

进化神经网络

编码表示

神经网络

拓扑结构

计算机科学1998 Vol. 25 No. 1

55-57

进化神经网络的编码表示机制研究

A Study on Encoding Representations of Evolving Neural Networks

孟祥武

程虎

TP18

(北京邮电大学计算机系 北京100876) (中国科学院软件研究所 北京100080)

摘 要 This paper discusses the classification and properties of the encoding representations of evolving neural networks, analyses the advantages and disadvantages of these methods. These would help designer select encoding representations in different applications.

关键词 Evolutionary algorithms, Neural networks, Encoding representations

一、引言

神经网络学习包括权值学习和拓扑结构学习,目前大部分研究集中于权值学习,结构的选择和确定一般是靠经验和专家知识。设计一个好的神经网络拓扑结构是非常困难的。一般地,学习,连同选择一个优化网络拓扑结构,是一个 NP 完全问题。神经网络需要适当数目的隐结点。网络中的隐结点少了,将降低学习能力,甚至学习过程可能不收敛,不能记忆任何学习模式。隐结点多了,长时间不收敛,还会出现过拟合现象。学习后的网络对从未见过的输入,泛化能力差。

神经网络设计进一步的困难在于:需要特殊的拓扑结构。寻找好的网络拓扑结构的难点主要在于:

1)可能的神经网络结构空间很大,很难找到最优结构,也许仅能找到近似最优结构。由于编码方法等原因,最优结构可能不在选择范围中。

2)最优结构的评价问题很复杂,一般评价标准是训练速度,泛化能力和抗噪音能力。评价本身也是带噪音的,具有一定的随机性。这是由于训练结果依赖于具有随机性的初始条件(初始权值和参数),训练例的顺序等。

3)欺骗问题(deceptive):两个结构相似的网络能显示极其不同的性能。同时,两个结构极其不同的网络能有非常相似的性能。

目前进化算法已被成功地应用于寻找好的神经网络结构和权值学习上,即将进化算法应用到神经网络设计中。对神经网络进行进化学习,期望将这种经验型的结构设计工作转变成算法型的。目前主要是用进化算法中的遗传算法(Genetic algorithms)和

进化规划(Evolutionary programming)对神经网络进行进化学习。这已成为一个新的研究方向——进化神经网络。

Whitley[1990]等对遗传算法应用到神经网络学习进行了综述。Aguilar[1995]用遗传算法确定反馈随机神经网络的参数,基于反馈随机神经网络和遗传算法提出了混合学习算法。

最近进化规划又被应用到神经网络学习。例如,McDonnell[1993]等用进化规划进化前向神经网络,可以同时进化联接数和权值,但网络结点数是固定的。Fogel[1993]用进化规划进化三层全联接前向网,网络结点数可以变化。Angeline[1994]等用进化规划同时获得反馈神经网络的结构和权值。

当应用进化算法到神经网络设计时,每个染色体编码一个网络结构或表型(phenotype)。编码的网络结构称为基因型(genotype)。

编码应该适合问题,而不是描述问题。编码应能表示与问题真正相关的参数,并且避免其它参数。用与问题不直接相关的参数,将引起问题的变化,而不是用进化算法处理它。

通过进化算法来确定神经网络结构,在可能的网络结构中寻找一个好的结构,可分别训练不同结构的网络,然后用适当的代价函数(网络性能,学习时间等)评价它们,选择其中一个最优结构。在得到满意结构之前需要经过许多代的进化。进化神经网络学习的过程是:

(1)编码 对神经网络进行编码,该编码又能转变成相应的神经网络。编码表示机制是进化神经网络的核心问题。

(2)评价 一般是先解码,将编码变成相应的神

神经网络,按学习目标(即进化算法的适应度函数)对神经网络性能进行评价。

(3)选择 选择适应值高的神经网络成为下一代,去掉适应值差的神经网络。一般选择方法是按比例选择,按等级选择或锦标选择。

(4)再生 按不同的编码表示机制,定义相应的再生算子(如遗传算法中的交叉和突变)。通过再生算子产生相应的后代(神经网络)。

(5)判断停止条件 若满足,停止;反之,转(2)。

进化神经网络的核心问题是神经网络的编码表示机制。对神经网络结构进行编码,该编码又能变成相应的结构。编码表示机制约束了一类神经网络结构,限制了一类,而且决定了进化设计的效率和时间-空间复杂度。研究已表明[Stephen, G. R., 1995],编码方法影响所生成的进化神经网络的性能。

二、编码方法分类

已出现了许多编码方法,但概括起来主要有三类:弱编码表示机制,强编码表示机制和文法编码表示机制。

1. 弱编码表示机制,也叫高层编码表示和间接编码。仅在高层考虑结构元素,也就是层或结点的组织,不是单个的连接,是神经网络的抽象描述,连接模式和参数决定结点数和分布。

优点是:(1)编码简单,特别是对于很大的应用问题。(2)搜索的网络结构空间小了。神经网络是限制后的一些结构,而另一些结构被排除了。

缺点是:(1)不能保证编码网络的正确性。(2)难以表示部分,稀疏连接神经网络。

2. 强编码表示机制,也叫低层编码表示和直接编码。编码和网络是一个完全的一对一关系。编码精确地描述每个网络参数(每个连接,结点等)。如矩阵表示[Miller et al. 1989, Salama et al. 1995],每个网络被表示为权矩阵,用矩阵表示结点之间的权是否存在。“蓝图”法,一个网络被几个参数描述:层数,每层的大小,层之间的连接数。用位串表示模块和这些模块向外的连接。模块内所有层之间是前向全连接的。每个模块有一个表示数。在预先定义的输入和输出层之间创建子网来形成网络结构。

优点是:可精确表示网络,如全连接、部分和稀疏连接神经网络。

缺点是:(1)对于大问题,可能是非常长的编码串。会引起大的搜索空间,以至于迭代数急剧增加。进化时间长。(2)会产生不正确的网络结构。如反馈

连接等。

3. 文法编码方法,初始串通过产生式规则扩展,经过给定的步数,得到最终的输出串。不是一个完全的网络被编码,仅仅是一个算法描述如何创建网络。例如,用 L-System 编码的进化算法染色体。Gruau 提出相似的方法,用细胞编码。用遗传编程的树表示储存文法树,包含描述网络结构和权值的指令。

优点是:该方法一般属于变长度编码方法。这克服了固定长度编码的缺点。

缺点是:进化开始前,难以给出所需的文法及其产生式规则。

另外,还有按进化过程中染色体(个体)的编码长度变化,分为固定长度和变长度染色体编码方法。用固定长度的染色体意味着预先固定维的搜索空间。这个缺点能用变长染色体来避免。

三、编码方法的特性分析

Balakrishnan[1995]等较全面地讨论了不同表示机制的一组特性,针对一类特别的应用,为设计和选择编码表示机制提供了指南。主要有九个特性:

1. 完全性。原则上,满足条件的每个神经网络结构都能被构造出来。

2. 封闭性。每个基因编码对应一个可接受的个体,即合理的个体。封闭性保证系统从不产生无效的个体。

3. 紧致性(Compactness)。若两个基因编码 g_1 和 g_2 ,都被解码成相同的个体 p ,若 g_1 比 g_2 占的空间小,就称 g_1 比 g_2 紧致。

4. 可扩展性(Scalability)。表型大小的变化,它作为一个编码大小的变化(需存储表型的空间),相应地解码时间变化是一致的,并且只要表型的变化量是确定的,其它变化量就可确定,它们之间具有一定的函数关系。假如,增加一结点到表型 $N_{a,c}$,需要增加相应的基因型大小 $O(k)$, k 是 n, c 的函数,称这种表示是 $O(k)$ 大小可扩展的。

5. 多重性。若多个基因型解码成一个表型,即从基因型到相应的表型空间是多对一关系。这是基因多重性。若相同基因型的不同例子被解码成不同的表型,即基因型到表型是一对多的关系,这是表型多重性。

6. 个体可塑性。决定表型与相应给定的基因型是受环境影响的。

7. 模块性。若网络 n_1 包括几个子网 n_2 , n_1 的编码(基因型中)对 n_2 的编码仅出现一次。

57-60

计算机科学1998 Vol. 25 No. 1

一种混沌神经网络和动态联想记忆

A Chaotic Neural Network and Dynamical Associative Memory

冯久超¹邱玉辉²

TP18

(西南师范大学物理系¹ 计算机科学系² 重庆400715)

摘 要 Based on Aihara's neuron model, a chaotic neural network model is constructed in this paper. The network is used to associate Chinese characters after the dynamical characteristic of the model is analyzed. Simulation result shows that the network can realize the dynamical associative memory of the embedded patterns and distinguish from similar patterns.

关键词 Chaos, Chaotic neural networks, Associative memory

1. 引言

混沌现象是非线性确定性系统中的一种内在随机过程的表现,普遍存在于自然界及人类社会中^[1]. 表征这种运动的基本特征量是李雅普诺夫指数(Lyapunov exponent). 当前,人们已经确认在人类脑电图(EEG)中存在混沌现象^[2],因为通过嵌入定

理在高维空间中对 EEG 时间序列的分析和计算表明了 EEG 具有正的李雅普诺夫特征指数. 不过,遗憾的是到目前为止科学家们还不能全面解释混沌在脑信息处理中的作用,但人脑在其长期进化中形成的完善性及混沌现象的普遍性使科学家们相信混沌在神经活动中起着重要作用,并充分认识到进行大量的理论和应用研究的必要性.^[3]

8. 冗余性. 能提高可靠性,鲁棒性.

9. 复杂性. 包括基因型的结构复杂性,解码复杂性,计算时-空复杂性(基因解码,适应值,再生等).

其中满意的特性有:完全性,可测性,复杂性. 但是以上特性有时是矛盾的.

编码应该具有完全性,否则对满足条件的神经网络结构可能无法编码. 满足条件的神经网络结构是否存在,若存在,是一个还是多个. 若有多个结构,它们之间可能差别极大. 具有很强描述能力的编码方法,一般比较复杂. 另外,如何判断是否完全,以及完善程度也有困难.

封闭性不满足时,将产生孤立的结点,从输入到输出无路径. 但在实际中,希望编码方法仅允许正确的网络,即所有编码对应着合理的网络. 同时仅正确的网络可以编码. 这就阻止了不正确的网络参与进化循环,省去了无用训练. 因此群体数和迭代数减少了,加快了进化学习时间,使问题易处理.

当一种编码允许无效的染色体通过遗传算子产生,修补它们不总是最好的. 修补结果是重要的遗传

物质失去了,降低了搜索的有效性.

编码方法应包括两方面:(1)编码过程,将神经网络映射成相应的编码表示.(2)解码过程,将编码表示映射成相应的神经网络. 不但要考虑编码过程,而且同时要考虑解码过程. 对两个过程同时评价. 最好两个转换过程都很方便,并且是一一对应的.

结束语 编码表示是进化神经网络的第一步,也是关键和核心的一步,它决定着整个进化过程的效率,及其进化神经网络的性能. 研究表明[Stephen, G. R. et al. 1995]:

1. 编码方法影响最后所生成的进化神经网络性能.

2. 编码串变太时,进化算法性能下降,伴随着进化生成的神经网络性能下降.

3. 对于小问题,网络中仅有少数结点,强编码表示机制优于其它两种表示机制.

4. 当问题大时,弱编码表示机制开始变得好了.

5. 文法编码方法相对而言不受问题大小的影响,用该编码方法进化生成的神经网络,总是比标准结构的神经网络要好.(参考文献共12篇,略)

冯久超 副教授,主要从事神经网络、信号和图像处理等研究工作. 邱玉辉 教授,校长.