

# 输电线路无人机巡检智能管理系统的应用研究

郑 仟, 李 宁

(国网宁夏电力有限公司 检修公司, 宁夏 银川 750011)

**摘要:** 文中针对目前无人机巡检过程中产生的海量图像和视频数据在人工处理时工作效率低下、工作量巨大等问题,采用J2EE技术体系,按照多层次软件开发体系对输电线路无人机智能管理系统进行了研究。该系统采用了基于Faster-Rcnn的深度学习算法,利用深度卷积神经网络算法对数据进行预处理和分类。同时能够完成设备缺陷的标注,并将识别结果进行反馈。此外,系统集成无人机巡检工作的整个作业流程,实现了对无人机巡检作业的智能化调度和全流程监控。该系统的研究对于实现输电线路无人机巡检的高效工作具有重要意义。

**关键词:** 无人机巡检; 深度学习; 卷积神经网络; 缺陷识别; 信息管理

**中图分类号:** TM755, TP79      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-6236(2019)09-0074-04

## Research and application of intelligent management system for transmission line UAV inspection

ZHENG Qian, LI Ning

(Maintenance Company, State Grid Ningxia Electric Power Co., Ltd., Yinchuan 750011, China)

**Abstract:** In this paper, aiming at the problems of inefficiency and huge workload in manual processing of massive images and video data produced in the process of UAV patrol inspection, the intelligent management system of UAV on transmission line is studied by using J2EE technology system and multi-level software development system. In this system, the depth learning algorithm based on Faster-Rcnn is adopted, and the data is pre-processed and classified by the depth convolution neural network algorithm. At the same time, the equipment defect is marked and the recognition result is feedback. At the same time, the system integrates the whole work flow of UAV patrol work, and realizes the intelligent scheduling of UAV patrol work and the whole process monitoring. The research of the system is of great significance for the efficient work of transmission line UAV inspection.

**Key words:** UAV inspection; deep learning; convolution neural network; defect recognition; information management

随着无人机技术的发展,在电力系统领域无人机巡检业务由于其可操作性强、工作效率高等优点也获得了广泛的应用,并在输电线路巡检过程中起到了重要的作用<sup>[1-3]</sup>。但随着无人机巡检业务的开展,对于无人机巡检工作效率的提升以及巡检数据的管理也提出了新的要求<sup>[4-5]</sup>。

针对上述问题,本文采用J2EE技术体系,通过组件化、微服务和动态化的软件技术,基于Faster-Rcnn深度学习算法,利用图像识别技术对输电线路无人机智能管理系统进行了研究和开发。对电力设

备巡检过程中产生的图像数据进行了分类识别,对于提高输电线路巡检的工作效率具有重要意义。

## 1 技术路线

输电线路无人机巡检智能管理系统在构建过程中,通过对数据模型的内部共享,利用模块化、小型化、可编辑的软件构建技术,采用J2EE体系,实现了多层技术方案的设计<sup>[6-8]</sup>。同时,开发了针对第三方软件供应商的专用接口。可以实现不同专业软件的集成,有利于实现无人机输电线路巡检业务的综合管理<sup>[9-11]</sup>,该系统技术构架的内容,如图1所示。

**收稿日期:** 2018-07-24      **稿件编号:** 201807139

**作者简介:** 郑 仟(1984—),男,宁夏固原人,高级工程师。研究方向:输电线路。

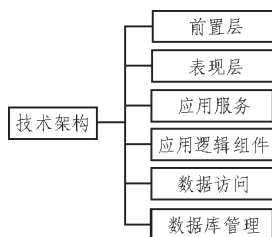


图1 无人机巡检管理系统架构

前置层包含了对无人机飞行系统的控制以及飞行数据的采集、存储和清洗等功能。表现层集成了无人机巡检智能管理系统的管理工具,实现基于C/S结构的对数据加工和应用;应用服务层提供面向用户的基本服务功能,主要用于实现飞行作业的管理、图形浏览、富媒体内容的分析识别、空间的分析服务和电网拓扑的分析管理等内容。

应用逻辑层是面向系统管理员和开发人员的系统工具,完成对系统用户的权限管理、空间数据的统计分析、飞行图像数据的识别和无人机通用业务组件的搭建<sup>[12-14]</sup>。数据访问与数据存储均属于无人机智能巡检系统的数据管理系统,实现了对的数据访问的管理控制以及无人机巡检系统的数据存储功能。

## 2 设备缺陷识别算法

为了对无人机巡检业务数据进行综合管理,并对输电线路故障缺陷进行识别。本文采用了基于深度卷积神经网络的图像识别算法,对输电线路故障进行识别<sup>[15-16]</sup>。同时对计算结果进行分析,用于指导电力系统检修工作。

输电线路典型设备缺陷识别技术采用了Faster-Rcnn算法<sup>[17-18]</sup>,其基本思路是利用无人机巡检技术获得的照片和视频数据中对电气设备进行标注,然后与数据库中的典型设备缺陷数据进行对比。进而识别出现场设备的缺陷,算法流程如图2所示。

无人机巡检系统典型设备缺陷识别的算法流程如下:

### 1) 样本制作

首先对获得的图像数据进行设备特征标注。然后从中随机抽取总数的90%作为深度学习算法的训练数据集,剩余图片作为测试数据集。

### 2) 模型训练

利用Faster-Rcnn对样本数据进行训练,并使用随机梯度法对Faster-Rcnn算法参数进行实时更

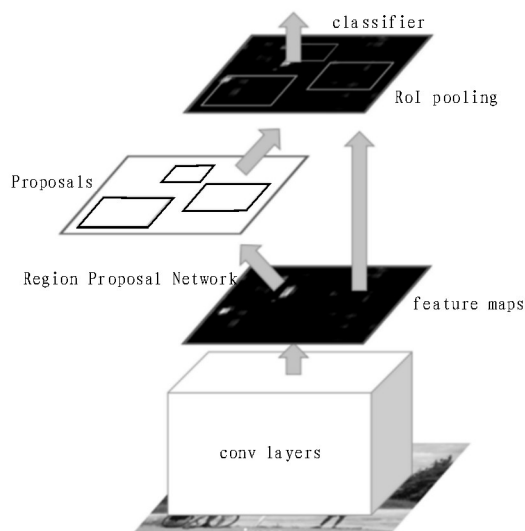


图2 Faster-Rcnn算法流程示意图

新。当数据满足识别误差要求时,停止训练。

### 3) 模型测试

使用测试数据集对步骤2)得到的深度学习数据模型进行测试,并根据测试结果判断模型是否需要修正。

### 4) 目标样本制作

针对电力系统中设备的典型缺陷特征制作检测目标分类器样本,并利用Faster-Rcnn算法对分类器样本进行测试。检测算法能否满足缺陷识别的要求,从而对样本进行修改。

### 5) 模型应用

利用上述步骤训练得到的基于深度神经网络的Faster-Rcnn模型对无人机巡检得到的照片数据进行设备缺陷故障识别,并对故障进行分类标注。

### 6) 参数更新

在原有图像识别模型的基础上,抽取新采集到的数据图像重新制作Faster-Rcnn识别样本,从而实现模型的不断优化,提高模型的识别效率。

## 3 系统框架设计

输电线路无人机巡检智能管理系统主要可分为3个部分,分别为业务架构、应用架构和数据架构。具体内容,如图3所示。

无人机巡检智能管理系统中的业务架构是指,对无人机飞行业务和数据成果的管理。其实现流程包含了飞行计划的制定,统计作业人员数据和进行飞行空域的申报。同时,制定飞行计划指标。完成飞行计划管理之后按照飞行作业执行飞行任务,通

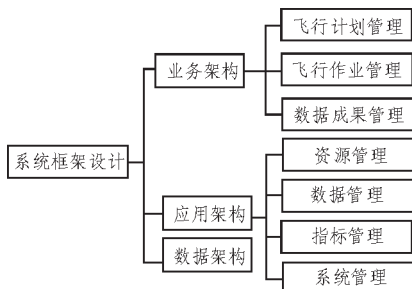


图3 系统框架设计

过格局现场的飞行轨迹对巡检数据进行实时上传。飞行任务完成之后,由管理系统的数据库对获得的巡检数据进行建模分析。同时经过专家诊断,完成模型的优化分析。并导出作业成果报告,进行飞行数据指标的对比。

应用架构主要实现无人机巡检任务过程中的资源管理、数据管理、指标管理和系统管理等内容。其中,资源管理是对无人机台账的统计以及设备的保养、备品配件的管理和驾驶员的培训及考核管理。

多维智能数据管理系统包括了电力设施典型缺陷的识别功能和多维传感数据的管理。其中,电力设施的典型缺陷识别包含了对基础数据库的接入、基于图像定位和图像模型算法的建立以及图像识别技术的匹配。多维传感数据管理用于实现对数据的分析与优化功能。

作业指标管理实现对无人机巡检作业指标的制定和考核功能。系统管理包含了工作人员的权限和角色管理,以及系统组织的制定与规划。

## 4 数据库设计

依据无人机立体智能巡检应用平台的数据特性,将数据划分为基础数据、事务数据、非机构化数据等类型。并与其他系统进行集成数据交互,保障数据的实时性、唯一性、准确性。

其中,基础数据主要包含基本台账信息。其包括无人机台账信息、备品备件信息、驾驶员信息、供应商信息、设备台账信息等;事务数据主要包括禁飞区数据、空域申请记录数据、飞行计划数据、飞行申请数据、定位数据、维修保养数据等;非结构化数据主要包含无人机政策法规、规范方案、日常规范文档、驾驶证照片、无人机照片、巡检照片、巡检视频、导入模板等。

系统数据是无人机巡检系统运行和服务的数据基础,由一系列的结构化数据和非结构化数据组成;

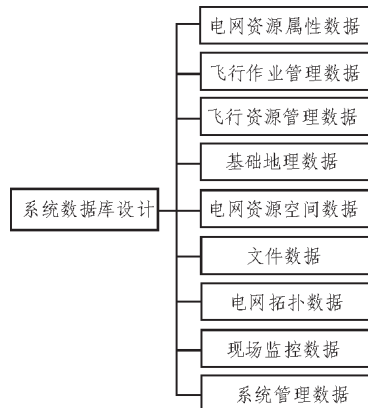


图4 数据库结构设计

无人机巡检系统数据主要由电网资源数据、地理信息数据、计划任务数据、飞行监控数据、巡检照片数据、巡检视频数据等多种数据构成。

电网资源数据主要是通过与管理系统集成而获取的。其为无人机巡检系统的主体基础数据,是飞行任务的主体数据。主要记录电网设备资源台账数据。

地理信息数据主要是通过与管理系统集成而获取的。其为无人机巡检系统主体基础数据的补充,是空域申请及飞行监控的参照数据。主要记录电网资源的地理信息数据及地图数据。

计划任务数据是无人机巡检系统中开展计划制定分解以及任务安排执行产生的生产应用数据。其主要是实现无人机巡检任务从计划到执行的管理,保证飞行有计划、有执行。

飞行监控数据是无人机巡检系统中监控飞行任务执行过程的数据。其主要是实现无人机巡线任务在线监控,保证飞行作业安全、合规。

巡检照片数据及巡检视频数据是无人机巡检系统中管理的无人机输电线路巡检任务对应的飞行成果数据。主要实现巡检成果数据的逻辑管理,并为后续缺陷分析提供基础数据。

## 5 系统功能的实现

输电线路无人机智能巡检管理系统功能的实现,涵盖了线路无人机巡检的全部流程。本文以无人机飞行计划管理为例,说明基于J2EE技术的智能管理系统的实现过程。

飞行计划管理主要是对飞行计划进行维护及管理,包含年度计划、季度计划及月度计划。在制定飞行计划时,主要参考线路巡检计划(任务)。同时参



考禁飞区域信息,将禁飞区域排除在计划之外,保证计划具有实际可操作性。年度计划经过分解得到季度计划,季度计划进一步分解得到月度计划,从而使计划得到层层分解,最终形成可执行计划。如图5所示为飞行计划管理界面。

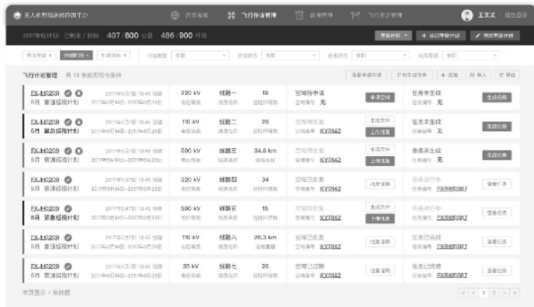


图5 飞行计划管理

在进行飞行计划管理设置时,用户通过点UI界面上的飞行计划制定按钮,然后由Flying Area Web记录控制器在飞行管理数据库中调用Flying management Domain,完成飞行计划的查询。然后向数据库发出请求,再利用Flying Point Identify Web线路查询管理控制器对飞行线路进行设置和数据更新。具体代码如下:

```
public String execute Defect()
throws Exception{
    if (Flying Transmission Line Defect!=null &&
    Transmission Line Defect!=0)
    {Flying management =True;
    msg="获得飞行管理信息"
    if (Flying transmission Line Defect==null)
    { Transmission Line Defect=false;
    msg="安排飞行管理任务";}
    }}
    return SUCCESS Flying Plan;}%返回飞行计划并
    输出
```

以任务FXRW0087为例,如图6所示。飞行作业计划中详细列出了作业计划的天数、巡检杆塔数目、已上传的数据量和发现缺陷的数量。同时,还包括了作业人员与相关工作记录等内容。

## 6 结束语

为了对无人机巡检过程中产生的海量图像和视频数据进行处理,本文利用J2EE技术体系对输电线路无人机智能管理系统进行了研究。通过 Faster-



图6 飞行作业详情

Rcnn的深度学习算法,对无人机采集到的数据图像进行了处理与分析。并依据无人机巡检平台的数据特性,对数据进行了归类。同时,系统集成无人机巡检工作的整个作业流程,实现了对无人机巡检作业的智能化调度。本文的研究内容对于实现无人机巡检系统的智能管理具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 吴飞龙,林韩,汤明文,等.多种中继方式在大型无人机输电线路巡检中的应用[J].中国电力,2015,48(2):104-110.
- [2] 邓荣军,王斌,熊典,等.基于遗传算法的输电线路无人机巡检路径规划[J].计算机测量与控制,2015,23(4):1299-1301.
- [3] 王万国,田兵,刘越,等.基于RCNN的无人机巡检图像电力小部件识别研究[J].地球信息科学学报,2017,19(2):256-263.
- [4] 冯智慧,张雪峰,方书博,等.基于三维GIS的无人机巡检航迹规划研究[J].高压电器,2017(8):81-86.
- [5] 彭向阳,刘正军,麦晓明,等.无人机电力线路安全巡检系统及关键技术[J].遥感信息,2015(1):51-57.
- [6] 彭向阳,陈驰,饶章权,等.基于无人机多传感器数据采集的电力线路安全巡检及智能诊断[J].高电压技术,2015,41(1):159-166.
- [7] 韩冰,尚方.面向无人机输电线路巡检的电力杆塔检测框架模型[J].浙江电力,2016,35(4):6-11.
- [8] 杨蔚,周辉,杨生兰,等.输电线路巡检绝缘子跟踪与测距技术[J].电子科技,2017,30(5):124-127.
- [9] 韦舒天,李龙,岳灵平,等.输电通道人机协同巡检方式的探索[J].浙江电力,2016,35(3):10-13.
- [10] 李建峰,段宇涵,王仓继,等.无人机在输电线路

(下转第82页)

带物联网是基于LTE核心网进行建网的审计可参考本文所提方案。

#### 参考文献:

- [1] 孙知信,洪汉舒. NB-IoT中安全问题的若干思考[J]. 中兴通讯技术,2017,23(1):47-50.
- [2] 张良德. NB-IOT的特点及应用研究[J]. 通讯世界,2017(2):115.
- [3] 石建兵. 窄带物联网(NB-IoT)应用与安全[J]. 信息安全与通信保密,2017,(6):27-31.
- [4] 张彬,王志鹏,马庆. NB-IoT部署方案及关键问题分析[J]. 电信工程技术与标准化,2017,30(6):72-75.
- [5] 金晓宏. NB-IoT规模部署场景下核心网组网方案研究[J]. 江苏通信,2017,33(3):51-54.
- [6] 李红. 华为发布端到端NB-IoT解决方案[J]. 邮电设计技术,2016(7):27.
- [7] 钱蕾,陈曦. LTE大规模部署场景下EPC核心网组网方式研究[J]. 数据通信,2015(1):15-18.
- [8] 戴国华,余骏华. NB-IoT的产生背景、标准发展以及特性和业务研究[J]. 移动通信,2016,40(7):31-36.
- [9] 孙彪. 移动运营商NB-IoT部署策略探讨[J]. 移动通信,2016,40(23):11-16.
- [10] 王计艳,王晓周,吴倩. 面向NB-IoT的核心网业务模型和组网方案[J]. 电信科学,2017,33(4):148-154.
- [11] 3GPP TR 23.720 V13.0.0, Study on architecture enhancements for Cellular Internet of Things (Release 13)[S]. Valbonne, 3GPP Organizational Partners, 2016.
- [12] 3GPP TS 23.401 V13.6.1, General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access[S]. Valbonne, 3GPP Organizational Partners, 2016.
- [13] 3GPP TS 24.301 V13.3.5, Specification Group Core Network and Terminals; Non-Access-Stratum (NAS) Protocol for Evolved Packet System (EPS) Stage 3 (Release 13)[S]. Valbonne, 3GPP Organizational Partners, 2016.
- [14] 3GPP TS 36.413 V13.2.0, Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); S1 Application Protocol (S1AP) (Release 13)[S]. Valbonne, 3GPP Organizational Partners, 2016.
- [15] 3GPP TR 23.799 V14.0.0, Study on Architecture for Next Generation System (Release 14) [S]. Valbonne, 3GPP Organizational Partners, 2016.
- [16] 3GPP TR 29.274 V14.0.0, Evolved General Packet Radio Service (GPRS) Tunnelling Protocol for Control plane (GTPv2-C) (Release 14)[S]. Valbonne, 3GPP Organizational Partners, 2016.

(上接第77页)

- 巡检中的应用[J]. 电网与清洁能源,2017,33(8):62-65.
- [11] 汤坚,杨骥,宫煦利. 面向电网巡检的多旋翼无人机航测系统关键技术研究及应用[J]. 测绘通报,2017(5):67-70.
- [12] 陈驰,彭向阳,宋爽,等. 大型无人机电力巡检LiDAR点云安全距离诊断方法[J]. 电网技术,2017,41(8):2723-2730.
- [13] 冯智慧,王乐希,梁文勇,等. 基于无人机的输电线路典型设备图像信息采集方法研究[J]. 电瓷避雷器,2016(4):22-26.
- [14] 翁松伟,赖斯聪,陈海雄,等. 基于小型四旋翼无人机的道路交通巡检系统[J]. 电子设计工程,2016,24(3):78-81.
- [15] 施孟佶,秦开宇,李凯,等. 高压输电线路多无人机自主协同巡线设计与测试[J]. 电力系统自动化,2017,41(10):117-122.
- [16] 王森,刘伟东,李一鹏,等. 匹配输电线路巡检需求的无人机选型研究[J]. 电子科技大学学报,2018,47(1):60-65.
- [17] 彭向阳,宋爽,钱金菊,等. 无人机激光扫描作业杆塔位置提取算法[J]. 电网技术,2017,41(11):3670-3677.
- [18] 王森,李源源,陈艳芳,等. 大型固定翼无人机在架空输电线路中的应用模式研究[J]. 测绘通报,2017(s1):159-163.