



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116994330 A

(43) 申请公布日 2023. 11. 03

(21) 申请号 202310594794.8

(22) 申请日 2023.05.24

(71) 申请人 广州大学

地址 510006 广东省广州市大学城外环西路230号

(72) 发明人 朱静 潘梓沛 王家创 尹邦政  
尹晴 李捷平 董骥阳

(74) 专利代理机构 广州高航知识产权代理有限公司 11530

专利代理师 覃钊雄

(51) Int. Cl.

G06V 40/20 (2022.01)

G06V 10/82 (2022.01)

G06N 3/0464 (2023.01)

G06V 10/22 (2022.01)

权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于机器视觉的排球运动战术分析方法

(57) 摘要

一种基于机器视觉的排球运动战术分析方法,包括以下步骤:S1:使用Yolov5目标检测算法训练排球运动员和排球的模型,对排球视频中的排球运动员和排球进行识别,分别输出所述排球运动员和所述排球的检测框的坐标位置和检测框的外观特征矩阵;S2:通过改进的DeepSORT跟踪算法对所述排球运动员进行跟踪;S3:通过区域搜索对所述排球进行跟踪;S4:使用差帧法对所述排球运动员和所述排球的轨迹进行修补;S5:计算击球点和落地点;S6:对排球运动场景进行二维映射。本发明提供的技术方案能够快速稳定的识别排球运动中的图像信息,并呈现为平面图,便于教练进行战术策划。

S1: 使用Yolov5目标检测算法训练排球运动员和排球的模型,对排球视频中的排球运动员和排球进行识别,分别输出所述排球运动员和所述排球的检测框的坐标位置和检测框的外观特征矩阵

S2: 通过改进的DeepSORT跟踪算法对所述排球运动员进行跟踪

S3: 通过区域搜索对所述排球进行跟踪

S4: 使用差帧法对所述排球运动员和所述排球的轨迹进行修补

S5: 计算击球点和落地点

S6: 对排球运动场景进行二维映射

1. 一种基于机器视觉的排球运动战术分析方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

S1: 使用Yolov5目标检测算法训练排球运动员和排球的模型, 对排球视频中的排球运动员和排球进行识别, 分别输出所述排球运动员和所述排球的检测框的坐标位置和检测框的外观特征矩阵;

S2: 通过改进的DeepSORT跟踪算法对所述排球运动员进行跟踪;

S3: 通过区域搜索对所述排球进行跟踪;

S4: 使用差帧法对所述排球运动员和所述排球的轨迹进行修补;

S5: 计算击球点和落地点;

S6: 对排球运动场景进行二维映射。

2. 根据权利要求1所述的基于机器视觉的排球运动战术分析方法, 其特征在于, 所述步骤S2具体包括以下步骤:

S21: 通过 $(u, v, \gamma, h, \dot{u}, \dot{v}, \dot{\gamma}, \dot{h})$ 描述所述排球运动员某一时刻的运动状态, 其中,  $u, v$ 分别表示目标的检测框的中心坐标的横坐标和纵坐标,  $\gamma$ 表示该检测框宽高之比,  $h$ 表示该检测框的高度;  $\dot{u}, \dot{v}, \dot{\gamma}, \dot{h}$ 四个参数为前四个参数在图像坐标中的相对速度; 通过卡尔曼滤波器对目标的状态信息进行更新, 所述卡尔曼滤波器采用匀速模型和线性预测模型, 其预测值为 $(u, v, \gamma, h)$ ;

S22: 通过公式:  $d^{(1)}(i, j) = (d_j - y_i)^T S_i^{-1} (d_j - y_i)$  在运动信息层面计算马氏距离度量经卡尔曼滤波预测后的预测值与检测器的检测值之间的关联程度; 其中,  $d^{(1)}(i, j)$ 表示第 $j$ 个框的检测位置和第 $i$ 个框的预测位置之间的运动状态匹配度,  $d_j$ 表示第 $j$ 个框的检测位置,  $y_i$ 表示第 $i$ 个框的预测位置,  $S_i$ 表示第 $i$ 个检测位置和平均预测位置之间协方差矩阵; 在外观信息层面使用特征提取网络提取检测框与预测框的外观特征, 并通过公式:

$d^{(2)}(i, j) = \min\{1 - r_j^T r_k^{(i)} \mid r_k^{(i)} \in R_i\}$  计算出检测框与预测框之间的关联度; 其中,  $d^{(2)}(i, j)$ 表示第 $j$ 个检测框和第 $i$ 个预测框之间的最小余弦距离,  $r_j$ 为对检测框 $d_j$ 计算得出对应该框的外观特征的描述子, 限制条件为 $|r_j| = 1$ ; 对于每一个成功关联的轨迹, 创建一个可以同时储存最近 $n$ 个描述子的仓库  $R_i = \{r_k^{(i)}\}_{k=1}^{L_i}$ , 其中 $n$ 为设定的超参数; 若 $d^{(2)}(i, j)$ 小于关联阈值, 则认为关联成功; 通过公式:  $c_{i,j} = \lambda d^{(1)}(i, j) + (1 - \lambda) d^{(2)}(i, j)$  将马氏距离与余弦距离两个度量值通过线性加权的方式融合作为最终度量, 其中 $\lambda$ 为设定的权值; 为所有轨迹设置更新时间参数和存活期限, 所述轨迹每使用一次卡尔曼滤波更新则存活期限数值+1, 若轨迹完成匹配则存活期限清零, 若存活期限大于更新时间参数则丢弃该轨迹;

S23: 设置一个所述排球运动员的未匹配轨迹集合  $K_j^p$ , 对经IoU匹配后仍未匹配上的轨迹的最后一个检测框的中心坐标进行保存, 设定一个未匹配轨迹数 $\sigma$ , 轨迹数 $\varepsilon$ 和轨迹数目限制参数 $\gamma$ ; 其中,  $\sigma, \varepsilon$ 的初始值都为0,  $\gamma$ 的初始值设置为所述排球运动员目标数12。当有未匹配上的检测框经过10轮循环判定为新轨迹时, 若 $\varepsilon < \gamma$ , 新轨迹归入轨迹集合,  $\varepsilon$ 加1; 若 $\varepsilon = \gamma$ , 对 $\sigma$ 进行判断, 若 $\sigma = 0$ , 则删除新轨迹; 若 $\sigma > 0$ , 则通过公式:

$$s_{i,j} = \min\{\sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \mid (u_j, v_j) \in K_j^p \cap \varepsilon = \gamma \cap \sigma > 0\}$$

其中,  $u_i, v_i$  为第  $i$  个检测框的中心坐标,  $s_{i,j}$  为第  $i$  个检测框中心坐标与所述排球运动员未匹配轨迹集合  $K_j^p$  中第  $j$  个检测框中心坐标的最小欧式距离; 若满足匹配条件, 即  $s_{i,j}$  小于设定阈值, 认为该未匹配的轨迹与新轨迹成功匹配, 对新轨迹赋予该轨迹的ID号。

3. 根据权利要求2所述的基于机器视觉的排球运动战术分析方法, 其特征在于, 所述步骤S3在连续帧图像都能检测到所述排球的情况下, 判断检测到的球是否在判断区域内: 第  $i$  帧检测到的排球的检测框  $B_i^b = [x_{i1}^b, y_{i1}^b, x_{i2}^b, y_{i2}^b]$ , 其中  $x_{i1}^b, y_{i1}^b, x_{i2}^b, y_{i2}^b$  分别为第  $i$  帧球检测框的左上点的横、纵坐标和右下点的横、纵坐标;  $D_i^b$  为第  $i$  帧的球的判断区域,  $BloU_{i+1}^b$  为第  $i+1$  帧排球的检测框与判断区域的相交区域面积占球检测框面积的比值,  $D_i^b$  和  $BloU_{i+1}^b$  由以下公式计算得到:

$$D_{i+1}^b = \begin{cases} [0, 0, w^b, h^b], & i = 1 \\ [x_{i1}^b - \lambda * BW_i^b, y_{i1}^b - \lambda * BH_i^b, x_{i2}^b + \lambda * BW_i^b, y_{i2}^b + \lambda * BH_i^b], & i > 1 \end{cases}$$

$$BloU_{i+1}^b = \frac{B_{i+1}^b \cap D_{i+1}^b}{B_{i+1}^b}$$

其中,  $BW_i^b = x_{i2}^b - x_{i1}^b$ ,  $BH_i^b = y_{i2}^b - y_{i1}^b$ ;  $w^b, h^b$  分别为第一帧检测图像的长、宽,  $\lambda$  为设定的超参数,  $B_{i+1}^b$  为  $i+1$  帧的检测到的球的检测框; 设置球的轨迹集合  $K^b$ , 当  $BloU_{i+1}^b > 0$  时, 判断为识别正确, 并将该球的检测框  $B_{i+1}^b$  添加到球轨迹集  $K^b$  中; 当  $BloU_{i+1}^b < 0$  时, 判断为误检测, 舍弃不做跟踪。

4. 根据权利要求3所述的基于机器视觉的排球运动战术分析方法, 其特征在于, 所述步骤S3在存在中间帧图像未检测到球的情况下, 使用临近帧的区域作为判断区域, 则

$$BloU_{i+n}^b = \begin{cases} \frac{B_{i+n}^b \cap D_i^b}{B_{i+n}^b}, & n < \phi \\ \frac{B_{i+n}^b \cap D_0^b}{B_{i+n}^b}, & n > \phi \end{cases}$$

其中,  $n$  为该帧检测到球的序号与上一帧检测到球的序号的差值,  $\phi$  可设置的超参数,  $D_0^b$  为第一帧检测图像的面积; 当  $BloU_{i+n}^b > 0$  时, 判断为识别正确, 并将该球的检测框  $B_{i+n}^b$  添加到轨迹集合  $K_b$  中; 当  $BloU_{i+n}^b < 0$  时, 判断为误检, 则舍弃该帧不做跟踪。

5. 根据权利要求4所述的基于机器视觉的排球运动战术分析方法, 其特征在于, 所述步骤S4具体为: 设定每条轨迹漏检帧之前的最后一个检测框为:

$Box_i = [x_{i1}, y_{i1}, x_{i2}, y_{i2}]$ , 每条轨迹漏检帧之后的第一个检测框为:

$Box_{i+n} = [x_{(i+n)1}, y_{(i+n)1}, x_{(i+n)2}, y_{(i+n)2}]$ , 其中,  $i$  为帧序号,  $x_{i1}, y_{i1}, x_{i2}, y_{i2}$  分别为检测框的左上点的横、纵坐标和右下点的横、纵坐标, 则每条轨迹帧序号为  $i+m$  的漏检帧的检测框为:

$$Box_{i+m} = \left[ x_{i1} + \frac{x_{(i+n)1} - x_{i1}}{n}, y_{i1} + \frac{y_{(i+n)1} - y_{i1}}{n}, x_{i2} + \frac{x_{(i+n)2} - x_{i2}}{n}, y_{i2} + \frac{y_{(i+n)2} - y_{i2}}{n} \right], \quad 1 < m < n$$

6. 根据权利要求5所述的基于机器视觉的排球运动战术分析方法, 其特征在于, 所述步

骤S5具体为:

设定第i帧中第j个所述排球运动员检测框为:  $Pbox_{ij} = [x_{ij1}^p, y_{ij1}^p, x_{ij2}^p, y_{ij2}^p]$ , 所述排球运动员检测框的高度为  $BH^p = y_{ij2}^p - y_{ij1}^p$ , 通过检测极小值点所位于的区域与所述排球运动员检测框上三分之一区域的比值的大小来选取击球点; 通过公式:  $BK = \text{local min}\{K^b\}$  找出球轨迹的极小值点, 其中, BK为极小值点所对应检测框的集合,  $\text{local min}\{K^b\}$  表示对球轨迹集合 $K^b$ 里的所有球的检测框的中心坐标求极小值;

设定  $P_{ij} = \left[ x_{ij1}^p, y_{ij1}^p, x_{ij1}^p, y_{ij1}^p + \frac{BH^p}{3} \right]$  为第i帧中第j个所述排球运动员检测框上三分之一区域, 则第i帧中第j个所述排球运动员与  $B_i^b$  相交区域面积占  $B_i^b$  球的检测框面积的百分比为:

$$IoU_{ij} = \frac{P_{ij} \cap B_i^b}{B_i^b}, \quad B_i^b \subset BK$$

其中,  $B_i^b$  为BK中的球的检测框, 帧序号为i;  $IoU_{ijmax}$  为筛选第i帧最大的  $IoU_{ij}$ :  $IoU_{ijmax} = \max\{IoU_{ij}\}$ , 其中,  $\{IoU_{ij}\}$  为第i帧所有的  $IoU_{ij}$ ;

则第i帧球检测框的下边框中心点的坐标  $c_i^b$ , 公式如下:

$$c_i^b = \begin{cases} \left( \frac{x_{ij1}^p + x_{ij2}^p}{2}, y_{ij2}^p \right), & IoU_{ijmax} > 0 \\ \left( \frac{x_{i1}^b + x_{i2}^b}{2}, y_{i2}^b \right), & IoU_{ijmax} = 0 \end{cases}$$

其中,  $x_{ij1}^p$  为i帧第j个所述排球运动员检测框左上点的横坐标,  $x_{ij2}^p, y_{ij2}^p$  为第i帧第j个所述排球运动员检测框右下点的横、纵坐标;  $x_{i1}^b$  为第i帧球检测框左上点的横坐标,  $x_{i2}^b, y_{i2}^b$  为第i帧球检测框右下点的横、纵坐标;

当  $IoU_{ijmax} > 0$  时, 判断  $B_i^b$  为击球点, 并把第i帧第j个所述排球运动员检测框下边框中心点的坐标  $\left( \frac{x_{ij1}^p + x_{ij2}^p}{2}, y_{ij2}^p \right)$  作为该球点对应二维图像中的坐标;  $IoU_{ijmax} = 0$  时, 判定为球的落地

点, 该球点的坐标为对应的球检测框下边框中心坐标  $\left( \frac{x_{i1}^b + x_{i2}^b}{2}, y_{i2}^b \right)$ 。

7. 根据权利要求6所述的基于机器视觉的排球运动战术分析方法, 其特征在于, 所述步骤S6具体为: 用平面映射描述从球场模型中的坐标  $g = (x, y, 1)^T$  到原始帧图像坐标  $g' = (u, v, 1)^T$  的映射:  $g' = Hg$ , 记为:

$$\begin{pmatrix} h_{00} & h_{01} & h_{02} \\ h_{10} & h_{11} & h_{12} \\ h_{20} & h_{21} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix}。$$

## 一种基于机器视觉的排球运动战术分析方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于图像处理领域,具体涉及一种基于机器视觉的排球运动战术分析方法。

### 背景技术

[0002] 排球运动是一项越来越受大众欢迎的团队球类运动,其中不仅需要球员自身能力的发挥,也需要很多的战术与策略的运用。在一些比较重大的排球比赛上就更需要一些赛前准备一些战术,但是如何判断球场上的某个球员是否有能力为比赛的胜利做出贡献以及如何安排战术,就需要依靠教练员对队伍在以往的比赛中的发挥进行分析,更需要对录像进行不断的观察与分析。

[0003] 现阶段有一些对人的检测和跟踪的方法,但针对排球运动视频的检测效果并不好,有准确率低、ID互换率高等问题。

### 发明内容

[0004] 鉴于现有问题,本发明的目的在于提供一种基于机器视觉的排球运动战术分析方法,其特征在于,包括以下步骤:S1:使用Yolov5目标检测算法训练排球运动员和排球的模型,对排球视频中的排球运动员和排球进行识别,分别输出排球运动员和排球的检测框的坐标位置和检测框的外观特征矩阵;S2:通过改进的DeepSORT跟踪算法对排球运动员进行跟踪;3:通过区域搜索对排球进行跟踪;S4:使用差帧法对排球运动员和排球的轨迹进行修补;S5:计算击球点和落地点;S6:对排球运动场景进行二维映射。

[0005] 优选地,步骤S2具体包括以下步骤:

[0006] S21:通过 $(u, v, \gamma, h, \dot{u}, \dot{v}, \dot{\gamma}, \dot{h})$ 描述排球运动员某一时刻的运动状态,其中, $u, v$ 分别表示目标的检测框的中心坐标的横坐标和纵坐标, $\gamma$ 表示该检测框宽高之比, $h$ 表示该检测框的高度; $\dot{u}, \dot{v}, \dot{\gamma}, \dot{h}$ 四个参数为前四个参数在图像坐标中的相对速度;通过卡尔曼滤波器对目标的状态信息进行更新,卡尔曼滤波器采用匀速模型和线性预测模型,其预测值为 $(u, v, \gamma, h)$ ;

[0007] S22:通过公式: $d^{(1)}(i, j) = (d_j - y_i)^T S_i^{-1} (d_j - y_i)$ 在运动信息层面计算马氏距离度量经卡尔曼滤波预测后的预测值与检测器的检测值之间的关联程度;其中, $d^{(1)}(i, j)$ 表示第j个框的检测位置和第i个框的预测位置之间的运动状态匹配度, $d_j$ 表示第j个框的检测位置, $y_i$ 表示第i个框的预测位置, $S_i$ 表示第i个检测位置和平均预测位置之间协方差矩阵;在外观信息层面使用特征提取网络提取检测框与预测框的外观特征,并通过公式:

[0008]  $d^{(2)}(i, j) = \min\{1 - r_j^T r_k^{(i)} \mid r_k^{(i)} \in R_i\}$ 计算出检测框与预测框之间的关联度;其中, $d^{(2)}(i, j)$ 表示第j个检测框和第i个预测框之间的最小余弦距离, $r_j$ 为对检测框 $d_j$ 计算得出对应该框的外观特征的描述子,限制条件为 $|r_j| = 1$ ;对于每一个成功关联的轨迹,创建一个可

以同时储存最近n个描述子的仓库  $R_i = \{r_k^{(i)}\}_{k=1}^{L_i}$ , 其中n为设定的超参数; 若  $d^{(2)}(i, j)$  小于关联阈值, 则认为关联成功; 通过公式:  $c_{i,j} = \lambda d^{(1)}(i, j) + (1-\lambda) d^{(2)}(i, j)$  将马氏距离与余弦距离两个度量值通过线性加权的方式融合作为最终度量, 其中 $\lambda$ 为设定的权值; 为所有轨迹设置更新时间参数和存活期限, 轨迹每使用一次卡尔曼滤波更新则存活期限数值+1, 若轨迹完成匹配则存活期限清零, 若存活期限大于更新时间参数则丢弃该轨迹;

[0009] S23: 设置一个排球运动员的未匹配轨迹集合  $K_j^p$ , 对经IoU匹配后仍未匹配上的轨迹的最后一个检测框的中心坐标进行保存, 设定一个未匹配轨迹数 $\sigma$ , 轨迹数 $\varepsilon$ 和轨迹数目限制参数 $\gamma$ ; 其中,  $\sigma, \varepsilon$ 的初始值都为0,  $\gamma$ 的初始值设置为排球运动员目标数12。当有未匹配上的检测框经过10轮循环判定为新轨迹时, 若 $\varepsilon < \gamma$ , 新轨迹归入轨迹集合,  $\varepsilon$ 加1; 若 $\varepsilon = \gamma$ , 对 $\sigma$ 进行判断, 若 $\sigma = 0$ , 则删除新轨迹; 若 $\sigma > 0$ , 则通过公式:

$$[0010] \quad s_{i,j} = \min\{\sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \mid (u_j, v_j) \in K_j^p \cap \varepsilon = \gamma \cap \sigma > 0\}$$

[0011] 其中,  $u_i, v_i$ 为第i个检测框的中心坐标,  $s_{i,j}$ 为第i个检测框中心坐标与排球运动员未匹配轨迹集合  $K_j^p$  中第j个检测框中心坐标的最小欧式距离; 若满足匹配条件, 即 $s_{i,j}$ 小于设定阈值, 认为该未匹配的轨迹与新轨迹成功匹配, 对新轨迹赋予该轨迹的ID号;

[0012] 优选地, 步骤S3在连续帧图像都能检测到排球的情况下, 判断检测到的球是否在判断区域内: 第i帧检测到的排球球的检测框  $B_i^b = [x_{i1}^b, y_{i1}^b, x_{i2}^b, y_{i2}^b]$ , 其中  $x_{i1}^b, y_{i1}^b, x_{i2}^b, y_{i2}^b$  分别为第i帧球检测框的左上点的横、纵坐标和右下点的横、纵坐标;  $D_i^b$ 为第i帧的球的判断区域,  $BIoU_{i+1}^b$ 为第i+1帧排球的检测框与判断区域相交区域面积占球检测框面积的比值,  $D_i^b$ 和  $BIoU_{i+1}^b$ 由以下公式计算得到:

$$[0013] \quad D_{i+1}^b = \begin{cases} [0, 0, w^b, h^b], & i = 1 \\ [x_{i1}^b - \lambda * BW_i^b, y_{i1}^b - \lambda * BH_i^b, x_{i2}^b + \lambda * BW_i^b, y_{i2}^b + \lambda * BH_i^b], & i > 1 \end{cases}$$

$$[0014] \quad BIoU_{i+1}^b = \frac{B_{i+1}^b \cap D_{i+1}^b}{B_{i+1}^b}$$

[0015] 其中,  $BW_i^b = x_{i2}^b - x_{i1}^b$ ,  $BH_i^b = y_{i2}^b - y_{i1}^b$ ;  $w^b, h^b$ 为第一帧检测图像的长、宽,  $\lambda$ 为设定的超参数,  $B_{i+1}^b$ 为i+1帧的检测到的球的检测框; 设置球的轨迹集合 $K^b$ , 当  $BIoU_{i+1}^b > 0$  时, 判断为识别正确, 并将该球的检测框  $B_{i+1}^b$  添加到球轨迹集 $K^b$ 中; 当  $BIoU_{i+1}^b < 0$  时, 判断为误检测, 舍弃不做跟踪。

[0016] 优选地, 步骤S3在存在中间帧图像未检测到球的情况下, 使用临近帧的区域作为

$$\text{判断区域, 则 } BIoU_{i+n}^b = \begin{cases} \frac{B_{i+n}^b \cap D_i^b}{B_{i+n}^b}, & n < \phi \\ \frac{B_{i+n}^b \cap D_0^b}{B_{i+n}^b}, & n > \phi \end{cases}$$

[0017] 其中, n为该帧检测到球的序号与上一帧检测到球的序号的差值,  $\phi$ 可设置的超参

数,  $D_0^b$  为第一帧检测图像的面积; 当  $BloU_{i+n}^b > 0$  时, 判断为识别正确, 并将该球的检测框  $B_{i+1}^b$  添加到轨迹集合  $K_b$  中; 当  $BloU_{i+n}^b < 0$  时, 判断为误检, 则舍弃该帧不做跟踪。

[0018] 步骤S4具体为: 设定每条轨迹漏检帧之前的最后一个检测框为:

[0019]  $Box_i = [x_{i1}, y_{i1}, x_{i2}, y_{i2}]$ , 每条轨迹漏检帧之后的第一个检测框为:

[0020]  $Box_{i+n} = [x_{(i+n)1}, y_{(i+n)1}, x_{(i+n)2}, y_{(i+n)2}]$ , 其中,  $i$  为帧序号,  $x_{i1}, y_{i1}, x_{i2}, y_{i2}$  分别为检测框的左上点的横、纵坐标和右下点的横、纵坐标, 则每条轨迹帧序号为  $i+m$  的漏检帧的检测框为:

$$[0021] \quad Box_{i+m} = \left[ x_{i1} + \frac{x_{(i+n)1} - x_{i1}}{n}, y_{i1} + \frac{y_{(i+n)1} - y_{i1}}{n}, x_{i2} + \frac{x_{(i+n)2} - x_{i2}}{n}, y_{i2} + \frac{y_{(i+n)2} - y_{i2}}{n} \right], \quad 1 < m < n。$$

[0022] 优选地, 步骤S5具体为:

[0023] 设定第  $i$  帧中第  $j$  个排球运动员检测框为:  $Pbox_{ij} = [x_{ij1}^p, y_{ij1}^p, x_{ij2}^p, y_{ij2}^p]$ , 排球运动员检测框的高度为  $BH^p = y_{ij2}^p - y_{ij1}^p$ , 通过检测极小值点所位于的区域与排球运动员检测框上三分之一区域的比值的大小来选取击球点; 通过公式:  $BK = \text{localmin}\{K^b\}$  找出球轨迹的极小值点, 其中,  $BK$  为极小值点所对应检测框的集合,  $\text{localmin}\{K^b\}$  表示对球轨迹集合  $K^b$  里的所有球的检测框的中心坐标求极小值;

[0024] 设定  $P_{ij} = \left[ x_{ij1}^p, y_{ij1}^p, x_{ij1}^p, y_{ij1}^p + \frac{BH^p}{3} \right]$  为第  $i$  帧中第  $j$  个排球运动员检测框上三分之一区域, 则第  $i$  帧中第  $j$  个排球运动员与  $B_i^b$  相交区域面积占  $B_i^b$  球的检测框面积的百分比为:

$$[0025] \quad IoU_{ij} = \frac{P_{ij} \cap B_i^b}{B_i^b}, \quad B_i^b \subset BK$$

[0026] 其中,  $B_i^b$  为  $BK$  中的球的检测框, 帧序号为  $i$ ;  $IoU_{ij\max}$  为筛选第  $i$  帧最大的  $IoU_{ij}$ :  $IoU_{i\max} = \max\{IoU_{ij}\}$ , 其中,  $\{IoU_{ij}\}$  为第  $i$  帧所有的  $IoU_{ij}$ ;

[0027] 则第  $i$  帧球检测框的下边框中心点的坐标  $c_i^b$ , 公式如下:

$$[0028] \quad c_i^b = \begin{cases} \left( \frac{x_{ij1}^p + x_{ij2}^p}{2}, y_{ij2}^p \right), & IoU_{ij\max} > 0 \\ \left( \frac{x_{i1}^b + x_{i2}^b}{2}, y_{i2}^b \right), & IoU_{ij\max} = 0 \end{cases}$$

[0029] 其中,  $x_{ij1}^p$  为  $i$  帧第  $j$  个排球运动员检测框左上点的横坐标,  $x_{ij2}^p, y_{ij2}^p$  为第  $i$  帧第  $j$  个排球运动员检测框右下点的横、纵坐标;  $x_{i1}^b$  为第  $i$  帧球检测框左上点的横坐标,  $x_{i2}^b, y_{i2}^b$  为第  $i$  帧球检测框右下点的横、纵坐标;

[0030] 当  $IoU_{ij\max} > 0$  时, 判断  $B_i^b$  为击球点, 并把第  $i$  帧第  $j$  个排球运动员检测框下边框中心点的坐标  $\left( \frac{x_{ij1}^p + x_{ij2}^p}{2}, y_{ij2}^p \right)$  作为该球点对应二维图像中的坐标;  $IoU_{ij\max} = 0$  时, 判定为球的落

地点,该球点的坐标为对应的球检测框下边框中心坐标 $\left(\frac{x_{i1}^b + x_{i2}^b}{2}, y_{i2}^b\right)$ 。

[0031] 优选地,步骤S6具体为:用平面映射描述从球场模型中的坐标 $g = (x, y, 1)^T$ 到原始

帧图像坐标 $g' = (u, v, 1)^T$ 的映射: $g' = Hg$ ,记为:
$$\begin{pmatrix} h_{00} & h_{01} & h_{02} \\ h_{10} & h_{11} & h_{12} \\ h_{20} & h_{21} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix}。$$

[0032] 本发明的有益技术效果在于:

[0033] 本发明使用了YOLOv5算法对球员和球进行检测,该算法推理速度快,准确率高,有效的提高了检测球员目标的准确率,也加快了识别的速度;使用改进DeepSORT多目标跟踪算法对球员进行跟踪,该算法结合运动信息和外观特征对球员进行跟踪,并且增加了轨迹重匹配模块,提高对球员目标跟踪的准确率,减少因球员遮挡而出现的目标的丢失的概率;使用单应性变换算法,使得球员的运动轨迹更加的具体化,更适合对球员的轨迹进行分析。

## 附图说明

[0034] 图1是本发明提供的一种基于机器视觉的排球运动战术分析方法的流程示意图;

[0035] 图2是本发明提供的一优选实施例的输出结果示例;

[0036] 图3是本发明提供的一优选实施例中DeepSORT跟踪算法的流程示意图。

## 具体实施方式

[0037] 下面对本发明的实施例作详细说明,下述的实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0038] 在本文中提及“实施例”意味着,结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本申请的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例,也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是,在不冲突的情况下,本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

[0039] 如图1所示,在本发明一优选实施例中,鉴于现有问题,本发明的目的在于提供一种基于机器视觉的排球运动战术分析方法,其特征在于,包括以下步骤:S1:使用Yolov5目标检测算法训练排球运动员和排球的模型,对排球视频中的排球运动员和排球进行识别,分别输出排球运动员和排球的检测框的坐标位置和检测框的外观特征矩阵;S2:通过改进的DeepSORT跟踪算法对排球运动员进行跟踪;3:通过区域搜索对排球进行跟踪;S4:使用差帧法对排球运动员和排球的轨迹进行修补;S5:计算击球点和落地点;S6:对排球运动场景进行二维映射。

[0040] 步骤S2具体包括以下步骤:

[0041] S21:通过 $(u, v, y, h, \dot{u}, \dot{v}, \dot{y}, \dot{h})$ 描述排球运动员某一时刻的运动状态,其中, $u, v$ 分别表示目标的检测框的中心坐标的横坐标和纵坐标, $\gamma$ 表示该检测框宽高之比, $h$ 表示该检测

框的高度; $\dot{u}, \dot{v}, \dot{y}, \dot{h}$ 四个参数为前四个参数在图像坐标中的相对速度;通过卡尔曼滤波器对目标的状态信息进行更新,卡尔曼滤波器采用匀速模型和线性预测模型,其预测值为( $u, v, \gamma, h$ );

[0042] S22:通过公式: $d^{(1)}(i, j) = (d_j - y_i)^T S_i^{-1} (d_j - y_i)$ 在运动信息层面计算马氏距离度量经卡尔曼滤波预测后的预测值与检测器的检测值之间的关联程度;其中, $d^{(1)}(i, j)$ 表示第j个框的检测位置和第i个框的预测位置之间的运动状态匹配度, $d_j$ 表示第j个框的检测位置, $y_i$ 表示第i个框的预测位置, $S_i$ 表示第i个检测位置和平均预测位置之间协方差矩阵;在外观信息层面使用特征提取网络提取检测框与预测框的外观特征,并通过公式:

[0043]  $d^{(2)}(i, j) = \min\{1 - r_j^T r_k^{(i)} \mid r_k^{(i)} \in R_i\}$ 计算出检测框与预测框之间的关联度;其中, $d^{(2)}(i, j)$ 表示第j个检测框和第i个预测框之间的最小余弦距离, $r_j$ 为对检测框 $d_j$ 计算得出对应该框的外观特征的描述子,限制条件为 $|r_j| = 1$ ;对于每一个成功关联的轨迹,创建一个可以同时储存最近n个描述子的仓库 $R_i = \{r_k^{(i)}\}_{k=1}^{L_i}$ ,其中n为设定的超参数;若 $d^{(2)}(i, j)$ 小于关联阈值,则认为关联成功;通过公式: $c_{i,j} = \lambda d^{(1)}(i, j) + (1 - \lambda) d^{(2)}(i, j)$ 将马氏距离与余弦距离两个度量值通过线性加权的方式融合作为最终度量,其中 $\lambda$ 为设定的权值;为所有轨迹设置更新时间参数和存活期限,轨迹每使用一次卡尔曼滤波更新则存活期限数值+1,若轨迹完成匹配则存活期限清零,若存活期限大于更新时间参数则丢弃该轨迹;

[0044] S23:设置一个排球运动员的未匹配轨迹集合 $K_j^p$ ,对经IoU匹配后仍未匹配上的轨迹的最后一个检测框的中心坐标进行保存,设定一个未匹配轨迹数 $\sigma$ ,轨迹数 $\varepsilon$ 和轨迹数目限制参数 $\gamma$ ;其中, $\sigma, \varepsilon$ 的初始值都为0, $\gamma$ 的初始值设置为排球运动员目标数12。当有未匹配上的检测框经过10轮循环判定为新轨迹时,若 $\varepsilon < \gamma$ ,新轨迹归入轨迹集合, $\varepsilon$ 加1;若 $\varepsilon = \gamma$ ,对 $\sigma$ 进行判断,若 $\sigma = 0$ ,则删除新轨迹;若 $\sigma > 0$ ,则通过公式:

$$[0045] \quad s_{i,j} = \min\{\sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \mid (u_j, v_j) \in K_j^p \cap \varepsilon = \gamma \cap \sigma > 0\}$$

[0046] 其中, $u_i, v_i$ 为第i个检测框的中心坐标, $s_{i,j}$ 为第i个检测框中心坐标与排球运动员未匹配轨迹集合 $K_j^p$ 中第j个检测框中心坐标的最小欧式距离;若满足匹配条件,即 $s_{i,j}$ 小于设定阈值,认为该未匹配的轨迹与新轨迹成功匹配,对新轨迹赋予该轨迹的ID号;

[0047] 步骤S3在连续帧图像都能检测到排球的情况下,判断检测到的球是否在判断区域内:第i帧检测到的排球球的检测框 $B_i^b = [x_{i1}^b, y_{i1}^b, x_{i2}^b, y_{i2}^b]$ ,其中 $x_{i1}^b, y_{i1}^b, x_{i2}^b, y_{i2}^b$ 分别为第i帧球检测框的左上点的横、纵坐标和右下点的横、纵坐标; $D_i^b$ 为第i帧的球的判断区域, $BloU_{i+1}^b$ 为第i+1帧排球的检测框与判断区域的相交区域面积占球检测框面积的比值, $D_i^b$ 和 $BloU_{i+1}^b$ 由以下公式计算得到:

$$[0048] \quad D_{i+1}^b = \begin{cases} [0, 0, w^b, h^b], & i = 1 \\ [x_{i1}^b - \lambda * BW_i^b, y_{i1}^b - \lambda * BH_i^b, x_{i2}^b + \lambda * BW_i^b, y_{i2}^b + \lambda * BH_i^b], & i > 1 \end{cases}$$

$$[0049] \quad BIoU_{i+1}^b = \frac{B_{i+1}^b \cap D_{i+1}^b}{B_{i+1}^b}$$

[0050] 其中,  $BW_i^b = x_{i2}^b - x_{i1}^b$ ,  $BH_i^b = y_{i2}^b - y_{i1}^b$ ;  $w^b, h^b$  为第一帧检测图像的长、宽,  $\lambda$  为设定的超参数,  $B_{i+1}^b$  为  $i+1$  帧的检测到的球的检测框; 设置球的轨迹集合  $K^b$ , 当  $BIoU_{i+1}^b > 0$  时, 判断为识别正确, 并将该球的检测框  $B_{i+1}^b$  添加到球轨迹集  $K^b$  中; 当  $BIoU_{i+1}^b < 0$  时, 判断为误检测, 舍弃不做跟踪。

[0051] 步骤S3在存在中间帧图像未检测到球的情况下, 使用临近帧的区域作为判断区

$$\text{域, 则 } BIoU_{i+n}^b = \begin{cases} \frac{B_{i+n}^b \cap D_i^b}{B_{i+n}^b}, & n < \phi \\ \frac{B_{i+n}^b \cap D_0^b}{B_{i+n}^b}, & n > \phi \end{cases}$$

[0052] 其中,  $n$  为该帧检测到球的序号与上一帧检测到球的序号的差值,  $\phi$  可设置的超参数,  $D_0^b$  为第一帧检测图像的面积; 当  $BIoU_{i+n}^b > 0$  时, 判断为识别正确, 并将该球的检测框  $B_{i+n}^b$  添加到轨迹集合  $K_b$  中; 当  $BIoU_{i+n}^b < 0$  时, 判断为误检, 则舍弃该帧不做跟踪。

[0053] 步骤S4具体为: 设定每条轨迹漏检帧之前的最后一个检测框为:

[0054]  $\text{Box}_i = [x_{i1}, y_{i1}, x_{i2}, y_{i2}]$ , 每条轨迹漏检帧之后的第一个检测框为:

[0055]  $\text{Box}_{i+n} = [x_{(i+n)1}, y_{(i+n)1}, x_{(i+n)2}, y_{(i+n)2}]$ , 其中,  $i$  为帧序号,  $x_{i1}, y_{i1}, x_{i2}, y_{i2}$  分别为检测框的左上点的横、纵坐标和右下点的横、纵坐标, 则每条轨迹帧序号为  $i+m$  的漏检帧的检测框为:

$$[0056] \quad \text{Box}_{i+m} = \left[ x_{i1} + \frac{x_{(i+n)1} - x_{i1}}{n}, y_{i1} + \frac{y_{(i+n)1} - y_{i1}}{n}, x_{i2} + \frac{x_{(i+n)2} - x_{i2}}{n}, y_{i2} + \frac{y_{(i+n)2} - y_{i2}}{n} \right], \quad 1 < m < n。$$

[0057] 步骤S5具体为:

[0058] 设定第  $i$  帧中第  $j$  个排球运动员检测框为:  $Pbox_{ij} = [x_{ij1}^p, y_{ij1}^p, x_{ij2}^p, y_{ij2}^p]$ , 排球运动员检测框的高度为  $BH^p = y_{ij2}^p - y_{ij1}^p$ , 通过检测极小值点所位于的区域与排球运动员检测框上三分之一区域的比值的大小来选取击球点; 通过公式:  $BK = \text{localmin}\{K^b\}$  找出球轨迹的极小值点, 其中,  $BK$  为极小值点所对应检测框的集合,  $\text{localmin}\{K^b\}$  表示对球轨迹集合  $K^b$  里的所有球的检测框的中心坐标求极小值;

[0059] 设定  $P_{ij} = \left[ x_{ij1}^p, y_{ij1}^p, x_{ij2}^p, y_{ij1}^p + \frac{BH^p}{3} \right]$  为第  $i$  帧中第  $j$  个排球运动员检测框上三分之一区域, 则第  $i$  帧中第  $j$  个排球运动员与  $B_i^b$  相交区域面积占  $B_i^b$  球的检测框面积的百分比为:

$$[0060] \quad IoU_{ij} = \frac{P_{ij} \cap B_i^b}{B_i^b}, \quad B_i^b \subset BK$$

[0061] 其中,  $B_i^b$  为  $BK$  中的球的检测框, 帧序号为  $i$ ;  $IoU_{ij \max}$  为筛选第  $i$  帧最大的  $IoU_{ij}$ :  $IoU_{i \max} = \max\{IoU_{ij}\}$ , 其中,  $\{IoU_{ij}\}$  为第  $i$  帧所有的  $IoU_{ij}$ ;

[0062] 则第  $i$  帧球检测框的下边框中心点的坐标  $c_i^b$ , 公式如下:

$$[0063] \quad c_i^b = \begin{cases} \left( \frac{x_{ij1}^p + x_{ij2}^p}{2}, y_{ij2}^p \right), & IoU_{ij}^p > 0 \\ \left( \frac{x_{i1}^b + x_{i2}^b}{2}, y_{i2}^b \right), & IoU_{ij}^p = 0 \end{cases}$$

[0064] 其中,  $x_{ij1}^p$  为 i 帧第 j 个排球运动员检测框左上点的横坐标,  $x_{ij2}^p, y_{ij2}^p$  为第 i 帧第 j 个排球运动员检测框右下点的横、纵坐标;  $x_{i1}^b$  为第 i 帧球检测框左上点的横坐标,  $x_{i2}^b, y_{i2}^b$  为第 i 帧球检测框右下点的横、纵坐标;

[0065] 当  $IoU_{ij}^p > 0$  时, 判断  $B_i^b$  为击球点, 并把第 i 帧第 j 个排球运动员检测框下边框中心点的坐标  $\left( \frac{x_{ij1}^p + x_{ij2}^p}{2}, y_{ij2}^p \right)$  作为该球点对应二维图像中的坐标;  $IoU_{ij}^p = 0$  时, 判定为球的落地点, 该球点的坐标为对应的球检测框下边框中心坐标  $\left( \frac{x_{i1}^b + x_{i2}^b}{2}, y_{i2}^b \right)$ 。

[0066] 步骤 S6 具体为: 用平面映射描述从球场模型中的坐标  $g = (x, y, 1)^T$  到原始帧图像

坐标  $g' = (u, v, 1)^T$  的映射:  $g' = Hg$ , 记为:  $\begin{pmatrix} h_{00} & h_{01} & h_{02} \\ h_{10} & h_{11} & h_{12} \\ h_{20} & h_{21} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix}$ 。

[0067] 以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解, 本领域的普通技术无需创造性劳动就可以根据本发明的构思做出诸多修改和变化。因此, 凡本技术领域中技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的试验可以得到的技术方案, 皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

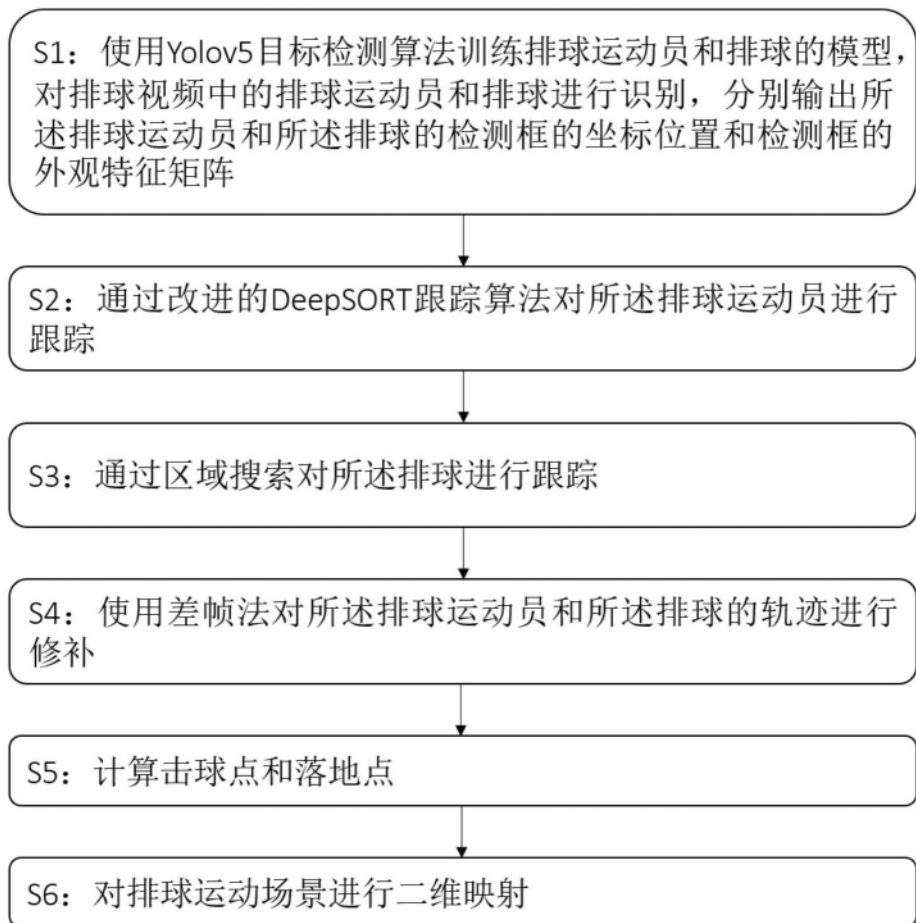


图1

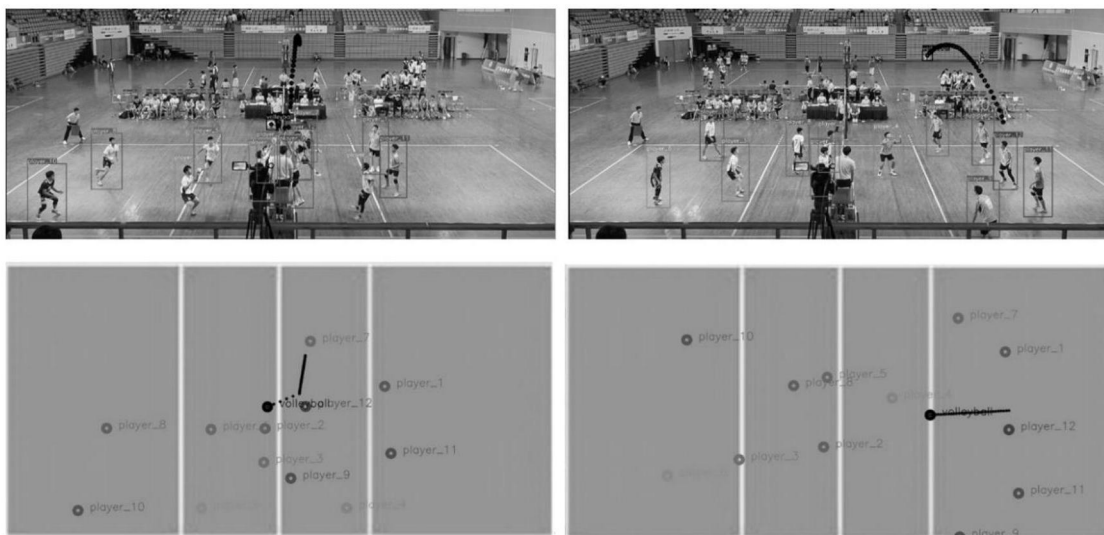


图2

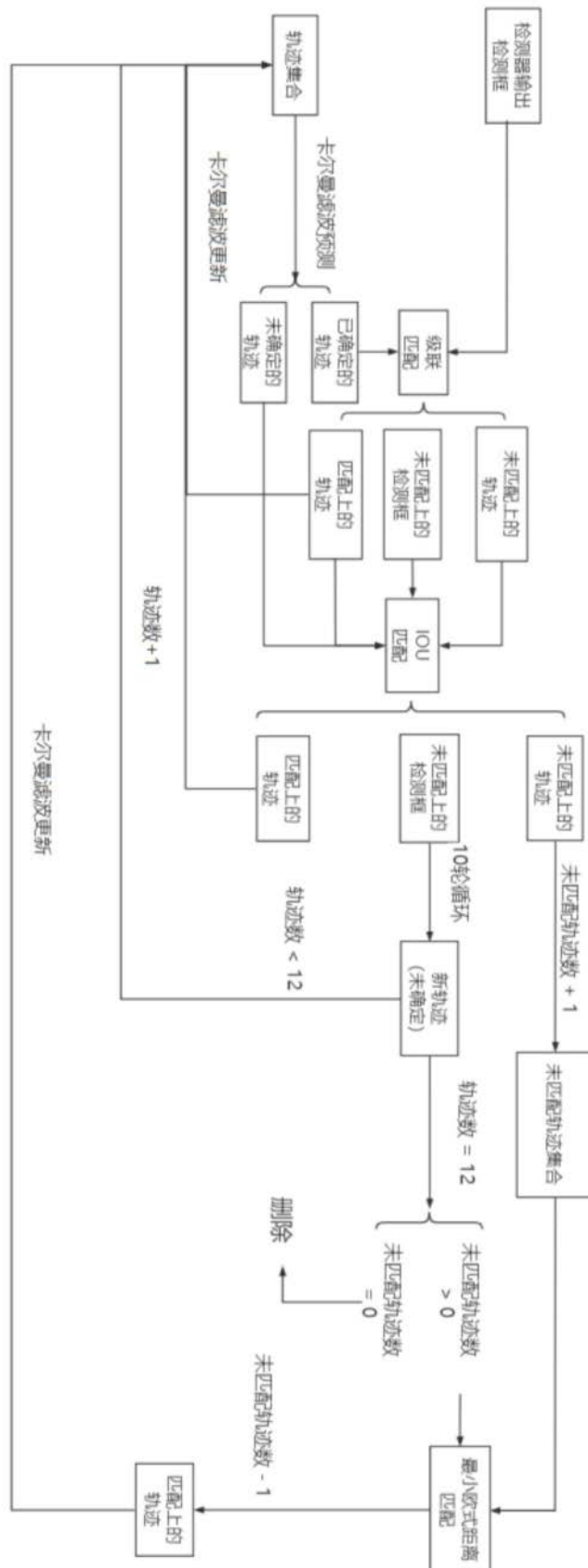


图3