

免疫算法与遗传算法比较

葛 红

(华南师范大学计算机系, 广东 广州 510631)

[摘 要] 在介绍免疫算法与遗传算法概念的基础上, 阐明了二者的不同特点, 并通过仿真实验表明了它们之间在功能和应用方面的区别.

[关键词] 遗传算法; 免疫算法; 全局优化; 多峰值函数

[中图分类号] TP18 [文献标识码] A [文章编号] 1000 - 9965(2003)01 - 0022 - 04

人们利用来自于生物系统的灵感, 构造和设计出许多仿生的系统和方法, 例如, 从宏观的飞机、雷达到微观的人工神经网络和遗传算法等, 都为解决实际应用中的疑难问题做出了很大的贡献.

免疫系统作为人体的重要防御系统, 对于保证人体正常的生命活动起着举足轻重的作用. 面对纷繁复杂的自然界, 免疫系统能够自组织地对侵入人体的病菌进行有效的抑制和消灭, 从而保护机体不被破坏.

随着对免疫系统机理认识的逐渐清晰, 免疫系统强大的识别能力引起了其它学科领域研究者的关注^[1]. 近年来人们通过深入探讨, 构造出几种基于免疫系统启示的应用方法^[2], 为解决当前工程领域中的热点和难点问题提供了新的思路. 免疫算法就是其中之一^[2~4]. 从形式上讲, 免疫算法和已被广泛研究的遗传算法有许多相似之处, 有文章也把免疫算法作为另一种全局优化算法与遗传算法进行了比较^[3,4]. 但是, 有许多研究结果表明免疫系统是一个高效的信息处理系统^[2], 并且适合于多峰值函数的寻优及数据分析问题. 本文从这一个角度出发, 对免疫算法和遗传算法进行了比较研究, 说明了二者本质功能的不同.

1 算法介绍与比较

1.1 算法介绍

遗传算法是模拟生物进化过程而设计出来的随机启发式全局优化方法. 其具体步骤如下:

(1) 根据问题实际选择合适的解的表达形式以及各个参数(群体规模、交叉率、变异率等)的值;

(2) 随机产生初始解群体;

(3) 对解群体中的各个解个体进行评价, 由此得出各个解的适应值;

(4) 按照解的适应值对解群体进行“遗传进化操作(选择、交叉、变异)”, 以产生新群体;

(5) 判断是否满足结束条件, 是, 则结束; 否, 则重复 3~5 步.

免疫算法是模拟免疫系统对病菌的多样性识别能力(即免疫系统几乎可以识别无穷多种类的病菌)而设计出来的多峰值搜索算法, 其具体步骤如下:

[收稿日期] 2002 - 05 - 10

[作者简介] 葛 红(1969 -), 女, 讲师, 硕士, 研究方向: 智能控制、智能计算、数据分析.

- (1) 根据问题实际选择合适的解的表达形式以及各个参数(群体规模、交叉率、变异率、浓度阈值等)的值;
- (2) 基于记忆库的记忆元素产生初始解群体,若记忆库中没有相关记忆,则随机产生;
- (3) 对解群体中的各个解个体进行综合评价,包括解(抗体)与问题(抗原)的适应值(亲和力)以及解与解之间的相似度(亲和力);
- (4) 按照解的综合评价对解群体进行“增殖分化操作(选择、交叉、变异)”,以产生新群体;
- (5) 判断是否满足结束条件,是,则结束并将问题的特征描述以及结果元素存入记忆库;否,则重复 3~5 步.

1.2 两种算法的不同特点

- (1) 搜索目的:遗传算法以搜索全局最优解为目标;而免疫算法是以搜索多峰值函数的多个极值为目标.
- (2) 评价标准:基于以上搜索目的,遗传算法以解(个体)对函数的适应值为唯一的评价标准;而免疫算法以解(个体)对函数的适应值以及解(个体)本身的浓度的综合(为保持群体多样性,只有那些适应值高且浓度较低的个体才是最好的)作为评价标准.
- (3) 交叉与变异操作的应用:在遗传算法中交叉操作作为保留好的“基因”同时又给群体带来变化的操作,是遗传算法中的主要操作,而变异操作由于其变化较为激烈,只能作为算法中的辅助操作,从而保证算法的平稳全局收敛. 在免疫算法中,为维持群体的多样性从而实现多峰值收敛,操作以变异为主,以交叉为辅.
- (4) 记忆库:在遗传算法中没有记忆库这一概念. 记忆库是受免疫系统具有免疫记忆的特性的启示,在免疫算法结束时,将问题最后的解及问题的特征参数存入记忆库中,以便在下次遇到同类问题时可以借用这次的结论,从而加快问题解决的速度,提高问题解决的效率.

2 仿真实验及讨论

为说明问题,选用典型的多峰值函数作为实验对象,其形式如下^[4]:

$$F(x) = \exp(-(x - 0.1)^2) \sin^6 5x^{3/4}$$

(1)

其中 $x \in [0,1]$,存在 5 个峰值.

实验 1:以搜寻全局最优点为目标,比较两种方法的寻优性能. 表 1 为两种算法全局寻优性能比较.

表 1 算法的全局寻优性能比较

算法	交叉率(P_c)	变异率(P_m)	浓度阈值(T)	搜索代数(G)	寻优效率(Q)
遗	0.05	0.01		50	0.5
传	0.5	0.01		20	0.9
算	0.5	0.005		18	0.8
法	0.8	0.005		15	0.7
免	0.6	0.05	0.85	50	0.9
疫	0.6	0.05	0.6	30	0.4
算	0.6	0.01	0.3	35	0.8
法	0.6	0.005	0.2	20	0.8

结论:从实验结果可以看出,免疫算法本身具有寻到全局最优点的能力,只是寻优的效率低于遗传算法,但是通过调整参数,免疫算法同样可以实现快速的全局寻优.当然,经过多年的应用和改进,遗传算法已具有了较好的寻优性能,所以,如果问题是要求全局最优解,选择遗传算法更有益于问题的解决.

实验 2:以搜寻多峰值函数的几个峰值为目标,比较两种方法的搜索能力.其中, $P_c = 0.6$, $P_m = 0.05$. 结果见图 1、2.

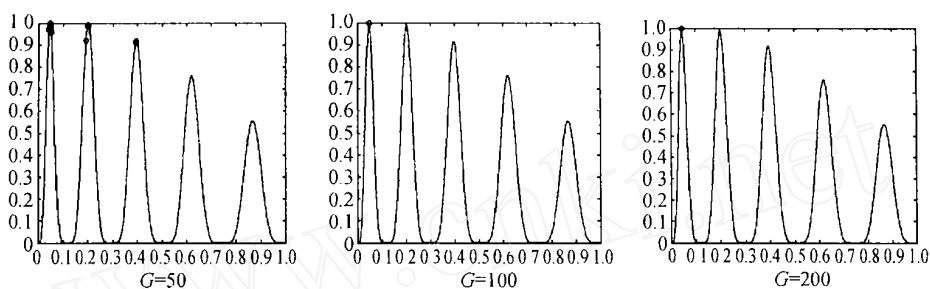


图 1 遗传算法的搜索过程

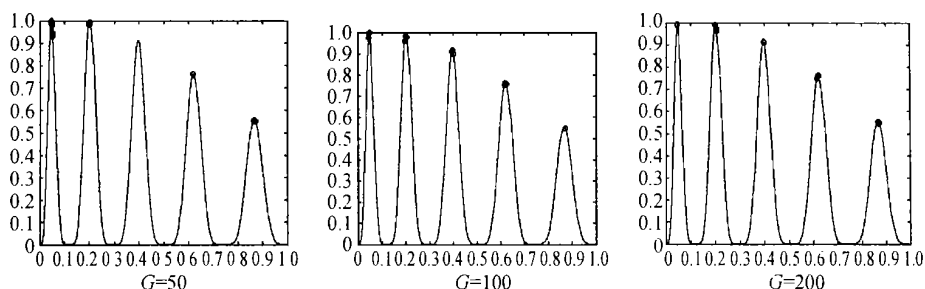


图 2 免疫算法的搜索过程

图 1、2 中,实线——原多峰值函数的曲线;“0”——群体中评价值为前(mnum)个的个体.

结论:从实验结果可以看出,免疫算法具有较好的多峰值搜索能力,能够快速、高效地找到各个极值点.而遗传算法几乎无法找到所有的极值点,即使调整算法参数,也只是使最终结果限于某一个极值点而已.可见,遗传算法基本不具备多峰值搜索能力.对于多峰值(模型)函数的极值点搜索问题,采用免疫算法解决最为合适.

综上所述,免疫算法和遗传算法都是源于生物系统的启示而构造出来的随机启发式搜索算法,二者在实现形式上有着相似之处,但免疫系统和遗传进化系统从功能上讲,有着本质的不同,因此,免疫算法和遗传算法同样在功能上存在截然不同的不同,免疫算法实现的是多样性的搜索,它的搜索目标具有一定的分散性、独立性;而遗传算法主要用于全局最优解的求取,它的搜索目标具有单一性、排它性.

由此可见,研究免疫算法主要针对其算法最终的收敛性和过程的分散性的矛盾,使算法可以快速、高效地收敛于多个峰值上.对于算法本身的研究应考虑以下几个方面:

- 将现有免疫算法应用于多种问题中,以全面了解其特性;
- 探索使用适当的数学工具,用数学的手段对算法特性进行系统的分析;
- 跟踪免疫系统功能机理的研究成果,及时利用所得到的启示改进免疫算法的实现.

同时,基于算法的功能特性,算法可以应用于以下问题:

- a. 应用于多峰值函数的寻优^[2];
- b. 应用于计算机系统安全保护^[5];
- c. 应用于神经网络的优化^[6];
- d. 应用于自组织机器人的行为优化^[2];
- e. 结合免疫系统的其它机制(如免疫网络、免疫记忆等),进一步扩展人工免疫系统,应用于数据分析、数据挖掘等信息处理问题^[2,7].

[参考文献]

- [1] OPREA M, FORREST S. How the immune system generates diversity: Pathogen space coverage with random and evolved antibody libraries[DB/OL]. <http://www.cs.unm.edu/~forrest/abstract.htm>.
- [2] DIPANKAR Dasgupta. Artificial Immune Systems and Their Applications[M]. Springer - Verlag: Berlin Heidelberg, 1998.
- [3] 刘克胜, 曹先彬, 郑浩然等. 基于免疫算法的 TSP 问题求解[J]. 计算机工程, 2000, 26(1): 1 - 2.
- [4] CHUN Jang - sung, JANG Hyun - kyo, HAHN Song - yop. A Study on comparison of optimization performances between immune algorithm and other heuristic algorithms[J]. IEEE Transition On Magnetics, 1998, 34(5): 2972 - 2975.
- [5] FORREST S, HOFMEYER S, SOMAYAJI A. Computer immunology[J]. Communication ACM, 1997, 40(10): 88 - 96.
- [6] KALMANJE Krishnakumar, NEIDHOEFER James. Immunised neurocontrol[J]. Expert System with Applications, 1997, 13(3): 201 - 214.
- [7] TIMMIS J, NEAL M, HUNT J. An artificial immune system for data analysis[J]. Biosystems, 2000, 55(1/3): 143 - 150.

Comparison of immune algorithm with genetic algorithm

GE Hong

(Dept. of Computer Science, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

[Abstract] Immune algorithm is a stochastic heuristic computing method presented in recently years. It is analogue to GA, but there are many difference between the two algorithms. Basic conception of these algorithms and their different characteristics are introduced. The difference between their function and application by is tested by simulation.

[Key words] genetic algorithm; immune algorithm; global optimization; multi - modal function

[责任编辑] 谭满春