

知识云及其在知识获取中的意义*

曹存根

(中国科学院数学研究所,北京 100080)

(国家智能计算机研究开发中心,北京 100080)

摘要 如何有效地获取领域专家的知识一直被视为人工智能中的难题. 本文的目的在于提出一种关于知识获取的基本观点, 并以此观点为基础来研究知识获取问题. 这个观点的基本内容是: 象波尔的原子模型一样, 在专家的知识周围有一些知识层. 它们是认识和获取专家知识的突破口或入口. 本文将这些知识层看成是知识云, 同时将上述观点视作知识云假设. 我们将讨论知识云的内涵, 研究知识云假设的合理性, 最后将阐述知识云这一概念在知识获取中的意义.

关键词 知识云, 知识获取, 知识获取基本机器.

现实中的每一学科及其分支都有着自身的研究对象与有关的问题. 这些问题有些是简单的, 它们可以用常规的方法及思维来解决, 或者它们有现成的解决或计算模型. 然而也有许多问题是复杂的. 对于这种复杂性, 我们有时甚至不能精确描述它们. 例如, 在组织心理学中, 群体合作是一个极其复杂的问题, 我们尚没有关于这种合作的精确描述和计算模型. 我们所拥有的是近似的或经验的模型.

知识工程中的知识获取也是一个难以精确描述的问题. 我们已有大量的关于知识获取的特殊或一般模型, 例如文献[1-11], 但是由于我们尚无一种支撑这些模型的基础, 我们无法评价它们的有效性, 甚至合理性.

本文提出一种关于专家知识的观点, 并以此观点为基础来研究如何获取专家知识.

这个观点的基本内容是: 类似于波尔的原子模型, 专家知识周围存在着一些知识层, 称之为知识云. 由知识云出发, 我们可以认识或获取到专家知识.

虽然知识云的概念是由电子云的概念类比而来的, 但是我们尚无法象近代物理学一样来证实知识云的存在性, 尽管我们可以用思辩的方式来阐述它的存在性. 因此, 我们采用一种科学的态度, 将上述观点表达成“知识云假设”(或假说).

这种态度并不能为这一假设的合理性辩护. 本文的任务在于阐述它的合理性及它在知识获取中的意义.

本文第1节介绍知识云和知识云假设等概念或术语, 第2节论证知识云的存在性, 第3节研究知识云及知识云假设对解决知识获取问题的作用, 第4节总结全文.

* 本文 1992-08-23 收到, 1993-06-17 定稿

作者曹存根, 30岁, 博士后, 主要研究领域为人工智能, 分布式计算.

本文通讯联系人: 曹存根, 北京 100080, 国家智能计算机研究开发中心

1 知识云与知识云假设

就其一般而言,专家的知识经过两种互补的途径而产生的.第1种途径是数据的整理和抽象,这一途径的本质是归纳.第2种途径是对假设或猜测的思辩,它的本质是验证、演绎及反驳.

第1种途径可以用操作观点解释为3个过程^[12,13].第1是思考过程(Phase of thought),即从观察或教师的教学中学习在什么条件下做什么动作.第2是联想学习过程(Associative phase of learning),即对第1过程所习得的或发现的联系和实体进行实践和应用,以使得它们变得精确和有效.最后的过程是自然而然过程(Phase of atomicity),即专家经过大量的实践,以致于达到专家不知不觉地使用知识,这一过程也可称为编译后过程.

当专家的知识处于自然而然的状态时,我们很难获取它,因为对他或她而言,知识是在不知不觉中被使用.这是知识获取之所以困难的一个重要原因.

本文主要研究如何获取这种处于自然而然状态的知识,我们认为,在专家知识周围存在着一些知识层,称为知识云.它们有以下特点或性质:第1,它们对应着联想学习过程中的专家的知识.第2,便于捕捉或获取,而且是获取专家知识(一般处于自然而然阶段)的台阶.第3,它们是知识与数据的混合体.

我们称以上观点为知识云假设*.象许多假设(如 Newell 的知识层假设^[14]),我们尚不能证明这一假设的正确性;但是,我们可以给出它的合理性.下面,我们仅从两个方面来说明这一假设是合理的,而且是直观的.

首先,让我们讨论概念.一个概念是一种知识的基本单位.它是一个谓词,刻划了一类对象(即实例)的共同特性或属性^[3].根据这一个谓词,我们可以确定一个对象是否属于它所刻划的概念.

要获取专家的概念性知识(或称概念描述)有时是困难,例如从医学专家那儿获取疾病的描述就不那么容易.另一方面,即使我们获取到了概念的描述,但如何使用这些知识又成了另一问题——即我们仍需要获取控制性知识.

我们认为在概念和它的实例之间存在着一层中间介质,我们称之为概念云(文献[11]中称为专家分析实例),见图1.在概念云中,不但有不完整的概念描述,也有如何进行概念上推理的知识;同时也有单个的数据项存在.有关概念云的进一步讨论可参见文献[11],这里不多解释了.

下面,我们从另一方面来论述知识云假设的合理性.

任务的执行和完成需要有关的知识,如规划、分解等.在任务完成后,我们往往要保留有关任务信息的记录.如在诊断中,医生要写下患者的病症、体征等,以及诊断结果和治疗建议.在设计任务的完成后,我们往往也有任务记录,如用户需求和设计图.

直接从任务记录中学习专家的任务执行知识是困难的,这是由于这些记录是抽象的、粒度较大的实体,它们不包含专家的许多知识或知识的特殊化,如任务分解、子任务规划.

* 本质上讲,知识云假设是一个信念,它认为在专家知识周围有一层易于捕捉的知识与数据的混合体,并且由这些混合体可以容易地获取专家知识.

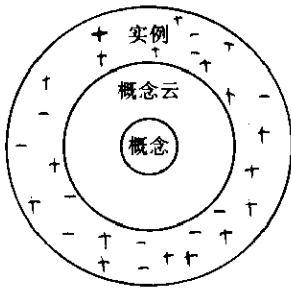


图1 概念、概念云及实例的示意图

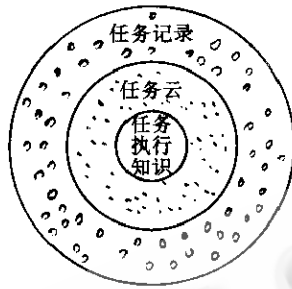


图2 任务执行知识、任务云及任务记录示意图

但是,我们认为在任务记录与任务执行知识之间有一中介,称为任务云(见图 2)。

任务云是任务完成过程中的较详细的信息和知识体。它的知识并非专家的任务执行知识,而是部分的任务执行知识。我们将在下一节具体地构造和描述一种特殊的任务云。

在结束本节之前,我们想从认知论的角度来理解任务云。如果我们把专家看成是一个黑箱,其输入为任务,那么它的输出即为任务记录。如果我们把专家看成为一个认知系统(灰箱),其输入为任务,那么它的输出即为任务云。在本文中,我们正是使用了第二种观点。

2 任务云及其性质

在上一节,我们讨论了任务云及其存在性。本节将“构造”出这种任务云,并讨论它的性质。本节的目的在于使读者更加清晰地认识知识云。

2.1 任务云的捕捉

我们在上节讨论了任务云,但未说明如何捕捉(capture)这种任务云。我们认为,使用的手段不同,则获得的任务云亦不同。我们将介绍一种获取方法,并在下一节介绍这种方法所得到的任务云的性质和特点。

任务云的捕捉大致有两种方法。一是采用心理学技术,即口语分析(Protocol analysis)。另一种是由专家独立地用自然语言写出任务云。口语分析的过程大致是:首先请专家谈谈对某一具体任务的求解过程,由录音机录下谈话内容,然后知识工程师对录音内容进行誊写和分析(如断句,找出联系)。口语分析作为一种获取任务云的方法有很多不足,限于篇幅,下面我们只讨论两点不足。

第 1,领域专家并不能真正习惯于或接受这种录音方法。

第 2,专家谈话中会省去许多内容,这些内容是他不能精确记忆的往往在教科书等书本中。我们知道,一个专家并不能记住所有的领域知识,特别是详细的理论知识。这正如我们在平常所见的那样,不论一个专家多么专,知识多么渊博,当他走上讲台教学时,他不但要在教案中表达自己的经验,而且会从别的参考文献中摘录一些内容以填补教案。而在录音过程中,专家往往不情愿在知识工程师面前去查参考文献。

根据以上分析,我们认为口语分析技术不适合作为获取任务云的手段。为此,我们经过近 3 年的研究,设计了一个“手写任务云”的方法。我们设计了一个描述框架 XAD。它的核心是一组问题求解主题(PST),目前共有 13 个。它们包括:假设产生,(假设)验证,(假设)反

驳,(假设)鉴别;(目标)分解,(目标)集成,(目标)求解规划,目标支出(即 subgoal),目标求解;证据获取,(证据)筛选及变换;策略选择,冲突消解;证据抽象,(证据)解释等等.虽然 XAD 是为知识工程师设计的,用于描述专家手写的自然语言内容,但是 XAD 可以被专家理解,因为它的核心部分——问题求解主题——是人类的一般问题求解所遇到的.因此,知识工程师可以在与专家打交道时提醒他们这些主题,以使专家能比较显式地写出这些主题(以关键词等方式),这样便于知识工程师将手写的內容翻译到 XAD 上去.

2.2 专家手写的任务云的性质

专家手写的任务云的性质很多,限于篇幅,我们仅介绍几点.

首先,任务云是任务的操作性解释结构(Operative Explanation Structure),且便于获取.任务云是专家关于一个任务的分析和解决过程的记录,因而具有操作性.它是容易获取的,因为它对应于一个具体的且往往是已解决的任务,而不是对应于一类任务(对后者而言,任务云的获取相当于知识获取,这是困难的).

其次,任务云不但信息丰富,而且具有一定的一般性.专家在手写任务云的过程中往往需要查找书本以摘录有关的知识细节,因而使得任务云中的信息丰富.同时,他也并非局限于写一个任务的任务云,有时会写出诸如“在某某范围内,结论仍成立”这样的具有一般性的断言.这一点已在我们的实验中得到证实.

最后,任务云为知识获取提供了一个合适的粒度(即 Well-grainedness).任务云,特别是经过知识工程师用 XAD 翻译过的专家手写的任务云,含有大量的问题求解主题,而每个主题对应于专家知识的一个方面(aspect).我们可以根据这些主题来获取对应的专家知识方面.因此,我们把一个整体的知识获取分为若干方面知识的获取(参见 3.1 节).

3 知识云假设及任务云在知识获取中的意义

本节从两个方面来论述知识云假设在知识获取中的意义:一是介绍我们研究的基于任务云的专家知识获取方法;二是分析目前一些知识获取方法中的不足,从而间接地说明知识云假设的意义及合理性.

3.1 基于任务云的知识获取方法

在上一节,我们介绍了任务云这一概念,并说明了任务云是由一些问题求解主题(PST)所构成.尽管一个任务云对应于一个具体的任务的求解与分析过程,但是它是可解构的(decomposable),且这种解构单位为问题求解主题.

我们设计了 33 个知识获取基本机器(KABM),每个机器对应于一个问题求解主题,即专门用于获取专家的有关这个问题求解方面的知识(例如,获取专家是如何形成假设的方面知识).

从结构上讲,每个 KABM 由 3 个核心部分构成:

- Induction—Operators:这一部分为与本问题求解主题有关的一组归纳算子,用于归纳任务云中的知识.在目前的设计中,我们将一个任务云分解为若干个问题求解主题,然后由相同的主题形成一个 PST 实例集合,归纳算子的目的在于从这个实例集中归纳于关于问题求解主题方面的专家知识(例如,专家在什么情况下将目标分解为若干个子目标).

- Interaction—Operators:这一部分为一组交互算子,用于交互获取专家的知识,以及

请专家修正与本问题求解主题有关的归纳断言. 因此, 我们说, 知识获取基本机器是一个交互式机器.

• Support—Knowledge: 这一部分是支持本基本机器的领域知识, 它是由具体实现时通过手工获取而得. 这一点是不困难的, 因为每一个 KABM 是一个小的机器, 它只涉及或需要少量的知识支持.

值得指出的是, KABM 是与具体的实现无关的, 它们可以采用任意的编程语言和实现方法来实现. 事实上, KABM 是抽象的机器, 在这一点上, 它与 Generic Task^[9]一致. 下面, 我们用自然语言来给出一个 KABM, 它用于获取专家的注意力知识(focus of attention).

知识获取基本机器之七: 注意力知识获取机器

功能说明: 本机器用于获取专家的问题求解中的注意力方面的知识, 即那些在什么环境下求解任务中的那个目标的知识.

归纳算子:

(1) 如果: 当前求解的目标为 g , 且它的环境中有一属性 a 满足以下条件:

- 结构型(即 a 的取值为结构型值).
- 存在最小父属性值 av' .

那么: 产生断言: 在 a 取值为 av' 且其它环境不变的情况下, 仍然求解 g .

(2) 如果: 当前求解的目标为 g , 且它的环境中有一属性 a 满足下列条件:

- 非结构型(即 a 的取值为集合).
- a 有一个“意义集” m 且 a 的当前环境中的取值属于这个意义集.

那么: 产生断言: 在 a 取意义集 m 中的任意值且其它环境成份不变的情况下, 仍求解目标 g .

(3) 如果: 存在两个目标 g_1 和 g_2 , 它们的环境分别为 CT_1 和 CT_2 , 且 CT_1 蕴含 CT_2 而 g_1 不蕴含 g_2 .

那么: 产生断言: 在 CT_1 的情况下求解目标 g_1 , 在 CT_2 与 CT_1 不交处(即 CT_2 不蕴含 CT_1 之处)考虑求解目标 g_2 .

交互算子:

如果: 存在一个环境, 在其中有两个目标(来源于不同的任务云) g_1 和 g_2 , 它们都是在这个环境中求解的目标.

那么: 产生问题: g_1 和 g_2 存在注意力上的二义性, 请指明①可同时求解, ②求解 g_1 , ③求解 g_2 ? (这个问题将由专家来回答且由此算子记录专家的选择).

支持知识: 本机器需要两类知识以支持它的功能, 它们是:

(1) 属性的性质: 结构型或非结构型.

(2) 当属性为非结构型时它的意义集(意义集是一个启发性概念, 它反映了我们的常识. 例如对目标“好学生”而言, “数学成绩”是它的一个属性, 这个属性有 4 个意义集: “不及格”、“及格”、“良好”和“优秀”. 当我们说某“好学生”的“数学成绩”为 95 分时, 我们也可以说他的“数学成绩”为“优秀”, 后一断言比前者更一般).

从上面介绍的这一台 KABM 可以看出, 它的支持知识与归纳算子有关, 即归纳算子为获取支持知识提出了需求, 因而我们说获取这种支持知识具有明确的目的, 所以比较容易获得. 这一点与 Generic Tasks 也一样^[9].

下面, 我们转向介绍我们的知识获取方法与别的方法的不同与相似之处.

3.2 分析几个知识获取方法或系统

本节分析几个典型的知识获取方法或系统, 借以说明知识云假设和知识云的意义.

相似性学习(SBL)和解释性学习(EBL)是目前研究得比较多的以学习的手法获取专家知识. 这两种方法具有较大的互补性, 因而常被集成在一起形成混合学习(hybrid learning). SBL 的目的在于寻找实例中的相似性或规律性. 由于实例中包含的知识成份很少, 如概念实例和任务记录(见图 1, 2), SBL 一般只能学得简单的判断性规则, 而不容易习

得诸如控制、分解等高层知识。另一方面,尽管 EBL 需要的实例极少(一般为一个正例),但它需要一个完备的和协调的领域基本理论以产生实例的解释结构^[10],因此 EBL 的实用性(作为知识获取的手段)受到极大限制,混合性学习也兼有 SBL 和 EBL 的所有弱点。

知识云假设为我们提供了一个折衷的途径。首先,知识云也是一种解释结构,与 EBL 不同的是它是由专家产生的,由专家保证它的正确性,并且比 EBL 产生的解释结构(更)具有一般性。其次,知识云包含的信息远比实例多,这一点从第 2 节已经看出。最后,由于上述两个特点,在我们的知识获取方法中,所需要的知识云的数量介于 EBL 和 SBL 所需要的实例数量之间。

目前的大量的知识获取系统,如 KADS^[5],KRITON^[6],ASK^[7],都不知不觉地使用了一个假设条件,即领域专家在知识获取过程中是愿意合作的。正如我们在文献^[15]中所分析的那样,这一条件是不成立的,原因之一是这些系统没有一个使领域专家合作的基本手段。

我们认为知识云是一个很折衷的手段。首先,它不要求专家直接表达或说出他们的知识,直接表达往往是专家难以做到的。其次,知识云是吸引领域专家参加获取知识过程的有效手段,这是由于知识云是一个丰富的知识获取环境(setting),而且是由专家本人提供的。最后,知识云为知识获取提供了一个很好的粒度,因而便于控制知识获取过程。

最后,我们再谈一谈我们的方法与 Generic Tesks 方法的关系。在文献^[9]中,Generic Tesks 提供了一个问题求解的与实现无关的一般化的体系结构。作者们认为这种体系结构为知识获取提供了一个合适的层次。但我们认为,这种体系结构有一个很强的要求,即任务求解的结构必须是已知的。在启发式问题或任务求解中,这一点很难做到。这一点已为作者们自己所意识到^[15]。在我们的方法中,我们不要求专家的问题或任务解决过程是结构化的,因而具有一般意义。

4 小 结

我们在本文中介绍了知识云以及它的特例概念云和任务云等概念,并提出了知识云假设,以及这假设在获取专家知识中的意义。

本质上而言,知识云假设是一信念,即在专家知识周围有一层实体,它们便于获取或捕捉,并且由此可以获取到专家的真正知识。

围绕这一信念,我们介绍基于任务云的知识获取原理及方法,并且将这一方法与 SBL、EBL 以及目前的一些自动获取方法进行了比较和分析。

在结束全文之前,我们想提一个知识云这一概念与知识获取心理学的关系或联系。我们在另文中提出和分析若干知识获取心理学原则和原理。例如,专家在知识获取过程中往往处于偏离知识核的状态,他们所说的或写的是知识核之外的不完全的离散的知识体与数据体的混合物。知识云这一假设性概念正是对应于这种混合物。

我们将继续研究知识云及知识云假设,主要是寻找知识云假设的更多的依据。从实用角度讲,我们将扩充问题求解主题集以及设计相应知识获取基本机器。

致谢 本文中的基本思想主要是在澳大利亚昆士兰大学学习期间形成的,感谢昆士兰大学计算机系主任 Lister 教授的邀请和提供的良好的学术环境。

参考文献

- 1 Musen M A. Automated support for building and extending expert models. *Machine Learning*, 1989,4:347—375.
- 2 Boose J H. Knowledge acquisition for knowledge-based systems; notes on the state-of-the-art. *Machine Learning*, 1989,4:377—394.
- 3 Johnson P E. Specification of expertise. *Int. J. Man—Machine Studies*, 1987,26:161—181.
- 4 曹存根. 分解与组合式知识获取. *计算机学报*, 1993,16(5):327—333.
- 5 Breuker J A *et al.* KADS: structured knowledge acquisition for expert systems. *Proc. 5th Int'l Workshop on Expert Systems and Their Application, France, 1985.*
- 6 Diederich J *et al.* Knowledge-based knowledge elicitation. *Topics in Expert System Design, North—Holland, 1989:323—350.*
- 7 Gruber T R. Automated knowledge acquisition for strategic knowledge. *Machine Learning*, 1989,4:293—336.
- 8 Hart A. *Knowledge acquisition for expert systems.* Kogan Page Ltd., 1986.
- 9 Bylander T *et al.* Generic tasks for knowledge-based reasoning; the right level of abstraction for knowledge acquisition. *Int. J. Man—Machine Studies*, 1987,26:231—243.
- 10 Dejong G F, Mooney R. Explanation-based learning; an alternative view. *Machine Learning*, 1987,2:145—176.
- 11 曹存根. 从专家分析实例中学习专家策略. *软件学报*, 1994,5(6):7—12.
- 12 Neves D M, Anderson J R. Knowledge compilation; mechanisms for automation of cognitive skills. *Cognitive Skills and Their Acquisition, Lawrence Erlbaum, 1981.*
- 13 Johnson P E. What kind of expert should a system be. *J. Medicine and Philosophy*, 1983,8:77—97.
- 14 Newell A. The knowledge level. *AI*, 1982,18(1):87—127.
- 15 Johnson T R *et al.* Task-specific architectures for flexible systems. *Technical Report, Ohio—State Univ., 1991.*

KNOWLEDGE CLOUDS AND KNOWLEDGE ACQUISITION

Cao Cungen

*(Institute of Mathematics, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)**(National Research Center for Intelligent Computing System, Beijing 100080)*

Abstract Knowledge acquisition is one of the key problems in artificial intelligence (AI), and it has been attacked from a number of perspectives. This paper introduces a fresh standpoint for knowledge acquisition. The standpoint consists of the belief that, around the knowledge kernel of an expert, there are layers of knowledge clouds, and these clouds are the entry to the recognition of the knowledge kernel of the expert. Based upon this belief, the paper discusses what knowledge clouds are and what roles they play in knowledge acquisition.

Key words Knowledge clouds, knowledge acquisition, knowledge acquisition basic machine.