

视频目标跟踪的颜色特征学习率优化分析

欧丰林¹, 吴慧君¹, 杨文元²

(1.漳州职业技术学院信息工程学院, 福建 漳州 363000)

(2.闽南师范大学福建省粒计算及其应用重点实验室 福建漳州 363000)

[摘要] 目标跟踪是智能视频监控系统的核心技术基础,在视觉目标实时跟踪过程中往往因为漂移而降低精度.针对这个问题,在颜色特征的基础上,通过分析和优化学习率来抑制漂移,提高目标跟踪的精度.首先,利用RGB颜色特征建立目标背景与干扰感知目标模型.其次,根据干扰感知的模型计算目标跟踪对象的干扰区域与目标区域的概率值与距离值.最后,通过引入不同的学习率,优化目标跟踪中概率值与距离值进行目标定位,得到跟踪结果的最优值.采用VOT2016评估基准60组视频序列验证优化分析的有效性,实验结果表明对学习率进行优化,目标跟踪的精度和速度均有一定程度提高.

[关键词] 计算机视觉,视频目标跟踪,颜色特征,优化分析,学习率,相似性度量

[中图分类号] TP391.4 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-1292(2019)03-0059-07

Optimization Analysis of Target Tracking Learning Rate via Color Feature

Ou Fenglin¹, Wu Huijun¹, Yang Wen Yuan²

(1.School of Information Engineering, Zhangzhou Institute of Technology, Zhangzhou 363000, China)

(2.Fujian Key Laboratory of Granular Computing and Application, Minnan Normal University, Zhangzhou 363000, China)

Abstract: Target tracking is one of the key technologies in the intelligent video monitoring system. Aiming at this problem, this paper analyzes and optimizes the learning rate on the basis of color features to suppress drift and improve the accuracy of target tracking. Firstly, the target background and interference perception target model are established by using RGB color features. Secondly, the probability and distance values of the interference region and the target region of the target tracking object are calculated according to the disturbance perception model. Finally, different learning rates are introduced to optimize the target location of the probability value and distance value in the target tracking, and the optimal value of the tracking result is obtained. In this paper, the effectiveness of the optimization analysis is verified by using the VOT2016 evaluation benchmark group of 60 video sequences. The experimental results show that the optimization of learning rate, the accuracy and speed of target tracking are improved to a certain extent.

Key words: computer vision, video target tracking, color characteristics, optimization analysis, learning rate, similarity measure

视频序列运动目标跟踪问题是计算机视觉的热点^[1],在安防、智能交通、智能交通控制、无人驾驶、视频监控和虚拟现实等诸多方面均具有广泛的应用^[2].已公开的目标跟踪算法能解决一些简单的目标跟踪问题^[3],但是在抖动模糊、光照改变、尺度变化等环境下^[4-5],目标跟踪过程出现的漂移现象仍需要更进一步改进.

近年来,目标跟踪方法不断取得佳绩,基于颜色特征^[6]的目标跟踪算法,具有快速目标跟踪的优越性.王欢等人^[7]采用颜色特征直方图与融合权系数,通过加权融合来描述跟踪的目标. Danelljan 等人^[8]提出了一种基于颜色特征的跟踪方法,提升跟踪的精度和运行速度.顾鑫等人^[9]提出一种自适应融合策略目标跟踪算法,通过引入颜色的特征、边缘的特征和粒子滤波来实现目标跟踪. Joost 等人^[10]引入颜色属性的特征来提高目标跟踪的鲁棒性,通过映射方式将初始的 RGB 颜色转到 11 维的颜色空间中,利用概率分布^[11-12]替代原来的像素值,以适应光线变化、遮挡变化等因素造成的失真,并应用到目标识别^[13]和对

收稿日期:2019-07-05.

基金项目:国家自然科学基金青年基金项目(61703196)、福建省自然科学基金项目(2018J01549).

通讯联系人:杨文元,博士,副教授,研究方向:计算机视觉,机器学习. E-mail: yangwy@xmu.edu.cn

象跟踪^[14]领域,取得了较好的效果. 基于 Mean Shift 的目标跟踪算法^[15],通过计算颜色直方图与目标概率的相似度进行目标跟踪^[16],但受光照变化、抖动模糊等环境变化^[17]的影响,会导致目标跟踪漂移.

由于多方面因素的影响,正确对目标跟踪^[18]进行有效的抑制漂移仍存在问题,比如:(1)目标跟踪过程中前景、背景存在相似的颜色特征干扰的外在因素.(2)对象模型自身状态下降低了跟踪的精度,导致目标跟踪的失败问题.

在视觉目标实时跟踪过程中往往因为漂移而降低精度,为了解决这个问题,在颜色特征的基础上,通过分析和优化学习率,以抑制漂移提高目标跟踪的精度. 首先,利用 RGB 颜色特征,得到每一帧图像中每个像素点对应的颜色区间,生成目标背景与干扰感知目标模型特征. 其次,根据干扰感知的模型计算干扰区域目标模型的得分和相似性度量,并利用欧氏距离的相似性度量惩罚帧间移动距离过大的搜索框. 最后,为了避免目标尺度增大而导致干扰区域与目标部分重叠,在获得了新的目标区域和一系列干扰区域后,通过引入不同的学习率,优化目标跟踪算法,以抑制背景和识别出的干扰区域,降低了在下一帧漂移的几率,从而使跟踪结果达到最优值. 视频数据集采用 VOT2016 评估基准,在 60 组视频序列验证优化分析的有效性,实验结果表明,通过学习率的优化,目标跟踪的精度和速度均有一定程度提高.

1 颜色特征及背景抑制模型

下面主要讨论基于颜色特征的目标跟踪器,分别介绍颜色直方图特征相关工作和目标跟踪中的目标像素与背景区域的抑制,通过颜色直方图计算出目标像素所在位置的似然率.

1.1 颜色特征

在目标跟踪中,采用颜色直方图特征对目标进行跟踪,具有防抖动模糊、目标遮挡、动作变化等优点,却容易受目标与背景两者相似性的干扰. 常用的颜色空间主要有 RGB、HSV、LAB 等^[19]. 本文采用 RGB 颜色空间,假设 $\hat{q} = \{q_k; k=1:m\}$,则颜色特征表示的分布概率,定义如下:

$$q_k = C \sum_{u=1}^{u=k} \delta(f(x_u) - k). \quad (1)$$

式中, C 为归一化常数, $\sum_{k=1}^m q_k = 1$, $\delta(\cdot)$ 为狄拉克函数, $\{x_u; u=1:k\}$ 为跟踪区域对应的像素位置, $f(\cdot)$ 函数表示将指定像素映射到直方图相应量级的通道.

1.2 背景抑制

为了对目标跟踪进行识别^[20],目标像素 ϑ 与周围背景像素区域分开,使用了基于颜色直方图贝叶斯分类器^[21]. 设 $H'_\Omega(b)$ 表示在区域 Ω 上计算的归一化直方图, b_x 表示分配给 $I(x)$ 的颜色分量为 b , 给定矩形对象区域 O 表示初始边界框注释和周围区域 S , $H'_O(\cdot)$ 和 $H'_S(\cdot)$ 分别表示前景与背景颜色直方图,最后由贝叶斯公式可得像素为 x 时的似然率:

$$P(x \in \vartheta | O, S, b_x) \approx \frac{P(b_x | x \in O) P(x \in O)}{\sum_{\Omega \in O, S} P(b_x | x \in \Omega) P(x \in \Omega)}. \quad (2)$$

计算上式,前景与背景的先验概率可表示为,

$$P(x \in \Omega) \approx \frac{|\Omega|}{|O| + |S|}, \quad \Omega \in \{O, S\}, \quad (3)$$

则式(3)可以简化为,

$$P(x \in O | b_x) \approx \frac{H'_O(b_x)}{H'_O(b_x) + H'_S(b_x)}, b_x \in \{b(O \cup S)\}. \quad (4)$$

2 基于颜色特征的目标跟踪学习率的优化

在跟踪过程中,目标受光照变化、抖动模糊、尺度变化的不断变化的影响,导致目标跟踪状态随之而变,从而降低了跟踪器的鲁棒性. 为了减少背景混杂和目标相似性等干扰因素的影响,下面对目标跟踪算法的学习率进行优化,以提高目标跟踪器的鲁棒性.

2.1 背景与干扰感知模型

根据图像 RGB 颜色特征信息进行预处理,通过计算式(4)得到目标背景模型 P_s 与干扰感知模型 P_d ,

$$P_s(x \in \mathcal{D} | O, S, b_x) = \begin{cases} \frac{H'_O(b_x)}{H'_O(b_x) + H'_S(b_x)}, & I(x) \in I(O \cup S), \\ 0.5, & \text{其他.} \end{cases} \quad (5)$$

$$P_d(x \in \mathcal{D} | O, D, b_x) = \begin{cases} \frac{H'_O(b_x)}{H'_O(b_x) + H'_D(b_x)}, & I(x) \in I(O \cup D), \\ 0.5, & \text{其他.} \end{cases} \quad (6)$$

式中,目标背景模型 P_s 和干扰感知模型 P_d 分别为在目标区域和干扰区域像素 x 属于目标 \mathcal{D} 的概率值, $\lambda=0.5$ 为权重参数, b_x 表示为图像 $I(x)$ 的 RGB 颜色直方图的第 b 个量化通道, O 为目标跟踪矩形框, S 为背景区域(为目标矩形区域的 2.2 倍).

2.2 目标概率和距离计算

在第 t 帧时,提取了一个矩形搜索区域,进行目标跟踪采样,通过与上一帧的目标位置对比,得到新目标的位置 O_t^* ,

$$O_t^* = \arg \max_{O_{t,i}} (S_v(O_{t,i}) S_d(O_{t,i})). \quad (7)$$

式中, $O_{t,i}$ 表示第 t 帧的第 i 个候选目标, S_v 表示基于组合对象模型的投票分数, S_d 表示基于欧氏距离到前一个对象中心的 c_{t-1} 距离分数.

$$S_v(O_{t,i}) = \sum_{x \in O_{t,i}} P_{1:t}(x \in \mathcal{D} | b_x), \quad (8)$$

$$S_d(O_{t,i}) = \sum_{x \in O_{t,i}} \left(-\frac{\|x - c_{t-1}\|^2}{2\sigma^2} \right). \quad (9)$$

由于相似性的干扰,获得区域也能得到很高的对象模型数分数,当 $\lambda \in [0, 1]$ 时,候选目标被认为是当前帧的干扰目标.

$$S_v(O_{t-1,i}) \geq \lambda S_v(O_t^*). \quad (10)$$

2.3 学习率的分析与优化

在第 t 帧时,根据目标背景模型和干扰感知模型后,得到每个像素点对概率值,在目标区域内根据像素中进行查找,计算得到目标概率图,最后根据目标前景 $H'_O(\cdot)$ 和目标背景 $H'_S(\cdot)$,得到目标对象新的目标位置和精度,进行学习率更新.

$$H'_O(\cdot)_t = \alpha H'_O(\cdot) + (1-\alpha) H'_O(\cdot)_{t-1}, \quad (11)$$

$$H'_S(\cdot)_t = \alpha H'_S(\cdot) + (1-\alpha) H'_S(\cdot)_{t-1}. \quad (12)$$

α 为学习参数, $H'_O(\cdot)_{t-1}$ 与 $H'_O(\cdot)_t$ 分别为在上一帧和当前帧更新后的前景颜色直方, $H'_S(\cdot)_{t-1}$ 与 $H'_S(\cdot)_t$ 分别为在上一帧和当前帧更新后的背景颜色直方图,如图 1 所示.

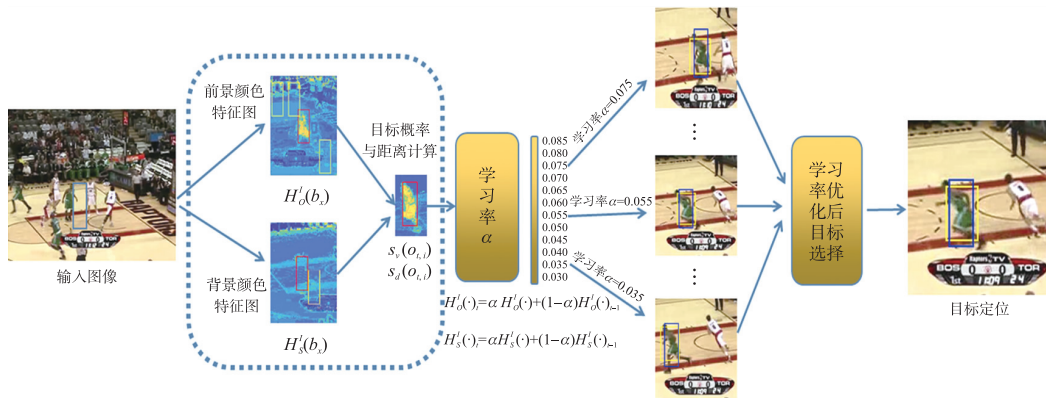


图 1 视频目标跟踪的颜色特征学习率优化分析框图

Fig. 1 Optimization analysis of target tracking learning rate via color feature

获得目标概率图后,将采样窗口的 80%的重叠率在搜索区域进行主逐步扫描. 根据式(7)中概率值和距离值逐个进行采样计算,并获得每个区域的概率值和距离值,然后对得到的分数进行排列,得分最高的候选目标作为当前帧的定位结果,满足 $S_v(O_{t-1,i}) \geq \lambda S_v(O_t^*)$ 的采样区域可认定为当前帧存在的干扰目标. 通过学习率的优化后,可得到目标对象新的目标位置和精度.

2.4 算法实现

本文视频目标跟踪的颜色特征学习率优化算法可分为 5 个主要组成部分:输入图像,前景、背景颜色特征,背景特征抑制,学习率优化调整,目标定位及图像输出. 具体步骤如下:

- Step 1 初始化颜色特征目标跟踪器,输入算法中要求的各项参数中.
- Step 2 利用图像 RGB 颜色特征信息进行预处理 $H'_0(b)$,得到目标模型 $H'_0(\cdot)$ 和干扰模型的颜色直方图 $H'_s(\cdot)$.
- Step 3 循环直到视频序列结束.
- Step 4 计算 t 帧目标区域、前景区域和背景区域概率值 $S_v(O_{t,i})$ 和距离值 $S_d(O_{t,i})$;当 $S_v(O_{t-1,i}) \geq \lambda S_v(O_t^*)$ 为候选目标被认为是当前帧的干扰目标.
- Step 5 通过 t 帧定位搜索区域并与前一帧位置进行计算,得到新的目标位置 O_t^* ,如公式(7).
- Step 6 根据目标的位置和精度,进行 $H'_0(\cdot)_t = \alpha H'_0(\cdot) + (1-\alpha)H'_0(\cdot)_{t-1}$ 中的学习率 α 更新.
- Step 7 输出学习率对应的目标跟踪结果.
- Step 8 返回各学习率跟踪的目标跟踪结果.

3 实验结果与分析

为评估优化算法的有效性,在文献[22]中的 Visual-Object-Tracking 公开的数据集中,对 60 个序列的数据集进行实验评估,其中包含的评价内容有抖动模糊(camera motion, CM),光照改变(illumination change, IC),尺度改变(size change, SC),遮挡(occlusion, OCC),动作改变(motion change, MC)等.

3.1 实验环境参数

该实验平台为 Matlab R2018b,处理器是 Intel Core i7-4790,内存为 8 GB. 算法中的自适应更新阈值范围 0.4 到 0.7,尺度模型更新学习率为 0.5,尺度更新阈值 0.2.

3.2 定性评估

Accuracy 精度率用来评价 tracker 跟踪目标的准确度,数值越大,准确度越高. 利用目标跟踪器、压缩感知跟踪器能全程跟踪目标,目标模型学习率 α 从 0.030 至 0.085 范围取最优值,步长 0.005. 评价指标中各项数据如图 2 所示,评价指标中:抖动模糊 CM,动作变化 MC,光照改变 IC 随着 α 的增加,目标跟踪精度较为平稳,而目标遮挡 OCC 随着学习率 α 的上升,精度出现小幅波动,在 $\alpha=0.055$ 时,跟踪精度出现小幅升高.

图 3 表示目标跟踪重叠对比图,抖动模糊 CM,动作变化 MC,光照变化 IC 随着学习率 α 上升,目标跟踪重叠较为平稳,而目标遮挡 OCC 随着学习率 α 为 0.055 位置出现上升.

图 4 表示目标跟踪中的每秒钟的基线速度,随着学习率上升,序列 bag 在 $\alpha=0.040$ 位置,跟踪速度帧数出现小幅下降,随后出现帧数上升,在 $\alpha=0.06$ 位置出现速度大幅下降,并在 $\alpha=0.075$ 位置,速度平稳后

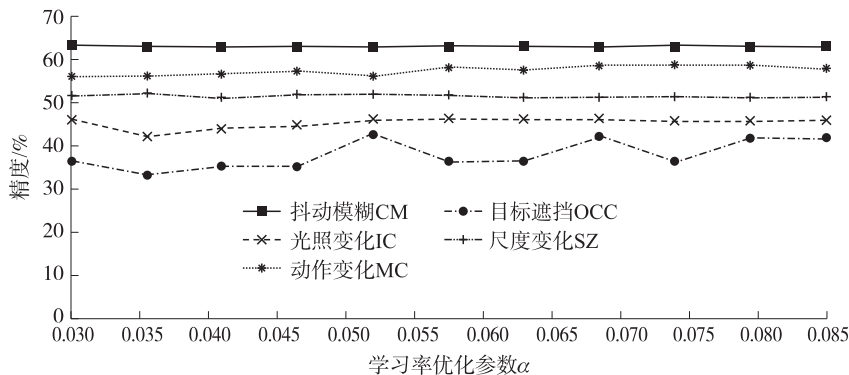


图 2 精度率对比图

Fig. 2 Comparison diagram of accuracy rate

又出现上升,而 ball1, ball2, basketball, birds1, birds2 这几个序列在 α 从 0.035 至 0.055 位置表现的速度较为平稳,在 $\alpha=0.060$ 至 0.075 位置现出速度下降并在 $\alpha=0.075$, 目标跟踪速度出现上升状态. 造成的原因是光照变化的影响,使得跟踪过程中出现上升波动.

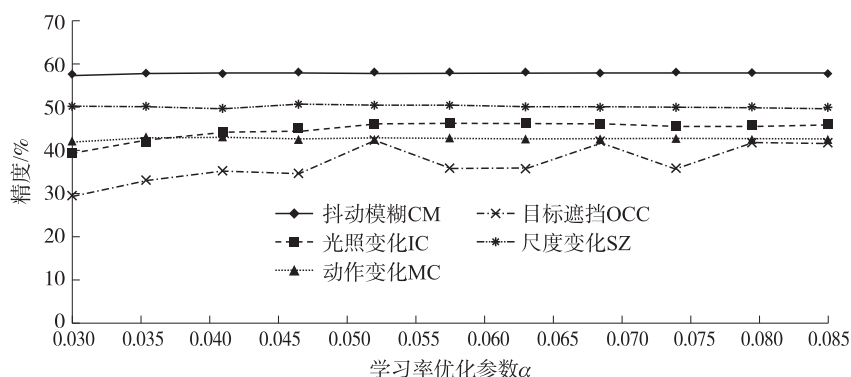


图3 目标跟踪重叠率对比图

Fig. 3 Target tracking overlap comparison

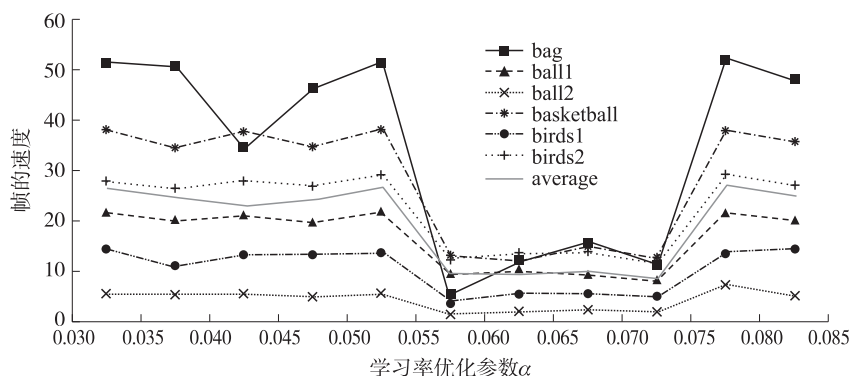


图4 基线速度对比图

Fig. 4 Speed Report for experiment baseline

图5表示目标跟踪中的无监督基线速度,学习率 α 从 0.030 至 0.055 变化时,跟踪器在跑 bag, ball1, ball2, basketball 等序列时,跟踪器跑序列 bag 的速度为 50 帧/s,序列 bag1 为 40 帧/s, bag2 为 30 帧/s,序列 bird1 和 bird2 的速度较为平稳,每秒钟速度约为 30 帧. 当学习率 α 从 0.060 至 0.075 时,由于受视频中光照的强烈变化,跟踪的速度受到较大的影响,跟踪器跑序列 bag, ball1, ball2, basketball, birds1, birds2 的速度大约维持在 10 帧/s. 随着光照变化不稳定因素的消失,跟踪器继续按原来的速度进行目标跟踪.

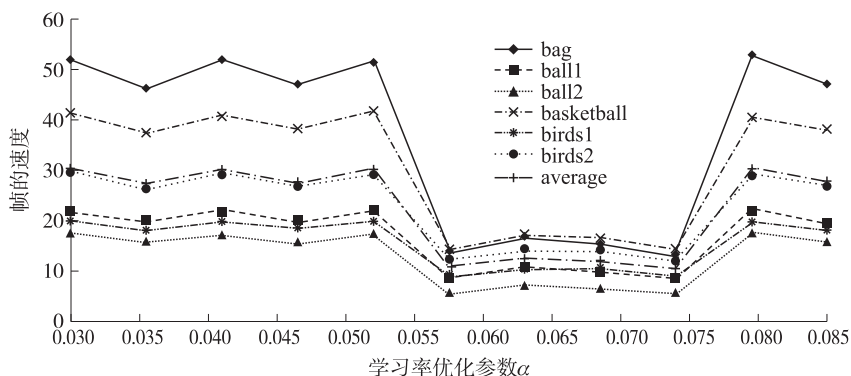


图5 无监督基线速度对比图

Fig. 5 Unsupervised speed report for experiment baseline

3.3 定量评估

在图4中,学习率 $\alpha=0.055$ 位置出现极值数据,并与先进的算法 DAT^[5], KCF^[11], DSST^[23], SAMF^[24], Staple^[25], LCT^[26], ECO^[27] 进行对比. 由表1可知,本文算法 Overlap 为 55.02%,比 Staple 为 54.33%提高了

0.69%,在 baseline 的速度为 26.77 帧/s,比 DAT 提高了 2 帧/s.

表 1 各算法评价指标对比

Table 1 Comparison of evaluation indexes of each algorithm

算法对比	baseline				unsupervised	
	A-R rank		EAO	speed FPS	Overlap AUC	speed FPS
	Overlap	Failures				
DAT	0.543 0	2.852 4	<u>0.203 8</u>	24.361 4	0.457 5	27.635 9
KCF	0.488 8	38.08 2	0.192 4	22.253 5	0.302 3	20.507 4
DSST	0.527 3	<u>44.813 8</u>	0.181 4	13.900 3	0.326 9	11.940 4
SAMF	0.497 6	37.793 7	0.185 6	3.649 2	0.350 0	4.335 2
Staple	0.543 3	23.895 0	0.295 2	14.432 9	0.389 5	16.483 9
LCT	0.408 7	35.260 4	0.168 2	3.375 4	0.271 6	2.339 4
ECO	0.546 4	11.673 4	<u>0.374 2</u>	<u>54.206 4</u>	0.441 2	<u>63.302 5</u>
本文算法	<u>0.550 2</u>	2.966 1	0.188 7	26.779 3	<u>0.470 0</u>	30.341 2

4 结语

本文对基于颜色特征的目标跟踪学习率优化分析,实验表明本文优化方法具有较好鲁棒性,从而解决了目标漂移、跟踪的精度问题,但本文算法处理光照和学习率的效率问题不佳,下一步研究重点是目标光照和采用 RNN 网络优化更新策略,以更好地提升算法性能.

[参考文献](References)

- [1] YANG H,SHAO L,ZHENG F,et al. Recent advances and trends in visual tracking:a review[J]. Neurocomputing,2011,74(18): 3823-3831.
- [2] WANG D,LU H,YANG M H. Least soft-threshold squares tracking[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Portland Oregon,USA,2013.
- [3] JOÃO F H,CASEIRO R,MARTINS P,et al. Exploiting the circulant structure of tracking-by-detection with kernels[C]// Proceedings of the European Conference on Computer Vision. Florence,Italy,2012.
- [4] 胡良梅,段琳琳,张旭东,等. 融合颜色信息与深度信息的运动目标检测方法[J]. 电子与信息学报,2014,36(9):2047-2052.
HU L M,DUAN L L,ZHANG X D,et al. Moving object detection based on the fusion of color and depth information[J]. Journal of electronics & information technology,2014,36(9):2047-2052.(in Chinese)
- [5] POSSEGGGER H,MAUTHNER T,BISCHOF H. In defense of color-based model-free tracking[C]//Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Prague Czech Republic,2015.
- [6] 张焱,张志龙,沈振康,等. 基于动态显著性特征的粒子滤波多目标跟踪算法[J]. 电子学报,2008,36(12):2306-2311.
ZHANG Y,ZHANG Z L,SHEN Z K,et al. The images tracking algorithm using particle filter based on dynamic salient features of targets[J]. Acta automatica sinica,2008,36(12):2306-2311.
- [7] 王欢,王江涛,任明武,等. 一种鲁棒的多特征融合目标跟踪新算法[J]. 中国图象图形学报,2009(3):489-498.
WANG H,WANG J T,REN M W,et al. A new robust object tracking algorithm by fusing multi-features[J]. Journal of image and graphics,2009,14(3):489-498.(in Chinese)
- [8] DANELLJAN M,KHAN F S,FELSBURG M,et al. Adaptive color attributes for real-time visual tracking[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.Columbus Ohio,2014.
- [9] 顾鑫,王海涛,汪凌峰,等. 基于不确定性度量的多特征融合跟踪[J]. 自动化学报,2011,37(5):550-559.
GU X,WANG H T,WANG L F,et al. Fusing multiple features for object tracking based on uncertainty measurement[J]. Acta automatica sinica,2011,37(5):550-559.(in Chinese)
- [10] VAN D W J,SCHMID C,VERBEEK J,et al. Learning color names for real-world applications[J]. IEEE transactions on image processing,2009,18(7):1512-1523.
- [11] HENRIQUES J F,CASEIRO R,MARTINS P,et al. High-speed tracking with kernelized correlation filters[J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence,2015,37(3):583-596.

- [12] KHAN F S, WEIJER J V, VANRELL M. Modulating shape features by color attention for object recognition[J]. International journal of computer vision, 2012, 98(1):49-64.
- [13] 田鹏,吕江花,马世龙,等. 基于局部差别性分析的目标跟踪算法[J]. 电子与信息学报, 2017, 39(11):2635-2643.
TIAN P, LÜ J H, MA S L, et al. Robust object tracking based on local discriminative analysis[J]. Journal of electronics and information technology, 2017, 39(11):2635-2643. (in Chinese)
- [14] YILMAZ A. Kernel-based object tracking using asymmetric kernels with adaptive scale and orientation selection[J]. Machine vision and applications, 2011, 22(2):255-268.
- [15] 许婉君,侯志强,余旺盛,等. 基于颜色和空间信息的多特征融合目标跟踪算法[J]. 应用光学, 2015, 36(5):755-761.
XU W J, HOU Z Q, YU W S, et al. Fusing multi-feature for object tracking algorithm based on color and space information[J]. Journal of applied optics, 2015, 36(5):755-761. (in Chinese)
- [16] LU H, JIA X, YANG M H, et al. Visual tracking via adaptive structural local sparse appearance model[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- [17] NEBEHAY G, PFLUGFELDER R. Consensus-based matching and tracking of keypoints for object tracking[C]//Proceedings of the IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision. Colorado, USA, 2014.
- [18] PREZ P, HUE C, VERMAAK J, et al. Color-based probabilistic tracking[C]//Proceedings of European Conference on Computer Vision. Copenhagen Denmark, 2002.
- [19] HE S, YANG Q, LAU R, et al. Visual tracking via locality sensitive histograms[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Washington DC, USA, 2013.
- [20] 毕笃彦,库涛,查宇飞,等. 基于颜色属性直方图的尺度目标跟踪算法研究[J]. 电子与信息学报, 2016, 38(5):1099-1106.
BI D Y, KU T, ZHA Y F, et al. Scale-adaptive object tracking based on color names histogram[J]. Journal of electronics and information technology, 2016, 38(5):1099-1106.
- [21] KRISTAN M, LEONARDIS A, MATAS J, et al. The visual object tracking VOT2016 challenge results[C]//Proceedings of European Conference on Computer Vision. Amsterdam Netherlands, 2016.
- [22] ZHANG M, XING J, GAO J, et al. Robust visual tracking using joint scale-spatial correlation filters[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing. Quebec City, Canada, 2015.
- [23] DANELLJAN M, KHAN F S, FELSBERG M, et al. Accurate scale estimation for robust visual tracking[C]//Proceedings of British Machine Vision Conference. University of Nottingham, 2014.
- [24] LI Y, ZHU J K. A scale adaptive kernel correlation filter tracker with feature integration[C]//Proceedings of European Conference on Computer Vision. Zurich Switzerland, 2014.
- [25] BERTINETTO L, VALMADRE J, GOLODETZ S, et al. Staple:complementary learners for real-time tracking[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Las Vegas Nevada, USA, 2016.
- [26] MA C, YANG X K, ZHANG C Y, et al. Longterm correlation tracking[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Prague Czech Republic, 2015.
- [27] DANELLJAN M, BHAT G, KHAN FAHAD S, et al. ECO:Efficient convolution operators for tracking[C]//Computer Vision and Pattern Recognition. Las Vegas Nevada, USA, 2016.

[责任编辑:陈 庆]