



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103337123 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 02

(21) 申请号 201310239236. 6

(22) 申请日 2013. 06. 17

(71) 申请人 西安石油大学

地址 710065 陕西省西安市电子二路东段  
18 号

(72) 发明人 张乃禄 胡俊 李永进 张毅

(74) 专利代理机构 西安创知专利事务所 61213

代理人 谭文琰

(51) Int. Cl.

G08B 17/00 (2006. 01)

G06N 3/08 (2006. 01)

G06K 9/62 (2006. 01)

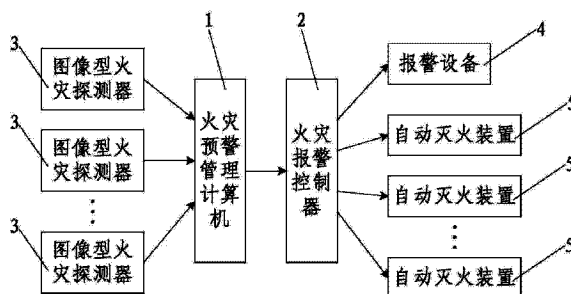
权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

基于视频图像的油田联合站火灾预警系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于视频图像的油田联合站火灾预警系统及方法,其系统包括火灾预警管理计算机和与火灾预警管理计算机相接的火灾报警控制器,火灾预警管理计算机的输入端接有多个布设在被监测油田联合站内的图像型火灾探测器,火灾报警控制器的输出端接有报警设备和多个布设在被监测油田联合站内的自动灭火装置;其方法包括步骤:一、视频图像采集及传输,二、视频图像预处理,三、特征提取,四、训练样本获取,五、BP 神经网络模型构建,六、BP 神经网络模型训练,七、火灾识别及预警。本发明设计合理,实时性能好,灵敏度高,精度高,有效性和可靠性高,抗干扰能力强,实用性强,使用效果好,推广应用价值高。



1. 一种基于视频图像的油田联合站火灾预警系统,其特征在于:包括火灾预警管理计算机(1)和与火灾预警管理计算机(1)相接的火灾报警控制器(2),所述火灾预警管理计算机(1)的输入端接有多个布设在被监测油田联合站内的图像型火灾探测器(3),所述火灾报警控制器(2)的输出端接有报警设备(4)和多个布设在被监测油田联合站内的自动灭火装置(5)。

2. 按照权利要求1所述的基于视频图像的油田联合站火灾预警系统,其特征在于:所述火灾预警管理计算机(1)为西门子工业控制计算机。

3. 按照权利要求1所述的基于视频图像的油田联合站火灾预警系统,其特征在于:所述火灾报警控制器(2)为霍尼韦尔 238SUPER 防盗报警控制主机。

4. 按照权利要求1所述的基于视频图像的油田联合站火灾预警系统,其特征在于:所述图像型火灾探测器(3)为杭州智诺英特科技有限公司生产的 ZN-IC200-F 型智能探测烟火网络摄像机。

5. 按照权利要求1或4所述的基于视频图像的油田联合站火灾预警系统,其特征在于:多个所述图像型火灾探测器(3)均通过以太网与所述火灾预警管理计算机(1)的输入端相接。

6. 按照权利要求1所述的基于视频图像的油田联合站火灾预警系统,其特征在于:所述报警设备(4)包括 710RD 闪灯和 719 电子警号。

7. 按照权利要求1所述的基于视频图像的油田联合站火灾预警系统,其特征在于:所述自动灭火装置(5)为自动消防水炮。

8. 一种利用如权利要求1所述系统的油田联合站火灾预警方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

步骤一、视频图像采集及传输:多个图像型火灾探测器(3)分别对其所处区域内的视频图像进行实时采集,并将所采集到的视频图像进行模数转换后实时传输给火灾预警管理计算机(1);

步骤二、视频图像预处理:所述火灾预警管理计算机(1)首先对其接收到的视频图像进行低通滤波处理,获得消除噪声后的视频图像;接着对视频图像进行二值化处理,获得火焰目标图像;然后对视频图像进行图像分割处理,将火焰目标图像从背景中分离出来;

步骤三、特征提取:所述火灾预警管理计算机(1)从火焰目标图像中分别提取出能代表并区别该火焰目标图像的 M 个特征参数;其中, M 为不小于 2 的自然数;

步骤四、训练样本获取:首先,所述火灾预警管理计算机(1)根据 M 个特征参数对火焰目标图像进行样本归类,获得 M 组火焰目标图像,然后,每次从 M 组火焰目标图像中各随机抽取一个,构成一个 M 维特征向量  $IN_1=(IN_1, IN_2, \dots, IN_M)$ ,抽取多次组成训练样本集;

步骤五、BP 神经网络模型构建:使 BP 神经网络的输入节点对应火焰目标图像的 M 个特征参数,对应 BP 神经网络输入层的节点数  $i=M$ ;使 BP 神经网络的输出节点对应火灾识别结果  $0(k)$ ,  $0(k)$  的取值为  $0(k) \in [0, 1]$ ,其中,  $0(k) \in [0.75, 1]$  为“火灾状态”,  $0(k) \in (0.25, 0.75)$  为“警告状态”,  $0(k) \in [0, 0.25]$  为“正常状态”,对应 BP 神经网络输

出层的节点数  $k=1$  ;根据公式  $N = \left\lceil \frac{k \times M}{k+M} + \frac{\frac{1}{2} k \times (M^2 + M) - 1}{k+M} \right\rceil$  计算出 BP 神经网络隐含层的节点

数  $j=N$ ;

步骤六、BP 神经网络模型训练,其具体过程如下:

步骤 601、参数初始化:设定输入层到隐含层的连接权值  $w_{ji}$  为  $(-1, 1)$  之间的随机数,隐含层到输出层的连接权值  $w_{kj}$  为  $(-1, 1)$  之间的随机数,输出层的作用函数的斜率  $a$  为  $[0, 1]$  之间的随机数,输出层的作用函数的偏置参数  $\sigma$  为  $[0, 1]$  之间的随机数,误差修正的步长因子  $\eta$  为  $(0, 1)$  之间的随机数,输出层的期望输出  $\bar{O}(k)$  为  $[0, 1]$  之间的随机数;

步骤 602、信息正向传递过程的计算:首先,将训练样本  $IN_i$  输入到 BP 神经网络模型的输入层,通过输入层到隐含层的连接权值  $w_{ji}$  得到隐含层的输入  $net_1(j) = \sum_{i=1}^M IN_i w_{ji}$ ;接着,

通过隐含层的作用函数  $y = \tan(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$  得到隐含层的输出  $IM_j = \tan(net_1(j))$ ;然后,通

过隐含层到输出层的连接权值  $w_{kj}$  得到输出层的输入  $net_2(k) = \sum_{j=1}^N IM_j w_{kj}$ ;最后,通过输出层的作用函数  $f(x) = 1 / (1 + e^{-a(x+\sigma)})$  得到输出层的输出  $Y(k) = f(net_2(k))$ ;

步骤 603、信息反向传递过程的计算:首先,根据公式  $E_n = \frac{1}{2} (\bar{O}(k) - Y(k))^2$  计算得到样本模型的均方误差  $E_n$ ;接着,根据公式  $e = \sum_{n=1}^J E_n$  计算得到总误差  $e$ ,并判断总误差  $e$  是否小于等于

于 0.01,当总误差  $e$  大于 0.01 时,首先,根据公式  $d_k = (\bar{O}(k) - Y(k)) \frac{\partial Y(k)}{\partial net_2(k)}$  计算输出层

的训练误差  $d_k$ ,并根据公式  $d_j = w_{kj} d_k \frac{\partial IM_j}{\partial net_1(j)}$  计算出隐含层的训练误差  $d_j$ ;接着,根据公式

$w_{ji} = w_{ji} + \eta d_j IN_i$  对输入层到隐含层的连接权值  $w_{ji}$  进行误差修正,并根据公式  $w_{kj} = w_{kj} + \eta d_k IM_j$

对隐含层到输出层的连接权值  $w_{kj}$  进行误差修正;然后,根据公式  $a = a + \eta d_k \frac{\partial net_2(k)}{\partial k_{kj}}$  对输

出层的作用函数的斜率  $a$  进行误差修正,并根据公式  $\sigma = \sigma + \eta d_k \frac{\partial net_2(k)}{\partial k_{kj}}$  对输出层的作用

函数的偏置参数  $\sigma$  进行误差修正;最后返回步骤 602;当总误差  $e$  小于等于 0.01 时,结束训练;其中,  $l$  为迭代次数且为自然数;

步骤七、火灾识别及预警:多个图像型火灾探测器(3)分别对其所处区域内的视频图像进行实时采集,并将所采集到的视频图像进行模数转换后实时传输给火灾预警管理计算机(1)进行预处理和特征提取后送至经过步骤六训练好的 BP 神经网络模型中,便自动输出火灾识别结果  $0(k)$ ,当  $0(k) \in [0.75, 1]$  时,所述火灾预警管理计算机(1)输出火灾报警信

号给火灾报警控制器(2),所述火灾报警控制器(2)控制报警设备(4)发出火灾报警信号,并控制相应的自动灭火装置(5)进行灭火。

9. 按照权利要求8所述的方法,其特征在于:步骤三、步骤四和步骤五中所述M的取值为4,步骤三中火焰目标图像的M个特征参数分别为火焰目标图像的面积变化参数、边缘变化参数、形体变化参数和闪烁频率参数。

## 基于视频图像的油田联合站火灾预警系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及智能安防技术领域,尤其是涉及一种基于视频图像的油田联合站火灾预警系统及方法。

### 背景技术

[0002] 油田联合站是将油田采出的原油和天然气汇集、储存、初步加工和处理、储存和外输油品的重要场所,是采油厂原油和天然气外输的“咽喉”和“心脏”。作为油气中转集散的场所,站区油气集中,设备纵横,并且这些设备多在一定压力和温度下进行操作,且处理的物料具有易燃、易爆性,因此火灾爆炸危险性极大。

[0003] 火灾是危害人类的重大灾害之一,是一种在时空上失去控制的燃烧现象。它直接危及人类的生命和财产,造成环境污染,甚至生态平衡。因此,对其进行实时有效的监测预警,把火灾控制在最小范围内是火灾防治技术领域的热点研究内容之一。

[0004] 目前国内的火灾预警技术主要依靠感烟探测器、感温探测器、感光探测器等传感器设备探测火灾现场,存在以下的缺陷和不足:

[0005] (1) 感烟型火灾探测器是探测火灾产生的烟气并发出报警信号。火灾发生后,温度较高的火灾烟气向上运动,安装于顶棚上感烟探测器探测到烟气的浓度大于某一极限浓度,就会发出报警信号。但是在太空间中,火灾烟气上升到十几米或几十米高处时,受到空气的稀释,其温度和浓度都大大降低,到达顶棚的烟气浓度达不到报警极限,感烟探头就不会产生报警信号。而且,当环境中的粉尘浓度过大,会引起感烟火灾探测器误报警,并且长期的粉尘环境和过大的湿度也会使感烟型探测器失效,产生误报警或不报警。

[0006] (2) 感温型火灾探测器是探测由于火灾而产生的温度变化来发出报警信号。在太空间中,空间高度太高或空气的气流速度大于 5m/s 时,都会影响感温探测器的感应,难以实现早期火灾报警。

[0007] (3) 感光火灾探测器是探测火焰发出的红外或紫外光并发出报警信号。这种探测器由于判据单一,容易对高功率热源或强光(如电弧等)产生误报警。

[0008] (4) 复合型的火灾探测器并没有完全消除以上的缺点,仅仅增加判据的数目,使探头的整体性能有改善,但在环境状况比较恶劣、存在众多干扰的情况下(灰尘、电磁干扰、水蒸气、空调、光干扰、震动等),仍无法应用于太空间火灾的探测报警。

[0009] (5) 传统的探测器大都应用于在较小的空间中,如感温探测器的安装间距不超过 10 米,感烟探测器的安装间距不超过 15 米,探测器周围 0.5 米内不可以有遮挡物,不适合在太空间中使用的。

[0010] 综上所述,由于火灾发生的不确定性和多变性,普通的感温、感烟、感光以及复合型的火灾探测器不可避免地要受到监控环境的面积、高度、湿度、粉尘、气流等因素的影响,这些影响在太空间的火灾探测中更加明显,现有技术中的火灾探测器还存在着探测范围小、抗干扰能力弱、误报率高、难以满足早期探测并预报联合站复杂环境下的火灾要求的缺陷和不足,无法实时准确地实现预警。

## 发明内容

[0011] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术中的不足,提供一种结构简单、设计合理、接线方便、能够实现油田联合站可视化火灾检测和预警的基于视频图像的油田联合站火灾预警系统。

[0012] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种基于视频图像的油田联合站火灾预警系统,其特征在于:包括火灾预警管理计算机和与火灾预警管理计算机相接的火灾报警控制器,所述火灾预警管理计算机的输入端接有多个布设在被监测油田联合站内的图像型火灾探测器,所述火灾报警控制器的输出端接有报警设备和多个布设在被监测油田联合站内的自动灭火装置。

[0013] 上述的基于视频图像的油田联合站火灾预警系统,其特征在于:所述火灾预警管理计算机为西门子工业控制计算机。

[0014] 上述的基于视频图像的油田联合站火灾预警系统,其特征在于:所述火灾报警控制器为霍尼韦尔 238SUPER 防盗报警控制主机。

[0015] 上述的基于视频图像的油田联合站火灾预警系统,其特征在于:所述图像型火灾探测器为杭州智诺英特科技有限公司生产的 ZN-IC200-F 型智能探测烟火网络摄像机。

[0016] 上述的基于视频图像的油田联合站火灾预警系统,其特征在于:多个所述图像型火灾探测器均通过以太网与所述火灾预警管理计算机的输入端相接。

[0017] 上述的基于视频图像的油田联合站火灾预警系统,其特征在于:所述报警设备包括 710RD 闪灯和 719 电子警号。

[0018] 上述的基于视频图像的油田联合站火灾预警系统,其特征在于:所述自动灭火装置为自动消防水炮。

[0019] 本发明还提供了一种步骤简单、灵敏度高、精度高、有效性和可靠性高、抗干扰能力强、实用性强的基于视频图像的油田联合站火灾预警方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

[0020] 步骤一、视频图像采集及传输:多个图像型火灾探测器分别对其所处区域内的视频图像进行实时采集,并将所采集到的视频图像进行模数转换后实时传输给火灾预警管理计算机;

[0021] 步骤二、视频图像预处理:所述火灾预警管理计算机首先对其接收到的视频图像进行低通滤波处理,获得消除噪声后的视频图像;接着对视频图像进行二值化处理,获得火焰目标图像;然后对视频图像进行图像分割处理,将火焰目标图像从背景中分离出来;

[0022] 步骤三、特征提取:所述火灾预警管理计算机从火焰目标图像中分别提取出能代表并区别该火焰目标图像的 M 个特征参数;其中, M 为不小于 2 的自然数;

[0023] 步骤四、训练样本获取:首先,所述火灾预警管理计算机根据 M 个特征参数对火焰目标图像进行样本归类,获得 M 组火焰目标图像,然后,每次从 M 组火焰目标图像中各随机抽取一个,构成一个 M 维特征向量  $IN_1=(IN_1, IN_2, \dots, IN_M)$ ,抽取多次组成训练样本集;

[0024] 步骤五、BP 神经网络模型构建:使 BP 神经网络的输入节点对应火焰目标图像的 M 个特征参数,对应 BP 神经网络输入层的节点数  $i=M$ ;使 BP 神经网络的输出节点对应火灾识别结果  $0(k)$ ,  $0(k)$  的取值为  $0(k) \in [0, 1]$ ,其中,  $0(k) \in [0.75, 1]$  为“火灾状态”,

$0(k) \in (0.25, 0.75)$  为“警告状态”,  $0(k) \in [0, 0.25]$  为“正常状态”, 对应 BP 神经网络输

出层的节点数  $k=1$ ; 根据公式  $N = \left\lceil \frac{k \times M}{k+M} + \frac{\frac{1}{2} k \times (M^2 + M) - 1}{k+M} \right\rceil$  计算出 BP 神经网络隐含层的节点

数  $j=N$ ;

[0025] 步骤六、BP 神经网络模型训练, 其具体过程如下:

[0026] 步骤 601、参数初始化: 设定输入层到隐含层的连接权值  $w_{ji}$  为  $(-1, 1)$  之间的随机数, 隐含层到输出层的连接权值  $w_{kj}$  为  $(-1, 1)$  之间的随机数, 输出层的作用函数的斜率  $a$  为  $[0, 1]$  之间的随机数, 输出层的作用函数的偏置参数  $\sigma$  为  $[0, 1]$  之间的随机数, 误差修正的步长因子  $\eta$  为  $(0, 1)$  之间的随机数, 输出层的期望输出  $\bar{O}(k)$  为  $[0, 1]$  之间的随机数;

[0027] 步骤 602、信息正向传递过程的计算: 首先, 将训练样本  $IN_i$  输入到 BP 神经网络模型的输入层, 通过输入层到隐含层的连接权值  $w_{ji}$  得到隐含层的输入  $net_1(j) = \sum_{i=1}^M IN_i w_{ji}$ ;

接着, 通过隐含层的作用函数  $y = \tan(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$  得到隐含层的输出  $IM_j = \tan(net_1(j))$ ; 然

后, 通过隐含层到输出层的连接权值  $w_{kj}$  得到输出层的输入  $net_2(k) = \sum_{j=1}^N IM_j w_{kj}$ ; 最后, 通过输出层的作用函数  $f(x) = 1 / (1 + e^{-a(x+\sigma)})$  得到输出层的输出  $Y(k) = f(net_2(k))$ ;

[0028] 步骤 603、信息反向传递过程的计算: 首先, 根据公式  $E_n = \frac{1}{2} (\bar{O}(k) - Y(k))^2$  计算得到样本模型的均方误差  $E_n$ ; 接着, 根据公式  $e = \sum_{n=1}^l E_n$  计算得到总误差  $e$ , 并判断总误差  $e$  是

否小于等于 0.01, 当总误差  $e$  大于 0.01 时, 首先, 根据公式  $d_k = (\bar{O}(k) - Y(k)) \frac{\partial Y(k)}{\partial net_2(k)}$

计算输出层的训练误差  $d_k$ , 并根据公式  $d_j = w_{kj} d_k \frac{\partial IM_j}{\partial net_1(j)}$  计算出隐含层的训练误差  $d_j$ ;

接着, 根据公式  $w_{ji} = w_{ji} + \eta d_j IN_i$  对输入层到隐含层的连接权值  $w_{ji}$  进行误差修正, 并根据公式  $w_{kj} = w_{kj} + \eta d_k IM_j$  对隐含层到输出层的连接权值  $w_{kj}$  进行误差修正; 然后, 根

据公式  $a = a + \eta d_k \frac{\partial net_2(k)}{\partial k_{kj}}$  对输出层的作用函数的斜率  $a$  进行误差修正, 并根据公式

$\sigma = \sigma + \eta d_k \frac{\partial net_2(k)}{\partial k_{kj}}$  对输出层的作用函数的偏置参数  $\sigma$  进行误差修正; 最后返回步骤

602; 当总误差  $e$  小于等于 0.01 时, 结束训练; 其中,  $l$  为迭代次数且为自然数;

[0029] 步骤七、火灾识别及预警: 多个图像型火灾探测器分别对其所处区域内的视频图像进行实时采集, 并将所采集到的视频图像进行模数转换后实时传输给火灾预警管理计算机进行预处理和特征提取后送至经过步骤六训练好的 BP 神经网络模型中, 便自动输出火

灾识别结果  $O(k)$ ，当  $O(k) \in [0.75, 1]$  时，所述火灾预警管理计算机输出火灾报警信号给火灾报警控制器，所述火灾报警控制器控制报警设备发出火灾报警信号，并控制相应的自动灭火装置进行灭火。

[0030] 上述的方法，其特征在于：步骤三、步骤四和步骤五中所述  $M$  的取值为 4，步骤三中火焰目标图像的  $M$  个特征参数分别为火焰目标图像的面积变化参数、边缘变化参数、形体变化参数和闪烁频率参数。

[0031] 本发明与现有技术相比具有以下优点：

[0032] 1、本发明油田联合站火灾预警系统的结构简单，设计合理，接线方便。

[0033] 2、本发明采用图像型火灾探测器获取联合站内火灾点的视频图像，通过改进的 BP 神经网络图像识别算法进行站内火灾爆炸实时识别，实现了联合站内可视化火灾探测与预警，集烟火检测、视频图像采集、处理、识别、预警为一体，能够将多个图像型火灾探测器同时接入火灾预警管理计算机，能够实现油田联合站可视化火灾检测和预警。

[0034] 3、本发明油田联合站火灾预警方法的收敛速度快，实时性能好，能够在很短的时间内识别出火灾，并能够通过报警设备发出火灾报警信号，通过自动灭火装置进行灭火，提高了火灾预警与灾情控制速度，能够及时控制火势蔓延，减少火灾带来的危害。

[0035] 4、本发明的灵敏度高，精度高，有效性和可靠性高，能够检测到最小火焰面积为  $15\text{cm} \times 15\text{cm}$  汽油盘火，解决了灯光、太阳强光、耀斑辐射、黑体辐射、电弧焊、 $\text{CO}_2$  排放等对火灾识别的影响，误报率低。

[0036] 5、本发明能够有效地实现火灾早期检测、识别和应急反应，为控制火情和迅速启动应急预案赢得时间，在联合站灾情防控和安全生产中具有重大作用，实用性强，使用效果好，推广应用价值高。

[0037] 综上所述，本发明设计合理，实时性能好，灵敏度高，精度高，有效性和可靠性高，抗干扰能力强，实用性强，使用效果好，推广应用价值高。

[0038] 下面通过附图和实施例，对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

## 附图说明

[0039] 图 1 为本发明油田联合站火灾预警系统的电路原理框图。

[0040] 图 2 为本发明油田联合站火灾预警方法的方法流程图。

[0041] 图 3 为取储罐区的样本时采用 MATLAB 对本发明方法进行仿真得到的火灾识别结果与实际情况对比图。

[0042] 图 4 为取锅炉房区的样本时采用 MATLAB 对本发明方法进行仿真得到的火灾识别结果与实际情况对比图。

[0043] 附图标记说明：

[0044] 1—火灾预警管理计算机；2—火灾报警控制器；

[0045] 3—图像型火灾探测器；4—报警设备；5—自动灭火装置。

## 具体实施方式

[0046] 如图 1 所示，本发明所述的基于视频图像的油田联合站火灾预警系统，包括火灾预警管理计算机 1 和与火灾预警管理计算机 1 相接的火灾报警控制器 2，所述火灾预警管理



计算机 1 的输入端接有多个布设在被监测油田联合站内的图像型火灾探测器 3, 所述火灾报警控制器 2 的输出端接有报警设备 4 和多个布设在被监测油田联合站内的自动灭火装置 5。

[0047] 本实施例中, 所述火灾预警管理计算机 1 为西门子工业控制计算机。所述火灾报警控制器 2 为霍尼韦尔 238SUPER 防盗报警控制主机。所述图像型火灾探测器 3 为杭州智诺英特科技有限公司生产的 ZN-IC200-F 型智能探测烟火网络摄像机, 是 200W 像素的高分辨率 CCD 摄像机。多个所述图像型火灾探测器 3 均通过以太网与所述火灾预警管理计算机 1 的输入端相接。所述报警设备 4 包括 710RD 闪灯和 719 电子警号。所述自动灭火装置 5 为自动消防水炮。

[0048] 具体实施时, 多个图像型火灾探测器 3 可以分别布设在被监测油田联合站内的进站阀组间、计量间、分离器区、储罐区、外输管道区、锅炉房和泵房内, 对这些区域内设施火灾爆炸发生初期产生的烟、热、光等信号进行采集。本发明能够将多个图像型火灾探测器 3 同时接入火灾预警管理计算机 1, 能够实现油田联合站可视化火灾检测和预警。

[0049] 如图 2 所示, 本发明所述的基于视频图像的油田联合站火灾预警方法, 包括以下步骤:

[0050] 步骤一、视频图像采集及传输: 多个图像型火灾探测器 3 分别对其所处区域内的视频图像进行实时采集, 并将所采集到的视频图像进行模数转换后实时传输给火灾预警管理计算机 1;

[0051] 步骤二、视频图像预处理: 所述火灾预警管理计算机 1 首先对其接收到的视频图像进行低通滤波处理, 获得消除噪声后的视频图像; 接着对视频图像进行二值化处理, 获得火焰目标图像; 然后对视频图像进行图像分割处理, 将火焰目标图像从背景中分离出来;

[0052] 步骤三、特征提取: 所述火灾预警管理计算机 1 从火焰目标图像中分别提取出能代表并区别该火焰目标图像的 M 个特征参数; 其中, M 为不小于 2 的自然数;

[0053] 步骤四、训练样本获取: 首先, 所述火灾预警管理计算机 1 根据 M 个特征参数对火焰目标图像进行样本归类, 获得 M 组火焰目标图像, 然后, 每次从 M 组火焰目标图像中各随机抽取一个, 构成一个 M 维特征向量  $IN_i = (IN_{i1}, IN_{i2}, \dots, IN_{iM})$ , 抽取多次组成训练样本集;

[0054] 步骤五、BP 神经网络模型构建: 使 BP 神经网络的输入节点对应火焰目标图像的 M 个特征参数, 对应 BP 神经网络输入层的节点数  $i=M$ ; 使 BP 神经网络的输出节点对应火灾识别结果  $0(k)$ ,  $0(k)$  的取值为  $0(k) \in [0, 1]$ , 其中,  $0(k) \in [0.75, 1]$  为“火灾状态”,  $0(k) \in (0.25, 0.75)$  为“警告状态”,  $0(k) \in [0, 0.25]$  为“正常状态”, 对应 BP 神经网络输出层的节点数  $k=1$ ; 根据公式  $N = \left\lceil \frac{k \times M}{k+M} + \frac{1}{2} \frac{k \times (M^2 + M) - 1}{k+M} \right\rceil$  计算出 BP 神经网络隐含层的节点

数  $j=N$ ;

[0055] 步骤六、BP 神经网络模型训练, 其具体过程如下:

[0056] 步骤 601、参数初始化: 设定输入层到隐含层的连接权值  $w_{ji}$  为  $(-1, 1)$  之间的随机数, 隐含层到输出层的连接权值  $w_{kj}$  为  $(-1, 1)$  之间的随机数, 输出层的作用函数的斜率  $a$  为  $[0, 1]$  之间的随机数, 输出层的作用函数的偏置参数  $\sigma$  为  $[0, 1]$  之间的随机数, 误差修正的

步长因子  $\eta$  为 (0,1) 之间的随机数,输出层的期望输出  $\bar{O}(k)$  为 [0,1] 之间的随机数;

[0057] 步骤 602、信息正向传递过程的计算:首先,将训练样本  $IN_i$  输入到 BP 神经网络模型的输入层,通过输入层到隐含层的连接权值  $w_{ji}$  得到隐含层的输入  $net_1(j) = \sum_{i=1}^M IN_i w_{ji}$ ;接

着,通过隐含层的作用函数  $y = \tan(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$  得到隐含层的输出  $IM_j = \tan(net_1(j))$ ;然

后,通过隐含层到输出层的连接权值  $w_{kj}$  得到输出层的输入  $net_2(k) = \sum_{j=1}^N IM_j w_{kj}$ ;最后,通过输出层的作用函数  $f(x) = 1/(1 + e^{-a(x+\sigma)})$  得到输出层的输出  $Y(k) = f(net_2(k))$ ;

[0058] 步骤 603、信息反向传递过程的计算:首先,根据公式  $E_n = \frac{1}{2}(\bar{O}(k) - Y(k))^2$  计算得到

样本模型的均方误差  $E_n$ ;接着,根据公式  $e = \sum_{n=1}^l E_n$  计算得到总误差  $e$ ,并判断总误差  $e$  是

否小于等于 0.01,当总误差  $e$  大于 0.01 时,首先,根据公式  $d_k = (\bar{O}(k) - Y(k)) \frac{\partial Y(k)}{\partial net_2(k)}$

计算输出层的训练误差  $d_k$ ,并根据公式  $d_j = w_{kj} d_k \frac{\partial IM_j}{\partial net_1(j)}$  计算出隐含层的训练误差  $d_j$ ;

接着,根据公式  $w_{ji} = w_{ji} + \eta d_j IN_i$  对输入层到隐含层的连接权值  $w_{ji}$  进行误差修正,并根据公式  $w_{kj} = w_{kj} + \eta d_k IM_j$  对隐含层到输出层的连接权值  $w_{kj}$  进行误差修正;然后,根据公式  $a = a + \eta d_k \frac{\partial net_2(k)}{\partial k_{kj}}$  对输出层的作用函数的斜率  $a$  进行误差修正,并根据公式

$\sigma = \sigma + \eta d_k \frac{\partial net_2(k)}{\partial k_{kj}}$  对输出层的作用函数的偏置参数  $\sigma$  进行误差修正;最后返回步骤

602;当总误差  $e$  小于等于 0.01 时,结束训练;其中,  $l$  为迭代次数且为自然数;

[0059] 以上步骤 602 中采用的输出层的作用函数为  $f(x) = 1/(1 + e^{-a(x+\sigma)})$ ,创新性地应用了斜率  $a$  和偏置参数  $\sigma$ ,并在步骤 603 中对斜率  $a$  和偏置参数  $\sigma$  进行了误差修正,这样可以有效提高神经元的自适应能力,加快网络的收敛速度,快速地诊断出火灾,从而提高火灾预警的灵敏度和可靠性。

[0060] 步骤七、火灾识别及预警:多个图像型火灾探测器 3 分别对其所处区域内的视频图像进行实时采集,并将所采集到的视频图像进行模数转换后实时传输给火灾预警管理计算机 1 进行预处理和特征提取后送至经过步骤六训练好的 BP 神经网络模型中,便自动输出火灾识别结果  $O(k)$ ,当  $O(k) \in [0.75, 1]$  时,所述火灾预警管理计算机 1 输出火灾报警信号给火灾报警控制器 2,所述火灾报警控制器 2 控制报警设备 4 发出火灾报警信号,并控制相应的自动灭火装置 5 进行灭火,能够及时控制火势蔓延。

[0061] 本实施例中,步骤三、步骤四和步骤五中所述  $M$  的取值为 4,步骤三中火焰目标图像的  $M$  个特征参数分别为火焰目标图像的面积变化参数、边缘变化参数、形体变化参数和

闪烁频率参数。对应步骤五中根据公式  $N = \left\lceil \frac{k \times M}{k + M} + \frac{\frac{1}{2} k \times (M^2 + M) - 1}{k + M} \right\rceil$  计算得到  $N=3$ , 即 BP 神

经网络隐含层的节点数  $j=3$ 。步骤五中构建的 BP 神经网络模块从输入层到隐含层的连线有 12 条, 从隐含层到输出层的连线有 3 条。其中, 符号  $\lceil \cdot \rceil$  为向上取整符号, 即取大于  $i$  的最小整数。

[0062] 为了对本发明的火灾预警效果进行验证, 选取了储罐区采集到的 27 帧视频图像作为样本(最小火焰样本面积为  $15\text{cm} \times 15\text{cm}$ ) 进行实验, 27 帧视频图像中有 17 帧为无火焰视频图像, 另外 10 帧为有火焰视频图像。首先, 从这 27 帧视频图像中抽取 15 帧(其中 8 帧为有火焰视频图像, 7 帧为无火焰视频图像), 依次进行步骤二到步骤六的处理, 得到训练好的 BP 神经网络模型; 步骤三、步骤四和步骤五中所述  $M$  的取值为 4, 步骤三中火焰目标图像的  $M$  个特征参数分别为火焰目标图像的面积变化参数、边缘变化参数、形体变化参数和闪烁频率参数; 步骤五中构建的 BP 神经网络模型输入层的节点数为 4, 隐含层的节点数为 3, 输出层的节点数为 1; 步骤 601 中, 设定输入层到隐含层的连接权值  $w_{ji}$  为 0.64, 隐含层到输出层的连接权值  $w_{kj}$  为 0.38, 输出层的作用函数的斜率  $a$  为 0.5, 输出层的作用函数的偏置参数  $\sigma$  为 0.63, 误差修正的步长因子  $\eta$  为 0.94, 输出层的期望输出  $\bar{O}(k)$  为 0.8299; 然后, 将抽取 15 帧视频图像后剩余的 12 帧(其中 2 帧为有火焰视频图像, 10 帧为无火焰视频图像)作为测试样本, 即表示步骤七中多个图像型火灾探测器 3 分别对其所处区域内的视频图像进行实时采集得到的视频图像, 进行预处理和特征提取后输入到训练好的 BP 神经网络模型中进行测试, 采用 MATLAB 进行仿真, 得到的火灾识别结果与实际情况对比图如图 3 所示, 图 3 中, 坐标横轴为时间  $t$ , 单位为  $s$ , 坐标纵轴为火灾识别结果  $O(k)$ , “+”为采用本发明方法, 即 BP 神经网络模型输出的火灾识别结果, “o”为实际情况值。

[0063] 从图 3 中的火灾识别结果可以看出, 本发明油田联合站火灾预警方法具有良好的收敛性, 能够在 6s 以内准确地识别出 2 帧视频图像为火灾状态, 6 帧视频图像为警告状态, 4 帧视频图像为正常状态, 无误报发生。

[0064] 为了对本发明的火灾预警效果进行进一步验证, 选取了锅炉房区采集到的 32 帧视频图像作为样本(最小火焰样本面积为  $15\text{cm} \times 15\text{cm}$ ) 进行实验, 32 帧视频图像中有 14 帧为无火焰视频图像, 另外 18 帧为有火焰视频图像。首先, 从这 32 帧视频图像中抽取 20 帧(其中 10 帧为有火焰视频图像, 10 帧为无火焰视频图像), 依次进行步骤二到步骤六的处理, 得到训练好的 BP 神经网络模型; 步骤三、步骤四和步骤五中所述  $M$  的取值为 4, 步骤三中火焰目标图像的  $M$  个特征参数分别为火焰目标图像的面积变化参数、边缘变化参数、形体变化参数和闪烁频率参数; 步骤五中构建的 BP 神经网络模型输入层的节点数为 4, 隐含层的节点数为 3, 输出层的节点数为 1; 步骤 601 中, 设定输入层到隐含层的连接权值  $w_{ji}$  为 0.58, 隐含层到输出层的连接权值  $w_{kj}$  为 0.61, 输出层的作用函数的斜率  $a$  为 0.29, 输出层的作用函数的偏置参数  $\sigma$  为 0.71, 误差修正的步长因子  $\eta$  为 0.94, 输出层的期望输出  $\bar{O}(k)$  为 0.8136; 然后, 将抽取 20 帧视频图像后剩余的 12 帧(其中 8 帧为有火焰视频图像, 4 帧为无火焰视频图像)作为测试样本, 即表示步骤七中多个图像型火灾探测器 3 分别对其所处区域内的视频图像进行实时采集得到的视频图像, 进行预处理和特征提取后输入到训练好的 BP

神经网络模型中进行测试,采用 MATLAB 进行仿真,得到的火灾识别结果与实际情况对比图如图 4 所示,图 4 中,坐标横轴为时间  $t$ ,单位为  $s$ ,坐标纵轴为火灾识别结果  $O(k)$ ，“+”为采用本发明方法,即 BP 神经网络模型输出的火灾识别结果,“o”为实际情况值。

[0065] 从图 4 中的火灾识别结果可以看出,本发明油田联合站火灾预警方法具有良好的收敛性,能够在 6s 以内准确地识别出 8 帧视频图像为火灾状态,1 帧视频图像为警告状态,3 帧视频图像为正常状态,无误报发生。

[0066] 综上所述,本发明油田联合站火灾预警方法的收敛速度快,火灾识别灵敏度高,精度高,能够检测到最小火焰面积为  $15\text{cm} \times 15\text{cm}$  汽油盘火,能够克服光强、烟气遮盖等不确定性因素的干扰,能够对油田联合站内火灾图像进行准确识别,有效性和可靠性高,能够有效保障油田联合站安全生产。

[0067] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制,凡是根据本发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效结构变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

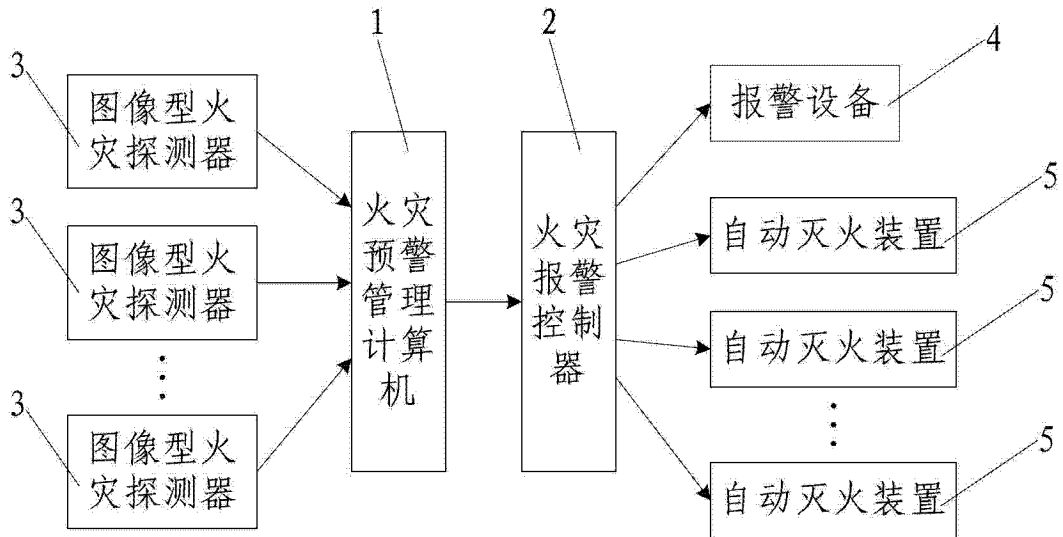


图 1

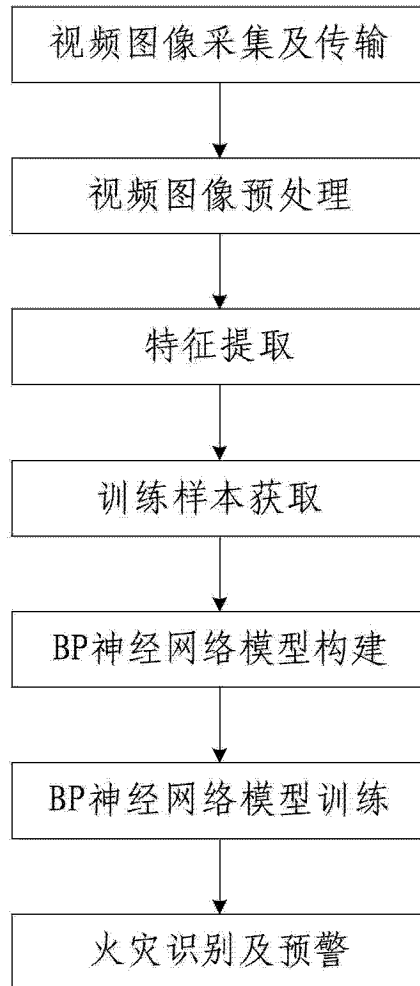


图 2

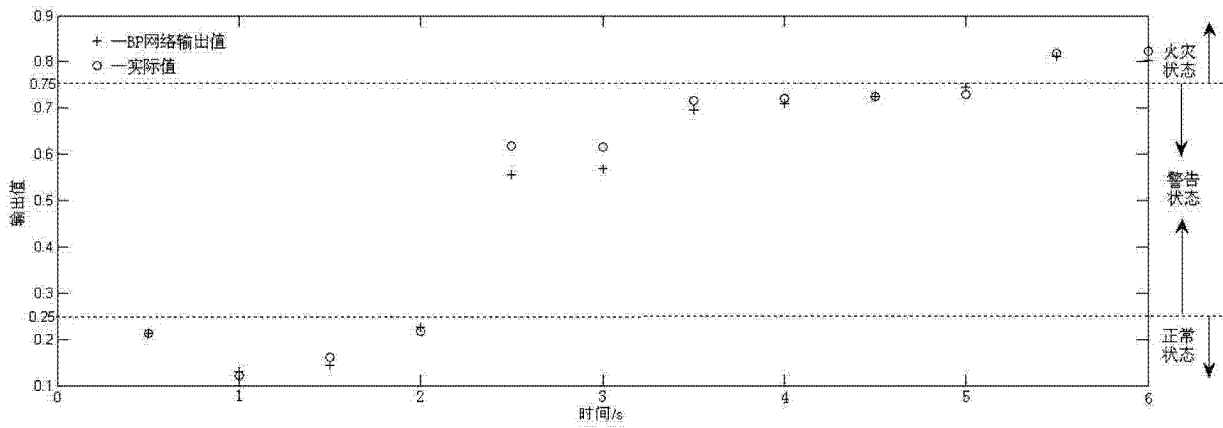


图 3

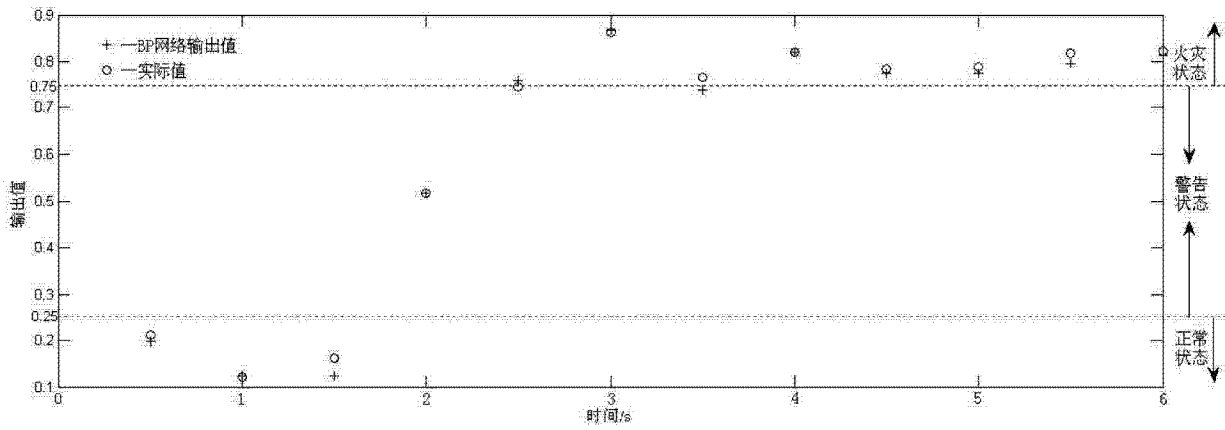


图 4