

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2012.03.023

视频监控中基于颜色特征的运动目标匹配研究

霍 阔, 李长云, 赵正伟, 居庆玮

(湖南工业大学 计算机与通信学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 提出了一种基于颜色特征的运动目标匹配方法。通过颜色直方图定义了运动目标的主颜色区域, 并依据最大隶属度原则建立 RGB 三维彩色空间主颜色区域信息的模糊子集, 最后采用模糊相似匹配原理对匹配目标与待匹配目标模糊集的模糊隶属度函数和贴近度函数进行比较, 得出匹配结果。实验结果表明, 该方法在解决视频监控中运动目标匹配问题时是可行且可靠的。

关键词: 帧间差; 连通区域; 主颜色区域; 模糊匹配

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2012)03-0104-05

Study on Moving Object Matching in Video Monitoring Based on Color Characteristics

Huo Kuo, Li Changyun, Zhao Zhengwei, Ju Qingwei

(School of Computer and Communication, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Proposes a method of moving object matching based on color characteristics. Defines main color region of moving object by color histogram, and establishes RGB 3D color space fuzzy subset of the main color region on the basis of maximum membership grade principle. Finally compares fuzzy membership function and fuzzy nearness function of the matching and to match object by means of fuzzy similar matching principle. The experimental results show that the approach is viable and reliable to solve the problem of moving object matching in video monitoring.

Keywords: frame subtraction; connected region; main color region; fuzzy pattern matching

0 引言

运动目标的视觉分析一直是近年来计算机视觉领域中备受关注的前沿研究方向, 它从包含目标的图像序列中检测、识别、跟踪目标并对其行为进行理解和描述, 属于图像分析和理解的范畴。从技术角度而言, 目标运动分析的研究内容相当丰富, 主要涉及到模式识别、图像处理、计算机视觉、人工智能等学科知识^[1]。目标运动的视觉分析研究具有

广泛的应用前景, D. Gavril^[2]总结了它的一些主要应用领域, 其中包括智能监控。

在日常生活中, 常见的运动目标有行走的人、行驶的汽车及自然界中其他运动物体。运动目标的识别作为智能视频监控中的重要组成部分, 一直是图像处理和视觉分析领域的一个重要研究课题。在实际检测和监控应用中, 通过图像间在形状和色彩上的差异对目标进行识别和匹配是一种有效的方法。

收稿日期: 2012-03-05

基金项目: 国家技术创新基金资助项目(11C26214302856), 湖南工业大学研究生创新基金资助项目(CX1212)

作者简介: 霍 阔(1986-), 男, 河北辛集人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为智能信息处理,

E-mail: hawke1986@126.com

本文利用运动目标的颜色直方图,提取了运动目标的颜色特征,并且利用模糊相似理论对运动目标进行了模式识别及匹配,得到了比较好的效果,证明了方法的有效性。

1 运动目标检测

视频监控中的运动目标检测是指通过提取运动目标及其图像特征(如色彩、边缘、纹理等)并进行分析,检测视频序列中是否存在与背景有相关表现运动的前景目标,如果存在就将其从原图像序列中提取出来。

1.1 检测运动目标方法的确定

目前应用于视频中检测运动目标的方法主要有:帧间差分法、光流场法、背景差法等。

帧间差分法有较强的自适应性,是基于运动图像序列中,相邻两帧图像间有强相关性而提出的一种检测方法。但如果运动目标内部灰度分布较平均,则该方法会造成目标重叠部分形成较大空洞,严重时会造成目标分割不连通,从而检测不到运动目标。

光流场法是一种基于对光流的估算进行检测分割的方法。光流中既包括被观察目标的运动信息,也包括与该目标有关的结构信息。利用光流场的不连续性可以将目标分割成对应于不同运动的区域。但大多数光流场法计算复杂、耗时,难以满足实时监测的要求。

背景差法是运动检测中最常用的一种方法,它将输入图像与背景图像进行差分比较,直接根据灰度统计信息的变化来分割运动目标。背景差法的计算量较小,实用价值较大。其缺点是受光线、天气等外界条件的影响较大^[3]。根据对各方法的分析,最后确定在此采用基于帧间差分背景建模的背景差法。

1.2 背景的动态建模

首先,选取视频序列中的第一帧作为背景的背景原始图像(B_1),采用帧间差分法的公式(1)对当前帧的像素信息分类:1为前景元素,0为背景元素。

$$S_{x,y} = \begin{cases} 0, & \text{if } |I_{x,y}(k) - I_{x,y}(k-1)| \leq T; \\ 1, & \text{others.} \end{cases} \quad (1)$$

式中: $I_{x,y}(k)$, $I_{x,y}(k-1)$ 为视频中第 k 帧与第 $k-1$ 帧前景信息矩阵, T 为设定的阈值。

按公式(2)对背景信息矩阵 $S_{x,y}(k)$ 进行分析:

$$M_{x,y}(k) = \begin{cases} M_{x,y}(k-1) - 1, & \text{if } S_{x,y}(k) = 0 \ \& \ M_{x,y}(k-1) \neq 0; \\ \varepsilon, & \text{if } S_{x,y}(k) \neq 0; \\ 0, & \text{others.} \end{cases} \quad (2)$$

式中 $M_{x,y}(k)$ 为对帧间差分出来的运动目标信息矩阵。

从式(2)中可以看出,当 $S_{x,y}(k) \neq 0$,即点 (x, y) 为新标记出来的前景点时,将其设为 ε 值;如果 $S_{x,y}(k) = 0$,但是 $M_{x,y}(k-1) \neq 0$,表明点 (x, y) 之前为前景点,那么就对 ε 减1,直到 $\varepsilon = 0$,即表明点 (x, y) 已经变为背景点。在背景更新过程中 ε 值的选择是很重要的,它反映了背景图像的更新频率。当 ε 值较小的时候,背景更新频率快;当 ε 值较大的时候,背景更新频率就慢。

当 $M_{x,y}(k) = 0$ 时,表明当前点是背景点,按式(3)(一般 $\alpha = 0.5$)更新背景模型,相反则不作任何修改。

$$S_{x,y}(k) = \alpha \times S_{x,y}(k) + (1 - \alpha) \times I_{x,y}(k). \quad (3)$$

图1为应用帧间差分背景建模的处理效果图。图1b为初始背景图像,在经过若干次的更新以后,图1d已经形成了一幅比较干净的背景图。

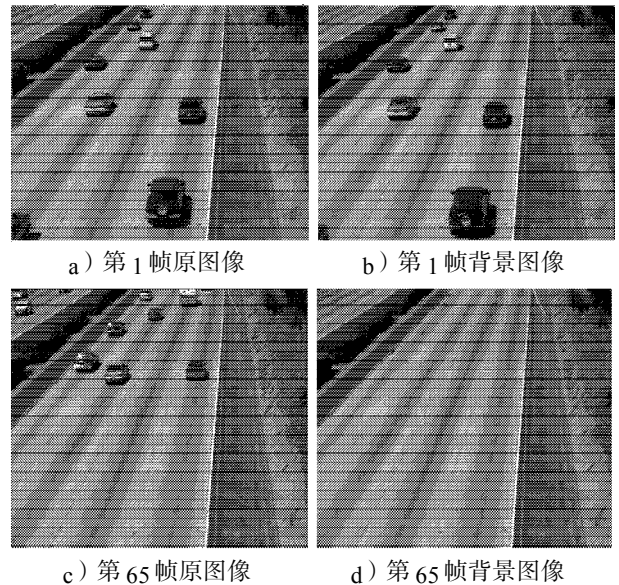


图1 帧间差分背景建模

Fig. 1 The frame difference background modeling

1.3 运动目标检测

本文采用背景差法来对视频中的运动目标进行检测。在背景差法之前先对原彩色图像进行灰度转换,即

$$I_{x,y}(k) = 0.3 \times R_{x,y}(k) + 0.59 \times G_{x,y}(k) + 0.11 \times B_{x,y}(k). \quad (4)$$

再按照式(5)进行转换,得到其二值差分图像:

$$F_{x,y}(k) = \begin{cases} 0, & \text{if } |I_{x,y}(k) - S_{x,y}(k)| \leq T; \\ 255, & \text{others.} \end{cases} \quad (5)$$

式中: $F_{x,y}(k)$ 为背景差法获得的二值图像;

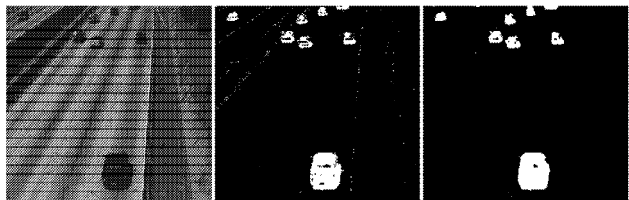
$I_{x,y}(k)$ 为原灰度图像;

$S_{x,y}(k)$ 为背景图像, T 为阈值。

由于场景中各种因素的影响,背景差法获取的

二值图像中, 还存在着很多微小的残留噪声, 使运动目标区域出现不同程度的碎片, 因此, 本文采用中值滤波来对二值图像进行去噪处理。

图2为对图像进行灰度转换、将前景与背景进行差分及采用中值滤波来进行去噪处理的效果图。



a) 原图像 b) 有噪声图像 c) 中值滤波后的图像
图2 背景差分法对运动目标检测

Fig. 2 Moving object detection by frame subtraction

2 运动目标颜色提取与跟踪

由图2c可以知道, 在二值图像中, 每个分割出来的运动目标都是一个连通区域, 本文采用八连通邻域区域标记法对二值图像进行区域标记。对各区域赋以有序的标号后, 再利用小区域消除法去除小于阈值的连通区域, 并且去除在图像边界上的连通区域^[4]。

现在用 $Flag_{x,y}$ 表示像素 (x,y) 的标号, 很显然, 同一连通区域像素的 $Flag_{x,y}$ 相等。通过如下过程获得运动目标的质心以及其颜色直方图。

1) 获取每行中 $Flag_{x,y}=i, i=\{1,2,\dots,m\}$ 的像素, 利用公式(6)计算其质心坐标(对于运动目标来讲, $m_{x,y}=1$):

$$\begin{cases} Obj(i).x = \frac{\sum x \times m_{x,y}}{\sum m_{x,y}}, \\ Obj(i).y = \frac{\sum y \times m_{x,y}}{\sum m_{x,y}}. \end{cases} \quad (6)$$

那么运动目标的长和高分别为:

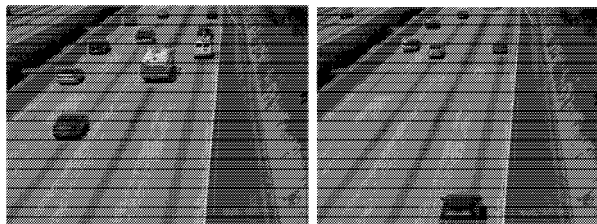
$$\begin{cases} Obj(i).h = \sum Line_x(i), \\ Obj(i).w = \max(numLine_x(i)). \end{cases} \quad (7)$$

式中: $Obj(i)$ 为标号为 i 的运动目标; $Line_x(i)$ 取值为0或者1, 表示第 x 行是否有像素标号为 i 的目标; $numLine_x(i)$ 表示第 x 行标号为 i 的目标像素数目之和。
2) 运动目标的颜色信息可利用式(8)得出, 即

$$Hist_i[j] = \sum \sum I_i(j), \quad (8)$$

式中: $j=0,1,\dots,255$; $I_i(j)$ 表示标号为 i 目标, 像素值为 j 的像素点。

图3为应用连通区域法对视频中的车辆进行跟踪效果图。



a) 跟踪图 1 b) 跟踪图 2

图3 连通区域法对多目标的跟踪

Fig. 3 Connected region labeling method for multi target tracking

3 运动目标的匹配

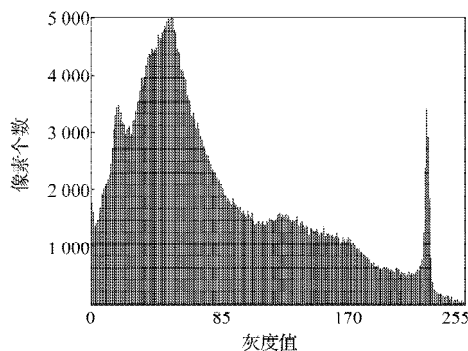
视频监控的难点之一是如何对不同帧之间的运动目标进行匹配, 当前主要的方法有基于目标比例特征法、目标区域比对法和图像的统计特征矩法。

相对于几何特征而言, 彩色直方图是一种概率统计的方法, 具有旋转不变性和缩放不变性等特点, 在图像处理中得到广泛应用^[5-6]。

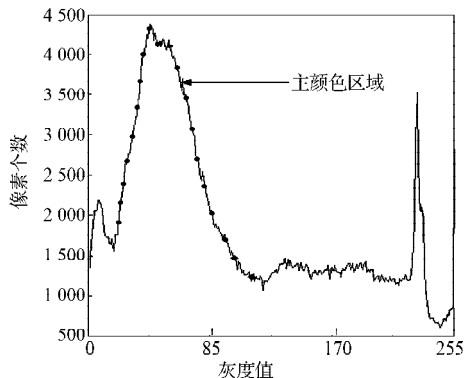
3.1 主颜色区域的提出

定义 在颜色直方图中, 令 $S_k = \sum_{m=k}^{k+N-1} Hist[m], k \in [0, 256-N]$, 如果 $\forall x \in [0, 256-N]$ 都有 $S_k \geq S_x$, 则称区间 $[k, k+N-1]$ 为该图像的主颜色区域。

图4为图像颜色直方图和主颜色区域。



a) 颜色直方图



b) 主颜色区域

图4 颜色直方图与主颜色区域

Fig. 4 The color histogram and main color region of image
首先假设主颜色特征区域的像素服从高斯分布,

并将主颜色区域的数据进行仿真验证, 得出图 5 中的高斯分布拟合曲线。通过对比可以看出高斯分布拟合曲线与主颜色特征区域曲线基本相同, 笔者假设合理。

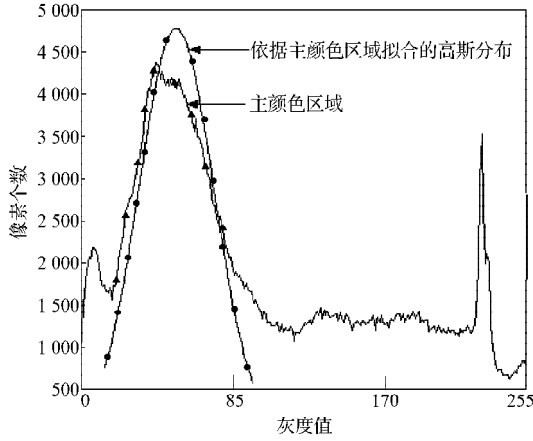


图5 主颜色区域与拟合高斯分布

Fig. 5 Main color region and fitting gaussian distribution

3.2 模糊匹配

在彩色图像中, 图像空间由 RGB 三维颜色空间构成, 每一维空间都相互独立, 具有充足的颜色信息。根据最大隶属度原则, 首先建立一组色彩模糊集 $\{\tilde{C}_1, \tilde{C}_2, \tilde{C}_3\}$, \tilde{C}_i 表示第 i 维颜色空间关于主颜色信息的模糊子集。由于主颜色特征区域的像素服从高斯分布, 所以本文选择的隶属度函数为

$$u_{\tilde{C}_i} = \exp\left(-\left|\frac{x(u)-u_i}{\sigma_i}\right|\right), \quad (9)$$

式中: u_i 与 σ_i 为主颜色特征区域的均值与方差; $x(u)$ 为匹配目标的主颜色区域均值。

在本文选择目标匹配的贴进度函数为

$$\sigma\left(\tilde{B}, \tilde{A}_i\right) = \frac{1}{2} \left[\tilde{B} \cdot \tilde{A}_i + \left(\tilde{B} \odot \tilde{A}_i \right)^c \right], \quad (10)$$

式中: $\tilde{B} \cdot \tilde{A}_i = \bigvee_{j=1}^m \left(\tilde{B}_j \wedge \tilde{A}_{ij} \right)$ 是两模糊子集的内积;

$\tilde{B} \odot \tilde{A}_i = \bigwedge_{j=1}^m \left(\tilde{B}_j \vee \tilde{A}_{ij} \right)$ 是两模糊子集的外积。

并且由文献[7]可得到

$$\sigma\left(\tilde{B}, \tilde{A}_i\right) = \frac{1}{2} \left[\exp\left(-\left|\frac{u_i - u}{\sigma - |\sigma_i - \sigma|}\right|\right) + 1 \right]. \quad (11)$$

由式 (11) 可以得到匹配目标与下一帧中所有目标的贴进度矩阵为

$$\begin{bmatrix} A_{11} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & \dots & A_{2n} \\ A_{31} & \dots & A_{3n} \end{bmatrix}. \quad (12)$$

其中 A_{ij} 表示下一帧中第 j 个目标的第 i 个特征与匹配目标第 i 个特征的贴进度。

那么可以得到

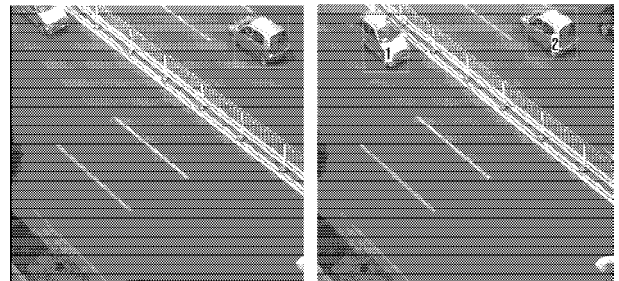
$$S_j = \bigwedge_{i=1}^3 A_{ji}, \quad (13)$$

$$S = \bigvee_{i=1}^n S_i. \quad (14)$$

从而, 根据式 (14) 可以判断出 S_i 中贴进度值最大的就是下一帧中要匹配的目标。

4 实验结果

本实验是在 VC++ 6.0 和 matlab 6.5 上进行的, 运行的 PC 主机配置为 Intel 2.93 GHz, 2.00 GB 内存, 所得实验结果见图 6 和表 1。



a) 第 103 帧运动目标 b) 第 110 帧两个待匹配目标

图6 运动目标匹配检测

Fig. 6 The detect of moving object matching

表1 实验特征值

Table 1 Experiment characteristic value

颜色空间	103 帧运动目标		110 帧运动目标 1		110 帧运动目标 2	
	u	σ	u_1	σ_1	u_2	σ_2
R	166.26	58.86	177.85	60.18	164.60	57.47
G	165.47	58.65	186.22	60.67	163.64	57.45
B	159.94	59.47	187.84	61.46	158.35	58.58

将表 1 的实验数据代入式 (11) 可以获得与待匹配目标的贴进度矩阵, 见表 2。

表2 贴进度矩阵

Table 2 Neartude matrix

主颜色信息模糊子集	目标 \tilde{A}_1	目标 \tilde{A}_2
\tilde{C}_1	0.900 8	0.985 8
\tilde{C}_2	0.846 6	0.984 3
\tilde{C}_3	0.807 7	0.986 6

由公式 (13) 和 (14) 可算得第 110 帧中运动目标 1 与第 103 帧运动目标颜色特征贴进度为 0.807 7, 第 110 帧中运动目标 2 与第 103 帧运动目标颜色特征贴进度为 0.984 3, 所以依据本文方法, 运动目标 2 就是要匹配的目标。

与本方法对应的是基于非主颜色区域的灰度颜色特征值的模糊匹配,其颜色特征值见表3。

表3 非主颜色区域的灰度颜色特征值

Table 3 The gray color value of non-primary color region

方法	103 帧运动目标		110 帧运动目标 1		110 帧运动目标 2	
	u	σ	u_1	σ_1	u_2	σ_2
Gray	165.10	58.81	183.92	60.47	163.35	57.59

同样,用本文所提出的模糊匹配方法可以得到如下比较结果,见表4。

表4 两种方法比较

Table 4 The contrast of two methods

方 法	目标 \tilde{A}_1	目标 \tilde{A}_2
RGB 三维空间的主颜色区域方法	0.807 7	0.984 3
灰色一维空间的非主颜色区域方法	0.860 0	0.984 7

由表4可知,本文所提出的RGB三维空间的主颜色区域方法与真实目标之间的贴近度为0.984 3,灰色一维空间的非主颜色区域方法与真实目标之间的贴近度为0.984 7,两者的匹配度相差无几;但是,RGB三维空间的主颜色区域方法对非真实目标的贴近度为0.807 7,而灰色一维空间的非主颜色区域方法与非真实目标之间的贴近度为0.860 0,相差6个百分点,相比而言,本文算法匹配度更高一些。

5 结语

针对视频监控中运动目标匹配问题,本文基于运动目标的颜色特征,定义了运动目标的主颜色区域,并利用模糊相似理论定义了隶属度函数和贴近度函数。通过对运动目标的RGB三维空间主颜色区域进行模式识别,验证了该方法能可靠地解决视频监控中运动目标匹配问题。

参考文献:

[1] 王 亮,胡卫明,谭铁牛.人运动的视觉分析综述[J].计

算机学报,2002,23(3):225-237.

Wang Liang, Hu Weiming, Tan Tieniu. A Survey of Visual Analysis of Human Motion[J]. Chinese Journal of Computers, 2002, 23(3): 225-237.

[2] Gavrilu D. The Visual Analysis of Human Movement: A Survey[J]. Computer Vision and Image Understanding, 1999, 73(1): 82-98.

[3] 张建军,黄 山,张洪斌,等.基于视频的运动目标检测与识别[J].现代电子技术,2009(8):87-91.

Zhang Jianjun, Huang Shan, Zhang Hongbin, et al. Moving Object Detection and Recognition Based on Video[J]. Modern Electronics Technique, 2009(8): 87-91.

[4] 徐正光,鲍东来,张利欣.基于递归的二值图像连通域像素标记算法[J].计算机工程,2006,32(24):186-188.

Xu Zhengguang, Bao Donglai, Zhang Lixin. Pixel Labeled Algorithm Based on Recursive Method of Connecting Area in Binary Images[J]. Computer Engineering, 2006, 32(24): 186-188.

[5] 张便利,常胜江,李江卫,等.基于彩色直方图分析的智能视频监控系统[J].物理学报,2006,55(12):6399-6404.

Zhang Bianli, Chang Shengjiang, Li Jiangwei, et al. Intelligent Control of Video Monitoring System Based on the Color Histogram Analysis[J]. Acta Physica Sinica, 2006, 55(12): 6399-6404.

[6] 陈 珂,殷国富,罗小宾.基于统计特征聚类原理的图像识别技术[J].四川大学学报:工程科学版,2003,35(3):83-86.

Chen Ke, Yin Guofu, Luo Xiaobin. Statistic Features Clustering Analysis Based on Image Recognition[J]. Journal of Sichuan University: Engineering Science Edition, 2003, 35(3): 83-86.

[7] 谢季坚,刘承平.模糊数学方法及其应用[M].武汉:华中科技大学出版社,2006:151-158.

Xie Jijian, Liu Chengping. The Fuzzy Mathematics Method and Its Application[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2006: 151-158.

(责任编辑:申 剑)