

基于运动信息的液剂可见异物自适应分割算法

杜育宽 翟蔚

(海南大学信息技术学院 海口 570228)

摘要 运动异物分割是实现液剂可见异物自动检测的关键。提出一种基于帧差图空间方差和方差梯度的液剂异物模糊自适应阈值分割算法。首先将2幅帧差图分为 5×5 的块,计算2幅帧差图对应块间的空间方差和方差梯度,并以两者的乘积构成新特征图;然后使用自适应阈值完成运动异物的分割,为使阈值能够跟随块灰度变化,阈值的调整采用模糊推理,依据方差和方差梯度变化自适应实现。实验及实际测试结果表明,所提算法能够满足低对比度和局部光照变化的液剂异物实时检测要求,是一种实用有效的图像分割方法。

关键词 液剂异物,图像分割,帧差图方差,方差梯度,模糊自适应阈值

中图分类号 TP393 **文献标识码** A

Adaptive Segmentation Algorithm of Visual Impurity in Liquid Based on Motive Information

DU Yu-kuan ZHAI Wei

(College of Information and Technology, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract The segmentation of motive impurity in liquid plays a key role in automatic detecting system. A fuzzy adaptive threshold segmentation algorithm of visual impurity in liquid based on spatial block variance and its gradient was proposed. At first, the two difference images were partitioned into 5×5 blocks, and then the product of the homologous block variance and its gradient of the two difference image were chosen as the block feature. After that, an adaptive threshold was used to segment the image. To be adapted to the change of the block grey value, a fuzzy inference method was adopted to adjust the threshold adaptively according to the block variance and its gradient. The experimental and factual testing results show that the proposed algorithm can meet the demands of visual impurity in liquid in real-time detecting, and that it is a practicable and effective image segmentation method.

Keywords Impurity in liquid, Image segmentation, Difference image variance, Variance gradient, Fuzzy adaptive threshold

1 引言

液剂药物中可见异物的检测是药品生产过程中的关键环节,传统的检测方法大多是基于人工灯检方式实现的,因人工灯检方式易受视觉疲劳、主观判断和速度慢等因素影响而使药品检测的完整性和严密性得不到保障。液剂药物已广泛应用于临床医疗,并主要通过静脉注射进入患者体内,液剂药物中的难溶性异物对患者的身体健康和生命安全构成直接威胁,目前,液剂药物的异物检测主要是通过人工检测(俗称“灯检”)方式实现的,由于人工检测易疲劳、主观和速度慢等缺点,因此,药品质量检测的严密性难以得到保证。随着计算机技术和数字图像处理技术的发展,计算机视觉越来越多地被用于工业生产,计算机视觉的发展和应用为液剂异物的自动检测提供了新的思路和方法。所谓基于计算机视觉的液剂异物检测,就是将悬浮和沉于瓶底的可见异物通过旋转机械装置使其产生运动,通过对运动目标序列图像的处理达到检测异物的目的。

通过序列图像提取运动对象,许多学者在这方面作了大量的研究^[1-6]。文献[1]采用形态运动关联算子来间接利用帧差对对象的运动区域进行检测,同时根据序列图像的运动程度,采用多帧处理来获取运动对象;文献[2]提出一种利用高阶矩和运动跟踪的方法通过多帧来进行对象分割,对各个帧差进行高阶统计(HOS)来检测运动区域,并通过高阶映射上的运动估计获得最终对象。文献[3]提出一种基于变换检测模板的分割算法。该算法首先阈值化相邻帧差获得变化检测模板,然后采用松弛技术平滑边缘,再利用对象形状的空间连贯性得到变化检测模板,通过去除未覆盖的背景获得运动对象模板。文献[4,5]通过计算光流场和估计运动参数,找出符合运动模型的像素区域,进而合并这些区域来构成运动对象。文献[6]通过建立主要背景状态下的模糊高斯背景模型,利用模糊识别的方法选择出合适的高斯背景模型,从而实现工业环境下的运动目标检测。

本文在综合上述视频运动对象分割算法的基础上,借鉴文献[7]的部分思想,提出一种基于帧差图空间方差和方差梯

到稿日期:2012-02-25 返修日期:2012-06-04 本文受2009年海南省自然科学基金(609004)资助。

杜育宽(1966—),男,教授,主要研究方向为计算机测控与嵌入式系统,E-mail:Duyk2005@126.com;翟蔚(1988—),男,硕士生,主要研究方向为嵌入式系统研究。

度的自适应阈值分割算法。这里的“空间”是指方差计算时像素点值取自 2 帧差图对应点的差值,而非同一图像块的方差。首先,由 4 帧序列图像中的相邻 2 帧作差得到 2 帧差图像;然后对 2 帧差图进行划块,并计算对应块间的方差和方差梯度,将方差和方差梯度组合构成新的特征图;再采用自适应阈值对新特征图进行分割,为适应各分块灰度(对比度)的差异,阈值的选取通过模糊推理机依据方差和方差梯度的变化经模糊决策自适应调整。

2 液剂可见异物自动检测原理

基于计算机视觉的液剂可见异物自动检测原理如图 1 所示。依工作流程可分为 3 个区段:旋转加速区、检测区和分拣区。其工作过程为:待检药瓶经传送带送入旋转加速区,药液随药瓶高速旋转,沉于瓶底和悬浮于液剂中的静止异物产生运动,使液剂中的异物与瓶壁上的瑕点相区别;进入检测区的液剂药瓶停止旋转,同时触发数字相机对仍处于运动状态的瓶内药液连续拍照,获取运动异物的序列图像后,送工控机进行处理。序列图像经检测算法处理、判断,给出检测结果,并对含有异物的药瓶记录其工位号,以便于该药瓶进入分拣区时,向 PLC 发送剔除命令;PLC 接收含工位号和异物标志的计算机剔除命令,当有异物的药瓶通过分拣区时,PLC 向剔除机构发出剔除信号,不合格品被剔除,合格品进入下一工序,异物检测工序结束。

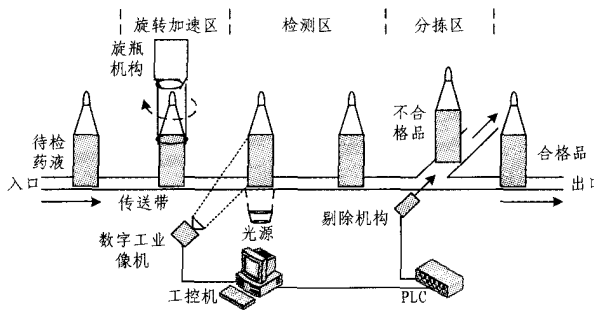


图 1 液剂可见异物自动检测原理示意图

3 可见异物的运动特征提取

液剂可见异物的检测规则是图像序列中的,若其中一帧存在异物,则认为液剂中存在异物,并根据异物大小判别药剂是否合格。从上述检测原理可知,检测的关键是在图像序列中正确分割和提取出运动异物。从图像序列中检测运动目标的简单方法是帧间图像差分法,但帧间图像差分对噪声较敏感,易将因光线变化产生的图像帧差判断为运动目标。本检测系统的噪声主要来源于药瓶传输过程中液面晃动而产生的局部光照变化(因光源是从瓶底投光,液面相当于不规整的反射面)以及瓶壁厚薄不均形成的光斑等方面。一般而言噪声的统计量符合高斯特性,因此在假设背景静止的前提下,如果连续两帧图像之间的灰度差非零,则可认为该灰度变化是由噪声或对象的运动引起的。噪声具有高斯特性,而运动对象有较强的结构性,可以采用帧差的方差统计量来分割运动对象。另外,图像的方差是反映图像灰度值变化幅度的一种度量,在具有运动目标的连续帧差图像中,运动目标区域的帧差图像间的灰度变化大,而同为背景区域的灰度变化不明显。再有,针对本系统的检测实际,由于镜头景深和运动目标随机

出现的位置的影响,帧差图像中运动目标与背景的对比度不是很明显,形成的方差小,此时仅用方差来描述运动目标是不够的,需要其他有效特征对方差进行补充。考虑在方差形成的特征图像中运动目标区域与背景区域的方差变化较大,而背景区域与背景区域的方差变化小,因此可以用方差梯度作为块特征,可见,方差梯度是方差的一种好的补充特征。

由上述分析知,当运动目标与背景对比大时,区域方差是一种较好的运动目标描述特征,而当运动目标与背景对比小时,区域方差梯度是方差的一个很好的补充特征。可以将两者组合作为描述运动目标的新特征,其组合方式可采用两者相加或相乘。考虑方差与方差梯度计算数量级的不一致,为避免归一化,本文取两者乘积作为运动目标区域的新特征。为便于描述,下面定义方差图、方差梯度图及方差与方差梯度乘积图^[7]。

设 $B(i, j)$ 是以 (i, j) 为中心, $M \times M$ 的图像块,其方差 δ 定义为:

$$\begin{cases} \delta(B(i, j)) = \frac{1}{|B(i, j)|} \sum_{p \in B(i, j)} [g_p(i_p, j_p) - m_D]^2 \\ m_D = \frac{1}{|B(i, j)|} \sum_{p \in B(i, j)} g_p(i_p, j_p) \end{cases} \quad (1)$$

式中, $g_p(i_p, j_p)$ 为像素 $p = (i_p, j_p)$ 的灰度值, $|B(i, j)|$ 为图像块 $B(i, j)$ 的像素个数。

将待分割原图 $I(x, y)$ 分成 $n \times m$ 块,利用式(1)对每一块求方差,得到一个 $n \times m$ 大小的矩阵,将其视为图像,称其为方差图,并记为 $V_I(x, y)$ 。

利用一阶中心差分近似一阶导数 $f_x' \approx \frac{f(x+1) - f(x-1)}{2}$, 计算方差图 $V_I(x, y)$ 的灰度梯度 $\nabla V_I = \left[\frac{\partial V_I}{\partial x}, \frac{\partial V_I}{\partial y} \right]^T$, 其中 $\frac{\partial V_I}{\partial x}(x, y) \approx \frac{V_I(x+1, y) - V_I(x-1, y)}{2}$, $\frac{\partial V_I}{\partial y}(x, y) \approx \frac{V_I(x, y+1) - V_I(x, y-1)}{2}$, 方差梯度向量模为:

$$|\nabla V_I| = \sqrt{\left[\frac{\partial V_I}{\partial x} \right]^2 + \left[\frac{\partial V_I}{\partial y} \right]^2} \quad (2)$$

对 $V_I(x, y)$ 逐点求梯度向量模 $|\nabla V_I|$, 可得到 $n \times m$ 的方差梯度图,并记为 $D_V(x, y)$ 。在已知方差图及方差梯度图后,定义方差与方差梯度乘积图为:

$$G(x, y) = V_I(x, y) \cdot D_V(x, y) \quad (3)$$

4 基于运动信息的模糊自适应分割算法

液剂异物检测的要求是尽可能检测出液剂中可能存在的异物。简单的 2 帧差包含的运动信息较少,提取的运动信息不完整,所以采用多帧差来获取充分的运动信息。本文采用相邻 4 帧计算帧间差。记输入的序列图像为 f_0, f_1, f_2, f_3 , 记 f_0 与 f_1 的差分结果为 ∇f_1 , f_2 与 f_3 的差分结果为 ∇f_2 , 即

$$\begin{cases} \Delta f_1(i, j) = |f_1(i, j) - f_0(i, j)| \\ \Delta f_2(i, j) = |f_3(i, j) - f_2(i, j)| \end{cases} \quad (4)$$

式中, $0 \leq i \leq NR, 0 \leq j \leq NC, \Delta f_k(i, j) \in D_k(i, j), k=1, 2, NR$ 和 NC 分别为图像的行数和列数, D_1, D_2 为生成的差分图像,其像素点的灰度值表明了两帧之间的变化程度,灰度值越高,得到图像对比度就越大。将帧差分图 D_1 和 D_2 分成对应的 $r \times r$ 的块,其中 r 不小于欲检异物的等效直径,对每一对应块按式(1)、式(2)求 $(D_2 - D_1)$ 的块方差和方差梯度,并由式(3)

得到描述运动目标特征的块特征图,然后选取合适的阈值,完成背景分割,最后对分割图像进行后处理,得到最终分割结果。

4.1 基于模糊推理的阈值选取算法

为了检测运动目标,选用一个适当的阈值 T_B 作为图像分割的门限。由于块特征图像中有些运动区域的特征值差异较小,采用一般的阈值选取方法很难得到恰当的阈值。基于对液剂异物实际运动图像的一定认识,本文采用自适应阈值,其数学表达式为:

$$T_B = A_g + \lambda \delta^2 \quad (5)$$

式中, A_g 是帧差分图 D_1 、 D_2 对应的 $r \times r$ 图像块差值的均值,即 $A_g = \frac{1}{r^2} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r |D_2(i, j) - D_1(i, j)|$, δ 是对应图像块的方差, λ 为随目标特征变化的自适应调整因子。 λ 的取值以提取的点目标的出现数目适中为原则, λ 太小会使一些非目标区的高频噪声分割为目标点,造成误检率增大, λ 太大又使得点目标丢失,造成漏检率增大。为使 λ 能够跟随目标特征变化而变化,本文将模糊理论应用于 λ 的选取,通过模糊推理实现 λ 的自适应取值。由于差分图像间的方差和方差梯度既反映了图像的空间灰度变化又反映了异物的运动特征,因此选取方差 δ 和方差梯度 $\nabla \delta$ 作为模糊推理机的两个模糊输入变量。

设 E 、 EC 和 U 分别为方差 δ 、方差梯度 $\nabla \delta$ 和模糊推理输出量 u 的模糊语言变量,模糊推理机的结构如图 2 所示。根据经验及实际需要,将 E 、 EC 和 U 均分为 5 个等级,对应模糊语言值分别为 {小、偏小、适中、偏大、大}, {小、偏小、适中、偏大、大}, {小、偏小、零、偏大、大}, 写成模糊子集为: $E \in \{NB, NS, Z, PS, PB\}$, $EC \in \{NB, NS, Z, PS, PB\}$, $U \in \{NB, NS, Z, PS, PB\}$ 。因方差 δ 和方差梯度 $\nabla \delta$ 的变化范围分别为 $[\delta_{\min}, \delta_{\max}]$ 和 $[\nabla \delta_{\min}, \nabla \delta_{\max}]$, 而由实验知,调整因子 λ 在 $[1, 2]$ 范围内调节比较合适。采用式 (6) 进行模糊量化:

$$y = \frac{12}{b-a} \left[x - \frac{a+b}{2} \right] \quad (6)$$

式中, $[a, b]$ 为输入量的变换范围。由此可确定 E 、 EC 和 U 的论域为: $E = \{-6, -3, 0, 3, 6\}$, $EC = \{-6, -3, 0, 3, 6\}$, $U = \{-6, -3, 0, 3, 6\}$ 。选用三角形函数作为隶属函数^[8], 得到各模糊变量的隶属函数如图 3 所示。

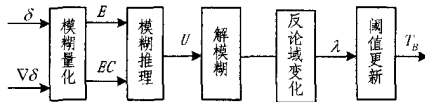


图2 模糊推理机结构框图

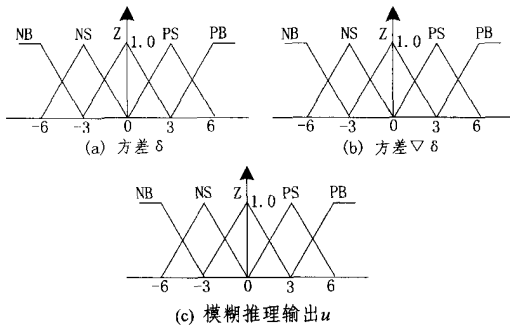


图3 模糊变量的隶属函数

二维模糊控制器的控制规则 R_k 可表示为:

$$R_k: \text{if } E_i \text{ and } EC_j \text{ then } U_{ij}, i=1, 2, \dots, p, j=1, 2, \dots, q \quad (7)$$

用模糊关系 R 来描述即为:

$$R = (E \times U) \cdot (EC \times U) = \bigcup_k E_i \otimes EC_j \otimes U_{ij} \quad (8)$$

则 R 的隶属函数为:

$$\mu_R(\delta, \nabla \delta, u) = \bigvee_{i=1, j=1}^{i=p, j=q} \mu_{E_i}(e) \wedge \mu_{EC_j}(EC) \wedge \mu_{U_{ij}}(u) \quad (\delta \in E, \nabla \delta \in EC, u \in U) \quad (9)$$

根据灰度变化特性选用 Mamdani 推理法, 求出模糊控制量 U 的隶属函数为:

$$\mu_U(u) = \bigvee \left[\bigvee_{i=1, j=1}^{i=p, j=q} \mu_{E_i}(\delta) \wedge \mu_{EC_j}(\nabla \delta) \wedge \mu_{U_{ij}}(u) \right] \wedge [\mu_E(\delta) \mu_{EC}(\nabla \delta)] \quad (10)$$

以上描述中, $\bigvee$ 表示取大运算 ($\max$), $\bigwedge$ 表示取小运算 ($\min$), $\cdot$ 表示模糊逻辑中的点乘, $\otimes$ 表示模糊逻辑中的叉乘, $p \times q$ 为规则数。

模糊变量之间的推理关系一般由模糊规则来描述, 目前模糊推理规则大都是基于经验和实验建立的, 需要修改和完善。本文基于经验建立起来的推理规则, 经现场实验的反复调试修改, 最后得到如表 1 所列的推理规则表。

表1 模糊推理规则表

U	E				
	NB	NS	Z	PS	PB
EC	NB	NB	NS	Z	PS
	NS	NB	Z	NS	Z
	Z	NS	Z	Z	PS
	PS	NS	PS	Z	PS
	PB	Z	PS	PS	PB

以加权平均法求得模糊输出量 u 为:

$$u = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_U(u_i) u_i}{\sum_{i=1}^n \mu_U(u_i)}, u_i \in U = \{-6, -3, 0, 3, 6\} \quad (11)$$

式中, n 为模糊规则数, $\mu_U(u_i)$ 为第 i 个模糊推理输出量 u_i 的隶属度, u_i 为 u 对应的模糊输出值。

u 经 $\lambda = \frac{u+12}{6}$ 反论域变化即可得到 λ , 进而得到新阈值 T_B , $\lambda \in [1, 2]$ 。利用 T_B 对经过以上处理后的块特征图像进行分割, 得到二值化图像。设图像被分为 $n \times m$ 个块, 块 (i, j) 的特征表示为 $f(i, j)$, 分割后块 (i, j) 的输出值为:

$$s(i, j) = \begin{cases} 1, & f(i, j) \geq T_B \\ 0, & f(i, j) < T_B \end{cases}, i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$$

式中, 1 代表前景区域, 0 代表背景区域。

阈值分割算法带来的分割误差可以通过后处理算法进行部分弥补。

4.2 运动目标的后处理

完成阈值分割处理后, 图像的前景与背景区域已基本分开。但由于噪声的影响, 在处理过程中前景或背景区域内部可能出现一些孤立的异类区域, 若不加处理, 将影响对运动目标的有效检测。使用连通性检验的方法, 可以降低或消除背景部分的噪声^[9]。本文使用八连通区域进行连通区域检测, 其实现方法是对分割图像的每一点 $p(i, j)$, 若 $p(i, j) = 1$, 考察 $p(i, j)$ 与其在水平、垂直及 4 个对角方向上的相邻像素, 若前景点数小于等于 3, 则认为该点为孤立的前景点, 予以清

除。同样,若 $p(i,j)=0$,而八邻域中属于前景点数多于5个,则认为该点为孤立背景点(小洞),置 $p(i,j)=1$ 。最后,扫描整个图像得到最终分割结果。

4.3 液剂异物分割算法

基于第3节介绍的新特征及第4.1节的阈值选取方法,本文提出一种基于空间方差和方差梯度的自适应液剂异物分割算法,算法步骤描述如下:

- ① 输入序列图像 f_0, f_1, f_2, f_3 ,按式(4)计算帧差 D_1, D_2 ;
- ② 将 D_1, D_2 划分为 $n \times m$ 个大小为 5×5 的图像块,对每块计算 $A_g(x,y) = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} |D_{2,(x,y)}(i,j) - D_{1,(x,y)}(i,j)|$, $x=1,2,\dots,n; y=1,2,\dots,m$;
- ③ 根据式(1)求每块的方差,得方差图 $V_f(x,y)$;
- ④ 由方差图 $V_f(x,y)$ 求梯度,并由式(2)计算梯度模,得到方差梯度图 $D_v(x,y)$;
- ⑤ 根据式(3)计算新特征图 $G(x,y)$;
- ⑥ 根据第4.1节的阈值选取方法,自适应选取阈值 T_B ,对图像进行分割;
- ⑦ 对运动目标后处理得到最终结果。

5 实验结果与分析

为了检验本文所提算法的性能,对算法进行了实验验证和现场实际测试。实验像源取自现场获取的序列图像,图像大小为 656×491 ,像素直径为 $10 \mu\text{m}$,实验中图像分块大小为 5×5 (药典规定药液中不能有 $50 \mu\text{m}$ 及以上的可见异物存在)。为对比效果,实验中对相同的序列图像进行了多帧差分的图像分割实验,帧差分实验中,图像分块大小亦为 5×5 ,分割阈值取分块灰度均值加一偏值(2倍方差)。实验结果如图4、图5所示。图4是比较规则的药瓶的分割结果,图5是瓶顶(壁)产生光反射而使局部光照发生变化的分割结果。为验证实际测试性能,将算法应用于自动检测样机平台,测试样本来源于某药厂经人工仔细检测的合格品和非合格品各200瓶,共进行了5组实验,测试指标为误检率和漏检率,测试结果如表2所列。误检率和漏检率的定义如下:

误检率=检出的合格品数/合格品总数。

漏检率=未检出的非合格品数/非合格品总数。

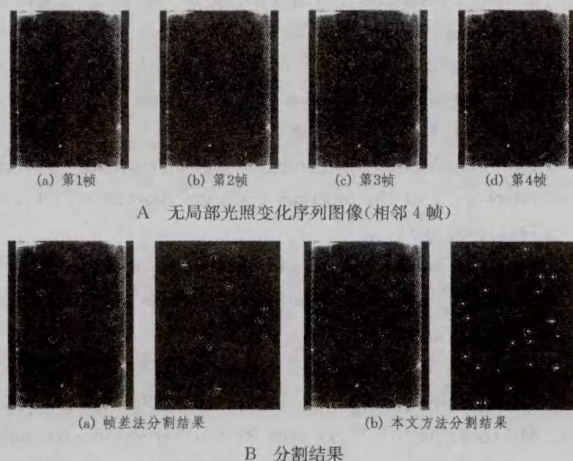


图4 无局部光照变化的分割结果对比

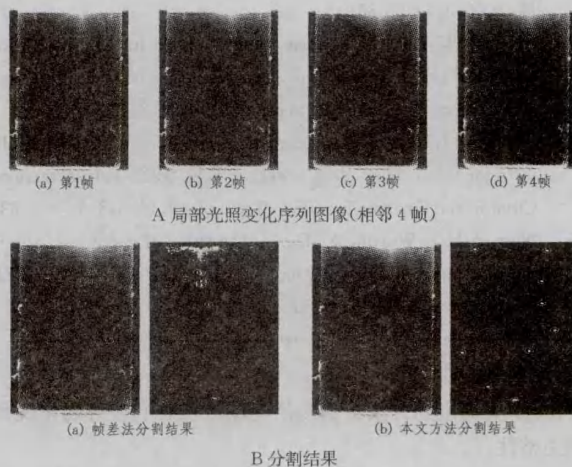


图5 局部光照变化的分割结果比较

从图4可以看出,在没有局部光强发生改变的情况下,两种方法的分割效果比较接近,但本文所提算法具有更好的表现,对比度较低的异物亦能将其与背景分割出来,表2的实际测试结果中,较低的漏检率也证实了本算法的优越性。当检测药瓶局部光照发生变化时(见图5),本文算法具有更好的自适应性和鲁棒性,在不降低分割效果的前提下,能较好地克服光照变化所带来的影响。而帧差分法不能消除光照变化的影响,将光照变化区域判为目标区,表2中帧差分法的误检率高于本文算法,即证明了这一点。由此表明基于多帧差间的运动特征的模糊自适应分割算法在应用于低对比度且具有局部光照变化的液剂异物检测中,在分割效果和鲁棒性方面具有更好的性能。

表2 实际测试结果比较

组别	样本					帧差法			本文方法				
	总数	纯净瓶	异物瓶	误检数	漏检数	误检率%	漏检率%	平均用时(ms)	误检数	漏检数	误检率%	漏检率%	平均用时(ms)
1	200	150	50	22	7	14.7	14.0	31.76	8	0	5.3	0.0	37.35
2	200	125	75	17	9	13.6	12.0	33.55	7	0	5.6	0.0	38.54
3	200	100	100	13	13	13.0	13.0	35.89	6	0	6.0	0.0	41.32
4	200	65	145	8	19	12.3	13.1	34.98	4	1	6.2	0.7	42.15
5	200	30	170	5	24	16.7	14.1	35.96	2	1	6.7	0.6	43.76

结束语 液剂中运动异物的有效分割是实现基于计算机视觉的全自动异物检测的关键,本文在帧差分图像的基础上,提出一种基于模糊推理的阈值自适应分割算法。首先,通过帧差图对应图像块方差和方差梯度的计算,将2者相乘组合成新的特征图,以获取异物的运动特征。其次,针对异物与背景对比度低以及局部光照发生变化的特点,将模糊理论应用于阈值的选取,根据方差和方差梯度的变化自适应地调整分割阈值。实验及实际测试结果表明,本文方法虽然增加了检验时间,但较好地处理了局部光强发生变化的情况,并能有效提取运动异物特征,实现运动异物的分割;在帧间光照条件局部突变,以及镜头景深不足而使异物不明显条件下,运动异物亦能准确提取,降低了误检率和漏检率。

参考文献

- [1] 刘新春,周建宇.一种面向运动的视频对象分割算法[J].电子与信息学报,2001,23(12):1434-1437
- [2] 郭丽,龚声蓉.基于内容的视频分割技术[J].计算机技术与发

- [3] Mech R, Wolborn M. A noise robust method for 2D shape estimation of moving objects in video sequences considering a moving camera [J]. *Signal Processing*, 1998, 66(2): 203-217
- [4] Thomas M, Ngan K N. Automatic segmentation of moving objects for video object plane generation[J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 1998, 8(5): 525-538
- [5] Nguyen H T, Worring M, Dev A. Detection of moving objects in video using a robust motion similarity measure [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2000, 9(1): 137-141

- [6] 毛燕芬, 施鹏飞. 基于对象的视频图像分割技术[J]. *中国图象图形学报*, 2003, 8A(7): 726-731
- [7] 樊冬进, 孙冰, 封举富. 基于方差及方差梯度的指纹图像自适应分割算法[J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2008, 20(6): 742-747
- [8] 李士勇. 模糊控制·神经控制和智能控制论[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004: 259-271
- [9] Haritaoglu I, Harwood D, Davis L S. Real-time surveillance of people and their activities [J]. *IEEE Trans. PAMI*, 2000, 22(8): 809-830

(上接第 263 页)

看出,本文提出的方法检测到的运动目标具有较好的精确性和完整性。

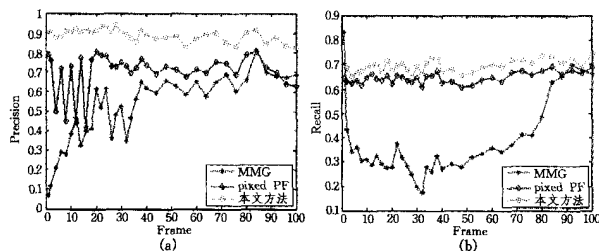


图2 GMM、pixel-based PF 和本文方法的准确率和召回率

GMM、pixel-based PF 和本文方法在运行时间上的比较,实验结果如表 1 所列。

表 1 本文方法和文献[9]方法的运行时间比较(s/frame)

视频	GMM	pixel-based PF	本文方法
highway(320 * 240)	3.986	55.832	4.566
PetsD1TeC2(384 * 288)	4.396	85.122	5.424
TwoPerson(320 * 240)	3.961	55.112	4.572

从表 1 可以看出,在运行速度上,本文提出的基于分块的方法比高斯混合模型略低,但明显优于文献[9]提出的基于像素的运动目标检测方法。

综上所述实验结果表明,本文提出的基于分块和改进粒子滤波的运动目标检测方法能够准确、有效地检测出运动目标,能够很好地处理光照变化、短暂停留和缓慢运动等情况。采用图像块作为处理对象,不仅使本文提出的方法具有更好的抗光照变化能力,而且大大减小了算法的计算量,使得本文方法在运行速度上显著高于基于像素的运动目标检测方法。

结束语 本文针对摄像头的固定情景,采用基于分块和粒子滤波的方法来检测运动目标,该方法融合了分块和粒子滤波的思想,为了节省存储空间,解决光照变化和前景物体的暂时停止运动等情况,将粒子分为活动粒子和休眠粒子,同时为了提高运行效率,对图像分块处理。实验证明,本文的方法与基于像素的粒子滤波方法相比,其大幅提高了系统的运行速度。本文方法能够在复杂的室内外环境中,克服光照变化、重复扰动、前景物体的暂时停止运动等情况,能够建立较好的背景模型,并准确、有效地检测出运动目标。

参考文献

- [1] Doretto G, Chiuso A, Wu Ying-nian, et al. Dynamic textures[J]. *International Journal of Computer Vision*, 2003, 51(2): 91-109
- [2] Jain R, Nagel H H. On the analysis of accumulative difference pictures from image sequence of real world scenes[J]. *IEEE*

- Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1979, 1(2): 206-214
- [3] Barron J, Fleet D, Beauchemin S. Performance of optical flow techniques [J]. *International Journal of Computer Vision*, 1994, 12(1): 42-77
- [4] 代科学, 李国辉, 涂丹, 等. 监控视频运动目标检测减背景技术的研究现状和展望[J]. *中国图象图形学报*, 2006, 11(7): 921-927
- [5] Piccardi M. Background subtraction techniques: a review[C]// *IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics*. 2000: 3099-3104
- [6] Stauffer C, Grimson W E L. Learning patterns of activity using real-time tracking[J]. *IEEE Trans on PAMI*, 2000, 22(8): 747-757
- [7] Elgammal A, Harwood D, Davis L S. Non-parametric model for background subtraction[C]// *Proc of the 6th European Conference on Computer Vision(ECCV)*. 2000: 751-767
- [8] Kim K, Chalidabhongse T H, Harwood D, et al. Real-time foreground-background segmentation using codebook model[J]. *Real-time Imaging*, 2005, 11(3): 172-185
- [9] Movshovitz-Attias Y, Peleg S. Bacteria-Filters; Persistent Particle Filters for Background Subtraction[C]// *IEEE International Conference on Image Processing*. 2010: 677-680
- [10] Mason M, Duric Z. Using histograms to detect and track objects in color video[C]// *Proc. Applied Imagery Pattern Recognition Workshop*. 2001: 154-159
- [11] Heikkila M, Pietikainen M. A texture-based method for modeling the background and detecting moving objects [J]. *IEEE Trans. PAMI*, 2006, 28(4): 657-662
- [12] Meropolis N, Rosenbluth A W, Rosenbluth M N, et al. Equation of State Calculations by Fast Computing Machines[J]. *Journal of Chemical Physics*, 1953, 21(6): 1087-1092
- [13] Gordon N J, Salmond D J, Smith A F M. Novel approach to non-linear/non-Gaussian Bayesian state estimation [J]. *IEEE Proceedings-F*, 1993, 140(2): 107-113
- [14] Pitt M K, Shephard N. Filtering via simulation; auxiliary particle filters [J]. *J of the American Statistical Association*, 1999, 94(446): 590-599
- [15] Musso C, Oudjane N, Legland F. Improving regularized particle filters [M]. *Sequential Monte Carlo Methods in Practice*. New York: springer-Verlag, 2001: 247-272
- [16] Kotecha J, Djuric P M. Gaussian particle filtering [J]. *IEEE Trans on Signal Processing*, 2003, 51(10): 2592-2601
- [17] Makhoul J, Kubala F, Schwartz R, et al. Performance measures for information extraction[C]// *DARPA Broadcast News Workshop*. 1999: 249-252