

文章编号: 1006-2475 (2010) 02-0073-04

# 基于遗传算法的人群行为模拟研究

周俊祥, 陈红梅

(商丘师范学院计算机科学系, 河南 商丘 476000)

**摘要:** 人群行为模拟问题是一个多约束的、多目标的组合优化问题, 本文针对公共场所人群密度大的特点, 分析人群行为的特点, 采用具有智能性和并行性的遗传算法的基本理论, 研究如何解决人群行为模拟问题。该算法实现了对人群行为进行合理、有序的安排。并且通过实验验证了遗传算法求解行为模拟问题操作简单, 并且能得到全局最优性, 能够较好地处理人群行为模拟问题。

**关键词:** 行为模拟; 遗传算法; 编码; 适应度函数

**中图分类号:** TP301.6      **文献标识码:** A      **doi:** 10.3969/j.issn.1006-2475.2010.02.020

## Crowd Behavior Simulation Research Based on Genetic Algorithm

ZHOU Jun-xiang, CHEN Hong-mei

(Department of Computer Science, Shangqiu Normal University, Shangqiu 476000, China)

**Abstract:** The simulation problem of crowd behavior is a multiple constraint, multiple objective combination optimization problems, this paper aims at the characteristics of population density in public places, analyzes the characteristics of crowd behaviors, adopts intelligence and parallelism of genetic algorithm's basic theory, researches how to solve the problem of crowd behavior simulation. The genetic algorithm realizes rational and orderly arrangement of crowds behaviors. And by experimental verifies that the behavior simulation problems in genetic algorithm to solve is simple, and can get global optimality, and can better to deal with the issue of crowd behavior simulation.

**Key words:** behavior simulation; genetic algorithm; coding; fitness function

## 0 引言

人群行为是由群众的个体行为构成, 它与单独个体的行为明显不同, 人群行为尤其具有特殊性, 它受外界环境及个体之间的相互作用影响, 研究人群行为特点在许多领域具有较高的应用价值。如在人群聚集的公共场所<sup>[2-4]</sup>, 若没有预先作好疏散方案, 一旦有安全事故或突发紧急事件发生, 人群就容易产生混乱、拥挤, 引起人员伤亡。因此, 对人群的行为与疏散的研究具有极大的现实意义和实用价值。但是用真人来进行相关的实验研究几乎不可能。人的行为受外界和心理诸多因素的影响, 不可能把人置于真正事故现象的混乱之中。因此, 用计算机来模拟人群行为的技术——虚拟人群模拟成为国际上安全研究的一个重要手段<sup>[3]</sup>。尽管围绕虚拟人群仿真的技术已取得了一些成果, 但要使人群行为能合理、有序、没有冲突地发生的研究还比较少。因此本课题研究的内容有着重要的理论意义和实用价值。

人群行为模拟问题实际上就是在领导、小组、房间、个体和时间等变量中以工作计划和各种特殊要求为制约的组合优化问题。针对这一复杂问题很多研究者提出了诸多算法如回溯算法、反复比较法、整数规划、规则系统、模糊理论、网络流来描述并解决人群行为模拟问题。这些方法的缺点是计算时间过长且需占用大量的内存空间<sup>[6-7]</sup>。

遗传算法<sup>[8]</sup>作为一种有效的全局搜索方法, 从产生至今不断扩展其应用领域, 由于它的鲁棒性、适用范围广、有组织性、自适应和学习性、并行性、良好的全局优化和稳定性等优点, 对于传统优化方法无法或很难解决的非线性、不可微分问题, 遗传算法都能很好地解决<sup>[9]</sup>。遗传算法的以上特点使其为解决人群行为模拟问题成为可能。本文将结合实际问题的所涉及到各类约束, 优化目标设计一种特定的基因编码方法和相应的目标评价函数<sup>[10]</sup>, 并在实际应用中取得了良好的效果。

收稿日期: 2009-10-27

作者简介: 周俊祥 (1981-), 男, 河南商丘人, 商丘师范学院计算机科学系助教, 研究领域: 智能算法。

## 1 人群行为模拟问题描述

人群行为模拟本质上是时间表问题的一种典型应用实例<sup>[13-15]</sup>,是为了解决行为顺序对时间和空间资源的有效、合理利用并避免相互冲突。在行为模拟过程中,需要考虑行为效率、满足某些特殊要求等多项优化指标,将每种行为安排到相应的时间和空间区域中。

### 1.1 符号与约束条件

在行为模拟中,其主要任务是将小组、空间区域、具体行为、领导安排一个较为合理的状态,使目标函数达到优值。

#### 1.1.1 集合符号

小组 group集合  $G(G_1, G_2, G_3, \dots, G_n)$ ,每个小组信息包括小组的标识号  $D$ 、成员数、成员的标识号。

空间区域 space region集合  $S(S_1, S_2, \dots, S_m)$ ,在一个工作场所中,空间区域的高度是一样的,每个空间区域的信息包括区域容量、区域标识号  $D$ 和区域的起始网格标识号 3个属性。这里的空间区域可以认为是平面区域。

行为 act集合  $A(A_1, A_2, \dots, A_k)$ ,每种行为信息包括行为标识号  $D$ 、行为的开始时间和空间区域。不同的行为所占的空间区域的大小不一样,例如,开会事件对应的区域相对大些,上班事件对应的小些(工位区域),将行为在时间和空间里进行适当的排列组合,是行为模拟问题的求解目的。

时间 time集合  $T(T_1, T_2, T_3, T_4, T_5)$ ,把一天分成 5个相等的时间单元。

个体 People集合  $P(P_1, P_2, \dots, P_l)$ ,每个领导的信息包括个体标识号  $D$ 。

领导 leader集合  $L(L_1, L_2, \dots, L_h)$ ,每个领导信息包括领导  $D$ 。

#### 1.1.2 约束条件

人群行为的硬约束条件:

(1)一个领导或者一个区域或者一个个体在同一时间段内只能允许一个行为发生。

(2)分配的区域可容纳的个体应该大于等于 1;如行为的名字是开会时区域可容纳的人数应该大于参加会议的个体数。

除了上述的硬性约束,还有些软约束,这些约束有助于使得行为更加合理,更加人性化。这些约束条件可能是:

(1)在早上  $T_1$  时间安排是上班科研时间,讲座时间尽量安排到其它时间段,讨论问题最好安排在下午时间段。

(2)一个领导或一个个体不能一天做同一个行为。

(3)尽可能满足个别领导的特殊时间特殊行为的要求。

(4)占多时间段的行为的周次安排要错开。在实际模拟过程中,一般对于每周多时间段的讲座行为,应该能够尽量隔天安排,才能保证有较好的效果。本文规定一种行为在一周安排最多两次。

在人群行为模拟中满足硬约束的条件不一定令人满意<sup>[5]</sup>,只有软、硬约束都满足了的人群行为才是满意的,这样的解可能不止一个。在本文的研究中,在定义的约束范围内给出一个遗传算法的解决方法,并对其进行优化操作,从解集中获得能够令人满意的相对占优解,该算法首先需要满足不能发生任何硬性冲突,其次它需要有较高的软质量,符合科学,具有人性化。

## 2 算法设计

### 2.1 遗传算法描述

遗传算法<sup>[1]</sup> (Genetic Algorithm, GA)是一种有效的解决最优化问题的方法,它是基于人类社会的进化过程。遗传算法首先利用随机方式产生一切始群体祖先,群体中的每个个体称为染色体,它对应着优化问题的一个可能解,染色体的最小组成元素应称为基因,它对应可能解的某一特征,即设计变量染色体的评价函数值反映可能解的优劣,按照优胜劣汰原则对染色体进行选择,相对好的个体繁殖,相对差的个体将死亡。因此群体整体的性能通过选择、杂交、突变等过程将趋于改善,经过若干代繁衍进化就可使群体性能趋于最佳,其实质就是一种把自然界有机体的优胜劣汰的自然选择。适者生存的进化机制与同一群体中个体与个体间的随机信息交换机制相结合的搜索算法。

### 2.2 遗传算法的运算过程

(1)编码:令  $t=0$  给出正整数  $T$ (最大迭代次数)交叉率  $P_c$ 及变异概率  $P_m$ 随机生成  $M$ 个个体作为初始群体  $P(t)$ 。

(2)确定适应度:计算  $P(t)$ 中各个体的适应度。

(3)选择:对群体  $P(t)$ 进行选择操作得到中间群体。

(4)交叉:把交叉操作作用于中间群体。

(5)变异:把变异操作作用于交叉之后所得到的群体,则得到第  $(t+1)$ 代群体  $P(t+1)$ 。

(6)若  $t < T$ ,则令  $t=t+1$ 转(2);若  $t > T$ 则以进化过中所得到的具有最大适应度的个体作为最优解,运算停止。

基本流程图如图 1 所示。

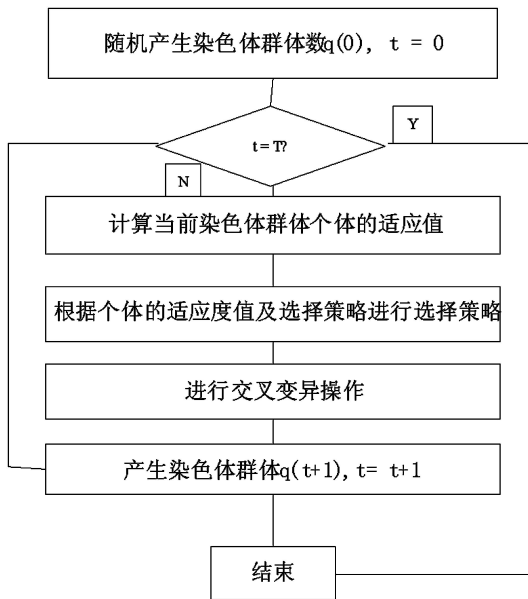


图1 基本流程图

## 2.3 人群行为模拟设计

### 2.3.1 基因编码

遗传算法中首要考虑的是如何表现其问题,即如何对基因编码使之适用GA操作。在经典的遗传算法中<sup>[11]</sup>,常采用整数、浮点数或二进制的编码方法,而在人群行为模拟研究中,每条染色体代表每位领导、每个小组的行为,其结构为:(领导D,小组D,行为D,区域D,行为的安排时间单元T1,T2)。基因在程序中用十进制编码,也即在一个染色体个体中一个领导只能带领小组进行某种行为而且最多可以占用2个时间段,若对应的位为空则置为0。例如,要给高性能小组在周二第二个时间单元做一个报告,领导用三位数表示011,高性能小组编号为122,报告行为编号12,周时间段2200,则用生成染色体可表示为:“011122122200”十二位十进制数。按如上编码,两条染色体对后9位作交叉操作,不会影响到每位的行为。每一条染色体表示一种可能的行为安排结果,至于行为结果的优劣,则由适应度函数评估染色体的适应度来决定<sup>[12]</sup>。

### 2.3.2 适应度函数

遗传算法在进化中是以每个个体的适应度值为依据来选取下一代种群的。适应度函数设定得好坏直接影响到遗传算法的收敛速度和能否找到最优解。在本系统中,适应度函数的设计思想是从三个方面构造。

(1)时间间距 interval约束,它考虑的是一个小组同一种行为的周次数超过一次的情况,若同一组同一种行为在同一天或相邻的两天则效率会降低。即规定:

$$\begin{aligned}
 0w &= w, t = t \\
 0.4w &= w, t = t \\
 0.6|w - w| &= 1 \\
 1, & \text{ other}
 \end{aligned}$$

其中  $w$  表示天,  $t$  表示时间单元。

(2)对每条染色体中存在的冲突类型进行加权求和,其中权值  $w_i$  代表的是第  $i$  条规则的重要程度,若某条染色体违反了某条规则  $i$ ,则将其值  $P_i$  置为 1(若没有违反规则  $i$ ,则  $P_i$  值为 0),其受到的惩罚值为  $w_i * P_i$ ,对染色体中存在的冲突进行加权求和并加上 1 后,再求其倒数,如以下公式:

$$f = \frac{1}{\sum_{i=1}^k w_i * P_i + 1}$$

其中  $k$  表示规则条数。

(3)区域利用率 Rate,  $r$  = 小组的人数 / 区域容量,  $r$  只能是一个 0 到 1 的数,  $r$  越接近 1 说明区域的利用率越高。

每一条染色体适应度的  $F = (1) + (2) + (3)$ ,染色体的适应度函数值越大,则表示其拥有较好的行为时间段和区域,其在下一代的演化中的生存概率就较大。

### 2.3.3 初始化

(1)个别领导在特殊时间的行为先初始化,然后随机建立不同可行解组成的初始群体。

(2)遗传算子与选择算子。

选择运算用于模拟生物界去劣存优的自然选择现象。它从旧种群中选择出适应度高的某种染色体,放入配对集合中为染色体交叉和变异运算产生新种群做准备。适应度越高的染色体被选择的可能性越大,选择操作的方法有许多,如轮盘赌选择法 (roulette wheel selection)、局部选择法 (local selection)、锦标赛选择法 (tournament selection) 等。在这个行为模拟的研究中,选择算子采用了轮盘赌选择法,首先将整个群体根据个体的适应度不同分布在轮盘上,适应度大的个体占的比例多一些,适应度小的个体占的比例少一些,然后对每个个体的概率进行累积,所有个体的概率和为 100%,每个个体占其中的一个百分比段选择时系统随机产生一个百分数,落在哪个个体的百分比段就选择哪个个体,这种选择方法对适应度高的个体选种的机会相对就多,也就是实现了优胜劣汰,但是也存在着选种适应度小的个体的可能性,这样又保证了群体的多样性,使保留在较差个体中的优秀基因段也得以保存设计时为了得到适应度越大越容易被选中的结果。

(3)交叉算子。

交叉算子是根据选择操作的结果,选取两条染色体作为父个体,再取一个随机数  $P_t$  与系统预设的交叉率值  $P_c$  比较,若  $P_t < P_c$  进行单点交叉,交叉的位置是一个  $[1, n]$  之间的随机整数  $p$ ,然后使该位处与第  $p$  位处的基因进交换。

(4)变异算子。

变异操作<sup>[11]</sup>有顺序表达法,比如反转变异、插入变异、移位变异等,在这个研究中采用反转变异。反转变异是在染色体上随机地选择两点,并将两点之间的子串反转,如12345689若随机选择第4、6这两个点,则变异的结果是12365489。

变异应该是往更好的方向发展,子个体虽然继承了父个体的特性,同时应有别于父个体,增加新的、更好的特性,在变异过程中,一方面是随机的,另一方面应有向适应高方向发展的趋势,因此,提出“培养型变异”策略,其基本思想是:当个体被变异后产生了新的个体,比较新个体的适应度与父个体的适应度,若新个体比父个体的适应度高,则把新个体替换原有个体,否则,再进行一次变异,而第二次变异对适应度不作检查,直接替换原有个体。改进后的变异策略,一方面保持了变异的随机性,另一方面含有向适应度高的方向发展的趋势。

### 3 应用

利用上述方法,采用 Visual Studio 2005 和 OpenGL 图形库,实现人群行为方案,图2和图3显示二维情况下人群行为的模拟仿真和人群避免冲突时的运动方向人群行为模拟。图4显示三维情况下的人群行为模拟。



图2 二维情况下的人群行为模拟

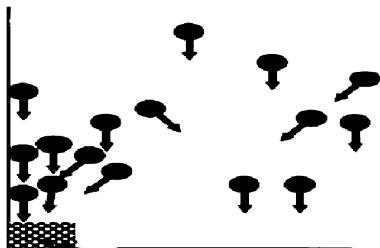


图3 二维情况下人群行为的方向(上北、下南、左西、右东)



图4 三维人群行为模拟

### 4 结束语

实验证明,该方案能有效地解决冲突问题,较好地实现了领导、小组、区域安排和行为的合理调度。资源利用率等方面也都取得了较满意的效果。实现了人群行为模拟到个人模拟安排有效、合理性,在使用遗传算法后人群行为模拟的实际效率有极大的提高。因此用遗传算法实现人群模拟问题的最优解是一种比较简单实用的方法,收敛速度快,时间分配合理。

#### 参考文献:

- [1] 陈国良,等. 遗传算法及其应用 [M]. 北京:人民邮电出版社, 1996
- [2] Li Tsai-Yen, Wang Chih-Chien. An evolutionary approach to crowd simulation [C] // Studies in Computational Intelligence 76. 2007: 119-126
- [3] 胡斌,董升平. 人群工作行为定性模拟方法 [J]. 管理科学学报, 2005, 8(2): 77-85
- [4] 刘箴. 虚拟人的行为规划模型研究 [J]. 系统仿真学报, 2004, 16(10): 2149-2152
- [5] 陈世明,黄江平,等. 不确定环境中的群体行为建模及仿真研究 [J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(21): 32-35
- [6] 胡斌. 群体行为的定性模拟原理与应用 [M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2006
- [7] Addison A C. Emerging trends in virtual heritage [J]. IEEE Multimedia, 2000, 7(2): 22-25
- [8] 王小平,曹立明. 遗传算法——理论、应用与软件实现 [M]. 西安:西安交通大学出版社, 2002: 31-33
- [9] Burke E K, Elliman D G, Weare R F. A genetic algorithm based university timetabling system [C] // East West Conference on Computer Technologies in Education. Crimea, Ukraine, 1994: 35-40
- [10] 业宁,梁作鹏,董逸生. 一种基于遗传算法的 TTP 问题求解算法 [J]. 东南大学学报(自然科学版), 2003(1): 41-44
- [11] Seng T L, Khalid M B, Yusof R. Tuning of a NeuroFuzzy controller by genetic algorithm [J]. IEEE Tran System, cybem B, 1999, 29(2): 226-236
- [12] Goldberg D E, et al. Messy genetic algorithms: Motivations, analysis and first result [J]. Complex System, 1990, 3(5): 493-530
- [13] Bouvier E, Cohen E, Najman L. From crowd simulation to airbag deployment Particle systems, a new paradigm of simulation [J]. J. of Electronic Imaging, 1997, 6(1): 94-107
- [14] Brogan D C, Hodgins J. Group behaviors for systems with significant dynamics [J]. Autonomous Robots, 1997, 4(1): 137-153
- [15] Funge J, Tu X, Terzopoulos D. Cognitive model: Knowledge, reasoning, and planning for intelligent characters [C] // Proc of ACM SIGGRAPH. Los Angeles, 1999: 29-38



论文写作，论文降重，  
论文格式排版，论文发表，  
专业硕博团队，十年论文服务经验



SCI期刊发表，论文润色，  
英文翻译，提供全流程发表支持  
全程美籍资深编辑顾问贴心服务

免费论文查重：<http://free.paperyy.com>

3亿免费文献下载：<http://www.ixueshu.com>

超值论文自动降重：[http://www.paperyy.com/reduce\\_repetition](http://www.paperyy.com/reduce_repetition)

PPT免费模版下载：<http://ppt.ixueshu.com>

---