

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2012 9
Vol.17 No.

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2012年9月 第17卷 第9期(总第197期)

目次

图像处理和编码

- 自适应阈值 HMRF 模型超分辨率重建 朱虹, 刘薇, 姚杰, 欧阳光振, 刘小乾(1049)
- 亮度补偿变换矩阵的颜色恒常性算法 袁兴生, 王正志(1055)
- 小波变换和稀疏冗余表示的混合图像去噪 李慧斌, 刘峰(1061)
- 基于运动信息自适应的快速运动估计算法 李子印, 杨齐(1069)
- 融合纹理特征的两阶段聚类分割算法 王改华, 李德华(1075)
- 利用纹理和边缘特征的 Criminisi 改进算法 任澍, 唐向宏, 康佳伦(1085)

图像分析和识别

- 激光焊接对接拼缝测量的微景深方法 王平江, 黄雅婷, 齐江飞, 彭芳瑜, 李斌, 唐小琦(1092)
- 基于码本模型和多特征的早期烟雾检测 姜明新, 王洪玉, 蔡兴洋(1102)
- 结合局部特征和全局信息的自适应活动轮廓模型 朱晓舒, 孙权森, 夏德深(1109)
- 高斯颜色模型在瓷片图像分类中的应用 郑霞, 胡浩基, 周明全, 樊亚春(1115)
- 区域生长的轮对图像分割 史倩, 吴开华(1122)
- 图像搜索结果的滑动窗口多标记传播聚类 谷瑞军, 陈圣磊, 陈耿, 汪加才(1128)

图像理解和计算机视觉

- 中介相似性量度的图像匹配 周宁宁, 吕文杰(1135)
- 自适应字典学习的多聚焦图像融合 严春满, 郭宝龙, 易盟(1144)
- 摄像机几何约束及人体定位 陶霖密, 于亚鹏, 邸慧军, 孙洛(1150)

虚拟现实与增强现实

针对层次式累进网格模型的动态评估与调整 王丹华, 卢威, 潘金贵(1158)

医学图像处理

结合形状与纹理特征的椎间盘退化辅助诊断..... 郝世杰, 蒋建国, 郭艳蓉, 詹曙, 李鸿(1168)

改进的核磁共振图像分割与偏移场恢复耦合模型

..... 王顺风, 冀晓娜, 张建伟, 陈允杰, 方林, 詹天明(1175)

遥感图像处理

光学遥感图像低可观测区域舰船检测 周伟, 关键, 何友(1181)

非下采样 Contourlet 变换与脉冲耦合神经网络相结合的 SAR 与多光谱图像融合

..... 金星, 李晖晖, 时丕丽(1188)

“计算机视觉前沿论坛”专栏征文通知 (1196)

中国图象图形学报

刊名题字: 宋 健

月刊(1996 年创刊)

第 17 卷 第 9 期

2012 年 9 月 16 日出版

主管单位 中国科学院

主 办 中国科学院遥感应用研究所

中国图象图形学学会

北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版 《中国图象图形学报》编辑出版委员会

北京 9718 信箱 邮编 100101

电子信箱:jig@irsa.ac.cn

电话:010-64807995 010-82614429

网 址:www.cjig.cn

印刷装订 北京北林印刷厂

广告经营许可证 京朝工商广字第 0346 号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

国外发行 中国国际图书贸易总公司

(中国国际书店)

(北京 399 信箱 邮编 100044)

Superintended by Chinese Academy of Sciences

Sponsored by Institute of Remote Sensing Application,

CAS China Society of Image and Graphics

Institute of Applied Physics and Computational

Mathematics

Chief editor LI Xiaowen

Editor, Publisher Editorial and Publishing Board

of Journal of Image and Graphics

(P. O. Box 9718, Beijing 100101, China)

E-mail:jig@irsa.ac.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers

and Journals

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading Corporation

(P. O. Box 399, Beijing 100044, China)

Printed by Beijing Beilin Printing House

ISSN 1006-8961 CN11-3758/TB CODE ZTTXFZ 国内邮发代号: 82-831 国外发行代号: M1406 国内定价: 45.00 元

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 17 No. 9 September 2012

Contents

Image Processing and Coding

- Adaptive threshold HMRF model for super-resolution reconstruction
..... Zhu Hong, Liu Wei, Yao Jie, Ouyang Guangzhen, Liu Xiaoqian(1049)
- Color constancy algorithms with luminance-compensation transform matrix Yuan Xingsheng, Wang Zhengzhi(1055)
- Hybrid image denosing method based on wavelet transform as well as on a sparse and redundant representations model
..... Li Huibin, Liu Feng(1061)
- Fast motion estimation algorithm based on motion information adaptation Li Ziyin, Yang Qi(1069)
- Texture feature fusion-based two-stage clustering segmentation algorithm Wang Gaihua, Li Dehua(1075)
- Improved Criminisi algorithm with the texture and edge features Ren Shu, Tang Xianghong, Kang Jialun(1085)

Image Analysis and Recognition

- Seam measurement based on micro depth of field lens for laser welding
..... Wang Pingjiang, Huang Yating, Qi Jiangfei, Peng Fangyu, Li Bin, Tang Xiaoqi(1092)
- Early smoke detection based on codebook model and multiple features Jiang Mingxin, Wang Hongyu, Cai Xingyang(1102)
- Adaptive active contour model integrating global and local image fitting energy Zhu Xiaoshu, Sun Quansen, Xia Deshen(1109)
- Porcelain shard images classification based on Gaussian color model Zheng Xia, Hu Haoji, Zhou Mingquan, Fan Yachun(1115)
- Image segmentation for wheel set measurement based on region growing Shi Qian, Wu Kaihua(1122)
- Sliding window multi-label propagation clustering for searched images
..... Gu Ruijun, Chen Shenglei, Chen Geng, Wang Jiakai(1128)

Image Understanding and Computer Vision

- Image matching based on the medium similarity measure Zhou Ningning, Lv Wenjie(1135)
- Multi-focus image fusion using adaptive dictionary learning method Yan Chunman, Guo Baolong, Yi Meng(1144)
- Geometric constraints of locating cameras and people Tao Linmi, Yu Yapeng, Di Huijun, Sun Luo(1150)

Virtual Reality and Augmented Reality

- Dynamic evaluation and modification methods against aggressive mesh hierarchy models
..... Wang Danhua, Lu Wei, Pan Jingui(1158)

Medical Image Processing

- Computer aided diagnosis on intervertebral disc degeneration with shape and texture features
..... Hao Shijie, Jiang Jianguo, Guo Yanrong, Zhan Shu, Li Hong(1168)
- Improved coupled model for MR images segmentation and bias restoration
..... Wang Shunfeng, Ji Xiaona, Zhang Jianwei, Chen Yunjie, Fang Lin, Zhan Tianming(1175)

Remote Sensing Image Processing

- Ship detection from low observable regions in optical remote sensing imagery Zhou Wei, Guan Jian, He You(1181)
- SAR and multispectral image fusion algorithm based on pulse coupled neural networks and non-subsampled Contourlet transform
..... Jin Xing, Li Huihui, Shi Pili(1188)

中图法分类号: TP391.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2012)09-1135-09

论文引用格式: 周宁宁, 吕文杰. 中介相似性量度的图像匹配[J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(9): 1135-1143.

中介相似性量度的图像匹配

周宁宁^{1,2,3}, 吕文杰¹

1. 南京邮电大学计算机学院, 南京 210003; 2. 江苏省无线传感网高技术研究重点实验室, 南京 210003;
3. 南京邮电大学 计算机技术研究所, 南京 210003

摘要: 图像匹配是图像信息领域中一个非常重要的技术。以中介真值程度的数值化度量为基础, 建立了中介相似性度量, 设计了采用中介相似性量度的灰度信息图像匹配算法。实验结果表明, 与已有的典型算法处理结果相比较, 基于中介相似性量度的匹配算法具有良好的抗噪性和一定的抗失真性, 且具有较高的匹配精度和匹配速度。

关键词: 图像匹配; 中介真值程度; 中介相似性; 度量; 灰度

Image matching based on the medium similarity measure

Zhou Ningning^{1,2,3}, Lv Wenjie¹

1. College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;
2. Jiangsu High Technology Research Key Laboratory for Wireless Sensor Networks, Nanjing 210003, China;
3. Institute of Computer Technology, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China

Abstract: Image matching plays an important role in the field of image processing. Based on the measure of medium truth degree, we establish the medium similarity measure and present a new grey-based image matching method that is governed by the medium similarity measure. The experiments show that the results from this method match a template better than that of the classic image matching algorithms, and it exhibits good anti-noise and anti-distortion behavior with a high matching precision and speed.

Key words: image matching; medium truth degree; medium similarity; measure; grey

0 引言

图像匹配是图像信息领域中一个非常重要的技术。现在约40%的机器视觉应用中需要用到图像匹配技术。所涉及的应用领域也非常广泛。图像匹配技术作为一个重要的图像处理研究方向, 从提出至今已经有很多学者和专家进行了深入的研究, 他们从研究匹配方法模式的表述、模式的相似性量度、相似性量度的求解等不同方面入手, 提出了各种图

像匹配算法。

根据匹配模式的表述, 图像匹配算法可分为基于图像灰度信息的匹配算法和基于图像特征信息的匹配方法。基于灰度信息的匹配算法充分利用图像的所有信息来高精度地区分不同对象, 但处理的信息量很大, 计算复杂度高, 对图像之间的微小差别非常敏感。基于特征的匹配算法大大减少了匹配过程的计算量, 例如: 不变矩匹配方法(IM), 相位相关算法等, 这类匹配算法对于一些细微的干扰不太敏感, 但是匹配精度依

收稿日期: 2011-09-19; 修回日期: 2012-03-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(61170322, 61073115); 软件开发环境国家重点实验室开放课题(SKLSDE-2011KF-04); 江苏高校优势学科建设工程(yx002001)

第一作者简介: 周宁宁(1972—), 女, 副教授, 2009年于东南大学精密仪器与机械专业获工学博士学位, 主要研究方向为图像处理、虚拟现实、计算机视觉。E-mail: zhounn@njupt.edu.cn

赖于图像特征的选取。因此,一些学者对图像特征选择进行了深入的研究,例如:David G. Lowe 2004 年提出了 Sift 特征匹配算法^[1],该算法具有良好的尺度、旋转不变性,在图像匹配中得到了良好的应用,近年来基于 Sift 的图像匹配算法成为了研究热点。刘铁军、马迎军等人研究了基于纹理特征的图像匹配算法^[2-3]等。从模式的相似性量度来看,在图像匹配中常用到的相似性量度有相关函数、协方差函数、差平方和、差绝对值,欧式距离, Hausdorff 距离等。为了提高匹配算法的速度,一些学者研究了相似性量度的求解方法,有绝对平衡搜索法,序贯相似性检测算法(SSDA),金字塔分层搜索算法等。传统的图像匹配算法由于实现简单,较好的匹配效果而得到了广泛的应用,但在一些复杂和模糊的图像中,图像匹配精度不高,部分算法的实时性较差。一些有别于传统的数学方法也应用到图像匹配领域。例如:基于神经网络的匹配算法^[4]、基于模糊集合的匹配算法^[5]、基于自适应遗传算法(AGA)的匹配方法^[6-7]、基于小波变换的图像匹配算法^[8-9]、基于蚁群的图像识别算法^[10],基于粗集的遥感图像神经网络识别模型^[11]等。这些算法往往较为复杂,可移植性不高。而且由于图像拍摄环境复杂多变,现有的算法在某些方面都有不尽人意的地方,因此,研究快速、稳定、鲁棒性好的匹配算法仍然具有非常重要的意义。

本文主要对图像匹配中的相似性量度进行研究,将处理模糊信息的中介数学系统引入到图像匹配中,以中介真值程度的数值化度量为基础,建立了中介相似性量度,并设计了采用中介相似性量度的基于图像灰度的匹配算法。经仿真实验表明,该算法具有一定的抗失真性及良好的抗噪性、匹配精度和匹配速度。

1 中介数学系统简介

中介原则由 20 世纪 80 年代中国两位学者朱梧楨、肖奚安提出,并以自创的中介逻辑演算系统(medium logic)作为推理工具,建立了以中介公理集合论(medium axiomatic set)为主要内容的中介数学系统^[12]。

1.1 中介数学系统的基本符号

中介数学系统中^[13]记 P 为一谓词(概念或性

质), x 为任一变元, $P(x)$ 表示变元 x 完全具有性质 P 。符号“ \neg ”称反对对立否定词,读为“对立于”,把谓词 P 的反对对立面记为 $\neg P$,则 P 与 $\neg P$ 就抽象地表示了一对反对对立概念;符号“ \sim ”称模糊否定词,反映了对立物在转化过程中“非此非彼”或“亦此亦彼”的中介状态,模糊否定词“ \sim ”的语义深刻地反映了模糊性;“ $<$ ”是真值程度词,刻画了两个命题之间的差异。

1.2 中介真值程度的度量

1.2.1 个体真值程度的度量

根据超态概念,将一般数值化应用的数值区域划分为对应谓词真值的 5 个区域,即 \neg^+P 、 $\neg P$ 、 $\sim P$ 、 P 、 ^+P ,如图 1 所示。在“真”数值区域 \mathbb{T} , α_T 是谓词 P 的 ε_T 标准度;在“假”数值区域 \mathbb{F} , α_F 是 $\neg P$ 的 ε_F 标准度。

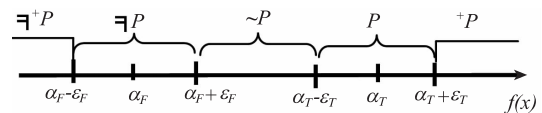


图 1 数值区域与谓词的对应关系

Fig. 1 Relation between numerical value areas and predicate

每个数值区域中个体真值程度可以通过计算相对于 P (或 $\neg P$) 的距离比率函数^[13] $h_T(y)$ (或 $h_F(y)$) 得到。

1.2.2 集合真值程度的度量

离散型集合 X 对 P (或 $\neg P$) 的真值程度可以由集合对于 P (或 $\neg P$) 的加性真值度^[13] $A_T(x)$ (或 $A_F(x)$) 和平均加性真值度 $A_{TM}(x)$ (或 $A_{FM}(x)$) 来衡量。

2 图像的中介相似性量度

图像匹配是在图像中寻找是否有关心的目标,通常理解就是将两幅取自于同一景物的图像在空间上进行“对准”。两幅图像之间的匹配问题可以归结为“相关性”度量的问题。相关性可以通过比较基准模板和输入图像某子区的相似性程度来衡量。本文以中介真值程度度量为基础,研究基于中介相似性量度的图像匹配算法。

2.1 像素点间的中介相似性量度

设 $X = [x(i, j)]_{M \times N}$, 表示大小为 $M \times N$ 的基准图像模板, $x(i, j)$ 代表模板图像中坐标 (i, j) 处像素的灰度值; $Y = [y(k, l)]_{P \times Q}$, 表示大小为 $P \times Q$ 的输

入数字图像,设其中 $M < P, N < Q$; 在输入图像 Y 中取大小为 $M \times N$ 的子区域,记为 $F = [f(i,j)]_{M \times N}$, $F \subset Y, f(i,j)$ 代表该子区域中坐标 (i,j) 处像素的灰度值如图2所示。

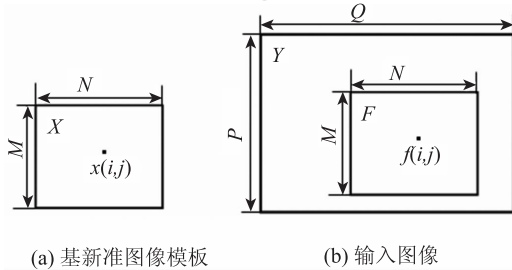


图2 基准图像模板与输入图像

Fig. 2 The reference template and the input image

像素点 $x(i,j)$ 和 $f(i,j)$ 的相似程度,可以采用相应的距离比率函数^[13] $hh(i,j)$ 的值来衡量,记谓词 $S(x,f)$ 表示像素点 $x(i,j)$ 相似于 $f(i,j)$, $\neg S(x,f)$ 表示像素点 $x(i,j)$ 相异于 $f(i,j)$, $\sim S(x,f)$ 表示像素点 $x(i,j)$ 与 $f(i,j)$ 介于相似和相异之间,如图3所示。

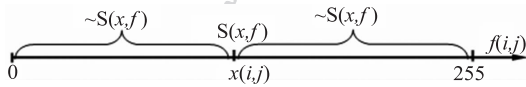


图3 像素 $x(i,j)$ 与 $f(i,j)$ 的灰度值区域与谓词相似的对对应关系

Fig. 3 Relation between the gray level of pixel $x(i,j)$, $f(i,j)$ and predicate similarity

根据图3,可得相应的距离比率函数

$$hh(i,j) = \begin{cases} \frac{d(f(i,j), -1)}{d(x(i,j), -1)} & f(i,j) < x(i,j) \\ 1 & f(i,j) = x(i,j) \\ \frac{d(f(i,j), 256)}{d(x(i,j), 256)} & f(i,j) > x(i,j) \end{cases} \quad (1)$$

$hh(i,j)$ 值的大小反映了 $x(i,j)$ 和 $f(i,j)$ 的相似程度, $hh(i,j)$ 值越大,表示 $x(i,j)$ 和 $f(i,j)$ 的相似性越大;当 $hh(i,j) = 1$ 时,表示 $x(i,j)$ 和 $f(i,j)$ 完全相似; $hh(i,j)$ 值越小,表示 $x(i,j)$ 和 $f(i,j)$ 的相似性越小;当 $hh(i,j) = 0$ 时,表示 $x(i,j)$ 和 $f(i,j)$ 完全相异。

2.2 图像的中介相似性量度

定义1 对于大小为 $M \times N$ 的图像 $X = [x(i,j)]_{M \times N}$ 和图像 $F = [f(i,j)]_{M \times N}$, 记

$$s = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N hh(i,j) \quad (2)$$

为图像 X 与图像 F 的中介相似性量度。

由于 $hh(i,j)$ 的大小反映了图像 X 中与图像 F 中对应位置点像素值的相似程度,因此 s 可以用来衡量图像 X 和图像 F 之间的匹配程度。 s 的值越大,表示图像 X 和图像 F 之间的匹配程度越高;当 $s = 1$ 时,表示图像 X 和图像 F 之间完全匹配; s 的值越小,表示图像 X 和图像 F 之间的匹配程度越低;当 $s = 0$ 时,表示图像 X 和图像 F 之间完全相异。

3 图像中介匹配算法

3.1 算法的相似性度量原理

输入图与基准图中的所有子图的匹配比较是通过计算它们之间的相似性来完成的。因此,对图像中介匹配算法来说,匹配所利用的图像特征确定后,就利用图像的中介相似性量度函数给出两幅图像之间的相似性映射关系。当两幅图像完全匹配时,图像的中介相似性量度函数值最大。

根据式(2)可得基准图像模板 X 与输入图像 Y 中,位于实验位置 (k,l) 处的大小为 $M \times N$ 的子图像区域的中介相似性量度为

$$s(k,l) = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N hh(k+i, l+j) \quad (3)$$

式中, $(k+i, l+j)$ 表示实验位置 (k,l) 上基准子图的第 (i,j) 个像素值,且 $k+i \leq P, l+j \leq Q$ 。

记 S 为基准图像模板 X 与输入图像 Y 中所有大小为 $M \times N$ 的子图像区域的中介相似性量度,即

$$S = [s(k,l)]_{(P-M) \times (Q-N)} \quad (4)$$

$s(k,l)$ 的值越大,即越接近1,说明输入图像 Y 中实验位置 (k,l) 处大小为 $M \times N$ 的子图像区域与基准图像模板的匹配程度越高。反之, $s(k,l)$ 的值越小,即越接近0,说明输入图像 Y 中实验位置 (k,l) 处大小为 $M \times N$ 的子图像区域与基准图像模板的匹配程度越低。

3.2 算法的基本思想

如果基准图像模板是输入图像的一部分,则 $[s(k,l)]_{(P-M) \times (Q-N)}$ 的最大值位置就是输入图像 Y 与基准图像模板的匹配位置。

如果基准图像是一个匹配模板, $\max [s(k,l)]_{(P-M) \times (Q-N)}$ 值的大小反映了输入图像 Y 与标准模板之间的匹配程度,设定一个阈值 T ,其中 $0 < T < 1$ 。

当 $\max[s(k, l)]_{(P-M) \times (Q-N)} = 1$ 时,表示输入图像 Y 在 $[s(k, l)]_{(P-M) \times (Q-N)}$ 取最大值位置处大小为 $M \times N$ 的子图像区域与基准图像模板完全匹配。

当 $T < \max[s(k, l)]_{(P-M) \times (Q-N)} < 1$,表示输入图像 Y 在 $[s(k, l)]_{(P-M) \times (Q-N)}$ 取最大值位置处大小为 $M \times N$ 的子图像区域与基准图像模板有一定的相似性,基本匹配。

当 $\max[s(k, l)]_{(P-M) \times (Q-N)} < \text{设定阈值 } T$,表示输入图像 Y 中没有与基准图像模板匹配的子区域,匹配失败。

3.3 算法的实现步骤

中介匹配算法的实现步骤如下:

1) 选取匹配图像的灰度值,或者是匹配图像中提取的边界、轮廓、表面等特征值,构成图像的特征空间。

2) 计算基准图像模板和实时输入图像的中介相似性量度。

在大小为 $P \times Q$ 的实时输入图像中,位于实验位置 (k, l) 处取一大小等于基准模板图像 $M \times N$ 的子图像区域,根据式(3)计算出该子图像区域与标准模板之间的中介相似性量度 $s(k, l)$ 。

3) 遍历整个实时输入图像,计算出基准图像模板 X 与输入图像 Y 中所有大小为 $M \times N$ 的子图像区域的中介相似性量度 S 。

4) 找出 S 的最大值 $S_{\max}(row, col)$ 及对应的实验

位置。

$$S_{\max}(row, col) = \max[S] \quad (5)$$

式中, (row, col) 是 S 取最大值时的对应实验位置。

5) 设定阈值 T ,其中 $0 < T < 1$ 。

(1) 当 $S_{\max}(row, col) = 1$ 时,表示输入图像在 (row, col) 处大小为 $M \times N$ 的子图像区域与基准图像模板完全匹配;

(2) 当 $T < S_{\max}(row, col) < 1$,表示输入图像在 (row, col) 处大小为 $M \times N$ 的子图像区域与基准图像模板有一定的相似性,基本匹配;

(3) 当 $S_{\max}(row, col) < T$,表示输入图像中没有与基准图像模板匹配的子区域,匹配失败。

6) 搜索策略,在步骤 3) 中,搜索策略采用穷尽搜索,匹配精度高但匹配速度慢。根据不同的实时输入图像,可通过采用分层搜索等策略,提高匹配速度。

3.4 算法的实验结果及分析

为了检验本文提出的基于中介真值程度度量的图像匹配算法的有效性,选择标准 Lena 图像 (128×128) 和 Cameraman 图像 (256×256) 的子区域作为基准图像模板,分别采用序贯相似性检测(SSDA)、不变矩匹配(IM)、Hausdorff 距离方法、Sift 图像匹配方法^[1]中介匹配方法对输入图像进行匹配。实验结果如图 4 和图 5 所示,对应的匹配精度和匹配速度结果如表 1 所示。

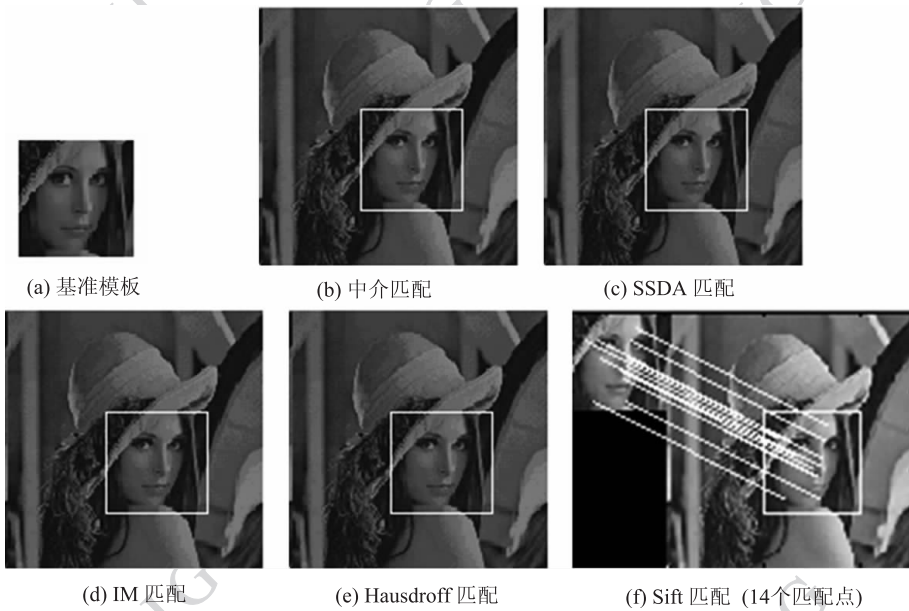


图 4 标准 Lena 图像匹配结果

Fig. 4 Matching of standard Lena image

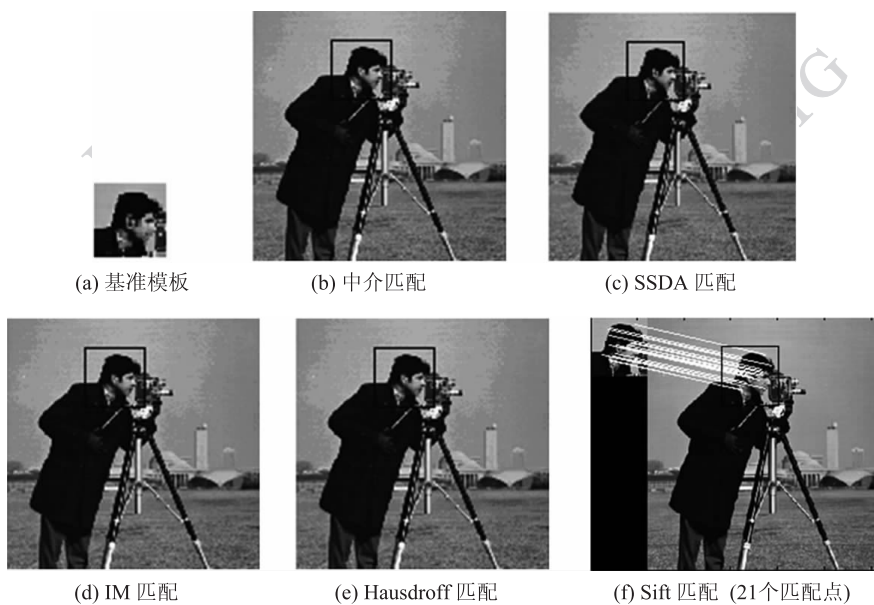


图5 标准 Cameraman 图像匹配结果

Fig. 5 Matching of standard Cameraman image

表1 标准 Lena 图像和 Cameraman 图像的
匹配精度和匹配速度

Table 1 Matching precision and matching rate of
Standard Lena image and Cameraman image

算 法	Lena(51,51)		Cameraman(31,81)	
	坐标误差	时间/s	坐标误差	时间/s
中介匹配	(0,0)	0.187	(0,0)	2.042
SSDA	(0,0)	0.113	(0,0)	0.705
IM	(0,0)	25.450	(0,0)	231.640
Hausdorff	(0,0)	1.501	(0,0)	14.614
Sift 匹配	(0,0)	1.150	(0,0)	1.847

由图4、图5和表1中的数据可以看出,在图像没有噪声和失真的情况下,SSDA、IM、Hausdorff 距离匹配、中介匹配算法和 Sift 图像匹配方法都能准确匹配。这里 SSDA、Hausdorff 距离匹配、中介匹配算法都是直接基于图像灰度的匹配方法,Hausdorff 距离匹配和中介匹配算法的搜索策略是遍历整个图像的,从匹配结果来看,中介匹配的匹配速度接近 SSDA,比 Hausdorff 距离匹配算法高一个数量级。IM 匹配算法是基于图像几何矩特征的,算法相对复杂,速度较慢。Sift 匹配方法是基于特征点的,算法时间主要耗费在寻找特征点,一旦确定了特征点,采用欧式距离进行相似性度量,搜索策略是遍历所有特征点,由于特征点的数目较少,所以其后的匹配过程是很快的。

下面从抗噪性和抗失真性两方面对中介匹配算

法进行评价。

1) 抗噪性

为了检验新算法对噪声的抑制能力,采用 IM 算法、Hausdorff 距离算法、中介匹配算法和 Sift 图像匹配方法,分别对添加了方差为 0.05 的椒盐噪声的 Lena 图像及 Cameraman 图像进行了匹配,结果如图6和图7所示;对添加了方差为 0.01 的高斯噪声的 Lena 图像及 Cameraman 图像进行了匹配,结果如图8和图9所示,对应的匹配精度和匹配速度结果如表2和表3所示。

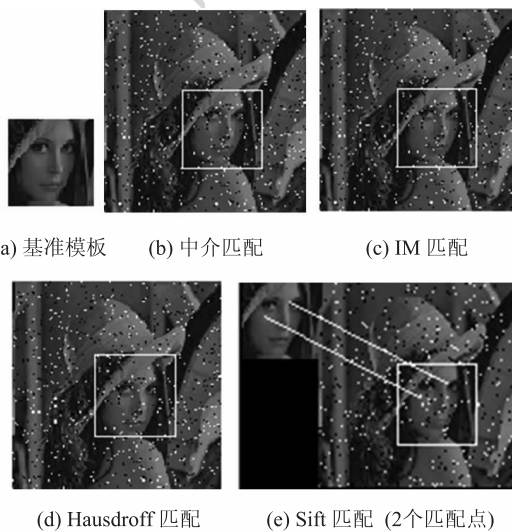


图6 含椒盐噪声($\sigma=0.05$) Lena 图像匹配结果

Fig. 6 Matching of standard Lena image with "salt and pepper" noise ($\sigma = 0.05$)

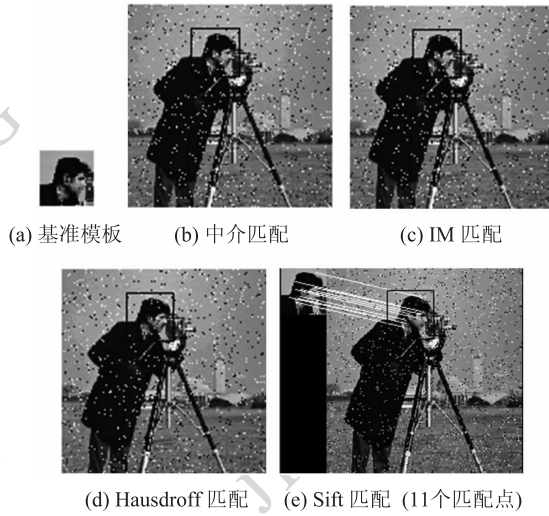


图 7 含椒盐噪声 ($\sigma=0.05$) Cameraman 图像匹配结果
Fig. 7 Matching of standard Cameraman image with "salt and pepper" noise ($\sigma=0.05$)

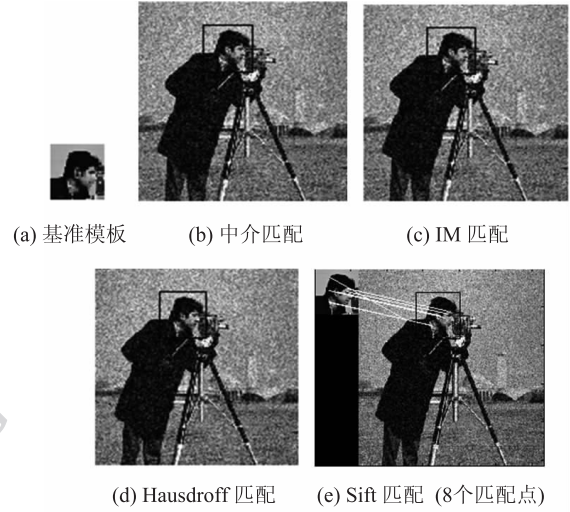


图 9 含高斯噪声 ($\sigma=0.01$) Cameraman 图像匹配结果
Fig. 9 Matching of standard Cameraman image with Gaussian noise ($\sigma=0.01$)

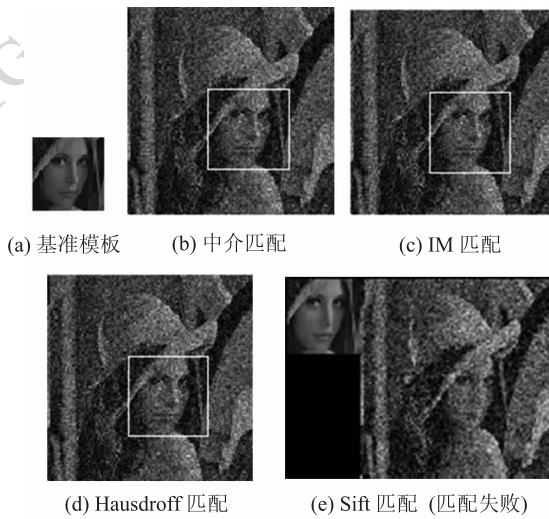


图 8 含高斯噪声 ($\sigma=0.01$) Lena 图像匹配结果
Fig. 8 Matching of standard Lena image with Gaussian noise ($\sigma=0.01$)

表 2 含椒盐噪声 ($\sigma=0.05$) Lena 图像和 Cameraman 图像的匹配精度和匹配速度
Table 2 Matching precision and matching rate of Lena image with "salt and pepper" noise ($\sigma=0.05$)

算 法	Lena(51,51)		Cameraman(31,81)	
	坐标误差	时间/s	坐标误差	时间/s
中介匹配	(0,0)	0.193	(0,0)	2.046
IM	(-1,0)	26.561	(0,0)	232.336
Hausdorff	(5,0)	1.673	(0,0)	14.495
Sift 匹配	(-1,2)	1.200	(0,0)	1.938

表 3 含高斯噪声 ($\sigma=0.01$) Lena 图像和 Cameraman 图像的匹配精度和匹配速度
Table 3 Matching precision and matching rate of Lena image with Gaussian noise ($\sigma=0.05$)

算 法	Lena(51,51)		Cameraman(31,81)	
	坐标误差	时间/s	坐标误差	时间/s
中介匹配	(0,0)	0.223	(0,0)	2.028
IM	(-1,0)	26.646	(0,0)	231.398
Hausdorff	(5,0)	1.541	(0,0)	14.768
Sift 匹配	匹配失败		(0,1)	1.938

由图 6—图 9、表 2 和表 3 中的数据可以看出,在图像有一定噪声的情况下,中介匹配算法、IM、Hausdorff 距离匹配都保持着较高的匹配精度,和同样基于灰度的,遍历整个图像的 Hausdorff 距离匹配方法相比,中介匹配算法的匹配速度较快并远高于 IM 算法。Sift 匹配算法在噪声的干扰下由于寻找到的匹配特征点数目减少,而导致匹配精度有所降低。

2) 抗失真性

为了检验新算法抗失真性的能力,采用 IM 算法、Hausdorff 距离算法、中介匹配算法和 Sift 图像匹配方法,分别对放大了 1.2 倍的 Lena 图像及 Cameraman 图像进行了匹配,结果如图 10 和图 11 所示;对旋转了 5° 的 Lena 图像及 Cameraman 图像进行了匹配,结果如图 12 和图 13 所示;对应的匹配精度和匹配速度结果如表 4 和表 5 所示。

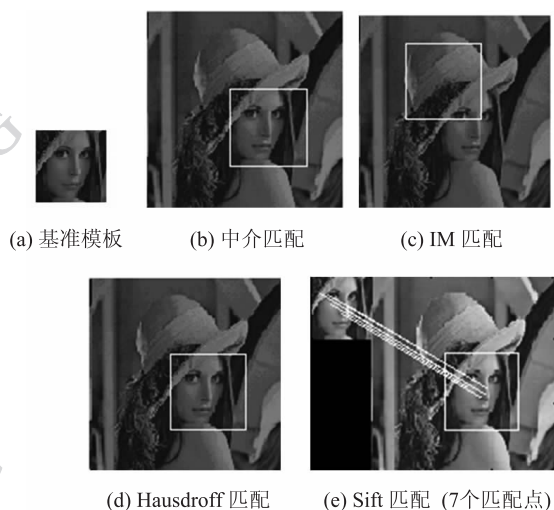


图 10 放大 1.2 倍 Lena 图像匹配结果
Fig. 10 Matching of Lena image magnified 1.2 times

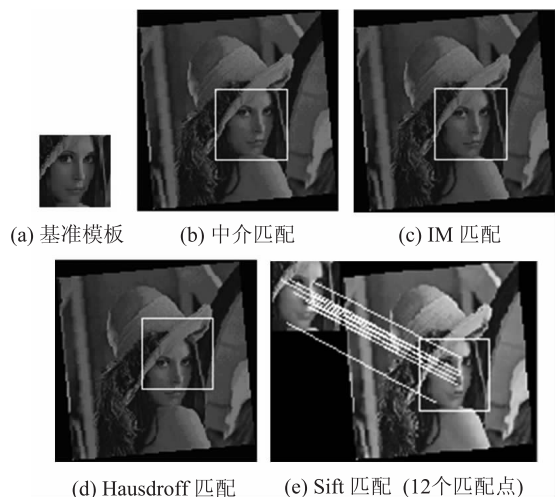


图 12 旋转 5° Lena 图像匹配结果
Fig. 12 Matching of Lena image rotated 5°



图 11 放大 1.2 倍 Cameraman 图像匹配结果
Fig. 11 Matching of Cameraman image magnified 1.2 times

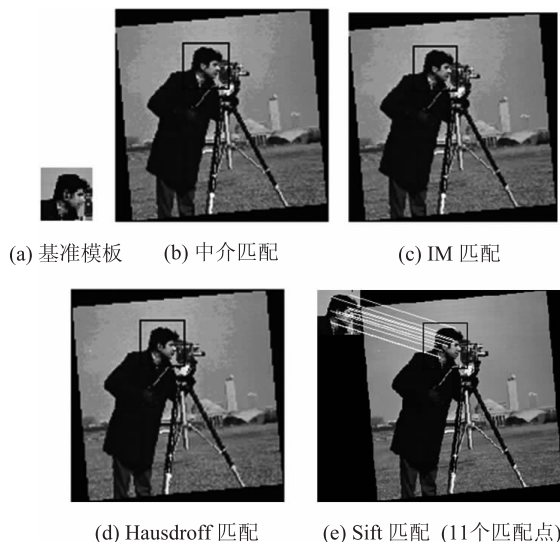


图 13 旋转 5° Cameraman 图像匹配结果
Fig. 13 Matching of standard Cameraman image rotated 5°

表 4 放大 1.2 倍 Lena 图像和 Cameraman 图像的匹配精度和匹配速度

Table 4 Matching precision and matching rate of Lena image magnified 1.2 times

算 法	Lena(51,51)		Cameraman(31,81)	
	坐标误差	时间/s	坐标误差	时间/s
中介匹配	(0, -5)	0.367	(5, -10)	3.568
IM	(38,22)	49.397	(-92, -30)	407.223
Hausdorff	(0, -5)	4.360	(20, -10)	40.718
Sift 匹配	(0,0)	1.334	(10, -6)	2.173

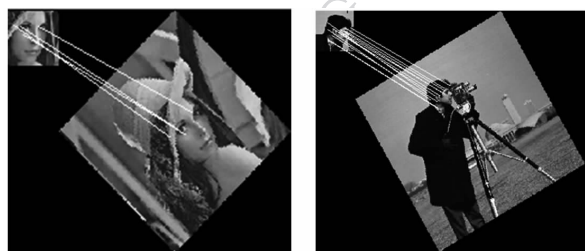
表 5 旋转 5° Lena 图像和 Cameraman 图像的匹配精度和匹配速度

Table 5 Matching precision and matching rate of Lena image and Cameraman image rotated 5°

算 法	Lena(56,56)		Cameraman(46,91)	
	坐标误差	时间/s	坐标误差	时间/s
中介匹配	(0,0)	0.309	(0,0)	2.561
IM	(-1, -2)	35.786	(1,3)	293.866
Hausdorff	(15, -5)	2.346	(5,0)	18.503
Sift 匹配	(0, -2)	1.207	(1,3)	2.070

由图 10、图 11 和表 4 中的数据可以看出在图像有一定缩放(放大 1.2 倍)的情况下,几种算法的匹配精度都有所下降。其中基于图像几何矩 IM 算法的匹配精度下降得较为厉害。为了加快不变矩的匹配速度,本文将不变矩的匹配步长加大,可能影响了其匹配精度。虽然可以通过减小匹配步长增加 IM 的匹配精度,但因此会导致其匹配速度下降很多。实验表明在图像尺度变化不大的情况下,基于灰度的中介匹配算法、Hausdorff 距离算法的匹配精度能够接近甚至高于 Sift 算法的匹配精度,但图像大尺度变化时,中介匹配算法和 Hausdorff 距离算法的匹配精度下降较为厉害。而且随着图像尺寸的增大,基于特征的 Sift 匹配算法的速度优势将会显示出来。

由图 12、图 13 和表 5 中的数据可以看出在图像有一定旋转(5°)情况下,中介匹配算法、IM 算法、Hausdorff 距离匹配和 Sift 算法仍然保持着较高的匹配精度。但随着缩放尺度的增大和旋转角度的增加,中介匹配算法、IM 算法、Hausdorff 距离匹配算法匹配性能明显下降,但 Sift 匹配算法仍然能保持一定的匹配精度。图 14 所示的是 Sift 算法对旋转了 30° 的图像进行匹配的结果,包括中介匹配方法在内的其他几种匹配方法在这种情况下都失效。



(a) Lena 图像

(b) Cameraman 图像

图 14 旋转 30° Sift 方法匹配结果Fig. 14 Matching of images rotated 30° by Sift

综上所述,本文所研究的基于中介相似性量度的图像匹配算法,与经典的基于灰度的匹配算法相比,具有较高的匹配速度和匹配精度,并且具有更好的抗噪性和一定的抗失真性。与基于特征的 Sift 图像匹配方法相比,抗噪性优于 Sift 算法,但对大尺度变换、大角度旋转的图像的匹配性能不如 Sift 算法,而且在图像较大的情况下,匹配速度低于 Sift 算法。

4 结 论

本文研究了中介相似性量度并用于基于灰度的图像匹配中,对 Lena 图像、Cameraman 图像的匹配结果表明与经典的基于灰度的匹配算法相比,在匹配速度、匹配精度、抗噪性和抗失真性上有一定的优势。下一步的研究重点是将中介相似性量度用于基于特征的匹配算法中,以进一步提高算法的匹配速度和适应性。

参考文献(References)

- [1] David G. Lowe. Distinctive image features from scale-invariant keypoints[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.
- [2] Liu T J, Shi Z L, Yu H B. Template-matching method based on image texture [J]. Infrared and Laser Engineering, 2005, 34(3): 319-323. [刘铁军, 史泽林, 于海斌. 一种基于图像纹理的模板匹配算法[J]. 红外与激光工程, 2005, 34(3): 319-323.]
- [3] Ma Y J, Guo L. Improvement and implementation of template-matching method based on image texture [J]. Application Research of Computers, 2007, 24(6): 152-154. [马迎军, 郭雷. 一种基于图像纹理的模板匹配算法的改进与实现[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(6): 152-154.]
- [4] Li M G, Du H. The study on particle image velocimetry based on SOM network [J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13(12): 2357-2362. [李木国, 杜海. 自组织映射神经网络在粒子图像匹配中的研究[J]. 中国图象图形学报, 2008, 13(12): 2357-2362.]
- [5] Shen H B, Yang J, Liu X J, et al. A new image correlation analysis based on fuzzy information gain [J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2006, 40(3): 466-470. [沈红斌, 杨杰, 刘小军, 等. 基于模糊信息增益的图像相关性度量[J]. 上海交通大学学报, 2006, 40(3): 466-470.]
- [6] Leng X F, Liu J Y, Xiong Z. Real-time image matching for navigation system based on genetic algorithm [J]. Journal on Communications, 2008, 29(2): 17-21, 28. [冷雪飞, 刘建业, 熊智. 基于遗传算法的导航实时图像匹配算法[J]. 通信学报, 2008, 29(2): 17-21, 28.]
- [7] Wang J, Zhou L S, Zhang L Y, et al. Surface matching based on genetic algorithm [J]. Journal of Image and Graphics, 2007, 12(4): 695-699. [王坚, 周来水, 张丽艳, 等. 基于遗传算法的曲面匹配[J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(4): 695-699.]
- [8] Liu L, Su M. Medical image registration based on wavelet transformation and mutual information [J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13(6): 1171-1176. [刘丽, 苏敏. 基于小波

变换和互信息的医学图像配准[J]. 中国图象图形学报, 2008,13(6): 1171-1176.]

[9] Dong Y. Study of automatic registration of remote sensing images based on wavelet transform[D]. Chendu: University of Electronic Science and Technology of China, 2008. [董洋. 基于小波变换的遥感图像自动配准算法研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2008.]

[10] Liu P. Study on IR and visual image registration based mutual information ant colony algorithm [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2009. [刘鹏. 基于互信息及蚁群算法的红外与可见光图像配准研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.]

[11] Zhu H D, Zhong Y. Image recognition model combining rough

set with neural network[J]. Computer Engineering and Applications, 2010,46(13): 181-184. [朱颖东, 钟勇. 结合粗集和神经网络的图像识别模型[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(13): 181-184.]

[12] Xiao X A, Zhu W J. A system of medium axiomatic set theory [J]. Science in China; Series A, 1988,11(2):1320-1335. [肖奚安, 朱梧楦. 中介公理集合论系统[J]. 中国科学: A 辑, 1988,11(2), 1320-1335.]

[13] Hong L, Xiao X A, Zhu W J. Measure of Medium Truth Scale and Its Application [1] [J]. Chinese Journal of Computer, 2006, 29(12): 2186-2193. [洪龙, 肖奚安, 朱梧楦. 中介真值程度的度量及其应用[1][J]. 计算机学报, 2006,29(12): 2186-2193.]