

基于二倍体显性机制的透视变换矩阵参数优化

方 树,陈贤富

(中国科学技术大学 微电子学院,安徽 合肥 230027)

摘 要:图像拼接的基础是将所有待拼接的图像转换到同一平面上,而透视变换矩阵描述的就是一个平面到另一个平面的投影变换,反映了图像坐标点之间的一一对应关系。但当透视变换矩阵中参数精度较低时会导致图像拼接效果不佳,拼接过程中会出现公共区域无法对接、有鬼影等现象。提出了一种基于二倍体显性机制的 DNA 遗传算法(AO 方法)的矩阵参数优化方案,AO 方法在优化效率上能以较快的速度和较高的精度搜索到问题的全局最优解,从而提高透视变换矩阵参数的精度。实验结果显示,所提出的方法能够较好地优化矩阵参数,符合期望目标。

关键词:透视变换矩阵;遗传算法;二倍体显性机制;参数优化

中图分类号:TP301

文献标识码:A

DOI: 10.19358/j.issn.2096-5133.2020.03.008

引用格式:方树,陈贤富.基于二倍体显性机制的透视变换矩阵参数优化[J].信息技术与网络安全,2020,39(3):40-43,55.

Parameter optimization of perspective transformation matrix based on diploid dominant mechanism

Fang Shu, Chen Xianfu

(Institute of Microelectronics, University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China)

Abstract:The basis of image stitching is to transform all the images to be stitched to the same plane, and the perspective transformation matrix describes the projection transformation from one plane to another. However, when the accuracy of the parameters in the perspective transformation matrix is low, the image stitching effect will be poor, and in the image stitching process, the common areas will not be docked and ghosts will appear. This paper proposes a matrix parameter optimization scheme of the DNA genetic algorithm (AO method) based on the diploid dominant mechanism. The AO method can search the global optimum of the problem at a faster speed and higher accuracy in the optimization efficiency. The experimental results show that the method adopted in this paper can better optimize the matrix parameters and meet the expected goals.

Key words: perspective transformation matrix; genetic algorithm; diploid dominant mechanism; parameter optimization

0 引言

随着科学技术的飞速发展,人们对全景图像在不同场合应用涌现出新的要求:安防监控、无人机技术、VR 技术等,图像拼接技术也得到越来越广泛的运用^[1-2]。而图像拼接技术的重中之重在于图像的配准。图像配准是对图像的重叠区域进行对齐的过程,首先是图像特征点检测,其次是完成特征点的匹配,再根据匹配点对的集合计算出透视变换矩阵的各个参数,最后通过透视变换矩阵完成图像中的坐标变换。其中变换矩阵参数的精度很大程度上影响了图像配准效果。

传统的方法采用 RANSAC (Random Sample

Consensus)算法,该算法通过大量迭代的方式,能够从包含大量局外点的数据集中估计出较高精度的参数。但图像配准中的匹配点对的集合经过严格筛选,仅存在较少的局外点集,且如果设置迭代上限,则该算法迭代得到的结果可能不是最优解,甚至为错误解。

遗传算法作为一种全局优化搜索方法,使用简单,鲁棒性强,易于并行化,因而应用研究已经从初期的组合优化求解扩展到许多高新工程化的应用方面^[3]。但传统遗传算法局部搜索能力差,容易陷入局部最优解,本文针对这些不足,采用基于二倍体显性机制的 DNA 遗传算法来优化透视变换矩阵

中的参数。

1 图像变换的基本模型

图像配准也称图像对齐,该过程通过对待拼接图像的特征点的提取和匹配,完成对图像重叠区域的对齐^[4]。在图像配准过程中,通常需要确定变换模型,而常见的模型有刚体变换、仿射变换、透视变换等。变换矩阵 A 的一般表达式为:

$$A = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \quad (1)$$

1.1 刚体变换

刚体变换主要是针对旋转和平移进行的一种变换。其特性是图像中的两点在变换后欧氏距离保持不变,且两条直线的平行或垂直等这类关系保持不变。在二维空间中,点 (u,v) 通过刚体变换至点 (X,Y) 的表达式为:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & t_x \\ \sin\theta & \cos\theta & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中 θ 为旋转角度, $[t_x, t_y]$ 为平移变量。

1.2 仿射变换

仿射变换主要针对平移、旋转、缩放、剪切等进行变换。仿射变换后直线与直线间的平行关系保持不变,但直线的长度和角度都发生了改变。在二维空间中,点 (u,v) 通过仿射变换至点 (X,Y) 的表达式为:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & t_x \\ a_3 & a_4 & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中 $[t_x, t_y]$ 为平移变量,参数 a_i 反映的是图像旋转、缩放等变化。

1.3 透视变换

透视变换是中心投影的射影变换,是将空间坐标系下的三维物体或对象转变为二维图像的过程。在变换过程中,图像中的直线映射到另一幅图像中仍为直线,但平行关系基本不保持。二维图像空间中,点 (u,v) 通过透视变换至点 (X,Y) 的表达式为:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

令

$$H = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

其中变换参数 $a_i (i = 1, 2, \dots, 8)$ 是依赖于场景和图像的变换参数。变换后的图像坐标 (x,y) 分别为 X/W 和 Y/W , 即:

$$x = \frac{X}{W} = \frac{a_1 u + a_2 v + a_3}{a_7 u + a_8 v + 1} \quad (6)$$

$$y = \frac{Y}{W} = \frac{a_4 u + a_5 v + a_6}{a_7 u + a_8 v + 1} \quad (7)$$

图像拼接中,因变换矩阵 H 中 8 个参数都参与了变换,故图像配准多采用透视变换模型。如图 1、图 2 所示:首先需要将待变换图像通过透视变换矩阵变换至基准图像的平面,然后将两幅位于同一平面的图像进行拼接。图 1 为变换后的图像,图 2 为拼接后图像。

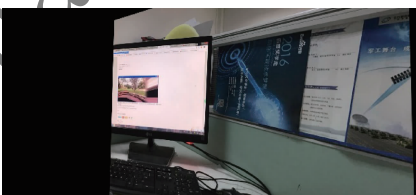


图 1 透视变换后的图像

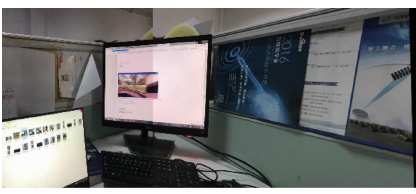


图 2 拼接后的图像

将图 2 细节处放大后会发现,有很多拼接重合区域尚未对齐,如图 3、图 4 所示(两幅图像颜色差异是因为拍摄角度的变化导致光照色差的变化)。

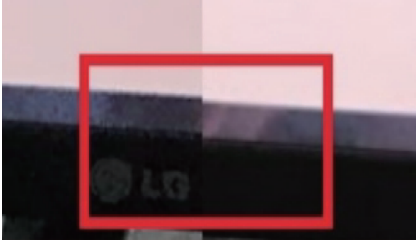


图 3 尚未对齐处 1

基于上述拼接效果欠佳的现象,分析其直接原因因为透视变换矩阵参数不够精确,导致匹配图中的



图4 尚未对齐处2

各像素点没有精确变换到基准图的相应位置。

2 基于二倍体显性机制的遗传算法优化

2.1 优化模型

由1.3节可知,透视变换矩阵中参数精度上的误差直接影响到拼接效果,因此如何寻找到最优的矩阵 H 成为了图像配准的关键。

遗传算法 (Genetic Algorithm, GA) 作为一种全局优化搜索方法,起源于对生物系统所进行的计算机模拟研究,最先是由 Michigan 大学的 John Holland 于 1975 年提出的^[5]。遗传算法的实现包括参数的编码解码、初始化种群的设定、适应度函数的设计、遗传操作等。算法遵循“适者生存”的自然界法则,根据每一代适应度值判别种群优劣从而筛选劣势种群,完成种群的进化过程。

但是传统遗传算法的局部搜索能力较差,容易出现早熟收敛的现象^[6]。参考文献[7-8]中提出了一种基于二倍体显性机制的 DNA 遗传算法,该算法根据染色体的特有结构,提出了最优个体保存,重新优化了种群之间的遗传操作,在与传统遗传算法的对比中发现,基于二倍体显性机制的遗传算法能够有效抑制早熟收敛现象,防止算法陷入局部最优解。本文将基于此算法完成对透视变换矩阵参数的优化。

2.2 基于二倍体显性机制的遗传算法

(1)交叉操作。参考文献[7]中提出的基于二倍体显性机制的遗传算法,相较于传统遗传算法对交叉操作进行了相应的改进。传统遗传算法中所有交叉方式的共同之处在于均继承了两父串的相同基因,而二倍体显性遗传算子在继承父代同型等位基因的同时,对杂型等位基因按照“与”和“或”的方式进行处理。例如,两父串为:

F1:0100101101

F2:1101110100

则由“与”和“或”交叉操作后产生的两子串分别为:

C1:0100100100

C2:1101111101

(2)变异操作。变异操作是对矩阵参数以变异概率 p 随机指定的某一位或某几位的值作变异运算。

(3)挑选子代再变异。参考文献[8]中为了提高局部随机搜索能力,维持种群的多样性,提出了挑选子代再变异操作。该操作将适应度较高和较低的两个子代作为遗传对象来更新种群,有效抑制了适应度低个体中优秀基因的丢失,从而扩大了局部搜索范围,且维持了种群多样性。

(4)适应度函数设计。本文需预先获取若干筛选后的匹配点对,利用所有匹配点对中数据测试透视变换模型,计算匹配点对中坐标标准值与坐标计算值的欧氏距离。适应度 Fitness 表达式如下:

$$\text{Fitness} = \sum_{i=0}^n \left[\left(x'_i - \frac{a_1 x_i + a_2 y_i + a_3}{a_7 x_i + a_8 y_i + 1} \right)^2 + \left(y'_i - \frac{a_4 x_i + a_5 y_i + a_6}{a_7 x_i + a_8 y_i + 1} \right)^2 \right]^{\frac{1}{n}} \quad (8)$$

其中, (x_i, y_i) 和 (x'_i, y'_i) ($i = 1, 2, \dots, n$) 为两幅图像特征点的匹配点对坐标, $a_1, a_2, \dots, a_8$ 为式(5)中透视变换矩阵参数。

根据以上步骤,制定的基于二倍体显性机制的算法优化流程图如图5所示。

3 实验分析

为了验证基于二倍体显性机制的遗传算法对透视变换矩阵参数的优化方案,本文采用了 0/1 编码方式对优化问题进行实验。

实验环境为 Windows 10 64 位操作系统,使用 Visio Studio 2013,采用 C++ 语言编码实现。实验中设置控制参数最大遗传代数为 400,选取交叉概率为 0.8,变异概率为 0.15,种群规模为 100,染色体长度为 30,优化目标是获取最优透视变换矩阵参数,使得图1和图2能够较好地完成拼接。进化代数与适应度函数的关系如图6所示,其中横坐标表示为进化代数;为使折线图呈上升趋势,纵坐标表示为适应度函数值的倒数,其中适应度函数值为所有对应像素坐标之间的欧氏距离和。

由图6可知,本方案能以较快的速度达到局部最优解,仅出现少量局部最优的过渡,当进化至 160 代附近时寻求到透视变换矩阵参数的最优解,得到透视矩阵为:

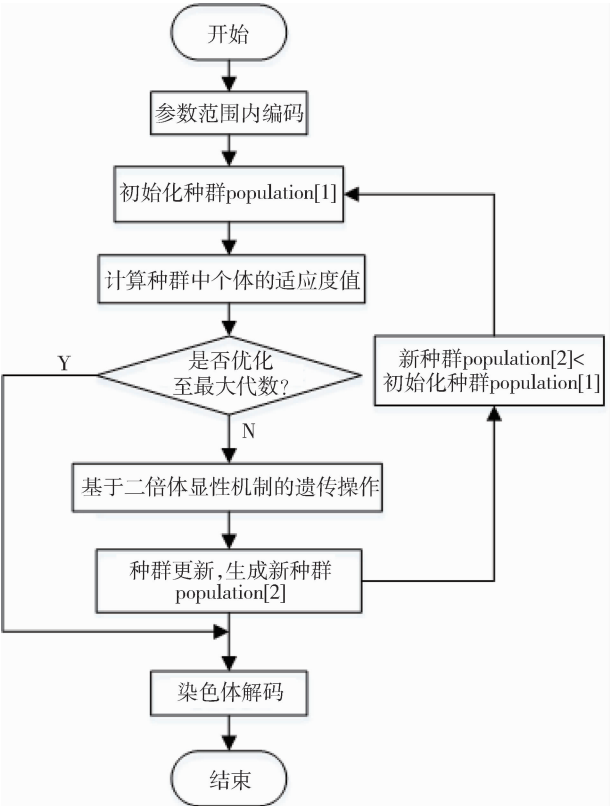


图5 基于二倍体显性机制的遗传算法流程图

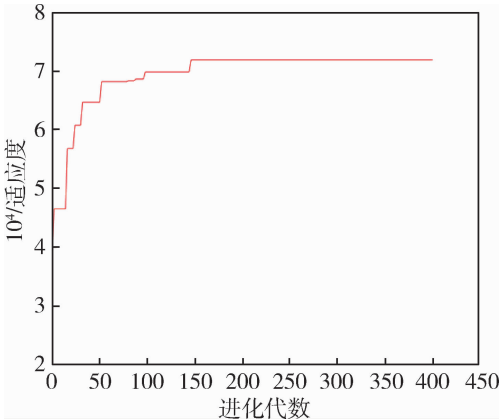


图6 适应度图

$$H = \begin{bmatrix} 0.543\ 98 & -0.058\ 99 & 993.938\ 92 \\ -0.196\ 74 & 0.965\ 24 & 61.520\ 77 \\ -0.000\ 39 & -1.483\ 32 \times 10^{-5} & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

基于优化后的透视变换矩阵,重新对图像进行透视变换和图像拼接,拼接后图像如图7所示,细节效果如图8、图9所示。

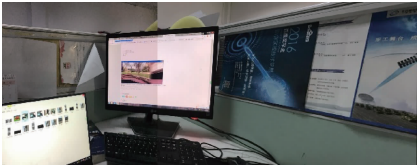


图7 优化后的矩阵拼接的图像



图8 优化后的细节处1

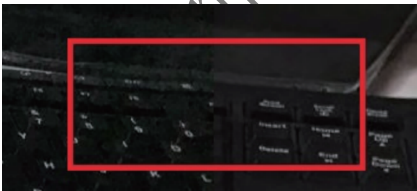


图9 优化后的细节处2

从图8、9可以看出,在基于二倍体显性机制的透视变换矩阵参数优化后,图像的细节部分相较于优化之前有明显的改善,重合区域能够较好衔接,整体拼接效果也趋于完善。

4 结束语

本文提出了基于二倍体显性机制的透视变化矩阵参数优化方案,在传统的遗传算法方案中引进了“与”、“或”的交叉方式和子代再变异的遗传操作,使得整个方案能够较快、较准确地获得全局最优解。经试验表明,本方案完成了矩阵参数的优化操作,进而改善了图像拼接效果。

但本方案的效果与完美拼接尚存在一定差距。分析其主要原因在于两幅图的匹配点对经筛选后仍存在误差,导致未能精确求解适应度函数。后续将继续研究匹配点对筛选的问题,并将该改进方案应用到多路视频拼接上。

参考文献

[1] 刘扬. 平安城市视频监控系统中异常行为识别技术研究
与实现[D]. 南京:南京邮电大学,2014.
[2] 黄凯奇,程晓棠,康运锋. 智能视频监控技术综述[J].
计算机学报,2015,38(6):1093-1118.
[3] 陈国良,王煦法,庄镇泉. 遗传算法及其应用[M]. 北京:
人民邮电出版社,1996.

(下转第55页)

疏阵列优化[J]. 系统工程与电子技术, 2018, 40(5): 11-15.

- [9] Gao Weifeng, Huang Lingling, Liu Sanyang, et al. Artificial bee colony algorithm based on information learning[J]. IEEE Transactions on Cybernetics, 2015, 45(12): 2827-2839.

(收稿日期: 2020-01-06)

作者简介:

刘晓琳(1978-), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向: 智能控制、故障诊断。

苏杨(1994-), 女, 硕士, 主要研究方向: 智能控制、故障诊断。

(上接第 43 页)

- [4] 徐杰, 金湘亮, 白瑞广. 一种改进的摄像头视频实时拼接方法[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(24): 179-181.
- [5] XI Y G, CHAI T Y, YUN W M. Survey of genetic algorithms[J]. Control Theory and Applications, 1996(6): 697.
- [6] PHOLDEE N, BUREERAT S. Hybrid real-code population-based incremental learning and approximate gradients for multi-objective truss design[J]. Engineering Optimization, 2014, 46(8): 1032-1051.
- [7] 徐凯, 陈贤富. 基于二倍体显性机制的 DNA 遗传算法研

究[J]. 信息技术与网络安全, 2018, 37(7): 46-49.

- [8] 钱菲, 陈贤富. 基于双链染色体结构的遗传算法研究[J]. 信息技术与网络安全, 2019, 38(5): 33-36.

(收稿日期: 2020-01-03)

作者简介:

方树(1993-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 智能信息处理。

陈贤富(1963-), 男, 副教授, 主要研究方向: 复杂系统与认知计算。

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《信息技术与网络安全》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《信息技术与网络安全》编辑部
中国电子信息产业集团有限公司第六研究所