

Image Fusion *Theories, Techniques and Applications*

chap12 基于多源数据融合的机场跑道异物检测 系统及关键技术研究

汇 报 人： 肖 刚 副教授

电子邮件： xiaogang@sjtu.edu.cn

联系电话： 021-34206192 13918459696



上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University

汇报提纲

1. 需求分析
2. 国外系统分析
3. 系统总体方案
4. 关键技术与研究
5. 初步研究成果



1.需求分析



中国“辽宁号”航母

2016-12-16



What are they doing ?

1.需求分析

- **FOD (Foreign Object Debris)**，即可能损伤航空器或系统的某种外来物质，如金属碎块，水泥碎屑或橡胶碎片。
- **FOD (Foreign Object Damage)**，即任何由外来物引起的损伤，即可以是物理上的损伤也可以是经济上的损失。
- 常所说的**FOD**指外来物。根据上述的定义，航空器的外来物种类相当多，如螺栓、跑道碎块、轮胎碎片、动物等。



1.需求分析

- FOD危害



协和空难造成飞机完全解体，共有**113**人遇难，法航向遇难家属赔偿约**1.3**亿美元。

由于协和飞机机翼的底面与油箱之间的连结装置有安全隐患，后来为改善协和飞机的安全性能耗费了约**2400**万美元。



1.需求分析

- FOD 带来的危害不仅是损坏航空器和夺去宝贵的生命，而且还伴随着巨大的**经济损失**。非计划的拆换发动机本身就是昂贵的花费，更不用说旅客延误和航班取消带来的损失
- 很多时候**FOD** 造成的损失都以百万美元计。据保守估计，每年全球因**FOD**造成的损失至少**30-40 亿美元**



1.需求分析

- 随着世界民用航空业的迅猛发展，民用客机数量大幅增加，机场航班的起降频率更加频繁，机场跑道异物越来越对机场安全造成威胁，飞机损伤，飞行事故，航班晚点等事件的发生频率不断上升，破坏程度不断加大，对民用航空业带来了巨大的影响和损失。
- 目前，国内外跑道监察工作主要是靠道面巡查人员完成，民航组织规定每天对道面进行四次步行检查。在巡查跑道时将关闭跑道，这使得航班通行能力大大降低。在实时监控技术和计算机视觉目标识别技术日益发展的今天开发一种全天时，全天候，全自动，高检测率的机场跑道异物检测系统已经成为必然。



1.需求分析



2.国外系统分析



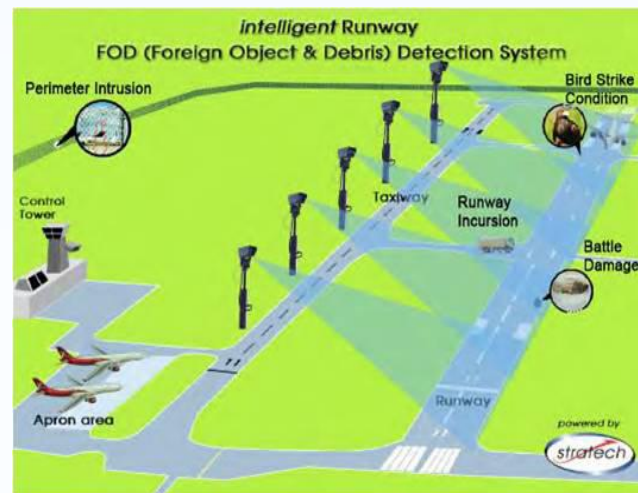
美国的FODfinder



英国的Tarsier Radar



以色列的FODetect



新加坡的iFerret

2016-12-16

机场跑道异物检测系统及关键技术

9



上海交通大学

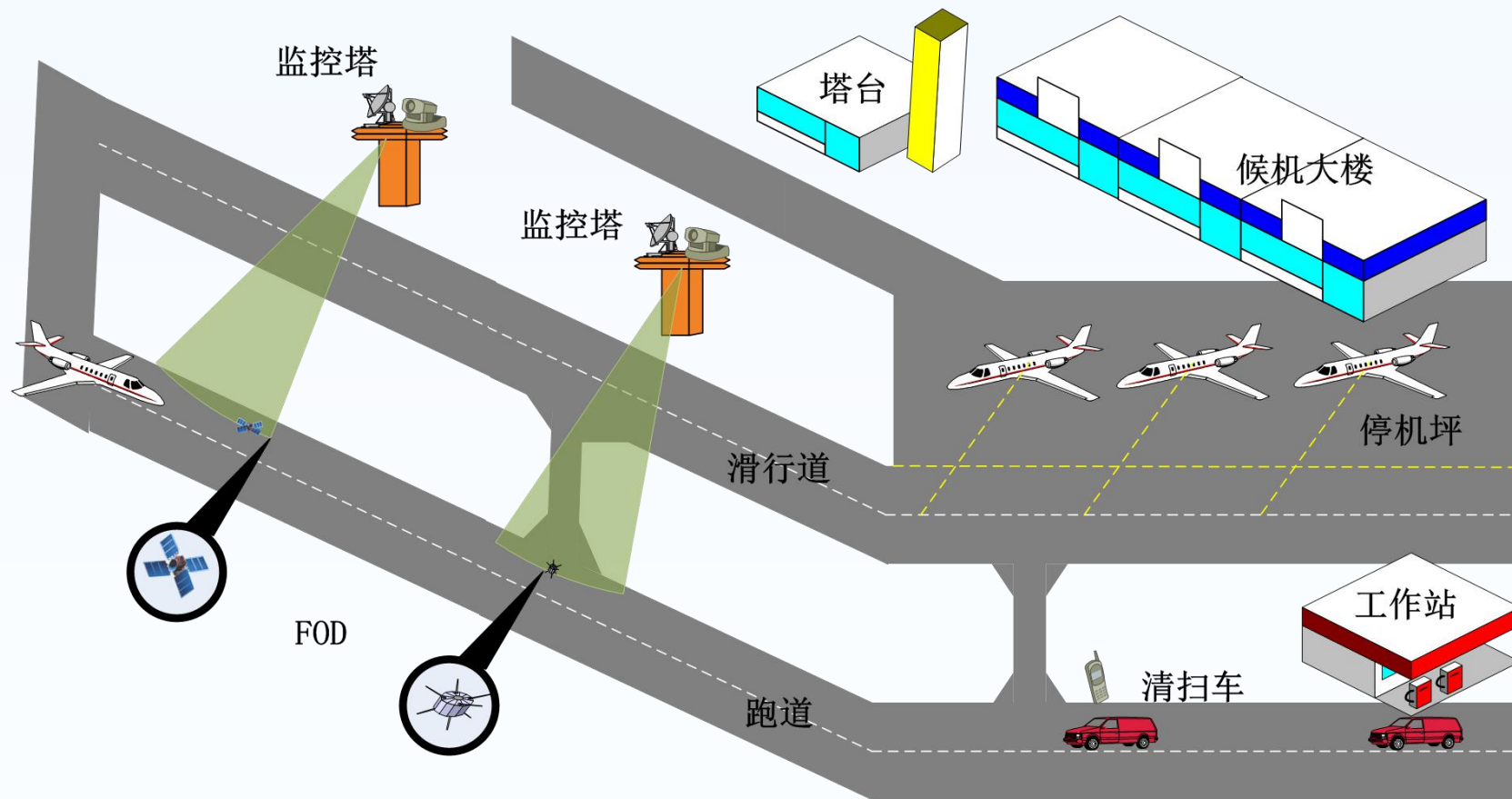
2.国外系统分析

	FODFinder	FODetect	iFerret	Tarsier Radar
国家	美国	以色列	新加坡	英国
探测设备	毫米波雷达 可见光相机 红外灯	毫米波雷达 可见光相机 红外灯	可见光相机	毫米波雷达 可见光相机 红外灯
检测方法	雷达与视频 综合检测	雷达与视频 综合验证	智能图像处理	雷达扫描 视频验证
人工验证	需要	需要	不需要	需要
安装位置	车载	跑道边灯	塔架	塔架
主要优点	可探测机场 所有区域	不受跑道 边灯影像	无需雷达 成本较低	技术成熟 应用较多
主要缺点	依然处在半自 动检测模式 探测距离受限	系统规模庞大 开发维护成本 较高	受光照天气条件 影响较大	依然处在半自动 检测模式



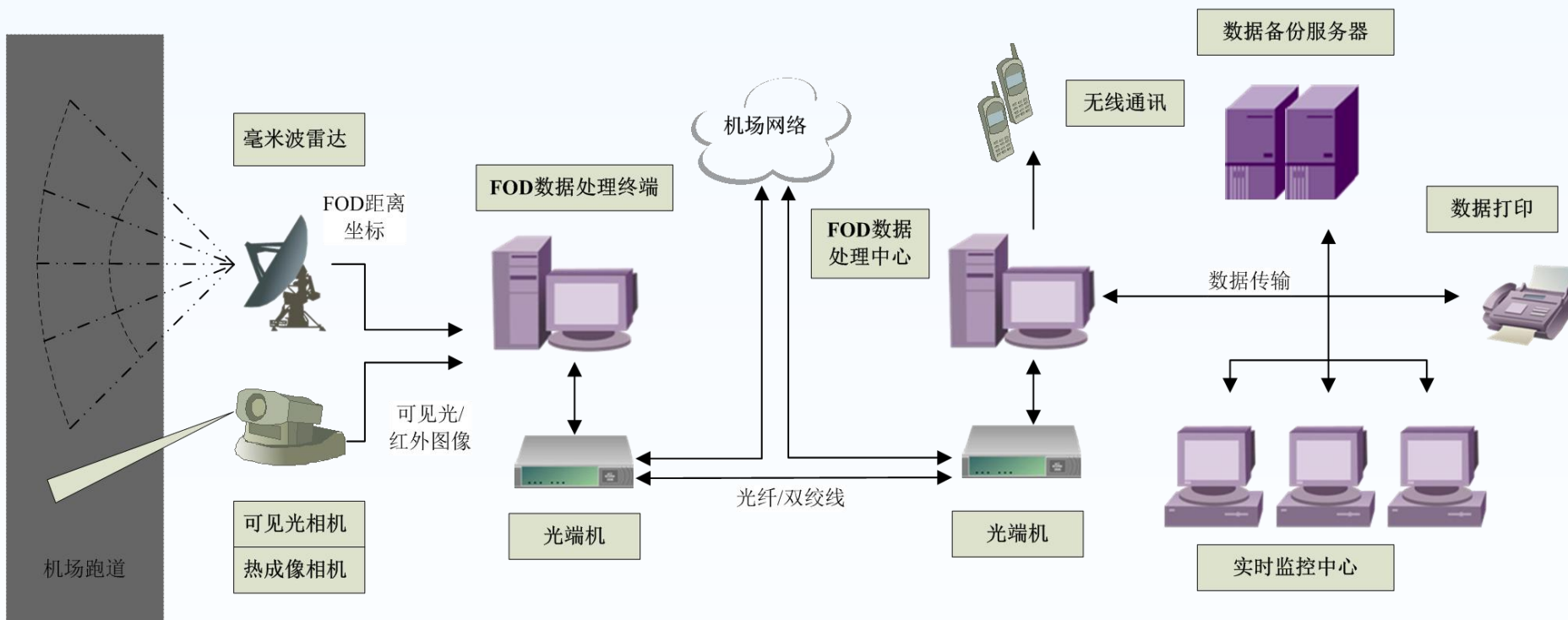
3.系统方案设计

- 系统物理分布 塔架模式



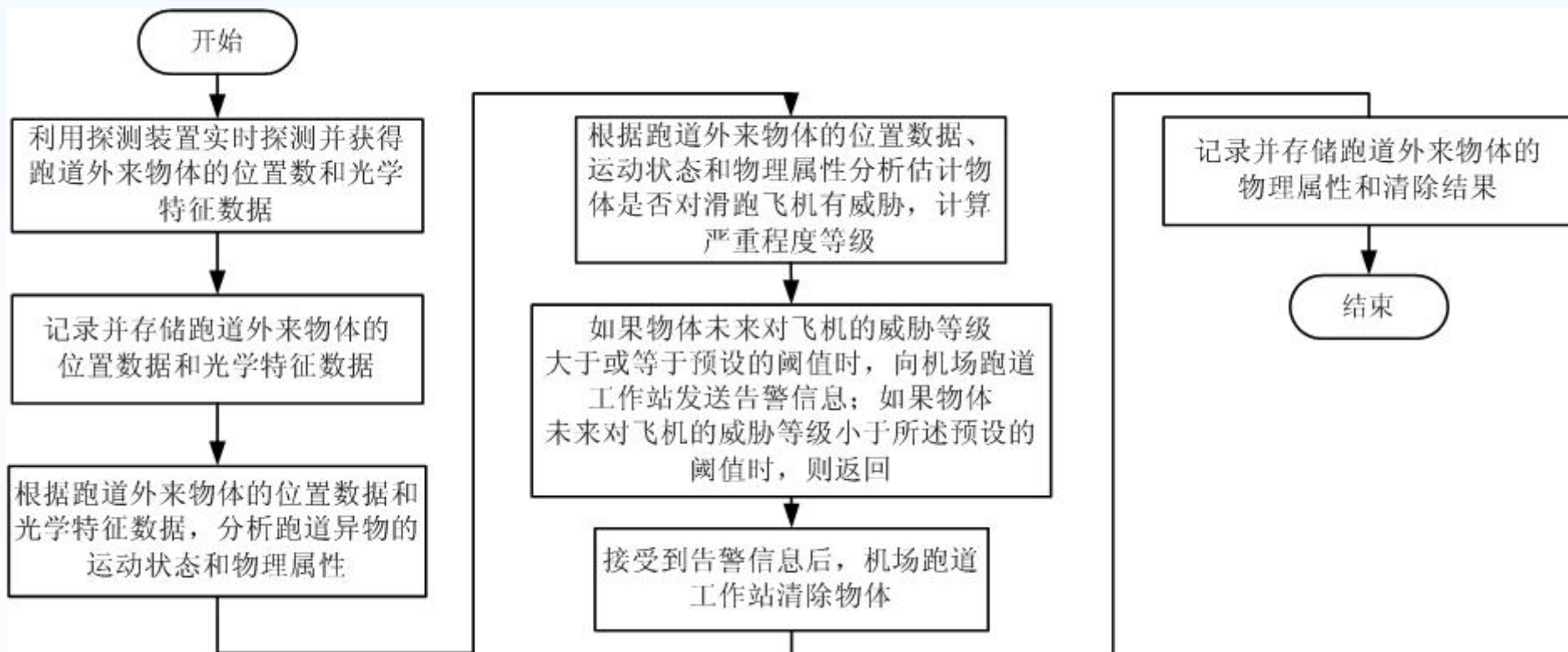
3.系统方案设计

- 系统网络拓扑
- 塔架探测器终端 与 监控中心



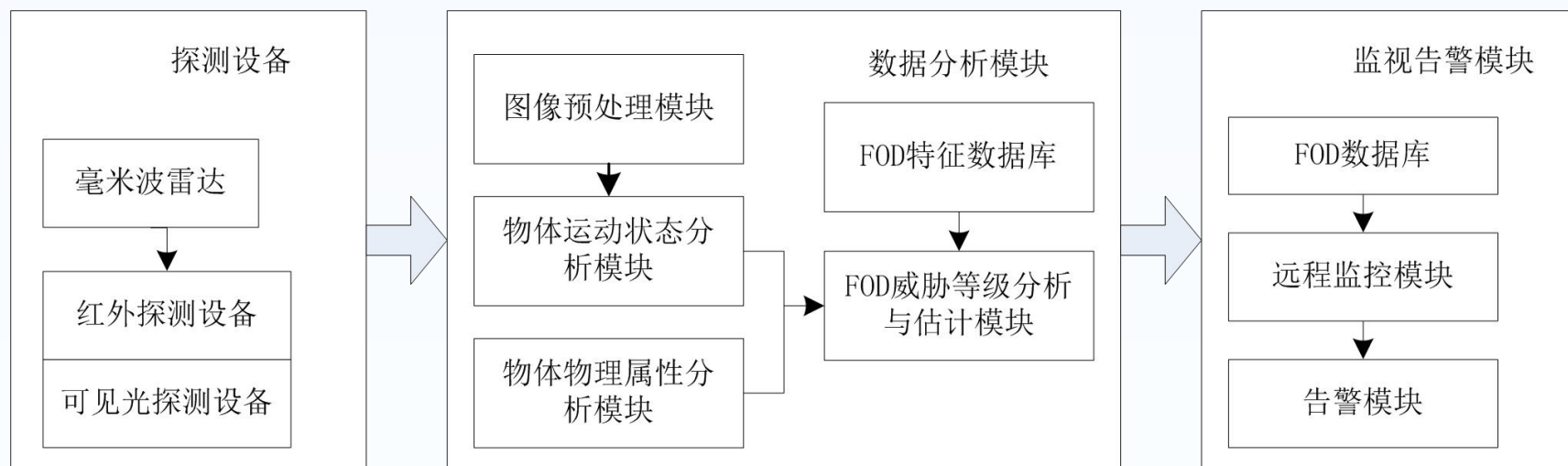
3.系统方案设计

- 系统工作流程



3.系统方案设计

- 系统子模块
 - 探测设备
 - 数据分析模块
 - 监视告警模块



3.系统方案设计

- 探测系统
 - 毫米波雷达：FOD目标的检测
 - 可见光与红外摄像机：FOD目标图像数据采集



96Hz 毫米波雷达



球形复合式可见光/红外相机

3.系统方案设计

- 数据处理系统：
 - 图像预处理模块
 - 目标区域分割与**FOD**目标检测算法
 - 目标运动状态分析模块
 - **FOD**目标运动状态分析算法
 - 物体物理属性分析模块
 - **FOD**目标图像特征提取算法与物理属性分析方法
 - **FOD**特征数据库



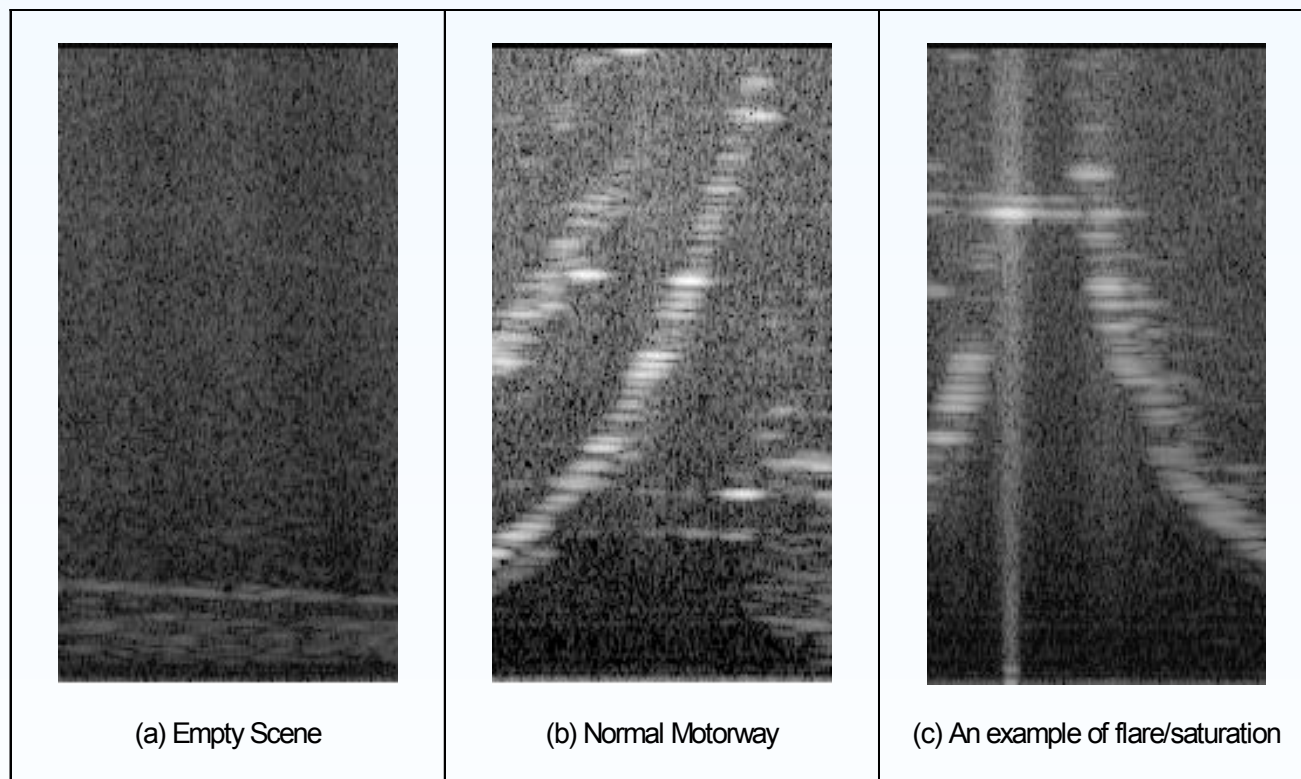
3.系统方案设计

- 监视告警系统：
 - FOD数据库
 - 远程监控系统
 - 告警模块



4. 关键技术研究

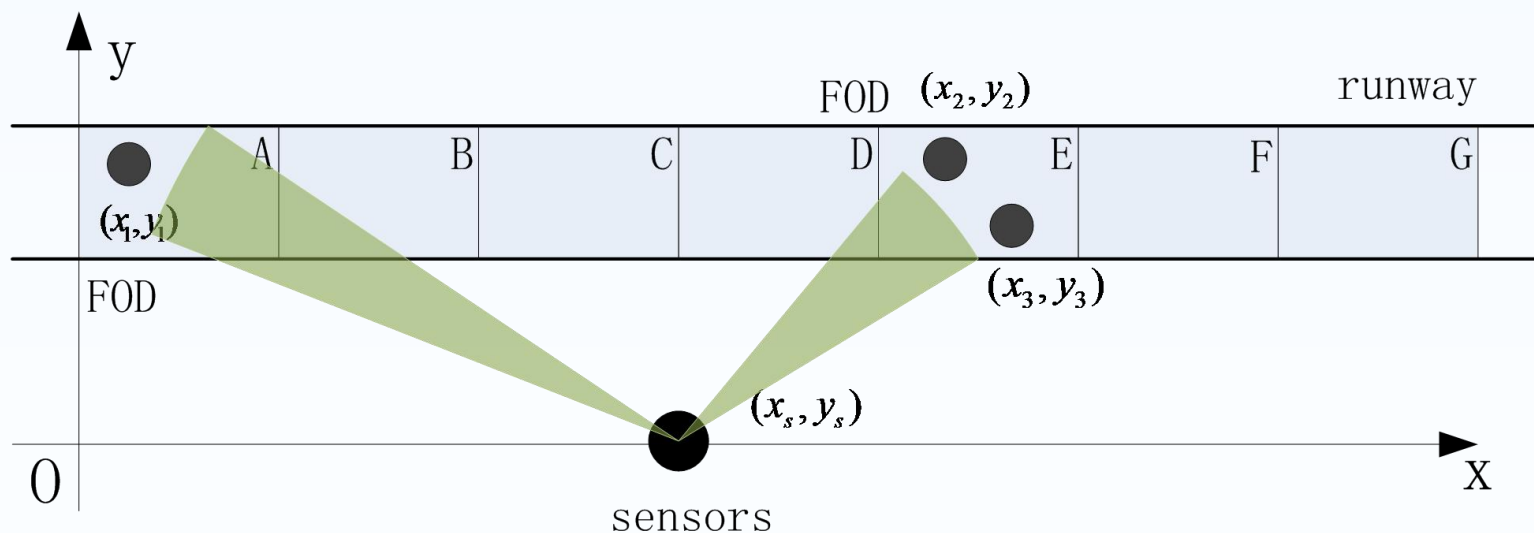
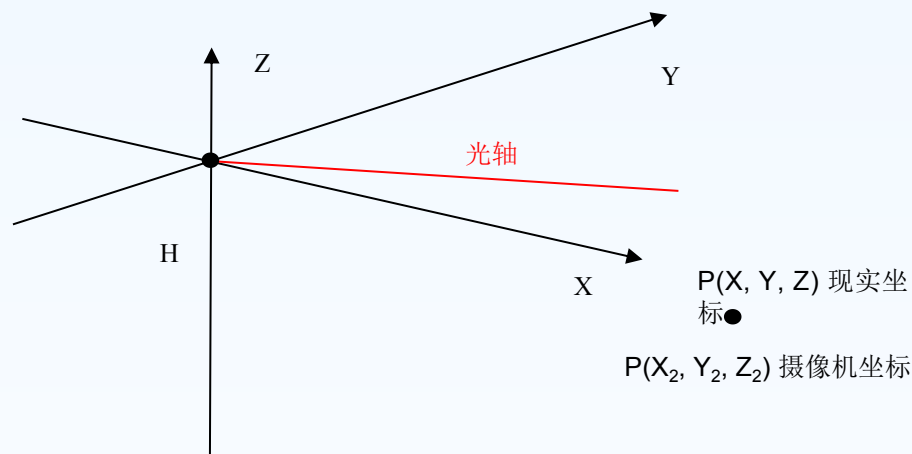
- 毫米波雷达



毫米波雷达图像（以运动车辆为例）

4. 关键技术研究

- 红外与可见光相机
 - 相机标定
 - 机场区域划分



4. 关键技术研究

- 红外与可见光原始实验数据



金属FOD 目标



橡皮FOD 目标

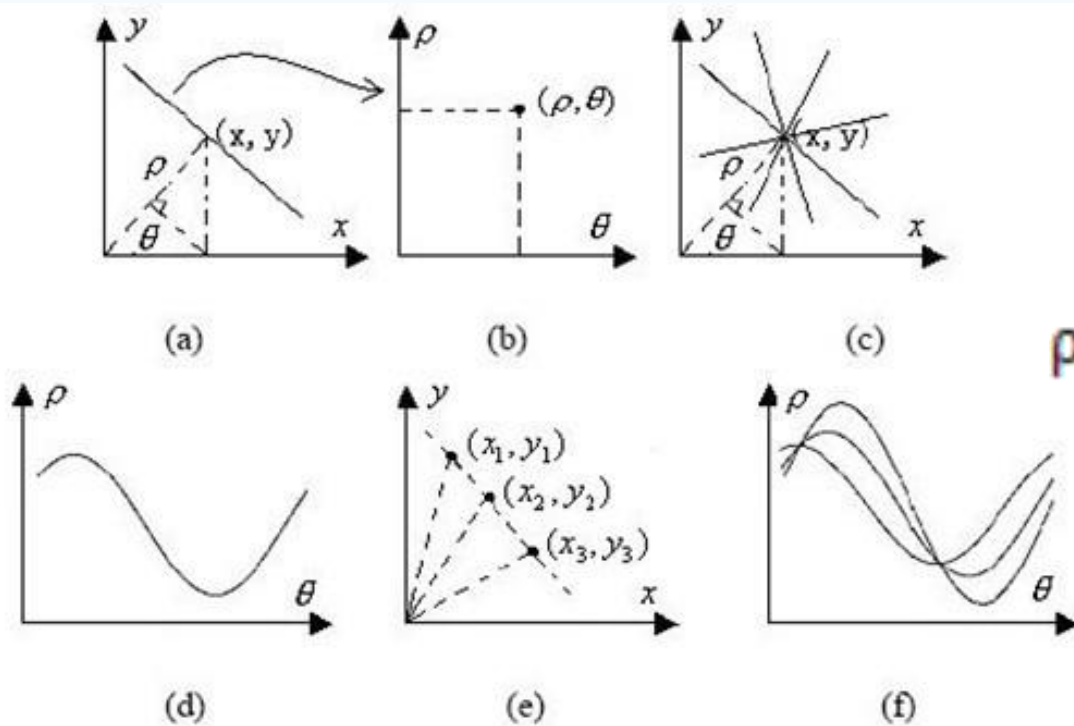
4. 关键技术研究

- 图像预处理算法
 - 图像分割算法
 - 基于Hough变换的机场跑道区域分割



4. 关键技术研究

- 图像预处理算法
 - 基于Hough变换的机场跑道区域分割



$$y = k * x + b$$

$$\rho = x * \cos(\theta) + y * \sin(\theta)$$

4. 关键技术研究

- 红外图像中FOD目标检测实验结果



Original image



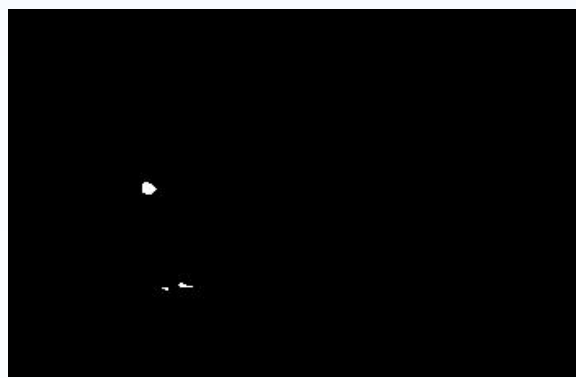
Edge detection



Runway Region



Background image



Subtraction & Binary image



Final Result image

4. 关键技术研究

- 红外图像FOD识别（金属与非金属）
- FOD目标在红外图像中的特征

- 温度特性 热辐射特性

FOD 目标在入侵机场跑道的短时间内，金属物体一般温度低于跑道温度，非金属物体一般温度高于跑道温度。在红外图像中金属物体灰度值低于跑道区域灰度值，非金属物体灰度值高于跑道区域灰度值。

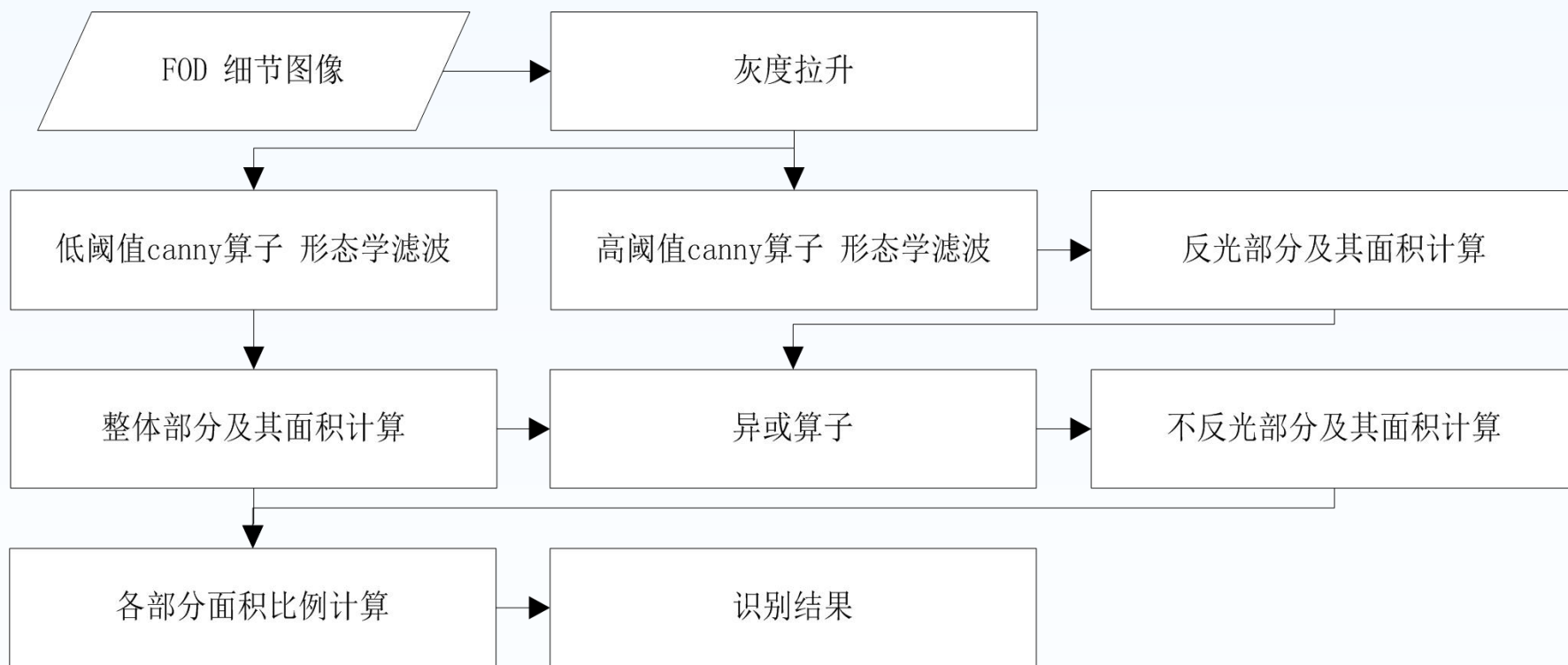
- 反光特性 光照影响特性

金属目标在强光条件下由于自身放光特性导致局部反光强烈，使得红外图像中金属物体灰度分布不均。



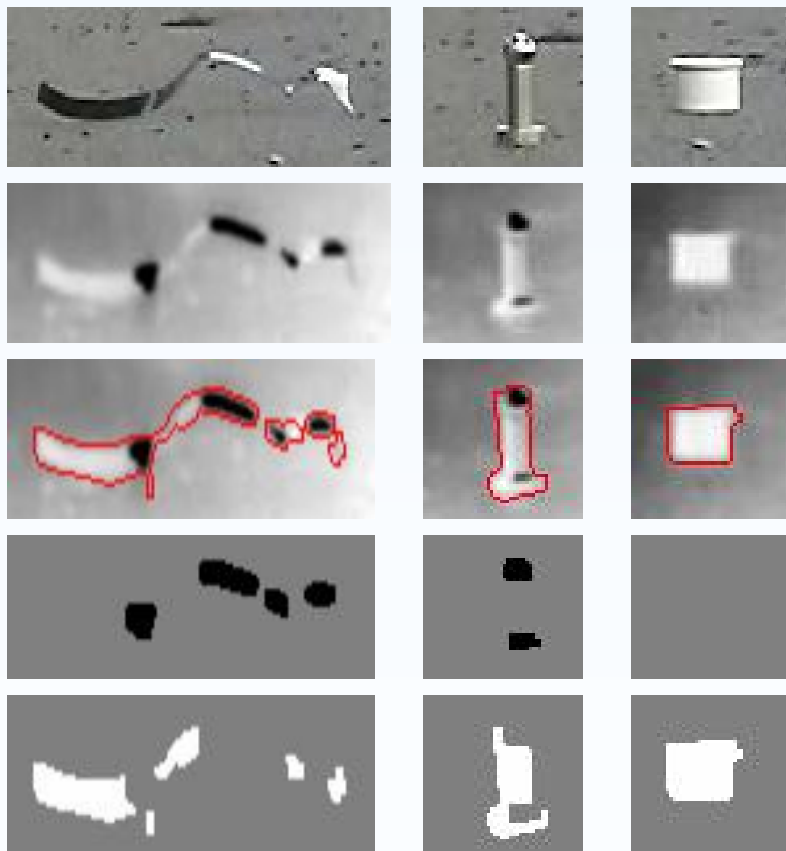
4. 关键技术研究

- 红外图像FOD识别（夜间）
- 算法流程



4.关键技术研究

- 红外图像FOD目标识别



从左到右依次为：

金属条状FOD

金属圆柱状FOD

非金属圆柱状FOD

	金属FOD	非金属FOD
识别率	90%	77.1%
虚警率	22.9%	10%

4.关键技术研究

- 可见光图像FOD目标特征
 - 统计特征
 - 灰度值 熵值
 - 形状特征
 - 轮廓 边缘
 - 几何特征
 - 面积 周长
 - 纹理特征
 - 纹理



4. 关键技术研究

- 可见光图像FOD目标特征提取算法
- FOD目标威胁等级估计方法
 - 普通加权系数算法
 - 基于监督学习机制的神经网络算法
- FOD目标威胁等级模型

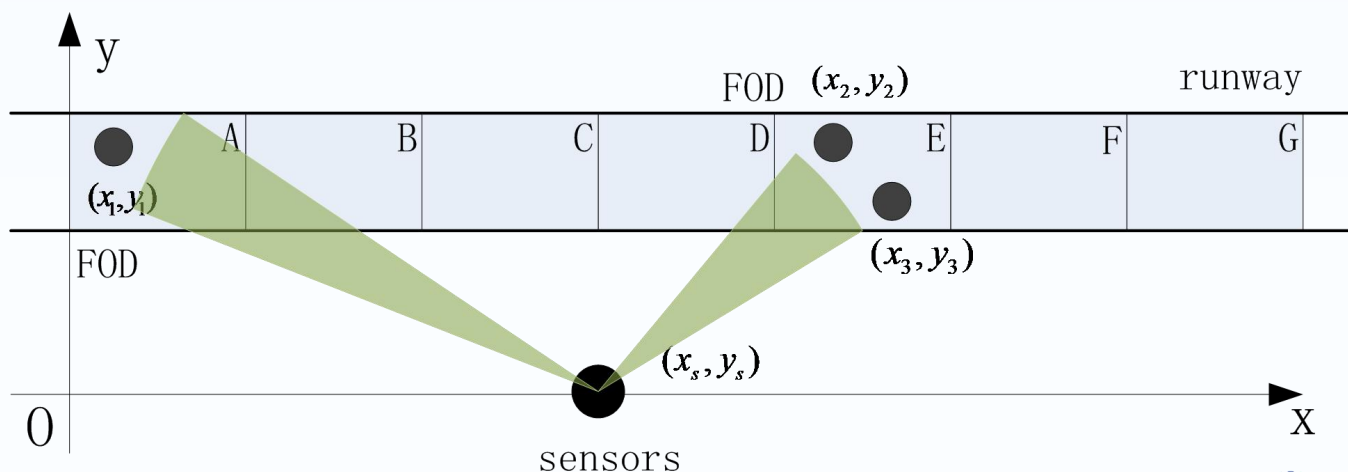


4. 关键技术研究

- FOD目标威胁等级模型

目标纹理性质威胁等级表						
属性 位置等级	金属 零件	塑料 制品	纸质 品	橡胶 制品	碎石 块	动植 物
跑道中部	高	高	中	低	中	低
跑道两端	中	中	低	低	低	低

目标位置威胁等级示意图

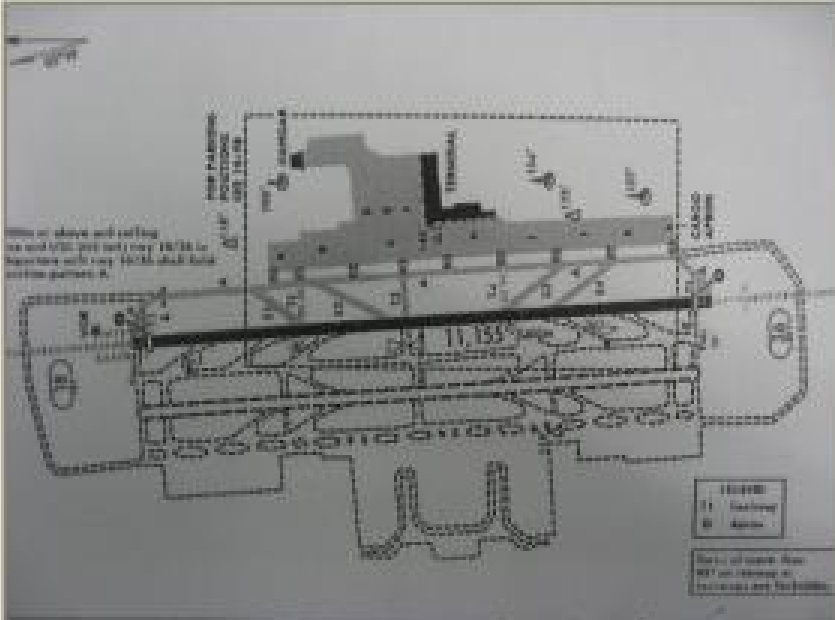


4.关键技术研究


机场跑道异物检测系统界面

文件(F) 远程设备(D) 图像处理(I) 帮助(H)

机场平面图



FOD图像



序号	FOD编号	雷达编号	区域	位置	报警时间	检测类别	警情级别	是否已处理
1	FOD20061221FTL1	2号雷达	4区	X:24.980000 Y:38.450000	2006年12月21日14:12:08	植物!	低威胁!	已处理!
2	FOD20060514S10	2号雷达	1区	X:4.500000 Y:8.430000	2006年05月14日12:05:05	杂物!	低威胁!	未处理!
3	FOD20111121FTM2	1号雷达	3区	X:41.118999 Y:11.210000	2011年11月21日22:11:45	未知!	忽略!	已处理!
4	FOD100607HFC1	1号雷达	6区	X:7.370000 Y:9.190000	2010年06月07日08:08:53	肥料!	高威胁!	未处理!
5	FOD20130324HML2	2号雷达	4区	X:24.120001 Y:211.210007	2013年03月24日15:03:45	未知!	低威胁!	已处理!
6	FOD20110825FHM2	2号雷达	4区	X:24.120001 Y:15.430000	2011年08月25日09:08:06	铁弹!	高威胁!	未处理!

4.关键技术研究



5.研究成果

证书号: 第 1987135 号



发明专利证书

发明名称: 用于机场跑道的异物三动检测系统及其检测方法

發行人: 李烈, 李烈

특 제 44, 2011.1.15(수) 6:5

受理日期: 2011 年 04 月 20 日

参 考 文 献: ① 见交通大学

授权公告日: 2012年11月28日

本局现经核准依照中华人民共和国专利法进行审查, 决定授予专利权。颁发本证书并在专利登记簿予以登记。专利以自授权公告之日起生效。

本专利的专利期限为二十年,自申请日起算。专利收入将依照专利法及有关规定归发明人所有,本专利的年度管理费自每年4月20日前缴纳,未按规定缴纳年费者,专利收入将予撤销并费用满足之日即终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、光敏、终止、恢复和专利权人的姓名或者名称、国籍、地址及专利申请权记载在专利登记簿上。



局长

回力華



第 1 頁 (共 1 頁)



Journal of Applied Nonlinear Dynamics 4(2) (2015) 197–213

Journal of Applied Nonlinear Dynamics

Journal of Applied Mathematics
http://www.iiste.org/journal/index.php/JAMM
Recognition and Threat Level Estimation of FOD Based on Image Content
Analysis and Experiment Analysis
J. and Jinhua Xia²
University, Shanghai 200240, China

Gang Xiao^{1,1}, Yu Li¹, Xiao Yun¹, and Jinhua Xie²

Submitted by Albert C.J. Leo
Received 22 October 2014
Accepted 17 February 2015
Available online 1 July 2015

Keywords:

Foreign Object Detector (FOD)
Multi-sensor recognition
Threats level model
HP Neural Network
Classifier

A. Instruct

Abstract

Abstract Object Detection (FOD) is debate or article claim, which may have taken on a number of other names, would potentially cover many different systems as a significant technology. However, FOD is a kind of relatively random and diverse target, the primary goal of FOD recognition cannot be recognized. In the reality, because target static data are rare much about what exactly the FOD is how large image features definition and so on. Therefore, based on a simple and efficient method to estimate the model, we proposed a simple and efficient method to estimate the model. By comparison with other models, we can see that the accuracy of new FOD detection model are no more than 10%. There are five sections introduced briefly. Second, the feature extraction from the input image and shape and color model, feature model and neural shape features like seen, perspective and symmetry which are all used to describe FOD targets. Furthermore typical FOD targets such as stone fragment, metal chip, piece of rubber, pieces of paper, plastic and small plant are selected as experimental objects. Finally, a new FOD detection coefficient model was proposed, in terms of the model of feature-based on the huge amount of experiment results and human subjective judgment. Note, the three-level classifier constructed by the BP neural network. The classifier was trained by some experiment FOD targets were given their level. The results indicated that the proposed three-level model were effective and efficient, satisfied the robustness and real-time requirements.

© 2015 IEEE. All Rights Reserved.

© 2015 L&H Scientific, Inc.

1 Introduction

1 Introduction

Corresponding author.
E-mail address: xiangyang@tju.edu.cn

ISSN 2164-6457, eISSN 2164-6465
DOI: 10.5964/1471-2015.00.0000

机场跑道异物检测系统

谢谢！

Questions?

