

巨型智能系统的探讨¹⁾

戴汝为 王珏

(中国科学院自动化研究所, 北京 100080)

摘 要

本文将巨型智能系统研究方案归纳为四种类型: 1) 封闭巨型智能系统方案; 2) 半封闭巨型智能系统方案; 3) 半开放巨型智能系统方案; 4) 开放巨型智能系统方案. 该文对系统建造及系统结构上“社会”方式的意义进行了分析, 从而得到一个研究巨型智能系统方案的系列.

关键词: 智能系统, 封闭与开放, 综合集成.

一、引 言

近几年, AI 研究者深感传统 AI 理论及技术的局限性, 从方法论到技术实现各个层次的反思已成为一种趋势, 而其他各个学科对 AI 的批评与渗透则更促进了这个进程. 在反思中, 一方面是对 AI 研究中采用还原论的批评, 目的是想纠正对 AI 不切实际的追求; 另一方面则是考虑以往有几百条最多上千条规则的“自力”的紧耦合系统在表现智能行为方面的局限性. 这样, 考虑开展巨型智能系统研究就是自然的了²⁾.

当前, 系统科学中复杂系统研究的一些理论与方法在 AI 领域中得到重视. AI 与社会系统工程的结合已成为一种必须加以重视的想法. 90 年代初我国著名科学家钱学森提出了开放的复杂巨系统及其方法论, 这是系统科学的一个重大发展. 在此基础上, 他又进一步提出创建从定性到定量综合集成研讨厅体系 (Hall for Workshop of Metasyntetic Engineering) 的方案, 其构思是把人综合集成于系统之中, 采取人机一体, 以人为主要的技术路线, 致力于把今天世界上千百万人的聪明智慧和已经不在的古人的智慧全部综合起来, 把人的思维、思维的成果、人的知识以及各种情报资料、信息统统集成起来(引自 1992 年 11 月 13 日钱学森同志一次谈话. 这个想法与 Minsky 的“未来图书馆”与 Feigenbaum 的“国家知识库”的理想^[1]是类似的). 本文把上述研讨厅体系归之为一类巨型智能系统, 以便于与当前国际上的一些巨型智能系统相比较, 对综合集成研讨厅体系的重要意义有所了解. 这里的主要工作是从系统设计策略(研制过程)与系统结构(问题求解过程)两个方面将巨型智能系统研究方案划分为四类, 并在分析了这些方案的特点之后, 从系统的社会结构上给出这些方案的理论框架, 从而概括出一个研究巨型智能系统方

本文于 1993 年 3 月 2 日收到.

1) 国家攀登计划与 863 高技术资助项目.

2) 戴汝为、王珏, 智能系统的综合集成, 中国科学院自动化所技术报告, 1992 年.

案的系列。这些方案是：

- 1) 封闭巨型智能系统方案(例：大百科全书方案)；
- 2) 半封闭巨型智能系统方案(例：公共知识载体方案)；
- 3) 半开放巨型智能系统方案(例：开放信息系统语义方案)；
- 4) 开放巨型智能系统方案(例：从定性到定量综合集成研讨厅方案)。

二、封闭与开放

封闭与开放的意义一般是指一个系统在求解实际问题时,与外部环境、与其他系统是否存在信息、能量及物质的交换。本文则是在此基础上给出一个把智能系统在研制过程及问题求解过程两方面加以引伸的说明：无论在研制过程还是问题求解过程中“封闭”的智能系统就是一个“自力型”的系统,相反,“开放”的智能系统是一个“社会型”的系统。即“开放”的智能系统是一类“进化”的系统。

在封闭系统中,就系统设计而言,是对这个系统在表示、推理及知识库内容均存在一个公认的详尽准则,这个准则将在整个研制过程中起作用,也就是说必须保持系统的完整性与一致性;对问题求解过程,就是系统的结构是独立的。封闭型系统的追求是一个包括对整个世界描述的系统,而且相信这样的系统可在一定的准则下完整且一致地实现。封闭系统被分成两类——封闭型与半封闭型,它们的区别在于对系统的设计研制过程,封闭型是“自力型”的,半封闭型则是“社会型”的。

开放的智能系统是一个“社会型”的系统,对系统设计而言,它也需要一定的准则,但这些准则的意义仅仅相当于一个行业中的规则及必要的术语,而在“社会”中的“个体”则完全可以有不同的个性。在设计过程中仅需考虑社会的结构,至于“个体”的结构则完全可由不同的研究小组较自由地完成(但应遵守社会所规定的准则),这点与半封闭系统类似。与封闭系统的本质差别在于系统结构,开放的系统只有在对具体问题求解时,才会动态地构成系统。开放系统是建立在“智能行为与社会行为相似”的假设基础上。开放系统也被分成两类——半开放型与开放型,它们之间的差别在于对社会中层次的认识与人在社会中的作用。

由于人在系统中的作用与关系涉及了智能系统的研究目标这一根本问题,因此,在国内外已引起了很多讨论及争论。钱学森于1991年初,在关于智能计算机长远目标的讨论中,提出:“我们要研究的是人与机器相结合的智能系统,不能把人排除在外,是一个人机智能系统”;并强调:“人始终发挥着主导的作用”(引自钱学森同志1991年4月18日的一次谈话)。在国外,Lenat与Feigenbaum在1991年也明确提出“人机合作预测”是知识系统的“第二个纪元”。他们提出“系统将使智能计算机与智能人之间成为一种同事关系,人与计算机各自都执行自己最擅长的任务,系统的智能是这种合作的产物。这种交互可能天衣无缝和极其自然,以至于技能、知识在哪里(在人的头脑中或在计算机的知识结构中)都没什么关系。断定智能在程序之中是不准确的。从这样的人机系统中将出现超过人的智能和能力。在这阈值之外,有着我们如今无法想象的奇迹”^[2]。

四类巨型智能系统一般说在理论、方法与技术上有一定的继承性,在封闭型系统研究

中发展出来的基本机制,象大知识库的想法,对其他三类系统均是有益的. 半封闭系统所强调的“自力”系统构造社会化的理论、方法与技术必将对开放类系统作出贡献. 而半开放系统对辩论及社会结构(具体说就是分布 AI 系统)的研究必有益于基于系统理论的开放类系统的研究.

三、封闭巨型智能系统方案

可以认为封闭巨型智能系统方案的构思是专家系统研究的自然延伸,是对在专家系统研究中发生的“知识获取的困难”及“脆弱性”进行反思的结果. 在这类巨型智能系统的研究中, AI 研究者选择了完全不同的指导原则. 以 Newell 为代表的 SOAR 学派认为,智能系统的研究应找出产生智能行为的简洁严谨的原理作为其系统的核心,根据这些简洁的原理将能保证系统可以产生比原来系统稍稍复杂的行为,他们声称“这样,系统可以逐渐复杂起来,最终产生人的智能”^[3]. 这是“还原论”的指导思想. 而以 Lenat, Feigenbaum 为代表的大百科全书 (CYC) 学派则认为,寻找简洁 AI 核心原理对 AI 来说还是很遥远的事,他们认为解决知识获取及脆弱性的关键在于系统应有足够的起码的一般性知识(这里是指大家公认的知识). Newell 在去世前(1992)已认识到 SOAR 的不现实性,在他与记者的一次谈话中,强烈地表示,智能系统应走综合集成之路^[4]. 本节将只讨论 CYC 方案.

3.1 知识阈值理论

大百科全书学派的口号是“知识就是力量(Knowledge is Power)”,因此这个学派也称为知识学派. 它是传统 AI 中知识工程思想的继承与发展的典范. 他们对智能的理解是十分朴素且工程化:“智能就是在(一个从观察者的直觉上看)巨大的搜索空间中,迅速地找到一个满意解的能力”. 因此他们认为启发式知识是体现智能的关键,而启发式知识的获取恰恰是传统专家系统失败的原因. 当探讨这个原因时,他们考虑这是因为缺少必要的起码的一般性知识,因此为了解决这个问题,大百科全书计划提出建立一个具有大量一般性知识,就象大百科全书一样的大知识库,并由此提出了知识的阈值理论^[2]. 它包含了三个假设:

1) 知识原理假设. 一个智能系统能够呈现出智能的理解与行为,是因为它具有且能使用某个领域及可能与这个领域有关的知识. 大百科全书计划认为当前阻碍专家系统进展的原因不是系统所采用的控制策略及机制,而是知识,特别是一般性知识.

2) 广度假设. 在专家系统的研究中发现,几乎所有这样的专家系统均存在着脆弱性的弱点. 这与人类智能行为的差异是:人所使用的知识不仅仅包括领域的知识,还包括了一些一般性的知识及与其他领域进行类比的能力.

3) 实验验证假设. 大百科全书研究者在方法论上的口号是:实验必须依靠假设来驱动,理论仅仅是指南而不是主人. 对一个问题过早的形式化只会掩盖系统将存在的问题,智能行为应表现在对意外的证伪之中.

3.2 大百科全书计划的理论框架^[2]

1987年 Lenat 与 Feigenbaum 发表了大百科全书计划. 它的主要贡献在于解决一

般性知识的选择及使用的问题。其理论框架可以归纳为：大百科全书是一个巨大的至少包括一百万个 Frames 一般性知识的知识库系统。在这个巨大的知识库系统中有以下几个特点：

- 1) 智能行为取决于在系统中存在着大量的知识；
- 2) 一般性知识是解决系统的脆弱性的关键；
- 3) 知识的表示是显现的；
- 4) 系统具有推理的能力，类比推理可用来解决知识库的相关性及知识获取问题；
- 5) 知识的使用过程是搜索；
- 6) 智能系统应具有提出假设及证伪的能力；
- 7) 智能行为来源于实验-验证的过程。

封闭巨型智能系统研究的特点，从系统设计上讲，带有个人的色彩；从系统结构上讲，系统是一个整体。因此对实际问题求解的能力仅仅与系统自身有关。这个在设计过程与系统结构上的特点是称其为“封闭”系统的原因。

四、半封闭巨型智能系统方案

半封闭巨型智能系统其实是一类从封闭到开放过渡型的巨型智能系统方案。引发此种系统研究的原因在于智能系统中建立大知识库的需要及知识自动获取的困难。大型知识库系统研制的经验已经说明采用“自力”方式建立巨型智能系统必然消耗大量的人力与物力，为此在系统的建立过程中采用“社会”方式也许更为有效。这种“社会”方式的特点是：不同的人在不同的地点根据自己的特长与想法采用不同的方式及模型来建立不同的知识库，这些知识库在问题求解时可以和谐地解决一个复杂的问题。这些知识库应满足以下三个条件：1) 对被求解的问题各知识库应是一致的；2) 在功能上各知识库有较明显的分工(各尽其责)；3) 在问题求解中，需要且仅需要这些知识库。这三个条件是半封闭型系统与开放类系统的区别所在。

4.1 智能行为的社会性

计算机智能行为是社会性的还是自力性的？如果认为个体智能对解决复杂问题是决定性的，发展自力型的系统是合乎逻辑的，这就是“孤立”的专家系统；否则采用社会性方式就是合理的。尽管个体的智能是智能行为产生的基础，但是自力型系统的局限性是系统在研制与问题求解时均会遇到困难。因此采用社会系统工程方法来满足建立大知识库的需要及克服知识获取的困难也许是有效的出路，它具有“进化”的特征。如果将这个系统设计思想与 R1 系统设计思想^[1]进行比较，可有以下几个明显的好处：1) 设计过程是并行的；2) 不同的子任务相对较小，由此可以减少大量人力与物力的消耗；3) 设计者只需要知道很少的协议，而不必详细了解其他子系统的细节；4) 在问题求解的过程中，可采用分布方式并行地完成较复杂的任务，而不必在程序设计中过多地考虑搜索空间及时间消耗。

目前对半封闭型系统的研究有两种不同的路线：其一，没有一个特定的论域，而是将各个不同的研究小组中已存在大量的根据个人喜好而发展出的系统有效地集成在一起；

其二,则是认为这是 AI 的一个全新的课题,因此应该建立一些试验场,在一个被限制的领域中研究它的问题,以便为 AI 研究开创一个坚实的新方向^[6]。从已有资料看,后者已完成了一些重要机制的研究,试验场已经建立,初步的试验已经完成。

4.2 公共知识载体的理论框架^[1]

公共知识载体 (Knowledge-Bus) 设想是美国 Palo Alto 的几个 AI 研究小组的专家在 1992 年提出的。从系统结构讲,这个思想是一类知识一致、被观测数据一致的分布式 AI 系统。公共知识载体可以归纳为以下的理论框架:

- 1) 公共知识载体上搭乘了一组知识库系统;
- 2) 知识库系统是“孤立”的(在设计及求解中均是“孤立”的);
- 3) 所有知识库系统均遵守一定的准则;
- 4) 所有知识库系统是公共知识载体需要且仅需要的;
- 5) 知识库系统之间是协作的。

为了实施这个理论框架,设计了一个称为 PACT (Palo Alto Collaborative Testbed) 的系统。这个系统的功能是完成“重新设计机器人手臂”的任务。这个系统已在 1991 年 10 月进行了演示。

封闭巨型智能系统可以被考虑为公共知识载体上搭乘的一个起重要作用的知识库,这就是封闭类系统与半封闭类系统之间的继承关系。

五、半开放巨型智能系统方案

半开放巨型智能系统是另一类强调社会性的方案,它与半封闭系统方案研究的差别在于:在问题求解过程中,它不强调形成一个自成体系的独立系统,相反,它主张智能系统是由社会中各个独立的“个体”组成,只有在对一个具体问题求解时,社会中的一部分(注意!这里强调的“一部分”,是与半封闭型系统的重要区别之一)“个体”才形成一个互相争论与协作的系统。因此在这个方案中,各个“个体”对一个实际问题的看法存在分歧(矛盾)是必然的,而解决矛盾是这个方案的关键所在,这也是它有别于封闭方案的要点之一。

5.1 矛盾

AI 研究者很早就意识到在 AI 系统中知识的不完全及观测数据的不可靠是不可避免的,研究者试图利用带有统计意义的数学方法来解决这些问题,但在一致性的假设下,这些方法仅仅获得了有限的结果,具体的说仅对某些数据不可靠的情况有效,而对知识不完全的例外处理,则是无效的^[7,8]。在实际世界中的矛盾比传统逻辑意义下的矛盾要相对复杂:

1) 矛盾是具有相对性的。在不同的体系下矛盾会转换,例如 XOR 问题,其本质是在二维空间中定义的一组矛盾方程,即

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

在右边方程的 4×4 矩阵中,第一列为阈值,第四列为第二列与第三列之积所产生的值. 容易证明,上述 4×4 矩阵是满秩的. 矛盾消除

2) 认知意义下的矛盾与逻辑意义下的矛盾是有区别的,逻辑意义下的矛盾就是存在互补对;而在认知意义下,则要复杂得多. 例如 Shortliffe 曾提出下述两个逻辑公式在认知意义下是有区别的^[9]

$$A_1 \wedge A_2 \wedge A_3 \rightarrow B, \quad A_1 \wedge A_2 \rightarrow B.$$

5.2 分布 AI 的分类

由于社会型系统与分布 AI 之间存在着密切的关系,本节将讨论分布 AI 的分类. 分类的特征则取自对各子系统知识一致性与观测数据之间的组合. 对分布 AI 可以分成以下四类:

1) 知识一致,观测的数据相同: 这种类型系统的主要任务是解决大搜索空间问题. 它要求问题必须是可分解的,以便将一个在串行条件下无法解决的问题变成在多台机器上可解决. 其难点在于对问题的分解及对资源的分配.

2) 知识一致,观测的数据不同: 这种类型的系统试图解决子系统所基于的知识是一致的,但它们所观测的数据却是不相同的问题,这类系统需要有综合各子系统推理结果的能力.

3) 知识不一致,观测的数据相同: 在整个系统中,每个“个体”的知识不一致,但其所面临的数据却是相同的,这就会引起争论,这个争论是由于每个“个体”对这组数据解释不相同而引起的(个体对世界的认识不相同). 医疗会诊是这类问题的最典型例子.

4) 知识不一致,观测的数据有矛盾: 这种情况主要发生在复杂的经济与军事决策中.

5.3 开放信息系统语义的理论框架^[10]

1989 年 Hewitt 提出智能行为不仅仅表现在社会中的每个“个体”上,而且重要的是表现在这些“个体”的交流之中. 为此他提出了开放信息系统语义的理论框架. 它包括了七个基本概念: 1) 社会; 2) “自力”的“个体”; 3) 承诺; 4) 微理论; 5) 依存与协作; 6) 辩论; 7) 交流. 基于这些概念他提出了七个假设:

1) “社会”是由“自力”的“个体”组成的;

2) 每个“个体”具有解决问题及学习的能力;

3) 每个“个体”对社会负有一定的责任,即对社会的承诺;

4) 每个“个体”对世界有自己的认识,这种认识构成微理论. 这种对世界的认识包括了对实际世界的认识及对自身世界的认识. 后者意味着它可通过与其他“个体”的通讯改善自身;

5) 每个“个体”对世界的认识有差异,这意味着它们所具有的微理论不一定是一致的;

6) 每个“个体”承认对世界的认识有片面性及受资源限制,因此对世界中的任一个具体问题的求解,有听取别的“个体”意见的能力及与其他“个体”协作的愿望. 这就是“个体”之间的依存关系;

7) 每个“个体”是自信的,但可在与其他“个体”的辩论中完善自己. 这条与 6) 构成

了交流。

如果将这个理论框架中的“个体”考虑为一些孤立的小系统,由这些小系统组成的社会考虑为智能系统,则上述理论框架就是这类半开放系统研究的基础。

半开放巨型智能系统方案可以考虑是对封闭类系统方案在系统体系“社会化”上的扩展,因此在封闭类系统研究中发展出的成果大多数可以被半开放巨型智能系统的研究所继承。

六、开放巨型智能系统方案

开放巨型智能系统方案的构思是考虑到人类思维过程的复杂性,从而站在系统理论的角度首先分析思维过程的复杂程度,由此得出思维过程是一类开放复杂巨系统的结论。开放型智能系统的研究者充分地认识到智能模拟的复杂性,他们从系统理论的角度分析了这类系统所应具有性质,从而在系统的分层结构、人机一体及综合集成方法论等方面给出新的指导思想^[11]。

6.1 分层结构

“一个智能系统应该是分层的”^[12],这个结论几乎已为所有 AI 研究者所承认。从专家系统研究开始,就认识到在一个系统中知识是应该分层的,由此将系统中的知识分成领域知识及控制知识。专家系统的研究经验表明,这类办法仅适合解决简单问题(简单系统)。

1984年 Bobrow 对系统层次作了新的阐述^[13]。他的观点是一个系统可以分成三个主要层次:功能、行为及结构。他以钟表为例,指示时间就是它的功能,指针跳动或数字变化就是它的行为,而机械构造或石英振荡机构就是它的结构。这种划分的特点是:1)功能可用不同的行为来体现,行为的实现可采用不同的结构。2)结构决定了行为,对行为的解释就是功能。这种分层的方法事实上已经是系统理论的思想。

1988年钱学森同志在一次会议上提出了另一类分层的概念,他举了一个例子,“湍流的概念是用流体力学方程中的奇怪吸引子来描述的”。这个例子是完全不同的一种结构与行为关系的描述方式。流体力学方程对流体而言是一种结构的描述,而对其行为的描述则是方程在一定初始条件或边界条件下的解。结构是确定的,但其行为却不一定是确定的,它将取决于环境。这种分层的方式就不再是简单的、技术性的分层,而是更深刻的一种分层理解。

例如基于这种方式,可以把辩论行为解释成:1)“意见一致”相当于有稳定的不动点吸引子;2)“争论不休”相当于有一个极限环吸引子;3)“无法讨论”相当于奇怪吸引子。这个解释要比简单地提出一个力量较量的概念要深刻。对于学习过程同样可以给出新的解释,概念除了可以定义为稳定吸引子之外,还可以定义为极限环甚至奇怪吸引子(见湍流定义)^[14]。这样学习就可以脱离线性的组合方法,从而大大开拓了学习研究的视野。

6.2 人机一体

AI 的研究一直未能摆脱制造机器生物的思想,这种以“自主”系统为目标的研究路线,严重地影响了 AI 研究的进展。Dreyfus 首先认识到这个问题^[15],在 1991 年钱学森

与 CYC 的研究者分别提出了新的构成人与计算机亲密无间的智能系统的研究目标（见第二节）。而国外对多媒体^[16,17]及灵境技术研究的大量投资也是对智能系统研究目标有所改变的明证。人机一体将可实现形象思维的半机械化，就如同“情报的激活”^[18]。这里必须强调，人机交互与人机一体有本质的差别，前者是人按机器的思路进行工作，人是被动的，这是传统 AI 的方法；后者则是人与机器是平等的，人与计算机互补，但人在创造性上却是主动的。

在人机一体的问题上有两个相辅相成的关键性的问题：其一是人机通讯，另一个是人机一体的体系。前者是实现开放巨型智能系统的必要条件；而人机一体的体系则涉及了更复杂的问题，它不仅仅与在半开放系统中由于引入社会性而带来的一切问题有关，而且面临人作为这个社会一员所带来的挑战。

6.3 综合集成研讨厅的理论框架

1991 年钱学森提出了从定性到定量综合集成研讨厅体系（简称研讨厅）的设想。简单地说，这个研讨厅是由人与计算机系统构成的一个解决复杂问题的社会团体。在这个团体中，人与人、计算机与计算机、人与计算机进行密切合作、各尽所能对它所面临的问题进行综合集成（Metasynthesis）。这种综合集成的意义不同于目前流行的“集成”（Integration），它不是仅仅由简单地多种模块所组成，而是根据问题在某时刻的需要，在系统理论意义下动态地构成社会团体的若干个子集，在不断地信息交流的过程中求得解（一般是局部解）。系统具有“进化”的特征，它可以不断成长、不断提高。其关键之点在于：1) 每个瞬间系统所构成的小团体也许是不同的；2) 系统构成是动态的。基于这种想法可以构成研讨厅的理论框架如下：

1) 研讨厅是由人与计算机系统组成的，人与计算机系统可以统称为成员。研讨厅的能力是所有成员综合集成的表现；

2) 成员对世界具有特有的看法及经验，成员之间对世界的认识可有共识并可存在矛盾；

3) 成员有向其他成员学习的愿望，并具有独立思考的能力；

4) 研讨厅存在着根据问题的需要构造互相协作小团体的能力；

5) 小团体中的成员根据问题求解的进程动态地变化；

6) 研讨厅是具有层次的，这些层次有些是固定的，例如责任大小；有些则是动态的，例如辩论中理由申诉；

7) 研讨厅中的一些特殊成员（某些人）有对问题求解所得结论的最后解释权；

8) 研讨厅自身是开放的，其意义是对一个问题的求解过程，研讨厅自身是动态变化的，换句话说研讨厅应有详细的咨询索引。这个索引的使用过程也是动态的，它即可以来源于研讨厅已知的信息，也可以来自成员的即时推荐；

9) 研讨厅有能力接受实际环境变化的所有信息；

10) 研讨厅的通讯是畅通且方便的，这包括研讨厅与实际环境的通讯及研讨厅内成员之间的通讯。研讨厅问题求解过程是通过研讨厅成员之间及研讨厅与外界信息交换来完成的。

如果将这个理论框架中的研讨厅考虑为智能系统（称为超巨型智能系统），成员考虑

为一些孤立的人或小系统,则上述理论框架就是这类开放系统研究的基础。

开放巨型智能系统方案可以考虑是对半开放巨型智能系统方案的一个扩展,尽管由此产生的问题是十分复杂的,但继承半开放巨型智能系统研究成果是必然的。

七、总 结

对巨型智能系统研究的起因是对传统“孤立”专家系统研究的反思,无论对“AI 应用”的研究者还是对“思维本质”的研究者来说,“孤立”专家系统的能力均不能使他们感到满意。为此研究者提出了研究巨型智能系统的各种方案。本文根据系统设计策略及系统结构将这些方案分成四种类型,并在每类中选择最有代表性的工作,从它们所遵循的理论、方法及技术作一定的分析,从而了解各类方案的特点与关系。

对封闭巨型智能系统的代表作 CYC 来说,其最主要的贡献是充分肯定了“知识就是力量”的定律。其贡献是:一方面 CYC 企图解决建立大知识库所存在的各种问题,另一方面在于这个大知识库所包含的内容是一般性知识(或称为常识知识)。CYC 计划的研究指出, AI 系统的脆弱性是与系统所包含的一般性知识不充分有关的,这点是深刻的。

半封闭巨型智能系统应说是一类过渡型的方案,过渡型的含意是指其最后形成的系统不是向开放型系统靠拢就是退回到封闭型系统上去。它对 AI 的贡献应该说有两点: 1)在系统建立的过程中使用了“社会”方式代替“自力”方式; 2)更加强调综合集成的方法论。

无论从系统建造还是系统结构甚至 AI 所追求的目标来看,半开放巨型智能系统与传统 AI 均是不同的,“社会”方式在这个方案中得到充分体现: 1) 智能不仅是自力的个体行为的体现,更重要的是社会行为的体现; 2)社会是有矛盾的,解决矛盾的过程是社会进步的原因,因此不应强调在社会中各个自力个体之间的一致性。基于这样的假设,智能系统应是分布的,是应有解决矛盾的能力的。这些问题的提出应说是对 AI 的贡献。

开放巨型智能系统是一类基于系统理论的方案,这个方案同样强调 AI 系统是社会型的,与其他三个方案相比这类方案有四个特点: 1) 社会中不仅包括计算机系统也包括人,由此导致了研究人在智能系统中的作用及人机通讯等问题; 2)社会中的成员在实际问题求解中动态地组成层结构,同时这些层在一个求解进程中也是变化的; 3)在社会中成员的个性(包括表示、推理甚至系统组成)是多种多样的; 4)社会组成自身也是动态的。在方法论中,这类系统的研究者是反对采用还原论方法的,他们强调综合集成(Metasynthesis)的方法,而这种综合集成与半封闭系统所采用的机械式集成(Integration)的区别在于强调系统的动态组织。基于这样的想法,大量的研究课题被提出,它们大致可以分成两类: 1)人机体系; 2)系统理论的原理在 AI 中的应用以及社会系统工程的重要性与迫切性。这就是开放类系统的贡献。

开放类系统与封闭类系统之间的区别主要体现在系统结构是否是社会型的,其本质是对智能行为的认识是基于不同的假设: 智能行为是个体的行为还是社会的行为。开放类系统更强调后者,这样各个个体(成员)之间的交流就成为主要的研究课题。而在交流过程中产生矛盾及解决矛盾的方法就成为开放系统研究的要点之一。尽管这两类系统存

在着本质的区别,但由于开放类系统的结构是基于个体(成员)的,而这些个体一般说在问题求解过程中是封闭的,因此在某种程度上,封闭系统所发展出的某些理论又是开放系统理论的一部分。

封闭型系统与半封闭型系统的区别主要是在系统建造的过程,半封闭类系统采用了社会方式以克服建立大知识库中所存在的问题,但在智能模拟过程中,一些巨型的基于封闭思想的系统也许是不可缺少的,因为在思维过程中,一些对日常生活常识的描述不得不采用封闭的思想来完成,典型的例子是自然语言处理中语料库的建立。而问题在于这种封闭的思想不能直接推广到建立独立系统的目标上。Feigenbaum 已认识到这点,他在一篇文章中,明确地指出 CYC 与 PACT 的结合将是最理想的^[1]。

半开放型系统与开放型系统同样存在着重大的差别,在一个智能系统的社会中,对人的因素的考虑是最明显的区别,在开放型系统的社会中,人是非常重要的成员。对系统层次的认识也是不同的,半开放系统并不认为层次在其系统结构中有什么重要意义,原因是其层次基本是静止不动的,相反开放系统则十分重视层次的概念,其原因是在问题求解过程中,其层次是动态变化的,这就导致必须对层次概念进行深入研究。这两类系统同样存在着共同之点,即十分重视矛盾在系统中的意义(一方面矛盾导致学习,另一方面必须存在解决矛盾的方法)。

事实上,这四类系统之间并没有一个绝对的界限,例如,封闭型系统 CYC 的理论框架中包含了证伪的内容,这意味着在其系统中允许存在矛盾。而半封闭系统中的分布结构,也有社会的含意。本文只是根据这些方案理论框架的主体将其划分为四类。这四类巨型智能系统方案在理论、方法与技术上存在着继承关系,由此形成了一个系列。

相信未来的智能系统不会是一个“自力”的系统”,这样的系统绝不会通过象日本第五代计算机计划那样的智能计算机来实现;相反,它一定是社会型的,它的实现依赖于一组人与一群计算机的通力合作,追求纯粹的计算机智能是没有意义的。

致谢。在本文的完成过程中,钱学森同志提出了十分有益的意见,并给于作者关怀与鼓励,在此谨表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] Feigenbaum, E., A Personal View of Expert Systems: Looking Back and Looking Ahead, *Expert Systems with Applications*, 5(1992) 193—201.
- [2] Lenat, D and Feigenbaum, E., On the Thresholds of Knowledge, *AI*, 47(1991), 185—250.
- [3] Rosenbloom, P., Laird, J., Newell, A. and McCarl, R., A Preliminary Analysis of the SOAR Architecture as a Basis for General Intelligence, *AI*, 47(1991)289—326.
- [4] Willich, P., Silicon Babies, *Scientific American*, Dec, 1991, 83—91.
- [5] McDermott, J. R1: A Rule-based Configurer of Computer Systems, Tech. Rep. CMU-CS-80-119, 1980.
- [6] Cutkosky, M. and Englemore, R. et al., PACT: An Experiment in Integrating Concurrent Engineering Systems, will be Published in *IEEE Computer*, 1993.
- [7] McCarthy, J., Circumscription: A Form of Non-Monotonic Reasoning, *AI* 13(1980) 27—39.
- [8] Nilsson, J., *Principle of AI*, Tioga Press, 1980.
- [9] Shortliffe, H., *Computer-Based Medical Consultation: MYCIN*, American Elsevier, 1976.
- [10] Hewitt, C., Open Information System Semantics for DAI, *AI*, 47(1991), 79—106.
- [11] 钱学森、于景元、戴汝为,一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论,自然杂志, 13(1990), (1), 3—

- 10.
- [12] Newell, A., The Knowledge Level, *AI*, **18**(1982), 87—127.
- [13] Bobrow, D., Qualitative Reasoning About Physical Systems: An Introduction, *AI*, **24**(1984), 1—5.
- [14] Wang, J. and Tai, J., Connectionist Problem-solving Based on Dynamics, PRICAI92, Seoul, Korea, 1992, 61—66.
- [15] Dreyfus, H., 计算机不能作什么? (中译本), 生活·读书·新知三联书店出版, 1986.
- [16] Brand, S., The Media Lab. Inventing the Future at MIT, 1987.
- [17] Maybury, M., Intelligent Multimedia Interface, *AI Magazine*, Summer 1992, 35—37.
- [18] 钱学森, 科技情报工作的科学技术, 情报科学技术, 特刊, 1983, 3—12.

THE EXPLORATION OF GIANT INTELLIGENT SYSTEMS

DAI RUWEI WANG JUE

(*Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences Beijing 100080 China*)

ABSTRACT

The research on intelligent systems is recently an important topic in AI research field. The schemes of giant intelligent system are divided into four types: (1) Closed giant intelligent system scheme; (2) Semi-closed giant intelligent system scheme; (3) Semi-open giant intelligent system scheme; (4) Open giant intelligent system scheme. Besides, through such classification, the meaning of "social" style for building system as well as system architecture is analysed. And a sequence of giant intelligent system scheme is obtained.

Key words: intelligent system; closed and open; metasyntesis.

戴汝为 照片、简介见本刊第 19 卷第 5 期。



王珏 中国科学院自动化研究所副研究员。1981 年中国科学院自动化研究所研究生毕业。主要研究兴趣为人工智能理论、专家系统、人工神经网络及智能控制。