

## 基于云遗传算法的 CGF 路径规划研究<sup>\*</sup>

冯晓洁<sup>1</sup> 李 畅<sup>2</sup>

(1. 总参通信训练基地 宣化 075100)(2. 南京炮兵学院 南京 211132)

**摘 要** 为了使计算机生成兵力(CGF)能够快速、有效地进行路径规划,提出了一种将遗传算法与云模型相结合的方法。首先构建虚拟战场环境模型,然后引入云遗传算法,分析了应用云遗传算法进行 CGF 路径规划时必须解决的诸如遗传编码、种群初始化、个体适应度函数以及云遗传性能参数设定等基本问题。实验证明,该方法能够解决应用传统遗传算法规划路径时存在的“早熟”及“收敛速度慢”等缺陷,具有良好的适应性。

**关键词** 遗传算法; 云模型; 计算机生成兵力; 路径规划

**中图分类号** TP242

## CGF Path Planning Based on Cloud Genetic Algorithm

FENG Xiaojie<sup>1</sup> LI Chang<sup>2</sup>

(1. PLA General Staff Communications Training Base, Xuanhua 075100)(2. Nanjing Artillery Academy, Nanjing 211132)

**Abstract** To improving the efficiency of computer generated forces(CGF) path planning, a novel approach based cloud genetic algorithm is presented. First, a simple efficient model of fictitious battlefield is established. Then, the cloud genetic arithmetic is introduced into the domain and analyzes the basic problem such as genetic code, initialization and fitness. Simulation results show that the approach was optimized to solve the problems of premature phenomena and slow convergence.

**Key Words** genetic algorithm, cloud model, CGF, path planning

**Class Number** TP242

### 1 引言

计算机生成兵力(Computer Generated Forces, CGF)是作战仿真中自动或半自动的作战实体(如装甲兵分队、炮兵分队等)<sup>[1]</sup>。这些实体由计算机生成和控制,按照预先制定的规则执行动作,模拟其所代表角色的作战行为。CGF 路径规划的主要任务是在复杂的虚拟战场环境中,综合考虑敌情、我情、地形、天气气象等诸多因素,依据上级给定的约束条件(最短时间、伤亡程度等),从起点到终点寻找一条最优路径。

云模型<sup>[2]</sup>是李德毅院士提出的一种定性定量转换模型。在知识表达时云模型具有不确定中带有确定性,稳定之中又有变化的特点,体现了自然界物种进化的基本原理,已经在智能控制、模糊评测等多个领域得到广泛应用。

本文充分利用云模型云滴的随机性和稳定倾向性特点,结合遗传算法的基本原理,提出一种基于云遗传算法的 CGF 路径规划方法。实验表明,该方法能够显著提高路径规划的效率及稳定性。

### 2 环境空间建模

路径规划算法所处理的空间是环境的抽象空间,而 CGF 的工作空间是一个现实的物理空间,所以建立环境模型即实现物理空间到抽象空间的映射是进行 CGF 路径规

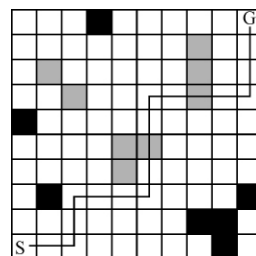


图 1 基于栅格法的环境模型

划的一个重要环节<sup>[3]</sup>。CGF 战场空间按照通用的地图数字化标准,采用数字高程模型 DEM(Digital Elevation Model),量化成统一的栅格地形数据格式。每个栅格带有诸如坡度、河流、道路等信息。图 1 所示为一个基于栅格法建立的 10×10 栅格环境地图。白色栅格表示可自由通过的空间,黑色栅格表示因地形限制不能通过的空间,灰色栅格表示地形可通过,但有敌情威胁的空间。

图 1 中,定义左上角第一个栅格序号为 0,并按照从左到右、从上到下的次序栅格依次递增的方法,为每个栅格定义一个序号,则从起点 S 到终点 G 的一条路径可表示为: Path(90,91,92,82,72,73,74,75,65,55,45,35,36,37,38,39,29,19,9)。

### 3 云遗传算法

云模型是一个遵循正态分布规律并具有稳定倾向的随机数集,其三个数字特征用期望值  $Ex$ 、熵  $En$  和超熵  $He$  来表征,反映了定性概念的整体特性<sup>[4]</sup>。正态云的基本生成算法如下<sup>[5~6]</sup>:

<sup>\*</sup> 收稿日期:2012 年 10 月 9 日,修回日期:2012 年 11 月 17 日

作者简介:冯晓洁,女,硕士,讲师,研究方向:计算机应用。李畅,男,硕士,讲师,研究方向:作战模拟。

```

INPUT:  $\{E_x, E_n, H_e\}, n //$  数字特征和云滴数
OUTPUT:  $\{(x_1, \mu_1), \dots, (x_n, \mu_n)\}, n //$  个云滴
FOR  $i = 1$  to  $n$ 
    // 生成期望值为  $E_n$ 、方差为  $H_e$  的正态随机数
     $E'_n = \text{RANDN}(E_n, H_e)$ 
     $x_i = \text{RANDN}(E_x, E'_n)$ 
    
$$\mu_i = e^{-\frac{(x_i - E_x)^2}{2(E'_n)^2}}$$

    drop( $x_i, \mu_i$ ) // 生成第  $i$  个云滴

```

云遗传算法利用云模型在知识表示中的特点,结合遗传算法的思想,用  $E_x$  代表父代个体的优良特征,用  $E_n$  和  $H_e$  表示继承过程的不确定和模糊性,由正态云发生器产生交叉概率和变异概率,使概率值既保持了趋势性,满足快速寻优能力;又具有随机性,提高了避免陷入局部最优的能力。

云遗传算法(CGA)步骤如下<sup>[4]</sup>:

- 1) 初始化种群;
- 2) 计算适应度;
- 3) 选择、复制和迁移: (1) 复制最佳个体至下一代; (2) 选择精英群,并复制; (3) 淘汰最差个体,被随机产生的外来个体移民所取代;
- 4) 对精英群进行交叉操作: (1) 按均匀分布随机生成确定度  $\mu$ ; (2)  $E_x$  由父代按适合度大小加权确定; (3)  $E_n$  = 变量搜索范围/ $c_1$ ; (4)  $H_e = E_n/c_2$ ; (5) 由 Y 条件云生成算法产生两个子代。其中,  $c_1, c_2$  为控制系数;
- 5) 变异: (1)  $E_x$  取原个体; (2)  $E_n$  = 变量搜索范围/ $c_3$ ; (3)  $H_e = E_n/c_4$ ; (4) 若确定度小于变异概率,由基本云生成算法便可得到变异后的个体。其中,  $c_3, c_4$  为控制系数;
- 6) 转第 2) 步,直到满足条件。

## 4 路径规划仿真实验

### 4.1 初始化种群

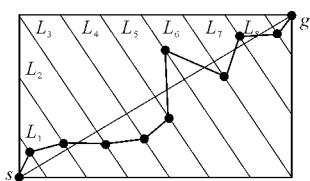


图2 初始个体的产生

$L_i (i=1, n-1)$ 。

初始化路径时在直线  $L_i$  上随机选择点,然后将这些点连成直线。

### 4.2 适应度函数

个体基因的优劣程度由适应度函数表示。CGF 路径规划主要考虑三个方面: 1) 总的耗费时间; 2) 路径的总长度; 3) 总伤亡程度。本文采用的适应度函数为

$$f = \omega_1 \frac{1}{\sum_{i=1}^n t_i} + \omega_2 \frac{1}{\sum_{j=1}^w d_j} + \omega_3 \frac{1}{1 - \sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^z l_{ij}}$$

式中:  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$  为权重系数,分别表示时间约束、距离约束和伤亡约束,其取值由指挥员根据当时的作战任务具体确定,且  $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 1$ 。  $t_i$  为通过第  $i$  个栅格所需时间;  $w$  是路径包括的线段数;  $d_j$  表示路径中相邻两点的距离;  $z$  是 CGF 兵力减少的次数;  $l_{ij}$  是兵力消耗指数<sup>[8~9]</sup>。

### 4.3 云遗传性能参数

正态云是一种泛正态分布,呈现“中间多、两头少”的特点。参数  $E_x, E_n$  的变化分别影响云模型的水平位置和陡峭程度,而  $H_e$  和云滴的离散程度成正比,  $\mu$  与之成反比,即  $H_e$  越大,离散程度越大,  $\mu$  越小,云滴越分散。所有的云滴都在期望曲线附近随机波动,而波动的大小由  $H_e$  控制。

在遗传算法中,  $E_n$  越大,则云覆盖的水平宽度越大,从而使个体在交叉、变异操作时搜索范围越大。根据正态分布“ $3\sigma$ ”规则,结合遗传算法的速度和精度要求,参考文献<sup>[10~11]</sup>,本文取  $c_1 = c_3 = 6m$  ( $m$  为种群大小)。为了进化初期能扩大搜索范围,进化后期提高搜索精度,  $H_e$  同样可以先大后小。但  $H_e$  过大,会在一定程度上丧失“稳定倾向性”;  $H_e$  过小,又会在一定程度上丧失“随机性”。本文取  $c_2 = c_4 = 6$ 。

需要指出,尽管  $E_n$  和  $H_e$  是云模型的重要参数,但在云遗传算法中,经过若干代进化后,  $E_x$  和  $\mu$  的随机性掩盖了它们取值不同所带来的进化结果的差异。

### 4.4 结果分析

为了验证云遗传算法 CGF 路径规划的有效性,本文分别使用云遗传算法(CGA)和传统遗传算法(SGA)对不同规模的路径规划问题进行对比,如表 1 所示。

表1 路径规划性能比较

问题规模	平均运行时间(s)		平均收敛代数		最优解出现概率	
	SGA	CGA	SGA	CGA	SGA	CGA
24	0.75	0.083	24.63	8.37	51.3%	95.0%
36	0.82	0.145	38.73	11.59	48.2%	95.1%
48	1.03	0.203	56.42	21.38	49.3%	94.9%

由表 1 可以看出在应用两种算法各运行 100 次所得结果中,应用云遗传算法规划 CGF 路径时,在进化速度和避免陷入局部最优能力上明显优于传统方法。这说明算法在收敛能力和稳定性上都能取得满意的效果。

## 5 结语

云遗传算法充分利用云模型云滴的随机性和稳定倾向性特点,不仅克服了传统遗传算法的早熟收敛问题,保证了算法收敛到最优解,而且提高了路径规划的效率。实验证明,该方法在应用于 CGF 路径规划时,对提高路径规划的质量和效率有较好的效果。

### 参考文献

- [1] 黄柯隶,刘宝宏,黄建. 作战仿真技术综述[J]. 系统仿真学报, 2004,16(9):1187-1195.  
HUANG Kedi, LIU Baohong, HUANG Jian. A Survey of Military Simulation Technologies[J]. Journal of System Simulation, 2004,16(9):1187-1195.
- [2] 许波,彭志平,余建平. 一种基于云模型的改进型量子遗传算法[J]. 计算机应用研究, 2011,28(10):3684-3686.  
XU Bo, PENG Zhiping, YU Jianping. Improved quantum genetic algorithm based on cloud model theory[J]. Application Research of Computers, 2011,28(10):3684-3686.

(下转第 558 页)

为精确的,但在当两侦察设备随机误差符号相反,且相差较大时,如第 5 组数据,此时传统计算方式  $z_{r1}$  和  $z_{r2}$  都与真实高度相差较大,而通过 PSO 优化计算,在高度估计上更接近真实值,偏差距离改善较大。由于侦察设备俯仰上的测量误差比方位上误差大,因此该优化计算能较好地锁定高度值,改善高度估计,有一定应用价值。

#### 参考文献

- [1] Poisel R A. Electronic Warfare Target Location Methods [M]. Norwood: Artech House, 2005:1-36.
- [2] Ericw. Radio Source Location by a Cooperating UAV Team [R]. AIAA 2005-6903, 1-5.
- [3] 李洪梅,陈培龙. 三维多站测向交叉定位算法及精度分析[J]. 指挥控制与仿真, 2007, 29(2): 54-59.  
LI Hongmei, CHEN Peilong. Algorithm and Accuracy Analysis for 3D Direction-Finding Crossing Location in Multi-Stations [J]. Command Control and Simulation, 2007, 29(2): 54-59.
- [4] 张艳花. 定向交叉定位配站问题与定位精度分析[J]. 电讯技术, 2008, 48(3): 12-15.  
ZHANG Yanhua. Study on Radar Distribution in Direction Finding Location and Location Accuracy Analysis [J]. Telecommunications Technology, 2008, 48(3): 12-15.
- [5] 白晶,王国宏,王娜. 测向交叉定位系统中的最优交会角研究[J]. 航空学报, 2009, 30(2): 298-304.  
BAI Jin, WANG Guohong, WANG Na. Study on Optimum Cut Angles in Bearing-only Location Systems [J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2009, 30(2): 298-304.
- [6] Gavish M, Weiss A J. Performance analysis of bearing-only target location algorithms [J]. IEEE Trans. AES, 1992, 28(2): 817-827.
- [7] Eberhart, R. C., Kennedy, J. A new optimizer using particle swarm theory [C] // Proceedings of the sixth international symposium on micro machine and human science. IEEE service center, Piscataway, NJ, Nagoya, Japan, 1995: 39-43.
- [8] Eberhart, R. C., Shi, Y. Particle swarm optimization: developments, applications and resources [C] // Proc. Congress on evolutionary computation 2001 IEEE service center, Piscataway, NJ, Seoul, Korea, 2001: 24-30.
- [9] Shi, Y., Eberhart, R. C. Parameter selection in particle swarm optimization Evolutionary Programming VII [M]. Springer-Verlag, New York, 1998: 591-600.
- [10] Shi, Y., Eberhart, R. C. A modified particle swarm optimizer [C] // Proceedings of the IEEE International Conference on Evolutionary Computation, IEEE Press Piscataway, NJ, 1998: 69-73.
- [3] 周巍,李元宗. 基于改进遗传算法的煤矿探测机器人路径规划[J]. 太原理工大学学报, 2010, 41(4): 364-367.  
ZHOU Wei, LI Yuanzong. Path Planning of Coal Mine Detecting Robot Based on Improved Genetic Algorithm [J]. Journal of Taiyuan University of Technology, 2010, 41(4): 364-367.
- [4] 张光卫,康建初,李鹤松. 基于云模型的全局最优化算法[J]. 北京航空航天大学学报, 2007, 33(4): 486-490.  
ZHANG Guangwei, KANG Jianchu, LI Hesong. Cloud model based algorithm for global optimization of functions [J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2007, 33(4): 486-490.
- [5] 戴朝华,朱云芳,陈维荣. 云遗传算法及其应用[J]. 电子学报, 2007, 35(7): 1419-1422.  
DAI Chaohua, ZHU Yunfang, CHEN Weirong. Cloud Model Based Genetic Algorithm and Its Applications [J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35(7): 1419-1422.
- [6] 刘禹,李德毅,张光卫. 云模型雾化特性及其在进化算法中的应用[J]. 电子学报, 2009, 37(8): 1651-1658.  
LIU Yu, LI Deyi, ZHANG Guangwei. Atomized Feature in Cloud Based Evolutionary Algorithm [J]. Acta Electronica Sinica, 2009, 37(8): 1651-1658.
- [7] 戴朝华,朱云芳,陈维荣. 云遗传算法[J]. 西南交通大学学报, 2006, (12): 729-732.  
DAI Chaohua, ZHU Yunfang, CHEN Weirong. Cloud Theory-Based Genetic Algorithm [J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2006, (12): 729-732.
- [8] 朱磊,樊继壮,赵杰. 基于栅格法的矿难搜索机器人全局路径规划与局部避障[J]. 中南大学学报, 2011, 42(11): 3421-3428.  
ZHU Lei, FAN Jizhuang, ZHAO Jie. Global path planning and local obstacle avoidance of searching robot in mine disasters based on grid method [J]. Journal of Central South University (Science and Technology), 2007, 33(4): 486-490.
- [9] 韩勇,曹兴华,杨煜普. 一种改进的自适应云遗传算法[J]. 计算机仿真, 2011, 28(10): 191-194.  
HAN Yong, CAO Xinghua, YANG Yupu. Improved Adaptive Cloud Genetic Algorithm [J]. Computer Simulation, 2011, 28(10): 191-194.
- [10] 张飞舟,耿嘉洲,程鹏. 基于云遗传算法的公交车辆智能调度[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2010, 35(8): 905-908.  
ZHANG Feizhou, GENG Jiazhou, CHENG Peng. Intelligent Dispatching of Public Vehicles Based on Cloud Genetic Algorithms [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2010, 35(8): 905-908.
- [11] 王锋,陈亮宝,卢厚清. 基于遗传算法的 CGF 机动规划研究[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版), 2011, 12(6): 622-628.  
WANG Feng, CHEN Liang, LU Houqing. Research of CGF maneuver planning based on genetic algorithm [J]. Journal of PLA University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2011, 12(6): 622-628.
- [12] 罗自强,曹鹏. 基于云进化策略的软件可靠性分配[J]. 舰船电子工程, 2012, 32(8).  
LUO Ziqiang, CAO Peng. Research of the Software System Reliability Allocation Based on Cloud Evolutionary Strategy [J]. Ship Electronic Engineering, 2012, 32(8).

(上接第 539 页)