

## 基于历史违章数据挖掘的人员习惯性违章预警方法

贺洲强<sup>1</sup> 刘晓光<sup>2</sup> 刘刚<sup>2</sup> 兰九龄<sup>3</sup> 张江鹏<sup>2</sup>

HE Zhouqiang LIU Xiaoguang LIU Gang LAN Jiuling ZHANG Jiangpeng

## 摘要

为规范人员作业行为,实现对习惯性违章行为的精准识别与预警,引进历史违章数据挖掘技术,开展人员习惯性违章预警方法的设计研究。准备大量人员运动图像,使用深度神经网络对人体图像进行特征提取和分类,实现对人体关键点的检测;引进历史违章数据挖掘技术,进行人员违章习惯性行为的匹配,精准检测并识别作业或操作人员是否存在习惯性违章行为;通过识别边缘行为,实现对人员习惯性违章行为的动态预警。对比实验结果证明:设计的预警方法应用效果良好,不仅可以实现对识别图像中人员所有习惯性违章行为的识别,还可以精准进行对应行为的预警。

## 关键词

历史违章;边缘行为;检测;预警方法;习惯性违章;数据挖掘

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2024.08.043

## 0 引言

在各类生产、工作和日常生活中,违章行为屡见不鲜。这些违章行为不仅可能违反法律法规,还可能对人员安全、设备安全以及环境安全造成威胁。习惯性违章更是由于其频繁性和无意识性,容易导致事故的发生,因此,对习惯性违章进行预警和干预显得尤为重要。

丁俊峰等人<sup>[1]</sup>通过融合视觉感知与RTK(实时动态载波相位差分技术)定位,实现了对变电站改扩建过程中地面周界及高空高程越界的精准检测。但视觉感知技术对于复杂环境的适应性有限,可能会受到光照、遮挡等因素的影响。此外,该方法的实现需要设置多个锚点作为配准参照物,增加了系统的复杂性和成本。高奇等人<sup>[2]</sup>通过博弈论的理论框架来分析和解决加油加气站现场违章操作的问题。该方法假设监察者和被监察者之间存在策略互动,通过制定和执行相应的激励与惩罚机制,促使被监察者自觉遵守安全规范,减少违章行为的发生。但博弈模型的构建需要基于大量的数据和经验,对于数据不足或情况复杂的现场,模型的适用性可能会受到限制。同时,激励与惩罚机制的制定需要权衡各种因素,如成本、效果等,实际操作中可能存在难度。

为解决现有方法的不足,本文将引进历史违章数据挖掘技术,开展人员习惯性违章预警方法的设计研究,以这种方式实现对人员习惯性违章的自动识别和预警,提高管理的效率和准确性。

## 1 人体关键点检测

人体关键点检测是指在给定的人体图片中,自动识别出人体的关节点,并进行标注和识别<sup>[3]</sup>。通过对人体关键点的识别,可以进行人体姿态估计、行为识别等,以便于对人员习惯性违章行为进行精确识别。

在此过程中,需要准备大量人员运动图像,使用深度神经网络对人体图像进行特征提取和分类。在训练阶段,通过给定大量已经完成处理的图片,利用数据模型自动学习样本图片的特征,以达到对图片的识别和标注的目的<sup>[4]</sup>。在测试阶段,通过将待处理的图片输入训练好的模型中,自动识别出人体的关键点并进行标注,计算公式为:

$$Q = \sum_i x_i \cdot n^2 \quad (1)$$

式中: $Q$ 表示人体的关键点识别; $i$ 表示人体的关键点数量; $x$ 表示图像处理; $n$ 表示训练次数。人体关键点检测可以按照自顶向下法进行。该方法分为两个步骤,先进行目标检测,再将检测到的目标区域送入关键点检测模型,最终输出关键点的坐标<sup>[5]</sup>。对关键点坐标进行标注,其结果如图1所示。

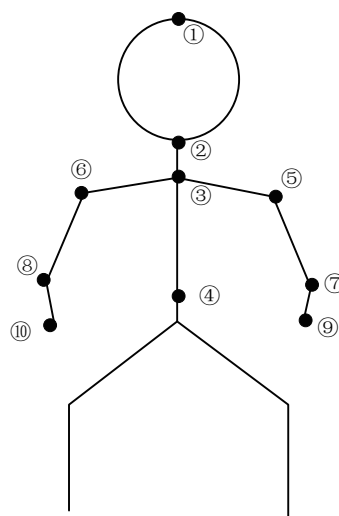


图1 人体关键点识别

1. 国网甘肃省电力公司 甘肃兰州 730000
2. 甘肃同兴智能科技发展有限责任公司 甘肃兰州 730000
3. 国网甘肃省电力公司电力科学研究院 甘肃兰州 730070

对于人员习惯性违章行为的分析,如果主要依据是上半身的姿态和动作,识别检测人员上半身10个关键位置,将其标注为①~⑩。对不同关键点的识别内容进行描述,如表1所示。

表1 人体关键点识别目的

关键点	位置	识别目的
①	头部	检测是否佩戴安全帽、观察视线方向等
②	颈部	检测颈部的扭转角度,判断人员是否处于舒适或自然的姿势
③	胸膛	间接判断上半身的整体姿态、是否按照规范系安全带
④	腰部	检测腰部是否弯曲过度,判断人员是否采取了正确的姿势、是否按照规范系安全带
⑤⑥	左肩和右肩	检测肩膀的位置和高度,判断人员是否平衡站立或坐着
⑦⑧	左肘和右肘	检测肘部的弯曲角度,判断操作员是否使用了正确的力量分布
⑨⑩	左手腕和右手腕	检测手腕的弯曲角度和位置,判断人员是否使用了正确的工具或握持方式

按照上述方式,实现对人体关键点的检测。

## 2 基于历史违章数据挖掘的人员违章习惯性行为匹配

在上述内容的基础上,引进历史违章数据挖掘技术,进行人员违章习惯性行为的匹配,通过此种方式,精准检测并识别作业或操作人员是否存在习惯性违章行为<sup>[6]</sup>。收集历史违章数据,包括违章类型、时间、地点、违章人员的基本信息(如姓名、职位、工作经验等)以及相关的环境或操作条件。在数据挖掘与分析前,对收集到的数据进行清洗和预处理。处理过程计算公式为:

$$G = \frac{Q}{2\pi\sigma^2} e^{-u} \quad (2)$$

式中: $G$ 表示数据清洗; $\sigma$ 表示像素灰度值; $e$ 表示数据补全处理; $u$ 表示统一处理标准。在此基础上,使用数据挖掘技术中的关联分析技术,对完成预处理的数据进行分析,在确保数据具有完整性的前提下,挖掘个体特征(如年龄、工作经验、性格类型等)与特定类型的违章行为之间的关联性<sup>[7]</sup>。此过程计算公式为:

$$D = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^k f(G) \quad (3)$$

式中: $D$ 表示个体特征与特定类型违章行为之间的关联性; $N$ 表示图像背景; $k$ 表示关联分析系数; $f$ 表示关联次数。通过上述方式,揭示环境因素(如作业时间、工作强度、安全设施状况等)如何影响违章行为的发生<sup>[8]</sup>。在此基础上,利用聚类分析工具,将具有相似违章行为模式的个体或群体进

行分组,提取违章行为的特点。此过程计算公式为:

$$B = \frac{D}{M(a)} \quad (4)$$

式中: $B$ 表示违章行为特点; $M$ 表示违章行为模式的个体或群体分组; $a$ 表示行为挖掘次数。基于数据挖掘和分析的结果,构建一个违章习惯性行为匹配数据库,根据个体的特征和环境因素,判断其是否可能发生特定的违章行为。计算公式为:

$$K = \mu \sum_{L>1}^L P_L \cdot B \quad (5)$$

式中: $K$ 表示违章行为识别; $\mu$ 表示数据高斯分布密度; $L$ 表示数据匹配更新规则; $P$ 表示像素点序列。按照上述步骤,实现基于历史违章数据挖掘的人员违章习惯性行为匹配。

## 3 边缘行为检测与违章动态预警

在图像处理和计算机视觉中,边缘行为检测是一种关键技术,用于识别图像中的边缘,即图像中颜色或灰度值发生显著变化的位置<sup>[9]</sup>。边缘通常对应于物体的边界或轮廓,此项检测工作可以帮助计算机终端识别图像中的物体或区域。在安全生产和监控系统中,边缘行为检测可以被用于检测和分析人员的行为模式,尤其是可能构成违章或潜在危险的边缘行为。对图像中的边缘梯度进行计算:

$$\gamma = \lambda \cdot K \cdot \sum_s Y(\beta_s) \quad (6)$$

式中: $\gamma$ 表示图像边缘梯度; $\lambda$ 表示物体的边界或轮廓; $Y$ 表示轮廓对应边缘点数量; $\beta$ 表示梯度方向; $s$ 表示图像尺度。基于边缘行为检测的结果,构建一个违章动态预警数据库,数据库中详细记录了各个人员在监控区域内的行为数据,包括动作、速度、方向等,数据通过边缘行为检测算法进行精准识别和分析。每当边缘行为检测算法识别出可能的违章行为时,相关信息都会被自动录入数据库中,并与人员身份、时间、地点等关键信息关联起来<sup>[10]</sup>。

一旦发现违章行为,终端会立即触发预警机制,以提醒相关人员或管理部门注意并采取相应的措施。按照上述步骤,实现边缘行为检测与违章动态预警,完成基于历史违章数据挖掘的人员习惯性违章预警方法设计。

## 4 对比实验

在实际应用中,许多企业和组织都面临着如何有效预防和减少违章行为的问题。为解决此方面的问题,本文开展了基于历史违章数据挖掘的人员习惯性违章预警方法设计。为实现对此方法应用效果的检验,选择某地区大型生产制造企业作为试点,试点企业以其庞大的生产规模和先进的制造设备而闻名,但同时也面临着一系列的安全挑战。其中,高空作业和危险作业是其日常运营中不可避免的部分,此部分作

业环节对员工的技能和专注度有着极高的要求。

即便是在严格要求下，习惯性违章行为也仍然时有发生。违章行为可能由于员工对安全规定的忽视、对工作流程的误解，或者是长期以来形成的不良工作习惯。无论哪一种原因，都极大地增加了事故发生的风险，对员工的生命安全构成了严重威胁。为应对这一挑战，该企业已经尝试引进了多种方法进行习惯性违章行为的预警，尽管现有方法在理论上具有一定的效果，但在实际应用中却未能取得显著的成效。

为解决此方面的问题，在综合商议后，决定应用本文提出的方法，进行人员习惯性违章预警。为满足实验需求，在生产单位内布置传感器、摄像头进行企业人员作业行为的实时采集。建立采集装置与终端之间的通信，确保对采样数据的快速感知，终端布置如图 2 所示。

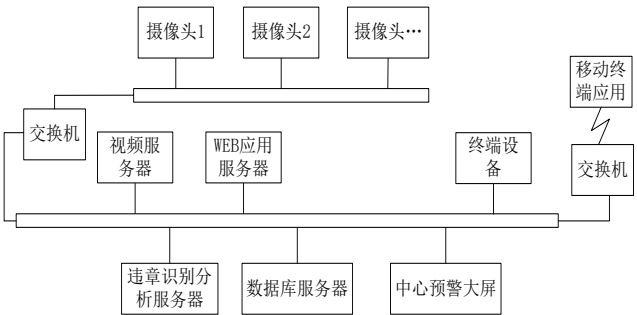


图 2 企业内人员生产作业行为采集的终端布置

完成现场布置后，调用企业内部数据库中的历史违章行为数据，将其与上文中的人体关键点进行匹配，相关内容如表 2 所示。

表 2 历史违章行为与人体关键点匹配结果

序号	部门	岗位	习惯性违章行为描述	匹配人体关键点
1	生产部	操作工	未佩戴安全帽进行高空作业	①
2	维修部	电工	违规操作电气设备	⑦⑧⑨⑩
3	仓储部	叉车司机	驾驶叉车未系安全带	③④
4	生产部	操作工	未经许可违规操作设备	⑦⑧⑨⑩
5	维修部	焊工	焊接时未佩戴防护眼镜	1

按照上述方式，汇总生产单位内人员习惯性违章行为。在此基础上，引进文献 [1] 方法、文献 [2] 方法，使用现有方法与本文方法，进行人员习惯性违章的预警。预警行为将按照规范标注在中心屏幕上。

以某试点单位内某典型习惯性违章行为为例，对其进行预警，预警结果如图 3 ~ 图 5 所示。



图 3 本文方法预警结果



图 4 文献 [1] 方法预警结果



图 5 文献 [2] 方法预警结果



从图3所示的内容可以看出,使用本文方法进行人员习惯性违章预警,识别到图像中有两个人存在习惯性违章行为,并精准标注了对应人员存在未佩戴安全帽和未系安全带进行高空作业等违章行为。

从图4所示的内容可以看出,使用文献[1]方法进行人员习惯性违章预警,识别到图像中有两个人存在习惯性违章行为,并标注了对应人员存在未佩戴安全帽进行高空作业等违章行为,未能识别到第二名人员存在未系安全带的违章行为。

从图5所示的内容可以看出,使用文献[2]方法进行人员习惯性违章预警,识别到图像中有一名人员存在未佩戴安全帽进行高空作业等违章行为,未能识别到其他违章行为。

根据上述结果,可以得到如下结论:相比现有方法,本文设计的基于历史违章数据挖掘的预警方法应用效果良好,此方法不仅可以实现对识别图像中人员所有习惯性违章行为的识别,还可以精准进行对应行为的预警。

## 5 结语

安全生产是企业持续稳定发展和社会和谐安宁的基石,它关系到员工的生命健康和社会的稳定。然而,习惯性违章行为如同潜在的安全隐患,它不仅严重威胁着生产过程中的安全,而且往往是导致事故发生的直接原因。因此,针对人员习惯性违章行为的预警和干预,是提升安全生产水平,确保生产安全的重要措施。通过对工作人员的行为进行实时监控和分析,可以及时识别出那些可能导致事故的违章行为,并采取措施进行纠正。这不仅能够提升员工的安全意识和规范操作技能,还能够有效降低生产过程中事故发生的概率,确保企业和员工的安全。

在此背景下,数据挖掘技术以其独特的优势,成为助力企业安全生产的得力工具。这种技术通过对大量历史违章数据的深入分析,可以揭示出违章行为背后的规律和特点,为企业设计更为有效的预警机制提供强有力的数据支撑。为了将这一技术落到实处,本文引入了一套基于历史违章数据挖掘的预警系统。该系统通过高精度的人体关键点检测技术,可以准确识别出员工的操作行为;再结合人员违章习惯性行为匹配算法,可以精确地识别出那些可能导致事故的违章行为。此外,边缘行为检测与违章动态预警机制的引入,使得系统能够实时监控员工的行为,并在检测到违章行为时立即发出预警,从而确保安全生产。

通过这一系列的设计和 implement,我们期望能够显著提升生产作业中的安全管理水平,有效减少事故的发生,为企业

的安全生产提供坚实的保障,同时也为社会的和谐稳定做出贡献。

## 参考文献:

- [1] 丁俊峰,肖文韬,李明远,等.融合视觉感知与RTK定位的变电站越界违章检测[J].计算机技术与发展,2023,33(8):206-213.
- [2] 高奇,王敏强.以“监察博弈”为模型开展加油加气站现场反违章操作[J].石油库与加油站,2022,31(3):29-31+5.
- [3] 豆旺.基于演化博弈论的建筑施工企业安全生产与员工违章动态分析[J].安徽建筑,2024,31(3):187-189.
- [4] 汪晨,孙伟,郑蓓,等.基于机器视觉的变电站数字化违章行为三维虚拟周界监测方法[J].微电子学与计算机,2023,40(12):53-60.
- [5] 王天瑜,春思帆.基于ISM-MICMAC的煤矿工人违章行为影响因素研究[J].煤矿安全,2023,54(7):260-264.
- [6] 李泽华,曲亚平,张勇,等.基于5G通信网络的智能安防反违章管控应用研究[J].东北电力技术,2023,44(4):58-62.
- [7] 王嘉仪,熊方莹,刘鸿基.基于无人机与计算机视觉技术的违章建筑的智能检测[J].电子制作,2022,30(16):39-42.
- [8] 彭心亮,朱中阳.基于管制安全防护系统的管制员“五步法”行为监控研究[J].中国民航飞行学院学报,2023,34(6):41-45.
- [9] 栗婧,张志珍,杜璇,等.基于文本分类技术的煤矿违章行为统计方法研究[J].矿业科学学报,2022,7(3):344-353.
- [10] 田夫果,党红亮,庄家丰,等.基于MATLAB的高速公路车辆违章占道分析及预警系统[J].电子测试,2022,36(2):8-10.

## 【作者简介】

贺洲强(1981—),男,甘肃天水人,硕士,高级工程师,研究方向:安全监察、电力系统及其自动化。

刘晓光(1974—),男,甘肃兰州人,本科,副高级工程师,研究方向:电力信息化。

刘刚(1987—),男,甘肃会宁人,硕士,工程师,研究方向:电力系统通信、电力信息化、数字化转型。

兰九龄(1985—),女,甘肃平凉人,本科,工程师,研究方向:电气工程及其自动化。

张江鹏(1991—),男,甘肃平凉人,本科,工程师,研究方向:信息技术与信息化。

(收稿日期:2024-05-27)