

全景图中投影模型与算法^①

田 军¹, 孟祥娟², 王 萍³

¹(新疆医科大学 医学工程技术学院, 乌鲁木齐 830011)

²(新疆医科大学 高等职业技术学院, 乌鲁木齐 830054)

³(新疆教育学院 体育分院, 乌鲁木齐 830043)

摘 要: 全景图技术由于其应用广泛, 得到了许多学者的关注, 已成为计算机视觉、计算机图形学、虚拟现实等领域的研究热点. 本文从全景图的关键技术之一的投影算法出发, 介绍了平面变换算法中核心变换矩阵及适用的场景、原则, 详细分析各种空面变换算法, 主要针对柱形全景技术中的投影算法及其改进算法、球形全景技术中的常规算法、分块对应算法及全向图转换算法和立方体全景技术中的传统算法、二维纹理算法及立体投影算法进行了深入的探讨, 对全景图技术中投影算法的发展趋势作了展望.

关键词: 全景图技术; 柱形全景; 球形全景; 立方体全景

The Projection Models and Algorithms of Panorama

TIAN Jun¹, MENG Xiang-Juan², WANG Ping³

¹(College of Medical Engineering Technology, Xinjiang Medical University, Urumchi Xinjiang 830011, China)

²(College of Vocational and Technical, Xinjiang Medical University, Urumchi Xinjiang 830054, China)

³(Department of Sports, Xinjiang Institute of Education, Urumchi Xinjiang 830043, China)

Abstract: Panoramic image technology made research by many specialists has become a research focus in certain area such as computer visual, computer graphics, virtual reality and so on because of being applied widely. Based on projection algorithm dealing with panoramic image, this paper introduced core transform matrix involved in plane transformation and the working context and principle of it, analyzed various curved surface transformation methods in detail, for example projection algorithm and an improved algorithm of it involved in cylindrical panoramic technology, conventional algorithm and block algorithm and conversion algorithm of complete directed graph referring to spherical panorama, probed deeply into traditional algorithm and two-dimensional texture algorithm and stereoscopic projector relating to cube panorama, prospected development trend of the projection algorithm involved in panoramic image technology.

Key words: panoramic image technology; cylindrical panorama; spherical panorama; cube panorama

全景图技术最初为满足大视角大幅面及高分辨率图像而兴起的, 主要应用要航空和卫星照片等方面. 近几年, 由于虚拟现实技术的发展, 全景图技术再次引起了学者的广泛关注. 与传统虚拟现实的几何图像的生成方式不同, 全景图的生成是基于图像的成像方式, 这不仅大大减少了建模所需的时间成本, 背景构建的复杂度也大为减少, 同时提高了图像的质量.

目前对全景图技术的研究很多, 主要集中全景图

拼接方面的研究, 但对影响全景图生成质量的另一关键技术——投影变换涉及较少. 由于全景图制作过程中采集到的系列图像是数码相机在不同角度下拍摄的, 它们的投影并不在同一平面上, 投影平面之间存在一定的夹角, 图像拼接前, 必须保证对象间的视觉一致性, 因此, 需要将系列图像统一投影到同一坐标系上. 具体过程: 系列图像→投影模型→数据点匹配→模型参数→统一坐标→融合. 投影模型的选取对全景图的

① 基金项目:新疆维吾尔自治区高等学校科学研究计划 (XJEDU2011159);国家社会科学基金项目 (11CTY029)

收稿时间:2012-10-25;收到修改稿时间:2012-11-28

通讯作者:孟祥娟,E-mail:MXJCHCH@163.com

拼接效率和质量将产生直接影响,对全景图的存储、展示、浏览等问题也将产生一定的影响。

按全景图生成过程中坐标变换方式可分为平面图像变换、空间图像变换。平面图像变换指的是在全景图的拼接前,需对系列图像(二维图像)坐标统一到同一个平面上。与平面图像变换不同的是空间图像变换是系列图像(二维图像)坐标并不是统一到平面上,而是一个空间曲面,实质上是二维图像向三维图像的变换过程。

1 平面图像变换

由于平面全景图的投影模型是平面模型,按照几何学原理,同一个平面内的图像间存在着平移、欧式、相似、仿射、投影这几种关系。在平面全景图实际生成过程,根据待拼接图像的不同转换关系,使用图像对准技术求取图像之间的转换参数,最后根据转换矩阵将图像投影到同一个模板内,就可以融合成平面全景图。因此,根据匹配点要得到变换参数,必须先确定使用哪种或几种变换矩阵。

平面变换矩阵主要有平移矩阵 $[I|t]$ 、旋转矩阵 $[R|t]$ 、相似矩阵 $[sR|t]$ 、仿射矩阵 $[A]$ 、投影矩阵 $[H]$,其中 I 为单位矩阵, t 为平移向量, s 为缩放系数, R 为旋转矩阵。

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$t = (t_x, t_y, 1) \quad (2)$$

$$R = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$A = \begin{bmatrix} a_0 & a_1 & a_2 \\ a_3 & a_4 & a_5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$H = \begin{bmatrix} a_0 & a_1 & a_2 \\ a_3 & a_4 & a_5 \\ a_6 & a_7 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

原则上根据实际操作尽可能采用简单的、自由度较小的图像变换方式。如航空遥感图像的拼接、扫描图像的合成可以采用简单的平移变换、欧式变换、相

似变换,而大屏幕的拼接、普通相机的定点拍摄图像的拼接多采用投影变换。而施庆^[1]则采用仿射变换模型,他认为图像的获取时没有发生几何畸变,而且透视投影也没有导致图像发生非仿射映射,因而大大简化模型,但对采集图像的内容及工具都有一定的限制。

2 平面图像变换

平面到平面间的图像变换是最常见的,随着虚拟现实、网络技术的发展,出现了空间图像变换技术,主要包括柱形全景、球形全景和立方体全景等技术。

2.1 柱形全景技术

目前圆柱面全景图的研究最为成熟,相关的文献也最多。主要原因数据采集简单,圆柱面全景图可展成矩形平面图像,从而可利用其在计算机内的图像格式进行存取。

张鹏^[2]在柱面全景图生成中认为:在图像采集集中,由于相机的偏斜和仰角较小,两幅图像间的空间几何关系主要是平移关系,可以忽略旋转、仿射、透视的影响,这样就把柱面全景图的解决变成了平面全景图来解决。其变换矩阵公式:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

虽然投影模型大大简化,但图像拼接后出现拼接痕迹,利用 Szeliski 平滑算法^[3]可消除拼接的痕迹,但重叠区域仍存在着重影模糊现象。

2.1.1 投影算法

殷润民^[4]给出从视平面到柱面的投影公式:

$$\begin{cases} x_c = \frac{f \times (x - \frac{W}{2})}{\sqrt{(x - \frac{W}{2})^2 + f^2}} \\ y_c = \frac{f \times (y - \frac{H}{2})}{\sqrt{(x - \frac{W}{2})^2 + f^2}} \\ z_c = \frac{f^2}{\sqrt{(x - \frac{W}{2})^2 + f^2}} \end{cases} \quad (7)$$

W : 图像的宽度, H : 图像的高度, f : 拍摄的焦距, (x, y) 为视平面中任一点 p 的坐标, (x_c, y_c, z_c) 为 p 点在圆

柱面上的投影坐标.

这与郭俊美^[5]像素点在圆柱面上的投影点的参数坐标公式是一致的. 上述的投影是由二维平面图像向三维空间柱面投影生成的全景图. 但由于在实际存储和显示中, 二维数据更加方便, 因此, 需将柱状全景图展开为二维平面图, 从视平面到圆柱展开全景图的公式^[6,7]:

$$\begin{cases} x' = f \times \arctan\left(\frac{x - \frac{W}{2}}{f}\right) + f \times \arctan\left(\frac{W}{2 \times f}\right) \\ y' = \frac{f \times (y - \frac{H}{2})}{\sqrt{(x - \frac{W}{2})^2 + f^2}} + \frac{H}{2} \end{cases} \quad (8)$$

这里, (x, y) 是二维展开平面上的点. 平洁^[8]从另一个角度找出了柱面图像坐标 (x', y') 与平面图像坐标 (x, y) 之间关系公式. 他先建立了柱面图像坐标 (x', y') 与 θ, α, k 三中间变量的关系, 然后将这三个变量与平面图像坐标 (x, y) 关系确定, 从而建立起平面图像上点与柱面图像对应点之间的关系.

$$\begin{cases} x' = f \times \left(\frac{\theta}{2} + \alpha\right) \\ y' = \frac{f \times (y - \frac{h}{2})}{k} + \frac{h}{2} \end{cases} \quad (9)$$

其中

$$\begin{cases} \theta = 2 \times \arctan\left(\frac{W}{2 \times f}\right) \\ \alpha = \arctan\left(\frac{x - \frac{W}{2}}{f}\right) \\ k = \sqrt{(x - \frac{W}{2})^2 + f^2} \end{cases} \quad (10)$$

θ 为每张图像的张角, α 为水平转角, k 为图像上点到视点的距离.

这与公式(8)本质上是一样. 在很多相关著作与文献中都使用公式(8)这种算法^[9-11], 但由于公式复杂, 计算环节多, 而且采用的计算参数也不合理, 结果增加了连续反投影算法的复杂度^[12].

2.1.2 投影算法的改进^[13]

平面图像与圆柱相切, P 为平面图像上的一点,

P' 是从视点 O 出发, P 在圆柱面上的投影点, 圆柱面的半径为 r , α 是视点以 ON 为光轴的水平转角, β 视点以 ON 为光轴的仰角, $x = NP_1, x' = \widehat{NP_1'}$. 从图 1 知: $ON=r, \alpha = \arctg(x/r)$ 得 $x' = r \times \alpha = r \times \arctg(x/r)$.

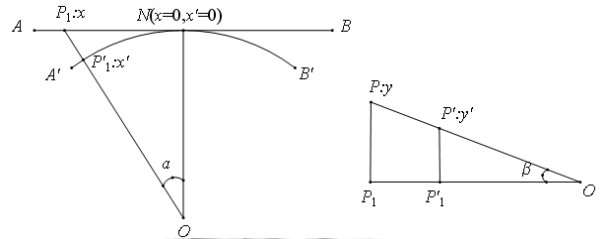


图1 平面图与投影柱面图 几何关系的俯视图

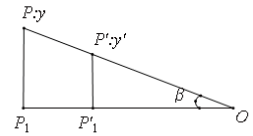


图2 平面图与投影柱面图 几何关系的侧视图

由图 2 知: $\triangle OPP_1 \sim \triangle OP'P_1'$, $OP_1' = r$, 得 $y'/y = r/OP_1$

在图 1 中: $OP_1 = r/\cos \alpha$,

故 $y' = y \times r / (r/\cos \alpha) = y \times \cos \alpha$.

综上, 平面上的点 (x, y) 与柱面上的对应点 (x', y') 之间的映射关系:

$$\begin{cases} x' = r \times \arctg\left(\frac{x}{r}\right) \\ y' = y \times \cos \theta \end{cases} \quad (11)$$

上述投影算法主要通过平面几何关系找出平面图像上点与圆柱面投影点之间的对应关系, 李萍^[14]的柱面全景图单点投影算法也是采用改进算法.

潘华伟^[11]提出以圆柱表面为全景图统一空间面, 利用空间解析几何的方法来确定系列照片在圆柱面上投影关系的思想.

假设视点在圆柱体中心 O 点上, 照片与圆柱表面相切, 视点与照片四角直线相连, 与圆柱表面相交, 得到照片在圆柱表面的投影图像. 设照片上任意一点 $P(x, y, z)$ 在圆柱体表面上的投影坐标为 $P'(x', y', z')$. 照片的高度为 H , 宽度为 W , 圆柱体的半径为 R (即为焦距).

由

$$\begin{cases} x'^2 + z'^2 = R^2 \\ y' = y, y \in [-H/2, H/2] \\ x'/x = y'/y = z'/z \end{cases} \quad (12)$$

则

$$\begin{cases} x' = \pm R * x / \sqrt{R^2 + x^2} \\ y' = \pm R * y / \sqrt{R^2 + x^2} \\ z' = \pm R * R / \sqrt{R^2 + x^2} \end{cases} \quad (13)$$

以上几种投影方法的求解, 最终都转化为对圆柱半径(相机的焦距)求解问题。

2.1.3 相机焦距的算法

相机焦距目前主要有手工方法、半重叠法、匹配点法和相位相关法等算法。

手工方法^[15]: 手动选取相邻两个图像的对应点, 计算出相邻两个图像的重叠区域为 cW_i , 设图像的长度为 W_i , 则将图像叠加起来的合成图长度 W_s 为:

$$W_s = \sum_{i=1}^n W_i - \sum_{i=1}^{n-1} cW_i \quad (14)$$

该合成图的覆盖范围可以近似为 360 度, 则半径 R (即相机焦距 f) 为

$$R = W_s / (2 \pi) \quad (15)$$

半重叠法: 该方法比较简单, 但要求拍摄的照片间应重叠一半. 具体公式:

$$R = W / (2 * \omega)$$

W 为照片的宽度, $\omega = 360/n$, n 为拍摄一周所获得的照片数. 但在实际操作中, 普通相机拍摄很难控制重叠 50%, 这导致 ω 只是一个照片拍摄的平均转角, 因此, 圆柱半径的获取只是一个近似估计。

匹配点法: 拍摄照片时, 相机仅做水平旋转, 也就是说保证拍摄时图像的水平线重合. 交叠图像向圆柱曲面投影时, 其匹配点距离投影后曲面的水平中心线相等, 根据公式(8)得到下面公式:

$$\frac{f * (y_A - H/2)}{\sqrt{(x_A - W/2)^2 + f^2}} = \frac{f * (y_B - H/2)}{\sqrt{(x_B - W/2)^2 + f^2}} \quad (16)$$

于是, 焦距 f 可由下式获得:

$$f = \sqrt{\frac{(x_A - W/2)^2 * (y_A - H/2)^2 - (x_B - W/2)^2 * (y_B - H/2)^2}{(y_A - H/2)^2 - (y_B - H/2)^2}} \quad (17)$$

但这仅焦距的最初估计, 需反复迭代, 直到满足误差条件 $2 \pi f - W_s < \epsilon$ (W_s : 序列离散图像经柱状投影后拼接所得结果的水平宽度)。

相位相关法^[16]: 对于柱面全景图像, 图像的宽度也就是柱面圆周的弧长 L , 且弧长 $L = 2 \pi f$, 利用相位相关法直接对所拍摄的图像序列进行匹配, 可以得到近似的柱面圆周弧长 $\hat{L} = \sum_k t^{(k)}$, 其中 $t^{(k)}$ 为第 k 幅图像

相对于第 $k-1$ 幅图像的水平方向的位移, 这样可以得

到一个初始的焦距值 $f = \frac{\hat{L}}{2\pi}$.

2.2 球形全景技术

根据投影方式的不同, 分为常规法、分块对应法和全向图转换法。

2.2.1 常规法

从图像向球面投影, 需要确定图像上的点与球面对应点之间的映射关系, 实际上就是找出图像上的点在球面上的位置坐标. 因此, 只要确定每幅图像所对应的拍摄方向和相机的投影模型就能计算出图像上的点在球面的位置。

拍摄方向就是相机绕光轴旋转的方向, 其参数模型^[17]可用旋转变换矩阵 R 表示. 在球面拼接算法中, R 可以有多种方法表示^[18], 常见的有坐标轴夹角, 四元组, 方向角。

相机投影模型可由以下公式表示:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & c_x \\ 0 & f & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = K \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} \quad (18)$$

(x', y', z') 为空间的一点, (x, y) 为平面上对应的点, f 为相机的焦距, (c_x, c_y) 为投影中心在图像中的位置。

通过拍摄方向参数模型和投影模型公式, 因此, 其变换矩阵为:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = KR \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} \quad (19)$$

2.2.2 分块对应法

安维华^[19]用球面坐标来表示球状全景图. 建立球面狭缝与全景图纵向分块的对应关系, 如下图 3 示。

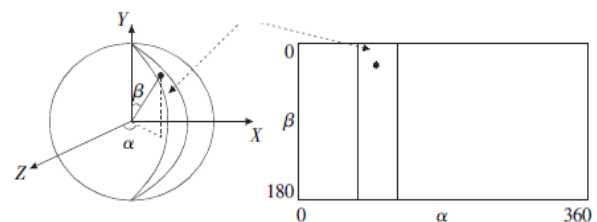


图 3 球面图与平面矩形对应关系

P 为三维空间中的一点, q 为 P 点在二维平面的投影点(成像点), 根据 q 点利用相应的逆转换得到 P 点, 再将 P 转换为球面坐标, 可以得到:

$$\begin{cases} \alpha = \arctan(\frac{X}{Z}) \\ \beta = \arctan(\frac{Y}{\sqrt{X^2 + Z^2}}) \end{cases} \quad (20)$$

它所对应的球状全景图上的坐标为

$$\begin{cases} x_p = \alpha r \\ y_p = \beta r \end{cases} \quad (21)$$

其中, (X, Y, Z) 为 P 点的空间坐标, α 和 β 分别表示全景图的水平和竖直旋转角度, r 表示球面半径, (x_p, y_p) 为 P 点的极坐标.

因此, 球状全景图的生成过程就是计算焦距, 旋转矩阵和图像映射的过程. 关键在求相机的焦距和旋转矩阵. 安维华等认为两幅水平图像之间的旋转角度很小时, 可以认为它们之间是一种平移关系^[20].

$$\pi = \sum_i \tan^{-1}(\frac{x'_i}{f}) \quad (22)$$

其中 x' 用相位相关算法^[21]对相邻的水平图像作配准处理后的平移量, f 表示焦距, 即球面半径.

通过的平移向量 x' , 可以得到所有水平图像旋转角度的递推关系. 它们的递推公式如下:

$$\begin{cases} \gamma_{i+1} = \gamma_i + 2 \tan^{-1}(\frac{u_{i+1}}{f}) \\ \eta_{i+1} = \eta_i + 2 \tan^{-1}(\frac{v_{i+1}}{f}) \end{cases} \quad (23)$$

其中 γ_i 和 η_i 分别表示第 i 幅水平图像的横向和纵向旋转角度; u 和 v 表示相邻水平图像的平移量.

按照相同方法可得纵向图像平移旋转角度的递推公式.

2.2.3 全向图转换法

全向图向柱面全景图转换是为了解决全向图存在严重的同心圆环状变形问题. 具体变换公式^[22]:

$$\begin{cases} X' = R * \theta' \\ Y' = H - \frac{(1 - \tan^2 \phi) * f * R + [(1 + \tan^2 \phi) * l + 2 \tan \phi * R] * r}{2 \tan \phi * f - (1 - \tan^2 \phi) * r} \end{cases} \quad (24)$$

R 为圆柱底面半径, (X, Y) 为全向图上的一点 p , (X', Y') 为 p 点在柱面全景图像上对应点, θ' 为点 $(X-W/2, Y-W/2)$ 在二维极坐标系中的极角值, H 为圆柱上底面的 z 值, f 为相机焦距, 圆锥体张角为 2ϕ , 全向图大小为 $W \times W$.

$$r = \sqrt{(X - \frac{W}{2})^2 + (Y - \frac{W}{2})^2} \quad (25)$$

2.3 立方体全景技术

立方体全景图生成的相关研究非常少. 主要有传统算法、二维纹理算法和立体投影算法.

2.3.1 传统算法

目前的研究基本上从立方体全景图的展开平面图入手, 找出已获取系列图像在展开平面图的对应关系, 再进行相应的拼接, 把拼接好的展开平面图按立方体对应表面重投影到立方体上, 得到立方体全景图.

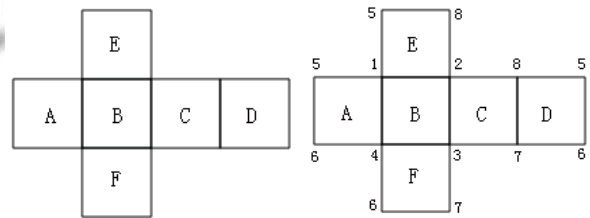


图 4 立方体展开示意图 图 5 立方体展开顶点

注: A面: 左平面, B面: 前平面, C面: 右平面, D面: 后平面, E面: 上平面, F面: 下平面.

具体算法步骤:

① 水平方向拼接. 将 A、B、C、D 4 个面上的图像进行水平方向拼接缝合.

② 垂直方向拼接. 将 E 面图像的左面、下面、右面、上面与步骤 1 已完成图像的 A、B、C、D 四个部分进行垂直方向拼接.

③ 拼接完成. 将 F 面的图像与步骤 2 已拼接好的图像再进行底部拼接.

④ 全景图生成. 将步骤 3 已全部拼接好的平面图像, 按左、前、右、后、上、下面 6 个方位进行剪切, 再将剪切好的 6 幅图像分别映射在立方体对应 6 个表面上, 最终组成一个立方体全景图.

杨亚让^[23]就是按照上述方法获取立方体全景图的, 先水平拼接后垂直拼接, 最后将立方体平面剪切为 6 幅图像并映射到立方体的对应表面上, 但未给出剪切的具体方法和立方体映射模型.

2.3.2 二维纹理算法^[24]

该算法利用二维纹理数据直接生成, 避免了传统立方体全景图的拼接问题, 由于立方体的边长是给定的, 因此, 各表面图像投影到立方体对应表面很容易.

但该方法是模拟算法, 仅适于特殊纹理的立方体全景图, 不能利用现有图片.

二维纹理技术生成立方体全景图的算法:

① 赋初值: 分别给正方体的 8 个顶点随机量 $R(0 \leq R \leq 255)$. 其展开图如图 6 示. 用 8 个角顶点的值对 6 个正方形进行处理, 处理过程按步骤 2 和步骤 3 进行:

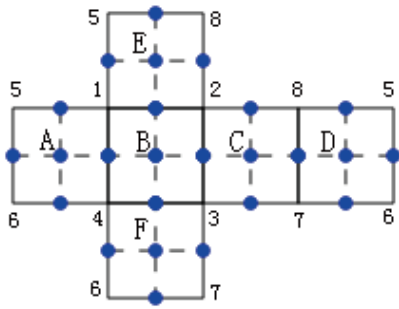


图 6 一次处理后生成图

② 求面中心点 S 的值: 对正方形 A , 其顶点分别 1, 4, 5, 6, 通过步骤 1 可知这 4 个顶点的值.

故

$$S_A = \frac{A_1 + A_4 + A_5 + A_6}{4} + S' \quad (26)$$

$$\text{其中 } S' = \frac{G * 255 * Rnd}{2^{N-1}} \text{ 而 } G = \begin{cases} 1, Rnd \geq 0.5 \\ -1, Rnd < 0.5 \end{cases}$$

Rnd 为 0 到 1 之间的随机数.

同理可求得其余各面的面中心点值.

③ 求边中点 T 的值: 边中点的求法与面中心点的求法是类似的, 它对顶点和面中心点的组合求平均值. 对正方形 A , 其四条边上的中点分别为 A_{14} , A_{15} , A_{46} , A_{56} .

$$T_{14} = \frac{A_1 + A_4 + S_A + S_B}{4} + S' \quad (27)$$

$$T_{15} = \frac{A_1 + A_5 + S_A + S_E}{4} + S' \quad (28)$$

$$T_{46} = \frac{A_4 + A_6 + S_A + S_F}{4} + S' \quad (29)$$

$$T_{56} = \frac{A_5 + A_6 + S_A + S_D}{4} + S' \quad (30)$$

图 6 的正方形经过步骤(2)和(3)处理后得到 18 个点(面中心点和边中心点), 再加上原来的 8 个顶点, 共有 26 个点, 它们生成 24 个小正方形, 如图 6 示. 算法处理的次数 N 、生成正方形的总数 M 和生成数据点的总数 S 三者之间的存在如下关系:

$$M = 6 * 2^{2N}, S = M + 2$$

当生成的数据点阵没达到要求时, 继续用步骤(2)和(3)进行处理.

④ 运用图像绘制技术, 将 6 个二维纹理数据从小到大映射于 RGB 色彩表, 生成的模拟天空的全景图.

2.3.3 立体投影算法

立方体 6 个面的方程(从上至下分别按面 1 到面 6 的顺序)分别为:

$$\begin{cases} x' = \frac{a}{2}, & (-\frac{a}{2} \leq y', z' \leq \frac{a}{2}) \\ x' = -\frac{a}{2}, & (-\frac{a}{2} \leq y', z' \leq \frac{a}{2}) \\ y' = -\frac{a}{2}, & (-\frac{a}{2} \leq x', z' \leq \frac{a}{2}) \\ y' = \frac{a}{2}, & (-\frac{a}{2} \leq x', z' \leq \frac{a}{2}) \\ z' = \frac{a}{2}, & (-\frac{a}{2} \leq x', y' \leq \frac{a}{2}) \\ z' = -\frac{a}{2}, & (-\frac{a}{2} \leq x', y' \leq \frac{a}{2}) \end{cases} \quad (31)$$

平面图像上的点 $P(x,y,z)$ 在立方体表面上的投影点 $P'(x',y',z')$, 其方程为:

$$\frac{x}{x'} = \frac{y}{y'} = \frac{z}{z'} \quad (32)$$

判断投影点的位置. 投影点 P' 的位置可能有三种情况: (1)落在立方体的顶点上, (2)落在立方体的边上, (3)落在立方体的面上. 由于立方体的边长相等, 于是可知: $|x|=|y|=|z|$ 时, 则必定发生情况(1). 再根据 x, y, z 的正负即可判断具体是哪个点.

若 $|x|, |y|, |z|$ 中只有两个值相等时, 则会出现情况(2). 如 $|x|=|y|>|z|$, 再根据 x, y 的正负即可判断具体是哪条边.

如 $|x|, |y|, |z|$ 三者都不等时, 必属于情况(3). 判断 $m = \max(|x|, |y|, |z|)$, 如 $m = |x|$, 则说明 P' 点落在面 1 或面 2 上, 再根据 x 的正负即可判断具体是哪个面.

由公式(31)、(32)可得:

$$\text{面 1; } \begin{cases} x' = \frac{a}{2} \\ y' = \frac{ay}{2x} \\ z' = \frac{az}{2x} \end{cases} \quad \text{面 2; } \begin{cases} x' = -\frac{a}{2} \\ y' = -\frac{ay}{2x} \\ z' = -\frac{az}{2x} \end{cases} \quad \text{面 3; } \begin{cases} x' = -\frac{ax}{2y} \\ y' = -\frac{a}{2} \\ z' = -\frac{az}{2y} \end{cases} \quad (33)$$

$$\text{面 4; } \begin{cases} x' = \frac{ax}{2y} \\ y' = \frac{a}{2} \\ z' = \frac{az}{2y} \end{cases} \quad \text{面 5; } \begin{cases} x' = \frac{ax}{2z} \\ y' = \frac{ay}{2z} \\ z' = \frac{a}{2} \end{cases} \quad \text{面 6; } \begin{cases} x' = -\frac{ax}{2z} \\ y' = -\frac{ay}{2z} \\ z' = -\frac{a}{2} \end{cases}$$

从系列方程组(33)知,只要图像的点确定,在立方体表面上的投影点也就可以确定了,但需要解决的是立方体的边长 a 。

3 展望

从平面几何模型到空间几何模型,全景图的生成更加符合人体视觉。空间投影算法除了上述的柱面投影算法、球面投影算法和立方体投影算法外,还出现了其它方式的投影算法。如祝剑锋^[25]提出了牙弓面投影算法,它通过从靠近牙弓面的一个曲面上沿法向量投射仿 X 线进入三维图像区域而生成牙齿的仿 X 线全景图。该技术在牙科相关的计算机辅助诊断及手术规划中有重要应用。王海颖^[26]利用基于 Fourier-Mellin 变换的相位相关算法进行相邻图像的初匹配,并使用重叠区域亮度方差和公式来求解透视投影参数,进一步提高局部配准精度。

从单一视点到多视点的研究, Foote 等^[27]利用多个标定摄像机拼接全景视频,但对每个摄像机角度或焦距有一定的要求。周金广等^[28]在全景视频生成中,需要记录每帧图像到背景图像的变换参数,以便将目标区域图像逐帧变换到背景图像上获取全景视频。

参考文献

- 1 施庆,郭欣.基于角点检测配准的全景图像拼接技术研究.微型电脑应用,2011,27(6):18-21.
- 2 张鹏等.IBR 技术中柱面全景图镶嵌的快速算法.计算机工程,1999,25(12):17-18.

- 3 Szliski R. Image Mosaicing for Tele-reality Applications. IEEE Computer Graphics and Applications 1994, 06:44-53.
- 4 殷润民等.自适应柱状全景图拼接.中国图象图形学报, 2008, 13(6):1191-1196.
- 5 郭俊美.基于图像的柱面全景图生成技术研究[D].西安:西安科技大学,2010:18-21.
- 6 张茂军.虚拟现实系统[M].北京:科学出版社,2001.
- 7 彭红星等.柱面全景图生成技术的研究与实现.计算机工程,2010,36(9):208-211.
- 8 平洁,殷润民.一种全景图快速生成算法及其实现.微计算机应用,2006,27(1):59-62.
- 9 钟力,胡晓峰.重叠图像拼接算法.中国图象图形学报,1998, 3(5):367-370.
- 10 张辉,崔柱武.全景图像生成算法的研究与实现.计算机工程,2003,29(4):95-97.
- 11 潘华伟,邹北骥.一种圆柱形全景图生成新算法及其实现.计算机工程与科学,2003,25(6):13-16.
- 12 潘伟,姚晓静.一组新的柱面全景图投影公式及其交互浏览器的 JavaApplet 实现算法.厦门大学学报:自然科学版, 2005,44(4):479-483.
- 13 刘晓妮等.基于 OpenCV 的曲面全景投影算法研究.计算机仿真,2011,28(2):273-275.
- 14 李萍等.柱面全景图单点投影及配准拼接算法.自动化技术与应用,2011,30(3):36-39.
- 15 徐萍等.全方位实景空间生成方法和漫游技术的研究.计算机应用与软件,2009,26(8):216-218.
- 16 李忠新等.一种基于频域相关技术的柱面全景图生成方法.计算机工程与应用,2004,11:81-82.
- 17 蔡文军,陈虎.球面全景图像的拼接算法研究.微计算机信息,2006,22(5-1):196-198.
- 18 丁雄.球面全景图技术研究[D].长沙:国防科学技术大学, 2002:17-24.
- 19 安维华,付永刚.采用分段插值的球状全景图自动拼接方法.计算机工程与应用,2009,45(13):34-38.
- 20 McMillan L, Bishop G. Plenoptic modeling: An image-based rendering system[C]//ACM SIGGRAPH'95 Proceedings, Los Angeles, CA, USA, August, 1995:39-46.
- 21 Kuglin C D, Hines D C. The phase correlation image alignment method[C]//Proceedings of IEEE International Conference of the Cybernetics Society, New York, NY, 1975:163-165.
- 22 陈立栋等.基于双向映射的非网格型全向图展开插值方法.

(下转第 192 页)

6 结论

用户评论中蕴含了大量有价值的信息,识别出用户关注的产品特征并将产品信息按照特征进行组织,可以满足不同用户的信息需求。但是现有的大部分特征提取方法得到的特征之间缺乏逻辑关联,致使挖掘结果可读性较差,所以对产品特征进行聚类对于产品评论挖掘结果的汇总和展示十分重要。

本文专注于解决用户评论中产品特征的提取及聚类问题,并将研究结果应用在大众点评网评论挖掘中,取得了不错的效果,且系统具有良好的可移植性。接下来,我们将致力于提高产品特征识别的准确率和召回率,并将研究观点的情感倾向判断等问题。

参考文献

- 1 郝亚辉,张明,袁方,王煜.产品评论挖掘研究综述.山东大学学报(理学版),2011,46(5):16-23,38.
- 2 Senecala S, Nantela J. The influence of online product recommendations on consumers' online choices. *Journal of Retailing*,2004,80(2):159-169.
- 3 Ni P, Liao JX, Wang C, Ren KY. Web information recommendation based on user behaviors. 2009 WRI World Congress on Computer Science and Information Engineering, 2009,4:426-430.
- 4 李实,叶强,李一军,Law R.中文网络客户评论的产品特征挖掘方法研究.管理科学学报,2009,12(2):142-152.
- 5 Popescu AM, Etzioni O. Extracting product features and opinions from reviews.Proc. of the Conference on Human Language Technology and Empirical Methods in Natural Language Proc.Stroudsburg, DA, USA: Association for Computational Linguistics,2005:339-346.
- 6 Hu MQ, Liu B. Mining and summarizing customer reviews. Proc. of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining.New York: ACM Press,2004:168-177.
- 7 Hu MQ, Liu B. Mining opinion features in customer reviews. Proc. of 9th National Conference on Artificial Intelligence. Men lo Park, CA, USA: American Association for Artificial Intelligence, 2004:755-760.
- 8 黄永文.中文产品评论挖掘关键技术研究[博士学位论文].重庆:重庆大学,2009.
- 9 Guo H, Zhu H, Guo Z, Zhang X, Su Z. Product feature categorization with multilevel latent semantic association.Proc. of CIKM.2009:1087-1096.
- 10 Zhai ZW, Liu B, Xu H, Jia PF. Grouping product features using semi-supervised learning with soft-constraints. Proc. of the 23rd International Conference on Computational Linguistics (COLING-2010). 2010: 1272-1280.
- 11 杨源,马云龙,林鸿飞.评论挖掘中产品属性归类问题研究.中文信息学报,2012,26(3):104-108.
- 12 张姝,贾文杰,夏迎炬,孟遥,于浩.产品属性归类技术研究.第六届全国信息检索学术会议论文集,2010.
- 13 Yi J, Niblack W. Sentiment mining in Web Fountain. Proc. of the 21st International Conference on Data Engineering (ICDE 2005). Washing,DC,USA:IEEE Computer Society Press,2005:1073-1083.
- 14 <http://www.ictclas.org/>
- 15 HIT-IRLab-同义词词林(扩展版).哈尔滨工业大学信息检索研究生: <http://ir.hit.edu.cn/>
- 16 www.dianping.com
- (上接第 132 页)
- 国防科技大学学报,2010,32(4):105-109.
- 23 杨亚让.基于 X3D 的虚拟现实全景技术设计.绵阳师范学院学报,2009,28(2):82-85.
- 24 顾大权等.基于纹理技术生成立方体表面全景图的算法.系统仿真学报,2009,21(19):6140-6143.
- 25 祝剑锋等.基于 CT 断层数据的仿 X 线全景图生成技术.生物医学工程学杂志,2011,28(6):1189-1193.
- 26 王海颖,秦开怀.一种全景图构造与全局调整的新方法.系统仿真学报,2010,22(8):1908-1911.
- 27 Foote J, Kimber D. FlyCam: Practical panoramic video and automatic camera control[C]. Proc. of International Conference on Multimedia and Expo. New York, USA: IEEE Press, 2000:1419-1422.
- 28 周金广等. PTZ 自主跟踪中的全景视频生成.中国图象图形学报,2011,16(1):110-117.