

# 基于协同进化遗传算法的地域选取方法

熊 敏, 刘玉树

(北京理工大学 计算机系, 北京 100081)

**摘 要:**地域选取是基于 GIS(Geographic Information System)的辅助决策系统的关键技术之一,多目标选取是其中的难点。协同进化遗传算法是传统遗传算法的改进,考虑了种群之间的相互作用。文中将协同进化遗传算法应用到了多目标地域选取中,采用了实数的染色体编码方式,改进了选择和变异算子。并在指挥所配置实验中运用该方法成功地解决了问题。

**关键词:**遗传算法;协同进化遗传算法;地域选取

**中图分类号:**TP301.6

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2006)06-0174-03

## Terrain Selection Method Based on Co-evolutionary Genetic Algorithm

XIONG Min, LIU Yu-shu

(Department of Computer Science, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Terrain selection is a key technology in GIS based decision support system, in which multi-target selection is a difficulty. Co-evolutionary genetic algorithm is an improvement on traditional genetic algorithm, which takes the relation among populations into consideration. In this paper, co-evolutionary genetic algorithm is used for multi-target terrain selection. For efficient solution, a real coding is used and some improvement is done on selection operator and mutation operator. This method is used in command posts deployment, and problem is solved successfully.

**Key words:** genetic algorithm; co-evolutionary genetic algorithm; terrain selection

### 0 引言

地域选取是基于地理信息系统(Geographic Information System, GIS)的辅助决策方法,根据某一区域中的地理信息并结合用户附加的条件,给出满足用户要求的地域。通常搜索区域都是大面积的连续区域,要在非常大的搜索空间内迅速找到最优或接近最优的解,就需要采用启发式的搜索方法,其中遗传算法(GA)是最常用的地域选取算法。

地域选取问题的难度随着选取目标的种类和约束条件的多少而逐渐增加,特别是当各个目标之间还存在约束时,问题的求解就会变得非常复杂。传统的遗传算法在计算个体适应度时没有考虑个体间的关系,难以描述多个选取目标之间的约束。文献[1]中提出了基于GIS和遗传算法的地域选取方法来进行单个目标的选取。文献[2]中用遗传算法和GIS结合解决空间优化决策问题,但选取的多个目标都是同一类型的并且它们之间没有复杂的约束。

协同进化遗传算法(Co-evolutionary Genetic Algo-

rithm, CGA)的提出弥补了传统遗传算法的这种不足,它认为一个物种的某一特性由于回应另一物种的某一特性而进化,而后的该特性同样由于回应前者的特性而进化,即物种间的进化是相互作用的结果<sup>[3]</sup>。对于一个可分解的复杂问题,协同进化遗传算法将它分解为多个子问题,代表各个子问题的种群通过既合作又竞争的演化过程进行求解。文献[4]在函数优化性能方面比较了GA和CGA,证明了CGA在计算时间、收敛速度和收敛精度上要明显优于GA。协同进化遗传算法作为遗传算法发展的一个颇引人关注的方向,在入侵响应、模糊神经网络辨识、最优策略搜索等方面都得到了应用。多目标地域选取问题通常可分解为多个单目标的地域选取问题,由于协同进化遗传算法能够正确描述目标之间的约束,并且在大规模空间搜索方面具有优越的性能,所以这里采用协同进化遗传算法来解决多目标地域选取问题。

### 1 问题描述

以下以指挥所配置问题为例,阐述协同进化遗传算法在地域选取中的应用。

指挥所配置需要解决的问题是通过搜索我方阵地,制定出一套最优的指挥所配置方案。一套指挥所方案中包括5类指挥所:基本指挥所、预备指挥所、前进指挥所、后勤指挥所和装备指挥所。各指挥所所在位置除了要满足基本的地形条件外,它们之间还要保持一定的协同度。

收稿日期:2005-09-29

基金项目:国防预研项目

作者简介:熊 敏(1981-),女,四川成都人,硕士研究生,研究方向为计算机应用;刘玉树,教授,博士生导师,从事人工智能、网络信息技术、分布式计算与智能系统研究。

(1)需要满足的地形条件<sup>[5]</sup>:

隐蔽性:主要考虑植被覆盖类别,如果知道敌方的观察所还要使指挥所位置不位于敌方观察范围内;

机动性:考虑附近道路类型和道路条数;

不利于坦克袭击:应选择有一定坡度的地形;

其他地形条件:例如不能位于水域上。

(2)协同因素:

首先,基本指挥所应当位于炮阵地之后,在阵地的中后方;预备指挥所在基本指挥所附近;前进指挥所在距离基本指挥所一定距离内并尽量靠近阵地前沿;后勤和装备指挥所在距离基本指挥所一定距离内并尽量靠近阵地后方。同时各个指挥所之间还要保持最小间距,以免敌方的一枚炮弹同时毁伤两个指挥所。

## 2 算法设计

整套指挥所配置方案可分解为5类指挥所的位置选取。每个指挥所分别对应一个种群,种群中适应度最高的个体代表该类指挥所,各种群中的最优个体组合成一套完整指挥所方案。染色体编码是设计遗传算法的一个关键步骤,编码方法不仅直接决定了个体染色体的排列形式和个体从搜索空间的基因型到解空间的表现型的解码方法,同时也影响到交叉算子、变异算子等的运算方法,在很大程度上影响到遗传的进化效率。文中将染色体分为两组(经度 $x$ ,纬度 $y$ ),采用实数的编码方式。这样不但避免了传统的二进制编码可能引入量化误差,和编码长度随着精度急剧增加的问题,还省去了染色体编码和解码这两个环节,而且更能体现地理坐标的特性。

算法流程如下:

1)产生初始种群。

为了使初始种群在搜索地域上均匀分布,这里采用了随机产生的方式,分别为5个种群产生最多100个的初始个体。

2)分别对每个种群执行选择、交叉、变异操作。

3)如果满足算法停止条件则退出计算,输出最优的完整解;否则转2)。

判断算法是否应该停止的方法是,在完成每一代进化后,将各子种群的代表组合成一个完整解,并对其进行评价,如果其适应度大于前一代完整解的适应度值则用其替换原完整解。如果在长时间内(近40次迭代内)没有适应度更高的完整解出现或者当前进化代数已达到最大迭代次数,则结束计算。

算法当中,适应度的计算,选择、交叉、变异算子的选择是非常关键的问题,下面将进行详细阐述。

### 2.1 种群间的合作方式与个体适应度的计算

协同进化遗传算法中最复杂也是最重要的就是适应度的计算,既要考虑单个个体的属性,还要考虑它和其他种群中个体的关系。计算子种群 $Pop_i$ 中的一个解个体 $X_i$ 的适应度时,分别从其他子种群 $Pop_j(j \neq i)$ 中选出一个

解个体作为代表(通常是适应度值最大的个体),这些代表组合成完整解后即可计算出 $X_i$ 的适应度。设一套指挥所分配方案为 $C$ ,基本指挥所、预备指挥所、前进指挥所和后勤指挥所、装备指挥所对应的子种群的代表分别为 $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$ ,则 $C = \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\}$ 。子种群 $m$ 中第 $i$ 个个体 $X_{mi}$ 的适应度 $f_{mi}$ 计算如下:

CGAFitness( $X_{mi}$ ) ( $m = 1, 2, 3, 4, 5$ )

从其他子种群 $Pop_j(j \neq m, 1 \leq j \leq 5)$ 中选取一个代表 $X_j$ ,组合成一套完整的配置方案 $\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\}$

$f_{mi} = 0$ ;

for( $n = 0; n \leq 5; n++$ )

$f_{mi} += k_n f_n$ ; (当 $n = m$ 时, $f_n$ 为根据该解个体自身属性计算出的适应度, $n \neq m$ 时 $f_n$ 为该解个体与子种群 $n$ 的代表之间的协同程度对应的适应度, $k_n$ 为系数)

### 2.2 遗传算子的设计

#### 2.2.1 选择算子

遗传算法中防止局部收敛的重要措施之一就是保持种群的多样性。在选择阶段就尽量使种群多样化能够促进算法的全局收敛。文中采用的是保留截断选择和锦标赛选择相结合的选择算子,二者相结合的选择操作使种群多样性能得到较好的保持。

首先从种群中选择一定比例的适应度最好的个体,然后从剩下的个体中每次选择两个进行比较,选择适应度较高者,直到选出足够的个体。这样做就能使得当前适应度不是很高,但含有较好基因的个体也有可能保存下来。

另外由于种群中个体的适应度值会受到其他子种群代表个体变更的影响,所以在进行选择操作时需要重新计算适应度值。同时由于新适应度值的计算可能导致大量的个体被淘汰,为了保持种群规模,当种群中个体数量少于一定数值(20个)时,需要进行种群的扩充,即随机再选取一些符合条件的个体加入该种群。

#### 2.2.2 交叉算子

实数编码遗传算法和二进制编码遗传算法相比,交叉和变异算子都更丰富。文中采用的是简单交叉,首先随机产生两个交叉位置 $i, j$ ,由于染色体表示的是经纬度(如117.234,24.568)而搜索区域往往是在10度范围内,因此交叉的位置设定在小数点前一位到小数点后三位的范围内。进行交叉操作时首先产生一个4以内的随机数,0对应小数点前第一位,1对应小数点后第一位,2对应小数点后第二位……然后互换两个个体经度第 $i$ 位和纬度第 $j$ 位的值,产生两个新的个体 $C_1'$ 和 $C_2'$ :

例如 $C_1 = (117.234, 24.568), C_2 = (117.471, 24.332), i = 1, j = 2$ ,则交叉后的结果为

$C_1' = (117.434, 24.538)$

$C_2' = (117.271, 24.362)$

### 2.2.3 变异算子

在遗传算法计算初期各种群中染色体的值分散性很大,但在寻优过程中很快就能将搜索范围缩小在一个很小的范围内,这时就希望变异操作尽量在小范围内进行,但为了保持种群多样性和跳出局部最优解,也要有一些大范围的变异操作。文中采用了非一致性变异,在进行变异操作时,以 0.3 的概率进行普通变异的同时还以 0.7 的概率进行变异范围随着迭代次数的增加而缩小的小范围变异。

取一个 100 以内的随机数  $R$ , 如果  $R < 30$  则进行普通变异,首先随机产生两个变异位  $i, j$  (产生方法及对应关系和交叉算子中使用的相同),然后再产生两个 10 以内的随机数  $m, n$ , 分别替换染色体中经纬度对应位置的数值。

如果  $R \geq 30$  则进行小范围变异,这时变异范围不再是小数点前第一位到小数点后第三位,而是由当前进化代数决定的。如果当前进化代数大于最大代数的  $2/5$ ,则只在小数点后第一、二、三位上进行变异;如果当前进化代数大于最大代数的  $3/5$ ,则只在小数点后第二位和第三位上进行变异;如果当前进化代数大于最大代数的  $4/5$ ,则只在小数点后第三位上进行变异。

例如  $C_1 = (117.234, 24.568)$ , 最大迭代次数 1000, 在第 350 次迭代时进行变异操作。首先产生随机数  $R$ :

如果  $R < 30$  进行普通变异,获得  $i = 1, j = 2, m = 5, n = 4 (i, j \in [0, 3])$ , 则变异之后的结果  $C_1' = (117.534, 24.548)$ ;

如果  $R \geq 30$  则进行小范围变异,由于  $650 > 1000 * 3/5$ , 获得  $i = 2, j = 3, m = 5, n = 4 (i, j \in [2, 3])$ , 则变异之后的结果为  $C_1' = (117.254, 24.564)$ 。

### 3 实验结果

实验结果如图 1 所示,左侧多边形为红方阵地边界,右侧多边形为蓝方阵地边界,蓝色圆点代表蓝方观察所位置,5 个红色小旗分别代表红方指挥所位置。基本指挥所位于阵地的中部,距敌方阵地前沿约 8km;预备指挥所在

基本指挥所附近约 1km 处;前进指挥所距蓝方阵地前沿约 6km,距离基本指挥所约 2km;后勤和装备指挥所靠近红方阵地后方,分别距离基本指挥所约 2.5km 和 1.7km。可以看出各个指挥所所在位置除了满足其基本的地形条件外,相互之间也保持了一定的协同度。

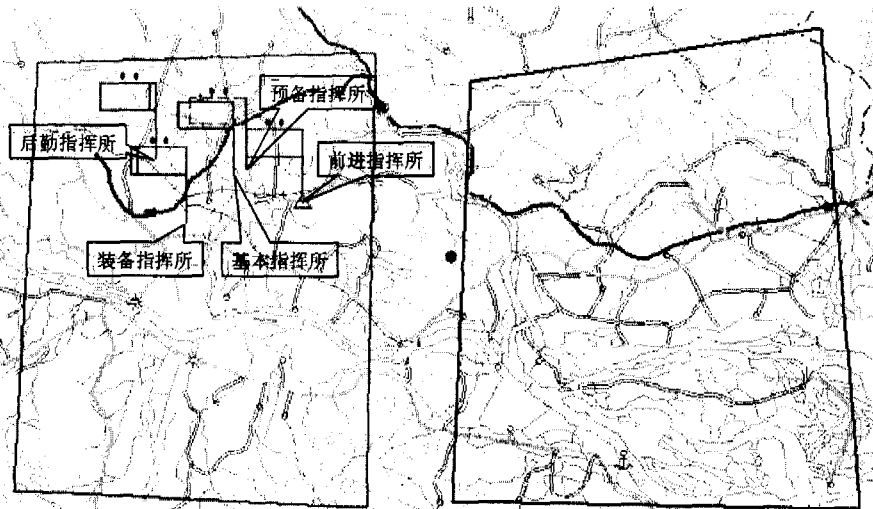


图 1 指挥所配置结果

### 4 结束语

地域选取是基于 GIS 的辅助决策系统的关键技术之一,多目标的地域选取是地域选取中比较复杂的问题。文中以指挥所配置为例将改进的协同进化遗传算法应用于多目标地域选取,不但成功地解决了问题,而且取得了令人满意的结果。但是协同进化遗传算法计算复杂性较高,如何减小计算复杂性,还需要进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 毕思飞,吴裕树,郑建军. 一种基于 GIS 和遗传算法的地域选取方法[J]. 微机发展,2004,14(6):13-15.
- [2] 黎夏,叶嘉安. 遗传算法和 GIS 结合进行空间优化决策[J]. 地理学报,2004,59(5):745-753.
- [3] 陈海涛,赵有,吴启权. Gause 竞争型协同进化算法在 FNN 中的应用[J]. 计算机工程与应用,2004(34):85-91.
- [4] 张运凯,王方伟,张玉清,等. 协同进化遗传算法及其应用[J]. 计算机工程,2004,30(15):38-43.
- [5] 总参谋部. 军事地形学(第 2 版)[M]. 北京:解放军出版社,2000. 328-330.

(上接第 173 页)

- [2] Jing J, Helal A S, Elmagarmid A. Client - Server Computing in Mobile Environments[J]. ACM Computing Surveys,1999, 31(2):117-157.
- [3] Hallway S D. Component Development for the java Platform [M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [4] Bellavista P, Corradi A, Stefanelli C. Mobile Agent Middleware for Mobile Computing[J]. IEEE,2001,34(3):73-81.
- [5] Jazayeri M, Lugmayr W. Gypsy: A component based mobile agent system[A]. 8th Euromicro Workshop on Parallel and Distributed Processing[C]. Rhodes, Greece:[s.n.],2000.