

文章编号:1001-9081(2006)03-0711-03

交通事故现场摄影测量标定点识别

鲁光泉¹, 许洪国², 李一兵¹

(1. 清华大学汽车安全与节能国家重点实验室, 北京 100084; 2. 吉林大学交通学院, 吉林 长春 130025)
(lugq@mail.tsinghua.edu.cn)

摘要:对交通事故现场测量的现场标定点进行自动识别是提高交通事故摄影测量速度的重要技术。在自然光照条件下, 标定点区域不可避免地存在阴影等干扰, 采用无限脉冲响应(IIR)递归滤波器对脊线边缘进行检测, 可以有效排除阴影干扰。在进行直线提取和聚类的基础上, 对标定直线进行识别和排序, 并以此为基础对标定点进行识别和排序。直线分类采用动态聚类方法。为了保证聚类的鲁棒性, 对传统动态聚类方法的聚类中心生成方法进行了改进, 用中位数代替传统方法中的均值, 并采用最大、最小距离算法确定初始聚类中心。

关键词:事故现场测量; 标定点识别; 动态聚类; 模式识别

中图分类号: U491; TP391.41 **文献标识码:** A

Recognizing reference points for photogrammetry of traffic accident scene

LU Guang-quan¹, XU Hong-guo², LI Yi-bing¹

(1. State Key Laboratory of Automotive Safety and Energy, Tsinghua University, Beijing 100084, China;
2. College of Transportation, Jilin University, Changchun Jilin 130025, China)

Abstract: The recognition of reference points is important to survey traffic accident scene fleetly using photographs. In the nature light, there are shadows on the area of reference points. Infinite impulse response (IIR) filter was used to detect ridge edge and avoid the effect of shadows in nature light. After line was detected, reference line could be recognized and ordered based on clustering. Dynamic Clustering Analysis (DCA) was used to cluster lines. In order to robust result of clustering, DCA was improved: median value was used to replace mean value as the clustering center. Maximal and minimal distance analysis arithmetic was used to initialize clustering centers.

Key words: measurement of traffic accident scene; recognition of reference points; dynamic clustering; pattern recognition

0 引言

由于交通事故发生的地点是变化的和不确定的, 在通过摄影方法记录事故现场数据的过程中需要从不同角度、不同位置对事故现场进行拍摄。使用一次性标定的三维摄影仪器, 一方面价格昂贵, 另一方面, 不能适应交通事故现场灵活多变的拍摄需要。由于交通事故现场在多数情况下是一个静态场, 而且便于在事故现场设置标定物体, 因此, 可以使用普通照相机在放置了标定物的情况下对事故现场进行拍摄, 对事故现场摄影照片进行现场标定, 并根据计算机双目视觉理论对交通事故现场进行三维测量。现有的测量程序在标定过程中一般是对标定点进行人工干预的方式来进行选择。为了提高测量效率和测量精度, 必须对标定点的自动识别方法进行研究。由于交通事故现场的自然光照条件复杂, 给标定参考点的识别带来了一定困难。

为了对标定点的图像坐标和测量给定的三维坐标进行匹配, 要对各个标定点的相对位置进行识别, 也就是在提取出图像上标定点之后, 还要根据测量给定三维坐标的顺序, 对各个标定点进行排序。如果知道各个标定点所在的直线, 则很容易看出标定点的相对位置。因此, 本文在对标定直线进行识别的基础上提取标定物并借助直线信息对标定点的相对位置

进行识别排序。

1 标定参考点的设置

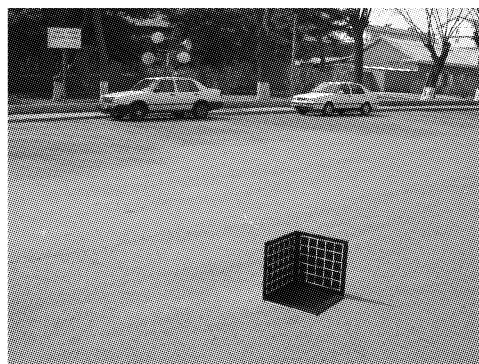


图1 现场照片

照相机标定一般都需要在照相机前放置特制的标定参照物(见图1), 并在参照物上设置标定参考点。标定点识别的图像处理方法和模式识别方法由标定点的设置方式决定。对于标定点, 如果没有其他的信息, 在只知道标定点位置的情况下, 很难识别各个标定点的相对位置。因此, 本文在对标定直线进行识别的基础上提取标定物, 并借助直线信息对标定点

收稿日期: 2005-09-23

作者简介: 鲁光泉(1974-), 男, 云南弥渡人, 副教授, 博士, 主要研究方向: 交通安全、交通事故再现; 许洪国(1955-), 男, 辽宁大连人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 交通安全、交通事故再现; 李一兵(1963-), 男, 湖南衡阳人, 教授, 主要研究方向: 交通安全、交通事故再现。

的相对位置进行识别。

由于图像阴影产生的边缘一般为阶跃边缘,所以把标定物上标定直线设计成脊线形式。如图 1 所示,在黑色背景上设置白线,形成脊线。标定直线为白线的中心线,标定点为标定直线的交点。在拍摄交通事故现场的过程中由于现场范围较大,为了扩大视野,一般照相机的成像光轴与地面的夹角很小。为了避免拍摄时由于拍摄角度的影响给标定点的识别带来困难,只在两个与路面垂直的面上设置标定点,第三个面只起定位和支撑的作用。

2 直线检测

为了提高标定点的提取速度和识别准确率,在进行标定物识别前,采用交互式方法指定标定物的图像区域。这样可以避免由于标定物图像区域识别错误造成识别不准,并减少了标定点的搜索空间。

直线检测主要分边缘检测、链码跟踪、直线参数估计和直线连接几个步骤。

2.1 标定直线边缘检测

脊线边缘一般可以定义为灰度剖面上二阶微分的不连续点^[1]。图 1 所示脊线剖面近似于一个矩形脉冲(见图 2)。因此可以用高斯二阶微分滤波器对图像滤波后通过非极大值抑制提取边缘点。文献[2]提出用与高斯二阶微分滤波器近似的无限脉冲响应(IIR)递归滤波器,在对图像进行滤波后通过非极大值抑制提取边缘。一维滤波器的脉冲响应为:

$$f(x) = [\alpha \sin(\omega |x|) + b \cos(\omega |x|)] e^{-\alpha |x|} \quad (1)$$

其中, α, b, ω 为常数。根据对滤波器特性的要求, α, b 可以由 ω 决定。矩形脉冲及其用式(1)所示滤波器卷积的结果如图 3。矩形脉冲与滤波器卷积后在矩形脉冲的中央($x = 0$)产生极大值。因此,用该滤波器对具有脊线的图像进行滤波处理后,在脊线的中央位置产生极大值,通过非极大值抑制可以提取脊线边缘。

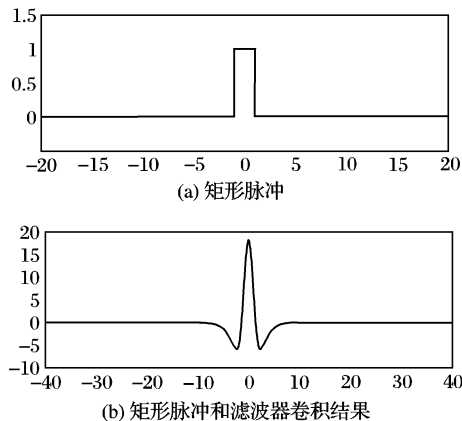


图 2 矩形脉冲及其响应 ($\alpha = 1.0, \omega = 0.01$)

图 3 是在对文献[2]介绍的方法进行适当改进后对标定物脊线边缘检测的结果。经实际验证,用 IIR 检测直线的方法进行脊线检测,能够有效地克服图像中阴影的影响,提高脊线边缘检测的稳定性。

2.2 直线参数估计与直线连接

为了提取标定点,要对标定直线进行参数化处理。先对边缘进行链码跟踪^[3],在此基础上以各个链码为单位进行直线参数化处理,并对直线进行必要的连接。

对于本文研究的标定区域,基本几何元素为直线。但在链码跟踪过程不进行特殊判断处理的情况下,得到的链码中

存在直线和折线。为了提高下一步直线拟合的精度,避免折线对处理结果的影响,需要对折线进行处理。在本文中,对折线的角点进行识别^[4]后,把折线从角点处拆分为两条直线链码。

曲线链码可表示为 $\{a_i\}^n$, 每条链码指向 8 个方向中的 1 个方向, $a_i \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$, i 为像素的索引值, a_i 是由像素(i) 指向像素($i+1$) 的方向链码。链码曲线中第 i 点的曲率^[4] 为:

$$C(i, n) = \begin{cases} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \Delta(i+j, i-j-1), & |\Delta(i+j, i-j-1)| \leq 3 \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n [\Delta(i+j, i-j-1) - 8], & \Delta(i+j, i-j-1) > 3 \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n [\Delta(i+j, i-j-1) + 8], & \Delta(i+j, i-j-1) < -3 \end{cases} \quad (2)$$

其中 $\Delta(i, j) = a_i - a_j$, n 为以第 i 个链码为中心的链码数。对于平滑的边缘曲线,其形态的局部区域(3 ~ 10 像素)极少突变,相邻链码之间的取向变化量不大于 90° ,即相邻链码差值的绝对值一般不大于 2.0。由于量化的结果和由于量化结果和阶梯效应的存在,链码曲线绝大部分相邻链码之间的取向变化量不大于 45° ,即相邻链码差值绝对值不大于 1.0,如一段直线、一段圆弧的形态变化。因此,阈值选取范围为 1.0 ~ 2.0。对于本研究来说,误判对下一步影响不大;但如果漏判,会使标定物上的两条标定直线以折线的形式存在,产生较大的直线参数估计误差,对结果产生严重影响。为了确保所有真实角点全部选入选择较低的判断阈值。一般取判断阈值为 $C_s = 1.0$,局部计算区域为链码数 $n = 5$ 。如果 $|C(i, n)| > C_s$,则该点为角点,从该点把直线链码分为两条。

根据上述方法进行边缘链码跟踪并识别角点后,把非直线链码从角点处分为两条链码,反复进行,直到不可再分。这样处理之后,可以认为所有的直线都是直线边缘链码,可以用最小二乘法对直线参数进行估计,得到一组直线方程。由于图像存在噪声,同时该方法进行了链码角点处理,一些长直线因此变成了一些间断的短直线,因此要对直线进行连接。直线连接是根据两条直线间方向的相似性、两直线的接近程度和两直线间的间断大小建立了直线连接准则,判断两条直线是否需要连接,并对需要连接的两条直线生成新直线^[5,6]。

图 4 为根据图 3 所示边缘检测到的直线。为了避免短小直线的角度误差对下一步聚类的影响,删除了长度小于 10 个像素的直线。

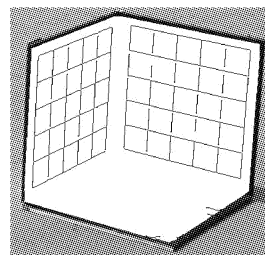


图 3 标定物脊线边缘检测的结果

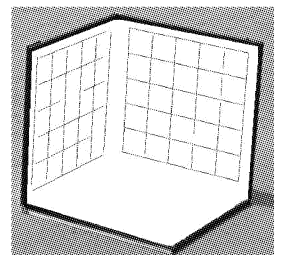


图 4 直线段检测结果

3 标定直线和标定点的识别与排序

交通事故现场摄影测量标定点识别包括两个方面的主要内容,一是确定标定点的图像坐标;二是确定各个标定点的图

像坐标与给定三维坐标集合元素的对应关系,即对标定点,根据给定三维坐标的顺序进行排序。根据上述标定点的设置情况,如果确定了标定直线的相对位置,可以由对应标定直线的交点确定标定点及标定点的相对位置。因此,标定点的识别与排序问题可转换为标定直线的识别与排序。

在事故现场一般的拍摄情况下,标定物上实际三维空间中平行的直线在摄影照片上近似平行。因此,可根据直线与图像水平方向夹角,对标定物上的直线进行分类。在标定物上设置好标定点后,因为各类直线的数量一定,所以可以在对直线检测并进行分类后的各类直线中进行选择,检测出标定直线。

3.1 直线聚类分析的测度与准则

图4所示检测到的直线与 x 轴的夹角的角度及其分布主要集中在三个区域,因此可以根据直线与 x 轴的夹角将直线分为三类。同类直线间的角度具有近似性,因此可以用两直线的夹角差作为直线聚类的测度。

设第 i 条直线与 x 轴的夹角为 α_i ,第 j 条直线与 x 轴的夹角为 α_j ,统一用直线锐角夹角作为它们的差异测度,则它们的夹角可以定义为:

$$D_{\alpha}(\alpha_i, \alpha_j) = \min\{|\alpha_i - \alpha_j|, ||\alpha_i - \alpha_j| - 180|\} \quad (3)$$

设三类直线的聚类中心分别为 C_1, C_2 和 C_3 。定义直线聚类准则函数为:

$$J_{\alpha} = \sum_{j=1}^3 \sum_{\alpha \in \omega_j} D_{\alpha}(\alpha - C_j) \quad (4)$$

式中, α 为类别 ω_j 的样本角度。

3.2 标定直线的识别

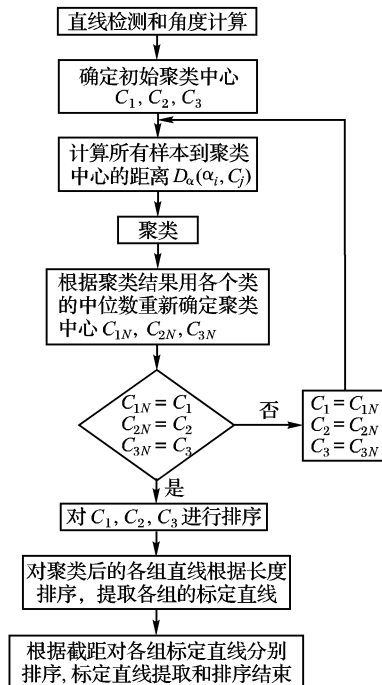


图5 标定直线的识别与排序过程

常用的动态聚类方法有C-均值算法^[7](或K-均值算法^[8])和迭代自组织数据分析法^[8](ISODATA算法^[7])。这两种方法在进行聚类迭代的过程中,下一步聚类中心都是用现有聚类类的样本均值来代替。这种方法对于样本误差不大时分类效果较好;如果样本中存在误差较大的数据,会对分类结果有较大影响,抗粗差能力较低。本文在C-均值的基础上,对动态聚类法的聚类中心确定方法进行了改进,在生成新

的聚类中心时用中位数代替均值,可以提高该方法的抗粗差能力。由于直线可以分为三类,因此可以用最大、最小距离算法^[8]确定三条直线的初始聚类中心 C_1, C_2 和 C_3 。

在对标定直线聚类并根据聚类中心排序后,对每一个类的直线安装长度排序,并根据各类直线数选择较长的直线作为各个类的标定直线。

3.3 标定直线排序与标定点识别

在确定一组标定点后,各个标定点要与测定的三维坐标值一一对应。对于给定的一组三维坐标,确定对应关系的过程可视为是对检测到的标定点,根据给定三维坐标的顺序进行排序。直接根据标定点确定它们的相对位置较难,因此,本文在对标定直线进行排序的基础上确定标定点在图像上的相对位置。

对于平行直线,可以通过比较截距大小来确定相对关系。经过聚类后的各类内直线近似平行。由于各类的直线在图像上只是近似平行,在标定物区域内不相交,为了避免用截距进行排序带来的误差,用过标定物区域中点且平行于坐标轴的直线与各条标定直线的交点坐标作为排序标准确定标定直线的相对位置。

对标定直线进行排序后,就确定了标定直线的相对位置。根据标定直线的相对位置,对相交的标定直线按顺序求出交点,就是相应的标定参考点,标定参考点的相对位置可以由相应的标定直线位置顺序确定。

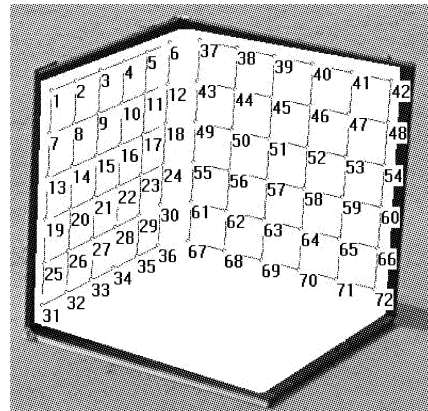


图6 标定直线及标定点识别结果

4 结语

对交通事故现场测量的现场标定点进行自动识别是提高交通事故摄影测量速度的重要技术。对于交通事故现场复杂的光照条件,利用脊线边缘设置标定点可有效地消除阴影的影响,并采用无限脉冲响应(IIR)递归滤波器,实现脊线对边缘的检测,结果表明具有较强的抗阴影能力。为了对标定点的图像坐标和标定点之间的相对位置进行确定。在进行直线检测的基础上,根据边缘直线的角度特点和空间位置关系,对直线进行分类。以此为基础,从检测出的直线中识别出标定直线,然后根据相对位置对标定直线进行排序。直线分类采用动态聚类方法,为了保证聚类的鲁棒性,对传统动态聚类方法的聚类中心生成方式进行了改进,用中位数代替传统方法中的均值,并用最大最小距离算法确定初始聚类中心。在标定直线识别和排序的基础上,可以顺序完成标定点的识别。实际检测表明,改进聚类中心生成方法可正确识别事故现场图像中的标定点。

工作带来很多麻烦。而在“辽”等字中也确实具有“了”这个字元,所以基本部件库就同时包含“了”和“子”。这虽然增加了一些存储量,但也给汉字的生成提供了更多的选择。

3 实验

部件库中每个图像用 Bezier 轮廓曲线^[5]保存,现在已经总结出 330 个常用基本部件,存储量为 242KB。

在这些部件的基础上,用一级汉字字库前 500 个汉字做了试验。在存储汉字时,每个部件名(即索引信息)有 3 个字节,每个参数是包括小数点在内的 10 位浮点数,所以汉字中每个部件的总存储量为 63 字节。分级字库的存储量与 Bezier 曲线字库的比较如表 1 所示。

表 1 分级字库与 Bezier 曲线字库存储量的比较

汉字个数	汉字 + 部件(分级字库)		Bezier 曲线存储每个汉字	
	总存储量	平均每个汉字存储量	总存储量	平均每个汉字存储量
500	335 KB	680 B	395 KB	809 B
3755	968 KB	264 B	2968 KB	809 B

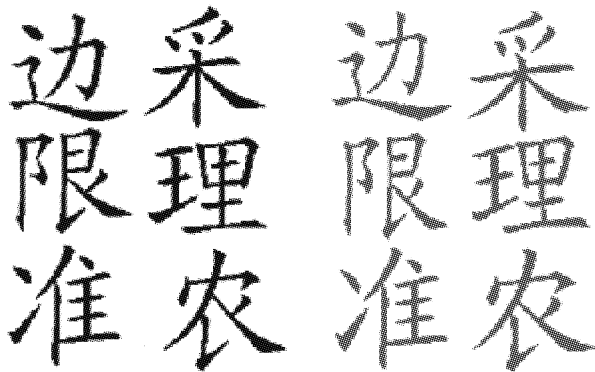
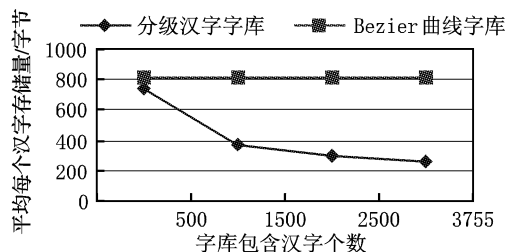


图 6 部件生成的汉字效果图

由表 1 可知,与使用 Bezier 曲线所保存的汉字相比,在存储 500 个汉字的时候,分级汉字字库每个汉字的存储量少了 16%。而随着生成的汉字增加到一级字库的 3755 个,平均每个汉字的存储量显著下降了 67.3%,因此,本文方法在大字库时存储量优势十分明显。

部分生成的汉字效果如图 6 所示,图 6(a) 为通过存储的

部件索引和参数信息调用部件生成的汉字,图 6(b) 为原“楷体_GB2312”的汉字。由图可见,构造出的汉字与真实汉字图像形状非常一致。

4 结语

本文提出了基于仿射变换重复利用部件来生成每一个汉字的新方法,总结了常用的部件,大大减小了汉字字库的存储量。实验结果表明,通过部件生成的汉字效果不错,与原来的楷体相比,在笔画和结构上都非常相近。存储量与 Bezier 曲线字库相比有明显的下降。

由于存储量的大大减少,分级汉字字库的方法有着广泛的应用,如:动态汉字字库^[6]装入 PDA、嵌入式系统或单片机中,基于分级汉字字库就可以大大减少存储量需要的成本。

由于手工选点做仿射变换将会有很大的工作量。我们构造了自动对汉字和部件分别选点来进行仿射变换的一套算法。过程步骤大致如下:

- 1) 分别对汉字和部件提取骨架;
- 2) 在骨架上提取特殊点(包括:端点、分叉点和拐点),设汉字上提取的特殊点数量为 m ,部件上为 n 个;
- 3) 分别在 m, n 个点中随机取出 3 点,即有 $P_m^3 \times P_n^3$ 种组合;
- 4) 对每一个组合做仿射变换,即得出 $P_m^3 \times P_n^3$ 组的参数;
- 5) 每一组参数根据部件仿射模拟出一个结果,分别与汉字原图像进行比较求欧氏距离^[7],得出结果最小,也就是效果最好的结果所对应的一组参数即为所求。

虽然这种方法在运算时间等方面还有不少改进的地方,但通过这样的方法,可以在建立分级汉字字库的时候大大减少人工的工作量,使得分级字库的汉字容量能够更容易地扩展,在实用性方面有很大的提高。

参考文献:

- [1] LEE H-J, HSU H-C. A hierarchical model - guided generation of Chinese characters[R]. National Chiao Tung University, Hsinchu, Taiwan, 1994.
- [2] LAI P-K, YEUNG D-Y, PONG M-C. A Heuristic Search Approach to Chinese Glyph Generation Using Hierarchical Character Composition[J]. Computer Processing of Oriental Languages, 1996, 10(3).
- [3] WANG J-H, OZAWA S. Automated Generation of Chinese Character Structure Data Based on Extracting the Strokes[Z]. Department of Electrical Engineering, Keio University, 1993.
- [4] 魏海涛. 计算机图形学[M]. 北京:电子工业出版社,2003. 51 - 68.
- [5] 马小虎,潘志庚. 高质量 Beizer 曲线描述轮廓库自动生成算法[J]. 自动化学报,1994,20(1): 121 - 125.
- [6] 陈东明,金连文. 基于骨架自动跟踪的动态汉字字库的设计与实现[A],彭群生. 中国计算机图形学进展 2004——第五届中国计算机图形学大会论文集[C]. 西安:西北工业大学出版社,2004. 457 - 460.
- [7] DUDA RO, HART PE, STORK DG. Pattern Classification[M]. Second Edition. 北京:机械工业出版社,2003.

(上接第 713 页)

参考文献:

- [1] LIANG G-H, TJAHJADI T, YANG Y-H. Roof Edge Detection Using Regularized Cubic B-Spline Fitting[J]. Pattern Recognition, 1997, 30(5): 719 - 728.
- [2] ZIOU D. Line Detection Using An Optimal IIR Filter[J]. Pattern Recognition, 1991, 24(6): 465 - 478.
- [3] 张小莉,王敏,黄心汉. 一种有效的基于机遇 Freeman 链码的拐角检测法[J]. 电子测量与仪器学报,1999,13(2): 14 - 17.

- [4] 李翔华,胡匡祐,苏万芳. 一种提取微血管边缘曲线角点策略[J]. 中国生物医学工程学报,1998,17(4): 289 - 194.
- [5] LIU Y, HUANG TS. Determining Straight Line Correspondences From Intensity Images[J]. Pattern Recognition, 1991, 24(6): 489 - 504.
- [6] LEE J-W, KWEON I-S. Extraction of Line Feature in A Noisy Image[J]. Pattern Recognition, 1997, 30(10): 1651 - 1660.
- [7] 温熙森,胡葛庆,邱静. 模式识别与状态监控[M]. 长沙:国防科技大学出版社,1997.
- [8] 沈清,汤霖. 模式识别导论[M]. 长沙:国防科技大学出版社,1991.