五. 草图及三维模型的特征提取

5.1 全局视图特征描述符

5.1.1 Zernike

5.1.2 Fourier

5.2 D2 描述符

5.3 集成描述符

5.4. 本章小节

Zernike矩 的 快 速 算 法

Chan FHY，Lam FK. An all adder systolic structure for fast computation of moments[J].JVLSI Signal Process，196，12:159 175.

**五. 草图及三维模型的特征提取**

在基于手绘草图的三维模型检索问题中，要将所有源模型与目标模型进行相似性计算，才能找出与目标模型最相似的源模型。随着三维模型的数量越来越多，这样的做法显然是非常低效的。在实践过程中，我们发现直接将草图与三维模型或者三维模型的二维视图集合进行比较是没有意义的。所以需要一种能够表达二维视图和草图特征的描述符。为了能够解决二维视图和草图之间存在旋转和尺度大小的不同，本文需要的特征描述符应当具有平移、尺度和旋转不变等特性。在计算机图形学领域应用过大量的描述符，包括 HOG、SIFT、Zernike 和 形状上下文等描述符。本章着重介绍 Zernike 描述符、Fourier 描述符、二维形状分布以及集成描述符，本章的集成描述符能够解决单一描述符提取特征不全的问题。

5.1 全局视图特征描述符

全局特征是指图像的整体属性，常见的全局特征包括颜色特征、纹理特征和形状特征，比如强度直方图等。由于是像素级的低层可视特征，因此，全局特征具有良好的不变性、计算简单、表示直观等特点，但特征维数高、计算量大是其致命弱点。此外，全局特征描述不适用于图像混叠和有遮挡的情况。

本文提出的全局视图特征包含 Zernike 矩和傅里叶描述符。首先，本文提取 二维视图的 Zernike 矩，并采用标准矩的方法归一化到(0, 1)范围。然后，取得 二维视图的轮廓视图，提取它的一维傅立叶算子，除以直流分量标准化到(0, 1) 范围。基于草图的三维模型检索不应该受到草图绘制位置、尺度大小以及旋转角度的影响。

**5.1.1 Zernike矩描述符**

图像的矩通常描述了改图像的全局特征，并提供了大量的关于该图像不同类型的几何特征信息，比如大小，位置，方向以及形状。

在基于手绘草图的三维模型检索汇总，一个核心问题就是图像的特征提取，简单描述即为用一组较为简单的数据来描述整个图像，这组数据越简单并且越具有代表性越好。一个良好的特征矩不守光线，噪点，几何形变的干扰。

Zernike矩是一个正交矩，是基于Zernike多项式正交化的函数。Zernike矩具有以下几个特点：完备性，正交性，旋转不变形。Zernikej矩是一个复数矩，一般把Zernike矩的模作为特征来描述物体的形状。一个目标对象的特征矩可以用一组很小的Zernike矩特征向量来表示。低阶矩阵、特征向量描述的是一幅图像的目标的整体形状，高阶矩特征向量描述的是图像目标的细节信息。

一组定义在单位圆上的复值函数集具有完备性和正交性，使得它可以表示定义在单位圆内的任何平方可积函数，定义为：

其中，表示圆点到(x,y)的矢量长度，表示矢量与X轴逆时针方向的夹角。是实值径向多项式：

称其为为Zernike多项式。

Zernike多项式满足正交性：

其中，的共轭多项式。并且由于Zernike多项式具有正交完备性，所以在单位圆内的任何图像f(x,y)可以用唯一的式子来展开：

式子中就是Zernike矩:

针对Zernike矩进行平移和尺度变换得到具有平移，尺度和旋转不变性的图像g(x,y)。g(x,y)的Zernike矩定义为：

其中，;表示视图轮廓内所有黑色像素点的横坐标的和，表示视图轮廓捏所有黑色像素点的纵坐标相加的和。表示投影视图中所有白色像素点的总和。()表示手绘草图的中心。

由于Zernike矩定义在单位圆内，故映射在单位圆外的像素点不参与计算，这是Zernike矩固有的几何误差。Zernike矩计算时间补觉长，因此需要选择一种快速的算法来减少时间。

**徐旦华【】等**提出了一种Zernike矩的快速算法。利用 Zernike多项式迭代性质，找出了 Zernike正交矩之间的内在关系，这样，高阶的 Zernike矩可由低价的 Zernike矩求出，再在 **Chan【】等**人提出的关于一维几何矩有效算法的基础上，得出了一种快速算法。与已有方法相比，该算法大大减少了求解过程中的乘法次数，降低了计算复杂度，从而提高了运算速度和效率;

**5.1.2** **Fourier描述符**

傅里叶描述子的作用是用来描述图像的轮廓信息，具有平移、旋转、尺度不变性特征。对于一幅图像，通过傅里叶描述子获得其图像轮廓信息，其本质就是空间、频域变换问题。通过将图像中的像素点进行傅里叶变换，得到得到图像的轮廓信息。

如果对傅立叶描述子进行低通滤波，Fourier描述子的低频分量捕获对象的一般形状特性，高频分量捕获更精细的细节，而且Fourier描述子是不考虑空间位置，因此，傅立叶描述子的作用与矩非常相似：低阶项/矩给出近似的形状，添加额外的项可以细化该形状。

傅里叶形状描述符基本思想是用物体边界的傅里叶变换作为形状描述，利用区域边界的封闭性和周期性，将二维问题转化为一维问题。由边界点导出三种形状表达，分别是曲率函数、质心距离、复坐标函数。

假设一个特定形状的边界有从0到n-1的n个像素。沿轮廓的第k个像素具的位置定义为()。对于曲线上一点，可以用复数表示：

S(t)=X(t)+jY(t)

=

=

对S(t)进行傅立叶变换可以得到：

其中，a(k)为傅里叶描述子，为了使其具有平移，缩放，和旋转不变性需要对其进行归一化

归一化后的模为：

这个描述符具有平移、尺度和旋转不变特性。其中，平移不变性和旋转不 变性是它本身的特性，归一化和绝对值操作保证了尺度不变性。

**5.2 D2 描述符**

二维形状分布是在三维形状分布的基础上变化得来的。三维形状分布的主要思想是利用形状函数来表示三维模型表面上点对的距离关系、模型内部角度 关系和区域面积，构建表达形状特征的统计分布直方图。同理，二维形状分布能够构建出二维视图的统计分布直方图。二维形状主要包括 A3、D1、D2、D3 和 D4 等五种形状函数。

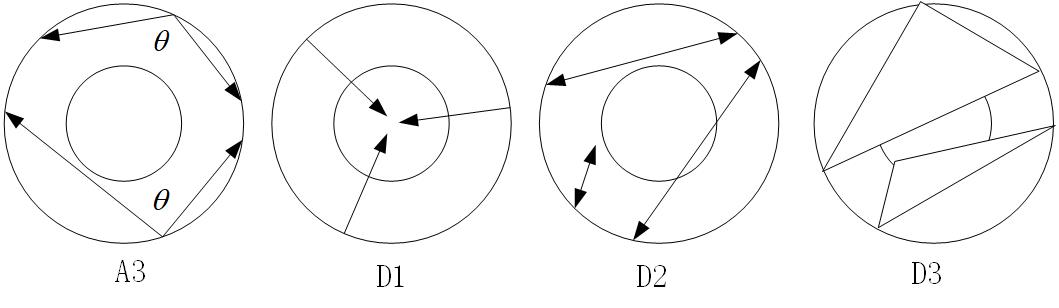
A3:在模型表面随机选取三个点，三点构成的三角形内角的概率分布构成 A3 形状特征。

D1:连接模型表面任意一点，与模型中心位置产生的距离概率分布构成 D1形状特征。

D2:在模型表面选取任意两点相连，两点之间距离的概率分布构成 D2 形状特征。

D3:在模型表面选取任意三点，三点构成的三角形面积的平方根的概率分布构成D3 形状特征。

D4:在模型表面选取任意四点，四点构成的立方体体积的概率分布构成 D4 形状特征。不同的形状分布描述符**如图所示。**



**5.2 集成描述符**

经过大量的实验表明傅里叶描述符中较小的值适用于表示全局视图特征。 Zernike 描述符中较大的值适用于表示全局视图特征。本文的傅里叶描述符与 Zernike 描述符均选取经验值**[46]。**其中，傅里叶描述符选取前 10 个较小的值; Zernike 描述符使用前 35 阶较大矩。对于一幅草图和三维模型的二维视图，本文使用向量的 L1 范式去度量Fourier描述符、Zernike 描述符和D2描述符之间的距离，公式为：

其中，F(p)、Z(q)分别表示草图和二维视图的傅里叶变换特征和 Zernike 矩特征。 、 分别表示草图和二维视图的二维分布特征。 、 和 分 别为使用傅里叶描述符、Zernike 描述符和二维形状分布的二维草图与投影视图 之间的相似性结果。其中，傅里叶描述符和 Zernike 矩构成本算法的全局视图特征描述符，公式为:

DG = DF + DZ

为了解决单一描述符对二维视图特征提取不全面的问题，本文在全局视图 描述符和二维形状分布的基础上进行一定权重的集成，得到一个能更好地表示 二维视图特征的描述符。集成描述符 D 定义为:

DD (1)D ,(0,1) (4-14) GD

 为全局视图描述符的权重，它与二维形状分布的权重相加为 1。草图与二维视图相似度越高， D 越小。不同用户绘画风格不同，绘画出的草图可能差异很大，集成描述子特征也会不一致，因此本文有如下方法避免检索结果的不准确。首先本文提出的集成 描述子具有平移、尺度和旋转不变等特性，避免了旋转、大小等对检索结果的 影响，因此，只有绘画风格存在对草图的影响，而绘画风格存在两方面问题， 1)绘制者对模型观察角度的不同，影响集成描述子的特征，因此本文采用多投 影的方式，尽可能多的考虑不同用户观察角度的差异。2)本文草图检索对绘制 有一定要求，绘制越精准检索效率越高，需要检索的次数越少，反之为了避免 绘画能力不足导致的检索不准，本文系统可以采用多次反复检索，系统中 8 个 模型框，只要一个能够检索出用户想要的模型(比如说“凳子”)，就可以直接获 取凳子模型，然后进行基于实例的检索(基于实例的检索更加精准)。

**5.2 本章小节**

本章主要介绍了集成描述子，并详细分析了集成描述子的特征构造，它是 由 Zernike 矩和傅里叶描述符组合的全局视图特征与二维形状特征按照一定比 例加权得到的。集成描述子作为特征提取的描述符，能够解决单一描述符对二 维草图信息描述不全的问题，利用欧式距离计算二维视图与草图之间的相似性， 对手绘草图的检索结果进行从小到大的排序显示。本章还着重介绍了三维模型 检索系统的应用，包括基于草图的检索过程和基于内容的检索过程两部分。针 对基于草图的检索过程为第一步检索，降低了对用户的要求，只需要简单的草 图即可完成检索，实验结果也表明本文的方法可以有效地检索相关的三维模型， 相比于其它的方法具有更准确的检索结果。但是草图检索相对粗糙，所以根据 结果可以使用基于内容的检索，即第二次检索。