(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102713977 B
(45)授权公告日 2015.01.07

(21)申请号 201180005958.4
(22)申请日 2011.01.11
(30)优先权数据
10-2010-0002890 2010.01.12 KR
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2012.07.12
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/KR2011/000177 2011.01.11
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2011/087251 KO 2011.07.21
(73)专利权人 西江大学校产学协力团
地址 韩国首尔
(72)发明人 金东五 朴来弘
(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 杜诚 陈炜
(51)Int.Cl.
H04N 17/00(2006.01)
(56)对比文件
JP 特开 2005-45523 A,2005.02.17,
KR 10-2008-0031548 A,2008.04.10,
US 2007/0103551 A1,2007.05.10,
WO 2009/116666 A1,2009.09.24,
CN 101441768 A,2009.05.27,
US 7715592 B1,2010.05.11,
审查员 吴黄飞

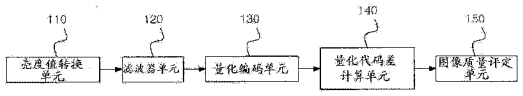
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54)发明名称

用于使用量化代码评定图像质量的方法和设备

(57)摘要

本发明涉及一种使用量化代码的图片质量评估方法。该图片质量评估方法包括：对原始图像和退化图像进行滤波；根据滤波结果生成尺寸/相位量化代码；计算原始图像的尺寸/相位量化代码与退化图像的尺寸/相位量化代码之间的汉明距离；以及然后使用所计算的汉明距离来评估退化图像的图片质量。根据本发明，原始图像和退化图像的像素值被映射在量化的复平面上，并且然后进行二进制代码运算。因此，可以容易地实施用于图片质量评估的硬件，并且增强图片质量评估性能。



CN 102713977 B

1. 一种用于使用量化代码评定图像质量的方法，包括：

对原始图像和失真图像进行滤波；

将滤波结果映射到复平面上；

根据映射结果来生成相位量化代码；

计算所述原始图像的相位量化代码与所述失真图像的相位量化代码之间的差；以及

通过使用所计算的差来评定所述失真图像的图像质量。

2. 根据权利要求 1 所述的用于使用量化代码评定图像质量的方法，

其中，差的所述计算对所述原始图像的相位量化代码与所述失真图像的相位量化代码之间的汉明距离进行计算，并且

其中，所述失真图像的图像质量的所述评定通过使用所计算的汉明距离来评定所述失真图像的图像质量。

3. 根据权利要求 1 所述的用于使用量化代码评定图像质量的方法，

其中，所述滤波对原始图像和失真图像的像素值进行转换以与复平面的实部和虚部相映射。

4. 根据权利要求 2 所述的用于使用量化代码评定图像质量的方法，

其中，相位量化代码的所述生成还包括根据所述滤波结果来生成幅度量化代码，并且

其中，汉明距离的所述计算对分别对应于所述原始图像和所述失真图像的由幅度量化代码和相位量化代码组成的二进制代码之间的汉明距离进行计算。

5. 根据权利要求 3 所述的用于使用量化代码评定图像质量的方法，

其中，所述像素值表示亮度值。

6. 根据权利要求 1 所述的用于使用量化代码评定图像质量的方法，

其中，所述滤波计算所述原始图像和失真图像的每个像素的 x 方向梯度和 y 方向梯度。

7. 根据权利要求 1 所述的用于使用量化代码评定图像质量的方法，

在所述滤波时使用的滤波器是加博滤波器或复小波变换滤波器。

8. 根据权利要求 2 所述的用于使用量化代码评定图像质量的方法，其中，所述失真图像的图像质量的所述评定包括：

通过使用所计算的汉明距离来计算图像质量评定指标；

对所述图像质量评定指标进行转换以与微分平均意见得分 DMOS 比较；以及

根据所述转换的图像质量评定指标与 DMOS 之间的相似度来评定所述失真图像的图像质量。

9. 一种用于使用量化代码评定图像质量的设备，包括：

滤波器单元，用于对原始图像和失真图像进行滤波；

量化编码单元，用于将所述滤波器单元的输出映射到复平面上，并且根据映射结果来生成相位量化代码；

量化代码差计算单元，用于计算所述原始图像的相位量化代码与所述失真图像的相位量化代码之间的差；以及

图像质量评定单元，用于通过使用所计算的差来评定所述失真图像的图像质量。

10. 根据权利要求 9 所述的用于使用量化代码评定图像质量的设备，

其中，所述量化代码差计算单元计算所述原始图像的相位量化代码与所述失真图像的

相位量化代码之间的汉明距离，并且

其中，所述图像质量评定单元通过使用所计算的汉明距离来评定所述失真图像的图像质量。

11. 根据权利要求 9 所述的用于使用量化代码评定图像质量的设备，其中，所述滤波器单元对所述原始图像和失真图像的像素值进行转换以与复平面的实部和虚部相映射。

12. 根据权利要求 10 所述的用于使用量化代码评定图像质量的设备，

其中，所述量化编码单元还根据所述滤波器单元的输出来生成幅度量化代码，并且

其中，所述量化代码差计算单元计算分别对应于所述原始图像和所述失真图像的由幅度量化代码和相位量化代码组成的二进制代码之间的汉明距离。

13. 根据权利要求 11 所述的用于使用量化代码评定图像质量的设备，其中，所述像素值表示亮度值。

14. 根据权利要求 9 所述的用于使用量化代码评定图像质量的设备，其中，所述滤波器单元计算所述原始图像和失真图像的每个像素的 x 方向梯度和 y 方向梯度。

15. 根据权利要求 9 所述的用于使用量化代码评定图像质量的设备，所述滤波器单元是加博滤波器或复小波变换滤波器。

16. 根据权利要求 10 所述的用于使用量化代码评定图像质量的设备，其中，所述图像质量评定单元通过使用所计算的汉明距离来计算图像质量评定指标，对所述图像质量评定指标进行转换以与 DMOS 比较，以及根据所述转换的图像质量评定指标与 DMOS 之间的相似度来评定所述失真图像的图像质量。

用于使用量化代码评定图像质量的方法和设备

技术领域

[0001] 本公开涉及一种用于使用量化代码评定图像质量的方法和设备，并且更具体地涉及下述用于使用量化代码评定图像质量的方法和设备，其将原始图像和失真图像的像素值映射到量化的复平面中并且然后执行二进制代码运算，以便于更容易实施图像质量评定硬件和确保出色的图像质量评定性能。

[0002] 背景技术

[0003] 经常使用峰值信噪比(PSNR)或均方误差(MSE)作为评定图像质量时的客观图像质量评定指标。然而，由于该图像质量评定指标不容易反映人的主观图像质量，所以正在开发各种图像质量评定指标。已经开发了诸如通用质量指标(UQI)、结构相似度(SSIM)、多尺度 SSIM (MSSSIM)和 MSVD 的图像质量评定指标，但是这些图像质量评定指标不容易被实施为硬件并且需要大的存储器尺寸，这是由于它们在评定图像质量时使用浮点。因此，需要一种可以被有效地实施为硬件的图像质量评定技术。

[0004] 发明内容

[0005] [技术问题]

[0006] 因此，本公开针对于提供一种用于使用量化代码评定图像质量的方法，这便于容易地实施图像质量评定硬件和确保出色的图像质量评定性能。

[0007] 本公开还针对于提供一种用于使用量化代码评定图像质量的设备，这便于容易地实施图像质量评定硬件和确保出色的图像质量评定性能。

[0008] [技术方案]

[0009] 在一个一般方面，本公开提供了一种用于使用量化代码评定图像质量的方法，该方法包括：对原始图像和失真图像进行滤波；根据滤波结果来生成相位量化代码；计算原始图像的相位量化代码与失真图像的相位量化代码之间的差；以及通过使用所计算的差来评定失真图像的图像质量。

[0010] 根据本公开的实施例，差的计算可以对原始图像的相位量化代码与失真图像的相位量化代码之间的汉明(Hamming)距离进行计算，并且失真图像的图像质量的评定可以通过使用所计算的汉明距离来评定失真图像的图像质量。

[0011] 此外，滤波可以对原始图像和失真图像的像素值进行转换以与复平面的实部和虚部相映射。

[0012] 此外，相位量化代码的生成还可以包括根据滤波结果来生成幅度量化代码，并且汉明距离的计算可以对分别对应于原始图像和失真图像的由幅度量化代码和相位量化代码组成的二进制代码之间的汉明距离进行计算。

[0013] 此外，像素值可以是亮度值。

[0014] 根据本公开的另一实施例，滤波可以计算原始图像和失真图像的每个像素的 x 方向梯度和 y 方向梯度。

[0015] 此外，滤波时使用的滤波器可以是加博(Gabor)滤波器或复小波变换滤波器。

[0016] 根据本公开的又一实施例，失真图像的图像质量的评定可以包括：通过使用所计

算的汉明距离来计算图像质量评定指标；将图像质量评定指标转换以与微分平均意见得分（DMOS）进行比较；以及根据所述转换的图像质量评定指标与 DMOS 之间的相似度来评定失真图像的图像质量。

[0017] 在另一个一般方面，本公开提供了一种用于使用量化代码评定图像质量的设备，该设备包括：滤波器单元，用于对原始图像和失真图像进行滤波；量化编码单元，用于根据滤波器单元的输出来生成相位量化代码；量化代码差计算单元，用于计算原始图像的相位量化代码与失真图像的相位量化代码之间的差；以及图像质量评定单元，用于通过使用所计算的差来评定失真图像的图像质量。

[0018] [有利效果]

[0019] 根据本公开，由于原始图像和失真图像的像素值被映射到量化的复平面并且然后执行二进制代码运算，所以可以容易地实施图像质量评定硬件，并且图像质量评定性能是出色的。此外，根据本公开，在滤波器输出具有与单个像素值对应的复数值或一对值的情况下，可以根据滤波器特性 生成新的图像质量评定指标。

附图说明

[0020] 根据结合附图给出的一些示例性实施例的以下描述，本公开的以上和其它目的、特征和优点将变得清楚，在附图中：

[0021] 图 1 是示出了根据本公开的实施例的使用量化代码的图像质量评定设备的框图的透视图；

[0022] 图 2 是用于示出以数目 K 个幅度水平和数目 L 个相位水平进行的量化的复平面的量化的示意图；

[0023] 图 3 是用于示出生成构建图像的 8×8 块相位量化代码的处理的图；

[0024] 图 4 示出了原始图像与失真图像之间的亮度值和汉明距离图的差的绝对值；

[0025] 图 5 是用于示出根据本公开的实施例的使用量化代码的图像质量评定方法的流程图；

[0026] 图 6 示出了原始图像、失真图像和根据本公开的实施例的通过相位量化代码而获得的汉明距离图；以及

[0027] 图 7 是通过五种图像质量评定指标拟合的 DMOS 值的图表。

具体实施方式

[0028] 在本公开的详细描述之前，为了更好的理解，预先提出本公开的技术方案的概述或技术方面的本质。

[0029] 根据本公开的实施例的使用量化代码的图像质量评定方法包括：对原始图像和失真图像进行滤波；根据滤波结果来生成相位量化代码；以及计算原始图像的相位量化代码与失真图像的相位量化代码之间的差。之后，通过使用所计算的差，评定失真图像的图像质量。

[0030] [本发明的实施例]

[0031] 下文中，将基于优选实施例更详细地描述本公开。然而，这些实施例用于更好地理解本公开，并且对于本领域技术人员而言，显然本公开不限于这些实施例。此外，在与本公

开有关的已知功能或配置的详细描述被判断为未必使本公开的本质不清楚的情况下，将排除该详细描述。

[0032] 图 1 是示出了根据本公开的实施例的使用量化代码的图像质量评定设备的框图的透视图。

[0033] 参照图 1，根据本公开的实施例的使用量化代码的图像质量评定装置包括亮度值转换单元 110、滤波器单元 120、量化编码单元 130、量化代码差计算单元 140、以及图像质量评定单元 150。

[0034] 亮度值转换单元 110 将图像的 RGB 值转换成亮度值 Y。可以通过 RGB-YCbCr 转换来执行到亮度值的转换。优选地，亮度值转换单元 110 接收原始图像和失真图像，并根据原始图像和失真图像的像素的 RGB 值来生成亮度值。

[0035] 滤波器单元 120 接收由亮度值转换单元 110 输出的每个像素的亮度值，并生成与每个像素对应的两个值。滤波器单元 120 可以使用梯度滤波器，特别是索贝尔（Sobel）算子，并且还可以使用加博滤波器或复小波变换滤波器。在滤波器单元 120 是梯度滤波器的情况下，由滤波器单元 120 生成的两个值可以是 x 方向梯度和 y 方向梯度，并且在滤波器单元 120 是加博滤波器的情况下，由余弦函数指定的实部和由正弦函数指定的虚部可以是与亮度值对应的两个值，但是并不局限于此。因此，根据本公开的实施例的滤波器单元 120 优选地包括对每个像素的亮度值进行转换并将它们表达在复平面上的所有类型的滤波器。下文中，将具体讨论滤波器单元 120 是梯度滤波器之中的索贝尔算子的情形。

[0036] 当 I 表示图像时，根据下面的等式 1 定义基于图像的 x 轴和 y 轴的梯度值 I_x 和 I_y。

[0037] [等式 1]

[0038] $$I_x(x,y) = I(x-1,y-1)+2I(x-1,y)+I(x-1,y+1)$$

[0039] $$-\{I(x+1,y-1)+2I(x+1,y)+I(x+1,y+1)\}$$

[0040] $$I_y(x,y) = I(x-1,y-1)+2I(x,y-1)+I(x+1,y-1)$$

[0041] $$-\{I(x-1,y+1)+2I(x,y+1)+I(x+1,y+1)\}$$

[0042] 量化编码单元 130 将由滤波器单元 120 输出的两个值映射到复平面上，并根据映射结果来生成量化代码。优选地，关于幅度和相位来量化复平面。量化编码单元 130 将由滤波器单元 120 输出的值映射到复平面上，并关于幅度和相位对这些值进行编码。稍后将参照图 2 和 3 更详细地描述量化编码单元 130。

[0043] 量化代码差计算单元 140 将原始图像和失真图像的量化代码相互比较并计算代码之间的差。代码之间的差可以通过计算汉明距离而获得，但并不局限于此。

[0044] 图像质量评定单元 150 基于所计算的差来生成图像质量评定指标。

[0045] 本公开基于以下事实：图像的结构失真引起图像的相位改变。因此，结构失真还可以通过测量图像的相位改变来测量。然而，与仅使用相位的情况相比较，在使用幅度和相位两者的情况下将会确保更出色的性能。

[0046] 图 2 是用于示出以数目 K 个幅度水平和数目 L 个相位水平的量化的复平面量化的示意图。

[0047] 图 2 的部分（a）示出了在 K = 4 和 L=8 的情形下的幅度和相位量化，并且图 2 的部分（b）示出了在 K=1 和 L=4 的情形下的幅度和相位量化。

[0048] 参考图 2 的部分（a），为了表达幅度 / 相位量化代码（APQC），以 4 个幅度和 8 个相

位来执行量化。如果 K = 4，则需要 2 个位用于编码，并且如果 L=8，则需要 3 个位。因此，将需要总共 5 个位用于量化编码。

[0049] 参考图 2 的部分(b)，没有对幅度进行量化，而仅对 4 个相位进行量化。仅 4 个相位被量化的情形将被具体称作相位量化代码(PQC)。下文中，本公开将基于梯度滤波器，但是本公开将类似地应用于其它类型的滤波器。

[0050] 在梯度滤波器中，I_x 和 I_y 分别对应于复平面中的实部和虚部。参考图 2 的部分(b)，如果梯度的输出值 I_x 具有正值并且 I_y 具有负值，则相位量化代码将是二进制代码[10]。换言之，可以通过仅使用滤波器单元 120 的输出值的实部和虚部的符号来容易地计算相位量化代码。此外，如果滤波器单元 120 的输出值的实部和虚部两者具有正值，则可以检查相位量化代码是 [11]。

[0051] 由于如上所述可以针对图像中存在的每个像素计算相位量化代码，所以图像的相位量化代码被表达为 2×N 位尺寸的 2 位代码序列。这里，N 表示图像的所有像素的数目。如果使用了相位量化代码，则由于图像可以被表达为 2 位代码序列，所以在图像中可以容易地执行二进制算术运算。此外，由于相位量化代码所需要的存储器大小是每像素 2 位，而传统的用于测量由浮点数表达的特征值的一般图像质量评定指标的存储器大小是每像素 1 字节，可以理解减小了每个像素的相位量化代码所需要的存储器大小。

[0052] 图 3 示出了生成构建图像的 8×8 块相位量化代码的示例。

[0053] 图 3 的部分(a)示出了 8×8 块的原始图像和生成的亮度值，并且图 3 的部分(b)示出了通过白噪声而失真的被放大的 8×8 块的图像、以及生成的亮度值。图 3 的部分(c)和(d)分别示出了图 3 的部分(a)和(b)的放大的块的梯度值 I_x (左)和 I_y (右)。图 3 的部分(e)和(f)分别示出了图 3 的部分(c)和(d)的相位量化代码(PQC)。参考图 3，可以理解针对原始图像和失真图像分别生成相位量化代码的处理。换言之，在图 3 的部分(e)和(f)中示出了作为由滤波器输出的代码的编码结果的、原始图像和失真图像的二进制代码，并且生成的二进制代码被用于评定图像的图像质量。

[0054] 下文中，将更详细地描述量化代码差计算单元 140。

[0055] 通常，用于评定图像质量的大多数评定指标对原始图像和失真图像的特征值之间的差进行测量。然而，在实际情况下，当评估图像质量时，可见差与特征值的差一样重要。从该角度看，当两个主观图像彼此不同时，可以容易地获得两个图像的特征值的相位量化代码之间的差。因此，如果计算从滤波器输出的原始图像和失真图像的值的相位量化代码之间的差，则与评定两个图像的图像质量的情况相比，获得相似的结果。

[0056] 为了对原始图像和失真图像的相位量化代码的图像质量进行比较和评定，在本公开的一个实施例中，使用汉明距离。汉明距离是表示两个量化代码之间的不同位的标准。如果图像质量退化，则图像的相位量化代码改变。因此，由滤波器输出的原始图像和失真图像的相位量化代码之间的汉明距离可以适当地反映图像的退化程度。原始图像和失真图像的相位量化代码的第 n 位处的汉明距离 HD(n) 可以根据以下等式 2 来定义。

[0057] [等式 2]

[0058] $$HD(n) = c_r(n) \otimes c_d(n)$$

[0059] 这里，c_r 和 c_d 分别表示原始图像和失真图像的相位量化代码，并且 $\otimes$ 表示异或。在使用幅度 / 相位量化代码来替代相位量化代码的情况下，可以类似地计算汉明距离。

[0060] 下文中，将更详细地描述图像质量评定单元 150。

[0061] 由根据本公开的实施例的使用量化代码的图像质量评定装置使用的、基于相位量化代码的图像质量评定指标(图像质量测量，IQM)可以如下计算。

[0062] [等式 3]

[0063] $$IQM = \frac{1}{2N}\sum_{n=1}^{2N} HD(n)$$

[0064] 这里，2N 表示相位量化代码的所有位的数目。由等式 3 生成的图像质量评定指标通过逻辑回归被转换成可以与 DMOS 进行比较的图像质量评定指标。

[0065] 图 4 示出了原始图像与失真图像之间的亮度值和汉明距离图的差的绝对值。

[0066] 图 4 的部分(a)示出了原始图像和失真图像的梯度滤波器输出的相位量化代码。图 4 的部分(b)示出了图 4 的部分(a)中示出的两个相位量化代码之间的汉明距离图。图 4 的部分(c)示出了图 3 的部分(a)和(b)中示出的被放大的 8×8 块之间的亮度值的差的绝对值。图 4 的部分(c)中的较亮区域对应于汉明距离 HD 为 1 的像素，而较暗区域对应于汉明距离 HD 为 2 的像素。

[0067] 如果失真图像的汉明距离图包括许多白色区域，则这意味着原始图像和失真图像没有差别，并且由此失真图像可以被判断为具有良好的图像质量。

[0068] 如图 4 的部分(b)和(c)所示，汉明距离图与绝对差图像不完全相同但与绝对差图像相似。因此，在图像的改变导致相位量化代码的改变的点处，可以理解相位量化代码将反映图像质量。

[0069] 图 5 是用于示出根据本公开的实施例的使用量化代码的图像质量评定方法的流程图。

[0070] 参考图 5，根据本公开的实施例的使用量化代码的图像质量评定方法包括由图 1 中示出的使用量化代码的图像质量评定装置执行的时间序列处理。因此，虽然下面未描述，但是与图 1 中示出的使用量化代码的图像质量评定装置有关的上述特征还将应用于本实施例的图像质量评定方法。

[0071] 在操作 S510 中，图像质量评定装置将原始图像和失真图像的 RGB 值转换成亮度值 Y。

[0072] 在操作 S520 中，图像质量评定装置接收在操作 S510 中转换的每个像素的亮度值，并执行滤波以生成对应于每个像素的两个值。可以通过使用梯度滤波器(特别是索贝尔算子)来执行滤波，也可以使用加博滤波器 或复小波变换滤波器。在梯度滤波器的情况下，通过滤波生成的两个值可以是 x 方向梯度和 y 方向梯度，并且在加博滤波器的情况下，由余弦函数指定的实部和由正弦函数指定的虚部可以是对应于亮度值的两个值。因此，根据本公开的实施例的滤波优选地包括可以对每个像素的亮度值进行转换并且将它们表达在复平面上的所有类型的滤波器。

[0073] 在操作 S530 中，图像质量评定装置将在操作 S520 中滤波的两个值映射到复平面上，并且根据映射结果来生成量化代码。优选地，关于幅度和相位对复平面进行量化。

[0074] 在操作 S540 中，图像质量评定装置将原始图像和失真图像的量化代码进行比较，并计算差。

[0075] 在操作 S550 中，图像质量评定装置基于所计算的差来生成图像质量评定指标，并

评定图像质量。

[0076] 图 6 示出了原始图像、失真图像、以及根据本公开的实施例的通过相位量化代码而获得的汉明距离图。

[0077] 图 6 的部分(a)示出了原始图像，图 6 的部分(b)和(c)分别示出了以标准偏差 1.708 和 4.916 通过高斯(Gaussian)模糊而失真的图像。图 6 的部分(d)和(e)分别示出了根据本公开的实施例的通过相位量化代码生成的图 6 的(b)和(c)的汉明距离图。在图 6 的部分(d)和(e)中，白色区域、灰色区域和黑色区域分别表示汉明距离值 0、1 和 2。

[0078] 因此，如果失真图像的汉明距离图具有许多白色区域，则这意味着图像具有良好的图像质量。图 6 的部分(c)中示出的失真图像比图 6 的部分(b)中示出的失真图像失真得更多。参考图 6 的部分(d)和(e)，可以发现图 6 的部分(e)的汉明距离图具有比图 6 的部分(d)的汉明距离图更暗的区域，并且由此可以理解图 6 的部分(c)的图像比图 6 的部分(b)的图像失真得更多。根据此结果，可以理解根据本公开的实施例的使用量化代码的图像质量评定方法适当地反映了视觉退化。

[0079] 为了评定根据本公开的实施例的使用量化代码的图像质量评定方法的性能，将使用图像 & 视频工程实验室(LIVE)数据集。LIVE 数据集包括 29 个原始图像、982 个失真图像和微分平均意见得分(DMSO)值。通常，具有 768×512 图像尺寸的失真图像是由于 JPEG、JPEG2000、白噪声、高斯模糊和 JPEG2000 比特流的传输错误而失真的。

[0080] 根据等式 3 计算的、根据本公开的实施例的基于相位量化代码的图像 质量评定指标(IQM)可以不立即用于评定图像质量。换言之，大多数图像质量评定指标需要与作为主观图像质量评定指标的 DMOS 相关联。这是因为图像质量评定的目的是以量化的方式表达主观图像质量。

[0081] 为此目的，应使用逻辑回归来生成要与 DMOS 进行比较的 DMOS- 比较图像质量评定指标并且用下面的等式 4 那样来表达。

[0082] [等式 4]

[0083]

$$\text{DMOS-比较 IQM} = \frac{a_1}{1+e^{(-a_2\times IQM-a_3)}} + a_4 \times IQM + a_5$$

[0084] 这里，a_1、a_2、a_3、a_4 和 a_5 表示逻辑回归之后获得的常量。

[0085] 为了评定在通过逻辑回归拟合的图像质量评定指标之后获得的 DMOS- 比较图像质量评定指标的性能，将通过逻辑回归拟合的结果与作为主观图像质量评定指标的 DMOS 进行比较。该性能比较可以使用皮尔逊(Pearson)相关系数、均方根误差(RMSE)或斯皮尔曼等级 CC (SROCC)来执行。

[0086] 图 7 是通过五种图像质量评定指标拟合的 DMOS 值的图表。如果图像质量评定指标与对角线相似，则图像质量评定指标表示与 DMOS 相似。因此，如图 7 所示，可以理解，与其它图像质量评定指标相比，使用梯度滤波器的基于相位量化代码(梯度 -PQC)的图像质量评定指标与 DMOS 更相似。

[0087] 表 1 示出了通过使用皮尔逊相关系数的 LIVE 数据集的图像质量评定指标的性能评定结果。参考表 1，可以理解，梯度 -PQC 具有最大的皮尔逊系数，并且随着皮尔逊系数越

大，与 DMOS 的相似度越大。

[0088] [表 1]

[0089]

	JPEG2K	JPEG	WN	GBlur	FF	所有数据
MSE	0.908	0.913	0.893	0.863	0.875	0.887
SSIM	0.945	0.95	0.892	0.902	0.924	0.917
MSVD	0.944	0.945	0.929	0.837	0.910	0.897
MLU	0.951	0.949	0.949	0.895	0.912	0.917
梯度-PQC	0.952	0.955	0.942	0.951	0.969	0.938

[0090] 表 2 示出了通过使用 RMSE 的 LIVE 数据集的图像质量评定指标的 性能评定结果。参考表 2，可以理解，与其它图像质量评定指标相比，梯度 -PQC 具有较小的 RMSE，并且随着 RMSE 越小，与 DMOS 的相似度越大。

[0091] [表 2]

[0092]

	JPEG2K	JPEG	WN	GBlur	FF	所有数据
MSE	10.781	10.097	10.592	11.482	10.754	10.714
SSIM	8.621	8.025	11.834	9.453	8.597	9.284
MSVD	9.637	8.703	8.177	14.932	9.242	10.292
MLU	8.209	7.8022	9.590	11.716	9.580	9.276
梯度-PQC	8.151	7.519	8.999	9.499	5.765	8.079

[0093] 表 3 示出了通过使用 SROCC 的 LIVE 数据集的图像质量评定指标的性能评定结果。参考表 3，与其它图像质量评定指标相比，梯度 -PQC 整体上具有大的 SROCC。具体地，梯度 -PQC 示出了关于高斯模糊（Gblur）和快衰落（FF）失真的最出色的性能。然而，MSVD 示出了关于 JPEG2000 和白噪声（WN）的最出色的性能，并且 SSIM 示出了关于 JPEG 的最出色的性能。

[0094] [表 3]

[0095]

	JPEG2K	JPEG	WN	GBlur	FF	所有数据
MSE	0.941	0.928	0.970	0.845	0.921	0.897
SSIM	0.972	0.959	0.979	0.939	0.966	0.926
MSVD	0.978	0.945	0.988	0.885	0.958	0.918
MLU	0.965	0.945	0.955	0.893	0.934	0.909
梯度-PQC	0.952	0.938	0.950	0.976	0.975	0.938

[0096] 表 4 示出了在使用梯度滤波器的情况下幅度 / 相位量化代码（APQC）与相位量化代码（PQC）之间的性能比较结果。GPQC 表示使用梯度滤波器的 PQC，并且 GAPQC 表示使用梯度滤波器的 APQC。此外，K 表示量化幅度的数目，并且 Th 表示阈值幅度。在梯度滤波器中，幅度被定义为通过将分别作为基于 x 轴和 y 轴的梯度值的 I_x 的平方与 I_y 的平方相加而获得的值的根。

[0097] 参考表 4，可以理解，幅度和相位两者被量化的 APQC 相比于仅相位是幅度的 PQC 具有更出色的性能，并且还可以理解，随着幅度量化水平被分类得更多，会进一步增强性能。

[0098] 在以四个相位执行量化来通过二进制代码表达单个像素的情况下，PQC 使用 2 个

位，如图 2 的部分(b)所示。此外，在 APQC 的情况下，如果以两个幅度和四个相位来执行量化，则将使用 3 个位，并且如果以四个幅度和四个相位来执行量化，则将使用四个位。

[0099] [表 4]

[0100]

	JPEG2K	JPEG	WN	GBlur	FF	所有数据
GPQC (K=1)	0.952	0.955	0.942	0.951	0.969	0.938
GAPQC (K=2) Th=128	0.968	0.968	0.946	0.954	0.966	0.953
GAPQC (K=2) Th=256	0.965	0.964	0.957	0.957	0.967	0.952
GAPQC (K=4) (64,128,192)	0.969	0.973	0.955	0.940	0.972	0.955
GAPQC (K=4) (128,256,384)	0.971	0.974	0.965	0.948	0.976	0.959

[0101] 以由各种计算机可执行的且记录在计算机可读记录介质上的程序命令的形式来实施本公开的实施例。计算机可读记录介质可以单独地或组合地包括程序命令、数据文件、数据结构等。记录在介质上的程序命令可以被专门设计并配置用于本公开，或对于计算机软件领域的技术人员是已知的且由计算机软件领域的技术人员来使用。记录介质包括例如被专门配置成存储和执行程序命令的磁介质(诸如硬盘、软盘和磁带)、光介质(诸如 CD-ROM 和 DVD)、磁光介质(诸如光磁盘)、以及硬件单元(诸如 ROM、RAM 和闪存)。程序命令包括例如由编译器编写的机器语言代码和通过使用解释程序等的由计算机可执行的高级别语言代码。硬件单元可以被配置成操作为至少一个软件模块以执行本公开的操作，或反之亦然。

[0102] 如上所述，即使已经基于诸如详细部件的具体限制以及限制的实施例和附图提出了本公开，提供它们仅用于更好地理解本公开，并且本公开不限于这些实施例并且可以由本领域的普通技术人员以各种方式进行改变或修改。因此，本公开的精神不应限于以上实施例，所附权利要求和所有等同物或其等同修改应被认为包括在本公开的范围内。

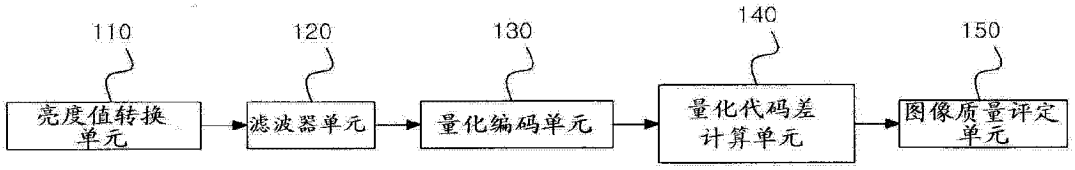

110
120
130
140
150
亮度值转换单元
滤波器单元
量化编码单元
量化代码差计算单元
图像质量评定单元

图 1

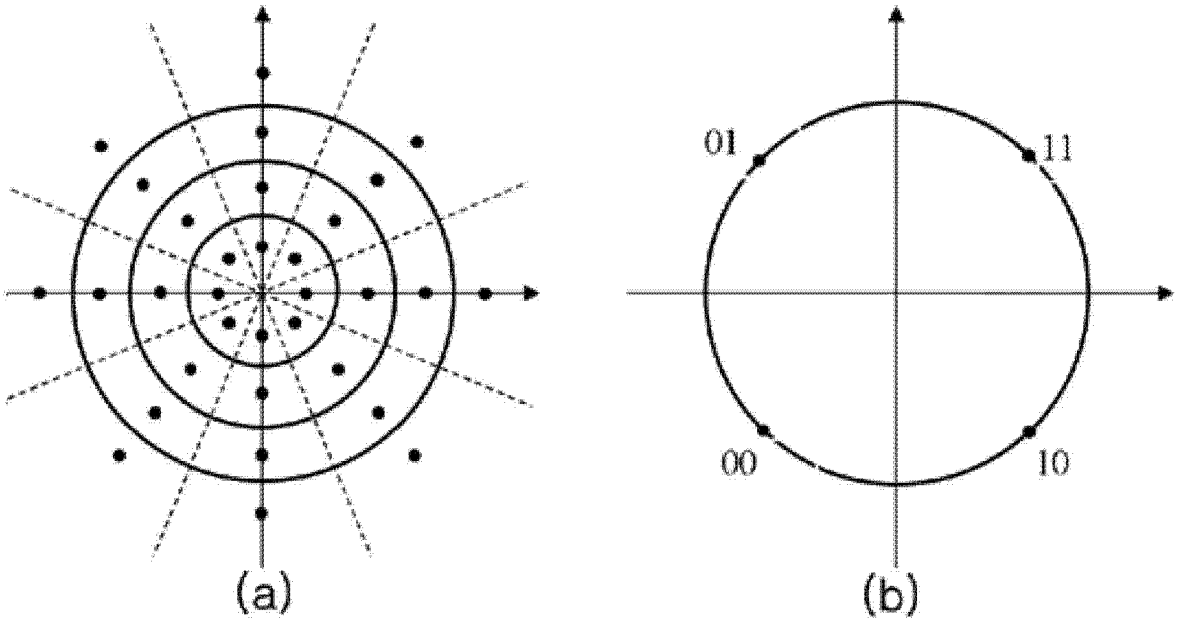

(a)
01
11
00
10
(b)

图 2



255	254	128	170	209	169	176	105
255	255	136	166	203	167	174	98
255	242	140	165	197	174	165	92
255	231	143	155	190	179	159	94
255	230	128	148	180	177	162	87
255	225	108	122	177	170	136	82
255	236	157	129	188	167	82	79
255	242	197	176	209	169	77	76

(a)

13	24	34	-23	-54	-24	-15	-15
5	-12	7	-10	-24	-13	-30	-38
-12	-41	-21	-28	-25	-4	-22	-34
-6	-36	-53	-63	-48	-14	-8	-28
4	-47	-109	-114	-68	-54	-67	-57
25	41	45	-1	-13	-92	-178	-99
33	123	249	229	117	-29	-125	-86
14	54	127	67	-123	-173	-57	-6

719	-516	-332	339	-12	-142	-257	-395
677	-480	-339	272	10	-123	-284	-376
612	-461	-319	228	43	-124	-318	-362
558	-466	-311	203	86	-112	-342	-370
524	-513	-343	220	130	-108	-353	-369
495	-519	-395	221	163	-206	-354	-279
483	-401	-383	143	117	-385	-357	-158
480	-268	-317	-3	-39	-425	-297	-128

(c)

11	10	10	01	00	00	00	00
11	00	10	01	01	00	00	00
01	00	00	01	01	00	00	00
01	00	00	01	01	00	00	00
11	00	00	01	01	00	00	00
11	10	10	01	01	00	00	00
11	10	10	11	11	00	00	00
11	10	10	10	00	00	00	00

(e)

图 3



255	241	51	120	201	98	235	158
255	241	94	191	164	151	234	140
253	164	103	209	112	167	165	103
166	255	177	133	118	136	151	195
251	195	122	211	181	255	195	15
253	190	170	155	122	147	124	96
228	252	222	61	206	166	54	40
255	243	170	175	190	135	52	97

(b)

213	138	-127	-99	59	167	337	284
-147	-104	116	141	-20	-21	-126	-193
-235	22	122	-79	-165	-159	-126	-55
43	79	71	92	228	275	60	-132
118	-50	-57	41	41	-1	-142	-236
-13	191	107	-175	-189	-294	-346	-9
102	108	73	108	144	-28	-155	-77
39	-148	-37	52	-128	-74	48	-102

287	-594	-213	283	-125	101	35	-576
337	-676	-176	299	-144	227	-26	-635
411	-450	-82	29	-121	209	-80	-577
511	-257	-183	-50	8	133	-186	-592
452	-330	-125	11	83	63	-472	-592
459	-301	-245	-53	133	-134	-468	-353
548	-180	-485	-60	162	-440	-341	-65
425	-238	-351	-70	28	-424	-362	-116

(d)

11	10	00	01	10	11	11	10
01	00	10	11	00	01	00	00
01	10	10	01	00	01	00	00
11	10	10	10	11	11	10	00
11	00	00	11	11	01	00	00
01	10	10	00	01	00	00	00
11	10	10	10	11	00	00	00
11	00	00	10	01	00	10	00

(f)

图 3

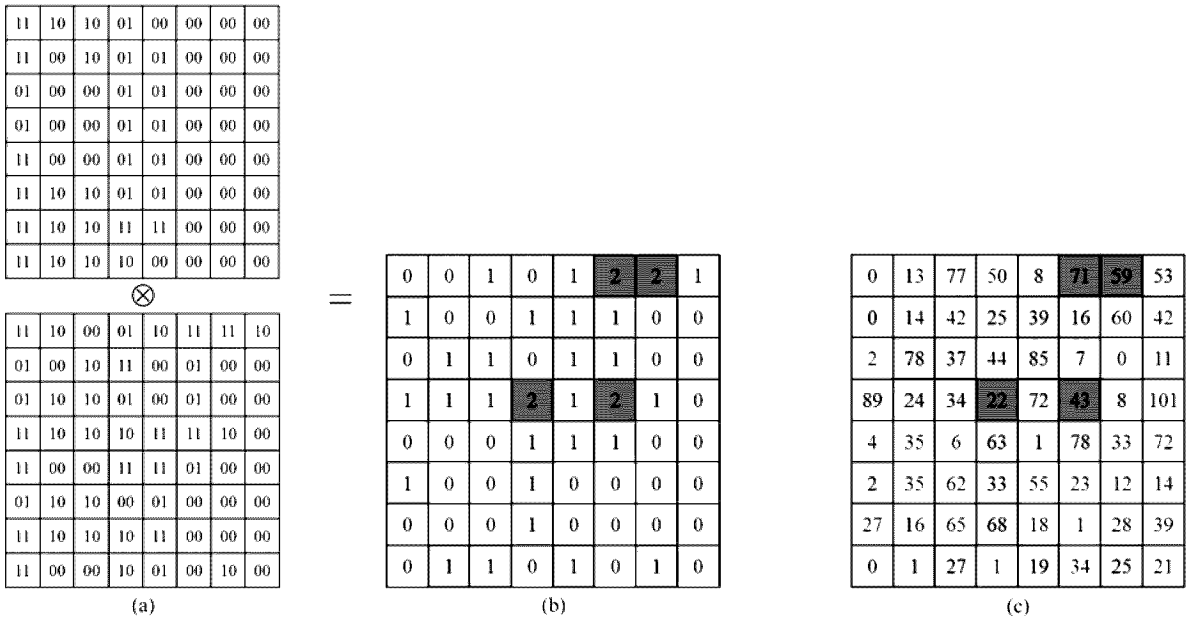

11 10 10 01 00 00 00 00
11 00 10 01 01 00 00 00
01 00 00 01 01 00 00 00
01 00 00 01 01 00 00 00
11 00 00 01 01 00 00 00
11 10 10 01 01 00 00 00
11 10 10 11 11 00 00 00
11 10 10 10 00 00 00 00
⊗
11 10 00 01 10 11 11 10
01 00 10 11 00 01 00 00
01 10 10 01 00 01 00 00
11 10 10 10 11 11 10 00
11 00 00 11 11 01 00 00
01 10 10 00 01 00 00 00
11 10 10 10 11 00 00 00
11 00 00 10 01 00 10 00
(a)
=
0 0 1 0 1 2 2 1
1 0 0 1 1 1 0 0
0 1 1 0 1 1 0 0
1 1 1 2 1 2 1 0
0 0 0 1 1 1 0 0
1 0 0 1 0 0 0 0
0 0 0 1 0 0 0 0
0 1 1 0 1 0 1 0
(b)
0 13 77 50 8 71 59 53
0 14 42 25 39 16 60 42
2 78 37 44 85 7 0 11
89 24 34 22 72 43 8 101
4 35 6 63 1 78 33 72
2 35 62 33 55 23 12 14
27 16 65 68 18 1 28 39
0 1 27 1 19 34 25 21
(c)

图 4

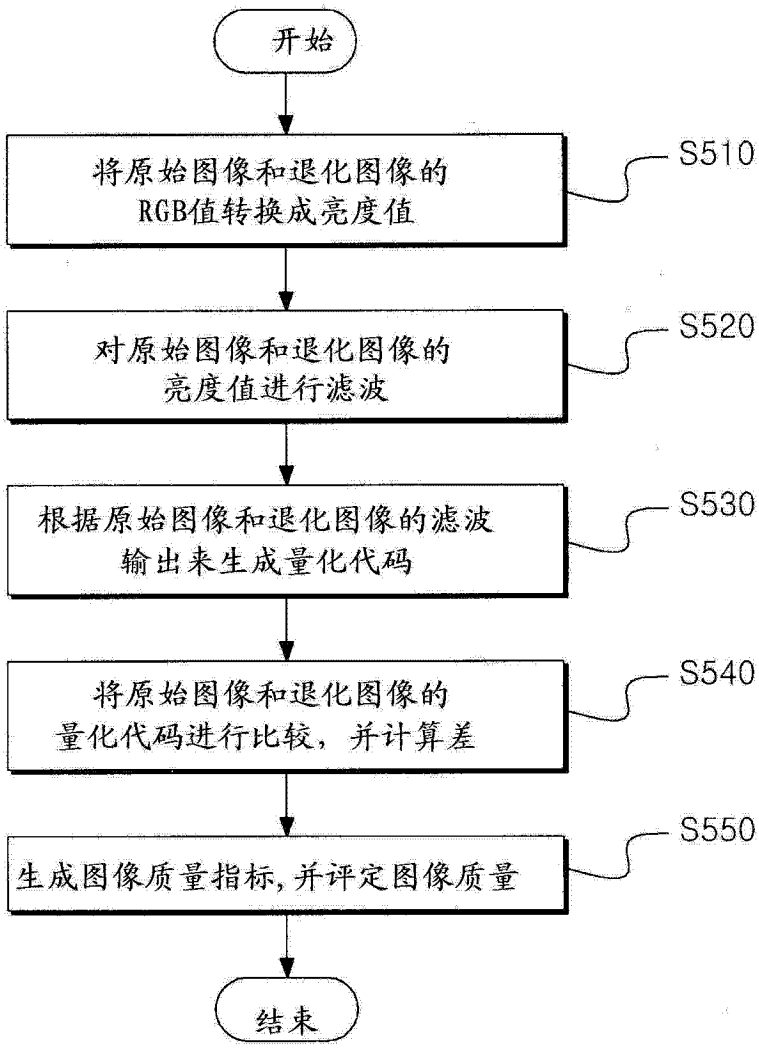

开始
将原始图像和退化图像的RGB值转换成亮度值
S510
对原始图像和退化图像的亮度值进行滤波
S520
根据原始图像和退化图像的滤波输出来生成量化代码
S530
将原始图像和退化图像的量化代码进行比较，并计算差
S540
生成图像质量指标，并评定图像质量
S550
结束

图 5

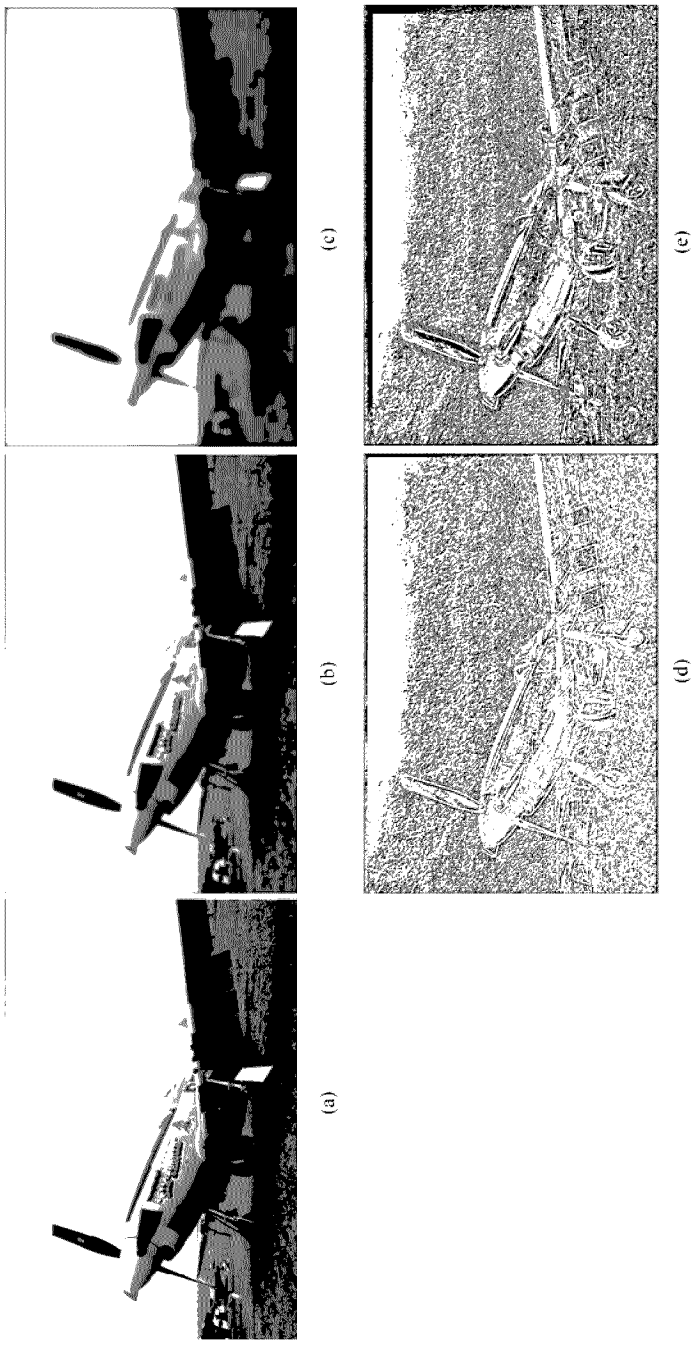


图 6

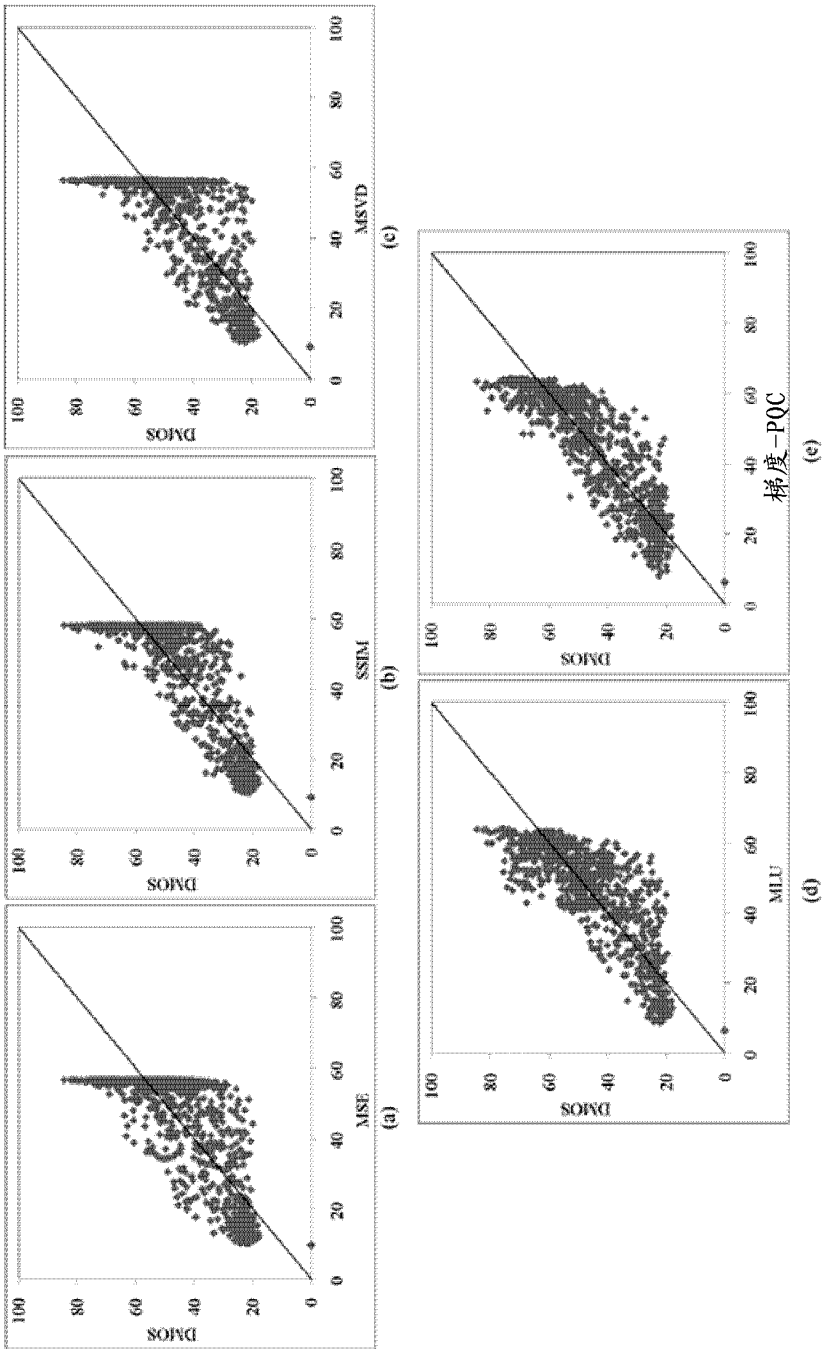


图 7