

进化算法中一种高级映射方式:胚胎生成^{*}

Embryogeny: An Advanced Mapping Process within Evolutionary Algorithm

卢奕南 王 飞 刘大有

(吉林大学计算机系 长春130061)

Abstract This paper introduces the concept of embryogeny within evolutionary algorithm, an advanced mapping process from genotype to phenotype, explains the three main types of embryogenies by some basic examples and summarizes the benefits of embryogenies.

Keywords Evolutionary algorithm, Embryogeny, Genotype, Phenotype

1. 引言

进化算法是借鉴生物界自然选择和自然界遗传机制的一类搜索算法,已在最优化、机器学习、人工智能、并行处理等领域得到了非常广泛的应用。它从任意个体组成的初始群体出发,通过选择策略、交叉和变异等遗传操作组成新的群体,群体经过若干代的进化,最终找到问题的最优解或次优解。目前它包括了四种类型:遗传算法(GA),演化规划(EP),演化策略(ES),遗传程序设计(GP)。进化算法中搜索空间与解空间通常是分开的,一个基因型表示了搜索空间上的一点,由遗传操作来作用,而表现型表示了解空间上的一点,由适应度来评价。GA早就把基因型和表现型分开,而且基因型向表现型的映射阶段非常简单。生物学家认为在自然界的进化过程中生物的成长是在胚胎生成形成的复杂规则链的作用下,基因、氨基酸、蛋白质、细胞、化学信号等共同作用的结果。一些进化计算领域的研究者已把胚胎生成的概念引入到进化算法中,除了GA最早使用胚胎生成以外,进化算法的其它类型,尤其在传统上只用表现型的GP也已经使用这种方式,成功地解决了许多问题。在用进化系统解决复杂的实际问题时,这种胚胎生成所具有的潜在优势,值得人们不断地探索。

2. 胚胎生成:一种高级映射方式

在进化算法中胚胎生成是一种特殊的映射,它定义了基因型映射为表现型的生长过程。GA中的一对一映射是胚胎生成的初级形式(严格来讲,这种映射过程不是胚胎生成)。胚胎生成分为三种主要类型:外部(非进化)胚胎生成,显式(进化)胚胎生成,隐式胚胎生

成。

2.1 外部(非进化)胚胎生成

在解决实际问题时设计胚胎生成是很复杂的,而大多数的胚胎生成是手工设计,它是从整体和外部对基因型进行定义,因此称为外部胚胎生成。在用于优化的进化系统中通常使用这种比较简单、非进化的映射方式,即定义基因型的基因怎样映射为表现型所表示的优化参数。在用于艺术生成的进化系统中艺术家们在计算机上运用一个形状描述语言进行物体形状的进化设计,指定进化系统中个体所需要进化的基因,并且定义这些基因如何生成表现型,这就要设计较为复杂的胚胎生成,由一种固定的非进化结构来定义。例如对一个桌子的艺术设计,是由一个椭圆体和几个数量可变的的不同位置上的旋转轮来构造。

```
Fixed structure(embryogeny)
Using Shape Description Language
Table=Ellipse(width,height,depth)
{Leg
  X=Shift(distance)
  Y=Shift(distance)
  Rotate&Duplicate(90,#duplicate)}
Leg=spiral(radius,curliness,depth2)
```

图1 固定的结构

基因型由 width, height, depth1, ..., radius, curliness 等多个基因组成,通过这种固定的胚胎生成把基因型设计成不同的形状。

William Latbarn 的进化艺术系统^[1]给我们提供一个外部胚胎生成的很好例子,它运用预先设计好的生长指令集控制环面、球面等形状设计出其它不同的形状。Bentley 用于设计的进化系统^[2]说明了一个适应性的外部胚胎生成,采用层次化的基因排列形式以及相应的遗传操作来生成有效的表现型。如果合理地设计

^{*} 国家留学基金委资助,卢奕南 博士研究生,研究方向为计算智能、计算机应用。

这种胚胎生成,可以有效地提高设计质量,而且用户可以更好地控制最终个体的进化形式。但胚胎生成本身不进化,即在基因型的进化中保持不变,因此用户应该注意设计的映射过程能否得到所期望的结果。

2.2 显式(进化的)胚胎生成

一个胚胎生成把每一步所要执行的指令都明确、显式地表达在一个数据结构中,这些指令可包含条件和循环等语句,它类似于一个计算机程序。算法通过执行数据结构中的指令完成所要求的任务,胚胎生成可以不断地变化,称为显示胚胎生成。图2给出显式胚胎生成用于一种平面布局设计的一个例子,其中指令(函数)Split1垂直均分一个平面,Split2水平均分一个平面,If是条件语句,currentA 给定平面的面积值,value 是一个要进化的参数值。这是一种典型的胚胎生成形式:基因型和表现型相结合,基因型和表现型在进化过程中同时进化。

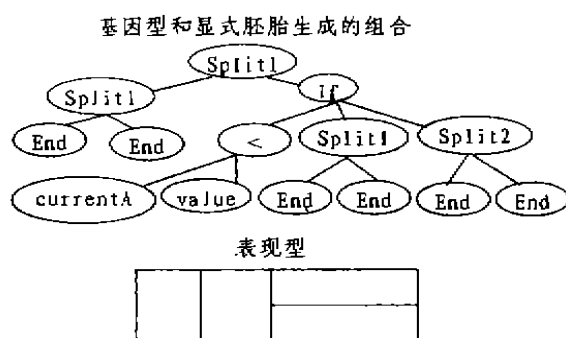


图2 一个显式胚胎生成的简单例子

许多研究者使用过这种类型的胚胎生成,Koza 等人^[2]从 Gruau^[4]利用 GP 进化人工神经网络的创造性工作中得到启发,采用 GP 实现了模拟数字电路的设计。他们构造了类似于图2的含有许多电路元素生成函数和拓扑修改函数的程序树。算法通过执行程序树中的指令把一个“胚胎”电路进化成一个模拟数字电路。很明显,这种方法不必手工设计胚胎生成,基因型向表现型的映射是适应性,即不同的初始条件在条件语句的作用下会产生不同表现型。但此方法也有不足之处,通常需要设计特定的遗传操作以保证对遗传继承性的破坏降低到最小,而且还要定义结构完整的的胚胎生成,循环、子程序等高级功能要人为地加入 GP 中。

2.3 隐式胚胎生成

自然界中的胚胎生成是通过细胞周围的化学成分激活或抑制细胞染色体内的基因,导致细胞的生长、死亡和分化,既不是对基因外部定义的胚胎生成,也不是显式地表现在基因型的胚胎生成,而是相互作用的规则所形成的复杂规则链形式的胚胎生成,称为隐式胚

胎生成,由此产生的行为不是预先设计的,而是动态、并行和自适应的。

在进化系统中通过进化一些简单的规则集,它们循环地运用到当前解中,同时规则集不断进化,从而得到问题的解。规则集中的每个规则由前件(条件)和后件(行为)组成,当条件中几个或全部属性匹配时,此规则被激活,改变了解的状态,又可以激活其它规则,类似于一个产生式系统,下面图3介绍一个简单的隐式胚胎生成,在平面栅格中生成椭圆形,每个规则有4个属性:LEFT,RIGHT,UP,DOWN(# 是通配符,1表示栅格已填充,0表示栅格未填充)。最开始,一个种子放在网格的中心,规则应用到此元素,填充了几个元素,然后规则再作用到当前网格中每个已填充元素,这些规则的激活是基于所要作用元素的邻居或其位置,如此循环直到满足一定的循环次数(循环次数可进化产生)。

	PRECONDITION				ACTION
	LEFT	RIGHT	UP	DOWN	
rule0	0	0	#	0	down
rule1	#	0	0	0	right
rule2	0	1	0	0	left

	0	1	2	3
0				
1				
2				
3				

iteration 0

	0	1	2	3
0				
1				
2				
3				

iteration 1

图3 隐式胚胎生成

Hugo de Garis 通过进化基于单元译码(CA, Cellular Automata)的隐式胚胎生成,成功地构造了大型的人工神经网络^[5]。尽管隐式胚胎生成这种方法现在用得还不多,但它具有很大的潜在优势。在胚胎的生长过程中,由于基因可以被多次激活或抑制,可以完成多种功能,以及基因被激活的内在并行性,使得那些高级特性如循环、子程序,并行处理可以自我实现,而不象 GP 那样人为地引入基因型。隐式胚胎生成优于 GP,但是它很难设计。

2.4 胚胎生成的益处^[6]:

·降低搜索空间的大小:胚胎生成把结构高度紧凑的基因型定义成表现型。由于采用压缩方式(如递归、层次化),基因型使用的参数少于对应的表现型,减少了搜索空间的维数,从而降低 EA 中的搜索空间的大小。

·更好地枚举搜索空间:映射使得两个不同的两个空间共存,对于解空间中很难找到的解,可在对应的搜

模糊神经网络学习样本的选取与网络扩展能力研究^{*}

Study on Pattern Selection and Generalization Ability for Fuzzy Neural Networks

许少华¹ 梁久祯¹ 何新贵²(大庆石油学院 安达151400)¹(北京系统工程研究所 北京100101)²

Abstract This paper deals with lower learning convergence and generalization of neural networks caused by shortage of pattern set. Considering contradiction in a pattern set that may be brought by rough selection, we propose a strategy in which some pattern's regimentation are remedied according to their fuzzy value. Experiments illustrate that this method is suitable to the case that some patterns are wrongly divided. On the other hand, the uncompleted pattern input vectors are a key factor leading to lower generalization of neural networks. In this paper we also consider the influence of adding new input heft on neural networks. Test results proved the validity of this work.

Keywords Neural networks, Fuzzy, Learning, Pattern, Generalization, Logging explanation

1. 引言

目前,有关神经网络的研究日趋走向成熟阶段,早在1989年,仅含一个隐层的BP网络就被证明可以逼近任意的连续函数^[1-3],从而揭示了神经网络强大的计算能力。另一方面,神经网络方法用于问题求解无需建模,给实际问题的求解过程带来很大的方便。对于网络本身的建立,已有许多学习算法,目前使用比较多的是BP学习算法或其变形的形式。但是,网络在学习阶段普遍存在局部极值和学习速度较慢等问题^[4]。针对这两个问题,自反传播学习算法发明以来,许许多多的

学者尝试用各种方法解决,如出现了快速BP算法、模拟退火算法、遗传算法等。这些算法在求解极值问题上有了很大的改进,同时也有各自的缺陷。如快速BP算法避免不了局部极值问题;模拟退火算法虽然一概率1收敛于全局极值,但一般学习速度很慢;遗传算法受编码长度的限制,对于规模较大或精度较高的问题难以应付。

实际问题的求解除了上述问题之外,在很大程度上网络的收敛速度和精度与学习使用的样本集的特点有关。由于以往的学者在采用实验样本时常以“经典”问题作为样本集,如XOR问题、6奇偶数问题等,所使

^{*}黑龙江省自然科学基金资助课题。

素空间上较容易地发现。

·得到复杂的解:通过胚胎生成,简单的基因型可以映射成复杂的表现型。

·重复性:胚胎生成在基因型中使用可重复性结构、如子程序等,可提高算法生成可行解的能力。

·适应性:在进化过程中保证遗传操作产生有效解,满足约束条件,修正失效的功能。

结论 目前研究者们使用的胚胎生成主要有三种类型:外部的、显式的、隐式的,这三种类型各有优缺点,在解的质量、基因型的大小及执行效率上也有所不同,针对具体问题,应该设计有效合理的胚胎生成。生物学家一直提倡胚胎生成的思想,进化计算的研究者也看到了它的潜在优势,尤其在计算机进化设计的领域中研究者们越来越对其感兴趣。

· 94 ·

参考文献

1. Told S, Latham W. Evolutionary Art and Computers. Academic Press, 1992
2. Bentley P J, Wakefield J P. Generic Evolutionary Design. In: Chawdhry P K, Roy R, Pant, R K, eds. Soft Computing in Engineering Design and manufacturing. Springer Verlag, Part 6, 289~298
3. Koza J, et al. Genetic Programming II. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1999
4. Grizou P. Cellular Encoding of Genetic Neural Networks. [Technical report 92-21] Laboratoire de l'Informatique du Parallélisme, Ecole Normale Supérieure de Lyon, May 1992
5. de Garis H. An Artificial Brain. New Generation Computing v12, 2, Springer-Verlag, 1994
6. Bentley P J. Evolutionary Design By Computers. Morgan Kaufmann Pub. 1999