

推理机的现在与将来

余少波* 胡守仁** 严隽永*

摘

要

In this paper, firstly, we summarized the history and present of inference methods and inference machines, then, we suggested one of important developing directions is to develop the neural network inference machine

在认知、问题求解、概念学习以及其它的许多智能活动中，推理是一个极为重要的过程。自动推理的研究早在1956年就已经开始了。目前对自动推理的研究，大体上可分为三个主要方面：非归结方法，非单调推理和实用推理技术^[1]。

由于归结方法存在着难以克服的缺点，人们开始寻找一些新的证明方法。这些方法统称为非归结方法，这主要有 Bledson 等人的自然推导法、Knuth² 等人的重写规则法以及 Boyer 和 Moore 的数学归纳法。非单调推理是 McCarthy 和 Reiter 提出的一种方法。其目的主要是解决日常生活中一些常识性问题。现在提出的解决非单调推理的方法中，主要有 Reiter 的缺省推理和 McCarthy 的约束推理。实用推理技术的研究工作一般是围绕着证据推理的可信度展开的，主要有概率推理、模糊推理、关于可信度的 D-S 方法等。此外还有人从事推理技术的基础理论研究以及如何将时间因子引入到推理过程中。

以上只是推理的理论和方法，未涉及到实现问题。而最使我们关注的是如何高效地实现推理。这便是推理机所要完成的任务。

一 推理机的发展

衡量推理机优劣的两个主要指标是^[2]：

* 海军工程学院计算机系

** 国防科技大学计算机系

1) 选择知识、运用知识的准确性；

2) 问题解答所需的时间。

简单地讲，就是其准确性和实时性。推理机技术的发展也是围绕着如何提高这两个指标。简洁地说，推理机技术发展到现在，可以划分为三个阶段。即：顺序推理机、并行推理机和超并行联结 (connection) 推理机。

我们不妨把在顺序计算机上实现的推理系统均称之为顺序推理机。比如，基于 PROLOG 语言的顺序 PROLOG 推理机，基于 xyz 时态逻辑语言的 xyz 推理机等都属于这种推理机。

自八十年代中期以来，为了提高推理机的效率，人们开始在并行计算机上实现推理机。比如并行 PROLOG 推理机等。这里也不妨把在并行计算机上实现的推理系统称之为并行推理机。

为了进一步提高推理机的效率，八十年代中后期，人们开始研究新的推理机实现技术。这里的一个基本的思想是采用超并行联结机制和实用联想存储器技术。这方面最著名的例子有：基于按内容寻址存储器的 PROLOG 推理机^[6]，要注意的是，这里的按内容寻址存储器与联想神经网络是不太一样的^[7]；基于联结机制的规则系统^[8]；基于联结机制的语义网络系统^[9]。这一类推理

机称为超并行联结推理机。

目前对推理机的研究主要侧重于并行推理机和超并行联结推理机的研究。那么,将来的新一代推理机应是什么推理机呢?要解决这一问题,分析目前的各种推理机存在的缺陷,以及如何才能弥补这些缺陷是极为必要的。

1. 知识表达问题。前两类推理机的知识都是集中存放在知识库中,在结构上是将推理机与知识库分开的。后一类也有一些是这样(比如基于按内容寻址存储器的PROLOG推理机)。而在基于联结机制的推理机中,则是用一个节点表示一个知识元,一个连接表示一条规则^{[8][9]}。不论怎样,它们在知识表达上基本上是采用局部表达方式。这样它们的表达能力既受到系统所拥有的资源的限制,同时又没有很好地利用系统所拥有的资源。如果采用分布式表达方法,既可以大大降低系统所拥有的资源对表达能力的限制,又可以大大提高系统所拥有的资源的利用率^[9]。

2. 学习问题。如何使推理系统具有学习能力,是计算机科学努力了四十年而没有很好解决的问题。这当然对现在的推理机技术也不例外。知识获取成为系统的瓶颈。然而,神经网络却为这一问题的实际解决带来了希望。

3. 低效率问题。由于推理系统在结构上是将知识库与推理机制分开的,这样,在它们之间就出现了频繁的信息传输,显著影响系统的效率。若采用神经网络的方法来实现推理机,由于知识和对知识的运用是紧密结合在一起的,因而从本质上就可以解决低效率问题。

4. 容错问题。现有的推理机实现技术虽然具有一定的冗余容错能力(比如最后一类推理机)。但由于其知识表达采用局部表达方式,因而还达不到令人满意的程度。同时,如何对不精确、不完整、甚至自相矛盾的知识进行处理,这仍然是现有的推理机技术感到头痛的地方。而神经网络在这方面却具有很好的特性^{[8][9]}。

上面,我们对现有的推理机存在的问题及其解决方法进行了简要讨论。由上可见,推理机发展的下一个阶段应该是神经网络推理机。问题很简单,神经网络方法除了有现在推理机实现技术所有的基本功能优点之外,还具备解决现有推理机技术所存在的缺

陷的能力。因而,我们相信,神经网络推理机是将来推理机技术发展的主要方向之一。

二 神经网络推理机

文献[5]中,我们首先提出了神经网络推理机的思想。这里,我们将神经网络推理机的思想进一步深化。神经网络推理机的结构框图如图1所示。

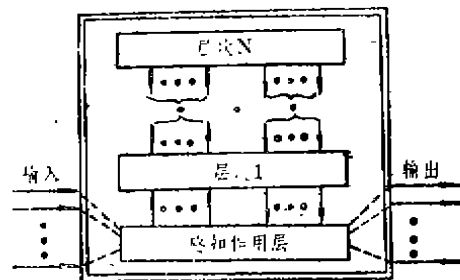


图1 神经网络推理机层次结构

神经网络推理机之所以采用层次结构,主要理由有二:一是,层次结构有许多优点,比如它的表示比较清晰等等。二是,从神经生理学上来看,神经系统有 10^{11} 个神经元,大脑皮层分为五到七个层次。并且神经元是以神经元群为单位来响应外界刺激的,当然有些神经元也具有类似的功能。神经系统中大约有三百万个神经元群,它们通过群内神经元之间的相互作用,神经元群之间的相互作用与协调以及层次之间的相互作用来达到信息处理的目的。

神经网络推理机中,由低层次,比如感知作用层接收来自外界的刺激(询问等),将信号送到更高层次处理,比如聚类、划分、匹配等。高层次的处理结果又通过感知作用层输出出来。同时,来自高层次的信号又能使低层次对某一类外界来的刺激敏感起来。即所谓的集中“注意力”的问题。比如高层次在进行某种推理因缺乏证据而无法得出有益的结论时,可通过对下一层次产生相应的信号,让下一层次特别注意某种信号的到来。这相当于人在思考某个问题一时无法解决但又必

须解决时,人就特别注意收集这方面的信息资料。这种能力是目前推理机所难以达到的。ART网络部分地具有这种功能。

在神经网络推理机中,其知识与推理是紧密地结合在一起的。知识元分布式地由网络来表示。神经网络推理机的推理过程是通过活跃传播来完成的。这样其推理过程是并行地进行的,故其推理效率很高。神经网络推理机具有如下特点:

1. 神经网络推理机根据询问及本身具有的知识所推出的结论是“近似”结论。这里之所以用“近似结论”是因为神经网络本身具有“推广”(generalization)能力。事实上,对于模糊的、不确定的、常识性的知识的处理,神经网络具有较好的优越性。而对于精确的知识处理,传统的程序设计方法则更为合适。因而,要对精确知识进行处理,可用传统计算机作进一步的处理。

2. 神经网络推理机的输入既可以用数学方法能描述的信息,也可以是完整的或不完整的“模拟”信息。后者是不能用数学方法进行唯一描述的信息。比如模式识别中就有许多这样的信息(音乐、连续的语音等)。一个小孩尽管不懂得如何用数学来描述这些信息,但他却可以很好地处理这些信息(比如语音识别、目标识别等)。

3. 神经网络推理机是一种异步的连续驱动的系统,而不是仅仅为输入驱动或询问驱动的系统。也即是说,在没有实际的外界输入的情况下,其推理过程可以继续。这与人在思考问题时是类似的。同样,所有的输入也应该处理为时间的异步函数。

4. 神经网络推理机为实现归纳推理提供了新的支持。对于归纳推理,传统的方法是将其与概率论结合起来^[10]。但基于动力学的归纳推理却具有更高的能力^[11]。神经网络作为一个动力系统,它对归纳推理有更好的支持。这一点的详细讨论我们在另文中进行。归纳推理的两个本质特征是归纳和预测。因而神经网络推理机能在过去输入的信息以及其所积累的信息的基础上预测将来的可能输入。

5. 神经网络推理机的另一特征是其包含有时间因子。这是因为有许多的推理过程包含有因果关系。只有在原因出现之后才能有相应的结果产生,并且在神经网络推理机中,其推理过程是一个异步

的并行过程,因而时间因子就显得很重要。在推理技术中引入时间因子可以大大提高其推理能力^[12]。

6. 神经网络推理机具有学习能力。通过归纳推理,可以学到新的知识。

7. 冗余容错能力是神经网络推理机从本质上就具备的。

参考文献

- [1] 姜云飞 “计算机自动推理” 计算机科学 1988.4. PP52-55
- [2] 张成奇 “基于知识的推理” 计算机科学 1988.6. PP1-12
- [3] 胡守仁、余少波 “人工智能与神经网络” 计算机科学 1990.2.
- [4] Yu Shao-Bo et al “A Quantum Learning Algorithm for Multilayered Neural Network” INNC-90. PARIS. (accept).
- [5] 余少波等 “神经网络推理机初探” 海军工程学院学报 1990.4.
- [6] J.C.D.F.Ribeiro et al “Content-addressable memories applied to execution of Logic programs” IEE Proc.E. vol.138.No.5. 1989. PP383-388
- [7] W. Hieberg “Neural networks and conditional association networks, common properties and difference” IEE. Proc. E. vol. 138. No.5. 1989. PP343-350
- [8] S.T.Gallant “connectionist expert system” Comm. of the ACM. vol.31. No2. 1988. PP.152-169
- [9] Feldman and Ballard “Connectionist model and their properties” Cognitive Sci. vol.6. No.3. 1982. PP.205-264
- [10] 江天骥 “归纳逻辑导论” 湖南人民出版社 1987.
- [11] T.Oi “Chaos Dynamics Executes Inductive Inference” Biol. Cybern. vol.57. 1987 PP.47-56.
- [12] C.Kwong “Representing time.” Approaches to Knowledge Representation, An introduction (edit by G.A.Ringland and D. A.Duce) Research studies Press LTD. 1988. PP.189-205