



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105427334 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201511010258. 0

(22) 申请日 2015. 12. 29

(71) 申请人 河海大学

地址 210098 江苏省南京市鼓楼区西康路 1 号

(72) 发明人 秦少玲

(74) 专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224

代理人 董建林

(51) Int. Cl.

G06T 7/00(2006. 01)

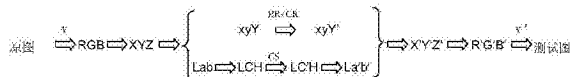
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

一种度量自然图像主要属性的方法

(57) 摘要

本发明采用如下技术方案：一种度量自然图像主要属性的方法，其特征在于，包括如下步骤：步骤一：按照以下方法对原始图像进行处理，得到测试图像：方法 1、将原始图像的峰值亮度改变 2 倍 JND 的量；方法 2、将原始图像的暗场亮度改变 2 倍 JND 的量；方法 3、将原始图像的色饱和度改变 2 倍 JND 的量；方法 4、将原始图像的细节层次感改变 2 倍 JND 的量；步骤二：以原始图像为参照图像，分别对比上述四组测试图像中的任两组与参照图像的差别，找出哪组中测试图像与参照图像间的差异比较大；步骤三：更换不同的图像内容和被试，重复步骤一、步骤二；步骤四：采用统计模型，分别求出不同图像属性改变量对应的 Z 值，而后进行显著性统计分析。



1. 一种度量自然图像主要属性的方法,其特征在於,包括如下步骤:

步骤一:按照以下方法对原始图像进行处理,得到测试图像:

方法 1、将原始图像的峰值亮度改变 2 倍 JND 的量;

方法 2、将原始图像的暗场亮度改变 2 倍 JND 的量;

方法 3、将原始图像的色饱和度改变 2 倍 JND 的量;

方法 4、将原始图像的细节层次感改变 2 倍 JND 的量;

步骤二:以原始图像为参照图像,分别对比上述四组测试图像中的任两组与参照图像的差别,找出哪组中测试图像与参照图像间的差异比较大;

步骤三:更换不同的图像内容和被试,重复步骤一、步骤二;

步骤四:采用统计模型,分别求出不同图像属性改变量对应的 Z 值,而后进行显著性统计分析。

2. 根据权利要求 1 所述的一种度量自然图像主要属性的方法,其特征在於,所述图像峰值亮度 JND 值按照以下方法测定:

步骤 A1 按照以下方法对原始图像进行处理,得到测试图像:

步骤 A101 通过伽马校正将原始图像转换至线性空间;

步骤 A102 然后将线性转换后的图像由 RGB 空间经 XYZ 空间转换到 xyY 空间;

步骤 A103 在 xyY 空间中,保持其它分量不变,仅对分量 Y 按照一组不同的压缩系数分别进行线性压缩,所述一组压缩系数在 0.85-0.99 之间等间隔分布;

步骤 A104 将线性压缩后的图像由 xyY 空间转换回 RGB 空间,得到一组具有不同压缩系数的测试图像;

步骤 A2 利用阶梯法结合二项迫选法进行视觉感知实验,找出至少一幅测试图作为 JND 临界图像;

步骤 A3 将原始图像和 JND 临界图像分别划分为大小为 $K \times K$ 个像素的图像块,然后分别选出原始图像和 JND 临界图像中平均灰度最大的图像块;

步骤 A4 根据显示器的伽马曲线,计算原始图像和 JND 临界图像中平均灰度最大的图像块的平均灰度值所对应的实际显示亮度的差值,该差值的平均值即为该被试对该原始图像峰值亮度的 JND 值;

步骤 A5 更换不同的原始图像及被试,重复步骤 A1-A4;将所有被试对不同原始图像的峰值亮度 JND 值进行均值计算及方差分析确定图像峰值亮度的 JND 值。

3. 根据权利要求 1 所述的一种度量自然图像主要属性的方法,其特征在於,所述图像暗场亮度 JND 值按照以下方法测定:

步骤 B1 按照以下方法对原始图像进行处理,得到测试图像:

步骤 B101 通过伽马校正将原始图像转换至线性空间;

步骤 B102 将步骤 B101 处理后的图像由 RGB 空间经 XYZ 空间转换到 xyY 空间;

步骤 B103 在 xyY 空间中,保持其它分量不变,将分量 Y 按照一组在 0.983-1 之间分布的不同的压缩系数分别进行线性压缩;

步骤 B104 将线性压缩后的一系列图像由 xyY 空间转换回 RGB 空间,得到一组具有不同压缩系数的测试图像;

步骤 B2 利用所述一组具有不同压缩系数的测试图像进行视觉感知实验,找出至少一

幅测试图像作为 JND 临界图像；

步骤 B3 根据显示器的伽马曲线,分别计算原始图像和 JND 临界图像的每像素灰度值所对应的实际显示亮度的差值,该差值的平均值即为视觉感知实验中的被试对该原始图像暗场亮度的 JND 值；

步骤 B4 更换不同的原始图像及被试,重复步骤 B1 ~ B3,将所有被试对不同原始图像的暗场亮度 JND 值进行均值计算及方差分析确定图像暗场亮度的 JND 值。

4. 根据权利要求 1 所述的一种度量自然图像主要属性的方法,其特征在于,所述图像色饱和度 JND 值按照以下方法测定：

步骤 C1 按照以下方法对原始图像进行处理,得到测试图像：

步骤 C101 通过伽马校正将原始图像转换至线性空间；

步骤 C102 然后将线性转换后的图像由 RGB 空间经 XYZ 空间和 Lab 空间转换到 LCH 空间；

步骤 C103 在 LCH 空间中,保持其它分量不变,仅将分量 C 按照一组不同的改变量减小,所述分量 C 的一组不同的改变量在 0.2-1.5 范围内等间隔分布；

步骤 C104 将 C 分量减小后的图像由 LCH 空间转换回 RGB 空间,得到一组具有不同色饱和度和分量 C 的测试图像；

步骤 C2 利用阶梯法结合二项迫选法进行视觉感知实验,找出至少一幅测试图作为 JND 临界图像；

步骤 C3 计算原始图像和 JND 临界图像中平均色饱和度值的差值,该差值的平均值即为该被试对该原始图像色饱和度的 JND 值；

步骤 C4 更换不同的原始图像及被试,重复步骤 C1-C3;将所有被试对不同原始图像的色饱和度 JND 值进行均值计算及方差分析确定图像色饱和度的 JND 值。

5. 根据权利要求 1 所述的一种度量自然图像主要属性的方法,其特征在于,所述图像细节层次感 JND 值按照以下方法测定：

步骤 D1 按照以下方法对原始图像进行处理,得到测试图像：

步骤 D101 通过伽马校正将原始图像转换至线性空间；

步骤 D102 然后将线性转换后的图像由 RGB 空间经 XYZ 空间转换到 xyY 空间；

步骤 D103 在 xyY 空间中,保持其它分量不变,按照一组不同方差参数的高斯函数仅对分量 Y 进行卷积,所述一组方差参数在 0.1-0.8 之间等间隔分布；

步骤 D104 将卷积后的图像由 xyY 空间转换回 RGB 空间,得到一组具有不同模糊程度的测试图像；

步骤 D2 利用阶梯法结合二项迫选法进行视觉感知实验,找出至少一幅测试图作为 JND 临界图像；

步骤 D3 根据步骤 D103 的处理过程,找出对应于 JND 临界图像的高斯卷积时的方差参数值,该值的平均值即为该被试对该原始图像细节层次感的 JND 值；

步骤 D4 更换不同的原始图像及被试,重复步骤 D1-D3;将所有被试对不同原始图像的细节层次感 JND 值进行均值计算及方差分析确定图像细节层次感的 JND 值。

一种度量自然图像主要属性的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种度量图像主要属性的方法,尤其涉及一种度量自然图像主要属性的方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着各种显示技术的数量和多样性的快速增加,人们对显示质量的要求与日俱增。新的技术、新的应用场合都可能改变观察者对显示图像质量的评价。为此,Engeldrum 引入了“图像质量环”模型,将消费者关注的图像显示质量与显示系统技术参数通过一些中间步骤联系起来。消费者对图像质量的主观感受是观察到的图像质量各属性的加权之和。这些图像质量属性包括清晰度,色彩丰富度,亮度,图像均一性等被观察者无意识评价的特性。然后建立主观图像质量属性与图像物理特性的联系。这些图像物理特性包括可以由测量仪器测得的光学和电学特性,如输出亮度、色域大小、显示白场、伽马值、噪声水平等。最终,通过深入了解显示物理原理,这些图像物理特性可以与显示系统的技术参数间建立联系。

[0003] 现有的显示器件或压缩编码等相关技术还不可能做到使图像显示质量非常完美,总有这样或那样不尽如人意的缺陷。由于影响最终显示质量的各技术参数间经常存在交互影响,提高各参数需要的成本也存在差异,而成本是实际生产中必须考虑的问题。因而改善显示质量的研究需要考虑各种因素的权重和折中。有时某些图像质量的损伤并不能被人眼察觉,即便通过努力可以消除这种缺陷,实际上消费者并不能感受到图像质量的提高。若能以统一单位度量图像的主要属性,可以定量评价改进显示器参数时人眼所能察觉的变化,利于在给定成本的前提下,最大限度地提高消费者能感受到的图像质量,为显示系统工业设计提供理论依据。

[0004] 基于该模型,专利[一种基于视觉特性的图像质量评价,授权公告号 CN 102629379 B]首先测定图像亮度、色度和清晰度的 JND(Just Noticeable Difference:刚辨差),研究其对终端主观图像质量的影响。该方法所面临的问题是:并未考虑对比度这一重要的图像质量影响因素,也未考虑横向对比不同图像属性的 JND 间关系。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题在于克服现有技术的不足,提出一种度量自然图像主要属性的方法,通过提供一种涵盖自然图像重要属性的统一单位,以供后期定量评价改进显示器参数时人眼所能察觉的对显示图像质量的影响,从而对显示技术的设计、研究提供依据。

[0006] 前期研究结果表明,对非专业观察者来说,影响显示质量评估的四个最重要的属性是亮度、对比度、色彩和清晰度。然而这四个图像属性并不相互独立,因而考虑选取另外一组相互独立并且能覆盖原有图像属性的新变量——峰值亮度(White Level:WL)、暗场亮度(Black Level:BL)、色饱和度(Color Saturation:CS)和细节层次感(Contour

Rendering:CR)。本发明将提供一种度量上述四种不同图像属性的方法,即以恰可察觉差(JND)为例提出一种度量图像不同属性——峰值亮度(White Level:WL)、暗场亮度(Black Level:BL)、色饱和度(Color Saturation:CS)和细节层次感(Contour Rendering:CR)的方法。

[0007] 本发明采用如下技术方案:一种度量自然图像主要属性的方法,其特征在于,包括如下步骤:

[0008] 步骤一:按照以下方法对原始图像进行处理,得到测试图像:

[0009] 方法 1、将原始图像的峰值亮度改变 2 倍 JND 的量;

[0010] 方法 2、将原始图像的暗场亮度改变 2 倍 JND 的量;

[0011] 方法 3、将原始图像的色饱和度改变 2 倍 JND 的量;

[0012] 方法 4、将原始图像的细节层次感改变 2 倍 JND 的量;

[0013] 步骤二:以原始图像为参照图像,分别对比上述四组测试图像中的任两组与参照图像的差别,找出哪组中测试图像与参照图像间的差异比较大;

[0014] 步骤三:更换不同的图像内容和被试,重复步骤一、步骤二;

[0015] 步骤四:采用统计模型,分别求出不同图像属性改变量对应的 Z 值,而后进行显著性统计分析。

[0016] 优选地,所述图像峰值亮度 JND 值按照以下方法测定:

[0017] 步骤 A1 按照以下方法对原始图像进行处理,得到测试图像:

[0018] 步骤 A101 通过伽马校正将原始图像转换至线性空间;

[0019] 步骤 A102 然后将线性转换后的图像由 RGB 空间经 XYZ 空间转换到 xyY 空间;

[0020] 步骤 A103 在 xyY 空间中,保持其它分量不变,仅对分量 Y 按照一组不同的压缩系数分别进行线性压缩,所述一组压缩系数在 0.85-0.99 之间等间隔分布;

[0021] 步骤 A104 将线性压缩后的图像由 xyY 空间转换回 RGB 空间,得到一组具有不同压缩系数的测试图像;

[0022] 步骤 A2 利用阶梯法结合二项迫选法进行视觉感知实验,找出至少一幅测试图作为 JND 临界图像;

[0023] 步骤 A3 将原始图像和 JND 临界图像分别划分为大小为 K*K 个像素的图像块,然后分别选出原始图像和 JND 临界图像中平均灰度最大的图像块;

[0024] 步骤 A4 根据显示器的伽马曲线,计算原始图像和 JND 临界图像中平均灰度最大的图像块的平均灰度值所对应的实际显示亮度的差值,该差值的平均值即为该被试对该原始图像峰值亮度的 JND 值;

[0025] 步骤 A5 更换不同的原始图像及被试,重复步骤 A1-A4;将所有被试对不同原始图像的峰值亮度 JND 值进行均值计算及方差分析确定图像峰值亮度的 JND 值。

[0026] 优选地,所述图像暗场亮度 JND 值按照以下方法测定:

[0027] 步骤 B1 按照以下方法对原始图像进行处理,得到测试图像:

[0028] 步骤 B101 通过伽马校正将原始图像转换至线性空间;

[0029] 步骤 B102 将步骤 B101 处理后的图像由 RGB 空间经 XYZ 空间转换到 xyY 空间;

[0030] 步骤 B103 在 xyY 空间中,保持其它分量不变,将分量 Y 按照一组在 0.983-1 之间分布的不同的压缩系数分别进行线性压缩;

- [0031] 步骤 B104 将线性压缩后的一系列图像由 xyY 空间转换回 RGB 空间,得到一组具有不同压缩系数的测试图像;
- [0032] 步骤 B2 利用所述一组具有不同压缩系数的测试图像进行视觉感知实验,找出至少一幅测试图像作为 JND 临界图像;
- [0033] 步骤 B3 根据显示器的伽马曲线,分别计算原始图像和 JND 临界图像的每像素灰度值所对应的实际显示亮度的差值,该差值的平均值即为视觉感知实验中的被试对该原始图像暗场亮度的 JND 值;
- [0034] 步骤 B4 更换不同的原始图像及被试,重复步骤 B1 ~ B3,将所有被试对不同原始图像的暗场亮度 JND 值进行均值计算及方差分析确定图像暗场亮度的 JND 值。
- [0035] 优选地,所述图像色饱和度 JND 值按照以下方法测定:
- [0036] 步骤 C1 按照以下方法对原始图像进行处理,得到测试图像:
- [0037] 步骤 C101 通过伽马校正将原始图像转换至线性空间;
- [0038] 步骤 C102 然后将线性转换后的图像由 RGB 空间经 XYZ 空间和 Lab 空间转换到 LCH 空间;
- [0039] 步骤 C103 在 LCH 空间中,保持其它分量不变,仅将分量 C 按照一组不同的改变量减小,所述分量 C 的一组不同的改变量在 0.2-1.5 范围内等间隔分布;
- [0040] 步骤 C104 将 C 分量减小后的图像由 LCH 空间转换回 RGB 空间,得到一组具有不同色饱和度分量的测试图像;
- [0041] 步骤 C2 利用阶梯法结合二项迫选法进行视觉感知实验,找出至少一幅测试图作为 JND 临界图像;
- [0042] 步骤 C3 计算原始图像和 JND 临界图像中平均色饱和度值的差值,该差值的平均值即为该被试对该原始图像色饱和度的 JND 值;
- [0043] 步骤 C4 更换不同的原始图像及被试,重复步骤 C1-C3;将所有被试对不同原始图像的色饱和度 JND 值进行均值计算及方差分析确定图像色饱和度的 JND 值。
- [0044] 优选地,所述图像细节层次感 JND 值按照以下方法测定:
- [0045] 步骤 D1 按照以下方法对原始图像进行处理,得到测试图像:
- [0046] 步骤 D101 通过伽马校正将原始图像转换至线性空间;
- [0047] 步骤 D102 然后将线性转换后的图像由 RGB 空间经 XYZ 空间转换到 xyY 空间;
- [0048] 步骤 D103 在 xyY 空间中,保持其它分量不变,按照一组不同方差参数的高斯函数仅对分量 Y 进行卷积,所述一组方差参数在
- [0049] 0.1-0.8 之间等间隔分布;
- [0050] 步骤 D104 将卷积后的图像由 xyY 空间转换回 RGB 空间,得到一组具有不同模糊程度的测试图像;
- [0051] 步骤 D2 利用阶梯法结合二项迫选法进行视觉感知实验,找出至少一幅测试图作为 JND 临界图像;
- [0052] 步骤 D3 根据步骤 D103 的处理过程,找出对应于 JND 临界图像的高斯卷积时的方差参数值,该值的平均值即为该被试对该原始图像细节层次感的 JND 值;
- [0053] 步骤 D4 更换不同的原始图像及被试,重复步骤 D1-D3;将所有被试对不同原始图像细节层次感的 JND 值进行均值计算及方差分析确定图像细节层次感的 JND 值。

[0054] 本发明所达到的有益效果：本发明实现了以统一单位度量自然图像主要属性的可行性，便于评估显示器亮度、色饱和度等相关参数改变时人眼能察觉的终端显示质量的变化量，利于折中考虑改进不同技术参数对图像显示质量的影响，具有较高的实际应用价值。

附图说明

[0055] 图 1 是本发明的测试图像的生成过程示意图。

[0056] 图 2 是本发明的不同图像属性的统一单位等效性验证实验界面。

[0057] 图 3 是本发明的统一单位度量图像不同属性的等效性验证结果图。

具体实施方式

[0058] 下面结合附图对本发明作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案，而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0059] 本发明采用如下技术方案：一种度量自然图像主要属性的方法，其特征在于，包括如下步骤：

[0060] 本发明的图像峰值亮度 JND 值按照以下方法测定。

[0061] 步骤 A1 按照以下方法对原始图像进行处理，得到测试图像：

[0062] 步骤 A101 通过伽马校正将原始图像转换至线性空间；本具体实施方式中 $\gamma = 2.2$ ；

[0063] 步骤 A102 然后将线性转换后的图像由 RGB 空间经 XYZ 空间转换到 xyY 空间；

[0064] 步骤 A103 在 xyY 空间中，保持其它分量不变，仅对分量 Y 按照一组不同的压缩系数分别进行线性压缩，所述一组压缩系数在 0.85-0.99 之间等间隔分布；本具体实施方式中，采用 40 个在 0.85-0.99 之间等间隔分布的压缩系数；

[0065] 步骤 A104 将线性压缩后的图像由 xyY 空间转换回 RGB 空间，得到一组具有不同压缩系数的测试图像。

[0066] 测试图像的生成过程如图 1 所示，将原始图像由 RGB 空间经 XYZ 空间转换到 xyY，然后再进行亮度相关的图像处理，好处是可以保证图像处理过程中色饱和度分量保持不变。

[0067] 步骤 A2 利用阶梯法结合二项迫选法进行视觉感知实验，找出至少一幅测试图作为 JND 临界图像。

[0068] 在进行 JND 研究时，需要利用基于心理物理学方法的视觉感知实验确定 JND 临界图像，最常用的是阶梯法结合二项迫选法：将测试图与原图同时并排显示在屏幕上，由被试判定能否察觉测试图与原图亮度间的区别；每次在显示器上同时显示两幅图像，一幅为参考图（即原图），另一幅为测试图。根据二项迫选法的规定，被试需要在两幅图中选出其认为哪幅图较暗。起初，测试图与参考图间亮度差别很大，被试可以很容易将二者区分开，即正确回答哪幅图较暗。如果被试回答正确，则下幅测试图与参考图间差别将被减小。被试一旦回答错误，就增加测试图与参考图间的亮度差别。

[0069] 本具体实施方式中采用以下实验方法：每次在显示器上同时显示两幅图像，一幅为原始图像，另一幅为测试图，由被试在两幅图中选出其认为哪幅图较暗；如果被试选择正确，则更换压缩系数较小的测试图；被试一旦选择错误，则更换压缩系数较大的测试图；重

复上述过程；其中，实验起始变化步长是 8，经过 2 个拐点后步长减半为 4，再经过 4 个拐点，步长变为 2，再经过 6 个拐点后，变化步长减为 1；当步长为 1 时的拐点总数达到 6 时停止；最后 6 个拐点所对应的测试图即为 JND 临界图像。

[0070] 步骤 A3 将原始图像和 JND 临界图像分别划分为大小为 $K \times K$ 个像素的图像块，然后分别选出原始图像和 JND 临界图像中平均灰度最大的图像块。

[0071] 由于被试仅需要观察出原始图像与测试图像间有差别即可，在图像处理过程中仅对 Y 分量进行线性压缩，也就是说平均灰度最大的图像块其实际的亮度变化也最大，即被试较容易观察出其差异。面对一个复杂的场景，人眼视觉系统依靠视网膜将场景的信息从光波转换成大脑可以处理的神经信号。视觉注意使得人眼视觉系统可以通过移动在图像上的关注点，多关注显著位置、少关注不重要的区域来处理视觉输入的优先级。在视网膜中心的中央凹拥有高密度的对色彩敏感的锥状细胞，因而有更好的空间和色饱和度分辨力。在人眼的外围视觉中，也就是中央凹视角范围外，看到的图像是不清晰的。然而中央凹所能覆盖的视角仅有大约 2 度。因此图像块的大小应以人眼 2 度视角所覆盖的面积为宜。考虑到通用性，以图像分辨率为 620×700 ，屏幕分辨率为 1280×1024 来进行计算。假定屏幕高度为 H，宽度为 W。观测距离为 $L = 4 \times H$ 。求 2 度视角所覆盖的图像的像素数方法如下：

[0072] 当视角在屏幕上的宽度为 D，观测距离为 L 时，对应的视角为：

$$[0073] \quad \alpha = 2 \arctan(D/2L) \quad (1)$$

$$[0074] \quad D = 2 * L * \tan(\alpha / 2)$$

$$[0075] \quad = 2 * 4 * H * \tan(\pi/180)$$

$$[0076] \quad n = D * 1024 / H \quad (2)$$

$$[0077] \quad = 8H * \tan(\pi/180) * 1024 / H$$

$$[0078] \quad = 8 * 1024 * \tan(\pi/180)$$

$$[0079] \quad = 143$$

[0080] 因而，对应于 2 度视角的像素数大约为直径为 143 个像素的圆形区域。为简便起见，本具体实施方式中将图像划分为 143×143 个像素的图像块。

[0081] 步骤 A4 根据显示器的伽马曲线，计算原始图像和 JND 临界图像中平均灰度最大的图像块的平均灰度值所对应的实际显示亮度的差值，该差值的平均值即为该被试对该原始图像峰值亮度的 JND 值。

[0082] 通过测试所使用显示器的伽马曲线，可以得到每一灰度值所对应的在该显示器上的实际显示亮度。假设原始图像中平均灰度最大的图像块的平均灰度（即图像块中所有像素灰度值的平均值）为 S_0 ，对应于显示器上的实际显示亮度为 B_0 ，第 i 个 JND 临界图像（假设其个数为 N ）中平均灰度最大的图像块的平均灰度为 S_i ，对应于显示器上的实际显示亮度为 B_1 ，则该被试对该原始图像亮度的 JND 值 X 可用下式表示：

$$[0083] \quad X = \frac{\sum_{i=1}^N |B_0 - B_i|}{N} \quad (3)$$

[0084] 步骤 A5 更换不同的原始图像及被试，重复步骤 A1-A4；将所有被试对不同原始图像的峰值亮度 JND 值进行均值计算及方差分析确定图像峰值亮度的 JND 值。

[0085] 本发明的图像暗场亮度 JND 值按照以下方法测定：

- [0086] 步骤 B1 按照以下方法对原始图像进行处理,得到测试图像:
- [0087] 步骤 B101 通过伽马校正将原始图像转换至线性空间;
- [0088] 步骤 B102 将步骤 B101 处理后的图像由 RGB 空间经 XYZ 空间转换到 xyY 空间;
- [0089] 步骤 B103 在 xyY 空间中,保持其它分量不变,将分量 Y 按照一组在 0.983-1 之间分布的不同的压缩系数分别进行线性压缩;
- [0090] 步骤 B104 将线性压缩后的一系列图像由 xyY 空间转换回 RGB 空间,得到一组具有不同压缩系数的测试图像;
- [0091] 测试图像的生成过程如图 1 所示,将原始图像由 RGB 空间经 XYZ 空间转换到 xyY,然后再进行亮度相关的图像处理,好处是可以保证图像处理过程中色饱和度分量保持不变。
- [0092] 步骤 B2 利用所述一组具有不同压缩系数的测试图像进行视觉感知实验,找出至少一幅测试图像作为 JND 临界图像;详细的实验方法与步骤 A2 中的方法类似,此处不再赘述;
- [0093] 步骤 B3 根据显示器的伽马曲线,分别计算原始图像和 JND 临界图像的每像素灰度值所对应的实际显示亮度的差值,该差值的平均值即为视觉感知实验中的被试对该原始图像暗场亮度的 JND 值;
- [0094] 步骤 B4 更换不同的原始图像及被试,重复步骤 B1 ~ B3,将所有被试对不同原始图像的暗场亮度 JND 值进行均值计算及方差分析确定图像暗场亮度的 JND 值。
- [0095] 本发明的所述图像色饱和度 JND 值按照以下方法测定:
- [0096] 步骤 C1 按照以下方法对原始图像进行处理,得到测试图像:
- [0097] 步骤 C101 通过伽马校正将原始图像转换至线性空间;
- [0098] 步骤 C102 然后将线性转换后的图像由 RGB 空间经 XYZ 空间和 Lab 空间转换到 LCH 空间;
- [0099] 步骤 C103 在 LCH 空间中,保持其它分量不变,仅将分量 C 按照一组不同的改变量减小,所述分量 C 的一组不同的改变量在 0.2-1.5 范围内等间隔分布;
- [0100] 步骤 C104 将 C 分量减小后的图像由 LCH 空间转换回 RGB 空间,得到一组具有不同色饱和度分量的测试图像。
- [0101] 测试图像的生成过程如图 1 所示,将原始图像由 RGB 空间经 XYZ 空间和 Lab 空间转换到 LCH 空间,然后再进行色饱和度相关的图像处理,好处是可以保证图像处理过程中色饱和度分量保持不变。本具体实施方式中,对分量 C 的改变量为 0.2-1.5,等间隔分布,间隔 ΔC 为 0.1。
- [0102] 步骤 C2 利用阶梯法结合二项迫选法进行视觉感知实验,找出至少一幅测试图作为 JND 临界图像;详细的实验方法与步骤 A2 中的方法类似,此处不再赘述;
- [0103] 步骤 C3 计算原始图像和 JND 临界图像中平均色饱和度值的差值,该差值的平均值即为该被试对该原始图像色饱和度的 JND 值;
- [0104] 步骤 C4 更换不同的原始图像及被试,重复步骤 C1-C3;将所有被试对不同原始图像的色饱和度 JND 值进行均值计算及方差分析确定图像色饱和度的 JND 值。
- [0105] 本发明的图像细节层次感 JND 值按照以下方法测定:
- [0106] 步骤 D1 按照以下方法对原始图像进行处理,得到测试图像:

[0107] 步骤 D101 通过伽马校正将原始图像转换至线性空间；

[0108] 步骤 D102 然后将线性转换后的图像由 RGB 空间经 XYZ 空间转换到 xyY 空间；

[0109] 步骤 D103 在 xyY 空间中,保持其它分量不变,按照一组不同方差参数的高斯函数仅对分量 Y 进行卷积,所述一组方差参数在 0.1-0.8 之间等间隔分布；

[0110] 步骤 D104 将卷积后的图像由 xyY 空间转换回 RGB 空间,得到一组具有不同模糊程度的测试图像,测试图像的生成过程如图 1 所示。

[0111] 步骤 D2 利用阶梯法结合二项迫选法进行视觉感知实验,找出至少一幅测试图作为 JND 临界图像；详细的实验方法与步骤 A2 中的方法类似,此处不再赘述；

[0112] 步骤 D3 根据步骤 D103 的处理过程,找出对应于 JND 临界图像的高斯卷积时的方差参数值,该值的平均值即为该被试对该原始图像细节层次感的 JND 值；

[0113] 步骤 D4 更换不同的原始图像及被试,重复步骤 D1-D3；将所有被试对不同原始图像的的细节层次感 JND 值进行均值计算及方差分析确定图像细节层次感的 JND 值。

[0114] 根据以下方法验证统一单位 JND 在不同图像属性上的等效性。步骤一、按照以下方法对原始图像进行处理,得到测试图像：

[0115] 方法 1、按照步骤 A 的方法,将原始图像的峰值亮度改变 2 倍 JND 的量；

[0116] 在主观实验中,分别在不同图像属性上改变等量的 JND 生成两幅测试图,请被试判断两幅测试图与参考图间差别是否相当。因此被试至少应该能观察到测试图与参考图间的差别。而一个 JND 为 75% 的被试恰能观察到的差别,因此实验中我们将各个图像属性分别改变两倍 JND,从而保证更多被试都能看的出处理后的测试图与参考图间的差别。

[0117] DICOM 中不同亮度条件下的两个 JND 与一个 JND 亮度间的关系如表 1 所示。鉴于我们实验用显示器的亮度范围为 $0.33\text{--}238\text{cd/m}^2$,从 DICOM 标准中在该范围内选取不同起始亮度,研究该起始亮度下改变 1 个 JND 和 2 个 JND 的亮度变化情况。根据计算,对于亮度而言,2 个 JND 的变化量大约相当于 1 个 JND 变化量的两倍。因此我们在处理测试图像时分别对不同图像属性改变 2 倍的 JND 的变化量。

[0118] 表 1 DICOM 中亮度的 JND

[0119]

亮度 (cd/m ²) / JND 序号	亮度(cd/m ²) / JND 序号	亮度(cd/m ²) / JND 序号	1 个 JND 的 增量(cd/m ²)	2 个 JND 的 增量(cd/m ²)	2JND/1JND
0.32/34	0.34/35	0.35/36	0.01	0.03	2.02
5.05/162	5.12/163	5.19/164	0.07	0.14	2.01
61.91/414	62.40/415	62.90/416	0.49	0.99	2.01
151.42/533	152.51/534	153.61/535	1.09	2.19	2.01
238.00/597	239.66/598	241.33/599	1.66	3.33	2.01

[0120] 方法 2、按照步骤 B 的方法,将原始图像的暗场亮度改变 2 倍 JND 的量；

[0121] 方法 3、按照步骤 C 的方法,将原始图像的色饱和度改变 2 倍 JND 的量；

[0122] 方法 4、按照步骤 D 的方法,将原始图像的细节层次感改变 2 倍 JND 的量；

[0123] 步骤二、以原始图像为参照,分别对比上述四组测试图中的任两组与原图的差别,找出哪组中测试图像与参照图间的差异比较大。

[0124] 在主观实验中,每次同时在屏幕上显示 4 张图像,图像间用中等灰度的色条间隔

开,如图 2 所示。其中左边上下两幅均为参考图,右边上下两幅为测试图像,两张测试图像分别是在参考图的基础上改变不同图像属性的 JND 的 2 倍的变化量。为了减小屏幕自身不均匀性的影响,右边两幅图做了水平方向镜像翻转。被试需要首先对比上边一组图片中测试图像与参考图的差别,并指出差别在什么地方。而后对比下边一组图片中测试图像与参考图的差别,同样指出差别所在。最后再对比上下两组图像中,指出哪组中的测试图像与参考图间的差异较大。

[0125] 为了防止两组图像间的干扰,在对比每组图像间差别的时候,将另外一组图像遮住。只有在需要对比上下两组间差别的时候才同时显示两组图像。实验前,首先请被试阅读写好的实验说明,了解需要完成的任务以及注意事项。

[0126] 步骤三、更换不同的图像内容和被试,重复步骤一、步骤二。

[0127] 步骤四、采用统计模型,分别求出不同图像属性改变量对应的 Z 值,而后进行显著性统计分析。

[0128] 本次实验采用的成对比较法,即请被试对比在不同属性上改变等量的 JND 时视觉效果是否等效。在本实验中对四个图像属性中两两组合进行成对比较。实验结果可以采用 Thurstone 模型进行分析。对任意两个对比的刺激 L_x 和 L_y ,根据实验数据可以统计出 L_x 高于 L_y 的概率 P_{xy} ,而后利用正态分布概率函数的反函数可以求出两个刺激间的 Z 差值,即

[0129] $\Phi^{-1}(p_{xy}) = L_x - L_y$ (4) 式中 $\Phi^{-1}(p_{xy})$ 为正态分布概率函数的反函数。以此类推,将每种图像属性进行两两比较,可以求出所有图像属性之间的 Z 差值,并据此建立线性回归方程:

$$[0130] \quad \Phi^{-1}p_{xy} = aL_0 + bL_1 + cL_2 \quad (5)$$

[0131] 式中 a, b, c 值即是相应的各个图像属性的 Z 值,假定 Z 值最小的图像属性的 Z 值为 0。为比较不同图像属性的 Z 值间是否存在统计意义上的显著差异,通过计算上述 Z 值的置信区间来确定两种图像属性间的差异是否属于偶然的小概率事件,即判断各 Z 值间的置信区间是否重合。

[0132] 实验中采用了多幅图像内容,因此还需要考虑可能存在的图像内容的影响。为了比较不同图像内容之间的差异,引入图像内容与各图像属性的交叉项。在上式基础上加入扩展的交叉项,即

$$[0133] \quad \Phi^{-1}p_{xy} = aL_0 + bL_1 + cL_2 + dL_3 + af(L_0F) + bf(L_1F) + cf(L_2F) \quad (6)$$

[0134] 式中 F 表示图像内容。通过比较 (5) 和 (6) 的残差及自由度,可以分析图像内容的影响。因此在主观数据分析的过程中,首先利用 (5) 和 (6) 判断图像内容的影响。如果图像内容对统计结果有影响,则针对不同图像内容采用 (5) 进行分析。否则在分析时可以不再区分不同图像内容的数据。

[0135] 为了验证本发明的方法,进行以下实验:

[0136] 采用 Philips 19 英寸的 LCD 监视器,显示器的白场被调整至 D65,显示屏峰值亮度为 264cd/m²,暗场亮度为 0.33cd/m²。过程中观测距离为 4 倍的屏幕高度,大约 1.2m。测试房间环境光设置为屏前垂直方向 20lx,显示屏后方照度大约为 10-20lx,接近家用电视的实际环境光设置。考虑到图像内容对图像亮度的 JND 可能存在影响,所用图像具有一定的代表性,既包括亮度分布不同的图像,也包括肤色、植物、动物等内容。采用本发明方法进行图像亮度、色饱和度和细节层次感 JND 值的测定。参与实验的被试人数均为 20,年龄介于

20 ~ 70 岁之间,其中男性和女性各 10 人。

[0137] 首先测定图像四个属性的 JND 值,而后根据测得的 JND 值,采用步骤一中所述方法生成测试图像,由被试进行主观质量评价。对评价结果采用统计模型进行分析,分别求出不同属性改变量对应的 Z 值,而后采用 splus 进行显著性统计分析,最后用 matlab 生成直观的对应 Z 分数的分布图,如图 3 所示。用横线连在一起的属性表明它们的 Z 分数间无统计意义上的显著差异。结果显示,图像内容对不同图像属性的等量 JND 的等效性影响不显著。

[0138] 本实验验证了以统一单位度量自然图像主要属性的可行性,便于评估显示器亮度、色饱和度等相关参数改变时人眼能察觉的终端显示质量的变化量,利于折中考虑改进不同技术参数对图像显示质量的影响,具有较高的实际应用价值。

[0139] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和变形,这些改进和变形也应视为本发明的保护范围。

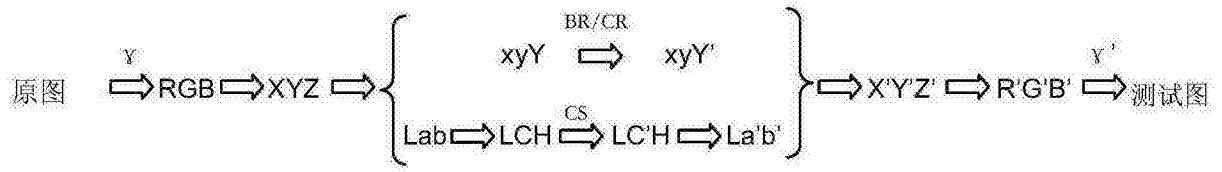


图 1

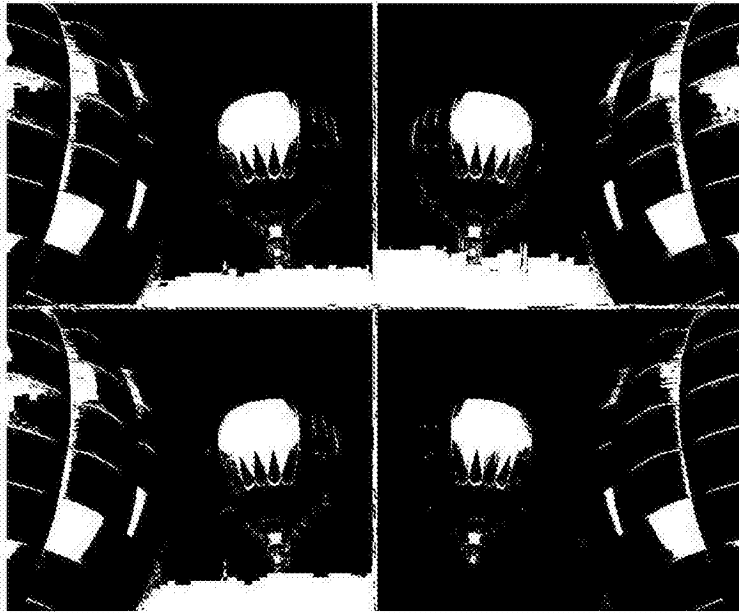


图 2

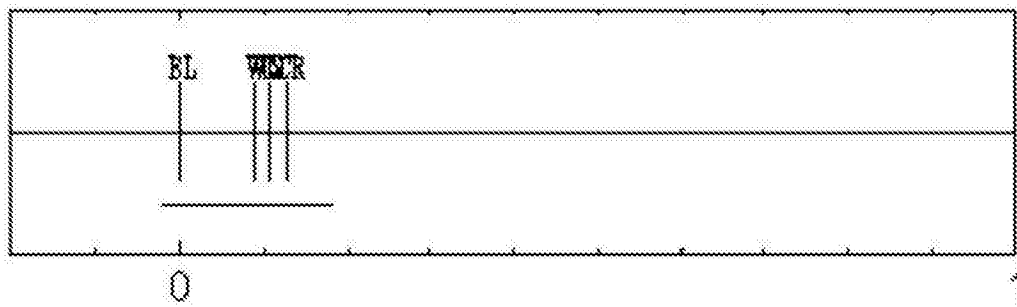


图 3