

# (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  
2016年8月11日 (11.08.2016)



(10) 国际公布号  
WO 2016/123815 A1

- (51) 国际专利分类号:  
G06T 7/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/072740
- (22) 国际申请日: 2015年2月11日 (11.02.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201510059345.9 2015年2月3日 (03.02.2015) CN
- (71) 申请人: 深圳大学 (SHENZHEN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。
- (72) 发明人: 殷夫 (YIN, Fu); 中国广东省深圳市南山区深圳大学办公楼 549, Guangdong 518060 (CN)。 纪震 (JI, Zhen); 中国广东省深圳市南山区深圳大学办公楼 549, Guangdong 518060 (CN)。 周家锐 (ZHOU, Jiarui); 中国广东省深圳市南山区深圳大学办公楼 549, Guangdong 518060 (CN)。 李琰 (LI, Yan); 中国广东省深圳市南山区深圳大学办公楼 549, Guangdong 518060 (CN)。 张海婕 (ZHANG, Haijie); 中国广东省深圳市南山区深圳大学办公楼 549, Guangdong 518060 (CN)。
- (74) 代理人: 深圳市君胜知识产权代理事务所 (JOHNSON INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY (SHENZHEN)); 中国广东省深圳市南山区麒麟路 1 号南山科技创业服务中心 308、309, Guangdong 518052 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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)。

[见续页]

(54) Title: EVALUATION METHOD AND SYSTEM BASED ON PET/CT IMAGE QUALITY OBJECTIVE ALGORITHM

(54) 发明名称: 基于 PET/CT 图像质量客观算法的评价方法及系统

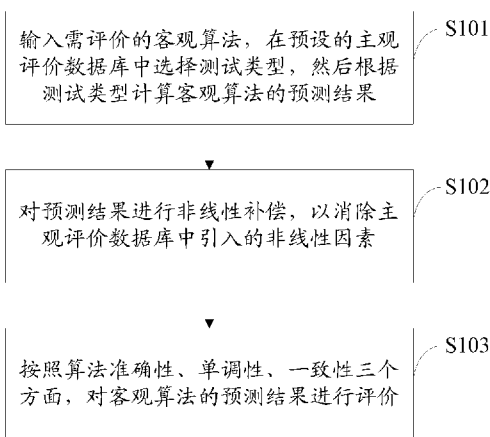


图 1

- S101 Inputting an objective algorithm required to be evaluated, selecting a test type in a preset subjective evaluation database, and then calculating a prediction result of the objective algorithm
- S102 Performing nonlinear compensation on the prediction result to eliminate nonlinear factors introduced in the subjective evaluation database
- S103 Performing the evaluation on the prediction result of the objective algorithm according to three aspects of accuracy, monotonicity and consistency of the algorithm

(57) Abstract: Disclosed in the present invention are an evaluation method and system based on a PET/CT image quality objective algorithm, wherein the method comprising the following steps: inputting an objective algorithm required to be evaluated, selecting a test type in a preset subjective evaluation database, and then calculating a prediction result of the objective algorithm according to the test type; performing nonlinear compensation on the prediction result to eliminate nonlinear factors introduced in the subjective evaluation database; and performing the evaluation on the prediction result of the objective algorithm according to three aspects of accuracy, monotonicity and consistency of the algorithm. The evaluation method can reflect the performance of the objective algorithm comprehensively and objectively, and has the characteristics of simplicity for application and good real-time property. With the evaluation method of the present invention, the performance of the objective evaluation algorithm can be tested comprehensively, accurately and quickly.

(57) 摘要: 本发明公开基于 PET/CT 图像质量客观算法的评价方法及系统, 其中, 方法包括步骤: 输入需评价的客观算法, 在预设的主观评价数据库中选择测试类型, 然后根据测试类型计算客观算法的预测结果; 对预测结果进行非线性补偿, 以消除主观评价数据库中引入的非线性因素; 按照算法准确性、单调性、一致性三个方面, 对客观算法的预测结果进行评价。本发明的评价方法可全面客观反映客观算法的性能, 其具有应用简单, 实时性强的特点。通过本发明的评价方法, 可全面、准确、迅速地测试客观评价算法的性能。

WO 2016/123815 A1

**本国际公布:**

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

## 基于 PET/CT 图像质量客观算法的评价方法及系统

### 技术领域

本发明涉及算法评价领域，尤其涉及基于 PET/CT 图像质量客观算法的评价方法及系统。

### 背景技术

PET/CT 是将 PET 与 CT 融为一体而形成的新型医学设备。将 PET 和 CT 进行结合，不仅保留了经典解剖影像的作用，还加入了先进的分子影像功能，其结合远优于各自单独的价值。PET/CT 检查具有灵敏、特异、准确、定位精确等特点，并且一次显像可获得人体各方位的断层图像，达到早期发现病灶和诊断疾病的目的。

医学图像，特别是放射医学成像，是临床医学研究、诊断、和治疗的重要依据。发展医学图像质量评价方法，对于评估和优化成像系统、医学图像的压缩方法、以及成像算法具有重大意义。目前有两类图像质量评价（IQA, Image Quality Assessment）方法：

1. 主观评价法：通过心理学测试，直接获得人类视觉系统（Human Visual System, HVS）对图像质量的主观评价分数。这是一类比较可靠地评价方法，通常按照 ITU-R\_BT.500-11 标准所描述的过程进行：在密闭的受控环境中，由非专家的测试者根据自己对图像质量的感受给出主观评价分数。这种方法可以产生较为统一的主观评分，可信度较高。

2. 客观评价法，也常被称为图像质量评价算法或 IQA 算法。客

观评价方法采用算法感知模型计算图像质量客观评价分数，其目的是使计算机模仿 HVS 的功能。图像质量感知客观模型的研究中，最基本的要求是能够基本完备地表达图像的差异，并与主观感知保持高度一致性。在满足上述要求的基础上，消除模型中的冗余信息，使模型更加高效和简练是研究人员追求的目标。

一个理想的图像质量评价算法应满足以下三个方面：1) 符合人类视觉感受；2) 具有通用性，针对不同对象和环境，评价性能保持稳定；3) 结果具有单调性，一致性，稳定性。而通常的客观算法评价指标并不能完整反映客观算法性能的优劣。

因此，现有技术还有待于改进和发展。

## 发明内容

鉴于上述现有技术的不足，本发明的目的在于提供基于 PET/CT 图像质量客观算法的评价方法及系统，旨在解决现有客观算法评价方法不能真实反映算法性能优劣的问题。

本发明的技术方案如下：

基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法，其中，包括步骤：

A、输入需评价的客观算法，在预设的主观评价数据库中选择测试类型，然后根据测试类型计算客观算法的预测结果；

B、对预测结果进行非线性补偿，以消除主观评价数据库中引入的非线性因素；

C、按照算法准确性、单调性、一致性三个方面，对客观算法的

预测结果进行评价。

所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法，其中，所述步骤 B 中，使用增加线性条件限制的五参数非线性 logistic 模型作为客观算法评价值的非线性模型来进行非线性补偿：

$$Quality(x) = \beta_1 \logistic(\beta_2, (x - \beta_3)) + \beta_4 x + \beta_5 ;$$

其中， $\logistic(\tau, x) = \frac{1}{2} - \frac{1}{1 + \exp(\tau x)}$ ， $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ 、 $\beta_4$ 、 $\beta_5$  为 5 个偏回归系数，x 代表客观算法评价值，Quality(x) 为拟合后的客观算法评价值。

所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法，其中，所述步骤 C 中，准确性方面的指标包括线性相关系数 CC、均方误差根 RMSE 及平均绝对误差 MAE，其中：

$$CC = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2} \cdot \sqrt{\sum(Y - \bar{Y})^2}}, \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X - Y)^2}$$

$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt{(X - Y)^2}$ ，X 和 Y 分别代表图像质量主观测量数据和图像质量客观预测数据，N 为样本的总数。

所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法，其中，所述步骤 C 中，单调性方面的指标包括秩相关系数 SROCC，其中：

$$SROCC = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1) \sum_{i=1}^N (X - Y)^2}$$

，X 和 Y 分别代表图像质量主观测量数据和图像质量客观预测数据，N 为样本的个数，D 为等级间差

异。

所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法，其中，所述步骤 C 中，一致性方面的指标包括离群率 OR，其中：

$$OR = \frac{N_0}{N}, N_0 \text{ 为客观算法预测数据为离群值的个数, } N \text{ 为样本的总数。}$$

所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法，其中，如果离群值 Y 与客观算法测定平均值之差的绝对值大于 3 倍的标准

偏差 ( $\sigma$ ), 即:  $|Y - \bar{Y}| > 3\sigma$

则可以判定该离群值为异常值，将其舍弃；否则应予保留。

所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法，其中，客观算法的评价结果为：

$$SCORE = \frac{SROCC + CC}{MAE + RMSE + 10 \times OR}$$

基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价系统，其中，包括：

客观算法输入模块，用于输入需评价的客观算法，在预设的主观评价数据库中选择测试类型，然后根据测试类型计算客观算法的预测结果；

补偿模块，用于对预测结果进行非线性补偿，以消除主观评价数据库中引入的非线性因素；

评价模块，用于按照算法准确性、单调性、一致性三个方面，对客观算法的预测结果进行评价。

所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价系统，其中，补偿模块中，使用增加线性条件限制的五参数非线性 logistic 模型作

为客观算法评价值的非线性模型来进行非线性补偿:

$$Quality(x) = \beta_1 \logistic(\beta_2(x - \beta_3)) + \beta_4 x + \beta_5 ;$$

其中,  $\logistic(\tau, x) = \frac{1}{2} - \frac{1}{1 + \exp(\tau x)}$ ,  $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ 、 $\beta_4$ 、 $\beta_5$  为 5 个偏回归系数,  $x$  代表客观算法评价值,  $Quality(x)$  为拟合后的客观算法评价值。

所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价系统, 其中, 评价模块中, 准确性方面的指标包括线性相关系数 CC、均方误差根 RMSE 及平均绝对误差 MAE, 单调性方面的指标包括秩相关系数 SROCC, 一致性方面的指标包括离群率 OR。

有益效果: 本发明从三个方面评价客观算法的性能, 包括算法的准确性、单调性、一致性, 并以 CC, MAE 和 RMSE 作为评价客观算法准确性的指标, OR 作为评价客观算法稳定性的指标, SROCC 作为评价客观算法单调性的指标, 综合五个评价指标给出最终评价结果, 可全面客观反映客观算法的性能。本发明的评价方法具有应用简单, 实时性强的特点。通过本发明的评价方法, 可全面、准确、迅速地测试客观评价算法的性能。

## 附图说明

图 1 为本发明基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法较佳实施例的流程图。

图 2 为本发明的方法中主观评价数据库的建立过程流程图。

图 3 为本发明基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法另

一实施例的流程图。

## 具体实施方式

本发明提供基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法及系统，为使本发明的目的、技术方案及效果更加清楚、明确，以下对本发明进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

请参阅图 1，图 1 为本发明基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法的流程图，如图所示，其包括步骤：

S101、输入需评价的客观算法，在预设的主观评价数据库中选择测试类型，然后根据测试类型计算客观算法的预测结果；

S102、对预测结果进行非线性补偿，以消除主观评价数据库中引入的非线性因素；

S103、按照算法准确性、单调性、一致性三个方面，对客观算法的预测结果进行评价。

在步骤 S101 中，如图 2 所示，主观评价数据库的建立过程包括：

S201、采集测试图片；测试图片分为含病灶图片与无病灶图片，二者比例大约为 2:1。

S202、构造退化图片，并以此为基础建立主观评价数据库。本发明所选用的退化方法有 JPEG 压缩、JPEG2000 压缩、对比度变化 (Contrast Change, CC)、高斯白噪声 (White Gaussian Noise, WGN)、高斯模糊 (Gaussian Blur, GB)、模块缺失或运动模糊 (Motion Blur, MB)；这些退化类型包含了实际 PET/CT 图像编码和图像传输中可能



导致的各种失真，如块化效应、结构关联噪声、伪轮廓、振铃效应、边缘模糊、颗粒噪声以及平坦区随机噪声等，所以方便进行客观算法的通用性测试以及在不同失真图像中的功能性测试。

S203、进行主观测试，国际电信联盟标准-电视图像质量的主观评价方法 ITU-R\_BT.500-11 协议中要求至少有 15 名非图像处理专业测试者参加测试，测试方法选择双重刺激失真水平测试法 (Double-Stimulus Impairment Scale Method, DSIS)。主观测试评价指标为 1 到 5 的整数评分，其中分数越高代表图像质量越佳；

S204、计算测试结果，在所有测试者完成评价后，计算每张图片获得的平均分 (Mean-Opinion-Score, MOS) 作为最终测试结果。其公式为：

$$\bar{U}_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_k$$

其中 k 为测试图片、N 为测试者数量,  $U_k$  为测试图片主观评价分数；

S205、筛选测试结果，计算每个测试者主观评价数据的标准偏差，公式如下所示：

$$S_k = \sqrt{\sum_{i=1}^N U_k \frac{\bar{U}_k - U_k}{(N-1)}}$$

对于标准偏差  $S_k$  大于 2.5 的主观评价数据规定为无效数据；其余作为有效平均分。

S206、保存测试结果，将每张图片获得的有效平均分作为最终测试结果存入主观评价数据库，即主观数据库中包含有一定数量的主观

评价测试图片，以及每张图片对应的 MOS 分数。

如图 3 所示，在输入测试客观算法之后，在主观评价数据库中选择测试类型，包括全部图片的通用性测试，或针对不同退化方法的性能测试。选择好测试类型后计算客观算法预测结果。

在所述步骤 S102 中，视频质量专家组 VQEG (Video Quality Experts Group) Phase-I 和 Phase-II 中提出需要对客观算法的预测结果进行非线性补偿来消除主观评价过程中引入的非线性因素。本发明使用增加线性条件限制的五参数非线性 logistic 模型作为客观算法评价值的非线性模型。其计算公式如下，并采用最小均方误差法进行拟合：

$$\text{Quality}(x) = \beta_1 \text{logistic}(\beta_2, (x - \beta_3)) + \beta_4 x + \beta_5 ;$$

其中， $\text{logistic}(\tau, x) = \frac{1}{2} - \frac{1}{1 + \exp(\tau x)}$ ， $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ 、 $\beta_4$ 、 $\beta_5$  为偏回归系数， $x$  代表客观算法评价值， $\text{Quality}(x)$  为拟合后的客观算法评价值。

在所述步骤 S103 中，对客观算法评价值进行预处理之后，通过以下三个方面来评价客观算法的性能：(a) 算法准确性：即客观评价值与主观评价值之间的差异应足够小；(b) 单调性：客观评价值应随主观评价值的增减而增减；(c) 一致性：客观评价算法在测试集上表现出的性能与其在训练集上的性能相似。本发明按照以下五个客观指标来测试算法性能：

其中，准确性方面的指标包括线性相关系数 (Linear Correlation Coefficient, CC)、均方误差根 (Root Mean Squared Error, RMSE)

及平均绝对误差 (Mean Absolute Error, MAE), 其中:

$$CC = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2} \cdot \sqrt{\sum(Y - \bar{Y})^2}}, \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X - Y)^2}$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt{(X - Y)^2}$$

, X 和 Y 分别代表图像质量主观测量数据和图像质量客观预测数据, N 为样本的总数。

单调性方面的指标包括秩相关系数 (Spearman Rank Order Correlation Coefficient, SROCC), 其中:

$$SROCC = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)} \sum_{i=1}^N (X - Y)^2$$

, X 和 Y 分别代表图像质量主观测量数据和图像质量客观预测数据, N 为样本的个数, D 为等级间差异, 在此处为 MOS 和 MOS<sub>p</sub> 之间差值的绝对值。

一致性方面的指标包括离群率 (Outlier Ratio, OR), 其中:

$$OR = \frac{N_o}{N}, \quad N_o \text{ 为客观算法预测数据为离群值的个数, } N \text{ 为样本的}$$

总数。

如果离群值 Y 与客观算法测定平均值之差的绝对值大于 3 倍的

标准偏差 ( $\sigma$ ), 即:  $|Y - \bar{Y}| > 3\sigma$

则可以判定该离群值为异常值, 将其舍弃; 否则应予保留。

客观算法的评价结果为:

$$SCORE = \frac{SROCC + CC}{MAE + RMSE + 10 \times OR}$$

以上五个评价指标中，CC，MAE 和 RMSE 作为客观算法预测主观质量的准确性指标，OR 作为预测客观算法稳定性的指标，SROCC 作为预测客观算法单调性的指标，CC 与 SROCC 的值越大越好，其余三者的值越小越好。

综合五个评价指标，本发明给出客观算法最终评价结果，其结果数值越大表示客观算法性能越好。综合评价方式如下所示：

$$SCORE = \frac{SROCC + CC}{MAE + RMSE + 10 \times OR}$$

基于上述方法，本发明还提供基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价系统较佳实施例，其包括：

客观算法输入模块，用于输入需评价的客观算法，在预设的主观评价数据库中选择测试类型，然后根据测试类型计算客观算法的预测结果；

补偿模块，用于对预测结果进行非线性补偿，以消除主观评价数据库中引入的非线性因素；

评价模块，用于按照算法准确性、单调性、一致性三个方面，对客观算法的预测结果进行评价。

补偿模块中，使用增加线性条件限制的五参数非线性 logistic 模型作为客观算法评价值的非线性模型来进行非线性补偿：

$$Quality(x) = \beta_1 \logistic(\beta_2, (x - \beta_3)) + \beta_4 x + \beta_5 ;$$

其中， $\logistic(\tau, x) = \frac{1}{2} - \frac{1}{1 + \exp(\tau x)}$ ， $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ 、 $\beta_4$ 、 $\beta_5$  为 5 个偏回归系数，x 代表客观算法评价值，Quality(x) 为拟合后的客观算

法评价值。

综上所述，本发明从三个方面评价客观算法的性能，包括算法的准确性、单调性、一致性，并以 CC，MAE 和 RMSE 作为评价客观算法准确性的指标，OR 作为评价客观算法稳定性的指标，SROCC 作为评价客观算法单调性的指标，综合五个评价指标给出最终评价结果，可全面客观反映客观算法的性能。本发明的评价方法具有应用简单，实时性强的特点。通过本发明的评价方法，可全面、准确、迅速地测试客观评价算法的性能。

应当理解的是，本发明的应用不限于上述的举例，对本领域普通技术人员来说，可以根据上述说明加以改进或变换，所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

## 权利要求书

1、基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法，其特征在于，包括步骤：

A、输入需评价的客观算法，在预设的主观评价数据库中选择测试类型，然后根据测试类型计算客观算法的预测结果；

B、对预测结果进行非线性补偿，以消除主观评价数据库中引入的非线性因素；

C、按照算法准确性、单调性、一致性三个方面，对客观算法的预测结果进行评价。

2、根据权利要求 1 所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法，其特征在于，所述步骤 B 中，使用增加线性条件限制的五参数非线性 logistic 模型作为客观算法评价值的非线性模型来进行非线性补偿：

$$\text{Quality}(x) = \beta_1 \text{logistic}(\beta_2, (x - \beta_3)) + \beta_4 x + \beta_5 ;$$

其中， $\text{logistic}(\tau, x) = \frac{1}{2} - \frac{1}{1 + \exp(\tau x)}$ ， $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ 、 $\beta_4$ 、 $\beta_5$  为 5 个偏回归系数， $x$  代表客观算法评价值， $\text{Quality}(x)$  为拟合后的客观算法评价值。

3、根据权利要求 2 所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法，其特征在于，所述步骤 C 中，准确性方面的指标包括线性相关系数 CC、均方误差根 RMSE 及平均绝对误差 MAE，其中：

$$CC = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2} \cdot \sqrt{\sum(Y - \bar{Y})^2}}, \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X - Y)^2},$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt{(X - Y)^2};$$

X 和 Y 分别代表图像质量主观测量数据和图像质量客观预测数据，N 为样本的总数。

4、根据权利要求 3 所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法，其特征在于，所述步骤 C 中，单调性方面的指标包括秩相关系数 SROCC，其中：

$$SROCC = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)} \sum_{i=1}^N (X - Y)^2, \quad X \text{ 和 } Y \text{ 分别代表图像质量主观测量数据和图像质量客观预测数据，} N \text{ 为样本的个数，} D \text{ 为等级间差异。}$$

5、根据权利要求 4 所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法，其特征在于，所述步骤 C 中，一致性方面的指标包括离群率 OR，其中：

$$OR = \frac{N_0}{N}, \quad N_0 \text{ 为客观算法预测数据为离群值的个数，} N \text{ 为样本的总数。}$$

6、根据权利要求 5 所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价方法，其特征在于，如果离群值 Y 与客观算法测定平均值之差的

绝对值大于 3 倍的标准偏差 ( $\sigma$ )，即： $|Y - \bar{Y}| > 3\sigma$

则可以判定该离群值为异常值，将其舍弃；否则应予保留。

7、根据权利要求 6 所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法

的评价方法，其特征在于，客观算法的评价结果为：

$$SCORE = \frac{SROCC + CC}{MAE + RMSE + 10 \times OR}。$$

8、基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价系统，其特征在于，包括：

客观算法输入模块，用于输入需评价的客观算法，在预设的主观评价数据库中选择测试类型，然后根据测试类型计算客观算法的预测结果；

补偿模块，用于对预测结果进行非线性补偿，以消除主观评价数据库中引入的非线性因素；

评价模块，用于按照算法准确性、单调性、一致性三个方面，对客观算法的预测结果进行评价。

9、根据权利要求 8 所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价系统，其特征在于，补偿模块中，使用增加线性条件限制的五参数非线性 logistic 模型作为客观算法评价值的非线性模型来进行非线性补偿：

$$Quality(x) = \beta_1 \logistic(\beta_2, (x - \beta_3)) + \beta_4 x + \beta_5；$$

其中， $\logistic(\tau, x) = \frac{1}{2} - \frac{1}{1 + \exp(\tau x)}$ ， $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ 、 $\beta_4$ 、 $\beta_5$  为 5 个偏回归系数， $x$  代表客观算法评价值， $Quality(x)$  为拟合后的客观算法评价值。

10、根据权利要求 8 所述的基于 PET/CT 医学图像质量客观算法的评价系统，其特征在于，评价模块中，准确性方面的指标包括线性



相关系数 CC、均方误差根 RMSE 及平均绝对误差 MAE，单调性方面的指标包括秩相关系数 SROCC，一致性方面的指标包括离群率 OR。

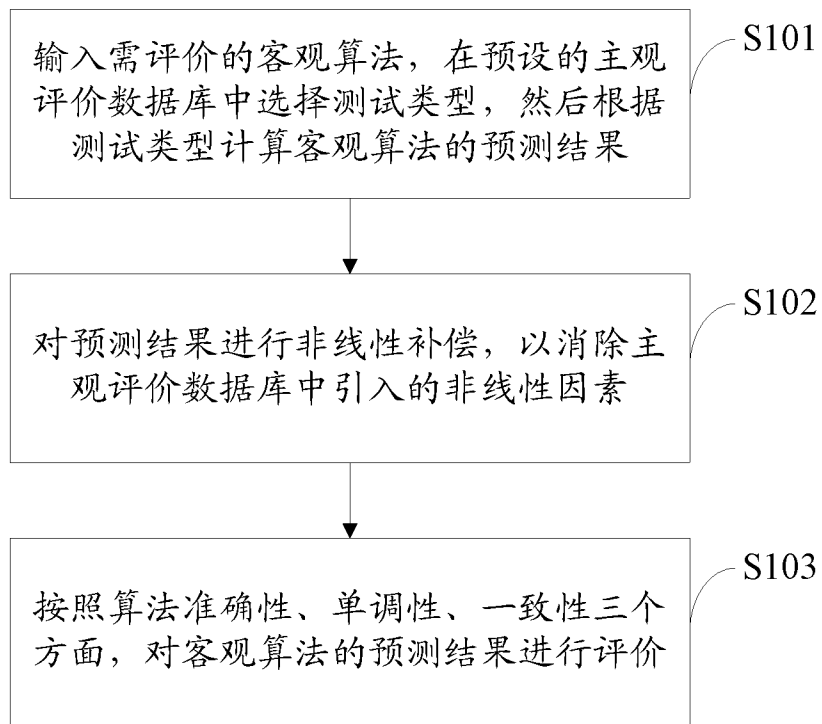


图 1

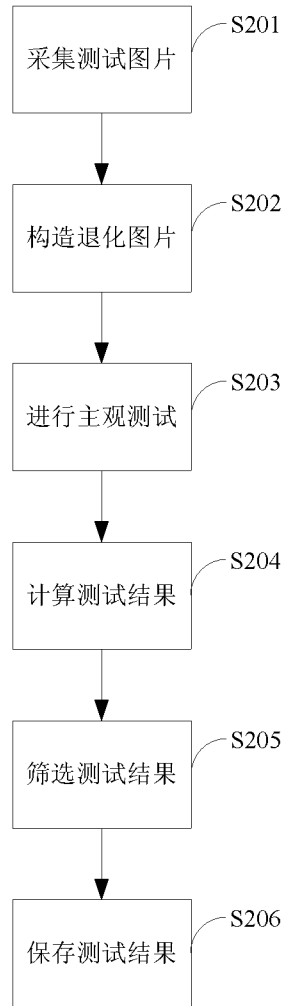


图 2

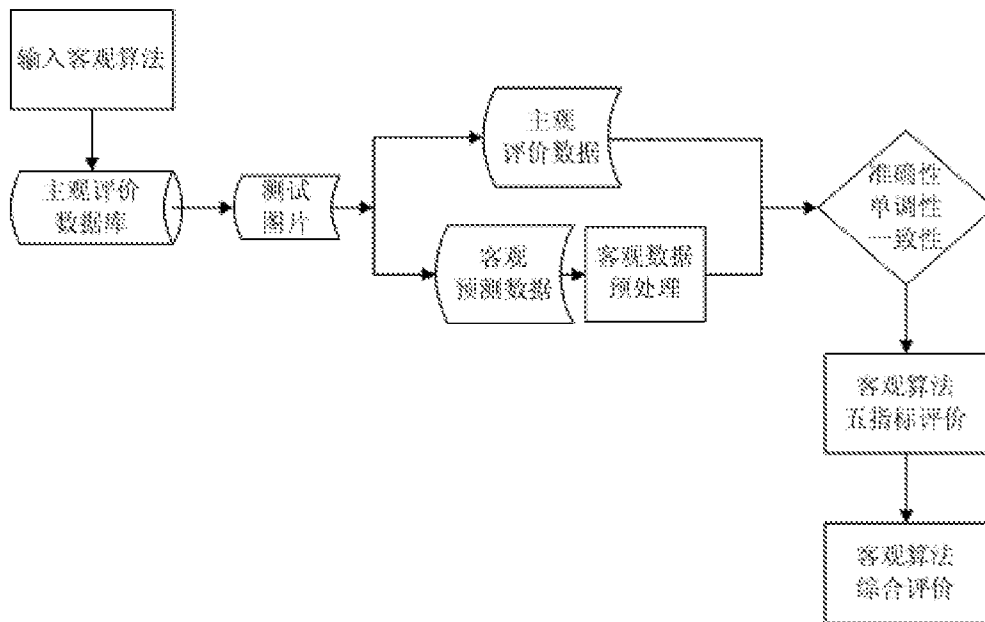


图 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2015/072740**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/00 (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 7/-

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)

CPRSABS; CNTXT; CNABS; DWPI; CNKI: image quality, monotonicity, logistic model, consistency, estimate, image, quality, monotony, compensate, parameter, non-linearity, logistic, model, veracity

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 103281556 A (NINGBO UNIVERSITY), 04 September 2013 (04.09.2013), claim 1, and description, paragraphs [0098] and [0117]	1, 8
Y	CN 103281556 A (NINGBO UNIVERSITY), 04 September 2013 (04.09.2013), claim 1, and description, paragraphs [0098] and [0117]	2-7, 9, 10
Y	CN 103325113 A (SHENZHEN UNIVERSITY), 25 September 2013 (25.09.2013), description, paragraphs [0013]-[0019]	2-7, 9, 10
A	CN 102547363 A (JIANGNAN UNIVERSITY), 04 July 2012 (04.07.2012), the whole document	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  
02 November 2015 (02.11.2015)

Date of mailing of the international search report  
**24 November 2015 (24.11.2015)**

Name and mailing address of the ISA/CN:  
State Intellectual Property Office of the P. R. China  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao  
Haidian District, Beijing 100088, China  
Facsimile No.: (86-10) 62019451

Authorized officer  
**LI, Xiaoqing**  
Telephone No.: (86-10) **62411891**

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

International application No.

**PCT/CN2015/072740**

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103281556 A	04 September 2013	CN 103281556 B	13 May 2015
CN 103325113 A	25 September 2013	None	
CN 102547363 A	04 July 2012	CN 102547363 B	24 June 2015

<p>A. 主题的分类</p> <p>G06T 7/00 (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. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)</p> <p>G06T7/-</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>CPRSABS;CNTXT;CNABS; DWPI;CNKI:一致性, 评价, 图像质量, 单调性, 补偿, 参数, 非线性, logistic模型, 准确性 consistency, estimate, image, quality, monotony, compensate, parameter, non-linearity, logistic, model, veracity</p>																	
<p>C. 相关文件</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>X</td> <td>CN 103281556 A (宁波大学) 2013年 9月 4日 (2013 - 09 - 04) 权利要求1, 说明书第【0098】, 【0117】段</td> <td>1, 8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103281556 A (宁波大学) 2013年 9月 4日 (2013 - 09 - 04) 权利要求1, 说明书第【0098】, 【0117】段</td> <td>2-7, 9, 10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103325113 A (深圳大学) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 说明书第【0013】-【0019】段</td> <td>2-7, 9, 10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102547363 A (江南大学) 2012年 7月 4日 (2012 - 07 - 04) 全文</td> <td>1-10</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	X	CN 103281556 A (宁波大学) 2013年 9月 4日 (2013 - 09 - 04) 权利要求1, 说明书第【0098】, 【0117】段	1, 8	Y	CN 103281556 A (宁波大学) 2013年 9月 4日 (2013 - 09 - 04) 权利要求1, 说明书第【0098】, 【0117】段	2-7, 9, 10	Y	CN 103325113 A (深圳大学) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 说明书第【0013】-【0019】段	2-7, 9, 10	A	CN 102547363 A (江南大学) 2012年 7月 4日 (2012 - 07 - 04) 全文	1-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
X	CN 103281556 A (宁波大学) 2013年 9月 4日 (2013 - 09 - 04) 权利要求1, 说明书第【0098】, 【0117】段	1, 8															
Y	CN 103281556 A (宁波大学) 2013年 9月 4日 (2013 - 09 - 04) 权利要求1, 说明书第【0098】, 【0117】段	2-7, 9, 10															
Y	CN 103325113 A (深圳大学) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 说明书第【0013】-【0019】段	2-7, 9, 10															
A	CN 102547363 A (江南大学) 2012年 7月 4日 (2012 - 07 - 04) 全文	1-10															
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																	
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <table border="0"> <tr> <td>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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)</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</td> <td>“&amp;” 同族专利的文件</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“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	“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“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	“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)	“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	“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件	“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						
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“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																
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“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																
“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)	“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																
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件																
“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																	
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2015年 11月 2日</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2015年 11月 24日</p>																
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>	<p>受权官员</p> <p>李小青</p> <p>电话号码 (86-10)62411891</p>																

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/072740

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	103281556	A	2013年 9月 4日	CN	103281556	B	2015年 5月 13日
CN	103325113	A	2013年 9月 25日	无			
CN	102547363	A	2012年 7月 4日	CN	102547363	B	2015年 6月 24日