



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102831751 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 09

(21) 申请号 201210324273. 2

(22) 申请日 2012. 09. 04

(73) 专利权人 广东省公路管理局

地址 510000 广东省广州市越秀区环市东路
428 号

(72) 发明人 许薛军 罗广发 李林生 钟清文
单成林 赵俭辉

(74) 专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务
所(普通合伙) 11350

代理人 汤东风

(51) Int. Cl.

G08B 21/10(2006. 01)

G06T 17/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101936008 A, 2011. 01. 05, 全文.

WO 2007/073110 A1, 2007. 06. 28, 全文.

JP 特开 2003-240613 A, 2003. 08. 27, 全文.

CN 102005104 A, 2011. 04. 06, 全文.

CN 102354431 A, 2012. 02. 15, 全文.

申宇. 基于双目立体视觉的结构变形监测技术研究. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》. 2012, 第 10, 12, 25 页.

周春霖等. 双目系统的岩体结构面产状非接触测量方法. 《岩石力学与工程学报》. 2010, 第 29 卷(第 1 期), 第 111-117 页.

审查员 许妮

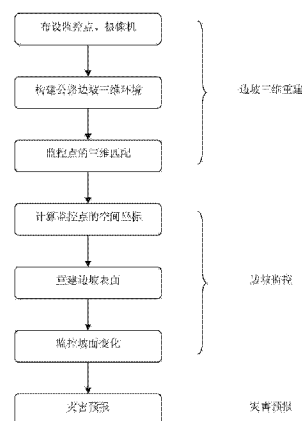
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

基于双摄像机成像技术的公路高危边坡监控方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于双摄像机成像技术的公路高危边坡监控方法;属于边坡监控方法技术领域;其技术要点包括下述步骤:(1) 边坡三维重建,沿待监测边坡长度方向分布安装摄像机,使各预定的监测点同时处在两个摄像机的拍摄范围内;(2) 边坡监控,根据两台摄像机拍摄的图像计算边坡上布设的监控点的空间坐标,得到监控点的空间坐标点集,定期计算相邻两个监控点的三维空间之间的欧式距离,监控坡面变化情况;(3) 边坡灾害预报,将监控得到的边坡位移或滑动值与预设允许的临界值进行比较,根据预设规则进行处理;本发明旨在提供一种结构简单、测控精度高且成本较低的基于双摄像机成像技术的公路高危边坡监控方法;用于高危边坡的监控。



1. 基于双摄像机成像技术的公路高危边坡监控方法,其特征在于,该方法包括下述步骤:

(1) 边坡三维重建,具体步骤为:

(a) 沿待监测边坡长度方向分布安装摄像机,使各预定的监测点同时处在两个摄像机的拍摄范围内;

(b) 根据两台摄像机拍摄的图像采用 Tsai 两步标定法构建三维环境,利用线性变换方法或透视投影变换矩阵求解摄像机参数作为初始值,并计算世界坐标系相对于摄像机坐标系的正交旋转矩阵和平移矩阵;

(c) 摄像机定期拍摄获得的多源图像,需进行数据的对应匹配处理,从图像中提取特征点,采用基于旋转和缩放不变量的变换模型和随机取样一致方法,对特征点进行对应匹配,实现了公路边坡三维重建;

(2) 边坡监控,根据两台摄像机拍摄的图像计算边坡上布设的监控点的空间坐标,得到监控点的空间坐标点集,定期计算相邻两个监控点的三维空间之间的欧式距离,监控坡面变化情况;

(3) 边坡灾害预报,将监控得到的边坡位移或滑动值与预设允许的临界值进行比较,根据预设规则进行处理。

2. 根据权利要求 1 所述的基于双摄像机成像技术的公路高危边坡监控方法,其特征在于,步骤(2)所述的边坡监控,具体还包括以下步骤:在得到监控点的空间坐标后,用三角网格或参数曲面或隐式曲面的方法重建立体边坡表面,然后再根据重建的立体边坡表面定期计算相邻两个监控点的三维空间之间的欧式距离,监控坡面变化情况。

3. 根据权利要求 1 所述的基于双摄像机成像技术的公路高危边坡监控方法,其特征在于,步骤(3)所述根据预设规则进行处理具体为:根据监测结果进行使用状态预测,当监控值低于临界值时,边坡处于安全状态;当接近临界值时,边坡处于临界状态,接近危险,需实时监控;当超过临界值时,边坡处于危险状态,需采取相应的应急措施。

基于双摄像机成像技术的公路高危边坡监控方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种边坡监控方法,更具体地说,尤其涉及一种基于双摄像机成像技术的公路高危边坡监控方法。

背景技术

[0002] 目前,我国公路建设总量实现了跨越式增长,交通运输紧张状况总体缓解,已建成的公路上高危边坡数量多,边坡坍塌是主要的公路地质灾害之一,且分布广泛、发生频繁,极易造成交通中断,直接影响着交通安全。

[0003] 目前公路高危边坡监测存在的问题是:在边坡上埋设传感器,监测边坡的位移情况,在雨季,这种方法难以及时发现由于水毁引起的公路边坡灾害,且数据处理人员需要具备一定的专业知识。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种结构简单、测控精度高且成本较低的基于双摄像机成像技术的公路高危边坡监控方法。

[0005] 本发明的技术方案是这样实现的:一种基于双摄像机成像技术的公路高危边坡监控方法,其中该方法包括下述步骤:

[0006] (1) 边坡三维重建,沿待监测边坡长度方向分布安装摄像机,使各预定的监测点同时处在两个摄像机的拍摄范围内;

[0007] (2) 边坡监控,根据两台摄像机拍摄的图像计算边坡上布设的监控点的空间坐标,得到监控点的空间坐标点集,定期计算相邻两个监控点的三维空间之间的欧式距离,监控坡面变化情况;

[0008] (3) 边坡灾害预报,将监控得到的边坡位移或滑动值与预设允许的临界值进行比较,根据预设规则进行处理。

[0009] 上述的基于双摄像机成像技术的公路高危边坡监控方法中,步骤(1)所述的边坡三维重建,具体还包括以下步骤:

[0010] (a) 根据两台摄像机拍摄的图像采用 Tsai 两步标定法构建三维环境,利用线性变换方法或透视投影变换矩阵求解摄像机参数,并计算世界坐标系相对于摄像机坐标系的正交旋转矩阵和平移矩阵;

[0011] (b) 从两台摄像机拍摄的图像中提取特征点,采用基于旋转和缩放不变量的变换模型和随机取样一致方法,对特征点进行对应匹配,实现了公路边坡三维重建。

[0012] 上述的基于双摄像机成像技术的公路高危边坡监控方法中,步骤(2)所述的边坡监控,具体还包括以下步骤:在得到监控点的空间坐标后,用三角网格或参数曲面或隐式曲面的方法重建立体边坡表面,然后再根据重建的立体边坡表面定期计算相邻两个监控点的三维空间之间的欧式距离,监控坡面变化情况。

[0013] 上述的基于双摄像机成像技术的公路高危边坡监控方法中,步骤(3)所述根据预

设规则进行处理具体为：根据监测结果进行使用状态预测，当监控值低于临界值时，边坡处于安全状态；当接近临界值时，边坡处于临界状态，接近危险，需实时监控；当超过临界值时，边坡处于危险状态，需采取相应的应急措施。

[0014] 本发明采用上述方法后，通过双摄像机对监测点进行立体成像，获得公路边坡的真实场景，通过监测控制点的空间变化，计算公路边坡的位移或滑动情况，及时获取边坡灾害信息，并进行灾害预报。从而可以基本实现实时、可控的高精度监测，将各种危害在萌芽状态即得到解决，可有效地对边坡进行实时监测。

附图说明

[0015] 下面结合附图中的实施例对本发明作进一步的详细说明，但并不构成对本发明的任何限制。

[0016] 图 1 是本发明方法的流程图；

[0017] 图 2 是本发明摄像机的布设示意图；

[0018] 图 3 (a) 是本发明具体实施例内纸质棋盘格的原始状态示意图；

[0019] 图 3 (b) 是本发明具体实施例内纸质棋盘格的形变过程之一；

[0020] 图 3 (c) 是本发明具体实施例内纸质棋盘格的形变过程之二；

[0021] 图 3 (d) 是本发明具体实施例内纸质棋盘格的形变过程之三；

[0022] 图 3 (e) 是本发明具体实施例内纸质棋盘格的形变过程之四；

[0023] 图 3 (f) 是与图 3 (a) 相对应的监控结构示意图；

[0024] 图 3 (g) 是与图 3 (b) 相对应的监控结构示意图；

[0025] 图 3 (h) 是与图 3 (c) 相对应的监控结构示意图；

[0026] 图 3 (i) 是与图 3 (d) 相对应的监控结构示意图；

[0027] 图 3 (j) 是与图 3 (e) 相对应的监控结构示意图；

具体实施方式

[0028] 参阅图 1 所示，本发明的基于双摄像机成像技术的公路高危边坡监控方法，该方法包括下述步骤：

[0029] (1) 边坡三维重建，具体步骤为：

[0030] (a) 沿待监测边坡长度方向分布安装摄像机，使各预定的监测点同时处在两个摄像机的拍摄范围内；

[0031] (b) 根据两台摄像机拍摄的图像采用 Tsai 两步标定法构建三维环境，利用线性变换方法或透视投影变换矩阵求解摄像机参数作为初始值，并计算世界坐标系相对于摄像机坐标系的正交旋转矩阵和平移矩阵；

[0032] (c) 摄像机定期拍摄获得的多源图像，需进行数据的对应匹配处理，从图像中提取特征点，采用基于旋转和缩放不变量的变换模型和随机取样一致方法，对特征点进行对应匹配，实现了公路边坡三维重建。

[0033] (2) 边坡监控，主要就是根据立体成像原理，具体步骤为：

[0034] (a) 根据两台摄像机拍摄的图像计算边坡上布设的监控点的空间坐标，得到监控点的空间坐标点集；

[0035] (b) 根据得到的监控点的空间坐标点集,用三角网格或参数曲面或隐式曲面的方法重建立体边坡表面;

[0036] (c) 定期计算相邻两个监控点的三维空间之间的欧式距离,监控坡面变化情况;

[0037] (3) 边坡灾害预报,具体步骤为:

[0038] (a) 将监控得到的边坡位移或滑动值与允许的临界值进行比较。

[0039] (b) 进行使用状态预测,当监控值低于临界值时,边坡处于安全状态;当接近临界值时,边坡处于临界状态,接近危险,需实时监控;当超过临界值时,边坡处于危险状态,需采取相应的应急措施,以减少或防止边坡失稳带来的巨大损失。

[0040] 下面是关于边坡三维重建的有关算法:

[0041] (1) 正交旋转矩阵 R 和平移矩阵 T 为:

$$[0042] \quad R = \begin{pmatrix} r_1 & r_2 & r_3 \\ r_4 & r_5 & r_6 \\ r_7 & r_8 & r_9 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$[0043] \quad T = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0044] (2) 监控点的对应匹配

[0045] 摄像机的布设如图 2 所示,假定左摄像机 $O-xyz$ 位于世界坐标系的原点处且无旋转,左图像坐标系为 $O_l-X_lY_l$,焦距为 f_l ,右摄像机坐标系为 $O_r-x_r y_r z_r$,图像坐标系为 $O_r-X_r Y_r$,焦距为 f_r 。两摄像机在同一时刻拍摄公路边坡的同一监控点 P ,该点在世界坐标下的坐标为: (x, y, z) ,在右摄像机坐标系下的坐标为 (x_r, y_r, z_r) ,在左右图像平面的坐标分别为 (X_l, Y_l) , (X_r, Y_r) 。根据摄像机透视变换模型有:

$$[0046] \quad S_l \begin{bmatrix} X_l \\ Y_l \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_l & 0 & 0 \\ 0 & f_l & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$[0047] \quad S_r \begin{bmatrix} X_r \\ Y_r \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_r & 0 & 0 \\ 0 & f_r & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r \\ y_r \\ z_r \end{bmatrix} \quad (4)$$

[0048] $O_r-x_r y_r z_r$ 与 $O-xyz$ 之间可通过空间转换矩阵 M 表示为

$$[0049] \quad \begin{bmatrix} x_r \\ y_r \\ z_r \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & r_3 & t_x \\ r_4 & r_5 & r_6 & t_y \\ r_7 & r_8 & r_9 & t_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}, \quad M = [R|T] \quad (5)$$

[0050] 式中, $R = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & r_3 \\ r_4 & r_5 & r_6 \\ r_7 & r_8 & r_9 \end{bmatrix}$, $T = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix}$, 为 $0_r-x_r y_r z_r$ 与 $0-xyz$ 之间的旋转矩阵和原点之间的

的平移变换矢量。

[0051] 假定左右摄像机的外部参数分别为左摄像机 R_l 、 T_l 与右摄像机 R_r 、 T_r , 对于任意一空间点, 假定它在世界坐标系、左摄像机坐标系和右摄像机坐标系下的非齐次坐标分别为 x_w , x_l , x_r , 则有:

$$[0052] \quad x_l = R_l x_w + T_l, x_r = R_r x_w + T_r \quad (6)$$

[0053] 消去 x_w , 有 $x_r = R_r R_l^{-1} x_l + T_r - R_r R_l^{-1} T_l$ 。因此, 两个摄像机之间的几何关系 R , T 可表示为:

$$[0054] \quad R = R_r R_l^{-1}, T = T_r - R_r R_l^{-1} T_l \quad (7)$$

[0055] 由式(3),(4),(5)有, 对于 $0-xyz$ 坐标系中的空间点, 两摄像机像面点之间的对应关系为:

$$[0056] \quad S_r \begin{bmatrix} X_r \\ Y_r \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_r r_1 & f_r r_2 & f_r r_3 & f_r t_x \\ f_r r_4 & f_r r_5 & f_r r_6 & f_r t_y \\ r_7 & r_8 & r_9 & t_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z X_l / f_l \\ z X_l / f \\ 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

[0057] 由此, 空间点三维坐标可表示为:

$$x = z X_l / f_l$$

$$y = z Y_l / f_l$$

$$[0058] \quad z = \frac{f_l(f_r t_x - X_l t_z)}{X_r(r_7 X_l + r_8 Y_l + f_r r_9) - f_r(r_1 X_l + r_2 Y_l + f_r r_3)} \\ = \frac{f_l(f_r t_y - Y_l t_z)}{Y_r(r_7 X_l + r_8 Y_l + f_r r_9) - f_r(r_4 X_l + r_5 Y_l + f_r r_6)} \quad (9)$$

[0059] 用上述公式计算出的监控点空间坐标。

[0060] 相邻两个监控点的三维空间之间的欧式距离的计算公式 L 为:

$$[0061] \quad L = \sqrt{(x_1 - x'_1)^2 + (x_2 - x'_2)^2 + \dots + (x_n - x'_n)^2} \quad (10)$$

[0062] x_1, x_2, \dots, x_n 为边坡上已布设监控点的三维点集, x'_1, x'_2, \dots, x'_n 为上一次对应监控点的点集。

[0063] 实验例

[0064] 为验证本专利在公路边坡监控中应用的可行性, 采用纸质棋盘格为形变实验材料, 每个格子的尺寸为 30×30 毫米, 通过人工对其边缘挤压, 监控纸质棋盘格的变形情况。模拟过程如图 3 (a) 至 3 (j) 所示, 其中图 3 (a)、(b)、(c)、(d)、(e) 分别为内纸质棋盘格的形变过程, 图 3 (f)、(g)、(h)、(i)、(j) 分别为与之相对应的监控结果, 黑色点集为布设的监控点的三维点集, 其它深灰色区域为重建得到的三角网格曲面。经过误差分析, 该实验

的平均误差约为 2 毫米。

[0065] 上述实施例用来解释说明本发明,而不是对本发明进行限制,在本发明的精神和权利要求的保护范围内,对本发明做出任何的修改和改变,都落入本发明的保护范围。

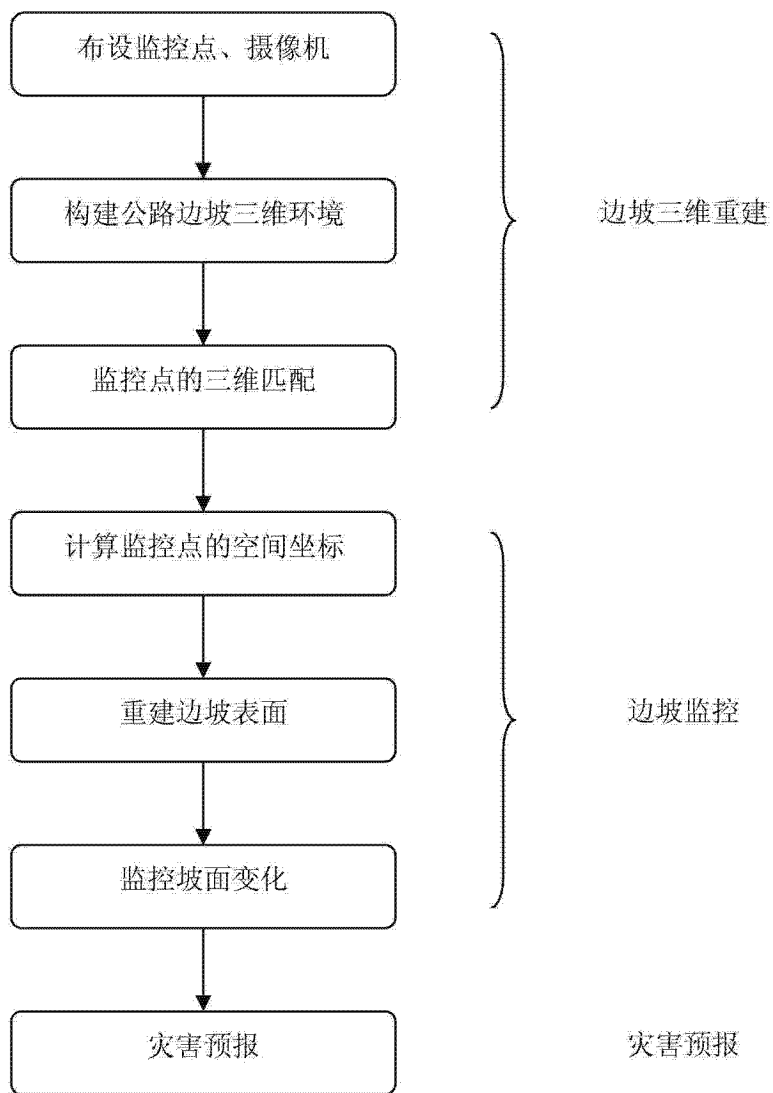


图 1

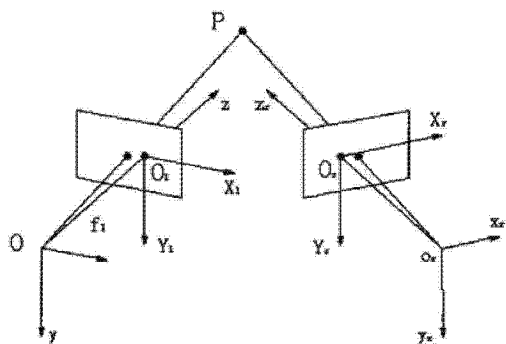


图 2

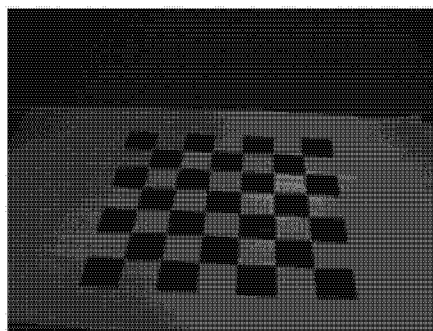


图 3(a)

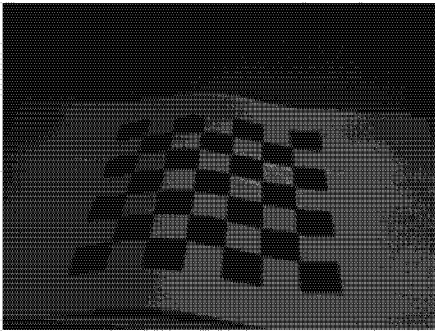


图 3(b)

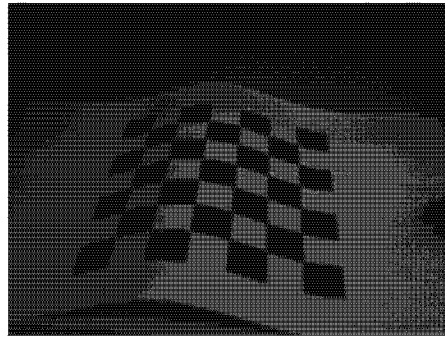


图 3(c)

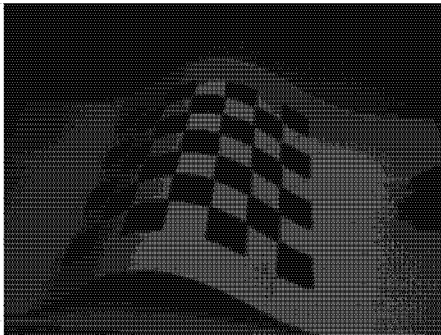


图 3(d)

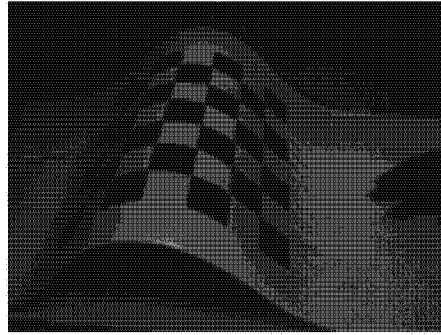


图 3(e)

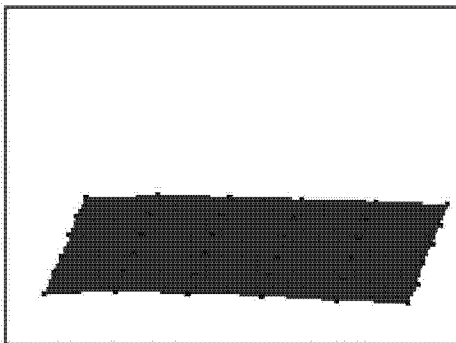


图 3(f)

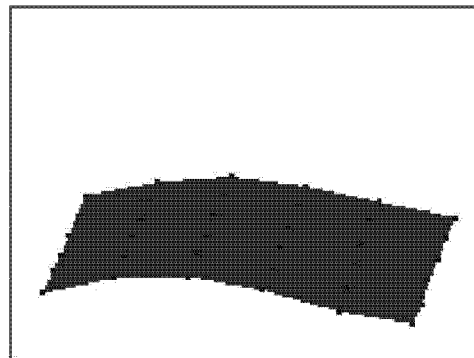


图 3(g)

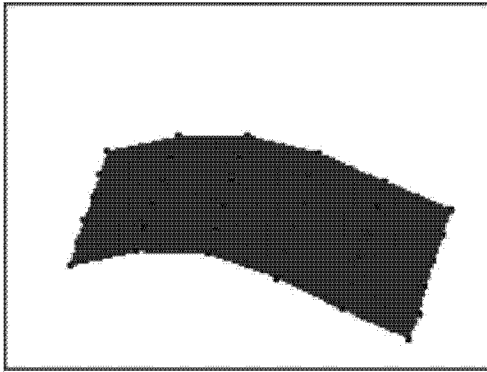


图 3(h)

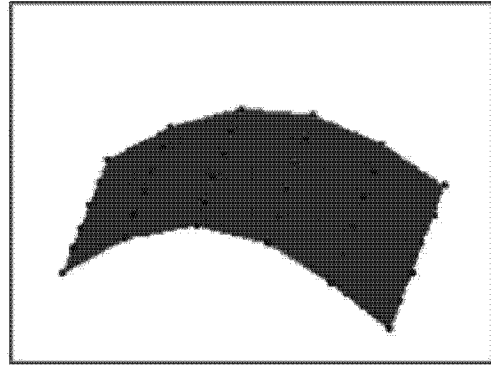


图 3(i)

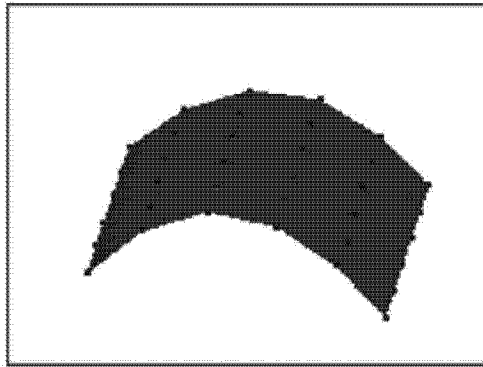


图 3(j)