

基于特征点的图像拼接算法

王俊杰 胡玉兰

(1. 沈阳理工大学 理学院 辽宁 沈阳 110159; 2. 沈阳理工大学 信息科学与工程学院 辽宁 沈阳 110159)

摘要: 通过对常用图像拼接算法的研究, 提出一种基于图像特征点的拼接算法, 利用梯度方向特征点的数据, 确定一组最合理的特征匹配, 利用这一数据给出两幅图像间矩阵变换的初值, 再利用迭代的方法校正, 最终得到精确值, 通过仿真结果验证算法的有效性。

关键词: 特征点; 图像拼接; 迭代; 匹配

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671—7597 (2011) 0710182—02

0 引言

图像拼接是图像融合领域里的重要内容, 图像拼接 (image mosaic) 是指将一组相互间存在连接关系的图像进行无缝拼接连接, 生成一张具有较宽视角的高分辨率图像, 图像拼接技术已经广泛应用于空间探索、遥感图像处理、医学图像分析等领域[1]。要实现图像拼接, 其关键是图像的匹配。图像匹配的方法主要有两大类: 特征匹配和区域匹配。区域匹配是利用图像区域之间的像素的相关性进行匹配; 特征匹配是利用图像中的纹理、边缘、特征点等特征来确定匹配位置, 本文基于特征点来进行图像匹配。

应用最广泛的一类拼接算法是柱面与球面图像的拼接[4, 5], 经过球面与柱面变换后, 问题就归结为确定每幅图像的平移量。两幅图像经过平移、旋转和缩放的组合变换。设 $p(x, y), p'(x', y')$, 为两幅图像 H, H' 的对应点, 由下式可确定二者的对应关系

$$X' = MX, \quad M = \begin{pmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ m_6 & m_7 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中 H, H' 的坐标是 $X' = (x' \ y' \ 1)^T, X = (x \ y \ 1)^T$, M 是变换矩阵, 含有八个参数。只要确定变换矩阵, 则图像的匹配关系亦可确定。

本文给出一种确定参数的方法。首先确定一定数量的特征点, 利用特征点的匹配给出图像变换矩阵, 最后通过递归算法得到最后的变换。对比最佳缝合线的方法, 提取特征点的方法更适合航空影像。

1 特征提取

图像特征点提取范围在模板图像和匹配图像中是不同的, 一般来说, 图像序列中模板图像和匹配图像间的重叠范围约在30%~50%之间, 为不丢失特征信息, 图像特征点提取范围至少应限定为50%。图像中的边缘和拐点是图像中显著的特征, 其中包含了许多重要的信息。准确的提取图像中的特征是算法鲁棒性的前提和保障。本文首先提取图像的边缘信息, 再从边缘点中抽取特征较强的点, 即拐点, 作为最后的特征点。

1.1 边缘信息提取

本文需要用到的边缘信息包括, 边缘点的位置、梯度方向及梯度值。首先利用Canny算法[6]提取图像的边缘。

对图像中任一点 $p(i, j)$, 规定向左和向下为正方向, 则梯度方向 $\theta_{i,j}$ 由下式得到

$$\theta_{i,j} = \begin{cases} \theta' & \theta' \in [0, 2\pi] \\ \theta' + 2n\pi & \theta' \notin [0, 2\pi] \end{cases} \quad \theta' = \begin{cases} \frac{3}{2}\pi & y > 0, x = 0 \\ -\arctg \frac{y}{x} & x > 0 \\ \frac{\pi}{2} & y < 0, x = 0 \\ \pi - \arctg \frac{y}{x} & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

其中 $x = \frac{H(i+1, j) - H(i-1, j)}{2}, y = \frac{H(i, j+1) - H(i, j-1)}{2}$, n 为

适当整数, 使 θ 落在区间 $[0, 2\pi]$ 内。

梯度值 $Mbg(i, j)$ 由下式给出

$$Mbg_p = \sqrt{\left(\frac{H(i+1, j) - H(i-1, j)}{2}\right)^2 + \left(\frac{H(i, j+1) - H(i, j-1)}{2}\right)^2} \quad (2)$$

1.2 边缘方向分类

上面得到的 $\theta_{i,j}$ 在 $[0, 2\pi]$ 内, 不是整数, 不利于进一步的处理。因此,

将 $\theta_{i,j}$ 按 $\frac{\pi}{4}$ 的区间长度进行归类, 即 $C_p = n$, 当 $\theta_{i,j} \in [\frac{n-1}{4}\pi, \frac{n}{4}\pi]$, 则 C_p 为整数且 $C_p = 1, 2, \dots, 8$, 这样, 即将边缘点的方向归为8类, 就是著名的8-参数透视变换模型。

1.3 提取拐点

在图像的边缘中寻找拐点, 在拐点周围, 检测图像的边缘方向是否发生变化较大, 如折点和三叉点等。通过计算出的边缘点的梯度方向, 依据梯度方向从边缘点中提取出要进行匹配的拐点。

2 计算匹配的特征

2.1 可能的匹配点

得到了两幅图像的拐点, 我们就拥有了两组待匹配的特征点, 每一特征点 P 包含梯度方向 C_p 和梯度值 Mbg_p 的信息。

对于匹配点 $P(p_i, p_j)$ 和 $q(q_i, q_j)$ 的相似程度, 由二者的梯度方向和梯度值的相似度共同决定。分别记二者为 Sim_C 和 Sim_M , 则

$$Sim_C = |C_p - C_q|, \quad Sim_M = \frac{|Mbg_p - Mbg_q|}{Mbg_p + Mbg_q} \quad (3)$$

其中 C_p, C_q 分别为两点的梯度方向的归类值。 Mbg_p, Mbg_q 分别为两点的梯度值, 若 Sim_C 与 Sim_M 越小则越说明匹配点的匹配程度越高。为了控制匹配标准, 一般 Sim_C 取值不超过1, 对 Sim_M 取适当阈值。

2.2 消除误匹配

我们消除误匹配的操作基于以下的假设: 旋转和缩放运动相对平移运动来说比较小。这样, 连接两对匹配点的两个向量间的差别应不大。也就是说, 若两对匹配点 $\{p_i \leftrightarrow q_i\}$ 和 $\{p_j \leftrightarrow q_j\}$ 的匹配是正确的, 那么, 向量 $\vec{T}_i = q_i - p_i$ 与 $\vec{T}_j = q_j - p_j$ 间的差别应不大, 则 \vec{T}_i 与 \vec{T}_j 应很相似。

因此, 向量 \vec{T}_i 与所有向量之均值相比较, 以及与均值的偏差来判断, 即可判定 p_i 与 q_i 是否为恰当的匹配点。这样, 可有效消除匹配的误差, 避免误匹配, 确保所估计初值与真实值尽量靠近。

3 确定变换矩阵

为得到两图像间的变换矩阵, 利用迭代的方法计算特征点与其匹配点变换后点距离的最小值, 为此, 本文使用Levenberg-Marquardt方法[2]。为减小计算量, 我们只对匹配点进行计算。

若 $p = p(p_x, p_y), q = q(q_x, q_y)$ 是匹配的特征点对, 则首先, 从所有匹配的特征对中取四对相似性最好的匹配, 计算出变换矩阵的八个参数 $\bar{m}_i, (i = 0, 1, \dots, 7)$ 。 (p_x, p_y) 变换后为:

$$\begin{pmatrix} q'_x \\ q'_y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \bar{m}_0 & \bar{m}_1 & \bar{m}_2 \\ \bar{m}_3 & \bar{m}_4 & \bar{m}_5 \\ \bar{m}_6 & \bar{m}_7 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \\ 1 \end{pmatrix}$$

然后,用迭代的方法计算所有点对 (q_x, q_y) 和 (q'_x, q'_y) 间距离之和的最小值,即求和式 $D^2 = \sum_{i=1}^n d_i^2$ 的最小值。

其中 $d_i^2 = \sqrt{(q'_x - q_x)^2 + (q'_y - q_y)^2}$, 计算变换参数 $m_i (i = 0, 1, \dots, 7)$ 的偏导数

$$\frac{\partial d_i}{\partial m_k} = \frac{1}{d_i} \left[(q'_x - q_x) \frac{\partial q'_x}{\partial m_k} + (q'_y - q_y) \frac{\partial q'_y}{\partial m_k} \right] \quad (4)$$

并在每次循环中更新 $m_i (i = 0, 1, \dots, 7)$ [3]。

这一方法会在很少的步数内即收敛到最优值,从而确定两幅图像间的变换矩阵。用这一方法对两幅图像进行了实验,结果如图1所示,说明了算法是可行的。

4 实验结果

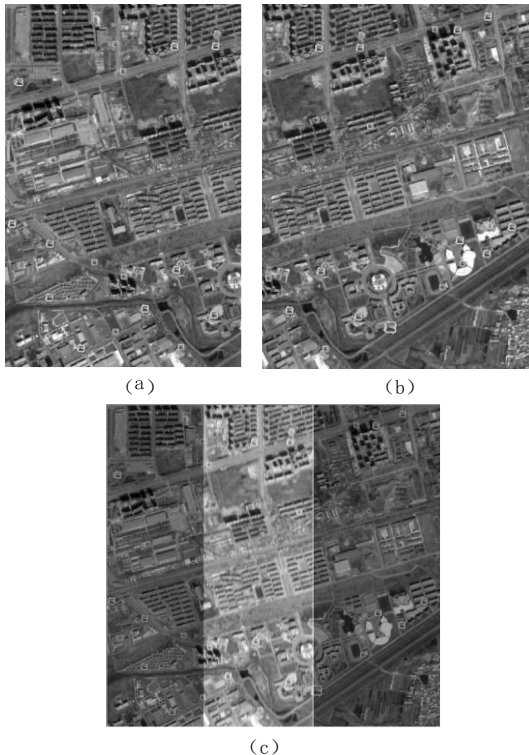


图1 (a), (b) 左右两幅图像, (c) 拼接图像

5 总结

实验结果表明,本文的方法在卫星图像比例相同,角度相差不大时是有效的。因为给出了优化的初值,因而避免了递归算法收敛到局部最小值而非全局最优现象。

参考文献:

- [1] 尉朝闻、李会平, 基于特征点的图像拼接算法研究[J]. 科学实践, 177-177
- [2] W.H.Press et al, Numerical Recipes in C: the Art of Scientific Computing, 2nd ed, Cambridge University Press Cambridge, 1992.
- [3] R. Szeliski and S. B. Kang, Direct methods for visual scene reconstruction, In IEEE Workshop on Presentation of Visual Scenes, 1995: 26-33.
- [4] A. Krishnan and N. Ahuja. Panoramic image acquisition. In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 379-384, San Francisco, California, June, 1996.
- [5] L. McMillan and G. Bishop. Plenoptic modeling: An image-based rendering system. In SIGGRAPH, Los Angeles, California, August 1995. ACM.
- [6] J. Canny. A Computational Approach to Edge Detection. In IEEE Trans On PAMI, VOL 8, No.6. pages: 679-697. Nov, 1986.

(上接第185页)

系统的自诊断和自恢复;
数据库的建立和维护功能。

4.2 微机保护

微机保护是综合自动化系统的关键环节。微机保护的各保护单元,除了具有独立、完整的保护功能外,还必须具有以下功能:

- 1) 保护装置必须满足快速性、选择性、灵敏性和可靠性的要求,其工作不受监控系统和其他子系统的影响。
- 2) 故障记录功能。当被保护对象发生事故时,能自动记录保护动作前后有关的故障信息,以利于分析故障。
- 3) 具有与统一时钟对时功能,以便准确记录发生故障和保护动作的时间。
- 4) 存储多种保护整定值。
- 5) 当地显示与多处观察和授权修改保护整定值。
- 6) 设置保护管理机或通信控制机,负责对各保护单元的管理。
- 7) 通信功能。厂站综合自动化系统中,由保护管理机或通信控制器与各保护单元通信,各保护单元必须设置有通信接口,便于与保护管理机

等连接。

- 8) 故障自诊断、自闭锁和自恢复功能。

4.3 自动装置

厂站综合自动化系统必须具有保证安全、可靠供电和提高电能质量的自动控制功能。自动装置主要由以下装置组成:

- 1) 备用电源自动投入装置;
- 2) 自动并列装置;
- 3) 低周低压解列装置。

5 总结

厂站自动化系统目前还在继续发展之中,掌握相关的技术和理论,并熟练的加以运用对从事厂站自动化工作的人员是非常必要的。

参考文献:

- [1] 付周兴, 电力系统自动化, 中国电力出版社。
- [2] 丁书文等, 变电站综合自动化原理及应用, 中国电力出版社。