

多视觉线索融合的表面形状恢复和重建

刘辉

(昆明理工大学 信息工程与自动化学院, 云南 昆明 650093)

摘要: 介绍了一种从遮挡边缘和其它视觉信息恢复表面形状的方法, 利用不同视点下的遮挡边缘序列, 获取了它们所对应的表面点的三维几何坐标. 并结合视差分析, 对物体表面的非暴露区域进行深度(高度)计算. 最终通过插值, 获得表面三维模型, 并用图形学的方法对表面进行了三维表达. 实现真实目标建模和绘制. 实验结果显示了这一研究思路的巨大潜力.

关键词: 图象分析; 遮挡边缘; 立体匹配; 形状分析; 计算机图形学

中图分类号: TP31714 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007- 855X(2004)06- 0059- 03

Surface Shape Recovery and Reconstruction Based on Multi- Visual- Clues

LIU Hui

(Faculty of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: In this paper, a method is introduced for object surface reconstruction based extreme edges and other visual clues, using the extreme edge sequence from different view point, we acquired the 3D coordination of corresponding points. Combined the results of stereopsis, we can compute the depth of the unexposed area. By interpolating is the 3D modal of object surface acquired, and the surface with graphic data structure is presented. The modeling is implemented and real objects are rendered. The experiment results prove the potentials of this method.

Key words: image analysis; extrem edge; stereo match; shape analysis; computer graphics

0 引言

计算机视觉的主要任务之一,就是从目标的图像或图像序列中,获取物体表面的三维形状描述,以达到目标识别和几何推理的目的.从二维图像恢复物体三维形状信息的研究,长期以来受到国内外从事计算机视觉和图像处理研究人员的高度重视,产生了多种针对不同图像特征的方法,如: shape from shading、shape from texture、shape from motion、shape from contour 以及 stereopsis 等等.这些方法通过对:阴影、纹理、轮廓、运动及视差等线索的分析,以期推断表面形状^[1].然而,从单一线索来估计表面形状,往往需要作较多的假设,受到诸多约束,而且通常是病态问题.因此,多种图像特征和线索的集成,是目前 shape from X 问题研究的新趋势.

同时,当前的计算机图形学领域的研究中,在图形基础研究、图形软件、图形硬件等方面,无论从理论还是实践上都较为深入和成熟,并已成为当代科学与工程中加强信息理解和传递的有力手段.建模(Modeling)和绘制(Rendering)技术是图形学基础研究中的两大方面,在过去几十年中,有了极为明显的进步.

能否将图形学和图像处理、视觉计算理论的各自优势结合起来,即把视觉感知的分析和表征与图形学方法对景物的灵活、简洁描述和表达相集成,成为引人入胜的研究领域^[2].

在本文中,我们采用了多种视觉信息相结合的形状估计方法,通过不同视点下的遮挡边缘序列,得到对应的表面轮廓点的三维信息,并利用其它视觉线索而不能形成遮挡边缘的表面非暴露进行分析,在已获

收稿日期: 2004- 03- 31. 基金项目: 云南省自然科学基金资助项目(项目编号: 201F0024M).

作者简介: 刘辉(1969~),男,副教授,博士. 主要研究方向: 模式识别、信息处理. E-mail: LiuHui6921@hotmail.com.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

得的表面三维点的基础上,计算出该区域的高度信息.并最终用图形学的方法对表面进行绘制,在图像、图形的融合技术方面作了前期的基础性研究.

1 遮挡边缘和表面轮廓点的三维信息获取

所谓遮挡边缘,主要是指图像平面上将物体和背景分割开来的边缘,它随着视点的变化而对应于物体表面的不同轮廓线,对光滑表面,通过这些轮廓点的视线与表面相切,并把表面轮廓点投影成遮挡边缘点.

如图1所示,在坐标系 $oxyz$ 中,摄像机中心位于 C , F 为像平面, S 为物体表面,表面上的轮廓曲线 R 投影为像平面上的遮挡边缘 r ,轮廓 R 上的点 M 投影为边缘上的点 m .点 M 处的切平面的法向,由光线 Cm 和边缘 r 在点 m 处的切线 t 的矢量积确定,单位法向量 n 用欧拉角 H, U 表示为: $n = (\cos U \cos H, \cos U \sin H, \sin U)^T$.假定 $d(H, U)$ 为原点到切平面的距离,则切平面方程为:

$$n(H, U) \cdot X = d(H, U) \quad (1)$$

其中: $X = (x, y, z)^T$ 为切平面上任一点, $n(H, U) = \frac{Cm \otimes t}{|Cm \otimes t|}$, $d(H, U) = OC \cdot n(H, U)$.

通过以上表述,我们可得到如下定理:

定理1 对于非抛物点($U \neq 0$),轮廓 R 上任一点的参数方程为:

$$\begin{aligned} x &= d(H, U) \cos U \cos H - \frac{9d(H, U)}{9U} \sin U \cos H - \frac{9d(H, U)}{9U} \frac{\sin H}{\cos U} \\ y &= d(H, U) \cos U \sin H - \frac{9d(H, U)}{9U} \sin U \sin H + \frac{9d(H, U)}{9U} \frac{\cos H}{\cos U} \\ z &= d(H, U) \sin U + \frac{9d(H, U)}{9U} \cos U \end{aligned} \quad (2)$$

该定理的详细证明请参见[3].

当摄像机相对物体旋转时, R 将掠过表面 S , 在图像上产生边缘 r 的序列,因而,我们可由此序列,根据定理一得到 S 上的轮廓 R 序列上各点的三维坐标.下面我们给出相应的实验结果.为方便起见,将坐标原点选为物体中心, z 轴垂直与图像平面指向观察者, y 轴为旋转轴,垂直向上.图2给出了实拍图像序列及实验结果,序列长度为36帧,帧间视点相对 y 轴的旋转角度 $U = 5^\circ$.图中将变换为 $d(y, U)$,亮度表示它的绝对值.

2 非显露区的定位和分析

从上一部分的实验结果看到,由遮挡边缘计算的物体表面信息,在某些局部较为稀疏,这是由于这部分区域在视点变化时,始终未能投影产生遮挡边缘,因而没有计算到这部分点的三维坐标.我们可以通过垂直于旋转轴的切片(图3)来说明这一情况,图中凹陷区,就是我们需要定位和进行局部阴影分析,求解其三维信息的未显露表面部分.从图中可以看到, $d(H, U)$ 随 U 的变化将出现角点(变号),即:

$$\frac{9d(H, U)}{9U} \times \frac{9d(H, U)}{9U}$$

利用 $d(H, U)$ 的离散二阶导数,可以检测该区域,并且有:

$$\begin{cases} \Delta x = d_2(H, U) \cos U \cos H - d_1(H, U) \cos U \cos H \\ \Delta y = d_2(H, U) \sin U \cos H - d_1(H, U) \sin U \cos H \end{cases} \quad (3)$$

得到了非显露区在原图像中的定位,我们将用其他视觉信息来提取它的三维结构.在[5]中我们仿照有限元方法,用三角形基元剖分表面,以遮挡边缘求得的表面点为边界条件,通过局部阴影分析,获得了一

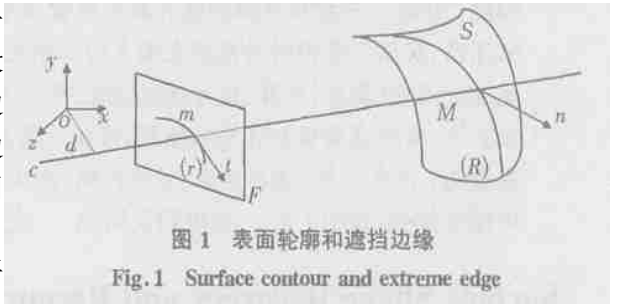


图1 表面轮廓和遮挡边缘
Fig. 1 Surface contour and extreme edge

种计算非显露区高度的算法. 本文中我们介绍用视差, 获得非显露表面区高度的零交叉匹配法.

零交叉匹配法是由 Marr, Poggio 和 Grimson 等人提出的, 简称 MPG 算法. 它的主要思想是对左、右眼图象(对本文而言即是旋转序列中的两幅图象) 中的特征(零交叉) 进行多通道匹配, 以获得这些点的/ 视差 0, 并根据投影关系, 从视差计算高度. MPG 算法的主要步骤是: 1° 零交叉提取; 2° 在两幅图象间匹配零交叉; 3° 检查是否有多个匹配候选者, 并确认其中之一; 4° 计算匹配点的视差.

对本文的旋转情况, 视差与高度的关系, 不是简单的线性关系, 还与旋转角度有关, 对于正交投影, 视差:

$$Dv = U z^* (\sin U_2 - \sin U_1) \quad (4)$$

在求出视差后, 我们可根据经遮挡边缘求得的表面点的 z 值和(4) 式, 计算非显露点的 z 坐标. 经以上两步计算和插值得到的表面高度图如图 5 所示.

图 5 的表面高度密度图是表面点的直接三维坐标表达, 我们可将其用于图形建模, 图 6 和图 7 是用三角形面元建模, 并一定的视点和光照模型下绘制出的表面. 从中可看到, 绘制结果反映了表面的主要结构和三维信息.

3 总结

在本文中, 我们介绍了一种表面形状的估计和三维表达方法, 它是在图象、图形融合的思想基础上, 利用数字图象分析和计算机图形学的方法, 对三维世界的信息进行获取、感知和表达的一种综合性的尝试. 这种集成化的方法的研究, 将使计算机图形学、数字图象分析、计算机视觉等学科进一步地交叉、渗透, 也将为这些领域的研究, 开拓新的思路、注入新的活力, 这正是从事图象处理和计算机图形学的研究人员的期望.

本文的插值和图形绘制方法较为简易, 因此, 结果和原始图象所表达的三维信息, 在细节上还有误差, 主要原因是采用普通的脚低分辨率(320@40)的摄像头成像. 然而, 它反映出了表面的主要结构信息和深度信息, 证明了这一方法的可行性, 显示出图象、图形融合思想的巨大潜力.

(下转第 65 页)

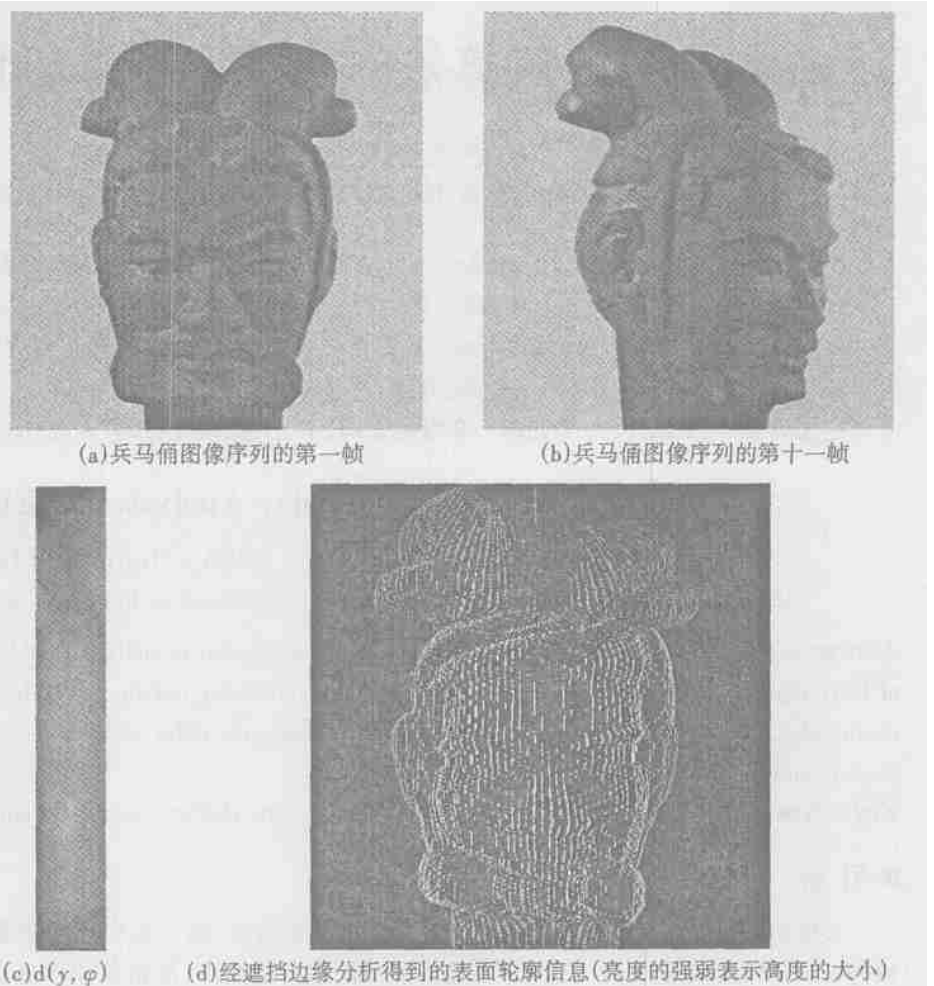


图 2 真实拍摄的兵马俑图象序列和它的遮挡边缘分析结果

Fig.2 The Terro - cotta image sequence and its extreme edge analysis

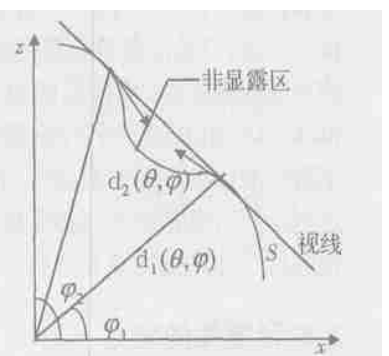


图 3 非显露区切片

Fig.3 One slice of unexposed area

- [3] 毛瑞, 虎必韧, 高飞. 二进制指数后退算法的计算机仿真及吞吐量分析[J]. 云南民族学院学报(自然科学版), 2003, 12(1): 20~ 22.
- [4] Peter Mathys, Philippe Flajolet. Q- ary Collision Resolution Algorithm in Random- access System with Free or Blocked Channel Access[J]. IEEE Transaction on Information Theory, 1985, IT31(2): 217~ 243.

(上接第 61 页)

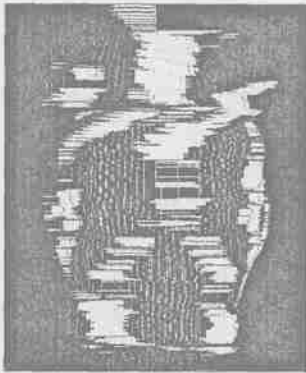


图 4 非显露区在图象上的投影

Fig.4 The correspond area in image of unexposed area



图 5 经特征匹配和插值得到的表面高度图

Fig.5 Surface terrain after feature match and interpolation



图 6 用图形学方法绘制的兵马俑表面

Fig.6 The surface rendering of terracotta



图 7 图 6 经纹理映射的结果

Fig.7 The texture mapping of Fig.6

参考文献:

- [1] D. 马尔. 视觉计算理论[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [2] Debevec P E, Taylor C, Malik J. Modeling and Rending Architecture from Photographs[J]. A Hybrid Geometry- and Image-based Approach, 1996. 11~ 20.
- [3] Vaillant R, Faugeras O D. Using Extremal Boundaries for 3- D Object Modeling, IEEE Trans[J]. Patt. Anal. Machine Intell. 1992, 14(2): 163~ 178.
- [4] Jiang Yu Zheng. Acquiring 3- D Models from Sequences of Contours[J]. IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intell. 1994, 16(2): 157~ 173.