

影像匹配中的若干基本问题研究

吉大纯¹, 李学军², 侯金宝¹

(1. 太原卫星发射中心试验技术部, 山西 太原 030021;

2. 装备指挥技术学院 信息装备系, 北京 101416)

摘要:影像匹配算法的有效性依赖于对一些共同的基本问题的解决,即选择正确的匹配基元,寻找基元间的本质属性,制定相应的匹配准则(约束条件),采用合理的匹配策略,设计良好的算法结构等等。首先分析了3种常用匹配基元的特点并提出匹配基元的选取依据,接着归纳出了5种常用的匹配准则,对分层匹配、全局搜索等4种匹配策略进行了讨论,最后设计了一种3个阶段、9个步骤的影像匹配算法结构。实验结果表明:匹配效果良好,对这些基本问题的研究有利于建立通用的影像算法模型,设计更高效的影像匹配算法。

关键词:影像匹配;匹配基元;匹配准则;匹配策略

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)05-0246-04

Research of Several Essential Problems of Photography Matching

Ji Da-chun¹, Li Xue-jun², Hou Jin-bao¹

(1. Technical Dept. of Taiyuan Satellite Launch Centre, Taiyuan 030021, China;

2. Dept. of Information Equipment, Academy of Equipment Command & Technology, Beijing 101416, China)

Abstract: The validity of photography matching algorithms depends on the resolving of several essential problems, such as the selection of right matching elements, searching the substantial properties among the elements, the establishment of matching constraints, the adoption of proper matching tactic, the design of sound algorithm structure and so on. Firstly, analyses the characters of the 3 common matching elements and puts on the accordance of choosing elements. Secondly, 5 matching constraints are summarized and several matching tactics are discussed. Lastly, a matching algorithm that consisted of 3 stages and 9 steps, is designed. The experiment result shows that the matching result is good, and the resolving of such essential problems will help constituting universal photography matching model and designing more proficient matching algorithms.

Key words: photography matching; matching element; matching constraints; matching tactic

0 引言

影像匹配是一门被广泛应用和研究的技术。它的应用涉及数字测量、机器视觉、装备检测等各个领域。在面向不同的应用时,影像匹配的对象也是多样的,有航空影像、卫星遥感影像、近景摄影像片等等。这些影像很少是理想的数据源,绝大部分都或多或少地存在一些问题或者说具有一些特征,比如有的存在严重的灰度失真,有的包含大量无纹理区域和重复纹理区域,有的含有几何畸变和特殊结构,有的噪声干扰、遮挡问题比较严重等等^[1,2]。所以,研究人员面向各自的应

用实际,结合具体的影像特征,设计了各种各样、各具特色、各有千秋的影像匹配算法。

但是一般来讲,对于任何一种影像匹配,其有效性都依赖于对一些共同的基本问题的解决,即选择正确的匹配基元,寻找基元间的本质属性,制定相应的匹配准则(约束条件),采用合理的匹配策略,设计良好的算法结构等等^[3]。因此,对这些影像匹配中的基本问题进行研究,对于建立更通用的影像匹配模型,对于更准确地把握影像特征,更合理地设计影像匹配算法,具有着重要意义。

1 匹配基元的选择问题

匹配基元指用以进行匹配的图像特征。在设计匹配算法时,首先必须根据应用的需求和影像的特点选择合适的匹配基元。不同匹配基元的选择有着各自不同的理论依据。基元不同,围绕基元制定的匹配准则,

收稿日期:2009-08-28;修回日期:2009-11-28

基金项目:国家863计划资助项目(2002AA716133)

作者简介:吉大纯(1982-),男,江苏滨海人,工程师,硕士,研究方向为计算机仿真与虚拟现实、软件工程与软件测试技术;李学军,博士生导师,教授,研究方向为计算机图形学与虚拟现实。

采用的匹配策略和算法结构也会不同。因此,可以说匹配基元是一个影像匹配算法最本质的属性。

匹配基元的种类很多,常用的有特征基元、区域基元、相位基元等等。其中特征基元又可以分为点状基元、线状基元等。

特征匹配基元包含了令人满意的统计特性以及算法编程上的灵活性。①点状基元是最简单的特征基元,具有定位准确,检测和描述容易的优点,但所含图像信息较少,在匹配时需要较强的约束准则和匹配策略,以克服歧义匹配和提高运算效率。②线状基元将场景模型描绘成相互联结的边缘线段,而不是区域匹配中的平面模型,因此能很好地处理一些几何畸变问题。此外,特征基元不直接依赖于灰度,具有较强的抗干扰性,而且计算量小,速度快。由于边缘特征往往出现在视差不连续的区域,所以基于特征基元的匹配较易处理匹配中的视差不连续问题。

区域基元具有最好的全局属性。区域基元和线状基元一样含有较为丰富的图像信息,在图像中数目较少,易于实现快速匹配,但它们在特征提取和描述时比较困难,需要进行复杂的预处理^[4,5]。

其他匹配基元还有如 Marr 提出的零交叉匹配基元、Mayhew 提出的卷积峰基元等等。

匹配基元类型的选择取决于图像本身的属性特点和应用要求。一般地,对于包含大量非规则图像和高度突变的场景,应选用点状特征作为匹配基元,因为在这样的场景中要精确地描述线状、区域等特征非常困难。另外由于景物结构的不规则性,其特征点分布十分离散,此时若提取线状特征,用离散的特征点去近似连续线段,则会引入大量形状误差,而且不正确的连接还会造成重建表面的结构错误。对于具有规则结构的场景,如果直线和区域的特征提取和描述都比较容易且误差小时,应该选用直线和区域特征。

2 匹配准则的制定问题

匹配中的约束条件,即匹配准则,是根据所选的匹配基元将现实世界中物体的固有属性表示成匹配所必须遵循的若干准则,用以提高系统的去歧义匹配能力和计算效率。Marr 提出的相容性约束、唯一性约束和连续性约束被认为是最基本的物理约束。在这三个约束的基础上针对景物特点和应用要求,附加某些先验知识能够引申出一些特定的匹配准则^[6]。

(1)极线约束:一副图像上的任一点在另一图像上的对应点只可能位于一条特定的被称为极线的直线上,即两个匹配点位于同一高度的水平线上。

(2)顺序一致性约束:一副图像上的极线对应于另

一副图像上的一条极线,并且它们上面对应点的排列顺序是不变的。但是,如果视点的方位变化很大,这个条件可能不满足。

(3)唯一性约束:由于在任何时刻位于某一物质表面上的一个给定点在空间只占有一个唯一的位置,因此一般情况下,一副图像上的任一特征点只能与另一图像上的一个特征点对应。

(4)连续性约束:此约束条件的含义是匹配得到的视差值的变化在图像中几乎处处平滑。此约束条件是以下述假设为前提的:和表面到观察者的总距离相比较,物体表面凹凸引起的变化或由观察者到表面的距离变化造成的差异都很小。因此,物体表面可看作是平滑的。也就是说,除物体的边界外,从观察者到物体可见表面的距离的变化是连续的。但是在物体边界处此约束并不成立。而实际上物体的边界只占图像面积的很小一部分。

(5)相容性约束:物体表面一点在两幅或多幅图像上的投影在某些物体度量上具有相似性,所以如果两个匹配基元确实是由同一物理标记产生的,那么它们就可以匹配起来。如果不是这样,它们就不能匹配。它是基于以下的两种相似性假设:一种是基于光度学不变性的性质,即左、右图像对应区域中灰度的变化情况相似;另一种相似性的假设是根据几何学不变性,即两幅图像中描述对象的几何结构相同。

3 匹配策略的采取问题

匹配算法大多具有其应用的特殊性。但是另一方面,一些匹配策略可以是相通的,比如特征匹配利用互补策略改善了视差场的稀疏性,而区域匹配则利用互补策略有效缓解了算法对仿射畸变和辐射畸变问题的不稳定性。也许人眼的匹配过程就是一个多基元的匹配过程。因此,研究和分析通用的匹配策略和技术有助于从揭示人类视觉立体融合机制的角度进行算法设计。影像匹配实质是个不适宜问题,无论采用何种类型的匹配算法,均须加入有效的匹配策略限制其解空间的大小,更大程度地减少匹配结果的歧义性。

3.1 分层匹配策略

分层匹配策略是当前匹配算法中常用的手段,其特点是从视觉生理的角度揭示了人类视觉的立体融合机制。它可以理解为一种全局-局部的多分辨率匹配思想。在这种思想的指导下,算法一方面将图像数据做粗略的低分辨率处理,获得一些全局性的结构信息;另一方面,算法对高分辨率下的图像数据进行分析处理以精确地获得目标表面的信息。最终,算法将所有的信息融合,产生的视差图满足全局一致性的约束条

件^[7]。该策略的具体体现包括自适尺度选择的相位匹配法、并行多层松弛算法、分层随机规划算法、对象-表面-边缘元匹配算法以及粗尺度表面拟合结果控制精尺度边缘匹配过程的算法等等。

3.2 全局最优搜索策略

在匹配过程中,误差源的影响以及视差唯一性约束往往只在基准图中得到考虑,因此获得的匹配结果可能是局部最优。为避免局部极值的困扰,匹配算法通常引入全局最优搜索策略,即在算法中加入全局性约束条件,这些约束条件一般以能量方程最小化的形式体现。具体方法有 SO 算法、动态规划法、松弛法、图形切割法和基于神经网络的匹配方法。基于二维马尔可夫过程的图形切割方法性能最好,但是耗时太长;动态规划法能最快地实现全局最优搜索,但立体像对的对应点之间必须不违反有序性原则。

3.3 边界约束策略

该策略基于如下的事实:对于多幅图像中特定景物的边界在投影变换下,其形变不明显,且容易找到对应匹配位置。因此,大多数边界约束策略都采用了首先提取边缘,然后进行边缘特征匹配,最后在此基础上进行进一步灰度匹配的方法。随着对这一问题的深入研究,部分学者又提出了视差梯度的概念。该方法应用定义的视差梯度,估计在两个边界之内点的视差范围,大量减少了视差的搜索的范围。并且,该方法对于视差的准确率的提高也有一定的贡献^[8]。

3.4 多基线匹配策略

解决双目立体视觉中匹配多义性的一种方法就是利用另一个角度上的视图进行校正,即用三幅视图来产生正确的体视匹配。如图 1 所示,在左右摄像机正中再放置一台摄像机。可以看到,若三台摄像机平行放置,则仍然可能产生误匹配;如果将中间的摄像机偏离一点,则在这样的情况下,不产生误匹配或产生误匹

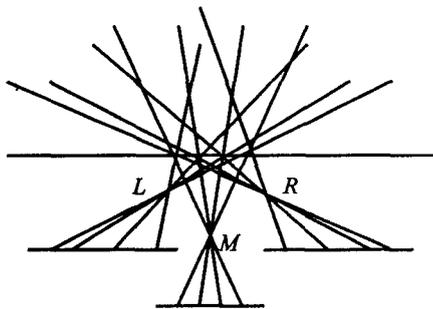


图 1 多基线匹配示意图

配的可能性很小。

多基线匹配技术具有以下特点^[9]:一方面由于相邻像片之间的基线较短,影像变形相对较小,从而有利于自动化匹配的顺利进行,此时对影像中的近景部分

具有较好的交会角,而远景部分的交会角可能太小;另一方面由于非相邻相片之间也具有较大重叠度,则利用相邻像片的同名像点进行匹配传递可以获取具有多度重叠的同名像点。此时远景部分采用长基线像片进行交会较好,而近景部分的交会角则可能太大。显然通过这种匹配技术获取的每组同名像点具有大量的多余观测,若使用选权迭代法获取观测值的权值并利用多片前交进行平差计算,则可以大大提高模型点坐标计算的可靠性和精度。

4 影像匹配实例

数字地球中,在对地形地貌进行立体显示时,需要通过对影像(通常是航空影像和卫星影像)进行匹配,自动识别出立体像对中的同名像点,并在此基础上进行构网和显示。结合数字地球中的影像特点,设计算法结构如图 2 所示。

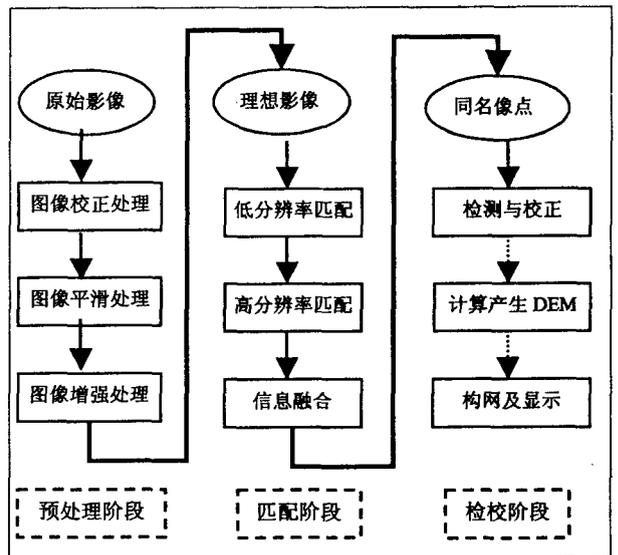


图 2 影像匹配流程图

实验用影像为四川某地区彩色红外航空影像,如图 3 所示。匹配后得到的三维地形效果如图 4 所示。

5 结束语

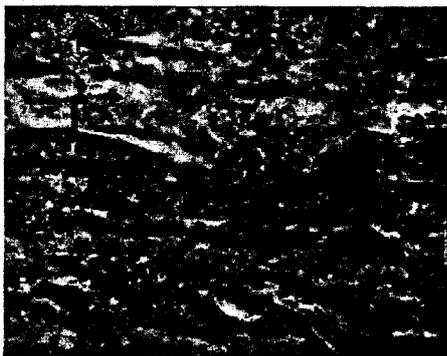
该影像匹配实例中,针对影像特点采用“坡”作为匹配基元,依从极线约束等匹配准则,采用分层的影像匹配策略,取得了较好的匹配效果。图 4(a)和(b)为从不同角度观看此地形的视觉效果。可以看出,生成的三维地形图中山峰连绵,细水潺潺,较为真实地反映了该地区的地形。

参考文献:

[1] 陈 婧,金伟其. 双目立体视觉技术的实现及其进展[J]. 计算机应用,2004,24(3):4-7.



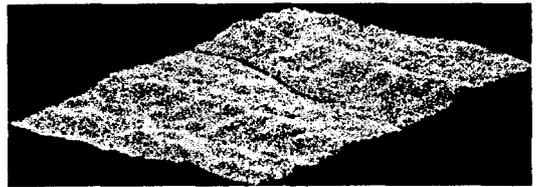
(a) 左影像



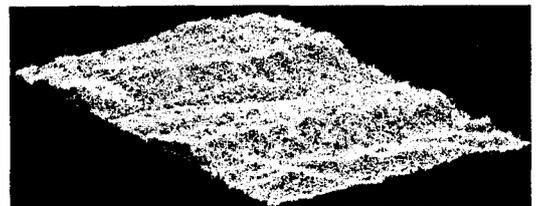
(b) 右影像

图 3 实验用影像(5000×5000)

工程与应用,2003,39(15):1-5.



(a) 视点 1 效果



(b) 视点 2 效果

图 4 红外影像三维地形图

[2] Forsyth D A, Ponce J. Computer Vision: A Modern Approach [M]. 北京:电子工业出版社,2004.
 [3] 游素亚. 立体视觉研究的现状与进展[J]. 中国图形图像学报,1997,2(1):17-24.
 [4] 徐 奕,周 军,周源华. 立体视觉匹配技术[J]. 计算机

[5] Zeng Zhanggui, Yan Hong. Region matching and optimal matching pair theorem[C]// Proceedings of the Computer graphics International. [s.l.]:IEEE press, 2001:232-239.
 [6] Grimson W E L. Surface Consistency Constraints in Vision [J]. CVGIP, 1983,24:28-51.
 [7] 刘 臻,宫 鹏,史培军. 基于分层多模块匹配的影像自动配准算法研究[J]. 计算机应用,2005,25(2):323-327.
 [8] 陈棣湘,罗飞路,潘孟春. 立体视觉测量中的图像匹配策略的研究[J]. 光学技术, 2002,5(4):392-394.
 [9] 彭真明,张启衡,魏宇星,等. 基于多特征融合的图像匹配模式[J]. 强激光与粒子束,2004,16(3):281-284.

(上接第 245 页)

地,并且将流量调节阀放在流量计的下游,垂直安装(若水平安装的流量计应保证上游 10 倍直径,下游 5 倍直径的直管段),这样达到整流的目的,从而减小了流速分布不均对测量精度的影响。减短信号传送电缆,否则由电缆分布电容引起的负载效应就会增大测量误差,也增加了信号受到干扰的可能。

4 结束语

智能电磁流量计多种抗干扰技术的采用,大大抑制和消除了干扰信号对有用信号的影响,增强了电磁流量计的抗干扰能力,经电磁流量计制作样机反复实验证明,测量精度可达到 0.5%,提高了以往测量的精度和可靠性。

参考文献:

[1] 苏 星. 基于 ARM 的电磁流量计转换器的研制[D]. 杭

州:浙江大学信息学院,2006.

[2] 王 达. 基于 LPC2106 的电磁流量计转换器[J]. 测量与设备,2007(1):13-15.
 [3] Yan Yi. Exciting Frequency Optimization for Electromagnetic Flow Meter with Genetic Algorithm[C]//IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference. Warsaw, Poland:[s. n.],2007:1-3.
 [4] 霍玉文. 实用恒流源电路设计[J]. 电子测量技术,2002(5):25-26.
 [5] 2009 Fairchild Semiconductor Corporation LM317 pinsheet [EB/OL]. 2009. <http://www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM317.pdf>, 2009/2009.
 [6] 王 旭. 传感器放大器零点漂移的分析及电路设计[J]. 煤矿机械,2009,30(1):36-38.
 [7] 王献青. 直接耦合放大电路中零点漂移的分析[J]. 动力与电气工程,2008,32:108-109.
 [8] Polo J. Analog Signal Processing in an AC Electromagnetic Flowmeter[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement,2002,51(4):793-797.