

文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2021) 07-070-05 中图分类号: TP317.4

# 基于图像智能识别的基建安全系统

Infrastructure Security System Based on Image Intelligent Recognition

★严鸿平 (浙江浙能绍兴滨海热电有限责任公司, 浙江 绍兴 312030)  
★章巍, 史学海 (浙江省能源集团有限公司, 浙江 杭州 310012)  
★邵越风 (浙江浙能绍兴滨海热电有限责任公司, 浙江 绍兴 312030)

**摘要:** 市场经济行为产生了多种用工制度, 一些不合理的用工制度造成基建施工单位人员技术单薄和整体素质水平相对较低。施工单位一旦遇到较多业务时, 会选择大量使用未经任何培训的当地劳务工, 从而给发电企业现场安全管理带来极大困难。随着运营与技术的进步, 电厂内部逐渐实现了智能化、移动化的办公方式, 然而基建的管理目前还未同步跟进。基建与电厂内部的运营管理不同, 涉及到众多外包单位以及外部临时人员。在基建时期, 各单位之间的管理与协调, 大量外来人员的管控是一个巨大的挑战。利用人工智能图像识别、数字地图、物联到位确认、移动互联等技术, 建立一套以综合基建安全管理为核心的一体化移动平台, 可以将基建现场和外来的单位及人员科学高效地管理起来, 使得管理更加细致、各环节联系更清晰、管理内容更加直观, 以提高基建项目本身的效率与质量。

**关键词:** 基础设施建设; 人工智能; 图像识别

**Abstract:** The market economy produces a variety of employment systems, and some unreasonable systems lead to the situation of poor technology and relatively low overall quality of infrastructure construction personnel. Once the construction units encounter more business, they immediately use a large number of untrained local labor workers, which brings great difficulties to the on-site safety management of power generation enterprises. With the progress of operation and technology, intelligent and mobile office mode has been gradually realized in the power plant. However, the infrastructure management has not been followed up at the same time. Infrastructure construction is different from internal operation management of power plant, involving many outsourcing units and external temporary personnel. Therefore, in the capital construction period, the power plant will face great challenges such as the management and coordination between various units, the management and control of a large number of foreign personnel. This project attempts to establish an integrated mobile platform with integrated infrastructure safety management as the core by combining artificial intelligence image recognition, digital map,

IOT in place confirmation, mobile Internet and other technologies. The scientific and efficient management of infrastructure construction site and external units and personnel will make the management more detailed, the links more clear, and the management content more intuitive, so as to improve the efficiency and quality of infrastructure projects.

**Key words:** Infrastructure construction; Artificial intelligence; Image recognition

## 1 基建安全系统的重要意义

通过基于图像智能识别的基建安全系统, 促使技术、业务与管理的融合互动, 实现基建施工现场的智能化, 从而完善“智能基建”建设。

(1) 通过统一的平台对所有的外来参建单位与人员以统一的标准进行管理, 实现基建管理的标准化和精细化。管理方可以借助系统便利地查询所有下级单位与人员及其相关的作业情况。

(2) 利用物联网、人工智能、图像识别等技术, 推动基建管理的智能化和现场化。利用图像智能识别技术, 对基建现场的安全进行全方位的智能管控。采用以人脸识别、安全帽佩戴识别、员工着装等为代表的安全智能监管能力, 实现“事前可预警, 事后可追溯”。

## 2 基建安全系统的设计思路

基建安全系统的建设，不是对各个模块进行简单堆砌，而是在各模块功能的基础上，寻求内部模块之间、与外部智能化设备之间的融合。系统建设后将人员、设备、材料、安全施工制度及环境数据作为信息化基础数据进行存储，结合视频智能识别以满足基建单位的业务需求，辅助项目建设。

### 2.1 业务功能思路

(1) 视频监控系統：工地网络环境复杂，应满足网络施工部署要求。工地管理工业化水平较低，分布地区分散，满足多方位的视频可视需求。充分利用设备智能分析、多视角、多维度特性，以提高管理效用。

(2) 人员安全管理系统：满足工地上迫切的人员安全帽佩戴、人员定位等不同职责人员考勤需求。实名制考勤满足工地实名报道、实名考勤需求，充分使用现场人员数据，发挥数据价值。

(3) 设备安全管理系统：满足工地上迫切的设备重要信息需求，包括设备定位、基础信息、维修保养记录等。

(4) 安全施工制度管理系统：满足工地对于安全台账、施工制度管理需求。充分利用制度优势，切实约束人员设备的不安全因素。

(5) 环境监测管理系统：满足工地对于环境因素监测的需求，保证人员、设备施工在允许环境下进行。

(6) 平台数据：展示直观易用，界面操作简单。

### 2.2 平台应用思路

(1) 管理人员最熟悉的是工程平面图，数据结合工程图展示项目情况。

(2) 设备位置、人员信息、视频画面、自动告警等现场数据集成显示，为管理提供决策依据。

(3) 不同人员、不同权限登录，数据呈现不同。

### 2.3 网络部署思路

(1) 集团统一部署服务，项目方单独管理。

(2) 分布式存储，减少带宽压力。

(3) 工程内部无线化，外部公网化，增加网络稳定性减少维护成本。

## 3 基建安全系统的组成

系统组成分为三级架构，分别为以摄像头、拆卸式智能安全帽为主的前端感知层，以计算、传输、控制为主的中间层和以平台软件、数据存储、计算分析为主的控制中心。

### 3.1 前端感知层

#### 3.1.1 摄像头

摄像头是图像识别的硬件核心，图像识别的所有素材均由摄像头提供。

#### 3.1.2 智能安全帽

可拆卸式智能安全帽可提供GPS定位以及视频录制功能。结合控制中心可展示佩戴用户的实时位置以及查看录制的视频信息。

### 3.2 中间层

#### 3.2.1 员工考勤

(1) 通过门岗数据采集系统上传门岗考勤数据并存储于系统数据库中。

(2) 系统每天凌晨会定时统计前一天的考勤记录，并保存到考勤结果表中。

(3) 统计一定时间范围内每个工人的出勤天数、出勤时长。

#### 3.2.2 人脸识别

通过基建现场安装的摄像头，对经过的员工进行无感识别，为事故发生后员工移动轨迹追踪提供依据。同时结合门岗系统可对违规进入基建现场的用户发起报警。

人脸识别分为四个过程：人脸检测、人脸对齐、特征提取、特征匹配。其中，特征提取作为人脸识别最关键的步骤，其重点在于提取到人脸“独有”的特征。

#### (1) 算法选择

系统开发初期对两大开源人脸识别算法 Insightface 和 Facenet 进行了效果与性能对比，如表 1、表 2 所示。

表1 效果比较

	Insightface	Facenet
lfw	98.5%	96.3%
自建数据集	97%	95.4%

表2 性能比较

	Insightface	Facenet
现存	1G	2G
人脸对齐	30ms	50ms
初次嵌入	500ms左右	
嵌入单张	10ms左右	30ms左右

综上，无论是性能还是效果Insightface都有明显的优势，因此系统使用了Insightface算法进行后续开发。

(2) 算法介绍

要提高人脸识别模型的性能，除了优化网络结构，修改损失函数是另一种选择。

Insightface在现有的损失函数 (SphereFace、CosineFace) 基础上进行了进一步的优化，提出了ArcFace，直接在角度空间最大化分类界限。

ArcFace输入到输出流程如图1所示。

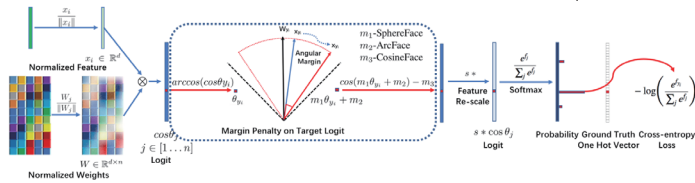


图1 ArcFace输入到输出流程

ArcFace算法如式 (1) 所示：

$$L = -\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \log \left( \frac{e^{s(\cos(\theta_{y_i} + t))}}{e^{s(\cos(\theta_{y_i} + t))} + \sum_{j=1, j \neq y_i}^n e^{s \cdot \cos \theta_j}} \right) \quad (1)$$

3.2.3 图像识别

图像识别技术是系统告警数据的来源和报警功能的依据。

针对工地内的监控设备进行功能配置，功能包括：安全帽检测、着装检测、明火检测、禁入区域检测。监控根据配置的功能对实时视频进行检测。

系统中图像识别技术的开发主要使用了SSD300算法，主要特点在于特征融合。

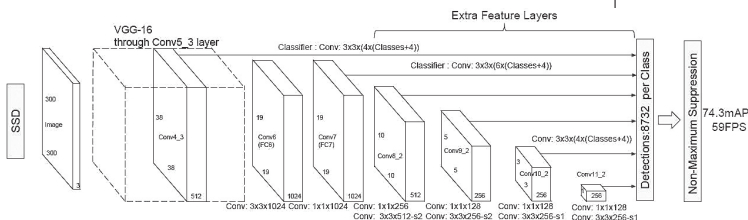


图2 SSD 300 网络总体架构

(1) SSD核心理念

· 采用多尺度特征图用于检测

CNN网络前面的特征图比较大，后面逐渐降低特征图大小，比较大的特征图用来检测相对较小的目标，而小的特征图则负责检测大目标。

· 设置Default boxes

SSD为每个单元设置尺度或者长宽比不同的Default boxes，预测的边界框是以这些Default boxes为基准。

Default boxes尺寸的确定方法如下：

提取6个特征图，其大小分别是 (38,38)

(19,19) (10,10) (5,5) (3,3) (1,1)。不同特征图设置的先验框数目不同。先验框的设置，包括尺度和长宽比两个方面。对于先验框的尺度，其遵守一个线性递增规则：随着特征图大小降低，先验框尺度线性增加，如式 (2) 所示：

$$S_k = S_{min} + \frac{S_{max} - S_{min}}{m - 1} (k - 1), k \in [1, m] \quad (2)$$

这里S<sub>min</sub>是0.2，表示最底层的尺度是0.2；S<sub>max</sub>是0.9，表示最高层的尺度是0.9。通过这种计算方法，可以得出6个特征图的Default box尺度分别为：

[30,60,111,162,213,264]。长宽比用a<sub>r</sub>表示，如式

(3) 所示：

$$a_r \in \left\{ 1, 2, 3, \frac{1}{2}, \frac{1}{3} \right\} \quad (3)$$

Default box的宽度w和高度h计算如式 (4) 所示：

$$w_k^a = 8k\sqrt{a_r}, h_k^a = s_k/\sqrt{a_r} \quad (4)$$

默认情况下，每个特征图会有一个\*\* =1且尺度为\*\*的先验框，除此之外，还会设置尺度为 $\sqrt{S_k S_{k+1}}$ 且a<sub>r</sub>=1的先验框，这样每个特征图都设置了两个长宽比为1但大小不同的正方形先验框。因此，每个特征图一共有6个先验框。

SSD300一共可以预测的Default box个数为：

$$38 \times 38 \times 4 + 19 \times 19 \times 6 + 10 \times 10 \times 6 + 5 \times 5 \times 6 + 334 + 1 \times 4 = 8732$$

· 采用卷积进行检测

SSD直接采用卷积对不同的特征图来进行提取检测结果。

对网络中6个特定的卷积层的输出分别用两个3×3

的卷积核进行卷积，一个输出分类用的confidence，每个Default box生成21个confidence；一个输出回归用的localization，每个Default box生成4个坐标值(x, y, w, h)。

### 3.2.4 环境监测

通过工地环境监测设备数据采集系统上传环境数据，结合实时天气预报并存储于系统数据库中。

## 3.3 控制中心

### 3.3.1 综合管控

#### (1) 集团看板 (如图3所示)



图3 集团看板

#### (2) 项目看板 (如图4所示)

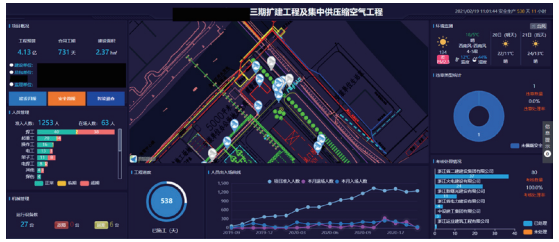


图4 项目看板

#### (3) 考勤监控 (如图5所示)



图5 考勤监控界面

#### (4) 安全分析 (如图6所示)



图6 安全分析界面

### 3.3.2 智能告警系统 (如图7所示)

如今国家越来越重视安全生产，企业也采取各种措施保障员工的安全生产，从而保障企业的利益。电厂基建人员复杂，存在在岗人员着装不规范、不佩戴安全帽、不遵守安全规程、违章违规作业等问题。工作人员的不安全问题造成的事故时有发生，现场安全管理成为一大难点。为降低管理难度，提高人员安全意识，可在各种生产作业现场部署安全监测设备，实时视频监控、预警在岗工人是否按照要求做好安全防范措施作业。真正做到安全生产信息化管理，做到事前预防、事中常态监测、事后规范管理。

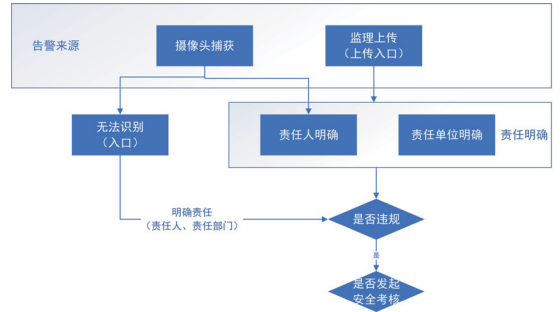


图7 智能告警系统

#### (1) 在岗工人着装及安全帽佩戴检测

利用视频监控的实时视频对工作人员安全帽的佩戴及着装是否符合要求进行实时识别和检测，对未佩戴安全帽以及未穿着长袖长裤的危险行为可实时监测和预警，告警视频、截图都可在客户端显示，在现场部署音响和扬声器给出报警提示，并将报警信息推送给相关管理人员，协助管理人员开展安全生产管理。

#### (2) 作业区动火规范检测和预警

行为检测系统以工作区视频流作为信息输入端，利用人员跟踪及特定行为检测等方式实时监控工作区。当检测到工作区有动火作业行为时，触发动火作业是否合法检测信号。系统收到检测信号时，利用人脸识别技术识别工作区当前工作人员信息，与工作票系统相结合，通过人员信息和工作区域复查工作票，当满足动火条件时，忽略报警，当检测到违规开展动火作业及时推送预警信息给相关管理人员。

#### (3) 主要区域无感人脸识别

通过闸道工作区视频流作为信息输入端，利用人脸识别等无感检测技术实现实时监控工作。当检测到工作区有人员经过时，会自动进行身份识别，通过记录经

过人员、时间等信息，可以统计和了解经过区域人员情况。考勤和发生事情时，及时追溯相关的信息，推送预警信息给相关管理人员。还可以通过手机人脸识别技术对重要的工作进行身份确认。

#### (4) 人员设备施工环境因素监测

环境管理主要是对温度、风速等环境因素的监测。当温度过低或者过高的时候，某些工种的修整或养护作业需要特别细心，必要时需增加作业量甚至改期作业。风速也是某些设备工作的重要考量之一，比如塔式起重机正常作业允许的最大风力不得超过六级。当环境因素将影响作业施工时，推送预警信息给相关管理人员。

## 4 结语

实现基建安全管理的智能化，切实防止事故进一步扩大，减少不必要的安全事故，具有长期的安全效益。

本项目是信息化技术在基建行业又一重要探索，符合资源节约、产业结构调整、增长方式转变的发展方向，是基建企业实现安全生产的重要手段，具有明确的社会效益。

基建安全移动互联系统是基建企业日常生产施工运行中非常重要的一项工作。充分利用人工智能的图片识

别技术分析，减少运行人员靠人工观察与巡检进行安全防范，对人员、设备、材料、制度及环境进行全方位掌控，及时发现施工现场存在的安全隐患，有效控制事故扩大，保障事故处理及时等，从而减少安全生产事故，提高基建生产的安全性、可靠性和经济性，因此系统有着广泛的前景。AP

#### 作者简介：

**严鸿平**（1967-），男，浙江杭州人，现就职于浙江浙能绍兴滨海热电有限责任公司，主要研究方向是电力建设工程安全、质量、环保管理等。

**章巍**（1973-），男，浙江宁波人，高级工程师，硕士，就职于浙江省能源集团有限公司建设管理部，主要研究方向是能源项目基建项目管理、能源项目电气/信息/自动化等技术。

**史学海**（1985-），男，安徽安庆人，现就职于浙江省能源集团有限公司建设管理部，主要研究方向是能源工程项目管理。

**邵越风**（1988-），男，浙江宁波人，现就职于浙江浙能绍兴滨海热电有限责任公司，主要研究方向是电力建设工程安全、质量、环保管理等。

#### 参考文献：

- [1] 韩豫, 张杰杰, 孙昊, 张佳硕, 尤少迪. 基于图像识别的建筑工人智能安全检查系统设计与实现[J]. 中国安全生产科学技术, 2016, (10): 142 - 148.
- [2] 赵学术. 基建工程安全质量一体化管理信息系统的设计与实现[D]. 天津: 天津大学, 2015.
- [3] 龚岩, 杨军, 冯玉功, 马志程. 基于移动定位技术的基建施工作业人员管理系统[J]. 电力信息与通信技术, 2018, (08): 83 - 88.
- [4] 庞霞, 王伶俐. 基于颜色和形状的安全帽识别方法[R]. 智能电网信息化建设研讨会, 2017.
- [5] 张智慧, 吴凡. 建筑施工扬尘污染健康损害的评价[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2008, 48 (6): 922 - 925.
- [6] Jiankang Deng, Jia Guo, Niannan Xue, Stefanos Zafeiriou. ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition[J]. 2018.