



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105373135 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 02

(21) 申请号 201410378566. 8

(22) 申请日 2014. 08. 01

(71) 申请人 深圳中集天达空港设备有限公司  
地址 518067 广东省深圳市蛇口工业区工业四路四号

申请人 中国国际海运集装箱(集团)股份有限公司

(72) 发明人 邓览 张肇红 向卫 杨月峰  
刘海秋 王海彬

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006

代理人 梁挥 田景宜

(51) Int. Cl.  
G05D 1/10(2006. 01)

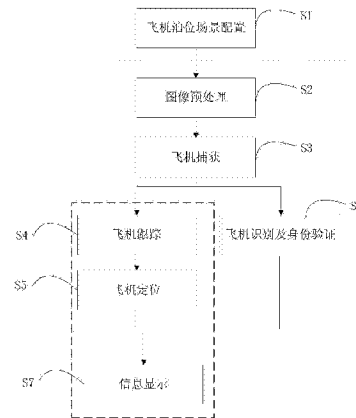
权利要求书9页 说明书19页 附图13页

(54) 发明名称

一种基于机器视觉的飞机入坞引导和机型识别的方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于机器视觉的飞机入坞引导和机型识别的方法及系统,该方法包括:S1、飞机泊位场景设置步骤,将监测场景划分为不同的信息处理功能区;S2、图像预处理步骤,对所拍摄的图像进行预处理;S3、飞机捕获步骤,通过在该图像中识别飞机的引擎和前轮,以确认该图像中出现飞机;S4、飞机跟踪步骤,对步骤S3所捕获到的飞机的引擎和前轮的图像进行连续跟踪和实时更新;S5、飞机定位步骤,实现对飞机实时定位并准确判断飞机相对于引导线的偏离程度和相对于停止线的距离;S6、信息显示,输出并显示步骤S5的飞机相对于引导线的偏离程度和相对于停止线的距离。本发明以可视化的方式实现飞机入坞泊位引导,有效提高了飞机入坞过程的精确性。



1. 一种基于机器视觉的飞机入坞引导和机型识别的方法,其特征在于,包括:  
步骤 S1,飞机泊位场景设置步骤,将监测场景划分为不同的信息处理功能区;  
步骤 S2,图像预处理步骤,对所拍摄的图像进行预处理;  
步骤 S3,飞机捕获步骤,通过在该图像中识别飞机的引擎和前轮,以确认该图像中出现飞机;  
步骤 S4,飞机跟踪步骤,对步骤 S3 所捕获到的飞机的引擎和前轮的图像进行连续跟踪和实时更新;  
步骤 S5,飞机定位步骤,实现对飞机实时定位并准确判断飞机相对于引导线的偏离程度和相对于停止线的距离;  
步骤 S6,信息显示,输出并显示步骤 S5 的飞机相对于引导线的偏离程度和相对于停止线的距离。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,该图像预处理步骤进一步包括:  
步骤 S21,根据该图像的平均灰度值判断该图像为低照度图像、强光照图像还是正常光照图像,对低照度图像执行低照度图像处理步骤,对强光照图像执行强光照图像处理步骤;  
步骤 S22,根据该图像的方差判断该正常光照图像是否为正常图像;  
步骤 S23,对于非正常图像,判断其为雨雪图像还是雾图像,对雨雪图像执行雨雪图像处理步骤,对雾图像执行雾图像处理步骤。
3. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,该低照度图像处理步骤包括:  
$$g(x, y) = f(x, y) + af(x, y) (255 - f(x, y))$$
 $f(x, y)$  为原图像,  $(x, y)$  为图像中的像素点坐标,  $g(x, y)$  为处理之后的图像,  $a$  为低照度图像处理参数。
4. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,该雨雪图像处理步骤包括:  
利用光度测定模型寻找被雨雪污染的待处理像素;  
对于当前图像的待处理像素,提取与该当前图像前后相邻的图像的相应像素的亮度值,根据该亮度值判断与该当前图像前后相邻的图像的相应像素是否均为待处理像素,如果是,取该当前图像的待处理像素的所有相邻像素的亮度值的平均值,用该平均值代替该当前图像的待处理像素的亮度值,如果否,利用该当前图像前后相邻的图像的相应像素的亮度值中的最小值或最小的两个值的平均值,代替该当前图像的待处理像素的亮度值。
5. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,通过同态滤波进行该雾图像处理步骤。
6. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,该飞机捕获步骤进一步包括:  
步骤 S31,背景消除步骤,利用单高斯背景模型来模拟场景中背景的动态分布并进行背景建模,然后将当前图像与背景模型作差分以消除背景,得到前景区域;  
步骤 S32,阴影消除步骤,统计该前景区域的灰度值,找出最大灰度值  $g_{max}$  和最小灰度值  $g_{min}$ ,然后在灰度值小于  $T = g_{min} + (g_{max} - g_{min}) * 0.5$  的区域进行阴影消除;  
步骤 S33,区域分类步骤,建立一个标准正面飞机区域模板,经过变化检测提取目标区域并求取该区域的垂直投影曲线,然后求取该垂直投影曲线与所述标准正面飞机区域模板的垂直投影曲线的相关系数,若该相关系数大于或等于一分类阈值,则该目标为飞机;  
步骤 S34,特征验证步骤,通过检测捕获到的飞机的引擎和前轮来进一步验证该目标是

否为飞机。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,该特征验证步骤进一步包括:

步骤 S341,图像极黑区域提取,对当前图像的目标区域进行灰度直方图统计,在灰度级中间 1%~99% 范围内获得最大灰度值、最小灰度值,借助预设的极黑判定阈值以及该最大灰度值、最小灰度值提取图像中最黑的部分,得到一幅极黑区域;

步骤 S342,类圆形检测,提取该极黑区域的所有外层边界,对每一个边界使用边界的矩计算边界的重心坐标,边界的第  $j_i$  阶矩定义如下:

$$m_{ji} = \sum_{x,y} (f(x,y) \cdot x^j \cdot y^i)$$

重心坐标  $(\bar{x}, \bar{y})$ :

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

对于当前边界的所有像素点,计算其与该重心的距离,若计算得到的最大距离与最小距离的比值大于一圆形判定阈值,则认为该区域非圆形,进行下一区域的判定,否则认为该区域为类圆形,记录类圆形区域的重心坐标和半径;

步骤 S343,在类圆形区域中通过判断相似度检测飞机引擎;

步骤 S344,检测飞机前轮。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于,在步骤 S343 中,对于检测到的  $M$  个类圆形区域,其中第  $i$  个和第  $j$  个的相似度  $Similarity_{ij}$  为:

$$Similarity_{ij} = |Height_i - Height_j| * |Radius_i - Radius_j|$$

其中,  $Height$  为重心高度,  $Radius$  为半径,当相似度  $Similarity_{ij}$  小于预设的相似度阈值时,则认为类圆形区域  $i$  和  $j$  为飞机引擎。

9. 如权利要求 8 所述的方法,其特征在于,在步骤 S343 中,若没有检测出飞机引擎,则进行迭代检测,将所述极黑判定阈值、圆形判定阈值、相似度阈值分别增大,再进行步骤 S341-343;若仍然没有检测出飞机引擎,则对所有的极黑区域使用  $7*7$  的圆形模板进行开操作,再进行步骤 S342-343;

若仍然没有检测出飞机引擎,则再进行 2 次上述迭代检测;

若仍然没有检测出飞机引擎,则判定图像中无引擎存在。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,所述极黑判定阈值、圆形判定阈值、相似度阈值的增加量分别为 0.05、0.5、20。

11. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于,该步骤 S344 进一步包括:

在图像的搜索区域中,将 256 级的灰度级量化至 64 级,搜索量化为 64 级的灰度直方图中的第一个波峰和波谷,原始 256 级灰度的灰度直方图中的最优波峰位置  $BestPeak$ 、最优波谷  $BestValley$  位置定义如下:

$$BestPeak = \arg \max_{peak*4-4 \leq i \leq peak*4+3} \{hist_{256}(i)\}$$

$$BestValley = \arg \min_{BestPeak < i \leq valley*4+3} \{hist_{256}(i)\}$$

其中  $\text{hist}_{256}(i)$  为 256 级灰度的灰度直方图中, 灰度为  $i$  的像素总数;

以此最优波谷 BestValley 对灰度进行分割, 对小于最优波谷 BestValley 的部分, 除去面积较小的杂点, 使用一个扁平椭圆型结构元素对图像进行闭操作;

接着对所有图形计算边界的 7 阶 Hu 矩特征, 与预置的标准前轮模型的矩特征进行比对, 当相似度低于一阈值时则判定中间一个为前轮。

12. 如权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 该飞机跟踪步骤进一步包括:

步骤 S41, 在获得上一帧图像的引擎位置后, 采用洪水填充法跟踪确定当前帧的引擎区域;

步骤 S42, 如果步骤 S41 的填充结果无效, 执行阴暗环境检测跟踪步骤, 使用上一帧的参数进行步骤 S341 和步骤 S342 来检测跟踪引擎区域;

步骤 S43, 在获取到引擎区域的信息之后, 使用步骤 S344 检测飞机前轮;

步骤 S44, 前轮跟踪应急处理步骤, 在检测前轮形状不正确或前轮位置与之前多帧图像相比发生明显偏离时, 根据上一帧图像和当前图像的信息, 利用相邻两帧图像引擎的位移对该帧的前轮位移进行估计, 将估计结果作为前轮跟踪结果, 如果超出  $N$  帧仍检测不到, 则输出错误信息。

13. 如权利要求 12 所述的方法, 其特征在于, 该飞机定位步骤包括:

步骤 S51, 摄像装置标定与图像矫正步骤, 用于确定摄像装置的光学参数与地理坐标系之间的对应关系;

步骤 S52, 飞机前轮偏离程度解算步骤;

步骤 S53, 飞机前轮实际距离解算步骤。

14. 如权利要求 13 所述的方法, 其特征在于, 该步骤 S51 进一步包括:

步骤 S511, 读取  $N$  幅标定图片;

步骤 S512, 使用 OpenCV 的  $\text{cvFindChessboardCorners}()$  函数寻找棋盘角点, 将读取的所述  $N$  幅标定图片分别代入所述  $\text{cvFindChessboardCorners}()$  函数, 如果成功寻找到所有的角点, 则函数返回 1, 并得到角点在图像坐标系下坐标; 如果不成功则返回 0;

步骤 S513, 将成功寻找到的所述角点在标定模板上的坐标代入函数  $\text{cvCalibrateCamera2}()$  中, 返回得到摄像装置的参数矩阵、畸变系数、旋转向量和平移向量。

15. 如权利要求 13 所述的方法, 其特征在于, 该步骤 S52 进一步包括:

根据由步骤 S43 得到前轮的位置坐标点  $(x_0, y_0)$ , 利用所述位置坐标点与引导线和停止线的关系, 求得引导线的直线方程为:  $y_1 = k_1x_1 + b_1$ , 停止线的直线方程为:  $y_2 = k_2x_2 + b_2$ , 所述位置坐标点到直线的距离为:

$$d = \frac{kx - y + b}{\sqrt{k^2 + 1}},$$

将坐标点  $(x_0, y_0)$  代入两个直线方程分别求得  $d_1$  和  $d_2$ ,  $d_2 \geq 0$  表示飞机前轮超出停止线,  $d_2 < 0$  表示飞机前轮未到达停止线, 此时若  $k_1 > 0$ ,  $d_1 > 0$  则表示飞机偏左,  $d_1 < 0$  表示飞机偏右; 若  $k_1 < 0$ , 则  $d_1 < 0$  表示飞机偏左,  $d_1 > 0$  表示飞机偏右。

16. 如权利要求 15 所述的方法, 其特征在于, 该步骤 S52 还包括, 判断  $|d_1| > \text{width}/2$  是否成立,  $\text{width}$  为一等于检测的飞机前轮的宽度的阈值, 如果成立, 认为飞机已经偏离引

导线。

17. 如权利要求 13 所述的方法,其特征在于,该步骤 S53 进一步包括:

建立图像坐标与大地坐标的对应关系;

由步骤 S1 的场景设置中的标记点得到图像坐标,采用最小二乘法对该图像坐标进行二次曲线拟合,得到曲线方程  $y = ax^2 + bx + c$ ,  $x$  是图像上的距离,  $y$  是实际距离;

对于飞机前轮在图像上的位置,沿停止线方向将其投影到引导线上,计算投影点到停止点的欧氏距离作为  $x$ ,则通过  $y = ax^2 + bx + c$  可得到飞机前轮到停止线的实际距离。

18. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,该步骤 S3 之后还可执行步骤 S7,飞机识别及身份验证步骤,步骤 S7 进一步包括:

步骤 S71,参数验证,提取图像中的飞机参数并与预置于数据库中的机型数据进行比对,得到机型相似度参数;

步骤 S72,模板匹配,将图像与预置于所述数据库中的机型模板进行比对,得到模板相似度参数;

步骤 S73,综合判断,所述机型数据相似度参数与所述模板相似度参数大于或等于一验证阈值时,视为通过身份验证。

19. 如权利要求 18 所述的方法,其特征在于,步骤 S71 进一步包括:

步骤 S711,提取图像中的飞机引擎参数并与预置于数据库中对应该机型的飞机引擎参数进行比对,得到第一比值;

步骤 S712,提取图像中的飞机机翼参数并与预置于数据库中对应该机型的飞机机翼参数进行比对,得到第二比值;

步骤 S713,提取图像中的飞机机头参数并与预置于数据库中对应该机型的飞机机头参数进行比对,得到第三比值;

步骤 S714,提取图像中的飞机尾翼参数并与预置于数据库中对应该机型的飞机尾翼参数进行比对,得到第四比值;以及

步骤 S715,取第一比值、第二比值、第三比值、第四比值这四者中的最小值以及最大值,将最小值 / 最大值,作为该机型相似度参数。

20. 如权利要求 18 所述的方法,其特征在于,步骤 S72 进一步包括:

步骤 S721,全局模板匹配,以整幅图像为被搜索图像,标准飞机图像为模板,计算全局模板相似度参数;

步骤 S722,局部模板匹配,分别以步骤 S711-S714 中提取得到的所述飞机引擎、飞机机翼、飞机机头和所述飞机尾翼为被搜索图像,分别以标准飞机图像的引擎、机翼、机头和尾翼为模板,计算被搜索图像与模板的 4 个相似度,去掉所述 4 个相似度中的最小值,计算所述 4 个相似度中其余 3 个相似度的平均数为局部模板相似度参数。

21. 如权利要求 20 所述的方法,其特征在于,步骤 S73 进一步包括:若所述机型相似度参数、全局模板相似度参数和所述局部模板相似度参数中至少有 2 个大于或等于第一验证阈值,视为通过身份验证,或,所述机型相似度参数、全局模板相似度参数和所述局部模板相似度参数都大于第二验证阈值,视为通过身份验证。

22. 一种基于机器视觉的飞机入坞引导和机型识别的系统,其特征在于,包括:

飞机泊位场景设置单元,用于将监测场景划分为不同的信息处理功能区;

图像预处理单元,用于对所拍摄的图像进行预处理;

飞机捕获单元,用于在该图像中识别飞机的引擎和前轮,以确认该图像中出现飞机;

飞机跟踪单元,用于对所捕获到的飞机的引擎和前轮的图像进行连续跟踪和实时更新;

飞机定位单元,用于实现对飞机的实时定位并准确判断飞机相对于引导线的偏离程度和相对于停止线的距离;

信息显示单元,输出并显示飞机相对于引导线的该偏离程度和相对于停止线的距离。

23. 如权利要求 22 所述的系统,其特征在于,该图像预处理单元进一步包括:

图像判断单元,根据该图像的平均灰度值判断该图像为低照度图像、强光照图像还是正常光照图像;

低照度图像处理单元,用于对低照度图像进行低照度图像处理;

强光照图像处理单元,用于对强光照图像进行强光照图像处理;

正常图像判断单元,用于根据该图像的方差判断该正常光照图像是否为正常图像;

雨雪雾图像判断单元,用于对于非正常图像,判断其为雨雪图像还是雾图像;

雨雪图像处理单元,用于对雨雪图像执行雨雪图像处理;

雾图像处理单元,用于对雾图像执行雾图像处理。

24. 如权利要求 23 所述的系统,其特征在于,该低照度图像处理单元进一步包括:

进行  $g(x, y) = f(x, y) + af(x, y) (255 - f(x, y))$  处理的单元;

$f(x, y)$  为原图像,  $(x, y)$  为图像中的像素点坐标,  $g(x, y)$  为处理之后的图像,  $a$  为低照度图像处理参数。

25. 如权利要求 23 所述的系统,其特征在于,该雨雪图像处理单元包括:

待处理像素确定单元,用于利用光度测定模型寻找被雨雪污染的待处理像素;

亮度处理单元,用于对于当前图像的待处理像素,提取与该当前图像前后相邻的图像的相应像素的亮度值,根据该亮度值判断与该当前图像前后相邻的图像的相应像素是否均为待处理像素,如果是,取该当前图像的待处理像素的所有相邻像素的亮度值的平均值,用该平均值代替该当前图像的待处理像素的亮度值,如果否,利用该当前图像前后相邻的图像的相应像素的亮度值中的最小值或最小的两个值的平均值,代替该当前图像的待处理像素的亮度值。

26. 如权利要求 23 所述的系统,其特征在于,该雾图像处理单元通过同态滤波进行该雾图像处理。

27. 如权利要求 22 所述的系统,其特征在于,该飞机捕获单元进一步包括:

背景消除单元,利用单高斯背景模型来模拟场景中背景的动态分布并进行背景建模,然后将当前图像与背景模型作差分以消除背景,得到前景区域;

阴影消除单元,统计该前景区域的灰度值,找出最大灰度值  $g_{max}$  和最小灰度值  $g_{min}$ ,然后在灰度值小于  $T = g_{min} + (g_{max} - g_{min}) * 0.5$  的区域进行阴影消除;

区域分类单元,建立一个标准正面飞机区域模板,经过变化检测提取目标区域并求取该区域的垂直投影曲线,然后求取该垂直投影曲线与所述标准正面飞机区域模板的垂直投影曲线的相关系数,若该相关系数大于或等于一分类阈值,则该目标为飞机;

特征验证单元,通过检测捕获到的飞机的引擎和前轮来进一步验证该目标是否为飞

机。

28. 如权利要求 27 所述的系统,其特征在於,该特征验证单元进一步包括:

图像极黑区域提取单元,对当前图像的目标区域进行灰度直方图统计,在灰度级中间 1%~99% 范围内获得最大灰度值、最小灰度值,借助预设的极黑判定阈值以及该最大灰度值、最小灰度值提取图像中最黑的部分,得到一幅极黑区域;

类圆形检测单元,提取该极黑区域的所有外层边界,对每一个边界使用边界的矩计算边界的重心坐标,边界的第  $j$  阶矩定义如下:

$$m_{ji} = \sum_{x,y} (f(x,y) \cdot x^j \cdot y^i)$$

重心坐标  $(\bar{x}, \bar{y})$ :

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

对于当前边界的所有像素点,计算其与该重心的距离,若计算得到的最大距离与最小距离的比值大于一圆形判定阈值,则认为该区域非圆形,进行下一区域的判定,否则认为该区域为类圆形,记录类圆形区域的重心坐标和半径;

引擎检测单元,用于在类圆形区域中通过判断相似度检测飞机引擎;

前轮检测单元,用于检测飞机前轮。

29. 如权利要求 28 所述的系统,其特征在於,在该引擎检测单元中,对于检测到的  $M$  个类圆形区域,其中第  $i$  个和第  $j$  个的相似度  $Similarity_{ij}$  为:

$$Similarity_{ij} = |Height_i - Height_j| * |Radius_i - Radius_j|$$

其中,  $Height$  为重心高度,  $Radius$  为半径,当相似度  $Similarity_{ij}$  小于预设的相似度阈值时,则认为类圆形区域  $i$  和  $j$  为飞机引擎。

30. 如权利要求 29 所述的系统,其特征在於,在该引擎检测单元中进一步包括,若没有检测出飞机引擎,则进行迭代检测,将所述极黑判定阈值、圆形判定阈值、相似度阈值分别增大,再调用图像极黑区域提取单元、类圆形检测单元和引擎检测单元;若仍然没有检测出飞机引擎,则对所有的极黑区域使用  $7*7$  的圆形模板进行开操作,再调用类圆形检测单元和引擎检测单元的单元;

若仍然没有检测出飞机引擎,则再进行 2 次上述迭代检测的单元;

若仍然没有检测出飞机引擎,则判定图像中无引擎存在的单元。

31. 如权利要求 30 所述的系统,其特征在於,所述极黑判定阈值、圆形判定阈值、相似度阈值的增加量分别为 0.05、0.5、20。

32. 如权利要求 28 所述的系统,其特征在於,该前轮检测单元进一步包括:在图像的搜索区域中,将 256 级的灰度级量化至 64 级,搜索量化为 64 级的灰度直方图中的第一个波峰和波谷,原始 256 级灰度的灰度直方图中的最优波峰位置  $BestPeak$ 、最优波谷  $BestValley$  位置定义如下:

$$BestPeak = \arg \max_{peak*4-4 \leq i \leq peak*4+3} \{hist_{256}(i)\}$$

$$BestValley = \underset{BestPeak < i \leq valley * 4 + 3}{\operatorname{arg\,min}} \{hist_{256}(i)\}$$

其中  $hist_{256}(i)$  为 256 级灰度的灰度直方图中, 灰度为  $i$  的像素总数;

以此最优波谷 BestValley 对灰度进行分割, 对小于最优波谷 BestValley 的部分, 除去面积较小的杂点, 使用一个扁平椭圆型结构元素对图像进行闭操作;

接着对所有图形计算边界的 7 阶 Hu 矩特征, 与预置的标准前轮模型的矩特征进行比对, 当相似度低于一阈值时则判定中间一个为前轮的单元。

33. 如权利要求 28 所述的系统, 其特征在于, 该飞机跟踪单元进一步包括:

洪水填充单元, 在获得上一帧图像的引擎位置后, 采用洪水填充法跟踪确定当前帧的引擎区域;

阴暗环境检测跟踪单元, 如果洪水填充单元的填充结果无效, 阴暗环境检测跟踪单元使用上一帧的参数调用图像极黑区域提取单元和类圆形检测单元来检测跟踪引擎区域;

该前轮检测单元, 在获取到引擎区域的信息之后, 检测飞机前轮;

前轮跟踪应急处理单元, 在检测前轮形状不正确或前轮位置与之前多帧图像相比发生明显偏离时, 根据上一帧图像和当前图像的信息, 利用相邻两帧图像引擎的位移对该帧的前轮位移进行估计, 将估计结果作为前轮跟踪结果, 如果超出  $N$  帧仍检测不到, 则输出错误信息。

34. 如权利要求 33 所述的系统, 其特征在于, 该飞机定位单元包括:

摄像装置标定与图像矫正单元, 用于确定摄像装置的光学参数与地理坐标系之间的对应关系;

飞机前轮偏离程度解算单元;

飞机前轮实际距离解算单元。

35. 如权利要求 34 所述的系统, 其特征在于, 该摄像装置标定与图像矫正单元进一步包括:

读取  $N$  幅标定图片的单元;

使用 OpenCV 的  $cvFindChessboardCorners()$  函数寻找棋盘角点, 将读取的所述  $N$  幅标定图片分别代入所述  $cvFindChessboardCorners()$  函数, 如果成功寻找到所有的角点, 则函数返回 1, 并得到角点在图像坐标系下坐标, 如果不成功则返回 0 的单元;

将成功寻找到的所述角点在标定模板上的坐标代入函数  $cvCalibrateCamera2()$  中, 返回得到摄像装置的参数矩阵、畸变系数、旋转向量和平移向量的单元。

36. 如权利要求 34 所述的系统, 其特征在于, 该飞机前轮偏离程度解算单元进一步包括:

引导线的直线方程为:  $y_1 = k_1x_1 + b_1$ , 停止线的直线方程为:  $y_2 = k_2x_2 + b_2$ , 所述前轮的位置坐标点到直线的距离为:

$$d = \frac{kx - y + b}{\sqrt{k^2 + 1}},$$

将前轮的位置坐标点  $(x_0, y_0)$  代入两个直线方程分别求得  $d_1$  和  $d_2$ ,  $d_2 \geq 0$  表示飞机前轮超出停止线,  $d_2 < 0$  表示飞机前轮未到达停止线, 此时若  $k_1 > 0$ ,  $d_1 > 0$  则表示飞机偏左,  $d_1 < 0$  表示飞机偏右; 若  $k_1 < 0$ , 则  $d_1 < 0$  表示飞机偏左,  $d_1 > 0$  表示飞机偏右的单元。



37. 如权利要求 36 所述的系统,其特征在于,该飞机前轮偏离程度解算单元进一步包括:判断  $|d_1| > \text{width}/2$  是否成立,  $\text{width}$  为一等于检测的飞机前轮的宽度的阈值,如果成立,认为飞机已经偏离引导线的单元。

38. 如权利要求 34 所述的系统,其特征在于,该飞机前轮实际距离解算单元进一步包括:

建立图像坐标与大地坐标的对应关系的单元;

由场景设置中的标记点得到图像坐标,采用最小二乘法对该图像坐标进行二次曲线拟合,得到曲线方程  $y = ax^2 + bx + c$ ,  $x$  是图像上的距离,  $y$  是实际距离的单元;

对于飞机前轮在图像上的位置,沿停止线方向将其投影到引导线上,计算投影点到停止点的欧氏距离作为  $x$ ,则通过  $y = ax^2 + bx + c$  可得到飞机前轮到停止线的实际距离的单元。

39. 如权利要求 22 所述的系统,其特征在于,该系统还包括飞机识别及身份验证单元,该飞机识别及身份验证单元进一步包括:

参数验证单元,提取图像中的飞机参数并与预置于数据库中的机型数据进行比对,得到机型相似度参数;

模板匹配单元,将图像与预置于所述数据库中的机型模板进行比对,得到模板相似度参数;

综合判断单元,所述机型数据相似度参数与所述模板相似度参数大于或等于一验证阈值时,视为通过身份验证。

40. 如权利要求 39 所述的系统,其特征在于,参数验证单元进一步包括:

第一比值取得单元,用于提取图像中的飞机引擎参数并与预置于数据库中对应该机型的飞机引擎参数进行比对,得到第一比值;

第二比值取得单元,用于提取图像中的飞机机翼参数并与预置于数据库中对应该机型的飞机机翼参数进行比对,得到第二比值;

第三比值取得单元,用于提取图像中的飞机机头参数并与预置于数据库中对应该机型的飞机机头参数进行比对,得到第三比值;

第四比值取得单元,用于提取图像中的飞机尾翼参数并与预置于数据库中对应该机型的飞机尾翼参数进行比对,得到第四比值;以及

机型相似度参数获取单元,用于取第一比值、第二比值、第三比值、第四比值这四者中的最小值以及最大值,将最小值 / 最大值,作为该机型相似度参数。

41. 如权利要求 39 所述的系统,其特征在于,该模板匹配单元进一步包括:

全局模板匹配单元,用于以整幅图像为被搜索图像,标准飞机图像为模板,计算全局模板相似度参数;

局部模板匹配单元,分别以第一比值取得单元、第二比值取得单元、第三比值取得单元和第四比值取得单元中提取得到的所述飞机引擎、飞机机翼、飞机机头和所述飞机尾翼为被搜索图像,分别以标准飞机图像的引擎、机翼、机头和尾翼为模板,计算被搜索图像与模板的 4 个相似度,去掉所述 4 个相似度中的最小值,计算所述 4 个相似度中其余 3 个相似度的平均数为局部模板相似度参数。

42. 如权利要求 41 所述的系统,其特征在于,综合判断单元进一步包括:若所述机型相似度参数、全局模板相似度参数和所述局部模板相似度参数中至少有 2 个大于或等于第一

验证阈值, 视为通过身份验证, 或, 所述机型相似度参数、全局模板相似度参数和所述局部模板相似度参数都大于第二验证阈值, 视为通过身份验证的单元。

## 一种基于机器视觉的飞机入坞引导和机型识别的方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种飞机入坞引导和机型识别的方法,特别是涉及一种基于机器视觉的飞机入坞引导和机型识别的方法及系统。

### 背景技术

[0002] 飞机入坞泊位引导是指将到港飞机从滑行道末端导引至机坪的停机位置并准确停泊的过程。飞机泊位引导的目的是保障入坞飞机安全准确停泊,能方便飞机与各种地勤接口的准确对接,并使登机桥能有效靠接飞机舱门,提高机场运行效率和安全。

[0003] 自动飞机泊位引导系统按使用传感器的类型不同主要分为:

[0004] (1) 地理线圈类;(2) 激光扫描测距类;(3) 视觉感知类。

[0005] 由于激光扫描测距类和视觉感知类自动引导系统能有效获取入坞飞机的可视化信息,因此该两类自动飞机泊位引导系统又称为可视化泊位引导系统。

[0006] 地理感应线圈类自动引导系统通过探测是否有金属物体经过或停留来确定入坞飞机的位置。地理感应线圈的优点是响应速度快、成本低,对天气和照度无要求,但误差较大、抗干扰能力低。同时,埋在地下的引线和电子元件容易被压坏、可靠性不高,测量精度不高,不能识别机型,可调试可维修性差。

[0007] 激光扫描测距类自动引导系统通过激光测距和激光扫描来确定飞机位置、速度和机型等信息,不受环境照度的影响、且受天气影响较小,精度较高,可调试可维修性好。

[0008] 视觉感知类自动引导系统通过光学成像方式获取飞机入坞过程的图像信息,进而通过智能化信息处理技术确定入坞飞机的位置、速度和机型等信息,系统结构简单、成本低,具有高的智能化水平,可调性可维护性较好,但对天气和照度有要求、适应性较差。

[0009] 随着视觉感知成像技术、智能化信息处理技术和计算机技术的不断深入发展,可视化飞机泊位引导技术能精确、快速获取入坞飞机的入坞信息,已在机场的泊位引导系统中得到应用。

[0010] 美国 Honeywell 公司研制的可视化飞机泊位引导系统 (VDGS) 和德国西门子公司研制的视频泊位引导系统 (VDOCKS) 作为国际领先水平的视觉引导设备也在国际上一些机场得到应用。

[0011] 但是,在飞机入坞过程的飞机捕获、跟踪与定位、机型识别与身份验证方面的精确性还有待有进一步的提高。

### 发明内容

[0012] 本发明解决的技术问题在于,以可视化的方式,实现飞机入坞泊位引导,能有效提高飞机入坞过程的飞机捕获、跟踪与定位的精确性。

[0013] 进一步的,实现机型识别与身份验证的功能。

[0014] 进一步的,能有效提高民航机场自动化、智能化和运营管理的水平。

[0015] 为解决上述问题,本发明公开了一种基于机器视觉的飞机入坞引导和机型识别的方法,包括:

[0016] 步骤 S1,飞机泊位场景设置步骤,将监测场景划分为不同的信息处理功能区;

[0017] 步骤 S2,图像预处理步骤,对所拍摄的图像进行预处理;

[0018] 步骤 S3,飞机捕获步骤,通过在该图像中识别飞机的引擎和前轮,以确认该图像中出现飞机;

[0019] 步骤 S4,飞机跟踪步骤,对步骤 S3 所捕获到的飞机的引擎和前轮的图像进行连续跟踪和实时更新;

[0020] 步骤 S5,飞机定位步骤,实现对飞机实时定位并准确判断飞机相对于引导线的偏离程度和相对于停止线的距离;

[0021] 步骤 S6,信息显示,输出并显示步骤 S5 的飞机相对于引导线的偏离程度和相对于停止线的距离。

[0022] 该图像预处理步骤进一步包括:

[0023] 步骤 S21,根据该图像的平均灰度值判断该图像为低照度图像、强光照图像还是正常光照图像,对低照度图像执行低照度图像处理步骤,对强光照图像执行强光照图像处理步骤;

[0024] 步骤 S22,根据该图像的方差判断该正常光照图像是否为正常图像;

[0025] 步骤 S23,对于非正常图像,判断其为雨雪图像还是雾图像,对雨雪图像执行雨雪图像处理步骤,对雾图像执行雾图像处理步骤。

[0026] 该低照度图像处理步骤包括:

[0027]  $g(x, y) = f(x, y) + af(x, y) (255 - f(x, y))$

[0028]  $f(x, y)$  为原图像,  $(x, y)$  为图像中的像素点坐标,  $g(x, y)$  为处理之后的图像,  $a$  为低照度图像处理参数。

[0029] 该雨雪图像处理步骤包括:

[0030] 利用光度测定模型寻找被雨雪污染的待处理像素;

[0031] 对于当前图像的待处理像素,提取与该当前图像前后相邻的图像的相应像素的亮度值,根据该亮度值判断与该当前图像前后相邻的图像的相应像素是否均为待处理像素,如果是,取该当前图像的待处理像素的所有相邻像素的亮度值的平均值,用该平均值代替该当前图像的待处理像素的亮度值,如果否,利用该当前图像前后相邻的图像的相应像素的亮度值中的最小值或最小的两个值的平均值,代替该当前图像的待处理像素的亮度值。

[0032] 所述方法通过同态滤波的方法进行该雾图像处理步骤。

[0033] 该飞机捕获步骤进一步包括:

[0034] 步骤 S31,背景消除步骤,利用单高斯背景模型来模拟场景中背景的动态分布并进行背景建模,然后将当前图像与背景模型作差分以消除背景,得到前景区域;

[0035] 步骤 S32,阴影消除步骤,统计该前景区域的灰度值,找出最大灰度值  $g_{max}$  和最小灰度值  $g_{min}$ ,然后在灰度值小于  $T = g_{min} + (g_{max} - g_{min}) * 0.5$  的区域进行阴影消除;

[0036] 步骤 S33,区域分类步骤,建立一个标准正面飞机区域模板,经过变化检测提取目标区域并求取该区域的垂直投影曲线,然后求取该垂直投影曲线与所述标准正面飞机区域模板的垂直投影曲线的相关系数,若该相关系数大于或等于一分类阈值,则该目标为飞

机；

[0037] 步骤 S34, 特征验证步骤 ; 通过检测捕获到的飞机的引擎和前轮来进一步验证该目标是否为飞机。

[0038] 该特征验证步骤进一步包括：

[0039] 步骤 S341, 图像极黑区域提取, 对当前图像的目标区域进行灰度直方图统计, 在灰度级中间 1% ~ 99% 范围内获得最大灰度值、最小灰度值, 借助预设的极黑判定阈值以及该最大灰度值、最小灰度值提取图像中最黑的部分, 得到一幅极黑区域；

[0040] 步骤 S342, 类圆形检测, 提取该极黑区域的所有外层边界, 对每一个边界使用边界的矩计算边界的重心坐标, 边界的第  $j$  阶矩定义如下：

$$[0041] \quad m_{ji} = \sum_{x,y} (f(x,y) \cdot x^j \cdot y^i)$$

[0042] 重心坐标  $(\bar{x}, \bar{y})$ ：

$$[0043] \quad \bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

[0044] 对于当前边界的所有像素点, 计算其与该重心的距离, 若计算得到的最大距离与最小距离的比值大于一圆形判定阈值, 则认为该区域非圆形, 进行下一区域的判定, 否则认为该区域为类圆形, 记录类圆形区域的重心坐标和半径；

[0045] 步骤 S343, 在类圆形区域中通过判断相似度检测飞机引擎；

[0046] 步骤 S344, 检测飞机前轮。

[0047] 在步骤 S343 中, 对于检测到的  $M$  个类圆形区域, 其中第  $i$  个和第  $j$  个的相似度的计算为：

$$[0048] \quad \text{Similarity}_{ij} = |\text{Height}_i - \text{Height}_j| * |\text{Radius}_i - \text{Radius}_j|$$

[0049] 其中, Height 为重心高度, Radius 为半径, 当相似度  $\text{Similarity}_{ij}$  小于预设的相似度阈值时, 则认为类圆形区域  $i$  和  $j$  为飞机引擎。

[0050] 在步骤 S343 中, 若没有检测出飞机引擎, 则进行迭代检测, 将所述极黑判定阈值、圆形判定阈值、相似度阈值分别增大, 再进行步骤 S341-343 ; 若仍然没有检测出飞机引擎, 则对所有的极黑区域使用  $7*7$  的圆形模板进行开操作, 再进行步骤 S342-343 ；

[0051] 若仍然没有检测出飞机引擎, 则再进行 2 次上述迭代检测；

[0052] 若仍然没有检测出飞机引擎, 则判定图像中无引擎存在。

[0053] 所述极黑判定阈值、圆形判定阈值、相似度阈值的增加量分别为 0.05、0.5、20。

[0054] 该步骤 S344 进一步包括：

[0055] 在图像的搜索区域中, 将 256 级的灰度级量化至 64 级, 搜索量化为 64 级的灰度直方图中的第一个波峰和波谷, 原始 256 级灰度的灰度直方图中的最优波峰位置  $\text{BestPeak}$ 、最优波谷  $\text{BestValley}$  位置定义如下：

$$[0056] \quad \text{BestPeak} = \arg \max_{\text{peak} * 4 - 4 \leq i \leq \text{peak} * 4 + 3} \{ \text{hist}_{256}(i) \}$$

$$[0057] \quad \text{BestValley} = \arg \min_{\text{BestPeak} < i \leq \text{valley} * 4 + 3} \{ \text{hist}_{256}(i) \}$$

- [0058] 其中  $\text{hist}_{256}(i)$  为 256 级灰度的灰度直方图中, 灰度为  $i$  的像素总数;
- [0059] 以此最优波谷 BestValley 对灰度进行分割, 对小于最优波谷 BestValley 的部分, 除去面积较小的杂点, 使用一个扁平椭圆型结构元素对图像进行闭操作;
- [0060] 接着对所有图形计算边界的 7 阶 Hu 矩特征, 与预置的标准前轮模型的矩特征进行比对, 当相似度低于一阈值时则判定中间一个为前轮。
- [0061] 该飞机跟踪步骤进一步包括:
- [0062] 步骤 S41, 在获得上一帧图像的引擎位置后, 采用洪水填充法跟踪确定当前帧的引擎区域;
- [0063] 步骤 S42, 如果步骤 S41 的填充结果无效, 执行阴暗环境检测跟踪步骤, 使用上一帧的参数进行步骤 S341 和步骤 S342 来检测跟踪引擎区域;
- [0064] 步骤 S43, 在获取到引擎区域的信息之后, 使用步骤 S344 检测飞机前轮;
- [0065] 步骤 S44, 前轮跟踪应急处理步骤, 在检测前轮形状不正确或前轮位置与之前多帧图像相比发生明显偏离时, 根据上一帧图像和当前图像的信息, 利用相邻两帧图像引擎的位移对该帧的前轮位移进行估计, 将估计结果作为前轮跟踪结果, 如果超出  $N$  帧仍检测不到, 则输出错误信息。
- [0066] 该飞机定位步骤进一步包括:
- [0067] 步骤 S51, 摄像装置标定与图像矫正步骤, 用于确定摄像装置的光学参数与地理坐标系之间的对应关系;
- [0068] 步骤 S52, 飞机前轮偏离程度解算步骤;
- [0069] 步骤 S53, 飞机前轮实际距离解算步骤。
- [0070] 该步骤 S51 进一步包括:
- [0071] 步骤 S511, 读取  $N$  幅标定图片;
- [0072] 步骤 S512, 使用 OpenCV 的  $\text{cvFindChessboardCorners}()$  函数寻找棋盘角点, 将读取的所述  $N$  幅标定图片分别代入所述  $\text{cvFindChessboardCorners}()$  函数, 如果成功寻找到所有的角点, 则函数返回 1, 并得到角点在图像坐标系下坐标; 如果不成功则返回 0;
- [0073] 步骤 S513, 将成功寻找到的所述角点在标定模板上的坐标代入函数  $\text{cvCalibrateCamera2}()$  中, 返回得到摄像装置的参数矩阵、畸变系数、旋转向量和平移向量。
- [0074] 该步骤 S52 进一步包括:
- [0075] 根据由步骤 S43 得到前轮的位置坐标点  $(x_0, y_0)$ , 利用所述位置坐标点与引导线和停止线的关系, 求得引导线的直线方程为:  $y_1 = k_1x_1 + b_1$ , 停止线的直线方程为:  $y_2 = k_2x_2 + b_2$ , 所述位置坐标点到直线的距离为:
- [0076] 
$$d = \frac{kx - y + b}{\sqrt{k^2 + 1}},$$
- [0077] 将坐标点  $(x_0, y_0)$  代入两个直线方程分别求得  $d_1$  和  $d_2$ ,  $d_2 \geq 0$  表示飞机前轮超出停止线,  $d_2 < 0$  表示飞机前轮未到达停止线, 此时若  $k_1 > 0$ ,  $d_1 > 0$  则表示飞机偏左,  $d_1 < 0$  表示飞机偏右; 若  $k_1 < 0$ , 则  $d_1 < 0$  表示飞机偏左,  $d_1 > 0$  表示飞机偏右。
- [0078] 判断  $|d_1| > \text{width}/2$  是否成立,  $\text{width}$  为一等于检测的飞机前轮的宽度的阈值, 如果成立, 认为飞机已经偏离引导线。

- [0079] 该步骤 S53 进一步包括：
- [0080] 建立图像坐标与大地坐标的对应关系；
- [0081] 由步骤 S1 的场景设置中的标记点得到图像坐标，采用最小二乘法对该图像坐标进行二次曲线拟合，得到曲线方程  $y = ax^2 + bx + c$ ， $x$  是图像上的距离， $y$  是实际距离；
- [0082] 对于飞机前轮在图像上的位置，沿停止线方向将其投影到引导线上，计算投影点到停止点的欧氏距离作为  $x$ ，则通过  $y = ax^2 + bx + c$  可得到飞机前轮到停止线的实际距离。
- [0083] 该步骤 S3 之后还可执行步骤 S7，飞机识别及身份验证步骤，步骤 S7 进一步包括：
- [0084] 步骤 S71，参数验证，提取图像中的飞机参数并与预置于数据库中的机型数据进行比对，得到机型相似度参数；
- [0085] 步骤 S72，模板匹配，将图像与预置于所述数据库中的机型模板进行比对，得到模板相似度参数；
- [0086] 步骤 S73，综合判断，所述机型数据相似度参数与所述模板相似度参数大于或等于一验证阈值时，视为通过身份验证。
- [0087] 步骤 S71 进一步包括：
- [0088] 步骤 S711，提取图像中的飞机引擎参数并与预置于数据库中对应该机型的飞机引擎参数进行比对，得到第一比值；
- [0089] 步骤 S712，提取图像中的飞机机翼参数并与预置于数据库中对应该机型的飞机机翼参数进行比对，得到第二比值；
- [0090] 步骤 S713，提取图像中的飞机机头参数并与预置于数据库中对应该机型的飞机机头参数进行比对，得到第三比值；
- [0091] 步骤 S714，提取图像中的飞机尾翼参数并与预置于数据库中对应该机型的飞机尾翼参数进行比对，得到第四比值；以及
- [0092] 步骤 S715，取第一比值、第二比值、第三比值、第四比值这四者中的最小值以及最大值，将最小值 / 最大值，作为该机型相似度参数。
- [0093] 步骤 S72 进一步包括：
- [0094] 步骤 S721，全局模板匹配，以整幅图像为被搜索图像，标准飞机图像为模板，计算全局模板相似度参数；
- [0095] 步骤 S722，局部模板匹配，分别以步骤 S711-S714 中提取得到的所述飞机引擎、飞机机翼、飞机机头和所述飞机尾翼为被搜索图像，分别以标准飞机图像的引擎、机翼、机头和尾翼为模板，计算被搜索图像与模板的 4 个相似度，去掉所述 4 个相似度中的最小值，计算所述 4 个相似度中其余 3 个相似度的平均数为局部模板相似度参数。
- [0096] 步骤 S73 进一步包括：若所述机型相似度参数、全局模板相似度参数和所述局部模板相似度参数中至少有 2 个大于或等于第一验证阈值，视为通过身份验证，或，所述机型相似度参数、全局模板相似度参数和所述局部模板相似度参数都大于第二验证阈值，视为通过身份验证。
- [0097] 本发明还公开了一种基于机器视觉的飞机入坞引导和机型识别的系统，包括：
- [0098] 飞机泊位场景设置单元，用于将监测场景划分为不同的信息处理功能区；
- [0099] 图像预处理单元，用于对所拍摄的图像进行预处理；
- [0100] 飞机捕获单元，用于在该图像中识别飞机的引擎和前轮，以确认该图像中出现飞

机；

[0101] 飞机跟踪单元,用于对所捕获到的飞机的引擎和前轮的图像进行连续跟踪和实时更新；

[0102] 飞机定位单元,用于实现对飞机的实时定位并准确判断飞机相对于引导线的偏离程度和相对于停止线的距离；

[0103] 信息显示单元,输出并显示飞机相对于引导线的偏离程度和相对于停止线的距离。

[0104] 综上所述,本发明在飞机入坞过程中,准确实现对飞机的捕获、跟踪、定位和身份验证,并对飞机泊位引导信息进行显示,为飞机驾驶员、副驾驶员或其他人员提供正确有效的泊位引导,使飞机实现安全有效的泊位,提高机场运行效率,保障安全。

### 附图说明

[0105] 图1为本发明一实施例的基于机器视觉的飞机入坞引导和机型识别系统的结构示意图；

[0106] 图2为本发明的飞机泊位引导工作原理图；

[0107] 图3为本发明的飞机入坞引导和机型识别流程图；

[0108] 图4为本发明的飞机泊位场景设置示意图；

[0109] 图5A、5B所示为图像预处理步骤的详细流程图；

[0110] 图6所示为同态滤波器函数的曲线示例图；

[0111] 图7A所示为本发明的背景消除流程图；

[0112] 图7B所示为一幅典型的极黑区域示意图；

[0113] 图7C所示为相似度判定的流程示意图；

[0114] 图7D所示为256级灰度的灰度直方图示例图；

[0115] 图7E所示为量化后的64级灰度的灰度直方图示例图；

[0116] 图7F所示为使用一个扁平椭圆型结构元素对图像进行闭操作的效果示例图；

[0117] 图8A所示为飞机跟踪步骤的流程示意图；

[0118] 图8B所示为飞机引擎部分的图像示例图；

[0119] 图9是实际距离与图像距离的对应点及拟合曲线示例图；

[0120] 图10A所示为飞机识别及验证算法流程图；

[0121] 图10B所示为分层图像结构示意图；

[0122] 图10C所示为飞机图像边缘示例图；

[0123] 图10D所示为机翼轮廓与引擎轮廓示例图；

[0124] 图10E所示为被搜索图像S、子图 $S^{ij}$ 、模板T的示意图；

[0125] 图11所示为显示于该显示设备中的一种可行的显示方式示例图。

### 具体实施方式

[0126] 下面结合附图对本发明的结构原理和工作原理作具体的描述：

[0127] 参见图1及图2,图1为本发明一实施例的基于机器视觉的飞机入坞引导和机型识别系统的结构示意图,图2为本发明飞机泊位引导工作原理图。



[0128] 本发明的该基于机器视觉的飞机入坞引导和机型识别系统主要由摄像装置 1、中央处理设备 2 和显示设备 3 组成。摄像装置 1 与中央处理设备 2 连接,中央处理设备 2 与显示设备 3 连接。摄像装置 1 将拍摄的图像发送给中央处理设备 2,中央处理设备 2 将包含引导信息的显示内容发送给显示设备 3。

[0129] 其中,摄像装置 1 安装在飞机泊位站坪 4 的停止线 42 后方,正对引导线 41 为宜,安装高度要高于飞机 5 的机身,在 5-8m 左右为宜,图 2 中与摄像装置 1 相连的虚线表示其设置在地方正上方。中央处理设备 2 可以是一种拥有接受数据、处理数据、储存数据、生成显示图像数据、发送数据能力的计算装置,包括用于执行飞机泊位场景配置、视频图像预处理、飞机捕获、飞机跟踪、飞机定位、飞机识别及身份验证的多个功能模块,以及生成用于信息显示内容的模块,全部作为软件安装在中央处理设备 2 中。显示设备 3 优选为安装于机场中可供飞机驾驶员观看的大型信息显示屏,另外,机场工作人员也可配备手持式显示设备以观察飞机情况。

[0130] 参见图 3,图 3 为本发明一实施例的飞机入坞引导和机型识别流程图。本发明基于机器视觉的飞机入坞引导和机型识别方法,包括如下步骤:

[0131] 步骤 S1、飞机泊位场景设置。

[0132] 由于飞机从开始进入机位到最终停止需要经历一个较长的距离,故而在飞机入坞引导过程中,需分为多个阶段,每个阶段的监测内容不同,也就是说,需要提前进行飞机泊位场景设置。

[0133] 在步骤 S1 中,将飞机泊位站坪 4 的监测场景划分为不同的信息处理功能区,以缩小图片的处理区域范围,提高处理效率。

[0134] 首先需要在飞机泊位站坪 4 的监测场景中进行场景定义,紧邻该引导线 41 铺设一条黑白间隔的标尺,黑色与白色的长度间隔相同,长度间隔最大 1m,可根据摄像装置的分辨率,使用长度间隔为 0.5m、0.25m 等更精细的标尺,标尺的总长度不超过对飞机位置进行距离解算的范围,通常为 50m。

[0135] 通过运行于中央处理设备 2 中的软件可再现该监测场景。开启该软件可显示摄像装置 1 拍摄的关于飞机泊位站坪 4 的画面,并通过手动绘制线条、选框和点,来标记相关区域,并保存记录。

[0136] 摄像装置 1 拍摄没有飞机停靠时的飞机泊位站坪 4 的场景图像,并传送至中央处理设备 2。飞机泊位场景设置示意图见图 4,图中边框 40 表示进行标定操作时所显示的画面和可用于描绘的区域,图中虚线线框可以是手动描绘的位置,可以在显示的图像上手动绘制线条,分别标记出引导线 41 和停止线 42,保存记录引导线 41 和停止线 42 在图像中的位置信息。通过手动绘制选框,分别标记出捕获区 6、跟踪定位区 7 和相关地勤设备区 8,保存记录捕获区 6 和跟踪定位区 7 在图像中的位置信息。机型识别与身份验证区,以及,跟踪定位区 7,可以对应同一段区域。再根据场景中铺设的标尺,手动画点,标记出紧邻引导线 41 旁边的最大间隔为 1m 的所有标记点 9,保存记录所有标记点 9 在图像中的位置信息,以及每个标记点 9 在实际场景中距离第一标记点 91 的距离。

[0137] 其中,在标记引导线 41、停止线 42 和标记点 9 的时候,可将需要标记的图像部分放大,放大到数十像素宽时,手动在中间部分标记,以提高标记精度。标记的捕获区 6 和跟踪定位区 7 的位置不需要非常严格,捕获区 6 上边缘在实际场景中的位置距离停止线 42

大约 100m, 捕获区 6 下边缘在实际场景中的位置距离停止线 42 大约 50m, 跟踪定位区 7 上边缘在实际场景中的位置距离停止线 42 大约 50m, 跟踪定位区 7 下边缘在停止线 42 以下即可。

[0138] 图 3 中虚线以上的步骤 S1 为在系统安装完成后, 进行泊位引导之前执行。虚线以下的部分均在泊位引导时执行。其中虚线框中的步骤需要在泊位引导过程中实时执行和更新。

[0139] 步骤 S1 之后执行步骤 S2, 图像预处理步骤。如图 5A、5B 所示为图像预处理步骤的详细流程图。

[0140] 摄像装置 1 实时的对捕获区 6 进行拍照, 对于拍摄到的每幅图像, 均执行步骤 S2 以其后的步骤。

[0141] 步骤 S2 进一步包括:

[0142] 步骤 S21, 对于拍摄的图像进行灰度化。

[0143] 步骤 S22, 统计图像的平均灰度值和方差, 判断图像的平均灰度值是否低于一最低阈值, 如果是, 该图像为低照度图像, 执行步骤 S25 的低照度图像处理步骤, 如果否, 执行步骤 23。

[0144] 该最低阈值为预先设置, 该最低阈值为处于 50-60 之间的一个数值。

[0145] 步骤 S23, 判断图像的平均灰度值是否高于一最高阈值, 如果是, 该图像为强光照图像, 执行步骤 S24 的强光照图像处理的步骤, 如果否, 该图像为正常光照图像, 执行步骤 26。

[0146] 该最低阈值为预先设置, 该最高阈值为处于 150-160 之间的一个数值。平均灰度值位于最高阈值与最低阈值之间的图像为正常光照图像。

[0147] 步骤 S24, 强光照图像处理。

[0148] 该步骤 S24 采用 gamma 变换的方式对该强光照图像进行亮度降低的处理。

[0149] 步骤 S25, 低照度图像处理。

[0150] 对于低照度图像, 本发明采用非线性变换的方式进行处理, 变换公式为:

$$[0151] \quad g(x, y) = f(x, y) + af(x, y)(255 - f(x, y))$$

[0152] 其中,  $f(x, y)$  为原图像,  $(x, y)$  为图像中的像素点坐标,  $g(x, y)$  为处理之后的图像,  $a$  为低照度图像处理参数, 该参数可取值 0.01。

[0153] 步骤 S26, 对正常光照图像判断其方差是否大于一方差标准值, 如果是, 该图像为雨雪雾图像, 执行步骤 S27, 如果否, 可知该正常光照图像非雨雪雾图像, 为正常图像, 则不做任何处理。

[0154] 步骤 S27, 判断该正常光照图像的熵是否大于一熵阈值, 如果是, 该正常光照图像为雨雪图像, 执行步骤 S28 的雨雪图像处理的步骤, 如果否, 该正常光照图像为雾图像, 执行步骤 S29 的雾图像处理的步骤。

[0155] 熵是一个数学变量, 通常用于表示信息量的大小, 对于图像来说, 熵表示图像的细节的多少, 也就是图像所含信息量的多少。雨雪图像由于雨雪的存在, 图像上的雨点和雪花在不同位置出现, 使得图像的细节比较多, 而雾的图像则因为雾的均匀分布而显得细节较少, 所以可以通过熵来判别雨雪图像与雾图像。

[0156] 在一实施例中, 对于灰度图像来说, 选择图像的邻域灰度均值作为灰度分布的空

间特征量,与图像的像素灰度组成特征二元组,记为  $(i, j)$ ,其中  $i$  表示像素的灰度值 ( $0 < i < 255$ ),  $j$  表示邻域灰度均值 ( $0 < j < 255$ ):令  $f(i, j)$  为特征二元组  $(i, j)$  出现的频数,  $N$  为图像的尺度,  $p_{ij} = f(i, j)/N^2$ , 灰度图像的二维熵的计算公式为  $H = \sum_{i=0}^{256} p_{ij} \log p_{ij}$ 。

[0157] 步骤 S28, 雨雪图像处理。

[0158] 该雨雪图像处理步骤使用图像序列中像素的光度测定模型来判断亮度的线性相关性,从而实现去除雨雪对图像的影响的目的。

[0159] 受雨雪天气影响所拍摄的图像具有如下的光度测定模型:

[0160] 在当前为雨雪天气且背景固定不变情况下,对同一位置连续拍摄的三帧图像 ( $n-1$ 、 $n$ 、 $n+1$  帧) 中,同一像素点  $P$  的像素亮度值  $I_{n-1}$ 、 $I_n$ 、 $I_{n+1}$ , 满足如下条件:

[0161] 第  $n-1$  帧的亮度值  $I_{n-1}$  与第  $n+1$  帧的亮度值  $I_{n+1}$  是相等的,并且在第  $n$  帧中由雨雪引起的亮度变化值  $\Delta I$  满足以下条件:

[0162]  $\Delta I = I_n - I_{n-1} = I_n - I_{n+1} \geq c$

[0163]  $c$  代表由雨雪引起的亮度变化最小阈值。

[0164] 故而,在步骤 S28 中,进一步包括:

[0165] 步骤 S281, 利用光度测定模型寻找被雨雪污染的待处理像素。

[0166] 即,对当前图像  $n$  的像素点  $P$ ,判断  $I_{n-1}$  与  $I_{n+1}$  是否相等,且,  $\Delta I$  是否大于等于  $c$ ,如果两个判断的结果均为是,则认为该图像  $n$  的像素点  $P$  是待处理像素。对图像  $n$  中的所有像素均进行上述判断,直至找到所有待处理像素。

[0167] 步骤 S282, 对待处理像素进行亮度调节。

[0168] 步骤 S282 进一步包括:

[0169] 步骤 S2821, 对于图像  $n$  的待处理像素  $P$ , 提取与该图像  $n$  相邻的前两帧 ( $n-1$ 、 $n-2$ ) 图像和后两帧 ( $n+1$ 、 $n+2$ ) 图像的相应像素  $P$  的亮度值,判断所提取的四帧图像的像素  $P$  是否均为待处理像素,如果是,执行步骤 S2822, 如果不是,执行步骤 S2823。

[0170] 步骤 S2822, 取该待处理像素  $P$  的所有相邻像素的亮度值的平均值,用该平均值代替图像  $n$  的待处理像素  $P$  的亮度值,以消除雨雪对图像亮度的影响。

[0171] 步骤 S2823, 对于图像  $n$  的待处理像素  $P$ , 提取与该图像  $n$  相邻的前两帧 ( $n-1$ 、 $n-2$ ) 图像和后两帧 ( $n+1$ 、 $n+2$ ) 图像的相应像素  $P$  的亮度值,共提取四帧图像的同像素点的亮度值,取其中最小的两个亮度值,用这两个亮度值取平均值,用该平均值代替图像  $n$  的待处理像素  $P$  的亮度值,以消除雨雪对图像亮度的影响。在又一实施例中,可直接利用四帧图像的同像素点的亮度值中的最小值代替图像  $n$  的待处理像素  $P$  的亮度值。

[0172] 该步骤 S2821 以及步骤 S2823 中,还可提取图像  $n$  相邻的前后一帧或三帧或更多图像对应像素的亮度值。

[0173] 步骤 S29, 雾图像处理。

[0174] 步骤 S29 的雾图像处理步骤可以使用同态滤波,以消除雾对图像亮度的影响。

[0175] 具体地,对图像  $f(x, y)$ , 将其表达成照明和反射两部分乘积形式:

[0176]  $f(x, y) = i(x, y)r(x, y)$

[0177] 其中  $0 \leq i(x, y) \leq +\infty$  为照明分量,  $0 \leq r(x, y) \leq 1$  为反射分量,在对其两边取自然对数,得到:

[0178]  $\ln f(x, y) = \ln i(x, y) + \ln r(x, y)$

[0179] 再进行傅里叶变换, 得到 :

[0180]  $F(u, v) = I(u, v) + R(u, v)$

[0181] 对  $F(u, v)$  使用同态滤波器函数  $H(u, v)$  进行处理 :

[0182]  $S(u, v) = H(u, v)F(u, v) = H(u, v)I(u, v) + H(u, v)R(u, v)$

[0183] 其中  $H(u, v)$  的曲线形状能用任何一种理想高通滤波器的基本形式近似, 例如采用高斯型高通滤波器稍微修改过的如下形式 :

[0184]  $H(u, v) = (\gamma_H - \gamma_L)[1 - e^{-c(D^2(u, v)/D_0^2)}] + \gamma_L$

[0185] 如图 6 所示为同态滤波器函数的曲线示例图。

[0186] 再进行傅里叶逆变换 :

[0187]  $s(x, y) = F^{-1}[H(u, v)I(u, v)] + F^{-1}[H(u, v)R(u, v)]$

[0188] 最后做指数运算, 得到处理结果 :

[0189]  $g(x, y) = \exp(s(x, y))$

[0190]  $g(x, y)$  为经过雾图像处理步骤后得到的结果。

[0191] 每一帧经过步骤 S3 所述预处理步骤处理过的图像, 获得了较高的画面质量, 可以据以进行后续的步骤。

[0192] 步骤 S2 之后执行步骤 S3, 飞机捕获步骤。

[0193] 为了实现对入坞飞机的捕获, 以进行后续的引导等操作, 需持续对步骤 S2 中经过预处理的图像进行分析, 并从中准确识别出飞机是否已出现。

[0194] 步骤 S3 进一步包括 :

[0195] 步骤 S31, 背景消除步骤。

[0196] 步骤 S32, 阴影消除步骤。

[0197] 步骤 S33, 区域分类步骤。

[0198] 步骤 S34, 特征验证步骤。

[0199] 飞机存在于图像的前景中, 为了准确的从图像中捕获到飞机, 首先需要去除图像中的背景, 消除干扰。

[0200] 步骤 S31 的背景消除步骤是利用单高斯背景模型来模拟场景中背景的动态分布并进行背景建模, 然后将当前帧与背景模型作差分以消除背景, 背景消除流程图见图 7A。

[0201] 步骤 S31 进一步包括 :

[0202] 步骤 S311, 背景模型初始化。

[0203] 本发明采用的是单高斯背景模型, 单高斯背景模型是把背景模型中的每一个像素都看成是一个一维正态分布, 而且每个像素之间是相互独立的, 其分布由正态分布的均值和方差来确定。

[0204] 利用经过步骤 S2 处理的连续的 N 帧图像进行背景模型的训练, 以确定高斯分布的均值和方差。该 N 帧图像拍摄到的是, 在飞机未出现在捕获区 6 时, 捕获区 6 的场景, 该 N 帧图像也就是背景图像。该 N 帧图像所拍摄到的位置均相同。该 N 帧图像可例如为摄像装置 1 拍摄的 50 帧图像。

[0205] 计算该连续的 N 帧图像  $f(x, y)$  中每一个像素的平均灰度值  $\mu_0$  以及像素灰度的

方差  $\sigma_0^2$ , 由  $\mu_0$  和  $\sigma_0^2$  组成具有高斯分布  $\eta(x, \mu_0, \sigma_0)$  的初始背景图像  $B_0$ ,  $B_0 = [\mu_0, \sigma_0^2]$ 。

[0206] 其中:

$$[0207] \quad \mu_0(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} f_i(x, y), \quad \sigma_0^2(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} [f_i(x, y) - \mu_0(x, y)]^2$$

[0208] 此后为每帧图像的每个像素点建立高斯模型  $\eta(x_i, \mu_i, \sigma_i)$ 。其中, 下标  $i$  表示图像的帧序号,  $x_i$  为像素点的当前像素值,  $\mu_i$  为当前像素点高斯模型的均值,  $\sigma_i$  为当前像素点高斯模型的均方差。

[0209] 随后对  $\eta(x_i, \mu_i, \sigma_i)$  进行判断, 若  $\eta(x_i, \mu_i, \sigma_i) \leq T_p$  ( $T_p$  为概率阈值, 或称前景检测阈值), 则该点被判定为前景点, 否则为背景点 (这时又称  $x_i$  与  $\eta(x_i, \mu_i, \sigma_i)$  匹配)。所收集到的背景点组成背景模型, 完成背景模型初始化。

[0210] 在实际应用时, 也可以用等价的阈值代替概率阈值  $T_p$ 。记  $d_i = |x_i - \mu_i|$ , 在常见的一维情形中, 则常根据  $d_i / \sigma_i$  的取值来设置前景检测阈值: 若  $d_i / \sigma_i > T$  ( $T$  值在 2 到 3 之间), 则该点被判定为前景点, 否则为背景点。

[0211] 步骤 S312, 背景模型更新。

[0212] 若在步骤 S311 完成后, 场景发生变化, 则背景模型需要响应这些变化, 此时就要对背景模型进行更新。

[0213] 利用摄像装置 1 在场景发生变化后拍摄的连续图像提供的实时信息对背景模型进行更新, 如下式:

$$[0214] \quad \mu_{i+1} = (1 - \alpha) \mu_i + \alpha x_i, \quad \sigma_{i+1} = \sqrt{(1 - \alpha) \mu_i^2 + \alpha d_i^2}$$

[0215] 其中  $\alpha$  为更新率, 表示背景模型更新的快慢程度, 若该像素为背景, 则更新率  $\alpha$  取 0.05, 若该像素为前景, 则更新率  $\alpha$  一般取 0.0025。

[0216] 若在步骤 S311 完成后, 场景未发生变化, 则直接执行步骤 S313。

[0217] 步骤 S313, 摄像装置 1 拍摄的当前帧图像经步骤 S2 处理后, 与该背景模型做差分, 以得到该当前帧图像的前景区域。

[0218] 该步骤中, 在该差分步骤后, 还可包括对差分得到的结果进行形态学腐蚀和膨胀操作, 以得到更为准确的前景区域的边界。该形态学腐蚀和膨胀操作为现有技术中本领域技术人员可以掌握的步骤。

[0219] 在消除了图像中的背景之后, 为准确的捕获飞机, 还可进一步消除图像中的阴影。

[0220] 在步骤 S32 的阴影消除步骤中, 首先统计经过步骤 31 的处理而得到的前景区域中各像素的灰度值, 找出最大灰度值  $g_{max}$  和最小灰度值  $g_{min}$ , 并针对较低灰度值的区域进行阴影消除。该较低灰度值的区域为灰度值小于

[0221]  $g_{min} + (g_{max} - g_{min}) * 0.5$  的区域。

[0222] 每帧图像包括前景区域和背景区域, 而前景区域和背景区域可能重合, 则前景区域中的像素, 在背景区域的同一位置点可能具有对应的背景像素。

[0223] 在该较低灰度的区域中, 求取每个像素与对应的背景像素之间的灰度比值, 若这一比值在 0.3 与 0.9 之间, 则这个像素被认为是阴影点。

[0224] 接着通过多次形态学腐蚀和膨胀操作, 除去阴影点集合中的非阴影区域, 从而得到阴影区域。

[0225] 从前景区域中去除该阴影区域,再通过多次形态学膨胀和腐蚀操作消除需要的前景区域中的空洞以及把各个区域连通起来,得到了目标区域。该目标区域对应着出现在捕获区 6 的物体,可能为飞机,也可能为车辆等其他物体。

[0226] 在步骤 S33 的区域分类步骤中,事先建立一个标准正面飞机区域的模板,由于飞机具有两边窄中间宽的特性,故而该模板可用于区别飞机与非飞机。

[0227] 经过变化检测提取该目标区域,并求取该目标区域的垂直投影曲线。随后,求取该标准正面飞机区域的垂直投影曲线。判断该目标区域的垂直投影曲线与该标准正面飞机区域的垂直投影曲线的相关系数是否大于一分类阈值,如果是,该目标区域对应一飞机,继续执行步骤 S34; 如果否,该目标区域对应的不是一飞机。该分类阈值例如为 0.9。

[0228] 步骤 S33 仅通过外形轮廓大致确认目标区域是否为飞机,之后还需要通过步骤 S34 的特征验证步骤来进一步确认,该目标区域是否的确为飞机。该特征验证步骤是通过检测捕获到的飞机的引擎和前轮来进一步验证该目标是否为飞机。

[0229] 步骤 S34 进一步包括:

[0230] 步骤 S341, 图像极黑区域提取。

[0231] 对当前帧图像的目标区域进行灰度直方图统计,在灰度级 1%~99% 的范围内(通常也就是 2~253 的灰度级)获取最大(gmax)灰度值和最小(gmin)灰度值,获得像素数不为 0 的最大(gmax)灰度值/最小(gmin)灰度值这一灰度值比值,通过该比值判断是白天还是夜晚。结合该比值使用预设的阈值提取图像中最黑的部分,得到一幅极黑区域。

[0232] 具体来说,使用一个阈值 BlackestJudge(极黑判定阈值),来提取图像中灰度值在 gmin 到 (gmax-gmin)\*BlackestJudge+gmin 之间的区域,也就是图像中最黑的部分,得到一幅极黑区域。

[0233] 而根据最大(gmax)灰度值和最小(gmin)灰度值的比值可以判断图像处于白天还是夜晚,当该比值大于一标准值时属于白天,该极黑判定阈值选择 0.05, 否则属于夜晚,该极黑判定阈值选择 0.5。

[0234] 一幅典型的极黑区域示意图见图 7B, 图中的各个图形内部是极黑区域。

[0235] 步骤 S342, 类圆形检测。

[0236] 提取该极黑区域的所有外层边界,对每一个边界,计算其重心坐标。

[0237] 具体地,使用边界的矩计算边界的重心,边界的第 ji 阶矩 mji 定义如下:

$$[0238] \quad m_{ji} = \sum_{x,y} (f(x,y)x^j y^i)$$

[0239] (x, y) 为像素点的坐标值, f(x, y) 为该极黑区域的图像。

[0240] 重心坐标可由 00、10、01 阶矩计算得到:

$$[0241] \quad \bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \quad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

[0242] 对于当前边界的所有像素点,计算其与重心的距离,若计算得到的最大距离与最小距离的比值超过了一预设值(优选为 1.5 的圆形判定阈值 circleJudge),则判定该边界所对应的区域不是圆形,若计算得到的最大距离与最小距离的比值未超过了该预设值,则判定该边界所对应的区域是圆形。依据这一规则对所有边界完成判定。

[0243] 对于认定为圆形的区域(简称类圆形区域),记录其重心坐标、边界到重心的平均

距离（即半径），以进行后续步骤 S343 的相似度判定。

[0244] 步骤 S343，相似度判定。参见图 7C 所示为相似度判定的流程示意图。

[0245] 步骤 S343 进一步包括：

[0246] 步骤 S3431，通过对类圆形区域的相似度计算，检测该类圆形区域中是否存在引擎，如果是，执行步骤 S4，如果不是，执行步骤 S3432。

[0247] 假设一共检测到了 M 个类圆形区域，其中第 i 个类圆形区域和第 j 个类圆形区域的相似度的计算公式为：

$$[0248] \quad \text{Similarity}_{ij} = |\text{Height}_i - \text{Height}_j| * |\text{Radius}_i - \text{Radius}_j|$$

[0249] 其中 Height 为重心高度，Radius 为边界到重心的平均距离（即半径）。

[0250] 当相似度  $\text{Similarity}_{ij}$  小于相似度阈值  $\text{similarThresh}$ （优选预设 40）时，则认为类圆区域 i 和 j 为引擎区域。如果没有一个  $\text{Similarity}_{ij}$  小于阈值  $\text{similarThresh}$ ，则视为未检测到引擎区域，执行步骤 S3432。

[0251] 步骤 S3432，调整阈值，重新执行步骤 S341、342、3431，如果仍未检测到引擎区域，执行步骤 S3433。

[0252] 将阈值  $\text{BlackestJudge}$ 、 $\text{circleJudge}$ 、 $\text{similarThresh}$  分别增大，增加量可分别优选取 0.05、0.5、20，再进行极黑区域提取、类圆形检测和引擎检测的步骤。如果仍未检测到引擎区域，执行步骤 S3433。

[0253] 步骤 S3433，对所有的极黑区域使用圆形模板进行形态学处理的开操作，重新执行步骤 S342、3431。

[0254] 该圆形模板可优选为 7\*7 的圆形模板，开操作后再进行步骤 S342 的类圆形检测和步骤 S3431 的引擎检测，如果仍未检测到引擎区域，迭代执行步骤 S3432。

[0255] 如迭代 N 次后仍未检测到引擎区域，判定图像中并无引擎。N 可优选为 2 次。

[0256] 在对后续帧图像进行检测时，若其前一帧图像使用的迭代步数为 n，则直接从第 n-1 步开始迭代。

[0257] 步骤 S344，前轮检测。

[0258] 将步骤 S343 中检测到的引擎圆心的连线作为底边，底边下方 4 个半引擎高度的矩形区域为搜索区域。

[0259] 在搜索区域中，将 256 级的灰度级量化至 64 级，256 级灰度的灰度直方图示例图见图 7D，量化后的 64 级灰度的灰度直方图示例图见图 7E。

[0260] 以图 7E 为例，搜索量化后为 64 级灰度的灰度直方图中的第一个波峰 3001 和第一个波谷 3002。

[0261] 设量化后的第一个波峰位置为  $\text{peak}$ ，第一个波谷位置为  $\text{valley}$ ，则原始 256 级灰度的灰度直方图中的最优波峰位置  $\text{BestPeak}$ 、最优波谷  $\text{BestValley}$  位置定义如下：

$$[0262] \quad \text{BestPeak} = \arg \max_{\text{peak} * 4 - 4 \leq i \leq \text{peak} * 4 + 3} \{ \text{hist}_{256}(i) \}$$

$$[0263] \quad \text{BestValley} = \arg \min_{\text{BestPeak} < i \leq \text{valley} * 4 + 3} \{ \text{hist}_{256}(i) \}$$

[0264] 其中  $\text{hist}_{256}(i)$  为 256 级灰度的灰度直方图中，灰度为 i 的像素总数。

[0265] 以此最优波谷  $\text{BestValley}$  对灰度进行分割，对小于最优波谷  $\text{BestValley}$  的部分，

除去面积较小的杂点,使用一个扁平椭圆型结构元素对图像进行闭操作,效果示例图如图 7F。

[0266] 接着对经过闭操作后的所有图形计算其边界的 7 阶 Hu 矩特征,并与预置的标准前轮模型的 Hu 矩特征进行比对(关于 HU 矩特征:几何矩是由 Hu(Visual pattern recognition by moment invariants)在 1962 年提出的,具有平移、旋转和尺度不变性。Hu 利用二阶和三阶中心距构造的 7 个不变距。故此,7 阶 Hu 矩特征的 7 阶是唯一确定的),当相似度低于一阈值(优选取值 1)时则判定为轮子。这样会得到多组轮子的位置,中间靠下的轮子即为前轮。

[0267] 一旦确认检测到引擎和前轮即可认为捕获成功,执行步骤 S4。

[0268] 步骤 S4,飞机跟踪步骤。

[0269] 该步骤中,为实现对飞机实时定位并准确得到飞机相对引导线的偏离程度,根据引擎外壁和内部之间亮度的巨大差异和引擎的圆形结构,提取引擎的位置和半径,然后通过空间位置关系找到飞机前轮,对飞机进行定位。

[0270] 具体而言,在实现对飞机的捕获后,摄像装置 1 继续进行图像拍摄。则在上一帧图像已经实现了飞机捕获后,对于当前帧图像,在执行过步骤 S2 的图像预处理步骤后,直接执行步骤 S4,或者,执行过 S2、S3 后,执行步骤 S4。

[0271] 由于利用步骤 S34 的特征验证的方法已经获得了上一帧图像的引擎位置,则当前帧图像的引擎位置只会进行微小的移动,因此并不需要对全图进行重新检测,只在一个较小的扩展区域进行当前帧的引擎提取,上一帧的参数(BlackestJudge, circleJudge)将可以用于当前帧的目标检测。

[0272] 如图 8A 所示为飞机跟踪步骤的流程示意图。

[0273] 步骤 S41,判断是否有上一帧的引擎信息,如果是,执行步骤 S42,如果否,执行步骤 S46。

[0274] 步骤 S42,利用洪水填充法确定引擎位置。

[0275] 由于引擎具有浅色的外壁,其灰度值会明显高于引擎内部的黑色区域,飞机引擎部分图像示例图如图 8B,因此以上一帧的引擎中心为种子点,使用洪水填充法,获得整个引擎的黑色区域。

[0276] 在天色阴暗或低照度时,引擎边界的灰度值可能不会比中心高太多,加上一些噪声点,可能使洪水填充法可能出现溢出,导致结果无效,使得到的引擎区域明显过大,且不再是圆形,故而,继续执行步骤 S43。

[0277] 步骤 S43,判断步骤 S42 的填充结果是否有效,如果是,执行步骤 S46,如果否,执行步骤 S44。

[0278] 步骤 S44,阴暗环境检测跟踪步骤。

[0279] 该步骤中,直接使用处理上一帧图像时所采用的参数,重新执行步骤 S341 和 342,检测引擎区域。

[0280] 步骤 S45,判断检测结果是否为有效,如果是,输出引擎区域的信息,如果否,将该上一帧的引擎信息置空,执行步骤 S41。

[0281] 步骤 S46,直接执行步骤 S34 的特征验证步骤,并输出引擎区域的信息。

[0282] 执行步骤 S46 的情况在一组飞机泊位的图像序列中不能超过两次。另外,在连续



使用步骤 S44 的阴暗环境检测跟踪步骤检测特定帧图像（例如 20 帧）之后，无论检测结果如何，都将使用步骤 S34 的特征验证步骤进行检测。

[0283] 步骤 S47，前轮跟踪步骤。

[0284] 在获取到引擎区域的信息之后，在本步骤中，使用步骤 S344 的前轮检测的方法检测飞机前轮，以用于后续的飞机定位步骤。

[0285] 步骤 S48，前轮跟踪应急处理步骤。

[0286] 当步骤 S47 中得到的检测结果明显不正确时，即，判定为轮子的区域存在形状不正确、位置与之前 5 ~ 10 帧相比发生明显偏离的问题时，根据上一帧和当前帧的信息，利用相邻两帧引擎的位移对该帧的前轮位移进行估计，将估计结果作为前轮跟踪结果返回，如果超出 N（取 20 ~ 30）帧的前轮跟踪结果均明显与飞机前进参数不符，则输出错误信息。

[0287] 步骤 S5，飞机定位步骤。该步骤用于产生正确的泊位引导信息。

[0288] 步骤 S5 进一步包括：

[0289] 步骤 S51，摄像装置标定与图像矫正步骤。

[0290] 步骤 S52，飞机前轮偏离程度解算步骤。

[0291] 步骤 S53，飞机前轮实际距离解算步骤。

[0292] 步骤 S51 的摄像装置标定过程就是确定摄像装置 1 的几何和光学参数、摄像装置 1 相对于世界坐标系的方位。

[0293] 摄像装置标定基于 OpenCV 实现，标定过程采用黑白相间的平面棋盘格作为标定模板。摄像装置 1 需在不同的角度抓取多张平面标定模板的图片，来实现对摄像装置 1 的标定。为了使标定的结果更加精确，标定过程中至少需要 10 副 7\*8 或更大棋盘的图像，并且需要抓取尽量多的不同角度的标定图片。实现的流程如下：

[0294] 步骤 S511，读取 N 幅标定图片。

[0295] 步骤 S512，使用 OpenCV 的函数 `cvFindChessboardCorners()` 寻找棋盘角点，将读取的 N 幅标定图片分别代入 `cvFindChessboardCorners()` 函数，如果寻找到所有的角点，则函数返回 1 表示成功，并得到角点在图像坐标系下坐标；如果不成功则返回 0。

[0296] 步骤 S513，如果寻找角点成功，则将角点在标定模板上的坐标代入函数 `cvCalibrateCamera2()` 中，返回得到摄像装置 1 的参数矩阵、畸变系数、旋转向量和平移向量。

[0297] 由于实际的镜头有不同程度的畸变，主要是径向畸变，也有轻微的切向畸变。故而在函数 `cvCalibrateCamera2()` 返回的畸变系数中包含了径向畸变系数和切向畸变系数，将它们带入 OpenCV 的函数 `cvUndistort2()`，即可在数学上去掉透镜畸变。

[0298] 步骤 S52 的飞机前轮偏离程度计算是用于判断飞机前轮是否处于引导线上，或者，相对于引导线偏左或偏右。

[0299] 通过步骤 S47 的前轮跟踪步骤的结果可以得到前轮的位置坐标点，则通过场景定义可以得到引导线、停止线等的相关位置信息，于是利用代数中点与直线之间关系的知识，即可实现对飞机前轮偏离程度的判断。具体可包括：

[0300] 通过前轮跟踪的结果得到前轮的位置坐标点  $(x_0, y_0)$ ，通过场景定义得到引导线上任意两点坐标  $(x_{G1}, y_{G1})$ 、 $(x_{G2}, y_{G2})$  和停止线上任意两点坐标  $(x_{S1}, y_{S1})$ 、 $(x_{S2}, y_{S2})$ 。如果引导线中两点的 x 坐标满足： $x_{G1} = x_{G2}$ ，则不能用点斜式表示引导线 41 的直线方程 1，此时直线

方程 1 为  $x_1 = x_{G1}$ , 直线的斜率  $k_1 \rightarrow \infty$ ; 当  $x_{G1} \neq x_{G2}$  时, 直线方程 1 为  $y_1 = k_1 x_1 + b_1$ 。同理, 求得停止线 42 的直线方程 2 为  $y_2 = k_2 x_2 + b_2$ , 所述位置坐标点到直线的距离为, 坐标系的建立是在图像上, 依照摄像装置 1 的安装位置可知, 从左到右为 x 轴, 从下到上为 y 轴, 使用修改后的点到直线的距离方程:

[0301] 
$$d = \frac{kx - y + b}{\sqrt{k^2 + 1}}$$

[0302] 不同于常用的距离方程, 该方程得到的结果可正可负。将当前飞机前轮的坐标点  $(x_0, y_0)$  代入两个直线方程分别求得  $d_1$  和  $d_2$ :

[0303]

$$d_1 = \begin{cases} x_0 - x_{G1}, & \text{当直线方程1为 } x_1 = x_{G1} \text{ 时} \\ \frac{k_1 x_0 - y_0 + b_1}{\sqrt{k_1^2 + 1}}, & \text{当直线方程1为 } y_1 = k_1 x_1 + b_1 \text{ 时} \end{cases}$$

[0304] 
$$d_2 = \frac{k_2 x_0 - y_0 + b_2}{\sqrt{k_2^2 + 1}}$$

[0305]  $d_2 \geq 0$  表示飞机前轮超出停止线 41,  $d_2 < 0$  表示飞机前轮未到达停止线 41, 此时若  $k_1 > 0$  (其中包括了  $k_1 \rightarrow +\infty$  的情况),  $d_1 > 0$  则表示飞机偏左,  $d_1 < 0$  表示飞机偏右; 若  $k_1 < 0$ , 则  $d_1 < 0$  表示飞机偏左,  $d_1 > 0$  表示飞机偏右, 该偏左、偏右均以飞机驾驶员的视角确定。更进一步的, 为了使算法不会过于敏感, 任何  $d_1 \neq 0$  的情况都得出“偏离引导线”的结论, 可加入判断条件  $|d_1| > width/2$ ,  $width$  为一阈值, 该阈值可取等于检测的飞机前轮的宽度, 当满足该判断条件时, 才认为飞机已经偏离引导线。

[0306] 由参数判定偏离情况见表 1。

[0307]

判断条件		偏离情况	
$d_2 \geq 0$		超出停止线	
$d_2 < 0$	$k_1 > 0$ (包括 $k_1 \rightarrow +\infty$ )	$d_1 < 0$ 且 $ d_1  > width/2$	偏右
		$ d_1  \leq width/2$	未偏离
		$d_1 > 0$ 且 $ d_1  > width/2$	偏左
	$k_1 < 0$ 且 $k_1$ 值有限	$d_1 < 0$ 且 $ d_1  > width/2$	偏左
		$ d_1  \leq width/2$	未偏离
		$d_1 > 0$ 且 $ d_1  > width/2$	偏右

[0308] 步骤 S53 的飞机前轮实际距离解算步骤, 用于实时解算飞机距离停止线的真实距离。

[0309] 首先建立图像坐标与大地坐标的对应关系。在场景中紧邻引导线处铺设黑白相间的标尺, 随后在场景定义中根据标尺, 每隔最大间隔 1m 描点得到标记点, 并记录每个标记点在实际场景中距离第一标记点的距离。

[0310] S1 中的场景设置的标记点的坐标都是图像坐标,以间隔 1m 的 20 个点为例,分别为: {point1, point2, ..., point20}, 求得每个点相对停止线上的终点 (point1) 的相对坐标: {relativepoint1, relativepoint2, ..., relativepoint20}, 其中 relativepoint1 的坐标为 (0, 0), 每个点距离终点 relativepoint1 的距离为 {dis1, dis2, ..., dis20}, 每个点距离终点 point1 的实际距离又分别为: {0m, 1m, ..., 19m}, 这样得到了 {dis1, dis2, ..., dis20} 与 {0m, 1m, ..., 19m} 的一一对应关系。

[0311] 因为地面上等间距的点在图像中的表现应为二次曲线关系,即随距离的增大,两点间距呈等差数列,所以采用最小二乘法对所描的点进行二次曲线拟合,得到曲线方程  $y = ax^2 + bx + c$ ,  $x$  是图像上的距离,  $y$  是实际距离,实际距离与图像距离的对应点及拟合曲线示例图如图 9,图中横轴是实际距离,单位为 m,纵轴是图像距离,单位为像素;

[0312] 对于飞机前轮在图像上的位置,沿所述停止线方向将其投影到所述引导线上,计算投影点到停止点的欧氏距离作为  $x$ ,代入方程  $y = ax^2 + bx + c$  求得  $y$ ,得到飞机前轮到停止线的实际距离 (单位 m)。据此产生正确的泊位引导信息。

[0313] 在飞机进入站坪前,机场向所述基于机器视觉的飞机入坞引导和机型识别系统发送机型信息,执行完步骤 S3 之后,接下来即可执行的步骤 S6,飞机识别及身份验证步骤就是通过对图像的分析来验证这一机型信息。也就是说,步骤 S4、S5 可以与步骤 S6 同步执行。

[0314] 参见图 10A 所示为飞机识别及验证算法流程图。图 10B 为分层图像结构示意图。优选采用由粗到精的多级视觉特征的检测方法检测飞机轮廓,具体包括:

[0315]  $i = 0$  时原始图像 S0 具有最高的分辨率,随着  $i$  的增大图像分辨率下降,而  $i = L$  时图像 SL 的分辨率最低,分层图像结构示意图见图 10B。在噪声较大的环境 (例如雨雪雾天气、夜晚等),采用较低分辨率的分层图像,而在天气晴朗的条件下,采用较高分辨率的分层图像以获得更高的精度。在低分辨率图像中获取飞机区域后再映射回原始图像 S0 之后,可以得到边缘具有马赛克效果的区域分割结果。

[0316] 该由粗到精的多级视觉特征的检测方法用于在天气不好的情况下,比如雨雪雾天合夜晚,图像的噪声会变大,因此降低分辨率可以提高检测的效果,然后再映射会最大分辨率,进行飞机机型的识别验证。是在恶劣环境下检测飞机特征的一个方法,系统自动根据图像质量分析最佳的分辨率,以提取飞机轮廓。

[0317] 步骤 S6 具体包括:

[0318] 步骤 S61,参数验证。

[0319] 步骤 S62,模板匹配。

[0320] 步骤 S63,综合判断。

[0321] 其中,步骤 S61 进一步包括:

[0322] S611,提取飞机引擎参数,并与预置于系统的数据库中对应该机型的飞机引擎参数进行比对。

[0323] 其中,提取飞机引擎参数的步骤可具体采用前述步骤 S341-S343 来实现。提取的飞机引擎参数以像素为单位即可。

[0324] 计算提取到的飞机引擎参数中的飞机引擎半径与系统所收到的机型信息在机场机型参数数据库中所对应的引擎半径数据的比值,该比值称为第一比值。

[0325] 步骤 S612, 提取飞机机翼参数, 并与预置于数据库中对应机型的飞机机翼参数进行比对。

[0326] 该提取飞机机翼参数的步骤包括:

[0327] 步骤 S6121, 使用 Canny 算子提取飞机图像的边缘。飞机图像边缘示例图见图 10C。

[0328] 步骤 S6122, 提取飞机图像边缘像素点, 沿远离飞机的登机桥一侧 (图 10C 中为左侧) 的飞机引擎中轴向上枚举像素点, 对每个像素点, 各画多条斜率倾角为  $0-20^{\circ}$  的直线, 统计每条所述直线所经过的 Canny 边缘像素点数;

[0329] 步骤 S6123, 确定飞机机翼边缘, 取经过边缘像素点数最多的两条直线作为飞机机翼的边缘。

[0330] 步骤 S6124, 确定飞机翼尖, 取翼尖周围区域的边缘像素, 作为翼尖特征记录下来。

[0331] 机翼轮廓与引擎轮廓示例图见图 10D。

[0332] 步骤 S6125, 参数比对, 通过翼尖位置测量飞机机翼的长度, 计算该飞机机翼的长度与系统所收到的机型信息在机场机型参数数据库中所对应的机翼长度数据的比值, 该比值称为第二比值。

[0333] 步骤 S613, 提取飞机机头特征参数, 并与预置于数据库中对应机型的飞机机头特征参数进行比对。

[0334] 步骤 S6131、确定飞机机头边界, 通过已经确定的飞机引擎参数, 确定飞机的中轴位置, 枚举中轴上的点作为圆心, 枚举 2 至 4 倍所述飞机引擎半径的长度为半径画圆, 取经过 Canny 边缘像素点最多的圆作为飞机机头的边界。

[0335] 步骤 S6132、确定飞机机头窗。

[0336] 由于窗户在机头的上半圆周, 所以采用深度优先搜索的方法, 寻找所述飞机机头的边界的上半圆中与所述飞机机头边界的边缘不相粘连的最长边缘, 为所述飞机机头的机头窗所在位置。

[0337] 步骤 S6133、参数比对, 测量飞机机头半径, 计算飞机机头半径与系统所收到的机型信息在机场机型参数数据库中所对应的飞机机头半径的比值, 该比值称为第三比值。测量到的该飞机机头半径以像素为单位即可。

[0338] 步骤 S614, 提取飞机尾翼参数, 并与预置于数据库中对应机型的飞机尾翼参数进行比对。

[0339] 步骤 S6141, 利用深度优先搜索的方法, 沿所述飞机机头的边界的上边缘寻找突起的部分为飞机尾翼。

[0340] 步骤 S6142, 参数比对, 测量所述飞机尾翼高度, 以像素为单位即可, 计算飞机尾翼高度与系统所收到的机型信息在机场机型参数数据库中所对应的飞机尾翼参数的比值, 该比值称为第四比值。

[0341] 步骤 S615, 取第一比值、第二比值、第三比值、第四比值这四者中的最小值以及最大值, 将最小值 / 最大值, 作为机型相似度参数, 作为系数 1。

[0342] 所述模板匹配步骤 S62 包括:

[0343] 步骤 S621, 全局模板匹配, 以当前拍摄的整幅图像为被搜索图像, 以系统的数据库中的标准飞机图像为模板, 计算全局模板相似度参数, 以该全局模板相似度参数作为系数 2。

[0344] 图 10E 为被搜索图像 S、子图  $S^{ij}$ 、模板 T 的示意图。具体地,全局模板匹配计算过程为:被搜索图像 S,图中标记 6001,宽高为  $W*H$ 。被搜索图像 S 的子图  $S^{ij}$ ,图中标记 6002,宽高为  $n*m$ ,距离图左边缘  $j$  个像素,距离图下边缘  $i$  个像素。模板 T,图中标记 6003,宽高为  $n*m$ 。模板 T 与子图  $S^{ij}$  的相似度参数  $R(i, j)$  :

$$[0345] \quad R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N S^{ij}(m, n) \times T(m, n)}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S^{ij}(m, n)]^2} \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [T(m, n)]^2}}$$

[0346] M 为子图  $S^{ij}$  在高度方向能够取得的最大值, N 为子图  $S^{ij}$  在宽度方向能够取得的最大值。

[0347] 在所有结果  $R(i, j)$  中找出  $R(i, j)$  的最大值  $R_{\max}(i_m, j_m)$ , 其对应的子图  $S^{ij}$  即为匹配目标,  $R_{\max}(i_m, j_m)$  也就是该子图  $S^{ij}$  的全局模板相似度参数。

[0348] 步骤 S622, 局部模板匹配, 分别以步骤 S61 中提取得到的所述飞机引擎、飞机机翼、飞机机头和所述飞机尾翼位置为被搜索图像, 分别以系统所收到的机型信息在机场机型参数数据库中所对应的标准飞机图像的引擎、机翼、机头和尾翼为模板, 利用步骤 S621 中的计算公式, 分别计算出所述飞机引擎、飞机机翼、飞机机头和所述飞机尾翼的 4 个相似度参数 R, 去掉所述 4 个相似度参数中的最小值, 计算所述 4 个相似度参数中其余 3 个相似度参数的平均数为局部模板相似度参数, 以该局部模板相似度参数作为系数 3。

[0349] 步骤 S63, 综合判断, 系数 1、2、3 中至少有 2 个大于等于一第一验证阈值, 或, 系数 1、2、3 全部大于一第二验证阈值时, 当前所拍摄到的飞机与预先获得的该机型信息相符, 通过身份验证, 否则验证失败。

[0350] 步骤 S7, 信息显示步骤。

[0351] 显示设备 3 为安装于机场中的可供飞机驾驶员在飞机入坞过程中观看的大型显示屏, 同时, 也可供机场工作人员观察飞机情况。

[0352] 如图 11 所示为显示于该显示设备 3 中的一种可行的显示方式示例图。

[0353] 图中 7000 代表显示设备 3 上用于显示引导信息的区域, 7002 代表引导线和停止线所形成的“T”形状, 以方便表示飞机和引导线、停止线的相对位置。

[0354] 步骤 S5 的飞机定位步骤所确定的飞机的具体位置等泊位引导信息, 包括: 偏左或偏右 7001、距离停止线距离 7003 均实时显示在该显示设备上。

[0355] 步骤 S6 的飞机识别及身份验证步骤所验证的飞机机型信息 7004 也实时显示在该显示设备上。以供飞行员观察飞机的行进线路, 提高飞机入坞的安全性。

[0356] 综上所述, 本发明在飞机入坞过程中, 准确实现对飞机的捕获、跟踪、定位和身份验证, 并在显示设备 3 上显示准确有效的飞机泊位引导信息, 为飞机驾驶员、副驾驶员或其他人员提供正确有效的泊位引导, 使飞机实现安全有效的泊位, 提高机场运行效率, 保障安全。

[0357] 当然, 本发明还可有其它多种实施例, 在不背离本发明精神及其实质的情况下, 熟悉本领域的技术人员当可根据本发明作出各种相应的改变和变形, 但这些相应的改变和变形都应属于本发明所附的权利要求的保护范围。

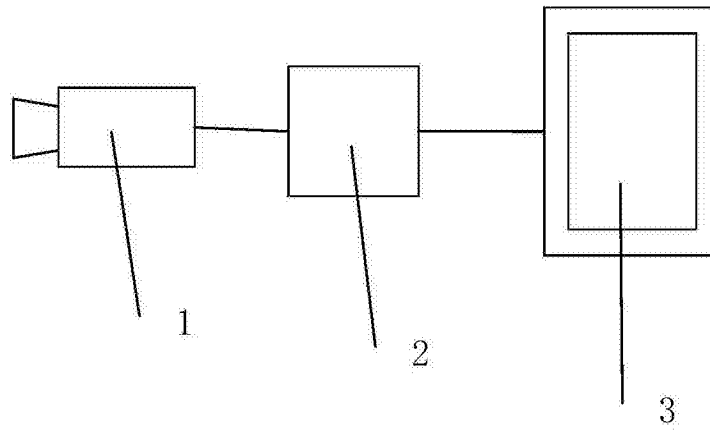


图 1

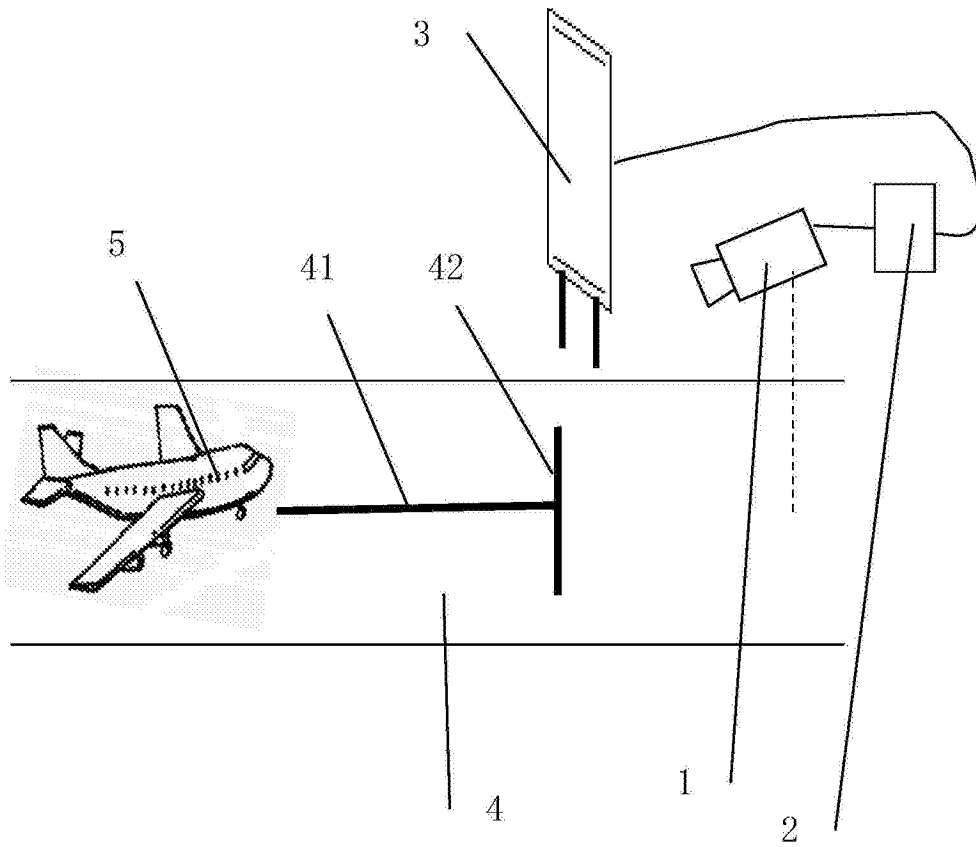


图 2

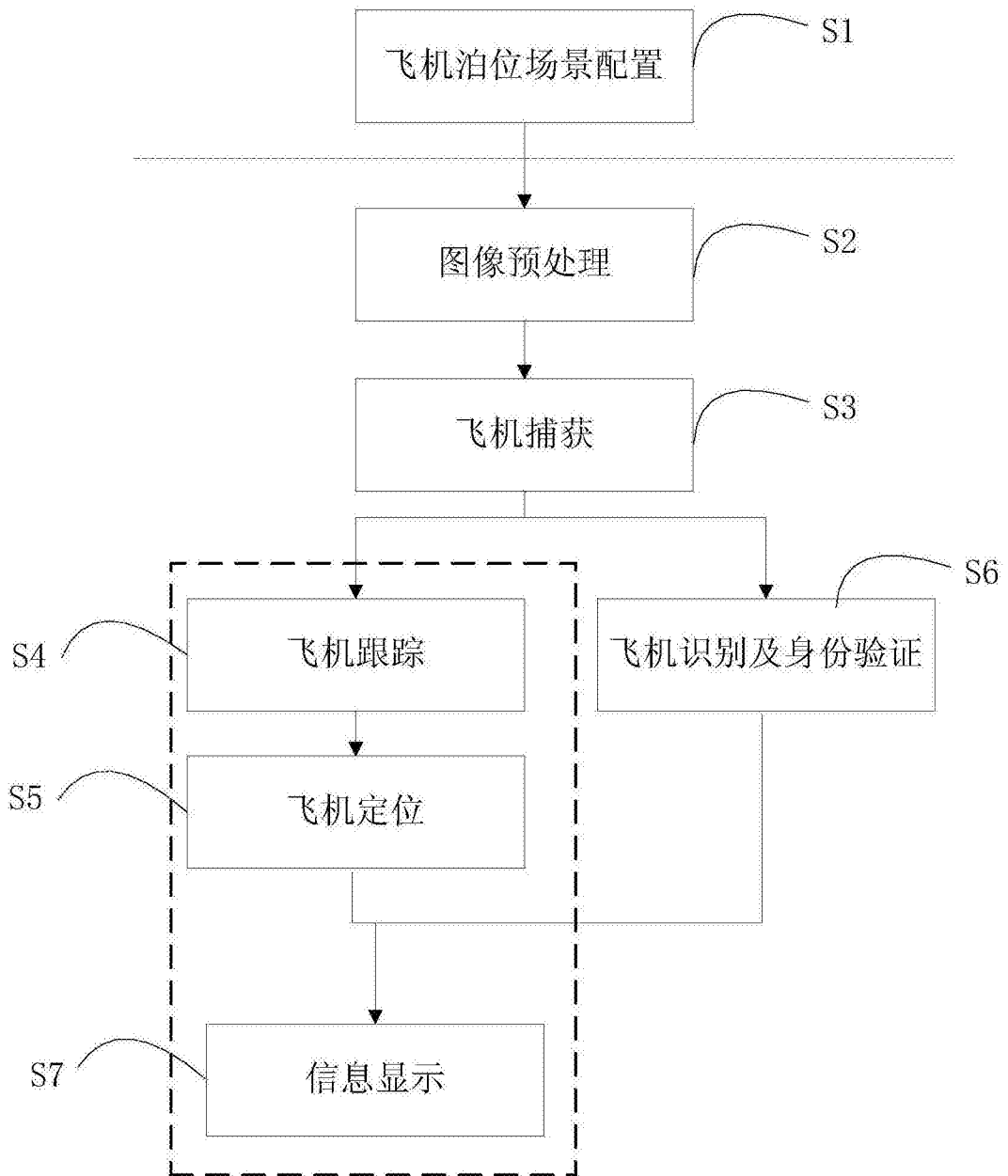


图 3

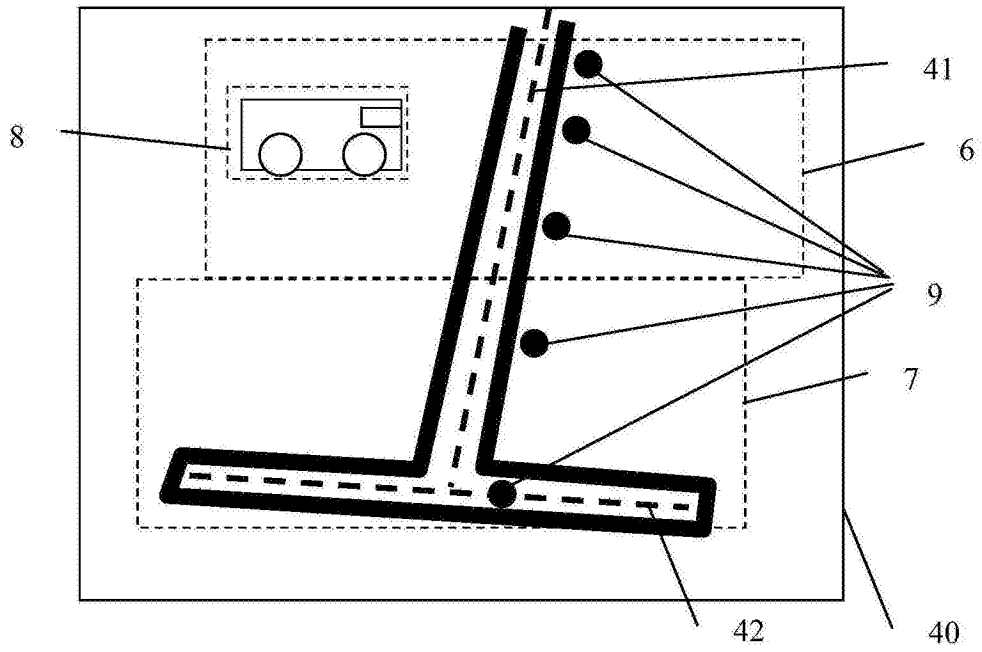


图 4



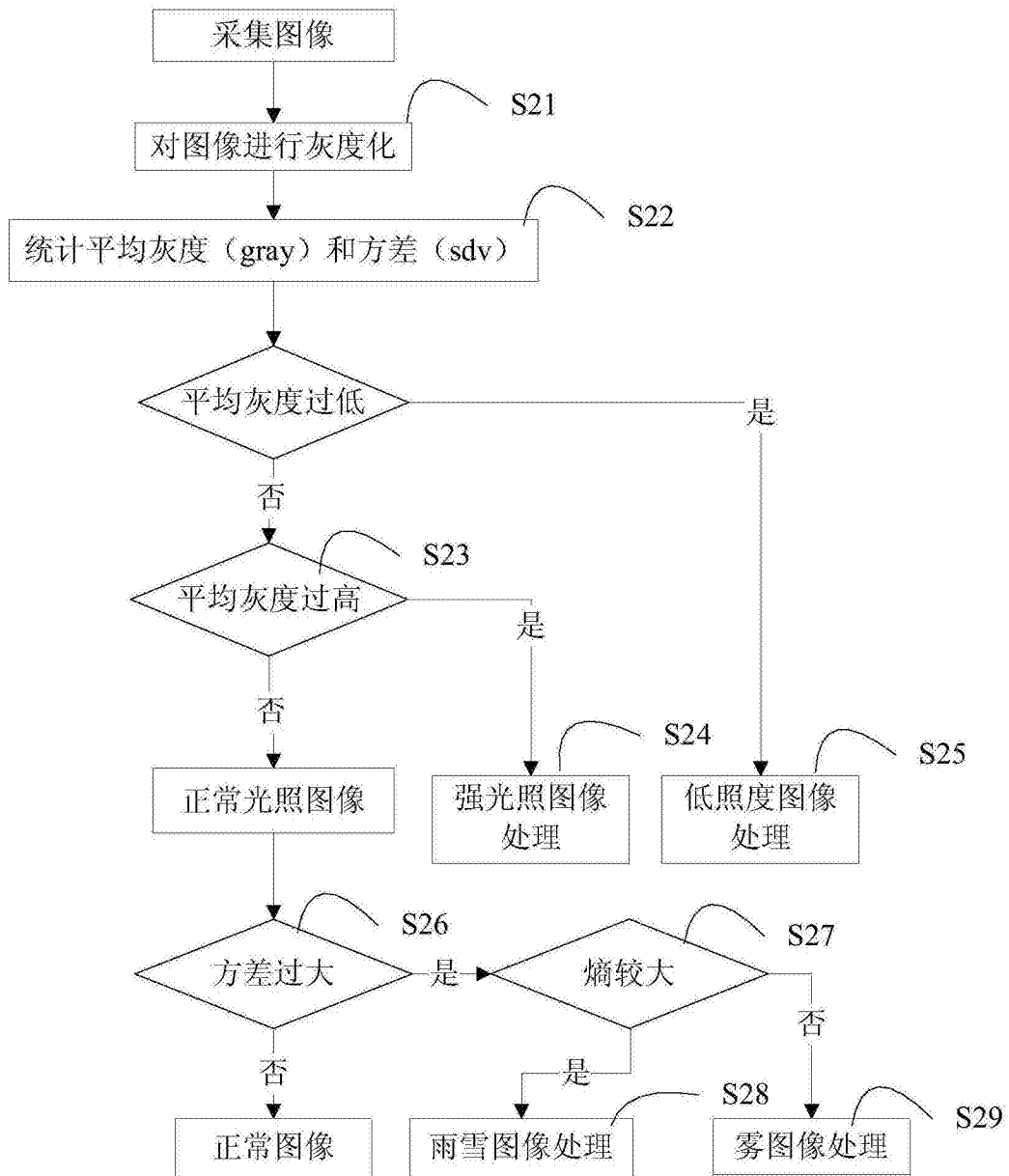


图 5A

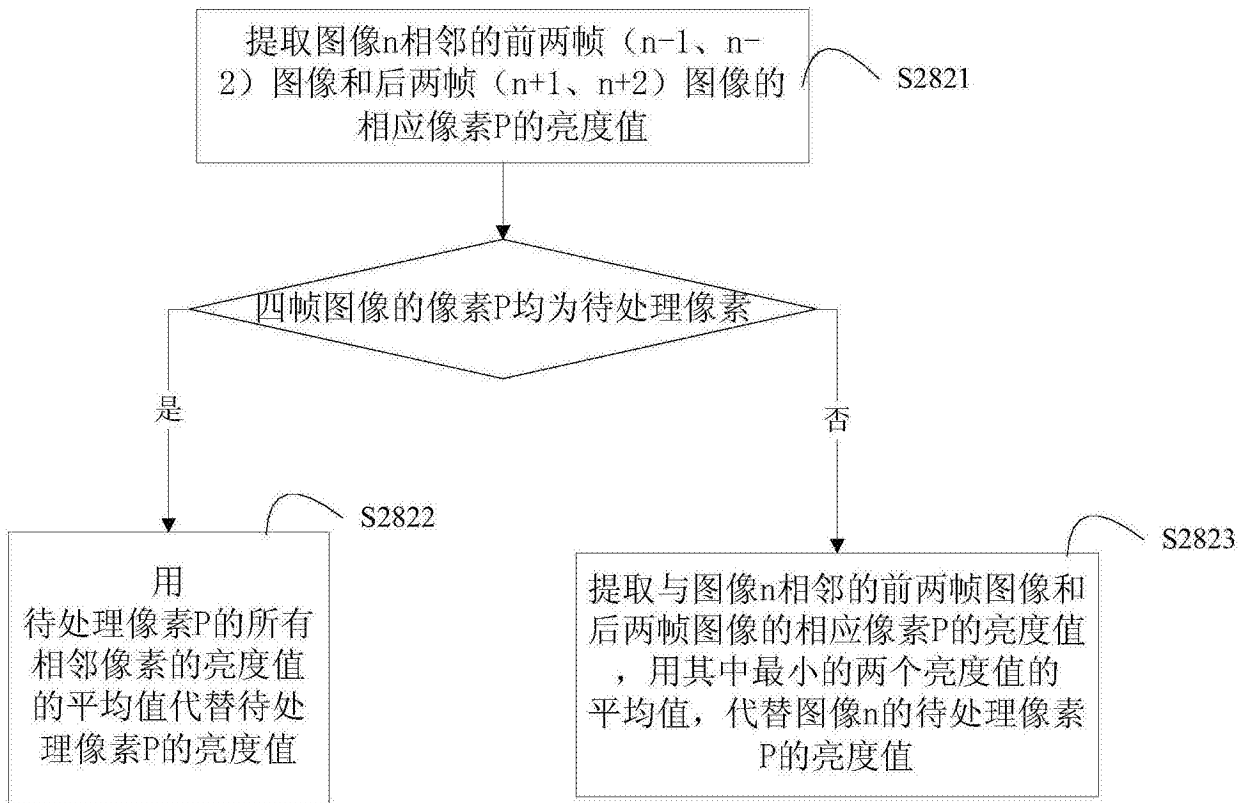


图 5B

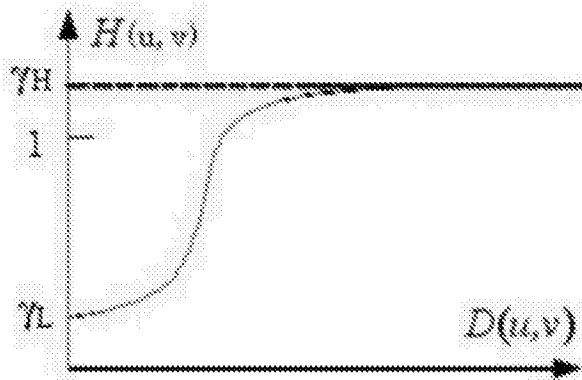


图 6

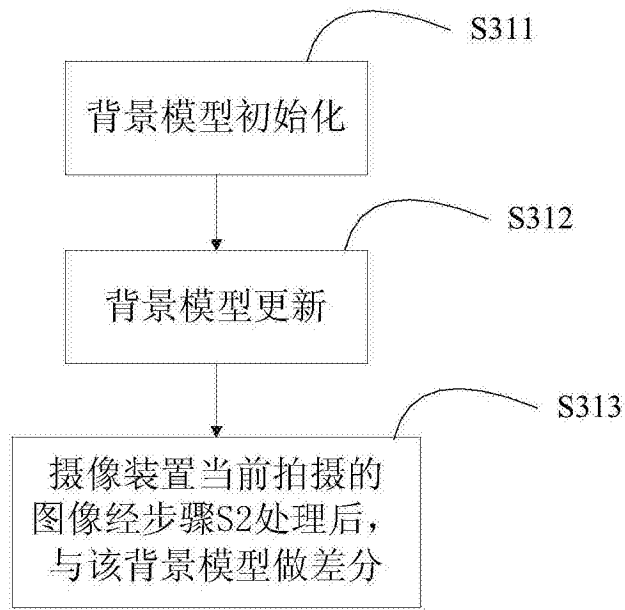


图 7A

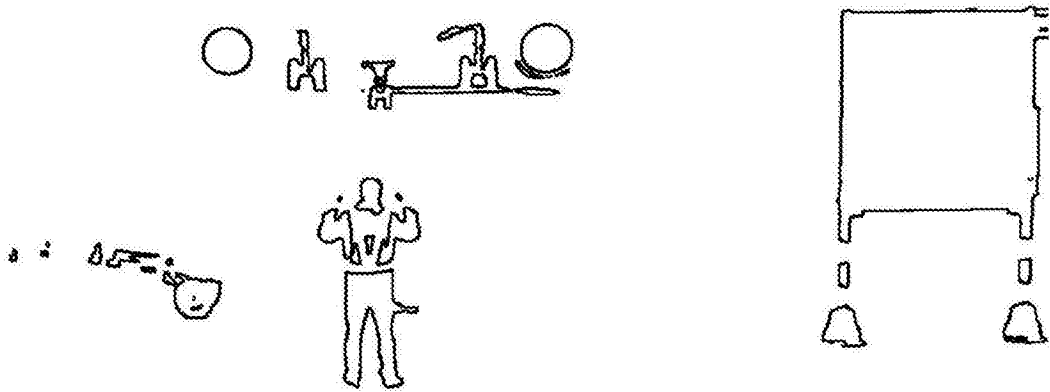


图 7B

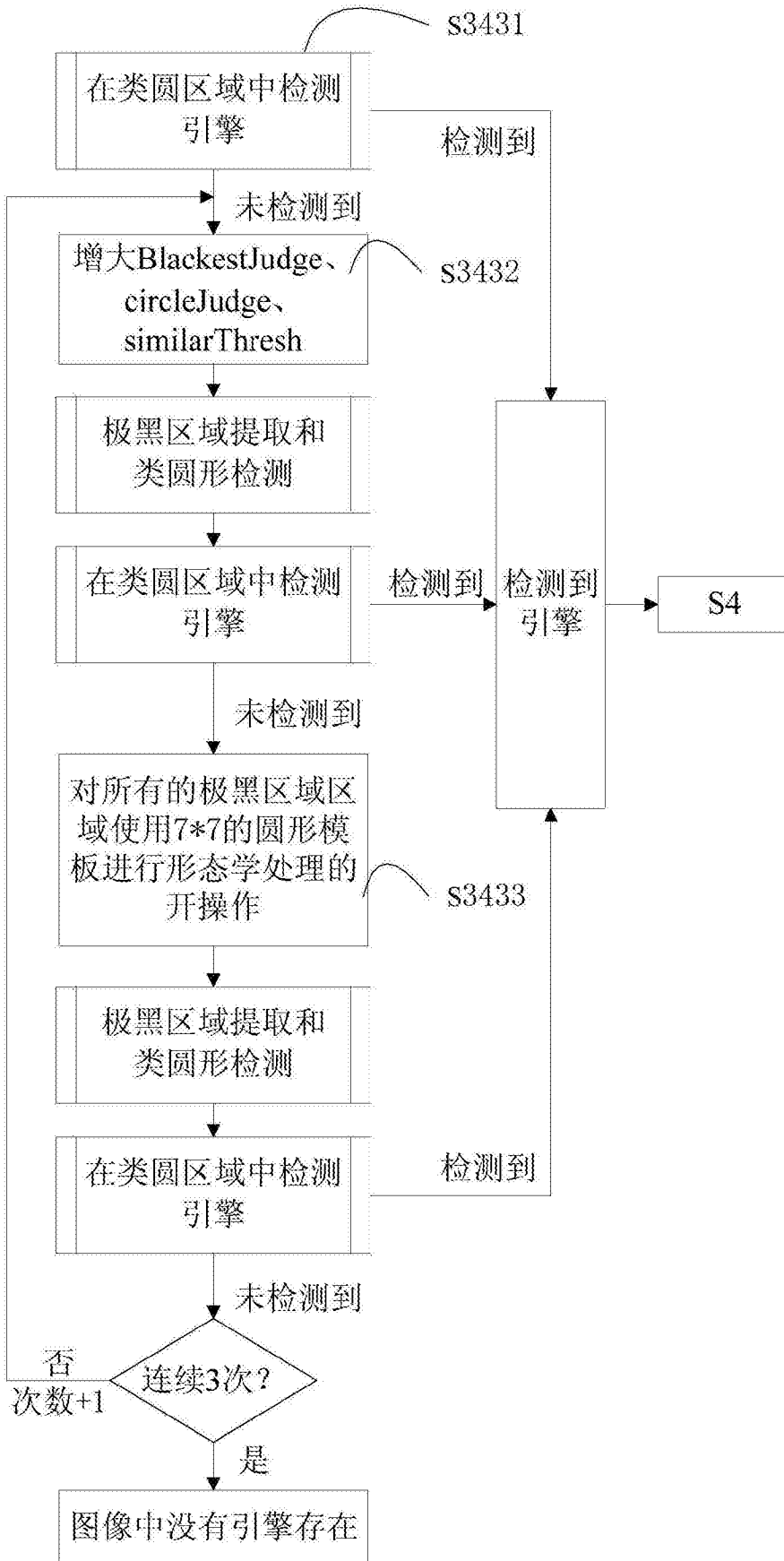


图 7C

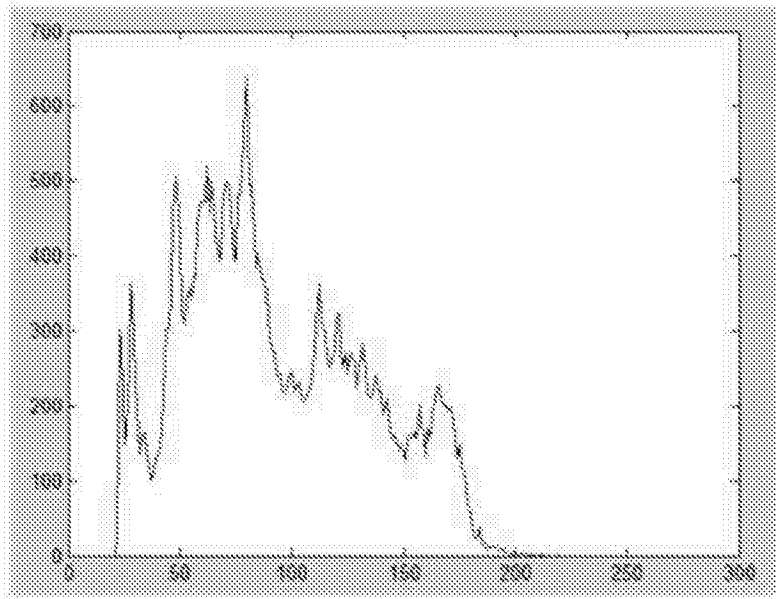


图 7D

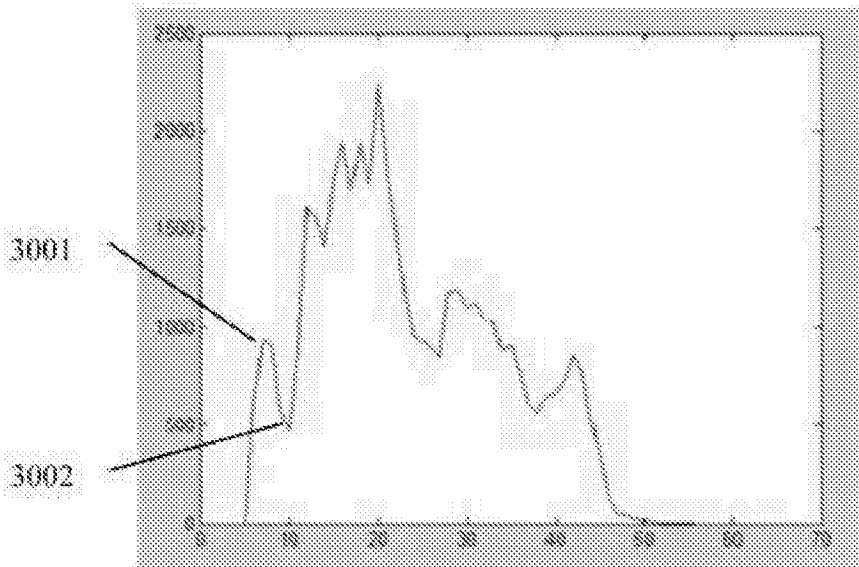


图 7E

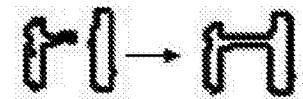


图 7F

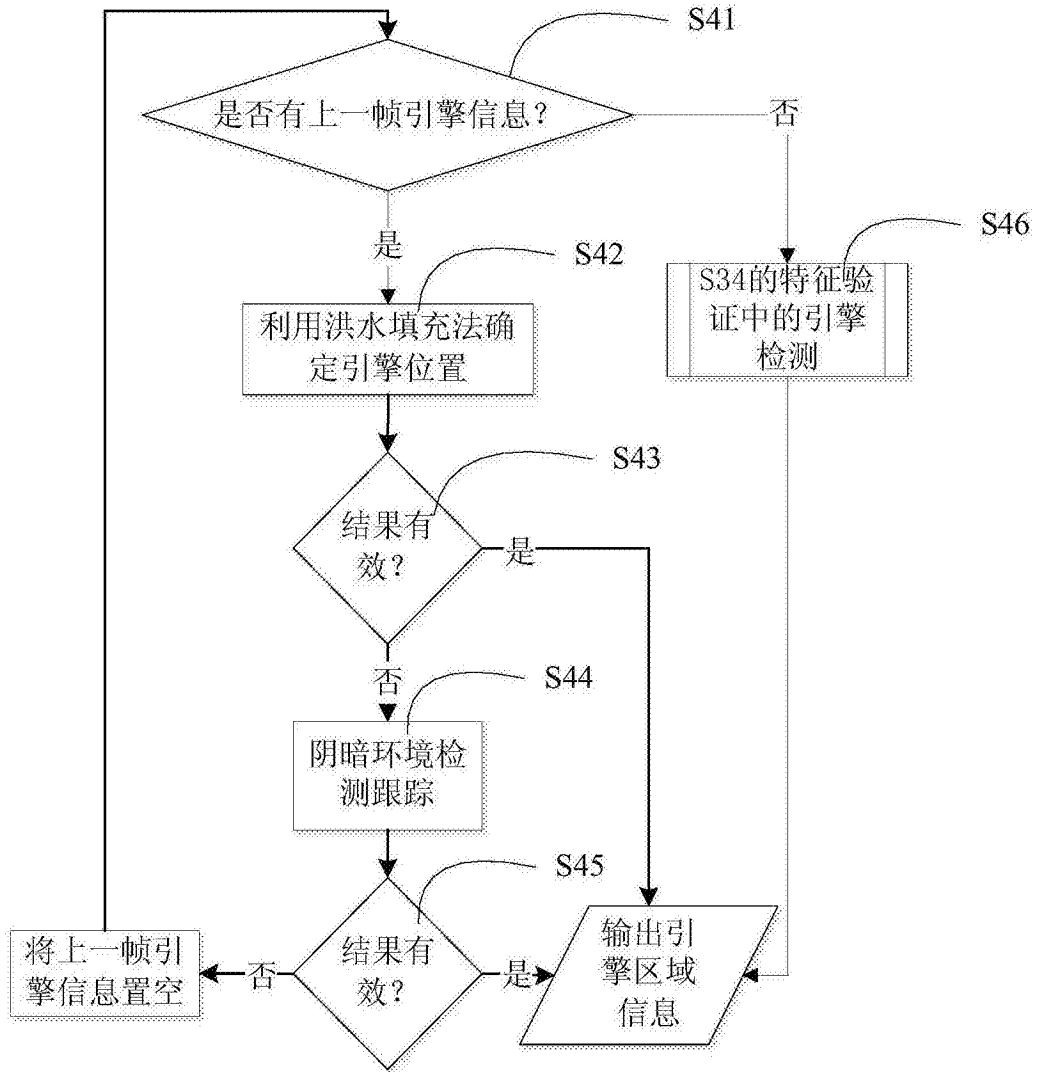


图 8A

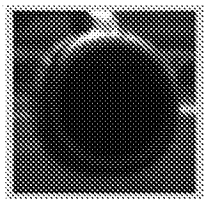


图 8B

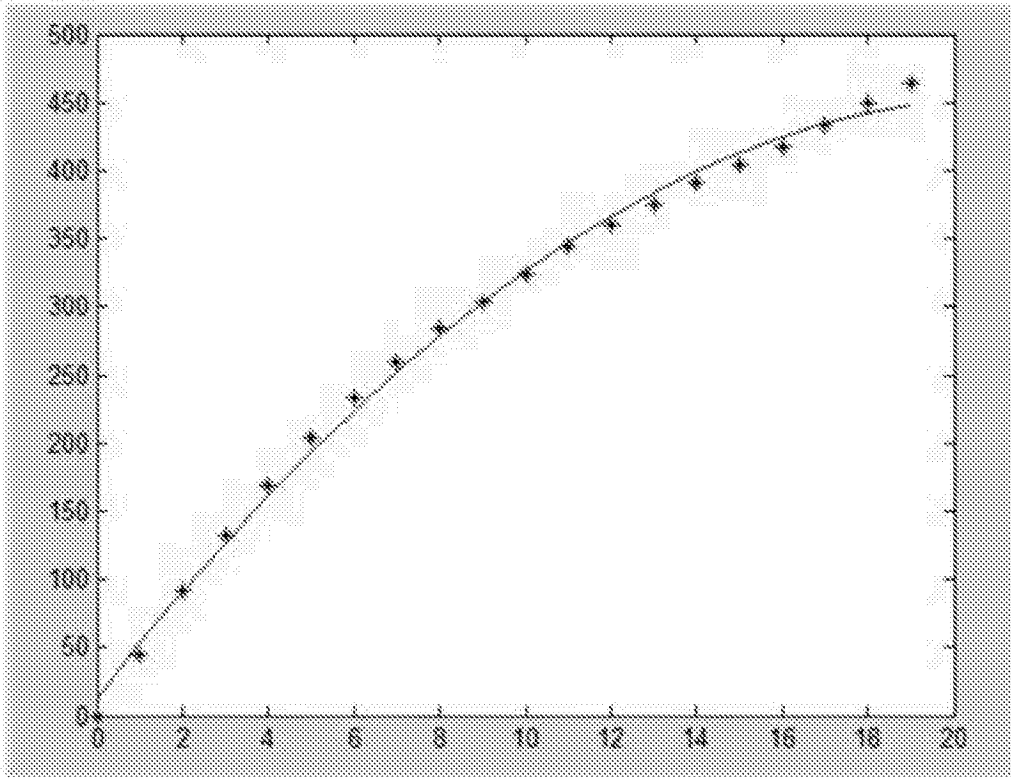


图 9

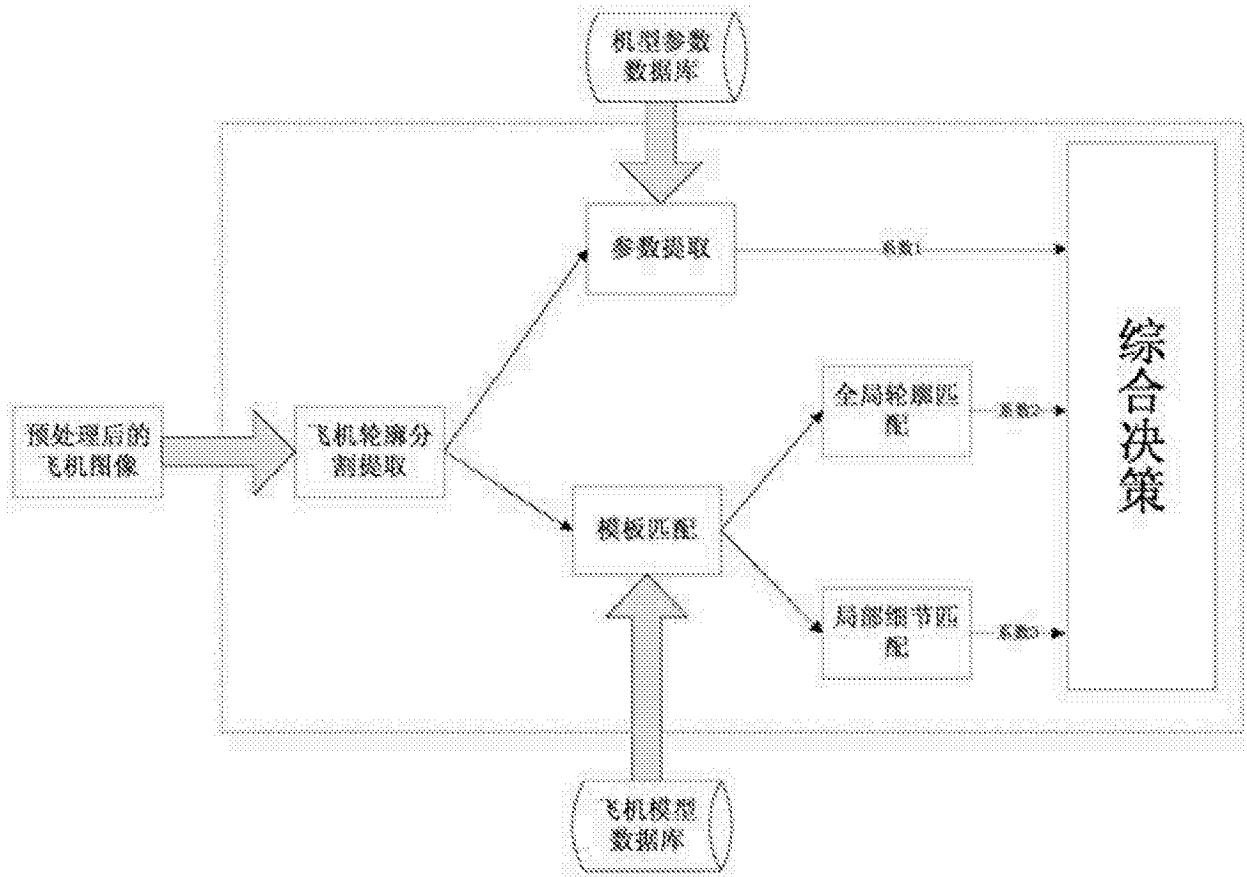


图 10A

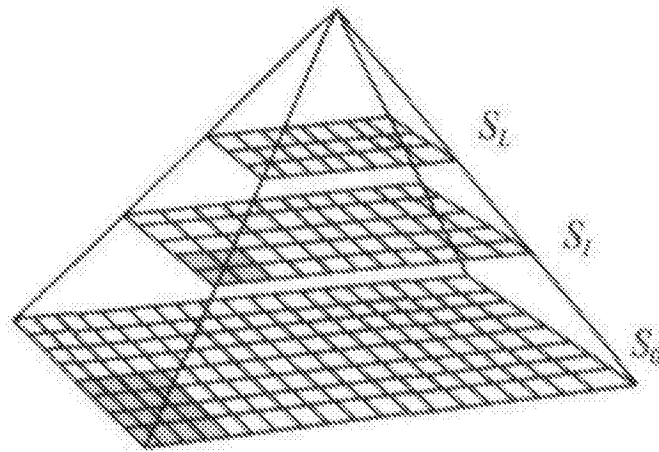


图 10B



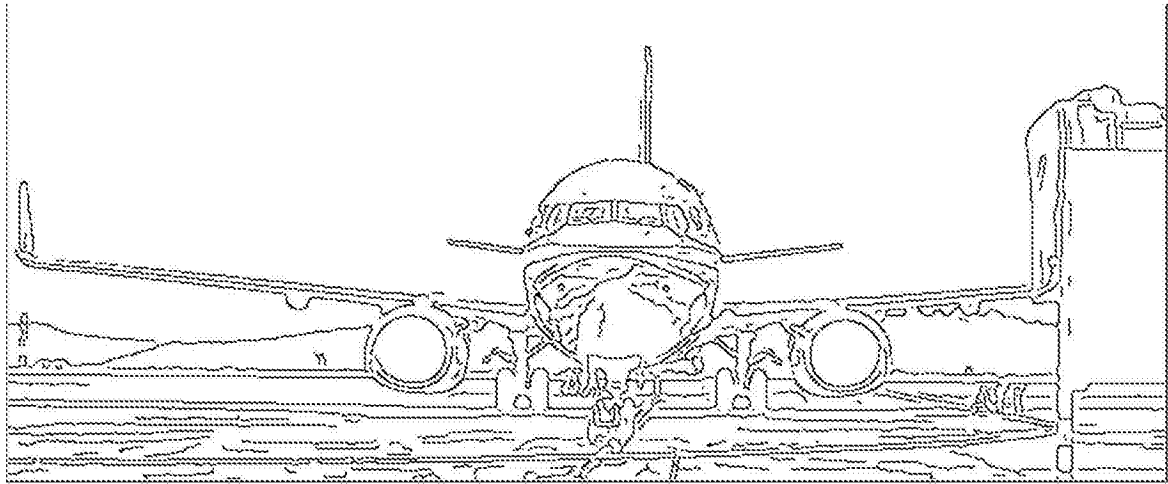


图 10C

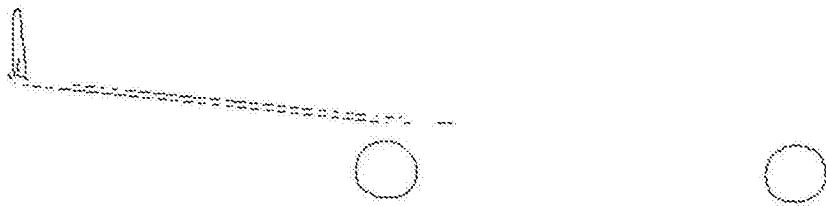


图 10D

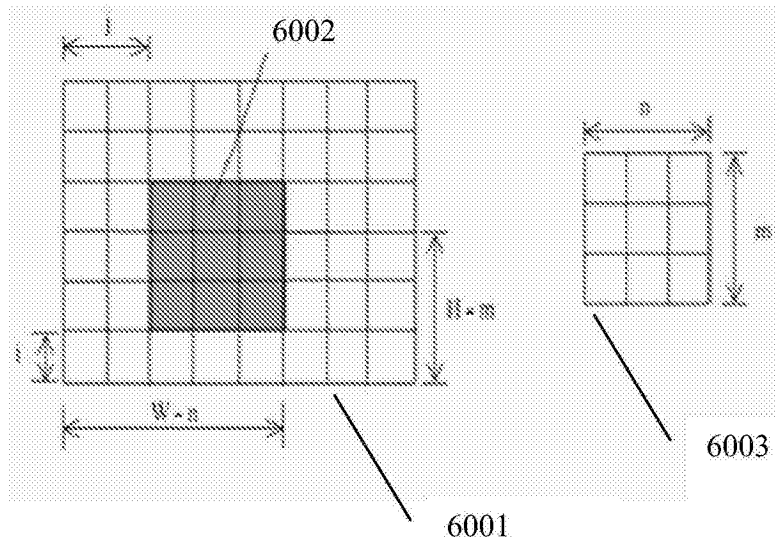


图 10E

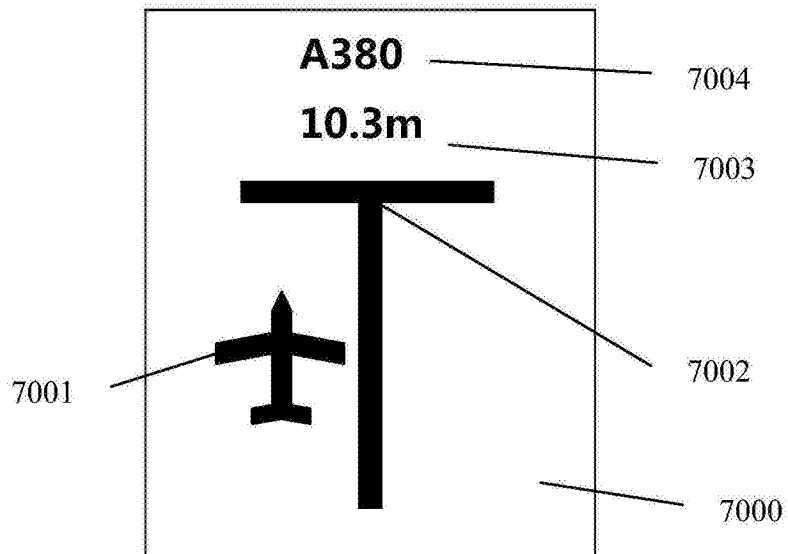


图 11