

可见光与 SAR 图像的特征级融合

李璟旭

LI Jing-xu

北京航空航天大学 电子信息工程学院, 北京 100083

School of Electronic and Information Engineering, Beihang University, Beijing 100083, China

E-mail: freemail@126.com

LI Jing-xu. Optical and SAR images' feature fusion. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(24): 178-179.

Abstract: Aiming at single sensor's limitation on spectrum and spatial resolution, this paper uses the technology of multi-sensor fusion, which furthest obtains the information description of target scene. This paper firstly adopts different edge detection to extract the same scene's optical image and SAR image, obtaining each one's edge feature image. By adopting the methods of moment invariants and contour-based moment to match each edge in the two edge feature images, this paper obtains the clearer and even more complete image.

Key words: edge detection; image matching; image fusion

摘要: 针对单一传感器在光谱、空间分辨率等方面存在的局限性, 通过多传感器融合技术, 最大限度地获取对目标场景的信息描述。首先采用不同的边缘提取算法提取同一场景的光学图像和 SAR 图像, 得到各自的边缘特征图, 通过不变矩和轮廓矩等算法对两幅边缘特征图中的边缘进行匹配融合, 得到了比单一图像边缘特征图更完整更清晰的边缘特征图, 获取了更多的目标场景的信息描述。

关键词: 边缘提取; 图像匹配; 图像融合

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.24.053 文章编号: 1002-8331(2009)24-0178-02 文献标识码: A 中图分类号: TP751

1 引言

多传感器图像融合是为克服单一传感器在某些方面的不足, 通过对多源信息的融合获得包含各个源图像特征信息的质量更好的图像, 有利于对特定事件和现象进行定位、识别和解释。由于光学图像和 SAR 图像成像机理不同, 即便配准精确的图像提取出来的边缘也会出现不重合的情况, 这是不可避免的, 不是由特征提取算法导致的, 而是两图像中的边缘客观存在偏差。同一目标的两条边缘, 在源图像中就存在微小位移, 减少重复边缘, 考虑将一幅图像中连续的边缘(包括闭合的边缘)作为一个整体, 考虑相近位置上与另一幅图像边缘之间的相似度, 用不变矩和轮廓矩计算统计量进行各条边缘的匹配, 如果相似度高, 则保留其中任意一条, 如果相似度低, 则全部保留。

2 不变矩

对于二维连续函数 $f(x, y)$, $(p+q)$ 阶矩定义^[1]为:

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy, \quad p, q = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

中心矩定义为:

$$\begin{cases} \mu_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x-\bar{x})^p (y-\bar{y})^q dx dy \\ \bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \end{cases} \quad (2)$$

如果 $f(x, y)$ 是数字图像, 则式(2)变成:

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x-\bar{x})^p (y-\bar{y})^q f(x, y) \quad (3)$$

归一化中心矩, 由 η_{pq} 表示, 定义:

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^{\frac{p+q}{2}}}, \quad \gamma = \frac{p+q}{2} + 1, \quad p+q = 2, 3, \dots \quad (4)$$

一组 7 个不变矩来自于二阶和三阶矩:

$$\phi_1 = \eta_{20} + \eta_{02} \quad (5)$$

$$\phi_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \quad (6)$$

$$\phi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \quad (7)$$

$$\phi_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \quad (8)$$

$$\phi_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 (\eta_{30} + \eta_{12}) [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03}) [3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \quad (9)$$

$$\phi_6 = (\eta_{20} - \eta_{02}) [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11} (\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \quad (10)$$

$$\phi_7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12}) [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 3(\eta_{12} - \eta_{30}) (\eta_{21} + \eta_{03}) [3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \quad (11)$$

这些矩组对于平移、旋转和缩放是不变的。

3 轮廓矩

这里先介绍轮廓矩的定义,平面曲线 l 的 $(p+q)$ 阶矩定义^[2]为:

$$m_{p,q} = \int x^p y^q ds, (p, q=0, 1, 2, \dots) \quad (12)$$

其中, ds 为曲线 l 的弧微分。由此 m_{00} 是曲线的弧长。 $(p+q)$ 阶中心矩定义为:

$$v_{p,q} = \int (x-x_0)^p (y-y_0)^q ds, p, q=0, 1, 2, \dots \quad (13)$$

其中 $(x_0 = \frac{m_{10}}{m_{00}}, y_0 = \frac{m_{01}}{m_{00}})$ 是质心坐标。对于数字图像的边缘有:

$$m_{pq} = \sum_{x,y} x^p y^q \Delta s \quad (14)$$

$$v_{pq} = \sum_{x,y} (x-x_0)^p (y-y_0)^q \Delta s \quad (15)$$

其中, Δs 是轮廓曲线上两个相邻像素点之间的距离,中心矩 v_{pq} 是平移不变的。为了得到尺度不变性,同样也要引进尺度规范化矩的定义。与上述基于区域的情况不同的是,这时分母中的 v_{00} (或 m_{00}) 的指数是 $1+p+q$ 而非 $1+(p+q)/2$ 。

$$\mu_{pq} = \frac{v_{pq}}{v_{00}^{1+p+q}} = \frac{v_{pq}}{m_{00}^{1+p+q}}, p, q=0, 1, 2, \dots \quad (16)$$

最后,为了使轮廓矩不变量具有旋转不变性,只需将尺度规范化矩式(16)代入式(5)~式(11)。

4 匹配融合

由于获取地物波谱信息的波段范围及成像方式的不同, SAR 图像与可见光图像所得到的信息有很大差异。将 SAR 与可见光图像融合,可以获得地物的多层次特性,进一步揭示地物的本质特征^[3]。

由于光学图像和 SAR 图像成像机理不同,导致两幅图像中的边缘客观存在偏差。同一目标的两条边缘,在源图像中就存在微小位移,考虑将一幅图像中连续的边缘(如闭合的边缘)作为一个整体,考虑与另一幅图像相近位置上的边缘之间的相似度,用不变矩和轮廓矩计算统计量进行各条边缘的匹配,如果相似度高,则保留其中任意一条,如果相似度低,则全部保留。

5 该文算法步骤

(1)用离散 Canny 算法提取光学图像的边缘,用 Ratio 算法提取 SAR 图像边缘,并细化,用 Hough 变换检测道路;

(2)SAR 图像中的闭合区域,在光学图像中相近位置找闭合区域,计算它们的不变矩,如果不变矩相似,则保留其中一个;

(3)SAR 图像中的闭合区域,在光学图像中相近位置如果没有闭合区域,而有开区域,那么计算开区域两个端点并计算开区域的质心,在 SAR 图像中的闭合区域取以光学图像中开区域两个端点为端点,参考质心位置,截取其中的部分边缘,进行不变矩或轮廓矩计算,如果矩相似则保留闭合区域;

(4)如果 SAR 图像中的边缘在光学图像中不存在,那么则考虑此边缘在 SAR 图像边缘提取时,即使阈值很高时仍存在,则保留此边缘。

6 实验

实验用计算机配置为:P4,3.0 G CPU,1 G 内存,用 MAT-

LAB 编程实现。

情况 1 光学图像闭合区域和 SAR 图像闭合区域相匹配,计算质心,如匹配,则说明实际有这个目标,则把这个闭合区域放到最终边缘图。

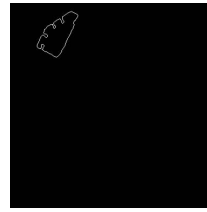


图 1 SAR 图像中一个闭合边缘

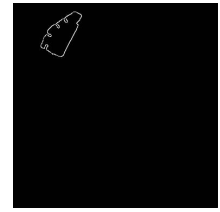


图 2 光学图像中相近位置一个闭合边缘

表 1 不变矩数据

| 不变矩 | 图 1 | 图 2 |
|----------|---------------|-----------|
| $\phi 1$ | 4.163 7 | 4.114 9 |
| $\phi 2$ | 9.577 8 | 9.536 0 |
| $\phi 3$ | 15.326 6 | 15.071 0 |
| $\phi 4$ | 17.179 9 | 17.184 3 |
| $\phi 5$ | 33.672 8 | 33.576 9 |
| $\phi 6$ | 23.315 3 | 23.329 0 |
| $\phi 7$ | 34.465 0 | 34.237 5 |
| 质心 | 57.214;87.354 | 57.423;88 |

从表 1 中的数据可以看出两个闭合区域的不变矩相似,质心位置相近,保留图 1 和图 2 中任意一个闭合的边缘。

情况 2 光学图像闭合区域和 SAR 图像开区域,计算质心,进行轮廓矩匹配,如匹配,则把闭合区域放到最终边缘图。图 3 是 SAR 图像中的一个闭合区域,图 4 是光学图像相近位置上一个开区域,计算开区域两个端点和质心,在图 3 中找到这两个端点,图 3 中的闭合区域被这两个端点截取为两部分开区域,再计算两个开区域的质心,选取与图 4 质心最为相近的那个开区域。

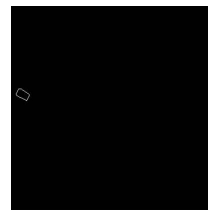


图 3 SAR 图像中的一个闭合区域



图 4 光学图像中相近位置的开区域

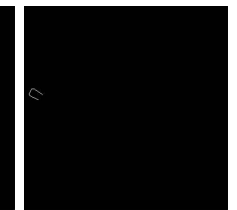


图 5 根据图 4 从图 3 中截取的开区域

表 2 轮廓矩数据

| 轮廓矩 | 图 1 | 图 2 |
|-----------------|---------------|---------------|
| $f 1$ | 0.007 082 8 | 0.007 055 9 |
| $f 2 * 10^5$ | 5.016 5 | 4.978 5 |
| $f 3 * 10^8$ | 6.134 3 | 6.164 6 |
| $f 4 * 10^8$ | 6.134 3 | 6.164 6 |
| $f 5 * 10^{15}$ | 2.221 5 | 2.209 4 |
| $f 6 * 10^{10}$ | 4.344 8 | 4.349 7 |
| $f 7 * 10^{28}$ | 1.173 7 | 1.066 5 |
| 质心 | 162.84;20.253 | 161.77;20.952 |

情况 3 光学图像闭合区域没有在 SAR 图像找到闭合区域或开区域,对于光学图像,看其闭合区域的梯度值,设定阈值,如果梯度值大于这个阈值,则保留此闭合区域;采用同样的方

(下转 182 页)