

文章编号:0253-9993(2013)07-1299-06

基于 Camshift 自适应多特征模板的视频目标跟踪

厉 丹,田 隽,肖理庆,孙金萍

(徐州工程学院 江苏省大型工程装备检测与控制重点实验室,江苏 徐州 221008)

摘 要: Camshift 算法实时性高,计算量小,在目标跟踪领域应用效果良好。但其仅依靠颜色模型的特点使得在噪声大、照度不均的井下视频目标跟踪中易造成目标丢失。通过在 Camshift 基础上建立多特征融合的模板自适应更新算法,实现边缘、纹理等特征的融合,制定特征贡献度规则,在环境变化时根据不同特征贡献度的不同自适应分配权重,更新模板。实验结果表明:新算法抗干扰能力强,特征间互补不足,跟踪准确,在煤矿复杂环境井下视频目标跟踪中有良好应用前景。

关键词: 煤矿; Camshift 算法; 特征融合; 模板更新; 纹理

中图分类号: TD676 **文献标志码:** A

Adaptive multi-feature template video target tracking based on Camshift algorithm

LI Dan, TIAN Jun, XIAO Li-qing, SUN Jin-ping

(Jiangsu Key Laboratory of Large Engineering Equipment Detection and Control, Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract: Camshift algorithm has high real-time performance and low computation, so it is widely used in target tracking field. Under the noisy and uneven illumination coal mine environment, Camshift algorithm will lose target easily, because it relies on color model only. A new adaptive template update model proposed based on the Camshift algorithm and multi-feature, such as edge, texture and other features. While environment altering, features can change weight rationally by their different contributions, and the template update adaptively. Experiment showed that new algorithm has racked accuracy, high anti-interference ability and complement between different features. It has a good prospect in object tracking under coal mine complex environment.

Key words: coal mine; Camshift algorithm; feature fusion; template update; texture

目前,视频目标跟踪技术的研究成为视频监控领域面临的核心问题。近年学者提出的算法中,粒子滤波^[1]抗干扰能力强,可以估计目标状态,但存在粒子退化现象,稳定性差;Kalman 滤波^[2]跟踪要求运动状态符合高斯分布,在非线性非高斯环境中易失效;光流法^[3]基于差分,算法实时性差,易在复杂环境中跟踪失败;Gary R. Bradski 在 Meanshift^[4-6]基础上建立了 Camshift (Continuously Adaptive Meanshift, 连续自适应均值漂移)^[7-8]将均值漂移算法扩展到视频图像序列,利用窗口调节自适应物体尺寸的变化,通过图像的颜色概率分布特征进行目标跟踪,具有时实行

高、计算简单的特点。

颜色特征不受物体形状变化的影响,具有尺度旋转不变特性,计算量小,现有算法大多用该特征来表示目标。但在亮度不均、噪声高、目标和背景颜色相近等煤矿井下复杂场景^[9-10]中易受干扰物影响,造成跟踪失败。有研究者在算法中融合贝叶斯框架^[11-12]特征模型,但满足不了实时性需求。本文针对井下复杂环境,在 Camshift 基础上融合 LTP 纹理局部三值模式、量化后的 HSV 模型和边缘特征,制定特征贡献度规则求取特征权值。实验表明,新算法搜索速度快、复杂度低,对井下高噪声、光照不均、颜色相近等

收稿日期:2012-05-15 责任编辑:许书阁

基金项目:江苏省高校自然科学研究资助项目(11KJD120003);江苏省产学研联合创新资金资助项目(BY2009114);徐州市科技计划资助项目(XM12B078)

作者简介:厉丹(1981—),女,江苏徐州人,讲师,博士。E-mail: lidanonline@163.com。通讯作者:田隽(1981—),女,重庆人,讲师,博士。E-mail: 20789996@qq.com

复杂环境有较好鲁棒性。

1 Camshift 算法

1.1 颜色概率分布模型

Camshift 选择 HSV 颜色特征模型跟踪从而减少光照影响。设 q_u 为颜色概率分布, C_h 为归一系数, δ 为脉冲函数, 其值域在 $[0, 1]$, $\{x_i, i=1, 2, \dots, n\}$ 为窗内像素, h 为搜索窗宽, m 为颜色特征的分级, y 为中心位置, $\sum_{u=1}^m q_u = 1$, 归一化直方图可表示为

$$q_u(y) = C_h \sum_{i=1}^n \delta[b(x_i) - u], u = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

核函数估计颜色概率密度为

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n k\left(\left\|\frac{y-x_i}{h}\right\|^2\right) \quad (2)$$

搜索窗中估计颜色概率密度为

$$\hat{p}_u(y) = C_h \sum_{i=1}^n k\left(\left\|\frac{y-x_i}{h}\right\|^2\right) \delta(b(x_i) - u) \quad (3)$$

1.2 Camshift 算法核心

Meanshift 算法是 Camshift 的核心, 令目标物体颜色分布为 q_u , 第 i 帧运动目标的颜色分布为 $\hat{p}_u(y_i)$, 利用 Bhattacharyya 系数 $\hat{\rho}(y)$ 判断颜色分布的相似性。令 y_{i+1} 为下一帧运动目标中心, 寻找 y_{i+1} , 使 $\hat{p}_u(y_{i+1}), q_u$ 最相似。

$$\hat{\rho}(y_{i+1}) = \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(y_{i+1}) q_u} \approx$$

$$\frac{1}{2} \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(y_i) q_u} + \frac{1}{2} \sum_{u=1}^m \hat{p}_u(y_{i+1}) \sqrt{\frac{q_u}{\hat{p}_u(y_i)}} \quad (4)$$

已知 $\hat{p}_u(y_i), q_u$, 权值 $w(x_i) = \sum_{u=1}^m \delta[b(x_i) - u] \times$

$\sqrt{\frac{q_u}{\hat{p}_u(y_i)}}$, 若最大化相似性, 即可最大化 y_{i+1} 位置搜

索窗口的概率密度估计 $\sum_{u=1}^m \hat{p}_u(y_{i+1}) w(x_i) = C_h \sum_{i=1}^n k\left(\frac{\|y_{i+1} - x_i\|^2}{h^2}\right) w(x_i)$ 。算法采用核函数 Epanechnikov, Meanshift 向量公式中, y_{i+1} 移动向概率密度最大的地方, 利用连续迭代, 计算质心位置。

$$M_h(x) = \frac{\sum_{i=1}^n G\left(\frac{x_i - x}{h}\right) w(x_i) x_i}{\sum_{i=1}^n G\left(\frac{x_i - x}{h}\right) w(x_i)} - x \quad (5)$$

1.3 Camshift 算法过程

Camshift 算法步骤描述如下:

(1) 确定搜索窗口的初始位置 (x_c, y_c) , 设定搜索区域窗口大小;

(2) 围绕 (x_c, y_c) , 计算搜索窗口 1.1 倍区域内颜色的概率分布情况;

(3) 利用 Meanshift 求得新搜索窗口位置、大小, 将其作为下一帧的初始位置;

(4) 用(3)步中的值重新初始化下一帧图像中搜索窗口的大小、位置, 然后转(2)步继续执行, 直至收敛。

利用像素值 $I(x, y)$ 和搜索窗二阶矩可以估计运动目标的方向角及大小。二阶矩如下

$$M_{20} = \sum_x \sum_y x^2 I(x, y), M_{02} = \sum_x \sum_y y^2 I(x, y), \\ M_{11} = \sum_x \sum_y xy I(x, y) \quad (6)$$

设

$$a = \frac{M_{20}}{M_{00}} - x_0^2, b = \frac{M_{11}}{M_{00}} - x_0 y_0, \\ c = \frac{M_{02}}{M_{00}} - y_0^2 \quad (7)$$

运动目标的长轴、短轴以及方向角如下

$$\begin{cases} l = \sqrt{(a+c) + \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}/2 \\ w = \sqrt{(a+c) - \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}/2 \\ \theta = \frac{\arctan[b/(a-c)]}{2} \end{cases} \quad (8)$$

可以看出, Camshift 迭代计算搜索窗口的质心, 估计方向和尺度, 自适应运动目标位置和大小变化, 实现了实时跟踪目标。但单特征模型所提供的信息量毕竟有限, 在跟踪中目标的外观特征不能全部描述出, 因此外观改变时, 易丢失目标, 跟踪失败, 所以需要依靠建立多特征模型来描述。

2 纹理模型的建立

Camshift 算法时间复杂度低, 抗部分遮挡和变形能力较好, 在背景环境简单的情况下能较好跟踪。但遇复杂环境时, 颜色信息易被干扰。井下环境中, 环境背景和矿工衣服相近, 根据颜色特征进行目标跟踪忽略空间分布特性, 易丢失目标, 不适合井下光照不均、分辨率低、噪声大的环境。由于纹理信息一般不会受光照或背景颜色干扰, 比较稳定, 本文在 Camshift 中融入了物体纹理信息^[13-14], 从而解决了颜色相近易丢失目标的问题。目前, 大部分纹理模型如灰度共生矩阵、小波等虽然可得到纹理的基元分布, 但它们不支持点样本估计, 因此难以融合颜色等其他特征。

2.1 LBP 局部二值模式

局部二值模式纹理模型 LBP (Local Binary Pattern) 具有尺度和旋转不变性、计算简单的特点,是基于点样本估计的非参数化模型。LBP 的基本模式对像素点旁四邻域或者八邻域内的像素亮度求差,对局部纹理利用阈值判断,通过 8 位 2 进制码表示。模式如下表示

$$LBP_{p,R}(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) 2^p,$$

$$s(g_p - g_c) = \begin{cases} 1, & |g_p - g_c| > T \\ 0, & |g_p - g_c| \leq T \end{cases} \quad (9)$$

LBP 的扩展模式利用圆形邻域内插,计算像素,在周围圆形相邻区域内以 R 为半径,取 P 个点, $LBP_{p,R}$ 描述不同半径圆形相邻区域内图像的纹理。编码的最低位用中心点右边的像素和中心点进行阈值判断后的值表示。将 $LBP_{p,R}$ 表示成 LBP rotation invariance ($LBP_{p,R}^{ri}$), 具备旋转不变性。令 $ROR(LBP_{p,R}, p)$ 表示 $LBP_{p,R}$ 按位右移 i 位。 $LBP_{p,R}^{ri}$ 表示如下

$$LBP_{p,R}^{ri} = \min \{ ROR(LBP_{p,R}, p) \mid p = 0, 1, 2, \dots, P-1 \}$$

LBP 统一模式 $LBP_{p,R}^{riu2}$ 是 $LBP_{p,R}^{ri}$ 进一步的扩展,即最多有 2 个 1 位至 0 位的或 0 位至 1 位跳变的 $LBP_{p,R}^{ri}$, 具有良好的纹理描述性和分类性,统计特性可靠,图像的角点结构信息、边缘信息都可以用它表示,在 LBP 的模式中最重要的。 $LBP_{p,R}^{ri}$ 描述的沿圆周分布的 36 种纹理被 $LBP_{p,R}^{riu2}$ 简化到 9 种模式,其中,噪声点用模式 0,1 表示,角点用模式 3,5 表示,暗点用模式 7,8 表示,线段用模式 2,6 表示,边界用模式 4 表示。这 9 种模式通过下式计算

$$LBP_{p,R}^{riu2} = \begin{cases} \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c), U(LBP_{p,R}) \leq 2 \\ P + 1, U(LBP_{p,R}) > 2 \end{cases} \quad (10)$$

$$U(LBP_{p,R}) = |s(g_{p-1} - g_c) - s(g_0 - g_c)| + \sum_{p=1}^{P-1} |s(g_p - g_c) - s(g_{p-1} - g_c)|$$

LBP 算子在灰度范围内具单调不变性,抗光线强弱变化的能力强,编码方式利用邻域像素与像素之差求得,较好描述了中心及邻域像素点亮度特征分布的情况。但 LBP 模式对噪声特别敏感,因此无法直接将其用于煤矿环境。

2.2 LTP 局部三值模式

LTP (Local Ternary Patterns, 局部三值模式) 纹理模型被 Tan 和 Bill 在文献[15]中于 2007 年提出,在人脸辨别中有应用较好,解决了 LBP 模型对噪声敏感的问题。本文在 LBP 纹理模式基础上扩展成局部

三值模式 LTP 提取特征,融合到目标特征中后检测运动目标,从而加强特征空间分类的能力。LTP 阈值函数如下式

$$s'(u, p_c, t) = \begin{cases} 1, & u \geq p_c + t \\ 0, & |u - p_c| < t \\ -1, & u \leq p_c - t \end{cases} \quad (11)$$

LTP 将距中心点 $\pm t$ 范围内的相邻区域像素量化成 0, 小于宽度的像素点量化成 -1, 大于的量化成 1, 设 t 是阈值噪声门限。 $s(u)$ 变换成的三值模式是 $s'(u, p_c, t)$ 。此变换利用了模式的对称特性以及噪声门限,增强了抗噪能力,并有效滤除了噪声,编码如下

$$LTP_{p,R}(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{P-1} s(u) 3^p \quad (12)$$

为了将 LTP 编码进行分解成两部分可以简化计算:Upper LBP 正值计算以及 Lower LBP 负值计算两部分。

$$\begin{cases} s_{upper}(x_c, y_c) = \begin{cases} 1, & s'(x_c, y_c) = 1 \\ 0, & s'(x_c, y_c) \neq 1 \end{cases} \\ s_{lower}(x_c, y_c) = \begin{cases} 1, & s'(x_c, y_c) = -1 \\ 0, & s'(x_c, y_c) \neq -1 \end{cases} \end{cases} \quad (13)$$

建立 LTP 模式纹理特征直方图,该模式既增强了纹理信息,又解决了局部二值模式抗噪性能差的问题。图 1 描述了实验结果。



图 1 原始图像及 LTP, LBP 纹理模型
Fig. 1 Original images and LTP, LBP texture model

图1中,左边第1列中4幅图自上而下分别描述在井下照度高、照度低、模糊和高噪声4种复杂环境的原始图。图1中的第2列和第3列自上而下分别显示了LTP和LBP模型在以上4种复杂环境中矿工图像的纹理表示。由图1可见,模糊和照度变化对于LTP,LBP模型影响较小,但LBP对噪声敏感,抗干扰效果差,而LTP具有更好的抗噪性。

3 多特征模板的建立和更新

3.1 多特征模板的建立

特征的选择要尽可能区别背景和目标。在特征信息描述全面情况下,特征模型不能设置过多,否则会加大计算量。令 K 是特征种类, u_j 是特征向量, $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 是窗口的像素集合,候选目标 j 种特征的分布为 $\hat{p}_{u_j}(y), j=1, 2, 3, \dots, K$,特征向量是 u_j ,特征空间和像素点的映射关系是 $b_j(x_i), u_j=1, 2, 3, \dots, m_j$,量化级别是 m ,候选目标中心位置为 y ,归一化常数为 C_j 。式(14)为候选目标、目标模板的概率密度分布

$$\begin{cases} \hat{p}_{u_j}(y) = C_j \sum_{i=1}^n k \left(\left\| \frac{y - x_i}{h} \right\|^2 \right) \delta[b_j(x_i) - u_j] \\ \hat{q}_{u_j}(y) = C_j \sum_{i=1}^n k \left(\left\| \frac{y - x_i}{h} \right\|^2 \right) \delta[b_j(x_i) - u_j] \end{cases} \quad (14)$$

多特征空间需要综合各类特征,而不能仅考虑某类特征,所以需要对各特征加权,可按式(15)将权重修改

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^k a_j \sum_{u_j=1}^{m_j} \delta[b_j(x_i) - u_j] \sqrt{\frac{\hat{q}_{u_j}}{\hat{p}_{u_j}(y_0)}}}{a_1 w_i(u_1) + \dots + a_k w_i(u_k)} \quad (15)$$

其中, $\sum_{j=1}^k a_j = 1, a_1, \dots, a_k$ 为权重系数。本文提出的多特征模板可以减小背景在不同空间干扰的力度。但目标在运动过程中环境随时发生变化,因此,权重系数 a_1, \dots, a_k 也应不同,且能自适应变化。通过比较目标及环境背景在颜色、纹理、边缘等不同特征的直方图,确定各特征系数 a_j 的取值。

设 A 是目标区域, B 是背景区域, C 是整个区域,用 $a_{u_j}, b_{u_j}, c_{u_j}$ 分别表示直方图,令 M_j 是特征 j 的贡献度,那么

$$M_j = \frac{\sum_{u_j=1}^{m_j} \min(a_{u_j}, c_{u_j}) - \sum_{u_j=1}^{m_j} \min(a_{u_j}, b_{u_j})}{\sum_{u_j=1}^{m_j} \min(a_{u_j}, c_{u_j})} \quad (16)$$

在特征空间 j 中,前景同整个区域的直方图进行相交,结果用 $\sum_{u_j=1}^{m_j} \min(a_{u_j}, c_{u_j})$ 表示,前景同背景的直方图相交,结果用 $\sum_{u_j=1}^{m_j} \min(a_{u_j}, b_{u_j})$ 表示。若 M_j 小,则表明在该特征空间内,前景、背景区分能力差,因此 a_j 应小,否则, a_j 应大,前景、背景区分能力较高。归一化特征贡献度可得到特征权值。

$$\begin{cases} a_j = \frac{M_j}{M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_K}, j = 1, 2, 3, \dots, K \\ \sum_{j=1}^k a_j = 1 \end{cases} \quad (17)$$

3.2 模板的更新

Camshift基于核直方图进行建模匹配,速度较快,但如果跟踪模型初始选定后,不随跟踪过程更新,遇到光照环境、目标形态等变化的情况时,会因颜色、纹理等特征模型偏差,造成跟踪失败。

目标在井下特殊环境运动过程中背景时常变化,本文通过制定模型更新方法来增强算法适用性。当前模板更新通常把目标模板作为整体,但每种分量对总特征的影响在更新过程中各不同,并非所有向量都要更新,因此本文量化特征向量为 m 级直方图,两帧间更新模板如下。

设 $f(u) = \sqrt{\hat{p}_u \hat{q}_u} / \sum_{u=1}^m \hat{p}_u \hat{q}_u$ 是特征分量匹配函数,

由小到大排列各分量的匹配度,如果 $\sum_{u=1}^m \hat{p}_u \hat{q}_u$ 值很小,表明此次跟踪受干扰影响较大,不更新模型,如果 $\sum_{u=1}^m \hat{p}_u \hat{q}_u > 0.8$,那么对匹配度小于 $0.5 \times \sum_{u=1}^m \hat{p}_u \hat{q}_u$ 的较小的 n 个子特征分量按比例加权更新,如式(18),通过对当前及历史结果加权折中,可以降低特征模型更新过程中对环境变化的敏感性。

$$\hat{q}_u(t) = C_q [\alpha p_u(t) + (1 - \alpha) \hat{q}_u(t - 1)] \quad (18)$$

4 实验结果

HSV颜色模型空间直方图直接描述图像的冗余度较大,且边缘、纹理识别能力也较强,所以可以降低HSV量化级别,将颜色空间量化成为 $16 \times 4 \times 4$ 种颜色。边缘特征可以检验局部特征不连续性及周围像素是否有阶跃性灰度变化,将边缘直方图量化为12份,采用9类LTP纹理特征模式,降低计算开销。虽然对每个特征空间向量都需要更新权重。增加了时间开销,但只更新 n 个匹配度较小的子特征分量,也

降低了耗时。总的来说,新算法的计算复杂度比原算法稍高,但是通过 HSV, LTP 及边缘特征融合,跟踪运动目标可以更准确。实验表明,新算法可以满足井下监控实时性的要求。

如图 2 所示,分别用 Camshift 算法及本文多特征模板更新算法对变电所的一段视频实施目标跟踪。由图 2(a) 看出,井下高噪环境中 Camshift 易收敛在

HSV 颜色相近处致使跟踪失败。图 2(a) 第 3, 4 帧中,由于后面矿工紧跟其身后,对前面矿工构成较大干扰,在图 2(a) 第 5 帧可以看出,目标明显偏移原矿工,转向后面的矿工跟踪,跟踪结果失败。本文算法结果如图 2(b) 所示,由于融合了边缘、纹理及 HSV 多特征空间,在某特征干扰时,其他特征可以增加权重,从而自适应更新模板,跟踪效果较好。



图 2 变电所原算法和新算法比较

Fig. 2 Comparison of substation original and new algorithms

图 3 是对图 2 中视频连续 50 帧耗时统计的情况。星花和加号分别表示原算法和本文算法,水平线是不同算法取得的平均值。结果可以看出,本文算法虽复杂度略高于原算法,但实时性可以满足井下监控需求,且跟踪准确。

图 4 是调度站视频用模板不更新及本文更新算法截取部分帧的比较结果。图 4(a) 中,不进行模板更新,特征各自的贡献度在初始固定,在运动中易吸引于假的目标。第 4 帧中,由于不更新模板,背景构成较大干扰,第 5 帧目标偏移。图 4(b) 本文算法中,环境变化时,各特征贡献度也不同,自适应更新模板,

抗干扰能力得到提高。图 5 为调度站视频连续 50 帧各个特征贡献度的变化情况。

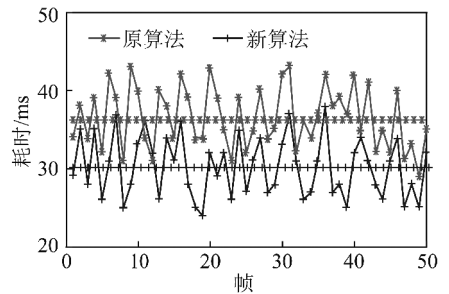


图 3 变电所跟踪耗时统计

Fig. 3 Time-consuming of substation tracking

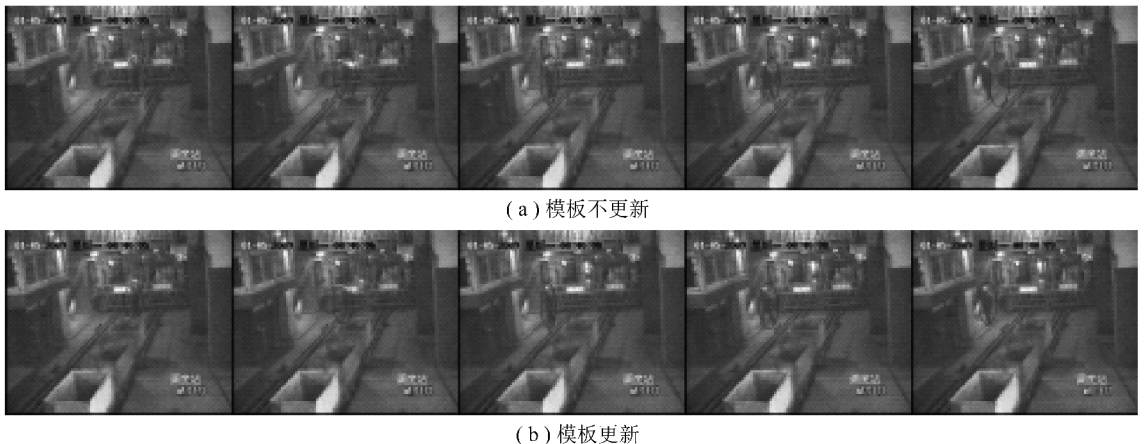


图 4 调度站模板更新比较

Fig. 4 Comparison of dispatching station template update

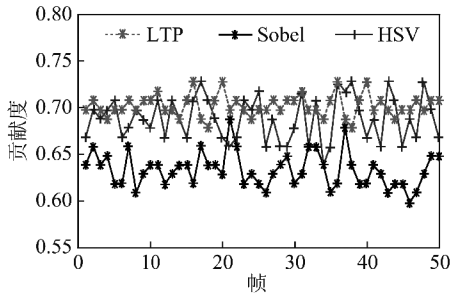


图 5 特征贡献度分布

Fig. 5 Distribution of feature contribution

5 结 论

为了适应井下复杂环境视频监控中运动目标跟踪的需求,本文提出了基于 Camshift 算法融合多特征的模板自适应更新方法,某种特征区分前景和背景不明显的时候,其他特征互补不足。算法将纹理、边缘和颜色特征融合,利用不同特征贡献度的不同设置权值,在多特征空间中计算,遇前景背景颜色近似、目标形态变化及光照变化等问题时能较好的解决。由于在匹配函数中,只更新匹配度较差的特征分量,而不对所有特征分量更新,降低了时间复杂度。新算法在井下视频监控中运动目标跟踪中有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 徐志鹏,王忠宾. 基于粒子滤波的采煤机截割负载特性分析[J]. 煤炭学报,2011,36(4):696-700.
Xu Zhipeng, Wang Zhongbin. Characteristic analysis of shearer cutting load based on particle filter[J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(4):696-700.
- [2] 王晓路,刘 健,卢建军. 基于虚拟状态变量的卡尔曼滤波瓦斯涌出量预测[J]. 煤炭学报,2011,36(1):80-85.
Wang Xiaolu, Liu Jian, Lu Jianjun. Gas emission quantity forecasting based on virtual state variables and Kalman filter[J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(1):80-85.
- [3] 程远航. 基于光流和 Gabor 小波的人脸特征点跟踪[J]. 计算机仿真,2011,28(5):287-290.
Cheng Yuanhang. Facial feature tracking based on optical flow and gabor wavelet[J]. Computer Simulation, 2011, 28(5):287-290.
- [4] Cheng Y. Mean shift, mode seeking and clustering[J]. IEEE Transaction Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1995, 17(8):790-799.
- [5] 宋 新,王鲁平,王 平,等. 基于改进均值位移的红外目标跟踪方法[J]. 红外与毫米波学报,2007,26(6):429-432.

- Song Xin, Wang Luping, Wang Ping, et al. Ir target tracking based on improved mean shift method[J]. Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2007, 26(6):429-432.
- [6] Tada K, Takemura H, Mizoguchi H. Robust tracking method by Mean Shift using Spatiograms[A]. SICE Annual Conference 2010[C]. 2010:1985-1988.
- [7] Bradski G R. Computer vision face tracking for use in a perceptual user interface[J]. Intel Technology Journal, 1998, 2:214-219.
- [8] 曲巨宝,王淑娟,林宏基. 利用 Camshift 算法实现运动目标自动跟踪[J]. 湖南工业大学学报,2010,24(5):58-63.
Qu Jubao, Wang Shujuan, Lin Hongji. Using camshift algorithm to track moving objects automatically[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2010, 24(5):58-63.
- [9] 程卫民,周 刚,王 刚,等. 基于灰色-模糊-改进动量 BP 算法的矿工安全行为评价方法[J]. 煤炭学报,2010,35(1):101-105.
Chen Weimin, Zhou Gang, Wang Gang, et al. Evaluation method of miners' safety behavior based on gray-fuzzy-improving momentum BP algorithm[J]. Journal of China Coal Society, 2010, 35(1):101-105.
- [10] 孙继平. 煤矿安全监控系统联网技术研究[J]. 煤炭学报, 2009, 34(11):1547-1549.
Sun Jiping. Networking technology for safety supervision system in a coal mine[J]. Journal of China Coal Society, 2009, 34(11):1547-1549.
- [11] Polpinij J, Sibunruang C. Thai heritage images classification by Naïve Bayes image classifier[A]. Conference of the Digital Content, Multimedia Technology and its Applications (IDC)[C]. 2010:221-224.
- [12] Cao Wei, Meng Shaoliang. Image classification based on Bayes point machines[A]. Conference of the Imaging Systems and Techniques[C]. 2009:164-167.
- [13] 刘国英,秦前清,王雷光,等. 一种基于 Contourlet 变换的多尺度纹理分割的新算法[J]. 红外与毫米波学报,2009,28(6):450-455.
Liu Guoying, Qin Qianqing, Wang Leiguang, et al. New algorithm of multiscale texture image segmentation based on contourlet transform[J]. Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2009, 28(6):450-455.
- [14] Zhao Haiying, Xu Guangmei, Sun Fengyu. A metric algorithm based on three elements of texture visual feature[A]. Conference on Theories and Applications (BIC-TA)[C]. 2010:1221-1224.
- [15] Tan Xiaoyang, Bill Triggs. Enhanced local texture feature sets for face recognition under difficult lighting conditions[A]. Analysis and Modeling of Faces and Gestures, Rio de Janeiro, Brazil[C]. 2007:168-182.