

目标主色集结合 SIFT 的彩色目标快速识别

李海涛 吴培良 孔令富

(燕山大学信息科学与工程学院 秦皇岛 066004)

摘 要 针对基于尺度不变特征变换(Scale Invariant Feature Transform, SIFT)的目标识别实时性差的缺陷,提出了一种结合目标主色集(Object Dominant Color Set, ODCS)初定位的 SIFT 彩色目标快速识别算法(ODCS-SIFT)。将目标识别分为两个阶段:在离线训练阶段,采用人机交互的方式提取目标特征;在实时图像处理阶段,首先基于目标主色集进行顺序网格搜索和种子填充,再根据各主色频数约束来确定目标的初定位区域,最后在灰度化的初定位区域进行 SIFT 处理。对比实验表明,本方法可有效地提高 SIFT 目标识别的实时性。

关键词 目标主色集,目标识别,特征联合

中图法分类号 TP391.4 **文献标识码** A

Combining ODCS and SIFT for Fast Color Object Identification

LI Hai-tao WU Pei-liang KONG Ling-fu

(College of Information Science and Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract To improve the celerity of object identification based on scale invariant feature transform(SIFT), a new fast approach called ODCS-SIFT was proposed to locate and identify color object from scene using combination of object dominant color set(ODCS) and SIFT. The whole approach comprises two joint stage: off-line training stage and on-line identifying stage. At off-line stage, find ODCS and SIFT libraries through human-machine interaction, while at on-line stage, firstly search in the whole scene image using ordinal grid scanning and seed filling simultaneously, then locate the object roughly using the ODCS frequency restriction, lastly in the smaller grayed location a more real-time and precise SIFT extracting and matching are executed. Experimental results show that the ODCS-SIFT can improve the celerity of object identification effectively.

Keywords Object dominant color set, Object identification, Feature combination

1 引言

目标识别要实现的目标是,用计算机将目标物体从含有其他物体背景的二维图像中识别出来。对复杂环境中的彩色目标识别采用常规基于颜色等全局特征的方法,往往存在误判率高、可靠性差的缺点,而基于局部特征的识别则能取得较好的效果。在众多的局部算子中, SIFT 算子的性能被证明优于其它的算子^[1],但仍然存在高维、实时性差、只适用于灰度图像等缺点^[2,3],因此人们提出了降维的 PCA-SIFT^[4]以及针对彩色图像的 CSIFT^[5]和 HSV-SIFT^[6]。但目前仍没有降低 SIFT 运算时间的有效方法,使其难以应用于诸如机器人目标识别等实时性较高的任务中。

本文从多特征联合的角度提出了目标主色集分割和 SIFT 相结合的 ODCS-SIFT 算法,通过 ODCS 的初定位环节缩小 SIFT 特征提取与匹配的范围,从而提高了系统的效率。实验证明此思路是可行的。

2 SIFT 原理

1999 年 Lowe 首次提出了 SIFT 算法^[2],并于 2004 年加以完善^[3]。SIFT 算子由检测子(Detector)和描述子(Descriptor)组成。Detector 在空间域和尺度区域上同时进行计算,先对图像进行连续的高斯滤波函数形成多个尺度组(Octave),每组分解为一个多尺度高斯图像金字塔(Pyramid),并在组内进行各高斯图像的差分,形成高斯差分尺度组(DOG)。选择 DOG 图像中局部极值点作为候选特征点,再对其中的不稳定点和边缘点进行二次滤除,最后保留的点即为 SIFT 特征点。Descriptor 将检测到的每个特征点都用一个 128 维的特征向量进行描述。SIFT 匹配以两幅图像各 SIFT 特征向量的欧氏距离为度量准则,寻找满足条件的特征点对。

3 彩色目标主色集

3.1 目标主色集表示

到稿日期:2009-01-20 返修日期:2009-04-03 本文受国家 863 高技术研究发展计划资助项目(2006AA04Z212),河北省教育厅自然科学基金项目(Z2008473)资助。

李海涛(1978—),男,博士研究生,讲师,主要研究方向为机器视觉、机器人视觉伺服, E-mail: lht@ysu.edu.cn; 吴培良(1981—),男,博士研究生,主要研究方向为足球机器人; 孔令富(1957—),男,博士生导师,主要研究方向为智能机器人、机器人视觉、人工智能。

主色和主色块特征是图像的主要颜色特征表示方法之一[7]。

定义 1 主色 (Dominant Color, DC)。图像中在视觉上起支配作用的颜色称为主色。其物理意义在于可用最少的颜色来表示原图像,从而大大减少颜色特征的维数。

定义 2 主色块 (Dominant Color Block, DCB)。在 DC 图像中各 DC 所占据的区域。

定义 3 目标主色集 (ODCS)。目标图像各 DC 的集合,它反映了目标的颜色特征信息。本文将 ODCS 形式化地表示为:

$$\text{ODCS} ::= \langle K, P, F_1, F_2, \dots, F_K \rangle$$

其中, K 表示目标的 DC 数目; P 为归一化后的各 DC 频数向量, F_i 表示各 DC 的特征, $F_i ::= \langle c_i, \sigma_i \rangle$, c_i 表示第 i 个 DC 的颜色值, σ_i 表示第 i 个 DC 的颜色扩展值。ODCS 可采用聚类和相关反馈的用户模型离线构建[7,8]。

3.2 ODCS 的目标初定位算法

在以颜色为主要判别依据的目标识别过程中,目前广泛采用的方法是将搜索范围内各像素点的颜色值与预先提取的目标样本进行比较,以确定辨识目标。结合顺序网格与种子填充的目标搜索算法被应用到足球机器人系统中,并有效地提高了场上目标搜索的实时性[9,10]。本文将该思想用于彩色目标初定位环节,提出了基于 ODCS 的目标初定位算法。

Step1 顺序网格单 DCB 搜索。按照步长 λ 将图像划分为多个网格,对于网格内的每一点像素,将其 HSV 值与 ODCS 的主色特征 F_i 进行“位与”操作。若网格内存在 ODCS 中的 HSV 值,则认为找到该目标的某一主色,标记该主色块 DCB_i 。

Step2 区域生长多 DCB 发现。以上一步得到的主色中心为种子点,进行四临域区域生长,将生长区域的像素点 HSV 值与该目标的其他主色特征 F_j 进行“位与”,标记满足条件的各主色块 DCB_j 。

Step3 基于 ODCS 频数比约束的初定位。计算上面得到的各 DCB 的面积比,并计算其与 ODCS 中各主色频数比的相似性度量,将该问题转化为求两个频数直方图的相似性。本文采用简单的直方图求交的方法求解。由于实际主色块数与离线提取的 ODCS 中主色数 K 往往并不相等,需要对实际主色频数直方图进行扩展,扩展部分的直方图主色频数量 0。扩展的实际频数直方图 $B = \{b_i\}$ 和离线提取的 ODCS 频数直方图 $P = \{p_i\}$ 之间的相似性可通过下式计算:

$$d = 1 - \frac{\sum \min(b_i, p_i)}{\sum p_i} \quad (1)$$

若 $d \geq \epsilon$ (ϵ 为阈值),则将各 DCB 构成的区域作为目标初定位区域。

4 ODCS-SIFT 算法

4.1 算法流程

基于 ODCS-SIFT 的目标识别分两个阶段进行:离线分析和在线处理。离线分析阶段通过人机交互的方式采集目标的 ODCS 特征和 SIFT 特征,并分别保存到对应数据库中;在线处理阶段结合目标特征从实际场景图像中进行目标的初定位和精确识别。图 1 为 ODCS-SIFT 算法的流程图。

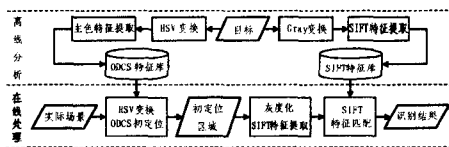


图 1 ODCS-SIFT 系统流程

4.2 ODCS-SIFT 在线处理

在线目标识别的目的就是在摄像机获取的实时场景图像中快速准确地搜索并发现可能存在的目标,并对其进行定位。本文中基于 ODCS-SIFT 的在线目标搜索与定位算法如下。

Step1 颜色空间转换。将实时获取的实际场景图像由 RGB 空间转换为 HSV 空间。

Step2 目标初定位环节。具体算法见第 3.2 节。

Step3 初定位区域灰度化。将初定位区域图像由 HSV 空间转换为灰度空间。

Step4 区域 SIFT 目标识别。提取初定位灰度图像的 SIFT 特征,并将其与离线提取的 SIFT 特征库进行匹配。匹配成功时,认为该初定位区域内存在目标;否则,认为该区域内不存在目标。

重复执行步骤 2—步骤 4,直至整幅图像处理完毕,并输出所有的目标识别结果。

5 实验与结果分析

实验所用机器人内部的处理器为 Pentium4 2.4GHz,内存 256M,视觉系统采用德国 Basler A311fc 数字摄像机和 Metrox1394 采集卡。通过数字摄像机实时获取环境图像,经采集卡进行颜色空间转换、图像主色区域分割等处理。分别对两个目标物体 A 和 B 进行实验。

实验 1 对目标 A 的实验。首先离线构建目标 ODCS,设定主色数目 K 为 3,由 C 均值聚类得到各 DC 的 H 和 S 值为 $\{57, 0.566\}$, $\{208, 0.124\}$, $\{230, 0.5284\}$, 对应扩展值为 $\{4, 0.057\}$, $\{20, 0.034\}$, $\{8, 0.068\}$;各 DC 频数比向量为 $P = \{0.5694, 0.2457, 0.1849\}$ 。实验结果如图 2 所示,图 2(a)为目标 A,图 2(b)为摄像机获取的场景图像,图 2(c)为传统 SIFT 匹配结果,图 2(d)为本文方法结果。其中左图加亮部分为初定位区域,右图为区域 SIFT 匹配。

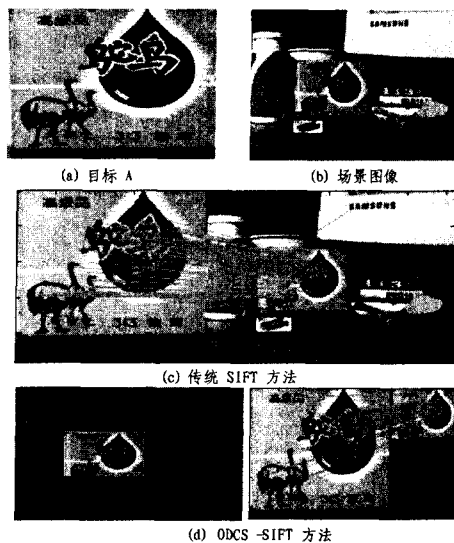


图 2 对目标 A 的实验

wavelet transform[J]. IEEE Trans. Image Processing, 1992, 1(2):205-220

- [2] Shapiro J M. Embedded image coding using zerotree of wavelets coefficients[J]. IEEE Trans. Signal Processing, 1993, 41(12): 3445-3462
- [3] Said A, Pearlman W. A new, fast, and efficient image code based on set partitioning in hierarchical trees[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1996, 6(6):243-250

- [4] 王向阳,杨红颖. 一种新的低内存零树小波图像编码算法[J]. 计算机科学, 2002, 29(8):104-105
- [5] Document SPRU189F. TMS320C6000 CPU and instructions set reference guide[OL]. 2000, www. ti. com
- [6] Calderbank R C, Daubechies I, Sweldens W, et al. Wavelet transforms that map integers to integers[J]. Applied and Computational Harmonic Analysis, 1998, 5(3):332-369
- [7] Daubechies I, Sweldens W. Factoring wavelet transforms into lifting steps[J]. J. Fourier Anal. Appl., 1998, 4(3):247-269

(上接第 258 页)

ODCS 初定位环节主要由采集卡函数实现,花费时间很少(10ms~20ms),ODCS-SIFT 处理时间主要用于后续 SIFT 特征的提取与匹配。由表 1 和表 2 可以看出,实际场景图像为 320 像素×240 像素,初定位区域图像为 114 像素×84 像素,所提取的 SIFT 特征数目由 530 减少为 159,相应的耗时由 0.735s 缩短为 0.250s,节省了约 66% 的时间。在 SIFT 特征匹配时,匹配时间由 0.282s 缩短为 0.094s,节省了约 67% 的时间。并且,由于待匹配特征点的精简和集中,匹配点数目和正确率都有所增加。

表 1 实验 1 中特征点提取结果对比

对比项	目标 A	SIFT	ODCS-SIFT
图像大小/pix	242×216	320×240	114×84
特征点数量	550	530	159
提取时间/s	0.656	0.735	0.250

表 2 实验 1 中特征点匹配结果对比

对比项	SIFT 匹配	ODCS-SIFT 匹配
匹配时间/s	0.282	0.094
匹配点数量	86(2 error)	94(0 error)
匹配正确率	97.67%	100.00%

实验 2 目标 B 在图像中占不同比例时 ODCS-SIFT 的识别效率实验。用摄像机由远及近拍摄目标 B,选取其中 7 帧图像(如图 3 所示),图像大小均为 320 像素×240 像素,ODCS-SIFT 与原 SIFT 的时间对比结果如图 4 所示。可见,目标在场景图像中所占比例越小,ODCS-SIFT 算法的时间优势越明显,该算法的识别时间随目标在图像中所占比例的增大而增加,当目标占据整个图像时,计算时间与传统的 SIFT 方法相当。

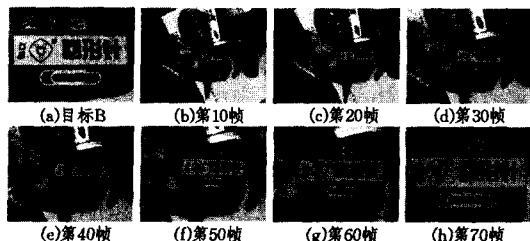


图 3 对目标 B 的实验

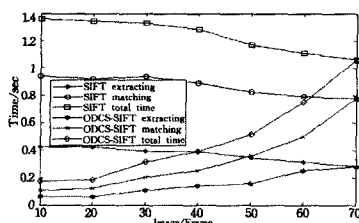


图 4 实验 2 中 ODCS-SIFT 和 SIFT 的时间对比

结束语 本文提出了一种基于主色集分割结合 SIFT 的彩色目标识别方法 ODCS-SIFT,旨在提高 SIFT 目标识别的实时性。目标主色集和 SIFT 特征被有效地结合,应用主色集进行目标初定位,再结合 SIFT 进行特征点提取和匹配。由于避免了对非目标区域进行处理,从而提高了识别的实时性,为自主机器人在复杂环境中的实时目标识别奠定了基础。

全局特征和局部特征在目标识别中各有优势。本文只采用颜色作为全局特征,而实际中对某些目标利用形状或纹理结合 SIFT 可提供更好的描述。设计更加通用的综合特征目标描述与识别方法,是本文下一步的工作。

参考文献

- [1] Mikolajczyk K, Schmid C. A performance evaluation of local descriptors[A]//Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition[C]. Madison, IEEE, 2003:1403-1410
- [2] Lowe D. Object recognition from local scale - invariant features [A]//Proceedings of International Conference on Computer Vision[C]. Vancouver, ICCV, 1999:1150-1157
- [3] Lowe D. Distinctive image features from scale - invariant key - points[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2):91-110
- [4] Ke Y, Sukthankar R. PCA-SIFT: A More Distinctive Representation for Local Image Descriptors [A] // Proceedings of the IEEE Computer Society Conference[C]. Washington DC, IEEE, 2004:511-517
- [5] Abdel-Hakim E, Farag A. CSIFT: A SIFT Descriptor with Color Invariant Characteristics [A]//Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition[C]. New York, IEEE, 2006:1978-1983
- [6] Bosch A, Zisserman A, Munoz X. Scene classification via pLSA [A]//Proceedings of the European Conference on Computer Vision[C]. Graz, ECCV, 2006:517-530
- [7] 徐旭,朱森良,梁倩卉,等. 一种用于 CBIR 系统的主色提取及表示方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 1999, 11(5):385-388
- [8] 袁昕,吴春明,朱森良,等. 基于主色选择的 CBIR 检索[J]. 计算机研究与发展, 2002, 39(9):1120-1126
- [9] 黄晶,赵臣,周明明. 基于快速彩色空间变换的足球机器人目标搜索[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2003, 35(9):1036-1039
- [10] 何超,熊蓉,戴连奎. 足球机器人视觉图象的快速识别[J]. 中国图象图形学报, 2003, 8(3):271-275