

基于边缘几何不变性的特征提取算法研究*

谢 静, 庾先国, 方 晓

(西南科技大学 信息工程学院, 四川 绵阳 621002)

摘 要: 针对异源图像中可见光与红外图像特征提取算法进行研究, 提出了一种基于边缘几何不变性特征的特征提取算法。采用空域滤波及灰度处理的方法对背景噪声进行处理, 使用 Canny 算子提取目标的边缘, 利用二值形态学中腐蚀与膨胀两种基本运算对边缘细化填充。利用圆形模板匹配的方法提取边缘特征点, 通过对有效特征点的筛选与组合形成不同的三角形区域特征, 并计算这些三角形区域的几何特性。仿真实验结果表明, 该方法可以有效提取异源图像的共有特征。

关键词: Canny 边缘; 特征提取; 几何不变性; 异源图像

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 0258-7998(2015)03-0161-04

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.2015.03.043

Feature extraction of multi-sensor images based on geometric invariant feature on the edge

Xie Jing, Tuo Xianguo, Fang Xiao

(School of Information Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621002, China)

Abstract: This paper proposes an algorithm of feature extraction based on geometric invariant feature on the edge, which is mainly research on the feature extraction for the optical and infrared images among the multi-sensor images. Using spatial filtering and gray-scale processing method for processing the noise of the background, the Canny operator is used to extract the edge of the target, then corrosion and expansion, which are two basic operations of binary morphology are also used on edge thinning fill. The circular template matching method is used to extract the edge feature points, the different triangular area characteristics are formed through the screening and combination of effective points, at last the geometric characteristics of these triangular regions are calculated. The experiment results show that this method can effectively extract the common feature of multi-sensor images.

Key words: Canny edge; feature extraction; geometric invariant; multi-sensor images

0 引言

异源图像处理算法主要是以匹配与融合为研究方向, 其中基于图像不变特征与边缘轮廓特征的处理算法大量涌现。WANG W H 等^[1]人利用 Sobel 算子对图像进行分割, 然后通过对闭区域中心点的统计组合, 形成线段特征。张翔等^[2]提出了一种应用改进 Sobel 算子和图像数学形态学的方法进行目标边缘的提取。侯学智等^[3]提出了用图像形态学的梯度、细化和修剪算法来提取边缘轮廓。LOWE D G 等^[4]利用关键点邻域内的梯度直方图, 建立归一化的 128 维向量作为该点的描述。Ke Yan 等^[5]利用主成分分析方法建立对关键点的尺度不

变特征描述。Yu Xiangyu 等^[6]提出的多源图像配准方法也是基于异源图像的共有特征——边缘轮廓特征。国内外学者通过对这些特征的研究与整合, 继续基于边缘轮廓特征的不变性进行了深入研究; 如周锋飞等^[7]提出了一种利用 Canny 算子提取两种图像的边缘, 并计算图像边缘特征点间连线的角度相似性的算法。李壮等^[8]提出一种基于梯度径向夹角金字塔直方图的图像全局特征描述方法。

本文首先通过设置灰度处理器^[9]及空域滤波算法中的 Robinson Guard 滤波器^[10]来去除图像背景中的噪声, 再利用 Canny 边缘特征提取目标的主要轮廓, 并通过二值形态学^[11]中腐蚀与膨胀算法对边缘轮廓进行细化填充, 采用改进的圆形模板匹配^[12]的方法提取边缘上的特

* 基金项目: 国家自然科学基金重大科研仪器设备研制专项(41227802); 国家杰出青年基金(41025015)

征点,通过对这些特征点的统计与组合,形成不同的三角形区域,计算这些三角形区域的角度及边长特性,实现对异源图像共有特征的有效提取。

1 图像预处理

1.1 灰度处理器设置

设置过滤器的阈值为 K ,当两幅图像的灰度值分别大于等于或小于 K 时,将其灰度值设为 255 和 0,可以有效去除部分明显的无关信息。

1.2 空域滤波算法

使用空域滤波算法中的 Robinson Guard 滤波器对异源图像中的杂波进行抑制,该滤波器是一种非线性非参数型滤波器,其窗口为 5 的滤波模板如图 1 所示。该滤波器具有保护带,可以在滤除杂波的同时尽可能地保护目标信息的完整性,其滤波准则:

$$X = \begin{cases} \min(Z_i) - X, & X \leq \min(Z_i) \\ 0, & \min(Z_i) < X < \max(Z_i) \\ X - \max(Z_i), & X \geq \max(Z_i) \end{cases} \quad (1)$$

Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Z_{16}				Z_6
Z_{15}		X		Z_7
Z_{14}				Z_8
Z_{13}	Z_{12}	Z_{11}	Z_{10}	Z_9

图 1 Robinson Guard 滤波模板结构

2 特征点提取及几何不变特征

利用 Canny 算子提取已处理过的图像目标边缘,通过二值形态学中腐蚀与膨胀的基本方法对边缘进行细化填充。使用圆形模板匹配的方法在图像的边缘上选取特征点,特征点主要选取以下类别:具备一定几何形状的目标的顶点以及非直线边缘中曲率变化较大的点。

2.1 二值形态学基本运算

该算法通过对开和闭运算的组合,使提取出的 Canny 边缘图像变得清晰连续。

(1)腐蚀:集合 A 被集合 B 腐蚀,表示为 $A \odot B$,其定义为:

$$A \odot B = \{X | (B)_x \subseteq A\} \quad (2)$$

其中 A 为输入图像, B 为结构元素, $(B)_x = \{c | c = b + x, b \in B\}$ 表示将集合 B 平移到点 X 。 $A \odot B$ 是将 B 平移到 X 但仍包含在 A 内的所有点 X 组成。腐蚀运算具有收缩输入图像的作用,表示对图像内部作滤波处理。

(2)膨胀:集合 A 被集合 B 膨胀,表示为 $A \oplus B$,其定义为:

$$A \oplus B = \{X | (\hat{B})_x \cap A \subseteq A\} \quad (3)$$

其中 $\hat{B} = \{w | w = -b, b \in B\}$,这是 B 的相对于它自身原点的映像,并且是由 x 对映像进行位移为基础的。 A 被 B 膨胀的结果是能保证 \hat{B} 和 A 至少有一个元素是重叠的所有位移 x 的集合,表示对图像外部作滤波处理。

(3)开运算和闭运算

利用 B 对 A 作开运算,用 $A \circ B$ 表示,其定义为:

$$A \circ B = (A \odot B) \oplus B \quad (4)$$

形态开运算一般使对象的轮廓变得光滑,断开狭窄的间断和消除细小的突出物。

利用 B 对 A 作闭运算,用 $A \bullet B$ 表示,其定义为:

$$A \bullet B = (A \oplus \hat{B}) \odot \hat{B} \quad (5)$$

闭运算同样使轮廓线更为光滑,但它通常弥补狭窄的间断和长细的鸿沟,消除小的孔洞,并填补轮廓线中的断裂。

2.2 圆形模板匹配

采用圆形模板匹配的方法来寻找边缘上的特征点,可以同时对这些边缘进行处理。由于异源图像在比例和角度上出现差异,在大的非闭合区域中,从边缘的两端选定端点 P_1 与 P_2 后,自左向右、自下向上使用圆形模板进行特征点选取, P_1P_2 为第一个圆形模板的直径。当匹配出第一个特征点 A_1 时,则使用 P_1A_1 为第二个圆形模板的直径,以此类推,直到第 N 个圆形模板;在闭合区域,只是第一个圆形模板的直径选择是闭合区域中距离最远的两个点。

上述圆形模板直径如式(6)及图 2、图 3 所示。

$$R_1 = P_1P_2, R_2 = P_1A_1, R_3 = A_1A_2 \cdots \quad (6)$$

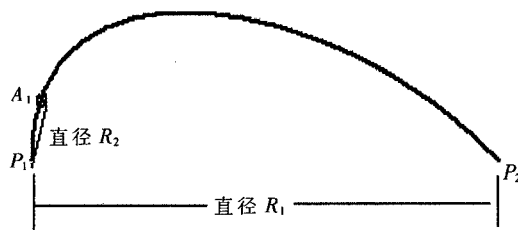


图 2 开区间模板半径

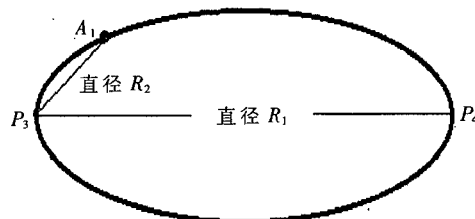


图 3 闭区域模板半径

由于异源图像成像机理不同,因此有一些边缘细节不会同时存在,所以特征点必须在检测出来的边缘上,对于直线边缘直接选择端点作为特征点;并且使用圆形模板匹配时,该特征点所在的边缘曲线必须有且仅有一条穿过圆形模板区域。

2.3 特征点筛选

匹配出的两组特征点集合 $A = A_n(i, j) (n=0, 1, 2 \cdots N)$ 和 $B = B_m(i, j) (m=0, 1, 2 \cdots M)$ 分别为可见光图像与红外图像上取得的特征点集合。这些特征点在排序时要遵循以下规则:使用斜率为 1 的直线为标准线,以图像的左下顶点为起点、右上顶点为终点,特征点依次越过标准线的顺序就是特征点的编号顺序,当有 2 个或以上个点恰巧同时越过标准线时,这些点按从上到下的原则依次排序。按照同样的规则来对特征点排序,避免了两幅图

像上的特征点出现混乱排序。特征点与相邻两点组成的夹角如图4所示。

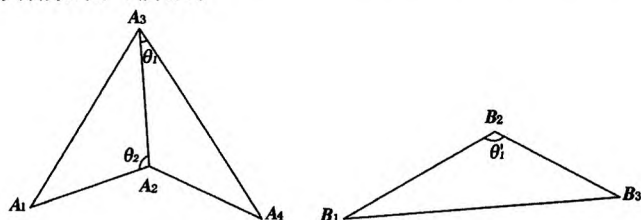


图4 特征点与相邻两点组成的夹角

使用圆形模板匹配的方法,降低了特征点出现错误的概率。为了进一步提高精度,引入特征点匹配度 $f(A, B)$ 对已经提取出的两组特征点集合进行处理。

其中:

$$f(A, B) = |\theta_n - \theta'_m| \quad (7)$$

$$\theta_n = \arccos \frac{d_1^2 + d_2^2 - d_3^2}{2d_1d_2} \quad (8)$$

$$\theta'_m = \arccos \frac{h_1^2 + h_2^2 - h_3^2}{2h_1h_2} \quad (9)$$

算法中选取两组集合中点数少的一组作为基准组,如果数目相同则A组为基准组,同时用人工参与的方式保证两组中第一个特征点都无错误。式(7)中 θ_n 和 θ'_m 为特征点与相邻的两个特征点之间的夹角,式(8)中 d_1 为A组特征点集合中第 n 个点与第 $n-1$ 个点的距离, d_2 为第 n 个点与第 $n+1$ 个点距离, d_3 为第 $n-1$ 个点与第 $n+1$ 个点的距离;式(9) h_1 为B组特征点集合中第 m 个点与第 $m-1$ 个点的距离, h_2 为第 m 个点与第 $m+1$ 个点距离, h_3 为第 $m-1$ 点与第 $m+1$ 点的距离(其中 $n=2,3,4 \dots N-1$; $m=2,3,4 \dots M-1$)。算法通过对夹角的相似性对比排除错误的特征点, $f(A, B)$ 越小则说明这两点的相似性越高。通过仿真实验,当 $f(A, B)$ 在 1.5° 以内就可以判定特征点需要保留,超过则去除。同时,在匹配时采用循环匹配的原则,去除错误特征点后重新验证下一个点是否匹配,尽最大可能降低误差。

2.4 几何不变特征提取

本算法利用三角形的几何不变特性来提取异源图像的共有特征。通过对取得的特征点集合A和B进行筛选,得出最新的一组集合。通过对特征点的筛选可以简化构建几何不变三角形区域的步骤。依据选取的特征点集合,编号1、2、3的3个点组成第1个三角形,编号2、3、4的3个点组成第2个三角形,即编号 $n-1$ 、 n 、 $n+1$ 的3个点组成第 $n-1$ 个三角形。最终得到两个三角形区域集合 $C=C_k(k=1,2 \dots N)$ 和 $D=D_k(k=1,2 \dots M)$ 分别代表可见光与红外图像中三角形区域集合。

集合C中第1个三角形是由 A_1 、 A_2 、 A_3 构建,集合D中第1个三角形是由 B_1 、 B_2 、 B_3 构建,假设两个三角形的边长分别为 L_1 、 L_2 、 L_3 和 H_1 、 H_2 、 H_3 ,面积分别为 S_1 和 S'_1 。判定三角形区域为异源图像共有特征的标准是:

《电子技术应用》2015年第41卷第3期

$$W = \left| 1 - \frac{L_1}{H_1} \cdot \sqrt{\frac{S_1}{S'_1}} \right| + \left| 1 - \frac{L_2}{H_2} \cdot \sqrt{\frac{S_1}{S'_1}} \right| + \left| 1 - \frac{L_3}{H_3} \cdot \sqrt{\frac{S_1}{S'_1}} \right| \quad (10)$$

如果W的值小于一个设定的阈值(如0.1),则判定两个三角形为共有特征。

3 仿真实验

该组试验的原始图像是 1024×1024 大小,如图5所示,实验对该组可见光与红外异源图像进行了直方图分析,通过多个灰度处理器处理及空域滤波算法中的Robinson Guard滤波器,滤去背景图像中的干扰机噪声,再进行Canny边缘的提取。然后经过多次点二值形态学中腐蚀与膨胀的混合运算,对边缘进行细化整合,形成比较鲜明的边缘图像。

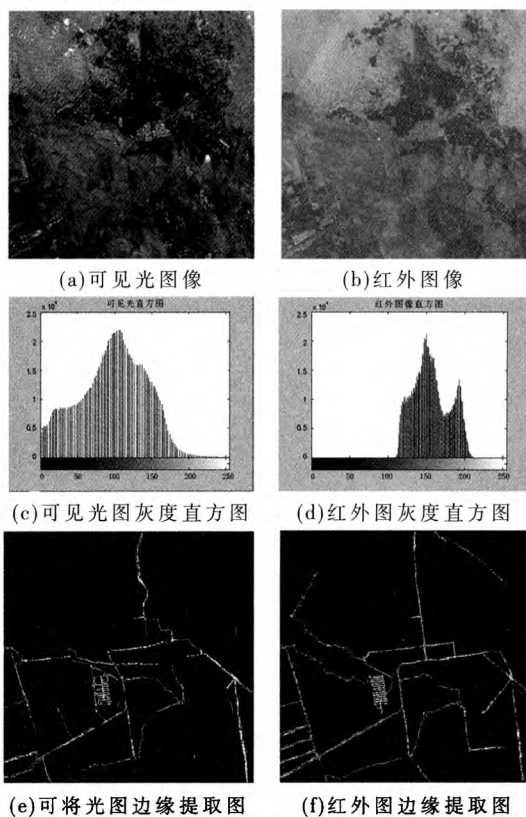


图5 异源地源图像Canny边缘提取图

采用圆形模板匹配,分别可以得到两组点特征 $A=A_n(i,j)(n=0,1,2 \dots N)$ 和 $B=B_m(i,j)(m=0,1,2 \dots M)$,其中 $N=63$, $M=61$,即可见光图像检测出了63个点,红外图像检测出了61个特征点。由式(7)中匹配度计算得出,共有的匹配特征点共计24个。共得到22个共有三角形区域特征,匹配出来的三角形区域图如图6所示。

按式(10)对22个三角形区域的边长进行计算,共计算出22个数据,其中有21个数据结果在设定阈值以下,符合要求。因篇幅有限,选取其中10个数据,得到数据如图7所示。

其中第3组数据超出设定阈值,去掉相关三角形区域,共得到21组几何不变特征区域。

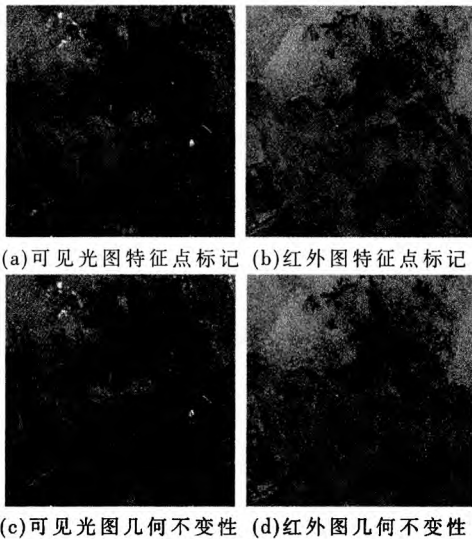


图6 异源地源图像几何不变特征

W1	W2	W3	W4	W5
0.78	0.64	1.6	0.49	0.57
W6	W7	W8	W9	W10
0.67	0.23	0.18	0.15	0.24

图7 三角形区域几何不变特性数据

4 结论

本文针对异源图像当中有关特征提取的问题,提出了一种基于边缘几何不变特征的提取算法。通过分析灰度的分布信息设定灰度处理对一部分无关背景进行分离,在此基础上使用 Robinson Guard 滤波器对噪声进行处理,使用 Canny 算子提取特征边缘,并通过腐蚀与膨胀的组合运算得到完整清晰的边缘图像。采用圆型模板匹配法并通过三角形几何不变特征的构建,对整个边缘上的特征点进行处理,最终在两幅图像上得到共有的几何不变特征。

参考文献

- [1] WANG W H, CHEN Y C. Image registration by control points pairing using the invariant properties of line segments[J]. Pattern Recognition Letters, 1997, 18(3): 269-281.

(上接第 160 页)

功应用于某大型停车场的车位图像信息采集系统。设计新颖,布线简单,节约成本,可部署在各种视频安防监控场所,用于智能识别。其优点主要在于复用双绞线传输多路视频信号,并可以和 485 总线同时走线,所以一根普通双绞线电缆即可传输两种信号;还可制作水晶头与 RJ45 接口接驳,便于安装和系统调试运行。同时,利用这种分时传输方法,也可对各种多传感器数据分时采集提供方案。

参考文献

- [1] 刘京京,蔡喜平.国外智能视频监控的热点探究[J].电子测试,2014(21): 28-30.
- [2] 董伟峰.监控系统中视频信号传输的设计[J].企业科技与

- [2] 张翔,刘媚洁,陈立伟.基于数学形态学的边缘提取方法[J].电子科技大学学报,2002,31(5): 490-492.
- [3] 侯学智,杨平,赵云松.CCD 图像的轮廓特征点提取算法[J].电子科技大学学报,2004,33(4): 446-448.
- [4] LOWE D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.
- [5] Ke Yan, SUKTHANKAR R. PCA-SIFT: A more distinctive representation for local image descriptors[C]. CVPR, 2004: 506-513.
- [6] Yu Xiangyu, Guo Lihua. Image registration by contour matching using tangent angle histogram[C]. IEEE Congress on Image and Signal Processing (S7695-3119), 2008: 746-749.
- [7] 周锋飞,陈卫东,李良福.一种基于 Canny 边缘的红外与可见光图像配准算法[J].应用光学,2009,30(4): 605-609.
- [8] 李壮,雷志辉,于起峰.基于梯度径向夹角直方图的异源图像匹配[J].测绘学报,2011,40(3): 318-325.
- [9] 陈洁,付冬梅,刘燕.基于轮廓特征的红外与可见光图像配准方法研究[J].红外,2009,30(12): 1-5.
- [10] HILLIARD C I. Selection of a clutter rejection algorithm for real-time target detection from an airborne platform[J]. the SPIE Proceedings of Signal and Data Processing of Small Targets, 2000, 4048(1): 74-84.
- [11] GONZALEZ R C, WOODS R E. 数字图像处理[M]. 阮秋琦,译.北京:电子工业出版社,2003.
- [12] 黄廉真,吴晓军,康文雄.一种新的高速圆形匹配算法[J].哈尔滨工业大学学报,2012,44(7): 87-91.

(收稿日期:2014-12-30)

作者简介:

谢静(1991-),女,硕士研究生,主要研究方向:信号与信息处理。

庾先国(1966-),男,博士(后),教授,博导,主要研究方向:核测量及分析仪器仪表的研制、应用和推广,地球物理勘探方法应用。

方晓(1988-),男,硕士研究生,主要研究方向:信息与通信技术。

发展,2011(2): 12-13.

- [3] 吴海滨,唐磊,吴彬.监控系统中视频信号的双绞线传输[J].安防科技,2007(10): 38-40.
- [4] 桂良启,郭伟,张祖荫.电子开关 CD4066 在数据采集装置中的应用[J].电子技术,2003,30(8): 38-41.
- [5] 唐伯良.高频预提升和补偿在双绞线视频传输中的运用[J].上海大学学报(自然科学版),2000,6(1): 69-82.

(收稿日期:2014-12-19)

作者简介:

罗旭(1988-),男,硕士研究生,主要研究方向:计算机测控技术。

廉小亲(1967-),通信作者,女,博士,教授,硕士生导师,主要研究方向:信号信息处理、计算机测控技术, E-mail: lianxq@263.net.

《电子技术应用》2015年第41卷第3期