

表示结构化知识的神经网络模型^{*}

李志刚 胡守仁

(国防科技大学计算机系 长沙 410073)

摘要 研究和设计了一种高度结构化的神经网络模型 HSNN, 它能方便地对结构化知识进行表示和处理。文中给出了 HSNN 的设计过程, 并讨论了 HSNN 在继承、非单调推理和信息检索等方面的应用。

关键词 神经网络, 人工智能, 知识表示

分类号 TP301

A Neural Network Model for Representation of Structured Knowledge

Li Zhigang Hu Shouren

(Department of Computer Science, NU DT, Changsha, 410073)

Abstract Knowledge representation of normal neural networks is generally distributed, so it is difficult for them to process structured knowledge. In this paper, we research on and design a high-structured neural network HSNN for solving these problems. The process of designing a HSNN is shown and the applications of HSNN in inheritance, non-monotonous reason and information retrieval are discussed.

Key words neural networks, artificial intelligence, knowledge representation

神经网络有两种形式, 一种是全息式模型, 即分布式模型; 而另一种是点式模型^[2]。在点式模型中, 每一个结点可以代表一个概念, 或一个符号, 或一个事件, 或一种属性(值), 结点之间的连接表示它们之间的关系。生理学和解剖学的研究成果表明: 大脑皮质具有垂直分层的结构, 不同层次对应于不同的知识表示和存贮^[1], 即大脑皮质中确实存在某种生理结构对应于点式模型。基于这种思想, 设计了一种高度结构化的神经网络, 简称 HSNN (High-Structured Neural Network), 在 HSNN 中每一个结点都有确定的含义, 从而使得结点的活跃值和结点间活跃值的传递都有了明确的意义。

需要说明, 虽然 HSNN 在形式上很象语义网络, 但它跟语义网络之间仍有着本质的

* 1995年11月10日收稿

差异。语义网络的每一个连接都有一个标记，来指明该连接的性质和意义，如 IS-A, PART-OF^[6]，而 HSNN 中的连接却没有任何属性的标记，沿着这些连接传递的信息除了有量值的大小外，不包含任何意义。也就是说，HSNN 的连接模式，连接权重，以及各结点的计算特征不仅要表示领域知识，还要表示对这些知识的处理过程^{[3],[4]}。

1 HSNN 的设计

设讨论的领域有两个物体：obj-1 和 obj-2，它们各具有两种属性：颜色和形状。令 obj-1 为红色方形，obj-2 为蓝色圆形，则该领域的知识表示如图1。图中各结点均是阈值为1的阈值神经元。这是一种简单的 HSNN，它支持两种操作：(1) 给出部分或全部的属性，检索出某物体。例如给出“红色”或“红色、方形”检索出物体 obj-1，从而使 obj-1 激活，而这时 obj-2 没有接收到输入信号，仍保持静息状态；(2) 检索某个特定物体的属性值。例如检索 obj-1 的颜色是什么，只要激活 obj-1，则可使“红”结点激活。

图1的表示无法区分出“红”结点是颜色还是形状，也就无法回答出“obj-1 的颜色是什么？”之类的问题。如果任务是查寻 obj-1 的颜色，则只需沿着“has-color”链搜索即可到达“红”结点。然而，神经网络的连接不存在这样的标记，这就需要额外的机制来解决这个问题。可以设置一些特殊的结点，以保证在讨论 obj-1 的颜色时，只有“obj-1”和“红”结点相关。一种可行的方案见图2。

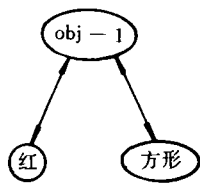


图 1

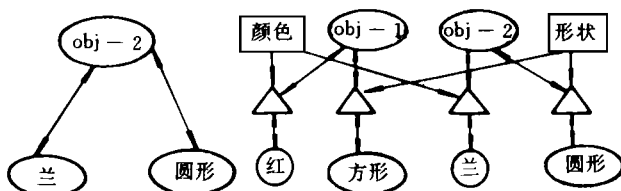


图 2

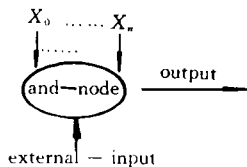


图3 and-node 的势和输出函数

$$\text{potential} = \sum_{i=0}^n X_i$$

$$\text{output} = \begin{cases} 1, & \text{potential} \geq 1 \\ 1/\text{potential} & \text{else} \end{cases}$$

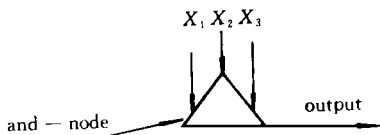


图4 纽带单元的势和输出函数

$$\text{potential} = X_1 + X_2 + X_3$$

$$\text{output} = \begin{cases} \text{and-node}, & \text{potential} \geq 2 \\ 0, & \text{else} \end{cases}$$



图5 概念单元和属性值单元的势、输出函数

$$\text{potential} = \sum_{i=0}^n X_i$$

$$\text{output} = \begin{cases} 1, & \text{potential} \geq 1 \\ 0, & \text{else} \end{cases}$$

图2中矩形结点表示属性, 每一个(物体, 属性, 属性值)三元对由一个三角形的纽带单元相联接, 纽带单元只有当收到两个输入时才变成活跃并开启。当我们查寻 obj-1 的颜色时, 同时激活“obj-1”和“颜色”结点, 这时“红”被激活, 表明 obj-1 的颜色是红色的。增加一个全局“and-node”单元, 该结点接收来自属性结点和一个外界的输入, 它的输出送到每一个纽带结点。它到纽带结点的连接权值都被设计为1。图3、图4分别给出了改进后的 and-node 和纽带单元的内势及输出函数, 图5为概念单元和属性单元的势及输出函数。

现在再来考察逻辑与的实现。在图2中, 设任务“颜色为红并且形状为圆形的物体是什么?”, 对颜色、红、形状、圆形、and-node 给予激励, 这时, and-node 的输出为1/2, 从而使得两个活跃的纽带单元的输出为1/2, 但它们的阈值均为1, 都不足以使它们活跃, 所以将没有物体响应应该任务, 也就是说, 该问题无解。

2 HSNN 的应用

HSNN 可以完成以下几种类型的任务。

2.1 继承

在继承推理中, 如果子概念(类)的某一属性值省缺的话, 那么它继承其父亲或祖先的属性值。因此, 在 HSNN 网络中规定, 凡是子概念与其父亲或祖先有相同的属性值的话, 则该结点与属性、属性值之间的三元连接从网络中略去, 其属性值均从它祖先那里取得。例如, 在球的领域中, 篮球是其中一个子类, 假设球类已标有“形状是圆的”这一特征。如果提问:“篮球的形状是什么?”激活“形状”和“篮球”。第一步: 由于不存在(篮球, 形状, 某一值)这样的三元对, 故暂无解。第二步: 通过篮球-球的连接使“球”激活。第三步: 通过(球, 形状, 圆形)三元对使“圆形”激活, 所以得到: 篮球是圆的这个解。

2.2 非单调推理

某些事物由于特殊性, 其自身的属性值可能会与其祖先的属性值不同。如在上述例子中, “橄榄球”是“球”的一个子类, 但“橄榄球”的形状是椭圆的。如果仅在网络中加入一个(橄榄球, 形状, 椭圆)三元对是不够的, 因为如果激活“橄榄球”和“形状”的话, 属性值“圆”和“椭圆”都将活跃。此时需要在“橄榄球”和“圆”之间添加一抑制性连接即可(权值 $W = -1$)。这种联接机制对于非单调情形的处理显得异常简单有效。

2.3 信息快速检索

信息检索包含两方面含义: 一方面是给定某一事物和某一属性, 要求检索出属性值, 如“橄榄球的形状是什么?”, 这只要将相应的事物和属性激活即可获得属性值; 另一方面是给定某些属性和属性值, 要求检索出具有这样性质的事物来, 如“白色并且圆形的东西是什么?”同样地, 只需激活颜色、白色、形状、圆形、and-node 即可(只有当条件个数大于2时才激活 and-node)。不过, 这时由于继承作用的存在, 使得这种信息检索可能会造成信息的丢失。例如询问:“作为体育用品并且是椭圆的东西是什么?”假设“橄榄球”的用途继承了球的用途, 但其形状与球的形状不一样, 是椭圆的。根据给定的条件, “橄榄球”应该是一个解。但是对 HSNN 网络进行分析, 发现球和“橄榄球”的内势都只

为0.5, 即都只满足了一半条件, 而关于“用途”的信息并没有传给“橄榄球”。用图6所示的方法可以解决这一问题(图中虚线表示抑制性连接)。

图6中添加了 b_1 单元到“橄榄球”的连接, 该连接经过一个中继单元 r , r 的输出函数为:

$$\text{output}_r = \begin{cases} 0, & r\text{-external} = 0 \\ \text{input}, & r\text{-external} = 1 \end{cases}$$

当进行第二种信息检索时, 给予 $r\text{-external} = 1$ 的激励, 使单元 r 接通, 将“用途”的信息传递给“橄榄球”。经过输入的整合, “橄榄球”的势达到1, 变成活跃状态。

由于 HSNN 网络各单元是完全并行工作, 所以这种信息检索速度非常快, 尤其第二种信息检索是传统检索方法无法比拟的。不妨设 HSNN 的网络是同步工作方式, 那么它所需的时间步仅为2, 该值与 HSNN 网络中的信息量的大小及给定条件的多少都无关。在不要求十分精确的场合下, 还可用“模糊匹配”的方法求解第二种信息检索, 即求一个(或几个)事物, 使得对给定条件的符合度最高。这时只需采用“winner take all”的策略^[5]即可求出这种解来。

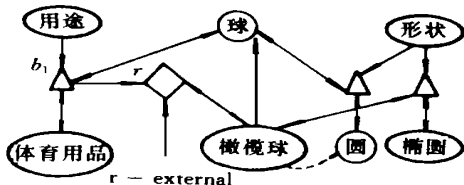


图6

3 结束语

本文构造了一种 HSNN 神经网络模型, 弥补了神经网络在表示和处理结构化知识方面的不足。HSNN 在继承、非单调推理和信息检索等方面的应用, 展示了 HSNN 在结构化知识表示和处理方面有着较强的能力。

参 考 文 献

- 1 鲁利亚 A P. 神经心理学原理. 北京: 科学出版社, 1981
- 2 Joachim D. Explanation and Neural Computation. PB91-192211
- 3 Jerome A F. Connectionist Representation of Concepts. Connectionism perspective, 1989, 25 ~ 45.
- 4 Lokendra S. Structured Connectionist Models of Semantic Networks. Computer & Mathematics with Applications. 1992, 23: 293
- 5 Feldman A, Ballard D H. Connectionist models and their properties. Cognitive Science 1982.
- 6 Quillian R M. Semantic Memory, Semantic Information Processing. MIT Press, Cambridge, MA, 1968

(责任编辑 石少平)