

一种基于遗传算法的图像配准算法研究

许应强¹ 施庆华¹ 曲永冬¹ 王翠芝² 朱攀² 叶愈¹

(云南省机械研究设计院 昆明 650031)¹ (云南省机电一体化重点实验室 昆明 650031)²

摘要 针对图像位置配准问题,提出了一种基于遗传算法的图像配准算法。选择合适的相似性参数来表征两图像的配准参数,引用遗传算法实现对相似性参数的优化,通过对比实验得到的种群大小、遗传代数和运算时间,最终用 MATLAB 编写程序对本算法进行实验。实验结果表明该算法相对传统算法具有较好的收敛性和运算速度,同时也具有较好的精确度和实用性。

关键词 图像配准,遗传算法,相似性参数,机器人视觉

中图分类号 TP751 文献标识码 A

Study of Image Registration Algorithm Based on Genetic Algorithm

XU Ying-qiang¹ SHI Qing-hua¹ QU Yong-dong¹ WANG Cui-zhi² ZHU Pan² YE Yu¹

(Yunnan Machinery Research and Design Institute, Kunming 650031, China)¹

(Yunnan Key Laboratory of Mechanical-electrical Integration Technology, Kunming 650031, China)²

Abstract Focusing on the problem of image position registration, an image registration algorithm based on genetic algorithm was proposed. The appropriate parameters to characterize the degree of similarity between the two image registration are selected, genetic parameters are optimized by comparing the number of tests obtained by population size, genetic algebra and computation time, and ultimately this algorithm is tested through MATLAB programming. Results show that the algorithm has better convergence and computing speed, better accuracy and practicality than conventional traversal method.

Keywords Image registration, Genetic algorithm, Similarity parameters, Robot vision

20 世纪 60 年代初,图像配准技术被提出并在多波段遥感图像的配准中应用,是评价两幅或多幅图像的相似性以确定同名点的过程。主要方法是计算遥感图像之间的相关函数的极值以寻求最佳的匹配点。图像配准技术发展至今,已经发展成为一门具有大量理论基础的专门学科,图像配准技术也被大范围应用^[1,2]。图像配准技术在航空影像自动制图、图像三维重构、机器人视觉、遥感融合、模式识别、医学图像处理、影像分析等领域都有重要应用^[3,4]。如在工业自动化生产在线监测领域,图像配准技术可用于产品定位和计数、物体表面缺陷检测、印刷品质量评价等^[5]。在图像配准算法的研究上,学者们提出了多种算法来解决图像配准的精确度与效率问题:占俊提出了加权相位一致性耦合改进的图像变换配准算法,杜杰等人设计了基于仿射不变闭合区域和 SURF 的图像匹配算法,金斌等人提出了一种基于局部不变特征的 SAR 图像,利用加速分割检测特征算法与 DAISY 描述子形成不变特征,最后利用 KD 树与 RANSAC 策略实现图像配准的算法。上述配准算法在匹配精确度上均达到了较好的效果,但算法计算时间长,匹配效率低,难以适应在线检测系统。本文提出将遗传算法应用在图像配准中,并对相似性参数完

成优化,最后测试文中算法的匹配效率。

1 算法描述

图像配准算法就是通过建立需要配准的两幅图像之间的对应关系,确定相应的几何变换参数,对两幅图像中的一幅进行几何变换的方法^[6]。图像配准的数学内涵是两幅图像在空间上和灰度级上的双重映射变换。定义待配准图像为 SA , 模板图像为 SB , 则两幅图像在空间上的映射数学表达式为^[7]:

$$SA(x, y) = SB(F(x, y)) \quad (1)$$

其中, F 为二维空间坐标的变换符号。

遗传算法是通过模仿大自然物种进化过程的自然选择和基因遗传来实现优化搜索的方式,因而又被称进化算法。遗传算法优化的过程中,基因序列表示的是待优化问题的参数,不同的基因序列组合而成的染色体则表示待优化的问题,一定数量的染色体组合起来则表示待优化的群体。遗传算法的核心即生物进化论中“适者生存”的理论,模仿生物在进化过程中基因串发生的繁殖、遗传和变异现象,设计出复制、交叉、变异等算子,实现基因串结构之间的信息互换,淘汰不好的信息,留下能使算法快速收敛的信息^[8]。

本文受国家科技支撑计划:云南省数控一代机械产品应用示范(2015BAF29B01)资助。

许应强(1963—),男,硕士,主要研究领域为信息技术应用。

2 遗传算法实现图像配准

2.1 算法流程图

使用遗传算法实现图像配准,需要根据实际的情况对各类参数、算子进行选择,如根据图像幅面大小选择种群大小,根据图像信息和配准要求选择适应度函数等。算法基本步骤如图 1 所示。

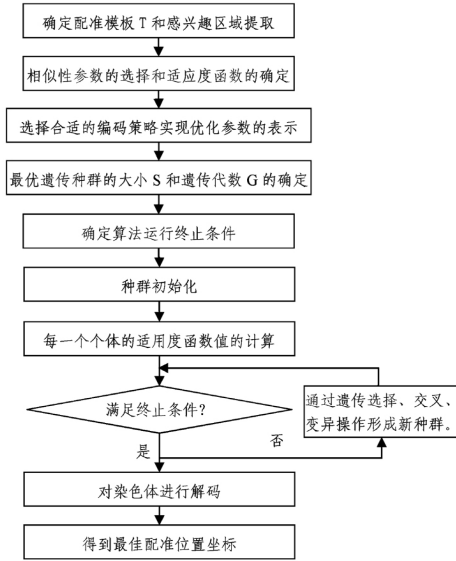


图 1 算法流程图

2.2 相似性参数的选择

配准算法相似性参数是配准图像之间的相似程度在数值上的直观表达。其有多种形式的数学表达式,每一种表征的内涵和适用领域都是不同的。常用的相似度量有:

(1) 互相关系数

互相关系数在信号处理中被用来表示信号间的相似程度。在数字图像处理中, C 是一种常见的相似性参数,通常被用来表示图像间的相关性。该算法对运行环境的适应性不高,运行过程有乘积运算,不适合幅值较大的图像。数学表达式如下所示^[9]:

$$C(i, j) = \frac{\sum_x \sum_y (T(x, y) SA_{(i, j)}(x, y))}{\sqrt{\sum_x \sum_y T^2(x, y) \sum_x \sum_y S_{(i, j)}^2(x, y)}} \quad (2)$$

(2) 序贯相似度

序贯相似度是图像匹配区域的灰度差值累积。该方法有着较好的运算效率,但是其受噪声影响较大,且算法适应性不高。数学表达式如下所示:

$$SSDA(i, j) = \sum_x \sum_y |T(x, y) - SA_{(i, j)}(x, y)| \quad (3)$$

(3) 最大互信息

互信息来源于信息理论的研究课题,是两事件之间相关性的数学表达,也表示一个集合包含另一个集合信息的量。图像匹配过程中,两图像的像素值的取值是相互独立的,满足关系式 $P_{AB}(a, b) = P_A(a) * P_B(b)$,两图像的互信息为:

$$I(A, B) = H(A) + H(B) - H(A, B) \\ = \sum_{a, b} P_{AB}(a, b) \log \frac{P_{AB}(a, b)}{P_A(a) P_B(b)} \quad (4)$$

互信息法具有很强的适应性,不仅能完成多模式的图像配准,也能在图像信息不完整的情况下完成高精度的配准操作,常被用在医学诊断、目标检测等领域。但是其存在运行时间较长、不能很好适用于在线检测系统^[10]等问题。

2.3 相似性参数的优化

遗传算法的种群大小、遗传代数和终止条件是影响遗传算法收敛性和运算速度的重要参数。在相同的搜索空间范围内,选用的不同的相似性参数得到的判断矩阵的分布规律如图 2 和图 3 所示。

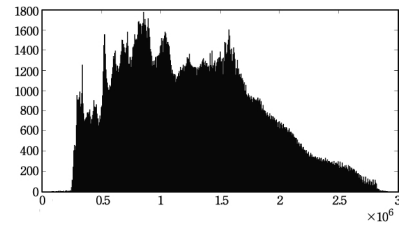


图 2 差值法判断矩阵直方图

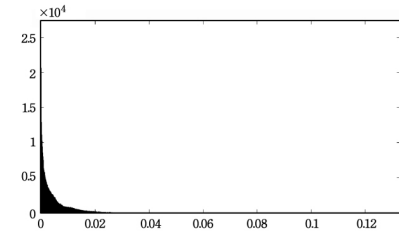


图 3 最大互信息法判断矩阵直方图

本文对不同相似性参数的遗传算法进行实验,对不同种群大小 S 对应的收敛代数 E_G 以及运行时间进行分析。表 1 和表 2 是取得了最优的配准参数的 20 次重复实验得到的收敛代数均值 M_G 及对应的运算时间 $Time$; 其中,算法的相似性参数分别为最大互信息和最小序贯相似度,遗传交叉概率为 0.6,变异概率为 0.1。

表 1 最大互信息法 S 对应的 M_G 和 $Time$

S	20	40	50	60	70	80	90	100	110
M_G	126	86	72	42	27	22	21	19	18
Time	38	52	54	38	29	27	27	28	30

表 2 最小序贯相似度法 S 对应的 M_G 和 $Time$

S	20	40	50	60	70	80	90	100
M_G	413	254	225	197	155	140	139	134
Time	4.3	4.9	5.1	5.5	5.2	5.3	5.9	6.2

对表中的数据进行 3 次样条平滑拟合,可得到收敛代数均值 M_G 分别和收敛时间 $Time$ 与 S 之间的关系,如图 4 和图 5 所示。对于最大互信息法,取 $S=90$ 为初始种群的大小,对应的平均收敛代数 $M_G=21$; 对于最小序贯相似度法,取 $S=75$ 为初始种群的大小,对应的平均收敛代数 $M_G=150$ 。

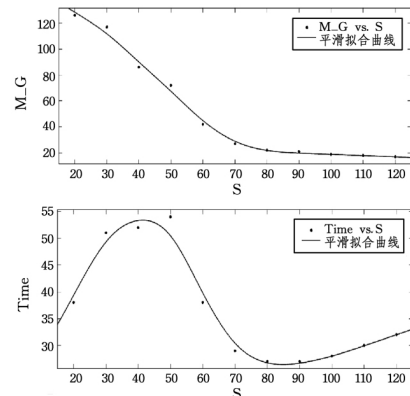


图 4 最大互信息法 M_G 和 $Time$ 的平滑拟合曲线

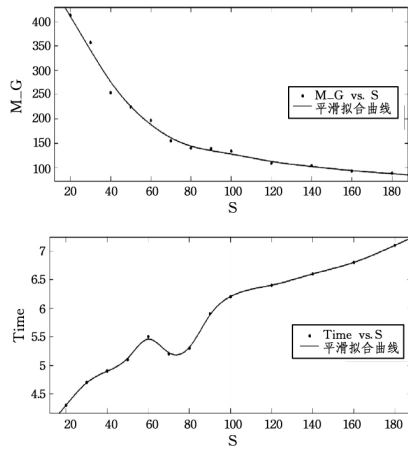


图5 最小贯序相似度 M_G 和 Time 的平滑拟合曲线

遗传算法在优化过程中具有很强的随机性。传统的以遗传代数 G 作为算法终止条件时, G 很大时才能使得算法精确收敛, 为了在保证算法收敛性的前提下降低算法运算量, 本文将分阶段地进行遗传运算。其基本思路是进行了 G_0 次遗传运算后进行阈值判断, 若满足阈值标准则结束遗传运算, 若不满足就继续下一个 G_0 次运算, 直至满足阈值标准。

表 3 和表 4 分别表示最大互信息法 $S=90$ 和最小贯序相似度法 $S=75$ 时的收敛代数 E_G , 图 6 和图 7 为对应的阶梯图。最终, 对于最大互信息法取 $G_0=30$, 对应循环次数为 3; 对最小差值法取 $G_0=200$, 对应循环次数为 4。

表 3 最大互信息法收敛代数 $E_G(S=90)$

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E_G	40	21	18	23	22	18	16	9	8	11
编号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
E_G	42	14	17	58	13	12	21	26	28	11

表 4 最小差值法收敛代数 $E_G(S=75)$

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E_G	35	323	191	90	40	24	153	122	103	110
编号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
E_G	117	69	62	441	71	84	426	96	119	421

表 5 直接搜索法和遗传算法配准的时间对比(s)

相似性参数	样本 1		样本 2		样本 3		样本 4		样本 5	
	直接搜索	遗传算法	直接搜索	遗传算法	直接搜索	遗传算法	直接搜索	遗传算法	直接搜索	遗传算法
SSDA	161.481	1.38	159.659	1.36	168.011	1.22	162.081	1.17	167.707	1.31
I	1768.46	34.53	1639.79	34.47	1694.83	34.47	1703.49	34.51	1682.23	34.48

结束语 通过实验验证分析, 我们得出了以下结论: 基于遗传算法的图像配准算法是实际可行的。相对直接搜索法而言, 最大互信息法和最小贯序相似度法都大大地降低了配准运算时间, 但最小贯序相似度法的运算时间明显少于最大互信息法, 可用于缺陷在线检测系统的图像配准。同时, 本算法也是印刷缺陷在线检测系统研发的理论基础, 基于获取的配准差影图, 可实现缺陷特征的提取以及缺陷模式的识别。因而, 本文提出的基于遗传算法的图像配准算法具有较好的理论意义和实用价值。

参考文献

[1] Ghantous M, Mirf B M. A Multimodal Image Registration and

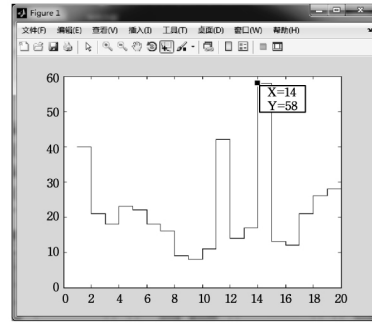


图 6 最大互信息法 E_G 阶梯图

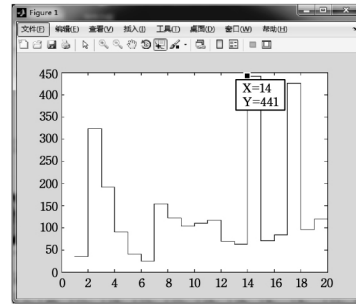


图 7 最小贯序相似度 E_G 阶梯图

3 实验

图 8 所示的待测图像 SA 和配准模板 T 的尺寸分别为 585×1230 和 150×300 , 选用 MATLAB2014 和 Visual Studio 2012; 实验所用的计算机系统为 Windows7, 处理器为 Core I3, 内存为 4GB; 使用的图像处理文件来源于某印刷公司, 表 5 为直接搜索法和遗传算法配准的运行时间对比。



图 8 待测图像 SA 和配准模板 T

Fusion Module Based on DT-CWT[J]. Journal of Signal Processing Systems, 2013, 71(1): 41-55

[2] Nejati M, Pourghassem H. Multiresolution Image Registration in Digital X-Ray Angiography with Intensity Variation Modeling[J]. Journal of Medical Systems, 2014, 38(2): 10-12

[3] 杜杰, 刘亚秋, 孙焱. 基于仿射不变闭合区域和 SURF 的图像匹配算法[J]. 计算机应用研究, 2014, 31(1): 295-298

[4] Pei YJ, Wu H, Yu J, et al. Effective image registration based on improved Harris corner detection [C]//2010 International Conference on Information Networking and Automation (ICINA). 2010

[5] Li Zhan-wang. Online print defect detection system design based on machine vision [D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2010

- [6] LIU Xue. The color image registration technique based on feature [D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2010
- [7] 李婷婷, 汤进, 江波. 迭代的图变换匹配算法[J]. 中国图象图形学报, 2014, 19(5): 723-729
- [8] 李敏强. 遗传算法的基本理论与应用[M]. 科学出版社, 2002
- [9] 练仕榴, 郑刚, 牟善玲. 用于心电波形分析的相似性度量策略[J]. 计算机技术与发展, 2011, 37(9): 263-265
- [10] 刘小丹, 吴笑娣, 曹耐. 基于颜色不变量和仿射不变性的彩色图像配准[J]. 计算机工程与设计, 2014, 35(12): 4243-4248

(上接第 219 页)

- [2] 潘凌云, 孙达传, 吴美朝. 语音识别中基于语谱图的语音音素分割方法[J]. 杭州大学学报(自然科学版), 1995, 22(1): 42-46
- [3] Zue V W, Lamel L F. An Expert Spectrogram Reader: A Knowledge-Based Approach to Speech Recognition[C]// IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1986: 1197-1200
- [4] Klatt D H, Stevens K N. On the Automatic Recognition of Continuous Speech: Implications from a Spectrogram—Reading Experiment[J]. IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics, 1973, 21(3): 210-217
- [5] Riley M D. Schematizing Spectrograms for Speech Recognition [J]. J. Acoust. Soc. Am., 1983, 73(1): 36-46
- [6] Kingsbury B E D, Morgan N, Greenberg S. Robust speech recognition using the modulation spectrogram[J]. Speech Communication, 1998, 25(1-3): 117-132
- [7] Hiroaki H, Kensaku A, Yuji S, et al. Sound Source Separation with Two Spectrograms by Image Processing[J]. IEEE Transactions on Electronics, Information and Systems, 2005, 124(12): 2439-2445
- [8] Khunarsal P, Lursinsap C, Raicharoen T P. Singing Voice Recognition Based on Mat-Chin of Spectrogram Pattern [C]// Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks, 2009: 1595-1599
- [9] Shirin B, Richard R. A performance monitoring approach to fusing enhanced spectrogram channels in robust speech recognition [C]// Proceedings of the Annual Conference of the International Speech Communication Association, 2011: 477-480
- [10] Zhang Jin-song, Keikichi H. Tone nucleus modeling for Chinese lexical tone recognition[J]. Speech Communication, 2004, 42(3/4): 447-466
- [11] Zhang Hua-ping, Liu Qun. Automatic recognition of Chinese personal name based on role tagging [J]. Chinese Journal of Computers, 2004, 27(1): 85-91
- [12] Zhang S X, Gales M J F. Structured SVMs for automatic speech recognition[J]. IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing, 2013, 21(5): 544-555
- [13] Neammalai P, Phimoltares S, Lursinsap C. Speech and Music Classification using Hybrid Form of Spectrogram and Fourier Transformation[C]// 2014 Annual Summit and Conference on Asia-Pacific Signal and Information Processing Association (AP-SIPA), 2014: 1-6
- [14] 马义德, 袁敏, 齐春亮, 等. 基于 PCNN 的语谱图特征提取在说话人识别中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(20): 81-84
- [15] Awais M M, Waqas A, Masud S, et al. Continuous Arabic Speech Segmentation using FFT Spectrogram[C]// Innovations in Information Technology, 2006
- [16] Kensaku A, Akira O. Reduction of Noise in Speech Signals through Image Processing Using the Spectrogram [J]. IEEE Transactions on Electronics, Information and Systems, 2006, 126(12): 1483-1489
- [17] Ajmera P K, Djmera, Jadhav D V, et al. Text-independent Speaker Identification Using Radon and Discrete Cosine Transforms based Features from Speech Spectrogram [J]. Pattern Recognition, 2011, 44(10/11): 2749-2759
- [18] Kekre H B, Athawale A, Desai M. International Conference and Workshop on Emerging Trends in Technology [C]// ICWET Conference Proceedings, 2011: 171-174
- [19] Steinberg R, O'Shaughnessy D. Segmentation of a speech spectrogram using mathematical morphology. ICASSP [C]// IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing Proceedings, 2008: 1637-1640
- [20] Wu Di, Zhao He-ming, Huang Cheng-wei, et al. Speech Endpoint Detection in Low-SNRs Environment Based on Perception Spectrogram Structure Boundary Parameter [J]. Chinese Journal of Acoustical, 2014, 39(4): 428-440
- [21] Wang K C. The Feature Extraction Based on Texture Image Information for Emotion Sensing in Speech [J]. Journal Citation Reports, 2014, 14(9): 16692-16714
- [22] Xu Sen, Zhao Xu, Duan Cheng-hua, et al. A Mathematical Morphological Processing of Spectrograms for the Tone of Chinese Vowels Recognition [J]. Applied Mechanics and Materials, 2014 (571/572): 665-671
- [23] Dutta, Tridibesh. Dynamic time warping based approach to text-dependent speaker identification using spectrograms [C]// Proceedings-1st International Congress on Image and Signal Processing, CISP, 2008: 354-360
- [24] 赵力. 语音信号处理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009: 29-30
- [25] Zhang Yue. The Research on Spectrogram of a particular group of Small-Vocabulary Recognition Algorithm [D]. Changchun: Northeast Normal University, 2013
- [26] Hill D L, Llinas J. Handbook of Multisensor Data Fusion [M]// The Electrical Engineering and Applied Signal Processing Series, CRC Press, 2001
- [27] Liu Tong-ming, Xia Zu-xun, Xie Hong-cheng. Data Fusion Technology with Application [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1998
- [28] Blum R S, Xue Z, Zhang Z. Multisensor Image Fusion and its Applications [M]. Boca Raton, CRC Press, 2005
- [29] 张家骥. 汉语人机语言通讯基础 [M]. 上海科学技术出版社, 2010: 328-332
- [30] 李明宇. 现代汉语常用词表 [M]. 北京: 商务印书馆出版社, 2008
- [31] 邓乃扬, 田英杰. 数据挖掘中的新方法: 支持向量机 [M]. 科学出版社, 2009
- [32] Chang C C, Lin C J. A Library for Support Vector Machines [M]. National Taiwan University, 2001