

# 航拍胶片注释信息自动解译算法研究

王志强,程红,梁勇,吴迪

(中国人民解放军空军航空大学特种专业系,长春 130022)

**摘要:** 航拍胶片注释信息记录着航拍过程中飞机的姿态参数及相机的工作参数,其正确解译对后期的图像处理尤为重要。本文介绍了航拍胶片注释信息解译的主要步骤,包括注释信息块的定位、阈值分割、标识符分割和标识符解译,重点研究了字符的阈值分割处理方法,提出了基于 CASDA 与 Niblack 相结合的阈值分割算法。实验表明,本文算法具有较好的可操作性和适应性,能够有效地对航拍胶片注释信息进行自动解译。

**关键词:** 注释信息;注释块定位;阈值分割;解译

**doi:** 10. 3969/j. issn. 1000-3177. 2012. 01. 020

**中图分类号:** TP751 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3177(2012)119-0100-05

## Research on Automatic Interpretation Algorithm of Annotation Information in Aerial Photos

WANG Zhi-qiang, CHENG Hong, LIANG Yong, WU Di

(Department of Specialty, The Aviation University of Air Force, Changchun 130022)

**Abstract:** In the annotation information of aerial photos exist the posture parameters of aircraft and working parameters of camera. Correct interpretation of the annotation information has an important role in image processing afterwards. In this paper, the process of annotation information in aerial photos is introduced, including location, threshold processing, character segmentation and interpretation, especially the processing of character threshold segmentation is researched, A threshold segmentation algorithm based on CASDA and Niblack is proposed. The automatic interpretation of annotation information in aerial photos is realized and the experiments show the algorithm is adaptable and operable.

**Key words:** comment information; comment information location; threshold segmentation; interpretation.

### 1 引言

目前,执行航拍任务的飞机上一般携带有可见光、红外、雷达等多种传感器,在这些传感器记录的信息中不仅包括图像信息还包括图像的注释信息,航拍胶片中的注释信息记录着重要的参数,如航高、地速、航向角、偏流角、横滚角、经度、纬度等相关参数,这些参数对于后续的图像处理和分析有重要价值<sup>[1]</sup>。胶片上的注释信息通常依靠人工目视方式读取,不但费力而且需要手动记录下注释信息,这极大地增加了工作时间,降低工作效率,因此,将胶片数字化后,利用计算机自动识别技术提取注释信息的

字符成为必然的选择。

### 2 算法流程

注释信息的自动解译一般要经过注释块定位、阈值分割、标识符分割和标识符解译等步骤,具体流程图如图 1 所示:

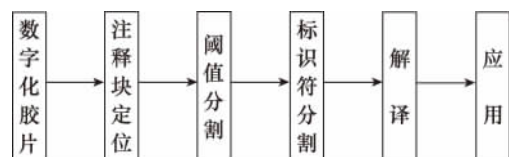


图 1 航拍胶片注释信息自动解译流程图

收稿日期:2011-01-14

作者简介:王志强,男,(1982~),空军航空大学特种专业系讲师,硕士研究生。

E-mail: kaola0811@163.com

— 100 —

## 2.1 注释信息块定位

由于同一类型的注释块也可能因为采用不同的分辨率,导致注释块大小不一,同时数字化扫描时注释区域周围可能会出现一些干扰,针对上述难题,本文主要利用小波变换和数学形态学相结合的办法来解决。

在对数字图像进行多尺度分解时,小波变换目前已经成为首选的数学工具,它能够使得原始图像中不同尺度的细节特征随尺度的不同而分离。在对图像进行小波变换后,图像内容信息主要集中在低频部分,而细节信息主要集中在高频部分。

针对小波分解后各细节分量信息的特点,将其应用于注释信息块定位。通过对图像进行一级、二级、三级小波分解,发现分解后的细节分量能很好地体现出注释块标识符位置的信息,特别是水平方向和垂直方向的高频图像能明显地体现出标识符边缘信息。因此,本文针对小波分解后各细节信息的特点,定义细节分量和:

$$S = \sum_{i=1}^n (h_n + v_n + d_n) \quad (1)$$

其中  $h_n$ 、 $v_n$ 、 $d_n$  分别为第  $n$  层小波分解的水平、垂直及对角分量。

通过对各分量进行求和,从而突出注释信息块的位置,加强了标识符与其周围图像的对比度<sup>[2]</sup>。为了充分利用通过小波分解后得到的标识注释块位置的边缘信息,并进一步排除干扰,从而确定注释块的准确位置,下一步采用形态学的方法进行处理。

对细节分量和图像进行简单二值化,对二值化后的图像进行闭运算,使相近的部分组成连通体,同时填补注释块内部的孔洞。在此基础上,再对其进行开运算,用以消除比结构元素小的亮细节。然后,利用数学形态学的方法,标记图像中已连通的部分,分别计算各标记区域最小外接矩形的面积、大小及长宽比,结合注释信息块的先验特征,从而排除其他连通体,最终确定注释块的位置。

## 2.2 阈值分割

注释信息的阈值分割是整个解译过程的关键环节,阈值处理效果不好将会造成标识符的粘连或者断裂,从而直接影响后续的标识符分割和识别。在标识符阈值分割过程中,阈值的选取是关键。本文结合全局阈值与局部阈值算法的优缺点,提出基于CASDA与Niblack相结合的阈值分割算法。先对注释块图像自动检测虚影区域,然后对虚影区域采用局部阈值法逐点确定阈值以消除粘连及断裂,而

对正常曝光区域进行全局阈值处理以提高处理速度,这样结合了全局阈值及局部阈值算法的各自优点,实现对注释信息块快速而有效的阈值处理。

基于上述考虑,算法的步骤如下:

### (1) 确定虚影区域

由于注释块的形成是利用发光二极管曝光的原理,且二极管间距离较近,因此很有可能会产生点光源的散射效应,即周围未曝光区域也会“泛白”,产生虚影假象。而且随着时间的延长,二极管会发生老化,这也会造成周围泛白。

然而,由于注释块的“行距大,列距小”这一特点,“泛白”对于相邻“行”的影响远小于“列”,因此只需将“行”作为一个整体处理即可。正常曝光情况下,注释块应该“非黑即白”,灰度直方图呈现“双峰”特点。根据这一特点,检测注释块每行所对应的灰度直方图,根据直方图灰度值的最小间隔  $\omega_0$ ,我们先给定一门限  $w$ ,使其等于  $10\omega_0$ ,然后求取直方图上各离散点与上一离散点及下一离散点的偏导。如果出现先正后负的情况,这一离散点有可能为“峰”,也有可能为干扰。结合事先设定的门限,如果在以该离散点为中心的宽度门限  $w$  内,此点为局部极大值,我们就认为这一点为峰值点,由此,可判断整个注释块各行对应的直方图中存在的峰数。基于上述判断,如果检测出的注释块某行所对应的直方图出现“多峰”,证明该行标识符和背景之间出现很多干扰像素,则该行属于虚影区域。反之,如果出现“双峰”,则该行即是正常区域。

### (2) 对正常区域运用 CASDA 全局阈值法进行阈值分割

CASDA 阈值分割算法是将图像空间分布特性与统计特性有机结合,大大加快了阈值分割的分类速度,与 Bernsen、Kittler<sup>[3]</sup> 等算法相比较,CASDA 法具有速度快、能消除不均匀光照引起的伪影、极少出现标识符断裂等优点,阈值分割效果好。其算法思想如下:

假设正常区域图像中标识符灰度为  $g_1$ ,标识符像素点所占比例为  $r_1$ ,背景灰度为  $g_2$ ,背景像素点所占比例为  $r_2$ ,  $0 \leq g_1, g_2 \leq 255$ ,  $0 \leq r_1, r_2 \leq 1$  且  $r_1 + r_2 = 1$ 。

该灰度图像均值为:

$$M = r_1 * g_1 + r_2 * g_2, g_1 < M < g_2 \quad (2)$$

方差计算如下:

$$C^2 = r_1 (g_1 - M)^2 + r_2 (g_2 - M)^2 \quad (3)$$

为把白字从黑底中分割出来,选取阈值为:

$$T = M + \sqrt{r_1 / r_2} * C \quad (4)$$

为了确定标识符像素点与背景像素点的比例,需要事先设定一阈值以实现标识符与背景的分类。这一阈值的选取根据实验经验选为最大最小灰度值和的 $1/6$ 。然后对正常区域图像采用CASDA法进行阈值分割,求出均值、方差,再结合式(4)即可求出阈值 $T$ ,从而实现分割。

### (3)对虚影区域进行图像增强

由于注释信息块的曝光源是近似点光源,因此曝光时可能会产生局部曝光不均,导致部分区域泛白,部分区域发暗。同时,在对图像进行数字化扫描时也可能产生亮度不均现象,从而产生虚影区域。

为了方便后续的标识符分割、识别,因此需要先对虚影区域进行图像增强。由于线性变换、直方图等增强方法只能从整体上实现增强,局部对比度依然不能得到增强,因此本文采用数学形态学中的顶帽和底帽变换。从原图像中减去开运算后的图像称为顶帽(top-hat)变换;而从原图像中减去经闭运算后的图像称为底帽(bottom-hat)变换。顶帽变换可以用来提升图像的对比度,而底帽变换可以用来寻找图像中的灰度谷值。顶帽变换和底帽变换一起用则可以明显地增强对比度。

(4)对虚影区域运用Niblack动态阈值法进行阈值分割

Niblack算法是动态阈值法中的一种,即每个点都有各自的阈值,该方法基于局部均值和局部标准差<sup>[4]</sup>,它的核心公式如下:

$$T(x, y) = m(x, y) + k * s(x, y) \quad (5)$$

对于图像 $f$ ,任意一点 $(x, y)$ 处的阈值 $T(x, y)$ 由局部均值 $m(x, y)$ 和局部方差 $s(x, y)$ 来决定, $k$ 是一个调整系数。为了确定图像中每个点的阈值,需要对图像进行扩充,扩充窗口的大小在Niblack方法中非常重要,既要能小到保持足够的局部细节又要能大到抑制噪声。通过实验发现,扩充窗口大小取值15,调整系数 $k$ 取值0.08时,效果最好。

### 2.3 标识符分割

经过阈值分割后的注释块图像仍是一个整体,包括标识符和标识符之间的空白间隔,要进行单个标识符的识别,就必须首先把单个标识符从注释块标识符群中分离出来,这就是标识符分割的任务。目前,标识符分割方法有数学形态学连通域方法、模板匹配法,常用的还有灰度投影法。第一种方法需要递归判断,速度比较慢;第二种方法对模板要求比较高,易造成累积误差,后者对前期二值化处理要求较高。在实际处理中,由于存在噪音干扰,间隔投影

可能不为零,但标识符块在垂直方向的投影将会在标识符的间隙处取得局部最小值,因此标识符的正确分割位置应该在该局部最小值附近。所以,本文提出灰度投影与注释块标识符特征相结合的标识符分割方法。

实施步骤如下:

①对阈值分割后的注释块图像水平方向投影。

②根据注释块大小特征,设定阈值 $T_1$ ,将小于 $T_1$ 的位置点保存在数组 $str$ 中。阈值 $T_1$ 的设定不需精准,因为标识符区域水平方向投影的灰度累加值和背景灰度累加值相差很远。

③依次按照数组 $str$ 中记录的小于 $T_1$ 的位置点找出每“行”注释块的起始和终止位置,实现行分割。

④对分割后的每“行”注释块分别进行垂直方向投影,以实现注释块标识符的列切分。

⑤结合每个标识符大小和位置的特征,在指定宽度 $width$ 范围寻找投影灰度累加值的局部极小值。

⑥将局部极小值所在的位置点作为分割点进行列标识符分割,从而分割出单独标识符。将分割出的标识符归一化为 $28 \times 14$ 大小。

### 2.4 标识符解译

目前,注释信息标识符解译主要有模板匹配法、神经网络法、模糊判决法等。模板匹配法是利用事先设定的模板图像与待识别的标识符图像进行点对点的比较,取相似度最高的标识符。此方法如果模板取得多则耗时,而且较易受待识别标识符图像的噪声和倾斜度的影响,容易产生误识别;神经网络法采用模板字库训练神经网络参数,然后识别标识符。这种方法网络训练有时难以收敛,当识别类型增多时,很难达到理想的效果。更重要的是,在实际应用中,神经网络法在样本数据有限时,很难取得理想的应用效果;而模糊判决法是用模糊集合来描述模式类,根据隶属度将模糊集合划分为若干子集,一个类对应一个子集,然后根据就近原则进行分类。该方法往往能反映待识别图像整体的、主要的特征,从而允许样本受到一定程度的干扰与畸变,但是建立准确的隶属度函数非常困难,从而限制了它的应用。

而支持向量机是专门针对样本有限的情况,其目标是得到现有信息下的最优解而不仅仅是样本数趋于无穷大时的最优值。在训练样本很少的情况下能够达到很好的分类效果,因此能很好地适应注释信息解译的实际要求。在多分类问题中通过引入核函数方法,巧妙避开了高维空间中的复杂运算,使算法实现成为可能,其算法复杂度与样本维数无关。

鉴于上述方法的优缺点,本文采用支持向量机的方法进行注释信息解译。

### (1) 特征提取

采取基于统计的特征提取方法,本文提取的特征为:交叉点特征和网格特征。交叉点特征即水平或垂直扫描统计黑白像素的变化次数;网格特征即将图像分成  $m \times n$  个网格,统计每个网格内是否有白像素(图像为黑底白字)作为特征。

### (2) 样本选取

在对分类算法进行研究的过程中,需将所有的样本划分为训练样本和测试样本。从样本库中选取一部分作为训练样本来进行学习建模,而且选取的不必太多,因为支持向量机是非常适合小样本学习的分类器。而传统的学习分类方法,像神经网络法,是以经验风险最小化取代期望风险最小化,即渐进理论,但这种取代只有当训练样本数趋于无穷时,最小化经验风险与最小化期望风险之间的偏差才能达到理论上的最小。因此,传统分类方法的泛化性能受训练样本数的影响较大,而支持向量机方法受训练样本数的影响较小,适用于小样本的学习<sup>[5]</sup>。

### (3) 参数确定

使用径向基函数需要确定两个重要的参数:惩罚因子  $C$  和核参数  $g$ 。参数  $C$  用于实现在经验风险和置信范围的折中, $C$  越大对数据的拟合程度就越高,然而  $C$  值过大也会导致经验风险增大。而核函数  $g$  控制 SVM 对输入量变化的敏感程度,值越大会使得 SVM 的反应迟钝,反之越小则抗干扰能力越差。本文采用基于网格搜索的参数确定方法,设置搜索范围为  $C=2^{-8} \sim 2^8$ ,搜索步长为 1, $g$  与  $C$  相同。对于每个给定的参数组合  $(C, g)$ ,均进行  $n$  次交叉验证。对于中小规模的问题,交叉验证是一种可靠的方法。所谓交叉有效,就是将训练数据分成  $n$  个大小相同的子集,先用其中  $n-1$  个子集作为训练样本得到一个判决函数,用它预测没有参加训练的子集,如此循环  $n$  次,直到所有的子集都作为测试样本被预测了一遍。取  $n$  次预测所得准确率的平均值作为最终的准确率值,这样得到的准确率是稳定有效的。

### (4) 解译

支持向量机对输入的特征向量集进行分类判断,通过训练,建立最优分类超平面,形成 model 结构体。该结构体包含了支持向量机所采用的所有参数、类别的数目、支持向量数目、支持向量等项目。训练形成 model 结构体后,将待测样本输入,程序自动进行特征提取后,形成特征向量,输入支持向量机

进行预测分类。然后对照注释信息块各部分所代表的相关参数信息,从而实现注释信息解译。

## 3 实验结论

实验条件为 Inter(R)Core(TM)2 Quad CPU, Windows SP2 操作系统,实验图像如图 2。实验中先采用小波变换和数学形态学相结合的办法实现注释块定位,实验结果如图 3、4 所示。然后,采用基于 CASDA 与 Niblack 相结合的阈值分割算法,对图 5 进行分割处理,实验结果如图 6 所示。在阈值分割的基础上,采用灰度投影与注释块标识符特征相结合的方法对图 7 进行标识符分割,实验结果如图 8 所示。最后,对分割出的单独标识符采用支持向量机的方法先进行标识符识别,并结合注释信息块所代表的参数将识别的结果解译出来,结果如图 9、表 1。



图 2 原图像

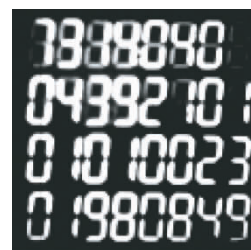


图 3 注释块 1

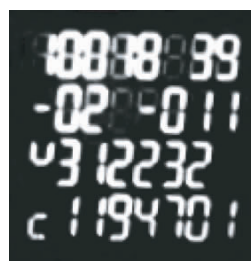


图 4 注释块 2



图 5 注释块 3



图 6 阈值分割图



图 7 注释块 4

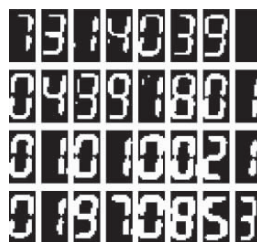


图 8 标识符分割图

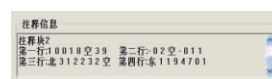


图 9 识别结果图

表 1 解译结果

参数项目	解译结果
真航向	100.18
俯仰角	3.9°
横滚角	-0.2°
偏流角	-1.1°
纬度	北纬 31°22'32"
经度	东经 119°47'01"

#### 4 结束语

本文针对航拍胶片注释信息解译中存在的注释块定位难、阈值分割易粘连断裂等问题,提出了一套完整的解决方案,包括注释信息块定位、阈值分割、标识符分割、标识符解译等。通过对大量的航拍胶片进行注释信息块的测试表明,本文提出的解决方案具有较好的解译正确率,有一定的实用性。

#### 参考文献

- [1] 鲍金河,等. 光学侦察设备成像系统[M]. 蓝天出版社,2008(10):72.
- [2] 戴青云,余英林. 一种基于小波与形态学的车牌图象分割方法[J]. 中国图象图形学报,2000,5(5):411-415.
- [3] 杨硕,尚振宏. 一种新的二维条码图像二值化算法[J]. 昆明理工大学学报(理工版),2008,33(1):44-46.
- [4] 李倩. 文档图像的二值化算法综述[J]. 中国传媒大学学报(自然科学版),2008,15(4):67-69.
- [5] 张晓萌. 基于支持向量机的 SAR 图像去噪与分割[D]. 西安:西安科技大学,2008:36-37.

#### “中英地理空间信息联合研究中心”揭牌

2011年12月13日,由中国测绘科学研究院与英国诺丁汉大学合力共建的中英地理空间信息联合研究中心在中国测绘创新基地揭牌。国家测绘地理信息局副局长李朋德,科技部国际合作司副司长陈霖豪,中国科学院、中国工程院院士李德仁,中国测绘研究院院长张继贤,英国诺丁汉大学副校长克里斯鲁德共同为该中心揭牌。

国土资源部副部长、国家测绘地理信息局局长徐德明专程发来贺信,指出:中国测绘科学研究院与英国诺丁汉大学强强联合,共建中英地理空间信息联合研究中心,对于推动中英两国测绘地理信息的深入合作与交流,共同提升两国的测绘地理信息科技和服务水平具有重要意义。衷心希望双方以中心成立为契机,面向未来发展,把中心办出特色、办出水平、办出影响,办成世界一流的国际联合研究中心,实现共同发展。李朋德、陈霖豪分别代表国家测绘地理信息局、科技部祝贺并表示将大力支持中心的发展。李德仁院士向中心的成立表示祝贺,希望在导航定位与基于位置的服务、摄影测量与遥感、地图学与地理信息系统、地理空间信息技术及产业化等取得重要进展。张继贤就中心职责定位以及机构设置等做了介绍,中心将结合中英双方优势共同开展与地理空间信息相关的基础和应用研究,特别是能够解决中英两国面临的关键科学和前沿问题,发挥世界孵化中心作用、实现双方科技成果的产学研的有效结合。克里斯鲁德介绍了诺丁汉大学情况,回顾了测绘地理信息方面的合作历史,并对中心发展寄予厚望。

该中心由中国测绘科学研究院与英国诺丁汉大学共建,由中国测绘科学研究院张继贤院长担任中心主任。作为国家测绘地理信息局首个国际联合研究中心,中英地理空间信息联合研究中心将结合中英双方优势,共同开展与地理空间信息相关的基础和应用研究,并特别致力于解决中英两国面临的关键科学和前沿问题,推动在导航定位与基于位置的服务、摄影测量与遥感、地图学与地理信息系统、地理空间信息技术及产业化等方面的新进展。目前,研究中心正围绕基于3S技术精细农业、基于位置的服务(LBS)等方面展开系列研究,推动测绘地理信息技术在精细农业领域及其他行业的广泛应用。中英地理空间信息联合研究中心的成立,对于推动中英两国测绘地理信息的深入合作与交流,共同提升两国的测绘地理信息科技和服务水平具有重要意义。中英双方将按照“构建数字中国、监测地理国情、发展壮大产业、建设测绘强国”的战略方向,加快实施测绘地理信息“走出去”战略,使中英地理空间信息联合研究中心成为世界一流的国际联合研究中心,为中英两国测绘地理信息事业发展做出重要贡献。中国工程院院士刘先林,英国诺丁汉大学、中英地理空间信息联合研究中心副主任孟晓林,中国同济大学副书记方守恩,海克斯康大中华区总裁李洪全,英国驻中国大使馆科技一秘威尔海伦也应邀出席了揭牌仪式并致辞。

按照国家测绘地理信息局的要求,中国测绘科学研究院在现有技术力量的基础上,用了不到半年时间,从任务接收、技术论证、协作加工、实测演练,集成研制出了第一套国家地理信息应急监测车,基本实现了应急数据采集实时化、处理自动化、传输网络化的要求。该应急监测车具备应急地理信息快速获取、处理和远程数据传输功能的新型保障装备,可为重大自然灾害、社会公共安全等突发事件的处置提供全流程应急测绘地理信息服务。