



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104392460 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 04

(21) 申请号 201410778791. 0

(22) 申请日 2014. 12. 12

(71) 申请人 山东大学

地址 250061 山东省济南市历城区山大南路  
27 号

(72) 发明人 刘治 郑成云 刘晶 马玲  
李晓梅 肖晓燕

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限  
公司 37221

代理人 崔苗苗

(51) Int. Cl.

G06T 7/00(2006. 01)

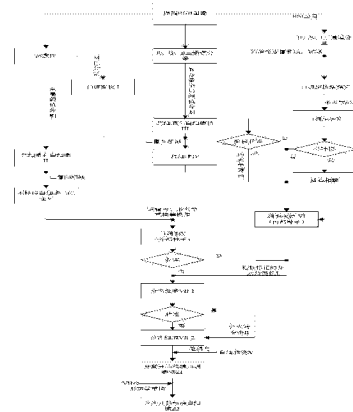
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

一种基于胞核标记分水岭变换的粘连白细胞  
分割方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于胞核标记分水岭变换的粘连白细胞分割方法。首先,输入原始 RGB 图像,发现外周血白细胞和骨髓白细胞在图像处理过程中普遍难解决的问题;接着对原始图像进行 HSI、LUV 颜色空间和灰度空间转换,并分析各通道分量图像的特点;然后对 B 分量和灰度图分别做阈值分割和图像相减得到含部分杂质的白细胞图像;紧接着通过图像增强技术获得白细胞核团作为标记的目标;再然后,对白细胞核团和含杂质的白细胞图像做形态学操作和分水岭变换除去杂质得精确的白细胞图像并解决细胞粘连问题。最后,裁剪目标白细胞,将其转换到 LUV 空间,从空间和颜色的角度对白细胞图像进行聚类,得到精确的白细胞核。



1. 一种基于胞核标记的分水岭变换的粘连白细胞分割方法,包括以下步骤:

(1) 对原始彩色血细胞图像进行处理,得到只包含白细胞核区域的二值图像 I、白细胞和红细胞二值图 II 以及只包含白细胞核和红细胞区域的二值图像 III;

(2) 用二值图像 III 减去二值图像 I,得到仅包含红细胞区域的新二值图像 IV,

(3) 用二值图像 IV 减去二值图像 II,得到包含有完整的白细胞轮廓区域的二值图像 V;

(4) 增强原始彩色血细胞图像中白细胞的细胞核区域,得到增强后的图像 N,对其做形态学处理,得到精确白细胞核二值图像 X;

(5) 对二值图像 X 进行分析,判断白细胞核是否为分叶核,判断白细胞核是否发生粘连,对二值图像 X 做相应的操作得内部种子二值图像 VI;

(6) 将内部种子图像 VI 作为标记图像,二值图像 V 作为掩模,对两者做逻辑与和形态学重构操作,得到白细胞区域的二值图像 Y,作为外部种子;

(7) 判断粘连条件,对二值图像 Y 作两步分水岭变换,得到分离的白细胞二值图像 VII-2;

(8) 将二值图像 X 和二值图像 VII-2 做逻辑与操作,可得到精确的分离开的白细胞核二值图像 Z1;将二值图像 Z1 作为标记图像,VII-2 作为掩模,对两者做形态学重构操作,即可得到分离开的精确的白细胞二值图像 Z2。

2. 如权利要求 1 所述的分割方法,其特征是,所述步骤 (1) 的具体方法为:在 matlab 中,观察灰度图像,确定白细胞核、红细胞和背景的灰度值;通过 graythresh 函数计算灰度直方图的全局阈值 T,再通过 im2bw 函数对灰度图像进行阈值分割,得到白细胞和红细胞区域二值图 II;分析灰度直方图,选取分割细胞核的经验阈值  $T2 = 0.5$ ,使用 im2bw 函数阈值分割出白细胞核部分,得到只包含白细胞核区域的二值图像 I;分析 B 分量图像,分析红细胞和白细胞核颜色在图像中呈现的像素值,通过全局阈值分割技术得到只包含白细胞核和红细胞区域的二值图像 III。

3. 如权利要求 1 所述的分割方法,其特征是,所述步骤 (4) 的具体方法为:分析 G 通道分量和 S 通道分量图像,对两者进行归一化处理,分别得到归一化的矩阵 Ig 和 Is,对两归一化矩阵进行像素值相减得到增强的图像 N,其中  $N = 2Ig - Is$ ;再对 N 进行二值化和形态学操作,得到精确的白细胞核二值图 X。

4. 如权利要求 1 所述的分割方法,其特征是,所述步骤 (5) 的具体方法为:

(i) 判断细胞核为分叶核条件:当细胞核二值图 X 中存在两目标细胞核的质心距离小于 25,且两目标的面积大于 30 小于 150 时,则判断目标细胞核为分叶核,其中,面积用白细胞区域所占像素个数和表示;此时获取两目标核的质心坐标位置,对两目标进行质心相连操作,使分叶核形成一个细胞核团,作为内部种子点;

(ii) 判断细胞核粘连条件:当二值图像 X 中含有目标细胞核面积大于 1000 时,则判断二值图像 X 中含有目标粘连细胞核;其中,圆度值 =  $\frac{周长^2}{4\pi * 面积}$ ,周长用白细胞边界像素点个数和表示,面积用白细胞区域所占像素个数和表示;创建一个半径为 1 的平坦型圆盘结构元素,对目标细胞核进行三次形态学腐蚀操作,得到目标细胞核的内部种子点;

(iii) 对于二值图像 X 中不是分叶核或不是粘连的胞核目标,直接作为内部种子点;

(iv) 将 (i) ~ (iii) 中得到的内部种子点合并,得到二值图像 X 的细胞核团即内部种

子,记为 VI。

5. 如权利要求 1 所述的分割方法,其特征是,所述步骤 (7) 的具体方法为:

(i) 判断目标细胞粘连条件:当二值图像 Y 中含有目标细胞面积大于 2000 或圆度值大于 2 时,则判断二值图像 Y 中含有目标粘连细胞;对内部种子 VI 做基于距离的分水岭变换,得到的分水岭脊线显示在二值图像 Y 上,得到的图像记为 VII-1;

(ii) 继续判断粘连条件,当二值图像 VII-1 中含有目标细胞面积大于 2000 或圆度值大于 2 时,则判断二值图像 VII-1 中含有目标粘连细胞,对目标粘连细胞做自适应腐蚀操作,至目标细胞数量增多或消失时为止;

(iii) 若目标细胞消失,此细胞不作处理;若目标数量增多,将腐蚀后的多个目标作为新的内部种子点做基于距离变换的分水岭变换,分水岭脊线显示在目标粘连细胞上,粘连细胞即可分开;

(iv) 继续判断细胞粘连条件,直至循环结束,即可得到分离后的细胞二值图像 VII-2;  
(ii) ~ (iv) 过程记为第二次分水岭分割过程。

## 一种基于胞核标记分水岭变换的粘连白细胞分割方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于生物医学工程领域,特别涉及一种基于胞核标记分水岭变换的粘连白细胞分割方法。

### 背景技术

[0002] 白细胞的检查是临床检验的一项重要内容,机体发生炎症或其他疾病都可引起白细胞总数及各种白细胞的百分比发生变化,因此检查白细胞总数及白细胞分类计数成为辅助诊断的一种重要方法。细胞图像分析与识别系统在近年研究比较多,其主要任务就是经过自动分析通过预处理对采集图像进行细胞分割,分割出单个细胞,计算单个细胞的有关特征参数,识别统计不同细胞的个数。在血细胞识别中,白细胞分割效果的好坏直接影响着细胞特征提取和分类等下一步操作的结果,在细胞识别中,白细胞分割是最具有挑战性的一步。

[0003] 在图像处理与模式识别领域,传统的白细胞分割方法大致分为以下几类:基于多光谱技术的图像分割算法;基于颜色模型的图像分割算法,常用的颜色模型有 RGB, HSI, CMYK 等;基于数学形态学的算法图像分割,诸如 snake 算法在得到细胞核的基础上分割出细胞质,传统分水岭算法解决细胞粘连问题等;基于模糊数学的图像分割算法,如模糊 C 均值算法, K 均值聚类分割白细胞等。而在分割过程中,单纯使用一种算法很难达到较好的效果,多种算法结合分割效果更好。

[0004] 现有的主要的粘连白细胞分割算法的不足:

[0005] 1、分割过程花费时间长。

[0006] 2、分割的图像受白细胞库限制。

[0007] 3、白细胞分割精确度低。

[0008] 4、骨髓白细胞核分割不精确。

[0009] 5、不能有效的解决细胞间粘连问题。

### 发明内容

[0010] 本文基于细胞图像在不同颜色空间呈现的不同颜色,白细胞与红细胞等在纹理空间上存在的差异性,和细胞核团能够确定白细胞数目与位置等特性,提出了一种算法简单操作耗时短的外周血粘连白细胞与白细胞核精确分割算法,该算法完成了白细胞的完整分割,有效的解决了外周血白细胞间的粘连问题。

[0011] 本发明的目的是为克服上述现有技术的不足,提供一种基于胞核标记分水岭变换的粘连白细胞分割方法,解决了外周血粘连白细胞分割的问题。算法简单,耗时短,对不同的细胞库不同形态的粘连白细胞分割、白细胞核的精确分割具有很好的鲁棒性。

[0012] 为实现上述目的,本发明采用下述技术方案:

[0013] 一种基于胞核标记的分水岭变换的粘连白细胞分割方法,包括以下步骤:

[0014] (1) 对原始彩色血细胞图像进行处理,得到只包含白细胞核区域的二值图像 I、白

细胞和红细胞二值图 II 以及只包含白细胞核和红细胞区域的二值图像 III；

[0015] (2) 用二值图像 III 减去二值图像 I, 得到仅包含红细胞区域的新二值图像 IV,

[0016] (3) 用二值图像 IV 减去二值图像 II, 得到包含有完整的白细胞轮廓区域的二值图像 V；

[0017] (4) 增强原始彩色血细胞图像中白细胞的细胞核区域, 得到增强后的图像 N, 对其做形态学处理, 得到精确白细胞核二值图像 X；

[0018] (5) 对二值图像 X 进行分析, 判断白细胞核是否为分叶核, 判断白细胞核是否发生粘连, 对二值图像 X 做相应的操作得内部种子二值图像 VI；

[0019] (6) 将内部种子图像 VI 作为标记图像, 二值图像 V 作为掩模, 对两者做逻辑与和形态学重构操作, 得到白细胞区域的二值图像 Y, 作为外部种子；

[0020] (7) 判断粘连条件, 对二值图像 Y 作两步分水岭变换, 得到分离的白细胞二值图像 VII-2；

[0021] (8) 将二值图像 X 和二值图像 VII-2 做逻辑与操作, 可得到精确的分离开的白细胞核二值图像 Z1；将二值图像 Z1 作为标记图像, VII-2 作为掩模, 对两者做形态学重构操作, 即可得到分离开的精确的白细胞二值图像 Z2。

[0022] 所述步骤 (1) 的具体方法为：在 matlab 中, 观察灰度图像, 确定白细胞核、红细胞和背景的灰度值；通过 graythresh 函数计算灰度直方图的全局阈值 T, 再通过 im2bw 函数对灰度图像进行阈值分割, 得到白细胞和红细胞区域二值图 II；分析灰度直方图, 选取分割细胞核的经验阈值  $T2 = 0.5$ , 使用 im2bw 函数阈值分割出白细胞核部分, 得到只包含白细胞核区域的二值图像 I；分析 B 分量图像, 分析红细胞和白细胞核颜色在图像中呈现的像素值, 通过全局阈值分割技术得到只包含白细胞核和红细胞区域的二值图像 III；

[0023] 所述步骤 (4) 的具体方法为：分析 G 通道分量和 S 通道分量图像, 对两者进行归一化处理, 分别得到归一化的矩阵  $I_g$  和  $I_s$ , 对两归一化矩阵进行像素值相减得到增强的图像 N, 其中  $N = 2I_g - I_s$ ；再对 N 进行二值化和形态学操作, 得到精确的白细胞核二值图 X。

[0024] 所述步骤 (5) 的具体方法为：

[0025] (i) 判断细胞核为分叶核条件：当细胞核二值图 X 中存在两目标细胞核的质心距离小于 25, 且两目标的面积大于 30 小于 150 时, 则判断目标细胞核为分叶核, 其中, 面积用白细胞区域所占像素个数和表示；此时获取两目标核的质心坐标位置, 对两目标进行质心相连操作, 使分叶核形成一个细胞核团, 作为内部种子点；

[0026] (ii) 判断细胞核粘连条件：当二值图像 X 中含有目标细胞核面积大于 1000 时, 则判断二值图像 X 中含有目标粘连细胞核；其中, 圆度值 =  $\frac{\text{周长}^2}{4\pi * \text{面积}}$ , 周长用白细胞边界像素点个数和表示, 面积用白细胞区域所占像素个数和表示。创建一个半径为 1 的平坦型圆盘结构元素, 对目标细胞核进行三次形态学腐蚀操作, 得到目标细胞核的内部种子点；

[0027] (iii) 对于 X 中不是分叶核或不是粘连的胞核目标, 直接作为内部种子点。

[0028] (iv) 将 (i) ~ (iii) 中得到的内部种子点合并, 得到二值图 X 的细胞核团即内部种子, 记为 VI。

[0029] 所述步骤 (7) 的具体方法为：

[0030] (i) 判断目标细胞粘连条件：当二值图像 Y 中含有目标细胞面积大于 2000 或圆度

值大于 2 的情况时,则判断二值图像 Y 中含有目标粘连细胞;此时,对内部种子 VI 做基于距离的分水岭变换,得到的分水岭脊线显示在二值图像 Y 上,得到的图像记为 VII-1。此过程叫作基于胞核标记的分水岭变换过程,主要依靠外周血中胞核或种子点不粘连来解决白细胞胞质粘连的问题。

[0031] (ii) 继续判断粘连条件,当二值图像 VII-1 中含有目标细胞面积大于 2000 或圆度值大于 2 的情况时,则判断二值图像 VII-1 中含有目标粘连细胞,对目标粘连细胞做自适应腐蚀操作,至目标细胞数量增多或消失时为止;

[0032] (iii) 若目标细胞消失,此细胞不作处理;若目标数量增多,将腐蚀后的多个目标作为新的内部种子点做基于距离变换的分水岭变换,分水岭脊线显示在目标粘连细胞上,粘连细胞即可分开;

[0033] (iv) 继续判断细胞粘连条件,直至循环结束,即可得到分离后的细胞二值图像 VII-2。(ii) ~ (iv) 过程记为第二次分水岭分割过程。

[0034] 本发明由于采取以上技术方案,其具有以下优点:

[0035] 1、方法简单操作,耗时短。

[0036] 2、提出了图像相减方法来得到完整的白细胞轮廓。确保了白细胞分割的完整性。

[0037] 3、提出了基于细胞核团当内部标记符的分水岭变换,避免了过分割问题的出现,提高了分水岭变换粘连分割的稳定性。

[0038] 4、提出了一种用细胞核数来标记白细胞数量的思想,避免了分割过程中产生错误而出现红细胞,降低了误割率,提高了分割的准确性。

[0039] 5、提出了一种新的方法分割外周血粘连白细胞,算法分割精度高,稳定性强,优于传统的算法。

#### 附图说明

[0040] 图 1 为外周血粘连白细胞分割系统流程图

[0041] 图 2 显示来自两种不同光照下的外周血细胞图像

[0042] 图 3 显示白细胞核 I 分割二值图

[0043] 图 4 显示白细胞和红细胞 II 分割效果图

[0044] 图 5 显示白细胞核和红细胞 III 分割效果图

[0045] 图 6 显示红细胞 IV 分割效果图

[0046] 图 7 显示不精确白细胞 V 分割效果图

[0047] 图 8 显示分割的细胞核 X 二值图

[0048] 图 9 显示内部种子点 VI 二值图

[0049] 图 10 显示初步分割的白细胞 Y 二值图

[0050] 图 11 显示由 X 得到的分水岭脊线

[0051] 图 12 显示第一次分水岭变换的结果 VII-1

[0052] 图 13 显示第一次分水岭变换的结果 VII-2

[0053] 图 14 显示分离开的精确白细胞核 Z1

[0054] 图 15 显示分离开的精确白细胞 Z2

[0055] 图 16 分割出的白细胞和白细胞核的分割效果显示在原始图像上(细胞核边缘用

红线显示,白细胞边缘用绿线显示)

### 具体实施方式

[0056] 以下通过实施例的方式进一步说明本发明,但并不因此将本发明限制在所述的实施例范围之中。下列实施例中未注明具体条件的实验方法,按照常规的方法和条件进行选择。

[0057] 实施例 1:

[0058] 如图 1 所示,本发明所涉及的一种基于胞核标记的外周血粘连白细胞图像分割算法的具体实施过程如下:

[0059] 在白细胞识别中,医学专家通常会在根据颜色和形态等特性对白细胞和红细胞进行区分,根据纹理和空间等信息对白细胞类型进行判别。本文采集多人外周血细胞形成细胞库,从颜色和空间的角度对白细胞进行分割,分析细胞库图像部分颜色通道的特点,发现可通过颜色空间和形态学操作对白细胞进行精确分割。对白细胞中存在的粘连问题可通过改进的基于胞核标记的分水岭变换进行精确稳定的白细胞粘连分割。本文算法简单易操作,能有效解决细胞粘连问题,对不同细胞库不同光照下细胞图像如图 2 所示,有较高的分割率和很好的鲁棒性。

[0060] (1) 不精确白细胞 V 的分割。此过程分割出的白细胞二值化图像中可能出现部分红细胞等杂质或存在细胞粘连等情况,但白细胞数量和形态是保持完整的,不存在白细胞遗漏或白细胞质残缺的问题,不精确白细胞的分割是通过二值化图像相减技术来实现的。分割方法是:首先将原始 RGB 彩色图像转换到像素范围在 0~1 的灰度空间,通过设定不同的阈值,分别对灰度图像进行阈值为 0.5 和基于 ostu 自适应阈值分割技术的阈值分割,各自得到白细胞核 I(如图 3 所示)和白细胞与红细胞 II(如图 4 所示)两种二值化图像。然后提取 RGB 空间的 B 分量,发现在此通道分量中白细胞核和红细胞的像素值较低,根据此特点可做基于 ostu 的自适应阈值分割得到白细胞核与红细胞的二值图 III,如图 5 所示。如图 6 示,红细胞 IV 的图像可通过白细胞核与红细胞的二值图 III 减去白细胞核二值图 I 得到。白细胞与红细胞二值图 II 减去红细胞二值图 V 可得到不精确的白细胞二值图像 V,如图 7 所示。

[0061] (2) 内部种子亦细胞核团的获取。获取细胞核团作为内部种子,用来确定白细胞的数量和解决白细胞的粘连问题。细胞核团的获取方法是,首先将原始 RGB 彩色图像转换到 HSI 空间,分别提取两空间的 G 和 S 通道分量,观察 G 分量可发现,白细胞和血小板像素值较小,其他成分有较大的像素值,观察 S 分量可发现,白细胞和血小板像素值较大,其他成分有较小的像素值,对两通道分量做归一化处理,然后做像素值相减,可起到增强细胞核图像的作用。对得到的增强图像做二值化和形态学处理可得到细胞核二值图像 X,分割效果见图 8 所示。对于白细胞中分叶核的细胞核为多核的情况,为使其成为细胞核团,对其进行质心两两相连,让多核成为一个细胞核团不但可以确定白细胞的数量还可以此作为分水岭变换的内部种子来解决细胞粘连问题。对于白细胞中白细胞核也发生粘连的情况,创建进行一个半径为 1 的平坦型圆盘结构元素,对目标细胞核进行三次形态学腐蚀操作,可得到粘连细胞核的种子点。本方法得到的内部种子图像,如图 9 所示。

[0062] (3) 外部种子的获取。一个细胞核团对应一个白细胞,内部种子二值图像 VI 确定

了白细胞的数量。通过对内部种子二值图像 VI 和不精确白细胞二值图像 V 做逻辑与操作,可去除图像 V 中多余的红细胞等大面积杂质部分。将两者逻辑与后得到的图像作为标记图像,将不精确白细胞图像 V 作为掩膜,对其做形态学重构操作,可获取精确的白细胞二值化图像 Y 即外部种子,如图 10 所示。

[0063] (4) 分水岭变换解决细胞粘连。在外周血细胞中,一般细胞核不发生粘连,在细胞核不粘连而细胞质发生粘连情况下,对内部种子 VI 做基于距离的分水岭变换,将分水岭脊线显示在外部种子 Y 上,得到白细胞二值图像 VII-1,分水岭脊线如图 11 所示,第一次分水岭变换结果二值图 VII-1 如图 12 示;当细胞图像中存在细胞质与红细胞粘连或细胞核也发生粘连时,继续判断目标粘连情况,对 VII-1 做自适应腐蚀的分水岭变换得到分离开的细胞二值图像 VII-2,如图 13 示。

[0064] (5) 分离开的精确白细胞和精确白细胞核的获取。二值图像 X 中,对于细胞核粘连的情况,可通过二值图像 VII-2 与二值图像 X 做逻辑与操作来解决,分离开的细胞核二值图像 Z1,如图 14 示。二值图像 VII-2 中可能含有红细胞等杂质,将二值图像 Z1 作为标记图像, VII-2 作为掩膜,对两者做形态学重构操作,即可得到分离开的精确的白细胞二值图像 Z2,如图 15 所示。

[0065] (6) 将血细胞图像白细胞和白细胞核的分割边缘线依次显示在原始图像上,如图 16 所示。由此发现此方法分割白细胞,耗时短,精度高,很好的分割效果且优于传统的外周血细胞粘连分割算法。

[0066] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。



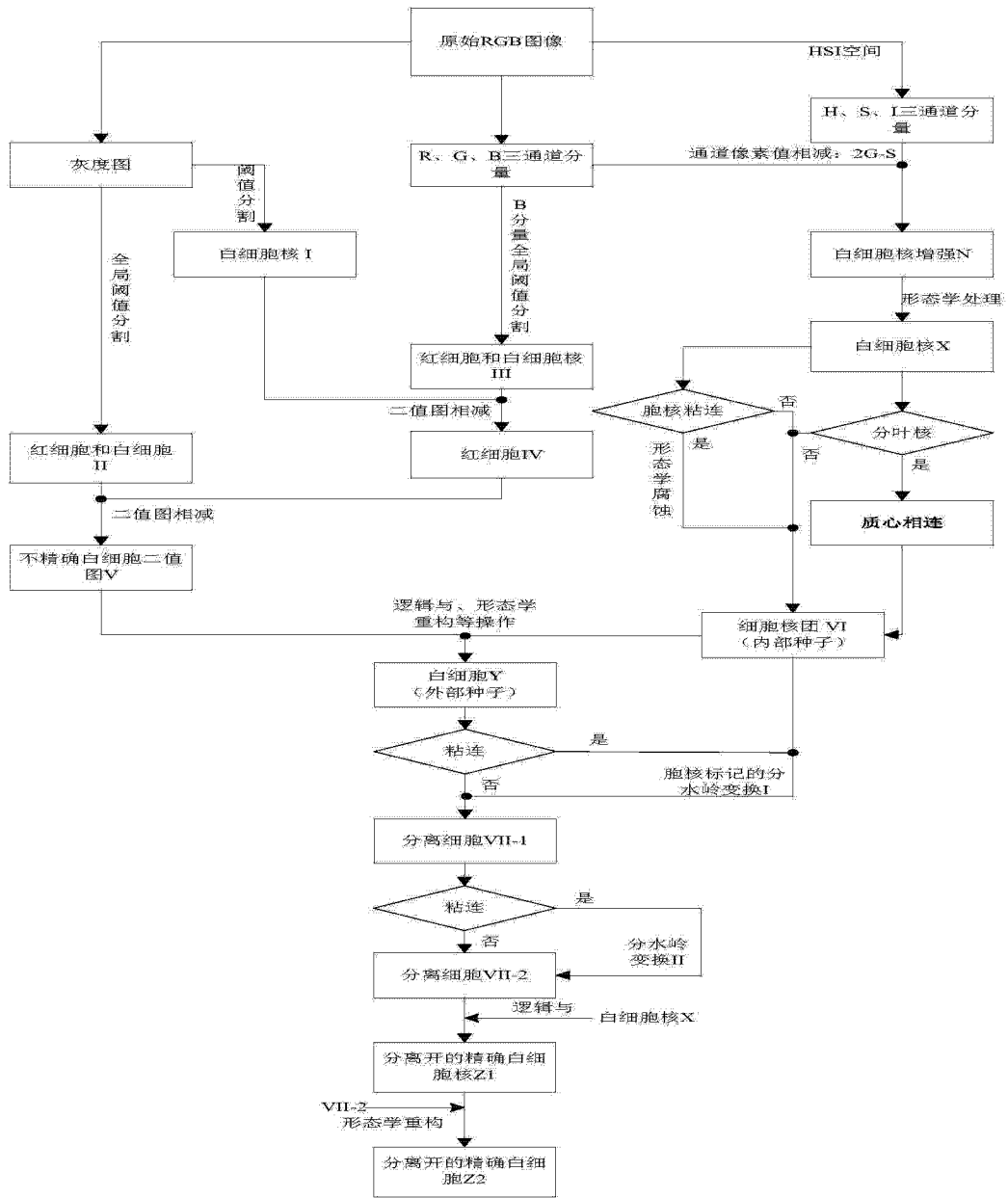


图 1

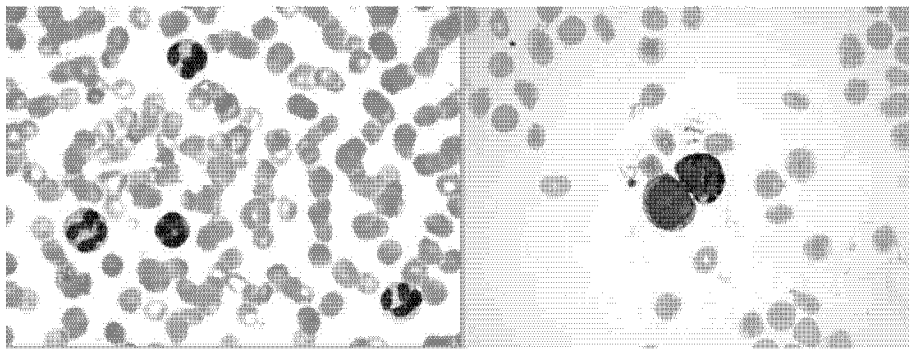


图 2

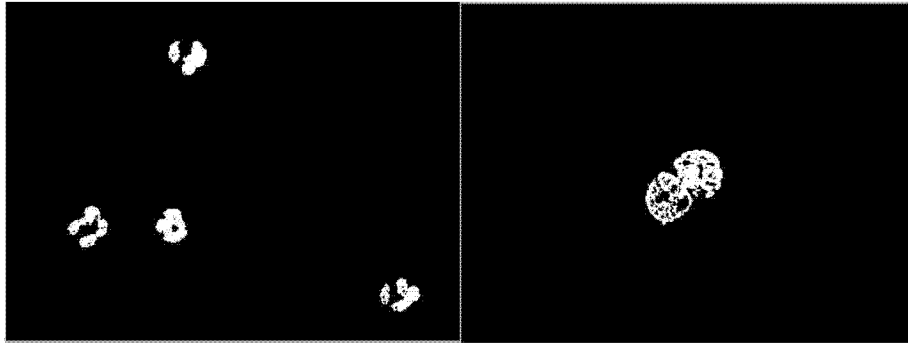


图 3

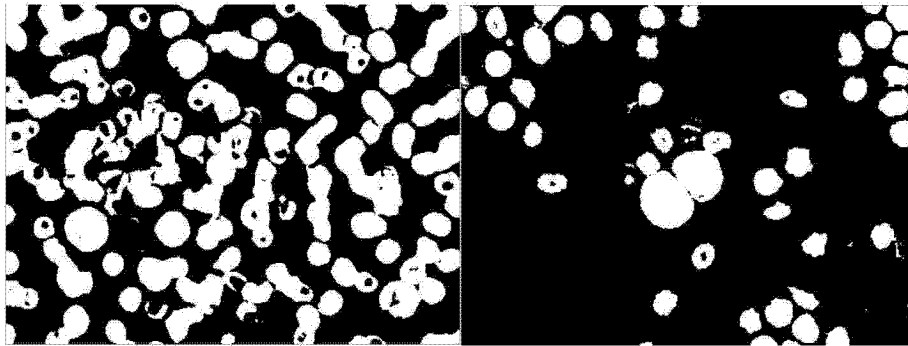


图 4

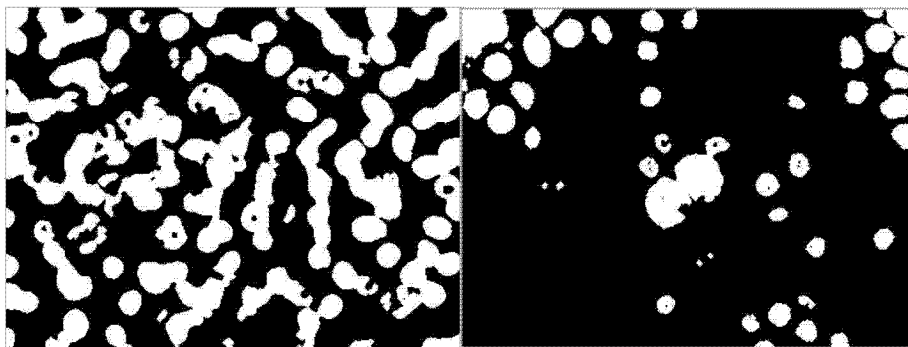


图 5

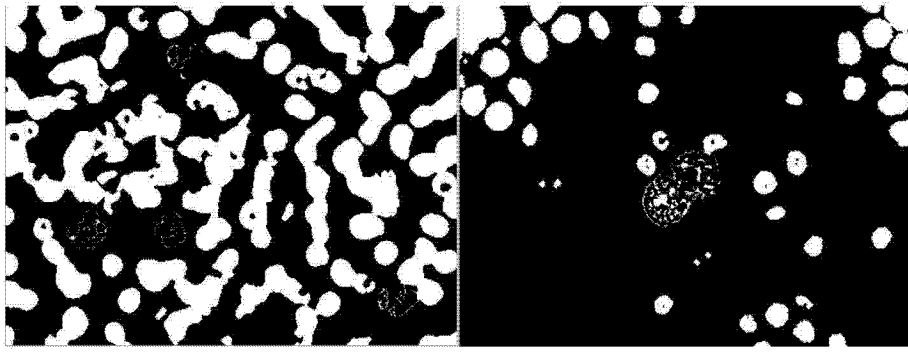


图 6

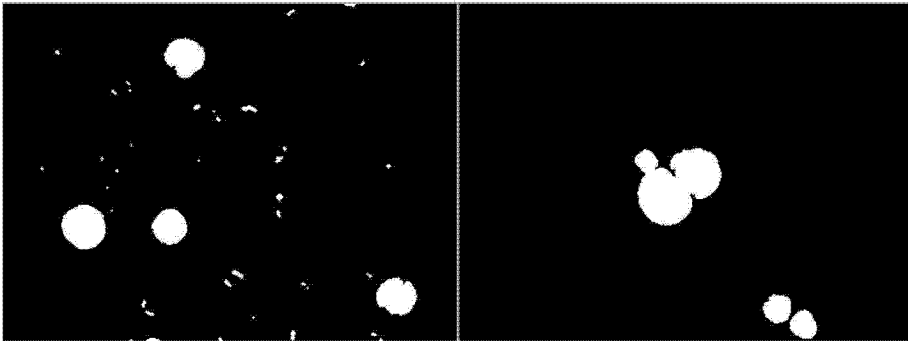


图 7

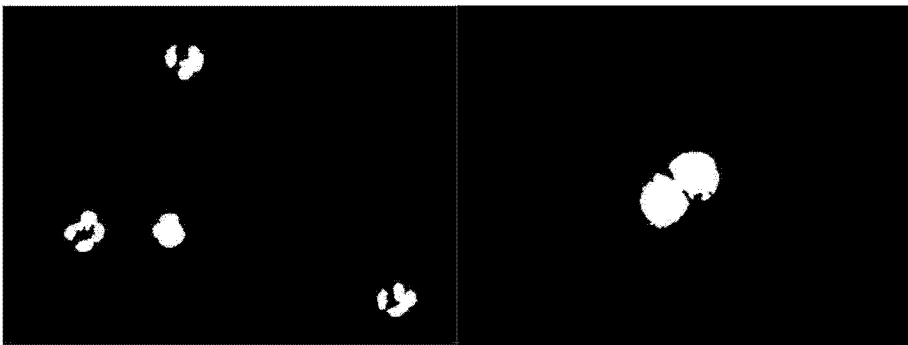


图 8

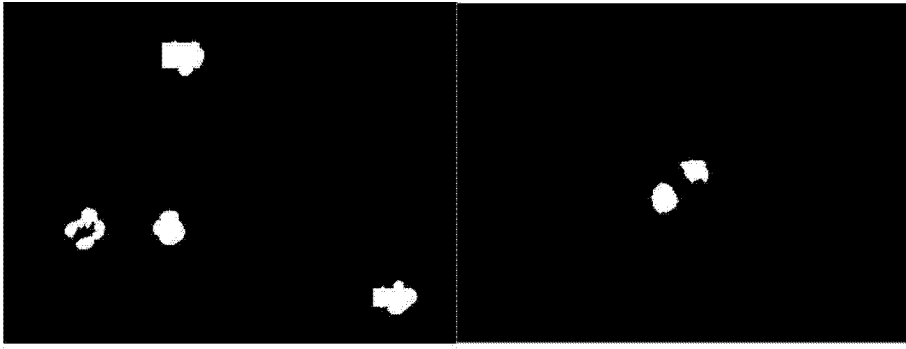


图 9

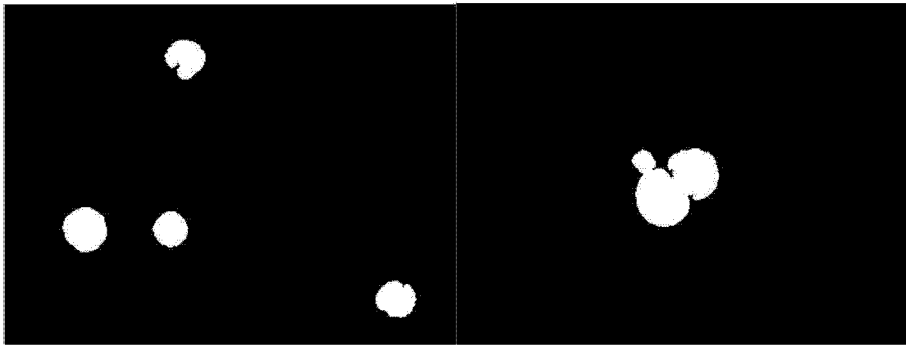


图 10

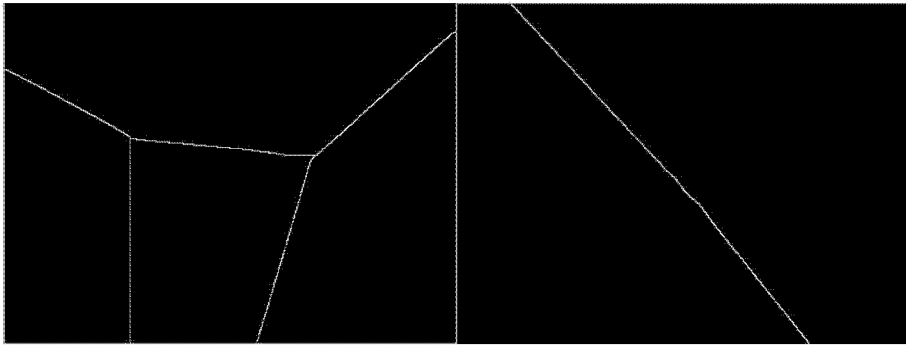


图 11

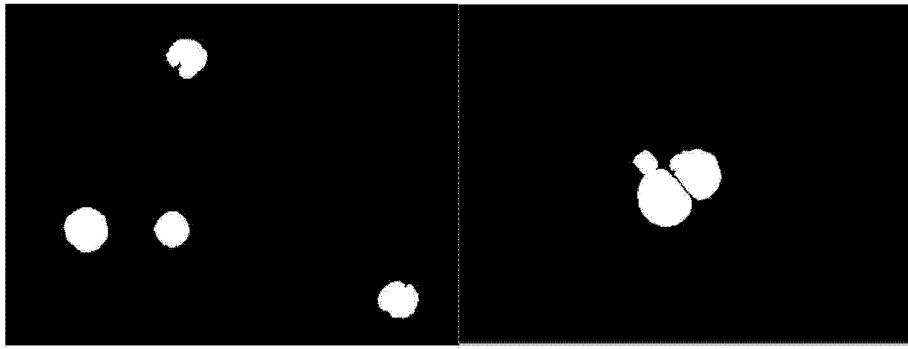


图 12

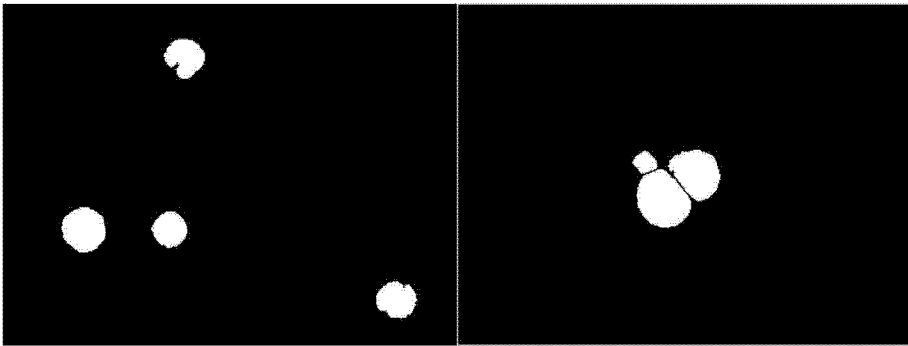


图 13

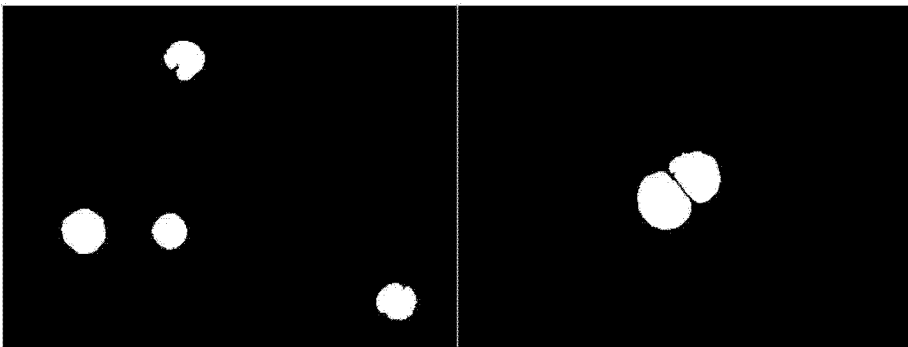


图 14

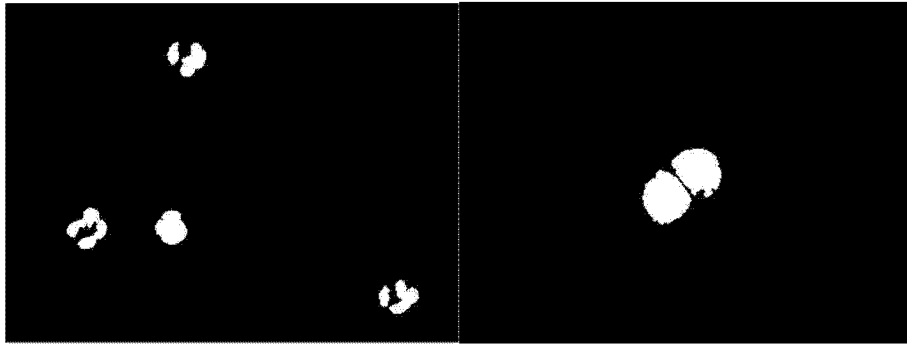


图 15

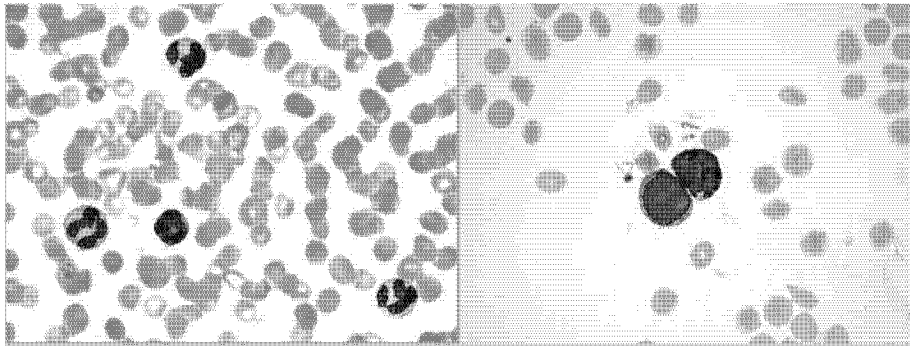


图 16