

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101673448 B

(45) 授权公告日 2012. 03. 21

(21) 申请号 200910205631. 6

(22) 申请日 2009. 09. 30

(73) 专利权人 青岛科恩锐通信息技术有限公司
地址 266071 山东省青岛市市南区闽江路 2 号国华大厦 A 座 1703 室

(72) 发明人 万滨

(51) Int. Cl.

G08B 17/00 (2006. 01)

G08B 17/12 (2006. 01)

G08B 17/10 (2006. 01)

审查员 刘楠

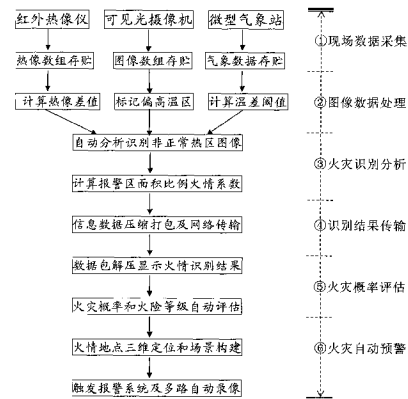
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种森林火灾探测方法及系统

(57) 摘要

一种森林火灾探测方法及系统,该系统由林区监控点包括重载数字云台 1、红外热像仪 2、可见光摄像机 3、微型气象站 4、嵌入式视频处理设备 5、通信网桥 6 和指挥控制中心包括远程监控计算机 7、通信网桥 8 构成,两通信网桥之间通过微波无线 Tcp/IP 网络双向连通。其火灾探测工作按①现场数据采集、②图像数据处理、③火灾识别分析、④识别结果传输、⑤火灾概率评估、⑥火灾自动预警六大步骤顺序进行。本发明将视频压缩解压缩技术、热红外图像识别分析技术、可见光彩色图像识别分析技术、嵌入式技术、无线通信技术、遥感 RS 技术、三维地理信息系统技术相结合,自动识别林区火灾并分析灭火策略,林火发现概率高、误报率低、无需人工参与,具有及时性强、可靠性高、技术手段先进、市场前景广阔的特点。



1. 一种森林火灾探测方法,其特征在于:该方法用加权阈值对红外热像仪现场采集的红外图像进行识别,同时对可见光摄像机现场采集的图像进行烟火采样识别,结合两次识别的结果及现场微型气象站采集气象数据,用双门限确定火灾的发生并自动发出预警信号;其实际工作流程包括①现场数据采集、②图像数据处理、③火灾识别分析、④识别结果传输、⑤火灾概率评估、⑥火灾自动预警六大步骤,各步骤之间依次连接为先后关系,其中,步骤“②图像数据处理”实际工作时,嵌入式处理设备的 CPU 先对红外图像操作,再对可见光图像操作;对红外图像操作时,先结合输入的气象数据,调整帧图像整体亮度,算出合适的原始阈值,然后计算整体图像加权平均亮度值,加权的方法是对未超过原始阈值亮度的象素点,求和时亮度值等于该象素点亮度值,对超过原始阈值亮度的象素点,求和时亮度值变为亮度值减原始阈值后的 2.2 次方,求和结果为真实阈值,再对图像进行二值化处理,对低于真实阈值的象素点作归 0 处理,对高于真实阈值的象素点作归 1 处理,然后再对图像中相邻的值为 1 的点合并,合并后分出多个区域,这些区域即是可能的着火区域;对可见光图像操作时,先使用改进后的 canny 算法对图像进行边缘检测,再进行图像分割得到可能存在烟火的区域,图像数据流保存在预定义数组中,然后结合可见光图像标记正常温度偏高区域。

2. 根据权利要求 1 所述的一种森林火灾探测方法,其特征在于:所述的步骤“①现场数据采集”实际工作时,首先通过监控点的红外热像仪与可见光摄像机及微型气象站分别采集实时图像和气象数据,并将其输出信号输入到嵌入式视频处理设备中,然后由嵌入式视频处理设备的 CPU 将抓取的红外图像与可见光图像各一帧图像与一组气象数据,保存数据流至预定义数组。

3. 根据权利要求 1 所述的一种森林火灾探测方法,其特征在于:在步骤“②图像数据处理”中,对红外图像操作的计算公式为“加权亮度和 = $\sum [n \geq 0 \text{ and } n < \text{象素点个数 and light}(n) < \text{阈值}] \text{light}(n) + \sum [n \geq 0 \text{ and } n < \text{象素点个数 and light}(n) > \text{阈值}] (\text{light}(n) - \text{阈值})^{2.2}$ ”;对可见光图像操作所使用的“改进后 canny 算法”,其计算过程包含(1) 高斯滤波、(2) 计算方向导数、(3) 计算梯度的幅度、(4) 应用非 non-maximum 抑制、(5) 应用 Hysteresis 找到所有边界五个步骤,各步骤之间依次连接为先后关系。

4. 根据权利要求 1 所述的一种森林火灾探测方法,其特征在于:所述的步骤“③火灾识别分析”实际工作时,嵌入式视频处理设备的 CPU 将热成像可能着火区域与可见光图像比较,忽略正常温度偏高区域,报警非正常区域并计算报警区域面积比例,然后根据百分比报告火情可能性系数。

5. 根据权利要求 1 所述的一种森林火灾探测方法,其特征在于:所述的步骤“④识别结果传输”实际工作时,嵌入式视频处理设备的 CPU 先用 H. 264 或 MPEG4 视频压缩算法对两路视频图像进行压缩,将气象信息、火情报警信息、地理位置信息、图像信息打包 TCP/IP 包,然后通过有线或无线网络系统传送至指挥控制中心的计算机;再由该计算机结合其地理信息系统,统一界面显示视频、气象、报警等信息,实现统一平台监控系统。

6. 根据权利要求 1 所述的一种森林火灾探测方法,其特征在于:所述的步骤“⑤火灾概率评估”实际工作时,先由指挥控制中心的计算机通过接收到的数据包解压并显示红外和可见光视频图像,接收火情识别结果;然后该计算机通过网络发送控制命令控制监控点的重载数字云台上下、左右旋转,对红外热像仪和可见光摄像机的拍摄角度进行远程控制调

整,再根据以往收集的大量的发生火灾时的气象信息数据库,并读取监控点通过网络发来的实时气象信息对火灾发生概率进行自动评估和火险等级的自动评判。

7. 根据权利要求1所述的一种森林火灾探测方法,其特征在于:所述的步骤“⑥火灾自动预警”实际工作时,先根据监控点发回的重载数字云台当前视场的纵、横轴角度,结合林区监控点固定位置所在的经纬度和高度,在三维地理信息系统(3D-GIS)中,通过三维科学计算得到该火灾发生的具体地点,在3D-GIS中构建三维场景,通过分析该火灾周围的防火通道、防火隔离带、林区小斑信息、林相信息、水系、山坡陡度等修正计算火灾发生概率,然后根据火灾发生概率的值,来判断是否发生了火灾,如果是,则自动报警并启动多路录像。

8. 一种按权利要求1所述方法进行工作的森林火灾探测系统,该系统由多个林区监控点和指挥控制中心组合构成,林区监控点通常设置在监控铁塔上,林区监控点和指挥控制中心之间连接有通信网络,其特征在于:所述的林区监控点包括重载数字云台(1)、红外热像仪(2)、可见光摄像机(3)、微型气象站(4)、嵌入式视频处理设备(5)、监控点通信网桥(6);红外热像仪(2)、可见光摄像机(3)、微型气象站(4)、嵌入式视频处理设备(5)、监控点通信网桥(6)分别设置在重载数字云台(1)上,红外热像仪(2)、可见光摄像机(3)和微型气象站(4)的信号输出端分别对应连接嵌入式视频处理设备(5)的信号输入端,重载数字云台(1)和监控点通信网桥(6)的信号输入/输出端分别对应与视频处理设备(5)的信号输出/输入端连通;所述的指挥控制中心包括远程监控计算机(7)、中心通信网桥(8);中心通信网桥(8)的信号输入/输出端分别对应与远程监控计算机(7)的信号输出/输入端连通,监控点通信网桥(6)与中心通信网桥(8)双向连通。

9. 根据权利要求8所述的一种森林火灾探测系统,其特征在于:所述的红外热像仪(2)设有红外固定焦距镜头(9),可见光摄像机(3)设有可变焦距、可变聚焦及可变光圈的可见光镜头(10),重载数字云台(1)设有防护罩;嵌入式视频处理设备(5)中包含中央处理单元、视频采集压缩模块、气象信息采集压缩模块、云台控制模块、数字信息回传模块、数字信息接收模块;远程监控计算机(7)中设有防火监控软件和地理信息系统。

一种森林火灾探测方法及系统

技术领域

[0001] 本发明属于消防安全检测技术领域,具体涉及一种森林火灾探测方法及系统。

背景技术

[0002] 森林火灾是全球性的林业重要灾害之一,每年都会造成林业资源的重大损失和大范围的环境污染。传统的森林防火监测,主要采用人工瞭望、远程视频监控和卫星遥感方式。

[0003] 人工瞭望方式是在制高点设立瞭望哨,值班人员 24 小时轮流值班,由于人为的疏忽和过失,会使得许多火情未能及早发现,延误扑火时间,造成严重后果。

[0004] 远程视频监控方式是在林区搭建大量的视频监控点,监控点配备摄像机,通过有线或无线网络将实时画面传送到监控中心,由中心人员实施监控。该方式不需直接派驻人员到林区现场,但在远距离上人工很难识别早期火情。尤其是可见光摄像机监控系统,在夜间,几乎没有可探测的光谱范围的光照,视频图像上几乎是漆黑一片,很难发现和判断林火。热红外视频监控系统相比较可见光摄像机监控系统的优点是,采用了热红外光谱的摄像系统,将热红外光谱 7.5 到 13.5 微米的图像转换为可见光图像。由于所有超过绝对零度的物体都回散射出红外光谱,温度越高,散射出的红外光谱越强,所以,在热红外成像显示的灰度图像中,物体在图像上的亮度强度与物体的温度成正比,因此通过观看图像上亮度高的点即可判断森林火险。同时,热红外成像不受白昼限制,白天和晚上都可以准确的判断森林火险。但是热红外视频监控系统并未解决可见光摄像机监控系统需要人工参与的缺点,依然需要人工靠肉眼判断森林火险,而且两者均对火灾发生概率很重要的气象参数不能有效实时掌握。

[0005] 卫星遥感方式是通过遥感照片的处理后发现林火,但卫星只能发现较大区域的林火,在火灾早期无法发现。

[0006] 近年来,由于森林火灾探测技术发展滞后,森林大火时有发生,经济损失异常巨大。当前林区的消防安全工作急需实时性强、24 小时不间断有效监控、不依赖于人工参与判断、林火发现概率高、误报率低、手段先进的森林防火监控方法和系统。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种新型的森林火灾探测方法及系统,以求高效率地发现可疑火源,自动计算火警概率,准确判断火灾的发生并及时报警。

[0008] 本发明是这样探测森林火灾的:首先用加权阈值对红外热像仪现场采集的红外图像进行识别,同时对可见光摄像机现场采集的图像进行烟火采样识别,然后结合两次识别的结果及微型气象站现场采集的气象数据,用双门限确定火灾的发生并自动发出预警信号;其实际工作流程包括①现场数据采集、②图像数据处理、③火灾识别分析、④识别结果传输、⑤火灾概率评估、⑥火灾自动预警六大步骤,各步骤之间依次连接为先后关系。

[0009] 六大步骤的具体工作内容如下所述:

[0010] ①现场数据采集——首先通过监控点的红外热像仪与可见光摄像机及微型气象站分别采集实时图像和气象数据,并将其输出信号输入到嵌入式视频处理设备中,然后由嵌入式视频处理设备的 CPU 将抓取的红外图像与可见光图像各一帧图像与一组气象数据,保存数据流至预定义数组。

[0011] ②图像数据处理——嵌入式处理设备的 CPU 先对红外图像操作,再对可见光图像操作。对红外图像操作时,先结合输入的气象数据,调整帧图像整体亮度,算出合适的原始阈值,然后计算整体图像加权平均亮度值,加权的方法是对未超过原始阈值亮度的像素点,求和时亮度值等于该像素点亮度值,对超过原始阈值亮度的像素点,求和时亮度值变为亮度值减原始阈值后的 2.2 次方,求和结果为真实阈值,再对图像进行二值化处理,对低于真实阈值的像素点作归 0 处理,对高于真实阈值的像素点作归 1 处理,然后再对图像中相邻的值为 1 的点合并,合并后分出多个区域,这些区域即是可能的着火区域;对可见光图像操作时,先使用改进后的 canny 算法对图像进行边缘检测,再进行图像分割得到可能存在烟火的区域,图像数据流保存在预定义数组中,然后结合实际图像标记正常温度偏高区域。

[0012] 其中,对红外图像操作的计算公式为“加权亮度和= $\sum [n \geq 0 \text{ and } n < \text{像素点个数 and light}(n) < \text{阈值}] \text{light}(n) + \sum [n \geq 0 \text{ and } n < \text{像素点个数 and light}(n) > \text{阈值}] (\text{light}(n) - \text{阈值})^{2.2}$ ”;对可见光图像操作所使用的“改进后 canny 算法”,包含 (1) 高斯滤波、(2) 计算方向导数、(3) 计算梯度的幅度、(4) 应用非 non-maximum 抑制、(5) 应用 Hysteresis 找到所有边界五个计算步骤,各计算步骤之间依次连接为先后关系。

[0013] ③火灾识别分析——嵌入式处理设备的 CPU 将热成像可能着火区域与可见光图像比较,忽略正常温度偏高区域,报警非正常区域并计算报警区域面积比例,然后根据百分比报告火情可能性系数。

[0014] ④识别结果传输——嵌入式处理设备的 CPU 先用 H. 264 或 MPEG4 视频压缩算法对两路视频图像进行压缩,将气象信息、火情报警信息、地理位置信息、图像信息打包 TCP/IP 包,然后通过有线或无线网络系统传送至指挥控制中心的计算机;再由该计算机结合其地理信息系统,统一界面显示视频、气象、报警等信息,实现统一平台监控系统。

[0015] ⑤火灾概率评估——先由指挥控制中心的计算机通过接收到的数据包解压并显示红外和可见光视频图像,接收火情识别结果;然后该计算机通过网络发送控制命令控制监控点的重载数字云台上下、左右旋转,对红外热像仪和可见光摄像机的拍摄角度进行远程控制调整,再根据以往收集的大量的发生火灾时的气象信息数据库,并读取监控点通过网络发来的实时气象信息对火灾发生概率进行自动评估和火险等级的自动评判。

[0016] ⑥火灾自动预警——先根据监控点发回的重载数字云台当前视场的纵、横轴角度,结合林区监控点固定位置所在的经纬度和高度,在三维地理信息系统中,通过三维科学计算得到该火灾发生的具体地点,在中构建三维场景,通过分析该火灾周围的防火通道、防火隔离带、林区小斑信息、林相信息、水系、山坡陡度等修正计算火灾发生概率,然后根据火灾发生概率的值,来判断是否发生了火灾,如果是,则自动报警并启动多路录像。

[0017] 按上述方法进行工作的森林火灾探测系统,由多个林区监控点和指挥控制中心组合构成,林区监控点通常设置在监控铁塔上,林区监控点和指挥控制中心之间连接有通信网络。

[0018] 该系统的林区监控点包括重载数字云台、红外热像仪、可见光摄像机、微型气象

站、嵌入式视频处理设备、监控点通信网桥；红外热像仪、可见光摄像机、微型气象站、嵌入式视频处理设备、监控点通信网桥分别设置在重载数字云台上，红外热像仪、可见光摄像机和微型气象站的信号输出端分别对应连接嵌入式视频处理设备的信号输入端，重载数字云台和监控点通信网桥的信号输入/输出端分别与视频处理设备的信号输出/输入端连通；所述的指挥控制中心包括计算机、中心通信网桥；中心通信网桥的信号输入/输出端分别对应与计算机的信号输出/输入端连通，两通信网桥之间双向连通。

[0019] 该系统的红外热像仪上设有红外固定焦距镜头，可见光摄像机上设有三可变（即焦距、聚焦、光圈可控）可见光镜头，重载数字云台上设有防护罩；嵌入式视频处理设备中包含中央处理单元、视频采集压缩模块、气象信息采集压缩模块、云台控制模块、数字信息回传模块、数字信息接收模块，能够接收两路 PAL/NTSC 制的 CVBC（复合电视）模拟信号，并经信号转换为数字信号；远程监控计算机中设有防火监控软件和地理信息系统。

[0020] 本发明通过将视频压缩解压缩技术、热红外图像识别分析技术、可见光彩色图像识别分析技术、嵌入式技术、无线通信技术、遥感 RS 技术、三维地理信息系统技术相结合，自动识别林区火灾并分析灭火策略，本发明提供的方法及系统林火发现概率高、误报率低、无需人工参与，具有及时性强、可靠性高、技术手段先进、市场前景广阔的特点。

附图说明

[0021] 图 1 为本发明实施例的工作原理流程框图

[0022] 图 2 为本发明实施例的硬件系统结构示意图

[0023] 图中标注：

[0024] 1. 重载数字云台 2. 红外热像仪 3. 可见光摄像机 4. 微型气象站

[0025] 5. 嵌入式视频处理设备 6. 监控点通信网桥 7. 远程监控计算机 8. 中心通信网桥

[0026] 9. 红外固定焦距镜头 10. 三可变可见光镜头

具体实施方式

[0027] 本发明的实施例选用一个林区监控点与指挥控制中心构成最小拓扑结构的森林火灾探测系统。该林区监控点设置在监控铁塔上，监控点和指挥控制中心之间采用微波通信网络连通。下面结合附图对本发明实施例进行具体说明：

[0028] 参考附图 1，本发明实施例是这样探测森林火灾的：首先用加权阈值对红外热像仪 2 现场采集的红外图像进行识别，同时对可见光摄像机 3 现场采集的图像进行烟火采样识别，然后结合两次识别的结果及微型气象站 4 现场采集的气象数据，用双门限确定火灾的发生并自动发出预警信号；其实际工作流程包括①现场数据采集、②图像数据处理、③火灾识别分析、④识别结果传输、⑤火灾概率评估、⑥火灾自动预警、⑦分析灭火策略七大步骤，各步骤之间依次连接为先后关系。

[0029] 七大步骤的具体工作内容如下所述：

[0030] ①现场数据采集——首先通过监控点的红外热像仪 2 与可见光摄像机 3 及微型气象站 4 分别采集实时图像和气象数据，并将其输出信号输入到嵌入式视频处理设备 5 中，然后由嵌入式视频处理设备 5 的 CPU 将抓取的红外图像与可见光图像一帧图像及一组气象数

据,保存数据流至预定义数组。

[0031] ②图像数据处理——嵌入式处理设备 5 的 CPU 先对红外图像操作,再对可见光图像操作。对红外图像操作时,先结合输入的气象数据,调整帧图像整体亮度,算出合适的原始阈值,然后计算整体图像加权平均亮度值,加权的方法是对未超过原始阈值亮度的象素点,求和时亮度值等于该象素点亮度值,对超过原始阈值亮度的象素点,求和时亮度值变为亮度值减原始阈值后的 2.2 次方,求和结果为真实阈值,再对图像进行二值化处理,对低于真实阈值的象素点作归 0 处理,对高于真实阈值的象素点作归 1 处理,然后再对图像中相邻的值为 1 的点合并,合并后分出多个区域,这些区域即是可能的着火区域;对可见光图像操作时,先使用改进后的 canny 算法对图像进行边缘检测,再进行图像分割得到可能存在烟火的区域,图像数据流保存在预定义数组中,然后结合实际图像标记正常温度偏高区域。

[0032] 其中,对红外图像操作的计算公式为“加权亮度和= $\sum [n \geq 0 \text{ and } n < \text{象素点个数 and light}(n) < \text{阈值}] \text{light}(n) + \sum [n \geq 0 \text{ and } n < \text{象素点个数 and light}(n) > \text{阈值}] (\text{light}(n) - \text{阈值})^{2.2}$ ”;对可见光图像操作所使用的“改进后 canny 算法”,包含 (1) 高斯滤波、(2) 计算方向导数、(3) 计算梯度的幅度、(4) 应用非 non-maximum 抑制、(5) 应用 Hystersis 找到所有边界五个计算步骤,各计算步骤之间依次连接为先后关系。

[0033] ③火灾识别分析——嵌入式处理设备 5 的 CPU 将热成像可能着火区域与可见光图像比较,忽略正常温度偏高区域,报警非正常区域并计算报警区域面积比例,然后根据百分比报告火情可能性系数。

[0034] ④识别结果传输——嵌入式处理设备 5 的 CPU 先用 H.264 视频压缩算法对两路视频图像进行压缩,将气象信息、火情报警信息、地理位置信息、图像信息打包 TCP/IP 包,然后通过无线网络系统传送至指挥控制中心的远程监控计算机 7;再由该计算机结合其地理信息系统,统一界面显示视频、气象、报警等信息,实现统一平台监控系统。

[0035] ⑤火灾概率评估——先由指挥控制中心的远程监控计算机 7 通过接收到的数据包解压并显示红外和可见光视频图像,接收火情识别结果;然后该计算机通过网络发送控制命令控制监控点的重载数字云台 1 上下、左右旋转,对红外热像仪 2 和可见光摄像机 3 的拍摄角度进行远程控制调整,再根据以往收集的大量的发生火灾时的气象信息数据库,并读取监控点通过网络发来的实时气象信息对火灾发生概率进行自动评估和火险等级的自动评判。

[0036] ⑥火灾自动预警——先根据监控点发回的重载数字云台 1 当前视场的纵、横轴角度,结合林区监控点固定位置所在的经纬度和高度,在三维地理信息系统 3D-GIS 中,通过三维科学计算得到该火灾发生的具体地点,在 3D-GIS 中构建三维场景,通过分析该火灾周围的防火通道、防火隔离带、林区小斑信息、林相信息、水系、山坡陡度等修正计算火灾发生概率,然后根据火灾发生概率的值,来判断是否发生了火灾,如果是,则自动报警并启动多路录像。

[0037] 参考附图 2,本发明实施例的林区监控点包括重载数字云台 1、红外热像仪 2、可见光摄像机 3、微型气象站 4、嵌入式视频处理设备 5、监控点通信网桥 6;红外热像仪 2、可见光摄像机 3、微型气象站 4、嵌入式视频处理设备 5、监控点通信网桥 6 分别设置在重载数字云台 1 上,红外热像仪 2、可见光摄像机 3 和微型气象站 4 的信号输出端分别对应连接嵌入式视频处理设备 5 的信号输入端,重载数字云台 1 和监控点通信网桥 6 的信号输入/输出

端分别对应与视频处理设备 5 的信号输出 / 输入端连通 ; 本发明实施例的指挥控制中心包括远程监控计算机 7、中心通信网桥 8 ; 中心通信网桥 8 的信号输入 / 输出端分别对应与远程监控计算机 7 的信号输出 / 输入端连通, 两通信网桥之间通过微波无线 Tcp/IP 网络双向“透明”连通。

[0038] 所述的嵌入式视频处理设备 5 中包含中央处理单元、视频采集压缩模块、气象信息采集压缩模块、云台控制模块、数字信息回传模块、数字信息接收模块 ; 远程监控计算机 7 中设有防火监控软件和地理信息系统 3D-GIS。

[0039] 本发明实施例采用的硬件列表如下 :

[0040]

品 名	设 备 规 格
红外传感器	非制冷红外焦平面探测器, 324×256 像元, 光谱范围: 7.5-13.5 微米
红 外 镜 头	150mm 定焦距镜头
可见光摄像机	像素数 236 万
可见光镜头	22 倍焦距光学镜头
气象传感器	主要收集温度、湿度、风向风速、气压、雨量、辐射及紫外线 (P L U S 型) 等气象要素。技术指标: 温度 ± 0.5 °C ; 湿度 ± 5 % ; 气压 1.7 h P a ; 雨量 0.2 mm (分辨率); 风 ± 3 %。
重载数字云台	水平旋转角度 0 到 360 度, 垂直旋转角度 -75 到 +75 度, 水平旋转速度 0 到 10 度/秒, 垂直旋转速度 0 到 8 度/秒, 最小旋转速度 0.01 度/秒。
嵌入式视频处理设备	使用定制的工控板, CPU 采用 TI 公司的 DaVinci 平台 MS320DM6467 芯片, 集成 ARM9 和 600MHz 的 C64+DSP 内核, ARM9 安装 Linux 嵌入式操作系统, DSP 负责视频 H.264 压缩编码。
无线网桥	奥维通(Alvarion)公司产品, 型号: DS.11, 带宽 11M。

[0041] 本发明实施例已达到的具体技术指标如下 :

[0042] 条件 1 : 在通视情况下火源和监控点连线之间没有物体阻隔

[0043] 条件 2 : 大气含水量在 85% 以下

[0044] 条件 3 : 非降雨、降雪、冰雹天气下

[0045] 条件 4 : 监控点周围半径 5 公里范围以内

[0046] 条件 5 : 1 立方米的燃烧物完全燃烧的情况下

[0047] 技术指标 1 : 火情发现概率在 70% 以上

[0048] 技术指标 2 : 监控点周围半径 5 公里范围以内森林覆盖面积在 50% 以下时误报率在 50% 以下 ; 监控点周围半径 5 公里范围以内森林覆盖面积在 50% 以上 70% 以下时误报率在 40% 以下 ; 监控点周围半径 5 公里范围以内森林覆盖面积在 70% 以上时误报率在 30% 以下。

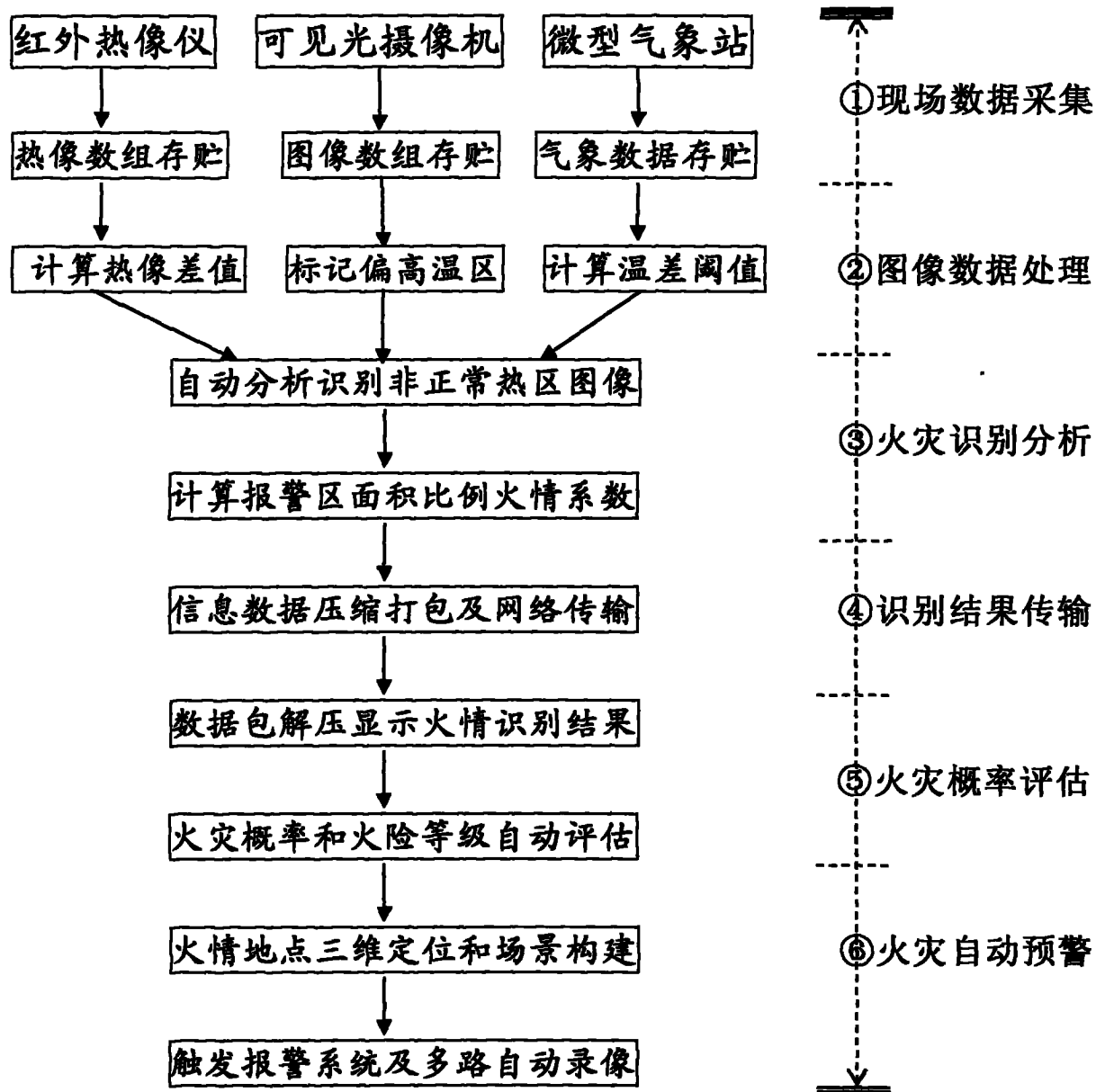


图 1

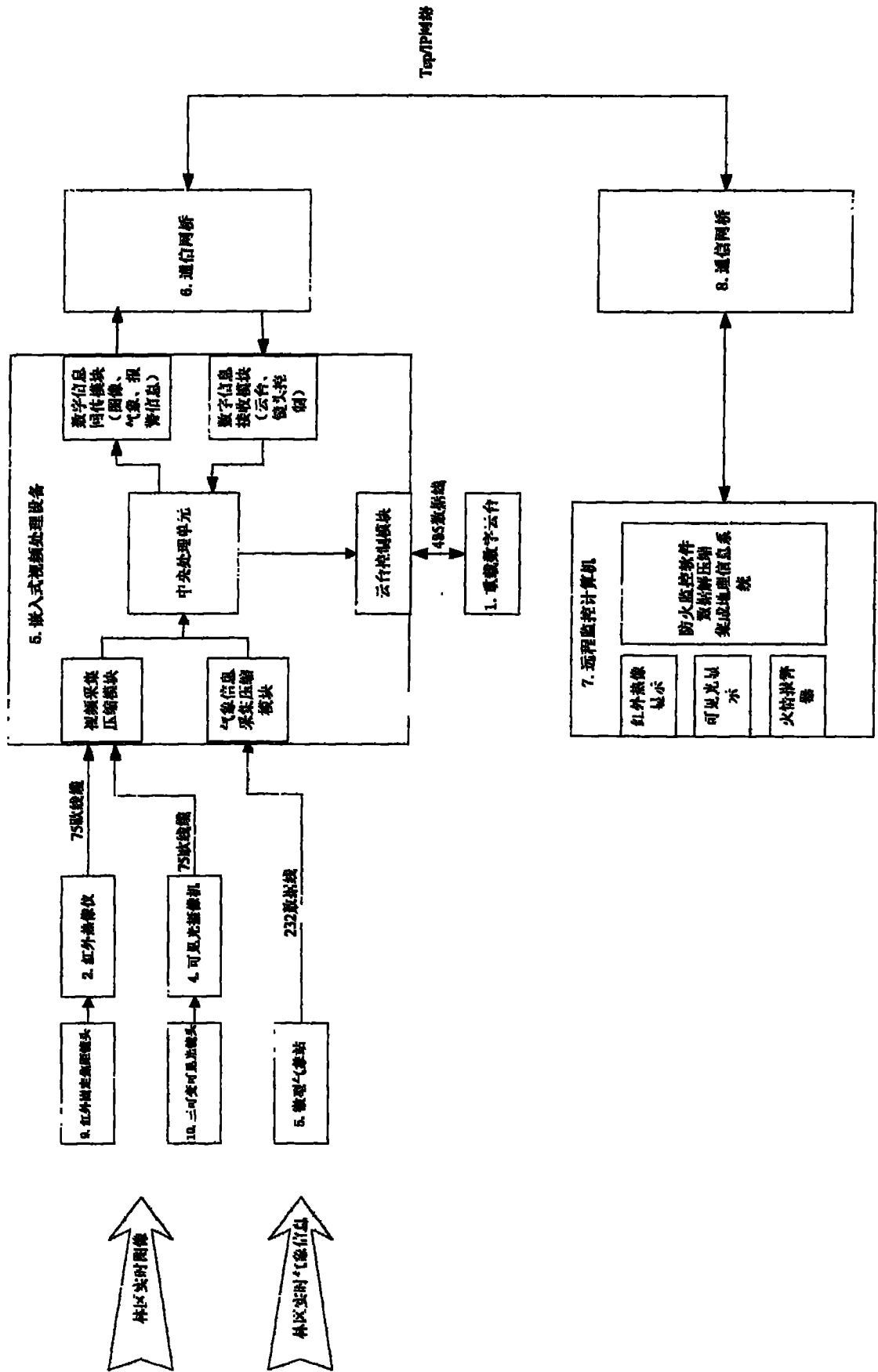


图 2