

# (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  
2020年9月3日 (03.09.2020)



(10) 国际公布号  
**WO 2020/172999 A1**

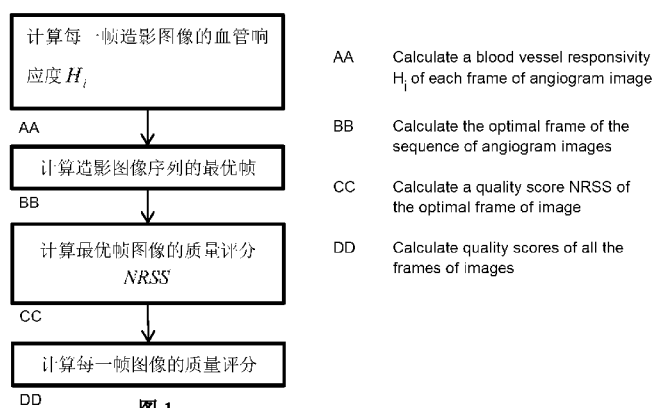
- (51) 国际专利分类号:  
**G06T 5/00** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/086605
- (22) 国际申请日: 2019年5月13日 (13.05.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201910148601.X 2019年2月28日 (28.02.2019) CN
- (71) 申请人: 苏州润迈德医疗科技有限公司 (SUZHOU RAINMED MEDICAL TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市工业园区金鸡湖大道99号苏州纳米城西北区5栋502室, Jiangsu 215123 (CN)。
- (72) 发明人: 霍云飞 (HUO, Yunfei); 中国江苏省苏州市工业园区金鸡湖大道99号苏州纳米城西北区5栋502室, Jiangsu 215123 (CN)。 王鹏 (WANG,

Peng); 中国江苏省苏州市工业园区金鸡湖大道99号苏州纳米城西北区5栋502室, Jiangsu 215123 (CN)。 王之元 (WANG, Zhiyuan); 中国江苏省苏州市工业园区金鸡湖大道99号苏州纳米城西北区5栋502室, Jiangsu 215123 (CN)。 刘广志 (LIU, Guangzhi); 中国江苏省苏州市工业园区金鸡湖大道99号苏州纳米城西北区5栋502室, Jiangsu 215123 (CN)。 曹文斌 (CAO, Wenbin); 中国江苏省苏州市工业园区金鸡湖大道99号苏州纳米城西北区5栋502室, Jiangsu 215123 (CN)。 徐磊 (XU, Lei); 中国江苏省苏州市工业园区金鸡湖大道99号苏州纳米城西北区5栋502室, Jiangsu 215123 (CN)。

(74) 代理人: 苏州创元专利商标事务所有限公司 (SUZHOU CREATOR PATENT & TRADEMARK AGENCY LTD.); 中国江苏省苏州市姑苏区干将西路93号5楼, Jiangsu 215000 (CN)。

(54) **Title:** QUALITY EVALUATION METHOD AND APPARATUS FOR SEQUENCE OF CORONARY ANGIOGRAM IMAGES

(54) 发明名称: 冠状动脉造影图像序列的质量评分方法和装置



(57) **Abstract:** Disclosed is a quality evaluation method for a sequence of coronary angiogram images. The method comprises: calculating a blood vessel responsivity of each frame of image in a sequence of coronary angiogram images; comparing the blood vessel responsivities of all frames of angiogram images to obtain the optimal frame of the sequence of angiogram images; calculating a quality score of the optimal frame of image by means of image gradient information; and calculating quality scores of all the frames of angiogram images according to the quality score of the optimal frame of image and the blood vessel responsivities. The quality of image is quantified, such that quality scores of all frames of image in a sequence can be calculated and sorted; by means of the quality scores of images, the quality of a coronary angiogram image can be determined directly and rapidly, and the optimal frame in a sequence of coronary angiogram images can also be recommended automatically, thereby facilitating the subsequent analysis of the coronary angiogram image, such that manual processing time is shortened, and errors in an analysis result, caused by manual and subjective factors, can also be reduced.

(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, 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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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: 本发明公开了一种冠状动脉造影图像序列的质量评分方法, 包括: 计算冠状动脉造影图像序列中每一帧图像的血管响应度; 比较每一帧造影图像的血管响应度, 得到造影图像序列的最优帧; 利用图像梯度信息计算最优帧图像的质量评分; 根据最优帧图像的质量评分和血管响应度, 计算每一帧造影图像的质量评分。将图像质量量化, 可以计算出序列中图像每一帧的质量评分并排序, 通过图像质量评分不仅可以直观迅速的判断出冠状动脉造影图像质量的优劣, 而且能够自动推荐出冠状动脉造影图像序列中的最优帧, 便于后期冠状动脉造影图像分析, 缩短人工处理时间, 同时减少人工主观因素对分析结果带来的误差。

## 冠状动脉造影图像序列的质量评分方法和装置

### 技术领域

本发明涉及医学图像处理技术领域，具体地涉及一种冠状动脉造影图像序列的质量评分方法和装置，可应用于 X 射冠状动脉造影图像的临床诊断。

### 背景技术

冠状动脉分布在心脏的表面，分出许多小分支进入心肌，并为心肌供应血液。冠状动脉粥样硬化是造成心脏受损和心肌梗塞的主要原因，准确的诊断并对其进行正确定位和量化非常关键。冠状动脉造影术可以提供快速、高质量的血管图像序列，是目前医学临床广泛采用的诊断和治疗冠心病的主要依据之一，被称为诊断冠心病的“金标准”。近些年来，冠状动脉造影图像分析已经引起广大心脏疾病研究者的注意，并成为国内外研究的热点。

在冠状动脉造影图像分析前，为了能更好的分析血管病变，首先需要挑选高质量的冠状动脉造影图像。如果对质量差的冠状动脉造影图像进行病变分析，会严重影响分析结果的准确度，所以判断冠状动脉造影图像质量优劣是冠状动脉造影图像分析的前提。评价冠状动脉造影图像质量好坏，需要结合造影图像的清晰度和血管的完整度这两个因素。目前，往往需要人工判断冠状动脉造影图像质量是否符合病变分析的要求，这过程不仅需要多年临床经验，耗费大量时间，而且由于人的主观判断标准存在差异，不可避免导致后续图像分析存在误差。本发明因此而来。

### 发明内容

为了解决上述存在的技术问题，本发明的目的是：提供了一种冠状动脉造影图像序列的质量评分方法和装置，将图像质量量化，可以计算出序列中图像每一帧的质量评分并排序，通过图像质量评分不仅可以直观迅速的判断出冠状动脉造影图像质量的优劣，而且能够自动推荐出冠状动脉造影图像序列中的最优帧，便于后期冠状动脉造影图像分析，缩短人工处理时间，同时减少人工主观因素对分析结果带来的误差。

本发明的技术方案是：

一种冠状动脉造影图像序列的质量评分方法，包括以下步骤：

**S01**：计算冠状动脉造影图像序列中每一帧图像的血管响应度；

**S02**：比较每一帧造影图像的血管响应度，得到造影图像序列的最优帧；

**S03**：利用图像梯度信息计算最优帧图像的质量评分；

**S04**：根据最优帧图像的质量评分和血管响应度，计算每一帧造影图像的质量评分。

优选的技术方案中，所述步骤 **S01** 包括以下步骤：

**S11**：利用 **Hessian** 矩阵计算血管响应度，血管响应度  $V$  为：

$$V = \begin{cases} 0 & \text{if } \lambda_2 > 0 \\ \exp\left(-\frac{R_B^2}{2\beta^2}\right) \exp\left(-\frac{2c^2}{\lambda_2^2}\right) \left(1 - \exp\left(-\frac{S^2}{2\gamma^2}\right)\right) & \text{other} \end{cases}$$

其中， $R_B = \frac{|\lambda_1|}{|\lambda_2|}$ ， $S = \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}$ ， $\lambda_1$ ， $\lambda_2$  为 **Hessian** 矩阵的两个特征值； $\beta$  为

线状和块状的区别参数， $c$  为线状物体平滑程度参数， $\gamma$  为线状物体清晰程度参数。

**S12**：重复上述步骤，计算造影图像序列每一帧的血管响应度，得到血管的响应度为  $\{V_i | i=0,1,2,\dots,f\}$ ，其中  $f$  为冠状动脉造影图像序列的总帧数。

优选的技术方案中，所述步骤 **S03** 具体包括：

**S31**：对最优帧图像  $I$  进行高斯平滑滤波得到参考图像  $I_r$ ；

**S32**：分别提取参考图像  $I_r$  和最优帧图像  $I$  的梯度图像  $G_r$  和  $G$ ；

**S33**：将梯度图像  $G$  和  $G_r$  分别划分为一定尺寸的小块，计算每块的方差，分别找出其中  $N$  个最大方差，记为  $\{x_i | i=1,2,\dots,N\}$  和  $\{y_i | i=1,2,\dots,N\}$ ；

**S34**：计算最优帧图像的质量评分，最优帧图像的质量评分 **NRSS** 为：

$$NRSS = \left(1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N SSIM(x_i, y_i)\right) * 100$$

其中， $SSIM$  为结构相似度， $SSIM(x, y) = \frac{2 * x * y}{x^2 + y^2}$ 。

优选的技术方案中，所述步骤 **S04** 中每一帧造影图像的质量评分  $c1$  为：

$$cl = NRSS * SSIM(H_{opt}, H_i);$$

其中  $NRSS$  表示最优帧图像质量评分值， $H_{opt}$  为最优帧的血管响应度， $H_i$  表示第  $i$  帧图像的血管响应度。

本发明还公开了一种冠状动脉造影图像序列的质量评分装置，包括：

一血管响应度计算模块：计算冠状动脉造影图像序列中每一帧图像的血管响应度；

一最优帧图像判断模块：比较每一帧造影图像的血管响应度，得到造影图像序列的最优帧；

一最优帧图像质量评分计算模块：利用图像梯度信息计算最优帧图像的质量评分；

一造影图像质量评分计算模块：根据最优帧图像的质量评分和血管响应度，计算每一帧造影图像的质量评分。

优选的技术方案中，所述血管响应度计算模块的计算方法包括以下步骤：

**S11**：利用 **Hessian** 矩阵计算血管响应度，血管响应度  $V$  为：

$$V = \begin{cases} 0 & \text{if } \lambda_2 > 0 \\ \exp\left(-\frac{R_B^2}{2\beta^2}\right) \exp\left(-\frac{2c^2}{\lambda_2^2}\right) \left(1 - \exp\left(-\frac{S^2}{2\gamma^2}\right)\right) & \text{other} \end{cases}$$

其中， $R_B = \frac{|\lambda_1|}{|\lambda_2|}$ ， $S = \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}$ ， $\lambda_1$ ， $\lambda_2$  为 **Hessian** 矩阵的两个特征值； $\beta$  为

线状和块状的区别参数， $c$  为线状物体平滑程度参数， $\gamma$  为线状物体清晰程度参数。

**S12**：重复上述步骤，计算造影图像序列每一帧的血管响应度，得到血管的响应度为  $\{V_i | i=0,1,2,\dots,f\}$ ，其中  $f$  为冠状动脉造影图像序列的总帧数。

优选的技术方案中，所述最优帧图像质量评分计算模块的计算方法具体包括：

**S31**：对最优帧图像  $I$  进行高斯平滑滤波得到参考图像  $I_r$ ；

**S32**：分别提取参考图像  $I_r$  和最优帧图像  $I$  的梯度图像  $G_r$  和  $G$ ；

**S33**：将梯度图像  $G$  和  $G_r$  分别划分为一定尺寸的小块，计算每块的方差，

分别找出其中  $N$  个最大方差，记为  $\{x_i | i=1,2,\dots,N\}$  和  $\{y_i | i=1,2,\dots,N\}$ ；

**S34:** 计算最优帧图像的质量评分，最优帧图像的质量评分  $NRSS$  为：

$$NRSS = \left( 1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N SSIM(x_i, y_i) \right) * 100 ;$$

其中， $SSIM$  为结构相似度， $SSIM(x, y) = \frac{2 * x * y}{x^2 + y^2}$ 。

优选的技术方案中，所述造影图像质量评分计算模块中每一帧造影图像的质量评分  $cl$  为：

$$cl = NRSS * SSIM(H_{opt}, H_i) ;$$

其中  $NRSS$  表示最优帧图像质量评分值， $H_{opt}$  为最优帧的血管响应度， $H_i$  表示第  $i$  帧图像的血管响应度。

与现有技术相比，本发明的优点是：

本发明方法可以将图像质量量化，可以计算出序列中图像每一帧的质量评分并排序。通过图像质量评分不仅可以直观迅速的判断出冠状动脉造影图像质量的优劣，而且能够自动推荐出冠状动脉造影图像序列中的最优帧，便于后期冠状动脉造影图像分析，缩短人工处理时间，同时减少人工主观因素对分析结果带来的误差，提高诊断效率及准确率。

#### 附图说明

下面结合附图及实施例对本发明作进一步描述：

图 1 为本发明冠状动脉造影图像序列的质量评分方法的流程图；

图 2 为原始冠状动脉造影图像序列；

图 3 为图 2 中冠状动脉造影图像序列的质量评分示意图；

图 4 为根据图像质量评分从小到大重新排列的冠状动脉造影图像序列；

图 5 为图 2 中冠状动脉造影图像序列的最优帧。

#### 具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明了，下面结合具体实施方式并参照附图，对本发明进一步详细说明。应该理解，这些描述只是示例

性的，而并非要限制本发明的范围。此外，在以下说明中，省略了对公知结构和技术的描述，以避免不必要地混淆本发明的概念。

如图 1 所示，冠状动脉造影图像序列的质量评分方法，首先，计算每一帧造影图像的血管响应度；其次，比较每一帧造影图像的血管响应度，判断出造影图像序列的最优帧；然后，由于梯度信息中包含边缘信息，所以利用图像梯度信息计算最优帧图像的质量评分；最后，根据最优帧图像的质量评分和血管响应度，计算每一帧造影图像的质量评分。

具体的每一步骤包括：

第一步，计算冠状动脉造影图像序列中每一帧图像的血管响应度。

1.1) 从冠状动脉造影图像序列中提取一帧图像。

1.2) 图像预处理。

使用  $3 \times 3$  均值滤波器降低图像噪声，提高算法准确度。

1.3) 利用 Hessian 矩阵计算血管响应度。

(a) 二维 Hessian 矩阵为：

$$H(x, y) = \begin{bmatrix} I_{xx} & I_{xy} \\ I_{xy} & I_{yy} \end{bmatrix}$$

$$\text{其中， } I_{xx} = \frac{\partial^2 g(x, y)}{\partial^2 x} \otimes I(x, y), \quad I_{yy} = \frac{\partial^2 g(x, y)}{\partial^2 y} \otimes I(x, y), \quad I_{xy} = \frac{\partial^2 g(x, y)}{\partial x \partial y} \otimes I(x, y),$$

$g(x, y)$  为高斯卷积模板， $I(x, y)$  为冠状动脉造影图像。

(b) Hessian 矩阵的两个特征值  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  可以由下面公式计算：

$$\lambda_1 = K + \sqrt{K^2 - Q^2}, \quad \lambda_2 = K - \sqrt{K^2 - Q^2}$$

$$\text{其中， } K = (I_{xx} + I_{yy})/2, \quad Q = \sqrt{I_{xx}I_{yy} - I_{xy}I_{xy}}。$$

(c) Hessian 矩阵对血管的响应度可表示为：

$$V = \begin{cases} 0 & \text{if } \lambda_2 > 0 \\ \exp\left(-\frac{R_B^2}{2\beta^2}\right) \exp\left(-\frac{2c^2}{\lambda_2^2}\right) \left(1 - \exp\left(-\frac{S^2}{2\gamma^2}\right)\right) & \text{other} \end{cases}$$

其中， $R_B = \frac{|\lambda_1|}{|\lambda_2|}$ ， $S = \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}$ ， $\beta$  用于调整线状和块状的区别， $c$  为控制

线状物体平滑程度的参数， $\gamma$  为控制线状物体清晰程度的参数。响应度越大，

表示当前位置是血管区域的可能越大。

重复上述步骤，计算造影图像序列每一帧的血管响应度，血管的响应度表示为  $\{V_i | i=0,1,2,\dots,f\}$ ，其中  $f$  为冠状动脉造影图像序列的总帧数。

第二步，计算管状动脉造影图像序列的最优帧。

比较造影图像序列每一帧的血管响应度，响应度最大的那一帧即为最优帧。

第三步，计算最优帧的图像质量评分。

3.1) 构造参考图像。

定义最优帧的图像为  $I$ ，对图像  $I$  进行高斯平滑滤波得到参考图像  $I_r$ 。

3.2) 提取梯度信息。

利用人眼对水平和垂直方向的边缘信息最为敏感的特性，使用 Sobel 算子分别提取参考图像  $I_r$  和最优帧  $I$  的梯度图像  $G_r$  和  $G$ 。

3.3) 梯度图像的方差分析。

将梯度图像  $G$  划分为一定尺寸的小块，例如  $8 \times 8$  的小块，块间的步长为 4，计算每块的方差，方差越大说明梯度信息越丰富。找出其中  $N$  个最大方差，记为  $\{x_i | i=1,2,\dots,N\}$ ，对应的  $G_r$  中的对应的  $N$  个最大方差为  $\{y_i | i=1,2,\dots,N\}$ ，其中  $N=32$ 。

3.4) 计算最优帧的图像质量评分。

最优帧的图像质量评分计算方式可以表示为：

$$NRSS = \left( 1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N SSIM(x_i, y_i) \right) * 100,$$

其中  $SSIM$  为结构相似度，其表达式如下：

$$SSIM(x, y) = \frac{2 * x * y}{x^2 + y^2}.$$

第四步，计算每一帧图像的质量评分  $cl$ 。

$$cl = NRSS * SSIM(H_{opt}, H_i),$$

其中  $NRSS$  表示最优帧图像质量评分值， $H_{opt}$  为最优帧的血管响应度， $H_i$



表示第  $i$  帧图像的血管响应度。

评分取值范围为  $[0,100]$ ，当评分值为  $85\sim 100$ ，表明冠状动脉造影图像质量比较高，能满足病变分析的要求；当评分值为  $70\sim 85$  表明冠状动脉造影图像质量较低，能满足部分病变分析的要求，但是病变分析结果可能误差比较大；当评分值为  $0\sim 70$  表明冠状动脉造影图像质量很差，不能满足病变分析的要求。

应当理解的是，本发明的上述具体实施方式仅仅用于示例性说明或解释本发明的原理，而不构成对本发明的限制。因此，在不偏离本发明的精神和范围的情况下所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。此外，本发明所附权利要求旨在涵盖落入所附权利要求范围和边界、或者这种范围和边界的等同形式内的全部变化和修改例。

## 权利要求书

1. 一种冠状动脉造影图像序列的质量评分方法，其特征在于，包括以下步骤：

**S01:** 计算冠状动脉造影图像序列中每一帧图像的血管响应度；

**S02:** 比较每一帧造影图像的血管响应度，得到造影图像序列的最优帧；

**S03:** 利用图像梯度信息计算最优帧图像的质量评分；

**S04:** 根据最优帧图像的质量评分和血管响应度，计算每一帧造影图像的质量评分。

2. 根据权利要求 1 所述的冠状动脉造影图像序列的质量评分方法，其特征在于，所述步骤 **S01** 包括以下步骤：

**S11:** 利用 **Hessian** 矩阵计算血管响应度，血管响应度  $V$  为：

$$V = \begin{cases} 0 & \text{if } \lambda_2 > 0 \\ \exp\left(-\frac{R_B^2}{2\beta^2}\right) \exp\left(-\frac{2c^2}{\lambda_2^2}\right) \left(1 - \exp\left(-\frac{S^2}{2\gamma^2}\right)\right) & \text{other} \end{cases}$$

其中， $R_B = \frac{|\lambda_1|}{|\lambda_2|}$ ， $S = \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}$ ， $\lambda_1$ ， $\lambda_2$  为 **Hessian** 矩阵的两个特征值； $\beta$  为

线状和块状的区别参数， $c$  为线状物体平滑程度参数， $\gamma$  为线状物体清晰度参数。

**S12:** 重复上述步骤，计算造影图像序列每一帧的血管响应度，得到血管的响应度为  $\{V_i | i=0,1,2,\dots,f\}$ ，其中  $f$  为冠状动脉造影图像序列的总帧数。

3. 根据权利要求 1 所述的冠状动脉造影图像序列的质量评分方法，其特征在于，所述步骤 **S03** 具体包括：

**S31:** 对最优帧图像  $I$  进行高斯平滑滤波得到参考图像  $I_r$ ；

**S32:** 分别提取参考图像  $I_r$  和最优帧图像  $I$  的梯度图像  $G_r$  和  $G$ ；

**S33:** 将梯度图像  $G$  和  $G_r$  分别划分为一定尺寸的小块，计算每块的方差，分别找出其中  $N$  个最大方差，记为  $\{x_i | i=1,2,\dots,N\}$  和  $\{y_i | i=1,2,\dots,N\}$ ；

**S34:** 计算最优帧图像的质量评分，最优帧图像的质量评分 **NRSS** 为：

$$NRSS = \left(1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N SSIM(x_i, y_i)\right) * 100 ;$$

其中， $SSIM$  为结构相似度，
$$SSIM(x, y) = \frac{2 * x * y}{x^2 + y^2}。$$

4. 根据权利要求 1 所述的冠状动脉造影图像序列的质量评分方法，其特征在于，所述步骤 S04 中每一帧造影图像的质量评分  $cl$  为：

$$cl = NRSS * SSIM(H_{opt}, H_i);$$

其中  $NRSS$  表示最优帧图像质量评分值， $H_{opt}$  为最优帧的血管响应度， $H_i$  表示第  $i$  帧图像的血管响应度。

5. 一种冠状动脉造影图像序列的质量评分装置，其特征在于，包括：

一血管响应度计算模块：计算冠状动脉造影图像序列中每一帧图像的血管响应度；

一最优帧图像判断模块：比较每一帧造影图像的血管响应度，得到造影图像序列的最优帧；

一最优帧图像质量评分计算模块：利用图像梯度信息计算最优帧图像的质量评分；

一造影图像质量评分计算模块：根据最优帧图像的质量评分和血管响应度，计算每一帧造影图像的质量评分。

6. 根据权利要求 5 所述的冠状动脉造影图像序列的质量评分装置，其特征在于，所述血管响应度计算模块的计算方法包括以下步骤：

**S11:** 利用 **Hessian** 矩阵计算血管响应度，血管响应度  $V$  为：

$$V = \begin{cases} 0 & \text{if } \lambda_2 > 0 \\ \exp\left(-\frac{R_B^2}{2\beta^2}\right) \exp\left(-\frac{2c^2}{\lambda_2^2}\right) \left(1 - \exp\left(-\frac{S^2}{2\gamma^2}\right)\right) & \text{other} \end{cases}$$

其中， $R_B = \frac{|\lambda_1|}{|\lambda_2|}$ ， $S = \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}$ ， $\lambda_1$ ， $\lambda_2$  为 **Hessian** 矩阵的两个特征值； $\beta$  为

线状和块状的区别参数， $c$  为线状物体平滑程度参数， $\gamma$  为线状物体清晰度参数。

**S12:** 重复上述步骤，计算造影图像序列每一帧的血管响应度，得到血管的响应度为  $\{V_i | i = 0, 1, 2, \dots, f\}$ ，其中  $f$  为冠状动脉造影图像序列的总帧数。

7. 根据权利要求 5 所述的冠状动脉造影图像序列的质量评分装置，其

特征在于，所述最优帧图像质量评分计算模块的计算方法具体包括：

**S31：**对最优帧图像  $I$  进行高斯平滑滤波得到参考图像  $I_r$ ；

**S32：**分别提取参考图像  $I_r$  和最优帧图像  $I$  的梯度图像  $G_r$  和  $G$ ；

**S33：**将梯度图像  $G$  和  $G_r$  分别划分为一定尺寸的小块，计算每块的方差，分别找出其中  $N$  个最大方差，记为  $\{x_i | i=1,2,\dots,N\}$  和  $\{y_i | i=1,2,\dots,N\}$ ；

**S34：**计算最优帧图像的质量评分，最优帧图像的质量评分 **NRSS** 为：

$$NRSS = \left( 1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N SSIM(x_i, y_i) \right) * 100 ;$$

其中， $SSIM$  为结构相似度， $SSIM(x, y) = \frac{2 * x * y}{x^2 + y^2}$ 。

**8.** 根据权利要求 5 所述的冠状动脉造影图像序列的质量评分装置，其特征在于，所述造影图像质量评分计算模块中每一帧造影图像的质量评分 **cl** 为：

$$cl = NRSS * SSIM(H_{opt}, H_i) ;$$

其中  $NRSS$  表示最优帧图像质量评分值， $H_{opt}$  为最优帧的血管响应度， $H_i$  表示第  $i$  帧图像的血管响应度。

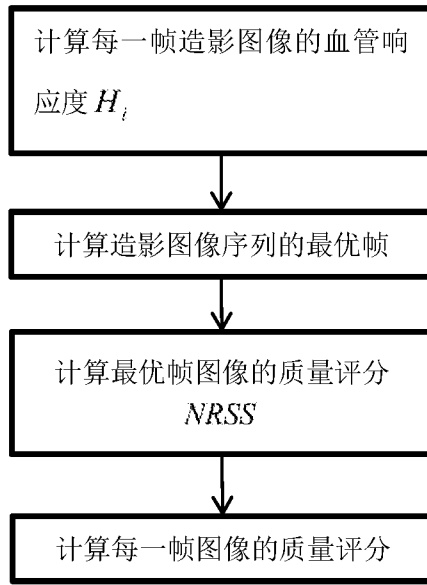


图 1

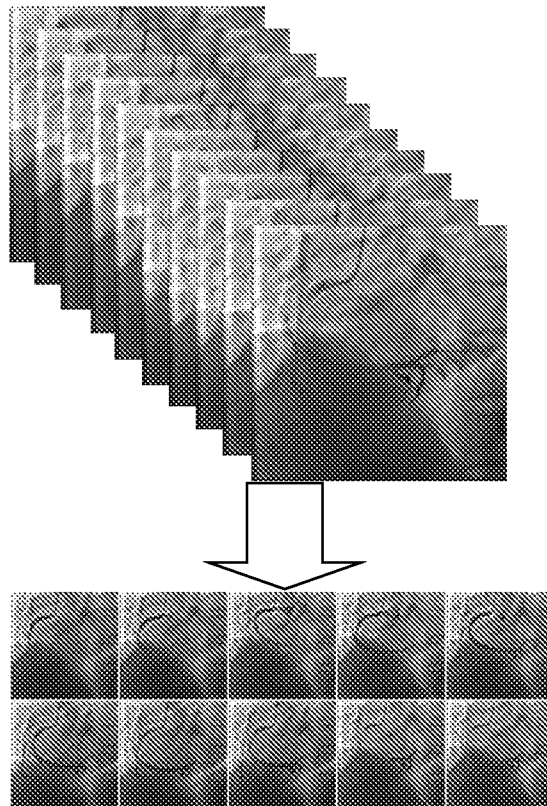


图 2

### 冠状动脉造影图像序列的质量评分

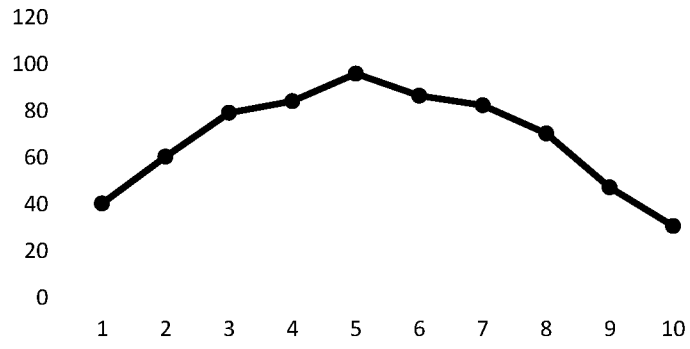


图 3

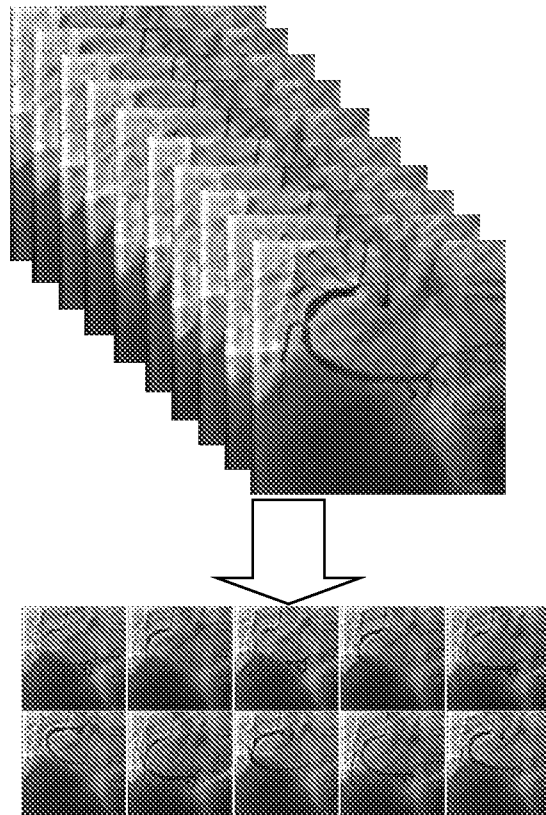


图 4

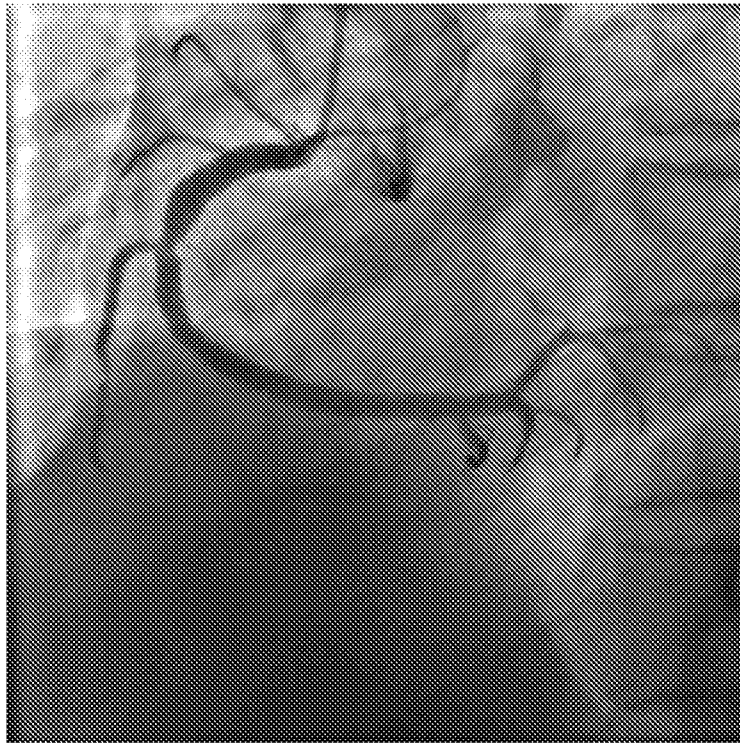


图 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/086605

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
G06T 5/00(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
G06T,G06K		
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)		
CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC, IEEE: 医学, 图像, 影像, 造影, 动脉, 血管, 图像, 质量, 评分, 分值, 评估, 最优, 最佳, 血流, 响应, 值, 度, 方差, 平滑, 梯度, image, medical, quality, score, best, value, vessel, gradient, smooth, evaluat+, NRSS, Hessian		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 107145855 A (NUBIA TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 September 2017 (2017-09-08) description, paragraphs [0092]-[0111]	1-8
Y	蒋先刚 等 (JIANG, Xiangang et al.). "基于Hessian特征的视网膜血管图像的增强滤波算法 (Enhancement Filter Algorithm of Retina Blood Vessels Based on Hessian Matrix Features)" <i>华东交通大学学报 (Journal of East China Jiaotong University)</i> , Vol. 30, No. 3, 30 June 2013 (2013-06-30), part 1	1-8
A	CN 101996406 A (INSTITUTE OF OPTICS AND ELECTRONICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 30 March 2011 (2011-03-30) entire document	1-8
A	CN 104732499 A (WUHAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 24 June 2015 (2015-06-24) entire document	1-8
A	CN 106934806 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 07 July 2017 (2017-07-07) entire document	1-8
A	US 2017372155 A1 (SIEMENS HEALTHCARE GMBH) 28 December 2017 (2017-12-28) entire document	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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		Date of mailing of the international search report
16 October 2019		28 October 2019
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
<b>China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)</b> <b>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088</b> <b>China</b>		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2019/086605**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	107145855	A	08 September 2017	None			
CN	101996406	A	30 March 2011	None			
CN	104732499	A	24 June 2015	None			
CN	106934806	A	07 July 2017	None			
US	2017372155	A1	28 December 2017	CN	107545309	A	05 January 2018

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>G06T 5/00 (2006.01) i</p> <p>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</p>																							
<p><b>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>G06T, G06K</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC, IEEE:医学, 图像, 影像, 造影, 动脉, 血管, 图像, 质量, 评分, 分值, 评估, 最优, 最佳, 血流, 响应, 值, 度, 方差, 平滑, 梯度, image, medical, quality, score, best, value, vessel, gradient, smooth, evaluat+, NRSS, Hessian</p>																							
<p><b>C. 相关文件</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>CN 107145855 A (努比亚技术有限公司) 2017年 9月 8日 (2017 - 09 - 08) 说明书92-111段</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>蒋先刚 等. "基于Hessian特征的视网膜血管图像的增强滤波算法" 华东交通大学学报, 第30卷, 第3期, 2013年 6月 30日 (2013 - 06 - 30), 第1部分</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101996406 A (中国科学院光电技术研究所) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104732499 A (武汉大学) 2015年 6月 24日 (2015 - 06 - 24) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106934806 A (东南大学) 2017年 7月 7日 (2017 - 07 - 07) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2017372155 A1 (SIEMENS HEALTHCARE GMBH) 2017年 12月 28日 (2017 - 12 - 28) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	Y	CN 107145855 A (努比亚技术有限公司) 2017年 9月 8日 (2017 - 09 - 08) 说明书92-111段	1-8	Y	蒋先刚 等. "基于Hessian特征的视网膜血管图像的增强滤波算法" 华东交通大学学报, 第30卷, 第3期, 2013年 6月 30日 (2013 - 06 - 30), 第1部分	1-8	A	CN 101996406 A (中国科学院光电技术研究所) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 全文	1-8	A	CN 104732499 A (武汉大学) 2015年 6月 24日 (2015 - 06 - 24) 全文	1-8	A	CN 106934806 A (东南大学) 2017年 7月 7日 (2017 - 07 - 07) 全文	1-8	A	US 2017372155 A1 (SIEMENS HEALTHCARE GMBH) 2017年 12月 28日 (2017 - 12 - 28) 全文	1-8
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
Y	CN 107145855 A (努比亚技术有限公司) 2017年 9月 8日 (2017 - 09 - 08) 说明书92-111段	1-8																					
Y	蒋先刚 等. "基于Hessian特征的视网膜血管图像的增强滤波算法" 华东交通大学学报, 第30卷, 第3期, 2013年 6月 30日 (2013 - 06 - 30), 第1部分	1-8																					
A	CN 101996406 A (中国科学院光电技术研究所) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 全文	1-8																					
A	CN 104732499 A (武汉大学) 2015年 6月 24日 (2015 - 06 - 24) 全文	1-8																					
A	CN 106934806 A (东南大学) 2017年 7月 7日 (2017 - 07 - 07) 全文	1-8																					
A	US 2017372155 A1 (SIEMENS HEALTHCARE GMBH) 2017年 12月 28日 (2017 - 12 - 28) 全文	1-8																					
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																							
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>"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)</p> <p>"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" 同族专利的文件</p>																							
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2019年 10月 16日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2019年 10月 28日</p>																					
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>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</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>受权官员</p> <p>孟佳</p> <p>电话号码 86-10-53961713</p>																					

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/086605

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	107145855	A	2017年 9月 8日	无	
CN	101996406	A	2011年 3月 30日	无	
CN	104732499	A	2015年 6月 24日	无	
CN	106934806	A	2017年 7月 7日	无	
US	2017372155	A1	2017年 12月 28日	CN	107545309 A 2018年 1月 5日