

概念获取的框架表征重述方法*

施芸虹^{1,2}, 危 辉¹, 陈 燕¹

(1. 复旦大学 计算机科学系 认知算法模型实验室, 上海 200433; 2. 中国建设银行 信息技术部 上海开发中心, 上海 201204)

摘 要: 基于知识的问题求解需要一个丰富而相对完备的信念系统, 尤其是当任务具有领域非限定特征时。经典知识工程关于知识获取、表示与使用的方法只能适应领域受限问题, 因为它不是从概念发展的角度来建构概念系统的, 面临着 Framework Problem。针对认知心理学对概念系统发展与表征问题研究有一定的认知深度同时又缺乏系统构造与实现机制研究的情况, 提出了一种基于框架表征的概念系统表征与发展方法, 详细研究了概念在内的隐水平 I、外显水平 E1、外显水平 E2 和外显水平 E3 上的表征和发展过程。这一研究对于提高基于知识的系统推理能力和问题求解能力具有显著意义。

关键词: 概念化; 知识表示; 学习; 语义系统

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1001-3695(2007)01-0018-02

Concept-acquisition by Representation Redescription of Frame

SHI Yun-hong^{1,2}, WEI Hui¹, CHEN Yan¹

(1. Laboratory of Cognitive Model Algorithm, Dept. of Computer Science, Fudan University, Shanghai 200433, China; 2. Shanghai Development Center, Information Technology Management Department, China Construction Bank, Shanghai 201204, China)

Abstract: Knowledge-based problem solving requires a concept system that is comparatively rich and complete, especially when the problem is domain unrestrictive. The methods about knowledge acquisition, representation and usage in classical knowledge engineering can adapt themselves merely to domain restricted problems, because it doesn't take a developmental view to construct concept system and consequently it is confronted with Framework Problem. In cognitive psychology, the study of concept system has a fairish cognitive depth on issues of development and representation, but lacks investigations on all details of system construction and realization. Stemmed from the theory of developmental psychology, this paper proposes a frame-based representing method for concept system, focusing on the representation and development of concepts on four representing levels: Implicit (I), Explicit 1 (E1), Explicit 2 (E2) and Explicit 3 (E3) representations. It will contribute well to the adaptability and flexibility in reasoning and problem solving of knowledge-based systems.

Key words: Conceptual; Knowledge Representation; Learning; Semantic System

1 概念系统发展

人之所以能熟练地实施问题求解、推理、决策、规划、自然语言理解、情景理解等认知行为, 都是因为他有一个相对完备的概念系统。人的这些认知行为不同于以特定应用背景为目标的人工智能系统, 因为后者通常是一个在问题内容、呈现形式、应用背景、预设条件等方面都非常有限定性的系统, 而前者不是。也就是说为了应对如此广泛、不确定的需求, 人的知识系统必须是通用性的, 而不能是专用性的。最为神奇的是人们用一个知识系统就能够完成问题求解、推理、规划、决策、语言理解与情景理解等所有智能性操作, 这对知识系统所具有的知识量、表征与存储方式、使用方式提出了很高的要求。当前专家系统或基于知识的系统在知识表示方法的研究上还不能适应认知的要求。我们知道知识的核心是概念, 我们通常将概念

化后的知觉经验称为知识, 知识在可陈述性上更为突出, 但作为智能行为的内核来说, 知识系统与概念系统并无原则上的差异。在后文中我们更多使用的是概念系统。

非限定性的知识使用过程需要一个完备的概念系统^[1]。最明显的例子来自人们在自然语言理解、基于上下文的情景理解和涉及常识的问题求解时不拘一格地灵活运用知识。

人的概念系统的形成不是一蹴而就的, 有一个由少到多、从粗到精的发展过程, 正是从小到大地不断学习才能得到。因此对概念系统形成的过程在算法层次上的研究将非常有助于构造更为理想的知识结构, 这对人工智能而言是一个非常核心的问题^[2]。

知识表示虽然是人工智能的传统和经典研究领域, 但近年来在新知识表示方法以及针对知识表达充分性、知识结构、概念系统、概念化等专题的研究非常缺乏, 一个共同点是研究的出发点往往是知识工程的应用需求而不是解释认知的理论需求, 虽然可实现性很好, 但无法达到心理学的理论深度。发展心理学与认知心理学对此类问题有很多的研究^[3], 但这些领域对过程的研究多于对机制的研究, 基本上可以说是粗线条的, 均不在算法层次上。即使提出了一些对认知现象进行解释

收稿日期: 2005-10-17; 修返日期: 2005-12-04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60303007); 国家“973”计划资助项目(2001CCA03000); 中国科学院智能信息处理重点实验室开放基金项目(IIP2002-3)

的模型也因为缺乏对表征和加工过程衔接的细节研究,以及包含有太多尚未有定论的其他认知技能,从而使得这些模型很不精细,离可操作性有非常远的距离。本研究的目标是为概念发展的表征形式找到一个可实现的方法,为计算机系统执行基于知识的任务时提供丰富详实的语义支持。这一研究基于这样一个理论背景,即探索认知结构,这是一个若干领域共有的核心科学问题^[4,5]。

2 表征重述理论

发展心理学致力于研究人的认知发展过程,其中较具代表性的观点有 Piaget 的后成建构论以及 Fodor 的模块先天论。Karmiloff-Smith 调和先天论与建构论中的某些方面,提出了表征重述过程与 RR (Representation Redescription) 模型^[6]。她主张人类特有的获取知识的方式是通过表征重述过程,认为相同的知识可以有多种储存的形式和水平。RR 模型包括三个阶段以及维持这三个阶段的四种不同水平的表征。

(1)人们主要从外部环境中抽取信息形成表征附加物,这时的表征只是加在已有的材料之上,既不改变既存的稳定表征,也不与它们发生关系。在这一阶段的表征形式称为内隐(水平 I)表征。在这个水平上的表征以程序形式对外在环境中的刺激进行编码。水平 I 表征独立储存,可以产生成功的行为,但这种行为是相对不灵活的。

(2)一个内部驱动的阶段,内部表征成为变化的重点。维持这一阶段的表征是外显 1(E1)表征。E1 表征是水平 I 表征重新编码为一种新的压缩形式的结果。水平 E1 涉及外显的表征,这些表征能被操作并与其他重述过的表征发生联系。它们还没有通达到意识,也不能用言语报告,但显然超越了程序水平。

(3)外部材料和内部表征调和了,在内部控制和外部控制之间达到平衡。维持这个阶段的表征被称为外显 2/3(E2/3)水平表征。E2/3 表征超越了 E1 水平的表征,它们均涉及有意识的通达,区别是 E3 水平可言语报告而 E2 则不能。

在每一个阶段,最后结果都必须是在现有表征水平下达到行为的连贯成功,这被称为行为掌握。在相邻两个阶段之间发生表征重述,表征重述过程以行为掌握为基础。通过表征重述,独立储存的、程序化的内隐信息逐渐变为可以被认知系统其他部分利用且较灵活的外显知识。表征重述过程在人的认知发展过程中的各个领域、各个时刻不断重复发生,且受到已有表征内容和外显水平的制约。

RR 模型的提出为知识系统的建构提供了一种新的方法,即从表征的变化发展来研究认知发展。由于这个模型属于发展心理学领域,所以只是一个粗线条的假设,在计算角度上非常不精细。笔者虽然提出了几种不同水平的表征,但并没有详细描述其表征形式,也没有给出重述过程具体遵循哪些因素、如何发生等细节。因此,如果想要把 RR 模型应用到知识系统的建构中来,如何表示各种不同水平的知识、选取哪些特征、以何种形式进行重述等都是有待解决的问题。

3 表征的实现

RR 模型提出了四种不同水平的表征,但区别这四种水平表征的因素,如是否通达意识、能否用言语报告等无法简单

地对应到概念系统中来。因此,我们可以借鉴 RR 模型中表征发展的观点,而不必严格遵循模型中几种水平的划分。系统中的表征主要包括以下几种:

(1)外部知觉材料的表征。其表征元素包括从人的感觉通道采集到的物理信息,如颜色、重量、长度等;也包括一些简单的抽象关系,如包含关系和类属关系等;另外还包括一些带参数的形式化动作原语,它们表示一些语义极其简单的动作过程,如握、踢等。在表征形式上,用经典的框架方法来表示概念,框架中的槽表示概念的属性。事件用剧本来表示,它包括角色——事件的主角、开始状态和结果,以及按照时间顺序描述的事件过程。知觉经验的表征严格说来并不算一种心理表征,它只是尽可能如实地反应了外部材料。以后的所有表征水平都是在此基础上进行提取、抽象、归纳和分析的结果。表 1 描述了一个简单的计数事件,在事件过程中,从“Here”重复移动一个苹果到“Here”,并以“One, Two, Three,…”的顺序计数,最后重复计数过程的最后一个数字。

表 1 简单计数事件实例

Count Event	
Role	Here, There
Start	Here. Possession = { Apple1, Apple2, Apple3, Apple4, Apple5 } There. Possession = NULL
1	Choose(Here, Possession) → Apple1; Withdraw(Here, Apple1) → Here. Possession = { Apple2, Apple3, Apple4, Apple5 } Append(There, Apple1) → There. Possession = { Apple1 } Call(" One ")
2	Choose(Here, Apple2); Withdraw (Here, Apple2) → Here. Possession = { Apple3, Apple4, Apple5 } Append(There, Apple2) → There. Possession = { Apple1, Apple2 } Call(" Two ")
3	Choose(Here, Apple3) Withdraw (Apple3) → Here. Possession = { Apple4, Apple5 } Append(There, Apple3) → There. Possession = { Apple1, Apple2, Apple3 } Call(" Three ")
4	Choose(Here, Apple4) Withdraw (Here, Apple4) → Here. Possession = { Apple5 } Append(There, Apple4) → There. Possession = { Apple1, Apple2, Apple3, Apple4 } Call(" Four ")
5	Choose(Here, Apple5) Withdraw (Here, Apple5) → Here. Possession = ∅ Append(There, Apple5) → There. Possession = { Apple1, Apple2, Apple3, Apple4, Apple5 } Call(" Five ")
6	Call(" Five ")
Result	Here. Possession = NULL There. Possession = { Apple1, Apple2, Apple3, Apple4, Apple5 } Call(" Five ")

(2)内隐表征。它是通过底层次的归纳和加工,把知觉过程参数化后所得的表征。最初输入系统中的外部材料都是很具体的,对它可进行的处理很有限,除了基于物理信息相似性的归纳外,还有一些特征的提取。提取的依据参照认知心理学家提出的一些先天敏感性,如对循环周期的敏感性以及在几何形状中对对称的敏感性等。内隐表征的形式是参数化的程序表征,它用与程序很类似的语句描述了某类事件的一般性流程,与程序语句一样,其中可能包括一些循环分支和条件分支。正如 RR 模型中的内隐水平一样,它能引起正确的行为,但这种行为是不灵活的。表 2 描述了计数过程的内隐表征,它描述出了计数中的循环过程,即从待计数集合中重复选出物体进行计数直到不存在未被计数的物体为止。(下转第 30 页)

- 15(3):211-218.
- [12] A Krogh. An Introduction to Hidden Markov Models for Biological Sequences[A]. S L Salzberg, D B Searls, S Kasif. Computational Methods in Molecular Biology[M]. Elsevier, 1998. 45-63.
- [13] Christopher Lee, Catherine Grasso, Mark F Sharlow. Multiple Sequence Alignment Using Partial Order Graphs[J]. Bioinformatics, 2002, 18(3):452-464.
- [14] Kazutaka Katoh, Kazuharu Misawa, Kei-ichi Kuma, *et al.* MAFFT: A Novel Method for Rapid Multiple Sequence Alignment Based on Fast Fourier Transform[J]. Nucleic Acids Res., 2002, 30(14):3059-3066.
- [15] P Zhao, Tao Jiang J. A Heuristic Algorithm for Multiple Sequence Alignment Based on Blocks[J]. Combinatorial Optimization, 2001, 5(1):95-115.
- [16] Dorigo M, Maniezzo V, Colomni A. Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B, 1996, 26(1):29-41.
- [17] Notredame C, Higgins DG, Heringa J. T-Coffee: A Novel Method for Fast and Accurate Multiple Sequence Alignment[J]. J. Mol. Biol., 2000, 302(1):205-217.
- [18] Edgar RC. MUSCLE: A Multiple Sequence Alignment Method with Reduced Time and Space Complexity[J]. BMC Bioinformatics, 2004, 5(1):113.
- [19] Liang Dong, Huo Hong-wei. An Adaptive Ant Colony Optimization Algorithm and Its Application to Sequence Alignment[J]. Computer Simulation, 2005, 22(1):100-106.
- [20] Do CB, Brudno M, Batzoglou S. ProbCons: Probabilistic Consistency-based Multiple Alignment of Amino Acid Sequences[C]. Proceedings of the 13th National Conference on Artificial Intelligence, 2004. 703-708.

作者简介:

陈娟(1979-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为生物计算和并行算法设计; 陈峻(1951-), 男, 教授, 博导, 主要研究方向为算法设计和并行计算。

(上接第 19 页)

表 2 计数过程的内隐表征

Count Event	
Role	Role, CountQueue
For (CountItem i = "One"; Role. Possession! = NULL; i = CountQueue. Next(i))	
{	
Choose(Role. Possession) → X;	
Eliminate(Role, X);	
Call(i);	
}	
Result	i

(3) 外显表征 1。在此水平中, 程序中的内隐信息开始被逐步外显, 在这一水平首先被外显的是程序的结果部分。在外显过程中, 事件结果的语义被突出。一个事件的结果可以表示该事件的大部分语义, 经过结果的外显, 这个事件本身拥有了语义, 可以被系统其他部分所利用。表 3 是计数事件的外显 1 水平表征, 它与上一水平相比, 仅仅是结果上的外显。在上一水平一个毫无意义的计数结果, 在这一水平被外显成为了被计数集合的一个属性, 即集合的基数。

表 3 计数事件的外显 1 水平表征

Count Event	
Role	Role, CountQueue
For (CountItem i = "One"; Role. Possession! = NULL; i = CountQueue. Next(i))	
{	
Choose(Role. Possession) → X;	
Eliminate(Role, X);	
Call(i);	
}	
Result	Role. Amount = i

(4) 外显表征 2。在此水平中, 事件中的其余信息(如因果关系等)被外显。外显的结果使这些信息变得更通用、更一般化, 并且同样能为系统其他部分所利用。表 4 描述了计数事件的外显 2 水平表征。比较两个水平可以看出, 在外显 2 表征中, 事件里被计数集合内的元素与计数序列中的“One, Two, Three, ...”元素一一对应, 该信息被外显了。

表 4 计数事件的外显 2 水平表征

Count Event	
Role	Role, CountQueue
For (CountItem i = "One"; Role. Possession! = NULL; i = CountQueue. Next(i))	
One-to-One(Choose(Role. Possession), i);	
Result	Role. Amount = i

以上四种表征的变化发展过程也正是概念系统变化发展的过程。需要强调的一点是, 系统任何时刻的知识表征都不会是它最终的表征, 知识的发展变化是知识系统建构的一个重要特点。对同一知识的各种不同水平的表征同时存在于系统中, 对不同的任务可以采用不同的表征来完成。

4 讨论

上述研究的根本目标是在算法可实现的要求下建立一个使用参照和佐证符号语义系统。更复杂的、领域非限定的应用需要语义信息更完备的推理, 这无法在人工智能的传统假设, 即低阶结构不连续假设的基础上做到。本文所提出的与其说是知识获取模型, 不如说更是一个认知模型, 它有助于我们在非常细节的层次上认识概念系统的表征形式和使用原则。

参考文献:

- [1] 危辉. 认知相关性与智能模型构造的系统观点(博士后研究报告)[D]. 杭州: 浙江大学研究生院, 2000.
- [2] Mark H Bickhard, Loren Terveen. Foundational Issues in Artificial Intelligence and Cognitive Science[M]. Amsterdam: Elsevier, 1995. 11-18.
- [3] 刘爱伦, 水仁德. 思维心理学[M]. 上海: 上海教育出版社, 2002.
- [4] Kurt Vanlehn. Architectures for Intelligence[M]. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1991.
- [5] Robert L Solso. Mind and Brain Sciences in 21st Century[M]. Cambridge: The MIT Press, 1997.
- [6] Karmiloff-Smith A. Beyond Modularity: A Developmental Perspective on Cognitive Science[M]. Cambridge: The MIT Press, 1992.
- [7] Carassa A, Tirassa M. Representational Redescription and Cognitive Architectures[J]. Behavioral and Brain Sciences, 1994, 17(4):711-712.

作者简介:

施芸虹, 硕士, 主要研究方向为智能系统; 危辉, 教授, 主要研究方向为人工智能、认知科学; 陈燕, 硕士, 主要研究方向为人工智能。