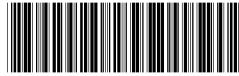


(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103077387 A

(43) 申请公布日 2013. 05. 01

(21) 申请号 201310049861. 4

(22) 申请日 2013. 02. 07

(71) 申请人 东莞中国科学院云计算产业技术创新与育成中心

地址 523808 广东省东莞市松山湖高新技术
产业开发区松科苑 14 号楼

申请人 中国科学院自动化研究所

(72) 发明人 王飞跃 孔庆杰 熊刚 朱凤华
周星昱 李元涛

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 宋焰琴

(51) Int. Cl.

G06K 9/00 (2006. 01)

G06T 7/20 (2006. 01)

权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

视频中货运列车车厢自动检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种视频中货运列车车厢前景的自动检测方法，该方法基于计算机视觉技术，对货运列车车厢进行自动视频检测，其包括以下步骤：分割得到视频每一帧图像中列车车厢的运动前景；根据不同帧图像中车厢边界的变化，估计列车的行驶速度；根据所述列车的行驶速度对所述步骤 1 得到的列车车厢前景图像进行拼接，得到所述列车车厢的全景图像，完成视频中对于列车车辆的自动检测。本发明具有易于实现、鲁棒性强、精确度高、实时性强等优点，可以为智能火车视频监控系统中货运列车车厢装载情况的检测和识别提供可靠的关键技术。



1. 一种视频中货运列车车厢自动检测方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤 1,分割得到视频每一帧图像中列车车厢的运动前景;

步骤 2,根据不同帧图像中车厢边界的变化,估计列车的行驶速度;

步骤 3,根据所述列车的行驶速度对所述步骤 1 得到的列车车厢前景图像进行拼接,得到所述列车车厢的全景图像,完成视频中对于列车车辆的自动检测。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述步骤 1 进一步包括以下步骤:

步骤 11,利用列车车厢所经过区域的像素值变化的周期性特征来检测每一帧图像中列车的运动区域;

步骤 12,去除每一帧图像中列车车厢间的背景区域;

步骤 13,对于视频中出现单层列车车厢的帧图像进行检测。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于,所述步骤 11 进一步包括以下步骤:

步骤 111,记录每一帧视频图像中每一个像素位置上的像素的灰度值,得到与每一帧视频图像对应的一个时间序列信号;

步骤 112,对所述时间序列信号进行滤波,以去除其中的噪声;

步骤 113,对每一个经过滤波的时间序列信号进行快速傅立叶变换,得到每个时间序列信号的周期和功率谱;

步骤 114,对于每一个时间序列信号只选择功率最大的频率作为其固有频率,得到与每一帧视频图像对应的频率图像;

步骤 115,计算所述频率图像像素值的直方图;

步骤 116,基于所述像素值的直方图中的频率值,利用阈值法得到每一帧图像中列车所在的运动区域;

步骤 117,对所述步骤 116 得到的列车所在的运动区域进行腐蚀和膨胀处理,将处理后的图像的像素值累加映射到 y 轴上,得到准确的列车车厢区域。

4. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于,所述步骤 12 进一步包括以下步骤:

步骤 121,在所述视频中截取一帧列车到来前的背景图像,作为背景建模的参考图像;

步骤 122,根据所述步骤 11 得到的列车运动区域,在所述背景图像中对应于所述列车运动区域的天空背景的位置处选择一个矩形背景区域作为检测窗;

步骤 123,计算所述背景区域中背景的灰度直方图;

步骤 124,利用阈值法获得所述背景区域的主要灰度范围,作为背景模型,以实现对车厢间背景区域的检测;

步骤 125,将当前帧图像中与所述背景区域位置相应区域中的像素的灰度值与所述主要灰度范围进行比较,得到当前帧中属于背景的区域;

步骤 126,从当前帧图像中去除检测到的属于背景的区域,得到当前帧图像中的列车车厢区域;

步骤 127,利用每一帧图像中检测到的车厢间的背景区域对所述步骤 121 中的背景图像进行更新,重复所述步骤 122-126,得到更为精准的当前帧图像中的列车车厢区域。

5. 根据权利要求 4 所述的方法,其特征在于,所述步骤 125 中,在对灰度值进行比较之前,先用中值滤波器对当前帧进行滤波,来去除图像中由摄像机产生的噪声;且所述步骤 125 进一步包括对于当前帧图像中属于背景的像素区域进行腐蚀膨胀处理的步骤。

6. 根据权利要求 4 所述的方法,其特征在于,所述步骤 127 中,利用每一帧图像中检测到的车厢间的背景区域对所述步骤 121 中的背景图像进行更新具体为:把在每一帧图像中检测到的车厢间的背景区域拼接起来,形成一副新的背景图像。

7. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述步骤 13 进一步包括以下步骤:

步骤 131,在视频图像中出现单层列车车厢的位置处设置一检测窗,所述检测窗的宽度与图像的宽度一致,高度不超过单层列车车厢中最低车厢的高度;

步骤 132,在所述检测窗内对当前帧图像进行减背景计算,即在检测窗区域的原始图像中将背景图像减掉,只保留每一帧中的前景图像,得到单层列车车厢的检测结果。

8. 根据权利要求 4 或 7 所述的方法,其特征在于,利用检测窗进行检测时,还结合每一像素的颜色信息进行检测:

对于所述检测窗中的每一个像素,如果其被分类为背景,就令它的值为 1;反之,令它的值为 0;

然后利用下式来综合三个颜色通道的类别结果,从而得到一个综合的分类结果:

$$C(i, j) = C_R(i, j) \cap C_G(i, j) \cap C_B(i, j)$$

其中: $C_R/G/B(i, j)$ 分别表示 RGB 三个通道中像素 (i, j) 的类别标签:0 或 1; \cap 表示“与”运算。

9. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,列车行驶的速度利用下式来计算:

$$v(I_t, I_{t-1}) = I_t(j+v) - I_{t-1}(j)$$

其中: $I_t(j+v)$ 表示当前帧中,车厢的左边界或右边界在图像平面 x 轴上的像素坐标位置; $I_t(j)$ 表示前一帧中,该边界在图像平面 x 轴上的像素坐标位置。

10. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述步骤 3 中,根据所述列车的行驶速度对所述步骤 1 得到的列车车厢前景图像进行拼接具体为:根据所述列车的行驶速度,在视频图像的中间部分选择一定宽度的区域作为子图像采集区域,该区域的高度与图像帧一致,然后在所述步骤 1 得到的车厢前景分割的结果中,逐帧采集区域内的图像,并把采集得到的图像拼接得到车厢的全景图像。

视频中货运列车车厢自动检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于视频监控技术领域，尤其是一种视频中货运列车车厢自动检测方法，本发明利用计算机视觉技术，结合视频图像的频域信息和空间域信息，对货运列车车厢进行自动地前景分割、速度检测和前景拼接。

背景技术

[0002] 随着视频监控技术的发展，视频摄像机已经被广泛用来对各种环境、区域和目标进行实时监控和检测。在智能铁路运输系统中，视频传感器已经用于对列车车厢、轮轴和铁轨的监控和检测。货运列车是由一节一节的集装箱车厢组成的，每节集装箱车箱长约35-40米，一辆列车一般由几十节车厢组成，这样一辆列车的长度往往超过1公里。这种火车的速度可以达到100-120千米/小时。由于具有如此长的长度和如此高的行驶速度，每两节车厢之间的空隙会带来很强的空气阻力，从而造成巨大的燃料消耗。但是，由于火车的长度太长、车厢太多，人工地检查装载的情况是非常费时费力的。因此，研发一种自动、可靠和有效的集装箱装载模式检测方法是非常有意义和应用价值的工作。

[0003] 经对现有技术文献的检索发现，目前在视频中检测运动目标的方法主要分为三类：一类是基于高斯混合模型 (Gaussian Mixture Model) 的方法，如：C. Stauffer 和 W. E. L. Grimson 1999 年发表在《Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (IEEE 计算机视觉和模式识别会议论文集)》中的论文“Adaptive background mixture models for real-time tracking (用于实时跟踪的自适应背景混合模型)”。对于这种方法来说，由于火车车厢经常包含与背景相似的颜色像素，因此车厢的部分区域经常会被分类成背景区域，从而产生误检。一类是能量最小化方法，如：Y. Boykov 等人 2001 年发表在《IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (IEEE 模式分析与机器智能会刊)》中的论文“Fast approximate energy minimization via graph cuts (通过图切割的快速近似能量最小化)”。这种方法虽然能获得比较高的检测准确率，但是其优化过程需要耗费大量的计算时间，因此不能满足快速检测系统的应用需求。最后一类是基于边缘检测的方法，如：A. Kumar 等人 2007 年发表在《Proceedings of IEEE Workshop on Applications of Computer Vision (IEEE 计算机视觉应用研讨会论文集)》中的论文“A vision system for monitoring intermodal freight trains (用于监控联邦货运列车的视觉系统)”。这种方法所检测出来的边缘特征不总是所需的车厢与背景之间的边缘，还经常包含车厢表面图案和纹理的边缘特征，准确地区分开它们是非常困难的，因此也达不到所要求的检测准确率和鲁棒性。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有技术中的不足，提供一种货运列车车厢的自动视频检测方法，能在背景转换、光照变化、检测噪声等实际工程应用的复杂环境下，实时准确地检测出货运列车车厢，得以实现对车厢装载情况的自动监控和识别。

[0005] 为实现上述目的,本发明提出一种视频中货运列车车厢自动检测方法,该方法包括以下步骤:

[0006] 步骤1,分割得到视频每一帧图像中列车车厢的运动前景;

[0007] 步骤2,根据不同帧图像中车厢边界的变化,估计列车的行驶速度;

[0008] 步骤3,根据所述列车的行驶速度对所述步骤1得到的列车车厢前景图像进行拼接,得到所述列车车厢的全景图像,完成视频中对于列车车辆的自动检测。本发明与现有技术相比的显著效果在于:不需要对摄像机镜头进行事先标定,对实际监控视频中所出现的背景改变、光照变化、摄像机抖动、检测噪声等干扰同时具有较高的鲁棒性。由于克服了这些现有技术在实际工程应用方面难以解决的困难,因此真正实现了对视频中货运列车车厢的自动检测。

[0009] 本发明针对智能火车视频监控系统中自动检测货运列车车厢的需要,利用计算机视觉技术,实现了对货运列车车厢的自动检测,具有不需要人工参与、精确度高、鲁棒性强等优点。特别是不需要事先对摄像机镜头进行标定,自动实现车厢检测,克服了以往技术方法都难以克服的难点,也消除了实现真正工程应用的主要障碍。本发明使用计算机视觉理论中的运动目标前景分割技术,实现了货运列车车厢的自动检测,最终为智能火车视频监控系统中货运列车车厢装载情况的检测和识别提供了可靠的关键技术。

附图说明

[0010] 图1是本发明检测方法的流程图。

[0011] 图2是根据本发明一实施例的区域B中某位置像素的时间序列值及其功率谱。

[0012] 图3是根据本发明一实施例的车厢区域检测流程及结果。

[0013] 图4是根据本发明一实施例的背景窗选择及其灰度特征提取示意图。

[0014] 图5是根据本发明一实施例的背景检测与去除示意图。

[0015] 图6是根据本发明一实施例的单层集装箱检测示意图。

[0016] 图7是根据本发明一实施例检测得到的三种车厢的全景图像。

具体实施方式

[0017] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。

[0018] 为了更好地理解本发明所提出的方法,接下来选取一段监控摄像机拍摄的视频片段为例对本发明的检测方法进行说明,所述视频片段中有一列货运列车从视域中经过,这段视频中记录了这辆列车从车头进入该监控场景开始,到车尾离开该场景为止的全过程,所述视频图像的大小为640×480,帧率为15帧/秒。

[0019] 图1是本发明检测方法的流程图,如图1所示,所述检测方法包括以下步骤:

[0020] 步骤1,分割得到视频每一帧图像中列车车厢的运动前景;

[0021] 所述步骤1进一步包括以下步骤:

[0022] 步骤11,利用列车车厢所经过区域的像素值变化的周期性特征来检测每一帧图像中列车的运动区域;

[0023] 由于视频的每一帧图像中列车车厢所经过的区域的像素与背景区域的像素呈现

出不同的周期变化规律,因此该步骤可利用列车车厢所经过区域的像素值变化的周期性特征来检测得到列车的运动区域。如图 2(a) 所示,图中,区域 B 为列车车厢在视频图像中的运动区域,该区域的视频图像像素值呈周期性变化;区域 A 为像素值不呈周期性变化的其它像素区域。

[0024] 具体地,所述步骤 111 进一步包括以下步骤:

[0025] 步骤 111,随着视频的播放,记录每一帧视频图像中每一个像素位置上的像素的灰度值,得到与每一帧视频图像对应的一个时间序列信号,如图 2(b) 所示。

[0026] 令 $I(i, j)(t)$ 表示第 t 帧视频图像第 i 行、第 j 列位置上像素的灰度值,由于视频图像的尺寸为 $M \times N$ (比如 640×480),且每一个像素位置上都可以获得一个时间序列信号,这样就得到 $M \times N$ 个时间序列信号。

[0027] 步骤 112,利用下式对所述时间序列信号进行滤波,以去除其中的噪声:

[0028]

$$I'(i, j)(t+1) = \begin{cases} I(i, j)(t), & \text{if } |I(i, j)(t+1) - I(i, j)(t)| < \varphi, \\ I(i, j)(t+1), & \text{otherwise,} \end{cases}$$

[0029] 其中, $I'(i, j)(t+1)$ 表示第 $t+1$ 帧 (i, j) 位置上经过滤波后的像素灰度值; φ 表示控制滤波强度的阈值。

[0030] 步骤 113,对每一个经过滤波的时间序列信号进行快速傅立叶变换(Fast Fourier Transform, FFT),得到每个时间序列信号的周期和功率谱,如图 2(c) 所示;

[0031] 步骤 114,对于每一个时间序列信号只选择功率最大的频率作为其固有频率,得到与每一帧视频图像对应的频率图像;

[0032] 具体地,将所述固有频率赋给一个大小为 $M \times N$ 的二维矩阵中的相应位置,从而获得一个新的图像,该图像中的每个像素都保存了视频图像(如图 3(a) 所示)中相应位置时间序列信号的主要频率值,该图像称为该视频图像的频率图像,如图 3(b) 所示。图中,每个像素位置的频率值都被正规化到 0~255 之间。从图中可以看出,区域 B 中大部分像素的频率值要高于区域 A 中像素的频率值。

[0033] 步骤 115,计算所述频率图像像素值的直方图,如图 3(c) 所示;

[0034] 步骤 116,基于所述像素值的直方图中的频率值,得到每一帧图像中列车所在的运动区域;

[0035] 根据区域 A 和区域 B 中时间序列信号的频率性质,可以把所述直方图中的频率值分为三个区间:

[0036] 区间 a:视频图像区域 A 中属于天空和地面区域静止像素的时间序列信号的频率值,其值为零;

[0037] 区间 b:视频图像区域 A 中属于云彩等变化较慢区域像素的时间序列信号的频率范围;

[0038] 区间 c:视频图像中区域 B(列车车厢区域)像素的时间序列信号的频率范围。

[0039] 在经过大量的视频数据实验之后,发现频率图像中列车车厢运动区域的像素的频率值总是在 0.004 和 0.02 之间。那么,根据这个频率范围,就可以用阈值法来得到该视频图像中列车车厢的运动区域,如图 3(d) 所示。

[0040] 步骤 117,对所述步骤 116 得到的列车所在的运动区域进行腐蚀和膨胀处理,将处

理后的图像的像素值累加映射到 y 轴上, 得到准确的列车车厢区域, 如图 3(e) 所示。

[0041] 步骤 12, 去除每一帧图像中列车车厢间的背景区域;

[0042] 所述步骤 12 进一步包括以下步骤:

[0043] 步骤 121, 在所述视频中截取一帧列车到来前的背景图像, 作为背景建模的参考图像, 如图 4(a) 所示, 该背景图像中只包含背景, 而不包含任何列车车厢的前景信息;

[0044] 步骤 122, 根据所述步骤 11 得到的列车运动区域, 在所述背景图像中对应于所述列车运动区域的天空背景的位置处选择一个矩形背景区域, 所述矩形背景区域的宽度与图像的宽度一致, 高度不超过列车车厢中最低车厢的高度(如图 4(a) 的方框所示), 之后的背景建模都针对这一背景区域进行, 该背景区域这里称作检测窗;

[0045] 步骤 123, 计算所述背景区域中背景的灰度直方图, 如图 4(b) 所示;

[0046] 步骤 124, 利用阈值法获得所述背景区域的主要灰度范围, 作为背景模型, 以实现对车厢间背景区域的检测, 如图 4(b) 中的区域 D 所示。

[0047] 在得到所述背景区域的灰度直方图之后, 该背景区域的主要灰度范围可以这样获得: 先设置一个阈值 p, 然后把灰度直方图中大于 p 的灰度范围定义为该背景图像的灰度范围; 然后通过调整 p 的取值, 使得无论直方图的形状如何变化, 总是能有 90% 以上的灰度值被包含在这个灰度范围内。

[0048] 步骤 125, 将当前帧图像中与所述背景区域位置相应区域中的像素的灰度值与所述主要灰度范围进行比较, 得到当前帧中属于背景的区域;

[0049] 该步骤中, 在对灰度值进行比较之前, 先用中值滤波器对当前帧进行滤波, 来去除图像中由摄像机产生的椒盐噪声。灰度值比较的结果如图 5(a) 所示, 图中白色的区域是判断为背景的区域, 黑色的区域是判断为车厢前景的区域;

[0050] 进一步地, 如果对于当前帧图像中属于背景的像素区域再进行一系列的形态学的腐蚀膨胀处理, 就可以得到更加精细的结果, 如图 5(b) 所示。

[0051] 步骤 126, 从当前帧图像中去除检测到的属于背景的区域, 得到当前帧图像中的列车车厢区域;

[0052] 从属于背景的区域的检测结果中, 可以很容易地获得列车车厢间背景区域的左右边界, 从而实现对属于背景的区域的检测与去除, 当前帧图像中的列车车厢区域如图 5(c) 所示。

[0053] 进一步地, 在列车监测视频中可以发现, 两节车厢之间的背景每隔一段时间就会出现, 而且会随着列车的行进扫过整个视域, 因此可以把在每一帧图像中检测到的车厢间的背景区域拼接起来, 形成一副新的背景图像, 再重复前面的背景建模过程获得新的背景模型, 即属于背景的区域:

[0054] 步骤 127, 利用每一帧图像中检测到的车厢间的背景区域对所述步骤 121 中的背景图像进行更新, 重复所述步骤 122-126, 得到更为精准的当前帧图像中的列车车厢区域。

[0055] 步骤 13, 对于视频中出现单层列车车厢的帧图像进行检测;

[0056] 完成以上几个步骤之后, 大部分集装箱装载模式的列车车厢都可以被成功地检测出来。但是, 由于步骤 122 中检测窗的宽度和位置的限制, 图 6(a) 中的单层列车车厢还无法被检测到, 如图 6(b) 所示, 接下来就采用减背景的方法利用目前得到的检测结果检测单层列车车厢。

[0057] 所述步骤 13 进一步包括以下步骤：

[0058] 步骤 131，在视频图像中出现单层列车车厢的位置处设置一检测窗，如图 6(c) 中的方框所示，所述检测窗的宽度与图像的宽度一致，高度不超过单层列车车厢中最低车厢的高度；

[0059] 步骤 132，在所述检测窗内对当前帧图像进行减背景计算，即在检测窗区域的原始图像中将背景图像减掉，只保留每一帧中的前景图像，计算的图像区域范围仅涉及在前一步被认为是背景的区域。对于单层列车车厢的检测结果如图 6(d) 所示。

[0060] 进一步地，为了达到更高的检测准确率，本发明在利用检测窗进行检测时，还结合每一像素的颜色信息进行检测：

[0061] 对于所述检测窗中的每一个像素，如果其被分类为背景，就令它的值为 1；反之，令它的值为 0。然后再用下式来综合三个颜色通道的类别结果，从而得到一个综合的分类结果：

$$C(i, j) = C_R(i, j) \cap C_G(i, j) \cap C_B(i, j)$$

[0063] 式中： $C_R/G/B(i, j)$ 分别表示 RGB 三个通道中像素 (i, j) 的类别标签：0 或 1； \cap 表示“与”运算。

[0064] 步骤 2，根据不同帧图像中车厢边界的变化，估计列车的行驶速度；

[0065] 由于摄像机视域的限制，通过前景分割算法只能得到车厢在每一帧图像中出现的部分厢体，尤其是当两节车厢间的距离大于视域的宽度时，仅仅依靠前景分割的结果还无法测量两节车厢间的距离。因此，需要把每一帧得到的车厢前景，连同车厢间的背景空缺拼接恢复成车厢的全图，才能对每一节车厢进行识别。然而，要对车厢前景进行准确地拼接，首先需要知道火车当时的行驶速度。

[0066] 在实现了车厢前景的准确分割之后，每节车厢的左右边界在每一帧图像中都可以准确地得到。因此该步骤中，就可以利用车厢的边界来估计当时列车行驶的即时速度，速度的单位是像素 / 帧：

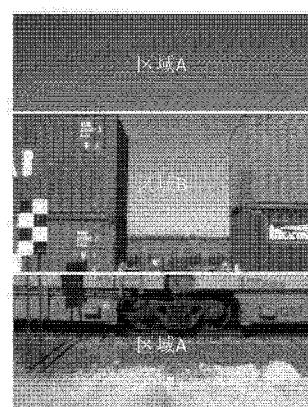
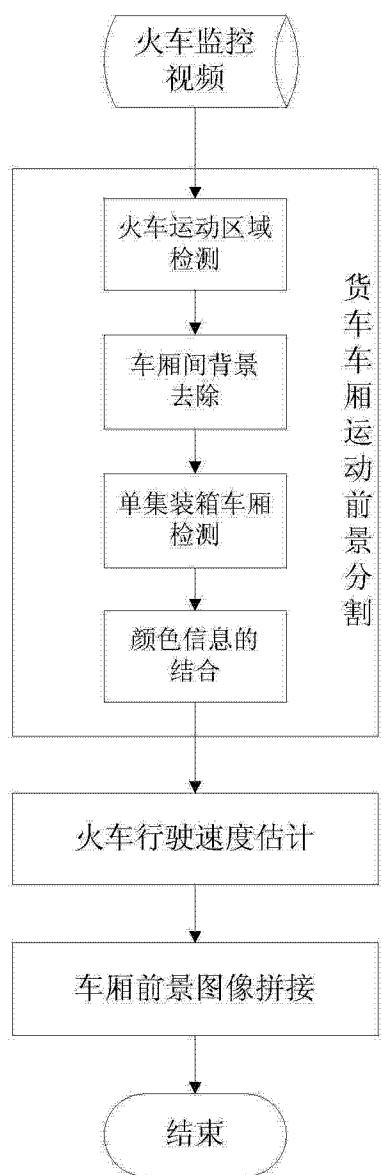
$$v(I_t, I_{t-1}) = I_t(j+v) - I_{t-1}(j)$$

[0068] 其中： $I_t(j+v)$ 表示当前帧中，车厢的左边界或右边界在图像平面 x 轴上的像素坐标位置； $I_t(j)$ 表示前一帧中，该边界在图像平面 x 轴上的像素坐标位置。

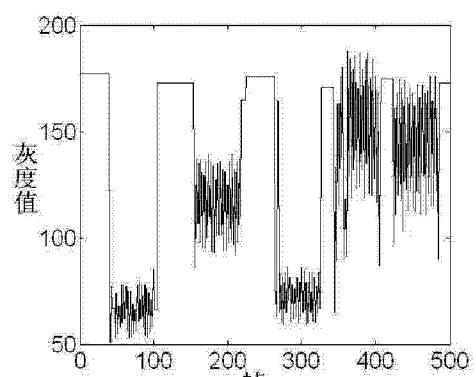
[0069] 步骤 3，根据所述列车的行驶速度对所述步骤 1 得到的列车车厢前景图像进行拼接，得到所述列车车厢的全景图像，完成视频中对于列车车辆的自动检测。

[0070] 根据所述列车行驶速度，在视频图像的中间部分选择一定宽度的区域作为子图像采集区域，该区域的高度与图像帧一致，然后在所述步骤 1 车厢前景分割的结果视频中，逐帧采集区域内的图像，并把采集得到的图像拼接得到车厢的全景图像。根据本发明一实施例检测得到的三种车厢的全景图像如图 7(a)、(b)、(c) 所示。

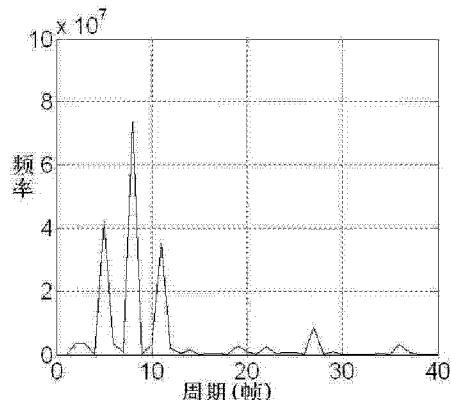
[0071] 以上所述的具体实施例，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。



(a)



(b)



(c)

图 2

图 1

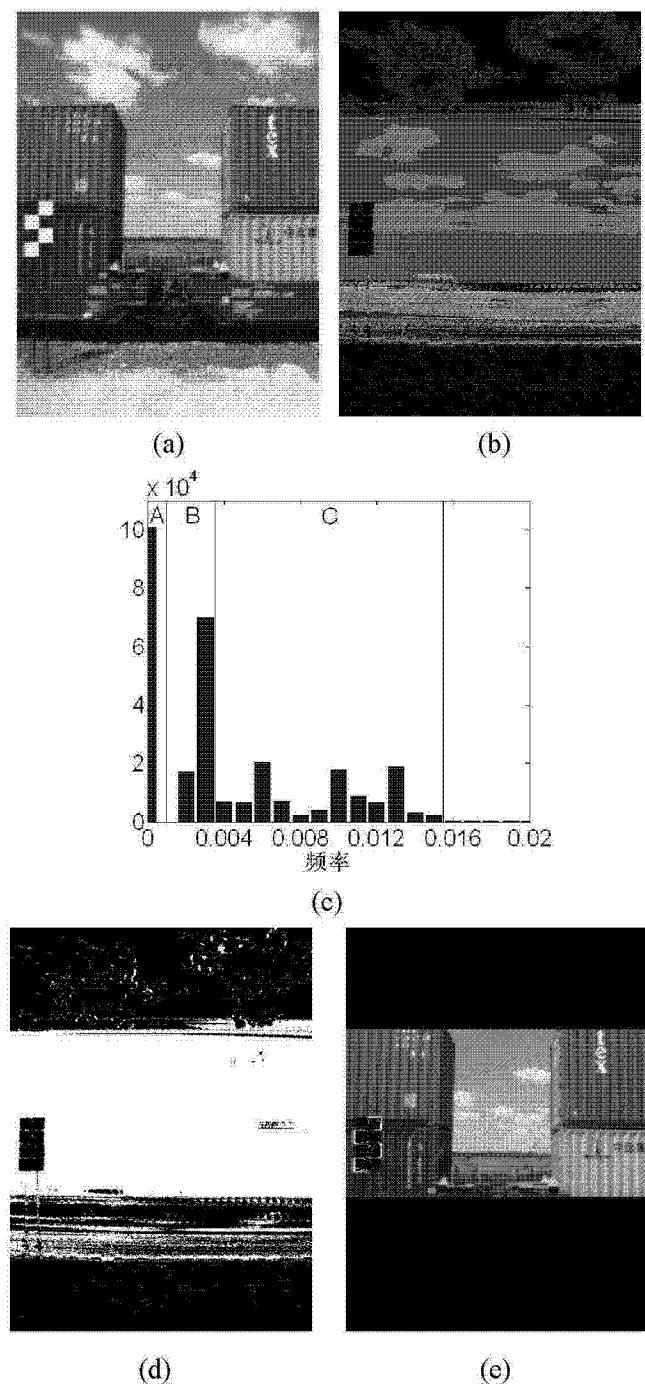


图 3

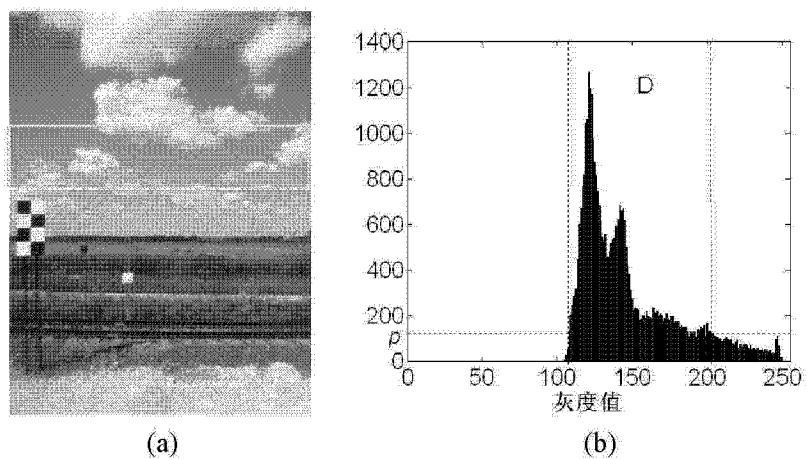


图 4

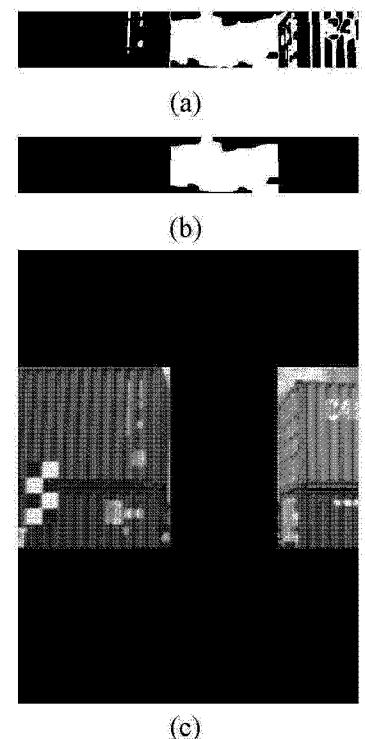


图 5

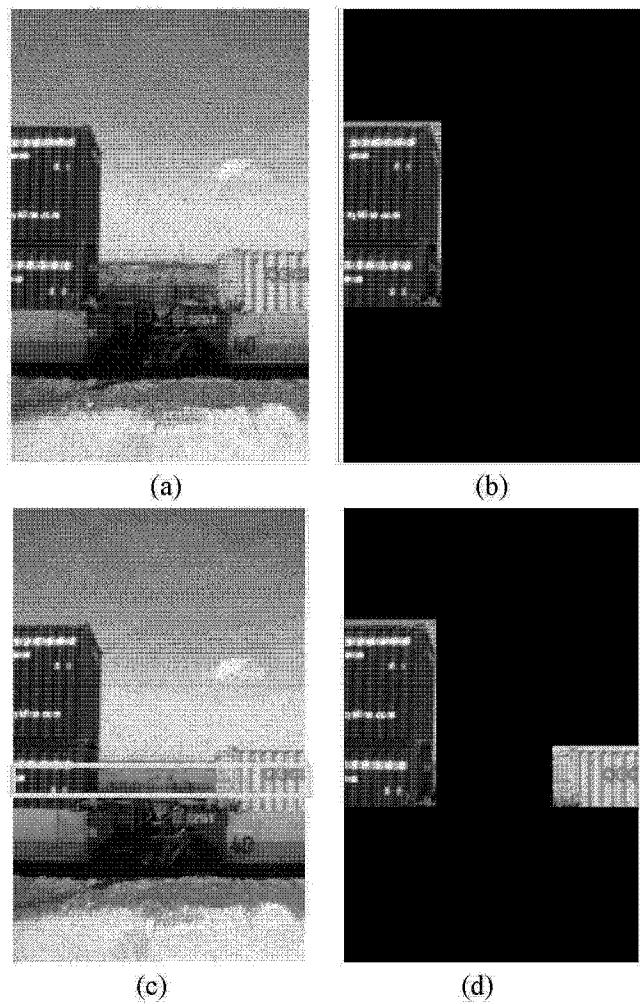


图 6

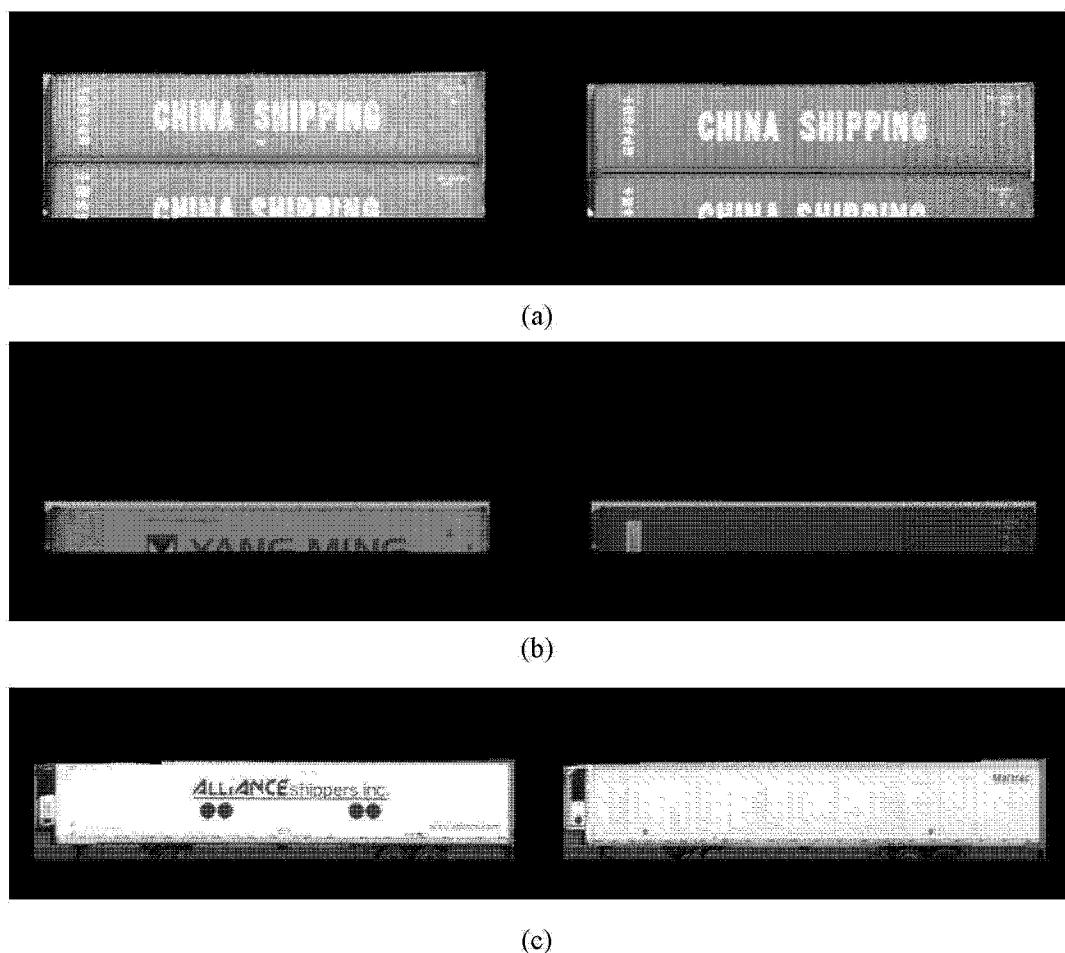


图 7