

文章编号: 1004-4353(2019)02-0161-05

网球视频中球员的侦测与追踪

张容娟^{1,2}, 谢朝和^{1,2}, 黄风华^{1,2}

(1. 阳光学院 人工智能学院, 福建 福州 350015;
2. 阳光学院 空间数据挖掘与应用福建省高校工程研究中心, 福建 福州 350015)

摘要: 针对现有的球员侦测与追踪方法中颜色信息的提取容易受到目标与噪声之间的色差及光照变化的干扰, 从而影响侦测准确度的问题, 提出了一种球员侦测与追踪的新方法. 首先运用较为可靠的边缘信息侦测网球球场的场线, 重建场地信息. 其次运用重建场地信息设计过滤器, 过滤球场噪声; 运用场线信息, 定义上下半场球员侦测的范围与两种不同尺寸的搜寻视窗. 然后通过提取图像边缘密度信息, 在搜寻窗内利用模板匹配方法估测球员位置. 最后利用 3 种场地类型对本文方法进行了验证, 结果表明本方法的平均正确率(92.3%) 高于文献[3]的方法(91.12%), 且比文献[3]更具有普适性.

关键词: 场线侦测; 球员的侦测与追踪; 边缘检测; 模板匹配

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

Detection and tracking of tennis video players

ZHANG Rongjuan^{1,2}, HSIEH Chaur-heh^{1,2}, HUANG Fenghua^{1,2}

(1. College of Artificial Intelligence, Yango University, Fuzhou 350015, China; 2. Spatial Information Engineering Research Centre of Fujian Province, Yango University, Fuzhou 350015, China)

Abstract: The existing player detection and tracking methods from videos usually utilize color information, which will reduce the detection accuracy since color information extraction is easily affected by noises and illumination change. To solve the problem this paper proposes a new method for player detection and tracking. Firstly, the more reliable edge information is utilized to detect the field lines and reconstruct the court accordingly. Secondly, the reconstructed court information is used to filter out the noises outside the court. Next, we use the field line information to calculate the detection ranges and search window sizes of players in the upper half and the lower half courts. Finally, the image edge density information is extracted, and the template matching method is applied in the search window to estimate the player position. The results show that the average correct rate of this method (92.3%) is higher than that of the literature [3] (91.12%), and good adaptability to the tennis courts of different materials is also proved.

Keywords: court line detection; player detection and tracking; edge detection; template matching

0 引言

目标检测、追踪与轨迹分析是体育视频分析的一个重要研究方向, 该研究对制定比赛策略与分析球员的运动行为等具有很大帮助^[1-2]. 国内外学者在球员的侦测与追踪方面已进行了大量的研

究, 其中最常用的方法是背景差分法和帧间差分法. 例如: 文献[3]基于背景模型, 在当前帧和下一帧之间执行图像差分, 通过在所创建的背景图像中执行逻辑与操作来获得图像差分结果, 并在此基础上检测视频中的球员. 但该方法未考虑计分板区域、广告牌、观众和裁判等噪声的影响, 因此

该方法的准确性有待于进一步提高. 文献[4]提出了一种基于高斯混合模型的背景建模球员侦测算法,该算法把经过预处理的静态背景作为高斯模型的初始化参数,然后利用帧间差分法区分图像中的不同活动区域,以不同的更新速率更新相应的高斯模型,以此实现球员的侦测. 但文献[4]并未明确提出如何划分不同活动区域,且主要是针对足球运动而进行的分析. 文献[5]根据足球场地的颜色特征,利用颜色分量差值的统计信息,从视频中分割出球员. 该方法容易受到球员和裁判衣服颜色的影响,若差值没有超过阈值,侦测结果就会存在相应的误差. 文献[6]为了识别球员的连通区域,运用颜色信息分割提取场地信息,以此滤除看台和场地线等噪声,但该方法的侦测准确度容易受到光照变化的影响. 基于上述方法所存在的问题,本文针对网球视频中球员与网球场地颜色相近容易导致侦测误差的问题,提出一种新的球员侦测与追踪的方法,并通过 3 种场地类型的实验验证本文方法的准确性.

1 球员侦测与追踪的方法

1.1 网球场地的重建

由于比赛时球员的活动范围局限于比赛场地内部或周边的一定范围,因此准确提取网球比赛场地的信息,有助于过滤噪声和缩小球员位置的搜寻范围. 本文采用文献[7]中的方法提取比赛场地信息. 首先,将输入的标准图像转为梯度图像;其次,计算最上方与最下方 2 条场线所在的垂直位置和左右顶点,也就是场地的 4 个角点,以此形成场地范围;再次,将场地边缘细线化,并通过霍夫转换在细线化后的边缘点处检测出直线;最后,将检测出的直线分群整合为 11 条场线,并由此得到 30 个交点坐标,依次标记为 $P1-P30$. 场地重建结果如图 1 所示.

1.2 噪声过滤

运用边缘信息侦测与追踪球员时,首先要先把原始图像转换为边缘图像. 本文通过双阈值 Canny 边缘检测算法^[8](上下亮度阈值分别为 100 和 150)来获取边缘图像,该方法可避免球员与网球场地背景颜色相近所导致的侦测误差. 转换所得的边缘图像如图 2 所示. 为了提高球员侦

测的准确性与效率,本文运用场地信息过滤掉裁判、广告牌、记分牌和场线等场地附近的噪声.



图 1 场地重建结果图

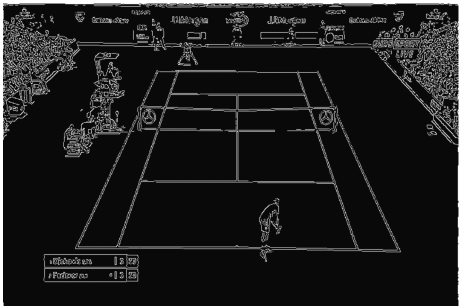


图 2 边缘图像

1)场线的消除. 为避免场线模糊影响过滤结果,本文在场地重建的基础上,将还原后的场线进行膨胀处理^[9],使其能更完整地覆盖图像中场线的像素位置. 然后将膨胀后的场线作为掩模,用以屏蔽边缘图像中所对应位置的像素,这样即可消除场线. 场线消除的结果如图 3 所示.

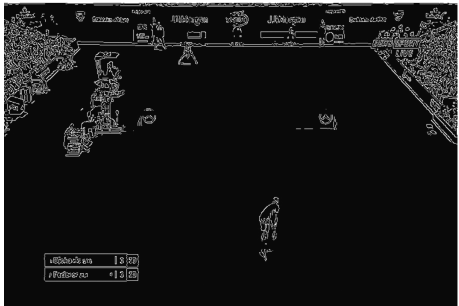


图 3 场线消除结果图

2)观众席、广告牌、裁判的消除. 在图 1 的场线交点坐标系中,设置区域范围略大于场地的 2 个梯形区域(见表 1),并将区域外的内容均定义为噪声,如广告牌、裁判以及观众席等. 噪声滤除结果如图 4 所示. 由图 4 可以看出,噪声仅剩下記分牌.

表 1 上下场地的梯形屏蔽区域

场线位置	上半场(X,Y)	下半场(X,Y)
左上角坐标	$(X_{P1} - (X_{P2} - X_{P1}), Y_{P1} - (Y_{P6} - Y_{P1}))$	(X_{P16}, Y_{P16})
右上角坐标	$(X_{P5} + (X_{P5} - X_{P4}), Y_{P5} - (Y_{P10} - Y_{P5}))$	(X_{P20}, Y_{P20})
左下角坐标	$(X_{P11} - (X_{P2} - X_{P1}), Y_{P11} - height/48)$	$(0, height)$
右下角坐标	$(X_{P15} + (X_{P15} - X_{P14}), Y_{P15} - height/48)$	$(width, height)$

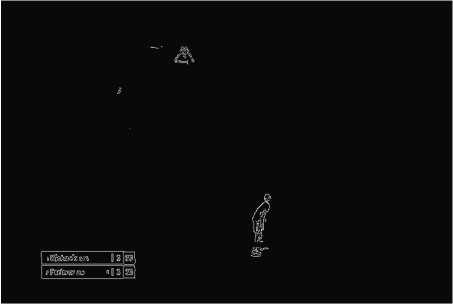


图 4 观众席、广告牌、裁判消除结果图

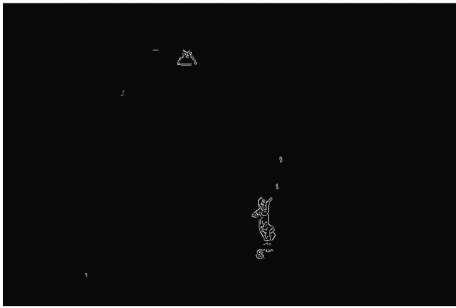


图 5 记分牌消除结果图

3) 记分牌的消除. 因记分牌在视频画面中具有位置相对固定和亮度恒定的特征, 因此本文使用文献[10]的方法将其消除. 侦测记分牌时仅以水平场线的下方作为搜寻范围, 可进一步提升记分牌的侦测准确性与效率. 本文使用 $L(L=8)$ 张连续图像搜寻记分牌的位置. 首先将输入的原始图像转化为灰阶图像(IM)和边缘图像(EM), 然后计算连续两张图像对应位置的数值差异, 以获得累积亮度图(AIM)与累积边缘图(AEM), 其公式表达如式(1)和式(2)所示. 公式(3)用于辨识记分牌像素. 若对应位置的 AIM 和 AEM 的累积数量都超过阈值(本文设定阈值为连续图像张数 L 的 80%, 即 $0.8L$), 则判定该位置为记分牌. 确定记分牌的位置后, 对记分牌进行膨胀处理, 以此消除记分牌. 记分牌的消除结果如图 5 所示.

$$\begin{aligned} AIM_{(x,y)} = & \begin{cases} AIM_{(x,y)} + 1, & |IM_{(x,y)}^k - IM_{(x,y)}^{k-1}| \leq 3; \\ AIM_{(x,y)}, & |IM_{(x,y)}^k - IM_{(x,y)}^{k-1}| > 3. \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} AEM_{(x,y)} = & \begin{cases} AEM_{(x,y)} + 1, & EM_{(x,y)}^k = EM_{(x,y)}^{k-1}; \\ AEM_{(x,y)}, & EM_{(x,y)}^k \neq EM_{(x,y)}^{k-1}. \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

$$CFM_{(x,y)} = \begin{cases} 255, & AIM_{(x,y)} \geq 0.8L \& AEM_{(x,y)} \geq 0.8L; \\ 0, & \text{其他.} \end{cases} \quad (3)$$

上式中, $IM_{(x,y)}^k$ 与 $EM_{(x,y)}^k$ 表示第 k 张灰阶图像与边缘图像位置 (x,y) 的像素值, $2 \leq k \leq 8$.

1.3 球员的侦测与追踪

本文根据大量的试错实验, 在图 1 所示的场线交点坐标系中, 定义了球员在上下半场的搜寻范围, 如图 6 所示. 搜寻范围参数见表 2.



图 6 球员搜寻范围

由于视频图像中双方球员所占位置的大小与上下 2 条底线的长度成正比, 因此本文先根据场线的交点坐标分别计算上下 2 条水平底线的长度, 然后再使用各自半场的场线长度乘以相应系数, 以此计算出双方球员滑动窗口大小(宽度系数为 $1/9$, 高度系数为 $1/7$). 每个窗口的边缘密度利用滑动窗口的方式进行计算, 并定义边缘密度最大的窗口位置为球员位置. 球员位置的计算如式(4)所示:

$$player_position = \arg \max_{k \in SW} (edge_density(k)),$$
$$edge_density(k) = \sum_{i \in k} RNI_i^k.$$

式(4)中,SW表示上述所定义的球员搜寻范围,RNI_i^k表示第k个搜寻窗口中的第i个像素值。

表 2 上下场地的球员搜寻范围参数

场线位置	上半场(X,Y)	下半场(X,Y)
左上角坐标	(X _{P11} - (X _{P2} - X _{P1}), Y _{P1} - (Y _{P11} - Y _{P1}))	(X _{P26} - (2/3)X _{P26} , Y _{P16})
右上角坐标	(X _{P15} + (X _{P5} - X _{P4}), Y _{P1} - (Y _{P11} - Y _{P1}))	(width - (2/3)(width - X _{P30}), Y _{P16})
左下角坐标	(X _{P11} - (X _{P2} - X _{P1}), Y _{P11})	(X _{P26} - (2/3)X _{P26} , (1/5)(height - Y _{P30}))
右下角坐标	(X _{P15} + (X _{P5} - X _{P4}), Y _{P11})	(width - (2/3)(width - X _{P30}), (1/5)(height - Y _{P30}))

由于测试视频图像的帧速率为 30 帧/s,因此追踪时可以适当缩小搜寻范围. 本文以侦测得到的滑动窗口大小为初始状态,将侦测视窗宽度向左右各拉伸至原宽度的 2 倍,高度向上下拉伸至原高度的 1.5 倍,以此作为下一帧图像的球员追踪范围. 追踪时将前一次球员的边缘轮廓图像作为模板,并通过模板匹配的方式,计算搜寻范围中每一个搜寻窗口的边缘轮廓图像与模板间的相关性,相关性最高的位置即为球员位置^[11].

2 实验结果与分析

2.1 球员侦测与追踪的正确率

利用收集到的 140 个比赛视频片段(包含温布顿、美网、澳网与法网)的侦测与追踪结果来评估本文方法的性能. 视频片段中的场地包括草地、硬地、红土 3 种类型. 计算预测球员区域与真实球员区域的重合度 Φ,其计算方法如下:

$$\Phi = \frac{A(B_G \cap B_D)}{A(B_G \cup B_D)}.$$

(5)

其中 B_G 表示真实球员区域, B_D 表示预测球员区域, A(S) 表示集合 S 的面积.

本文将重合度的阈值设为 0.6,超过该值时视为侦测成功,否则视为侦测失败. 球员侦测与追踪的结果范例如图 7 所示,侦测与追踪的正确率如表 3 所示. 由表 3 可知,本文方法的平均正确率为 92.30%,该结果高于文献[3]的结果(91.12%). 另外,因本文的实验数据量(53 172 帧图像)远多于文献[3]的实验数据量(1 500 帧图像),且数据中的场地类型(温布顿、美网、澳网与法网公开赛)多于文献[3]的场地类型(法网和美网);因此本

文方法具有更好的普适性.

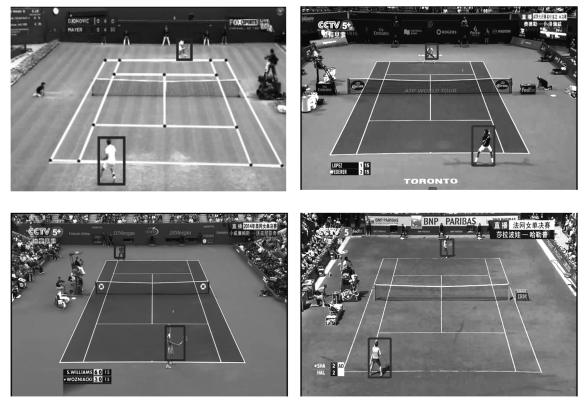


图 7 球员侦测与追踪的结果范例

表 3 球员侦测与追踪的正确率

场地类型	总帧数	正确帧数	正确率/%
草地(温布顿)	15 781	14 426	91.41
硬地(美网、澳网)	24 635	23 191	94.13
红土(法网)	12 756	11 460	89.84

2.2 影响球员侦测与追踪结果的因素分析

为了明确场线侦测的准确率对球员侦测与追踪结果的影响,本文对场线侦测的准确率进行了计算. 首先选取视频中比赛场地的 2 条底线和 2 条双打边线的 4 个交点作为标准点,然后运用本文中的球场场线侦测方法计算出 4 个相应的侦测点. 定义任意侦测点与标准点之间的误差超过门限值(20 个像素)即为场线侦测错误. 场线侦测的正确率如表 4 所示.

由表 3 和表 4 可以发现,球员侦测与追踪的正确率与场线侦测的正确率成正相关,因此可判定场线侦测正确与否是影响球员侦测与追踪结果

的主要因素. 进一步研究表明,摄像头角度的设置不当(倾斜等)是造成场线侦测失败的主要原因. 另外,球员身体的阴影以及球员身体与广告牌的重叠等,也会对球员侦测与追踪的结果产生影响,但这些因素的影响相对较低.

表 4 场线侦测的正确率

场地类型	总帧数	正确帧数	正确率/%
草地(温布顿)	15 781	14 126	89.51
硬地(美网、澳网)	24 635	22 791	92.51
红土(法网)	12 756	10 960	85.92

3 结论

实验表明,本文提出的通过重建网球场地信息,然后利用边缘信息对球员进行侦测与追踪的方法,其平均正确率(92.3%)高于文献[3]的方法(91.12%),且比文献[3]具有更好的普适性,因此本文方法具有良好的应用价值. 在今后的研究中,我们将针对造成漏检的因素做进一步研究,以取得更好的球员侦测与追踪效果.

参考文献:

[1] 童晓峰,刘青山,卢汉清. 体育视频分析[J]. 计算机学报,2008,31(7):1242-1251.
[2] 李慧芳. 网球视频多层次分析与检索[D]. 南京:南

京理工大学,2009.
[3] 桑月标,马庆功. 网球视频中基于背景模型的目标跟踪方法[J]. 湘潭大学自然科学学报,2017(3): 115-118.
[4] 阎刚,崔国栋,于明. 基于高斯混合模型的背景建模球员检测算法[J]. 计算机仿真,2010,27(9):258-262.
[5] 孙仕柏,崔荣一. 基于有向图的足球视频中球员分类算法[J]. 计算机应用研究,2015,32(8):2510-2512.
[6] 陈忠会,于明,于洋,等. 基于 Kalman 滤波和区域匹配的 视频多目标跟踪[J]. 控制工程,2017,24(4): 844-850.
[7] YEH H Y, HSIEH C H, HUANG P S, et al. A robust algorithm for court extraction of tennis videos[C]//The 2nd International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid (IGBSG 2016). Czech: IEEE, 2016:79-83.
[8] 王小俊,刘旭敏,关永. 基于改进 Canny 算子的图像边缘检测算法[J]. 计算机工程,2012,38(14):196-198.
[9] 杨琨,曾立波,王殿成. 数学形态学腐蚀膨胀运算的快速算法[J]. 计算机工程与应用,2005,41(34):54-56.
[10] KIM W, PARK J, KIM C. Scorebox extraction from mobile sports videos using Support Vector Machines[J]. Proc Spie, 2008,7073:70730P.
[11] 王强,宋京民,胡建平,等. 一种快速模板匹配目标识别算法[J]. 计算机工程与应用,2000,36(6):42-43.