

知识论:核心问题 ——信息-知识-智能的统一理论

钟义信

(北京邮电大学,北京 100876)

摘要: 知识是人类所创造的宝贵财富,但是至今还没有形成系统的知识理论.文[1]提出和建立了知识的初步基础,给出了知识的概念、定义、表示、度量、推理和决策规则.本文则试图在此基础上阐明信息与知识、知识与智能的关系,建立知识论的核心框架.作者相信知识论的建立将为信息论-知识论-智能论的统一理论奠定必要的基础,促进人们在更高的水平上利用信息和知识,研究、设计和应用各种智能机器.

关键词: 信息;知识;知识的创建;智能的生成;信息-知识-智能转化理论

中图分类号: TP273.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112(2001)04-0526-05

Knowledge Theory: The Nucleus

ZHONG Yi-xin

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

Abstract: Knowledge is, no doubt, an important wealth to the mankind but there has not a knowledge theory existed yet till the present time. An attempt was made in [1] to establish a foundation of knowledge theory that includes a series of basic issues such as the related concepts and definitions, the methods of representation, the measurements, the reasoning and decision rules. Here in the paper the nucleus of knowledge theory, the mechanism of knowledge creation and that of intelligence production, will be presented. It is believed that the establishment of the knowledge theory will lay a solid foundation to the unified theory of information, knowledge, and intelligence and that will greatly facilitate the effective utilization of information and knowledge leading to better advancement of the research in the field of intelligent machines.

Key words: information; knowledge; knowledge creation; intelligence production; a unified theory of information-knowledge-intelligence

前苏联科学院院士哈尔凯维奇在他1955年出版的《通信论简述》中指出:信息学存在一个如同物理学“能量守恒与转换”那样的基本定律,可惜至今没有被发现.

把信息提炼成知识,进而把知识激活成智能,这是信息学的核心和灵魂.因此,“信息-知识-智能转化理论”当不亚于物理学的“能量守恒与转换定律”.

1 引言

许多迹象表明,当今的时代是“信息的时代”,当代的经济是“基于知识的经济”.可是,学术界至今还没有建立起一门以“知识”为主要研究对象、以“知识与信息的关系”为主要研究内容的理论.这表明,我们的理论研究与经济发展的需求还不适应.

本卷第1期曾发表过“知识论的基础研究”一文^[1],其中给出了知识理论研究的一些基本结果,主要包括:知识的定义、分类、表示、度量、基于知识的推理理论以及基于知识的决

策理论等.但是,文中还没有融及到“知识论”的本质——知识是怎样从信息加工的过程中产生的(知识与信息的关系)?知识又怎样被激活成为智能的(知识与智能的关系)?这些机制是“知识论”的核心.

本文的目的就是试图在前文的基础上阐明知识论的这些核心机制,包括:知识的生成机制和知识的激活机制,为建立信息学的统一理论——“信息、知识、智能的三位一体理论”奠定必要的基础.

2 知识的生成:知识与信息的关系

一般来说,知识的生成有两个基本途径.一个途径是从实践中逐步积累,把所观察到的现象的共性核心升华为概念,把所积累经验的精华上升成为理论;另一个途径是由已有的知识通过推断产生新知识、由抽象到抽象的过程,在逻辑上称为演绎.

从知识生长的历史进程来说,起初,因为没有知识或者只

有很少的知识,人类只能通过归纳途径一点一滴地进行积累;一旦积累的知识多了,就有可能触类旁通,通过演绎的途径从原有的知识推演出新的知识。所积累的知识越丰富,推演的能力就越强,演绎途径在整个知识获取的过程中所起的作用就越大。

但是,从发现新知识来说,无论演绎怎样重要,归纳永远是最基本的途径,而且是具有永恒生命力的途径。一般,机器可以较好地执行演绎性的推理。但是机器执行归纳性推理却相当困难。这是因为:“归纳”需要经历从个别到一般、从具体到抽象的“飞跃”过程。

本节的目的是要探讨信息与知识的关系,因此,将主要关注归纳型的知识生成问题。

从前文关于信息和知识定义的讨论中可以知道,信息表达的是事物运动的状态以及状态变化的方式,知识表达的事物运动的状态以及状态变化的规律。因此,由信息生成知识的归纳过程本质上就是一个由个别事物运动状态的具体变化“方式”升华为一类事物运动状态的普遍变化“规律”的抽象化过程,即飞跃过程。

2.1 形态性知识的生成机制

现在,人们已经普遍公认,知识是由信息通过加工提炼生成的。问题在于,究竟通过什么具体机制才能实现把信息加工成为知识的过程?

经验表明,由信息生成知识的过程通常非常复杂,而且生成的机制也远不是唯一的。我们将分别探讨形态性知识、内容性知识和效用性知识的生成机制。可以想见,形态性知识的生成机制相对简单。另外,概念是知识的基元,知识生成必须从概念生成开始。

研究发现,由信息生成形态性概念知识的基本过程可以归结为如下的

生成机制 2.1 形态性概念知识生成机制是一个形式对比归纳过程。具体步骤包括:

(1) 任意观察一个信息样本 S_1 , 尽可能多地提取它的形式特征, 包括它的运动态形式特征(如大小、高度、重量、形态、颜色、所发声音的频谱以及其它可以作为信息特征的参量)和状态变化方式的形式特征(如随机性、偶发性、模糊性等)。

(2) 观察第二个信息样本 S_2 , 也提取它的形式特征, 并与第一个信息样本的信息特征相比较, 保留二者共有的特征, 去掉不一致的特征。把这个步骤重复 N 次, N 是一个足够大的正整数, 从而得到一组具有共性意义的信息特征 $\{f_k\}$, $k=1, 2, \dots, K$, 它们构成一个“共性特征集合”, 其中 K 也是一个正整数, 称为特征集的维数。

(3) 排除不具备 $\{f_k\}$ 的信息样本; 所余的信息样本数为 N 。当观察的信息样本数 N 和 N 再进一步增加而这些共性特征集合 $\{f_k\}$ (包括特征的内容和特征集的维数 K) 保持不变的时候, 就认为共性特征集合已经稳定。

(4) 称所有满足的共性特征集合 $\{f_k\}$ 的信息样本 $\{S_n\}$ 为同“类”信息样本。给这样形成的“类”命名, 从而形成了一个具有“类”名称的概念, 完成了一个概念的生成。

(5) 由于观察样本数量的有限性, 在以后的应用中, 也存

在对“类”概念的“共性特征集合”进行局部调整的可能性。但是, 通过这样的调整, “共性特征集合”一般总应当能够稳定下来。否则, 这个概念就有问题, 需要返回第一步重新建立。”

概念是知识的基元, 因此, 由信息样本建立“类”概念的过程, 就可以看作是基本知识单元的生成过程。有了“类”的概念, 就具有了分类的基础, 也就具有了利用“类”的“共性特征”对新的对象进行分类的能力。

我们可以这样来表述利用生成机制 2.1 所生成的形态性知识: 某个概念(知识)的内涵就是与之相联系的“共性特征集合”, 而这个概念(知识)外延则是满足这个“共性特征集合”条件的信息样本全体。在这里, 从所观察的信息样本中发现和建立它们之间的“运动状态和状态变化方式的共性形式特征集合”是关键的一环。

形成性概念知识的生成机制比较简单, 就比较容易看清楚其中最基本的机理, 因此也就成为了研究其它知识生成机制的基础。

2.2 效用性知识的生成机制

按照知识的层次关系, 在讨论形态性知识的生成机制之后, 应当接着讨论内容性知识的生成机制。但是, 这里却需要先讨论效用性知识的生成机制。原因是: 从认识过程来看, 形态性知识和效用性知识都可以从外部信息中直接感知, 而内容性知识则只能通过对形态性知识和效用性知识的分析得到。因此, 只能先讨论效用性知识的生成机制。

为了具体明确“效用”的概念, 本文约定: 所谓一个信息对某个主体有没有“效用”, 是指这个信息“对于实现主体的目标有没有贡献”。而“效用度”则是用来度量这种贡献程度大小的一个参量。可见, 效用是与主体目标相联系的概念。

在一般的情况下, 效用性知识可以通过对信息的加工提炼直接得到, 在一些情况下也可以通过经验推理或理论演绎间接得到。同样, 由于本文特别关注信息与知识之间的关系, 因此这里将主要论及前者。

不难理解, 由信息生成效用性知识的过程要比生成形态性知识的过程更为复杂。原因是这里不但要利用形式的比较, 更重要的是, 按照上面关于“效用”概念的约定, 生成效用性知识的主体(人、生物或机器)必须具有明确定义的目标, 还要有能力来判断某个信息究竟是有利于实现目标还是有碍于实现目标。有利于实现主体目标的信息, 具有正的效用度; 有碍于实现目标的信息, 具有负的效用度。当然, 在知识不足的情形下, 要真正判断一个信息对于实现主体目标究竟是“有利”还是“有害”, 也不是一种简单的形式上的比较, 而更可能是在实践中直接承受它所引起的后果——或者是收到某种得益, 或者是付出某种代价。

下面是由信息生成效用性知识的过程的一个具体程序。

生成机制 2.2 由信息生成效用性知识的过程包括如下步骤:

(1) 明确定义主体追求的总体目标 G ; 并且把这个总体目标分解成为一系列容易检验的具体目标 $G = \{G_n\}_{n=1}^N$ 。任何一个具体目标都可以看作是目标状态空间中的一个状态 G_n , $\forall n$ 。

(2) 输入信息 X , 主体首先应当记住 X 的形态描述 $D(X)$. 然后计算在目标状态空间中信息 X 所反映的现实状态与主体目标状态之间的距离, 如:

$$d_n(t_m) = \left\{ [X(t_m) - G_n(t_m)]^2 \right\}^{1/2}, \quad \forall n, m = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

其中 $d_n(t_0)$ 是信息的当前 ($t = t_0$) 状态与第 n 个具体目标状态之间的距离, m 是时间坐标点. $X(t_m)$ 和 $G_n(t_m)$ 分别是在第 m 时刻的信息状态和第 n 具体目标状态.

(3) 根据信息 X 的状态变化方式, 考察信息所反映的未来状态与主体目标状态之间的距离的平均变化趋势, 若有

$$E \left\{ d_n(t_{m+i}) \right\} \leq E \left\{ d_n(t_m) \right\}, \quad \forall i, \forall m \quad (2)$$

则赋值

$$u \geq 0$$

反之则有 $u < 0$. (式 2) 中的符号 E 表示对所有的状态 n 取平均, 符号上面的横杠表示在时间域上的平均.

(4) 对于任何新的信息, 如果它们的形态描述与 $D(X)$ 相同或相近, 就给效用度赋予相同的值. 否则就返回第 (2) 步重新判断.

(5) 第 (3) 步给出的判断, 就是针对目标 G 的效用性知识.

在效用性知识的生成机制 2.2 中, 第 (2) 步是关键. 在这里, 信息状态和主体目标状态之间的差异被定义为欧几里德距离. 实际上, 距离的定义要根据具体情况确定. 在有些情况下, 也许很难给出距离的确切定义和算法. 但是, 无论如何, 生成机制 2.2 的基本原则——通过评价信息与主体目标之间的差异以及这个差异的发展趋势来判断信息对于主体的效用, 这在逻辑上是完全合理的, 而且在实践上是有意义的.

例如, 一个儿童头一次看见“狗”这种对象. 首先, 他看到并记住了“狗”的形象. 同时他就会估摸, 具有这种形象的狗同自己的目标——在这里是自身的安全——之间存在的某种联系 (计算这之间的距离): 是一种保护还是一种威胁? 如果狗露出了锋利的牙齿, 眼里射出了凶光, 这种状态就会使他算出负的效用度, 决心逃避或求援. 此后, 如果再见到这种动物, 他心中就会有“负效用度”这个数了——获得了效用性知识.

2.3 内容性知识的生成机制

图 1 示出的是内容性知识生成机制的一种可能的实现途径.

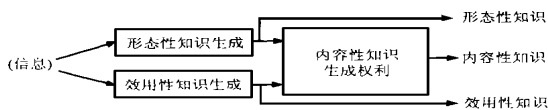


图 1 内容性知识生成的功能性模型

图 1 表明, 内容性知识的生成要以形态性知识和效用性知识为前提条件. 那么, 怎样才能由形态性知识和效用性知识生成内容性知识呢?

为了解决这个问题, 需要进一步明确: 什么是内容性知识?

内容性知识的最简单定义, 就是对于与之相关的形态性

知识和效用性知识的描述. 具体来说, 如果要陈述一个概念的“内容”, 最简单的办法就是用逻辑关系“与”把同这个概念相联系的形态性知识和效用性知识直接联系起来. 它的意思是: 具有如此这般形态的某个对象具有这般如此的效用——这就是这个对象的内容性知识. 具体的形式可以表达为:

“对象类名: 它具有如此这般的形态, 且具有这般如此的效用”.

比如: 怎样描述“牛”这一概念的内容? 按照上述逻辑“与”的规则就是:

“牛是一种家畜 (概念类属), 具有强壮的四腿, 巨大的身躯, 长长的尾巴, 头上长着犄角等等 (形态描述), 且可以耕田, 可以运物, 可以作肉食等等 (效用描述).”

由此可以构造如下的

生成机制 2.3 由信息生成内容性知识的过程可以描述如下:

- (1) 利用生成机制 2.1 由信息生成形态性知识 K_C ;
- (2) 利用生成机制 2.2 由信息生成效用性知识 K_U ;
- (3) 内容性知识最简单生成机制是: 给信息归类, 并在形态性知识与内容性知识之间建立一个映射关系:

$$CONT: K_C \rightarrow K_U \quad (3)$$

可见, 它把整个知识的生成机制都集成到一起了.

更复杂的内容性知识生成机制留待进一步的讨论.

当然, 同形态性知识和效用性知识的情形一样, 内容性知识也可以通过逻辑演绎推理的方法生成. 不过, 本文主要的兴趣在于探讨直接由信息生成知识的机制, 探讨信息-知识-智能的关系. 关于由知识生成知识的演绎方法, 将在另文讨论.

应当强调说明的是, 知识博大精深, 决不可能在一篇论文中穷尽. 以上关于知识生成的论述是框架性的. 给出这些结果的目的是希望由此激起更多的热忱, 引出更多的研究, 逐步丰富和完善知识理论的内容.

3 知识的激活: 知识与智能的关系

知识的重要性人所共知. 但是, 从人类活动的总体目标来说, 也应当承认, 获得知识并不是我们的最终目的. 这是因为, 知识本身并不能直接改变事物的存在方式. 知识只有在被有目的地地利用的时候, 才能真正发挥出积极的作用.

按照前文给出的定义: 针对给定的问题、问题的环境和目标, 有效地获得与问题和环境相关的信息, 恰当地处理这些信息以生成相应的知识, 并在目标的引导下由知识再生成求解问题的策略, 然后利用所生成的策略成功地解决所面对的实际问题, 这才是“智能理论与技术”的任务. 可见, 知识与智能之间的转化是通过形成求解问题的策略来实现的. 而求解问题的策略又是在求解问题的目标的引导下由相关的知识所生成 (称之为“再生”) 的.

为了确证这一点, 不妨来考察一下图 2 所示的人工智能系统的功能结构的模型.

图 2 描述的的是一个人工智能系统的典型工作过程: 在控制策略的调度下, 规则库给出一个具体的规则, 作用于体现问题状态的知识库, 使知识库形成一个新的状态, 这个新状态与

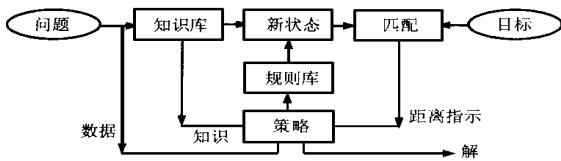


图2 人工智能系统模型

问题的目标状态之间的差距及其增大减小的状况则由差距测度指示出来。如果差距缩小了,说明控制策略的效果是积极的;反之则是消极的。把这个差距测度反馈给控制策略单元,后者就可以根据这个效果对控制策略不断进行改进,使差距测度不断朝减小的方向变化。一旦这个差距的测度变成了零,或者变得足够小了,就认为问题得到了满意的解决,系统就可以把这个策略以及相应的规则和知识作为问题的解答输出给用户。

在人工智能系统中,知识库的知识和规则库的规则是由系统设计者事先设定的,是一类先验的知识;数据库的数据和求解目标则是随着问题的输入而给定的。作为知识的存储载体,知识库、规则库的确是人工智能系统不可或缺的组成部分,但是,面对具体的问题,更为要紧的是需要有一个巧妙的控制策略来调度这些知识:确定在哪个进程上,调用哪一个规则,作用于数据库和知识库中的哪个知识状态,才能一步一步地把问题从当前的状态转变到求解的目的状态,使问题得到最终的解决。

在这里,控制策略体现了系统的智能,成为整个人工智能系统的指挥者和组织者,使系统能够面对具体的问题有效地组织知识和调度知识,使知识得以激活。从这个意义上可以说,没有控制策略的调度和激活,知识原本是刻板的,是控制策略使死的知识变成了活的知识,变成了真正有用的知识。因此,把知识转变成智能策略的过程,就可看作是知识激活的过程。

当然,控制策略本身也可以看作是一种知识,是一种利用知识的知识,组织知识和调度知识的知识,或称为“元知识”。这种“元知识”与其它的知识不相同的地方就在于:它是一种主动的知识,而且是一个动态的知识序列,或知识链。因此,我们特别感兴趣的是,怎样才能把一般的知识激活成为能够有效地解决问题的主动知识链。这是本节要探讨的中心问题。

直到现在,控制策略(元知识)的形成还没有系统的方法。比较成熟的搜索方法,包括盲目搜索方法和启发式搜索方法。

盲目搜索方法则利用问题方法通过逐一的尝试,才能最终找出解决问题的控制策略——求解路径。它的最大缺点,就是没有利用与问题有关的任何知识,因此是智能度最低的方法。

启发式搜索方法则利用问题的效用性知识来建立控制策略。它巧妙地利用了图2的“差距测度”。在这里,“差距测度”不仅要给出“有没有差距”的指示,同时还给出“差距有多大”的评估,从而可以由此判断现有策略的优劣;并且还可以根据“差距增大或缩小”的变化情况,指示出策略改进的方向。显然,这种评估测度实际上就是本文前面所讨论过的一种效用性知识的测度。可见,知识测度方法也是研究智能的重要理论

基础。

这里启示了一个重要的、带有普遍意义的机理,这就是:策略效果的反馈和基于反馈的调节是非常重要的。一旦系统能够把自己的行为和这种行为所导致的效果联系起来,系统的工作就有了明确的方向。

图3示出的就是这种反馈调节的机制,通过“控制—反馈—判断—调整”的动态机制,控制策略便在“效果改善”的引导下逐步得到了优化,知识(体现为知识库的状态、策略本身和规则库的规则)也在这个过程中得以被组织、被调度和被激活,求解问题智能也就在其中得以生成,问题便在这个过程中得到了解决。

总结图2和图3可以得出“知识激活”的基本原理:

第一,按照智能的基本定义,控制策略集中体现了求解问题的智能,因此,把知识激活成为智能,就是要在目标引导下由知识生成求解问题的控制策略;

第二,在目标引导下由知识生成策略的基本方法,是不仅要在控制策略单元与体现问题求解状态的知识单元之间建立控制联系,更要在知识单元与控制策略单元之间建立控制策略效果的反馈联系;

第三,控制策略的效果好坏,可以利用前文给出的综合效用性的知识测度的方法来测度;

第四,知识单元的知识要表示出形态性知识、内容性知识和效用性知识。在这里,形态性知识和内容性知识主要用来显示问题求解的现时状态,效用性知识则用来反馈给控制策略单元,用以判断和改进控制策略。

当然,作为一种完整的理论,知识激活是智能理论要研究的一个很大的课题,这里提出的激活原理只是其中一种可行的机制,更丰富的结果有待进一步的研究。但是,从图3的分析确实已经可以看出,只要给定明确的问题和目录,知识是可以激活的,知识是可以通过控制策略的形成而转变成为有用的智能的。

反过来,我们也确实可以清楚地看到:没有信息,便不可能有知识;而没有知识,便不可能有智能。

4 信息-知识-智能的统一理论

一个高级的智能系统必然要面对两个基本问题:怎样把外部世界存在的客体信息转变成为知识(认知);怎样在此基

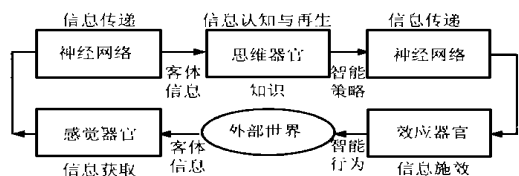


图4 信息-知识-智能:智能系统的核心问题

础上面向目标由知识生成智能策略(再生),如图4所示。

图中示出,“信息认知与再生”系统(对应于人类思维器官)直接承担“把信息提炼成为知识,把知识激活成为智能”的任务。一个是“知识的生成”,一个是“知识的激活”,它们构成了整个智能系统的核心,也是“知识论”的核心。

当然,完整的智能系统则还应包括信息的执行(施效),以及根据反馈(获取)的效果进一步改进策略、直到满意地达到目的的过程。

不无遗憾的是,在此之前,学术界还没有来得及建立起“知识论”。

虽然,人工智能领域曾经一度探讨和建立过“知识工程”,然而,正象它的名称所表明的那样,“知识工程”主要关心的是知识的实际工程操作方法,没有全面涉及和深入解决知识本身的理论问题,因而也没有揭示“信息-知识-智能”三者之内在的本质联系。这方面最明显的例证之一是:在知识工程的典型成就—专家系统的研究中,系统的知识仍然主要依靠人工的方法获取,因而成为专家系统研究中的一个明显的瓶颈。另一个明显的例证是虽然知识工程研究了各种各样的人工智能专家系统,然而,并没有从中提炼出如何把知识激活成为智能的一般性理论。

当今世界科学技术的迅猛发展,已经对知识理论的研究提出了紧迫的需求。研究和建立知识理论的任务,已经时不我待。有鉴于此,本文和前文的工作集中到一点,就是从定性和定量两个方面为研究知识理论建立起必要的基础,进而在此基础上阐明知识理论的核心命题,即“第一,如何通过归纳机制把信息提炼成为“知识”;第二,如何通过目标导引把“知识”激活成为“智能”。这样两个核心命题的初步阐明,在一定程度上揭示了信息、知识、智能三者之间内在的本质联系。

由于知识论框架的建立,使信息论与智能论之间长期隔断的联系得以初步沟通。因此,这些结果也必然会成为“信息-知识-智能”统一理论的核心和灵魂。当然,本文提出的知识论框架仅仅是一个初步的尝试,还有大量的工作需要进一步研究。

令人欣慰的是,不久前,作者和他的学生们把知识论的思想成功地应用于国家863计划项目“智能型机器自动文献摘要系统—LADIES”的研究,取得了令鉴定委员会专家们甚感满意的成果^[2]。我们衷心希望,通过学术界的共同努力,“信息-知识-智能的统一理论”会很快地日臻完善,成为21世纪这个信息-知识-智能社会的重要学术支柱。

参考文献:

- [1] 钟义信. 知识论的基础研究. 电子学报, 2000, 29(1): 96 - 102.
- [2] 杨晓兰, 钟义信. 基于理解的自动文摘系统的研究与实现. 电子学报, 1998, 26(7): 155 - 158.

作者简介:



钟义信 北京邮电大学副校长, 博士生导师, 长期从事信息科学与人工智能的教学与研究。