

采用规则与人工神经网络 表示知识的专家系统

田盛丰

(北方交通大学计算机科学技术系, 北京 100044)

THE EXPERT SYSTEM REPRESENTING KNOWLEDGE WITH RULES AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Tian Shengfeng

(Department of Computer Science and Technology, Northern Jiaotong University, Beijing 100044)

Abstract This paper describes an expert system representing knowledge with both rules and artificial neural networks, a model of three-layer feed-forward neural networks and its learning algorithm. It is indicated that representing knowledge with multiple forms is advantageous to system's flexibility and effectiveness.

摘要 本文描述了采用规则与人工神经网络表示知识的专家系统, 一种前向式神经网络模型及其学习算法, 表明采用多种形式表示知识有利于提高系统的灵活性和有效性。

§ 1. 引 言

本文所述的系统分别采用规则和神经网络表示不同类型的知识。规则形式简单, 表达能力强, 易于理解, 适于表达启发性知识。神经网络表示的信息虽然对用户是不可见的, 但表示紧凑, 适于表达边界信息。采用两种形式表示分类知识的铁路隧道围岩分类专家系统已经实现, 并获得较好的结果。下面对本系统采用的神经网络模型及其在专家系统中的应用分别加以叙述。

§ 2. 神经网络模型与学习算法

本系统采用三层前向式神经网络模型, 每个神经元的输出函数均为阈值型函数。第一层的每个单元对应特征空间的一个超平面; 第二层的单元为与单元, 对应各类的每个子类; 第三层神经元为或单元, 将每类的各子类合并为一类。整个学习过程由于类生成、初始化、样本学习等步骤组成。

设学习样本集合由 N 个 D 维样本组成: $\{X_k\}_{1 \leq k \leq N}$, 分类空间由 C 类组成: $\{c_i\}_{1 \leq i \leq C}$, c_i 类由 m_i 个子类组成: $\{s_j\}_{1 \leq j \leq m_i}$. 利用 C -均值算法^[1], 可将各类样本划分到各子类, 计算各子类的子类中心, 并形成三层神经网络的框架.

初始化完成后, 样本学习过程可以使用现有的单层感知器学习算法^[2]. 设 c_i 类样本 X_k 被误分, 且 c_i 类 s_j 子类对应的第 r 个一层神经元的连接权和阈值分别为 W_r 和 td_r , $1 \leq r \leq R_{ij}$, 则样本 X_k 与该神经元对应的超平面的距离为

$$d_{kr} = -h_r \cdot \frac{W_r \cdot X_k - td_r}{\|W_r\|} \quad (1)$$

其中 $\|\cdot\|$ 表示向量的模, 系数 h_r 为

$$h_r = \begin{cases} 1 & \text{第 } r \text{ 个超平面正侧为 } c_i \text{ 类} \\ -1 & \text{第 } r \text{ 个超平面负侧为 } c_i \text{ 类} \end{cases} \quad (2)$$

样本 X_k 与 c_i 类各子类的最小距离为

$$md_{ki} = \min_{1 \leq j \leq m_i} \max_{1 \leq r \leq R_{ij}} d_{kr} \quad (3)$$

应对满足 $md_{ki} = d_{kr}$ 的第 r 个一层神经元加以修正. 若采用固定增量算法, 则修正公式为

$$W_{r+1} = W_r + h_r \cdot g \cdot X_k \quad (4)$$

$$td_{r+1} = td_r - h_r \cdot g \quad (5)$$

其中 g 为修正因子, 一般取值为 $0.1 \sim 1$. 系数 h_r 应满足(2)式.

由于上述模型仅对第一层神经元进行学习, 因此学习速度快. 但由于采用超平面作为各类的分界面, 所以需要的第一层神经元数量较大. 为克服这一缺点, 可以在第一层采用高阶网络. 由于多层结构已保证实现任何非线性分类, 因此高阶网络可仅取线性项和平方项, 从而即避免了输入项的组合爆炸又可大大减少神经元的数量.

§ 3. 神经网络用于专家系统

上述模型已在专家系统构造工具 FRS 中用软件方法实现, 并构造了铁路隧道围岩分类专家系统. 系统将概念以框架形式描述, 将启发式知识以规则形式描述, 深层知识通过实例学习形成人工神经网络的形式.

在专家系统中, 事实或假设可按其取值特点分为顺序取值型和非顺序取值型. 如“质量”的取值可为“很好”、“好”、“一般”、“差”, 为顺序取值, 而“形状”的取值可为“圆形”、“方形”、“三角形”, 为非顺序取值. 系统对每个取值赋予一定的确信度 $cd \in [0, 1]$. 设某事实或假设有 I 个可能的取值, 每个取值的确信度为 cd_i , $0 \leq i \leq I$. 对顺序取值型的情况, 可令导入规则为

$$v = \begin{cases} i & \text{如果 } \max_{0 \leq j \leq I-1} cd_j = 1 \text{ 且 } cd_i = 1 \\ \sum_{j=0}^{I-1} j \cdot cd_j / \sum_{j=0}^{I-1} cd_j & \text{其它} \end{cases} \quad (6)$$

其中 v 为神经网络的输入值. 对非顺序取值型的情况, 可令导入规则为

$$v_i = cd_i \quad 0 \leq i \leq I-1 \quad (7)$$

此时作为 I 个分量输入神经网络.

可以看出, 导入规则将专家系统中的语言值及其确信度转化成了一个连续量, 这样的表示

更为简洁和贴切。

神经网络的功能是通过规则调用的,规则形式为

```
if 前提
  then mann 网络名 argi (输入参数)+ argo 输出参数
```

其中 $\{\dots\}^+$ 表示括弧中的项可有1个或多个。函数将输入参数的值及其确信度通过导入规则输入神经网络,并将网络输出赋予输出参数。

系统的解释功能是通过推理过程中应用规则的跟踪实现的。由于人工神经网络的表示不具备直观性,为此,系统在跟踪过程中将神经网络的功能用普通规则的形式加以表示。设神经网络输入参数 P_m 的最大确信度取值为 $p_m, 1 \leq m \leq M$,且输出参数 Q 的取值为 q ,则相应的规则形式为

```
if  $\{P_m \text{ is } p_m\} 1 \leq m \leq M$ 
  then  $Q \text{ is } q$ 
```

事实证明,采用多种不同的形式表示不同类型的知识,可以提高系统的灵活性和有效性。

参考文献

- [1]J. C. Bezdek, Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms, Plenum Press, 1981.
[2]R. O. Duda and P. E. Hart, Pattern Classification and Scene Analysis, John Wiley & Sons, 1973.

全国第五次软件工程学术会议征文通知

主办单位:中国计算机学会软件专业委员会软件工程学组

承办单位:复旦大学计算机科学系

地 点:上海

时 间:1993年10月

一. 征文范围:1. 软件工具与环境;2. 软件开发方法;3. 面向对象技术;4. 软件管理;5. 软件质量保证;6. 知识工程与软件工程;7. 软件生产自动化;8. 软件工程应用;9. 软件产品化技术;10. 软件工程基础研究;11. 其它(新思想)。

二. 征文要求:1. 上述征文范围中的理论研究和开发成果未公布者均可应征;2. 论文应控制在8000字以内;3. 字迹工整、清楚,用文稿纸(20×20或20×25)誊写,一式二份。

三. 论文投寄说明:1. 来稿无论录用与否均不退还;2. 论文寄“上海市邯郸路220号复旦大学计算机科学系陈锋收(邮政编码200433)”。信封上请注明“征文”字样。

四. 重要日期(以下日期均指邮戳日期):1. 1993年3月31日:截止发稿;2. 1993年4月30日:发出录用和修改通知单;3. 1993年5月31日:收到录用稿全文及盘片;4. 1993年9月中旬:发出开会通知。