

72-74

# 推理过程可视化研究

张自力

TP18

(西南师范大学计算机科学系 重庆 630715)

**A 摘要** 本文在简述可视化的研究现状及其特点的基础上,提出了知识库系统中推理过程可视化的问题,并给出了具有可视特性的知识库系统的一般模型。

**关键字** 可视化,推理,知识库系统, 专家系统

## 一、可视化研究现状及其特点

通常,可视化指的是利用计算机图形技术和方法,对大量的数据进行处理,并用图形、图象的形式形象而具体地显示出来。通过图形图象,人们更加容易观察和研究事物或现象的本质,发现以往所不易找到的规律。可视化技术作为科研工作的一种强有力的手段,大大提高了人类认识世界,研究世界的的能力。

可视化是一门多学科的综合技术,它需要数学的基础知识,图形学的理论和方法,计算机图形、图象技术,以及计算机人机界面的交互技术等等。

目前,国内外对可视化的研究主要集中在两个方面:一是科学可视化,二是各种各样的可视语言,科学可视化理论与方法方面的研究,目前主要集中在流可视化(Flow Visualization)和积可视化(Volume Visualization),分布与并行可视化以及可视化如何用于从各种各样的广泛应用中获取的数据中抽取知识等等<sup>[1]</sup>。科学可视化技术已经产生了令人鼓舞和激动人心的成果,并大大改变了科学家进行科学研究、工程师进行设计、医生进行医疗保健的方式。

可视语言通常可分为四类,支持可视交互的语言,可视程序设计语言,可视信息处理语言,ICON 可视信息处理语言。这四类可视语言差别很大。一个统一的概念是,这些可视语言均处理一般化 ICON (Generalized ICON)的不同方面。一般化 ICON 由对象 ICON 和过程 ICON 构成。一个对象 ICON 是一个对象的二元表示,记为 $(X_m, X_i)$ ,具有逻辑部分 $X_m$ (意义)及物理部分 $X_i$ (图象)。第一、二类可视语言完成 $(X_m, e)$ 到 $(X_m, X_i)$ 的变换( $e$ 代表空图象),第三、四类完成 $((), X_i)$ 到 $(X_m, X_i)$ 的变换<sup>[2]</sup>。由前可知,在可视信息处理语言中,被处理的对象常常具有固有

的可视表示,它们是与一定的逻辑解释联系在一起的图象对象。目前,可视语言方面的研究主要集中在可视语言的规格说明,构造用于可视图象检索、文档检索等方面的工具系统,以及可视并行程序设计等方面。

## 二、推理过程可视化问题的提出

从 80 年代开始,专家系统得到迅猛发展,知识工程应运而生,知识库系统得到广泛的应用,但由于推理过程不可见,不直观,用户无法干预推理过程,对用户来说是一个黑箱,使得许多用户对这些系统作出的结论持怀疑态度,尽管许多系统都具有解释功能,但仍远远不够。如果我们能够利用图形、图象交互式地显示推理过程,使推理过程可视,让用户可干预推理过程,则用户的疑虑将会大大减少。同时,也为检查知识库中知识的不合理性提供一定的手段。这是我们提出推理过程可视化问题的第一个原因。

在建造知识库系统时,常常会遇到许多有用的领域知识,尤其是一些有关目前问题的状况与合适的解之间的经验知识及一些具有固有图形表示的知识,这些知识难以用语言讲清楚,因此,无法加入知识库中,如果我们能有效地利用这部分知识(形象化知识或可视知识),则可增加现有系统的处理能力,增强其鲁棒性,要达到这一目的,我们需进行 $((), X_i)$ 到 $(X_m, X_i)$ 的变换,尽管这一步十分困难,但却十分有意义,由此我们可对如何利用可视知识或形象化知识以及如何将符号与图形结合起来作为一种有效的知识表示作一些有益的尝试。这也是我们提出推理过程可视化问题的另一个理由。

由前述可知,本文中所述的推理过程“可视化”,比通常意义的“可视化”具有更深一层的含义。由于本文余下部分的讨论涉及到 ICON 理论的一些基本

计算机学报

知识,因此,我们在讨论具有可视特性的知识库系统的一般模型之前,先简单介绍一下 ICON 理论。

### 三、ICON 理论简介

一个一般化 ICON 是一个具有逻辑部分  $X_m$ (意义)及物理部分  $X_i$ (图象)的对象的二元表示,记为  $(X_m, X_i)$ 。一个形式化 ICON 系统  $G$  是一个五元组:

$$G = (VL, VP, S, X_0, R)$$

其中,  $VL$  是逻辑对象的集合;  $VP$  是物理对象的集合;  $S$  是 ICON 名的非空有限集;  $X_0$  是  $S$  中的一个元素,表示头 ICON 的名;  $R$  是  $S$  到  $2^{(VL \cup S) \times VP}$  中的映射,表示 ICON 规则。ICON 规则  $R$  指定 ICON 为逻辑对象与物理对象的二元表示。

给定一 ICON 系统  $G$ , 我们可确定由  $G$  定义的所有 ICON 构成的集合:

$$\{(X, X_m, X_i) : X ::= (X_m, X_i) \in R\}$$

对一般化 ICON 的操作由 ICON 代数所定义的一组 ICON 算子来完成。ICON 算子对 ICON 的二元表示进行操作,从而可改变逻辑部分(意义)或物理部分(图象)或两者。

一般化 ICON 的概念和 ICON 代数也为模式识别理论提供了一个统一的框架。为说明这一点,我们将统计模式识别、句法模式识别和聚类分析比较如下:

在统计模式识别中,给定一个图象  $(\{ \}, P_i)$ , 我们欲将该图象分到类  $C_j$  而得到  $(\{ C_j \}, P_i)$ , 相应的变换是  $ENH((\{ \}, P_i)) = (\{ C_j \}, P_i)$ , 其中,  $ENH$  是一个增强 ICON 算子。

在句法模式识别中,给定一个图象  $(\{ \}, P_i)$ , 我们欲构造一个形式化 ICON 系统  $G$ , 其头 ICON 为  $X_0$ , 相应的变换为  $SYN((\{ \}, P_i)) = X_0$ , 其中,  $SYN$  是构造一个 ICON 系统  $G$  的综合过程。

在聚类分析中,给定一组图象  $\{P_1, \dots, P_n\}$ , 我们欲将这些图象归到类  $\{C_1, \dots, C_m\}$  中。相应的变换为:  $CLU((\{ C_1 \}, e), \dots, (\{ C_m \}, e), (\{ \}, P_1), \dots, (\{ \}, P_n)) = \{(\{ C_j \}, P_i) : 1 \leq j \leq m\}$

有关 ICON 理论更详细的内容,请参见文[2, 3], 有了前面介绍的 ICON 理论的基础后,我们再来看看具有可视特性的知识库系统应具有哪些功能。

### 四、具有可视特性的知识库系统的一般模型

我们知道,一般的知识库系统大多具有如图 1 的结构。在这样的系统中,知识库中存放的知识,可理解为一个一般化 ICON  $X$  的意义部分  $X_m$ , 即具有

$(X_m, e)$  形式的 ICON。推理机利用这样的知识,进行精确的或不精确的推理而获得推理结果。解释部分一般只能以文字形式给出“How”, “Why”等较粗浅的解释。

如果我们希望这样的系统对用户而言不是一个充满危险的黑箱,就必须增加可视功能,使其能够以图形或图象方式(动态)显示其作出解答的推理过程,依据一般化 ICON 理论,就是要在现有系统基础之上增加  $(X_m, e)$  到  $(X_m, X_i)$  变换的处理能力,并应用处理  $(X_m, X_i)$  形式知识的推理机制来求得结果,同时动态显示其求解过程。这要求我们在建造知识库的同时,给出相应 ICON 系统  $G$  的形式化语法描述,然后利用一个 ICON 编译器<sup>[4]</sup>, 获得一个面向 ICON 的知识库。其结构如图 2 所示。

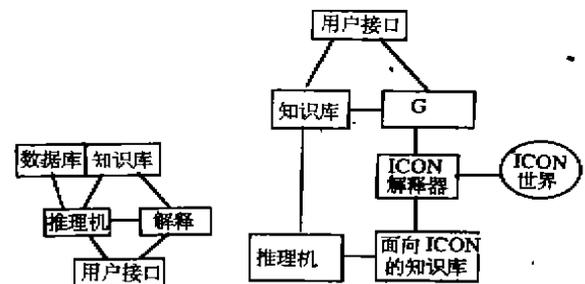


图 1 图 2

但是,这样的系统仍有一个严重的缺陷,就是不能很好地处理形象化知识或可视知识。要利用计算机处理形象化知识或可视知识,需要对人的形象(直感)思维进行研究,而人识别模式可以说是形象(直感)思维的一种方式<sup>[5]</sup>。

一个模式  $P$  可用一个二元式  $P = (P_m, P_i)$  来表示。其中  $P_i$  称为模式  $P$  的象,包括感性成份与理性成份;  $P_m$  称为模式  $P$  的意,是一种比  $P_i$  较为抽象的象,也包括感性成份与理性成份。  $P_m$  的感性成份是相应的象  $P_i$  的感性成份的凝炼和浓缩;  $P_m$  的理性成份是相应的象  $P_i$  的理性成份的涵义和总结。  $P_m$  可以认为是从  $P_i$  通过在识别过程中起着核心作用的综合集成,即从定性到定量的综合集成所得的结果(图 3)。

因为一般化 ICON 的概念和 ICON 代数为模式识别的理论提供了一个统一的框架,我们可以利用模式识别中确定语义函数的方法来实现从  $(\{ \}, X_i)$  到  $(X_m, X_i)$  的变换。

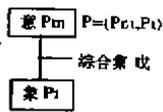


图 3



图 4

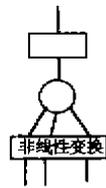


图 5

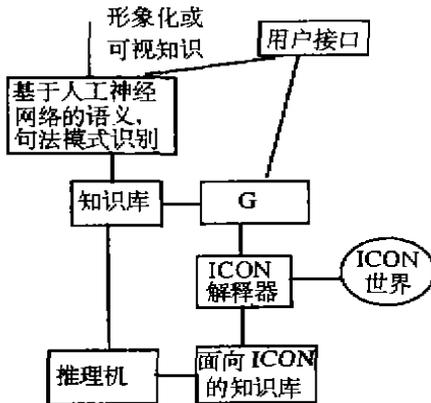


图 6 具有可视特性的知识库系统的一般结构

如果一个模式  $P(x, u)$  由  $k$  个子模式  $p_1, \dots, p_k$  构成,  $p_i$  的属性为  $u_i, i=1, 2, \dots, k$ 。所谓语义函数, 就是如何由  $u_1, u_2, \dots, u_k$  而得到它的属性  $u$ 。语义函数是一个非线性的映射, 我们可以用人工神经网络来构成, 如图 4(语义函数的构建原理)、图 5(语义函数构成)所示。而这种人工神经网络的参数即“权”值, 是通过有教师的学习(Supervised Learning)来完成的, 由教师把握住宏观的情况, 所以人在这一过程中起到积极的作用, 这样一来, 确定语义函数就有了一定的办法。

通过以上讨论, 我们可给出具有可视特性的知识库系统的一般结构(图 6)。

作者已根据本文的思想, 在近似推理系统中进行了可视化的尝试—动态显示近似推理系统的求解过程<sup>[6,7]</sup>。然而, 在知识库系统可视化方面, 需研究解决的问题还很多, 这些都有待进一步探讨。

参考文献

[1] A. E. Kafman, Visualization, Computer, Vol. 27, No. 7, 1994  
 [2] S. K. Chang, Principles of Pictorial Information Systems Design, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1989  
 [3] S. K. Chang, ICON Semantics-A Formal Approach to ICON System Design, IJPRAI, Vol. 1, No. 1, 1987  
 [4] S. K. Chang et al, The SIL-ICON Compiler-An ICON-Oriented System Generator, IJPRAI, Vol. 2, 1988  
 [5] 戴汝为, 基于人工神经网络的语义、句法模式识别, 见《智能计算机基础研究》, 北京清华大学出版社, 1994  
 [6] Z. L. Zhang(张自力), An Approximate Reasoning System; Design and Implementation, Int. J. of Approximate Reasoning, Vol. 9, 1993  
 [7] Z. L. Zhang(张自力), Visualization of Approximate Reasoning Systems, J. of Southwest China Normal University.(Natural Science Series), No. 4, 1995

(上接第 5 页)

[4] Karp, A. H. et al., Measuring Parallel Processor Performance. CACM, 33(5), 1990  
 [5] Zorbas, J. R. et al., Measuring the Scalability of Parallel Computer Systems, Proc. of Supercomputing '89, 1989  
 [6] Chandran, Davis, An Approach to Parallel Vision Algorithms. In Porth. R., editor, Parallel Processing, SIAM, 1987  
 [7] Amdahl, G. M., Validity of the Single Processor Approach to Achieving Large Scale Comput-

ing Capabilities. In AFIPS Conf. Proc., 1967  
 [8] Kumar, V., Singh, V., Scalability of Parallel Algorithms for the All-Pairs Shortest Path Problem; A Summary of Results. Proc. of 1990 Intl. Conf. on Parallel Processing, 1990  
 [9] Gustafson, J. L., Reevaluating Amdahl's Law. CACM, 31(5), 1988  
 [10] Worley, P. H., The Effect of Time Constraints on Scaled Speedup. SIAM J. on Scientific and Statistical Computing, 11(5), 1990