

MATLAB 遗传算法工具箱及其军事应用

雒战波, 罗 键

(厦门大学自动化系 福建厦门 361005)

【摘 要】: 用 MATLAB 语言及 MATLAB 语言编制的优化工具箱进行优化设计具有语言简单、函数丰富、用法比较灵活、编程效率高等特点。本文简要阐述了遗传算法的基本原理, 并对英国 Sheffield 大学的 MATLAB 遗传算法工具箱作了简要的介绍, 探讨了其在军事目标分配中的应用。

【关键词】: MATLAB 遗传算法 工具箱 军事应用

遗传算法(Genetic Algorithm, 简称 GA), 最先是 John Holland 教授于 1975 年提出的。它是模拟生物在自然环境中的遗传和进化过程而形成的一种自适应全局优化概率搜索算法, 不依赖于问题具体的领域, 提供了一种求解非线性、多模型、多目标等复杂系统优化问题的框架。由于 GA 的独特特点和广泛应用, 基于 MATLAB 的遗传算法工具箱相继出现, 主要由英国设菲尔德(Sheffield)大学的遗传工具箱、美国北卡罗莱纳那州立大学推出的 GAOT 以及 MathWorks 公司的遗传算法与直接搜索工具箱(GADST)。本文主要介绍英国设菲尔德大学的遗传工具箱及其应用。

1. 遗传算法基本原理

遗传算法与传统搜索算法不同, 它是以适应度函数为依据, 通过对种群中的所有个体实施遗传操作, 实现群体内个体结构重组的迭代过程搜索法。选择、杂交、变异构成了遗传算法的三个主要遗传操作。参数编码、初始群体的设定、适应度函数的设计、遗传操作设计、控制参数设定等要素组成了遗传算法的核心内容^[1]。其主要步骤有:

(1) 编码: 在进行搜索之前, 先将解空间的解数据表示成遗传空间的基因型串结构数据, 这些串结构数据的不同组合就构成了不同的点;

(2) 初始种群的生成: 随机产生 N 个初始串结构数据, 每个串结构数据称为一个个体, 也称为染色体(chromosome), N 个个体构成了一个种群;

(3) 适应度评估检测: GA 在搜索进化过程中一般不需要其他外部信息, 仅用适应度来评估个体或解的优劣, 并作为以后遗传操作的依据。对于不同的问题, 适应度的定义方式也不同;

(4) 选择: 选择或复制是为了从当前个体中选出优良的个体, 使它们有机会作为父辈为下一代繁殖子孙。个体适应度越高, 被选择的机会就越多;

(5) 杂交: 杂交操作是遗传算法中的特色操作, 将群体内的各个个体随机搭配配对, 对每一对个体, 按杂交概率交换它们之间的部分染色体。

(6) 变异: 变异首先在群体中随机选择一个个体, 对选中的个体以一定的概率随机地改变串结构数据中某个位的值。同生物界一样, GA 中变异发生的概率很低, 通常在 0.001~0.01 之间取值;

(7) 终止条件判断: 判断是否满足终止条件, 如满足, 则以进化过程中所得到的具有最大适应度的个体作为最优解输出。

2. 遗传算法工具箱(Sheffield 工具箱)[2]

英国 Sheffield 大学的遗传工具箱使用 MATLAB 矩阵函数为实现广泛领域的遗传算法建立了一套通用工具, 这些工具是用 M 文件写成的命令行形式的函数, 是完成遗传算法大部分重要功能的程序的集合。按功能可以分为: 创建种群函数、适应度计算函数、选择函数、变异算子函数、交叉算子函数、子种群的支持函数、实用函数。函数的具体功能见表一。

3. Sheffield 遗传工具箱的军事应用

3.1 兵力分配问题^{[3][4]}

某次防空作战中, 需要保卫的重点目标区域是 b1、b2、b3、b4、b5, 有 a1、a2、a3、a4、a5 等 5 个防空作战单元可以完成保卫任务。影响兵力分配的因素有三个: 完成作战任务的概率 p、到达目标的时间 t、可靠性 r。现给每一目标分配作战单元, 要求每一目标只能有一作战单元防卫、每一作战单位只能防卫一个目标。已知相对于上述 3 个因素下的目标的指标值的矩阵分别为:

	函数	功能
创建种群	crthase	创建基向量
	crtbp	创建初始种群
适应度计算	ranking	常用的基于适应度的计算
	scaling	比率适应度计算
选择函数	reins	一般随机和基于适应度的重插入
	rwa	轮盘选择
	select	高级选择例程
	sus	随机遍历选择
变异算子	mut	高维变异
	mutate	高级变异函数
交叉算子	mutbga	实值变异
	readd	离散重组
	reclint	中间重组
	reclin	线性重组
	recomt	具有变异特征的线性重组
	recombin	高级重组算子
	xovsp	单点交叉算子
	xovdps	减少代数的两点交叉
	xovmp	通常多点交叉
	xovsh	洗牌交叉
	xovshrs	减少代数的洗牌交叉
	xovsp	单点交叉
子种群的支持	xovspss	减少代数的单点交叉
	migrate	在子种群间交换个体
实用函数	ba2rv	二进制制到实值的转换
	rep	矩阵的复制

表一 遗传算法工具箱中的函数分类表

$$P = \begin{bmatrix} 0.85 & 0.80 & 0.90 & 0.80 & 0.75 \\ 0.80 & 0.90 & 0.80 & 0.75 & 0.80 \\ 0.75 & 0.85 & 0.80 & 0.90 & 0.85 \\ 0.80 & 0.90 & 0.80 & 0.75 & 0.80 \\ 0.85 & 0.75 & 0.85 & 0.80 & 0.90 \end{bmatrix}; \quad t = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.8 & 1.5 & 1.2 & 1.1 \\ 0.6 & 1.2 & 0.9 & 1.2 & 0.8 \\ 0.6 & 1.2 & 0.9 & 1.2 & 0.8 \\ 1.2 & 1.0 & 1.5 & 0.8 & 1.0 \\ 0.8 & 0.9 & 0.7 & 1.5 & 0.6 \end{bmatrix}; \quad r = \begin{bmatrix} 0.80 & 0.85 & 0.90 & 0.85 & 0.70 \\ 0.85 & 0.80 & 0.85 & 0.70 & 0.90 \\ 0.90 & 0.75 & 0.80 & 0.85 & 0.85 \\ 0.80 & 0.85 & 0.90 & 0.85 & 0.70 \\ 0.70 & 0.90 & 0.75 & 0.85 & 0.80 \end{bmatrix}$$

求使得对 5 个目标所形成的整体综合效果为最佳兵力部署方案。

3.2 主要步骤

采用并行选择法求解多目标兵力分配问题。即, 依据目标的个数 N 把初始种群等分为 N 分, 计算每一目标所对应种群的函数值, 并进行选择, 然后把所有选择的结果进行合并, 生成一新的种群, 对新的种群进行重组、变异、重插入等操作。

Step1: 初始化种群。采用数字符号表, 染色体串长度为要保卫的目标数量, 每一基因座代表一批目标, 等位基因是对保卫目标实施保卫的作战单元编号的集合。使用 crthase 创建基向量、crtbp 创建初始种群。

Step2: 计算初始种群函数值。本例通过编制函数 dmbhs 来实现。

Step3: 由函数 ranking 分配适应度值。ranking 按照个体的目标值由小到大的顺序对它们进行排序, 并返回包含对应个体适应度值的列向量。

Step4: 选择。由 SelCh=select('sus', Chrom, FitV, GGAP) 实现, FitV 是一列向量, 包含种群 Chrom 中个体的适应度值, GGAP 为代沟, 其作用是选择部分个体。

Step5: 重组。由 SelCh=recombin('xovsp', Chrom, RecOpt) 实现。xovsp 表示单点交叉, RecOpt 表示交叉概率。

Step6: 变异。由 SelCh=mutate('mutbga', Chrom, FieldDR) 实现。mutbga 使用给定的概率, 变异每一个变量, FieldDR 指定变量的边界。

```
legend('解的变化','种群均值的变化');  
xlabel('迭代次数');ylabel('目标函数值');
```

3.4 结果分析

在 MATLAB 中运行上述代码,可以得到一组目标分配序列和该序列下多目标的综合效益值。多次运行上述代码,发现其结果有若干组序列(有限),为了得到最优解,本例设置了循环运行 200 次,得到了 200 组目标分配序列(有重复)。结合本例的要求,求得其组合序列为 3 1 2 4 5,即目标 1、2、3、4、5 分别由作战单元 3、1、2、4、5 保卫,可以获得综合效益最大。图 1 为经过 50 次迭代后的优化解的目标函数值及性能跟踪。

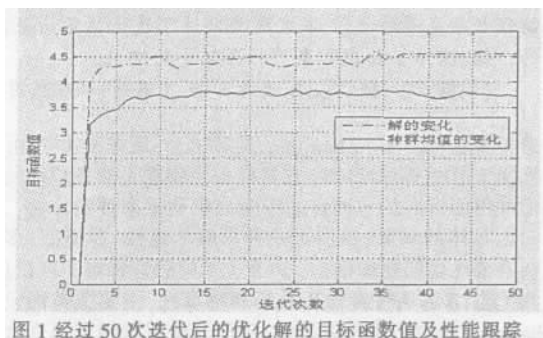


图 1 经过 50 次迭代后的优化解的目标函数值及性能跟踪

4. 结论

Sheffield 遗传算法工具箱功能强大, 包括了大量的算子函数, 提供各种类型的选择策略、交叉方式和变异方式, 适用于各类不同的实际问题。由于大多数实际问题都是有约束条件的, 因此选择合适的编码方式和合理处理约束条件, 决定了求解实际问题的可操作性及准确性。需要进一步的研究和探讨。

参考文献:

1. 周 明,孙树栋. 遗传算法原理及应用[M]. 北京:国防工业出版社,1999
2. 雷英杰等. MATLAB 遗传算法工具箱及应用[M].西安:西安电子科技大学出版社,2005
3. 申仰兴,刘春波等.基于多目标模糊决策的兵力分配模型[J].西安工程科技学院学报,2005,19(2):166- 168
4. 王小平,曹立明. 遗传算法 - 理论应用与软件实现.西安:西安交通大学出版社,2002
5. 程钦文,沈云春. 多目标指派问题在潜艇兵力配置中的应用[J].运筹与管理,2004,13(2),131- 134

```
String WMOrbGetUserRoleList( String userID)
```

3.2.3 应用调用适配器

工作流引擎在进行任务项处理时可能根据需要调用各种应用程序,如普通的 java API, exe, DLL, COM, Java RMI 等,因此需要提供一个应用调用适配器 (Tool Agent) 来封装不同的应用程序。

3.2.4 流程导航器

首先判断是否需要调用应用程序，如果需要则判断调用的类型，如果是同步调用则先调用应用程序然后执行下面的流程导航动作，如果是异步调用则先进行流程导航，并在记录流程历史后调用应用程序(向 Message Driven Beans 发送消息)然后再返回。

3.2.5 任务列表管理器

- 1) `WorkItem[] WMGetWorkList(String userID, String roleID)`
根据 `userID` 和 `roleID` 取得任务项列表。
- 2) `WorkItem WMGetWorkItem (String workItemID, String userID)`
根据 `workItemID` 和 `userID` 取得任务项。
- 3) `boolean WMSubmitWorkItem (String workItemID, String eventID, String userID, String roleID)`
提交一个 `WorkItem`, 首先判断该用户是否有权限操作该任务项, 如果有权限则设置该任务项的状态为已经提交, 调用流程

导航器的 WMCompleteWorkItem ()来实现工作项的完成与任务导航。

- 4) boolean WMReassignWorkItem (String workItemID, String userID, String roleID)
将指定的任务项重新指派给其它用户，直接修改数据库中的任务表即可。
- 5) WorkItemAttribute [] WMGetWorkItemAttributes (String WorkItemID, String userID)
取得 WorkItem 的属性列表。
- 6) WorkItemAttributeValue WMGetWorkItemAttributeValue (String WorkItemID, String WorkItemAttributeID)
取得 WorkItem 的属性值。
- 7) boolean WMSetWorkItemAttributeValue (String WorkItemID, String WorkItemAttributeValue)
设置 WorkItem 的属性值。
- 8) boolean WMChangeWorkItemState (String workItemID, String stateID)
设置任务项的状态，此操作有权限限制：任务项在运行状态时，拥有此工作项的任何用户都可以锁定该任务项，解锁只能由锁定该任务项的用户和管理员可以做，重做（将任务从提交状态改变到运行状态）只能由管理员来操作。