

基于改进的遗传算法的图像匹配研究

袁张露, 许建龙, 曾龙龙

(浙江理工大学信息电子学院, 杭州 310018)

摘 要: 匹配算法的计算量由搜索位置数与相关算法的计算量之积来决定, 因此, 为了减少总的计算量, 需要改进匹配算法和减少搜索位置。提出一种改进的遗传算法的匹配方法, 设计了染色体的表示方法、新的适应度函数以及新的遗传操作算子。为了加快算法的收敛速度, 对初始种群的选取和遗传算子操作概率的选取提出了新的方法。实验结果表明, 该方法更有效地完成了特征图像之间的匹配。

关键词: 图像匹配; 遗传算法; 模板

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

0 引 言

图像匹配^[1]是计算机视觉及图像分析与处理中的一项非常重要的技术, 在航空摄影测量、地理分析、医学等领域中都得到广泛应用。在图像匹配的领域中, 主要研究的不仅是如何提高图像匹配的精度, 而且还要减小与其相关算法的计算量。图像匹配是在图像中寻找是否有所关心的目标, 基本上有基于图像灰度相关^[2]、图像特征匹配^[3]、神经网络算法、遗传算法等几类匹配算法。图像匹配是指通过一定的匹配算法在两幅或多幅图像之间识别同名点, 如二维图像匹配中通过比较目标区和搜索区中相同大小的窗口的相关系数, 取搜索区中相关系数最大所对应的窗口中心点作为同名点。其实质是在基元相似性的条件下, 运用匹配准则的最佳搜索问题。这样能找到一种有效地搜索策略可以大大提高匹配速度, 因此, 将遗传算法引入图像匹配技术中。但传统的遗传算法应用于图像匹配时, 计算量较大, 从而导致运行速度不能满足系统的实时性要求。本文提出的是一种改进遗传算法的模板匹配和图像中物件轮廓相似性的测度方法, 能保证图像匹配的精确度, 可以较快地完成全局搜索, 而不会陷入局部最优, 同时提高算法的可行性和鲁棒性, 从而提高搜索效率。

1 基于遗传算法的图像匹配技术

遗传算法^[4](genetic algorithm, GA)是近年来迅速发展起来的一种全新的随机搜索与优化算法, 具有自适应的迭代寻优搜索和直接对结构对象进行操作的特点, 同时也是一种基于群体进化的全局优化搜索算法, 具有隐含的并行性。通过群体适应度控制的遗传操作, 使群体不断优化, 从而找到满意解或最优解。

1.1 染色体编码

生物的性状由生物的遗传基因来决定。在遗传算法中, 染色体所对应的是数据或数组, 而基本遗传算法中的染色体通常由一维的串结构数据来表示。染色体的编码对于遗传算法的收敛性有着直接的影响。基本遗传算法是用固定长度 1 (又称为链长) 的二进制符号串来进行编码的, 其各基因座上的基因都是由二值符号集 {0, *, 1} 所组成, 其中 * 表示一个未定数值, 可以是 0, 也可以是 1。为了便于计算机的操作, 实际应用

中的编码长度通常都是固定的。对于图像坐标 (i, j) ,二进制编码可以用 16 位二进制串表示,前 8 位表示 i 值,后 8 位表示 j 值,则点 $(125, 68)$ 可以表示为: $X_{(125, 68)} = 011111010100100$,实数编码为: $X_{(125, 68)} = 125068$ 。

1.2 适应度函数 $f(x)$

在遗传算法中,通常搜索过程基本不利用外部信息,而仅以个体适应度值的大小来作为个体性能好坏的衡量指标。衡量模板和匹配对象之间差别的参数是误差平方和。假设原始搜索图的大小为 $n \times n$,模板大小为 $m \times m$,设模板中的某点坐标为 (i, j) ,该点的灰度值为 $T(i, j)$,与之重合的图像中对应点的坐标为 $(x-i, y-j)$,灰度值为 $f(x-i, y-j)$,可用如下函数衡量匹配的结果:

$$G = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m [f(x-i, y-j) - w(i, j)]^2 \quad (1)$$

整个算法流程示意图如图 1 所示。

2 改进的遗传算法

本文所提出的图像匹配算法的主要思路是:首先如上所述对图像进行预处理,其次在一定的范围内,通过穷尽搜索的方法,在图像中每一个可能的位置上移动模板,并求取模板与对应图像中被匹配区域上的点集的部分 Hausdorff 距离。在遗传算法的执行过程中,利用改进部分 Hausdorff 距离^[5]作为遗传算法的适应度函数,是为了进一步降低计算量的复杂度,还可以减少匹配时间。

令模板为 B ,图像为 A ,为了方便使用,用 $d_h(B, A)$ 来度量 B 和 A 的匹配程度。为了使用模板匹配图像的某个部分,可以将 $d_h(B, A)$ 推广到部分改进 Hausdorff 距离,以便模板和图像的某个特征更好地匹配,我们定义

$$d_{h_l}(B, A) = L_{b \in B}^h d(b, A) \quad \text{其中 } 1 \leq l \leq q \quad (2)$$

但是改进后的 Hausdorff 距离并没有减少这种搜索方法所需要的计算时间,尤其是当物体或者图像存在着尺度或者旋转变换时,这种方法在实际中更加难以实现。因此,为了降低计算的复杂度和减少匹配时间,而且更加满足实际工程的需要,提出了一种改进的遗传算法,该算法如下。

利用部分 Hausdorff 距离衡量匹配的测度,构造适应度函数如下:

$$f(x, y, s, a) = 1.0001 - d'_{h_l}(B, A) / D_{\max} \quad (3)$$

其中 $d'_{h_l}(B, A)$ 的计算方法是:对点集 B 中的一点 b_j ,只在 b_j 相对应的点集 A 中的位置附近从内向外搜索 1 个小邻域,若 A 中该小邻域有点,则搜索到第 1 个点 a_i 与 b_j 的距离 $d(i, j)$ 为点集 B 中的点 b_j 到点集 A 的距离。将 $d(i, j)$ 排序,取序号为 l 的距离就是 $d'_{h_l}(B, A)$ 。所得该距离最大值为 $D_{\max}$,如果 $d'_{h_l}(B, A)$ 越小,则该函数适应性越高,则模板与图像匹配的效果越佳。

根据本文思路,在对图像进行匹配之前,应对所选取的参考图像和待匹配图像进行预处理,预处理主要分三个步骤:图像的压缩、二值化和边缘检测。首先对图像的压缩主要是为了减少计算量和计算时间,但前提要保证计算精度。其次二值化处理就是将图像上点的灰度值为 0 或 255,也就是使整个图像呈现出明显的黑白效果,这样再对图像做进一步处理时变得简单,而且数据的处理和压缩量小。“canny”算法边缘检测的优点,就在于它具有较好的抗噪性和自适应性,成为应用比较广泛的边缘检测算法,如图 2 所示。因此,算法的实现流程图如图 3 所示。选取 256×256 的图像作为参考图,对其图像进行预处理如图 4 所示。

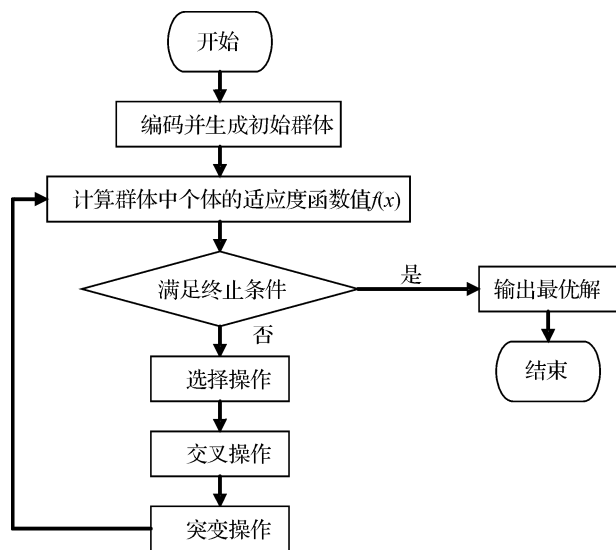


图 1 遗传算法流程

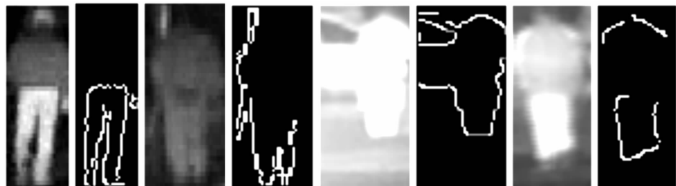


图 2 canny 算子边缘检测轮廓

在对图像进行预处理以及定义了适度函数后,接下来就要重点研究遗传算法了,关于该算法较重要的一个问题就是选择机制的确定。本文采用的是适应度比例与最佳个体保存相结合的选择机制,设群体大小为 n ,其中个体 i 的适应度为 F_i ,按照适应度比例方法,个体 i 被选中的概率为:

$$P_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F_i}$$

(4)

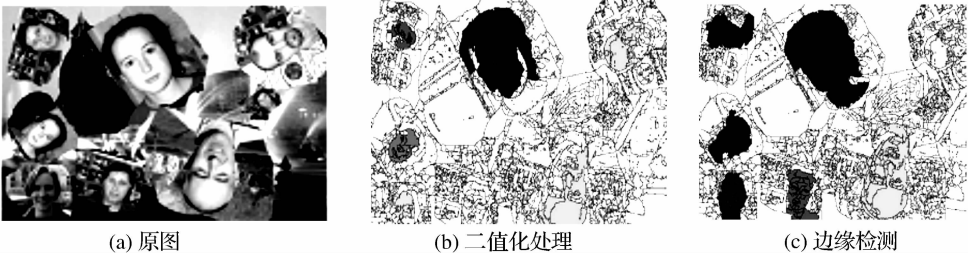


图4 图像预处理示意

交叉率 P_c 过大时遗传模式被破坏的可能性也越大。交叉率 P_c 过小时,会使搜索过程缓慢,以至停滞不前。 P_c 一般取值为 $0.4 \sim 0.99$ 。突变率 P_m 过小,就不易产生新的个体结构。但如果突变率 P_m 过大,那么遗传算法就变成了纯粹的随机搜索算法。 P_m 一般取值为 $0.01 \sim 0.2$ 。根据本文所研究的匹配问题和算法,以及进行了反复实验测试,最后确定其适应度为 $P_c=0.8$,如图5所示。

3 实验结果及分析

本文采用遗传算法工具箱来实现 Hausdorff-GA 算法,在 MATLAB7.0 软件^[6]环境下来验证算法。设定阈值为 0.95,当适应度大于 0.95 时为收敛结束条件,其中收敛时间取最大 T_{max} ,最小 T_{min} 和平均时间 T_{avg} 。算法终止后最优匹配点将输出,与改进前的算法进行了一个比较,其结果如表1所示。

表1 仿真结果对比表

算法	试验次数	T_{max}/s	T_{min}/s	T_{avg}/s	正确次数	匹配精度/%
改进前	100	3.315	2.582	1.85	82	0.851 519
改进后	100	3.305	2.764	1.54	93	0.916 221

表1的结果表明,与传统的算法相比较,该算法的匹配速度和匹配精度较前者有明显的改善,并有效地发挥了全局寻优能力,缩小了不必要的搜索范围,提高了系统中图像的匹配精度和搜索效率,如图6所示。选取 256×256 的图像作为参考图,从中抽取几种特征点进行匹配,根据上述的改进算法思路,其匹配效果如图7所示。

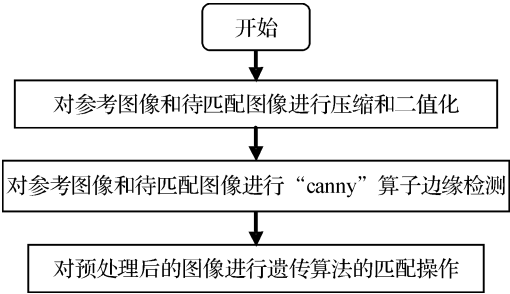


图3 算法的实现流程

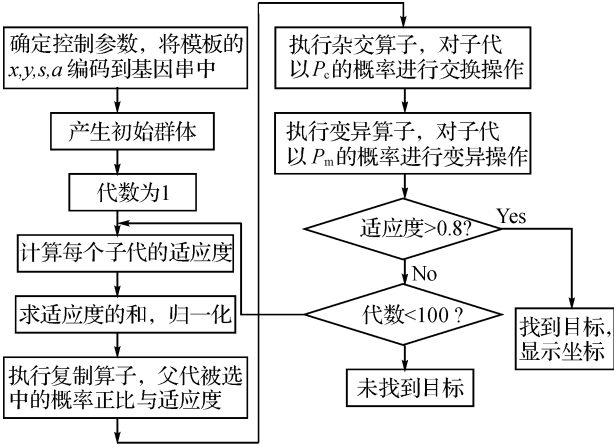


图5 遗传算法图像匹配流程

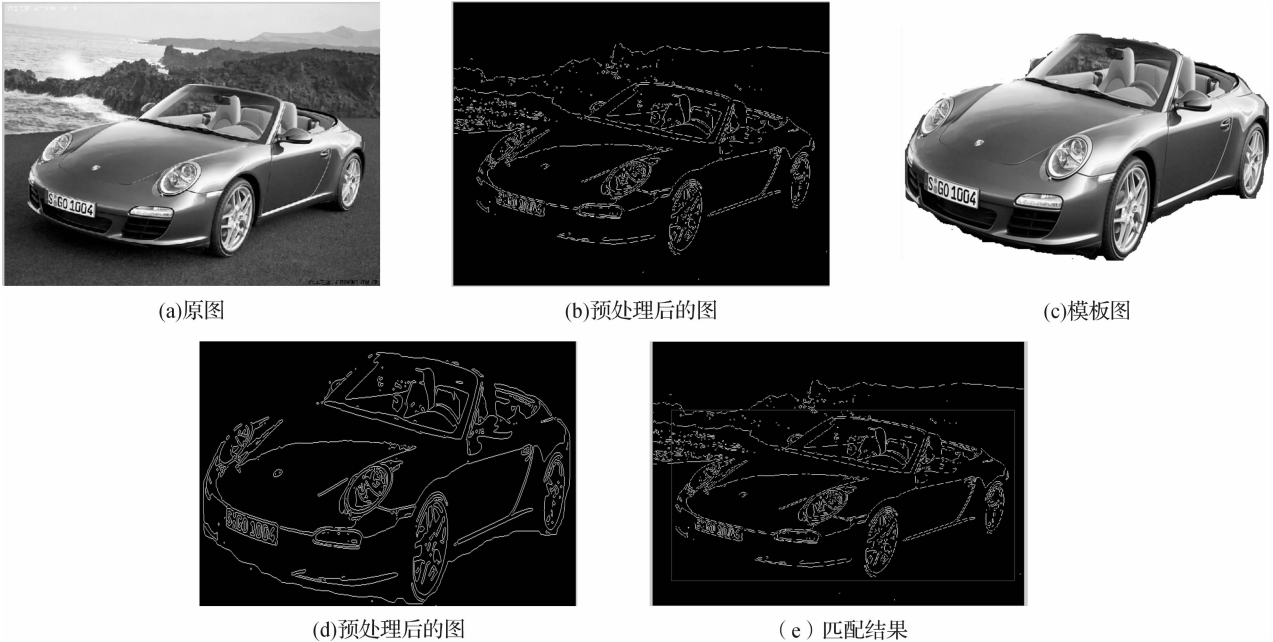


图 6 改进算法匹配效果示意



图 7 匹配效果示意

4 结 语

在图像匹配技术领域中,匹配算法是研究重点,且有关各种算法的匹配正确率与搜索精度就是研究的重要环节。文章针对传统的遗传算法的收敛速度慢等特点,在进行交叉操作时使用具有识别能力的交叉算子来保持种群的多样性。实验结果表明,与传统的遗传算法相比,改进后遗传算法的快速性和匹配精确性方面取得了较好的效果,可用于实时性较高的图像模板匹配。

参考文献:

[1] 朱志刚,石定机. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998.

- [2] Banks S. Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition[M]. Newark: Prentice Hall, 2002: 214-253.
- [3] Kenneth R, Castleman. Digital Image Processing[M]. Newark: Prentice Hall, 2008.
- [4] 李敏强, 寇纪淞, 林 丹, 等. 遗传算法的基本理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [5] 沈庭芝, 臧铁飞, 朱少娟, 等. 一种改进的部分 Hausdorff 距离检测技术和遗传算法在图像匹配识别中的应用[J]. 通信学报, 2001, 22(12): 112-116.
- [6] 王家文, 李仰军. MATLAB 7.0 图形图像处理[M]. 北京: 科学出版社, 2006.

Research of Image Matching Based on Improved Genetic Algorithm

YUAN Zhang-lu, XU Jian-long, ZENG Long-long

(School of Informatics and Electronics, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The whole computational complexity of match algorithm is decided by the product of computational complexity and the amounts of searching locations relevance algorithm. Therefore, to Improve matching algorithm and reduce the search location can cut down the computational amounts. The authors propose an improved genetic algorithm, a designed the chromosome representation, the new fitness function, and new genetic operators. In order to speed up the convergence rate, the authors propose a new method on the selection of initial population and gentic operators selection operation. Experiment shows that the approach is more efficient to complete the feature match between images.

Key words: image matching; genetic algorithm; template

(责任编辑: 陈和榜)