

变种群规模遗传算法的研究

张 俞

(贵州职业技术学院, 贵州 贵阳 550023)

摘要 结合人类进化过程中的人口数量变化规律,提出了一种种群规模随进化代数规律性变化的改进型遗传算法(VPGA),该算法只是使种群规模在收敛之前做梯形周期性变化,并不影响其他操作算子。实验与经典遗传算法比较,证明本文改进遗传算法更节省时间、降低能耗,能够以极小的代价得到更优的结果。

关键词 遗传算法 变种群 计算代价

中图分类号 :TN919.81 **文献标识码** :A **文章编号** :1673-1131(2013)01-0005-02

Genetic Algorithm with Variable Population Size

Zhang Yu

Abstract: By simulating the population increasement in the human evolution, a variable population size genetic algorithm (VPGA) is proposed that its population size changes with population generations like trapezia. Without effecting the other operators, the experiment compares with standard GA, the results show that the VPGA can obtain better solutions with less computation time and waste sources than the others.

Key Words: genetic algorithm variable population size computational cost

遗传算法是由美国 Michigan 大学的 John Holland 教授提出的一种模拟生物进化过程的随机搜索算法,采用几种简单的编码方式来表示生物界各种复杂结构,对进化对象进行选择、交叉、变异一系列遗传操作,从而产生更优秀的下一代。那么,算法面临的第一个问题就是进化对象的数目,即是群体规模的大小。根据模式定理及算法的隐并行性,群体规模越大,多样性就越好,算法陷入早熟的危险越小,但同时算法的计算量随之增加,这使得在解决应用问题时功耗过大,不利实际。若群体规模较小,将使算法搜索空间受限,容易导致欺骗问题和早熟现象的产生。近年出现了许多关于群体方面的研究,文献[1]对群体规模和遗传算法的收敛速度之间的关系进行了初步的研究。文献[2]研究了在变化的环境中群体规模对遗传群体多样性的关系。文献[3]在解决不同类型问题的时候,合适 N 值的计算方法需要自适应变化。

1 种群规模

在经典遗传算法中,群体规模在整个进化过程中是个恒值,这与遗传算法的最初思想不太符合,生物界动态的发展,其个体数量当然也随之变动。并且,固定的种群规模值不能根据总体适应度的变化去调节群体多样性和选择压力间的联系,凸显了欺骗问题和早熟现象的出现。图 1 就是种群规模变化示意图,示意图中的 T 表示的是进化过程中种群规模变化的周期,D 是种群规模振荡的振幅。

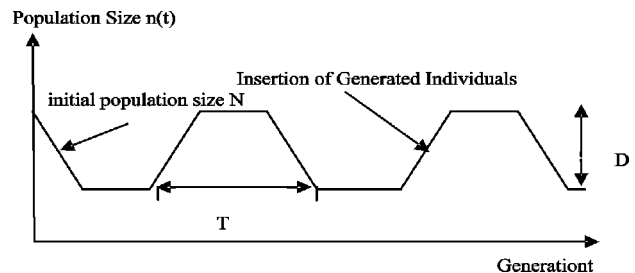


图 1 种群规模变化图

2 函数试验

这里对两个典型的求最小值函数进行优化,将本文提出的梯形算法与经典遗传算法作比较。本文用于检验算法收敛性能标准有:(1)收敛时间及收敛代数,分别表示算法收敛到最优值所用时间及遗传代数的平均值,体现算法收敛的快慢;(2)收敛率,表示算法成功找到最优值的效率;(3)资源占用,表示算法运行整个过程所占的总的字节数。

2.1 测试函数

$$F1: f(x_1, x_2) = \sum_{i=1}^5 i * \cos[(i+1) * x_1 + i] * \sum_{j=1}^5 j * \cos[(i+1) * x_2 + j], -10 \leq x_1, x_2 \leq 10$$

该函数是一个无穷多密集尖峰的多模态函数,有 760 个局部极小值点,其中有 18 个点是全局最小值点,其全局最小值为-186.7309088。

参考文献:

- [1] Ivo Petrás. Fractional-Order Nonlinear Systems. Springer, 2010.
- [2] 于茜,罗永健,史德阳,吴刚.超 Lorenz 混沌系统的同步及其在保密通信中的应用[J].兵工自动化,2011(3)
- [3] 许娟.混沌保密通信系统的调制与解调技术研究.
- [4] Dominik S, Andrzej D. Fractional kalman filter algorithm for the states, parameters and orders of fractional system estimation. Int. J. Appl. Math. Comput. Sci., 2006, Vol. 16, No. 1, 129-140
- [5] 关新平等.混沌控制及其在保密通信中的应用[M].北京:

国防工业出版社,2002,10

基金项目 国家自然科学基金,“分数阶非线性动力系统的不确定性数学理论及应用研究”,项目编号 11171238

作者简介 郭胜楠(1987-),女,河北沧州人,在读硕士研究生,研究方向为不确定性处理的数学、雷达信号处理;罗懋康(1956-),男,重庆市人,教授,博士生导师,教育部“长江学者奖励计划”特聘教授,国家“杰出青年科学基金”获得者,目前主要研究方向为不确定性处理,为该领域国家自然科学基金重点项目,教育部创新团队负责人。

$$F2: f(x1, x2) = (x1^2 + x2^2)^{0.25} * (\sin^2(50(x1^2 + x2^2)^{0.1}) + 1.0), -10 \leq x1, x2 \leq 10$$

该函数是一个非线性函数,在整个区间范围有无数个局部极小点,很容易引起寻优算法在各局部最小区间反复振荡,其全局最优点是(0,0),全局最小值为0。

2.2 函数参数设置及其结果分析

表 1 测试函数的参数设置

函数	最优值	阈值	种群规模 N	最大遗传代数	交叉率	变异率
F1	-186.7309	0.00001	100	80	0.7	0.028
F2	0.000	0.0001	100	150	0.7	0.028

对两种算法分别设定了两种停止进化的条件:(1)对每个目标函数设置一个阈值做为第一停止条件,当种群适应度达到该阈值条件时,就认为算法此次成功收敛,否则就进行下一次寻优计算;(2)设定最大遗传代数,算法在进化过程中最多运行的代数,若算法在最大遗传代数内,得到的最优目标函数值在阈值条件内,则认为算法成功找到全局最优解,否则,如在阈值条件外,说明算法不能寻到全局最优解或停滞于局部最优解。

对两个测试函数分别利用两种算法寻优计算 100 次,两种算法都采用二进制编码方法,及随机遍历抽样、单点交叉法。表 2 中的收敛代数是指算法运行 100 次收敛到最优值所得进化代数的平均值,收敛时间是指算法运行 100 次收敛到最优值所需时间的平均值。

表 2 两种方法的遗传算法性能比较

函数	经典遗传算法				本文算法			
	收敛时间 (s)	收敛代数	收敛率 (%)	资源占用 (Kbytes)	收敛时间 (s)	收敛代数	收敛率 (%)	资源占用 (K bytes)
F1	0.381	56	94.6	753.05	0.281	38	100	710.16
F2	0.460	63	83.7	899.06	0.366	48	98	890.63

从表 2 的数据对比分析得出,在阈值和最大遗传代数的条件下,本文算法都能找到全局最优解,有较强的跳出局部最优解的能力,所需时间和收敛代数少,收敛效率优于经典算法。对于极易陷入局部最优的 F1 和 F2 函数,也能很好地寻到全局最优解。

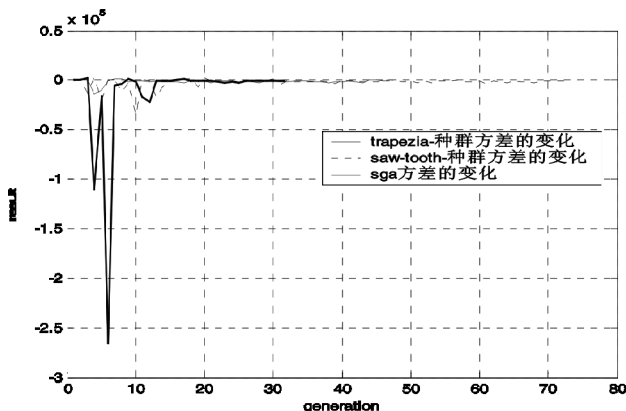


图 2 F1 函数的两种算法的种群方差对比图

定义 1:若第 t 代解群体中的个体 x_t^i 由 L 个基因构成,即 $x_t^i = [x_t^{i(1)}, x_t^{i(2)}, \dots, x_t^{i(L)}]$, $i \in \{1, 2, \dots, N\}$ 定义第 t 代解群体的平均个体为 $\bar{x} = [\bar{x}_t^{(1)}, \bar{x}_t^{(2)}, \dots, \bar{x}_t^{(L)}]$ 其中 $\bar{x}_t^{(i)} = \sum_{j=1}^N x_t^{j(i)} / N$, 由此定义第 t 代的解群体方差为 $D_t = [D_t^{(1)}, D_t^{(2)}, \dots, D_t^{(L)}]$, 其中

$$D_t^{(i)} = \sum_{j=1}^N (x_t^{j(i)} - \bar{x}_t^{(i)})^2 / N, i \in \{1, 2, \dots, L\}.$$

可以看出方差 D_t 是 L 维的行向量,每一个分量表示出了解群体在该坐标上的空间分布,显然 $D_t^{(i)}$ 越大,则解群体在第 i 维坐标上的空间分布越大,方差反映出的是解群体的空间偏离程度。

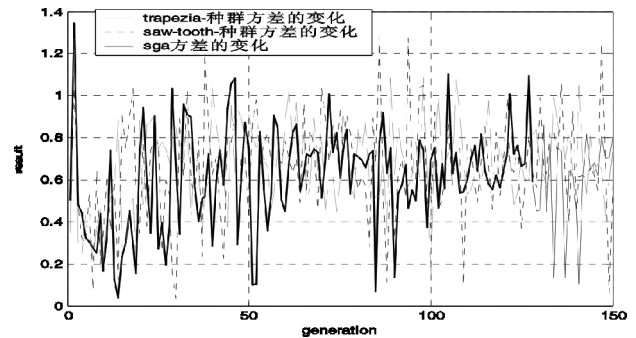


图 3 F2 函数的两种算法的种群方差对比图

图示分析:从上面两个图可以看出,(1)本文改进算法所表示出的种群方差值小于经典遗传算法,且与零值更接近,说明本算法进化所得种群适应度与群体的平均适应度偏离度更小,即算法性能更加有效;(2)本文算法的种群方差分布曲线图更加均衡且集中,说明本算法的整个进化搜索过程比较平缓,不会出现大的波动起伏,这在实际运用中能够更好地体现其稳定性和持续性。

3 结语

函数最优化技术在航空、航天等高科技领域都有重要的应用价值,在一般的工程问题中也显示其寻优价值,但是对于现实问题中出现的高维、多峰、非线性,甚至没有明确数学模型的优化问题,传统的优化技术难以达到较好的效果。本文在传统遗传算法的基础上,改进部分参数,使其更好地发挥遗传算法“适者生存、优胜劣汰”的进化特性,通过对两个测试函数的实验,很好地证明了本算法的跳出局部收敛、良好收敛效率、节省资源等能力,具有一定的实用价值。

参考文献:

- [1] Reis C, Machado J A, Cunha J B, "Population size and processing time in a genetic algorithm," Proceedings of the Second IEEE International Conference on Computational Cybernetics, Vienna, 2004: 127-132.
- [2] Schonemann L, "The impact of population sizes and diversity on the adaptability of evolution strategies in dynamic environments," Proceedings of the 2004 Congress on Evolutionary Computation, Portland OR, 2004: 1270-1277.
- [3] Lobo F G, Lima C F, "Revisiting evolutionary algorithms with on-the-fly population size adjustment," Proceeding of the 8th Annual Genetic and Evolutionary Computation Conference, Seattle WA, 2006: 1241-1248.
- [4] 张莉芬,黎明,周琳霞.基于多种编码的多群体遗传算法[J].中国图象图形学报.2002,9(9):980-984

作者简介:张俞(1981-),女,贵州贵阳人,讲师,研究方向为遗传算法、人工智能。