

文章编号:1671-5497(2006)Suppl.2-0130-04

基于逻辑推理和表象推理的类人 机器智能——思维计算

赵宏伟,刘萍萍,臧雪柏,张仁俊,李军令,王莉丽

(吉林大学 计算机科学与技术学院,长春 130022)

摘要:在深入分析思维和智能研究理论的基础上,首次提出了思维计算的概念,并给出了定义。进而给出了其主要研究内容、研究途径以及应用范围。思维计算是以认知科学、脑科学、神经科学的研究理论为基础,结合人工智能学的研究方法和手段,以思维的形象性、创造性、不确定性的研究为突破口,采用逻辑思维和形象思维双线并行模型,研究逻辑推理和表象推理的综合机制,实现较高层次的类人机器智能。

关键词:人工智能;逻辑推理;机器智能;思维计算;认知科学;表象推理

中图分类号:TP391 **文献标识码:**A

Thinking computation:hominine machine intelligence based on logic inference and image inference

Zhao Hong-wei,Liu Ping-ping,Zang Xue-bai,Zhang Ren-jun,Li Jun-ling,Wang Li-li
(College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract:Based on the deep analysis of the theory of the thinking and intelligence studies, the concept of the thinking computation was presented for the first time, and its definition, main research contents, research approaches, and application areas were given. On the basis of the multi-discipline intercross integration of the cognition science, the encephalic science, and the neuroscience, and etc., in combination with the methodology and the approach of the artificial intelligence study, putting the emphases on the studies of the imagery, the creativity, and the indefiniteness of the thinking, using the parallel model involving the logic thinking and the image thinking, the thinking computation studies the complex mechanism of the logic inference and the image inference to realize the high level hominine machine intelligence.

Key words:artificial intelligence; logic inference; machine intelligence; thinking computation; cognition science;image inference

人工智能研究与认知科学的研究紧密联系,相互交叠。人工智能的研究者从认知科学的基本假设——功能主义、物理符号系统假设、连接主义

假设、行为主义以及动力系统理论假设中发展了如下理论^[1]:认知和智能活动是信息处理过程;通过研究虚拟世界各类人工智能的详情可以把握

收稿日期:2006-05-12.

基金项目:高等学校博士学科点专项基金资助项目(20050183032);吉林省教育厅科学基金资助项目(2005180).

作者简介:赵宏伟(1962-),男,教授,博士生导师.研究方向:智能信息系统. E-mail:zhaohw@jlu.edu.cn

通讯联系人:刘萍萍(1979-),女,博士研究生.研究方向:人工智能,思维计算. E-mail:liupp@jlu.edu.cn

真实世界人类认知和智能的基本性质。

20世纪70年代以前人工智能和认知科学主要研究的是基于逻辑的符号运算系统。70年代以后,对于自然的认知研究占据了认知科学的主要研究方向^[2]。近十年来,大脑造影技术与信息技术的发展以及心理学的成熟,使我们得以直接观察心智的内在世界。利用功能性磁共振成像,正子断层扫描,脑电波,脑磁波以及眼球追踪仪等新技术手段对大脑功能的研究使得人类对于智能的物质载体有了许多新的认识。

模拟人类思维是人工智能的研究核心,人工智能50年的发展取得了巨大的成就。从最初的实现问题求解,代替人类完成部分逻辑推理到与环境交互的智能机器人的出现;继而开展的具有类人思维和认知能力的智能系统的研制,几次技术飞跃使得当今对于思维和智能的研究呈现出利用哲学、数学、物理学、认知科学、生命科学、语言学、量子计算和生物计算的多学科交叉优势,从研究包括知觉、注意、记忆、语言、推理、思考、意识、情感在内的各个层面的认知活动入手;把握人类认知和智能的本质,着重研究思维的创造性、形象性;并最终在人工脑上得以模拟,这也正是思维计算提出的理论基础和研究的目的。

1 思维计算的定义

以认知科学、脑科学和神经科学的研究理论为基础,结合人工智能学的研究方法和手段,以思维的形象性、创造性、不确定性研究为突破口,采用逻辑思维与形象思维双线并行模型,研究逻辑推理和表象推理的综合机制,实现较高层次的类人机器智能。

2 思维计算的研究内容

2.1 思维的认知框架

对脑与计算机的交互(Brain-Computer Interface, BCI)的研究表明人工脑在信息处理的基础上和机理上与人脑都是一致的。所以生物脑的解读对电脑的发展将会有重大影响。目前,人脑与人工脑最大的差别仍表现在创造性、概念的抽象和形象思维等方面。

认知过程是思维的基础。认知科学界目前利用信息加工的观点解释认知行为^[2]。即从刺激呈现开始,经过基本知觉加工,传输到短时记忆,受注意过程的组织,利用复述承担信息保持的作用,

最后将部分信息传输至长时记忆。从行为结构上看,人类的智能行为往往是一些认知过程的综合。例如,利用教材学习的过程包含了知觉、注意、语言、知识表征、问题解决、情绪状态、记忆系统、知识提取等多个认知过程。

从思维方式上看,人类的思维按照某种逻辑和表象进行推理^[3],其过程是某种模式和关联的综合作用。

思维的认知框架从基本的知觉过程入手,以信息加工的观点审视人类思维和智能行为的本质,在知识表示上,侧重概念与表象的组织形式,从而在理论层次上为思维计算提供基本的研究框架。

2.2 大脑思维的神经学基础

人类不可能在不了解大脑本质的情况下了解各种认知过程。在缺乏神经生物学证据的情况下架构认知理论是不切合实际的。主要原因在于信息处理空间极为广阔,神经学证据为各种信息处理理论规范了关键条件,从而缩小了理论求证的范围。神经科学家关注的是人脑和神经系统分子发育和工作的机制。当前的研究前沿和主要趋势是在分子、细胞和整体水平上对脑功能和疾病进行综合研究,并从脑的发育过程了解脑的构造原理。神经学的研究将解释人脑中知觉信息的处理过程。现代神经生理学的研究成果表明,人脑的智能主要由大脑皮层来实施,而大脑皮层是一个大规模互连的生物神经网络^[4]。生物个体对客观事物的认知可以解释为信息在神经元网络上的刺激-传递-激活-反馈活动^[5]。对大脑思维的神经学研究相当于对思维计算的物质载体进行结构和机理的学习,是其功能机器实现的必然阶段。

2.3 记忆理论

心理学界对记忆系统有较一致的认定:“把人的记忆称为信息加工系统,认为记忆包括对接受到的环境信息进行编码、存储和提取这三种不同的过程”^[6]。人们普遍认为智能水平很大程度上取决于知识储备的完备程度。而对于人脑记忆系统中有意义的信息的研究则相当于人工脑中的知识系统。在知识存储结构——记忆结构方面,R. C. 阿特金森和 R. M. 希夫林 1968 年提出的两种存储理论,以及后来的三级加工模型得到心理学界对于记忆系统结构研究的一致认可^[7]。而 Baddeley 等人对于工作记忆的研究则将认知活动的空间进一步细化,工作记忆位于外界刺激与长

时记忆中间,其中的中央执行部分起着注意的作用更是对智能行为研究的另一切入点。在知识的表征形式方面,Tulving 将长时记忆中的信息分为情景记忆和语义记忆。Paivio 又从信息编码方面提出了心象系统和言语系统。思维计算综合了抽象的概念表示法与形象的表象表示法,研究信息在知识存储系统中的合成表达方式。此外知识的组织形式也是记忆理论中另一研究方向。迄今为止,S. M. 科林斯和 M. R. 奎连的层次网络模型和激活扩散模型、Meyer 提出的集理论模型^[8]、Anderson 和 Bower 提出的 HAM 模型以及 Lindersay 和 Norman 提出的 ELINER 模型都是值得学习和借鉴的信息组织形式。

2.4 基于表象的形象认知体系

对于形象思维的研究,人工智能学者们很早就提出了连接主义的方法,通过构造人工神经网络来模拟生物神经网络,以期在功能上模拟形象思维以至于整个智能行为。心理学认为形象思维依赖于直接的知觉经验。认知科学将形象思维解释成表象的变换过程^[2],而表象的基础是视知觉^[9]。从视觉刺激到表象构建再到表象与概念的对应,建立基于视知觉处理流程的认知体系是揭示形象思维本质的有效途径^[10]。思维计算在研究形象思维方面,综合连接主义的人工神经网络方法和认知主义的表象理论,在已有逻辑推理方法的基础上,对视知觉到表象的映射^[11]、表象的构建、表象的表示与存储、表象子网模式的变换与匹配、逻辑与表象的综合推理、感知的注意、经验的学习、自组织产生式系统的机制与实验进行深入地研究。从表象的模糊推理入手结合联想机制、注意的中枢能量理论、粗糙集理论、突变理论等进一步探讨思维推理的实质与特征。在这里,表象式的知识表示是实现的重点。以往,人工智能领域所发展出来的知识表达方式以 first order logic 应用最为频繁,因为这类系统比较容易在计算机上实现。然而,逻辑表示法的复杂度以及其所要求的严谨度与人类认知的差距太大,很难确切地表达人的心理意象。表象研究的目标在于将抽象概念之间的关系以对象所构成的图表^[12]的方式表达出来。

2.5 表象推理与概念推理的融合

对于单一思维模拟方法而言,其模拟实质是概念或表象的连续性、顺序性关联与推理,而综合的双线并行模型不但要考虑二者的关联,还要考

虑人类“认”、“知”的方法和信息的重组过程。思维计算系统建立了表象网络、概念网络和感知层网络三层网络结构。表象网络在感知层与概念网络之间,着重表象子元素的组织,与感知层网络的关联,表象的建立与检索过程,基于表象网络的刺激传播算法,以及工作记忆的更新机制。而对于较为抽象的概念层网络,可将其与长时记忆的研究结合起来,关注的是概念元素的表示形式^[10],概念元素的语义关联机制,建立长时记忆中知识网络的刺激传播、刺激衰减、概念外化机制以及长时记忆的更新算法。

2.6 不确定性认知

认知过程包括认知主体对客观世界的感知、记忆、思维等过程,受主体的自我意识、思维方式、经验知识、认知结构,甚至个人的爱好、兴趣、性格、价值观念等影响,相同的客观环境可能产生不同的认知结果^[13]。例如,认知主体的注意窗口在认知活动中体现的是对认知对象或认知行为本身的能动作用,潜在的注意作用可能与主体的知识经验密切相关,而显式的注意则对于意识、情感的研究具有重要的意义^[14]。所以,在思维计算的研究中应引入思维的随机性、混沌性、不稳定性等不确定性,并展开对不确定性信息的表示形式、处理方式的研究。

3 思维计算的研究途径

3.1 认知科学途径

认知科学是心理学、人工智能、语言学、哲学、神经科学和人类学等学科的跨学科组合,目的是研究人类的心理。目前,认知科学的研究方法主要有 4 种^[15]:不涉及计算建模的实验法;可计算模型法;利用脑损伤患者认知损害的神经心理学方法以及运用技术手段研究大脑功能的认知神经学方法。

认知科学途径对于思维计算的研究提供两种形式:一种是利用公认的认知学理论,另一种是采用认知科学本身的研究形式。认知科学的研究到目前为止已经出现了许多理论性成果。认知心理学的研究主要采用有人参与的实验性方法^[15]。为了弥补实验性方法的不足,认知科学家还可利用演绎推理、概念构成、问题解决、心理意向的方法,也可利用人工智能的方法构建可计算模型模拟人类行为表现的各个方面。

3.2 信息科学途径

信息科学途径是指利用计算机科学、自动化科学、人工智能、人工神经网络等方法手段将认知学途径获取的基本理论以及各类模型在人工机器上得以功能呈现。以人脑信息处理的流程为目标,从类大脑皮质的感知层开始,建立表象网络、概念网络、多层网络的融通推理策略并最终在机器人平台上实现感知层自学习递增式类人思维。

4 思维计算的应用领域

4.1 促进对思维和智能本质的研究

21世纪是生物科技的世纪,而脑与心智的关系也将是21世纪的研究主流。我们要以计算机去解开人脑之谜,去对所谓的“智能”重新下定义,这也符合了人工智能自始至终的研究目标。

4.2 对创新性思维和设计性思维的研究

思维计算以研究思维的形象性、创造性、不确定性为先,对广告创意等抽象思维和形象思维结合的设计性思维模式以及类比推理、分解综合推理等创造性思维模式的研究具有重要意义。

4.3 对智能系统和机器人技术的研究

智能机器人是具有感知、思维和行动功能的机器,是机构学、自动控制、计算机、人工智能、光电技术、传感技术、通讯技术、仿真技术等多种学科和技术的综合成果。智能机器人作为新一代生产和服务工具,在制造领域和非制造领域占有更广泛、更重要的位置,这对人类开辟新的产业,提高生产与生活水平具有十分现实的意义。思维计算的研究也将大大推动机器人的形象思维以及综合推理能力研究。

5 结束语

与其他思维研究理论不同,思维计算的提出以人类基本认知过程的发生机理为基础,在推理层次上,将概念化的逻辑推理与表象化的形象推理结合,着重研究人类思维的形象性、创造性和不确定性,并最终提供一种在机器人平台上得以实现的类人机器智能的解决方案。

参考文献:

[1] Simon H A. The sciences of the artificial (3rd ed)

- [M]. Cambridge, MA: MIT Press, 1996;20-29.
- [2] 艾森客 M W, 基恩 M T. 认知心理学[M]. 上海:华东师范大学出版社, 2006; 20-36.
- [3] 钱学森. 关于思维科学[M]. 上海: 上海人民出版社, 1986; 103-122.
- [4] Reed Hunt R, Henry C Ellis. Fundamentals of Cognitive Psychology[M]. McGraw-Hill Publications, 2004; 180-202.
- [5] 韩济生. 神经科学纲要[M]. 北京: 北京医科大学协和医科大学联合出版社, 1994;58-62.
- [6] Farah M. Is visual imagery really visual? Overlooked evidence from neuropsychology [J]. Psychological Review, 1980, 95(3) : 307-317.
- [7] Raaijmakers J G W, Shiffrin R M. Models of Memory [J]. Memory and Cognitive Processes, 2002; 43-76.
- [8] Meyer D E, Kieras D E. A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance I: Basic mechanisms [J]. Psychological Review, 1997, 104(1):63-65.
- [9] 潘云鹤. 形象思维中的形象信息模型的研究[J] 模式识别与人工智能, 1991, 4(4) :7-13.
Pan Yun-he. Research on imaging information in image thinking[J]. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 1991, 4(4) : 7-13.
- [10] 危辉, 何新贵. 表象式直接知识表示[J]. 计算机学报, 2001, 24(8) : 891-896.
Wei Hui, He Xin-gui. Knowledge representation by visual and spatial mental image [J]. Chinese Journal Computers, 2001, 24(8) : 891-896.
- [11] Farah M J, Hammond K M, Levine D N, et al. Visual and spatial mental imagery: dissociable systems of representation [J]. Cognitive Psychology, 1998 (20) : 439-462.
- [12] Denis M, Mellet E, Kosslyn S M. Neuroimaging of mental imagery: an introduction [J]. European Journal of Cognitive Psychology, 2004, 16(5) ;625-630.
- [13] Davis R, Shrobe H, Szolovits P. What is a knowledge representation [J]. AI Magazine, 1993, 14(1) :17-33.
- [14] 李德毅, 刘常昱, 杜鹃, 等. 不确定性人工智能[J]. 软件学报, 2004, 15(11) :1583-1594.
Li De-yi, Liu Chang-yu, Du Yi, et al. Artificial intelligence with uncertainty[J]. Journal of Software, 2004, 15(11) :1583-1594.
- [15] Anderson J R. Cognitive Psychology and its implications (5th ed)[M], 2002; 202-230.