

一种新的基于聚类决策的码本更新算法

谢 蒙, 易法令, 杨松润, 吴裕伟

(广东药学院 医药信息工程学院, 广东 广州 510006)

摘 要:在计算机视觉领域中,码本算法是一种通过记录背景颜色值范围构成背景模型,以此提取出视频中运动目标的算法,由于码本背景模型的学习需要花费一段时间,并且对于背景不稳定的场景,需要实时更新,因而造成了运动目标分析效果的下降。文中提出一种新的基于聚类结果进行决策的码本更新算法,该算法通过构建实时的视频帧队列,按相应规则对队列中的顺序帧实时聚类,可以在目标提取的过程中逐步地更新码本,有效地解决了码本更新的实时性问题。实验证明:该方法对不稳定背景环境下的运动目标分析具有较好的效果。

关键词:码本更新算法;聚类决策;运动目标提取

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)03-0101-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.03.026

A New Codebook-updated Algorithm Based on Clustering Decision

XIE Meng, YI Fa-ling, YANG Song-run, WU Yu-wei

(College of Medical Information Engineering, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China)

Abstract:In the field of computer vision, the codebook algorithm is to extract the moving targets in the video through the background model, which is constituted by the background color-value ranges. Since the codebook background model's learning takes some time, and the unstable background requires any updates in real time, the analysis of the moving targets has the poor results. It presents a new codebook-updated algorithm based on the clustering decision, which through building the video frame queue clusters the frames of the queue in sequence according to the corresponding rules, can update the codebook step by step in the process of object extraction, effectively solving the problem of the codebook real time. The results show that the method has good results for analysis of the moving target in the unstable background environment.

Key words:codebook-updated algorithm; clustering decision; moving targets extraction

0 引 言

运动目标分析是计算机视觉领域中一个相当热门的研究主题,可用在视频监控、目标跟踪及动作识别等方面,应用前景十分广泛。其中,运动目标提取是整个分析流程的第一步,也是基础而且关键的一步,其准确性直接影响到后续分析结果能否正确和全面。Kim等人提出的码本(Codebook)算法^[1],是一种静止摄像机条件下的运动目标提取算法,可以处理包含如摇曳的树、转动的风扇这一类动态因素的复杂背景,因其适用条件宽松、运算量少和提取效果优良,而被广泛应用在各种场景中^[2,3]。人们对码本算法进行了大量研究,如建立混合高斯模型,根据领域像素点的关联性在线更

新码本的学习率,提高了在具有复杂运动目标的场景中进行目标检测的正确率^[4,5]。

码本的构建需要一定的时间,通过对足够多的视频帧进行学习,可以构建出有效的背景模型,使目标提取能够准确有效地进行^[6,7]。在码本的构建过程中,会将视频帧全部视作背景,并不考虑是否有运动目标经过。出于这个原因,在构建码本的这段时间里一般不允许运动目标出现,也就无法进行运动目标提取。换句话说,码本构建和目标提取两个过程无法同时进行,把构建码本的这段时间称为死时间。由于进行运动目标分析的场景不都能够维持背景的稳定状态,光线、景物等都可能随着时间的推移而变化,从而导致了先前建立的背景模型失效。假设一种情况,在构建码本时总体光线较弱,导致画面相对较暗,因而建立的码本背景模型所记录的颜色区间都在低亮度范围。但在目标提取的过程中,摄像头范围内的光线由于人为增加光源或自然光线变化而增多,这就使得视频帧各像素点的亮度都比码本中所对应码字记录的区间上界还大,

收稿日期:2012-06-06;修回日期:2012-09-07

基金项目:广东省大学生创新实验项目(1057310028)

作者简介:谢 蒙(1989-),男,广东汕头人,主要研究方向为计算机图像处理;易法令,教授,博士,主要研究方向为计算机图像处理、信息建模。

从而导致了视频帧无法匹配码本,全部像素都被识别为运动目标。为了避免诸如上述情况的发生,保证目标提取的准确性,对于中长期的目标分析任务,每隔一段时间需要重新使用码本学习算法对码本进行再构建,这一过程称为码本的更新。使用通常的码本学习算法进行码本更新,则在整个目标提取过程会出现多段死时间,使目标分析无法连续地进行,这可能导致目标跟踪的中断或者丢失了一部分目标。并且在目标分析的执行过程中,除非人为限制,否则很难找到一段没有运动目标经过的时间空隙,这使得对码本的更新成为了不可能。

文中提出了一种基于聚类决策的码本更新算法,用于消除码本更新带来的死时间,可以在目标提取的同时对码本进行更新,保证目标提取的连续性和时效性,并消除光线、景物变化带来的码本失效,提高了目标提取的准确性。一般来说,在一定长的时间中,同一位置背景出现的时间会比移动目标出现的时间长,即背景相对于运动前景是稳定的^[8-10]。因此,通过对一定长度的视频帧信息进行聚类分析,是可以提取其背景信息的。

1 算法描述

由于在实际应用中背景模型通常无法保持稳定,可能出现光线变化、摄像头过失移动、背景景物变动等突发意外情况。码本背景模型需要每隔一段时间进行更新,以保证背景模型的有效性。本算法通过对最近一定长度视频同一位置像素颜色值进行聚类,通过分析聚类结果确定背景类,然后进行码本更新。由于视频更新、聚类与码本更新几乎是同步进行,因此具有很高的实时性。

1.1 码本结构及码本学习算法简介

码本算法由于效果较优并且计算成本低,已被广泛使用。在使用码本算法前需要先进行码本的构建,这一过程通过码本学习算法完成^[11]。设码本 $C_n = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 其中 n 为码本容量,通常是输入帧像素数量。码本中每个 x 称为一个码字,记录了单一像素可能的背景颜色范围。由于背景颜色可能出现在色彩空间的几个局部,因此每个码字可表示为一个链表 $x_k = \{n_1, n_2, \dots, n_k\}$, 其中 k 为链表长度,链表每个节点 n 记录着一个颜色范围。对于灰度色彩模型,链表节点可表示为四元组 $n = \{t, u, l, np\}$, 其中 t 为该节点最后更新时间,用于优化码本; u, l 分别是背景所在亮度范围上界和下界; np 为指向链表下一节点的指针。对于彩色色彩模型,由于其色彩空间多维,需要对该结构进行一些扩展,以更精确地记录颜色范围、加快查找匹配速度。

码本学习算法将输入帧视作没有运动目标经过的背景,将各像素值与码本中相应记录进行比较,并按照一定规则构造码本,通过对足够多个视频帧的学习,即可获得可用的码本背景模型。码本学习算法先获取一个视频输入帧 F , 将该帧完全视为背景,并将输入帧 F 逐个像素与码本中相应位置的码字进行比较,并执行码字学习逻辑,该逻辑描述如下:

(1) 若像素值 $pv \in [l_n - BO, u_n + BO]$, 则修改颜色范围使其包含该像素值,并设置更新时间为当前时间,执行(3); 否则执行(2)。其中 n 为对应码字的某一节点,表示码字记录的一个颜色区间。 l_n, u_n 为颜色范围上下界,常数 BO 为一个非负正整数,以宽松颜色区间边界;

(2) 新建一个颜色区间上界、下界皆等于当前像素值的节点,插入到链表中,并执行(3);

(3) 检测记录中所有节点的更新时间 t_n , 若超出常数“最大无更新时间”则删除该节点; 若记录中有两个节点颜色区间存在交集则合并两个颜色区间,结束。

从上述算法可以看出,单个码字的学习逻辑清晰简单,问题的关键在于码本学习算法将输入帧完全作为背景进行学习,而不考虑是否有运动目标出现在帧中,因此会产生死时间,影响检测的实时性和效率。

1.2 聚类决策的码本更新算法

聚类决策的码本更新算法的基本执行方法是每隔若干帧便将一帧数据保存在有长度限制的队列中。当队列达到最大长度后,每次入队操作都会伴随一次出队,并分别将队列中各帧同一位置的像素值进行聚类。聚类就是根据对象上的某个或某几个属性将多个对象进行分类,将属性相同或接近的对象划分到一个集合,将全部对象划分为一个或多个集合的这一过程。若聚类结果存在这样一个集合,其元素数量在所有聚类结果集合中是显著多的,则认为该分类是背景类,并将它的元素更新到码本相应记录中。至此就完成了一次码本的更新。

集合元素数量显著多,即该集合元素相比同次聚类结果的其他集合的元素数量超出一定数量 k , k 值通过以下公式(1)得出:

$$k = E/N * (C + 1) \quad (1)$$

其中 E 为总的元素数量,即各帧同一位置的全部像素值, N 为聚类结果的集合数量, C 为常实数,取值范围 $[0, N - 1]$ 。该公式的意义是将元素数量 E 均分为 N 份,其中一份的元素数量为 E_n 。若某集合元素数量大于 E_n 的 $C + 1$ 倍,则认为该集合的元素数量显著多。 C 值为经验值,对于不同的应用场合,可能需要进行调整已改善算法的效果。

文中的算法验证测试中,使用了 K-Means 算法对

颜色值进行聚类,程序每隔 1 秒缓存 1 帧数据,共缓存最近 5 帧。针对通道环境进行了测试,认为 C 选取在 $[0.55,0.65]$ 的范围效果较佳。

表 1 数据为运动目标变化较大的通道环境下, C 取不同值时,若干没有关联的视频帧中被判为背景点的像素数量占总量之比,其每一行为同一个视频帧使用不同 C 值得出的测试数据,结果取两位有效数字。其中:“对照”列为人工根据实际背景进行标记后得到的比值,应该是背景的真实反映。

表 1 C 取不同值时,聚类算法所获得的每帧数据中背景像素占总像素比值与实际值的对照比较

C	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	对照
帧 1	0.72	0.67	0.59	0.54	0.50	0.58
帧 2	0.66	0.60	0.54	0.49	0.46	0.49
帧 3	0.77	0.71	0.69	0.61	0.57	0.70
帧 4	0.43	0.39	0.35	0.32	0.29	0.38
帧 5	0.59	0.60	0.55	0.51	0.47	0.53

由于通道环境的局限性,通道摄像头中的运动物体都比较大,占据了摄像范围的很大一部分,因此表中人工标记值大多在 0.5 以上或接近 0.5。从表中可以看出,当 C 取值越大,被识别为背景点的像素就减少,而当 C 值增大时,相邻两个 C 值比较靠近。由公式可知,当 C 值增大时 k 值增大,而 k 值是区分是否为显著多的阈值,因此,当阈值 k 提高时,满足条件的集合就减少。

显然,视频帧在队列中以时间顺序排列,当队列中首帧与末帧的时间差足够大,即可满足前文提到的关于背景比运动前景稳定的假设条件。

- 以下给出整个算法的详细流程描述。
- (1) 获取一个视频输入帧 F ;
 - (2) 若缓存队列 Q 已达到最大长度,则执行(3),否则执行(6);
 - (3) 依次对队列中各帧位于第 i 行第 j 列的像素值 P_{ij} 进行聚类,得到聚类结果 A_1, A_2, \dots, A_n ;
 - (4) 分别计算类别 $A_p (p \in [1, n])$ 元素数量与队列 Q 长度的比值 $K_p = \text{Count}(A_p) / \text{Length}(Q)$:
 - (4.1) 若 $K_p \geq k$ (k 通过公式(1) 计算) 则:执行(4.2)
 - (4.2) 否则令 $K_p = K_{p+1}$ 重新执行(4.1);
 - (4.2) 分别将类别 A_p 中各个元素 $\text{Elem}(A_p, t), 0 < t \leq \text{Count}(A_p)$ 通过前文提到的码字学习逻辑更新到码本背景模型 M 中 $\text{Update}(M, \text{Elem}(A_p, t))$;
 - (5) 队列 Q 进行出队操作 $\text{DeQueue}(Q)$;
 - (6) 将输入帧 F 进行入队操作 $\text{EnQueue}(Q, F)$ 。

码本更新时,以上算法流程在不断地循环运行,由于获取视频输入帧 F 所需的时间很短(一般 1 秒钟取 1 帧),算法计算量也不太大,所以能够满足码本更新

的实时性要求。

2 算法讨论

对上述基于聚类决策的码本更新算法进行编码,通过预先录像视频进行反复测试,并与原码本算法进行效果比较。代码采用 C 语言编写,选用 OpenCV 进行图像处理。代码测试环境为酷睿 2.4GHz 处理器、2G 内存,测试视频为某长途汽车公司真实监控录像,这是在一个车门处的录像,其背景主要是由上下车阶梯和车外的地面构成。算法运行效果截图如图 1 所示。

图 1 中有 5 组图,在每组图中,从左至右依次为原始视频截图、聚类码本更新算法对码本的优化效果以及传统码本算法效果。图 1(a) 为码本完成学习后不久,由于有移动物体进入摄像头范围,导致光线反射路程变短,画面整体亮度提高、对比度下降,因此背景剔除效果不佳。此时聚类码本更新算法正在累积计算所需要的数据,码本在这个时间段中并未被更新。随后的时刻码本更新算法完成数据累积,开始根据聚类结果更新码本,码本中背景颜色范围变动到稍高亮度的级别,有效地匹配了当前的输入帧,如图 1(b) 至(d) 所示,当有人走过上下车通道时,使用聚类决策码本更新算法更新后的码本进行目标提取,可以清晰地看到乘客的轮廓,而仍使用传统的码本进行目标提取,由于画面亮度提高使得输入帧背景部分无法有效匹配码本,从而导致大部分背景也被当作了运动目标,提取结果无法识别出人型。图 1(e) 没有运动目标经过,使用新算法更新的码本有效地匹配了几乎所有的背景像素,而原始码本则无法有效地进行匹配。从对比图中可以看到新算法对码本的优化效果十分明显,若对学习算法参数进行调优,并对算法结果进行形态学处理,可获得更佳的效果。

上述学习算法中需要使用到聚类算法,聚类结果直接影响到更新算法的决策,因此显得相当重要。颜色聚类所依据的条件是颜色的相似性,对于灰度图像,其色彩空间维度为 1,颜色相似性即为颜色值在数值上是否相接近;对于彩色图像,则需要依据不同的色彩空间进行讨论^[12]。对于 HSV 色彩空间,其颜色的相似性表现为空间中两点的欧氏距离。而一般所使用的 RGB 色彩空间,则需要额外进行处理。

3 结束语

新的聚类码本更新算法可以在运动目标分析的过程中动态地更新码本,有效地处理了移动目标分析问题。在跟踪过程中,当遇到摄像机随机移动、背景物体被加入或移除、光线逐渐变化等情形导致目标提取困



(a) 聚类码本更新算法更新过程中效果对比



(b) 完成聚类更新后正常状态下,运动乘客轮廓提取效果对比(1)



(c) 完成聚类更新后正常状态下,运动乘客轮廓提取效果对比(2)



(d) 完成聚类更新后正常状态下,运动乘客轮廓提取效果对比(3)



(e) 完成聚类更新后正常状态下,没有运动目标经过的背景匹配效果对比

图1 采用聚类码本更新算法与传统码本算法目标提取的效果比较

难的问题,基于聚类决策的码本更新算法能够有效地更新背景模型,加入新的背景颜色范围,删除无效的背景颜色范围,并且这些过程是在目标提取的同时进行,提高了移动目标分析的准确性和时效性。但在测试过程中发现,对于不同场景,由于移动目标的数量、速度、大小等不同,需要动态调整缓存队列的长度及缓存帧的间隔时间,使算法效果达到最佳,这个方面的研究是后期需要进一步解决的问题。

参考文献:

- [1] Kim K, Chalidabhongse T H, Harwood D, et al. Real-time foreground-background segmentation using codebook model[J]. Real-Time Image, 2005, 11(3): 172-185.
- [2] 宁文鑫,王贵锦,何礼,等.基于多层码本模型的遗弃行李检测算法[J].计算机应用研究,2012,29(1):386-392.
- [3] Xiao Qinkun, Zhang Nan, Li Fei, et al. Object detection based on combination of local and spatial information[J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2011, 22(4): 715-720.
- [4] 马义德,朱望飞,安世霞,等.改进的基于高斯混合模型的运动目标检测方法[J].计算机应用,2007,27(10):2544-2547.
- [5] 肖思兴,洪景新,谢小竹.基于混合高斯模型的Mean-Shift更新算法[J].计算机应用与软件,2009,26(3):234-236.
- [6] 张琳波,王春恒,肖柏华,等.基于类别相关码本生成的图像分类方法[J].计算机工程,2011,37(10):8-10.
- [7] 李峰,周荷琴.融合码本和纹理的双层视频背景建模方法[J].中国科学技术大学学报,2012,42(2):99-105.
- [8] 徐功益,蔡敬菊,宿丁.复杂背景下的运动目标检测方法[J].红外与激光工程,2007,36(6):992-995.
- [9] 任明武,孙涵.复杂背景下一种实用的运动目标检测方法[J].计算机工程,2005,31(20):33-35.
- [10] Zhou Shaohua, Chellappa R, Moghaddam B. Visual Tracking and Recognition Using Appearance-adaptive Models in Particle Filters[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, 13(11): 1491-1506.
- [11] 齐美彬,杨爱丽,蒋建国,等.一种基于改进码本的车辆检测与跟踪方法[J].中国图象图形学报,2011,16(3):406-412.
- [12] 任平红,陈鑫.基于聚类主颜色和边缘直方图的图像检索方法[J].计算机技术与发展,2011,21(3):142-145.

一种新的基于聚类决策的码本更新算法

作者: [谢蒙](#), [易法令](#), [杨松润](#), [吴裕伟](#)
作者单位: [广东药学院 医药信息工程学院, 广东 广州510006](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2013(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201303028.aspx