

# 基于力场转换理论的图像粗大边缘检测方法

曹传东, 徐贵力\*, 陈欣, 冷雪飞, 李开宇, 叶永强

南京航空航天大学 自动化学院, 江苏 南京 210016

**摘要:** 基于粗大边缘的异源图像匹配在导航制导等领域具有广阔的应用前景,但是现有边缘检测方法很难提取出异源图像中的粗大边缘。根据异源图像成像原理和灰度分布特点,提出一种基于力场转换理论的异源图像粗大边缘检测新方法。首先,根据引力概念计算图像中各像素点受到合力的大小和方向;其次,为了去除光照和异源图像灰度不同的影响,对图像中像素点所受合力的大小进行归一化处理;然后,对归一化后的图像进行二值化分割以获得边缘像素点所在的区域;最后,通过实验研究粗大边缘像素点的合力大小和方向特征,由此得到了粗大边缘点的确定方法。实验结果表明:与 Canny 边缘检测方法相比,该方法对异源图像间的粗大边缘具有很好的边缘检测效果,与先分割再提取边缘的方法相比,该方法可以提取灰度值分布较集中且噪声较大的红外(IR)图像粗大边缘。

**关键词:** 异源图像; 边缘检测; 力场转换理论; 力场大小; 力场方向

**中图分类号:** V243; TP391 **文献标识码:** A

近年来,随着各种类型成像传感器的出现,多源图像匹配技术在导航制导、遥感、模式识别等方面有着特殊的意义,比如可见光、红外(IR)和雷达图像间的自动高可靠匹配是当前的一个重大需求和迫切要解决的热点和难题,国内外的研究者对其也进行了相应的研究。但是,目前异源图像匹配研究中还存在很多困难,特别是由于异源图像成像机理差异大(如光学与合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar, SAR)图像)、波段差异大(如可见光与长波红外图像),难以获得图像在灰度、亮度、颜色等特征上的共性特征。

根据对异源图像成像原理和典型异源图像的分析发现,异源图像中对象间粗大边缘是异源图像间比较具有共性的特征。这些粗大边缘是感兴趣目标的重要特征,往往携带着图像的大部分信

息,这些边缘能够给出目标的位置和形状,为人们描述或识别目标以及解译图像提供了重要的特征信息。本文定义粗大边缘为图像中感兴趣对象间的显著轮廓特征。

如何准确快速地提取出粗大边缘是异源图像匹配的关键。关于图像的边缘检测存在多种解决方案<sup>[1-10]</sup>,常用的边缘检测算法有梯度法(Robert、Prewitt、Sobel 和 Canny 算子)、模板匹配法以及变换域法等。陈亮等<sup>[1]</sup>根据梯度在边缘处的直观响应,结合直方图的统计特性以及分块操作的局部处理能力,综合而成分块梯度直方图。然后,通过相邻块内部梯度峰值的互确认操作,得到对梯度强弱不敏感的边缘,从而能够获得图像中更多的特征信息。该算法可以检测出极其弱小的边缘,但这使检测出的边缘

收稿日期:2010-08-06; 退修日期:2010-08-26; 录用日期:2010-09-26; 网络出版时间:2011-03-16 13:39:41

网络出版地址:www.cnki.net/kcms/detail/11.1929.V.20110316.1339.007.html

DOI:CNKI:11-1929/V.20110316.1339.007

基金项目:国家自然科学基金(60974105,61074161);航空科学基金(20100152003);南京航空航天大学研究生创新基地(实验室)开放基金(201001007)

\* 通讯作者. Tel.: 025-84892284 E-mail: guilixu@nuaa.edu.cn

引用格式:曹传东,徐贵力,陈欣,等.基于力场转换理论的图像粗大边缘检测方法[J].航空学报,2011,32(5):891-899. Cao Chuandong, Xu Guili, Chen Xin, et al. Image edge detection algorithm based on force field transformation[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica. 2011, 32(5): 891-899.

特征过于繁杂。孙达等<sup>[2]</sup>通过估计图像中各像素点的概率密度梯度得到图像的概率密度梯度场,然后根据图像的边缘点在概率密度梯度场中具有两侧梯度方向相反的特性实现边缘检测。王磊等<sup>[3]</sup>利用图像空间复杂度来体现图像的规则程度,并根据图像的纹理信息矫正图像的梯度方向,确定边缘宽度,准确定位空间复杂度的计算区域;然后沿梯度方向即垂直于边缘的方向,找到梯度值最大的点并设为最终的边缘点。但该方法中掩盖算法的双门限值只在要求较低的场合具有一定的自适应性。潘晴等<sup>[4]</sup>提出了一种基于人眼视觉注视机制的模拟算法,采用感受野形变的极限阶段的自适应算法进行边缘检测。但该算法适合于细节边缘的提取。Li<sup>[5]</sup>和 Sun<sup>[6]</sup>等通过构造像素邻域的对比度模型和对比度计算,提出了一种基于对比度增强的边缘检测算法。Setayesh 等<sup>[7]</sup>提出了一种基于粒子群优化的边缘检测方法,该方法利用粒子群优化算法检测出具有代表性的曲线来表示目标边缘。针对图像轮廓匹配中需提取图像粗大边缘的问题,章凤翎等<sup>[8]</sup>提出了先融合颜色与纹理多特征的聚类分割,再提取粗大边缘的新方法,较好地提取了彩色图像中的主要粗大轮廓。但是对于红外图像,由于其灰度值分布在灰度级较低的部分而不能较好地实现聚类分割,从而无法提取其粗大边缘。康文雄等<sup>[9]</sup>根据静脉图像的特点提出了一种基于方向场分布率的静脉图像分割算法,该算法充分利用原图像的邻域信息,以方向场分布率作为区分静脉和背景的分割准则进行图像分割和静脉定位。但对于实拍的红外图像,由于图中的交叉点较多,仅利用图像中的方向信息分割和检测效果不理想。

本文根据异源图像的成像原理和灰度分布特点,提出了一种基于力场转换理论的异源图像粗大边缘检测方法。该算法通过力场转换理论分别得到力场大小和方向图像,然后根据合力的大小和方向图像获取图像中具有显著视觉特征的目标边缘,即目标粗大边缘。

## 1 力场转换理论

Hurley 等<sup>[11]</sup>模仿自然界的电磁力场过程,

提出了一种图像的力场转换理论,并将该方法成功应用到了人耳分类识别中<sup>[11-15]</sup>。

在力场转换理论中,图像被看做一个力场,而力场的形成是通过假定图像中的任意两个像素点之间存在引力的作用,即图像中位置为  $r_j$  的像素点受到位置为  $r_i$  的像素点的引力作用  $F_i(r_j)$ ,引力的大小与  $r_i$  点的灰度值成正比,与  $r_i$  点和  $r_j$  点间距离的平方成反比;引力的方向即两点间的连线方向。具体的矢量表示为

$$F_i(r_j) = I(r_i) \frac{r_i - r_j}{|r_i - r_j|^3} \quad (1)$$

式中:  $I(r_i)$  为  $r_i$  点的灰度值;  $r_i - r_j$  的连线方向表示  $F_i(r_j)$  的矢量方向;  $|r_i - r_j|$  为两像素点之间的距离。像素点  $r_j$  受到所有像素点的合力可表示为

$$F(r_j) = \sum_{i=1, i \neq j}^N F_i(r_j) = \sum_{i=1, i \neq j}^N I(r_i) \frac{r_i - r_j}{|r_i - r_j|^3} \quad (2)$$

式中:  $N$  为图像中的所有像素或  $r_i$  某邻域中像素的个数;  $F(r_j)$  的方向为  $F_i(r_j)$  的合力方向。

$r_j$  点所受合力的计算过程为:首先,计算该点受到邻域中另外一点的引力,并根据引力的方向将引力分别沿水平和垂直轴作分解,如图 1 所示;其次,将该点受到的其他引力在水平和垂直轴上分量求和;最后,将水平和垂直轴上得到的分量进行矢量合成,得到该点最终受到的合力的大小和方向。

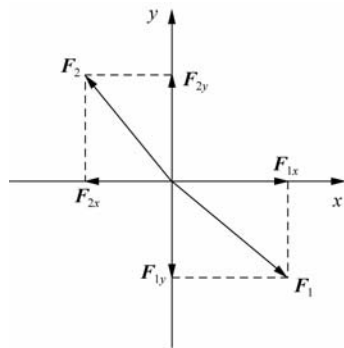


图 1 力的合成

Fig. 1 Composition of force

## 2 基于力场转换的图像边缘检测方法

可见光图像的成像原理是根据物体的反射率不同进行主动成像。可见光图像具有较高的亮度

和对比度,可以较好地反映出景物表面的纹理细节信息。红外图像的成像原理与可见光成像不同,它是通过将红外探测器接收到的场景红外辐射映射成灰度值,转化为红外图像。由于实际景物的温度分布差异相对较小,因此红外图像的整体灰度分布较低且较集中。那么红外和可见光图像中对象间粗大边缘的灰度分布和强度变化是有较大差别的,可见光图像中粗大边缘灰度分布和强度变化大,而红外图像中的粗大边缘灰度分布和强度变化相对较弱。由于力场具有反映图像像素灰度分布和灰度变化强度的特点,所以图像的力场可以较好地反映异源图像的粗大边缘特征信息。

## 2.1 力场的大小图像

像素点  $r_j$  所受到周围所有像素点的合力  $F(r_j)$  的大小和方向反映了该像素点与周围像素的变化和分布情况。若合力  $F(r_j)$  的值越大,则  $r_j$  周围像素的像素值变化越大,则  $r_j$  属于边缘及其邻域像素。基于力场转换理论,按照式(2)计算图像的力场大小图像。

由于光照或成像设备的成像原理不同,使得获得图像的灰度大小不同,根据力场转换理论的原理可知力场的大小也不相同。为了去除光照或成像设备的成像原理不同对力场大小的影响,在计算每个像素点所受合力大小后对其进行归一化处理,将不同图像的边缘所在区域突现出来。归一化如式(3)所示:

$$f'(r_j) = \frac{f(r_j) - f_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}} \times 255 \quad (3)$$

式中:  $f(r_j)$  为像素点  $r_j$  受到合力的大小;  $f_{\max}$  和  $f_{\min}$  为一幅图像中所有像素点合力的最大值和最小值。力场大小图像如图 2 所示,其中图 2(a)~2(c)为原图,图 2(d)~2(f)为力场大小图像。

从图 2 可以看出,在原图像中边缘像素及其附近区域中的像素点所受的合力比其他区域像素点所受合力要大。特别是粗大边缘处像素点的合力很大,粗大边缘区域在力场大小图像中较好地突现出来,因此基于力场转换理论的力场图像反映了图像灰度域上的粗大边缘。

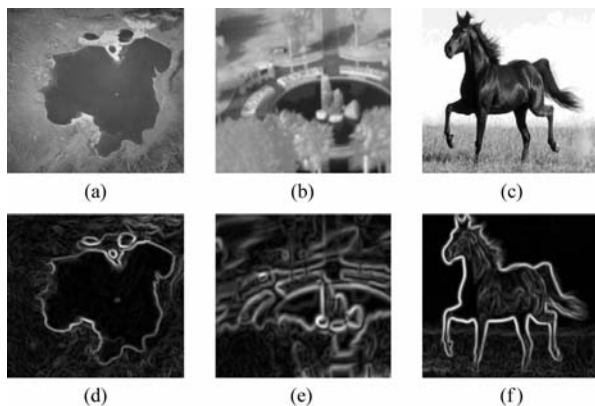


图 2 力场大小图像

Fig. 2 Image of force field magnitude

为了分割得到粗大边缘所在的区域,采用式(4)对力场大小图像进行二值化,实验结果如图 3 所示(此时,二值化处理阈值  $T=80$ )。

$$f_{\text{bin}}(r_j) = \begin{cases} 0 & f'(r_j) < T \\ 255 & f'(r_j) \geq T \end{cases} \quad (4)$$

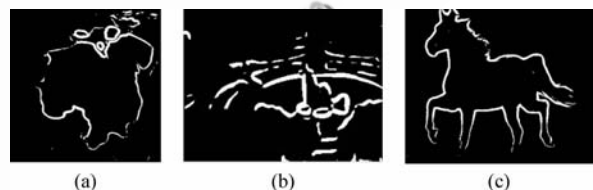


图 3 力场图像二值图

Fig. 3 Binary image of force field magnitude image

从图 3 可以看出,通过二值化力场大小图像,可以分割得到粗大边缘所在区域。当粗大边缘所处的局部区域纹理比较杂乱时,根据力场的分解和合成理论,可知这时的合力较小,因此,在对归一化后的图像进行二值化时,部分的粗大边缘会丢失,但不会影响感兴趣目标整体粗大边缘形状的表达。

## 2.2 力场的方向图像

像素点  $r_j$  受到的合力  $F(r_j)$  方向反映了像素点  $r_j$  周围像素的分布情况。

在力场方向的离散表示中,较多的离散量个数可以提高检测精度;较少的离散量个数可以提高抑制噪声的能力。根据文献[16]并兼顾定位准确和抑制噪声的要求,本文确定力场的方向为 8 个离散量。力场方向的定义如图 4 所示。

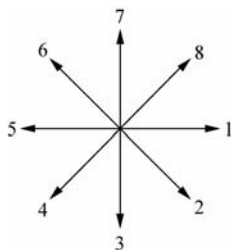


图4 力场方向

Fig. 4 Direction of forces

由力场方向的计算过程可知,力场方向所代表的物理意义是:在所求像素点邻域范围内,力场方向所指区域的灰度值之和最大,力场相反方向所指区域的灰度值之和最小。因此,若该像素点位于图像粗大边缘处,力场方向与该像素点所在粗大边缘的切线基本垂直。根据图4定义的力场方向,对所有像素点的力场方向赋值,得到原图像的力场方向图像,如图5所示。

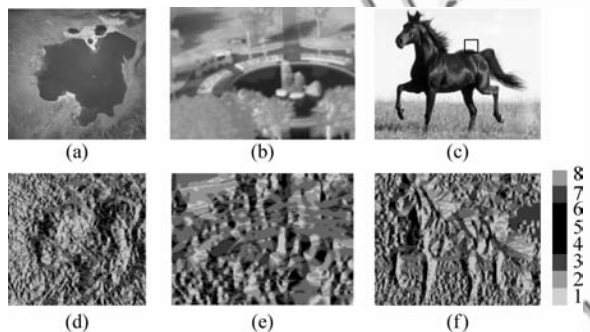


图5 力场方向图像

Fig. 5 Image of force field direction

### 2.3 图像边缘检测

为了分析粗大边缘处的力场大小和方向的特点,选取图5(c)中方框标记区域的灰度分布、力场大小及方向进行分析。图6(a)为标记区域的放大图,其中曲线标记为图像的边缘;图6(b)为标记区域的力场大小图,由图可以看出,边缘及其邻域内的像素点所受的合力较大;图6(c)为标记区域的力场方向图,由图可以看出,边缘及其邻域内的像素点的力场方向基本处于同一方向,且指向灰度值较大的区域,非边缘邻域内像素点的力场方向比较分散杂乱;图6(d)为边缘及其邻域内的力场方向图。由图4中的力

场方向定义可以看出,边缘及其邻域内像素点的方向基本处于同一方向,且与边缘的切线垂直。

当像素点处于粗大边缘处时,该点力场方向所指区域的像素灰度值基本一致,力场相反方向所指区域的像素灰度值也基本一致,但这两个区域之间的像素灰度值不同。所以,当该像素点处于图像粗大边缘处时,该点所受合力为力场方向上的最大值。根据图6(b)所示的力场大小和图6(d)所示的力场方向,以力场方向上受到合力最大的像素点表示图像的粗大边缘,实验结果如图6(e)所示,其中粗线为力场方向上力场最大值所在的像素点,细线为手动描绘的图像边缘。

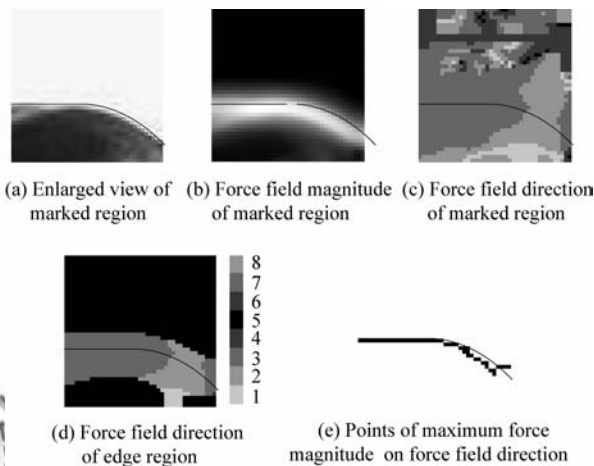


图6 分析力场大小和方向图像

Fig. 6 Analysis of force field magnitude and direction

基于力场转换理论的图像粗大边缘检测方法,根据像素点 $r_j$ 受到其他像素( $N \times N$ 邻域内的像素)合力的大小和方向,使得图像中的粗大边缘被清晰地突现出来。该方法的检测步骤如下:

**步骤1** 计算图像中像素点受到的合力的大小和方向。根据如图1所示的力的分解与合成,得到该点受到的合力的大小和方向。

**步骤2** 根据图像中所有像素点所受合力的大小,根据式(3)归一化计算每个像素点所受合力的大小。

**步骤3** 对归一化后的图像进行二值化处理,获得边缘像素点及其邻域所在的区域图像。

**步骤 4** 根据合力的方向和大小获得最终的粗大边缘点,即在边缘像素点所在的区域图像中,以力场方向上力场最大值所在的像素点表示为图像的粗大边缘,获得最终的粗大边缘点。

### 3 实验结果与分析

为了提高和验证本文算法的有效性,本文设计了 4 组实验,就所提出的边缘检测方法进行全面的分析和验证,这 4 组实验分别为:邻域参数大小选择对结果的影响实验;边缘检测精度实验;实拍可见光图像的边缘检测对比实验;实拍红外图像的边缘检测对比实验。

#### 3.1 实验 1

实验 1 为对比不同大小的邻域参数对结果的影响。图 7(a)~7(d)分别为邻域取值为  $5 \times 5$ 、 $7 \times 7$ 、 $11 \times 11$  和  $15 \times 15$  时对图 2(c)的边缘检测结果。

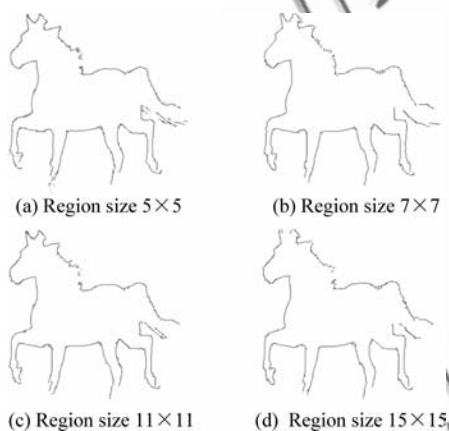


图 7 不同邻域的边缘检测效果比较

Fig. 7 Comparison of edge detection of different regions

从图 7 中可以看出在选择较小的邻域参数时,图像的粗大边缘比较完整,同时会有一些噪声点,如图 7(a)所示的马的第 2 个蹄子前端。随着邻域逐渐增大,噪声点越来越少,最后基本没有噪声,且检测效果趋于稳定,如图 7(b)~7(d)所示。由力场转换理论和式(1)可知,当邻域较大时,噪声对中心像素的引力相对减弱,同时处于邻域边界的像素对中心像素的引力已较小,所以较大的邻域可以更好地抑制噪声,但对实验结果影响较小,且会增加运算时间。因此,本文兼顾实时性和抑制噪声的要求,选择  $7 \times 7$  的邻域。

#### 3.2 实验 2

传统的 Canny 算法检测边缘精度较高<sup>[16]</sup>,实验 2 为本文算法与 Canny 算法检测精度的对比实验。为了验证边缘检测精度,构造一正方形,为了使其具有一般性,再将其顺时针旋转一定角度,如图 8(a)所示,其 4 个顶点 A、B、C、D 的坐标如表 1 所示。Canny 算子和本文算法的边缘检测结果分别如图 8(b)和 8(c)所示,它们检测的边缘相交后的顶点坐标如表 1 所示。

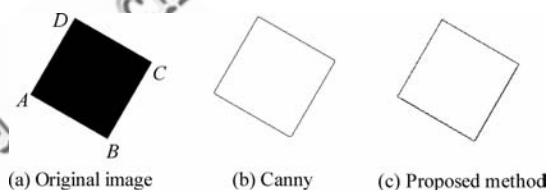


图 8 边缘检测精度的比较

Fig. 8 Comparison of precision of edge detection

表 1 边缘检测的坐标精度对比

Table 1 Comparison of coordinate precision of edge detection

Point	Vertex coordinates		
	Original image	Canny	Proposed method
A	(19,82)	(20,83)	(18,81)
B	(123,22)	(123,23)	(123,23)
C	(183,126)	(183,127)	(184,127)
D	(79,186)	(80,187)	(80,188)

从图 8 和表 1 可以看出,本文提出的边缘检测算法的定位精度较好,能够满足后续的图像粗大边缘表达和匹配要求。

#### 3.3 实验 3

实验 3 为实拍可见光图像边缘检测对比实验。实验环境为 MATLAB7.8,计算机的 CPU 为 XeonTM,2.40 GHz 主频,1.00 GB 内存。实验结果如图 9 所示,其中图 9(b)为 Canny 边缘检测的结果,图 9(c)为文献[8]提出的先融合颜色与纹理多特征的聚类分割,再提取边缘方法的结果,图 9(d)为本文算法的结果,表 2 为不同算法所用检测时间。

从图 9(b)和表 2 看出,Canny 算法能够检测出包含粗大边缘在内的绝大部分边缘,且实时性较好。但是边缘过于细腻,很难从中提取到有效的粗大边缘。

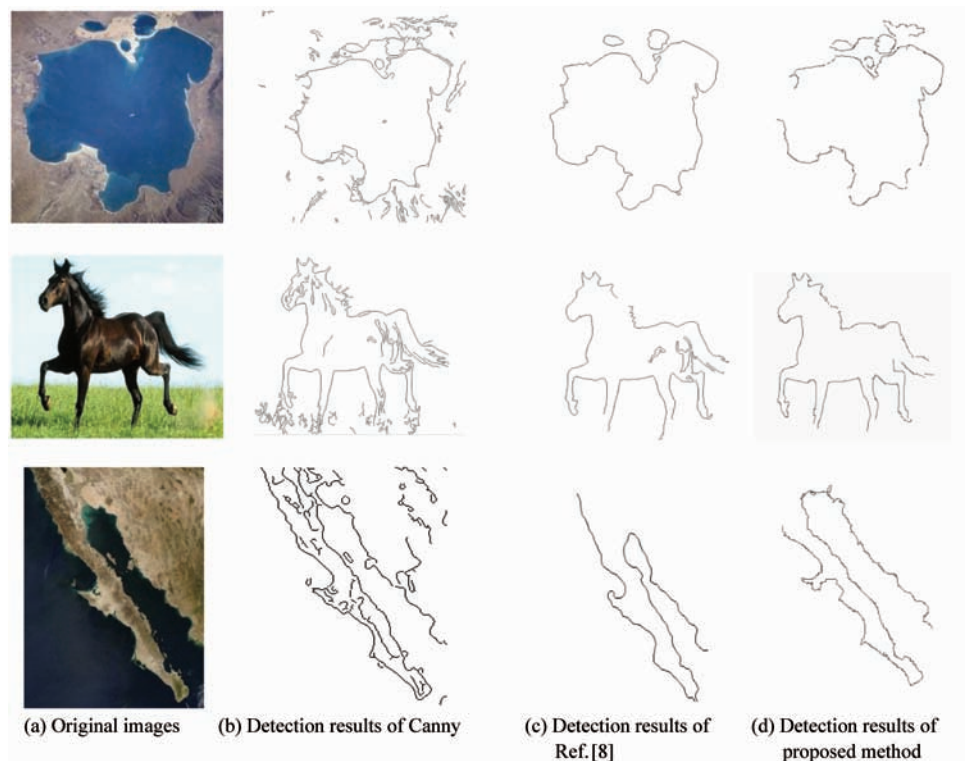


图9 彩色图像的粗大边缘检测

Fig. 9 Gross edge detection of color image

表2 不同算法的彩色图像边缘检测时间对比

Table 2 Time comparison of color image edge detection for different algorithms

No. of color image	Detection time/s		
	Canny	Ref. [8]	Proposed method
Color image 1	0.83	18.27	3.26
Color image 2	1.24	19.20	3.37
Color image 3	0.27	6.53	0.72

对于彩色图像,文献[8]提出的先融合颜色与纹理多特征的聚类分割,再提取边缘的方法较好地提取了彩色图像中的粗大边缘,如图9(c)所示,但从表2可知该方法非常耗时。

本文基于力场转换理论的图像边缘检测结果和检测速度分别如图9(d)和表2所示,此方法相对于经典的Canny边缘检测算法检测时间略长,但优于文献[8]提出的方法,且此方法较好地提取出了原图的粗大边缘,更有利于后续的粗大边缘形状表达和匹配。

Canny算子是在 $2 \times 2$ 邻域内求有限差分均值计算梯度幅值和方向,然后对幅值进行非极大

值抑制提取边缘,这对噪声过于敏感<sup>[16]</sup>。而本文方法根据力场转换理论充分利用像素的灰度信息,得到的力场大小和方向更好地反应了图像粗大边缘的特征,且归一化计算合力大小的方法既利用了图像的局部信息又利用了整体分布信息,所以根据本文研究得到的粗大边缘像素点的合力大小和方向特征,能够较好地提取出原图中的粗大边缘。

### 3.4 实验4

实验4为实拍红外图像的边缘检测对比实验。由于红外图像灰度值一般都分布在灰度级较低的部分,且可用的颜色特征相对于彩色图像少了很多,聚类分割时会将整个图像的灰度聚为一类,所以文献[8]的方法无法提取红外图像粗大边缘。

另外,本文又对文献[9]算法与本文算法进行了对比实验,结果如图10所示,其中图10(b)为文献[9]以方向场分布率进行图像分割后的边缘检测的结果,图10(c)为本文算法图像边缘检测结果。表3为不同算法所用的检测时间。

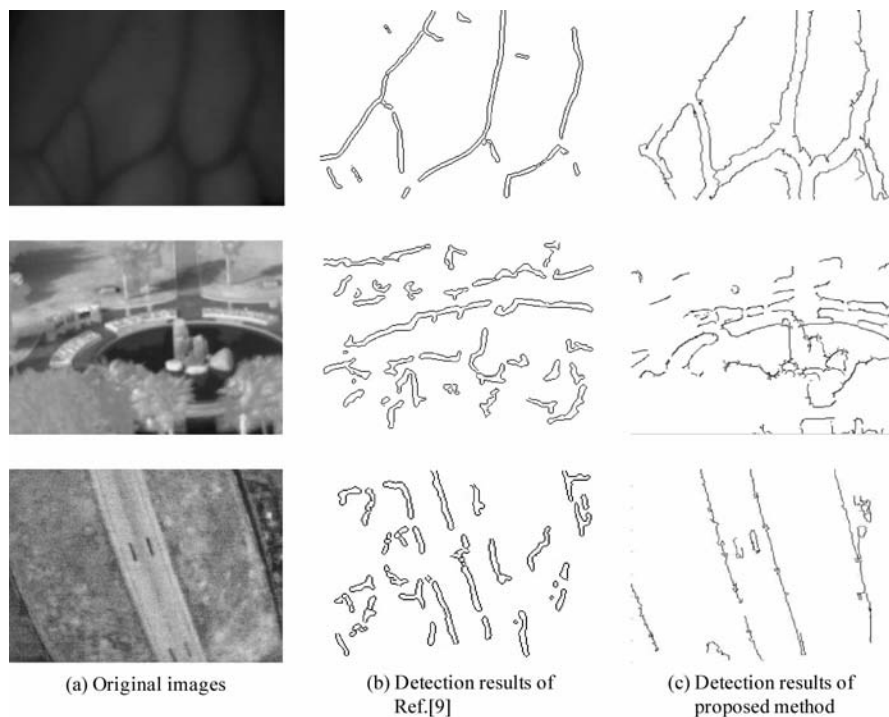


图 10 红外图像的粗大边缘检测

Fig. 10 Gross edge detection of IR image

表 3 不同算法的红外图像边缘检测时间对比

Table 3 Time comparison of IR image edge detection for different algorithms

No. of IR image	Detection time/s	
	Ref. [9]	Proposed method
IR image 1	14.01	1.52
IR image 2	15.60	1.27
IR image 3	10.92	0.80

从图 10 可知,文献[9]的方法可以较好地实现对特定的静脉图像的分割,从而较好地提取边缘,但是对于实拍红外图像,特别是在有很多纹路交叉且背景比较复杂的情况下,分割效果不理想。这是由于噪声和交叉纹路影响图像方向,特别是灰度值较大的噪声会改变像素点的方向,而且计算方向场时又只计算方向而未计算差值的大小。

本文提出的基于力场转换理论的图像粗大边缘检测方法,较好地提取了原图的粗大边缘,屏蔽了一些非重要的细节特征。其主要原因是模型中力的合成与分解充分利用了像素的灰度信息,且计算力大小的归一化算法既利用了边缘局部信息又利用了边缘整体分布信息。而且从表 3 可知,本文方法的实时性优于文献[9]方法。

## 4 结 论

(1) 提出了一种基于力场转换理论的图像粗大边缘检测新方法,即利用万有引力的概念表述图像的灰度分布情况,充分利用了图像像素灰度分布信息,能够较好地检测异源图像粗大边缘。

(2) 研究了粗大边缘像素点的合力大小和方向特征,根据此特征较好地获得了图像的粗大边缘,为边缘检测提供了一条新的解决思路和方法,为异源图像的匹配奠定了基础。

## 参 考 文 献

- [1] 陈亮,郭雷,刘坤,等.基于分块梯度直方图的边缘检测[J].光电工程,2009,36(8):100-104.  
Chen Liang, Guo Lei, Liu Kun, et al. Edge detection based on blocked gradient histogram[J]. Opto-Electronic Engineering, 2009, 36(8): 100-104. (in Chinese)
- [2] 孙达,刘家锋,唐降龙.基于概率密度梯度的边缘检测[J].计算机学报,2009,32(2):299-306.  
Sun Da, Liu Jiafeng, Tang Xianglong. Edge detection based on density gradient[J]. Chinese Journal of Computers, 2009, 32(2): 299-306. (in Chinese)
- [3] 王磊,杨付正,常义林,等.基于空间复杂度掩盖的边缘

- 检测算法[J]. 中国图象图形学报, 2008, 13(1): 100-103.
- Wang Lei, Yang Fuzheng, Chang Yilin, et al. An edge-detection algorithm based on spatial activity masking[J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13(1): 100-103. (in Chinese)
- [4] 潘晴, 严国萍, 张玉宽. 基于人眼视觉注视机制下突触短时可塑性的图像边缘检测算法[J]. 中国图象图形学报, 2008, 13(7): 1316-1321.
- Pan Qing, Yan Guoping, Zhang Yukuan. An edge detection algorithm based on short-term synaptic plasticity in gazing mechanism in HVS [J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13(7): 1316-1321. (in Chinese)
- [5] Li Z J, Liu Y K, Yun J, et al. A new edge detection method based on contrast enhancement[C]//2009 International Conference on Future BioMedical Information Engineering. 2009: 164-167.
- [6] Sun X K, Sun G Y. A new noise-resistant algorithm for edge detection[C]//2010 Second International Workshop on Education Technology and Computer Science. 2010: 47-49.
- [7] Setayesh M, Zhang M J, Johnston M. A new homogeneity-based approach to edge detection using PSO[C]//24th International Conference Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ 2009). 2009: 231-236.
- [8] 章凤翎, 徐贵力, 张勇, 等. 融合颜色和纹理信息的彩色图像分割[C]//2009年全国模式识别学术会议. 2009: 290-293.
- Zhang Fengling, Xu Guili, Zhang Yong, et al. Color image segmentation using combined information of color and texture[C]//2009 Chinese Conference on Pattern Recognition. 2009: 290-293. (in Chinese)
- [9] 康文雄, 邓飞其. 基于方向场分布率的静脉图像分割方法[J]. 自动化学报, 2009, 35(12): 1496-1520.
- Kang Wenxiong, Deng Feiqi. Vein image segmentation based on distribution ratio of directional fields[J]. Acta Automatica Sinica, 2009, 35(12): 1496-1520. (in Chinese)
- [10] Agaian S S, Panetta K A, Nercessian S C, et al. Boolean derivatives with application to edge detection for imaging systems [J]. IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics—Part B: Cybernetics, 2010, 40 (2): 371-382.
- [11] Hurley D J, Nixon M S, Carter J N. A new force field transform for ear and face recognition[C] //2000 International Conference on Image Processing. 2000: 25-28.
- [12] Hurley D J, Nixon M S, Carter J N. Automatic ear recognition by force field transformations[C] //IEE Colloquium on Visual Biometrics. 2000: 7/1-7/5.
- [13] Dong J Y, Mu Z C. Multi-pose ear recognition based on force field transformation[C]//Second International Symposium on Intelligent Information Technology Application. 2008: 771-775.
- [14] 朱海华, 李雅娟, 宋志坚. 基于图像力场转换的耳廓图像识别[J]. 自动化学报, 2006, 32(4): 512-517.
- Zhu Haihua, Li Yajuan, Song Zhijian. Ear recognition based on image force field transformation [J]. Acta Automatica Sinica, 2006, 32(4): 512-517. (in Chinese)
- [15] 田莹, 苑玮琦. 基于力场转换的人耳特征提取与识别[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(2): 318-322.
- Tian Ying, Yuan Weiqi. Ear feature extraction and recognition based on force field transformation [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2009, 30(2): 318-322. (in Chinese)
- [16] 王植, 贺赛先. 一种基于 Canny 理论的自适应边缘检测方法[J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(8): 957-962.
- Wang Zhi, He Saixian. An adaptive edge-detection method based on canny algorithm[J]. Journal of Image and Graphics, 2004, 9(8): 957-962. (in Chinese)

#### 作者简介:

曹传东(1985—) 男, 硕士研究生。主要研究方向: 计算机视觉、光电检测。

Tel: 025-84892284

E-mail: ccdnuaa@126.com

徐贵力(1972—) 男, 博士, 教授。主要研究方向: 计算机视觉、光电检测。

Tel: 025-84892284

E-mail: guilixu@nuaa.edn.cn



# Image Edge Detection Algorithm Based on Force Field Transformation

CAO Chuandong, XU Guili<sup>\*</sup>, CHEN Xin, LENG Xuefei, LI Kaiyu, YE Yongqiang

*College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China*

**Abstract:** Multi-modality image matching based on gross edges has a wide application prospect, but traditional edge detection algorithms are not able to extract good gross edge features. In this paper, a novel edge detection algorithm based on force field transformation is proposed according to the imaging principle and the gray distribution of multi-modality images. Firstly, the force field magnitude and direction of each pixel can be calculated by the concept of gravitational force. Secondly, in order to eliminate the impact of changeable illumination and the difference between gray distributions, the force field magnitude of each pixel is normalized. Then, the region of the edge can be obtained through binary processing of the normalized image. Finally, the properties of the force magnitude and the direction at the gross edge region are analyzed, and the gross edge detection method is proposed accordingly. Experimental results show that the proposed algorithm performs better than the traditional algorithms, and it performs better than the method of detecting the edge on segmenting images for infrared (IR) image.

**Key words:** multi-modality image; edge detection; force field transformation; force field magnitude; force field direction

**Received:** 2010-08-06; **Revised:** 2010-08-26; **Accepted:** 2010-09-26; **Published online:** 2011-03-16 13:39:41

**URL:** www.cnki.net/kcms/detail/11.1929.V.20110316.1339.007.html **DOI:** CNKI:11-1929/V.20110316.1339.007

**Foundation items:** National Natural Science Foundation of China (60974105, 61074161); Aeronautical Science Foundation of China (20100152003); Graduate Innovation Base in NUAALab Open Fund(201001007)

**\* Corresponding author.** Tel.: 025-84892284 E-mail: guilixu@nuaa.edu.cn