

基于 Choquet 模糊积分的运动目标检测算法

丁 莹^{1,2}, 李文辉¹, 范静涛², 杨华民²

(1. 吉林大学计算机科学与技术学院, 吉林长春 130012; 2. 长春理工大学计算机科学与技术学院, 吉林长春 130022)

摘 要: 本文提出了一种基于 Choquet 模糊积分的运动目标检测算法(CIMOD, Choquet Integrate-Based Moving Object Detection). 将模糊测度和模糊积分理论应用于运动目标与背景分类中, 提出了自适应阈值的 Choquet 积分算法, 实现了图像的颜色特征和纹理特征相融合; 选择 YCbCr 颜色空间代替传统 RGB 空间, 将图像亮度与色度分离, 降低了光照变化对运动检测的影响; 利用局部二元模式(LBP, Local Binary Pattern)纹理特征对亮度级的单调变化具有不变性的特点, 将其融合到检测算法中, 有效抑制了阴影的干扰. 仿真实验结果表明, 即使在光照变化、阴影干扰等复杂背景情况下, 该算法也能够准确的检测出运动区域.

关键词: 运动目标检测; Choquet 积分; YCbCr; 局部二元模式

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2010) 02-0263-06

A Moving Object Detection Algorithm Base on Choquet Integrate

DING Ying^{1,2}, LI Wen-hui¹, FAN Jing-tao², YANG Hua-min²

(1. Department of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun, Jilin 130012, China;

2. Department of Computer Science and Technology, Changchun University of Science and Technology, Changchun, Jilin 130022, China)

Abstract: A moving object detection algorithm is presented, which base on Choquet fuzzy integral. This algorithm classifies the moving object and background using the fuzzy measure and fuzzy integrate theory, proposes a Choquet integrate algorithm with adaptive threshold to integrate the color features and texture feature; Chooses YCbCr color space instead of RGB space, which space can separate the intensity and the hue of image, to reduce the influence of illumination changing; introduces the Local Binary Pattern (LBP) texture feature to the detection algorithm, which is invariant to monotonic changes in pixel value scale, efficiently inhibits the shadows' disturbance. Experiment results indicate that background can be subtracted correctly by using this new algorithm, even if the complex background with illumination changing and shadows.

Key words: moving object detection; Choquet integrate; YCbCr; local binary pattern

1 引言

在计算机视觉系统中, 运动目标的检测与分割是一个非常重要的问题, 应用于视频监控、交通监测、图像压缩等许多方面. 在进行运动检测时, 摄像头常处于静止状态, 且镜头焦距固定, 在这种情况下, 通常有 3 种方法进行运动检测: 光流法、帧差法和背景差法.

光流法^[1~3]的时间开销很大, 且对噪声比较敏感, 对硬件要求较高, 实时性和实用性较差. 帧差法^[4~6]用连续的两到三帧图像相减实现时域差分, 这种方法对动态变化的场景非常有效, 但分割出的运动目标不完整, 适用于目标运动稍快且图像分割精度要求不高的场合. 背景差法^[7~9]是利用当前图像与背景图像的差分来检

测出运动区域的一种技术, 通常能够提供最完整的特征数据. 张文涛等人^[7]利用图像能量、高阶统计量理论和块处理技术进行背景重构; 岑峰等人^[8]提出了一种背景自适应算法; 侯志强等人^[9]提出的基于像素灰度归类的背景重构方法, 并假定满足背景像素灰度以最大概率出现在图像序列的前提条件. 但大都对场景的动态变化敏感, 如场景光照亮度变化、阴影和反射光等影响, 使运动目标提取不准确. 因此, 一种鲁棒的运动检测算法应该能够解决上述问题, 排除外界环境的干扰, 实现对运动目标的准确、完整提取.

本文提出了一种新的背景建模和运动检测的算法. 算法中引入了模糊理论, 将颜色特征和纹理特征相结合以解决上述问题. 本文的主要贡献如下: (1) 引入了 YCb

Cr 颜色空间,大大降低了光照变化条件下运动物体检测的误检率;(2)融合了 LBP 纹理特征,有效抑制了阴影的干扰;(3)提出了自适应阈值的 Choquet 模糊积分方法,显著提高了检测的正确率.

2 CIMOD 算法

2.1 基本原理

基于背景差法的运动目标检测算法的基本流程:利用初始图像序列建立背景模型;提取当前帧图像特征值与背景模型差分,利用式(1)求得运动目标图像(该图像为二值图像).在该过程中图像特征的选择以及背景模型的建立尤为重要.

$$I_{object}(x, y) = \begin{cases} 1 & |I_{current}(x, y) - I_{background}(x, y)| \geq Threshold \\ 0 & |I_{current}(x, y) - I_{background}(x, y)| < Threshold \end{cases} \quad (1)$$

其中, $I_{background}(x, y)$ 为背景模型中 (x, y) 点的特征值, $I_{current}(x, y)$ 为当前帧图像中 (x, y) 点的特征值, $Threshold$ 为给定阈值. $I_{object}(x, y)$ 为 1, 表示 (x, y) 点为运动目标点, 反之, (x, y) 为背景点. 由于背景往往会发生变化, 因此背景模型需要实时更新以保证后续计算的准确性. 背景模型的更新方法^[7-9]可用式(2)简单表示:

$$I_{background}^n(x, y) = \begin{cases} (1 - \alpha) I_{background}^{n-1}(x, y) + \alpha (I_{current}(x, y)), & I_{object}^n(x, y) = 1 \\ I_{background}^{n-1}(x, y), & I_{object}^n(x, y) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

假设当前图像为第 n 帧, $I_{background}^{n-1}(x, y)$ 为更新前的背景模型, $I_{background}^n(x, y)$ 为更新后的背景模型, α 为学习率, 决定着当前帧图像对背景模型作用的大小及更新速度.

CIMOD 算法的基本流程如图 1 所示. 选择颜色特征和纹理特征作为图像的分类特征, 分别定义了两种特征值的相似性度量函数, 计算图像各点与背景模型中该点的相似性度量值, 然后, 使用 Choquet 积分将两种特征值融合; 利用式 1 进行前景/背景分类, 从而得到运动目标. 下文将详细介绍选择和融合特征集合的基本原理.

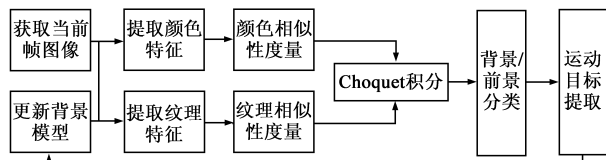


图1 CIMOD算法的基本流程图

2.2 颜色特征的相似性度量

颜色信息是彩色图像最突出的特征. 在实际应用中, 大多数彩色图像都是基于红绿蓝 (Red, Green, Blue, RGB) 空间, 即利用 R、G、B 三个分量的值来表示, 但是 R、G、B 之间有很强的相关性, 直接利用这些分量往往

无法得到所需的效果. 通常, 物体颜色的光亮程度与彩色信息是无关的. YCbCr 颜色空间使用 Y 通道表示图像的亮度信息, Cb 和 Cr 通道分别表示蓝色和红色的色度, 将亮度与反映色彩本质特性的色度分开, 且具有两维的独立分布, 接近人眼对颜色视觉感知. 因此, YCbCr 空间在运动目标检测中较 RGB 空间具有明显优势: Cb 和 Cr 分量不受亮度的影响, 并且 Y、Cb、Cr 值可以由 RGB 三基色经线性变换得到, 计算效率高, 同时, 避免了非线性空间的奇异性. 因此, 选择 YCbCr 颜色空间提取颜色特征, 可以大大降低光照变化条件下运动物体检测的误检率.

定义 1 将 YCbCr 空间中三个颜色通道的特征值分别记为 C_1, C_2 和 C_3 , 像素点 (x, y) 处的相似度函数 $S_k(x, y)$ 定义如下:

$$S_k(x, y) = 1 - \frac{C_k^l(x, y) - C_k^b(x, y)}{255} \quad (3)$$

其中, $k \in \{1, 2, 3\}$, $B(x, y)$ 和 $I(x, y)$ 分别表示背景模型和当前帧图像, $C_k^i(x, y)$ 表示图像 i 中 (x, y) 点的第 k 个通道的颜色特征值, $S_k(x, y) \in [0, 1]$, 且 $C_k^l(x, y)$ 和 $C_k^b(x, y)$ 越相似, 则 $S_k(x, y)$ 越接近于 1, 反之, $S_k(x, y)$ 接近于 0.

2.3 纹理特征的相似性度量

纹理是基于内容的图像检索中广泛使用的图像特征. 自然景物图像中区域的纹理特征往往能反映图像中的特定物体, 使用图像的纹理特征进行前景/背景的分类, 可以实现运动目标的提取. 局部二元模式^[10] (Local Binary Pattern, LBP) 算子是通过统计一个区域内的基本 LBP 纹理直方图, 利用纹理直方图对背景建模的方法. 由于 LBP 纹理在局部区域内不受亮度单调变化的影响, 灰度图像中阴影区域和背景相应位置具有相似纹理, 因此, 检测运动目标时受阴影影响很小, 可以有效的抑制阴影对运动目标检测的干扰. LBP 算子是在一个区域内对中心像素和相邻像素差分, 选取合适的阈值进行二值化, 标记邻域内的 LBP 码, 得到局部二元图. 利用式(4)计算该中心点的 LBP 码值作为纹理特征值:

$$LBP(x_c, y_c) = \sum_{i=0}^{K-1} f(p_i - p_c) 2^i \quad (4)$$

其中, p_c 是中心像素点 (x_c, y_c) 的亮度值 (本文选用 YCbCr 空间的 Y 分量), p_i 是其 K 邻域中第 i 点的亮度值. 函数 $f(x)$ 定义如下:

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (5)$$

通常, LBP 算子只考虑 3×3 邻域. 扩展的 LBP 算子是圆形对称邻域, 如图 2 所示. $p_i (i = 0, \dots, K-1)$ 表示均匀分布在半径为 R 圆周上的 K 个点的亮度值. K 越大, R 越小, 则纹理描述性越强, 但计算复杂度也越高,

又极易受噪声影响.反之受噪声影响小,但细节如边缘信息等被削弱.本文采用简化的 8 邻域.

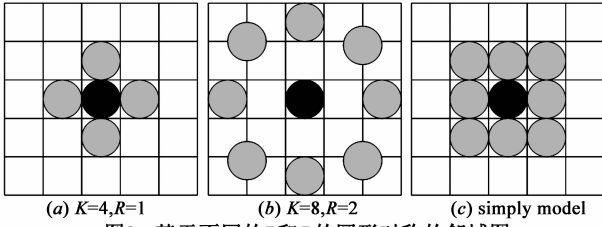


图2 基于不同的 P 和 R 的圆形对称的邻域图

采用基本 LBP 算子描述纹理计算简单,通用性强.从式(4)可以看出, LBP 对于亮度值级别的单调变化具有不变性,因此,能做到对阴影有较低的敏感性,可以有有效的抑制阴影的干扰.

定义 2 像素点 (x, y) 的当前帧和而背景图像的纹理相似度定义如下:

$$S_T(x, y) = 1 - \frac{T_{LBP}^I(x, y) - T_{LBP}^B(x, y)}{255} \quad (6)$$

$T_{LBP}^I(x, y)$ 和 $T_{LBP}^B(x, y)$ 分别表示当前帧图像和背景模型中 (x, y) 点的 LBP 纹理特征值, $S_T(x, y) \in [0, 1]$,且 $T_{LBP}^I(x, y)$ 和 $T_{LBP}^B(x, y)$ 越相似,则 $S_T(x, y)$ 越接近于 1;反之,越接近于 0.

2.4 基于 Choquet 积分的特征融合算法

本文将模糊测度和模糊积分理论应用于运动目标与背景分类中,使用模糊理论中的 Choquet 积分来进行颜色和纹理特征的融合.有关模糊测度的基本概念和 Choquet 积分的具体内容可以参考文献[11].

定义 3 设 X 是一个非空集合, Y 是由 X 的子集组成的非空类, $\mu: Y \rightarrow [0, \infty]$ 是定义在 Y 上的一个非负广义实值函数.如果 μ 满足以下三个条件,则称 μ 为一个模糊测度:

(1) 有界性: $\mu(\phi) = 0$.

(2) 单调性: $\forall A \in Y, B \in Y$, 如果 $A \subseteq B$, 则 $\mu(A) \leq \mu(B)$.

(3) 连续性: 如果 $\forall \{A_n\} \subset Y, A_1 \subseteq A_2 \subseteq \dots \subseteq A_n \subseteq \dots$, 则有 $\lim_{i \rightarrow \infty} \mu(A_i) = \mu(\lim_{i \rightarrow \infty} A_i)$.

当 $X \in Y$ 且 $\mu(X) = 1$ 时,称模糊测度 μ 是正则的,通常在多分类器融合中应用的都是正则模糊测度.

定义 4 如果模糊测度 μ 满足条件:存在常数 λ , $\lambda > -1$,使得 $\mu(A, B) = \mu(A) + \mu(B) + \lambda\mu(A)\mu(B)$, 其中, $A \in Y, B \in Y, A \cap B = \phi$, 则称 μ 为 λ -模糊测度.

λ 可由下式计算得到: $1 + \lambda = \prod_{i=1}^n (1 + \lambda\mu(\{x_i\}))$, 其中, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.

定义 5 假设 f 为定义在 X 上的非负函数, μ 为定义在 Y 上的模糊测度, Y 为由 X 的子集构成的 σ -代数 (X 有限时, Y 为 X 的幂集), 则函数 f 在集合 X 上关于

模糊测度 μ 的 Choquet 积分定义为:

$$\int f d\mu = \int_0^{\infty} \mu(Y_\alpha) d\alpha \quad (7)$$

其中, $Y_\alpha = \{x \mid f(x) \geq \alpha, x \in X\}$, $\alpha \in [0, \infty)$, $\int_0^{\infty} \mu(Y_\alpha) d\alpha$ 表示黎曼积分.

当 X 为有限集合时, Choquet 积分定义为:

$$C_\lambda = \sum_{i=1}^n (\mu(x_{\sigma(i)}) - \mu(x_{\sigma(i-1)})) f(A_{\sigma(i)}) \quad (8)$$

其中, $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ 为有限离散集合, σ 是为排序函数, $\mu_{\sigma(1)} \leq \dots \leq \mu_{\sigma(n)}$, $A_{\sigma(i)} = \{x_{\sigma(1)}, \dots, x_{\sigma(i)}\}$.

采用 λ -模糊测度计算任意两个给定模糊度的不相交集的隶属度,满足边界条件: $f(\phi) = 0, f(K) = f(\{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4\}) = 1$, 则任一给定集合 $K \subseteq X$ 的模糊函数 f 计算如下:

$$f(K) = \frac{1}{\lambda} \left[\prod_{x_i \in K} (1 + \lambda \cdot f(x_i)) - 1 \right] \quad (9)$$

将 Choquet 积分应用到运动目标检测的前景/背景分类中,设 P 为待分类目标点, $T = \{background, foreground\}$ 为分类框架, $X = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4\}$ 为用于分类的特征组,本文中 $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) =$ 颜色特征 (YCbCr 颜色空间中的三个颜色通道), $\alpha_4 =$ 纹理特征 ($LBP(x, y)$), 映射 $f: X \rightarrow [0, 1]$ 作为目标 P 属于 T_i 类的置信度 (本文将 T_i 默认为 $foreground$, 目标 P 属于 $background$ 类的置信度可通过 $1 - f$ 求得), 则 $f(\alpha_i)$ 表示使用特征 α_i 测度目标 P 属于 T_i 类的程度.定义 $f(\alpha_1) = f(\{\alpha_1\}), f(\alpha_2) = f(\{\alpha_2\}), f(\alpha_3) = f(\{\alpha_3\}), f(\alpha_4) = f(\{\alpha_4\}), f(\alpha_i)$ 越高, 测度标准 α_i 对于判断的决定性作用越大.

使用式(3)(6)计算背景模型与当前帧图像中每一个待分类目标点的颜色和纹理的相似性测度函数值.定义模糊测度 $\mu(\alpha_i)$ 在 $[0, 1]$ 上, 且 $\mu(\alpha_1) = S_1(x, y), \mu(\alpha_2) = S_2(x, y), \mu(\alpha_3) = S_3(x, y), \mu(\alpha_4) = S_7(x, y)$, 且保证 $\mu(\alpha_1) \leq \mu(\alpha_2) \leq \mu(\alpha_3) \leq \mu(\alpha_4)$.

若待分类目标点的 Choquet 积分值满足式(10), 则认为该点为前景点, 否则为背景点.

$$C_{\mu, t}(x, y) < T_{c, t}(x, y) \quad (10)$$

其中, $C_{\mu, t}(x, y)$ 表示 t 时刻 (x, y) 点的 Choquet 积分值, $T_{c, t}(x, y)$ 表示特定阈值 (通常为用户自定义的恒定量).

2.5 自适应阈值

本文提出了自适应阈值的 Choquet 积分算法, 将浮动阈值思想引入到 Choquet 积分分类算法中, 将分类阈值 $T_{c, t}(x, y)$ 的实时学习率与式(2)中背景更新的学习率 α 关联, 如公式(11)所示, 实现了图像的颜色特征和纹理特征相融合.

$$T_{c, t}(x, y) = (1 - \alpha) T_{c, t-1}(x, y) + \alpha C_{\mu, t}(x, y) \quad (11)$$

其中, α 是学习率, $T_{c, t-1}(x, y)$ 为更新前的分类阈值,

$T_{c,t}(x,y)$ 为更新后的分类阈值, $C_{\mu,t}(x,y)$ 为当前的 Choquet 积分值.

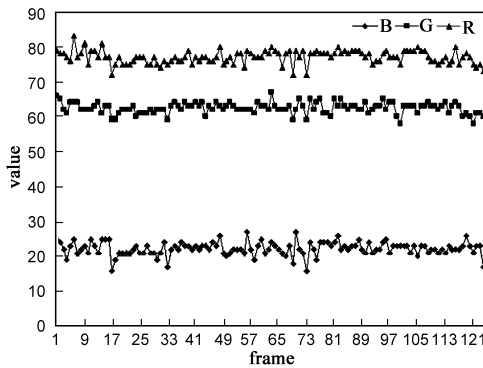
3 实验结果及分析

利用本文 CIMOD 算法针对多种情况下的大量实际视频图像序列进行了背景建模和运动目标检测实验, 其中包括室内、室外、含光照变化、阴影等复杂背景的实验场景, 并将实验结果与改进的混合高斯建模方法 (GMM) 进行了比较. 实验在 Microsoft Visual C++ 环境下使用 Opencv 完成. 实验结果验证了 CIMOD 算法对于复杂背景干扰具有较高鲁棒性. 另经算法分析: 本算法的时间复杂度为 $O(n)$, n 为图像分辨率.

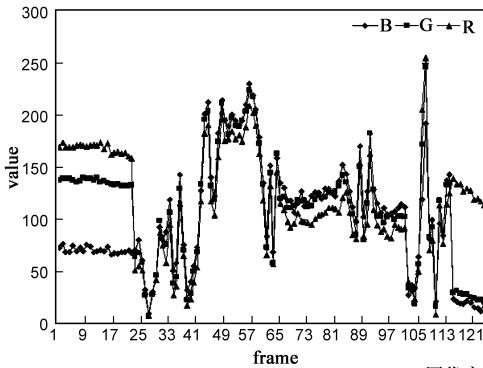
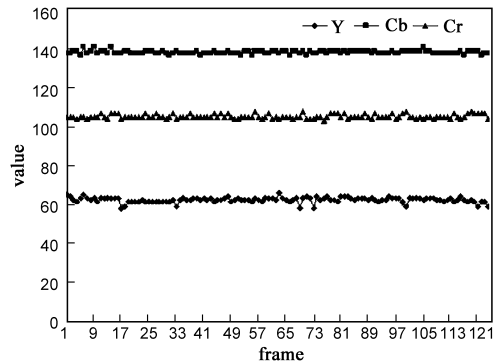
3.1 室内光照变化条件下的运动目标检测实验

RGB 颜色空间是背景建模中最常使用的, 本文通

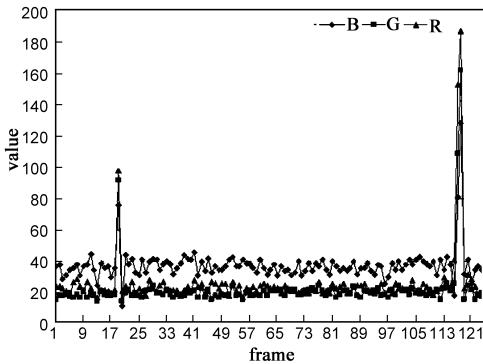
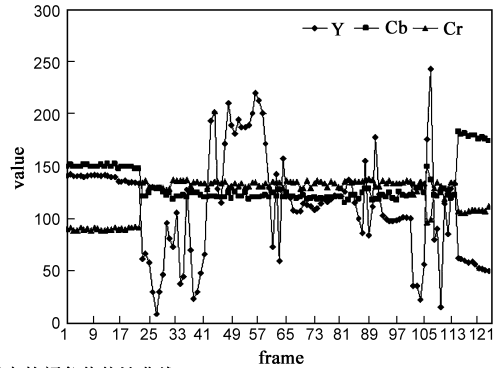
过实验分析了含运动目标、无运动目标、含光照变化点的颜色值在图像序列中的变化情况, 统计曲线如图 3 所示. 测试图像序列采用 Wallflower^[12] 图片库中第 1376 帧到 1501 帧图像. 从统计曲线中, 可以得到以下结论: (1) 如图 3(a) 所示, 无变化点 (10, 10) 在图像序列各帧中每种颜色值的统计曲线均很平稳, 变化范围较小, 即 YCbCr 和 RGB 颜色空间对于普通背景点的判断能力相差不多; (2) 如图 3(b) 所示, 运动目标点 (80, 80) 自图像序列开始后第 22 帧中出现, 运动目标出现后, 该点的 RGB 和 YCbCr 值均有明显变化, 曲线变化幅度较大, 易于判断出前景点; (3) 如图 3(c) 所示, 光照变化点 (110, 20) 在图像序列的第 20 帧和第 118 帧附近为运动目标上的点, 其它帧中该点 RGB 值的统计曲线变化幅度受光照变化的影响波幅较大. 此时若阈值选择较小, 运动



(a) 图像序列中无变化点的颜色值统计曲线



(b) 图像序列中含运动目标点的颜色值统计曲线



(c) 图像序列中含光照变化点的颜色值统计曲线

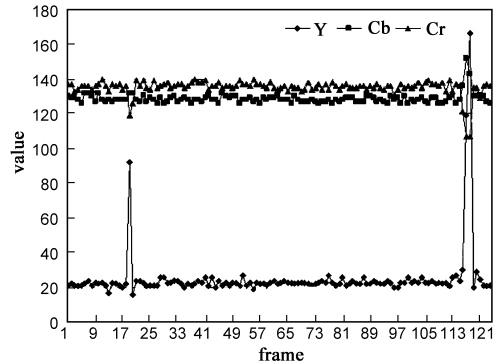


图3 图像序列中各类像素点的颜色值变化曲线

目标检测结果将出现大量虚假前景点,提高了误检率;若阈值选择较大,则运动目标检测不完整,降低了检测率.而 YCbCr 值的统计曲线很平稳,变化范围较小.

图 4 为图像序列中第 650 帧有人进入室内时,使用 YCbCr 颜色空间与 RGB 颜色空间的 GMM 运动目标检

测结果,从图中可以看出,由于光照变化的影响,使用 RGB 颜色空间的运动区域提取结果中含有大面积的虚假运动区域,而 YCbCr 颜色空间将亮度与颜色信息分离,大大降低了提取结果受光照变化的影响程度,从而降低了检测的误检率.

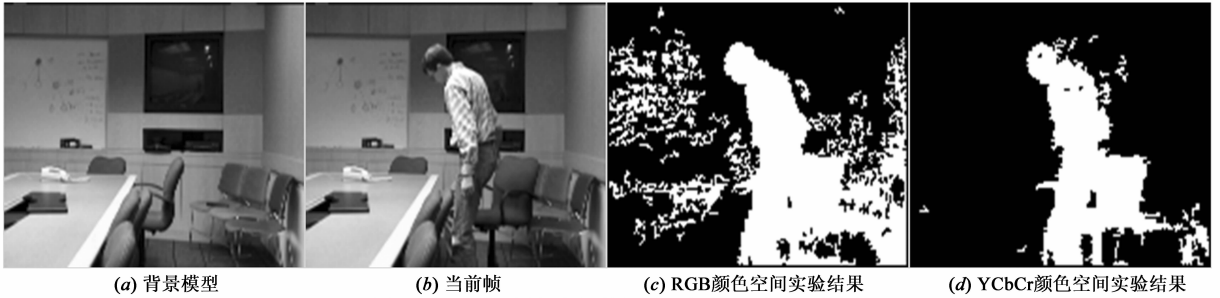


图4 基于不同颜色空间的运动目标检测结果比较图

3.2 室外阴影干扰条件下的运动目标检测实验

图 5 将本文提出的 CIMOD 算法检测的实验结果与混合高斯模型算法进行了比较.原始视频是从 PETS 数据库^[13]中选出的一个室外环境下,背景复杂,光照和阴影干扰强烈的图像序列.图 5(a)~图 5(d)是从中任意选取的四幅图像,图 5(e)~图 5(h)为使用 GMM 算法对上述四幅图像进行运动目标检测的结果,可以看到,

由于光照等因素地面,车体上存在的运动目标阴影,使用 GMM 算法无法减除,检测结果中存在大量虚假运动区域;图 5(k)~图 5(n)为使用本文算法检测的结果,由于 LBP 对于亮度级的单调的变化具有不变性,光照产生的阴影区域的 LBP 纹理特征与背景模型的相似性较高,所以,通过融合纹理信息可以成功的消除了阴影等干扰,完整的检测出运动目标.

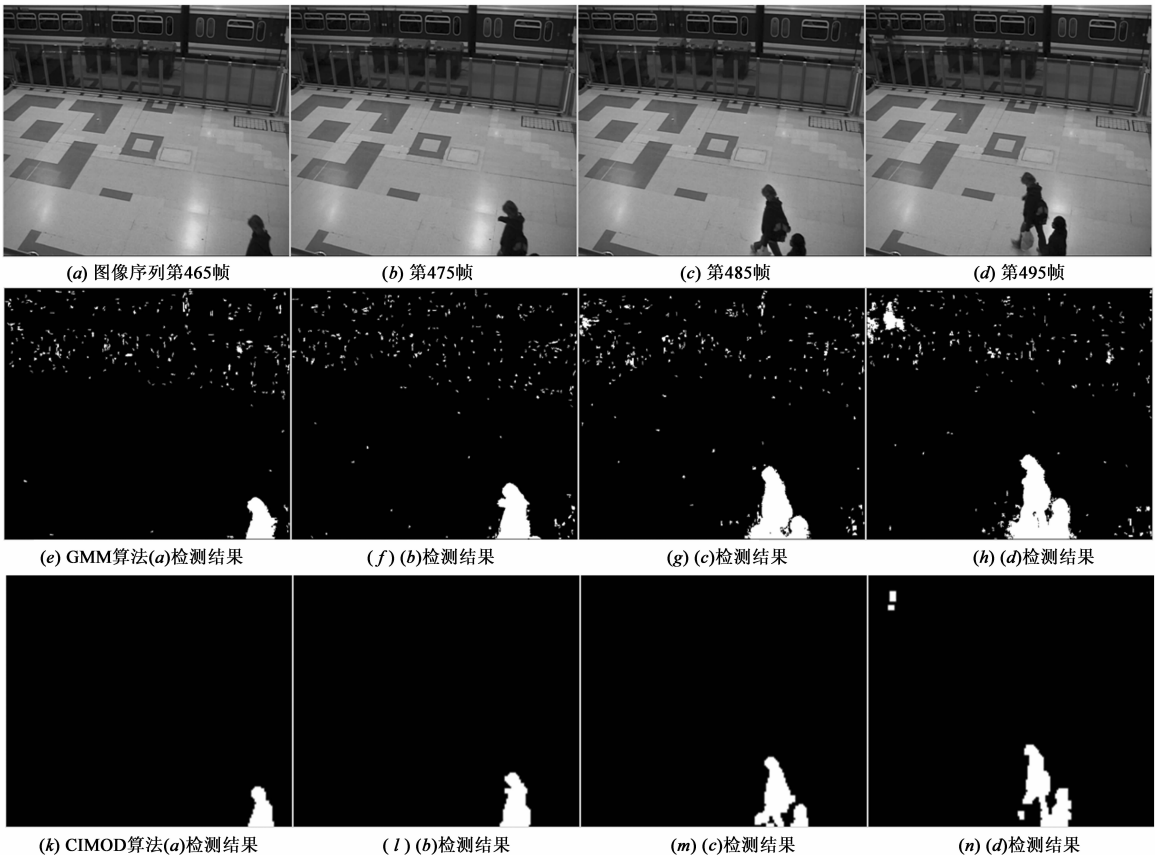


图5 室外阴影干扰条件下的运动目标检测实验结果比较图

4 总结

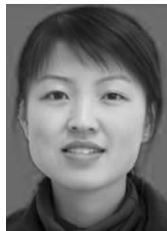
本文中,提出了一种新的基于 Choquet 模糊积分的运动目标检测算法.将模糊测度和模糊积分理论应用于运动目标与背景分类中,提出了自适应阈值的 Choquet 积分算法,实现了图像的颜色特征和纹理特征相融合;选择 YCbCr 颜色空间代替传统 RGB 空间,将图像亮度与色度分离,降低了光照变化对运动检测的影响;利用 LBP 纹理特征对亮度级的单调的变化具有不变性的特点,将其融合到检测算法中,有效抑制了阴影的干扰,从而实现了运动目标的准确完整提取,为进一步的目标识别或跟踪提供了有力的保障.

参考文献:

- [1] 张泽旭,李金宗.基于光流场分割和 Canny 边缘提取融合算法的运动目标检测[J].电子学报,2003,31(9):1299-1304.
Zhang Ze-xu, Li Jin-zong. Detection of moving object using a fusion method based on segmentation of optical flow field and edge extracted by canny's operator[J]. Acta Electronica Sinica, 2003, 31(9): 1299-1304. (in Chinese)
- [2] Horn BK, Schunk BG. Determining optical flow[J]. Artificial Intelligence, 1981, 17(1-3): 185-203.
- [3] Smith SM, Brady JM. ASSET-2: Real-time motion segmentation and shape tracking[J]. IEEE Trans, 1995, ICCV-17(8): 814-820.
- [4] 周志宇,汪亚明,黄文清.图像序列中基于交叉熵的运动区域检测[J].自动化与仪表,2003,18(5):1-3.
Zhou Zhi-yu, Wang Ya-ming, Huang Wen-qing. Motion region detection based on cross entropy in image sequences[J]. Automation & Instrumentation, 2003, 18(5): 1-3. (in Chinese)
- [5] Neri A, Colonnese S, Russo G, Talone P. Automatic moving object and background separation[J]. Signal Processing, 1998, 66(2): 219-232.
- [6] Magee D. Tracking multiple vehicle using foreground, background and motion models[J]. Image and Vision Computing, 2004, 22(2): 143-155.

- [7] 张文涛,李晓峰,李在铭.高速密集视频目标场景下的运动分析[J].电子学报,2000,28(10):114-117.
Zhang Wen-tao Li Xiao-feng, Li Zai-ming. Motion analysis under high speed dense visual-target scenes[J]. Acta Electronica Sinica, 2000, 28(10): 114-117. (in Chinese)
- [8] 岑峰,戚飞虎,陈茂林.长期视频监控系统的多分布模型背景差方法[J].红外与毫米波学报,2002,21(1):59-63.
Cen Feng, Qi Fei-hu, Chen Mao-lin. Multi-distribution model for background subtraction in long term video surveillance system[J]. Chinese Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2002, 21(1): 59-63. (in Chinese)
- [9] 侯志强,韩崇昭.基于像素灰度归类的背景重构算法[J].软件学报,2005,16(9):1568-1576.
Hou Zhi-qiang, Han Chong-zhao. A background reconstruction algorithm based on pixel intensity classification[J]. Journal of Software, 2005, 16(9): 1568-1576. (in Chinese)
- [10] T Ojala, M Pietikainen, T M Maenpaa. Multi-resolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns[J]. IEEE Trans, 2002, PAMI-24(7): 971-987.
- [11] M Grabisch, T Murofushi, M Sugeno. Fuzzy Measures and Integrals[M]. Theory and Applications. Studies in Fuzziness. Physical Verlag, 2000. 314-319.
- [12] Wallflower Dataset [DB/OL]. <http://research.microsoft.com/users/jckrumm/WallFlower/TestImages.htm>, 1999-9-20.
- [13] PETS Dataset [DB/OL]. <http://www.cvg.rdg.ac.uk/slides/pets.html>, 2007-10-14.

作者简介:



丁莹女,1983年生,吉林省珲春市人,博士研究生,主要研究方向为图像处理、计算机仿真.

E-mail: dingying@cust.edu.cn

李文辉男,1961年生,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为计算机图形学与图像处理,虚拟现实技术等.