

## (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 9 月 22 日 (22.09.2016)



(10) 国际公布号  
**WO 2016/145571 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
G06T 7/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/074203
- (22) 国际申请日: 2015 年 3 月 13 日 (13.03.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (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: 储颖 (CHU, Ying); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。
- (74) 代理人: 深圳市瑞方达知识产权事务所 (普通合伙) (SHENZHEN REFINED INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE (GENERAL PARTNERSHIP)); 中国广东省深圳市南山区科兴路 11 号深南花园裙楼 B 区 208 室, Guangdong 518057 (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。

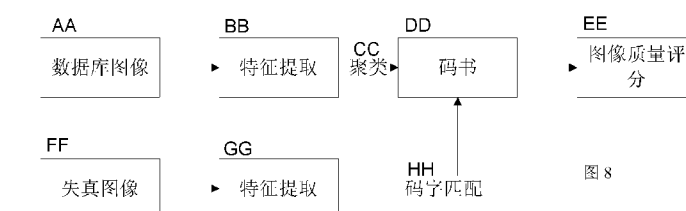
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),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

### 本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第 21 条(3))。

(54) Title: METHOD FOR BLIND IMAGE QUALITY ASSESSMENT BASED ON CONDITIONAL HISTOGRAM CODEBOOK

(54) 发明名称: 基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法



AA Database image  
BB Feature extraction  
CC Clustering  
DD Codebook  
EE Image quality scoring  
FF Distorted image  
GG Feature extraction  
HH Code word matching

图 8

(57) Abstract: Disclosed in the present invention is a method for blind image quality assessment based on a conditional histogram codebook. The method comprises the following steps: extracting features of distorted images to obtain neighboring DNT (Divisive Normalization Transform) coefficient joint conditional histograms of the distorted images, wherein the distorted images comprise distorted images for training and distorted images to be assessed; connecting various curves in the neighboring DNT coefficient joint conditional histograms in an end-to-end fashion, to obtain high-dimensional feature vectors of the distorted images; clustering the high-dimensional feature vectors of all the distorted images for training in a preset database, to obtain a clustering-based conditional histogram codebook and all code words in the conditional histogram codebook; searching all the code words in the conditional histogram codebook for matched code words matched with the high-dimensional feature vectors of the distorted images to be assessed; and calculating quality assessment indexes of the distorted images to be assessed, according to the matched code words. The present invention is more delicate in depicting the degree of statistical independence of the neighboring DNT coefficient joint conditional histograms, and the calculated image quality assessment indexes are more accurate.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2016/145571 A1



---

本发明公开了一种基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法，该方法包括如下步骤：对失真图像进行特征提取，以获得失真图像的相邻 DNT 系数联合条件直方图，失真图像包括训练用失真图像和待评估失真图像；将相邻 DNT 系数联合条件直方图中各曲线首尾相连，以获得失真图像的高维特征矢量；对预设数据库中所有训练用失真图像的高维特征矢量进行聚类，以获得基于聚类的条件直方图码书和条件直方图码书中所有码字；在条件直方图码书所有码字中寻找与待评估失真图像的高维特征矢量相匹配的匹配码字；根据匹配码字，计算待评估失真图像的质量评价指标。本发明对相邻 DNT 系数联合条件直方图统计独立性程度的描述方式更为细腻，其算出的图像质量评价指标更加准确。

## 基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法

### 技术领域

5 本发明涉及盲图像质量评价领域，尤其涉及一种基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法。

### 背景技术

图像质量是评价图像视频处理系统及算法性能的主要指标，因此对图像质量评价  
10 (Image Quality Assessment, IQA) 方法的研究非常重要且具有广泛的前景。图像质量评价 (Image Quality Assessment, IQA) 方法致力于研究如何用客观指标评价图像的感知质量，使其与图像主观得分高度一致。在图像去噪、图像恢复、图像增强等领域，IQA 指标可以作为各算法性能比较、参数选择的依据；在图像编码与通信领域，IQA 指标可以用来指导整个图像压缩、传输、接收过程，并评估不同算法及系统性能；在网络传输质量  
15 监控领域，IQA 指标可以取代人工操作，实现自动化实时监控；此外，IQA 在图像处理算法优化、生物特征识别、医学图像压缩等众多学科领域都具有潜在的实用价值。

绝大部分应用场合中，需要对失真图像进行质量评估。根据其原始图像信息是否完备，可将 IQA 算法分为三类：全参考型 (Full-Reference, FR)、部分参考型

(Reduced-Reference, RR) 和无参考型 (No-Reference, NR) IQA。其中，NR IQA 是最  
20 具挑战性的质量评价任务。鉴于其在数字通信及传输质量监控等领域不可替代的重要作用，VQEG (Video Quality Experts Group) 组织已将 NR IQA 标准化工作列为其未来重要发展方向之一。

根据评价图像的失真类型范围不同，NR IQA 算法又可分为针对单一失真和针对通用失真两种类型。其中，前者主要包括对 JPEG 压缩图像、JPEG2000 压缩图像以及模糊图像质  
25 量的预测；而后者由于无法获知有关图像失真 (包括失真类型) 的任何信息，也被称为盲图像质量评价 (Blind Image Quality Assessment, BIQA)。

一般来说，性能优良的图像质量客观评价算法应该具备以下三个特性：(1) 准确性：客观评价值与主观评价值之间差异较小；(2) 单调性：客观评价值随主观评价值增减而增减；(3) 一致性：客观评价算法在测试集上展现的性能与其在训练集上表现出的性能相似。  
30 常用的衡量算法性能的定量指标有：

1) 线性相关系数 (Linear Correlation Coefficient, LCC):

$$LCC = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

其中,  $x$ ,  $y$  分别代表单张图片的主观评分和客观得分,  $i$  代表图片编号,  $N$  代表图片总数,  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  分别代表全部图片的主观评分平均值和客观得分平均值。

5 2) 秩相关系数 (Spearman Rank Order Correlation Coefficient, SROCC):

$$SROCC = 1 - \frac{6 \sum_i D_i^2}{N(N^2 - 1)} \quad (2)$$

其中,  $D$  代表等级间差异, 此处为主观数据与客观数据的差值绝对值。

3) 均方根误差 (Root Mean Squared Error, RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x - y)^2} \quad (3)$$

10 其中,  $x$ ,  $y$  分别代表单张图片的主观评分和客观得分,  $N$  为测试图片数量。

针对传统盲 IQA 系统训练学习过程复杂、评价指标性能稳定性差等问题, 现有技术提出一种采用形状一致性特征 (Shape Consistency of Conditional Histogram, 以下简称 SCCH 方法)、且无需训练的盲图像质量评价方法 (详见储颖, 牟轩沁, 洪伟, “采用形状一致性特征的盲图像质量评价方法,” 西安交通大学学报, 第 48 卷, 第 8 期, pp. 12-17, 2014 年 8 月)。SCCH 方法通过提取图像 DNT 域 (Divisive Normalization Transform, DNT) 形状一致性特征, 以及构造特征属性-主观评分字典, 确立了具有明确映射关系的图像质量评分公式。同时, SCCH 方法无需对所提取感知特征以及人类主观评分进行训练, 比起传统基于学习策略的盲 IQA 方法, 具有更好的稳定性和实用性。SCCH 方法包括确定基于相邻 DNT 系数联合条件直方图的形状一致性特征和盲图像质量评价方法两部分, 以下分别进行

20 论述。

#### 1. 基于相邻 DNT 系数联合条件直方图的形状一致性特征

传统盲图像质量评价方法普遍从图像本身或其线性变换系数的分布中抽取感知意义下的图像质量敏感特征, 但忽略了人类视觉系统的重要生理物理学特性。根据视神经生理学研究, 早期视神经元处理的目的是尽量增加神经响应间的统计独立性, 以便更高效地表

达图像。对自然图像，空间域中相邻图像像素之间存在极强的相关性；在线性分解域中，相邻系数之间也存在高阶统计依赖性。事实上，DNT 变换能显著降低所提取分量间的统计依赖性，可更好地描述生物视觉系统非线性机制。

### 1.1 相邻 DNT 系数联合条件直方图

DNT 变换是一种建立在图像线性分解基础上的非线性变换，其操作针对线性分解系数进行，主要模拟视神经生理学中的局部增益控制功能。理论上，图像 DCT 系数或任意小波变换系数均可作为 DNT 变换的输入。此处选用可操纵金字塔分解小波，因为该小波变换允许设置分解的尺度数和方向数，方便获得图像在尺度、方向和空间位置上的局部描述。设  $y$  代表小波系数，DNT 系数  $z$  定义如下：

$$z = y / p \quad (4)$$

式中： $p$  为 DNT 因子 ( $p > 0$ )，代表小波系数  $y$  在尺度、方向和空间相邻系数集上的能量总和。

计算 DNT 因子的方法有很多，此处采用高斯尺度混合模型。

对自然图像，经 DNT 分解后相邻系数间统计独立性得到增强，可通过相邻 DNT 系数间联合条件直方图展示。图 1 定义出一对水平相邻 DNT 系数组成二维随机变量  $(X, Y)$ ，其样本值从 DNT 子带左上角  $(x_1, y_1)$  逐行逐列遍历至右下角  $(x_N, y_N)$ ， $N$  为样本个数。为进一步观察  $X$  与  $Y$  间统计依赖程度，绘制归一化条件直方图  $H(Y|X)$ ，设离散化级数等于 17，统计  $(X, Y)$  的归一化联合直方图  $H(X, Y)$  如图 1 所示。

如图 1 所示，无论  $X$  取何值，各条  $H(Y|X)$  曲线的形状非常接近，整组曲线在很大程度上保持形状一致性。这说明， $Y$  的分布不依赖于  $X$  的取值， $X$  和  $Y$  是近似统计独立的。

考察自然图像垂直相邻、对角相邻以及尺度相邻关系下 DNT 系数联合条件直方图，均可观察到各条曲线形状保持一致。接下来，需考察相邻 DNT 系数联合条件直方图形状一致性在失真图像上的变化情况。

### 1.2 失真图像联合条件直方图形状一致性

以 JPEG2000、JPEG、高斯白噪声和高斯模糊典型失真为例，当失真程度加剧时，图 2 展示了 DNT 子带水平相邻 DNT 系数联合条件直方图形状的变化情况。

由图 2a、2b、2d 可见，随着失真程度加剧，图 2e、2f、2h 中各条件直方图曲线形状一致性变差，说明相邻 DNT 系数间统计独立程度下降。这可以解释为： JPEG2000 压缩、 JPEG 压缩和高斯模糊 3 种图像退化过程中，图像结构的破坏导致了 DNT 分量间统计独立性的丧失，并且失真越严重，这种独立性的改变越大。图 2c 中，对高斯白噪声失真，曲线形状一致性变化趋势却相反。随着失真程度加剧，各联合条件直方图形状趋向一致，表明相邻 DNT 系数间的统计独立性加强。这一现象也符合逻辑，因为高斯白噪声信号与图像信号完全独立，在图像中加入高斯白噪声信号，意味着引入了更多统计独立成分。

综上，无论相邻 DNT 系数间统计独立性加强或减弱，其联合条件直方图形状一致性改变程度均可表征图像质量退化程度。可选取相邻 DNT 系数联合条件直方图形状一致性作为感知特征，以构造无需训练学习的盲图像质量评价指标。

### 1.3 联合条件直方图形状一致性特征

为定量描述相邻 DNT 系数联合条件直方图间形状一致性，定义平均条件直方图  $\overline{H(Y|X)}$  如下：

$$\overline{H(Y|X)} = \frac{1}{9} \sum H(Y|X), X = 5, 6, \dots, 13 \quad (5)$$

式中，考虑到在联合直方图两侧边缘区域，归一化条件直方图曲线形状规律性不强，不适宜参与整组曲线形状一致性计算。因此为降低边缘区域影响，仅选取  $X = 5, 6, \dots, 13$  共 9 条的中心区域曲线参与运算，如图 3 所示。

由图 3 可见，若整组联合条件直方图形状较一致，则平均条件直方图与各条件直方图曲线重合度应较高，各曲线与平均条件直方图间距离应较小。每一根条件直方图曲线与平均条件直方图曲线的距离可用 KL (Kullback-Leibler) 距离描述，定义如下：

$$k(X) = \sum_{Y=1}^{17} H(Y|X) \log \frac{H(Y|X)}{\overline{H(Y|X)}}, X = 5, 6, \dots, 13 \quad (6)$$

从而整组联合条件直方图曲线的形状一致性特征定义为：

$$f = \frac{1}{9} \sum_{X=5}^{13} k(X) \quad (7)$$

$f$  越小，联合条件直方图曲线组形状一致性越好； $f$  越大，整组曲线的形状一致性越差。

## 2. 盲图像质量评价方法

对整幅图像，小波及 DNT 分解中存在 3 种基本相邻关系：空间相邻、尺度相邻和方向相邻。其中，空间相邻关系对盲图像质量评价模型的性能起关键主导作用。基于此，仅从空间相邻子带中提取特征。对分解尺度为 3、分解方向为 4 的 DNT 变换，将每一 DNT 子带分别沿 0、-45、-90 和 -135 度方向平移一个像素（如图 4 所示），可得到 4 个空间相邻子带，从而构造 4 幅联合条件直方图，提取出 4 个形状一致性特征。因此，对于每一幅自然图像，均可提取出维数为 48（4 空间×3 尺度×4 方向）的形状一致性感知特征矢量  $\mathbf{f} = (f_1, f_2, \dots, f_{48})$ 。表面上看，这些矢量在特征空间中分散分布，观察不到明显相似性。事实上，作为自然图像感知特征矢量，某种潜在的聚集性是存在于这些特征属性之间的。例如，对两大公开数据库 LIVE 和 CSIQ 数据库中自然参考图像的形状一致性特征矢量一范长度进行统计，发现近似等于常数。

$$\|\mathbf{f}\|_1 = \sum_{i=1}^{48} |f_i| \quad (8)$$

定义  $\mathbf{f}^1$ 、 $\mathbf{f}^2$  和  $\mathbf{f}^3$  分别代表尺度 1、2 和 3 的形状一致性特征子矢量，则：

$$\mathbf{f} = (\mathbf{f}^1, \mathbf{f}^2, \mathbf{f}^3) \quad (9)$$

$$\mathbf{f}^i = (f_1, f_2, \dots, f_{16})_i, i=1, 2, 3 \quad (10)$$

令  $\|\mathbf{f}^1\|_1$ 、 $\|\mathbf{f}^2\|_1$  和  $\|\mathbf{f}^3\|_1$  分别代表各子矢量的一范长度，比较结果如表 1 所示。

表 1 LIVE 和 CSIQ 数据库中自然图像形状一致性特征矢量一范长度均值和标准差比较

| 一范<br>长度             | 均值     |        | 标准差    |        |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|
|                      | LIVE   | CSIQ   | LIVE   | CSIQ   |
| $\ \mathbf{f}\ _1$   | 0.1889 | 0.1899 | 0.0197 | 0.0218 |
| $\ \mathbf{f}^1\ _1$ | 0.1924 | 0.1996 | 0.0135 | 0.0295 |
| $\ \mathbf{f}^2\ _1$ | 0.1855 | 0.1863 | 0.0172 | 0.0233 |
| $\ \mathbf{f}^3\ _1$ | 0.1887 | 0.1838 | 0.0393 | 0.0234 |

为了更好地观察自然及失真图像形状一致性特征矢量长度属性的变化规律，定义长度矢量  $\mathbf{m} = (\|\mathbf{f}^1\|_1, \|\mathbf{f}^2\|_1, \|\mathbf{f}^3\|_1)$ ，并绘制 LIVE 数据库中所有图像的一范长度矢量分布图，如图 5。

由图 5 可见，LIVE 数据库中自然参考图像一范长度矢量的位置很接近，可以认为近似

聚集于一点；各失真图像的一范长度矢量随失真程度加剧，沿同方向近似成束状延伸；特别是 JPEG2000、JPEG 和高斯白噪声失真，可以观察到良好的线性和单调性。构造特征属性-主观得分字典如下：

$$D = (\mathbf{m}_i, o_i), \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (11)$$

5 式中： $o_i$ 代表 LIVE 数据库中第*i*幅自然图像或失真图像的主观得分； $\mathbf{m}_i$ 代表第*i*幅图像一范长度矢量； $N$ 代表 LIVE 数据库参考和失真图像总数。

对每一幅待评价失真图像，分别计算其 $\mathbf{m}$ 与字典中所有 $\mathbf{m}_i$ 的欧氏距离 $d_i$ ：

$$d_i = \|\mathbf{m} - \mathbf{m}_i\|_2, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (12)$$

按照升序对计算结果 $\{d_i\}$ 排序，并选择最小的 $L$ 个值构造集合 $\{s_j\}$ ；利用 $\{s_j\}$ 及对应的主观得分插值，构造图像质量评分 $q$ 如下：

$$q = \frac{\sum_{j=1}^L o_j \exp(-s_j / \lambda)}{\sum_{j=1}^L \exp(-s_j / \lambda)} \quad (13)$$

15 式中： $\lambda$ 是控制插值加权衰减速度的参数，设置值取 32（实验表明，当 $\lambda$ 在[1, 64]区间变化时，方法评估值的波动范围仅为万分之几，几乎不受 $\lambda$ 取值影响）； $L$ 为特征属性空间中距离测试图像最近的插值图像数目，经 LIVE 和 CSIQ 数据库实验验证，设定为经验值 80，即 LIVE 数据库中图像总数的 10%。

综上，现有盲图像质量评价系统包括两个核心模块：特征提取和特征属性字典构造。图 6 是现有技术方

20 案中盲图像质量评价系统框图，图 7 是现有技术方

案中特征提取模块示意图。在 LIVE 和 CSIQ 两大公开数据库上的实验结果表明，SCCH 方法性能良好（线性相关系数均大于 0.82）、无需训练学习、且评分公式形式简单。

现有方案利用数据库图像的条件直方图形状一致性特征构造特征属性字典，匹配时仅使用特征矢量的长度属性，对图像质量的刻画方式比较粗糙，导致算法性能一般。此外，构造特征属性字典时，现有方案将数据库中每一幅失真图像的特征属性分别作为字典中的字元，各字元在特征属性空间中的分布取决于数据库图像特性，该构造方法无法确保每一主观评分等级内均存在有代表性的特征属性，从而可能影响最终图像质量评分的准确性。

## 发明内容

本发明要解决的技术问题在于，针对现有技术的缺陷，提供一种基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法。

本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：一种基于条件直方图码书的盲图像质量  
5 评价方法，包括如下步骤：

S1:对失真图像进行特征提取，以获得所述失真图像的相邻 DNT 系数联合条件直方图，所述失真图像包括训练用失真图像和待评估失真图像；

S2: 将所述相邻 DNT 系数联合条件直方图中各曲线首尾相连，以获得所述失真图像的高维特征矢量；

10 S3: 对预设数据库中所有所述训练用失真图像的高维特征矢量进行聚类，以获得基于聚类的条件直方图码书和所述条件直方图码书中所有码字；

S4:在所述条件直方图码书所有码字中寻找与所述待评估失真图像的高维特征矢量相匹配的匹配码字；

S5:根据所述匹配码字, 计算所述待评估失真图像的质量评价指标。

15 优选地，所述步骤 S1 包括如下步骤：

S11:对所述失真图像进行小波分解，以获得多尺度多方向的小波分解子带；

S12:对所述多尺度多方向小波分解子带进行 DNT 变换，以获得联合直方图；

S13:对所述联合直方图中各联合条件直方图进行归一化处理，以获取归一化的相邻 DNT 系数联合条件直方图。

20 优选地，所述步骤 S3 包括如下步骤：

S31:选择预设数据库作为码书生成库；

S32:将所述码书生成库中的失真图像主观评价分均分成  $L$  个主观评分等级，在各主观评分等级内采用聚类方法对所述训练用失真图像的高维特征矢量分别聚类，预设每一主观评分等级的聚类中心为  $K$  个，以获取所述训练用失真图像的基于聚类的条件直方图码书；

25 S33:在所述条件直方图码书中获取所有所述聚类中心，所述聚类中心为所述训练用失真图像的码字，所述码字根据如下条件确定：

$$\min_{\mathbf{m}_{l,k}} \left( \sum_{k=1}^K \sum_{\mathbf{x}_i \in \mathbf{G}_{l,k}} \|\mathbf{x}_i - \mathbf{m}_{l,k}\|_2^2 \right) \quad (14)$$

式 (14) 中： $\min(\bullet)$  是指求最小值， $\mathbf{m}_{l,k}$  是指所述条件直方图码书中第  $l$  等级的第  $k$  个

码字,  $K$  是指每一主观评分等级的码字数目,  $\mathbf{x}_i$  是指所述训练用失真图像的第  $i$  个高维特征矢量,  $\mathbf{G}_{l,k}$  是指所述训练用失真图像的第  $l$  等级、第  $k$  个码字的高维特征矢量集合,  $\|\cdot\|_2$  是指欧氏距离。

优选地, 所述聚类方法包括先降维再 K-means 聚类的谱聚类方法。

5 优选地, 所述步骤 S4 包括如下步骤:

S41: 计算所述待评估失真图像的高维特征矢量与所述条件直方图码书所有码字的欧式距离:

$$d_{i,l,k} = \|\mathbf{x}_i - \mathbf{m}_{l,k}\|_2, \quad i = 1, 2, \dots, M, \quad l = 1, 2, \dots, L, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (15)$$

式 (15) 中:  $y_i$  是指所述待评估失真图像的第  $i$  个高维特征矢量,  $\mathbf{m}_{l,k}$  是指所述条件直  
10 方图码书中第  $l$  等级的第  $k$  个码字,  $d_{i,l,k}$  是指所述待评估失真图像的第  $i$  个高维特征矢量  $y_i$   
与所述条件直方图码书第  $l$  等级的第  $k$  个码字  $\mathbf{m}_{l,k}$  的欧氏距离;  $M$  是指所述待评估失真图  
像高维特征矢量数目;

S42: 在所述条件直方图码书每一主观评分等级内, 分别选取与所述待评估失真图像的  
第  $i$  个高维特征矢量最接近的码字作为与所述待评估失真图像的高维特征矢量相匹配的匹  
15 配码字。

优选地, 所述步骤 S5 包括如下步骤:

S51: 计算所述待评估失真图像的高维特征矢量与所述匹配码字的欧式距离:

$d_{i,l} = \min(d_{i,l,k}), \quad k = 1, 2, \dots, K$ , 其中,  $d_{i,l}$  是指所述待评估失真图像的第  $i$  个高维特征矢量与  
第  $l$  主观评分等级相匹配的匹配码字的欧氏距离;

20 S52: 根据所述待评估失真图像的高维特征矢量与所述匹配码字的欧式距离计算所述待  
评估失真图像中每一高维特征矢量的质量评分:

$$q_i = \frac{\sum_{l=1}^L o_l \exp(-d_{i,l} / \lambda)}{\sum_{l=1}^L \exp(-d_{i,l} / \lambda)} \quad (16)$$

式 (16) 中:  $q_i$  是指所述待评估失真图像的第  $i$  个高维特征矢量对应的质量评分,  $L$  是  
指主观评分等级数目,  $o_l$  是指第  $l$  主观评分等级对应的图像主观评分,  $d_{i,l}$  是指第  $i$  个高维特

征矢量与第 $l$ 主观评分等级匹配的匹配码字的欧氏距离， $\lambda$ 是指衰减速度的权重系数；

S53: 计算所述高维特征矢量的质量评分的平均值作为所述待评估失真图像的质量评价指标，所述待评估失真图像的质量评价指标：

$$q = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M q_i \quad (17)$$

5       式(17)中： $q$ 是指失真图像的质量评价指标， $M$ 是指所述待评估失真图像高维特征矢量数目。

优选地，所述预设数据库包括 LIVE 数据库、CSIQ 数据库和 TID2008 数据库中的一种或多种。

10       本发明与现有技术相比具有如下优点：实施本发明，采用聚类方式生成条件直方图码书，以使不同分解方向、不同相邻关系所呈现出具有不同形状模式（可能是相同失真程度）的条件直方图曲线能够得以区分，并归入相应的主观评分等级，使得采用本发明所提供的盲图像质量评价方法在对相邻 DNT 系数联合条件直方图统计独立性程度的描述方式更细腻，根据其计算出的质量评价指标更加准确。

#### 附图说明

15       下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明，附图中：

图 1 是自然图像水平相邻 DNT 系数联合条件直方图。

图 2 是不同失真类型图像及对应的水平相邻 DNT 系数联合条件直方图。

图 3 是自然图像水平 1 像素相邻 DNT 系数联合条件直方图和平均条件直方图。

图 4 是形状一致性感知特征矢量提取方案示意图。

20       图 5 是 LIVE 数据库自然参考图像和 5 种典型失真图像的形状一致性特征一范长度矢量分布图。

图 6 是现有技术方案盲图像质量评价系统框图。

图 7 是现有技术方案特征提取模块示意图。

图 8 是本发明基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法的系统框图。

25       图 9 是本发明中对失真图像进行特征提取的示意图。

图 10 是失真图像及对应的水平 1 像素相邻 DNT 系数联合条件直方图串联特征图。

图 11 是高斯模糊图像相邻 DNT 系数联合条件直方图串联后的高维特征矢量  $\mathbf{x}$  图。

图 12 是聚类后条件直方图码书。

## 具体实施方式

为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解，现对照附图详细说明本发明的具体实施方式。

图 8 示出本发明基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法的系统框图，如图 8 所示，该基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法包括如下步骤：

S1:对失真图像进行特征提取，以获得失真图像的相邻 DNT 系数联合条件直方图，失真图像包括训练用失真图像和待评估失真图像。图 8 中的数据库图像为训练用失真图像，失真图像为待评估失真图像。

如图 9 所示，步骤 S1 包括如下步骤：

S11:对失真图像进行小波分解，以获得多尺度多方向的小波分解子带；

S12:对多尺度多方向小波分解子带进行 DNT 变换，以获得联合直方图；

S13:对联合直方图中各联合条件直方图进行归一化处理，以获得归一化的相邻 DNT 系数联合条件直方图。

S2: 将获得的训练用失真图像和待评估失真图像的归一化的相邻 DNT 系数联合条件直方图中各曲线首尾相连，分别获得训练用失真图像的高维特征矢量和待评估失真图像的高维特征矢量。可以理解地，步骤 S2 在现有技术方案基于条件直方图形状一致性特征提取的基础上，对形状一致性特征的构造方式进行调整，用条件直方图图案模式代替计算数值，以更好地刻画相邻 DNT 系数之间的统计独立性。以图 3 中  $X = 5, 6, \dots, 13$  共 9 条位于中心区域的  $H(Y|X)$  曲线为例，我们将各条  $H(Y|X)$  曲线头尾相连，形成了图 10 所示的相邻 DNT 系数联合条件直方图“串联”特征图。

由图 10 可见，随着失真图像相邻 DNT 系数间统计独立性减弱或加强，各“串联”特征对应联合条件直方图的形状一致性程度发生了改变。对于高斯白噪声失真，“串联”特征呈现出周期信号特点，因为各  $H(Y|X)$  曲线高度相似；对于 JPEG2000 压缩、JPEG 压缩和高斯模糊三种失真，“串联”特征的内部形状一致性则急剧下降。

S3: 对预设数据库中所有所述训练用失真图像的高维特征矢量进行聚类，以获得基于聚类的条件直方图码书和条件直方图码书中所有码字。具体地，预设数据库包括 LIVE 数据库、CSIQ 数据库和 TID2008 数据库中的一种或多种。可以理解地，对每一种单一失真类型，随着图像主观评分 DMOS 值的改变，各“串联”特征的形状将随之发生变化，因此，考虑对训练用失真图像的相邻 DNT 系数联合条件直方图中“串联”得到的高维特征矢量进

行聚类。具体地，步骤 S3 包括如下步骤：

S31:选择预设数据库作为码书生成库，可以理解地，可以选择 LIVE 数据库、CSIQ 数据库和 TID2008 数据库中的一种，也可以选择其他数据库作为码书生成库，本实施例中，以 LIVE 数据库为例。

5 S32:将码书生成库中的失真图像主观评价分均分成  $L$  个主观评分等级，在各主观评分等级内采用聚类方法对训练用失真图像的高维特征矢量分别聚类，预设每一主观评分等级的聚类中心为  $K$  个，以获取训练用失真图像的基于聚类的条件直方图码书。可以理解地，每一聚类中心为一个码字，本实施例中，条件直方图码书由  $K \times L$  个码字构成。

具体地，由于空间相邻关系对盲图像质量评价模型的性能起关键主导作用，本专利中  
10 沿用现有的形状一致性感知特征提取方案策略，从 1 像素空间相邻子带中提取特征。在小波及 DNT 变换中，图像被分解为 3 个尺度、4 个方向。考虑到不同方向、不同相邻关系的条件直方图模式不尽相同，而不同尺度、同一分解和平移方向的“串联”特征则具有较强的形状一致性（参见图 11），为便于聚类，我们将相同方向、相同相邻关系的 3 个“串联”特征再次“串联”，得到 459 维（17 维  $\times$  9 条  $\times$  3 尺度）高维特征矢量  $\mathbf{x}$ 。因此，对每一幅  
15 图像，可提取高维特征矢量数目为 16（4 方向  $\times$  4 相邻关系）。由于高维特征矢量  $\mathbf{x}$  的维度高，故本实施例中，所采用的聚类方法为先降维再 K-means 聚类的谱聚类方法。

S33:在条件直方图码书中获取所有聚类中心，聚类中心为训练用失真图像的码字，码字根据如下条件确定：

$$\min_{\mathbf{m}_{l,k}} \left( \sum_{k=1}^K \sum_{\mathbf{x}_i \in \mathbf{G}_{l,k}} \|\mathbf{x}_i - \mathbf{m}_{l,k}\|_2^2 \right) \quad (14)$$

20 式（14）中： $\min(\bullet)$ 是指求最小值， $\mathbf{m}_{l,k}$ 是指条件直方图码书中第  $l$  等级的第  $k$  个码字， $K$ 是指每一主观评分等级的码字数目， $\mathbf{x}_i$ 是指训练用失真图像的第  $i$  个高维特征矢量， $\mathbf{G}_{l,k}$ 是指训练用失真图像的第  $l$  等级、第  $k$  个码字的高维特征矢量集合， $\|\bullet\|_2$ 是指欧氏距离。

以应用最为广泛的 LIVE 数据库为例，我们把四种典型失真（JPEG2000 压缩、JPEG 压缩、高斯白噪声和高斯模糊）的训练用失真图像按各自主评价分均分至  $L$  个主观评分等  
25 级，在每一主观评分等级内计算各训练用失真图像的高维特征矢量，并将它们作为条件直方图码书的高维特征矢量，采用谱聚类方式生成每一主观评分等级的  $K$  个聚类中心（即

码字)。可以理解地, 最优聚类中心数目和最佳均分等级数目均通过实验确定, 如图 12 展示了通过谱聚类得到的条件直方图码书的聚类中心数目  $K=8$ , 主观评分等级数目  $L=5$ 。

由图 12 可见, 随着失真图像质量逐渐下降 (主观评分等级区间由 1 至 5 递增), 条件直方图码书中每一级聚类中心 (码字) 自身呈现出的形状一致性程度在逐渐减弱。尤其是主观评分等级 4 和 5 的某些码字, 信号形状表现出明显的无规律性。相比之下, 主观评分等级 1 和 2 的码字则呈现出较好的信号周期性变化或包络周期性变化规律。这说明: 通过聚类, 各码字很好地聚集了其邻域训练用失真图像的高维特征矢量的形状一致性分布特点及模式。

S4: 条件直方图码书确定后, 在条件直方图码书的每一主观评分等级内, 在条件直方图码书所有码字中寻找与待评估失真图像的高维特征矢量相匹配的匹配码字。对于待评估失真图像, 根据步骤 S1 和步骤 S2, 提取待评估失真图像的高维特征矢量, 在步骤 S3 中确定的条件直方图码书所有码字中寻找与其相匹配的匹配码字, 该匹配码字为与待评估失真图像的高维特征矢量最接近的码字。

具体地, 步骤 S4 包括如下步骤:

S41: 计算待评估失真图像的高维特征矢量与条件直方图码书所有码字的欧式距离:

$$d_{i,l,k} = \|\mathbf{y}_i - \mathbf{m}_{l,k}\|_2, \quad i=1,2,\dots,M, \quad l=1,2,\dots,L, \quad k=1,2,\dots,K \quad (15)$$

式 (15) 中:  $\mathbf{y}_i$  是指待评估失真图像的第  $i$  个高维特征矢量,  $\mathbf{m}_{l,k}$  是指条件直方图中第  $l$  等级的第  $k$  个码字,  $d_{i,l,k}$  是指待评估失真图像的第  $i$  个高维特征矢量  $\mathbf{y}_i$  与条件直方图码书第  $l$  等级的第  $k$  个码字  $\mathbf{m}_{l,k}$  的欧氏距离;  $M$  是待评估失真图像高维特征矢量数目。

S42: 在条件直方图码书每一主观评分等级内, 分别选取与待评估失真图像的第  $i$  个高维特征矢量最接近的码字作为与待评估失真图像的高维特征矢量相匹配的匹配码字。具体地, 通过  $d_{i,l} = \min(d_{i,l,k}), \quad k=1,2,\dots,K$  计算与待评估失真图像的高维特征矢量相匹配的匹配码字, 其中,  $d_{i,l}$  是指待评估失真图像的第  $i$  个高维特征矢量与第  $l$  主观评分等级相匹配的匹配码字的欧氏距离。

S5: 根据匹配码字, 计算待评估失真图像的质量评价指标。具体地, 步骤 S5 包括如下步骤:

S51: 计算待评估失真图像的高维特征矢量与匹配码字的欧式距离:

$d_{i,l} = \min(d_{i,l,k}), \quad k = 1, 2, \dots, K$ , 其中,  $d_{i,l}$  是指待评估失真图像的第  $i$  个高维特征矢量与第  $l$  主观评分等级相匹配的匹配码字的欧氏距离。

S52: 在条件直方图码书的每一主观评分等级内, 根据待评估失真图像的高维特征矢量与匹配码字的欧式距离做插值运算, 计算待评估失真图像中每一高维特征矢量的质量评分:

$$q_i = \frac{\sum_{l=1}^L o_l \exp(-d_{i,l} / \lambda)}{\sum_{l=1}^L \exp(-d_{i,l} / \lambda)} \quad (16)$$

式 (16) 中:  $q_i$  是指待评估失真图像的第  $i$  个高维特征矢量对应的质量评分,  $L$  是指主观评分等级数目,  $o_l$  是指第  $l$  主观评分等级对应的图像主观评分,  $d_{i,l}$  是指第  $i$  个高维特征矢量与第  $l$  主观评分等级匹配的匹配码字的欧氏距离,  $\lambda$  是指衰减速度的权重系数。

S53: 计算高维特征矢量的质量评分的平均值作为待评估失真图像的质量评价指标, 待评估失真图像的质量评价指标:

$$q = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M q_i \quad (17)$$

式 (17) 中:  $q$  是指失真图像的质量评价指标,  $M$  是指待评估失真图像高维特征矢量数目。

实施本发明, 采用聚类方式生成条件直方图码书, 以使不同分解方向、不同相邻关系所呈现出具有不同形状模式 (可能是相同失真程度) 的条件直方图曲线能够得以区分, 并归入相应的主观评分等级, 使得采用本发明所提供的盲图像质量评价方法在对相邻 DNT 系数联合条件直方图统计独立性程度的描述方式更细腻, 故采用相同方式构造图像质量评分公式时得到的质量评价指标更加准确。

经实验验证与比较, 本专利选取 LIVE 数据库中 JPEG2000 压缩、JPEG 压缩、高斯白噪声和高斯模糊失真图像作为训练用失真图像, 采用谱聚类方法生成条件直方图码书 (Code Book of Conditional Histogram), 并命名该盲图像质量评价方法为 CBCH 算法。需要强调的是, CBCH 算法在条件直方图码书确定之后, 对待评估失真图像进行质量评估时不需要训练, 可以立刻计算出图像质量评分, 具有非常好的实用性。表 2 至表 7 分别列出了 CBCH 算法在 LIVE、CSIQ 和 TID2008 数据库上与现有方案的 LCC 和 SROCC 性能比较结果。

表 2 本专利方案与现有方案在 LIVE 数据库上的 LCC 性能比较

| 图像质量评价方法 | JPEG2000      | JPEG 压缩       | 高斯白噪声         | 高斯模糊          | 混合失真          |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|          | 压缩            |               |               |               |               |
| SCCH     | 0.8347        | 0.8593        | 0.8974        | 0.8339        | 0.8404        |
| CBCH     | <b>0.9365</b> | <b>0.9565</b> | <b>0.9735</b> | <b>0.9562</b> | <b>0.9538</b> |

表 3 本专利方案与现有方案在 LIVE 数据库上的 SROCC 性能比较

| 图像质量评价方法 | JPEG2000      | JPEG 压缩       | 高斯白噪声         | 高斯模糊          | 混合失真          |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|          | 压缩            |               |               |               |               |
| SCCH     | 0.8208        | 0.8553        | 0.8725        | 0.8628        | 0.8452        |
| CBCH     | <b>0.9350</b> | <b>0.9592</b> | <b>0.9588</b> | <b>0.9459</b> | <b>0.9485</b> |

5

表 4 本专利方案与现有方案在 CSIQ 数据库上的 LCC 性能比较

| 图像质量评价方法 | JPEG2000      | JPEG 压缩       | 高斯白噪声         | 高斯模糊          | 混合失真          |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|          | 压缩            |               |               |               |               |
| SCCH     | 0.8642        | 0.8779        | 0.8324        | 0.8167        | 0.8548        |
| CBCH     | <b>0.9007</b> | <b>0.9267</b> | <b>0.8351</b> | <b>0.8924</b> | <b>0.8909</b> |

表 5 本专利方案与现有方案在 CSIQ 数据库上的 SROCC 性能比较

| 图像质量评价方法 | JPEG2000      | JPEG 压缩       | 高斯白噪声         | 高斯模糊          | 混合失真          |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|          | 压缩            |               |               |               |               |
| SCCH     | 0.8422        | 0.8447        | <b>0.8317</b> | 0.8265        | 0.8337        |
| CBCH     | <b>0.8503</b> | <b>0.8879</b> | 0.8121        | <b>0.8744</b> | <b>0.8617</b> |

表 6 本专利方案与现有方案在 TID2008 数据库上的 LCC 性能比较

| 图像质量评价方法 | JPEG2000      |               |               |               |               |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|          | 压缩            | JPEG 压缩       | 高斯白噪声         | 高斯模糊          | 混合失真          |
| SCCH     | 0.8445        | 0.8506        | 0.4522        | 0.7436        | 0.7620        |
| CBCH     | <b>0.8651</b> | <b>0.8881</b> | <b>0.5444</b> | <b>0.8268</b> | <b>0.8102</b> |

表 7 本专利方案与现有方案在 TID2008 数据库上的 SROCC 性能比较

| 图像质量评价方法 | JPEG2000      |               |               |               |               |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|          | 压缩            | JPEG 压缩       | 高斯白噪声         | 高斯模糊          | 混合失真          |
| SCCH     | 0.8375        | 0.7578        | 0.4541        | 0.7214        | 0.7781        |
| CBCH     | <b>0.8431</b> | <b>0.8597</b> | <b>0.5398</b> | <b>0.8325</b> | <b>0.8193</b> |

5        由表 2 至表 7 可见，CBCH 算法在三大数据库上的性能远远超越了现有技术方案算法，表现非常出色。这说明，采用本发明对条件直方图的高维特征矢量聚类生成条件直方图码书的方法能够显著改善图像质量评价性能，通过对相邻 DNT 系数联合条件直方图图案模式聚类并构造条件直方图码书的盲图像质量评价方法是可行和有效的。

10       本发明是通过一个具体实施例进行说明的，本领域技术人员应当明白，在不脱离本发明范围的情况下，还可以对本发明进行各种变换和等同替代。另外，针对特定情形或具体情况，可以对本发明做各种修改，而不脱离本发明的范围。因此，本发明不局限于所公开的具体实施例，而应当包括落入本发明权利要求范围内的全部实施方式。

## 权 利 要 求

1、一种基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法，其特征在于，包括如下步骤：

5 S1:对失真图像进行特征提取，以获得所述失真图像的相邻 DNT 系数联合条件直方图，所述失真图像包括训练用失真图像和待评估失真图像；

S2: 将所述相邻 DNT 系数联合条件直方图中各曲线首尾相连，以获得所述失真图像的高维特征矢量；

10 S3: 对预设数据库中所有所述训练用失真图像的高维特征矢量进行聚类，以获得基于聚类的条件直方图码书和所述条件直方图码书中所有码字；

S4:在所述条件直方图码书所有码字中寻找与所述待评估失真图像的高维特征矢量相匹配的匹配码字；

S5:根据所述匹配码字, 计算所述待评估失真图像的质量评价指标。

15 2、根据权利要求 1 所述的基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法，其特征在于，所述步骤 S1 包括如下步骤：

S11:对所述失真图像进行小波分解，以获得多尺度多方向的小波分解子带；

S12:对所述多尺度多方向小波分解子带进行 DNT 变换，以获得联合直方图；

S13:对所述联合直方图中各联合条件直方图进行归一化处理，以获得归一化的相邻 DNT 系数联合条件直方图。

20 3、根据权利要求 2 所述的基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法，其特征在于，所述步骤 S3 包括如下步骤：

S31:选择预设数据库作为码书生成库；

S32:将所述码书生成库中的失真图像主观评价分均分成  $L$  个主观评分等级，在各主观评分等级内采用聚类方法对所述训练用失真图像的高维特征矢量分别聚类，预设每一主观  
25 评分等级的聚类中心为  $K$  个，以获取所述训练用失真图像的基于聚类的条件直方图码书；

S33:在所述条件直方图码书中获取所有所述聚类中心，所述聚类中心为所述训练用失真图像的码字，所述码字根据如下条件确定：

$$\min_{\mathbf{m}_{l,k}} \left( \sum_{k=1}^K \sum_{\mathbf{x}_i \in \mathbf{G}_{l,k}} \|\mathbf{x}_i - \mathbf{m}_{l,k}\|_2^2 \right) \quad (14)$$

式(14)中： $\min(\bullet)$ 是指求最小值， $\mathbf{m}_{l,k}$ 是指所述条件直方图码书中第 $l$ 等级的第 $k$ 个码字， $K$ 是指每一主观评分等级的码字数目， $\mathbf{x}_i$ 是指所述训练用失真图像的第 $i$ 个高维特征矢量， $\mathbf{G}_{l,k}$ 是指所述训练用失真图像的第 $l$ 等级、第 $k$ 个码字的高维特征矢量集合， $\|\cdot\|_2$ 是指欧氏距离。

5        4、根据权利要求3所述的基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法，其特征在于，所述聚类方法包括先降维再K-means聚类的谱聚类方法。

5、根据权利要求3所述的基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法，其特征在于，所述步骤S4包括如下步骤：

10        S41:计算所述待评估失真图像的高维特征矢量与所述条件直方图码书所有码字的欧式距离：

$$d_{i,l,k} = \|\mathbf{y}_i - \mathbf{m}_{l,k}\|_2, \quad i=1,2,\dots,M, \quad l=1,2,\dots,L, \quad k=1,2,\dots,K \quad (15)$$

式(15)中： $\mathbf{y}_i$ 是指所述待评估失真图像的第 $i$ 个高维特征矢量， $\mathbf{m}_{l,k}$ 是指所述条件直方图码书中第 $l$ 等级的第 $k$ 个码字， $d_{i,l,k}$ 是指所述待评估失真图像的第 $i$ 个高维特征矢量 $\mathbf{y}_i$ 与所述条件直方图码书第 $l$ 等级的第 $k$ 个码字 $\mathbf{m}_{l,k}$ 的欧氏距离； $M$ 是指所述待评估失真图像高维特征矢量数目；

15

S42:在所述条件直方图码书每一主观评分等级内，分别选取与所述待评估失真图像的第 $i$ 个高维特征矢量最接近的码字作为与所述待评估失真图像的高维特征矢量相匹配的匹配码字。

20        6、根据权利要求1所述的基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法，其特征在于，所述步骤S5包括如下步骤：

S51:计算所述待评估失真图像的高维特征矢量与所述匹配码字的欧式距离：

$d_{i,l} = \min(d_{i,l,k}), \quad k=1,2,\dots,K$ ，其中， $d_{i,l}$ 是指所述待评估失真图像的第 $i$ 个高维特征矢量与第 $l$ 主观评分等级相匹配的匹配码字的欧氏距离；

25        S52:根据所述待评估失真图像的高维特征矢量与所述匹配码字的欧式距离计算所述待评估失真图像中每一高维特征矢量的质量评分：

$$q_i = \frac{\sum_{l=1}^L o_l \exp(-d_{i,l} / \lambda)}{\sum_{l=1}^L \exp(-d_{i,l} / \lambda)} \quad (16)$$

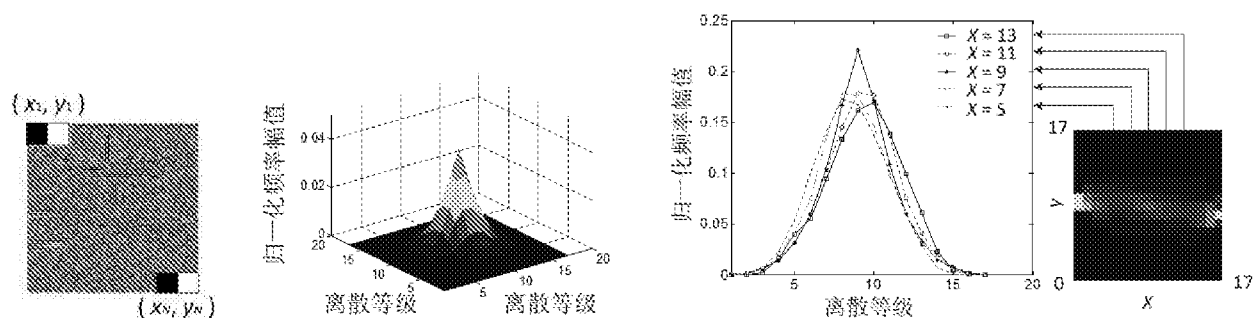
式(16)中： $q_i$ 是指所述待评估失真图像的第*i*个高维特征矢量对应的质量评分， $L$ 是指主观评分等级数目， $o_l$ 是指第*l*主观评分等级对应的图像主观评分， $d_{i,l}$ 是指第*i*个高维特征矢量与第*l*主观评分等级匹配的匹配码字的欧氏距离， $\lambda$ 是指衰减速度的权重系数；

- 5 S53:计算所述高维特征矢量的质量评分的平均值作为所述待评估失真图像的质量评价指标，所述待评估失真图像的质量评价指标：

$$q = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M q_i \quad (17)$$

式(17)中： $q$ 是指失真图像的质量评价指标， $M$ 是指所述待评估失真图像高维特征矢量数目。

- 10 7、根据权利要求1-6任一项所述的基于条件直方图码书的盲图像质量评价方法，其特征在于，所述预设数据库包括LIVE数据库、CSIQ数据库和TID2008数据库中的一种或多种。



1a DNT 子带

1b 归一化联合直方图

1c 归一化条件直方图

图 1

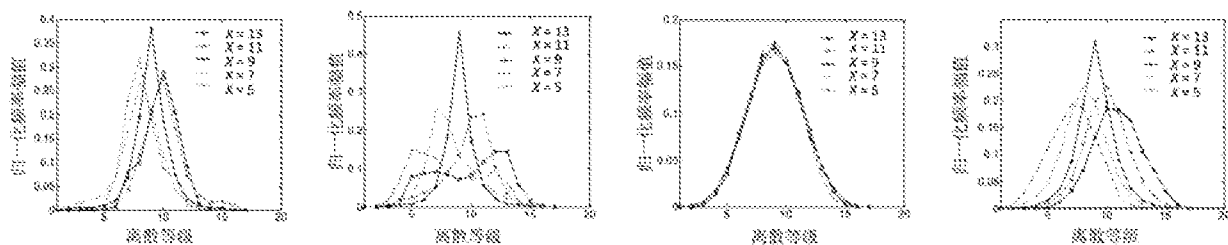


2a JPEG2000 压缩图像

2b JPEG 压缩图像

2c 高斯白噪声图像

2d 高斯模糊图像



2e 2a 的条件直方图

2f 2b 的条件直方图

2g 2c 的条件直方图

2h 2d 的条件直方图

图 2

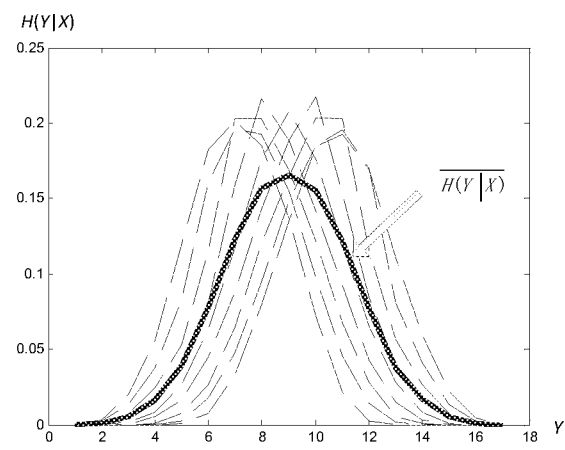


图 3

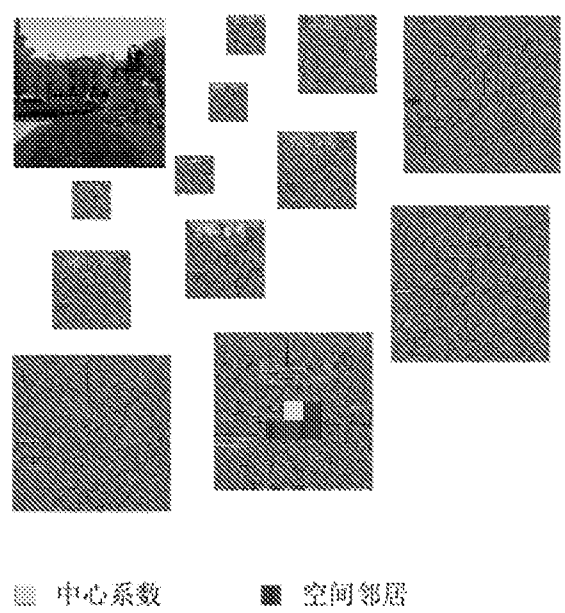


图 4

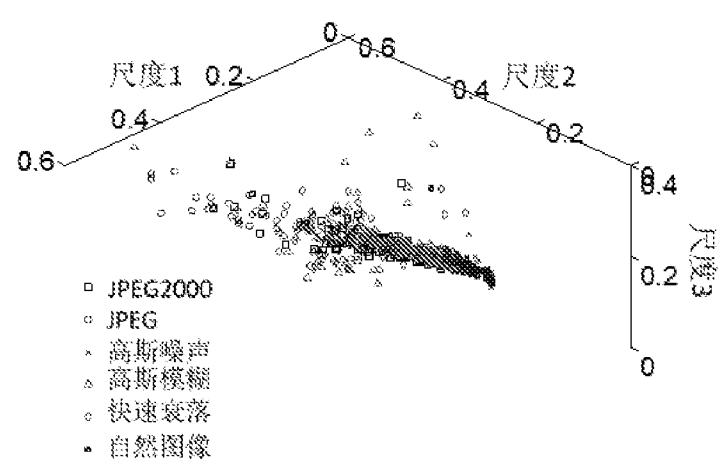


图 5

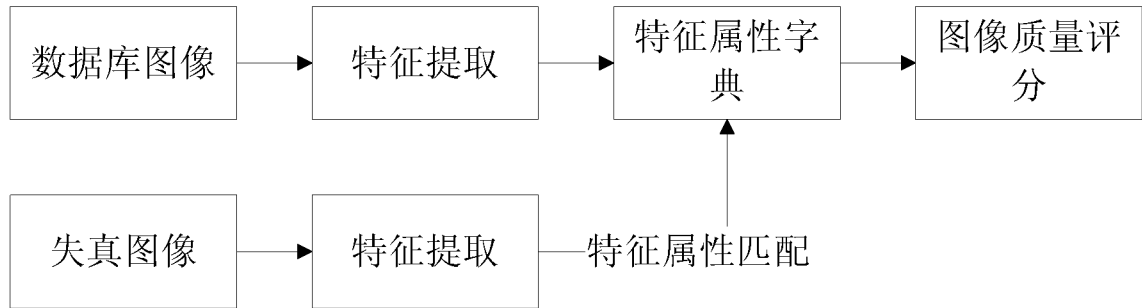


图 6

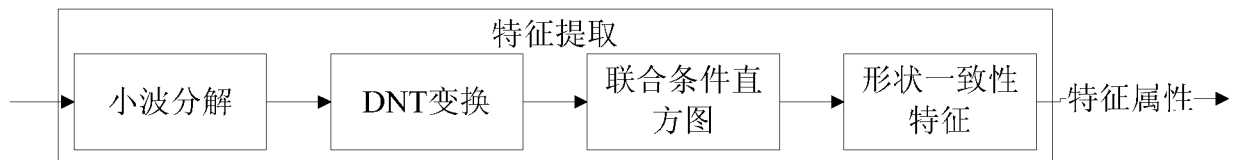


图 7

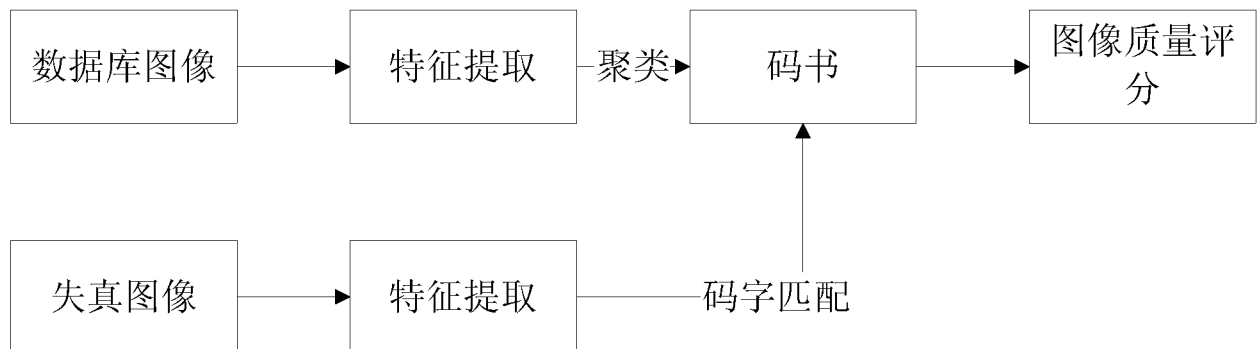


图 8

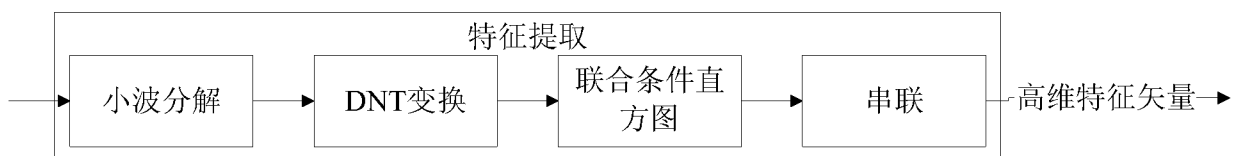
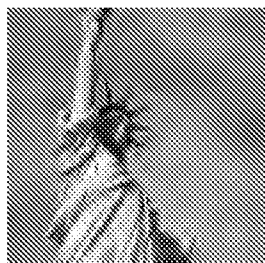
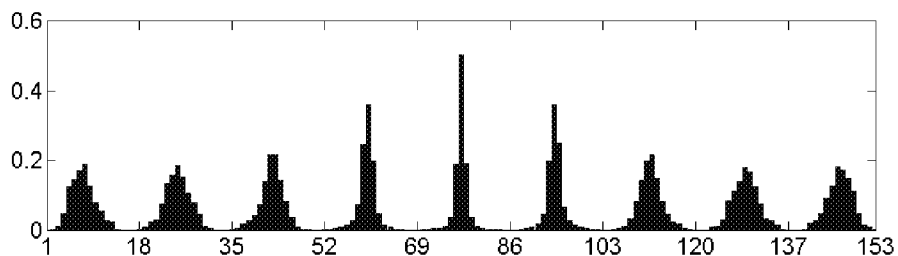


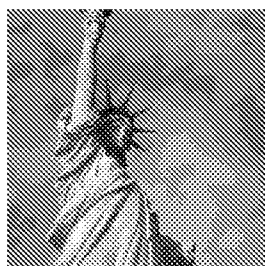
图 9



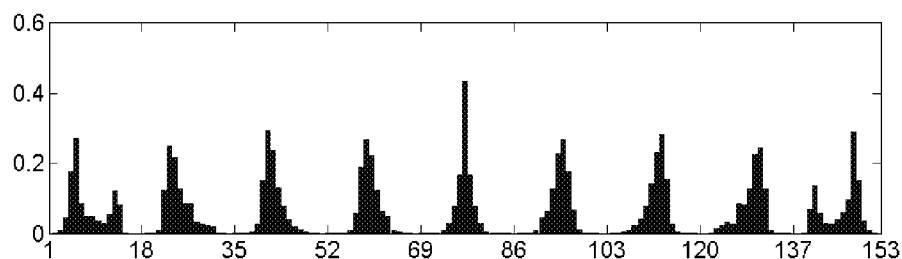
10a JPEG2000 压缩



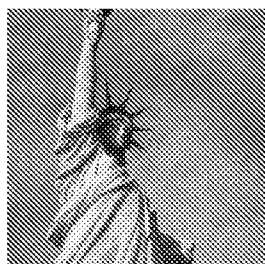
10b 10a 对应的联合条件直方图串联特征图



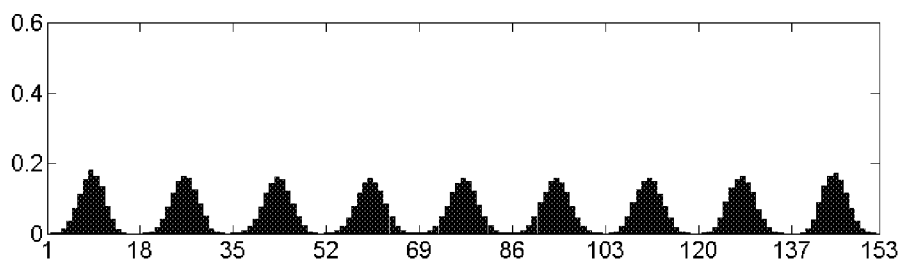
10c JPEG 压缩



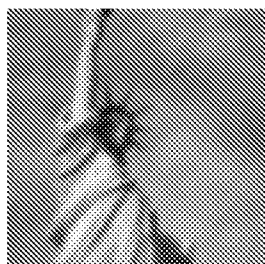
10d 10c 对应的联合条件直方图串联特征图



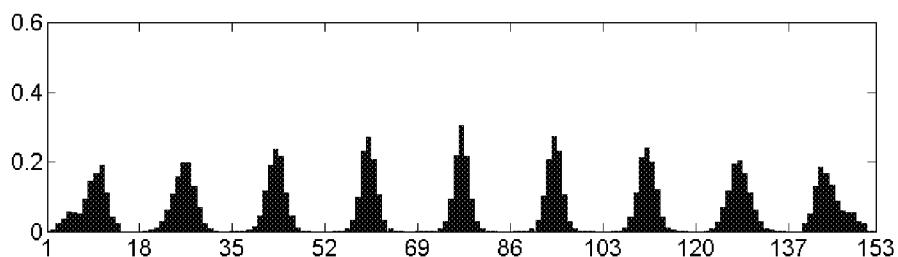
10e 高斯白噪声



10f 10e 对应的联合条件直方图串联特征图



10g 高斯模糊



10h 10g 对应的联合条件直方图串联特征图

图 10

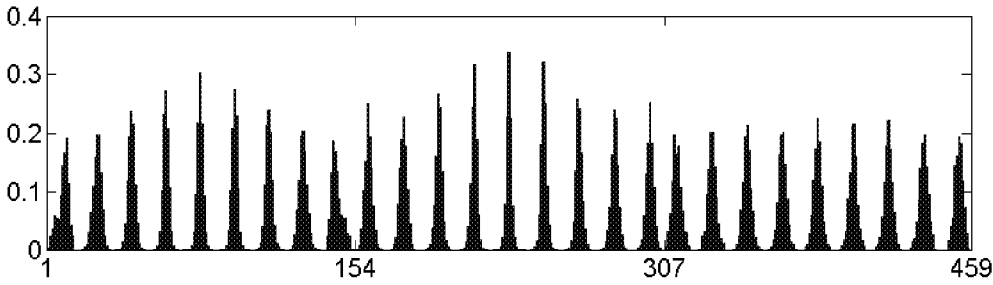
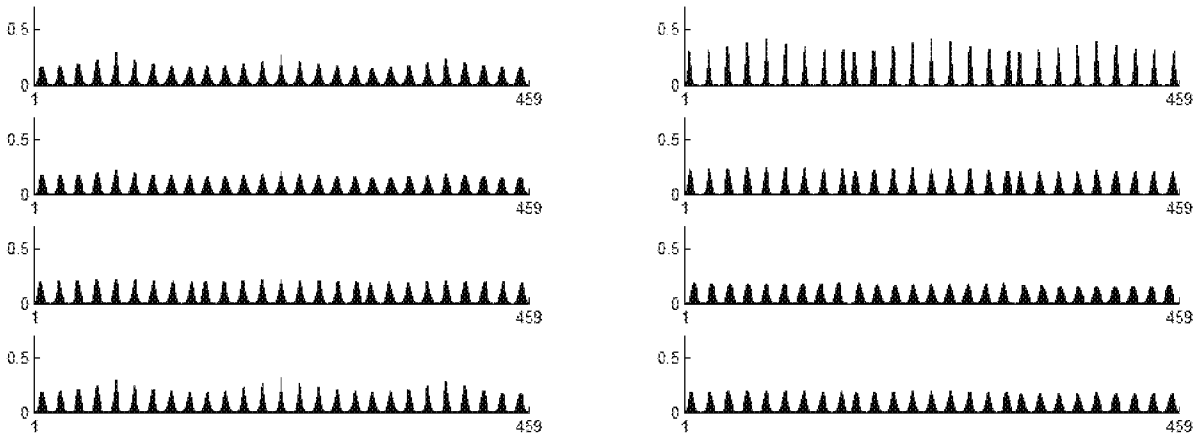
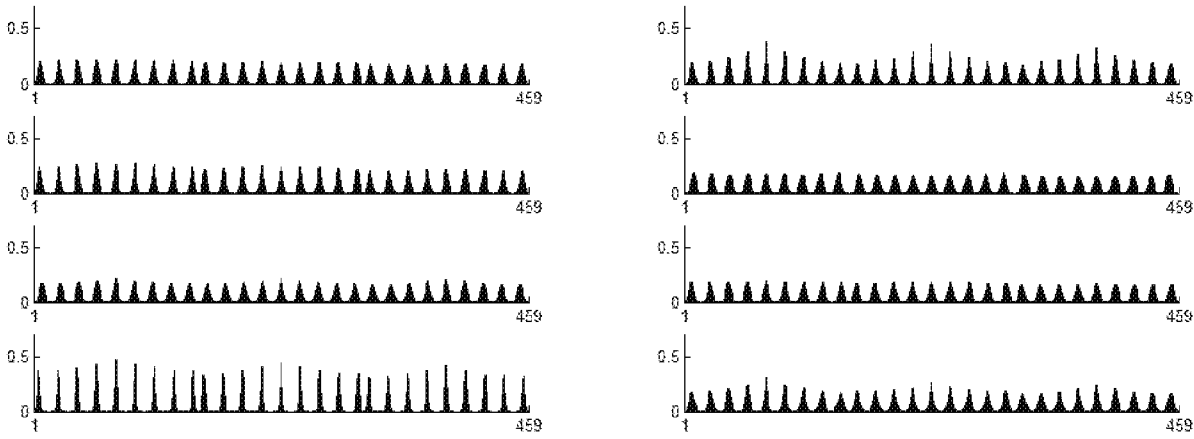


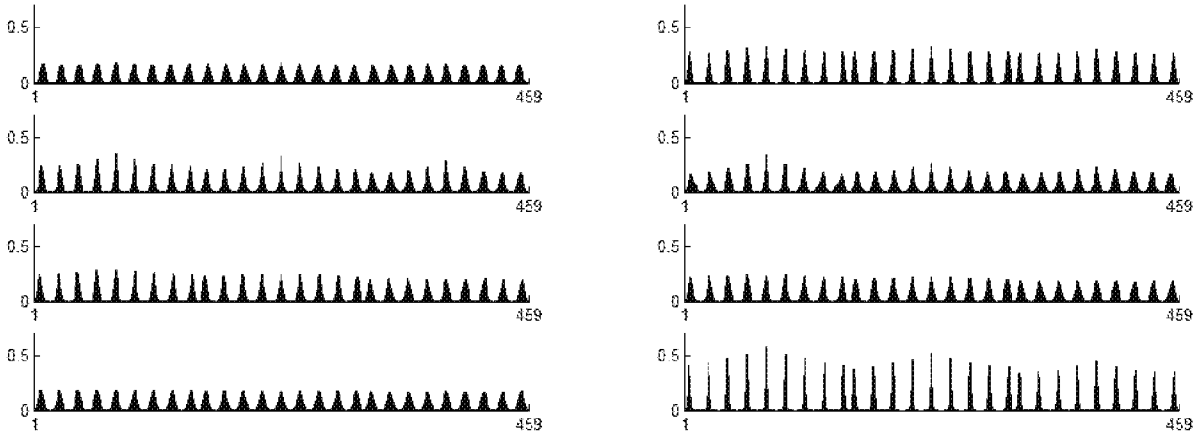
图 11



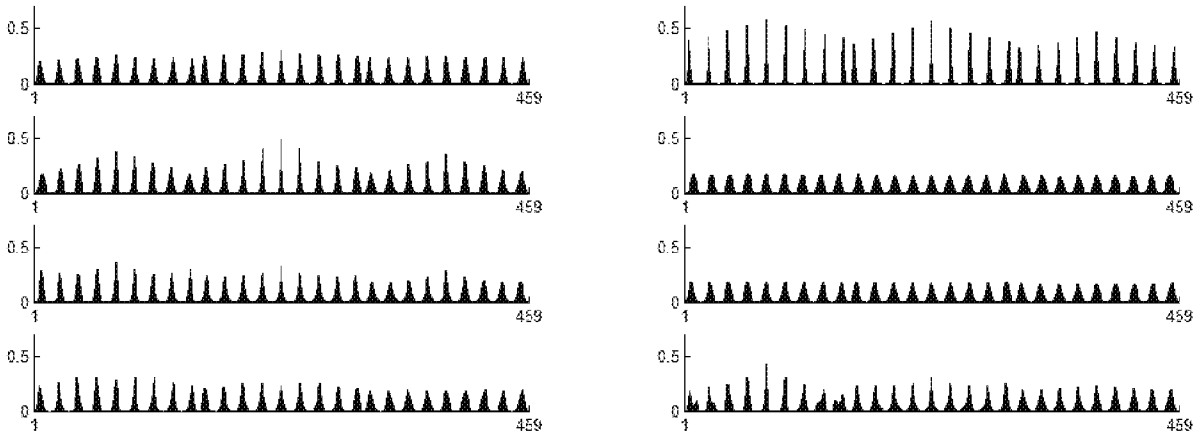
12a 主观评分等级 1 的码字



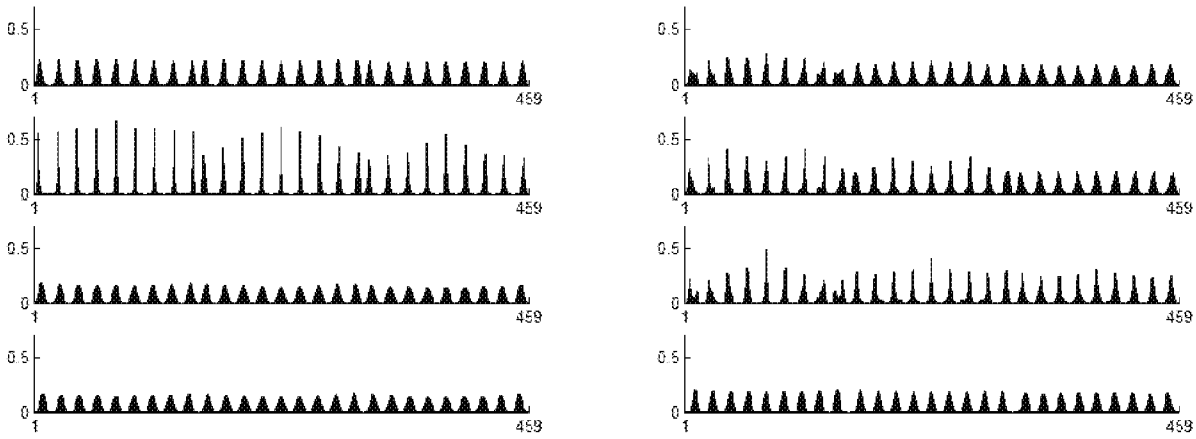
12b 主观评分等级 2 的码字



12c 主观评分等级 3 的码字



12d 主观评分等级 4 的码字



12e 主观评分等级 5 的码字

图 12

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2015/074203

## 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; G06F; G06K; H04N

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)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: cluster, image quality assessment, feature, vector, histogram, high dimensional, classification, class, code book, codeword, match

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                              | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| E         | CN 104751456 A (UNIVERSITY SHENZHEN) 01 July 2015 (01.07.2015) the whole document                                                                                                                                                               | 1-7                   |
| A         | SHI, Yongchang. "No-Reference Image Quality Assessment of Two-dimension Code Based on Codebook" Ship Electronic Engineering, volume 34, number 244, 31 October 2014 (31.10.2014), page 89, the left column, line 4 to the right column, line 18 | 1-7                   |
| A         | CN 103366378 A (UNIVERSITY SHENZHEN) 23 October 2013 (23.10.2013) the whole document                                                                                                                                                            | 1-7                   |
| A         | WO 2009065151 A2 (CERTIFI MEDIA INC.) 22 May 2009 (22.05.2009) the whole document                                                                                                                                                               | 1-7                   |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

|                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * Special categories of cited documents:                                                                                                                                | "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                                              |
| "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                                                                               | "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                                                                     |
| "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) | "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 |
| "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                                                                  | "&"document member of the same patent family                                                                                                                                                                                                     |

|                                                                                                                                                                                                               |                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Date of the actual completion of the international search<br>30 November 2015                                                                                                                                 | Date of mailing of the international search report<br>14 December 2015        |
| Name and mailing address of the ISA<br>State Intellectual Property Office of the P. R. China<br>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao<br>Haidian District, Beijing 100088, China<br>Facsimile No. (86-10) 62019451 | Authorized officer<br><br>GONG, Jinling<br><br>Telephone No. (86-10) 61648238 |

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

International application No.  
PCT/CN2015/074203

| Patent Documents referred<br>in the Report | Publication Date | Patent Family    | Publication Date |
|--------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| CN 104751456 A                             | 01 July 2015     | None             |                  |
| CN 103366378 A                             | 23 October 2013  | None             |                  |
| WO 2009065151 A2                           | 22 May 2009      | US 2009141932 A1 | 04 June 2009     |
|                                            |                  | WO 2009065151 A3 | 20 August 2009   |
|                                            |                  | US 2010021001 A1 | 28 January 2010  |

| <b>A. 主题的分类</b><br>G06T 7/00 (2006.01) i<br><br>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>B. 检索领域</b><br>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)<br>G06T; G06F; G06K; H04N<br><br>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献<br><br>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))<br>CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 聚类, 图像质量评估, 图像质量评价, 直方图, 高维, 特征, 矢量, 码书, 码字, 匹配, image quality assessment, feature, vector, histogram, high dimensional, classification, class, code book, codeword, match                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                        |                                             |      |                   |         |   |                                                          |     |   |                                                                                                        |     |   |                                                            |     |   |                                                                           |     |
| <b>C. 相关文件</b> <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>E</td> <td>CN 104751456 A (深圳大学) 2015年 7月 1日 (2015 - 07 - 01)<br/>全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>石永昌. "基于码书的二维码无参考质量评价算法研究"<br/>舰船电子工程, 第34卷, 第244期, 2014年 10月 31日 (2014 - 10 - 31),<br/>第89页左栏第4行至右栏第18行</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103366378 A (深圳大学) 2013年 10月 23日 (2013 - 10 - 23)<br/>全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2009065151 A2 (CERTIFI MEDIA INC.) 2009年 5月 22日 (2009 - 05 - 22)<br/>全文</td> <td>1-7</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 | E | CN 104751456 A (深圳大学) 2015年 7月 1日 (2015 - 07 - 01)<br>全文 | 1-7 | A | 石永昌. "基于码书的二维码无参考质量评价算法研究"<br>舰船电子工程, 第34卷, 第244期, 2014年 10月 31日 (2014 - 10 - 31),<br>第89页左栏第4行至右栏第18行 | 1-7 | A | CN 103366378 A (深圳大学) 2013年 10月 23日 (2013 - 10 - 23)<br>全文 | 1-7 | A | WO 2009065151 A2 (CERTIFI MEDIA INC.) 2009年 5月 22日 (2009 - 05 - 22)<br>全文 | 1-7 |
| 类 型*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                                      | 相关的权利要求                                     |      |                   |         |   |                                                          |     |   |                                                                                                        |     |   |                                                            |     |   |                                                                           |     |
| E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | CN 104751456 A (深圳大学) 2015年 7月 1日 (2015 - 07 - 01)<br>全文                                               | 1-7                                         |      |                   |         |   |                                                          |     |   |                                                                                                        |     |   |                                                            |     |   |                                                                           |     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 石永昌. "基于码书的二维码无参考质量评价算法研究"<br>舰船电子工程, 第34卷, 第244期, 2014年 10月 31日 (2014 - 10 - 31),<br>第89页左栏第4行至右栏第18行 | 1-7                                         |      |                   |         |   |                                                          |     |   |                                                                                                        |     |   |                                                            |     |   |                                                                           |     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | CN 103366378 A (深圳大学) 2013年 10月 23日 (2013 - 10 - 23)<br>全文                                             | 1-7                                         |      |                   |         |   |                                                          |     |   |                                                                                                        |     |   |                                                            |     |   |                                                                           |     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | WO 2009065151 A2 (CERTIFI MEDIA INC.) 2009年 5月 22日 (2009 - 05 - 22)<br>全文                              | 1-7                                         |      |                   |         |   |                                                          |     |   |                                                                                                        |     |   |                                                            |     |   |                                                                           |     |
| <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。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                        |                                             |      |                   |         |   |                                                          |     |   |                                                                                                        |     |   |                                                            |     |   |                                                                           |     |
| * 引用文件的具体类型:<br>"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件<br>"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利<br>"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)<br>"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件<br>"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<br>"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<br>"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<br>"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<br>"&" 同族专利的文件                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                        |                                             |      |                   |         |   |                                                          |     |   |                                                                                                        |     |   |                                                            |     |   |                                                                           |     |
| 国际检索实际完成的日期<br><br>2015年 11月 30日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                        | 国际检索报告邮寄日期<br><br>2015年 12月 14日             |      |                   |         |   |                                                          |     |   |                                                                                                        |     |   |                                                            |     |   |                                                                           |     |
| ISA/CN的名称和邮寄地址<br><br>中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)<br>北京市海淀区蓟门桥西土城路6号<br>100088 中国<br><br>传真号 (86-10)62019451                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                        | 受权官员<br><br>龚锦玲<br><br>电话号码 (86-10)61648238 |      |                   |         |   |                                                          |     |   |                                                                                                        |     |   |                                                            |     |   |                                                                           |     |

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/074203

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|------|------------|----|----------------|
| CN          | 104751456  | A  | 2015年 7月 1日    | 无    |            |    |                |
| CN          | 103366378  | A  | 2013年 10月 23日  | 无    |            |    |                |
| WO          | 2009065151 | A2 | 2009年 5月 22日   | US   | 2009141932 | A1 | 2009年 6月 4日    |
|             |            |    |                | WO   | 2009065151 | A3 | 2009年 8月 20日   |
|             |            |    |                | US   | 2010021001 | A1 | 2010年 1月 28日   |