

一种高效的图像匹配算法

刘忠艳,周 波,车向前

(黑龙江科技学院 计算机与信息工程学院,黑龙江 哈尔滨 150027)

摘 要:兼顾算法的精度和效率两个方面,基于图像特征的图像匹配算法,逐渐成为众多学者研究的热点。文中提出了将多分辨率和极线约束与相关法相结合的图像匹配方法。该方法采用金字塔分层和极线约束来弥补相关匹配带来运算量大的不足,克服了图像匹配中精度低和速度慢的缺点。通过实验验证该方法不仅能够有效地缩短匹配时间,还能达到较高的匹配精度。

关键词:极线约束;多分辨率;相关性;图像匹配

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)04-0045-03

An Effective Algorithm for Image Registration

LIU Zhong-yan, ZHOU Bo, CHE Xiang-qian

(School of Computer and Information Engineering, Heilongjiang

Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China)

Abstract: Image registration algorithm based on the image feature, considering the precision and the efficiency is becoming the hot topic of researchers. An image registering algorithm was presented, which is a correlation matching algorithm under epipolar line based on multi-resolution. This method adopts pyramid algorithm and epipolar line to make up for the deficiency of large computing caused by correlation in related matching and overcomes the shortcomings of low accuracy and slow speed in image registration. And the experiments show that the matching time can be reduced, and precision can be improved by using this method.

Key words: epipolar restriction; multi-resolution; correlation; image registration

0 引言

图像匹配是三维重构中最重要、最困难的问题,也是三维重构的先决条件,一直是计算机视觉领域研究的焦点^[1~3]。国内外学者对图像匹配进行大量的研究,并提出各种各样的算法,但目前尚没有一种算法能够完美解决图像对应点匹配问题。绝大多数算法都是针对具体问题而提出的,在实际应用中常常要根据实际现场情况,反复地进行实验、比较,最终选用一个适用的算法。因此,如何实现多幅图像间快速、准确地匹配对计算机视觉的研究具有重要意义。针对此情况提出将多分辨率和极线约束与相关法相结合的图像匹配方法,称之为极线约束下的多分辨率相关匹配算法^[4~6]。

1 算法主要步骤

1.1 提取特征点

选取的特征点为图像上 Harris 角点,该方法使用图像的一阶差分,计算每个像素处的平均平方梯度矩阵,通过特征值分析给出角点响应。在求解角点的过程中,卷积模板的大小决定了角点的定位和所排除噪声的数目。对于范围比较大的场景,一般选取模板的宽度是9。设 $I(x, y)$ 表示图像中坐标为 (x, y) 的点的灰度值,自适应相关值可以被定义为一组方形区域中图像灰度误差的总和,其表达式为:

$$\partial I(\delta x, \delta y) = \sum_{i, j \in \text{patch}} (I_1(i + \delta x, j + \delta y) - I_1(i, j))^2 \quad (1)$$

$$\text{泰勒展开式为: } \partial I(\delta x, \delta y) = (\partial x, \partial y) N \begin{pmatrix} \partial x \\ \partial y \end{pmatrix} \quad (2)$$

其中 N 为计算图像中每个像素的平均平方梯度矩阵:

$$N(x, y) = \begin{bmatrix} (\frac{\partial I}{\partial x})^2 & (\frac{\partial I}{\partial x})(\frac{\partial I}{\partial y}) \\ (\frac{\partial I}{\partial x})(\frac{\partial I}{\partial y}) & (\frac{\partial I}{\partial y})^2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

收稿日期:2008-07-14

基金项目:黑龙江省科学技术研究项目(11531335);黑龙江科技学院科技基金项目(08-17)

作者简介:刘忠艳(1975-),女,黑龙江依安人,讲师,硕士研究生,研究方向为图像处理与计算机视觉;周 波,教授,研究方向为计算机视觉与三维扫描。

当在某个点上矩阵 N 的两个特征值都很大时,则在任何一个方向上的一个很小的移动都会导致灰度级别的一个很大的变化,表明该点是一个角点。实际过程中用来计算角点的响应函数即 Harris 算子的表达式为:

$$\phi(x, y) = \det(N) - k(\text{Trace}N)^2 \quad (4)$$

其中 k 一般取为 0.04。

1.2 初始匹配(相关匹配)

初始匹配的目标是要确定一个候选匹配点对集合 T ,它允许包含大量错误的匹配对,也允许一个特征点同时对应多个匹配点,但这些错误的匹配将在后续的鲁棒性匹配过程中被去除掉。

如图 1 所示,对于每一个特征点 $m_1 \in$ 图像 I_1 , $m_2 \in$ 图像 I_2 ,设它们的图像坐标分别为 (u_1, v_1) 、 (u_2, v_2) ,给定以 m_1 为中心的相关性窗口 $(2n+1) \times (2m+1)$,在第二幅图像中对应于 m_1 的位置选定 $(2d_u+1)(2d_v+1)$ 的搜索窗口。

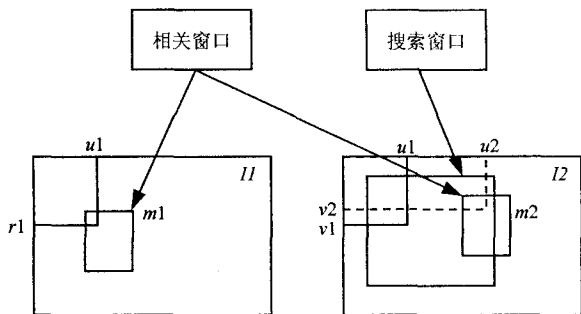


图 1 相关性窗口

计算所有在搜索窗口内的特征点 m_2 与 m_1 的相关性系数(灰度相关值)(见式(5)):

其中, $\overline{I_k(u, v)}$ 表示在点 (u, v) 处的灰度平均值,

即 $\frac{\sum_{i=-n}^n \sum_{j=-m}^m I_k(u+1, v+j)}{(2n+1)(2m+1)}$; 而 $\sigma(I_k)$ 表示图像 I_k 在以点 (u, v) 为中心,大小为 $(2n+1) \times (2m+1)$ 的邻域内的标准偏差,即

$$\sigma(I_k) = \sqrt{\frac{\sum_{i=-n}^n \sum_{j=-m}^m I_k^2(u+1, v+j)}{(2n+1)(2m+1)} - (\overline{I_k(u, v)})^2}$$

从此灰度相关值的公式可以看出,灰度相关值 $\text{Score}(m_1, m_2)$ 的取值范围从 -1 到 1,并且点 m_1 和 m_2 越相似,相关值 $\text{Score}(m_1, m_2)$ 也越大。在实际匹配过程中,首先确定一个有效的相关值的阈值,当用某个点 m_2 计算出来的相关值 $\text{Score}(m_1, m_2)$ 大于该阈值

时,则可以认为该点 m_2 是原始点 m_1 的一个候选匹配点。用这个方法先求出图像 I_1 上所有角点在 I_2 中的候选匹配点,然后反过来求出图像 I_2 上所有角点在 I_1 中的候选匹配点,经过这两个过程后,可以得到一组初始的匹配点对集 T 。实际计算中, $m = n = 7$ 时,搜索半径为图像中宽度和高度的最小值的四分之一,灰度相关值的阈值为 0.68。

1.3 精确匹配

上步初始匹配得到的集合 T 中存在一个特征点同时对应多个匹配点的情况,利用多分辨率与对极约束结合的方法可以在很大程度上纠正这类模糊匹配。

(1) 根据初始匹配结果,利用 RANSAC 法可以估计基本矩阵 F ,从而得到对极约束。

(2) 利用多分辨率的方法,进一步缩小对应点的搜索范围,进而减少计算时间。

(3) 以两幅 $M \times M$ 的图像为例,利用多分辨率的方法可以构成一个金字塔结构如图 2 所示,图中最下面的两幅图是 $M \times M$ 的原图像,称它为第 0 级图像,向上依次是 $M/2^1 \times M/2^1, M/2^2 \times M/2^2, \dots, M/2^N \times M/2^N$,图像的分辨率逐渐降低,其中第 $i+1$ ($i = 1, 2, \dots, N-1$) 级图像的每一点的灰度为第 i 级图像相应的 2×2 窗口中各像素灰度的平均值,这样,第 $i+1$ 级图像的每一个像素对应于 i 级图像的 2×2 窗口中的 4 个像素,分辨率在 X 和 Y 方向上都减少一倍。在做第 0 级图像对应点匹配时,由多分辨率之间的关系,求出第 0 级 A 图像中 a_0 点在不同分辨率图像中对应位置,然后在分辨率最低的 N 级图像上开始利用对极约束和灰度相关等约束进行匹配搜索,即由 a_N 求出 b_N ,由于第 N 级图像较小,搜索就较快。

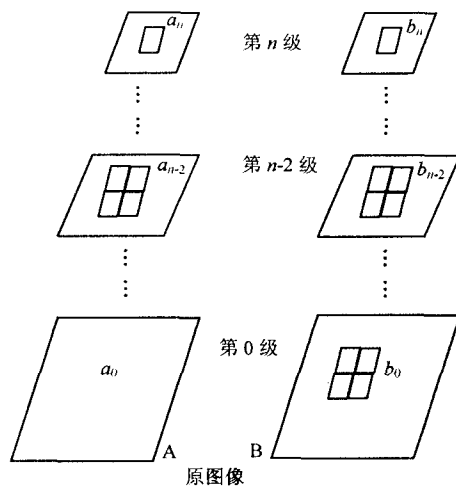


图 2 多分辨率的图像对

$$\text{Score}(m_1, m_2) = \frac{\sum_{i=-n}^n \sum_{j=-m}^m (I_1(u_1+i, v_1+j) - \overline{I_1(u_1, v_1)}) \times (I_2(u_2+i, v_2+j) - \overline{I_2(u_2, v_2)})}{(2n+1)(2m+1) \sqrt{\sigma^2(I_1) \times (\sigma^2(I_2))}} \quad (5)$$

一般来说,当在第 i 级图像完成 a_i 与 b_i 匹配后,在第 $i-1$ 级图像中 a_{i-1} 的匹配点只需在 b_i 所对应的 2×2 窗口中寻找,从而大大降低了匹配时间,如果计算一次相关的时间为 t_0 ,多分辨率的层数为 N ,原图像(第 0 级图像)分辨率为 $M \times M$,则第 N 层的图像大小为 $M/2^N \times M/2^N$,那么第 N 层需计算 $M/2^N$ 次相关,而对于小于 N 的层次,每层只需计算 4 次相关,故总计算时间为 $(M/2^N + 4N)t_0$,而在原图像上直接搜索的时间为 Mt_0 ,时间约减少了 2^N 倍。

这样经过三步运算后得到较为精确的匹配点集。

2 实验结果

根据以上算法的步骤,利用 Matlab7.1 对两幅真实图像进行了实验仿真,图像来源于 CMU 的图像库,真实图像的大小为 512×512 ,选择了不同分辨率的多对图像利用上面的算法反复进行检验得结果如图 3、图 4 所示。

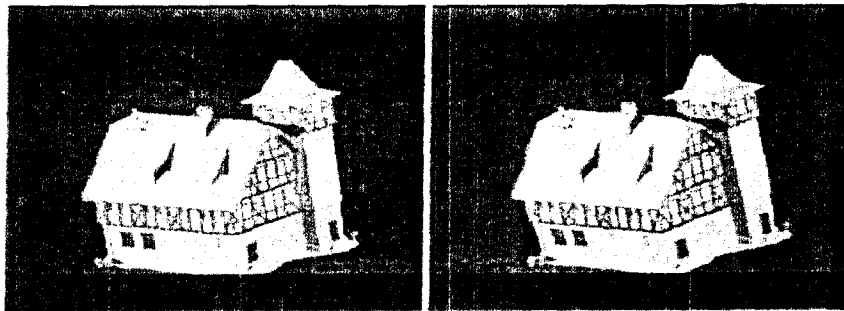


图3 房子原图像

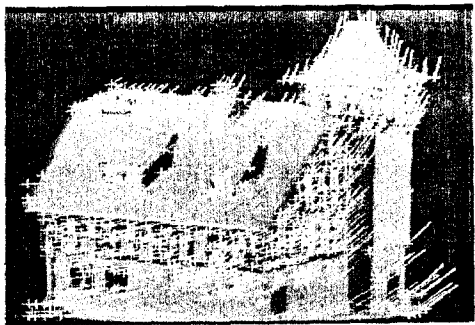


图4 匹配结果

图 3 中左图检测到 842 个角点,右图 818 个,最后建立了 508 对匹配,正确匹配率为 87%;速度上得到很大提高;而且可知,基于角点特征的匹配方法,以角点作为匹配基元,能获得计算机视觉中用于三维重构的重要图像特征,如图 4 所示匹配结果是令人满意的。

3 结束语

以双目立体视觉理论为基础,通过提取立体图像特征点(角点),经过基于极线约束下的多分辨率与相关法相结合的图像匹配方法,较好解决了匹配精度与匹配速度之间的平衡问题。结论如下:(1)该方法以立体图像 Harris 角点作为特征点,然后用归一化自相关运算进行特征点粗匹配。(2)提出了一种将多分辨率及其极线约束与区域相关法相结合的图像匹配算法。该算法采用金字塔分层及极线约束来弥补相关匹配带来运算量大的不足,克服了图像匹配中精度低的缺点。另外,通过实验验证了该算法具有较高的匹配精度和速度。

速度。

下一步工作将继续从算法方面进行改进,来进一步提高图像匹配的精度和速度。

参考文献:

- [1] 阳方林,杨风暴.一种新的快速图像匹配算法[J].计算机工程与应用,2005,41(5):51-52.
- [2] 张文明,刘彬,李海滨.基于双目视觉的三维重建中特征点提取及匹配算法的研究[J].光学技术,2008(3):181-182.
- [3] 原思聪,刘金颂,张庆阳,等.双目立体视觉中的图像匹配方法研究[J].计算机工程与应用,2008,44(8):76-77.
- [4] 王斯刚,边根庆,屈学民,等.基于小波不可分离多分辨率的图像重建[J].计算机技术与发展,2008,18(7):249-250.
- [5] 尹丹,满家巨,王梓豪.一种改进的点特征图像匹配算法[J].计算机与现代化,2008(3):71-72.
- [6] 张伟.多视图三维重构算法与软件实现[D].合肥:安徽大学,2006.

(上接第 44 页)

- [8] Wang Eric T G. Improving enterprise resource planning fit to organizational process through knowledge transfer[J]. International Journal of Information Management, 2007, 27(6): 200-212.
- [9] 程社霞,刘红丽.企业 ERP 实施过程中的知识转移研究[J].企业管理,2006(3):46-47.
- [10] 邓继林,徐兵元,董毅.ERP 实施中的知识转移研究[J].

价值工程,2006(5):69-70.

- [11] 朱宗乾,荔莉.ERP 实施中知识缺口的形成机理与弥补策略[J].科技进步与对策,2007,24(2):138-139.
- [12] 黄冠宇.ERP 实施过程中的知识转移研究—chuzhong 案例[D].广州:暨南大学出版社,2007:19-33.
- [13] 杜红,李从东,李晓宇.面向 ERP 实施的知识转移体系研究[J].管理工程学报,2005(2):110-111.