脑工作机理发展脑机接口技术,实现脑与机之间的直接信息交互,为实现生物脑-机器脑互连融合提供关键技术支撑,形成融合生物、机械、电子、信息等多因素的脑机混合智能体,并将创造出行为增强智能、感知增强智能、认知增强智能等多种增强智能形态。

为此,要充分发展和应用新型神经科学研究手段,包体多通道电生理记录、深穿透光学成像技术、光遗传学、超高场功能磁共振成像、超高通量神经元集群记录和病毒示踪等,聚焦情绪情感、感知-行为转化、感知和记忆的神经环路机制解析重大科学前沿问题,从脑与神经科学、认知科学、心理学等深度交叉融合所揭示大脑机理、规律和功能的基础上,发展脑机接口技术,建立神经计算模型和框架,突破记忆转换、跨媒体认知、智能自适应、情感交互与知识迁移等神经计算难点问题,开展引发人工智能范式变革的基础研究。

研究内容包括:认知神经科学、脑解析和调控新技术、脑机交互、脑启发计算、认知心理学等。

2. 人工智能基础理论

现有人工智能中知识引导方法长于推理(但是其难以拓展),数据驱动模型擅于预测识别(但是其过程难以理解),策略学习手段能对未知空间进行探索(但其依赖于搜

索策略)。因此,需要有机协调知识指导下演绎、数据驱动中归纳、行为强化内规划等不同人工智能方法和手段,建立知识、数据和反馈于一体的人工智能新的理论和模型,突破无监督学习、经验记忆利用和内隐知识加载以及注意力选择等难点问题,建立可解释、可包容和稳健的先进人工智能理论新模型及新方法。

为此,要借鉴脑科学、认知科学、心理学、学习科学和计算科学等研究成果,聚焦人工智能重大科学前沿问题,兼顾当前需求与长远发展,以突破人工智能在可解释性、自适应学习和非完备信息推理等方面基础理论瓶颈问题,开展引发人工智能范式变革的基础研究。

研究内容包括:推理与问题求解、模式识别与机器学习、大数据智能、跨媒体智能、混合增强智能等。

3. 人工智能技术与系统

当前,人工智能与云计算、大数据、物联网、混合现实、增强现实、区块链、前沿硬件等技术相互促进、整体推进,呈现多点突破态势,正在形成多技术群相互支撑、齐头并进的链式变革,人-机-物三元融合加快,科技创新日益呈现高度复杂性和不确定性。因此,需要推动神经形态计算、智能感知与智能芯片、自主智能系统、区块链、自然交互、智能创意与设计等技术与人工智能深入交叉。

为此,需要聚焦关键应用中的核心技术问题,深度融合计算机、控制、数学、工学等学科,突破人工智能在专用工业智能、实时高性能芯片、多传感自适应自主智能系统等方面的瓶颈问题和基础问题,开展引发人工智能范式变革、关键行业纵深突破的应用基础研究,实现技术和系统的跨越式发展。

研究内容包括:神经形态计算、区块链、智能交互、创意智能、智能控制系统与神经芯片、数据驱动的工业智能、自主智能系统、多传感器融合的智能感知等。

4. 人工智能伦理与安全

随着人工智能的发展,机器承担着越来越多先前由人类完成的决策任务,这也引发了许多关于伦理、法律、隐私和安全的问题。

人工智能伦理是一个正在兴起的新兴研究领域,是研究人工智能理论的哲学思想基础、人工智能实践的价值观、机器伦理以及人工智能从业人员的行为规范的实践伦理。人工智能伦理是伴随着人工智能的理论与实践的出现而产生的。与传统伦理和

科技伦理不同的是,人工智能伦理的研究对象主要不是个人,而是集体的智慧与实践。这里的集体不仅仅局限于人类的集体,也包括人机混合智能系统和人工智能体系统。为了实现人类的伦理价值,确保人工智能体的行为对人类透明、负责和可问责,需要适合于人工智能体的法律规范以及相应的技术手段。

人工智能的广泛应用,给个人信息安全、金融安全、知识产权安全等领域带来了新的挑战。随着数字身份的普及,需要平衡“人”的保护和数据的商业化利用之间的矛盾,解决个人数据利用的合法性边界。智能化网络借贷的兴盛,令一般网络借贷潜藏的风险更加分散,也更具有系统性和传染性,增加了监管空白和监管套利的可能性,给金融监管和宏观经济带来新的挑战。加密货币的去中心化使得一国的金融监控措施失效,加上区域链的去中心化,使得各国监管更加陷入不能的境地,以法治方式引导区块链加密网络访问解决方案的良性发展,建立起相应的国际合作监管方案,是法学界致力攻坚的方向。与此同时,人工智能技术的商业应用不断地冲击知识产权保护的合理性,乃至正当性,知识产权领域亟须理念的更新与制度的变化。这一系列的安全挑战,呼唤民法、行政法、刑法、经济法、诉讼法、国际法和法理学与所涉经济学、管理学、计算科学等领域的共同努力,以推出新的法律规范,发展现有的规则内涵,为降低风险、解决纠纷提供法治框架。

人工智能安全需要研究技术滥用而引发的安全问题、技术或管理缺陷而导致的安全问题、数据采集和数据分析中的隐私风险问题。因此,要建设人工智能技术安全平台,一方面用人工智能手段和方法来应对数据安全、个人隐私保护等问题,另一方面则不断提升人工智能算法在安全问题上的鲁棒性,即“让信息更安全、让安全更智能”。

人工智能伦理与安全主要研究内容:人工智能的道德基础,机器伦理的设计与实现,人工智能风险与安全观,本质安全的理念与机制设计,自学习的伦理机制,数字伦理(数字身份、数字权利、数字资产、数字价值),智能产业的伦理形态,个人信息安全与保护,智能借贷监管与保护,区块链运用与界限,知识产权安全与保护,国际监管法律秩序,区块链的安全、风险与社会治理,人工智能法治,人工智能博弈,人工智能技术安全平台,人工智能技术安全标准和产品认证等。

5. 人工智能应用

随着新一代人工智能技术的迅速发展,智能技术已经开始渗透到先进制造、新能

源、新材料、医疗卫生、机器人、航空航天、交通运输、环境、微电子等自然科学领域以及社交媒体、公共安全等社会科学领域,为新工业革命乃至社会经济发展各项事业的进步带来了前所未有的发展机遇,也带来了大量新问题和新的挑战。

各垂直行业和复杂工业系统迫切需要专业化、深度化的智能,需要全方位感知、全透明运行、全协同调控、全系统优化,实现从被动到主动、从处理到预防、从自动到自主的全面业务转型。

为此,推动 AI+X 的技术融合,深入探讨智能医疗、智能司法和立法、智能金融、智能农业、智能教育、智能设计、网络空间安全等研究。

3.1.2 课程体系

人工智能学科课程分为必修课程、方向必修课程和选修课程等几个大类。硕士研究生培养需要 23 个学分(含英语 2 个学分、政治 3 个学分、专业课程 18 个学分)、博士研究生培养需要 11 个学分(含英语 2 个学分、政治 2 个学分、专业课程 7 个学分)。人工智能交叉学科硕士生和博士生课程设置如表 3.1~表 3.3 所示。

表 3.1 浙江大学人工智能交叉学科硕士生课程体系

一、平台课程					
必修/选修	课程性质	课 程 名 称	学分	总学时	备 注
必修	公共学位课	中国特色社会主义理论与实践研究	2	32	
必修	公共学位课	研究生英语能力提升	1	32	
必修	公共学位课	自然辩证法概论	1	24	
必修	公共学位课	研究生英语基础技能	1	0	
必修	公共选修课	公共素质类课程至少一门	1	16	
必修	专业学位课	人工智能研究方法	1	16	
必修	专业学位课	人工智能伦理	2	32	
二、方向课程					
1. 认知机理					
研究内容： 研究认知神经科学、脑解析和调控新技术、脑机交互、脑启发计算、认知心理学等					

续表

必修/选修	课程性质	课 程 名 称	学分	总学时	备 注
选修	专业学位课	现代神经生物学	2	32	方向学位课,根据研究方向任选4学分
选修	专业学位课	神经科学专题	2	32	
选修	专业学位课	社会网络理论	2	32	

2. 人工智能基础理论

研究内容:

研究人工智能相关的基础理论、方法及其应用技术,具体包括推理与问题求解、模式识别与机器学习、大数据智能、跨媒体智能、混合增强智能等

必修/选修	课程性质	课 程 名 称	学分	总学时	备 注
必修	专业学位课	人工智能算法与系统	2	32	方向学位课,根据研究方向任选4学分
选修	专业学位课	自然语言处理	2	32	
选修	专业学位课	机器学习	2	32	
选修	专业学位课	计算机视觉	2	32	
选修	专业学位课	人工智能安全	2	32	

3. 人工智能技术与系统

研究内容:

神经形态计算、区块链、智能交互、创意智能、智能控制系统与神经芯片、数据驱动的工业智能、自主智能系统、多传感器融合的智能感知等

必修/选修	课程性质	课 程 名 称	学分	总学时	备 注
选修	专业学位课	人工智能: 系统安全	2	32	方向学位课,根据研究方向任选4学分
选修	专业学位课	工业智能-信息物理系统深度融合	2	32	
选修	专业学位课	区块链技术	2	32	
选修	专业学位课	片上系统芯片	2	32	
选修	专业学位课	数据挖掘	2	32	
选修	专业学位课	设计智能	2	32	

4. 人工智能伦理与安全

研究内容:

人工智能的道德基础,人工智能风险与安全观,本质安全的理念与机制设计,自学习的伦理机制,数字伦理(数字身份、数字权利、数字资产、数字价值),智能产业的伦理形态,个人信息安全与保护,智能借贷监管与保护,区块链运用与界限,知识产权安全与保护,国际监管法律秩序,区块链的安全与社会治理,人工智能法治,人工智能博弈,人工智能技术安全平台,人工智能技术安全标准和产品认证等

续表

必修/选修	课程性质	课 程 名 称	学分	总学时	备 注
选修	专业学位课	人工智能与法治发展	2	32	方向学位课, 根据研究方向任选 4 学分
选修	专业学位课	人工智能安全	2	32	
选修	专业学位课	人工智能逻辑	2	32	
必修	专业学位课	智能工程伦理	2	32	

5. 人工智能应用

研究内容：
推动 AI+X 的技术融合，深入探讨智能医疗、智能司法和立法、智能经融、智能农业、智能教育、智能设计、网络空间安全等研究

必修/选修	课程性质	课 程 名 称	学分	总学时	备 注
选修	专业学位课	现代医学影像学	2	32	方向学位课, 根据研究方向任选 4 学分
选修	专业学位课	智慧农业	2	32	
选修	专业学位课	人工智能与司法	2	32	
选修	专业学位课	人工智能量化金融	2	32	
选修	专业学位课	人工智能：系统安全	2	32	

表 3.2 浙江大学人工智能交叉学科直博生课程体系

一、平台课程					
必修/选修	课程性质	课 程 名 称	学分	总学时	备 注
必修	公共学位课	自然辩证法概论	1	24	
必修	公共学位课	研究生英语基础技能	1	0	
必修	公共学位课	研究生英语能力提升	1	32	
必修	公共学位课	中国马克思主义与当代	2	32	
必修	公共学位课	中国特色社会主义理论与实践研究	2	32	
必修	公共选修课	公共素质类课程至少一门	1	16	学分数根据具体课程确定, 可多选
必修	专业学位课	人工智能前沿交叉热点	2	32	
必修	专业学位课	人工智能研究方法	1	16	

续表

必修	专业学位课	人工智能算法与系统	2	32	
选修	专业学位课	人工智能伦理	2	32	
必修	专业选修课	专业外语	1	16	

二、方向课程

1. 认知机理

研究内容：
研究认知神经科学、脑解析和调控新技术、脑机交互、脑启发计算、认知心理学等

必修/选修	课程性质	课 程 名 称	学分	总学时	备 注
选修	专业学位课	现代神经生物学	2	32	方向学位课,根据研究方向任选6学分
选修	专业学位课	神经科学专题	2	32	
选修	专业学位课	社会网络理论	2	32	
选修	专业学位课	神经、精神与运动	2	32	
选修	专业学位课	神经形态计算与技术	2	32	

2. 人工智能基础理论

研究内容：
研究人工智能相关的基础理论、方法及其应用技术,具体包括推理与问题求解、模式识别与机器学习、大数据智能、跨媒体智能、混合增强智能等

必修/选修	课程性质	课 程 名 称	学分	总学时	备 注
选修	专业学位课	不确定条件下的人类判断与决策	2	32	方向学位课,根据研究方向任选6学分
选修	专业学位课	自然语言处理	2	32	
选修	专业学位课	机器学习	2	32	
选修	专业学位课	计算机视觉	2	32	
选修	专业学位课	凸优化引论	2	32	
选修	专业学位课	大数据可视化的前沿技术	2	32	
选修	专业学位课	人工智能安全	2	32	

3. 人工智能技术与系统

研究内容：
神经形态计算、区块链、智能交互、创意智能、智能控制系统与神经芯片、数据驱动的工业智能、自主智能系统、多传感器融合的智能感知等

续表

必修/选修	课程性质	课 程 名 称	学分	总学时	备 注
选修	专业学位课	人工智能安全	2	32	方向学位课,根据研究方向任选 6 学分
选修	专业学位课	工业智能-信息物理系统深度融合	2	32	
选修	专业学位课	智能移动机器人	2	32	
选修	专业学位课	区块链技术	2	32	
选修	专业学位课	知识图谱导论	2	32	
选修	专业学位课	智能产品设计	2	32	
选修	专业学位课	片上系统芯片	2	32	
选修	专业学位课	语音、语言处理与理解	2	32	
选修	专业学位课	数据挖掘	2	32	
选修	专业学位课	设计智能	2	32	
选修	专业学位课	人工智能: 系统安全	2	32	

4. 人工智能伦理与安全

研究内容:
人工智能的道德基础,人工智能风险与安全观,本质安全的理念与机制设计,自学习的伦理机制,数字伦理(数字身份、数字权利、数字资产、数字价值),智能产业的伦理形态,个人信息安全与保护,智能借贷监管与保护,区块链运用与界限,知识产权安全与保护,国际监管法律秩序,区块链的安全、风险与社会治理,人工智能法治,人工智能博弈,人工智能技术安全平台,人工智能技术安全标准和产品认证等

必修/选修	课程性质	课 程 名 称	学分	总学时	备 注
选修	专业学位课	人工智能与法治发展	2	32	方向学位课,根据研究方向任选 6 学分
选修	专业学位课	人工智能伦理与社会责任选讲	2	32	
选修	专业学位课	人工智能安全	2	32	
选修	专业学位课	人工智能逻辑	2	32	
必修	专业学位课	智能工程伦理	2	32	
选修	专业学位课	人工智能: 系统安全	2	32	

5. 人工智能应用

研究内容:
推动 AI+X 的技术融合,深入探讨智能医疗、智能司法和立法、智能金融、智能农业、智能教育、智能设计、网络空间安全等研究

续表

必修/选修	课程性质	课 程 名 称	学分	总学时	备 注
选修	专业学位课	现代医学影像学	2	32	方向学位课,根据研究方向任选6学分
选修	专业学位课	农业物联网及其应用	2	32	
选修	专业学位课	智慧农业	2	32	
选修	专业学位课	人工智能与司法	2	32	
选修	专业学位课	工程设计哲学	2	32	
选修	专业学位课	人工智能量化金融	2	32	
选修	专业学位课	人工智能: 系统安全	2	32	
选修	专业学位课	智能交通	2	32	

表 3.3 浙江大学人工智能交叉学科普博生培养方案

一、平台课程					
必修/选修	课程性质	课 程 名 称	学分	总学时	备 注
必修	公共学位课	中国马克思主义与当代	2	32	
必修	公共学位课	研究生英语能力提升	1	32	
必修	公共学位课	研究生英语基础技能	1	0	
二、方向课程					

研究内容：
认知机理、人工智能理论、人工智能技术与系统、人工智能伦理与安全、人工智能应用

必修/选修	课程性质	课 程 名 称	学分	总学时	备 注
必修	专业学位课	人工智能前沿交叉热点	2	32	
必修	专业学位课	人工智能研究方法	1	16	
必修	专业学位课	人工智能算法与系统	2	32	
选修	专业学位课	人工智能伦理	2	32	
选修	专业学位课	人工智能安全	2	32	

3.1.3 代表性课程

课程：人工智能算法与系统

英文名称：Algorithms and Systems of Artificial Intelligence。

1. 课程介绍

中文简介：人工智能(Artificial Intelligence, AI)是以机器为载体所展示出来的人类智能,因此人工智能也被称为机器智能(Machine Intelligence)。目前的人工智能模型是混合式的,包括在数据驱动下归纳、知识指导下演绎、行为探索中顿悟。本课程侧重培养研究生的实践能力,希望学习者能将该课程中学习到的知识真正应用到未来的学习工作中。课程内容涵盖人工智能历史、机器学习系统设计、人工智能编程框架、词向量模型与应用、图向量模型与应用、人工智能芯片及高性能机器学习、分布式机器学习引擎、强化学习及应用。体现了“人工智能+信息”的交叉特色,从理论、算法、系统、芯片和应用等热点方向,为推动信息科学技术研究的学科范式创新变革和应用突破培养创新人才。

英文简介：Artificial intelligence is a kind of human intelligence which is embodied by machines. The current artificial intelligence model is hybrid, including induction in data mining, deduction in knowledge guidance, and epiphany in behavior exploration. In this course, we will focus on cultivating the practical ability of graduate students, and hopes that learners can apply the knowledge learned in this course to their future study work. The course content covers the history of artificial intelligence, machine learning system design, artificial intelligence programming framework, word vector models and applications, graph vector models and applications, artificial intelligence chips and high-performance machine learning, distributed machine learning, reinforcement learning and applications. It embodies the cross-features of "artificial intelligence + information", and cultivates innovative talents from the hotspots of theory, algorithm, system, chip and application to promote the innovation and transformation of the discipline paradigm and application breakthroughs of information science and technology research.

2. 教学安排

本课程为2学分,一共8周,每周教学4学时(见表3.4)。

表 3.4 人工智能算法与系统教学安排

周数	授 课 内 容	内 容 描 述
第 1 周	人工智能历史与算法基础	介绍人工智能的发展历史、现状和未来以及 Python
第 2 周	机器学习系统设计	机器学习基本概念;回归分析模型与应用;深度学习模型与应用
第 3 周	人工智能编程框架	Tensor/Pytorch、MindSpore、Paddel Paddel, 以及若干应用
第 4 周	自然语言理解	自然语言理解基本概念;词向量表示;上下文相关的词向量与预训练模型(Transformer、BERT 及其变种);词向量与预训练模型在自然语言处理中的应用
第 5 周	图学习模型与应用	图学习模型基本概念;图向量模型算法(deepwalk, LINE, node2Vec 等);推荐系统等应用
第 6 周	人工智能芯片及高性能机器学习	深度学习加速器简介;加速算法和模块;华为 Ascend 深度学习加速器;Google TPU 和寒武纪 Cambridge
第 7 周	分布式机器学习引擎	联邦学习基本概念;联邦学习常用框架;分布式扩展:区块链蒸馏聚合数据定价;FedAvg 和蒸馏实战
第 8 周	强化学习及其应用	强化学习基本概念;策略学习;Q 学习;典型应用(AlphaGo、Dota2、星际争霸等)

3. 实训作业

- (1) 口罩佩戴检测: 训练一个深度学习模型, 识别图片中的人及其是否佩戴了口罩。
- (2) 文风判别: 用鲁迅等作家的作品, 训练一个文风判别器, 输入一个句子, 可以判断这个句子的文风。
- (3) 机器人走迷宫: 利用基础搜索算法和强化学习算法, 让机器人探索并成功走出迷宫。
- (4) 道路交通量预测(空间+时序建模): 利用城市历史交通量(网约车数据等)预测某一时刻(特别是异常事件时)的交通量。
- (5) 放贷风险评估: 根据个人历史信用等数据, 评估其贷款的风险值。
- (6) 文章摘要自动生成器: 自动生成中文文章的摘要。
- (7) 机房遥测传感器数值预测: 利用机房遥测传感器的历史数据, 预测其未来一段时间的 actual 值。
- (8) 情绪歌词生成: 根据情绪标签, 通过生成模型, 生成歌词。

(9) 模型压缩: 利用知识蒸馏等实现模型压缩, 给定一个训练好的模型(教师网络), 以及一个学生模型的初始模型, 让学生模型通过蒸馏等方法, 将教师网络的能力迁移给学生网络。

(10) 垃圾短信识别: 采用贝叶斯分类器自动识别出短信是否为垃圾短信。

参考文献

[1] 吴飞. 人工智能导论: 模型与算法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2020.

3.2 华中科技大学

3.2.1 交叉学科方向

华中科技大学以人工智能研究院为平台, 汇合人工智能与自动化学院、计算机科学与技术学院、电子信息与通信学院、机械科学与工程学院、电气与电子工程学院、土木与水利工程学院、同济医学院等在人工智能学科建设上的力量, 在人工智能交叉学科方面开展计算机视觉与感知智能、机器学习与计算智能、认知计算与类脑智能、无人系统与群体智能和人机共融与智能应用, 以及包括智慧医疗、智慧交通在内的人 AI+X 等方向的研究。

1. 计算机视觉与感知智能

计算机视觉是人工智能领域的热点方向之一, 利用计算机技术从图像和视频中挖掘信息, 实现对现实世界的识别、感知和认知。计算机视觉与感知智能方向的基础理论包括: 统计学习基础理论、不确定性推理与决策、分布式学习与交互、隐私保护学习、小样本学习、深度强化学习、无监督学习、半监督学习、主动学习等。该方向以目标检测识别、运动分析、三维重建、语义理解、学习与推理等为核心技术, 重点研究基于多模态数据融合的目标感知与理解技术、文本识别与理解技术、小样本与弱标签机器学习基础理论等难点问题。通过对不同传感器的数据进行处理, 并将结果转换为不同领域可理解的描述, 为自动驾驶、智慧城市、智慧医疗、智能机器人等各个行业智能化的核

心技术提供支持。该方向的具体应用对象包括：人体行为检测、图像深度预测、智能故障诊断、跨模态数据处理、事件预测与预警等。该方向目前已在单目图像深度预测、双目立体视觉、图像配准、三维场景重建、激光点云处理、多谱图像处理、目标识别阵列处理中取得了一系列的研究成果。

2. 机器学习与计算智能

机器学习与先进计算方向的基础理论包括：数据驱动与知识引导相结合的人工智能新方法、以自然语言理解和图像图形为核心的先进计算理论与方法、综合深度推理与创意人工智能理论与方法、非完全信息下智能决策基础理论与框架、数据驱动的通用人工智能模型与理论。该方向以面向人工智能的近数据高效处理方法、面向大数据高效处理的体系结构、大数据智能的新型计算机系统、支持人工智能的大数据处理平台与云计算平台为关键技术,研究无监督学习、综合深度推理、数据高效存储与管理等问题,解决存储效率低、并行效果差、同步开销大等难点。逐步建立数据驱动、以知识理解为核心的认知计算模型,形成从大数据到知识、从知识到决策的能力,最终建立大数据驱动的智能计算和知识服务体系。该方向以基于数据流的处理架构和软件管理的混合内存架构为基础,开发基于新型器件的大数据处理系统等系统软件,发展大数据平台和系统资源管理、大数据分布式平台方案等技术,以政府大数据、金融大数据、医疗健康大数据为应用支撑。

3. 认知计算与类脑智能

以机器学习为代表的人工智能技术通常需要大量的数据进行学习,同时缺乏像人类一样的推理能力。为了突破这一瓶颈,将人工智能与生物神经科学、人类心理学和脑科学深度交叉,利用神经形态计算来模拟人脑的认知与决策过程,在信息处理机制上发展具有认知行为和智能决策的类脑算法,使机器以类脑的方式实现各种人类认知能力和协同机制,达到或超过人类的智能水平。认知计算与类脑智能方向以类脑感知、类脑学习、类脑记忆机制与计算融合、类脑复杂系统、类脑控制等为基础理论,以类脑计算的基础器件、神经网络处理器与算法、芯片的跨层次设计方法、根据应用任务的可重构能力等为核心技术,在硬件上突破芯片集成工艺、器件可靠性、器件物理原理等关键问题,在软件上发挥硬件优势和容忍器件非理想特性设计协同新型器件的算法,逐步实现器件层次接近脑、结构层次模仿脑、智能层次超越脑。

4. 无人系统与群体智能

从人群到飞鸟、游鱼、昆虫、细菌、细胞,自然界广泛存在着大规模群体运动。相互联系并不断运动的个体组成的系统涌现出了丰富多彩而高度协调的群集智能行为。自然界群体智能展现出了惊人的魅力,为工业、社会群体的认识和优化提供了丰富的思想源泉。从生物群体自组织演化出发研究群集智能和群体动力学已经成为当今自动化科学、系统科学、计算机科学、物理科学等交叉领域的国际前沿和热点研究方向。无人系统与群体智能方向以群体智能结构理论与组织方法、群体智能激励机制与涌现机理、群体智能学习理论与方法、群体智能通用计算范式与模型、面向自主无人系统的协同感知与交互、面向自主无人系统的协同控制与优化决策、知识驱动的人机物三元协同与互操作为基础理论,以无人系统自主控制、跨域协同环境感知、协同控制与路径规划为核心技术,突破快速准确的水面、水下、岸、空的跨域环境感知和目标识别、跨域无人系统的集群的高效通信和快速覆盖、跨域异构协同路径规划与协同作业等关键技术难题,实现海陆空天一体化的跨域无人系统集群装备与技术在无人系统、舰、车载无人机、全自主无人艇、水下无人系统中的应用。

5. 人机共融与智能应用

人机共融与智能应用方向的基础理论包括:“人在回路”的混合增强智能、人机协同共融的情境理解与决策学习、机器直觉推理与因果模型、记忆与知识演化理论、复杂数据和任务的混合增强智能学习方法、真实世界环境下的情境理解及人机群组协同等。该方向重点研究:

(1) 刚、柔、软机构的顺应行为与可控性,即解决刚、柔、软机器人构型设计及其力学行为,探究刚、柔、软机构单元组成原理,揭示多体耦合机构在自身驱动力和环境约束力作用下的变形致动机理、承受外力时的变形协调机理。

(2) 人-机-环境多模态动态感知与自然交互:其一,在非结构环境中的多模态感知与情景理解方面,研究视、听、触觉获取方法与融合机制,探索传感、处理与理解于一体的智能感知系统的设计方法,实现实时感知与情境理解;其二,在生机电融合的意图理解方面,探究生理电信号的时-空-频特性,提出人机自主和自适应的学习方法,实现人体行为意图的准确理解和人机协调互助。

(3) 机器人群体智能与操作系统架构:其一,研究个体自主与群体智能涌现机理,

通过探索自主个体互动及感知决策信息的无阻尼传播机理,揭示群体拓扑演化规律,建立协同认知和行动的模型及方法。其二,研究群体机器人操作系统的多态分布体系,探究异构、跨域群体机器人资源管理的多态自适应框架,建立群体协作的分布式控制与互操作架构方法。最终实现与作业环境、人和其他机器人之间自然交互,自主适应动态环境和协同作业的“共融机器人”,并以加工机器人、康复辅助机器人和特种作业机器人为载体,在智能制造、康复辅助和国防领域取得重大的应用突破。

3.2.2 博士研究生培养方案

1. 培养目标

培养热爱祖国,拥护中国共产党领导,拥护社会主义制度,遵纪守法,品德良好,为社会主义建设服务,具有创新能力,能独立从事科学研究、教学、管理的德智体美劳全面发展的人工智能领域高级专门人才。

具体要求包括如下。

- (1) 具有理想信念,创新能力强,综合素质高。
- (2) 具有人工智能领域相关学科坚实的理论和系统的专业知识,并在专门研究方向有系统、深入的专业知识和能力。
- (3) 能运用现代科学研究的方法和手段,独立从事人工智能领域科学研究,在科学或专门技术上取得创造性成果。
- (4) 至少掌握一门外国语,能熟练阅读本专业外文资料,具有良好的写作能力和国际学术交流能力。
- (5) 身心健康。

2. 研究方向

- (1) 计算机视觉与感知智能。
- (2) 机器学习与先进计算。
- (3) 认知计算与类脑智能
- (4) 无人系统与群体智能。
- (5) 人机共融与智能应用。

3. 学习年限

本学科普通博士研究生(含硕博连读生取得博士学籍后)基本学习年限为 4 年,直攻博士研究生的基本学习年限为 5 年。

4. 学分要求

已获硕士学位的博士研究生总学分要求 ≥ 31 学分。硕博连读、直攻博士研究生总学分要求 ≥ 53 学分(包括完成对应硕士培养方案中的修课学分,见表 3.5)。

表 3.5 已获硕士学位的博士研究生与硕博连读、直攻博士研究生学分要求

类别	硕博连读、直攻博士研究生		已获硕士学位的博士研究生	
总学分	≥ 53 学分		≥ 31 学分	
修课 学分	≥ 34 学分	校级公共必修课 ≥ 9 学分,其中, 中国特色理论与实践 2 学分; 中国马克思主义与当代 2 学分; 自然辩证法概论 1 学分; 硕士一外 2 学分; 英语论文写作 2 学分; 校级公共选修课 ≥ 1 学分	≥ 12 学分	校级公共必修课 ≥ 4 学分,其中, 中国马克思主义与当代 2 学分; 英语论文写作 2 学分
		学科基础与专业课 ≥ 24 学分,其中, 专业基础课 8 学分; 专业选修课 10 学分; 专业研讨课 2 学分; 科学前沿讲座 2 学分; 跨一级学科 2 学分		学科基础与专业课 ≥ 8 学分,其中, 专业基础课 2 学分; 专业选修课 2 学分; 专业研讨课 1 学分; 科学前沿讲座 1 学分; 跨一级学科 2 学分
研究 环节	≥ 19 学分	文献阅读与选题报告 1 学分	≥ 19 学分	文献阅读与选题报告 1 学分
		参加国际学术会议或国内召开的国 际学术会议并提交论文 1 学分		参加国际学术会议或国内召开的国 际学术会议并提交论文 1 学分
		论文中期进展报告 1 学分		论文中期进展报告 1 学分
		发表学术论文 1 学分		发表学术论文 1 学分
		学位论文 15 学分		学位论文 15 学分

5. 课程设置

博士研究生课程设置如表 3.6 所示。

表 3.6 博士研究生课程设置

类别	课程代码	课 程 名 称	学时	学分	季 节	开 课 单 位	备注
学位课程	公共必修课	408.601 中国特色社会主义理论与实践研究	36	2	春秋	马克思主义学院	硕博连读、直攻博士研究生 ≥ 9 学分； 已获硕士学位博士研究生 ≥ 4 学分
		408.810 中国马克思主义与当代	32	2	秋	马克思主义学院	
		408.602 自然辩证法概论	18	1	春秋	马克思主义学院	
		411.500 第一外国语(英语)	32	2	春秋	外国语学院	
		411.800 英语论文写作	32	2	秋	外国语学院	
	校级公共选修课			1			硕博连读、直攻博士生
	专业基础课	011.503 随机过程	48	3	秋	数学学院	硕博连读、直攻博士研究生 ≥ 8 学分； 已获硕士学位博士研究生 ≥ 2 学分
		011.501 数理统计	48	3	秋	数学学院	
		011.500 矩阵论	48	3	秋	数学学院	
		011.504 泛函分析及其应用	48	3	春	数学学院	
		184.830 凸优化	32	2	春	人工智能与自动化学院	
		184.831 智能计算系统	32	2	秋	人工智能与自动化学院	
		184.540 模式识别理论	48	3	秋	人工智能与自动化学院	
		184.806 机器学习	32	2	春	人工智能与自动化学院	
	专业选修课	210.595 大数据基础	32	2	秋	计算机科学与技术学院	硕博连读、直攻博士研究生 ≥ 10 学分； 已获硕士学位博士研究生 ≥ 2 学分
		184.832 智能传感技术	32	2	秋	人工智能与自动化学院	
		184.572 计算神经科学	32	2	秋	人工智能与自动化学院	
		210.596 云计算与网络技术	32	2	春	计算机科学与技术学院	
		184.545 计算智能	32	2	秋	人工智能与自动化学院	
		184.552 图像分析	32	2	春	人工智能与自动化学院	
		184.551 计算机视觉	32	2	春	人工智能与自动化学院	
		184.833 智能控制技术	32	2	春	人工智能与自动化学院	
		184.834 智能人机交互	32	2	秋	人工智能与自动化学院	
		184.571 机器人导论	32	2	秋	人工智能与自动化学院	
		184.835 群体智能与自主无人系统导论	32	2	春	人工智能与自动化学院	
		181.957 智能医学图像	32	2	秋	电子信息与通信学院	

续表

类别		课程代码	课 程 名 称	学时	学分	季 节	开 课 单 位	备注
学位课程	专业 研讨课	184.836	工业视觉检测	16	1	春	人工智能与自动化学院	硕博连读、 直攻博士研究生 ≥ 2 学分； 已获硕士学位博士研究 生≥1 学分
		184.837	视频智能监控	16	1	秋	人工智能与自动化学院	
		184.838	遥感图像处理与分析	16	1	春	人工智能与自动化学院	
		184.839	飞行器导航制导技术	16	1	春	人工智能与自动化学院	
		184.840	复杂网络与群体智能	16	1	春	人工智能与自动化学院	
	科学前 沿讲座	184.842	类脑智能科学前沿 讲座	16	1	春	人工智能与自动化学院	硕博连读、 直攻博士研究生 ≥ 2 学分； 已获硕士学位博士研究 生≥1 学分
		184.843	群体智能前沿讲座	16	1	春	人工智能与自动化学院	
		100.806	智能制造前沿讲座	16	1	春	机械科学与工程学院	
		240.865	智能建造前沿讲座	16	1	春	土木工程与力学学院	
		184.844	智能医疗前沿讲座	16	1	春	人工智能与自动化学院	
		184.845	智能武器前沿讲座	16	1	春	人工智能与自动化学院	
		210.600	大数据前沿讲座	16	1	春	计算机科学与技术学院	
		131.823	智能电网前沿讲座	16	1	春	电气与电子工程学院	
	406.853	人工智能哲学与伦 理学	16	1	春	哲学学院		
跨一级 学科课							所有博士研究生必修≥ 2 学分	
研究环节	650.801	文献阅读与选题 报告		1				
	650.802	参加国际学术交流 或国内重要学术会 议并提交论文		1				
	650.803	论文中期进展报告		1				
	650.804	发表论文		1				
	650.805	学位论文		15				

6. 培养环节要求

(1) 博士研究生的培养实现导师全面负责制,组成以博士研究生导师为组长、跨院系的博士研究生指导小组,负责对博士研究生的培养和考核工作。

(2) 科研实践:博士研究生必须依托人工智能科研课题开展科学研究。为增强博士研究生的综合科研素质,博士研究生在开展论文研究工作的同时,应参与科研实践相关环节的活动,如科研项目申请、科研结题评审、项目鉴定等。

(3) 博士研究生的选题报告应选择人工智能基础理论、关键共性技术或者“人工智能+”领域,包含以下内容:选题的来源、意义;课题的国内外研究现状和发展趋势;课题的研究内容和技术方案;理论与实践方面的预期创新性成果;主要参考文献。

(4) 博士研究生在撰写学位论文前,要向博士研究生指导小组提交论文中期进展报告,报告研究进展,听取质疑与商讨修改意见,待创造性研究成果通过后,方可撰写论文。

(5) 博士研究生至少参加一次国内外召开的人工智能类国际学术会议,并提交学术交流报告。

(6) 博士研究生公开发表的学术论文和其他研究科研成果,必须满足学校及学院的相关要求。

(7) 博士研究生申请论文答辩和资格审查:博士论文资格审查由指导教师或博士生指导小组负责进行。博士研究生申请论文答辩的基本条件如下。

- ① 修完所规定的课程学分。
- ② 完成文献综述报告。
- ③ 完成论文选题报告。
- ④ 完成论文中期报告。
- ⑤ 在刊物上发表规定数量的论文。
- ⑥ 完成毕业论文的撰写。
- ⑦ 通过校内外专家的评审。

(8) 毕业及学位授予。博士研究生完成培养计划规定的学习内容并通过学位答辩,经人工智能交叉学科学位审议委员会审议,达到毕业要求的准予毕业。符合学位授予条件的,经校学位评定委员会表决通过,授予博士学位。