

智能视频识别技术在非战争医学救援中的应用研究

李永革 张岩* 曹海涛 张剑 吕文娣 张鹏飞

中国人民解放军 32310 部队 河北保定 071000

摘要：针对非战争医学救援医疗队在日常训练和现场救援中，信息处理和指挥等方面存在的短板，本文引入视频识别、人工智能等技术，构建智能视频识别应用系统，用于对伤员智能识别、分类、汇总及行为鉴别等，以提升医疗队的指挥效能和训练、救治水平。

关键词：非战争；医学救援；视频识别；姿态估计；YOLO

我国是一个灾害频发的国家，其中非战争医学救援是重要的一环，如何提高非战争医学救援医疗队的指挥效能和训练、救治水平是核心任务，本文将智能视频识别、人工智能等先进技术引入非战争医学救援，实现对伤员分类、流量统计、异常行为识别等，指挥员可实时、全面、直观掌控医疗队整体运转情况，为制定指挥决策提供有力支撑。

1 研究背景及意义

当前，国内外在医学救援队中，一般基于信息标识，利用 RFID、传感器、网络通信等技术进行信息的处理和传递，该类信息系统的研究重点侧重于伤员信息流的处理，此外，部分医疗队也采用了视频系统对整个医疗队进行监控，但存在以下问题：设计目标不高，受限于传统的监控系统思路，即人工观察+多路视频展示的传统模式；监控方式被动，监控系统只起到录像作用，无法对异常事件进行实时快速反应；缺乏智能元素，不能对监控目标进行实时的数据识别与分析；监控摄像头布设不科学，不能对医疗队救治过程进行全方位覆盖。

总的来看，目前医学救援中医疗队主要采用传统计算机、通信等技术进行信息处理，缺乏科学指挥决策方面的研究与实践，本文着眼提高非战争医学救援医疗队指挥效能，通过布设易安装的高清摄像头作为视频采集终端，实现全方位全过程实时监控，利用智能视频识别技术对采集的视频进行分析识别，达到实时掌握伤员数量、伤员类型、组室负荷、异常情况等信息的目的，同时，在训练或救援结束后，通过全方位视频回放、对比分析，可进行更加有效的复盘，从而提高训练、救治水平。

2 应用方案

依据视频采集终端部署方案和视频特征知识库，成型医疗队视频智能识别系统，本文采用前端摄像头+后端视频处理服务器的模式，由摄像头作为前端采集视频信息，加装视频处理软件的后台 GPU 服务器对视频数据进行集中统一处理。

2.1 智能视频采集终端部署

当前，非战争医学救援中，医疗队主要采用搭建卫生帐篷、简易房等作为医疗救治场所，在展开区域建立指挥组、分类后送组、医疗、手术组、保障组等组室。本文以卫生帐篷为例，根据医疗救援类型、医疗队展开布局及担负的职能，以全方位、全流程和便于识别为原则，摄像头作为采集终端覆盖伤员通过的所有点位，并划定视频识别分析网格，根据组室覆盖范围、伤员通过流程、伤员悬挂分类标识、采集视频信息等因素，制定视频采集终端设备的部署方案，包括安装的数量、位置、角度等参数。例如分类场是伤员进出的最重要区域，场面积大、人员多，在伤员分类时场面较为混乱，需要摄像头拍摄的范围较大，设置的摄像头需实现对伤员基本情况、伤情分类、伤员数量等进行识别和统计，并且对伤员异常行为进行监控识别，摄像头可根据实际情况设置 1-3 个，摄像头安装高度和角度以能覆盖分类场所有伤员为准，一方面可以获得较好的视野范围，另一方面也方便对伤员进行特征提取；其它组室帐篷，可在帐篷入口处设置摄像头 1 个，以实现收治伤员数量的统计，因视野范围较小，摄像头安装高度比帐篷入口高度略低即可，如需对组室内伤员行为进行监控，可在卫生帐篷内架设摄像头，在应用部署时可根据实际情况进行适当的调整，包括摄像头角度和位置。

2.2 智能视频识别技术应用

本文研究的主要内容是在非战争医学救援过程中，利用智能视频识别技术对伤员进行智能识别和分类统计，包括根据伤员佩戴的标识，对伤员的轻、中、重伤情况，以及传染性等特殊伤情进行智能识别；伤员分类到达各组室过程中，进行伤员流量统计；根据伤员伤标、区域划分，对送达位置错误等事件自动识别和报警，从而使指挥员可实时、直观获得医疗队全面救治信息。

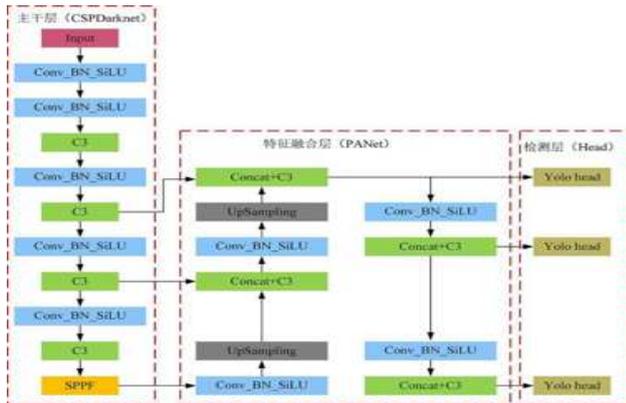


图 1 YOLOv5s 结构图

(1) 算法模型选择：基于非战争医学救援要求速度快、实时性强及伤员分类所戴标识较小等特点综合考虑，确定采用 YOLO (You Only Look Once) [1] 作为核心检测算法模型，特别是高精度单级目标检测模型 YOLOV5 [2] 的提出，使得单级目标检测模型不但拥有较高的检测效率，还具有与两级目标检测模型比肩的检测精度，因此本文综合考虑了检测模型的准确性、效率和规模，采用 YOLOV5s 网络作为检测模型。YOLOV5s 网络结构主要分为骨干网络、颈部网络和检测头，骨干网络基于 CSB、Bottleneck CSP (跨阶段部分网络) 和串联空间金字塔池化 (SPPF)，如图 1 所示 [3]，颈部网络基于路径聚合网络 (PANet) [4] 生成特征金字塔，它通过双向融合低级空间特征和高级语义特征来增强检测不同尺度物体的能力，这三个尺度特征输入到检测头生成目标预测框、类别和置信度，具体流程如下：

在输入端，YOLOV5 采用与 YOLOV4 [5] 相同的马赛克数据增强方法，在小目标检测方面表现更好，并增加了自适应锚定框计算，每次训练时，自适应计算不同训练集中最优锚框的值。

在骨干网络，YOLOV5 的 6.1 以上的版本采用 Stem 模块和 CSP 模块，提高了网络学习能力和降低存储成本，同时，

调整了空间金字塔池化模块，将 SPP 如下图 2 (a) 替换为 SPPF 如图 2 (b) 所示，以减少推理时间和保持检测精度。

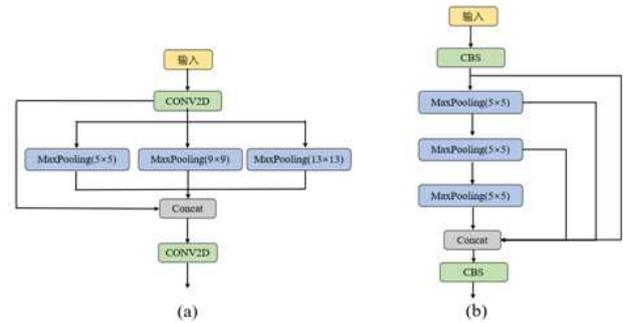


图 2 两种空间金字塔池化比较

颈部网络的核心是采用特征金字塔网络 (FPN) [6] 和路径聚合网络 (PAN) 结构，FPN 和 PAN 结构实现了高层特征和低级特征的融合和互补，增强了模型的特征提取能力。

在预测头，预测包括损失函数和非最大值抑制 (NMS)，YOLOV5 使用 Ciou [7] 作为损失函数，有效地解决边界框不重叠的问题，并在目标预测结果后处理阶段，利用加权 NMS 方法对众多预测框进行筛选，得到最优预测框。

(2) 数据采集：对采集的视频数据使用脚本抽帧的方式截取一定数量的图片数据，用于数据集的标注，为丰富数据集，在医学救援训练或真实救援现场中，采集伤员从运送、分类、救治等医疗队救援全过程视频数据，再对数据进行清洗以获得有效数据，然后将清洗后的数据按照一定的比例随机划分，形成训练数据集及测试数据集。

(3) 数据标注：将采集所得图像数据用于数据集的标注，本文采用开源标注工具 LabelImg 对图像进行标，主要对轻伤、重伤、手术等标识牌和出血、骨折、传染等伤情条，以及摔倒、击打、蹦跳等异常行为进行标注，在标注过程中需要仔细核对每个目标对象的边界框和类别信息，对于同一类别的目标对象，在标注时应保持一致性，以确保模型能够学习到正确的特征，而且为了训练出高质量的模型，需要充足数量的标注数据，然后通过模型训练得到适宜的检测用权重文件，即模型参数文件，同时创建伤员分类与异常行为数据集，即特征库。

(4) 模型训练：YOLO 的模型训练主要步骤包括①准备深度学习环境，主要包括根据所选择的算法模型版本确定需安装的程序库；②准备数据集，选择数据格式如 VOC 格式，通常包括图像文件和对应的 xml 标注文件，然后创建数据集

和转换数据格式，将原始数据集转换为算法模型可识别的格式；③配置训练参数，包括学习率、批次大小、训练轮数等；④训练及优化，使用 TensorBoard 等工具监控训练过程中的损失函数变化、准确率等指标，然后进行数据预处理，并通过调整参数、使用更复杂的网络结构或使用其他优化技巧来提高模型的性能，实现模型优化。

(5) 识别网格划分：YOLOV5 将输入图像划分为多个网格，每个网格负责检测落入其内的目标对象，YOLOV5 的网格数量不是固定的，而是随着网络结构和输入图像尺寸的变化而变化，具体网格数量取决于输入图像的尺寸以及 YOLOV5 网络的设计，通过将输入图像划分为多个网格，并结合使用预测框，YOLOV5 能够实现对图像中多个目标对象的同时检测，并在保持较高检测速度的同时，也能够达到较高的检测精度。

(6) 算法验证及优化：结合训练、救援过程，大量采集数据和多次模型训练，在真实场景中，对算法进行检验，根据训练、救援检验结果调整神经网络参数，迭代优化算法，减少误判、漏检等情形。

2.3 智能视频行为分析识别

主要用于对伤员异常行为的分析和鉴别，包括：对于分类场、组室中伤员出现异常行为（摔倒、击打、蹦跳等）进行实时识别；对于组室出现大量伤员，超负荷等情况进行识别、预警，提示指挥员及时干预。本文的最初研究思路是采用基于姿态估计的伤员异常行为识别方法^[8]，基于姿态估计的伤员异常行为识别方法流程如图 3 所示，及时发现伤员出现的异常行为，包括摔倒、击打、蹦跳等。

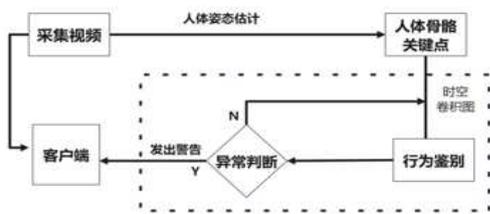


图 3 基于姿态估计的伤员异常行为识别方法流程图

首先，利用基于深度学习的人体姿态估计方法提取伤员的骨骼关键点坐标，组成包含空间信息和时间序列信息的时空图卷积，模型中每个节点对应于人体的一个关键节点，同时包含两种类型的边，一种是符合人体关节自然连通性的空间边，另一种是跨越连续时间的时序边；然后，对时空

图进行多阶段的时空卷积操作，提取高级特征；最后采用 Softmax 分类器^[9]进行伤员行为分类，得到行为结果并判断是否为异常行为。

在数据集初步构建完成，并经过若干实验后，发现如果伤情分类和异常行为采取不同的算法模型，那么两种算法无法同时在一个机位中部署，收集到的两种检测数据也较难整合至一个系统界面中，因此，决定将 YOLOV5 算法也应用于异常行为检测，实现两种识别方法在单机位及展示系统上融合，将两大类检测数据合并为一个训练集，整体图像采集、筛选、标注与模型训练流程如上所述。

2.4 识别特征库构建

识别特征库是基于本系统特殊应用场景，根据智能视频识别的需要，构建视频特征知识库，主要包括伤标颜色、形状，伤员行为等关键特征集，并定义特征与单一规范规则的映射关系，进而判定视频特征代表的含义，以实现智能识别、分析的精准性和高效性。

本文经过研究试验，初步构建了识别特征库，特征库主要涵盖了轻伤、手术、重伤、后送等标识牌和出血、骨折、传染等伤情条，以及摔倒、击打、蹦跳等异常行为的视频识别特征。

3 结论

智能视频识别技术在非战争医学救援中的应用研究首次将智能视频识别技术引入非战争医学救援中，实现医学救援训练、救治全过程、全方位的可视化，并通过视频识别分析技术对伤员进行智能识别、分类、汇总及行为鉴别等，对提升我国非战争医学救援水平具有很强的推动作用，但我们也应清楚的看到，智能视频识别技术在医学救援领域还存在很多挑战，如信息安全、特征库完善、算法模型改进等，这些将是下一步研究的重点。

参考文献：

[1] 李燕君, 蒋华同, 高美惠. 基于强化学习的边缘计算网络资源在线分配方法[J]. 控制与决策, 2022, 37(11): 2880—2886. (Li Y J, Jiang H T, Gao M H. Reinforcement learning-based online resource allocation for edge computing network[J]. Control and Decision, 2022, 37(11): 2880—2886)

[2] 谢椿辉, 吴金明, 徐怀宇. 改进 YOLOv5 的无人机影像小目标检测算法[J]. 计算机工程与应用, 2023, 59(9):

198–206. XIE C H, WU J M, XU H Y. Small object detection algorithm based on improved YOLOv5 in UAV image[J]. Computer Engineering and Applications, 2023, 59(9): 198–206

[3] 李林红, 杨杰, 冯志成, 等. . {{custom_author.name_cn}} 等. 面向站口行人检测的改进型 Yolov5s 算法 [J]. 南京大学学报 (自然科学版), 2024, 60(1): 87–96

[4] Liu S, Qi L, Qin HF, et al. Path aggregation network for instance segmentation // 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Salt Lake City, UT, USA: IEEE, 2018: 8759–8768

[5] Bochkovskiy A, Wang C Y, Liao H Y M. YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection. 2020, arXiv: 2004.10934

[6] LIN T Y, DOLLÁR P, GIRSHICK R, et al. Feature pyramid networks for object detection [C] // Proceedings of the 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Piscataway: IEEE, 2017: 936–944

[7] Rezatofighi H, Tsoi N, Gwak J Y et al. Generalized

intersection over union: Ametricanda loss for bounding box regression[C]. Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Long Beach. 2019: 658666

[8] 张宇, 温光照, 米思娅, 张敏灵, 耿新. 基于深度学习的二维人体姿态估计综述. 软件学报, 2022, 33(11): 4173–4191. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/6390.htm>

[9] PATRICHE C V, PIRNAU R, GROZAVU A, et al. A comparative analysis of binary logistic regression and analytical hierarchy process for landslide susceptibility assessment in the Dobrov, river basin, Romania. Pedosphere, 2016, 26(3): 335 – 350

作者简介:

李永革 (1972—), 性别: 男, 民族: 汉族, 籍贯: 河北省保定市人, 学历: 硕士研究生, 单位: 32310 部队, 职务: 高级工程师, 研究方向: 网络安全

通讯作者: 张岩