

三 院

○三一、○三三系



序号	姓 名	职 称	单 位	论 文 题 目	刊 物、会议名称	年、卷、期	类别
1	柏菁 刘建业 袁信	硕士 正高 正高	031 031 031	模糊自适应卡尔曼滤波技术研究	信息与控制	2002.31.03	J
2	曹邦武 姜长生	博士 正高	031 031	基于进化策略的模糊控制系统优化设计方法	数据采集与处理	2002.00.00	H
3	代世俊 杨一栋 余勇	硕士 正高 博士	031 031 031	基于LMI的H ∞ 飞行推力综合控制系统设计	南京航空航天大学学报	2002.34.04	J
4	杜春花 范胜林 袁信	硕士 中级 正高	031 031 031	一种基于GPS的测姿新方法	南京航空航天大学学报	2002.34.04	J
5	段海滨 龚华军 杨一栋	博士 副高 正高	031 031 031	光传飞行控制系统余度技术研究	飞机设计	2002.00.03	
6	范胜林 秦岭 袁信	中级 中级 正高	031 031 031	GPS姿态系统周跳的检测及修复方法	数据采集与处理	2002.17.01	H
7	范胜林 肖纪立	中级 副高	031 031	自动化仪表课程教学改革的实践与探讨	南京航空航天大学学报社科版	2002.4.00	
8	龚华军 杨一栋	副高 正高	031 031	多路复用光传飞控系统半物理仿真研究	南京理工大学学报	2002.26.6A	J
9	胡寿松 王源	正高 博士	031 031	基于自组织模糊CMAC神经网络的不确定系统的H ∞ 鲁棒自适应控制	控制与决策	2002.17.06	H
10	胡寿松 张锐	正高 博士	031 031	一类非线性大系统的间接自适应分散神经网络控制	应用科学学报	2002.20.01	J
11	胡寿松 周川 王源	正高 博士 博士	031 031 031	基于小波神经网络的组合故障模式识别	自动化学报	2002.28.04	EI、H
12	胡小兵 吴树范 江驹	硕士 正高 副高	031 031 031	一种基于遗传算法的求代数方程组数值解的新方法	控制理论与应用	2002.19.04	H
13	匡启和 刘建业	博士 正高	031 031	嵌入式Linux平台下GPS/INS组合导航系统的软件设计	工业控制计算机	2002.00.06	
14	黎明 姜长生 杨承	博士 正高 硕士	031 031 031	歼击机空战占位的模糊神经网络方法	火力与指挥控制	2002.27.03	J
15	黎明 姜长生 叶文青 张立	博士 正高 硕士 硕士	031 031 031 031	歼击机超机动攻击的智能控制及三维动画仿真研究	航空兵器	2002.208.02	
16	林雪原 刘建业 范胜林	博士 正高 中级	031 031 031	三星定位/SINS位距组合导航系统的研究	中国空间科学技术	2002.22.06	J
17	刘春生 汪芳	副高 硕士	031 031	在线故障检测技术在电磁调速系统中的应用	模式识别与人工智能	2002.15.03	H

序号	姓 名	职 称	单位	论 文 题 目	刊物、会议名称	年、卷、期	类别
18	刘春生 吴庆宪 唐立群	副高 正高 中级	031 031 031	"控制系统的设计与实践"课程建设的探索与教学实践	南京航空航天大学学报社科版	2002.4.18	
19	刘亚 胡寿松	博士 正高	031 031	Fuzzy Robust H^∞ Control of Uncertain Nonlinear System with Time - delay	Transactions of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics	2002.19.02	J
20	吕炜 应金栋 王惠南	硕士 硕士 正高	031 031 031	面向对象的编程思想在GPS测姿系统中的应用	导航	2002.38.06	
21	孙永荣 刘建业	中级 正高	031 031	机载火控系统通讯管理计算机研究	测控技术	2002.21.01	J
22	孙永荣 刘建业 袁信	中级 正高 正高	031 031 031	An Improve GNSS/SINS for SAR Motion Compensation	5th Asia-Pacific Conference on Control and Measurement	2002.07	
23	王德盛 孙永荣 刘建业	硕士 中级 正高	031 031 031	一种Modem通信编程的方法	电子技术	2002.29.08	
24	王德胜 孙永荣 刘建业	硕士 中级 正高	031 031 031	基于TAPI的数据通信实现技术研究	电力系统通信	2001.00.12	
25	王源 胡寿松	博士 正高	031 031	基于自组织模糊CMAC网络的非线性系统鲁棒自适应跟踪控制	自动化学报	2002.28.06	H
26	武国庆 姜长生 张锐	博士 正高 博士	031 031 031	神经网络在直升机空空导弹攻击中的应用研究	南京航空航天大学学报	2002.34.05	J
27	武国庆 姜长生 张锐 卢伟健	博士 正高 博士 博士	031 031 031 031	基于径向基神经网络的不确定非线性系统的鲁棒自适应控制	航空学报	2002.23.06	H
28	武国庆 姜长生 曾国贵	博士 正高 硕士	031 031 031	关于自主式智能系统研究和发展的几个重要问题	电光与控制	2002.9.04	
29	武国庆 姜长生 张锐	博士 正高 博士	031 031 031	基于DSP的神经网络实时仿真系统研究	测控技术	2002.21.09	J
30	熊智 刘建业	博士 正高	031 031	惯性组合导航系统接口子系统的设计与实现	工业控制计算机	2002.15.07	
31	徐德友 胡寿松	博士 正高	031 031	基于多重结构神经网络的歼击机结构故障检测	数据采集与处理	2002.17.01	H
32	徐德友 胡寿松	博士 正高	031 031	利用粗糙集上近似处理特征提取中的噪声问题	南京理工大学学报	2002.00.00	J
33	杨莉 袁信	博士 正高	031 031	小波分析在SAR图象边缘检测中的应用	东南大学学报	2001.31.02	H

序号	姓 名	职 称	单位	论 文 题 目	刊物、会议名称	年、卷、期	类别
34	杨莉 袁信	博士 正高	031 031	An edge detection based on wavelet transform for SAR image	Transactions of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics	2001.18.01	J
35	余勇 杨一栋 代世俊	博士 正高 硕士	031 031 031	舰载飞机复飞决策技术与实时可视化仿真	飞行力学	2002.20.02	J
36	余勇 杨一栋	博士 正高	031 031	基于卡尔曼滤波理论的甲板运动预估技术研究	数据采集与处理	2002.17.04	H
37	余勇 杨一栋 代世俊	博士 正高 硕士	031 031 031	中性稳定的舰载飞机着舰模态研究	飞行力学	2002.20.04	J
38	余勇 杨一栋 代世俊	博士 正高 硕士	031 031 031	Flight/Thrust Integrated Control Using H_∞ Synthesis in Automatic Carrier Landing System	Transactions of Naging University of Aeronautics and Astronautics	2002.19.01	J
39	余勇 杨一栋 代世俊	博士 正高 硕士	031 031 031	舰载机复飞决策系统开发研究	东南大学学报	2001.31.4A	H
40	曾国贵 姜长生	硕士 正高	031 031	武装直升机空战关键技术研究	直升机技术	2002.00.03	
41	张锐 姜长生 卢伟健	博士 正高 博士	031 031 031	采用DSP实现的神经网络实时仿真系统	南京航空航天大学学报	2002.34.04	J
42	赵伟 袁信	中级 正高	031 031	基于 H_∞ 滤波技术的GPS/INS全组合导航系统研究	宇航学报	2002.23.03	H
43	赵文浩 刘建业 何秀凤	硕士 正高 正高	031 031 031	GPS车辆监控系统短消息通信技术研究	工业控制计算机	2002.00.02	
44	朱永红 姜长生	博士 正高	031 031	模糊ISODATA聚类分析方法的VC实现	计算机应用	2002.21.08	J
45	朱永红 姜长生	博士 正高	031 031	含有不确定性的非线性互联系统的鲁棒分散耗散控制	东南大学学报	2002.32.06	H
46	朱永红 姜长生	博士 正高	031 031	具有L2增益的陶瓷取坯机械手鲁棒跟踪控制	中国陶瓷	2002.28.05	J
47	朱永红 姜长生	博士 正高	031 031	具有圆形极点和方差约束的确定离散系统鲁棒控制	南京航空航天大学学报	2002.34.05	J
48	祝斌 刘建业	硕士 正高	031 031	直9-2稳瞄操作控制系统的设计	微计算机信息	2001.00.08	

序号	姓 名	职 称	单 位	论 文 题 目	刊物、会议名称	年、卷、期	类别
1	陈则王 袁信	中级 正高	033 031	Development of An Algorithm for Car navigation System Based on Dempster-Shafer Evidence Reasoning	The IEEE International Conference on Intelligent	2002.01	
2	陈则王 袁信	中级 正高	033 031	GIS在车辆定位导航系统中的应用	微型电脑应用	2002.18.09	J
3	陈则王 袁信	中级 正高	033 031	The Application of GIS in Vehicle Location and Navigation System	International Conference on Computer Graphics and	2002.01	
4	杜晨辉 经亚枝	硕士 副高	033 033	全罗盘曲面反走样算法的研究和实现	南京航空航天大学学报	2002.34.04	J
5	蒋书波 张焕春 经亚枝	博士 正高 副高	033 033 033	线程集成技术在嵌入式系统中的应用	南京航空航天大学学报	2002.34.06	J
6	蒋书波 张焕春 经亚枝	博士 正高 副高	033 033 033	VLAN技术在分布式测控系统中的应用	工业控制计算机	2002.15.01	
7	蒋书波 张焕春 经亚枝	博士 正高 副高	033 033 033	利用软件线程集成技术实现硬件到软件的转移	计算机工程与应用	2002.38.19	J
8	蒋书波 张焕春 经亚枝	博士 正高 副高	033 033 033	利用软件线程集成技术实现嵌入式通信接口	微电子学与计算机	2002.19.07	J
9	刘文波 于盛林	副高 正高	033 033	Application of Chaos in Measurement	Transactions of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics	2002.19.02	J
10	石玉 于盛林 朱大奇	中级 正高 博士	033 033 033	一种区域转移实数遗传算法	数据采集与处理	2002.17.04	H
11	石玉 于盛林	中级 正高	033 033	实数交叉算子的选取和算法改进	南京邮电学院学报	2002.22.02	J
12	石玉 于盛林	中级 正高	033 033	Optimization Based on Improved Real-coded Genetic Algorithm	Transactions of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics	2002.19.01	J
13	孙宜涛 赵敏	硕士 正高	033 033	基于Internet的机动车安全性能检测远程检测系统	计算机测量与控制	2002.10.12	
14	万群 田裕鹏	硕士 副高	033 033	消除蜂窝复合材料红外图象光照不均的算法	内蒙古大学学报	2002.35.增	J
15	万雄 于盛林	硕士 正高	033 033	金属涂覆多模光纤小电流传感器的设计	仪表技术与传感器	2002.00.02	J
16	徐贵力	中级	033	基于计算机视觉技术参考物法测量叶片面积	农业工程学报	2002.18.01	H

序号	姓 名	职 称	单 位	论 文 题 目	刊物、会议名称	年、卷、期	类别
17	徐贵力	中级	033	缺素叶片彩色图象颜色特征提取的研究	农业工程学报	2002.18.04	H
18	徐贵力	中级	033	彩色图象颜色和纹理特征提取的应用算法	计算机工程	2002.28.06	J
19	姚敏 王惠南	硕士 正高	033 034	微型光纤数字加速度计系统设计	中国惯性技术学报	2002.10.04	J
20	姚敏 王惠南	硕士 正高	033 034	采用GRIN透镜的数字式光纤加速度计系统设计	光学技术	2002.28.06	J
21	姚志峰 周洁敏 陶云刚	博士 副高 正高	033 071 033	一种基于Browser/Server结构的远程数据采集	数据采集与处理	2002.17.02	H
22	赵敏 刘讯	正高 硕士	033 033	MAX1457开发系统的研制	仪器仪表学报	2002.23.03	H
23	周翟和 刘建业 肖纪立	硕士 正高 副高	033 031 031	纸币号码读入识别系统的单片机实现	工业控制计算机	2002.00.01	
24	朱大奇 于盛林 田裕鹏	博士 正高 副高	033 033 033	应用模糊数据融合实现电子电路的故障诊断	小型微型计算机系统	2002.23.05	H
25	朱大奇 于盛林	博士 正高	033 033	基于D-S证据理论的数据融合算法及其在电路故障诊断中的应用	电子学报	2002.30.02	EI、H
26	朱大奇 于盛林	博士 正高	033 033	基于故障树分析及虚拟仪器的电子部件故障诊断研究	仪器仪表学报	2002.23.01	H
27	朱耀东 张焕春 经亚枝	博士 正高 副高	033 033 033	飞机坐舱综合图形显示系统设计的一种新方法	南京航空航天大学学报	2002.34.05	J
28	朱耀东 经亚枝	博士 副高	033 033	基于FPGA的智能多用户卡设计	工业控制计算机	2002.00.03	
29	朱耀东 经亚枝 张焕春	博士 副高 正高	033 033 033	基于FPGA的LCD&VGA控制器设计	电子技术应用	2002.28.11	J
30	朱耀东 张焕春 经亚枝	博士 正高 副高	033 033 033	多通道虚拟波形记录仪的设计	仪表技术	2002.00.05	

一种基于遗传算法的求代数方程组数值解的新方法

胡小兵, 吴树范, 江 驹

(南京航空航天大学 自动控制系, 南京 210016)

摘要: 解方程组是工程研究中的基本问题. 当前的各种求解方法都只针对某一特定类型的方程组, 没有通用性. 根据遗传算法与具体问题无关的特点, 提出了一种通用的代数方程组数值解求解方法. 首先, 基于遗传算法建立了代数方程组求解问题的通用模型; 然后阐述了具体的求解过程; 最后分析了该法的特点和性能. 实验表明该法是有有效可行的, 进一步提高解精度的关键在于对遗传算法本身的研究.

关键词: 遗传算法; 方程组; 适应度函数; 聚类

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

New method based on genetic algorithm for resolving algebraic equation groups

HU Xiao-bing, WU Shu-fan, JIANG Ju

(Department of Automatic Control, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: Resolving equation group is a principal problem in engineering study. Any existing method can only deal with a specified kind of equation group, so has no broad applicability. A new method with broad applicability is presented on base of genetic algorithm, because genetic algorithm does not at all care what the problem is. First, a common model is established for all kinds of algebraic equation groups; then a software process is brought up; finally the performance is analyzed. The results of experiment show that the new method is effective and feasible, and the key to improve this method is to study genetic algorithm further.

Key words: genetic algorithm; equation group; fitness function; clustering

1 引言(Introduction)

求解方程组(本文中指的是:求代数方程组的数值解)是实际工程应用研究中的常见问题. 各种方程组的解法长期以来一直是数学界和工程界的一个重要研究内容. 因为方程组的复杂多样性, 目前的研究大都是仅针对某一类特定方程组的解法; 对许多方程形式复杂的方程组, 甚至还没有有效的解法. 遗传算法(genetic algorithm, 简称 GA)是一种解决复杂问题的有效方法, 具有很强的通用性^[1,2]. 本文根据求解方程组问题的共同特点, 基于 GA 建立了一个适用于各类方程组的通用模型. 在此模型基础上, 开发了一种新的求代数方程组数值解的通用算法. 实验证明了此算法的有效可行性; 求解精度的提高与 GA 的品质有关.

2 基于 GA 的方程组求解通用模型(GA based common model of equation groups)

设一个代数方程组, 由 n 个方程组成, 涉及 m

个变量:

$$\begin{cases} f_1(X) = 0, \\ f_2(X) = 0, \\ \vdots \\ f_i(X) = 0, \\ \vdots \\ f_n(X) = 0. \end{cases} \quad X \in \Phi.$$

其中, $f_i()$ 可为任意形式的函数表达式(分段函数除外), $X = [x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_m]$, $\Phi = \{X \mid x_j \in (a_j, b_j)\}$. 求解此方程组等价于下面一个求极值问题: 求一 X , 以使式(1)取值最小. 当其最小值为 0 时, 所对应的 X , 即为方程组之解; 当其最小值不为 0 时, 则此方程组无解.

应用 GA 的关键在于将问题的求解转化为一种数串染色体, 然后找出染色体在问题环境中的适应度函数:

$$F(X) = \sum_{i=1}^n |f_i(X)|, X \in \Phi. \quad (1)$$

对方程组问题,其求解的每个变量都可用一个二进制数串来表示(如图 1 所示).二进制数串对应的变量值由式(2)计算.通过改变二进制数串的长度 c_j 和定义小数点位置 k ,就可实现各种取值范围和精度.把表示各个变量的二进制数串依次连接起来,就构成了一条染色体.记某代染色体由式(1)算出的最大值为 $F_{\max}$,则该代中某个染色体的适应度由式(3)计算.

$$x_j = (1 - 2 \times b_{j,1}) \sum_{s=2}^q b_{j,s} \times 2^{k-s}, \quad (2)$$

$$\text{Fit} = F_{\max} - \sum_{i=1}^n |f_i(X)|, X \in \Phi. \quad (3)$$

这个方程组 GA 模型形式简单,通用性强.

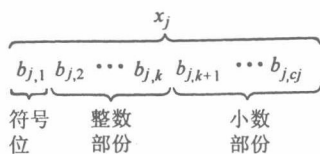


图 1 变量 x_3 的二进制数串

Fig. 1 Binary cluster for x_3

对有 $f_i()$ 为分段函数的情况,可将原方程组按分段情况转化为若干个子方程组,然后为每个子方程组建立一个 GA 模型即可.

3 算法的实现过程(The processes of this new method)

3.1 适应度函数的生成(Establishment of fitness function)

要使算法能适用于任意方程组,首先必须根据用户输入的待求解方程组生成适应度函数.由于待求解方程组的多样性,所以算法中的染色体适应度计算函数应是动态可变的.可用如下方法实现:以字符串形式记录用户输入的待求解方程组;当要计算染色体的适应度时,再根据方程组字符串以软件编译的方法进行单步解释执行.这一过程类似于 Basic 语言这种单步解释执行的程序编译系统,只不过要简单许多.

有时由于交叉、变异操作的随机性,会造成病态染色体,即:使某个方程等式无意义,如实数域内负数开平方.则此时直接将病态染色体的 Fit 置为 0.当所有染色体由式(1)算出的适应度都相等时,则 Fit 都为 0.这时一般可确认为所有染色体都集中到了某一个局部极值点上.此时要加大变异以启动新的搜索.

3.2 染色体的生成(Production of chromosomes)

和其它搜索算法一样,当解空间非常大时,GA

的解品质也会下降.解空间的大小与变量的数目、变量的取值范围和要求的解精度有关,最后表现为染色体的长度.当某个变量的取值范围很大,如 $(-10^6, 10^6)$,要求的解精度又很高,如 10^{-10} ,则此变量的二进制码串长度将达到 55 位.仅对此一个变量寻优的计算量就很大了.因此本算法规定:一个变量的最长码长为 25 位.根据实际情况,变量码长可以比此短.一旦 25 位仍不够用,则先将变量的取值范围划分为若干个子区间,在满足精度要求的前提下,使变量在各个子区间内的码长不超过 25 位;然后分别在各子区间内求解.这时式(2)需要修正为式(4),其中 $x0_j$ 为与子区间相对应的基准量.采用子区间的求解效果比采用超长染色体的明显要好得多.

$$x_j = x0_j + (1 - 2 \times b_{j,1}) \sum_{s=2}^q b_{j,s} \times 2^{k-s}. \quad (4)$$

3.3 对 GA 的改进(Improvement of GA)

标准 GA 存在着求解精度不高、容易陷入局部极值等缺点.因此,本算法作了如下改进:

1) 交叉、变异操作、种群规模 n 和进化代数 N .

本文定义了两种交叉操作:一种是将两个染色体中的某一变量片段整个进行交换,称为 I 类交叉;另一种是将变量片段内的子片段进行交换,称为 II 类交叉.文中的变异操作为对染色体的某一位取反.交叉、变异操作是染色体进化的根本方法,是算法寻优能力的基础.由于病态染色体的 Fit 为 0,进化中将被淘汰,所以不用严格检查交叉、变异后解的可行性.

种群规模 n 和进化代数 N 太小,难以找到最优解;反之,计算时间太长.这里取 n 为染色体长度的 2 倍, N 为染色体长度的 4 倍.这样就可与具体的方程组问题相适应.

2) 根据染色体的适应度动态地改变交叉概率 P_c 和变异概率 P_m .

P_c 和 P_m 对 GA 的性能有重要的影响.本算法中, P_c 和 P_m 根据式(5)、式(6)来动态确定,从而增加算法的进化能力和收敛速度^[3].其中, $\text{Fit}_{\max}$ 为某代染色体中的最大适应度; Fit_{avg} 为该代染色体的平均适应度; Fit 为将要进行交叉或变异的染色体的适应度.

$$P_c = \begin{cases} \frac{\text{Fit}_{\max} - \text{Fit}_{\text{avg}}}{\text{Fit}}, & \text{Fit}_{\max} - \text{Fit}_{\text{avg}} < \text{Fit}, \\ 1.0, & \text{Fit}_{\max} - \text{Fit}_{\text{avg}} \geq \text{Fit}, \end{cases} \quad (5)$$

$$P_m = \begin{cases} \frac{0.1(\text{Fit}_{\max} - \text{Fit})}{\text{Fit}_{\max} - \text{Fit}_{\text{avg}}}, & \text{Fit}_{\max} - \text{Fit} < \text{Fit}_{\max} - \text{Fit}_{\text{avg}}, \\ 0.1, & \text{Fit}_{\max} - \text{Fit} \geq \text{Fit}_{\max} - \text{Fit}_{\text{avg}}. \end{cases} \quad (6)$$

3) 根据小生境原理指导染色体进行进化,采用聚类方法加强 GA 的局部寻优能力.

标准 GA 的全局和局部寻优能力在求解方程组问题中都显不足,算法在进化的后期容易陷入局部极值点,且解精度不高.本文按文献[4,5]的方法,采用 Kohonen 网对染色体进行聚类,根据小生境原理指导

复制、交叉和变异操作.这样,通过不断优化小生境中的类群,并根据类群最佳个体进行自适应优化搜索,从而增强算法的全局、局部寻优能力和收敛速度.

总结上面的方法,算法的总流程图见图 2.

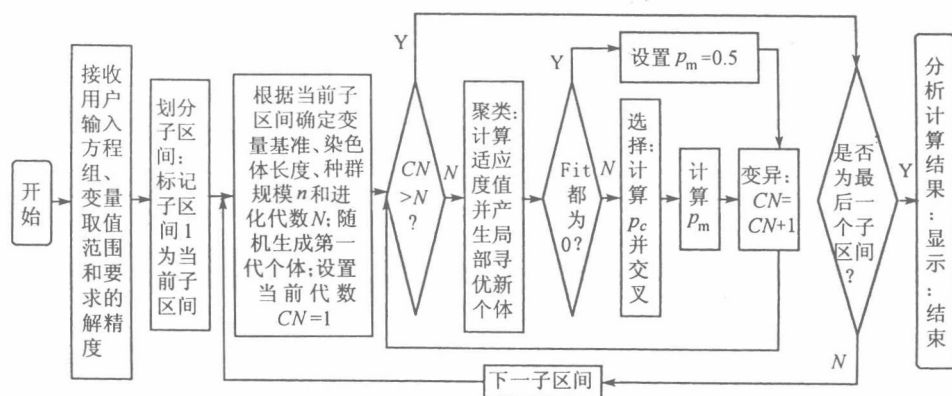


图 2 算法的总流程图

Fig. 2 The flow chart of the method

4 算法的性能分析和实验结果 (Performance analyse and experiment results)

本算法的数学模型概括了代数方程组求解问题的本质特点,从而决定了算法的通用性.此模型还可根据式(7)进一步改进.其中 $\max(|f_i()|)$ 可用 GA 来求得.改进模型均衡了各方程的指标的影响,使指标函数的地形简化,有利于后面的求解;但时间增加.其实对式(1),只要方程组求解算法中的 GA 性能足够好,即使指标函数地形复杂,也不影响求解质量.所以关键在于提高 GA 性能.本算法实际采用式

(1)来建立模型.

$$F = \sum_{i=1}^n |f_i(X)| / \max(|f_i(X)|), X \in \Phi. \quad (7)$$

为提高 GA 性能,本文采用了多种改进措施,目前,GA 研究是一个热点.随着 GA 研究不断深入,必将为本软件算法提供更多更有力的支持.同时,划分子区间的措施保证了算法在各种解空间中的求解精度.虽然牺牲一些时间,但可从 GA 的高效率中得到补偿.

表 1 实验结果

Table 1 The results of experiment

序号	方程组	理论解	算法解	求解时间(s)
1	$ \sin(30x) \times (1 - x /2) - 0.9739626 = 0,$ $x \in (-100, 100)$	$x = \pm 0.05179$	$x = 0.0518$	25.41
2	$\begin{cases} (x + 99.7091)^2 + y^2 - 10000 = 0, \\ \sin(5x) + \cos(5y) - 1.9932 = 0, \end{cases}$ $x \in [-2, 2], y \in [-2, 2]$	$x = 0.2909$ $y = 0$	$x = 0.2909$ $y = 0.0000$	36.90
3	$\begin{cases} x^2 + y^2 + z^2 - 3 = 0, \\ x^2 + y^2 + xy + x + y - 5 = 0, \\ x + y + z - 3 = 0, \end{cases}$ $x \in [-1.732, 1.732], y \in [-1.732, 1.732]$ $z \in [-1.732, 1.732]$	$x_1 = 1$ $y_1 = 1$ $z = 1$	$x = 1.0000$ $y = 0.9998$ $z = 1.0001$	51.57
4	$\begin{cases} 2x + 6y - 6z - 5 = 0, \\ (x + y)^2 - 4z - 10s = 0, \\ 2.5x + 2y - 2z - 3s - 4 = 0, \\ xy + z + s + 0.5 = 0, \end{cases}$ $x \in [-10, 10], y \in [-10, 10]$ $z \in [-10, 10], s \in [-10, 10]$	$x = 1$ $y = 0$ $z = -1$ $s = 0.5$	$x = 1.0011$ $y = 0.0009$ $z = -0.9984$ $s = 0.5001$	124.5

本算法具有很强的适应性和鲁棒性. 不管方程是否可微、连续或形式复杂, 方程组是否完备、良态或有解, 都不影响其求解. 对于有通解的方程组, 可用此法多次求解后再拟合求通解. 对于有低效高精度算法的方程组, 可用此法进行预解以提高速度.

表 1 给出了 4 个方程组的求解情况. 其中方程组 1、方程组 2 具有很复杂的多峰地形. 要求解精度为 0.0001; 所用电脑 P III 450. 求解结果表明本软件算法的有效可行性.

5 结论(Conclusion)

本文提出了一种基于 GA 的求代数方程组数值解的通用算法. 首先, 基于 GA 建立了方程组求解问题的通用模型; 然后研究了具体的实现过程; 最后分析了此法的特点和性能. 实验结果表明: 该算法是有效可行的; 进一步提高解精度的关键在于对 GA 本身的研究. 本算法可作为工程应用研究的一个通用基础工具.

参考文献(References)

[1] Wang Yaonan. Intelligent Control System [M]. Kaifeng: Henan

University Press, 1996 (in Chinese)

- [2] Wang Wencheng. The Applications of Neural Network to Motor Industry [M]. Beijing: Beijing University of Technology Press, 1998 (in Chinese)
- [3] Wu Zhiyuan and Shao Huihe. A new adaptive genetic algorithm & its application in multimodel function optimization [J]. Control Theory and Applications, 1999, 16(1): 127 - 129 (in Chinese)
- [4] Xu Jinwu and Liu Jiwen. Niche based genetic algorithm [J]. Pattern Recognition & Artificial Intelligence, 1999, 12(1): 104 - 107 (in Chinese)
- [5] Cao Xianbin, Zheng Zhen and Fan Lei. An improved genetic algorithm mixed with neural network [J]. Pattern Recognition & Artificial Intelligence, 1999, 12(4): 486 - 492 (in Chinese)

本文作者简介

胡小兵 1975 年生. 现为南京航空航天大学自动控制系 98 级硕士研究生. 研究方向: 智能控制与模式识别. Email: h0615@sina.com

吴树范 1963 年生. 现为南京航空航天大学自动控制系教授. 研究方向: 航天体控制.

江 驹 1964 年生. 现为南京航空航天大学自动控制系讲师. 研究方向: 机器人控制.

面向对象的编程思想在 GPS 测姿系统中的应用

吕炜 应金栋 王惠南

(南京航空航天大学 210016)

摘 要 研究了面向对象的编程思想的三大特征及其在 GPS 测姿系统中的应用, 描述了面向对象技术的优点及发展趋势, 结合面向对象软件开发的全过程剖析了 GPS 应用系统的设计思想和所建立的软件模型, 并给出了整个系统的实现方案。通过实例说明了面向对象的编程相对于面向过程编程的优点。

关键词 GPS; 数据抽象; 面向对象的; 程序设计; 继承

面向对象方法的出现是软件工程研究的重要成果之一。它的原理和技术不仅降低了开发软件的难度而且也提高了开发出来的软件的质量和可重用性, 使软件开发方法有了很大的进步。由于面向对象设计方法有明显改善软件质量的潜力, 所以得到了迅速的发展。

从根本上讲, 面向对象的程序设计就是要建立和具体问题中的主要元素相对应的软件对象, 通过对这些对象的组合来创建具体的应用。

对于习惯于过程化编程的程序员, 面向对象的分析、设计和编程是一个全新的内容。学习面向对象的软件开发技术, 将会带来一种全新的解决问题的方法。面向对象的思想同过程化思想区别主要在于它强调了抽象、封装和继承三个特征。

在下文中将简称面向对象的分析为 OOA (Object-Oriented Analysis), 面向对象的设计为 OOD (Object-Oriented Design), 面向对象的编程为 OOP (Object-Oriented Program)。

下面结合笔者所开发的 GPS 测姿系统的软件方案概要介绍面向对象思想的基本特征。

全球定位系统 (GPS)^[1] 是利用分布于地球上空 20000km 的 24 (21+3) 颗导航卫星进行全球定位的系统。其定位原理是测量 GPS 接收机和所观测的卫星间的距离, 利用星历推算出卫星空间位置坐标, 通过这两者来解算出接收机所在的大地位置坐标, 也即以卫星为圆心, 卫星与接收机间距离为半径作一球体, 利用同时观测最少 4 颗卫星, 求得这些球体的公共交点作为接收机位置坐标的解。各种基于 GPS 的应用系统就是利用从 GPS 接收机得到的信息, 解算出其特定系统所需的各种导航、定位参数。

一般软件开发的步骤是: OOA→OOD→OOP。首先对所处理的问题域进行分析, 将问题域中所包含的各个部分的特征、功能及相互间的关系整理清楚。其次进入设计阶段, 在上一分析阶段的基础上, 划分出不同对象, 并明确各个对象的属性、功能及相互间的关系。最后就可以用编程语言具体实现每一个软件对象, 并组合各个软件对象完成实际问题

的计算机任务, 这些任务可以是仿真、控制、数据采集等等。实际上 OOA、OOD、OOP 这三部分并不是相互独立的、贯序完成的, 它们之间有耦合和重复的过程。故本文将不用分别叙述, 而是采用统一叙述的方法做介绍。

1 抽 象

抽象强调主要特征, 而隐藏不必要的细节。高级编程语言通常使用两种类型的抽象: 数据抽象和过程抽象。面向对象的设计语言提供了强有力的机制来综合运用这两种方法。

1.1 数据抽象

数据抽象是我们在高级编程语言中经常遇到的。C 和 C++语言中的基本数据类型, 如 char、int、float 就是数据抽象的典型例子。程序研究被隔离在这些数据类型的内部表示之外, 不需了解这些数据类型在机器中的表示方法, 只需了解它们的基本属性。

C/C++同时还支持用户自定义的数据类型。比如, 在 GPS 测姿系统中, 需处理大量的向量数据, 于是自编写了 Vector 类来完成向量数据的计算任务。

```
Class Vector
{
public:
    //Vector Report Struct
    struct VectorReport
    {
        double* pdData;
        int      nReferenceCount;
        int      nLength;
    };
protected:
    //Pointer of this Vector Report
    VectorReport* pvrReport;
Public:
    //Constructors
    Vector();
    ...
    //Destructor
    ~Vector();
    ...
    //Assignment Operators
    Vector & operator=(Vector & rvRight);
    ...
}
```

```

//Copy Vector Functions
Vector Copy();
...
//Basic Vector Operators
friend Vector operator +(const Vector &rcvLeft, const Vector & rcvRight);
friend Vector operator -(const Vector &rcvLeft, const Vector & rcvRight);
friend Vector operator *(const Vector &rcvLeft, const Vector & rcvRight);
friend Vector operator /(const Vector &rcvLeft, const Vector & rcvRight);
Vector & operator +=(const Vector & rcvRight);
Vector & operator -=(const Vector & rcvRight);
Vector & operator *=(const Vector & rcvRight);
Vector & operator /=(const Vector & rcvRight);
...
};

```

正如数据类型 int 可以支持整数的加、减、乘、除运算一样, Vector 也可以实现向量间的基本运算。

在 C++ 中用“类”(Class)代表对象的抽象,用“类的实例”(Class Instance)来表示具体的对象。于是我们可定义 Vector 的两个实例来演示 C++ 所提供的自定义数据类型的强大功能:

```

Vector vX, vY, vZ;
VZ=vX+vY;

```

要实现向量的运算,少不了过程或函数来完成这一任务。这就是将要介绍的过程抽象。

1.2 过程抽象

过程抽象是绝大多数程序员所熟悉的一种抽象。一种象 C 这样的过程性语言,为我们提供了函数这种机制,允许我们编写某种功能的代码。函数隐藏了具体实现的细节,使程序员能采用模块化的方式来建立自己的程序。

为了更进一步的理解过程抽象,我们来考察本文串行口功能控制问题。这一问题是在计算机与 GPS 接收机通信时所涉及到的。

由于通过计算机串行口与 GPS 接收机通信,需要实现串行口读写功能。考虑函数 Read() 的实现情况。

```

Extern Word wReadAddress;
BYTE Read(void)
{
    ...
    BYTE bRead;
    Asm mov dx, aReadAddress
    Asm in al, dx
}

```

```
    Asm mov bRead, al
    Return bread;
}
```

这个函数给我们提供了一个过程抽象的例子，从串行口读数据的具体实现与用户分开了，用户只需了解该函数接口，就能实现串行口读的任务。

2 封 装

封装是为了支持或加强抽象而将模块的内部工作情况加以隐藏。举一个例子来说明 C++ 是如何实现封装的。

```
Class ByteQueue
{
public:
    ByteQueue(unsigned int unByteQueueSize=0);
    ~ByteQueue();
    BOOL operator!(void){return fValid;}
    Unsigned int GetTotalSize(void){return unSize;}
    Unsigned int GetFreeSize(void);
    Unsigned int GetUsedSize(void);
    BOOL IsEmpty(void){return(unFront==unRear);}
    BOOL Store(BYTE * pbRetrieve);
    BOOL Retrieve(BYTE * pbRetrieve);
    BOOL Insert(BYTE * pbInsertBuffer, unsigned int unNumber=1);
    BOOL Remove(BYTE * pbRemoveBuffer, unsigned int unNumber=1);
    Void Empty(void){unFront=0;unRear=0;}

protected:
    BYTE * pbStoreBuffer;
    unsigner int unSize;
    unsigned int unFront;
    unsigned int unReat;
    BOOL fValid;
};
```

在 GPS 测姿系统中涉及到大量的数据交换，所以编写了 ByteQueue 类，来实现对内存的有效操作。类中的保护成员（不能被外界直接访问的成员）pbStoreBuffer 实现了数据封装，用它来维护对内存数据的直接访问，而外界只能通过该类提供的外部函数如 Store（），Retrieve（）等间接访问内存。Store（）等函数实现了过程封装。PbStoreBuffer 等数据成员和 Store（）成员函数实现了类层次上的封装。程序员既不关心保护数据的内部工作情况，又无法直接对数据进行不安全的访问，所以通过 C++ 的“类”实现的封装是安全的。若要

使用多个内存数据块,则可以建立不同大小的多个 ByteQueue 类事例,来完成任务。如:

```
ByteBuffer bbOne;  
ByteBuffer bbTwo(100);  
ByteBuffer bbOne(65535);
```

3 继 承

面向对象的语言还支持用户定义类型的层次结构,这是真正区别于过程性语言的地方。也是真正体现客观世界的真实性,物质间所具有的继承性的一面。从面向对象语言的编程上来讲,也体现出代码的复用性。将两个或多个对象的共性抽取出来,构成一个新的对象,其他对象从它派生而出,继承它的特性。

图 1 表示的就是一个用户定义的层次结构。

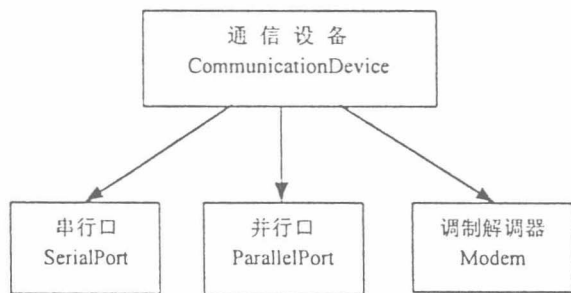


图 1 通信设备类层次结构

由于串行口、并行口和调制解调器都属于计算机通信设备,有共同之处,它们都是用来进行数据交换的电子设备,具有读、写能力。所以可以抽象出一个基类 Communication Device (简称为 Comm),来定义三种通信设备的共有功能接口,分别在这三种通信设备的对应类中完成各自的不同实现。

这三种设备共同的功能,由 Comm 类本身进行了定义和实现。而一些功能,由于每种通信设备的内部通信机理不同,有不同的实现,在 Comm 类中只定义了这些功能的外部函数接口,给用户提供一个操纵不同通信设备的统一接口,在每种设备类中给出了实现这些功能的真正编码。

从抽象开始,分离出对象,再通过封装实现抽象出来的类,利用“继承”这一手段加强类的实现,使编写的代码更具有面向对象的特征。以上介绍的面向对象思想的这三大特征正是通过这样的相互作用,来体现出面向对象思想的精华。由此我们可以建立与自然界对象相对应的软件对象,如利用软件 GPS 接收机来模拟一个实际的接收机,用向量对象来表示一个实际的向量。

程序员利用面向对象思想编写的程序性能更可靠,使用更安全,维护更方便。这些优点都是面向过程语言编写的程序所无法达到的。

参考文献

- 1 王惠南, 何峰. 利用 GPS 载波相位实时测定动态飞行器姿态. 空间科学学报. 1998, 18(1):69~74
- 2 谢储晖. 面向对象的系统分析方法. 电脑开发与应用. 1996, 第3期: 44~47
- 3 R J A Bubr, R S Casselman. Use Case Maps for Object-Oriented Systems[M]. Prentice Hall, 1995
- 4 Hodge L R, Mock M T. A proposed object-oriented development methodology. Software Engineering Journal. 1992, 7(2):119~129

Programming Notion of Object-Oriented Used in GPS Attitude Determination System

LV Wei YING Jindong WANG Huinan

Abstract This paper have studied the Three character of Object-Oriented Programming notion and its application in GPS attitude determination system. The advantages and tendency of object-oriented technique are described, the design ideas of GPS application systems and software model are analyzed with the help of the processes in developing the object-oriented software. The implementation programs of GPS application systems are presented. Then, described the virtue of Object-Oriented programming to Process-Oriented programming.

Key words GPS; Data Abstract; Object-Oriented Programming; Inherit