



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101791231 A

(43) 申请公布日 2010.08.04

(21) 申请号 201010102205.2

(22) 申请日 2010.01.28

(71) 申请人 深圳市妇幼保健院

地址 518028 广东省深圳市红荔路 2004 号

深圳市妇幼保健院超声科

申请人 中国科学院遥感应用研究所

(72) 发明人 李胜利 唐娉 韩勇

(51) Int. Cl.

A61B 8/08 (2006.01)

G06T 7/00 (2006.01)

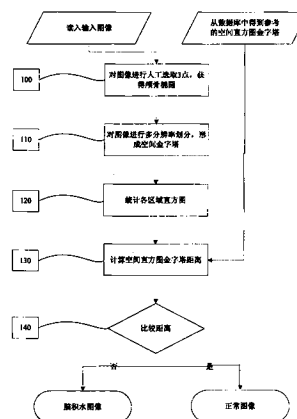
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种从超声图像上自动判断胎儿脑积水的图像处理方法

(57) 摘要

本发明提供一种从超声图像上自动判断胎儿脑积水的图像处理方法,包括以下步骤:对新的胎儿脑图像首先在其第二平面-侧脑室水平横切面上提取颅骨椭圆;对图像中椭圆内部区域建立空间直方图金字塔;分别计算所给胎儿超声图像和同孕周正常胎儿脑图像及同孕周脑积水侧脑室水平横切面颅脑内部图像空间直方图金字塔之间的距离;设定阈值,依据空间直方图金字塔之间的距离和阈值的关系,给出判断为胎儿脑积水的可能性。



1. 一种从超声图像上自动判断胎儿脑积水的图像处理方法,其特征包含如下步骤:

(1) 半自动方法提取所给胎儿超声图像侧脑室水平横切面上的颅骨椭圆,获得椭圆中心位置及长短轴;

(2) 以椭圆中心为中心建立空间直方图金字塔,金字塔层数为 N ,层数可预先指定,缺省为 3;

(3) 分别计算所给胎儿超声图像和同孕周正常胎儿脑图像及同孕周脑积水侧脑室水平横切面颅脑内部图像空间直方图金字塔之间的距离;

(4) 设定阈值,依据空间直方图金字塔之间的距离和阈值的关系,给出结果。

2. 根据权利要求 1 所述的胎儿脑图像侧脑室水平横切面上的颅骨椭圆提取方法是半自动方法,其特征包含:在读入的图像人工选取三点后,利用椭圆最小平方拟合方法拟合得到。

3. 根据权利要求 1 所述的形成空间直方图金字塔的方法,其特征包含:该直方图金字塔以胎儿脑图像侧脑室水平横切面上的颅骨椭圆的中心为中心建立,其中第 0 层直方图由椭圆内图像的直方图构成;第 1 层由第 0 层的图像以椭圆长短轴划分的 $4 = 2^2$ 块近似扇形的子图像直方图构成;第 2 层由第 1 层的图像继续以椭圆长短轴为基础添加与椭圆长轴夹角为 45° 、 135° 的直线划分的子图像块直方图构成,划分的近似扇形的子图像块数为 8,即 2^3 ;其他各层的划分及构成的直方图依此类推。

4. 根据权利要求 1 所述的空间直方图金字塔之间的距离,其特征包含:所述空间直方图金字塔距离是指按照如下方式定义的距离 $K_\Delta(X, Y)$:

$$K_\Delta(X, Y) = \sum_{l=0}^N \omega_l * (D(l, X, Y))$$

其中, ω_l 是权重, $\omega_l = 2^{1-l}$, N 为预先指定的金字塔层数, $D(l, X, Y)$ 是两幅切面图像 X 和 Y 的空间直方图对应第 l 层的 χ^2 距离,定义如下:

$$D(l, X, Y) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^d \sum_{k=1}^K \frac{(H_X^l(k) - H_Y^l(k))^2}{(H_X^l(k) + H_Y^l(k))}$$

这里 H_X^l 和 H_Y^l 分别表示 X 和 Y 中第 l 层对应第 i 个子图像的直方图; k 为量化的灰度级, K 为总的量化数; d 为第 l 层空间直方图金字塔对应子图像的块数, $d = 2^{l+1}$ 。

5. 根据权利要求 1 所述的设定的阈值,其特征包含:所设定的阈值是双阈值,高阈值为相异阈值,低阈值为相似阈值。高阈值表示所给胎儿超声侧脑室横切面图像与正常或脑积水侧脑室横切面图像空间直方图金字塔的相异性,低阈值表示所给胎儿超声侧脑室横切面图像切面与正常或脑积水切面侧脑室横切面图像空间直方图金字塔的相似性。

一种从超声图像上自动判断胎儿脑积水的图像处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理技术,尤其是胎儿超声图像脑积水的图像检测技术,可用于对胎儿超声颅脑图像进行脑积水畸形自动检测。

背景技术

[0002] 产前诊断的目的是及早发现胎儿畸形并采取相应措施,降低出生缺陷发生率。利用超声影像设备对胎儿进行产前诊断是发现胎儿是否畸形及考察胎儿发育状况的重要手段,其中由于颅脑作为人体神经系统最重要的组成部分,胎儿脑畸形的发生或导致死亡或导致智障,带给家庭和社会沉重的负担,因此产前诊断中对脑畸形的检测是首要的。

[0003] 医生在获取胎儿颅脑图像后进行诊断的基本步骤是:

[0004] (1) 观察超声图像,提取三个典型切面图像。这三个典型切面图像分别是第一平面-丘脑平面横切面,第二平面-侧脑室水平横切面,第三平面-经小脑横切面,如图1所示;

[0005] (2) 在不同的切面图像上进行颅骨形状、头周大小测量并获得相关数据;

[0006] (3) 观察不同切面图像颅骨形状和颅脑内组织的情况,进行相关测量,并结合医生临床经验进行诊断。

[0007] 利用图像处理技术对产前胎儿超声图像进行自动分析辅助医生诊断的技术目前主要局限在颅骨形状提取和头周测量方面(Detection of incomplete ellipse in images with strong noise by iterative randomized Hough transform(IRHT), Wei Lu, Jinglu Tan, Pattern Recognition 41(2008)1268-1279),而根据颅脑内部组织存在情况进行辅助诊断的研究很少。

[0008] 胎儿脑积水是神经系统畸形的一种,是指脑脊液过多地聚集于脑室系统内,致使脑室系统扩张和压力升高。由于在侧脑室水平横切面上,侧脑室大小稳定,从15周到分娩,侧脑室平均大小约为 $7.6 \pm 0.6\text{mm}$,因此对第二平面-侧脑室水平横切面中侧脑室的相关测量是医生诊断的重要依据。如侧脑室平均大小超过均值的4倍标准差时,可认为侧脑室扩大;侧脑室后角宽度大于1.5cm时可诊断脑积水,如图2是侧脑室水平横切面上侧脑室后角宽度为4.04cm的图例。

[0009] 医生这种目视测量方法的主要不足是:

[0010] (1) 医学图像信息利用率不高,那些人眼无法分辨的图像信息得不到充分应用;

[0011] (2) 图像诊断过程中的各种测量需要医生选择测量位置,相关诊断需要依赖医生的临床经验,因此个人主观性较强。发生误诊或漏诊是可能的。

[0012] (3) 图像诊断工作带有个人的主观性,同一张医学图像,不同的医生可能会有不同的诊断结果。

[0013] 利用图像处理的技术对胎儿超声图像进行分析,一方面可避免医生测量及诊断的主观性,另一方面可以借鉴已有案例数据库的类似诊断进行客观分析和比对,给出结论。

发明内容

[0014] 本发明提出一种基于超声图像自动判别脑积水的方法,它利用图像处理中空间直方图金字塔相似性比较的技术自动判别胎儿患脑积水的可能性。采用该方法的好处是可充分利用图像的信息,尤其是胎儿正常脑图像与不同类型脑畸形的图像灰度在空间上的分布特性,方便客观地比较判断,该方法中实用的空间直方图金字塔具有平移不变、尺度不变和一定程度上旋转不变的特性,而且具备简单、快速的特点。

[0015] 本发明的技术构思为,对新的胎儿脑图像首先在其第二平面-侧脑室水平横切面上提取脑内部,继而比较它与正常脑内部、脑积水脑内部在侧脑室水平横切面的空间直方图,再利用空间直方图之间的差异判断为胎儿脑积水的可能性。

[0016] 本发明提出的一种基于超声图像自动判别脑积水的方法,其特征在于包含如下步骤:

[0017] (1) 半自动方法提取所给胎儿超声图像侧脑室水平横切面上的颅骨椭圆,获得椭圆中心位置及长短轴;

[0018] (2) 以椭圆中心为中心建立空间直方图金字塔,金字塔层数为 N ;

[0019] (3) 分别计算所给胎儿超声图像和同孕周正常胎儿脑图像及同孕周脑积水侧脑室水平横切面颅脑内部图像空间直方图金字塔之间的距离;

[0020] (4) 设定阈值,依据空间直方图金字塔之间的距离和阈值的关系,给出结果。

[0021] 所述的半自动提取所给胎儿超声图像颅骨椭圆的方法包括以下步骤:人机交互在胎儿超声图像颅骨上比较均匀地选取三点;利用选择的三点拟合椭圆;拟合后获得椭圆的中心和长短轴长度。如附图 3 所示。

[0022] 所述的以椭圆中心为中心建立的层数为 N 的空间直方图金字塔,其空间直方图金字塔形式如附图 4 所示 ($N = 2$),其中第 0 层直方图(图 4(a))由椭圆内图像的直方图构成;第 1 层(图 4(b))由第 0 层的图像以椭圆长短轴划分的 $4 = 2^2$ 块近似扇形的子图像直方图构成;第 2 层(图 4(c))由第 1 层的图像继续以椭圆长短轴为基础添加与椭圆长轴夹角为 45° 、 135° 的直线划分的子图像块直方图构成,划分的近似扇形的子图像块数为 8,即 2^3 ;其他各层的划分及构成的直方图依此类推,缺省情况下, $N = 3$ 。

[0023] 所述的正常胎儿脑图像的空间直方图金字塔指从正常胎儿侧脑室水平横切面图像的空间直方图金字塔数据库中通过聚类方式得到的空间直方图金字塔。

[0024] 所述的脑积水图像的空间直方图金字塔指从胎儿脑积水侧脑室水平横切面图像的空间直方图金字塔数据库中通过聚类方式得到的空间直方图金字塔。

[0025] 所述空间直方图金字塔距离指按照如下方式定义的距离 $K_\Delta(X, Y)$:

$$[0026] \quad K_\Delta(X, Y) = \sum_{l=0}^N \omega_l * (D(l, X, Y)) \quad (1)$$

[0027] 其中, ω_l 是权重, $\omega_l = 2^{1-N}$, $D(l, X, Y)$ 是两幅切面图像 X 和 Y 的空间直方图对应第 l 层的 χ^2 距离,定义如下:

$$[0028] \quad D(l, X, Y) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^d \sum_{k=1}^K \frac{(H_X^l(k) - H_Y^l(k))^2}{(H_X^l(k) + H_Y^l(k))} \quad (2)$$

[0029] 这里 H_X^l 和 H_Y^l 分别表示 X 和 Y 中第 l 层对应第 i 个子图像的直方图; k 为量化的灰度级, K 为总的量化数; d 为第 l 层空间直方图金字塔对应子图像的块数, $d = 2^{l+1}$ 。

[0030] 所述的阈值设定如下所述：设定双阈值，阈值 1 为高阈值，高阈值为相异阈值，阈值 2 为低阈值，低阈值为相似阈值，即高阈值表示所给胎儿超声侧脑室横切面图像与正常或脑积水侧脑室横切面图像空间直方图金字塔的相异性，低阈值表示所给胎儿超声侧脑室横切面图像切面与正常或脑积水切面侧脑室横切面图像空间直方图金字塔的相似性。当所给胎儿超声侧脑室横切面图像与正常胎儿超声侧脑室横切面图像空间直方图金字塔距离大于阈值 1 同时小于阈值 2 时，认为所给超声图像切面表示脑积水的可能性更大；当所给胎儿超声图像和正常胎儿脑图像直方图距离小于阈值 2，所给胎儿超声图像和脑积水图像空间直方图金字塔之间的距离大于阈值 1，可认为所给图像为正常图像；若所给胎儿超声图像和正常胎儿脑图像直方图距离大于阈值 1，所给胎儿超声图像和脑积水图像空间直方图金字塔之间的距离小于阈值 1，可认为所给图像为其他种类异常图像。

[0031] 本发明与现有技术相比有以下特点：本发明是建立在对胎儿超声图像自动分析和处理基础上的，对医生的主观依赖性较少；依据本发明构造的空间直方图金字塔具有平移不变、尺度不变和一定程度上旋转不变的特性；本发明所给的方法具有简单快捷的特点。

附图说明

- [0032] 图 1 胎儿脑畸形诊断的三个典型切面示意图
- [0033] 图 2 侧脑室水平横切面显示的胎儿脑积水图像
- [0034] 图 3 在颅骨上选择三点拟合椭圆的示意图
- [0035] 图 4 三层空间直方图金字塔示意图
- [0036] 图 5 基于超声图像的自动判别脑积水的基本流程图

具体实施方式

[0037] 下面结合附图通过实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0038] 附图 5 是基于超声图像的自动判别脑积水的基本流程图。金字塔层数 N 是预先指定的，这里选择的金字塔的层数是 3。附图 5 中读入的图像经过下列 5 个单元处理后获得结果。

[0039] 单元 100 对读入的图像进行人工选取三点，获得颅骨椭圆，并得到椭圆中心位置及长短轴。颅骨椭圆获得的过程是拟合椭圆曲线的过程，人工选取的三点要求在椭圆曲线上的分布相对比较均匀，所选取三点 X_1, X_2, X_3 的坐标是图像上的坐标。

[0040] 椭圆拟合采用一种直接的、专用于椭圆曲线的最小平方拟合方法，它是在改进一般的圆锥曲线拟合方法得到的（参考文献：Fitzgibbon A, Pilu M, Fisher RB. Direct least square fitting of ellipses. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1999, 21(5): 476 ~ 480）。一般的圆锥曲线拟合可用一个隐式的二阶多项式表示：

$$[0041] \quad F(a, x) = ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + f = 0$$

[0042] 其中， $a = [a \ b \ c \ d \ e \ f]$ ， $x = [x^2 \ xt \ y^2 \ x \ y \ 1]^T$ ，当满足判别式 $b^2 - 4ac < 0$ 时可排除非椭圆的圆锥曲线。

[0043] 椭圆的直接最小平方拟合算法主要步骤如下：

[0044] (1) 由输入像素点集 X_1, X_2, X_3 的横纵坐标构造设计矩阵 D ， $D = [x_1 \ x_2 \ \cdots \ x_n]^T$ ；

[0045] (2) 构造稀疏矩阵 $S = D^T D$;

[0046] (3) 令约束矩阵

$$[0047] \quad \mathbf{C} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

[0048] (4) 求解广义特征值方程 $S\mathbf{a} = \lambda \mathbf{C}\mathbf{a}$;

[0049] (5) 获得唯一的正的广义特征值 λ_i 及其对应的广义特征向量 $\mathbf{u}_i$, 最终解为

$$[0050] \quad \mathbf{a} = \mathbf{u}_i \sqrt{\frac{1}{\mathbf{u}_i^T \mathbf{C} \mathbf{u}_i}};$$

[0051] (6) 将求得的椭圆曲线进行形式变换, 即可获得椭圆的长短轴长度及椭圆中心坐标。

[0052] 单元 110 对所给的胎儿侧脑室横切面图像建立空间金字塔子图像。建立的过程如附图 4 所示。首先将椭圆内部的图像作为第 0 层 (图 4(a)) 图像; 继而把第 0 层的图像以椭圆长短轴划分的 $4 = 2^2$ 块近似扇形的子图像作为金字塔第 1 层 (图 4(b)) 子图像, 子图像的标号从与水平轴正向夹角小于锐角、由椭圆长轴作为扇形半径所构成的子图像开始, 依逆时针方向增加; 第 2 层 (图 4(c)) 由第 1 层的图像继续以椭圆长短轴为基础添加与椭圆长轴夹角为 45° 、 135° 的直线划分的子图像块构成, 划分的近似扇形的子图像块数为 8, 即 2^3 , 子图像的标号次序与第 1 层子图像的标号原则相同; 其他各层的划分及标号依此类推。

[0053] 单元 120 用来获得空间直方图金字塔, 实质是计算由单元 110 所得空间金字塔图像的各子图像的直方图, 子图像直方图的量化阶可重新指定或沿用原始图像的灰度级。在实际统计计算直方图时, 为了使直方图分布不受因颅骨非标准椭圆导致的颅骨成份的影响, 可将实际的拟合的椭圆的长短轴缩小约 10% - 15%。

[0054] 单元 130 计算空间直方图金字塔之间的距离。实际计算时, 分别计算所给胎儿超声侧脑室水平横切面图像空间直方图金字塔与相同孕周脑正常发育胎儿侧脑室水平横切面图像空间金字塔直方图之间的距离及与相同孕周脑积水胎儿侧脑室水平横切面图像空间金字塔直方图之间的距离。计算的公式如 (1) 式定义。权重 $\omega_1 = 2^{1-N}$ 意味着随着层数增大, 权重增加, 表示正常脑与畸形脑之间的区别更多体现在细分的子图像中。直方图之间的 x^2 距离表示两个直方图之间的距离, 这里用于它判断识别所给胎儿超声侧脑室水平横切面图像所显示的空间直方图金字塔与数据库中的正常和脑积水的哪类图像更接近。按照这样方法构造的空间直方图金字塔具有如下特性:

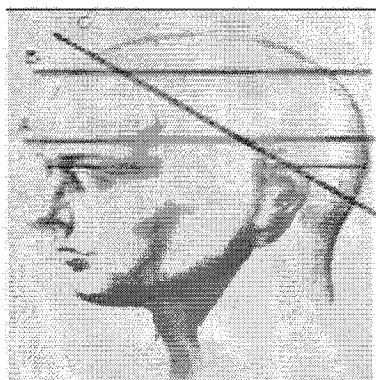
[0055] (1) 切面图像旋转小于 90° , 具有旋转不变性。这是因为空间金字塔子图像构造以颅骨椭圆, 以椭圆长短轴为第一层子图像划分的基准, 因此, 当切面图像旋转小于 90° 时, 空间金字塔第一层子图像的顺序不变, 因而子图像的直方图保持。从空间金字塔子图像的构造过程知道, 这时的空间直方图金字塔具有旋转不变性;

[0056] (2) 平移不变性。这是由于空间金字塔子图像构造时以颅骨椭圆为中心构造, 因此

即使图像发生平移,空间金字塔子图像保持,因而空间直方图金字塔保持;

[0057] (3) 伸缩不变性。因为将切面图像放大或缩小,不改变颅骨椭圆的形状,因而空间直方图金字塔保持。

[0058] 单元 140 对依据空间直方图金字塔的距离,设定阈值,依据阈值,确定所给胎儿患脑积水的可能性。由于不同超声设备成像图像的灰度特性不同,该阈值针对不同的超声设备,可能不同。本发明的一个实施例中,针对一类超声设备,阈值 1 为 0.9,阈值 2 为 0.55。



A 丘脑水平横切面 B 侧脑室水平横切面 C 经小脑横切面

图 1

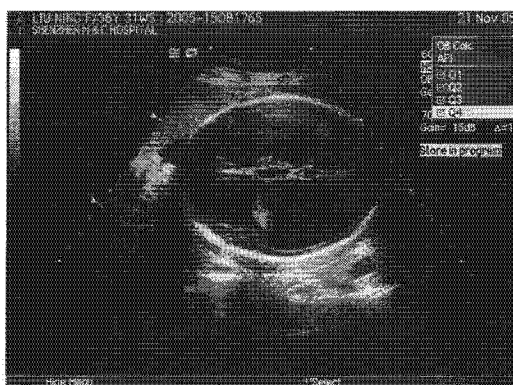


图 2



图 3

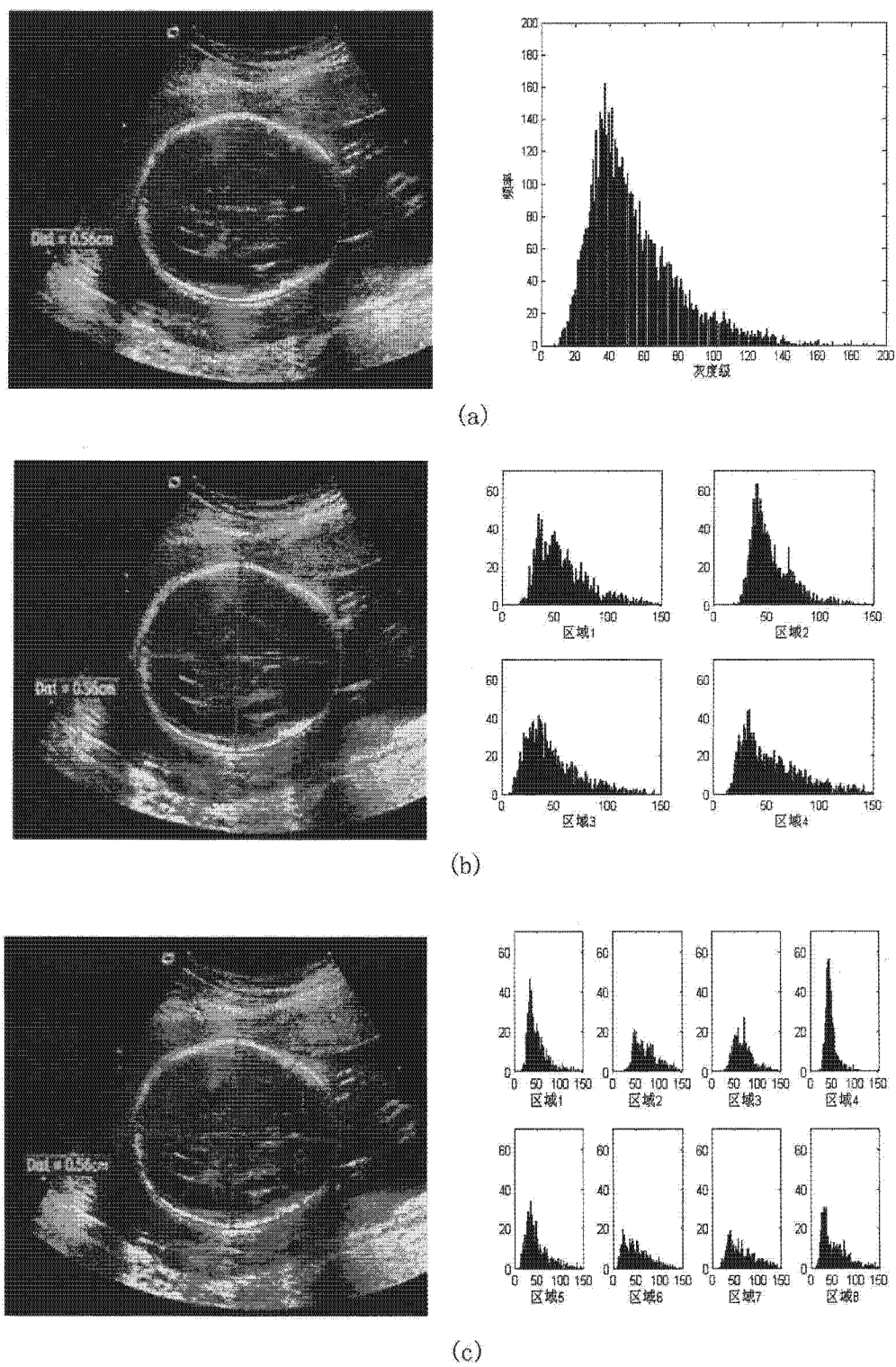


图 4

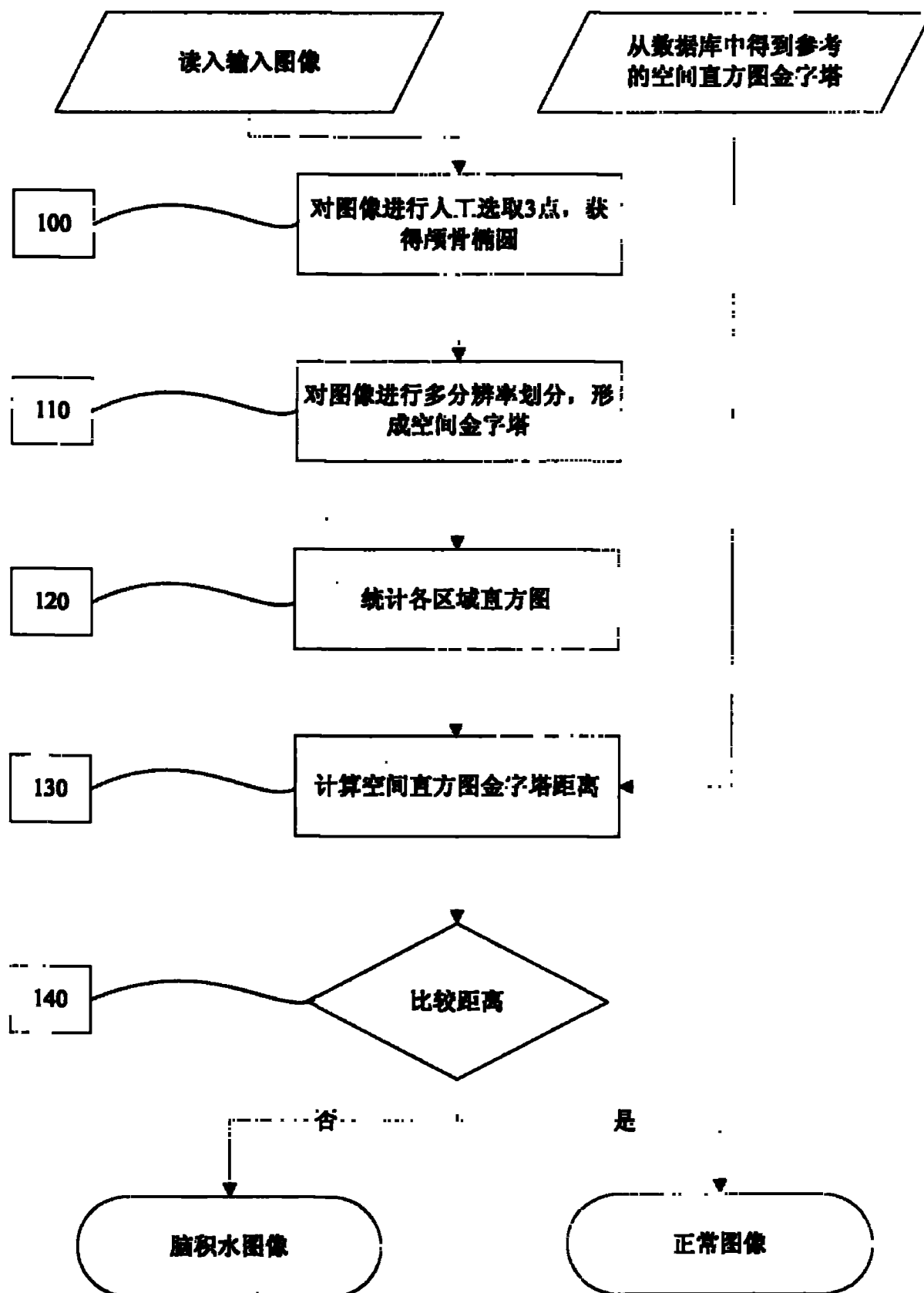


图 5

专利名称(译)	一种从超声图像上自动判断胎儿脑积水的图像处理方法		
公开(公告)号	CN101791231A	公开(公告)日	2010-08-04
申请号	CN201010102205.2	申请日	2010-01-28
[标]申请(专利权)人(译)	深圳市妇幼保健院 中国科学院遥感应用研究所		
申请(专利权)人(译)	深圳市妇幼保健院 中国科学院遥感应用研究所		
当前申请(专利权)人(译)	深圳市妇幼保健院 中国科学院遥感应用研究所		
[标]发明人	李胜利 唐娉 韩勇		
发明人	李胜利 唐娉 韩勇		
IPC分类号	A61B8/08 G06T7/00		
CPC分类号	A61B8/0816		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种从超声图像上自动判断胎儿脑积水的图像处理方法，包括以下步骤：对新的胎儿脑图像首先在其第二平面-侧脑室水平横切面上提取颅骨椭圆；对图像中椭圆内部区域建立空间直方图金字塔；分别计算所给胎儿超声图像和同孕周正常胎儿脑图像及同孕周脑积水侧脑室水平横切面颅脑内部图像空间直方图金字塔之间的距离；设定阈值，依据空间直方图金字塔之间的距离和阈值的关系，给出判断为胎儿脑积水的可能性。

