

doi: 10.7690/bgzd.2015.06.017

一种基于智能视觉的群体性事件现场态势感知技术

李健¹, 刘治红¹, 蒋飞²

(1. 中国兵器工业第五八研究所军品部, 四川 绵阳 621000;

2. 中国人民武装警察部队装备研究所, 北京 100012)

摘要: 针对群体性事件处置时现场手段多、数据离散和集中监控分析困难等问题, 提出一种基于智能视觉的现场态势感知技术。以现场场景、出入口、重要区域的视频图像为核心, 通过智能视频分析、安全威胁事件自动识别算法, 实现现场态势的自动感知, 并建立现场态势的评估模型, 并通过具体的实现方案进行验证。结果表明: 该技术具有将图像特征的提取和事件识别分离实现的特点, 能提高智能视频分析判断的灵活性和可靠性, 为指挥人员全面掌控现场态势提供有效的技术手段。

关键词: 智能视觉; 态势感知; 密度分析; 人流统计; 全景监控

中图分类号: TP301.6 **文献标志码:** A

A Live Situational Perception Technique of Group Events Based on Intelligent Vision

Li Jian¹, Liu Zhihong¹, Jiang Fei²

(1. Department of Military Products, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industry, Mianyang 621000, China;

2. The Equipment Research Institute of the Chinese People's Armed Police Forces, Beijing 100012, China)

Abstract: Aiming at the problem of multi means, discrete data and difficult analysis in centralized monitoring when the group events is disposed, a technology of live situation perception based on intelligent vision is putting forward. Take the video of live situation, entrances and exits, important area as the core. The technology, which realize the automatic sensing of live situation, generate the evaluation model of the live situation and provide the basis for automatic generation of live safety situation, is realized through video analysis and automatic recognition arithmetic of safety threat events. Through the realization of the program shows that this technology, with the character of separate implement between extracting features from video and event identification, improves the flexibility and reliability of judgment of intelligent video analysis and provides an effective technical means for director's well knowledge of the live situation.

Keywords: intelligent vision; situation awareness; density analysis; pedestrians counting; panoramic monitoring

0 引言

在遂行执勤、反恐、处突等各项针对群体性事件处置任务中, 通常需要采用视频图像监控, 配合使用雷达、激光、GPS/北斗等技术手段, 获取目标的类型、方位和运动等特征, 为准确处置目标提供依据。现有的态势感知手段多是局部的、分散的和专业化的, 获取的图像、语音、数据等现场信息都是孤立的, 这些给集中监看、分析带来很大困难, 指挥中心难以对现场态势进行及时、全面的掌控。急需能有效融合多手段数据的现场态势感知系统。笔者在图像处理、人工智能、数据挖掘和信息处理等技术的基础上, 结合态势感知的理论与方法, 提出基于智能视觉的群体性事件现场态势感知技术, 可满足群体性事件处置过程中对现场安全态势全面掌控的需求。

1 群体性事件现场态势智能感知过程

态势感知作为信息从物理域或信息域映射到认知域的一种认知活动, 是信息、数据进入认知域的

输入过程。主要分为 2 种感知方式: 1) 直接感知方式, 主要通过模式识别的方式来完成; 2) 间接感知方式, 借助工具和手段对具有时空特性的感知对象进行序贯分析来完成。对于复杂的环境, 通常采用模式识别, 并将模式与自身先前的经验和知识联系起来, 以快速确定态势的本质, 并恰当响应^[1]。

笔者提出的基于智能视觉的群体性事件现场态势感知以智能视频分析和事件识别技术为核心, 实现异常事件的直接感知。其态势感知过程如图 1。

1) 建立以视频为主的现场传感器网络。

在群体性事件突发现场, 主要以视频监控设备为主获取现场、出入口和周界重点区域的场景视频图像, 直观探测现场人群、出入口人流和重点区域目标的状态。其他 GPS、电子罗盘等传感器获取监控设备的位置、姿态等, 为确定传感器的探测范围提供原始数据, 便于共同分析定位目标。

2) 智能视觉分析。

根据在群体性事件突发现场重点掌控目标的需要, 对现场监控视频流进行智能视觉分析, 自动提

收稿日期: 2015-02-05; 修回日期: 2015-04-10

作者简介: 李健(1984—), 男, 四川人, 硕士, 工程师, 从事数字信号处理、数字图像处理算法及数字信号处理的 FPGA 开发研究。

取人群目标及属性、状态等信息，包括针对场景监控视频流进行智能分析，自动检测、估计人群分布、密度和动向等；针对出入口监控视频流进行智能分析，自动统计人群流量及流动方向；针对重点区域监控视频流，自动检测运动目标及目标的运动方向和速度等。

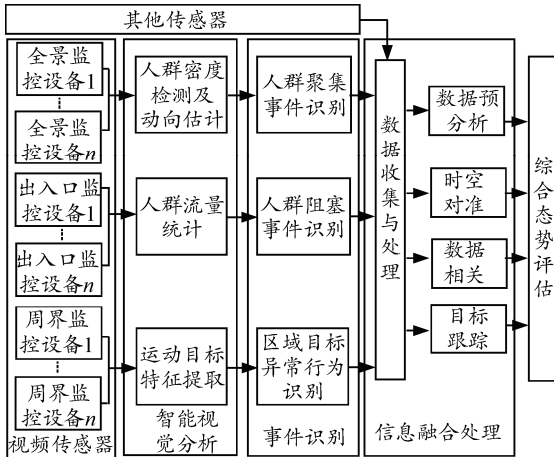


图 1 基于智能视觉的群体性事件现场态势感知过程

3) 事件识别。

依据智能视觉分析提取的目标及其特征数据，根据事件的判断模型和推理过程，实现群体性事件现场重点关注事件的识别。包括依据人群密度检测及动向估计结果实现人群聚集类事件识别，输出高、中、低威胁程度的人群聚集事件；依据出入口人群流量统计及动向检测结果实现人群疏散类事件识别，输出稀疏、中等阻塞和严重阻塞等人群疏散事件；依据周界重点区域运动目标检测及特征提取结果实现区域目标异常行为事件的自动识别，输出入侵和滞留等事件。

4) 信息融合处理。

接收基于智能视觉的事件识别信息和现场传感器的原始检测信息，进行数据预处理、时空对准、数据相关和目标跟踪等分析处理，在统一时间、空间，按一定的规则输出相互关联的异常事件序列，为综合生成现场的安全态势提供必备信息。

5) 综合态势评估。

依据信息融合处理结果，通过态势评估技术得出综合态势，并在电子地图上进行直观显示。综合态势评估主要是针对多对象间的协同关系、机动情况和实时变化的态势，采用态势觉察、态势理解和态势预测等技术完成。态势觉察主要依据态势评估模型对现场的各类事件对象进行态势要素的提取；态势理解主要包括基于态势感知模型，采用模式匹配技术，得出当前态势；态势发展趋势的预测通过统计分析事件数据得到，对不同事件，采用不同的

统计预测方法：针对聚集类事件，统计高密度人群目标的位置变化趋势；针对疏散类事件，统计人群流量的变化趋势；针对区域运动目标事件，进行目标的运动跟踪，显示运动轨迹。

2 关键技术及解决途径

基于智能视觉的群体性事件现场态势感知系统主要通过智能视频分析和信息融合，自动检测和识别人群聚集、人群阻塞、重要区域人员异常行为等事件，并根据现场综合态势评估模型，生成现场整体的安全态势。其中智能视觉分析算法、安全威胁事件自动识别和态势评估模型等技术需要重点突破。

2.1 智能视觉分析算法

在处置群体性事件的过程中，现场人群密度分布、出入口人群流动和重要区域内人员的行为等情况需要重点关注，采用智能视觉算法分析现场监控视频流，自动提取人群密度分布、动向、人群流入流出和重点目标运动情况等特征，需要研究突破以下 3 类算法。

1) 人群密度及动向估计算法。

在群体性事件发生时，由于人群具有人数多、相互拥挤、疏密分布不均、人群密度随时变化和人群运动状态复杂等特点，通过识别出人群中的个体统计出人群数量难度很大甚至不可能；因此，将人群密度分为不同的密度等级，并针对不同的密度等级采用不同的算法。在人群密度较低时，通过像素特征来判断人群密度，此方法主要是通过背景减的方法来提取前景人群占据的空间大小，以及通过边缘提取的方法来统计人群对象所占的边缘长度，通过这 2 类特征进行密度估计；当人群密度较大时，引入纹理的方法，使用基于灰度共生矩阵的特征提取方法对人群密度进行统计；同时，使用块匹配的方法对人群动向进行估计，该算法可有效运用于低密度和高密度人群^[2]。



图 2 叠加大人群密度特征的视频截图

人群密度算法的输出特征参数包括人群区域编号、区域中的人数、区域的中心坐标、区域的边缘信息、区域内人群运动方向和区域密度等级。在视频图像上用红、黄、蓝分别对应高、中、低密度等级进行直观标示。叠加了不同区域标示的人群密度特征的视频截图如图2所示。

2) 人群流量统计算法。

针对群体性事件现场出入口，设置虚拟统计区域。采用人群流量统计算法提取人群数量和流动方向。首先使用模板屏蔽的方式，有效提取感兴趣区域，再针对感兴趣区域进行高斯背景建模，统计出区域背景图像，最后进行前景目标分割。在进行人群流量统计时，采用基于加权面积透视变换的方法统计人数，该方法考虑了场景的远近透视关系，能有效区分场景中人群的不同密度级别^[3]。对于低密度人群，采用人员特征进行比较准确的人数统计，对于高密度人群需要考虑采用人群密度估计算法进行密度等级的划分和人数范围的估计。

人群流量的输出特征参数：出入口编号、出入口位置坐标、出入口方向1的当前过往人数、出入口方向1的通过总人数、出入口方向2的当前过往人数和出入口方向2的通过总人数。叠加人群流量特征数据的视频截图如图3所示。



图3 叠加人群流量特征的视频截图

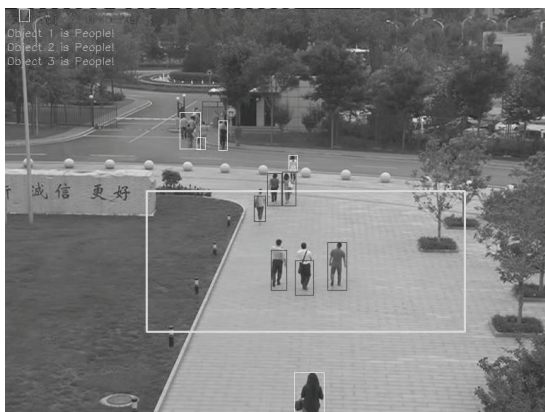


图4 叠加运动目标跟踪框的视频截图

3) 区域运动目标检测算法。

针对设定的警戒区域或警戒线，综合采用背景建模、图像差分和投影算法等实现多运动目标检测以及目标类型、目标状态和运动方向等特征的提取。输出的特征参数包括警戒区域编号、警戒区域位置信息、警戒区域内可疑目标个数及各目标属性、位置等信息。算法效果如图4所示。

2.2 安全威胁事件自动识别

现场安全威胁事件主要包括人群聚集事件、人群疏散事件和区域目标异常行为事件等3类。事件的识别需要基于现场图像分析提取的特征，结合后台人工分析、判断和预警群体性事件的业务规则，对事件的类型进行综合判断。贝叶斯网络是一种基于概率推理的有向无环非循环网络，可根据不完全或不精确的信息进行较为准确的因果推理，这种特点正好适合根据现场不详细的事件特征来对群体事件类型进行判断的情况。笔者提出基于贝叶斯网络的群体性事件自动识别方法，指通过分析群体性事件判断的业务规则，形成先验知识，构建各类事件识别的贝叶斯网络，再结合基于智能图像分析的底层特征提取技术获取群体性事件的图像特征表现，利用贝叶斯网络强大的因果推理功能得出群体性事件的判断结果^[4]。

下面介绍基于贝叶斯网络的人群聚集类事件识别过程，如图5所示。

1) 基于业务规则建立贝叶斯网络模型。根据人工分析、判断群体性事件业务规则，如人群位置、人群密度等级、人群动向和持续时间等因素，构建人群聚集事件判定的贝叶斯网络拓扑结构，收集具体事件的分析判定信息，处理后得到网络的参数，即各节点的相应概率，完成贝叶斯网络模型的构建。

2) 人群聚集事件特征数据采集。接收视频图像中分析检测出的人群密度等级、密度块中心在图像中的位置、块覆盖的半径和块运动方向等特征数据。

3) 人群聚集类事件的识别。将采集的事件现场图像特征数据输入到贝叶斯网络中，借助网络推理功能将信息在网络中传播，计算网络中各节点的后验概率。通过后验概率对事件做出判断。若判断有误，则将正常信息输入网络，重新接收特征信息进行判断；若判断正确，则输出低、中、高威胁性聚集事件，同时对贝叶斯网络的节点参数进行优化。

人群疏散类事件和区域目标异常行为事件的识别过程与以上过程类似，以事件识别贝叶斯网络模型为核心，综合采集的视频图像特征数据，进行事

件模式识别，输出相应的事件类型。并根据视频图像采集设备标定生成的图像坐标系与大地坐标系的

映射关系，求解异常事件发生的位置，为构成现场安全态势提供数据源。

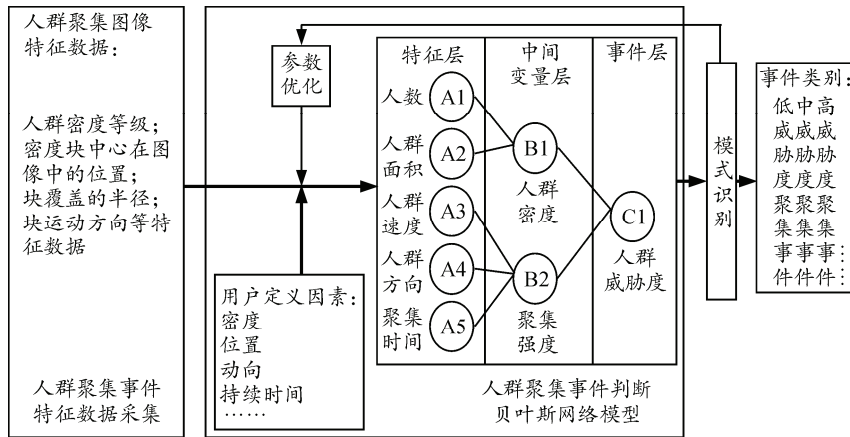


图 5 人群聚集类事件的识别过程

2.3 群体性事件现场态势评估模型

群体性事件现场综合态势评估模型是现场安全态势生成的核心，是态势自动感知的依据。通过对群体性事件处置的经验分析发现，群体性事件现场人群密度分布、出入口人群流动和重要区域内人员的行为等情况均会对事态的发展和控制产生重要影响。群体性事件现场态势感知模型需要综合考虑人群聚集、人群疏散和重点人员行为等关键因素，结合事态发展判断的先验知识以及现场场景特点，分析多对象间的协同关系，建立起表征某一时刻态势的特征量，将传感器自动感知的各类事件特征量与态势的标准特征量相比较，通过相似度即可判断当前的安全态势。

由于群体性事件现场情况复杂，以视频监控传感器为主进行事态的观察、判断，需要综合考虑的因素众多，主要依赖人的经验，很难精确量化。因此，群体性事件现场态势感知是一个定性分析的过程。笔者只是初步给出其形式化的数学描述。

设当前时刻观察到的目标特征向量为 $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ ，已知目标态势空间为 $C=(c_1, c_2, \dots, c_m)^T$ ，则 X 对 C 的支持程度 S 可表征为 $S=f(X, C)$ 。

基本思想在于利用目标状态(用特征向量表征)与标准序列状态值之间的相近程度(简称相似度)来计算目标当前状态对各态势类别的支持程度。

1) 分析特定群体性事件场景下，人群呈现某种态势 c_j 时特征向量 X 的标准值为 X_j^* 。标准值 X_j^* 的分量 x_{ij}^* 并非特定的值，而是存在一个离散或连续的取值范围。不同态势类别的 c_j 具有不同的标准值 X_j^* 。

2) 判断目标对态势类别 c_j 的归属时，定义对应该类态势的特征向量的第 i 个分量 x_{ij} 对态势类别

c_j 的归属判断的重要程度为 w_{ij} ，称之为第 i 个分量 x_{ij} 对态势类别 c_j 的判断权重，其中权重可根据层次分析法，依靠专家用成对比较法得出：

$$\sum_{i=1}^n w_{ij} = 1$$

3) 建立特征向量 x_{ij} 与 x_{ij}^* 的相似度计算模型，其相似度 s_{ij} 用 $[-1,1]$ 中的一个数来度量，当相似度取正值时，代表该特征支持相应的态势类别，取负值时相反。

4) 计算特征量 X 对 c_j 的支持程度：

$$S_j = \sum_{i=1}^n s_{ij} \cdot w_{ij}$$

3 系统实现

群体性事件现场态势感知系统采用分布式混合架构模式，包括全景监控设备、出入口监控设备、区域入侵监控设备等前端设备和态势管理终端 4 个部分组成。系统硬件组成及连接如图 6 所示。其中：全景监控设备实现场景视频的拼接、人群密度检测、动向估计、人群聚集事件的判断并报警等功能；出入口监控设备实现出入口人群流量的分析和人群阻塞事件的判断并报警；区域入侵检测设备实现周界、设备设施等重要区域的监控及智能入侵检测；态势管理终端实现态势自动生成和直观呈现。态势管理终端和前端设备间通过无线宽带连接。

前端设备以 DM8168 为核心处理平台^[5]，实现高清视频的采集、智能视觉分析和安全威胁事件的自动识别，并同时实现设备相关数据的采集和网络化传输。DM8168 硬件结构如图 7 所示。DM8168 共包括 4 个核：VPSS M3，用于视频捕获、显示、缩放、转换和滤波等；C674x DSP，主频可达 1 GHz，

处理能力可达 8 000/6 000MIPS/MFLOPS，运行智能视觉分析算法软件，实现现场人群及个体目标特征参数的自动提取；VIDEO M3，用于 MPEG、H.264、VC-1、AVS 等格式的编解码；Cortex A8

ARM，主频可达 1.2 GHz，运行安全威胁智能识别算法软件，实现人群聚集、人群阻塞和个体目标异常行为等事件的判断，同时经网络输出分析结果数据、视频流和采集的外设数据。

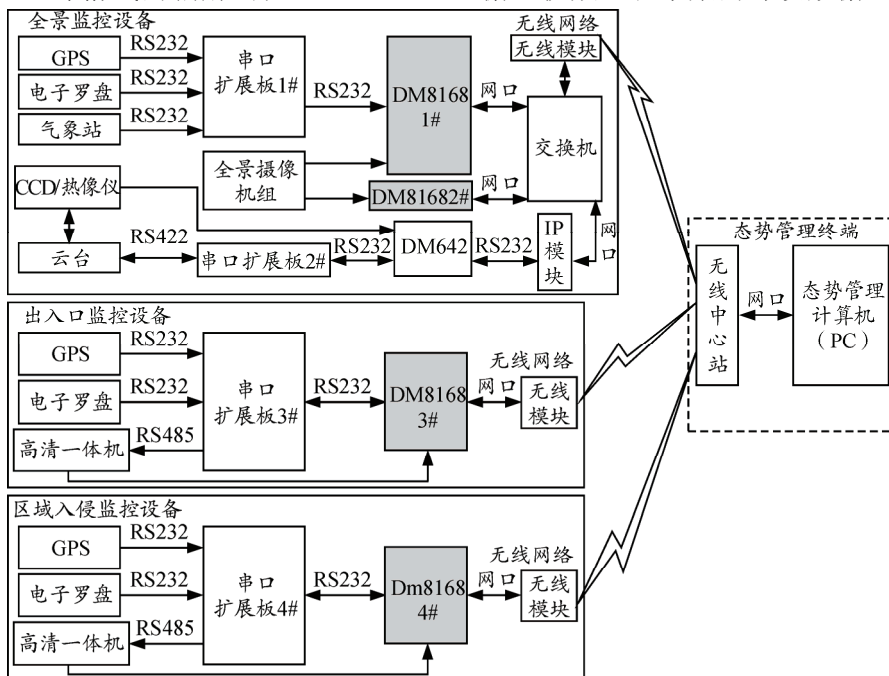


图 6 系统硬件组成及连接

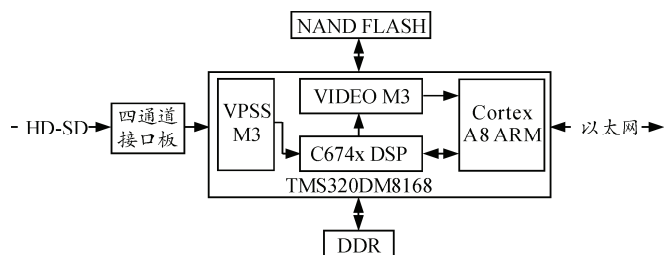


图 7 DM8168 硬件结构

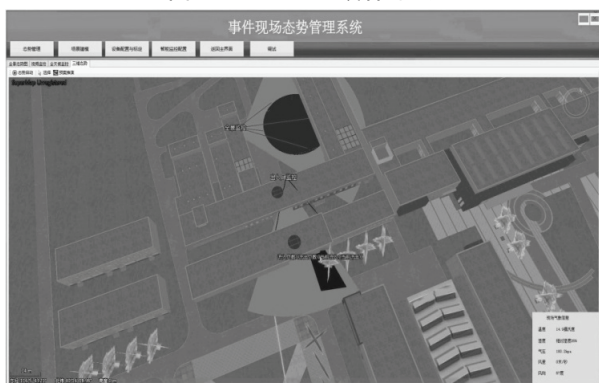


图 8 群体性事件现场三维态势图界面

态势管理计算机 (situation-managing computer) 接收前端各嵌入式平台输出的各类数据，进行融合处理，根据群体性事件现场态势评估模型，综合生成现场的安全态势，并结合现场场景模型，实现态势数据的可视化显示，并可执行态势信息的浏览和

威胁事件处理等任务。态势管理软件界面如图 8。

4 结束语

基于智能视觉的群体性事件现场态势感知技术以智能视频分析、事件自动识别为核心，实现现场态势的自动感知，并依据现场态势的评估模型生成现场安全态势。该项技术具有将图像特征的提取和事件识别分离实现的特点，提高了智能视频分析判断的灵活性和可靠性。该技术可将现场多种模式传感器信息处理成直观的态势，为指挥人员全面掌控现场态势提供有效的技术手段，可广泛用于各种针对群体性事件的处置任务中。

参考文献：

- [1] 李军, 李敏勇, 常国玉. 基于模式识别和序贯分析的综合态势感知模型研究[J]. 船舶电子工程, 2010, 187(1): 60-62.
- [2] 苏航, 郑世宝, 杨华. 视频监控中人群流量和密度估计算法分析[J]. 电视技术, 2009, 33(11): 100-103.
- [3] 胡雪敏, 郑宏, 张清. 利用加权面积透视变换对地铁站台进行人群监控[J]. 武汉大学学报, 2012, 37(3): 344-345.
- [4] 邱靖邦. 面向智能视频监控的事件检测建模及优化[D]. 上海: 上海交通大学, 2010: 20-21.
- [5] 周建平, 刘歆浏. 基于 DM8168 的高清视频智能分析系统设计与实现[J]. 现代电子技术, 2013, 36(22): 90-92.