

# 基于遗传算法的移动平台动画图片存储的研究

冯 林, 生绪博, 孙宇哲

(1. 大连理工大学 大学生创新院, 辽宁 大连 116023;

2. 大连理工大学 电子与信息工程学院, 辽宁 大连 116023)

**摘 要:**为了减少移动设备中动画在内存中的占用率,针对移动平台动画图片的分割后再重组的存储特点,提出了一种基于遗传算法的多边形快速优化布局方法。通过对被分割的原始动画图像块的处理,获得图像块中图像的边缘数据,利用该边缘数据和基于包围盒的快速碰撞检测方法,实现对被分割动画图片的优化布局。实验结果表明,该方法能够快速有效地实现移动平台动画图片的优化重组,有效地降低动画资源在移动设备中的内存的占用率。

**关键词:**遗传算法;优化布局;碰撞检测

**中图分类号:**TP18

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2008)07-0031-04

## Study of Storage of Animation Image on Mobile Platform Based on Genetic Algorithm

FENG Lin, SHENG Xu-bo, SUN Yu-zhe

(1. Institute of University Students' Innovation, Dalian University of Technology, Dalian 116023, China;

2. Institute of Computer Science and Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116023, China)

**Abstract:** Considering the splitted-reform storage characteristic on mobile platform, a method to solve the problem of the storage of the animation image on mobile platform based on genetic algorithm is presented. In order to get the optimization layout of the split animation image, use the bounding box collision detection and the border data of the split animation image. Experimental result shows that the proposed algorithm is good at solving the layout of the animation split image on mobile platform.

**Key words:** genetic algorithm; optimization layout; collision detection

## 0 引 言

随着移动通信的不断发展,人们对移动平台的动画存储的研究越来越深入。由于移动设备内存的局限性,节省动画图片的内存占用量就成了亟待解决的问题。将动画图片切割再重组的方法能够有效地降低动画原图片中重复的部分图片,被切割的图片再重组的过程就是一个典型的多边形的布局优化问题。

目前,解决布局优化问题的算法主要有启发式方法<sup>[1]</sup>、模拟退火算法<sup>[2]</sup>、基于学习的方法<sup>[3]</sup>、遗传算法<sup>[4]</sup>等。启发式方法是一种局部搜索方法,因此很容易陷入局部最优。模拟退火算法的弱点是当目标函数有较深的局部最优解时,仅仅通过随机性跳出局部最优解就无能为力了。基于学习的方法难以对不同的具

体问题给出通用的解决方案,目前很难投入实际的应用中。考虑到移动平台动画存储对内存要求的苛刻性和上述算法的固有缺陷以及在收敛方面的局限性,以上的算法并不适合求解该问题。文献[4]中利用遗传算法解决多边形的自动优化布局时没有充分考虑到多边形的边缘特性和种群的自适应性,然而这在对内存要求苛刻的移动平台的动画存储中是非常重要的。

由于上述方法在求解该问题上的缺陷。笔者在文献[4]的基础上尝试利用遗传算法来解决该问题,在求解过程中充分考虑到了多边形的边缘特性,并在此基础上提出了关于任意多边形的遗传编码方式,同时结合快速碰撞检测的优化算法<sup>[5]</sup>和遗传算法的自适应算法使得问题得到了解决。实验结果表明该方法能够很好地解决移动平台动画的存储问题。

## 1 问题的描述及数学模型

### 1.1 多边形自动优化布局的描述

将动画图片切割再重组的方法能够有效地降低动

收稿日期:2007-10-28

基金项目:国家自然科学基金(50575031)

作者简介:冯 林(1969-),博士,教授,研究方向为图像压缩、配准及融合和演化算法。

画原图片中重复的部分图片,被切割的图片再重组的过程可以等价为一组任意多边形的优化布局问题。

一个由  $n$  个任意形状的简单多边形  $P_i (i = 1, 2, \dots, n)$  组成的集合  $M = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ , 矩形  $R$  的长度固定为  $W$ , 长度  $L$  不定。 $P_i$  为一个六元组。

$$P_i = (c_i, C_i, V_i, A_i, \theta_i, \sigma_i) \quad (1)$$

其中,  $c_i = (x_{ci}, y_{ci})$  是多边形  $P_i$  外接矩形的中点坐标;  $C_i = \{(x_{ia}, y_{ia}), (x_{ib}, y_{ib}), (x_{ic}, y_{ic}), (x_{id}, y_{id})\}$  是多边形  $P_i$  外接矩形的顶点集合;  $V_i = \{h_i, v_i\}$ ,  $h_i = \{(x_{i1s}, y_{i1s}), (x_{i1e}, y_{i1e}), (x_{i2s}, y_{i2s}), (x_{i2e}, y_{i2e}), \dots, (x_{ims}, y_{ims}), (x_{ime}, y_{ime})\}$ ,  $H$  为多边形的高, 其中  $(x_{ims}, y_{ims}) (m \leq H)$  为多边形  $P_i$  在其外接矩形中第  $m$  行的起始坐标点,  $(x_{ime}, y_{ime}) (m \leq H)$  为多边形  $P_i$  在其外接矩形中第  $m$  行的终止坐标点;  $v_i = \{(x_{i1t}, y_{i1t}), (x_{i1b}, y_{i1b}), (x_{i2t}, y_{i2t}), (x_{i2b}, y_{i2b}), \dots, (x_{iwt}, y_{iwt}), (x_{iwb}, y_{iwb})\}$ , 其中  $W$  为多边形的宽,  $(x_{int}, y_{int}) (n \leq W)$  为多边形  $P_i$  在其外接矩形中第  $n$  列的起始坐标点,  $(x_{inb}, y_{inb}) (n \leq W)$  为多边形  $P_i$  在其外接矩形中第  $n$  列的终止坐标点;  $A_i > 0$ , 为多边形  $P_i$  的面积;  $\theta_i$  为多边形  $P_i$  允许旋转的角度,  $\theta_i \in \{0, \pi/2, \pi, 3\pi/2\}$ ;  $\sigma_i \in \{0, 1\}$ , 表示是否允许多边形  $P_i$  做对称变换,  $\sigma_i = 0$  表示不允许,  $\sigma_i = 1$  表示允许。

## 1.2 多边形自动优化布局问题的等价数学模型

自动优化布局问题与人工智能中机器人学的运动规划问题有一定的相似性, 根据这种相似性, 提出关于自动优化问题的一种等价变形。

自动优化布局问题可以看做是关于一组不规则多边形在一个宽度固定、长度不定的矩形容器中的一种运动规划问题, 即多边形在某个位置  $(x, y)$  处依次向左运动(在运动期间, 多边形可以根据实际问题的约束条件进行某种旋转和对称变换), 直到与其它多边形或矩形容器边界刚好碰撞为止。问题要求一种最优运动规划使得矩形容器的长度最短。

自动优化布局问题有一个解当且仅当存在一个这样的关于多边形的运动规划, 并且前人已经对该问题进行过说明。所以这两个问题是等价的。这样自动优化布局问题的一个可能解可以表示为:

$$S = ((O_1, x_1, y_1, \theta_1, \sigma_1)), ((O_2, x_2, y_2, \theta_2, \sigma_2)), \dots, ((O_n, x_n, y_n, \theta_n, \sigma_n)) \quad (2)$$

其中  $O_i (i = 1, 2, \dots, n)$  为  $1, 2, \dots, n$  的一个排列, 表示多边形  $P_i$  的运动次序;  $(x_i, y_i)$  表示多边形  $P_i$  移动的初始位置。  $x_i \geq 0, 0 < y_{imin} \leq y_i \leq y_{imax}, y_{imin}, y_{imax}$  分别是  $P_i$  在垂直方向上最小和最大位置范围;  $\theta_i (i = 1, 2, \dots, n)$  表示  $P_i$  绕水平方向旋转的角度,  $0 \leq \theta_i \leq$

$2\pi; \sigma_i \in \{0, 1\}$ , 表示是否允许做对称变换,  $\sigma_i = 1$  表示允许,  $\sigma_i = 0$  表示不允许。

## 2 基于遗传算法的快速求解

### 2.1 解的编码与解码

#### (1) 编码方案。

自动最优化布局问题转化为多边形运动规划问题, 根据前面的描述, 每个候选解都可以用式(2)表示, 所以采用式(2)作为这个问题遗传算法的解的编码方案。

#### (2) 解码与评价。

一个个体解的解码与评价等于进行一次多边形运动规划的模拟, 每一个多边形的运动规划过程可以归结为多边形的靠接问题。多边形的靠接问题一直是计算机图形学和机器人学等领域研究的重要课题。文中采用了多边形碰撞检测中经典的包围盒快速碰撞检测算法, 利用多边形的外接矩形信息(式(1)中的  $c_i$  和  $C_i$ ) 做大步长快速碰撞, 当外接矩形接触后, 再利用多边形的边缘信息(式(1)中的  $V_i$ ) 做多边形的小步长细节碰撞。通过多边形包围盒快速碰撞检测算法可以实现多边形的快速布局。当完成了解码并得到了对应的布局后, 就可以获得解的适应度值。

定义: 所谓一个布局材料的利用率  $E$  是指所有多边形的面积总和与使用的原材料面积之比, 即

$$E = \sum_{i=1}^n S_i / (W \times L)$$

其中  $W$  为原材料的宽,  $L$  为原材料的长。

以布局材料的利用率  $E$  作为布局的适应度值函数, 并以此作为解的评价标准。

### 2.2 遗传算子

#### (1) 选择算子。

常用的遗传选择方法有适应度比例方法(Fitness Proportional Model)、最佳个体保存方法(Elitist Model)、期望值方法(Expected Value Mode)、排序选择方法(Rank-Based Model)、联赛选择方法(Tournament Selection Model)、排挤方法(Crowding Model)等<sup>[6,7]</sup>。

结合移动平台动画图片存储的需求特性, 采用了适应度比例方法和最佳个体保存法相结合的方法, 以保证群体的更好的遗传性和收敛性。

适应度比例方法是最基本也是最常用的选择方法, 也称为轮盘赌或蒙特卡罗选择法。在该方法中, 各个体被选中的概率与其适应度函数值大小成正比。设群体大小为  $n$ , 个体  $i$  的适应度为  $F_i$ , 则个体  $i$  被选中遗传到下一代群体的概率为:

$$P_i = F_i / \sum_{i=1}^n F_i \quad (3)$$

最佳个体保存法是指群体中适应度值最大的个体不经变异、交叉算子的处理而直接复制到下一代群体的选择方法。采用此方法的优点是进化过程中某一代的最优解可不被交叉和变异操作破坏。Rudolph 曾用齐次 Markov 链证明了虽然标准遗传算法收敛不到全局最优解,但若采用保留最优个体的选择方式,则算法全局收敛<sup>[8]</sup>。

### (2) 交叉算子。

采用单点交叉算子,两个父代个体根据一定的概率  $P_c$  发生基因重组,首先随机地在两个个体上选择一个点,然后再交换这两个串对应的子串。按照上文的编码方式,两个父代个体进行交叉运算后,可能会产生一些不合法的子代个体,即在一个子代个体中两个多边形的运动顺序可能相同。当出现这种情况时,规定两个多边形的先后顺序与其父代个体中适应度值较大的父代个体的这两个多边形的先后顺序相同。

### (3) 变异算子。

采用基本位变异算子,在欲变异的个体中随机挑选两个多边形,交换其运动顺序,以此实现变异操作,产生新的个体。

## 2.3 遗传算法的自适应

为了解决遗传算法中可能出现的早熟收敛和收敛速度过慢的情况,采用基于个体相似度的方法实现整个算法的自适应。

### (1) 个体相似度。

个体相似度指两个个体对应染色体中具有相同等位基因的基因个人与基因总数的比值。两个染色体中等位基因相同的基因个数越多,其相似度越大,反之亦然。

对于群体中任意两个个体  $A$  和  $B$ ,其相似度可以表示为:

$$SD(A, B) = 1 - (\sum_{i=1}^L A_i \oplus B_i) / L \quad (4)$$

其中,  $L$  是二进制染色体串的长度;  $A_i$  是个体  $A$  对应染色体的第  $i$  个基因;  $B_i$  是个体  $B$  对应染色体的第  $i$  个基因;  $\oplus$  是异或运算符。

依据个体相似度可以得到群体相异率,表示为:

$$D = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1, k \neq j}^N (1 - SD(Ind_j, Ind_k)) / (N - 1)^2 * 100\% \quad (5)$$

其中,  $N$  为种群规模,  $Ind_j$  为种群中第  $j$  个个体,  $Ind_k$  为种群中第  $k$  个个体。

通过计算群体的相异率,但群体相异率小于一定阈值时,增加种群带变异概率,以提高种群的多样性,有利于算法性能的提高。

## 3 实验结果与分析

### 3.1 参数设置

遗传算法在实际应用中的性能与算法中选取的各项参数密切相关,文中根据实验的经验数据给出如下参数设置:选取种群大小  $N = 100$ ,初始重组概率  $P_c = 0.8$ ,初始变异概率  $P_m = 0.05$ ,群体相异率小于 0.65 时,  $P_m = 0.1$ ,以提高种群多样性。

### 3.2 实验结果

实验中选取了实际移动平台动画设计中的图像块,并依据上述参数设置,进行了两次布局优化。两次布局过程都进化了 3000 代。其一是在没有考虑多边形的边缘性的情况下进行的布局优化,其结果如图 1 所示,布局后的图片尺寸大小为  $94 \times 100$ ,图片的利用率达到 54.08%;其二是在考虑多边形的边缘性的情况下进行的布局优化,其结果如图 2 所示,布局后的图片尺寸大小为  $82 \times 100$ ,图片的利用率达到 62.64%。

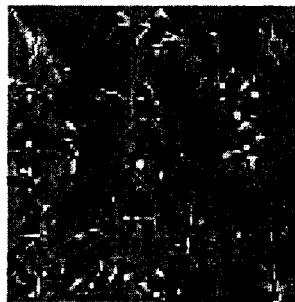


图1 未考虑多边形边缘性布局结果

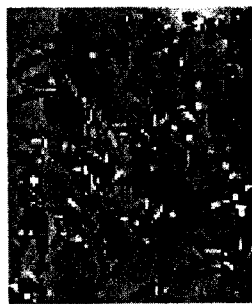


图2 考虑多边形边缘性布局结果

### 3.3 实验分析

从上述的实验结果可以看出文中提出的方法能够使得布局结果更加紧密,是有效的。图 3 是文中算法的性能曲线图,结果表明文中的算法是收敛的。从逼近曲线的斜率可以看出,种群开始的进化速度较快,后期的进化速度较慢,但种群的整个进化过程保持着较好的进化速度。这主要是因为,开始时有效解的解空间较大,而后期有效解的解空间相对较小且种群整体保持着较好的自适应性的缘故。其中,曲线一是考虑了多边形的边缘性的情况下得到的结果,曲线二是没有考虑多边形边缘性的结果,从实验结果可以分析出,

曲线一的结果明显优于曲线二的结果。总的来说该算法是一个较好的解决方案,能够在较短的时间内得到较好的解。

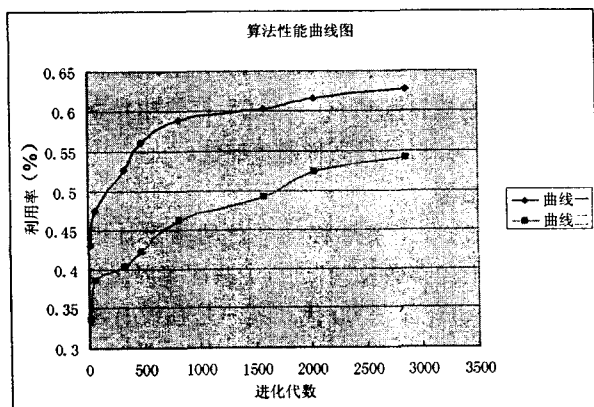


图3 算法性能曲线图

#### 4 结束语

自动优化布局问题在许多领域都有着重要的应用,很多学者也都在此方面取得了很多的进展,但至今仍然没有提取一个较为完美的解决方案。文中将自动优化布局问题等价于一种运动规划形式,并结合了碰撞检测算法,实现了应用在手机上的动画图片的布局优化。实验结果表明文中的方法是一种较好的解决方案。在解决布局问题的过程中并没有考虑到动画图片

被切割的图像块之间的相关性,如果能够使取自同一帧的图像块在布局时能够保持相对的紧密,就可以大大提高后期的动画的制作过程,这将是进一步的研究工作。

#### 参考文献:

- [1] Danniels K, Ilenkovic V J M. Mutiple translational containment part I: An approximate algorithm[J]. Algorithmica, 1997,19:148-182.
- [2] 康立山,谢云,尤矢勇,等.非数值并行算法(第1册):模拟退火算法[M].北京:科学出版社,1994.
- [3] 徐东溶.报纸版面布局的自动类比设计[J].计算机学报,1998,21(12):1066-1073.
- [4] 印鉴,李明.基于遗传算法的最优布局问题求解[J].计算机研究与发展,2002,39(10):1296-1273.
- [5] 章勤,黄琨,李光明.一种基于OBB的碰撞检测算法的改进[J].华中科技大学学报:自然科学版,2003(1):46-48.
- [6] 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.
- [7] 周志坚.基于遗传算法的神经模糊技术应用研究[D].广州:华南理工大学,1999.
- [8] Rudolph G. Convergence analysis of canonical genetic algorithms[J]. IEEE Transaction on Neural Networks, 1994,5(1):96-101.

(上接第30页)

行客观评价,采用均方根误差、峰值信噪比、熵三个参数进行比较(见表1)。

表1 不同融合算法的融合结果参数对比

算法	RMSE	PSNR	Entropy
文献[8]	5.6394	76.2296	5.0813
文献[9]	5.5474	76.5587	5.0842
文中	5.3496	77.2849	5.1856

从表1可以看出,与其它两种融合算法相比较,文中算法均方根误差最小,信噪比最大。说明融合图像与标准图像间的差异小;文中算法的熵最大,说明经文中算法所得到的融合图像包含更多的信息。

#### 4 结束语

针对多聚焦图像融合问题,综合考虑了图像的前景、背景以及多聚焦图像本身特点,针对Curvelet变换得到的高频区域系数的融合提出了局部区域线性相关度的概念。实验结果表明,文中的算法取得了较好的视觉效果。

#### 参考文献:

- [1] 刘峰,姬光荣,周立俭,等.基于多小波分析的多聚焦图像融合[J].中国海洋大学学报,2007,37(1):163-167.
- [2] 张学帅,潘泉,赵永强,等.基于M带小波变换的多聚焦图像融合[J].计算机工程与应用,2005(23):77-79.
- [3] Choi Myungjin, Kim Rae Young, Nam Myeong-Ryong, et al. Fusion of multispectral and panchromatic Satellite images using the curvelet transform[J]. Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE, 2005,2(2):136-140.
- [4] Candes E J, Demanet L, Donoho D L, et al. Fast discrete Curvelet transform[EB/OL]. 2005-07-01[2006-02-13]. <http://www.acm.caltech.edu/~em2manuel/publication.html>.
- [5] Durucan E, Brahimi T. Change detection and background extraction by linear algebra[J]. IEEE Special Issue on Advanced Video-Surveillance, 2001,89(10):1368-1381.
- [6] 杨俊,赵忠明.基于Curvelet变换的多聚焦图像融合方法[J].光电工程,2007(6):67-71.
- [7] 蒲恬,方庆喆,倪国强.基于对比度的多分辨图像融合[J].电子学报,2000(12):116-118.