



智能系统学报

CAAI TRANSACTIONS ON INTELLIGENT SYSTEMS

人工智能范式的革命与通用智能理论的创生

钟义信

引用本文:

钟义信. 人工智能范式的革命与通用智能理论的创生[J]. 智能系统学报, 2021, 16(4): 792–800.

ZHONG Yixin. Paradigm revolution in artificial intelligence and the birth of general theory of intelligence[J]. *CAAI Transactions on Intelligent Systems*, 2021, 16(4): 792–800.

在线阅读 View online: <https://dx.doi.org/10.11992/tis.202103042>

您可能感兴趣的其他文章

“范式变革”引领与“信息转换”担纲:机制主义通用人工智能的理论精髓

Leading of paradigm shift and undertaking of information conversion: theoretical essence of mechanism-based general AI
智能系统学报. 2020, 15(3): 615–622 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.202002019>

人工智能伦理体系:基础架构与关键问题

Ethical system of artificial intelligence: infrastructure and key issues
智能系统学报. 2019, 14(4): 605–610 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201906037>

机制主义人工智能理论——一种通用的人工智能理论

Mechanism-based artificial intelligence theory: a universal theory of artificial intelligence
智能系统学报. 2018, 13(1): 2–18 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201711032>

AI——人类社会发展的加速器

Artificial intelligence: an accelerator for the development of human society
智能系统学报. 2017, 12(5): 583–589 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201710016>

从人类智能到机器实现模型——粒计算理论与方法

From human intelligence to machine implementation model: theories and applications based on granular computing
智能系统学报. 2016, 11(6): 743–757 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201612014>

A3I:21世纪科技之光

A3I: the star of science and technology for the 21st century
智能系统学报. 2016, 11(6): 835–848 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201605022>

微信公众平台



关注微信公众号，获取更多资讯信息

DOI: 10.11992/tis.202103042

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/23.1538.TP.20210622.1143.012.html>

人工智能范式的革命与通用智能理论的创生

钟义信

(北京邮电大学人工智能学院, 北京 100876)

摘要: 人工智能的研究取得了不少可喜的进展, 也面临着许多严峻的挑战。为了应对这些挑战, 学术界提出了各种各样的研究思路。笔者相信, 每种思路都有其合理之处, 都有可能获得一定的成效。不过, 根据笔者的理解, 人工智能面临的最深刻最严峻的挑战, 是学科和时代的大转变所带来的大阵痛: 人工智能范式的张冠李戴。因此, 必须对人工智能的范式实施“正冠”: 颠覆传统学科范式对人工智能研究的束缚, 确立信息学科范式对人工智能研究的规范和引领。实施人工智能范式革命的结果, 创生了本文要介绍的“通用智能理论”。

关键词: 人类智能; 人工智能; 范式革命; 智能生成机理; 通用智能理论

中图分类号: TP18 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4785(2021)04-0792-09

中文引用格式: 钟义信. 人工智能范式的革命与通用智能理论的创生 [J]. 智能系统学报, 2021, 16(4): 792-800.

英文引用格式: ZHONG Yixin. Paradigm revolution in artificial intelligence and the birth of general theory of intelligence[J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2021, 16(4): 792-800.

Paradigm revolution in artificial intelligence and the birth of general theory of intelligence

ZHONG Yixin

(AI School, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: There have been some progresses achieved in AI so far and yet there have also many grand challenges ahead. In response to the challenges, many ideas for AI research have been proposed. All the ideas are believed to have certain reasons and thus to be able to make some results. On the other hand, however, the author of the paper considers that the most serious challenge faced in AI research is the misemployment of paradigm in AI, the throes caused by the great transition of academic system and the social era. As the result, the only solution for this should be the paradigm revolution – to replace the paradigm misemployed in AI, which is the one from physical discipline, by the paradigm for information discipline. Through the paradigm revolution, the General Theory of Intelligence can then be created and built up as will be seen in the paper.

Keywords: human intelligence; artificial intelligence; paradigm revolution; mechanism for intelligence growth; general theory of intelligence

迄今, 世界人工智能的研究已经取得了不少进步, 令人兴奋。但是, 冷静地观察就会发现, 这一领域其实面临着许多严峻的挑战。

为了应对这些挑战, 学术界提出许许多多的研究思路和建议。毫无疑问, 每一种思路都有一定的道理。不过, 深入思考后就不难发现, 人工智能研究所面临的最大的挑战不是别的, 而是来自于

它最顶层的指导思想——科学观与方法论(它们的有机整体称为研究范式, 简称范式)。具体来说, 人工智能研究面临的最大的挑战是: 作为信息学科的高级篇章, 人工智能遵循的范式不是信息学科的范式, 而是物质学科的范式。换言之, 人工智能的范式犯了张冠李戴的大忌! 因此, 应对人工智能所面临挑战的最重要举措应当是它的范式革命。只要正确地实施了人工智能的范式革命, 它的研究就可以走上正轨, 人工智能的通用理论、以至人工智能与人类智能的通用理论就会应运而生。

收稿日期: 2021-03-30. 网络出版日期: 2021-06-22.

基金项目: 国家自然科学基金项目(18ZDA027, 60873001, 60575034).

通信作者: 钟义信. E-mail: zyx@bupt.edu.cn.

本文将阐明这一重要论断,然后通过实施人工智能的范式革命创生通用人工智能理论,并给出它的总体面貌。

1 为什么人工智能的根本出路是范式革命?

为了研究和阐明人工智能的出路,首先要明确究竟什么是人工智能?人工智能和人类智能以及人类智慧之间存在什么关系?这样,我们的讨论才会有准确的科学性。

1.1 什么是人工智能?

首先要明确,人类智能是人类智慧的子集^[1]。

人类智慧是人类为了生存发展的目的而不断地运用知识去探索未来提出问题(隐智慧)进而解决问题变革现实(显智慧)的能力。其中的隐智慧严格依赖于人类的目的和思辨能力,只有人类才能拥有。而显智慧则依赖于人类的智能求解操作,因此特称为人类智能。后者可用机器来模拟。

根据科学技术的拟人律^[2-3],人工智能是以人类智能(解决问题变革现实的显智慧)为原型、研究具有智能水平的机器为人类提供智能服务的学科。它只涉及显性智慧,不涉及隐性智慧。

因此,人工智能所要实现的不是人类智慧,而是人类智能。不能把智能和智慧混为一谈。

1.2 人工智能研究的现状:局部有精彩,整体很无奈

人工智能的研究,存在三大学派:以模拟人脑结构为导向的人工神经网络学派^[4-10],以模拟人脑逻辑功能为标志的专家系统学派^[11-16],以模拟智能系统行为为特色的感知动作系统学派^[17-19]。但互不认可^[20-21],未能形成合力^[22-23]。经过数十年的努力,三大学派的研究都取得了一些精彩的成果。如人工神经网络的深度学习,专家系统的机器博弈,感知动作系统的智能机器人等。

但是,三大学派的研究都面临着许多问题的困扰。其中最为严峻的挑战包括:它们的理解能力(真正的智能水平)都非常低;它们的通用能力都非常差;至今未能形成人工智能的整体理论。这些问题的严重性在于^[24]:

1) 智能水平低下,就不够资格成为真正的人工智能;

2) 没有通用的整体人工智能理论,表明人工智能的研究还没走上轨道。

系统学的原理表明:整体远远大于部分和。再多再好的部分成果之和,也远远不及整体成果。但是如何才能构建通用的整体理论?至今仍

然没有共识。

1.3 人工智能存在问题的总根源:范式张冠李戴

思想指导行动,学科研究活动的指导思想就是学科的科学观和方法论。学科的科学观阐明“学科的本质是什么”,学科的方法论则阐明“学科的研究应当怎么做”。于是,学科的科学观与方法论一起,就阐明了学科应当遵循的规范研究方式,称为学科的研究范式,简称范式^[25]。

人工智能的研究之所以存在上述这些严重问题,根本原因在于它的指导思想出了问题:人工智能是一类开放复杂的信息系统,却遵循了传统物质学科范式的方法论,比如:

1) 人工智能被分解为结构模拟、功能模拟、行为模拟三大学派,就因为运用了传统学科范式的“分而治之”方法论。对复杂信息系统施行“分而治之”的结果就割断了复杂信息系统各个子系统之间复杂而隐秘的信息联系,而这些复杂隐秘的信息联系正是复杂信息系统的生命线和灵魂。失去了生命线和灵魂的各个子系统,就不再可能合成原来的复杂信息系统!这是现行人工智能的研究至今不能建立“整体理论”的根本原因。

2) 人工智能系统智能水平低下,就因为运用了传统学科范式的“单纯形式化”方法论。智能的决策能力依赖于对研究对象的形式、内容、价值的全面理解。施行“单纯形式化”的结果丢弃了智能问题的“内核”:内容和价值因素,仅仅了解对象的形式,那就极难作出明智的决策。这是“智能水平低下”的根本原因。

众所周知,“分而治之”和“单纯形式化”是传统物质学科的方法论。它们对传统学科的研究、发展与繁荣做出了伟大的历史性贡献。然而把它们用到作为开放复杂信息系统的人工智能研究领域,就犯了范式“张冠李戴”的大忌!

1.4 人工智能研究范式的张冠李戴,是历史的必然

人工智能范式的张冠李戴并非偶然现象。这是因为,学科的研究活动属于社会存在,它的范式则属于社会意识。由于受到“社会意识滞后于社会存在”法则的制约,20世纪中叶信息学科的研究活动迅猛兴起之后,直到如今都没有形成信息学科范式的共识,信息学科的研究便沿用了业已存在而且众所熟知的传统物质学科范式,于是就造成了信息学科(含人工智能)范式的张冠李戴,确实无可避免。

千年的科学发展,都属物质学科(含材料科学和能量科学),都遵循着同样的物质学科范式,因而没有发生过范式的变革。但是当今却正在发生

由物质学科主导的学科体系向信息学科主导的学科体系的历史性大转变:研究活动的大转变在前,研究范式的大转变在后——发生在人工智能由初级阶段进入高级阶段的当下。因此,人工智能范式的大转变(范式大革命)正是这个历史大转变所带来的大阵痛。不消除这个大阵痛,便无法完成人工智能研究由初级阶段向高级阶段的转变。这是不以人的意志为转移的客观规律。

1.5 范式革命:人工智能基础理论重大突破的必由之路

既然人工智能存在问题的总根源是“范式的

张冠李戴”,那么,解决问题的对症良方就应当是“正冠”,做到张冠张戴、李冠李戴:颠覆传统物质学科范式对人工智能研究的束缚,确立信息学科范式对人工智能研究的规范和引领。

那么,什么是信息学科的范式?目前,人工智能学术共同体还没有形成共识。不过,笔者从1962年以来一直在深入探讨信息学科的科学观和方法论,表1所给出的,就是我们总结的信息学科范式的内涵特征^[26]。为了便于比较,表1还列出了传统学科的范式以及现行人工智能所实行的范式。

表1 学科范式的比较^[26]

Table 1 Comparison among three categories of paradigm

事项	科学观	方法论
经典物质学科	机械唯物的物质观	机械还原的方法论
	对象:物质客体,排除主观因素;	描述方法:纯粹形式化;
	关注:对象的结构与功能;	判断方法:形式匹配;
现行人工智能	近准的“物质观”	明确的“还原论”
	对象:脑物质,排除主观因素;	描述方法:纯粹形式化;
	关注:对象的结构与功能;	判断方法:形式匹配;
现代信息学科	唯物辩证的信息观	信息生态方法论
	对象:主体驾驭的主客互动信息过程;	描述方法:形式-内容-价值整体化;
	关注:主客双赢的实现;	判断方法:内容理解;
	遵守:不确定性演化	宏观处置:生态演化

通过表1三种范式(科学观和方法论)的详细解析和对比,可以十分清晰地看出:作为复杂信息系统的现行人工智能研究,它所遵循的研究范式本来应当是信息学科的研究范式(后者的内涵特征参见表1的第3行),但实际上却遵循了传统物质学科的研究范式(试比较表1的第1和第2行)。这就是“人工智能范式张冠李戴”的具体表现。

可见,只有颠覆和摒弃传统学科范式对人工智能研究的制约,确立信息学科范式对人工智能研究的规范和引领,才能从源头上使人工智能的发展走上正确的轨道。

2 范式革命怎样创生通用智能理论?

如上所述,人工智能的范式革命,就是在人工智能的研究领域以现代信息学科的范式取代传统物质学科的范式。那么,信息学科的范式又将怎样规范和引领人工智能的研究呢?

2.1 总结和遵循“学科创生”的普遍规律:范式引领学科创生的全过程

信息学科范式引领创建“通用智能理论”的全部阶段和历程,可用表2的“学科创生规律”^[27]来描述。

表2的“学科创生规律”显示,学科的创生需要经历两个阶段:首先是自下而上探索范式的阶段,然后是自上而下落实范式的建构阶段。

1) 探索阶段。特点是:各种相关学术背景的研究者们各自进行自下而上的摸索、讨论和争论,总结失败的教训和成功的经验,逐渐提炼出普遍认可且科学合理的学科范式(科学观和方法论)。由于是各自展开的摸索,必是百家争鸣的过程,常有“盲人摸象”的现象,因此,这一阶段经历的时间可能很漫长。信息学科范式的形成便超越了半个多世纪,至今尚未在学术共同体达成共识。

2) 建构阶段。特点是:根据探索阶段所总结的学科范式(即由学科的科学观和方法论阐明的学

科定义),就可根据学科定义构筑学科的框架(即学科宏观定义的具体化,包括学科的全局模型和研究路径)、进而拟定学科的规格(即学科框架的精准化,包括学科的学术结构和所需数理基础的特色规格)和最终落实学科的基本理论(即学科理论的完整化,包括学科的基本概念和基本原理)。

从表2可以看出,在学科创生的整个过程中,

学科的范式自始至终都扮演着最高引领者和规范者的角色:整个探索阶段的任务是为了找到学科的范式,而整个建构阶段的任务则是为了精准落实学科的范式。

揭示和阐明学科创生规律,是构建“通用智能理论”的第一步。以下将分别阐述笔者团队依照表2的规律构建“通用智能理论”的各个步骤和结果。

表2 学科创生规律
Table 2 Rules for discipline growth

生长阶段	生长模块	模块要素	要素解释
自下而上探索范式的阶段	学科探路	多方摸索	通过长期自下而上多方摸索,总结失败教训和成功经验,提炼学科的研究范式(这一阶段常有“盲人摸象”现象)
自上而下落实范式的阶段	学科范式(宏观定义)	科学观	宏观上明确学科本质“是什么”
		方法论	宏观上明确学科研究“怎么做”
	学科框架(具体定位)	学科模型	基于学科范式的学科全局蓝图
		研究路径	基于学科范式的整体研究途径
	学科规格(精准定格)	学术结构	基于学科范式和框架的学科结构规格
		数理基础	基于学科范式和框架的学科特色规格
	学科理论(完整理论)	基本概念	基于范式、框架、规格的学科基本知识
		基本原理	基于范式、框架、规格的学科概念联系

2.2 研究和提炼“信息学科范式”

从当前的实际情况可以判断,无论是国内还是国际,人工智能学科应当遵循的范式都还处在“探索阶段”,这表现为:各种不同背景的研究人员仍然在按照各自对人工智能学科范式的理解进行着不懈的探索,争论频出,共识鲜有。

由于接受了“整体观和辩证论”思想的熏陶,也由于特殊的学术兴趣、背景和经历,本文笔者早在半个世纪之前就开始密切关注和潜心探究信息学科的科学观和方法论,为形成信息学科的范式做了长期的研究和积累。

1962年笔者作为北京邮电学院信息论专业的研究生,在研读信息论原著的时候发现它的信息概念只关注了波形(形式),丢了信息的内容和价值这两个核心要素,造成了“信息概念空心化”。于是开始探索,并于1986年发表了“形式、内容、价值”三位一体的“信息的综合测度”(即“全信息理论”)^[28]。接着,1988年出版了国内外第一部以“全信息理论”为基础的《信息科学原理》^[29]。1987年又发现人工智能的研究被分解为人工神经网络、专家系统以及后来的感知动作系统三个互不相容的学派。于是笔者认识到,从信息论到人工智能,都受到了传统物质学科方法论“单纯形式化”和“分而治之”的影响,而这些方法论与信息学科(包括信息论和人工智能等)的特点格格不入。

基于这些认识,笔者在1988年出版的《信息科学原理》第10章就专门探讨了“信息科学的方法论”。此后在每次再版(直到2013年第五版)都深化了信息学科方法论的探讨。2014年,笔者出版了另一部专著《高等人工智能理论》^[30],又在全书的第一篇专门对“高等人工智能的科学观与方法论”进行了探讨。2017年在《哲学分析》杂志发表了论文《从机械还原方法论到信息生态方法论》^[31]。最终,总结提炼成为本文表1第3行信息学科范式内涵的标准表述,包括它的科学观和方法论。这是我国关于信息学科范式研究的基本成果。

2.3 范式革命:颠覆旧范式,确立新范式

颠覆传统物质学科范式对人工智能学科研究的统领地位,具体来说,就是要在人工智能研究领域摒弃如下的科学观和方法论:

1) 传统物质学科的科学观,即

①把研究对象看作纯客观且遵循确定性演化规律的物质;

②彻底排除主观因素;

③研究的目的是阐明物质的结构与功能。

2) 传统物质学科的方法论,即

①分而治之方法;

②纯粹形式化方法。

确立信息学科范式对人工智能学科研究的规

范和引领作用,具体来说,就是要在人工智能研究领域确立如下的科学观和方法论:

3) 信息学科的科学观,即

①把研究对象看作主体与客体相互作用的具有不确定性的信息过程;

②强调主体的驾驭作用 and 环境的约束作用;

③研究目的是实现主体与客体的双赢。

4) 信息学科的方法论,即

①信息生态方法;

②形式、内容、价值三位一体的整体化方法。

可见,信息学科范式与传统物质学科范式两者几乎相反相成。然而,千百年来传统物质学科范式已在人们心中深深扎根,而信息学科范式才刚刚露出嫩芽。因此,要让人工智能研究领域的科技工作者放弃自己所熟悉和所深信的传统物质学科范式,绝非易事!不过,非如此就不能取得人工智能研究的突破与升级。

2.4 构筑全新“人工智能全局模型”(学科框架 A)

信息学科范式的科学观业已指明:人工智能是在主体驾驭下和环境约束下的主体与环境客体相互作用所形成的不确定性信息过程。其中,所谓“主体(特别是人类主体)驾驭”,实际是指:人工智能系统必须接受主体所提出的“求解问题”、主体预设的“求解问题目标”,以及主体所提供的“先验知识”;人工智能系统只能在这个框架下去实现主体所预设的目标。当然,也须遵守环境的约束。

根据这些思想,可以构筑图1所示的人工智能学科研究的全局模型。

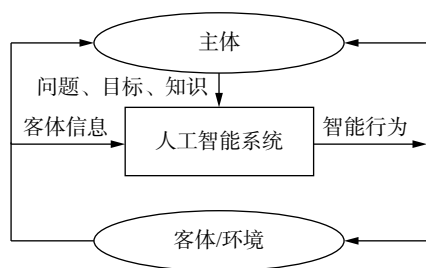


图1 人工智能全局模型

Fig. 1 Global model for AI

图1的模型清楚表明:人工智能的全局模型确实是“主体驾驭下(接受来自主体的问题、目标和知识)的主体与环境客体相互作用(接受环境“客体信息”的作用、针对这种作用产生“智能行为”反作用于环境客体)的具有不确定性的信息过程”。这是真实人工智能系统的正确抽象。

现有的人工智能研究,包括以结构模拟为特征的人工神经网络和以功能模拟为特征的专家系统,都把“孤立的脑”作为全局研究模型的原型。这是没有理解信息学科范式的科学观所致。事实

上,不接受外部环境客体信息刺激的孤立脑不能产生智能(“印度狼孩”的实验),而不向外部环境输出反作用的孤立脑也不可能检验脑的工作是否有意义。

由图1的人工智能模型还可以看出,人工智能系统所实现的,完全是主体的目的,而不是人工智能系统“自己的目的”。事实上,人工智能系统由于没有生命,因此不可能有它自身的目的和欲望。它不可能脱离主体的意志自行其事,而只能成为人类主体的聪明助手与善解人意的合作伙伴。

2.5 揭示智能生成机制, 开创机制主义研究路径(学科框架 B)

信息学科范式的方法论指明:要按照信息生态演化(既然是生态演化,就不允许把信息剥离成形式化的语法信息,也不允许把信息生态过程割断为封闭的信息片段)方法论来处置问题、要坚持运用形式、内容、价值三位一体的整体化方法来分析问题,要凭借理解来作出判断。

把信息学科范式的方法论与图1的全局研究模型相结合,就明确了人工智能系统生成智能的机制应当是在“问题、目标、先验知识”的约束下实现由“客体信息”到“智能行为”的复杂转换,如图2所示。

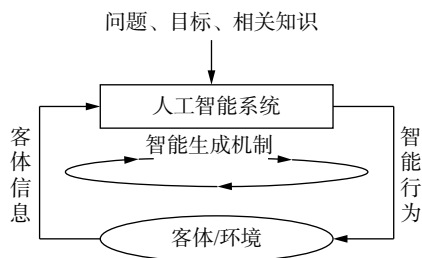


图2 人工智能系统的智能生成机制

Fig. 2 Mechanism for intelligence growth in AI

图2显示,人工智能系统中智能生成机制的激励条件,是环境客体所提供并经主体所选择的问题(即“客体信息”),智能生成机制所生成的结果是由客体信息经过复杂转换而成的“智能行为”,而它所遵守的约束条件则是由主体所提供的预设目标和先验知识。

从图2可以明显地看出,智能生成机制的实质是“信息转换与智能创生”^[32-34],具体转换与创生过程则是:客体信息→感知信息→知识→智能策略→智能行为,如图3所示。

可以证明,“信息转换与智能创生”机制是普适性的,不仅适合于各种人工智能也适合于自然智能(包括人类智能),因此,可以名副其实地把它称为普适性智能生成机制,并把它本质称为“信息转换与智能创生定律”^[35]。

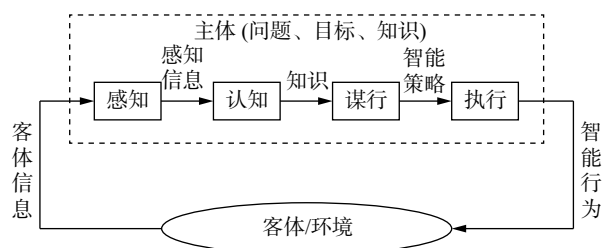


图3 智能生成机制“信息转换与智能创生”的实现

Fig. 3 Implementation of the mechanism for intelligence growth: information conversion and intelligence creation

普适性智能生成机制是人工智能研究的根本途径,以“普适性智能生成机制”为标志的研究途径称为“机制主义”研究途径。

与现有人工智能的结构主义、功能主义、行为主义分道扬镳不同,我们找到了统一的研究途径。显然,没有新范式,就没有统一的研究途径。

2.6 重申人工智能的学术结构(学科规格 A)

信息学科范式要求保持学科的学术结构整体性(完整性),恢复人工智能学科的本来面目。遵循完整性的要求,就应把人工智能学科的学术结构理解为以下各个学科群的交叉与综合:

原型学科群:人类学、神经科学、认知科学、人文科学、社会科学、哲学等。

本体学科群:信息科学、系统科学等。

基础学科群:生物物理学、逻辑学、数学等。

技术学科群:微电子、微机械、新材料、新能源等。

由于传统物质学科范式强调对复杂对象施行“分而治之”,结果就把人工智能学科分解出一些互不相容的分支学科,从而产生对人工智能学科片面的认识和误解。最典型的一种误解就是,仅仅根据专家系统的一家之情,就把整个人工智能学科看作计算机学科的一个分支。这显然是以偏概全的认识。

2.7 重塑人工智能的学术基础(学科规格 B)

遵循信息学科范式的“统一性和整体性要求”,需要改造和重塑人工智能的学术基础,特别是它的逻辑基础和数学基础。

为此,本团队一方面创建了具有可调参数的“柔性逻辑理论”^[36],从而把原来的标准数理逻辑和各种非标准逻辑纳入统一的逻辑连续谱系;同时本团队创建了以因素为基元的“因素空间数学理论”^[37],从而把原来互相独立发展的普通集合论、概率论、模糊集合论、粗糙集合论等相关数学分支和谐地纳入统一完整的人工智能数学理论。

2.8 重构人工智能的基础概念(学科理论 A)

在传统物质学科范式指导下,人们建立了一批人工智能的基础概念。但是,由于接受了“单纯

形式化”方法的影响,这些概念只有形式因素而没有内容因素和价值因素,因此基本都是“空心化”的基础概念,比如形式化的“数据”,形式化的“知识”,形式化的“智能”等。事实上,正是这些空心化的概念,使现行的人工智能系统的智能水平(理解能力)非常低下。

符合信息学科范式理念的基础概念包括:全信息、全知识、全智能等。这里的前置词“全”并非要求“胡子眉毛一把抓”,而是强调“形式、内容、价值”三位一体的整体化。换言之,信息学科范式要求它的基础概念必须符合“整体化”的要求,不允许把它们的形式、内容和价值分隔开。事实上,人类主体(或者作为人类主体的人工智能系统)只有全面了解事物的形式、内容和价值,才能理解事物,并在理解的基础上做出有智能水平的决策。

全智能来源于全知识,全知识来源于全信息。因此,智能理论最基础的概念是“全信息”。它的“形式、内容、价值”三位一体整体化体现为“语法信息(形式信息)、语义信息(内容信息)、语用信息(价值信息)”的三位一体。

“全信息”的概念具有严格定义,生成机制和符号表示方法,如图4所示(详细的解释见文献[38-39]):

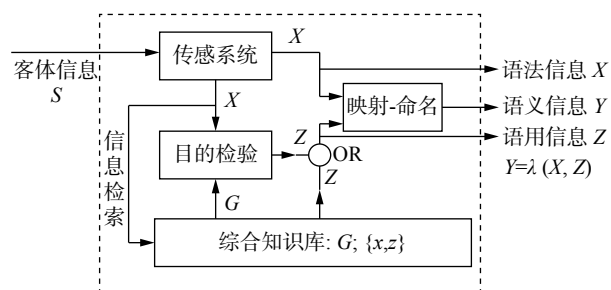


图4 全信息/语义信息的生成机制

Fig. 4 Mechanism for the growth of comprehensive information and semantic information

图4的模型不仅阐明了全信息的生成机制,而且给出了语义信息的科学定义: $Y = \lambda(X, Z)$, 其中 X 代表语法信息, Z 代表语用信息, Y 代表语义信息, 算子“ λ ”代表“映射与命名”的逻辑操作。可见,人们掌握了语义信息,就同时掌握了语法信息和语用信息,就掌握了全信息。所以,语义信息是用来“理解”事物的,只与事物的形态(语法信息)和效用(语用信息)有关,与事物的统计特性无关。

有了全信息的概念与智能生成机制,全知识与全智能的概念与生成便水到渠成。由此就可以建立“全知识”的知识库(标准的名称是“机制主义的记忆库”),它与传统知识库的根本区别就在于它的知识包含了“形式性知识、内容性知识、价值性知识”,因此可以支持理解。值得指出,这样的

“机制主义记忆库”比目前流行的“知识图谱”更为深刻,因而更为优越。

总之,只有在“全信息”和“全知识”的基础上,才能具有真正的“理解能力”,才能支持真正的“全智能”。

可见,只有遵循信息学科的范式,才能建立真正合理的人工智能基础概念。

2.9 深挖人工智能的基本原理(学科理论 B)

信息学科范式强调“信息生态方法论”。因此,最为深刻和最为全面的人工智能原理就是体现信息生态演化的“信息转换与智能创生定律”。这是一切人工智能和人类智能系统的本质和灵魂。

正如图3所表明的那样,“信息转换与智能创生定律”具体包含:

- 1)“客体信息→感知信息”的转换原理(感知);
- 2)“感知信息→知识”的转换原理(认知);
- 3)“感知信息、知识与目标→智能策略”的转换原理(谋行);
- 4)“智能策略→智能行为”的转换原理(执行);
- 5)“误差信息→优化智能行为”的转换原理(优化)。

细心的读者可能已经发现,“信息转换与智能创生定律”的前4项转换原理恰好体现了中华文明的“知行学说”——知(感知、认知)行(谋行、执行)。最后这项“优化原理”,其实是在“利用知行学说来纠正误差”。所以,“信息转换与智能创生定律”完全与中华文明的知行学说交相辉映。

不难证明,“信息转换与智能创生定律/知行学说”既是普适性的人工智能生成机理,同时也是人类智能的生成机理。当然,只有应用信息学科的范式才有可能发现这一极其重要的结论。相

反,如果恪守传统物质学科的范式,那就只能看到人工智能系统的结构与人类智能系统的结构之间的巨大差别。

值得指出,“信息转换与智能创生定律”的深远意义更在于,它是与物质科学领域的“质量转换与物质不灭定律”和能量科学领域的“能量转换与能量守恒定律”等量齐观的科学定律,它们三者一起就完善了物质、能量、信息三大资源领域的三大科学定律。

进一步的分析可以看到,“质量转换与物质不灭定律”和“能量转换与能量守恒定律”阐明了这两个领域所存在的界限,告诫人们“不能逾越这些界限”。而信息转换与智能创生定律则告诉人们“可以通过信息转换来创生人工智能系统为人类提供智能服务,把人类从体力劳动和有规可循的智力劳动中解放出来,以便更好地发挥人类的创造性能力,实现人类社会的可持续发展”。或者,更简要地说,物质不灭定律和能量守恒定律告诫人们“不能逾越界限”,而智能创生定律则告诉人们“可以创造未来”。

从这个层面上是否也可以说,“信息转换与智能创生定律”对于人类的进步与发展具有更加重大的意义?

2.10 创建通用智能理论(学科理论体系)

综合集成第2.1~2.9节的各项成果,特别是其中以“信息转换与智能创生定律”为表征的机制主义研究途径,可以构建既适用于人工智能也适用于人类智能的“通用智能理论”。表3列出了通用智能理论的总体特征与现有人工智能理论总体特征的对照^[25-26, 30-40],从中可以看出通用智能理论的实质性突破与划时代创新。

表3 通用智能理论的总体特征及其与现有人工智能理论的对比

Table 3 Outline for general theory of intelligence and its comparison with the current AI theory

比较事项	现有人工智能理论	通用智能理论
科学观	对象是物质,关注物质的结构,确定性变化	对象是主客互动,关注主客的双赢,不确定性变化
方法论	机械还原方法论(单纯形式化;分而治之)	信息生态方法论(形式内容价值三位一体化;整体性演化)
全局模型	孤立的脑模型	主体驾驭与环境约束下的主体与客体相互作用信息过程模型
研究途径	分道扬镳的研究途径:结构模拟、功能模拟、行为模拟	统一的研究途径:机制模拟(普适性的智能生成机制)
学术结构	计算机学科的一个分支	神经科学、认知科学、信息科学、人文科学和数理科学等学科的交叉综合
数理基础	概率论、数理形式逻辑	柔性逻辑理论、因素空间理论
基础概念	形式化数据、形式化知识、形式化智能	形式内容价值三位一体的信息、形式内容价值三位一体的知识和智能

续表 3

比较事项	现有人工智能理论	通用智能理论
基本原理	未有总结	信息转换与智能创生定律
最终结果	三个局部理论	通用智能理论

由此可以看出信息学科(含人工智能)范式革命对于(人工)智能理论研究的巨大作用和深刻意义。通用智能理论的功能模型如图5所示。

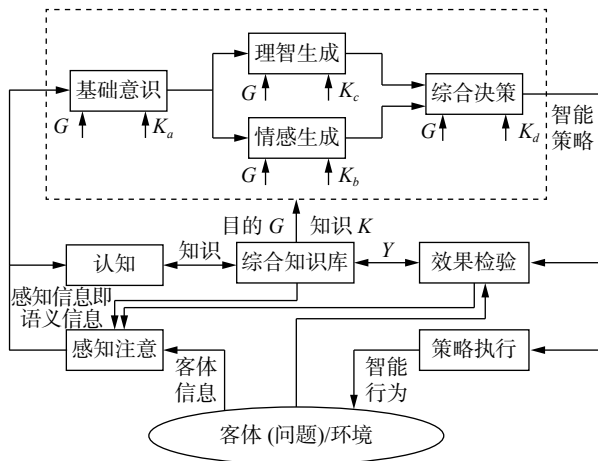


图5 通用智能理论模型

Fig. 5 Model for general theory of intelligence

不难看出,图5的通用智能理论模型不但全面体现了信息学科范式(科学观和方法论)的理念,体现了人类学、神经科学、认知科学、信息科学(含智能科学)、系统科学、柔性逻辑理论、因素空间数学理论等科学精神,而且,也展现了人类智能的精髓。特别体现了“物质变精神和精神变物质”的辩证法,以及“人类不断地认识世界和改造世界,并在改造客观世界的过程中改造自己”的人与环境相互作用的理论。

限于篇幅,关于通用智能理论模型工作过程的解释请参考文献[25-26]。关于模型的实现技术,则将在另文讨论。

3 结束语

本文在深入分析人工智能现状的基础上,提出并阐明了“人工智能面临的最大挑战是它的范式张冠李戴”的论断,说明人工智能最为迫切的任务就是实施范式革命。文中详细叙述了人工智能范式革命的整体思想和范式革命引领学科发展的具体步骤以及人工智能范式革命的产物——通用智能理论及其总体特征和模型。与现有人工智能理论比较表明,通用智能理论取得了实质性的突破和划时代的创新;人工智能范式革命则是“物质学科主导的科学时代”转变为“信息学科主导的科学时代”的桥梁,是划分这两个科学时代的水分岭。

致谢: 本文工作得益于国家自然科学基金和社会科学基金资助,期间得到陆汝钤院士、李衍达院士、陆建华院士、何华灿教授、汪培庄教授、韩力群教授、周延泉副教授和陈志成博士等的指导与帮助,在此谨表衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 钟义信. 人工智能: 概念·方法·机遇 [J]. 科学通报, 2017, 62(22): 2473-2479.
ZHONG Yixin. Artificial intelligence: concept, approach and opportunity [J]. Chinese science bulletin, 2017, 62(22): 2473-2479.
- [2] 钟义信. 科学拟人律 [M]//钟义信. 信息的科学. 北京: 光明日报出版社, 1988: 302-311.
- [3] 钟义信. 信息化理论基础: 科学-技术-经济-社会互动说 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2014.
- [4] MCCARTHY J, MINSKY M L, ROCHESTER N, et al. Proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence[R]. Dartmouth College, 1955.
- [5] NEWELL A. Physical symbol systems[J]. Cognitive science, 1980, 4(2): 135-183.
- [6] TURING A M. Can machine think?[M]//FEIGENBAUM E A, FELDMAN J. Computers and Thought. New York: McGraw-Hill, 1963.
- [7] NEWELL A, SIMON H A. GPS, a program that simulates human thought[M]//FEIGENBAUM E, FELDMAN F. Computers and Thought. New York: McGraw-Hill, 1963: 279-293.
- [8] FELGENBAUM E A. The art of artificial intelligence: themes and case studies of knowledge engineering[C]//Proceedings of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence. Cambridge, MA, USA, 1977: 1014-1029.
- [9] NILSSON N J. Principles of artificial intelligence[M]. Berlin: Springer, 1982.
- [10] MINSKY M. The society of mind[M]. New York: Simon and Schuster, 1986.
- [11] MCCULLOCH W C, PITTS W H. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity[J]. Bulletin of mathematical biophysics, 1943, 5: 115-133.
- [12] ROSENBLATT F. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the Brain[J]. Psychological review, 1958, 65(6): 386-408.
- [13] HOPFIELD J J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities[J]. Proceedings of the national academy of sciences of the

- United States of America, 1982, 79(8): 2554–2558.
- [14] KOHONEN T. The self-organizing map[J]. *Proceedings of the IEEE*, 1990, 78(9): 1464–1480.
- [15] RUMELHART D E, MCCLELLAND J L. Parallel distributed processing[M]. Cambridge: MIT Press, 1986.
- [16] ZURADA J M. Introduction to artificial neural systems[M]. New York: West Publishing Company, 1992.
- [17] BROOKS R A. Intelligence without representation[J]. *Artificial intelligence*, 1991, 47(1/3): 139–159.
- [18] BROOKS R A. Elephant cannot play chess[J]. *Autonomous Robot*, 1990, 6: 3015.
- [19] BROOKS R A. Engineering approach to building complete, intelligent beings[C]//*Proceedings of SPIE 1002, Intelligent Robots and Computer Vision VII*. Boston, MA, USA, 1989: 618–625.
- [20] MINSKY M L, PAPER S. Perceptron[M]. Cambridge: MIT Press, 1969.
- [21] PAPER S. One AI or many?[J]. *Daedalus*, 1988, 117(1): 1–14.
- [22] RUSSELL S J, NORVIG P. Artificial intelligence: a modern approach[M]. Pearson, 1995.
- [23] NILSSON N J. Artificial intelligence: a new synthesis[M]. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1998.
- [24] 钟义信. 机器知行学原理: 信息、知识、智能的转换与统一理论 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [25] 钟义信. “范式变革”引领与“信息转换”担纲: 机制主义通用人工智能的理论精髓 [J]. *智能系统学报*, 2020, 15(3): 615–622.
- ZHONG Yixin. Leading of paradigm shift and undertaking of information conversion: theoretical essence of mechanism-based general AI[J]. *CAAI transactions on intelligent systems*, 2020, 15(3): 615–622.
- [26] 钟义信. 机制主义人工智能理论 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2021.
- [27] 钟义信. 机制主义人工智能理论——一种通用的人工智能理论 [J]. *智能系统学报*, 2018, 13(1): 2–18.
- ZHONG Yixin. Mechanism-based artificial intelligence theory: a universal theory of artificial intelligence[J]. *CAAI transactions on intelligent systems*, 2018, 13(1): 2–18.
- [28] 钟义信. 信息的综合测度 [M]//钟义信. 信息的科学. 北京: 光明日报出版社, 1988: 191–203.
- [29] 钟义信. 信息科学原理 [M]. 北京: 福建人民出版社, 1988.
- [30] 钟义信. 高等人工智能原理: 观念·方法·模型·理论 [M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [31] 钟义信. 从“机械还原方法论”到“信息生态方法论”——人工智能理论源头创新的成功路 [J]. *哲学分析*, 2017, 8(5): 133–144.
- ZHONG Yixin. From mechanical reductionism to methodology of information ecology: successful approach to innovation for AI theory[J]. *Philosophical analysis*, 2017, 8(5): 133–144.
- [32] 钟义信. 高等智能·机制主义·信息转换 [J]. *北京邮电大学学报*, 2010, 33(1): 1–6.
- ZHONG Yixin. Advanced intelligence-mechanism approach-information conversion[J]. *Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications*, 2010, 33(1): 1–6.
- [33] ZHONG Yixin. Structuralism? Functionalism? Behaviorism? or mechanism? Looking for a better approach to AI[J]. *International journal of intelligent computing and cybernetics*, 2008, 1(3): 325–336.
- [34] 钟义信. 信息转换原理: 信息、知识、智能的一体化理论 [J]. *科学通报*, 2013, 58(14): 1300–1306.
- ZHONG Yixin. Information conversion: a theory for information-knowledge-intelligence conversion[J]. *Chinese science bulletin*, 2013, 58(14): 1300–1306.
- [35] ZHONG Yixin. The law of information conversion and intelligence creation[C]//*Proceedings of the 2015 IEEE 14th International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing*. Beijing, China, 2015: 25–41.
- [36] 何华灿. 泛逻辑与柔性神经元 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2021.
- [37] 汪培庄. 因素空间理论 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2021.
- [38] ZHONG Yixin. A theory of semantic information[J]. *China communications*, 2017, 14(1): 1–17.
- [39] 钟义信. “理解”论: 信息内容认知机理的假说 [J]. *北京邮电大学学报*, 2008, 31(3): 1–8.
- ZHONG Yixin. A hypothetic theory of information content understanding[J]. *Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications*, 2008, 31(3): 1–8.
- [40] 钟义信. 智能是怎样生成的 [J]. *中兴通讯技术*, 2019, 25(2): 47–51.
- ZHONG Yixin. How is intelligence created[J]. *ZTE technology journal*, 2019, 25(2): 47–51.

作者简介:



钟义信, 北京邮电大学教授, 博士生导师, 发展中世界工程技术科学院院士, 中国人工智能学会原理事长, 现任国际信息研究学会中国分会主席, 北京邮电大学-格分维人工智能联合实验室学术委员会主任, 主要研究方向为信息论、信息科学、人工智能。主持国家级和省部级项目数十项。先后提出和建立“全信息理论”“全信息自然语言理解理论”“机制主义人工智能统一理论”以及“机器知行学”理论, 发现和总结了“信息转换与智能创生定律”, 先后获得“有突出贡献的归国留学人员”“全国优秀教师”等称号; 获得首届吴文俊人工智能科学技术成就奖和首届中国电子学会信息理论杰出贡献奖。出版学术专著 18 部, 发表学术论文 500 余篇。