

一种机场目标检测与定位方法

张永梅¹, 李强¹, 马礼¹, 胡蕾²

(1. 北方工业大学 信息工程学院, 北京 100144; 2. 江西师范大学 计算机信息工程学院, 南昌 330022)

摘要: 针对机场目标检测定位时目标特征提取过于单一, 识别结果不理想的问题, 文章提出一种基于多源遥感图像的机场目标检测与定位方法; 分别提取多光谱机场图像的跑道特征、纹理特征, 以及相同区域 SAR 图像的后向散射特征, 并将这些特征输入 SVM 分类器进行识别来判断候选区域是否包含机场, 解决了目前特征单一、识别率较低等问题; 实验结果表明该方法能更好地识别机场区域、提高识别率。

关键词: 连通域; 平行线; 纹理特征; 后向散射特征; 支持向量机

An Airport Target Detection and Location Method

Zhang Yongmei¹, Li Qiang¹, Ma Li¹, Hu Lei²

(1. Institute of Information Engineering, North China University of Technology, Beijing 100144, China;

2. School of Computer Information Engineering, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China)

Abstract: Aimed at single feature extraction and dissatisfied recognition results about airport target detection and location, this paper proposes an airport target detection and location method based on multi source remote sensing images. By extracting runway characteristics, texture on multispectral images of airport candidate regions, and backscattering characteristics on SAR image of the same regions, this method inputs the features to SVM classifier to identify and determine whether the candidate regions contain the airport or not. This approach solves the problems of single feature extraction and lower recognition rate. The experimental results show this method can better identify candidate regions and improve the recognition rate.

Key words: connected domain; parallel line; textural features; backscattering characteristics; SVM

0 引言

遥感图像中的机场一直是一类非常重要的目标, 在民用和军事方面都具有重要意义和广泛的应用^[1]。一般传统的机场检测定位方法从提取机场跑道特征或纹理特征入手^[2-4]。提取单一跑道特征时不能很好地 区分跑道、道路、操场等有很明显平行线特征的目标; 提取单一纹理特征时, 如果两区域纹理特征接近, 就得不到理想的识别结果, 综上所述: 使用单一特征对目标进行识别, 将对识别效果有很大的影响。

本文提出一种基于多源遥感图像的机场检测定位方法, 利用同一区域多光谱和 SAR 机场图像, 分别提取多光谱图像的跑道特征、纹理特征、以及 SAR 图像的后向散射特征, 用 SVM 分类器识别, 最后定位机场区域。实验表明, 本方法可以有效识别和检测定位机场区域。

1 机场检测定位总体流程

本文的机场检测定位总体流程如图 1 所示。

多光谱图像丰富的光谱信息为分割、地物边界、纹理等创造了良好的条件。而 SAR 图像的高分辨率, 对于一般的建筑、机场等含有如角反射器、金属构件等, 或由此材质构成, 很多都具有较强的后向散射特性。所以, 对多光谱图像中提取纹理和跑道特征, 对 SAR 图像提取后向散射点特征, 最后进行分

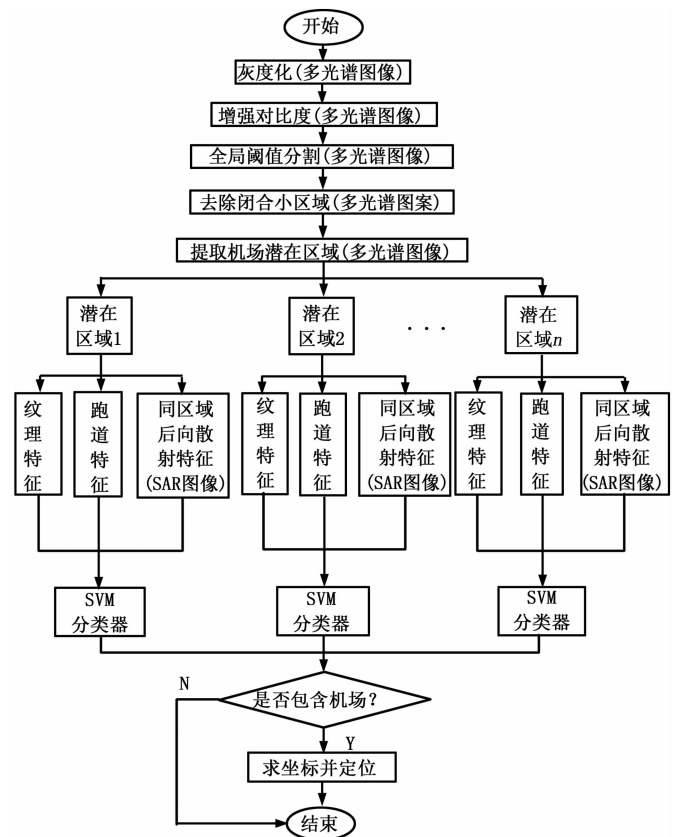


图 1 机场检测定位流程图

收稿日期: 2013-11-12; 修回日期: 2014-01-10。

基金项目: 国家自然科学基金项目(61371143, 61262036); 国家科技支撑计划项目(2012BAH04F00); 北京市自然科学基金项目(4132026)。

作者简介: 张永梅(1967-), 女, 山西太原人, 教授, 博士, 主要从事图像处理 and 智能识别方向的研究。

类和定位。

2 遥感图像机场目标检测

2.1 预处理

遥感图像中的地物目标影像的灰度值往往局限在一个比较狭小的灰度范围内，这就使得在图像分割时，阈值的选择也变得比较困难。在一般情况下，机场区域处于图像的灰度偏亮区域，而且灰度范围窄而均匀，为了便于后面的图像分割，需要对原始多光谱图像灰度化后增强对比度。最后使用基本全局阈值对增强后的图像进行分割。增强对比度后的机场目标更加突出，使分割后的结果更有利于目标区域的提取。

2.2 候选区域选取

机场往往表现为一些较大的连通域，所以把较大连通域设定为机场的潜在区域，以便后续识别。实验结果如图 2 所示。

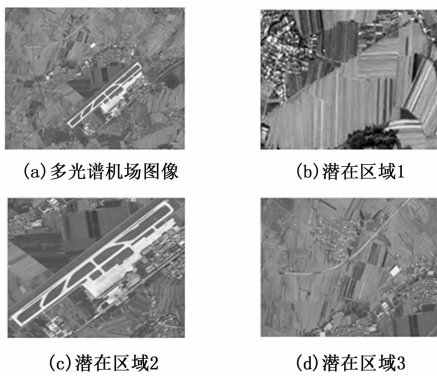


图 2 潜在区域提取

在图 2 中，(b)、(c)、(d) 为图 2 (a) 原始多光谱图像预处理后提取的潜在区域。从实验结果看到，提取的候选区域中，有的包含机场区域，有的是一些伪机场区域，下一步要判断这些区域是否存在真正机场。

2.3 特征提取

2.3.1 纹理特征提取

由于机场目标的性质和形状特征，在图像上表现出明显的纹理特征，纹理特征主要用于面状目标的识别。通过提取纹理特征就能够识别机场区域。

本文主要利用灰度共生矩阵方法提取潜在区域的纹理特征，建立灰度共生矩阵 $p(i, j)$ 后，提取特征值，分别为以下 4 种统计量：

$$\text{能量: } ASM = \sum_i \sum_j p(i, j)^2 \quad (1)$$

$$\text{对比度: } CON = \sum_i \sum_j (i - j)^2 p(i, j) \quad (2)$$

$$\text{相关性: } COR = \frac{1}{\sigma_x \sigma_y} [\sum_i \sum_j ((ij) p(i, j)) - \mu_x \mu_y] \quad (3)$$

$$\text{其中: } \mu_x = \sum_i i \sum_j p(i, j); \mu_y = \sum_j j \sum_i p(i, j);$$

$$\sigma_x^2 = \sum_i (i - \mu_x)^2 \sum_j p(i, j); \sigma_y^2 = \sum_j (j - \mu_y)^2 \sum_i p(i, j);$$

$$\text{熵: } ENT = - \sum_i \sum_j p(i, j) \log p(i, j) \quad (4)$$

能量反映了图像灰度分布均匀程度和纹理粗细度，ASM 值大表明一种较均匀和规则变化的纹理模式；对比度反映了图像的清晰度和纹理沟纹深浅的程度，灰度差大的像素对越多，CON 越大；相关性反映了图像中局部灰度相关性，当矩阵元素均匀相等时，COR 越大，反之越小；熵是图像具有的信息

量的度量，当共生矩阵中所有元素有最大的随机性，空间共生矩阵中所有值几乎相等，熵就较大，它反映了图像中纹理的非均匀程度或复杂程度^[5]。表 1 给出了图 2 中潜在区域的纹理特征统计量。

表 1 潜在区域统计量

	能量	对比度	相关性	熵
区域 b	6.42e-3	1.01	1.01	1.11e-1
区域 c	4.02e-3	3.31	1.35e-2	7.48e-2
区域 d	3.96e-3	4.04 e-1	2.33 e-2	6.13 e-2

从表 1 可以看出，包含真实机场区域的潜在区域纹理变化模式基本相同，灰度差大的像素较多，局部灰度相关性较差，纹理复杂程度较低。

2.3.2 跑道平行直线特征提取

跑道是机场的主体，在轮廓上由两条平行线构成，所以，平行直线的提取成为跑道识别的基础，是机场识别中的重要特征^[6-7]。

本文使用改进的 Hough 变换对其提取，对候选区域边缘检测之后提取直线，得到的一系列杂乱无章的线段，所以需要规定一些规则筛选出正确的结果，规则如下：若两条线段斜率相同，则保留，反之，舍去；若两条相同斜率线段在一条直线上（规定由左向右为正），计算第一条线段的终点与第二条线段起点的距离，如果这个距离在某一个范围内，则把这两条直线合并为一条直线；若两条相同斜率线段不在一条直线上，计算两条平行线段组成四边形的长宽比，筛选出长宽比在某一个范围内的平行线段（长度远远大于宽度）。

图 3 为图 2 潜在区域跑道检测结果。图 2 中 (a)、(c) 潜在区域中没有检测出满足条件的跑道平行线。从结果看出本文改进的 Hough 变换方法可以较好地提取跑道平行线特征。

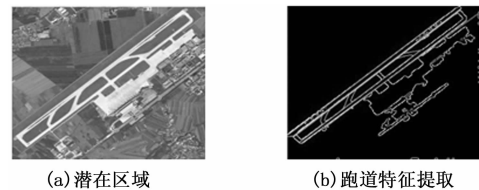


图 3 跑道特征提取

2.3.3 后向散射点特征提取

利用与原多光谱图像相同区域的 SAR 图像，提取后向散射点特征。首先，飞机在 SAR 图像中显示为一个或几个亮点，结合背景，具有强后向散射特性；其次，机场内的主要地物有跑道、滑行道、停机坪、机体以及相应的建筑物，其中，跑道、滑行道、停机坪等均为水泥路面，无回波，而它们之间的地区多为草坪，为中等回波，飞机和建筑为强回波，所以机场区域分布大量的强后向散射点，又因为机场一般建在郊外，距市区较远，其周边环境强散射区域较少，后向散射点分布稀疏。所以，提取 SAR 图像相同潜在区域强后向散射特征点，可以很容易判别出机场区域^[8]。

在所提取的 SAR 图像中，同时存在着目标和背景，背景中含有的杂波会引入大量的斑点，与需要提取的强后向散射点不同，为错误的特征点，直接影响 SAR 强散射点目标的提取。因此，在提取特征点前，需要对 SAR 图像分割、滤波、信息

恢复等处理, 最后对处理之后的图像利用式 (5) 对其进行特征点提取^[9]。

$$p_{ij} \begin{cases} 1, \min(a_{ij} - a_{mm} > \sigma, & a_{mm} \in U(a_{ij}) \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

式中, i, j 为信息恢复后图像行数和列数, $p_{ij}=1$ 时, 代表当前像素为目标特征点; $p_{ij}=0$ 时, 则表明当前像素为非特征点; a_{ij} 为当前像素的像素值; $U(a_{ij})$ 为 a_{ij} 的局部邻域 (8 邻域); σ 为原始 SAR 图像的方差值。

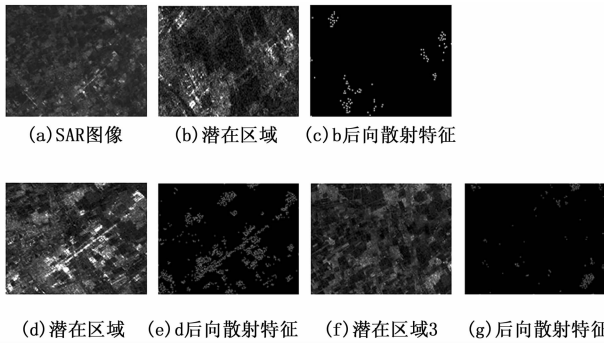


图 4 特征点提取结果

如图 4 所示, (b)、(d)、(f) 为图 2 的潜在区域对应的 SAR 图像潜在区域。得到的后向散射特征分别为 (c)、(e)、(g), 从实验结果可以看出, 包含机场区域的潜在区域分布密集且包含大量的特征点, 而非机场区域分布稀少。

2.4 SVM 分类

本文使用 SVM 分类器对候选区域进行筛选。使用 97 个机场区域正样本和 118 个非机场区域负样本, 利用上面提到的各个特征组成特征向量来描述这些区域并训练分类器。训练完成后, 通过训练好的分类器排除候选区域中非机场区域。对图 2 中的候选区域进行识别, 识别结果如表 2 所示。

表 2 识别结果

区域	b	c	d
结果	不包含	包含	不包含

从表 2 可以看出, 本文方法可以较好地对待选区域筛选, 得出包含机场的区域。本实验对 50 个候选区域进行筛选与其他方法对比, 对比结果如表 3 所示。

表 3 对比结果

方法	识别率 (%)	误识率 (%)
文献 [3] (跑道特征)	75	25
本文 (不含后向散射特征)	82	18
本文	92	8

从表 3 可以看出, 本文识别方法明显提高了识别率, 降低了误识率, 而且后向散射特征的引入大大提高了识别率。

识别出机场区域之后, 根据多光谱图像机场连通域相关性, 在多光谱图像中用彩色突出其机场区域, 结果如图 5 所示。

在图 5 中, 整个机场区域完全被彩色所覆盖, 这样做是为了下一步定位机场区域做铺垫。

3 定位机场区域

定位机场区域即计算出机场区域水平外接矩形的 4 个顶点坐标^[10], 只需求出左上、右下角的坐标即可。方法如下:

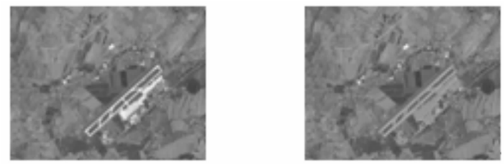


图 5 彩色突出机场区域

遍历整个彩色突出机场区域后的图像, 如果某一点的像素值数据属于标定出的机场区域, 则把它的横、纵坐标分别存入数组 A 和 B 中, 计算 A 和 B 数组的最大值和最小值, 则左上角坐标为 A 的最小值和 B 的最小值; 右下角坐标为 A 的最大值和 B 的最大值, 最后用矩形框定位出机场区域。

图 5 (a) 多光谱图像计算的二点坐标如表 4。水平向右为 x 正方向, 垂直向下为 y 正方向。图 5 (a) 多光谱图像定位结果如图 6 (a)、(b) 所示。

表 4 两点坐标 (单位: 像素)

多光谱图像	左上	右下
图 5 (a)	(270, 210)	(583, 505)

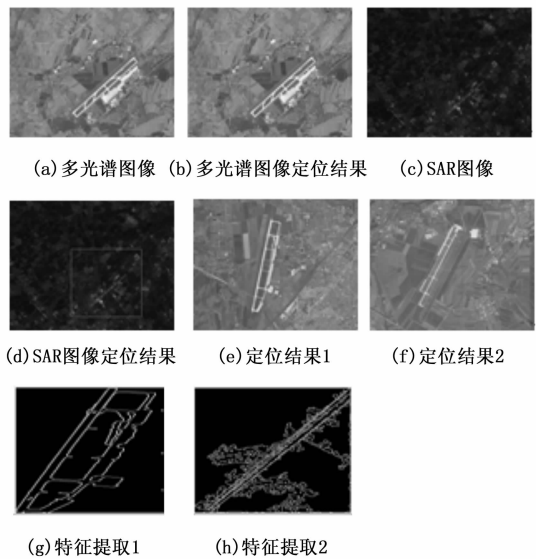


图 6 多光谱和 SAR 图像定位结果

4 实验结果及分析

实验中采用 50 幅包含机场的图像, 识别率达 90% 以上。如图 6 (a) ~ (d) 所示, 为同一区域多光谱和 SAR 图像检测定位结果。

从实验结果看出本文方法可以有效检测定位出机场区域。由于篇幅有限, 图 6 (e)、(f) 只给出一些多光谱图像的定位实验结果。

如图 6 (e) 所示, (e) 提取的候选区域有两个, 在提取直线跑道特征的时候, 由于两候选区域中含有明显道路, 其特征与跑道类似, 所以传统方法检测跑道时就会把类似跑道特性的道路也判定为跑道, 结果如图 6 (g)、(h) 所示。文献 [3] 方法中遇到这种情况, 就会无法判定哪个区域有机场, 使识别率降低。在本文方法中, 虽然图 6 (h) 候选区域被判断为含

(下转第 1753 页)

b0; 同理, DB_in=16'hBF69 时执行高速输出位信息命令, WR2 写入位信息并启动脉冲分配器, 数据经命令和内部脉冲时序控制, 输出结果传输到 PLC 输出锁存器低 8 位并刷新输出映像寄存器中的位信息, 得 $y=64'h0000000000000002$, com=1; DB_in=16'h9F69 时执行输出位信息命令, 命令执行结果刷新映像寄存器中的位信息, 输出锁存器中的数据不被刷新, 得 $y=64'h0000000000000002$, com=1; DB_in=16'h7F69 时执行数据刷新命令, 将输出映像寄存器中的 64 位数据传输到 PLC 输出端口, 此时 $y=64'h000000200000000002$, com=1; DB_in=16'h3F69 时执行位信息读取命令, 系统读信号 RD 到来时, 将位信息输出到系统数据总线 D0 位, 并将控制器复位, 此时内部数据总线输出寄存器 DB_out=64'hzzzzzzzzzzzzzzzz1, $y=64'h0$, com=0。

并行数据输出控制器系统经 Synplify 综合后产生的 RTL 电路图显示, 系统由 7 个主要的功能模块组成, 相对原理图多出一个封装优化模块, 电路结构与设计原理图一致。消耗芯片资源情况为 Core 和全局连接线分别占用 1.56% 和 16.67%。实验验证了设计从原理到实现的硬件电路可行性和功能可行性。

4 结语

本文介绍了一种利用 FPGA 实现 PLC 位信息输出控制的方法。FPGA 位信息输出控制器是一个由硬连接控制电路构建, 数个模块构成且协同工作的系统。控制器从数据总线获取命令和数据后根据内部时序自主完成位信息在存储单元的读写操作, 不需要 PLC 处理器参与控制。充分利用了 FPGA 并行工作的特点, 实现输出位信息与 PLC 执行用户程序指令的并行操作, 并通过仿真实验验证。但对于系统的控制效率和速度

有待进一步研究、完善。

参考文献:

- [1] 方承远, 张振国. 工厂电气控制技术 (第 3 版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [2] 李克俭, 蔡启仲, 覃永新, 等. 输出位信息的读写与时序控制器 [P]. 中国专利: CN202677383U, 2013. 1. 16.
- [3] 张 炜, 李克俭, 蔡启仲, 等. 基于 FPGA 的 PLC 并行计数器的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (4): 1044-1047.
- [4] Yu L, Li K J, Cai Q Z, et al. Design of PLC timer system based on ARM+FPGA [A]. 2012 3rd International Conference on Applied Mechanics and Mechanical Engineering (ICAMME 2012) [C]. Macau, 2012: 1188-1194.
- [5] Oh J, Roh J, Yang H J. The development of bay control unit with flexible IO module [A]. 2011 The International Conference on Advanced Power System Automation and Protection [C]. Beijing, 2011: 1110-1114.
- [6] 陈传鹏. 基于 FPGA 的并行控制器设计 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2008: 4-5.
- [7] 曾青林, 李锦明, 马游春. 反熔丝 FPGA 在多路数据采集存储系统中的应用 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (11): 2874-2876.
- [8] 夏宇闻. Verilog 数字系统设计教程 (第 2 版) [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [9] Brown S, Vranesic Z. Fundamentals of digital logic with verilog design (2th Edition) [M]. New York, McBraw-Hill 2008: 217-225.
- [10] ProASIC3 器件手册 [Z]. 广州: 广州周立功单片机发展有限公司, 2010.

~~~~~

(上接第 1737 页)

有跑道, 但是结合该区域其他特征, 综合分类结果为非包含机场区域, (g) 候选区域为包含机场区域。

又如图 6 (f) 所示, 该实验图像机场候选区域在提取机场跑道特征的时候, 由于主跑道遮挡过短和辅跑道过窄, 该区域没有提取出满足跑道特征的直线, 传统方法中会判定为没有检测出机场, 但是本文方法综合结果判定为包含机场区域。

综上所述, 本文方法可以提高识别率。在识别的过程中, 后向散射特征在机场识别中起到至关重要的作用。实验表明, 提取后向散射特征, 可以明显提高机场的识别率。

#### 5 结论

本文提出了一种基于多源遥感图像特征提取的机场检测定位方法, 引入 SAR 图像后向散射特征。通过提取多光谱图像纹理特征, 跑道平行线特征和 SAR 图像后向散射特征, 有效提高了机场识别率。

#### 参考文献:

- [1] 隋东坡, 周 焰. 利用多光谱遥感图像融合机场识别方法 [J]. 计算机测量与控制, 2005, 13 (1): 72-75.

- [2] 孔祥维, 赵全顺. 遥感图像中机场识别技术研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2011.
- [3] 陈旭光, 林 卉. 遥感图像中机场目标的识别方法 [J]. 计算机工程与应用, 2012, 48 (25): 194-197.
- [4] 谭毅华, 彭碧发. 高分辨率遥感图像目标识别方法研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2011.
- [5] 张洪刚, 刘丽霞. 图像纹理特征研究和比较 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2011.
- [6] 曹世翔, 江 洁, 张广军, 等. 长线状特征下机场跑道检测方法 [J]. 红外与激光工程, 2012, 41 (4): 1078-1082.
- [7] Aytakin, Zongur, Halici. Texture-based airport runway detection. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters [J]. 2013, 10 (3): 471-475.
- [8] 娄 军, 今 添, 宋 千, 等. 高分辨率 SAR 图像散射中心特征提取. 电子与信息学报 [J]. 2011, 33 (7): 1661-1666.
- [9] Zhao B, Cui T J. Scattering characteristics of targets above a rough surface in SAR images [J]. International Journal of Antennas and Propagation, 2012.
- [10] Wang X, Lv Q, Wang B, et al. Airport detection in remote sensing images; a method based on saliency map [J]. Cognitive Neuro Dynamics. 2013, 7 (2): 143-154.