

doi: 10.7690/bgzd.2014.07.011

## 基于智能视频分析技术的态势感知与预警系统

陈阳<sup>1</sup>, 蒋飞<sup>2</sup>

(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二室, 北京 100012)

**摘要:** 为了提高武警、公安在处置异常突发事件中的指挥决策能力和快速反应能力, 设计一种基于智能视频分析的态势感知预警系统。系统以智能视频分析的结果信息为主, 融合了定位、定向、气象环境、地理信息等数据, 在现场场景三维模型的基础上生成突发现场态势图, 直观、动态地表现突发事件、现场环境、人员和行动的状态和变化趋势。模拟结果表明: 该系统弥补了传统视频监控的不足, 可减少警力布置, 有效提升武警、公安对突发事件的应急处置能力。

**关键词:** 信息融合; 态势感知; 预警; 智能监控; 智能视频分析; 预案; 全景拼接  
**中图分类号:** TP276 **文献标志码:** A

## Situation Awareness and Early-Warning System Based on Intelligent Video Analysis Technology

Chen Yang<sup>1</sup>, Jiang Fei<sup>2</sup>

(1. Department of Military Products, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China;  
2. No. 2 Laboratory, Equipment Research Institute of Chinese People's Armed Police Forces, Beijing 100012, China)

**Abstract:** For improving decision-making ability and quick response capability of armed police and police dealing with unconventional emergency, design a situation awareness and early-warning system. The system takes the intelligent video analysis result as the core, fuses data such as orientation, direction, weather and geography and so on. Based on field scene 3d model, generate emergency field situation image to intuitively and dynamically show emergency and filed environment, person, operation situation and trend. The simulation results show that the system overcomes the shortcoming of traditional video monitoring, reduce police, and effectively improves emergency treatment ability of armed police and police.

**Keywords:** data fusion; situation awareness; early-warning; intelligent monitor; intelligent video-analysis; plan; panoramic matching

### 0 引言

近年来, 在公共安全防护领域应对异常突发事件的过程中, 通常采用视频监控手段, 配合使用 GPS 定位等技术手段, 共同获取目标的类型、方位、运动等特征数据, 为准确处置事件提供依据。如何将监测手段采集的多模式数据融合处理并直观呈现, 提升指挥人员的现场态势掌控能力, 是迫切需要解决的问题。

基于智能视频分析技术的态势感知与预警系统是一种应用于异常事件突发现场态的新型系统, 涵盖了智能监控、态势感知、自动报警系统的常用功能和技术特点。系统以智能视频分析的结果信息为主, 融合了定位、定向、气象环境、地理信息等数据, 在现场场景三维模型的基础上生成了突发现场态势图, 能够直观、动态地表现突发事件、现场环境、人员和行动的状态和变化趋势, 为处置人员快

速掌控突发异常事件现场整体态势提供了实时、一致的信息感知功能、直观的技术手段。

### 1 系统体系结构

该系统是以视频监控、图像处理、数据融合等技术为核心, 以通讯技术为支撑, 以突发异常事件管理、处置业务流程为主线, 软硬件相结合的一体化系统。通过异常事件突发现场的有线或无线网络, 接入现场已有的视频或其他信息采集设备的信息, 或接入临时部署的地面全景态势感知设备、低空态势感知设备、机动车载态势感知设备等采集的信息, 在态势管理中心对各类信息进行融合处理, 生成现场态势, 供指挥人员查看、决策, 也可将态势信息分发给远程上级指挥中心。平台的体系结构如图 1。

态势信息感知与预警系统主要由前端数据采集与智能分析设备、无线传输设备、后端态势管理平台 3 部分组成<sup>[1]</sup>。

收稿日期: 2014-03-05; 修回日期: 2014-04-01

基金项目: 国家科技支撑课题群体性事件“现场态势感知与信息综合处理技术研究”(2012BAK06B01)

作者简介: 陈阳(1979—), 女, 四川人, 工学学士, 工程师, 从事智能安防、态势感知技术研究。

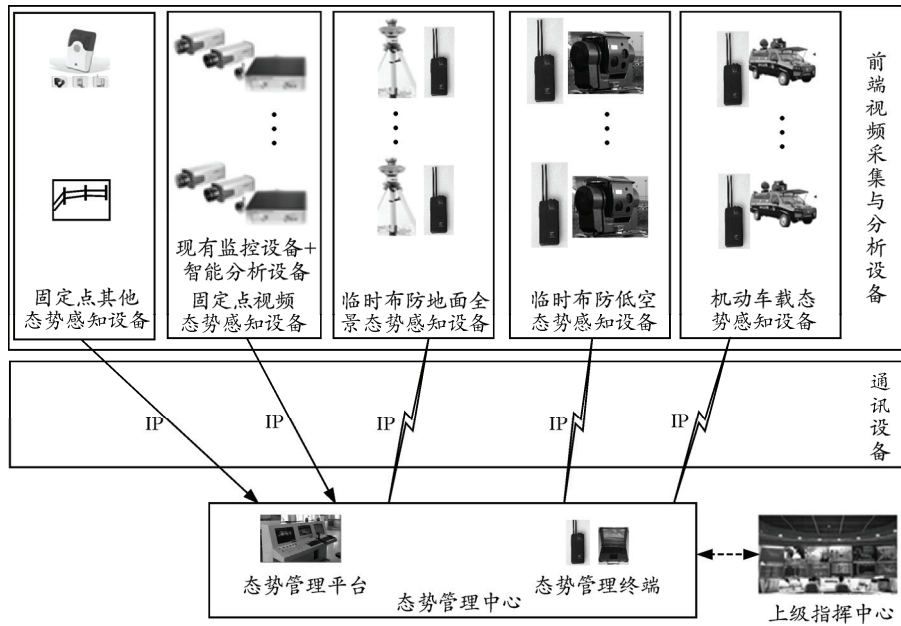


图 1 态势信息感知与预警系统体系结构

1) 前端数据采集与智能分析设备。

前端数据采集与智能分析设备实现对场景的监控，包括可临时布防的全景态势感知设备和低空态势感知设备，以及一套用于接入现有监控设备的智能视频分析设备。

全景态势感知设备由周视摄像装置、智能分析模块、高速云台、红外热像仪等组成，实现独特的 360°同时观察，真正全景范围无盲点，无死角，全景搜寻自动跟踪目标的强大功能。系统集成智能化、网络化、数字化、集成化于一身，能够自动跟踪在 360°观察区域内所有的可疑对象，并对潜在的危险提供报警。

低空态势感知设备采用高精度光电跟踪转台，实现对空中目标的自动或者半自动截获、跟踪、测定目标坐标等功能。

机动车载态势感知设备采用无线网络传输技术，可实现 360°现场观察，活动目标自动搜寻、跟踪、报警，可以根据实际情况和突发状况对临时监控节点快速布置，也可装置于巡逻车上实现对目标流动监控。

智能视频分析设备具有视频流实时分析功能，能自动检测、识别、跟踪及预警威胁目标的智能化监控设备。设备提供通用模拟视频接口，能方便地与摄像机和视频传输设备连接，用于接入突发事件现场已有的模拟视频监控设备，保证系统的拓展性和兼容性。适用于出入口智能监控、周界智能监控、重要区域智能监控、室内智能监控等。

2) 通讯设备。

临时布防的态势感知设备和机动车载态势感知设备间的连接网络采用有中心无线组网的方式，采用的无线宽带通信设备是基于 3G 技术的无线信息交互设备，用于构建集语音、数据和动态视频图像传输功能于一体的高速无线通信网络，该产品基于无线分布式网络结构，具备有中心/无中心快速组网功能和智能无线路由中继功能，从而提高现场态势感知、指挥控制和协同处置能力。

3) 态势管理平台

实现视频、语音、数据等现场信息的融合处理，生成现场态势，并基于现场局部地图叠加态势图层，形成直观的态势图，供指挥人员调度、决策<sup>[2]</sup>。

2 系统功能设计

该系统软件由前端嵌入式软件 and 上位机软件组成。软件功能结构如图 2 所示。

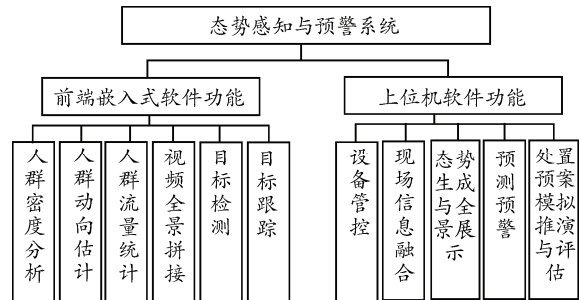


图 2 软件功能模块

1) 前端嵌入式软件<sup>[3]</sup>。

① 目标检测。

目标检测功能基于智能视频分析设备实现，针对接入的武警现有侦察设备采集的特定监控区域的视频流，进行目标检测。当目标违反预先设置的规则，如入侵、越界、滞留、停靠、搬移、遗留等，直观标示目标的状态及轨迹，向态势管理终端发出报警，实现对特定区域的重点监控。在获取监控设备内外参数的情况下，输出目标的方向、位置信息，用于现场态势的生成。

#### ② 目标跟踪。

当态势管理终端选定目标后，向全景监控设备发出指令，控制高速云台带动跟踪摄像机实现对目标的锁定，并根据目标的运动情况，自动控制云台、镜头参数，始终保持目标位于视场中央，实现对目标的跟踪，并显示跟踪轨迹。跟踪视频及设备参数传到态势管理终端，实现对关注目标细节特写显示。

#### ③ 人群密度检测。

针对全景监控设备的检测摄像机组采集的高清视频流，进行人群密度的实时分析，分析结果在视频图像上以不同的颜色进行标注叠加，直观显示视场范围内的密度分布，同时密度信息与现场地图网格映射，成组传输到态势管理终端，为生成现场人群的分布态势提供依据。

#### ④ 人群动向估计。

针对全景监控设备检测摄像机组采集的高清视频流，对检测块内人群的动向、单个视频场景内人群的动向、以及拼接视频场景内人群的动向进行检测和估计。并将各层次的人群动向信息与地图网格映射，传输到态势管理终端，为生成现场人群的移动态势提供依据。

#### ⑤ 人群流量统计。

针对出入口监控设备采集的高清视频流，对人群数量、通过的速度等进行统计，将结果在视频图像上进行直观叠加。并将人群流动方向、人群流量等统计结果与地图网格映射，成组传到态势管理终端，为生成现场人群疏散态势提供依据。

#### ⑥ 全景视频拼接。

针对检测摄像机组采集的高清视频流，进行3路高清视频的无缝拼接，形成一幅大场景的视频图像，人群密度分布信息在该图像上进行直观展现。拼接视频可传到态势管理终端，用于场景的大场景整体展现。

#### 2) 上位机软件。

##### ① 现场信息融合。

将现场传输的信息进行分类存储、融合处理，

并在系统中直观展示。接入信息类型及作用包括现场传输的设备信息、现场的视频信息、现场传输的视频图像分析信息和现场传输的气象环境参数。

##### ② 设备管控。

对接入系统的设备的参数、智能预警规则、工作模式等进行设置，保证设备采集现场信息的获取。

##### ③ 态势生成与全景展示。

根据生成的现场态势数字化模型，结合接入的各类现场信息，自动生成一体化的态势数据，并将态势数据以图层的方式在现场场景图上进行叠加显示，实现整体态势的直接呈现<sup>[5]</sup>。

##### ④ 预测预警。

对现场采集的各类信息进行综合分析、判断，将满足特定条件(比如，由武警装备所提供密级人群朝特定的方向移动)的人群对象目标，确定为关键目标。对关键目标的活动进行跟踪、预测，当达到一定条件(如持续时长、警戒区域边界等)时，进行预警。

##### ⑤ 处置预案模拟推演与评估。

处置预案模拟推演与评估功能实现对处置预案的执行过程的直观模拟和结果评估。包括：预案要素自动识别；预案态势生成并在地图上标注显示；控制预案态势的变化，实现预案态势演播；对预案执行的时间、效果、关键影响因素等进行评估，根据评估结果对预案的内容进行调整，使预案更加科学可行。

### 3 关键技术

#### 1) 关键态势智能分析。

突发事件关键态势智能分析均在设备前端采用嵌入式的方式实现。针对现场采集的视频数据，采用高性能的图像处理板，进行实时的分析处理，自动检测出目标信息，并上传叠加报警指示的视频信息和报警信息。不同的图像处理板嵌入不同的图像处理算法，集成进不同的设备中，使设备具有不同的关键态势智能分析功能。笔者主要研究的视频处理算法包括以下方面：基于视频的人群密度估计，基于块匹配的人群运动估计，区域入侵检测，视频监控中基于通道的人数统计，全天候人群监控的分析，视频质量检测。

#### 2) 态势的预测预警。

对于现场采集的各类信息，需要综合分析、判断，生成各类态势。针对各类群体性事件突发现场的特征、事件发展规律、事件影响等，研究

群体性事件态势的分析方法，建立关键态势的预测预警模型。

群体性事件突发现场态势的分析方法根据群体性事件发生(人数、等级、动向等)、发展(持续时间)、结果(影响范围、影响方式、危害程度)等各阶段的特征(具体的特征需要武警装备所提供)，采用基于事件链的层次分析法，实现态势的综合判断。基本思路如图 3 所示。

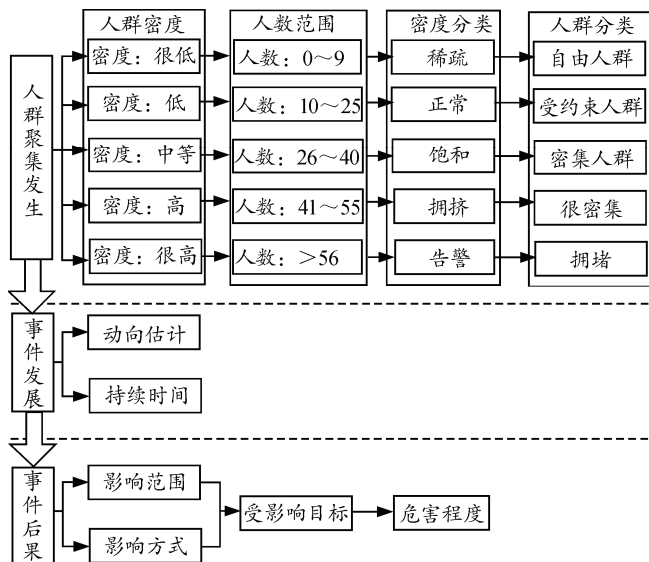


图 3 基于事件链的层次分析法基本思路

关键态势的预测预警模型将满足特定条件(比如，密级人群朝特定的方向移动)的人群对象目标，确定为关键目标。对关键目标的活动进行跟踪、预测，当达到一定条件(如持续时长、警戒区域边界等)时，进行预警。对关键态势相关的目标在地图上特写标示，并进行跟踪监控。在地图上标示运动轨迹，并预测分析发展趋势，标示事件辐射的范围，突出显示将受影响的目标。根据预先设置的报警条件，分析判断是否发出报警。

3) 现场态势快速生成、全景呈现与交互控制。

针对现场信息分散采集、形式多样、数据量大等特点，需要在数据融合的基础上实现现场态势的快速生成、直观呈现与交互控制，其关键技术包括：将整个场景地图划分成网格(可设定网格的大小)，生成不同网格与摄像机成像场景的映射关系、网格与 GPS 坐标的映射关系、摄像机成像场景图像与 GPS 坐标的映射关系，将这些关系存放到数据库中。

前端智能监控设备采集的数据、分析生成的信息等通过无线传输到监控终端，终端实现各类数据信息的融合，根据态势的数字化模型生成态势信息。

然后将态势信息与地图网格信息进行映射，生成一体化全景态势图。

以突发现场场景的矢量地图为基础，并将全景态势图作为新的图层进行叠加，实现态势与场景信息的融合，实现全景态势的直观呈现。

研究一套灵活的态势图浏览控制方式，实现对态势图的缩放、旋转、整体/局部切换等操作，并研究人性化的交互控制方式，实现局部态势选定、态势相关数据综合显示与浏览、态势交互处理等。

4) 处置预案模拟推演与评估。

处置预案模拟推演的实质是在外部的干预下，态势从一种状态演变为另一种状态的过程。需要以现场场景的数字化地图、态势要素图标、处置方案数据库等为支撑，在实现处置预案数字化管理、态势要素识别、预案态势生成的基础上，重点研究预案态势的演播、对整个推演过程的控制以及对推演结果的评估。其关键技术主要包括以下内容：

① 预案数字化管理。

建立预案的数字化模型，采用结构化的语言(如 XML)实现预案的数字化表达，关键要素包括预案执行主体、执行任务类型、执行时间、地点、原因、效果及执行单位的类型。采用关系数据库管理技术实现预案的结构化存储，便于预案的快速检索和要素自动识别。

② 预案要素识别。

通过读取结构化存储的预案数据，对预案中的关键要素进行识别，生成态势标绘需要的各种信息，包括图标的颜色、类型、标注名称、标注位置、起始时间、对应图标库索引等，供态势生成和态势演播模块使用。

③ 预案态势生成。

按照态势的数字化模型，准备态势显示需要的各种数据。从地图数据库读入所需的地图数据，根据预案要素识别模块生成的数据，从图标库中读出图标并在地图上进行标绘，生成态势显示所需的态势图。

④ 预案态势演播。

根据处置预案中处置前、处置过程中和处置结束时现场的事件及分布、处置力量的部署与配置等情况的变化，在各个时间节点为相应的态势图标加上消失或移动的动作，形成对应时间序列的系列态势图。系统按照既定的时间顺序调用显示态势图，实现预案过程的推演。整个推演进程在整体控制模

块的协调下进行调度。

⑤ 预案整体控制。

集成控制各模块的运行，使推演系统成为一个可独立运行的整体，并对预案的推演进程进行协调控制，使推演过程可按时间顺序执行，或按事件触发的方式执行。

⑥ 模拟结果评估。

对预案执行的时间、效果、关键影响因素等进行评估，根据评估结果对预案的内容进行调整，使预案更加科学可行。

4 结束语

该系统针对异常事件突发现场实现了态势信息的采集、传输、处理和显示，实现目标检测、异常识别、威胁分析、危险预警等功能，具有开放的体系结构，可接入其他态势感知手段，实现信息的交

互和共享。该系统在反恐安全防卫领域内的应用，不仅能促进公安、武警部队现广泛使用的视频监控系统的升级换代，还能以视频为主实现各种手段间的信息融合处理，形成事件现场的整体态势，可弥补传统视频监控的不足，保证武警人员自身的安全，同时将安全防卫活动变被动为主动，减少警力布置，有效提升了武警、公安对突发事件的应急处置能力。

参考文献：

[1] 刘治红, 骆云志. 智能视频监控技术及其在安防领域的应用[J]. 兵工自动化, 2009(4): 12-15.

[2] 闫鲁生, 白天明, 王硕. 基于可视化的安全态势感知[J]. 通信技术, 2008(10): 20-24.

[3] 周昌. 嵌入式智能摄像机网络关键技术研究[D]. 浙江: 浙江大学, 2007.

[4] 纪乃舟. 基于事件场景关联的多源安全信息融合研究[D]. 黑龙江: 哈尔滨工程大学, 2012.

\*\*\*\*\*

(上接第 35 页)

1) 总成级  $\bar{M}_{maxct}$  估计。

组合式机械液力传动箱总成的  $\bar{M}_{maxct}$  点估计：

$$\hat{\theta}_1 = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \ln X_{li} = 0.885$$

$$\hat{\sigma}_1^2 = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^{10} (\ln X_{li} - \overline{\ln X_1})^2 = 0.006 0$$

$$\bar{M}_{maxct1} = \exp(\hat{\theta}_1 + Z_{0.9} \hat{\sigma}_1) = 2.68 \text{ h}$$

置信度为 0.95 的单侧置信上限为：

$$\bar{M}_{maxctU1} = \exp \left[ 0.885 + \left( Z_{0.9} + Z_{0.95} \sqrt{\frac{1}{10} + \frac{Z_{0.9}^2}{2(10-1)}} \right) \hat{\sigma}_1 \right] = 2.83 \text{ h}$$

所以置信区间为 [0, 2.83] h。

置信度为 0.95 的双侧置信下、上限为：

$$\bar{M}_{maxctL1} = 2.50 \text{ h}$$

$$\bar{M}_{maxctU1} = 2.86 \text{ h}$$

所以置信区间为 [2.50, 2.86] h。

同理，将表 1 中的其他三组数据代入公式，得到表 2 总成级的  $\bar{M}_{maxct}$  评估表。

表 2 总成级的  $\bar{M}_{maxct}$  评估

总成	故障率	点估计/h	置信上限/h	区间估计/h
液力传动箱	0.002	2.68	2.83	[2.50, 2.86]
左右侧变速箱	0.001	5.25	5.49	[4.98, 5.53]
风扇传动箱	0.002	1.84	1.98	[1.64, 2.01]

2) 系统级  $\bar{M}_{maxct}$  估计。

将表 2 中数据代入公式 (4)~(6)，得到系统级

$\bar{M}_{maxct}$  评估表，如表 3 所示。

表 3 综合传动系统  $\bar{M}_{maxct}$  评估

系统级	点估计/h	置信上限/h	区间估计/h
综和传动系统	2.62	2.80	[2.42, 2.84]

结果表明：该综合传动系统  $\bar{M}_{maxct}$  估计值为 2.63 h，置信区间为 [0, 2.80] h，区间估计为 [2.42, 2.84] h。对该系统进行实车试验，统计计算结果为该系统  $\bar{M}_{maxct}$  范围在 [2.35, 3.05] h，与表 3 中数据基本一致。

4 结语

笔者针对通过物理样机演示验证对时间和费用的高消耗，提出基于虚拟现实技术的维修性时间指标验证方法。该方法对装备研制阶段同步并行维修性时间指标验证工作具有重要的参考意义。

参考文献：

[1] GJB2072-94 《维修性试验和评定》[S]. 中华人民共和国国家军用标准, 1994.

[2] 王栓杰, 柳辉, 李建忠. 基于虚拟现实的维修性演示验证系统研究[J]. 军械工程学院院报, 2006, 30(6): 36-44.

[3] 甘茂治. 维修性设计与验证[M]. 北京: 国防工业出版社, 1995: 72-76.

[4] 徐达, 王宝琦, 吴溪. 基于虚拟仿真的维修性定量指标验证方法[J]. 航天控制, 2013, 30(1): 86-89.

[5] 张菁, 张天驰, 陈怀友. 虚拟现实技术及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011: 47-57.

[6] 于永利, 朱小冬, 郝建平, 等. 系统维修性建模理论与方法[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007: 171-180.