遗传算法的基本原理及其应用研究

曾文飞[1,2],张英杰[2], 颜 玲[3]

(1.湖南大学 计算机与通信学院,湖南 长沙 420081;2.邵阳学院 信息工程系,湖南 邵阳 422008;
3.邵阳师范学校;湖南 邵阳 422000)

摘 要:介绍了遗传算法的基本概念和基本原理,分析说明了遗传算法求解实际问题的基本步骤以及应用领域,指出了遗传算法在应用中的几个关键问题,同时简要介绍了遗传算法研究新动向及存在的问题。

关键词:遗传算法;编码机制;遗传算子;适应度函数
中图分类号:TP312 文献标识码:A 文章编号:1672-7800(2009)09-0054-03

1 遗传算法的基本原理

遗传算法类似于自然进化,通过作用于染色体上基因寻找最好的染色体来求解问题。与自然界相似,遗传算法对求解问题的本身一无所知,它所需要的仅是对遗传算法所产生的染色体有更多的繁殖机会。在遗传算法中,通过随机方式产生若干个所求解问题的数字编码,即染色体,形成初始种群;通过适应度函数给每个个体一个数值评价,淘汰低适应度的个体,选择高适应度的个体参加遗传操作,经过遗传操作后的个体集合形成下一代新的种群,对这个新种群进行下一轮进化。

2 遗传算法的主要步骤

(1)初始化。选择一个群体,即选择一个串或个体的集合bi,i=1,2……n。这个初始的群体也就是问题假设解的集合。一般取n=30~160。通常以随机方法产生串或个体的集合bi,i=1,2……n。问题的最优解将通过这些初始假设解进化而求出。

(2)选择。根据适者生存原则选择下一代的个体。在选择时,以适应度为选择原则。适应度准则体现了适者生存、不适者淘汰的自然法则。

给出目标函数f,则f(bi)称为个体bi的适应度。以P{选中bi}=$\frac{f(bi)}{\sum_{i=1}^{n} f(bi)}n$为选中bi的下一代个体的次数。

显然,从上式可知:①适应度较高的个体,繁殖下一代的数目较多;②适应较小的个体,繁殖下一代的数目较少,甚至被淘汰。这样,就产生了对环境适应能力较强的后代。对于问题求解角度来讲,就是选择出和最优解较接近的中间解。

(3)交叉。对于选中用于繁殖下一代的个体,随机地选择两个个体的相同位置,按交叉概率P,在选中的位置实行交换。这个过程反映了随机信息交换;目的在于产生新的基因组合,也即产生新的个体。交叉时,可实行单点交叉或多点交叉。

例如有个体

S1=100101

S2=010111

选择左边3位进行交叉操作,则有

S1=010101

S2=100111

一般而言,取值为0.25~0.75。

(4)变异。根据生物遗传中基因变异的原理,以变异概率Pm对某些个体的某些位执行变异。在变异时,对执行变异的串的对应位求反,即把1变为0,把0变为1。变异概率Pm与生物变异极小的情况一致,所以Pm的取值较小,一般取0.01~0.2。

例如有个体S=101011,对其的第1、4位置的基因进行变异,则有S′=001111。

单靠变异不能在求解中得到好处。但是,它能保证算法过程不会产生无法进化的单一群体。因为在所有的个体一样时,交叉是不能产生新的个体的,这时只能靠变异产生新的个体。也就是说,变异增加了全局优化的特质。

(5)全局最优收敛(Convergence to the global optimum)。当最优个体的适应度达到给定的阈值,或者最优个体的适应度和群体适应度不再上升时,则算法的迭代过程收敛、算法结束。否则,用经过选择、交叉、变异所得到的新一代群体取代上一代群

基金项目:湖南省自然科学基金项目(06JJ2031)
作者简介:曾文飞(1971-),男,湖南邵阳人,硕士,湖南大学副教授,研究方向为计算机软件理论、演化计算;张英杰(1970-),男,湖南邵阳人,博士,邵阳学院副教授,硕士生导师,研究方向为复杂系统建模、智能控制;颜玲(1976-),女,湖南邵阳人,邵阳师范学校讲师,研究方向为人工智能、图形图像处理。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

体,并返回到第(2)步即选择操作处继续循环执行。

3　遗传算法的应用

3.1　遗传算法的应用关键

遗传算法在应用中最关键的问题有如下 3 个。

(1)串的编码方式。本质是问题编码。一般把问题的各种参数用二进制编码,构成子串;然后把子串拼接构成“染色体”串。串长度及编码形式对算法收敛影响极大。

(2)适应函数的确定。适应函数(fitness function)也称对象函数(object function),这是问题求解品质的测量函数;往往也称为问题的“环境”。一般可以把问题的模型函数作为对象函数;但有时需要另行构造。

(3)遗传算法自身参数设定。遗传算法自身参数有 3 个,即群体大小 n、交叉概率 Pc 和变异概率 Pm。

群体大小 n 太小时难以求出最优解,太大则增长收敛时间。一般 n=30–160。交叉概率 Pc 太小时难以向前搜索,太大则容易破坏高适应值的结构。一般取 Pc=0.25–0.75。变异概率 Pm 太小时难以产生新的基因结构,太大使遗传算法成了单纯的随机搜索。一般取 Pm=0.01–0.2。

3.2　遗传算法的主要应用领域

遗传算法的主要应用领域在于函数优化(非线性、多模型、多目标等),机器人学(移动机器人路径规划、关节机器人运动轨迹规划、细胞机器人的结构优化等),控制(瓦斯管道控制、防避导弹控制、机器人控制等),规划(生产规划、并行机任务分配等),设计(VLSI 布局、通信网络设计、喷气发动机设计等),组合优化(TSP 问题、背包问题、图分划问题等),图像处理(模式识别、特征提取、图像恢复等),信号处理(滤波器设计等),人工生命(生命的遗传进化等)。

4　遗传算法的研究新动向

4.1　基于遗传算法的机器学习

这一新的研究方向把遗传算法从历史离散的搜索空间的优化搜索算法扩展到具有独特的规则生成功能崭新的机器学习算法。这一新的学习机制对于解决人工智能中知识获取和知识优化精炼的瓶颈难题带来了希望。遗传算法作为一种搜索算法从一开始就与机器学习有着密切联系。分类器系统 CS–1 是 GA 的创立者 Holland 教授等实现的第一个基于遗传算法的机器学习系统。分类器系统在很多领域都得到了应用。例如,分类器系统在学习式多机器人路径规划系统中得到了成功应用;Goldberg 研究了用分类器系统来学习控制一个煤气管道仿真系统;Wilson 研究了一种用于协调可移动式视频摄像机的感知运动的分类器系统等。分类器系统在基于遗传算法的机器学习研究中影响很大,但具体实现方法和要解决的具体问题有关。基于遗传算法的概念学习是近几年来机器学习领域的一个较为引人注目的研究方向。由于概念学习隐含的搜索机制,使得遗传算法在概念学习中有用武之地。目前也有一些嵌入领域知识的基于遗传算法的机器学习的研究,如将概念学习中特有的操作遗传化,并显示出一定的优点。此外,学习分类系统的并行实现在基于遗传算法的机器学习研究中也占有相当的分量。

4.2　遗传算法与其他计算智能方法的相互渗透和结合

遗传算法正日益和神经网络、模糊推理以及混沌理论等其它智能计算方法相互渗透和结合,以达到取长补短的作用。近年来在这方面已经取得了不少研究成果,并形成了“计算智能”的研究领域,这对开拓 21 世纪中新的智能计算技术具有重要意义。GA 的出现使神经网络的训练(包括连接权系数的优化、网络空间结构的优化和网络的学习规划优化)有了一个崭新的面貌,目标函数既不要求连续,也不要求可微,仅要求该问题可计算,而且搜索始终遍及整个解空间,因此容易得到全局最优解。GA 与神经网络的结合正成功地被用于从时间序列的分析来进行财政预算,在这些系统中,训练信号是模糊的,数据是有噪声的,一般很难正确给出每个执行的定量评价,如采用 GA 来学习,就能克服这个困难,并显著提高系统的性能。Muhlenbein 分析了多层感知机网络的局限性,并猜想下一代神经网络将会是遗传神经网络。遗传算法还可以用于学习模糊控制规划和隶属度函数,从而更好地改善模糊系统的性能。将模糊逻辑、神经网络和遗传算法三者有机地结合起来应用于温室夏季温湿度控制中,实验结果表明得到了良好的控制效果。混沌表现出的随机性是系统内在的随机性,被称为伪随机性,在生物进化中起着重要作用,是系统进化与信息之源。混沌与遗传算法的结合已有人进行过尝试,如吴新余等采用多种混沌模型构造随机开关,以此控制交叉操作以改进 GA 的性能,采用混沌序列构造变异算子,为遗传算法的实现开辟了新的途径。

4.3　并行处理的遗传算法

并行处理的遗传算法的研究不仅是遗传算法本身的发展,而且对于新一代智能计算机体系结构的研究都是十分重要的。GA 在操作上具有高度的并行性,许多研究人员都在探索在并行机上高效执行 GA 的策略。研究表明,只要通过保持多个群体和恰当地控制群体间的相互作用来模拟并执行过程,即使不使用并行计算机,我们也能提高算法的执行效率。在并 GA 的研究方面,一些并 GA 模型已经被人们在具体的并行机上执行了;并行 GA 可分为两类:一类是粗粒度并行 GA,主要开发群体间的并行性,如 Cohoon 分析了在并计算机上解图划分问题的多群体 GA 的性能;另一类是细粒 GA,主要开发一个群体中的并行性,如 Kosak 将群体中的每个个体映射到一个连接机的处理单元上,并指出了这种方法对网络岭设计问题的有效性。

4.4　遗传算法与人工生命的渗透

人工生命是用计算机、机械等人工媒体模拟或构造出的具有自然生物系统特有行为的人造系统,人工生命与遗传算法有着密切的关系,基于遗传算法的进化模型是研究人工生命现象的重要理论基础。虽然人工生命的研究尚处于启蒙阶段,但遗传算法已在其进化模型、学习模型、行为模型、自组织模型等方面显示出了初步的应用能力,并且必将得到更为深入的应用和发展。人工生命与遗传算法相辅相成,遗传算法为人工生命的

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

研究提供了一个有效的工具,人工生命的研究也必将促进遗传算法的进一步发展。

4.5 遗传算法与进化规则及进化策略的结合

遗传算法、进化规则及进化策略是演化计算的 3 个主要分支,这 3 种典型的进化算法都以自然界中生物的进化过程为自适应全局优化搜索过程的借鉴对象,所以三者之间有较大的相似性;另一方面,这 3 种算法又是从不完全相同的角度出发来模拟生物进化过程,分别是依据不同的生物进化背景、不同的生物进化机制而开发出来的,所以三者之间也有一些差异。随着各种进化计算方法之间相互交流深入,以及对各种进化算法机理研究的进展,要严格地区分它们既不可能、也没有必要。在进化计算领域内更重要的工作是生物进化机制,构造性能更加优良、适应面更加广泛的进化算法。

5 结束语

遗传算法经过几十年的发展,逐渐被人们接受和运用。其应用涉及从工程科学到社会科学的诸多领域。在工程领域特别是人工智能和控制领域中的超大规模、非线性系统优化问题中,遗传算法成为有效求解的得力工具,而这些问题正是传统方法难以解决的。由于遗传算法本身就是一个模拟自然演化的具有自组织、自适应和自学习特征的算法,因此它以独立的或与其它方式相结合的形式被用于机器智能系统设计中。

与此同时, 遗传算法作为一种非确定性的拟自然算法,为复杂系统的优化提供了一种新方法,并且经过实践证明效果显著。尽管遗传算法在很多领域具有广泛的应用价值,但仍存在一些问题,例如局部搜索能力差,存在未成熟收敛和随机漫游等现象,从而导致算法的收敛性能差,需要很长时间才能找到最优解,这些不足阻碍了遗传算法的推广应用。如何改善遗传算法的搜索能力和提高算法的收敛速度,使其更好地应用于实际问题的解决中,各国学者一直在探索着。

参考文献:

[1] BUCHANAN BG,GLICK J.AI topics,A responsibility to celebrate AI responsibly. AI Magazine,Spring 2002.

[2] R J MITCHELL, B CHAMBERS, A P ANDERSON. Array pattern synthesis in the complex plane optimized by a genetic algorithm. Electronics letters, 1993(20).

[4] SAVIC D A, EVANS K E, SILBERHORN THORSTEN. A genetic algorithm based system for the optimal design of laminate. Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering,1999(14).

[5] PATRICK SIZRRY,FRANCOIS GUELY. A Genetic Algorithm for Optimizing Takagi-Sugeror Fuzzy Rule Bases. Fuzzy Sets and System, 1998(99).

[6] 张文修,梁怡.遗传算法的教学基础[M].西安:西安交通大学出版社,2000.

[7] 蒋腾旭.智能优化算法概述[J].电脑知识与技术,2007(8).

[8] 任庆生,叶中行.遗传算法中常用算子的分析[J].电子学报,2005(5).

[9] 余建坤,张文彬,陆玉昌.遗传算法及其应用[J].云南民族学院学报,2002(4).

[10] 蔡自兴,徐光祐.人工智能及应用[M].北京:清华大学出版社,2003.

(责任编辑:杜能钢)

Basic Principle and Application Research of Genetic Algorithm

Abstract:The article synopsis introduced the basic concept and principle of Genetic Algorithm. Analyzed and explained to solve basic step of actual problem and its main characteristics and the application realms, pointed out a few key problem in the application. at the same time, it introduced its new trend of researching and existent problem of Genetic Algorithm.

Key Words:Genetic Algorithm; Encoding Mechanism; Genetic Operator; Fitness Function

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net