

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 5 月 19 日 (19.05.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/099882 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06T 7/00 (2017.01) **G06T 7/136** (2017.01)
G06T 7/194 (2017.01) **G06T 5/00** (2006.01)
G06T 7/13 (2017.01) **G06T 5/30** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/139646
- (22) 国际申请日: 2020 年 12 月 25 日 (25.12.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202011267333.2 2020 年 11 月 13 日 (13.11.2020) CN
- (71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

- (72) 发明人: 熊璟(XIONG, Jing); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 李妍(LI, Yan); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 夏泽洋(XIA, Zeyang); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。
- (74) 代理人: 北京中巡通大知识产权代理有限公司 (BEIJING ZHONG XUN TONG DA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国北京市海淀区杏石口路 50 号中间建筑 1 区 148 号, Beijing 100195 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR EVALUATING QUALITY OF IMAGING OF ULTRASONIC IMAGE, AND COMPUTER READABLE STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 超声图像成像质量评价方法、装置及计算机可读存储介质

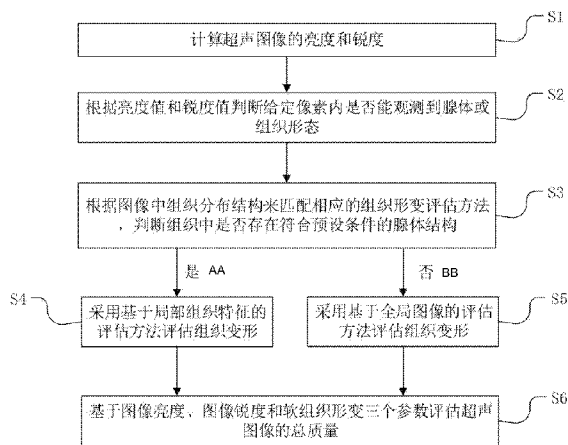


图 1

- S1 Calculate the brightness and sharpness of an ultrasonic image
S2 Determine, according to the brightness value and the sharpness value, whether a gland or tissue morphology can be observed within a given pixel
S3 Match a corresponding tissue deformation evaluation method according to a tissue distribution structure in the image, and determine whether a gland structure satisfying a preset condition is present in tissue
S4 Evaluate a tissue deformation using a local tissue feature-based evaluation method
S5 Evaluate the tissue deformation using a global image-based evaluation method
S6 Evaluate the overall quality of the ultrasound image on the basis of the three parameters, i.e., the brightness of the image, the sharpness of the image, and a soft tissue deformation
AA Yes
BB No

(57) Abstract: The present invention provides a method and apparatus for evaluating the quality of imaging of an ultrasonic image, and a computer readable storage medium. The method comprises the steps of: S1, calculating the brightness and sharpness of an ultrasonic image; S2, determining, according to the brightness value and the sharpness value, whether a gland or tissue morphology can be observed within a given pixel; S3, matching a corresponding tissue deformation evaluation method according to a tissue distribution structure in the image, and if a gland structure satisfying a preset condition is present in tissue, executing S4; otherwise, executing S5; S4, evaluating a tissue deformation using a local tissue feature-based evaluation method, and then executing S6; S5, evaluating the tissue deformation using a global image-based evaluation method, and then executing S6; and S6, evaluating the overall quality of the ultrasound image on the basis of the three parameters, i.e., the brightness of the image, the sharpness of the image, and a soft tissue deformation. The method can integrate three parameters, i.e., the brightness of an image, the sharpness of the image, and a degree of a soft tissue deformation, to perform comprehensive evaluation on an ultrasonic image.

MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本发明提供了一种超声图像成像质量评价方法、装置及计算机可读存储介质, 其方法包括步骤:
S1、计算超声图像的亮度和锐度; S2、根据亮度值和锐度值判断给定像素内是否能观测到腺体或组织形态;
S3、根据图像中组织分布结构来匹配相应的组织形变评估方法, 若组织中存在符合预设条件的腺体结构, 则
执行S4; 否则执行S5; S4、采用基于局部组织特征的评估方法评估组织变形, 然后执行S6; S5、采用基于全局
图像的评估方法评估组织变形, 然后执行S6; S6、基于图像亮度、图像锐度和软组织形变三个参数评估超声图
像的总质量。该方法能够融合图像亮度、图像锐度以及软组织形变程度3个参数对超声图像进行综合评估。

超声图像成像质量评价方法、装置及计算机可读存储介质

技术领域

本发明属于医疗影像成像评价技术领域，尤其涉及一种超声图像成像质量评价方法、一种超声图像成像质量评价装置及计算机可读存储介质。

背景技术

超声影像技术在医疗领域应用广泛。其中，超声影像引导治疗设备可以通过超声成像向医生或其他设备提供组织的可视化信息。例如，经皮介入治疗中需要在超声影像的引导下将手术针插入到目标区域。

另外，在超声影像引导治疗设备上还运用了机器人辅助的影像引导技术。机器人辅助的影像引导技术是使用经过训练的机器人系统操作手术器械，同时利用超声探头反馈组织信息。在图像采集过程中，需调整超声探头与组织接触状态，以获得清晰的超声图像。

因此，在机器人辅助的超声引导过程中，对超声图像的图像质量进行评估很有必要。

然而，目前已有的图像质量评估只考虑图像成像质量，并不能评估图像中软组织的形变程度。在实际的临床病例中，显然近距离探测可获得清晰的图像，但是超声探头与组织过近接触会引起软组织形变。这种现象会降低靶向穿刺的精确度。为了避免这种情况，临床中需要在软组织形变程度最小的前提下获得清晰的超声图像。

因此，急需设计一种能够考虑软组织形变的实时超声图像质量评估方法，用于机器人辅助超声影像引导治疗。

发明内容

有鉴于此，为了解决现有超声图像成像评价方法只能对图像的成像质量进行评估而不能量化图像中的软组织形变程度而导致的靶向穿刺的精度不足的问题，本发明提供一种超声图像成像质量评价方法，其包括步骤：

S1、计算超声图像的亮度和锐度；

S2、根据亮度值和锐度值判断给定像素内是否能观测到腺体或组织形态；

S3、根据图像中组织分布结构来匹配相应的组织形变评估方法，若组织中存在符合预设条件的腺体结构，则执行 S4；否则执行 S5；

S4、采用基于局部组织特征的评估方法评估组织变形，然后执行 S6；

S5、采用基于全局图像的评估方法评估组织变形，然后执行 S6；

S6、基于图像亮度、图像锐度和软组织形变三个参数评估超声图像的总质量。

较佳地，所述步骤 S4 中，所述基于局部组织特征的评估方法的具体步骤包括：

S40、对超声图像进行提取前景操作，排除背景特征；

S41、对前景图像中的连通域进行标记和提取，并保留最大连通域，即分割目标组织形状；

S42、执行聚集特性分析，获取组织形变量。

较佳地，在所述步骤 S40 中，提取的前景图像 $F(i, j)$ 通过如下公式表示：

$$F(i, j) = \begin{cases} 0, & I(i, j) < T \\ 1, & I(i, j) \geq T \end{cases}$$

上式中, T 为最大类间方差准则确定的最佳阈值, 且最佳阈值满足下式:

$$T = \arg \left\{ \max_{0 \leq T \leq P-1} \sigma_B^2 \right\} = \arg \left\{ \max_{0 \leq T \leq P-1} \sigma_W^2 \right\};$$

上式中, σ_B^2 为类间方差, σ_W^2 为类内方差, P 为图像所有像素点的灰度值数组;

在所述步骤 S42 中, 组织形变 r 表示为:

$$r = \sqrt{\frac{1}{N_H} \sum_{t=1}^{N_H} (i_t - \mu_i)^2}$$

上式中, $H(i, j)$ 表示含有组织形状的分割图像, N_H 表示分割图像的像素个数,

i_t 为第 t 个像素的行数, μ_i 为分割图像中组织像素点行数的平均值。

较佳地, 所述步骤 S5 中, 所述采用基于全局图像的评估方法的具体步骤为:

S50、将图像采用形态学算法进行降噪;

S51、提取组织边缘特征;

S52、执行聚集特性分析, 获取组织形变量。

较佳地, 所述步骤 S50 中, 所述降噪的方法包括:

S500, 对图像进行腐蚀操作, 用以消除斑点噪声;

S501, 对图像进行膨胀运算, 将图像和结构元素进行卷积运算, 填补图像间隙。

较佳地, 经所述步骤 S500 腐蚀操作后的图像矩阵 $E(i, j)$ 表示为:

$$E(i, j) = I \odot B(i, j) = \min_{(i', j') \in D_B} I(i + i', j + j');$$

上式中, $E(i, j)$ 为腐蚀后的图像矩阵, $B(i, j)$ 是结构元素, D_B 是结构元素的定义域, $\odot$ 是腐蚀运算符;

经所述步骤 S501 膨胀后的图像矩阵 $D(i, j)$ 表示为:

$$D(i, j) = I \oplus B(i, j) = \max_{(i', j') \in D_B} I(i + i', j + j');$$

上式中, $D(i, j)$ 为膨胀后的图像矩阵, $\oplus$ 是膨胀运算符, $B(i, j)$ 是结构元素, D_B 是结构元素的定义域。

较佳地, 在所述步骤 S51 中, 提取组织边缘特征的具体步骤为: 利用 Sobel 算子提取组织边缘特征, 所获取的水平方向的模板 S_x 和垂直方向的模板 S_y 为:

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$S_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix};$$

在所述步骤 S52 中, 根据边缘特征的离散程度评估组织变形, 组织形变 r 表示为:

$$r = \sqrt{\frac{1}{N_V} \sum_{t=1}^{N_V} (x_t - \mu_x)^2}$$

其中, x_t 为边缘特征提取图像中第 t 个像素的行数, μ_x 为边缘特征提取图像中所有边缘像素点行数的平均值, N_V 为边缘特征提取图像中边缘像素点个数。

较佳地, 所述步骤 S6 中, 评价超声图像的总质量的分数为:

$$Q = \begin{cases} \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} (\lambda_1 q_1 + \lambda_2 q_2 + \lambda_3 q_3) & q_1 \geq Q_1, q_2 \geq Q_2 \\ \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2} (\lambda_1 q_1 + \lambda_2 q_2) & q_1 < Q_1, q_2 < Q_2 \end{cases}$$

其中, q_1 、 q_2 、 q_3 分别为亮度值、锐度值和组织变形值归一化后的数值, λ_1 、 λ_2 、 λ_3 分别为亮度分数、锐度分数、组织形变分数所占权重, Q_1 和 Q_2 分别为超声图像的亮度阈值和锐度阈值。

本发明还提供一种超声图像成像质量评价装置, 其包括亮度和锐度获取模块、

组织变形评估模块和超声图像总质量评价模块，所述亮度和锐度获取模块与所述组织变形评估模块连接，所述超声图像总质量评价模块分别与所述亮度和锐度获取模块和所述组织变形评估模块连接；

所述亮度和锐度获取模块用于计算超声图像的亮度和锐度；

所述组织变形评估模块用于从采用基于局部组织特征的评估方法和采用基于全局图像的评估方法中选取组织形变评估方法；

所述组织变形评估模块还用于向所述超声图像总质量评价模块输出其所评估的组织变形量；

所述超声图像总质量评价模块通过获取到的图像亮度、图像锐度和软组织形变三个参数评估超声图像的总质量。

本发明还提供一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现上述超声图像成像质量评价方法的步骤。

本发明实施例与现有技术相比存在的有益效果是：

1、 本发明提供的超声图像成像质量评价方法能够融合图像亮度、图像锐度以及软组织形变程度 3 个参数对超声图像进行综合评估，解决了现有技术中的不足。

2、 该 超声图像成像质量评价方法能够针对软组织结构特征的差异，使用两种不同的软组织形变评估方法，使检测效率和准确性提高。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案，下面将对实施例或现有技术

描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是本发明实施例一中超声图像成像质量评价方法的流程图；

图 2 是本发明实施例三中基于局部组织特征的组织形变评估方法的流程图；

图 3 是本发明实施例三中基于全局图像的评估方法的流程图；

图 4 是本发明实施例三中的降噪方法的流程图；

图 5 本发明实施例五中超声图像成像质量评价装置的结构示意图；

图 6 是本发明实施例五中内置囊肿的体模图像的评价分数曲线图；

图 7 是本发明实施例五中内置囊肿的体模的部分超声图像。

附图标记：

亮度和锐度获取模块 1、组织变形评估模块 2 和超声图像总质量评价模块 3。

具体实施方式

以下描述中，为了说明而不是为了限定，提出了诸如特定系统结构、技术之类的具体细节，以便透彻理解本发明实施例。然而，本领域的技术人员应当清楚，在没有这些具体细节的其它实施例中也可以实现本发明。在其它情况中，省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明，以免不必要的细节妨碍本发明的描述。

为了说明本发明所述的技术方案，下面通过具体实施例来进行说明。

应理解，上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后，各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定，而不应对本发明实施例的实施过程

构成任何限定。

实施例一

图 1 是本发明实施例一中超声图像成像质量评价方法的流程图。如图 1 所示，本发明提供了一种超声图像成像质量评价方法，其包括步骤：

S1、计算超声图像的亮度和锐度；

S2、根据亮度值和锐度值判断给定像素内是否能观测到腺体或组织形态；

S3、根据图像中组织分布结构来匹配相应的组织形变评估方法，若组织中存在符合预设条件的腺体结构，则执行 S4；否则执行 S5；

S4、采用基于局部组织特征的评估方法评估组织变形，然后执行 S6；

S5、采用基于全局图像的评估方法评估组织变形，然后执行 S6；

S6、基于图像亮度、图像锐度和软组织形变三个参数评估超声图像的总质量。

本发明实施例与现有技术相比存在的有益效果是：

1、 本发明提供的一种超声图像成像质量评价方法能够融合图像亮度、图像锐度以及软组织形变程度 3 个参数对超声图像进行综合评估，解决了现有技术中的不足。

2、该 超声图像成像质量评价方法能够针对软组织结构特征差异，使用两种不同的软组织形变评估方法，使检测效率和准确性提高。

实施例二

本实施例与实施例一的不同之处在于：

步骤 S1 中的计算超声图像的亮度，其亮度通过如下公式计算：

$$\mu = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N I(i, j)$$

其中, $I(i, j)$ 表示图像 I 在 (i, j) 处的像素强度。 M 和 N 分别代表横向像素数量和纵向像素数量。

采用 Scharr 梯度算子构造梯度幅值映射。水平方向的偏导数 $g_x(i, j)$ 和垂直方向的偏导数 $g_y(i, j)$ 为:

$$g_x(i, j) = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 3 & 0 & -3 \\ 10 & 0 & -10 \\ 3 & 0 & -3 \end{bmatrix} * I(i, j)$$

$$g_y(i, j) = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 3 & 0 & 3 \\ 10 & 0 & 0 \\ -3 & -10 & -3 \end{bmatrix} * I(i, j)$$

图像的梯度大小 $GA(i, j)$ 为:

$$GA(i, j) = \sqrt{g_x(i, j)^2 + g_y(i, j)^2}$$

实施例三

本实施例与实施例一的不同之处在于:

在步骤 S3 中, 在对软组织进行形变程度评估前, 需要根据超声图像中组织或腺体分布的特点采取不同的评估方法。对于有明显腺体结构的超声图像, 采用基于局部组织特征的方法评估组织形变具有更高的灵敏性和区分度。因此, 为适用于不同组织结构的超声图形, 本发明所提及的两种软组织形变评估方法将根据如下公式进行决策, 即若分割图像满足如下式, 则采用基于局部组织特征的方法评估组织变形, 否则采用基于全局图像的方法评估组织变形。该 超声图像成像质量评价方法对软组织评价方法的选择进行自动决策。

$$0.5 \leq \frac{\max(i) - \min(i)}{\max(j) - \min(j)} \leq 2 (i, j \in H(i, j))$$

在步骤 S4 中, 基于局部组织特征的组织形变评估方法只关注组织形态变化。

图 2 是本实施例中基于局部组织特征的组织形变评估方法的流程图。如图 2 所示,

基于局部组织特征的组织形变评估方法的具体步骤包括：

S40、对超声图像进行提取前景操作，排除背景特征；

S41、对前景图像中的连通域进行标记和提取，并保留最大连通域，即分割目标组织形状；

S42、执行聚集特性分析，获取组织形变量。

步骤 S40 中，从灰度图像中提取的前景图像 $F(i, j)$ 通过如下公式表示：

$$F(i, j) = \begin{cases} 0, I(i, j) < T \\ 1, I(i, j) \geq T \end{cases}$$

式中， T 为最大类间方差准则确定的最佳阈值。且最佳阈值满足下式：

$$T = \arg \left\{ \max_{0 \leq T \leq P-1} \sigma_B^2 \right\} = \arg \left\{ \max_{0 \leq T \leq P-1} \sigma_W^2 \right\}$$

其中 σ_B^2 为类间方差， σ_W^2 为类内方差， P 为图像所有像素点的灰度值数组。

步骤 S42 中，当组织产生形变时，组织竖直方向的聚集程度会发生变化，因此可以通过观测分割出的组织形状高度变化评估组织形变。组织形变 r 可由下式表示：

$$r = \sqrt{\frac{1}{N_H} \sum_{t=1}^{N_H} (i_t - \mu_i)^2}$$

其中， $H(i, j)$ 表示含有组织形状的分割图像， N_H 表示分割图像的像素个数， i_t 为第 t 个像素的行数， μ_i 为分割图像中组织像素点行数的平均值。

图 3 是本实施例中基于全局图像的评估方法的流程图。如图 3 所示，在步骤 S5 中采用基于全局图像的评估方法的具体步骤为：

S50、将图像采用形态学算法进行降噪。

S51、提出组织边缘特征；

S52、执行聚集特性分析，获取组织形变量。

图 4 是本实施例中的降噪方法的流程图。如图 4 所示，步骤 S20 中的降噪方法包括：

S500，对图像进行腐蚀操作，用以消除斑点噪声；

S501，对图像进行膨胀运算，将图像和结构元素进行卷积运算，填补图像间隙。

经步骤 S500 腐蚀操作后的图像矩阵 $E(i, j)$ 表示为：

$$E(i, j) = I \odot B(i, j) = \min_{(i', j') \in D_B} I(i + i', j + j')$$

其中， $E(i, j)$ 为腐蚀后的图像矩阵， $B(i, j)$ 是结构元素， D_B 是结构元素的定义域， $\odot$ 是腐蚀运算符。

经步骤 S501 膨胀后的图像矩阵 $D(i, j)$ 表示为：

$$D(i, j) = I \oplus B(i, j) = \max_{(i', j') \in D_B} I(i + i', j + j')$$

其中， $D(i, j)$ 为膨胀后的图像矩阵， $\oplus$ 是膨胀运算符， $B(i, j)$ 是结构元素， D_B 是结构元素的定义域。

步骤 S51、提出组织边缘特征的具体步骤为：

对图像进行降噪处理后，利用 Sobel 算子提取组织边缘特征，水平方向的模板 S_x 和垂直方向的模板 S_y 为：

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

获得边缘特征提取图像后可以执行步骤 S52，即根据边缘特征的离散程度评估组织变形，组织形变 r 表示为：

$$r = \sqrt{\frac{1}{N_V} \sum_{t=1}^{N_V} (x_t - \mu_x)^2}$$

其中, x_t 为边缘特征提取图像中第 t 个像素的行数, μ_x 为边缘特征提取图像中所有边缘像素点行数的平均值, N_V 为边缘特征提取图像中边缘像素点个数。

实施例四

本实施例与实施例一的不同之处在于:

超声图像的总质量分数由亮度分数、锐度分数和组织形变分数三部分组成。亮度、锐度和组织形变在总质量分数中所占的权重相等。将亮度值、锐度值和组织形变值归一化后可得图像质量的总分数为:

$$Q = \begin{cases} \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} (\lambda_1 q_1 + \lambda_2 q_2 + \lambda_3 q_3) & q_1 \geq Q_1, q_2 \geq Q_2 \\ \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2} (\lambda_1 q_1 + \lambda_2 q_2) & q_1 < Q_1, q_2 < Q_2 \end{cases}$$

q_1 、 q_2 、 q_3 分别为亮度值、锐度值和组织变形值归一化后的数值, λ_1 、 λ_2 、 λ_3 分别为亮度分数、锐度分数、组织形变分数所占权重, Q_1 和 Q_2 分别为超声图像的亮度阈值和锐度阈值, 当图像亮度和锐度低于该阈值时, 图像中组织或腺体不明显, 在给定像素内无法观测组织或腺体轮廓, 表明此时超声探头并未与组织充分接触, 没有形变产生。因此, 这种情况下只考虑超声图像的亮度质量和锐度质量。

实施例五

本实施例与实施例一至四的不同之处在于:

图 5 是本发明实施例五中超声图像成像质量评价装置的结构示意图。如图 5 所示, 本发明还提供一种超声图像成像质量评价装置, 其能够执行实施例一至实

施例四所述的超声图像成像质量评价方法。该装置包括亮度和锐度获取模块 1、组织变形评估模块 2、超声图像总质量评价模块 3。亮度和锐度获取模块 1 与组织变形评估模块 2 连接。超声图像总质量评价模块 3 分别与亮度和锐度获取模块 1 和组织变形评估模块 2 连接。

亮度和锐度获取模块 1 用于计算超声图像的亮度和锐度。

组织变形评估模块 2 用于从采用基于局部组织特征的评估方法和采用基于全局图像的评估方法中选取组织形变评估方法。

组织变形评估模块 2 还用于向超声图像总质量评价模块 6 输出其所评估的组织变形量。

超声图像总质量评价模块 3 通过获取到的图像亮度、图像锐度和软组织形变三个参数评估超声图像的总质量。

该装置在前列腺体模、猪肝脏组织、内置囊肿的体模的超声图像进行了实验测试，可以实现超声图像的实时评估，平均评估时间为 66 毫秒。以内置囊肿的体模的超声图像为例，共采集 20 张超声图像。

图 6 是本实施例中内置囊肿的体模图像的评价分数。图 7 是本实施例中内置囊肿的体模的部分超声图像。评估分数如图 6 所示，图 7 是采集的部分超声图像，图 7 中所示的 a-e 中六张图像依次对应第一号内置囊肿的体模、第六号内置囊肿的体模、第八号内置囊肿的体模、第十号内置囊肿的体模、第十二号内置囊肿的体模和第十五号内置囊肿的体模。

内置囊肿的体模是一种超声体模，内部有囊肿组织特征，此处采集了该体模的超声图像 20 张。从第 1 张至第 20 张，超声探头与体模从轻微接触开始逐渐增加接触紧密程度，然后采用上述评价方法计算评价分数。超声探头与体模从轻微

接触状态对应图 7a。

从图 6 可以看出，随着接触增加，图像亮度和锐度都逐渐增加；接触增加到一定程度时，如图 7b 所示，图像中可以观测到囊肿组织轮廓。随后接触越来越紧密，组织开始发生形变，组织形变分数逐渐减小，表明组织形变程度逐渐增大，如图 7c-图 7f 所示。

实施例六

本实施例提供一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现上述超声图像成像质量评价方法的步骤。

以上所述实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围，均应包含在本发明的保护范围之内。

1、一种超声图像成像质量评价方法，其特征在于，其包括步骤：

S1、计算超声图像的亮度和锐度；

S2、根据亮度值和锐度值判断给定像素内是否能观测到腺体或组织形态；

S3、根据图像中组织分布结构来匹配相应的组织形变评估方法，若组织中存在符合预设条件的腺体结构，则执行 S4；否则执行 S5；

S4、采用基于局部组织特征的评估方法评估组织变形，然后执行 S6；

S5、采用基于全局图像的评估方法评估组织变形，然后执行 S6；

S6、基于图像亮度、图像锐度和软组织形变三个参数评估超声图像的总质量。

2、如权利要求 1 所述的一种超声图像成像质量评价方法，其特征在于，所述步骤 S4 中，所述基于局部组织特征的评估方法的具体步骤包括：

S40、对超声图像进行提取前景操作，排除背景特征；

S41、对前景图像中的连通域进行标记和提取，并保留最大连通域，即分割目标组织形状；

S42、执行聚集特性分析，获取组织形变量。

3、如权利要求 2 所述的一种超声图像成像质量评价方法，其特征在于，在所述步骤 S40 中，提取的前景图像 $F(i,j)$ 通过如下公式表示：

$$F(i,j) = \begin{cases} 0, I(i,j) < T \\ 1, I(i,j) \geq T \end{cases};$$

上式中，T为最大类间方差准则确定的最佳阈值，且最佳阈值满足下式：

$$T = \arg \left\{ \max_{0 \leq T \leq P-1} \sigma_B^2 \right\} = \arg \left\{ \max_{0 \leq T \leq P-1} \sigma_W^2 \right\};$$

上式中， σ_B^2 为类间方差， σ_W^2 为类内方差，P为图像所有像素点的灰度值数组；

在所述步骤 S42 中，组织形变 r 表示为：

$$r = \sqrt{\frac{1}{N_H} \sum_{t=1}^{N_H} (i_t - \mu_i)^2}$$

上式中, $H(i, j)$ 表示含有组织形状的分割图像, N_H 表示分割图像的像素个数, i_t 为第 t 个像素的行数, μ_i 为分割图像中组织像素点行数的平均值。

4、如权利要求 1 所述的一种超声图像成像质量评价方法, 其特征在于, 所述步骤 S5 中, 所述采用基于全局图像的评估方法的具体步骤为:

S50、将图像采用形态学算法进行降噪;

S51、提取组织边缘特征;

S52、执行聚集特性分析, 获取组织形变量。

5、如权利要求 4 所述的一种超声图像成像质量评价方法, 其特征在于, 所述步骤 S50 中, 所述降噪的方法包括:

S500, 对图像进行腐蚀操作, 用以消除斑点噪声;

S501, 对图像进行膨胀运算, 将图像和结构元素进行卷积运算, 填补图像间隙。

6、如权利要求 5 所述的一种超声图像成像质量评价方法, 其特征在于, 经所述步骤 S500 腐蚀操作后的图像矩阵 $E(i, j)$ 表示为:

$$E(i, j) = I \odot B(i, j) = \min_{(i', j') \in D_B} I(i + i', j + j');$$

上式中, $E(i, j)$ 为腐蚀后的图像矩阵, $B(i, j)$ 是结构元素, D_B 是结构元素的定义域, $\odot$ 是腐蚀运算符;

经所述步骤 S501 膨胀后的图像矩阵 $D(i, j)$ 表示为:

$$D(i, j) = I \oplus B(i, j) = \max_{(i', j') \in D_B} I(i + i', j + j');$$

上式中, $D(i, j)$ 为膨胀后的图像矩阵, $\oplus$ 是膨胀运算符, $B(i, j)$ 是结构元素,

D_B 是结构元素的定义域。

7、如权利要求 4 至 6 任一项所述的一种超声图像成像质量评价方法，其特征在于，在所述步骤 S51 中，提取组织边缘特征的具体步骤为：利用 Sobel 算子提取组织边缘特征，所获取的水平方向的模板 S_x 和垂直方向的模板 S_y 为：

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$S_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix};$$

在所述步骤 S52 中，根据边缘特征的离散程度评估组织变形，组织形变 r 表示为：

$$r = \sqrt{\frac{1}{N_V} \sum_{t=1}^{N_V} (x_t - \mu_x)^2}$$

其中， x_t 为边缘特征提取图像中第 t 个像素的行数， μ_x 为边缘特征提取图像中所有边缘像素点行数的平均值， N_V 为边缘特征提取图像中边缘像素点个数。

8、如权利要求 1 至 6 任一项所述的一种超声图像成像质量评价方法，其特征在于，所述步骤 S6 中，评价超声图像的总质量的分数为：

$$Q = \begin{cases} \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} (\lambda_1 q_1 + \lambda_2 q_2 + \lambda_3 q_3) & q_1 \geq Q_1, q_2 \geq Q_2 \\ \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2} (\lambda_1 q_1 + \lambda_2 q_2) & q_1 < Q_1, q_2 < Q_2 \end{cases}$$

其中， q_1 、 q_2 、 q_3 分别为亮度值、锐度值和组织变形值归一化后的数值， λ_1 、 λ_2 、 λ_3 分别为亮度分数、锐度分数、组织形变分数所占权重， Q_1 和 Q_2 分别为超声图像的亮度阈值和锐度阈值。

9、一种超声图像成像质量评价装置，其特征在于，其包括亮度和锐度获取

模块、组织变形评估模块和超声图像总质量评价模块，所述亮度和锐度获取模块与所述组织变形评估模块连接，所述超声图像总质量评价模块分别与所述亮度和锐度获取模块和所述组织变形评估模块连接；

所述亮度和锐度获取模块用于计算超声图像的亮度和锐度；

所述组织变形评估模块用于从采用基于局部组织特征的评估方法和采用基于全局图像的评估方法中选取组织形变评估方法；

所述组织变形评估模块还用于向所述超声图像总质量评价模块输出其所评估的组织变形量；

所述超声图像总质量评价模块通过获取到的图像亮度、图像锐度和软组织形变三个参数评估超声图像的总质量。

10、一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求 1 至 8 任一项所述超声图像成像质量评价方法的步骤。

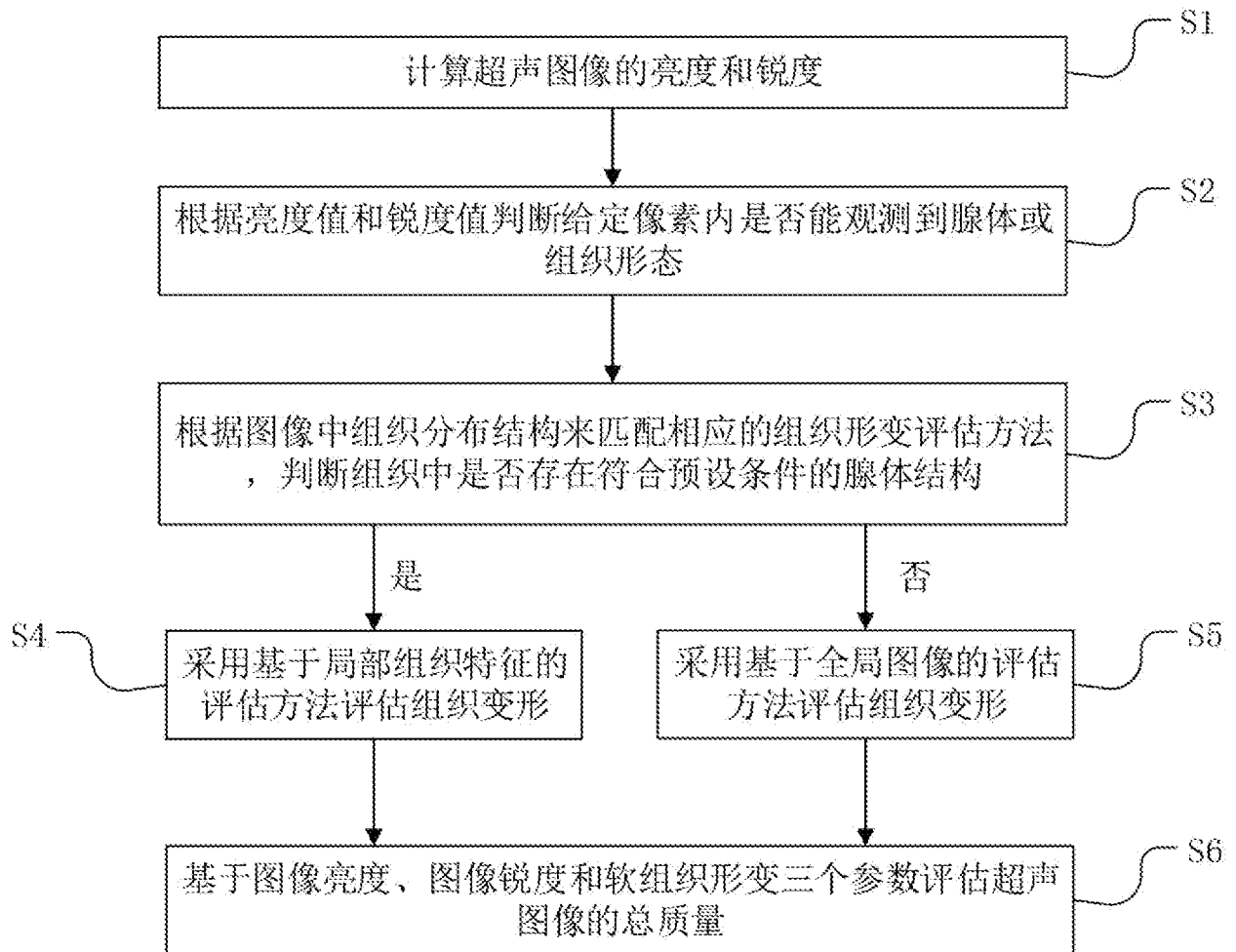


图 1

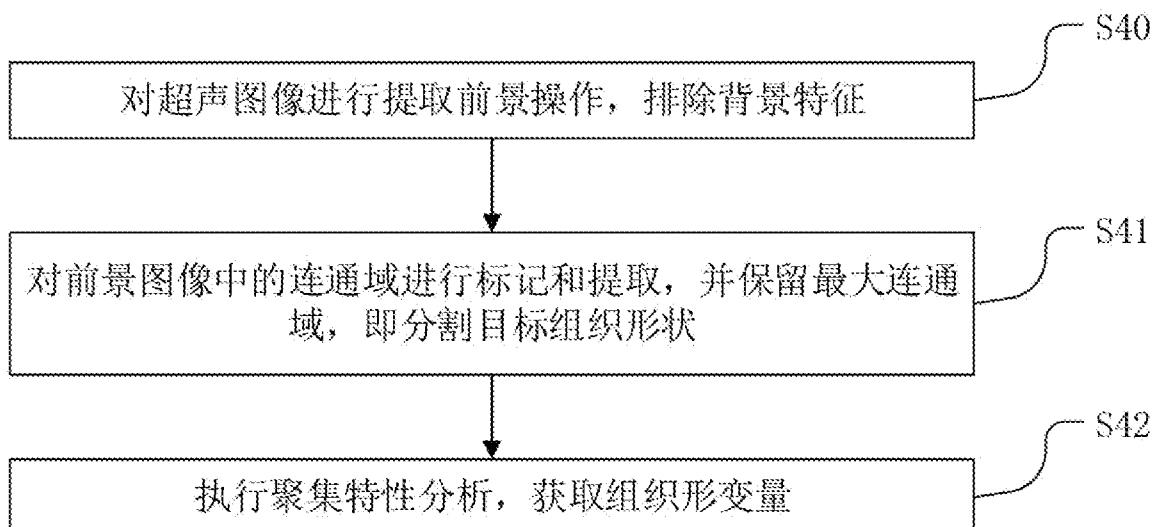


图 2

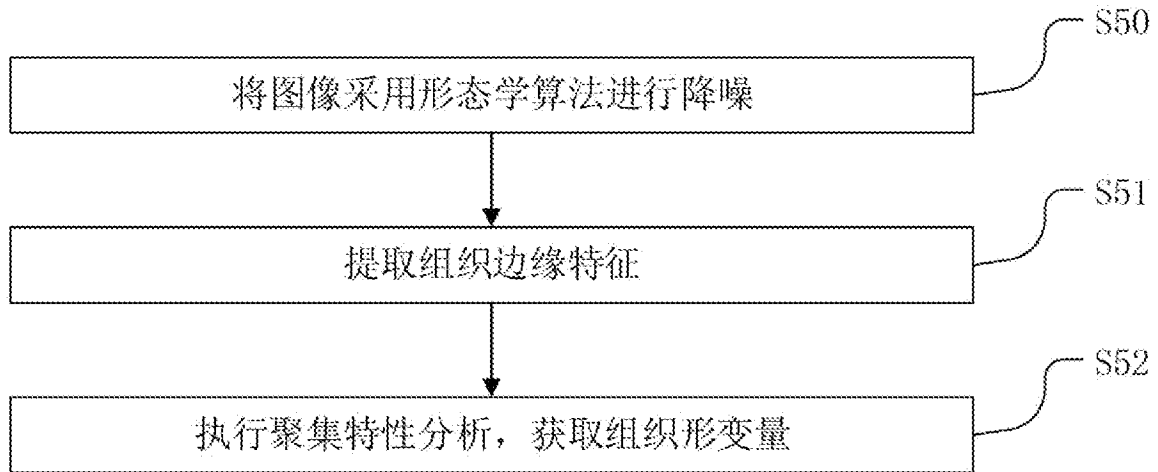


图 3

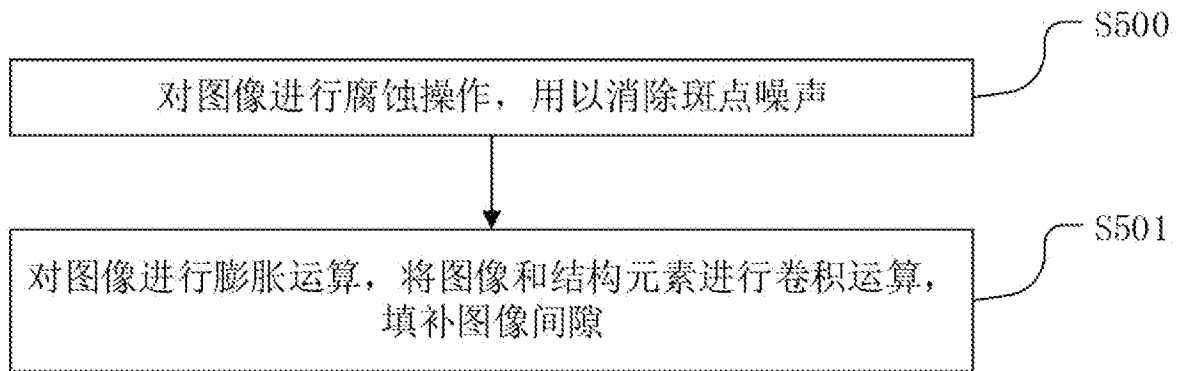


图 4

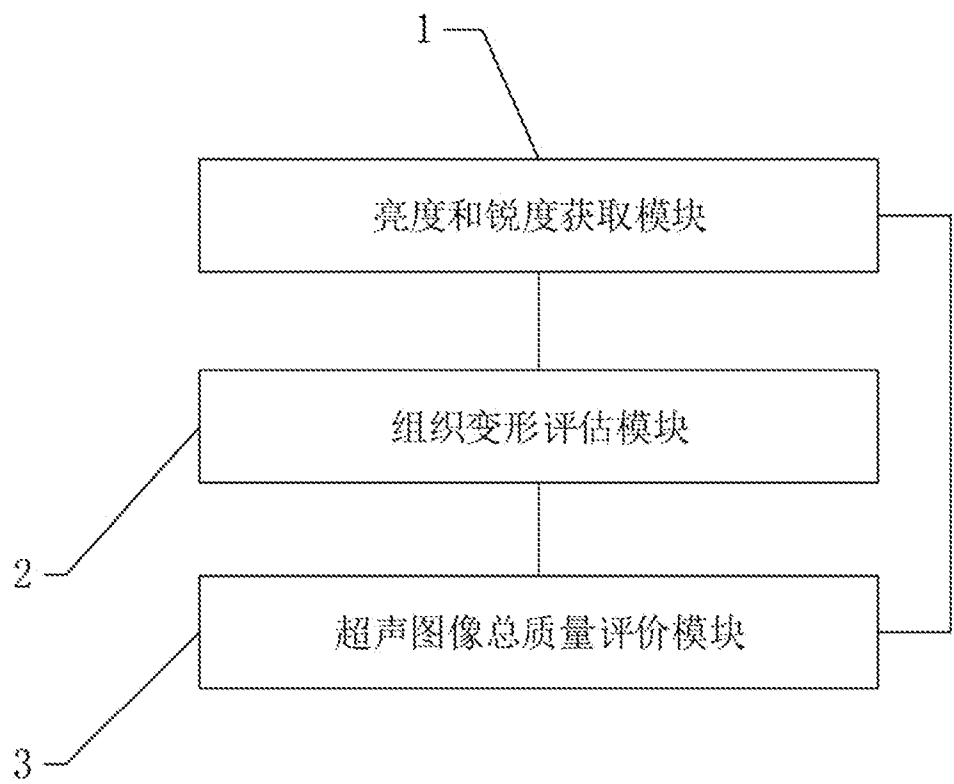


图 5

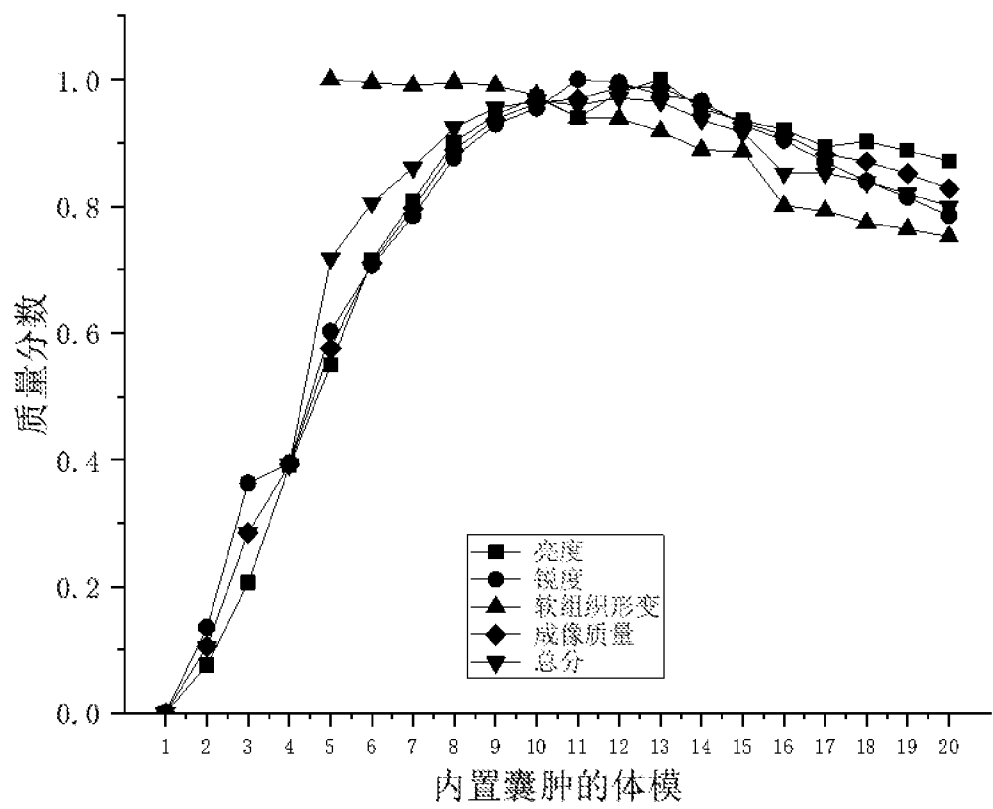


图 6

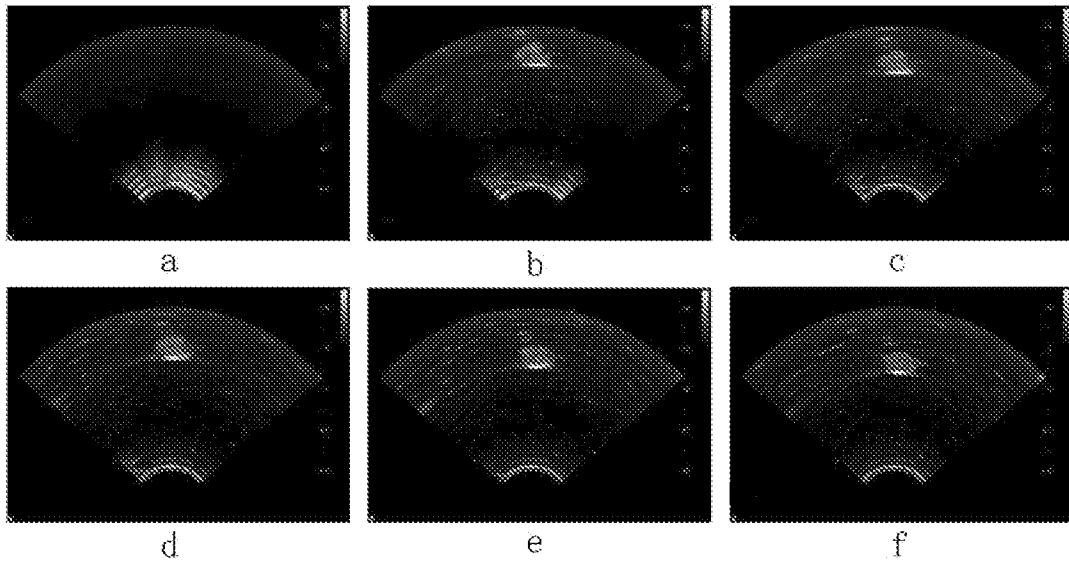


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/139646

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTERG06T 7/00(2017.01)i; G06T 7/194(2017.01)i; G06T 7/13(2017.01)i; G06T 7/136(2017.01)i; G06T 5/00(2006.01)i;
G06T 5/30(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; SIPOABS; DWPI; USTXT; WOTXT; EPTXT; IEEE: 中国科学院, 深圳先进技术研究院, 熊璟, 李妍, 夏泽洋, 超声, 图像, 成像, 质量, 亮度, 锐度, 腺体, 组织, 形变, 变形, 应变, 局部, 全局, 特征, 前景, 背景, 前背景, 分割, 形态学, 边缘, ultrasonograph, echosonogram, image, quality, brightness, acutance, sharpness, gland, parenchyma, tissue, deformation, local, global, foreground, background, segment, morphologic, edge

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 111513754 A (SHENZHEN MINDRAY BIO-MEDICAL ELECTRONICS CO., LTD.) 11 August 2020 (2020-08-11) description, paragraphs [0005]-[0109]	1-10
A	CN 108471997 A (MEDTRONIC NAVIGATION INC.) 31 August 2018 (2018-08-31) entire document	1-10
A	CN 107753061 A (VINNO TECHNOLOGY (SUZHOU) CO., LTD.) 06 March 2018 (2018-03-06) entire document	1-10
A	CN 102067176 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV.) 18 May 2011 (2011-05-18) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 July 2021

Date of mailing of the international search report

22 July 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/139646

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111513754	A	11 August 2020	None			
CN	108471997	A	31 August 2018	US	9962134	B2	08 May 2018
				EP	3367900	A1	05 September 2018
				EP	3590429	B1	17 February 2021
				CA	3003439	A1	04 May 2017
				AU	2016344294	A1	31 May 2018
				EP	3367900	B1	31 July 2019
				EP	3590429	A1	08 January 2020
				WO	2017074792	A1	04 May 2017
				JP	6813576	B2	13 January 2021
				JP	2018535748	A	06 December 2018
				US	2017119331	A1	04 May 2017
				KR	20180073653	A	02 July 2018
CN	107753061	A	06 March 2018	CN	107753061	B	04 August 2020
CN	102067176	A	18 May 2011	WO	2009153683	A3	11 February 2010
				US	2011081068	A1	07 April 2011
				EP	2291827	A2	09 March 2011
				WO	2009153683	A2	23 December 2009
				CN	102067176	B	30 October 2013
				US	8331639	B2	11 December 2012
				EP	2291827	B1	14 November 2012
				IN	201100294	P4	02 December 2011

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/139646

A. 主题的分类

G06T 7/00(2017.01)i; G06T 7/194(2017.01)i; G06T 7/13(2017.01)i; G06T 7/136(2017.01)i; G06T 5/00(2006.01)i; G06T 5/30(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06T

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS;CNTXT;CNKI;SIPOABS;DWPI;USTXT;WOTXT;EPTXT;IEEE: 中国科学院, 深圳先进技术研究院, 熊璟, 李妍, 夏泽洋, 超声, 图像, 成像, 质量, 亮度, 锐度, 腺体, 组织, 形变, 变形, 应变, 局部, 全局, 特征, 前景, 背景, 前背景, 分割, 形态学, 边缘, ultrasonograph, echosonogram, image, quality, brightness, acutance, sharpness, gland, parenchyma, tissue, deformation, local, global, foreground, background, segment, morphologic, edge

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 111513754 A (深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司) 2020年 8月 11日 (2020 - 08 - 11) 说明书第[0005]-[0109]段	1-10
A	CN 108471997 A (美敦力导航股份有限公司) 2018年 8月 31日 (2018 - 08 - 31) 全文	1-10
A	CN 107753061 A (飞依诺科技苏州有限公司) 2018年 3月 6日 (2018 - 03 - 06) 全文	1-10
A	CN 102067176 A (皇家飞利浦电子股份有限公司) 2011年 5月 18日 (2011 - 05 - 18) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2021年 7月 6日

国际检索报告邮寄日期

2021年 7月 22日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

吕鑫

电话号码 (86-512)88995783

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/139646

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	111513754	A	2020年 8月 11日	无			
CN	108471997	A	2018年 8月 31日	US	9962134	B2	2018年 5月 8日
				EP	3367900	A1	2018年 9月 5日
				EP	3590429	B1	2021年 2月 17日
				CA	3003439	A1	2017年 5月 4日
				AU	2016344294	A1	2018年 5月 31日
				EP	3367900	B1	2019年 7月 31日
				EP	3590429	A1	2020年 1月 8日
				WO	2017074792	A1	2017年 5月 4日
				JP	6813576	B2	2021年 1月 13日
				JP	2018535748	A	2018年 12月 6日
				US	2017119331	A1	2017年 5月 4日
				KR	20180073653	A	2018年 7月 2日
CN	107753061	A	2018年 3月 6日	CN	107753061	B	2020年 8月 4日
CN	102067176	A	2011年 5月 18日	WO	2009153683	A3	2010年 2月 11日
				US	2011081068	A1	2011年 4月 7日
				EP	2291827	A2	2011年 3月 9日
				WO	2009153683	A2	2009年 12月 23日
				CN	102067176	B	2013年 10月 30日
				US	8331639	B2	2012年 12月 11日
				EP	2291827	B1	2012年 11月 14日
				IN	201100294	P4	2011年 12月 2日