



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102663747 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 27

(21) 申请号 201210081617. 1

(22) 申请日 2012. 03. 23

(73) 专利权人 宁波大学

地址 315211 浙江省宁波市江北区风华路 818 号

(72) 发明人 郁梅 毛香英 蒋刚毅 周俊明 李福翠 邵枫 彭宗举

(74) 专利代理机构 宁波奥圣专利代理事务所 (普通合伙) 33226

代理人 程晓明 周珏

(51) Int. Cl.

G06T 7/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2011/069055 A2, 2011. 06. 09, 全文.

CN 101872479 A, 2010. 10. 27, 全文.

CN 102209257 A, 2011. 10. 05, 全文.

CN 102333233 A, 2012. 01. 25, 全文.

王阿红等. 一种基于人眼视觉特性的立体图像质量客观评价方法. 《光电工程》. 2011, 第 38 卷 (第 1 期), 134-141.

Xiangying Mao 等. Stereoscopic image quality assessment model with three-component weighted structure similarity. 《Audio Language and Image Processing (ICALIP), 2010 International Conference on》. 2010, 1175-1179.

周俊明等. 利用奇异值分解法的立体图像客观质量评价模型. 《计算机辅助设计与图形学学报》. 2011, 第 23 卷 (第 5 期), 870-877.

审查员 李炜豪

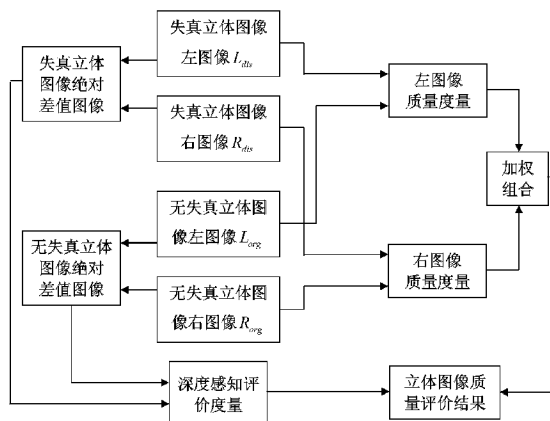
权利要求书11页 说明书21页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于视觉感知的立体图像客观质量评价方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于视觉感知的立体图像客观质量评价方法,其从左右视点图像质量和深度感知两部分出发,左右视点图像质量对多尺度上的结构信息进行捕捉,有效地反映原始和失真立体图像对的结构相似度的差异,而立体深度感主要是由于人的左右眼看到的图像存在细微的差异造成的,故通过比较原始和失真绝对差值图的亮度失真、结构失真及灵敏度失真获得深度感知评价价值,然后对这两部分的评价价值进行非线性拟合得到最终的立体图像质量评价指标,由于本方法融入了立体图像特有的深度感特性和图像质量损失特性的客观评价模型结果既能反映立体图像的质量又能反映深度感,因此评价结果可以客观地反映立体图像处理或压缩算法对立体图像质量变化的影响。



1. 一种基于视觉感知的立体图像客观质量评价方法,其特征在于包括以下步骤:

①令 S_{org} 为原始的无失真的立体图像,令 S_{dis} 为待评价的失真的立体图像,将原始的无失真的立体图像 S_{org} 的左视点图像记为 L_{org} ,将原始的无失真的立体图像 S_{org} 的右视点图像记为 R_{org} ,将待评价的失真的立体图像 S_{dis} 的左视点图像记为 L_{dis} ,将待评价的失真的立体图像 S_{dis} 的右视点图像记为 R_{dis} ;

②对 L_{org} 、 R_{org} 、 L_{dis} 和 R_{dis} 4 幅图像分别实施 M 级正交小波 9/7 滤波和下采样的尺度分解,分别得到 L_{org} 、 R_{org} 、 L_{dis} 和 R_{dis} 4 幅图像各自对应的 M 个子带的系数矩阵,将 L_{org} 实施第 m 级正交小波 9/7 滤波和下采样的尺度分解后得到的对应的第 m 个子带的系数矩阵记为 $C_m^{org,L}$,将 R_{org} 实施第 m 级正交小波 9/7 滤波和下采样的尺度分解后得到的对应的第 m 个子带的系数矩阵记为 $C_m^{org,R}$,将 L_{dis} 实施第 m 级正交小波 9/7 滤波和下采样的尺度分解后得到的对应的第 m 个子带的系数矩阵记为 $C_m^{dis,L}$,将 R_{dis} 实施第 m 级正交小波 9/7 滤波和下采样的尺度分解后得到的对应的第 m 个子带的系数矩阵记为 $C_m^{dis,R}$,其中, $1 \leq m \leq M$;

③对 L_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别实施区域划分,得到 L_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像各自对应的三个区域系数矩阵,对 R_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别实施区域划分,得到 R_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像各自对应的三个区域系数矩阵,对 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别实施区域划分,得到 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像各自对应的三个区域系数矩阵,对 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别实施区域划分,得到 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像各自对应的三个区域系数矩阵,其中,三个区域分别为边缘区域、平坦区域和纹理区域;将 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵均记为 $A_{m,e}^L$,对于 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点,判断该两个像素点是否均属于边缘区域,如果是,则将 $A_{m,e}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,e}^L(i, j)$ 赋值为 1,否则,将 $A_{m,e}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,e}^L(i, j)$ 赋值为 0,将 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的平坦区域系数矩阵均记为 $A_{m,f}^L$,对于 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点,判断该两个像素点是否均属于平坦区域,如果是,则将 $A_{m,f}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,f}^L(i, j)$ 赋值为 1,否则,将 $A_{m,f}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,f}^L(i, j)$ 赋值为 0,将 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的纹理区域系数矩阵均记为 $A_{m,t}^L$,对于 L_{org} 的第 m 个子

带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点, 判断该两个像素点是否均属于纹理区域, 如果是, 则将 $A_{m,t}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,t}^L(i, j)$ 赋值为 1, 否则, 将 $A_{m,t}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,t}^L(i, j)$ 赋值为 0, 将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵均记为 $A_{m,e}^R$, 对于 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点, 判断该两个像素点是否均属于边缘区域, 如果是, 则将 $A_{m,e}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,e}^R(i, j)$ 赋值为 1, 否则, 将 $A_{m,e}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,e}^R(i, j)$ 赋值为 0, 将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的平坦区域系数矩阵均记为 $A_{m,f}^R$, 对于 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点, 判断该两个像素点是否均属于平坦区域, 如果是, 则将 $A_{m,f}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,f}^R(i, j)$ 赋值为 1, 否则, 将 $A_{m,f}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,f}^R(i, j)$ 赋值为 0, 将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的纹理区域系数矩阵均记为 $A_{m,t}^R$, 对于 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点, 判断该两个像素点是否均属于纹理区域, 如果是, 则将 $A_{m,t}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,t}^R(i, j)$ 赋值为 1, 否则, 将 $A_{m,t}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,t}^R(i, j)$ 赋值为 0, 其中, $A_{m,e}^L(i, j)$ 表示 $A_{m,e}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_{m,f}^L(i, j)$ 表示 $A_{m,f}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_{m,t}^L(i, j)$ 表示 $A_{m,t}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_{m,e}^R(i, j)$ 表示 $A_{m,e}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_{m,f}^R(i, j)$ 表示 $A_{m,f}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_{m,t}^R(i, j)$ 表示 $A_{m,t}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, 此处 $0 \leq i < (W_m - 7)$, $0 \leq j < (H_m - 7)$, W_m 表示 $C_m^{org,L}$ 、 $C_m^{org,R}$ 、 $C_m^{dis,L}$ 、 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的宽度, H_m 表示 $C_m^{org,L}$ 、 $C_m^{org,R}$ 、 $C_m^{dis,L}$ 、 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的高度;

④将 L_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别分割成 $(W_m - 7) \times (H_m - 7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块, 将 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别分割成 $(W_m - 7) \times (H_m - 7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块, 然后分别计算 L_{org} 的 M 个子

带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图和标准差映射图,并分别计算 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图和标准差映射图,再分别计算 L_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中与 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有坐标位置相同的两个重叠块的协方差映射图,将 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图的系数矩阵和标准差映射图的系数矩阵分别记为

$$U_m^{org,L} \quad \text{和} \quad \sigma_m^{org,L}, \quad U_m^{org,L}(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 C_m^{org,L}(i+x, j+y),$$

$\sigma_m^{org,L}(i, j) = \sqrt{\frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (C_m^{org,L}(i+x, j+y) - U_m^{org,L}(i, j))^2}$, 将 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图的系数矩阵和标准

差映射图的系数矩阵分别记为 $U_m^{dis,L}$ 和 $\sigma_m^{dis,L}$, $U_m^{dis,L}(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 C_m^{dis,L}(i+x, j+y)$,

$$\sigma_m^{dis,L}(i, j) = \sqrt{\frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (C_m^{dis,L}(i+x, j+y) - U_m^{dis,L}(i, j))^2},$$

将 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像中与 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中所有坐标位置相同的两个重叠块的协方差映射图的系数矩阵记为

$$B_m^L, \quad B_m^L(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 ((C_m^{org,L}(i+x, j+y) - U_m^{org,L}(i, j)) \times (C_m^{dis,L}(i+x, j+y) - U_m^{dis,L}(i, j))),$$

其中, $U_m^{org,L}(i, j)$ 表示 $C_m^{org,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的均值, $C_m^{org,L}(i+x, j+y)$ 表示 $C_m^{org,L}$ 中坐标位置为 (i+x, j+y) 处的系数, $\sigma_m^{org,L}(i, j)$ 表示 $C_m^{org,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的标准差, $U_m^{dis,L}(i, j)$ 表示 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的均值, $C_m^{dis,L}(i+x, j+y)$ 表示 $C_m^{dis,L}$ 中坐标位置为 (i+x, j+y) 处的系数, $\sigma_m^{dis,L}(i, j)$ 表示 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的标准差, $B_m^L(i, j)$ 表示 $C_m^{org,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的协方差值, 此处 $0 \leq i < (W_m - 7), 0 \leq j < (H_m - 7)$;

将 R_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别分割成 $(W_m - 7) \times (H_m - 7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块, 将 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别分割成 $(W_m - 7) \times (H_m - 7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块, 然后分别计算 R_{org} 的 M 个子带

的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图和标准差映射图,并分别计算 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图和标准差映射图,再分别计算 R_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中与 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有坐标位置相同的两个重叠块的协方差映射图,将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图的系数矩阵和标准差映射图的系数矩阵分别记为

$$U_m^{org,R} \quad \text{和} \quad \sigma_m^{org,R}, \quad U_m^{org,R}(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 C_m^{org,R}(i+x, j+y),$$

$$\sigma_m^{org,R}(i, j) = \sqrt{\frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (C_m^{org,R}(i+x, j+y) - U_m^{org,R}(i, j))^2},$$

将 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图的系数矩阵和标准

$$U_m^{dis,R} \quad \text{和} \quad \sigma_m^{dis,R}, \quad U_m^{dis,R}(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 C_m^{dis,R}(i+x, j+y)$$

$$\sigma_m^{dis,R}(i, j) = \sqrt{\frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (C_m^{dis,R}(i+x, j+y) - U_m^{dis,R}(i, j))^2},$$

将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像中与 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中所有坐标位置相同的两个重叠块的协方差映射图的系数矩阵记为

$$B_m^R, \quad B_m^R(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 ((C_m^{org,R}(i+x, j+y) - U_m^{org,R}(i, j)) \times (C_m^{dis,R}(i+x, j+y) - U_m^{dis,R}(i, j))),$$

其中, $U_m^{org,R}(i, j)$ 表示 $C_m^{org,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的均值, $C_m^{org,R}(i+x, j+y)$ 表示 $C_m^{org,R}$ 中坐标位置为 (i+x, j+y) 处的系数, $\sigma_m^{org,R}(i, j)$

表示 $C_m^{org,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的标准

差, $U_m^{dis,R}(i, j)$ 表示 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有

像素点的均值, $C_m^{dis,R}(i+x, j+y)$ 表示 $C_m^{dis,R}$ 中坐标位置为 (i+x, j+y) 处的系数, $\sigma_m^{dis,R}(i, j)$

表示 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的标准

差, $B_m^R(i, j)$ 表示 $C_m^{org,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有

像素点和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点

的协方差值,此处 $0 \leq i < (W_m - 7), 0 \leq j < (H_m - 7)$;

⑤ 计算 L_{org} 和 L_{dis} 的结构相似度值,记为 Q^L , $Q^L = (L_{M,L})^{\alpha_M} \times \prod_{m=1}^M (Q_{m,L})^{\alpha_m}$, 其中, $L_{m,L} =$

$$b_1 \times L_{m,e,L} + b_2 \times L_{m,f,L} + b_3 \times L_{m,t,L}, Q_{m,L} = b_1 \times Q_{m,e,L} + b_2 \times Q_{m,f,L} + b_3 \times Q_{m,t,L},$$

$$L_{m,e,L} = \frac{1}{N_{e,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times U_M^{org,L}(i,j) \times U_M^{dis,L}(i,j) \times A_{m,e}^L(i,j) + C_1}{(U_M^{org,L}(i,j) \times A_{m,e}^L(i,j))^2 + (U_M^{dis,L}(i,j) \times A_{m,e}^L(i,j))^2 + C_1}, \quad N_{e,L} = \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} A_{m,e}^L(i,j),$$

$$L_{m,f,L} = \frac{1}{N_{f,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times U_M^{org,L}(i,j) \times U_M^{dis,L}(i,j) \times A_{m,f}^L(i,j) + C_1}{(U_M^{org,L}(i,j) \times A_{m,f}^L(i,j))^2 + (U_M^{dis,L}(i,j) \times A_{m,f}^L(i,j))^2 + C_1}, \quad N_{f,L} = \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} A_{m,f}^L(i,j),$$

$$L_{m,t,L} = \frac{1}{N_{t,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times U_M^{org,L}(i,j) \times U_M^{dis,L}(i,j) \times A_{m,t}^L(i,j) + C_1}{(U_M^{org,L}(i,j) \times A_{m,t}^L(i,j))^2 + (U_M^{dis,L}(i,j) \times A_{m,t}^L(i,j))^2 + C_1}, \quad N_{t,L} = \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} A_{m,t}^L(i,j),$$

$$Q_{m,e,L} = H_{m,e,L} \times G_{m,e,L}, \quad Q_{m,f,L} = H_{m,f,L} \times G_{m,f,L}, \quad Q_{m,t,L} = H_{m,t,L} \times G_{m,t,L},$$

$$H_{m,e,L} = \frac{1}{N_{e,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{B_m^L(i,j) \times A_{m,e}^L(i,j) + C_3}{\sigma_m^{org,L}(i,j) \times \sigma_m^{dis,L}(i,j) \times A_{m,e}^L(i,j) + C_3}, \quad H_{m,f,L} = \frac{1}{N_{f,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{B_m^L(i,j) \times A_{m,f}^L(i,j) + C_3}{\sigma_m^{org,L}(i,j) \times \sigma_m^{dis,L}(i,j) \times A_{m,f}^L(i,j) + C_3},$$

$$H_{m,t,L} = \frac{1}{N_{t,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{B_m^L(i,j) \times A_{m,t}^L(i,j) + C_3}{\sigma_m^{org,L}(i,j) \times \sigma_m^{dis,L}(i,j) \times A_{m,t}^L(i,j) + C_3},$$

$$G_{m,e,L} = \frac{1}{N_{e,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{org,L}(i,j) \times \sigma_m^{dis,L}(i,j) \times A_{m,e}^L(i,j) + C_2}{(\sigma_m^{org,L}(i,j) \times A_{m,e}^L(i,j))^2 + (\sigma_m^{dis,L}(i,j) \times A_{m,e}^L(i,j))^2 + C_2},$$

$$G_{m,f,L} = \frac{1}{N_{f,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{org,L}(i,j) \times \sigma_m^{dis,L}(i,j) \times A_{m,f}^L(i,j) + C_2}{(\sigma_m^{org,L}(i,j) \times A_{m,f}^L(i,j))^2 + (\sigma_m^{dis,L}(i,j) \times A_{m,f}^L(i,j))^2 + C_2},$$

$$G_{m,t,L} = \frac{1}{N_{t,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{org,L}(i,j) \times \sigma_m^{dis,L}(i,j) \times A_{m,t}^L(i,j) + C_2}{(\sigma_m^{org,L}(i,j) \times A_{m,t}^L(i,j))^2 + (\sigma_m^{dis,L}(i,j) \times A_{m,t}^L(i,j))^2 + C_2}, \text{ 此处 } \alpha_m \text{ 表示 } Q_{m,L} \text{ 对应的权值,}$$

此处 b_1 、 b_2 和 b_3 分别表示 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像的边缘区域、平坦区域和纹理区域的权重值， C_1 、 C_2 和 C_3 均为常数，且 $C_1 \neq 0$ ， $C_2 \neq 0$ ， $C_3 \neq 0$ ， $U_M^{org,L}(i,j)$ 表示 L_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i,j) 的重叠块中所有像素点的均值， $U_M^{dis,L}(i,j)$ 表示 L_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i,j) 的重叠块中所有像素点的均值， $A_{m,e}^L(i,j)$ 表示 L_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵 $A_{m,e}^L$ 中坐标位置为 (i,j) 处的系数， $A_{m,f}^L(i,j)$ 表示 L_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的平坦区域系数矩阵 $A_{m,f}^L$ 中坐标位置为 (i,j) 处的系数， $A_{m,t}^L(i,j)$ 表示 L_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的纹理区域系数矩阵 $A_{m,t}^L$ 中坐标位置为 (i,j) 处的系数， W_m 表示 $C_M^{org,L}$ 或 $C_M^{org,R}$ 或 $C_M^{dis,L}$ 或 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像的宽度， H_m 表示 $C_M^{org,L}$ 或

$C_M^{org,R}$ 或 $C_M^{dis,L}$ 或 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像的高度；

计算 R_{org} 和 R_{dis} 的结构相似度值，记为 Q^R ， $Q^R = (L_{M,R})^{\alpha_M} \times \prod_{m=1}^M (Q_{m,R})^{\alpha_m}$ ，其中，

$$L_{M,R} = b_1 \times L_{M,e,R} + b_2 \times L_{M,f,R} + b_3 \times L_{M,l,R} \quad , \quad Q_{m,R} = b_1 \times Q_{m,e,R} + b_2 \times Q_{m,f,R} + b_3 \times Q_{m,l,R} \quad ,$$

$$L_{M,e,R} = \frac{1}{N_{e,R}} \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} \frac{2 \times U_M^{orgR}(i,j) \times U_M^{disR}(i,j) \times A_{M,e}^R(i,j) + C_1}{(U_M^{orgR}(i,j) \times A_{M,e}^R(i,j))^2 + (U_M^{disR}(i,j) \times A_{M,e}^R(i,j))^2 + C_1} \quad , \quad N_{e,R} = \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} A_{M,e}^R(i,j) \quad ,$$

$$L_{M,f,R} = \frac{1}{N_{f,R}} \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} \frac{2 \times U_M^{orgR}(i,j) \times U_M^{disR}(i,j) \times A_{M,f}^R(i,j) + C_1}{(U_M^{orgR}(i,j) \times A_{M,f}^R(i,j))^2 + (U_M^{disR}(i,j) \times A_{M,f}^R(i,j))^2 + C_1} \quad , \quad N_{f,R} = \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} A_{M,f}^R(i,j) \quad ,$$

$$L_{M,l,R} = \frac{1}{N_{l,R}} \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} \frac{2 \times U_M^{orgR}(i,j) \times U_M^{disR}(i,j) \times A_{M,l}^R(i,j) + C_1}{(U_M^{orgR}(i,j) \times A_{M,l}^R(i,j))^2 + (U_M^{disR}(i,j) \times A_{M,l}^R(i,j))^2 + C_1} \quad , \quad N_{l,R} = \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} A_{M,l}^R(i,j) \quad ,$$

$$Q_{m,e,R} = H_{m,e,R} \times G_{m,e,R} \quad , \quad Q_{m,f,R} = H_{m,f,R} \times G_{m,f,R} \quad , \quad Q_{m,l,R} = H_{m,l,R} \times G_{m,l,R} \quad ,$$

$$H_{m,e,R} = \frac{1}{N_{e,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{B_m^R(i,j) \times A_{m,e}^R(i,j) + C_3}{\sigma_m^{orgR}(i,j) \times \sigma_m^{disR}(i,j) \times A_{m,e}^R(i,j) + C_3} \quad , \quad H_{m,f,R} = \frac{1}{N_{f,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{B_m^R(i,j) \times A_{m,f}^R(i,j) + C_3}{\sigma_m^{orgR}(i,j) \times \sigma_m^{disR}(i,j) \times A_{m,f}^R(i,j) + C_3} \quad ,$$

$$H_{m,l,R} = \frac{1}{N_{l,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{B_m^R(i,j) \times A_{m,l}^R(i,j) + C_3}{\sigma_m^{orgR}(i,j) \times \sigma_m^{disR}(i,j) \times A_{m,l}^R(i,j) + C_3} \quad ,$$

$$G_{m,e,R} = \frac{1}{N_{e,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{orgR}(i,j) \times \sigma_m^{disR}(i,j) \times A_{m,e}^R(i,j) + C_2}{(\sigma_m^{orgR}(i,j) \times A_{m,e}^R(i,j))^2 + (\sigma_m^{disR}(i,j) \times A_{m,e}^R(i,j))^2 + C_2} \quad ,$$

$$G_{m,f,R} = \frac{1}{N_{f,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{orgR}(i,j) \times \sigma_m^{disR}(i,j) \times A_{m,f}^R(i,j) + C_2}{(\sigma_m^{orgR}(i,j) \times A_{m,f}^R(i,j))^2 + (\sigma_m^{disR}(i,j) \times A_{m,f}^R(i,j))^2 + C_2} \quad ,$$

$$G_{m,l,R} = \frac{1}{N_{l,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{orgR}(i,j) \times \sigma_m^{disR}(i,j) \times A_{m,l}^R(i,j) + C_2}{(\sigma_m^{orgR}(i,j) \times A_{m,l}^R(i,j))^2 + (\sigma_m^{disR}(i,j) \times A_{m,l}^R(i,j))^2 + C_2} \quad , \text{ 此处 } \alpha_m \text{ 表示 } Q_{m,R} \text{ 对应的权值,}$$

此处 b_1 、 b_2 和 b_3 分别表示 $C_M^{org,R}$ 对应的图像和 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像的边缘区域、平坦区域和纹理区域的权重值， $U_M^{orgR}(i,j)$ 表示 R_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i,j) 的重叠块中所有像素点的均值， $U_M^{disR}(i,j)$ 表示 R_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i,j) 的重叠块中所有像素点的均值， $A_{M,e}^R(i,j)$ 表示 R_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵 $A_{M,e}^R$ 中坐标位置为 (i,j) 处的系数， $A_{M,f}^R(i,j)$ 表示 R_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵 $A_{M,f}^R$ 中坐标位置为 (i,j) 处的系数， $A_{M,l}^R(i,j)$ 表示 R_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵

$C_M^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵 $A_{M,i}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数；

⑥根据 Q^L 和 Q^R 计算待评价的失真的立体图像 S_{dis} 相对于原始的无失真的立体图像 S_{org} 的空间频率相似度度量, 记为 Q_F , $Q_F = \omega_1 \times Q^L + \omega_r \times Q^R$, 其中, ω_1 表示 Q^L 的权值, ω_r 表示 Q^R 的权值；

⑦计算 L_{org} 与 R_{org} 的绝对差值图像, 记为 D_{LR}^{org} , $D_{LR}^{org} = |R_{org} - L_{org}|$, 计算 L_{dis} 与 R_{dis} 的绝对差值图像, 记为 D_{LR}^{dis} , $D_{LR}^{dis} = |R_{dis} - L_{dis}|$, 其中, “ $||$ ” 为取绝对值符号；

⑧对 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 分别实施区域划分, 得到 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 各自对应的三个区域系数矩阵, 三个区域分别为边缘区域、平坦区域和纹理区域, 将 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 的边缘区域系数矩阵均记为 A_e^{LR} , $A_e^{LR}(i, j) = \begin{cases} 0, & (i, j) \in \text{非边缘} \\ 1, & (i, j) \in \text{边缘} \end{cases}$, 将 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 的平坦区域系数矩阵均记

为 A_f^{LR} , $A_f^{LR}(i, j) = \begin{cases} 0, & (i, j) \in \text{非平坦} \\ 1, & (i, j) \in \text{平坦} \end{cases}$, 将 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 的纹理区域系数矩阵均记为 A_t^{LR} ,

$A_t^{LR}(i, j) = \begin{cases} 0, & (i, j) \in \text{非纹理} \\ 1, & (i, j) \in \text{纹理} \end{cases}$, 其中, $A_e^{LR}(i, j)$ 表示 A_e^{LR} 中坐标位置为 (i, j) 处的系数,

$A_f^{LR}(i, j)$ 表示 A_f^{LR} 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_t^{LR}(i, j)$ 表示 A_t^{LR} 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, 此处 $0 \leq i < (W-7)$, $0 \leq j < (H-7)$, W 表示 D_{LR}^{org} 或 D_{LR}^{dis} 的宽度, H 表示 D_{LR}^{org} 或 D_{LR}^{dis} 的高度；

⑨将 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 分别分割成 $(W-7) \times (H-7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块, 然后计算 D_{LR}^{org} 与 D_{LR}^{dis} 中所有坐标位置相同的两个重叠块的亮度失真映射图的系数矩阵、结构失真映射图的系数矩阵及灵敏度失真映射图的系数矩阵, 分别记为 P^{LR} 、 K^{LR} 及 E^{LR} , 对于 D_{LR}^{org} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块, 将其定义为当前重叠块, 计算当前重叠块与 D_{LR}^{dis} 中与当前重叠块坐标位置相同的重叠块的亮度失真映射值, 记为

$$P^{LR}(i, j), P^{LR}(i, j) = \begin{cases} 0.9 \times \sqrt{\frac{1}{|U_{org}^{LR}(i, j) - 127|}} & U_{org}^{LR}(i, j) > 127 \\ 1 & U_{org}^{LR}(i, j) = 127, \\ 0.3 \times \sqrt{\frac{1}{|U_{org}^{LR}(i, j) - 127|}} & U_{org}^{LR}(i, j) < 127 \end{cases}$$

计算当前重叠块与 D_{LR}^{dis} 中与当前重叠块坐标位置相同的重叠块的结构失真映射值, 记

$$\text{为 } K^{LR}(i, j), K^{LR}(i, j) = \frac{((\sigma_{org}^{LR}(i, j))^2 - (\sigma_{dis}^{LR}(i, j))^2)^2 + C_4}{((\sigma_{org}^{LR}(i, j))^2)^2 + ((\sigma_{dis}^{LR}(i, j))^2)^2 - 2(\sigma_{org,dis}^{LR}(i, j))^2 + C_4},$$

计算当前重叠块与 D_{LR}^{dis} 中与当前重叠块坐标位置相同的重叠块的灵敏度失真映射值, 记

$$\text{为 } E^{LR}(i, j), E^{LR}(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (D_{LR}^{org}(i+x, j+y) - D_{LR}^{dis}(i+x, j+y))^2, \text{ 其中, } U_{org}^{LR}(i, j)$$

表示 D_{LR}^{org} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的均值, $\sigma_{org}^{LR}(i, j)$ 表

示 D_{LR}^{org} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的标准差, $\sigma_{dis}^{LR}(i, j)$ 表

示 D_{LR}^{dis} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的标准差, $\sigma_{org,dis}^{LR}(i, j)$

表示 D_{LR}^{org} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点和 D_{LR}^{dis} 中左上角

的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的协方差, C_4 是常数, 且 $C_4 \neq 0$,

$D_{LR}^{org}(i+x, j+y)$ 表示 D_{LR}^{org} 中坐标位置为 $(i+x, j+y)$ 的像素点的像素值, $D_{LR}^{dis}(i+x, j+y)$ 表示

D_{LR}^{dis} 中坐标位置为 $(i+x, j+y)$ 的像素点的像素值, 此处 $0 \leq i < (W-7), 0 \leq j < (H-7)$;

⑩ 计算待评价的失真的立体图像 S_{dis} 相对于原始的无失真的立体图像 S_{org} 的立体感知评价度量, 记为 Q_s , $Q_s = b_1 \times Q_e + b_2 \times Q_f + b_3 \times Q_t$, 其中,

$$Q_e = \frac{1}{N_{e,LR}} \sum_{i=0}^{W-7} \sum_{j=0}^{H-7} (P^{LR}(i, j) \times E^{LR}(i, j) \times K^{LR}(i, j) \times A_e^{LR}(i, j)), \quad N_{e,LR} = \sum_{i=0}^{W-8} \sum_{j=0}^{H-8} A_e^{LR}(i, j),$$

$$Q_f = \frac{1}{N_{f,LR}} \sum_{i=0}^{W-7} \sum_{j=0}^{H-7} (P^{LR}(i, j) \times E^{LR}(i, j) \times K^{LR}(i, j) \times A_f^{LR}(i, j)), \quad N_{f,LR} = \sum_{i=0}^{W-8} \sum_{j=0}^{H-8} A_f^{LR}(i, j),$$

$$Q_t = \frac{1}{N_{t,LR}} \sum_{i=0}^{W-7} \sum_{j=0}^{H-7} (P^{LR}(i, j) \times E^{LR}(i, j) \times K^{LR}(i, j) \times A_t^{LR}(i, j)), \quad N_{t,LR} = \sum_{i=0}^{W-8} \sum_{j=0}^{H-8} A_t^{LR}(i, j);$$

⑪ 根据待评价的失真的立体图像 S_{dis} 相对于原始的无失真的立体图像 S_{org} 的空间频率相似度量 Q_f 和立体感知评价度量 Q_s , 计算待评价的失真的立体图像 S_{dis} 的图像质量评价分值, 记为 Q , $Q = Q_f \times (Q_s)^\lambda$, 其中, λ 表示权重系数值。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于视觉感知的立体图像客观质量评价方法, 其特征在于所述的步骤③中对 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分获取边缘区域系数矩阵 $A_{m,e}^L$ 、平坦区域系数矩阵 $A_{m,f}^L$ 和纹理区域系数矩阵 $A_{m,t}^L$ 的具体过程为:

③ -a1、对 $C_m^{org,L}$ 对应的图像作 Sobel 算子处理, 得到 $C_m^{org,L}$ 对应的图像的水平方向梯度图像和垂直方向梯度图像, 分别记为 $Z_{h,1}$ 和 $Z_{v,1}$, 然后计算 $C_m^{org,L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图, 记为 Z_1 , 将 $C_m^{org,L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_1 中坐标位置为 (i, j) 的像素点的梯度

幅值记为 $Z_1(i, j)$, 此处 $0 \leq i < (W_m - 7)$, $0 \leq j < (H_m - 7)$, W_m 表示 $C_m^{org,L}$ 或 $C_m^{org,R}$ 或 $C_m^{dis,L}$ 或 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的宽度, H_m 表示 $C_m^{org,L}$ 或 $C_m^{org,R}$ 或 $C_m^{dis,L}$ 或 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的高度;

③ -a2、对 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像作 Sobel 算子处理, 得到 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像的水平方向梯度图像和垂直方向梯度图像, 分别记为 $Z_{h,r}$ 和 $Z_{v,r}$, 然后计算 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图, 记为 Z_r , 将 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_r 中坐标位置为 (i, j) 的像素点的梯度幅值记为 $Z_r(i, j)$;

③ -a3、计算区域划分时所需的双阈值 T_1 和 T_2 , $T_1 = 0.06 \times \max(Z_1)$, $T_2 = 0.12 \times \max(Z_1)$, 其中, $\max()$ 为取最大值函数;

③ -a4、根据 $C_m^{org,L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_1 和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_r , 判定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中所有坐标位置相同的两个像素点为边缘像素点或平坦像素点或纹理像素点, 对于 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点, 如果 $Z_1(i, j) > T_2$ 或 $Z_r(i, j) > T_2$, 则确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为边缘像素点, 且令 $A_{m,e}^L(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非边缘像素点, 且令 $A_{m,e}^L(i, j) = 0$; 如果 $Z_1(i, j) < T_1$ 且 $Z_r(i, j) < T_2$, 则确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为平坦像素点, 且令 $A_{m,f}^L(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非平坦像素点, 且令 $A_{m,f}^L(i, j) = 0$; 如果 $T_1 \leq Z_1(i, j) \leq T_2$ 且 $Z_r(i, j) \leq T_2$, 则确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为纹理像素点, 且令 $A_{m,t}^L(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非纹理像素点, 且令 $A_{m,t}^L(i, j) = 0$;

所述的步骤③中对 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像分别实施区域划分获取边缘区域系数矩阵 $A_{m,e}^R$ 、平坦区域系数矩阵 $A_{m,f}^R$ 和纹理区域系数矩阵 $A_{m,t}^R$ 的具体过程为:

③ -b1、对 $C_m^{org,R}$ 对应的图像作 Sobel 算子处理, 得到 $C_m^{org,R}$ 对应的图像的水平方向梯度图像和垂直方向梯度图像, 分别记为 $Z_{h,1}'$ 和 $Z_{v,1}'$, 然后计算 $C_m^{org,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图, 记为 Z_1' , 将 $C_m^{org,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_1' 中坐标位置为 (i, j) 的像素点的

梯度幅值记为 $Z_1'(i, j)$, 此处 $0 \leq i < (W_m - 7)$, $0 \leq j < (H_m - 7)$, W_m 表示 $C_m^{org,L}$ 或 $C_m^{org,R}$ 或 $C_m^{dis,L}$ 或 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的宽度, H_m 表示 $C_m^{org,L}$ 或 $C_m^{org,R}$ 或 $C_m^{dis,L}$ 或 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的高度;

③ -b2、对 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像作 Sobel 算子处理, 得到 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的水平方向梯度图像和垂直方向梯度图像, 分别记为 $Z_{h,r}'$ 和 $Z_{v,r}'$, 然后计算 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图, 记为 Z_r' , 将 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_r' 中坐标位置为 (i, j) 的像素点的梯度幅值记为 $Z_r'(i, j)$;

③ -b3、计算区域划分时所需的双阈值 T_1' 和 T_2' , $T_1' = 0.06 \times \max(Z_1')$, $T_2' = 0.12 \times \max(Z_1')$, 其中, $\max()$ 为取最大值函数;

③ -b4、根据 $C_m^{org,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_1' 和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_r' , 判定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中所有坐标位置相同的两个像素点为边缘像素点或平坦像素点或纹理像素点, 对于 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点, 如果 $Z_1'(i, j) > T_2'$ 或 $Z_r'(i, j) > T_2'$, 则确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为边缘像素点, 且令 $A_{m,e}^R(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非边缘像素点, 且令 $A_{m,e}^R(i, j) = 0$; 如果 $Z_1'(i, j) < T_1'$ 且 $Z_r'(i, j) < T_2'$, 则确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为平坦像素点, 且令 $A_{m,f}^R(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非平坦像素点, 且令 $A_{m,f}^R(i, j) = 0$; 如果 $T_1' \leq Z_1'(i, j) \leq T_2'$ 且 $Z_r'(i, j) \leq T_2'$, 则确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为纹理像素点, 且令 $A_{m,t}^R(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非纹理像素点, 且令 $A_{m,t}^R(i, j) = 0$ 。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种基于视觉感知的立体图像客观质量评价方法, 其特征在于所述的步骤⑪中权重系数值 λ 的获取过程为:

⑪-1、采用 n 幅无失真的立体图像建立其在不同失真类型不同失真程度下的失真立体图像集, 失真立体图像集包括多幅失真的立体图像, 其中, $n \geq 1$;

⑪-2、利用主观质量评价方法获取失真立体图像集中的每幅失真的立体图像与其对应的无失真的立体图像的平均主观评分值的差值, 记为 DMOS, $DMOS \in [0, 100]$;

⑪-3、根据步骤①至⑩的过程, 计算失真立体图像集中的每幅失真的立体图像相对于对应的无失真的立体图像的空间频率相似度度量 Q_f 和立体感知评价度量 Q_s ;

⑪-4、采用数学优化方法来拟合失真立体图像集中的每幅失真的立体图像对应的 DMOS

及对应的空间频率相似度度量 Q_f 和立体感知评价度量 Q_s , 拟合函数为 $DMOS = Q_f \times (Q_s)^\lambda$, 从而得到最优情况下的 λ 值。

一种基于视觉感知的立体图像客观质量评价方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种立体图像质量评价技术,尤其是涉及一种基于视觉感知的立体图像客观质量评价方法。

背景技术

[0002] 随着互联网、通信和多媒体信息技术的快速发展,增强视觉逼真感和临场感的立体图像是下一代数字媒体技术的发展方向。同时,市场对立体视频系统开发与应用的需求也越来越迫切,如在立体数字电视、远程教育、远程工业控制、三维视频会议系统、虚拟现实系统、远程医疗、遥控机器人、自动导航、消费电子等诸多领域有着广泛的应用前景。立体图像质量评价在图像处理相关领域中有着重要地位,是比较各种立体图像处理算法性能优劣以及优化系统参数的重要指标。如何在 3DTV 系统的图像采集、编码压缩、网络传输等领域建立有效的立体图像质量评价机制成为图像领域的关键问题。立体图像质量评价分为主观质量评价和客观质量评价。主观质量评价虽更接近人的真实视觉感受,但由于需要多名评分者严格按着复杂程序和步骤进行,存在耗时、费用高、难以嵌入系统,评价结果易受评分者、测试条件和测试环境的影响等缺点。而客观质量评价能很好地克服主观质量评价的缺点。目前,立体图像客观质量评价主要是迁移平面图像质量评价算法,没有考虑立体特有的深度感知特性以及充分利用人眼视觉感知特性,因此客观质量评价模型与主观感知之间的一致性不是很好。为了满足快速发展的时代需求,设计全面、符合人眼视觉感知的立体图像客观质量评价方法迫在眉睫。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是提供一种能够有效提高立体图像质量客观评价模型与主观感知之间的一致性,为各种立体图像处理算法的评判提供准确的判断依据的基于视觉感知的立体图像客观质量评价方法。

[0004] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案为:一种基于视觉感知的立体图像客观质量评价方法,其特征在于包括以下步骤:

[0005] ①令 S_{org} 为原始的无失真的立体图像,令 S_{dis} 为待评价的失真的立体图像,将原始的无失真的立体图像 S_{org} 的左视点图像记为 L_{org} ,将原始的无失真的立体图像 S_{org} 的右视点图像记为 R_{org} ,将待评价的失真的立体图像 S_{dis} 的左视点图像记为 L_{dis} ,将待评价的失真的立体图像 S_{dis} 的右视点图像记为 R_{dis} ;

[0006] ②对 L_{org} 、 R_{org} 、 L_{dis} 和 R_{dis} 4 幅图像分别实施 M 级正交小波 9/7 滤波和下采样的尺度分解,分别得到 L_{org} 、 R_{org} 、 L_{dis} 和 R_{dis} 4 幅图像各自对应的 M 个子带的系数矩阵,将 L_{org} 实施第 m 级正交小波 9/7 滤波和下采样的尺度分解后得到的对应的第 m 个子带的系数矩阵记为 $C_m^{org,L}$,将 R_{org} 实施第 m 级正交小波 9/7 滤波和下采样的尺度分解后得到的对应的第 m 个子带的系数矩阵记为 $C_m^{org,R}$,将 L_{dis} 实施第 m 级正交小波 9/7 滤波和下采样的尺度分解后得到的对应的第 m 个子带的系数矩阵记为 $C_m^{dis,L}$,将 R_{dis} 实施第 m 级正交小波 9/7 滤波和下采样

的尺度分解后得到的对应的第 m 个子带的系数矩阵记为 $C_m^{\text{dis},R}$, 其中, $1 \leq m \leq M$;

[0007] ③对 L_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别实施区域划分, 得到 L_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像各自对应的三个区域系数矩阵, 对 R_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别实施区域划分, 得到 R_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像各自对应的三个区域系数矩阵, 对 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别实施区域划分, 得到 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像各自对应的三个区域系数矩阵, 对 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别实施区域划分, 得到 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像各自对应的三个区域系数矩阵, 其中, 三个区域分别为边缘区域、平坦区域和纹理区域; 将 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵均记为 $A_{m,e}^L$, 对于 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点, 判断该两个像素点是否均属于边缘区域, 如果是, 则将 $A_{m,e}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,e}^L(i, j)$ 赋值为 1, 否则, 将 $A_{m,e}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,e}^L(i, j)$ 赋值为 0, 将 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的平坦区域系数矩阵均记为 $A_{m,f}^L$, 对于 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点, 判断该两个像素点是否均属于平坦区域, 如果是, 则将 $A_{m,f}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,f}^L(i, j)$ 赋值为 1, 否则, 将 $A_{m,f}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,f}^L(i, j)$ 赋值为 0, 将 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的纹理区域系数矩阵均记为 $A_{m,t}^L$, 对于 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点, 判断该两个像素点是否均属于纹理区域, 如果是, 则将 $A_{m,t}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,t}^L(i, j)$ 赋值为 1, 否则, 将 $A_{m,t}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,t}^L(i, j)$ 赋值为 0, 将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵均记为 $A_{m,e}^R$, 对于 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点, 判断该两个像素点是否均属于边缘区域, 如果是, 则将 $A_{m,e}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,e}^R(i, j)$ 赋值为 1, 否则, 将 $A_{m,e}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,e}^R(i, j)$ 赋值为 0, 将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的平坦区域系数矩阵均记为 $A_{m,f}^R$, 对于 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点, 判断该两个像素点是否均属于平坦区域, 如果是, 则将 $A_{m,f}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,f}^R(i, j)$ 赋值为 1, 否则, 将 $A_{m,f}^R$ 中坐标位置

为 (i, j) 处的系数 $A_{m,f}^R(i, j)$ 赋值为 0, 将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的纹理区域系数矩阵均记为 $A_{m,t}^R$, 对于 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点, 判断该两个像素点是否均属于纹理区域, 如果是, 则将 $A_{m,t}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,t}^R(i, j)$ 赋值为 1, 否则, 将 $A_{m,t}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,t}^R(i, j)$ 赋值为 0, 其中, $A_{m,e}^L(i, j)$ 表示 $A_{m,e}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_{m,f}^L(i, j)$ 表示 $A_{m,f}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_{m,t}^L(i, j)$ 表示 $A_{m,t}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_{m,e}^R(i, j)$ 表示 $A_{m,e}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_{m,f}^R(i, j)$ 表示 $A_{m,f}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_{m,t}^R(i, j)$ 表示 $A_{m,t}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, 此处 $0 \leq i < (W_m - 7), 0 \leq j < (H_m - 7)$, W_m 表示 $C_m^{org,L}$ 、 $C_m^{org,R}$ 、 $C_m^{dis,L}$ 、 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的宽度, H_m 表示 $C_m^{org,L}$ 、 $C_m^{org,R}$ 、 $C_m^{dis,L}$ 、 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的高度;

[0008] ④将 L_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别分割成 $(W_m - 7) \times (H_m - 7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块, 将 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别分割成 $(W_m - 7) \times (H_m - 7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块, 然后分别计算 L_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图和标准差映射图, 并分别计算 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图和标准差映射图, 再分别计算 L_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中与 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有坐标位置相同的两个重叠块的协方差映射图, 将 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图的系数矩阵和标准差映射图的系数矩阵

分别记为 $U_m^{org,L}$ 和 $\sigma_m^{org,L}$, $U_m^{org,L}(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 C_m^{org,L}(i+x, j+y)$,

$\sigma_m^{org,L}(i, j) = \sqrt{\frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (C_m^{org,L}(i+x, j+y) - U_m^{org,L}(i, j))^2}$, 将 L_{dis} 的第 m 个子带的系数

矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图的系数矩阵和标

准差映射图的系数矩阵分别记为 $U_m^{dis,L}$ 和 $\sigma_m^{dis,L}$, $U_m^{dis,L}(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 C_m^{dis,L}(i+x, j+y)$,

$\sigma_m^{dis,L}(i, j) = \sqrt{\frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (C_m^{dis,L}(i+x, j+y) - U_m^{dis,L}(i, j))^2}$,

将 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像中与 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中所有坐标位置相同的两个重叠块的协方差映射图的系数矩阵记为 B_m^L ,

$B_m^L(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 ((C_m^{org,L}(i+x, j+y) - U_m^{org,L}(i, j)) \times (C_m^{dis,L}(i+x, j+y) - U_m^{dis,L}(i, j)))$,

其中, $U_m^{org,L}(i, j)$ 表示 $C_m^{org,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的均值, $C_m^{org,L}(i+x, j+y)$ 表示 $C_m^{org,L}$ 中坐标位置为 $(i+x, j+y)$ 处的系数, $\sigma_m^{org,L}(i, j)$

表示 $C_m^{org,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的标准差, $U_m^{dis,L}(i, j)$ 表示 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的均值, $C_m^{dis,L}(i+x, j+y)$ 表示 $C_m^{dis,L}$ 中坐标位置为 $(i+x, j+y)$ 处的系数, $\sigma_m^{dis,L}(i, j)$ 表示 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的标准差, $B_m^L(i, j)$ 表示 $C_m^{org,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的协方差值,此处 $0 \leq i < (W_m-7), 0 \leq j < (H_m-7)$;

[0009] 将 R_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别分割成 $(W_m-7) \times (H_m-7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块,将 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别分割成 $(W_m-7) \times (H_m-7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块,然后分别计算 R_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图和标准差映射图,并分别计算 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图和标准差映射图,再分别计算 R_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中与 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有坐标位置相同的两个重叠块的协方差映射图,将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图的系数矩阵和标准差映射图的系数矩阵

分别记为 $U_m^{org,R}$ 和 $\sigma_m^{org,R}$, $U_m^{org,R}(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 C_m^{org,R}(i+x, j+y)$,

$\sigma_m^{org,R}(i, j) = \sqrt{\frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (C_m^{org,R}(i+x, j+y) - U_m^{org,R}(i, j))^2}$,将 R_{dis} 的第 m 个子带的系数

矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图的系数矩阵和标准差映射图的系数矩阵分别记为 $U_m^{dis,R}$ 和 $\sigma_m^{dis,R}$, $U_m^{dis,R}(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 C_m^{dis,R}(i+x, j+y)$,

$\sigma_m^{dis,R}(i, j) = \sqrt{\frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (C_m^{dis,R}(i+x, j+y) - U_m^{dis,R}(i, j))^2}$,

将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像中与 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中所有坐标位置相同的两个重叠块的协方差映射图的系数矩阵记为

B_m^R , $B_m^R(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 ((C_m^{org,R}(i+x, j+y) - U_m^{org,R}(i, j)) \times (C_m^{dis,R}(i+x, j+y) - U_m^{dis,R}(i, j)))$,其中,

$U_m^{org,R}(i, j)$ 表示 $C_m^{org,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的均值, $C_m^{org,R}(i+x, j+y)$ 表示 $C_m^{org,R}$ 中坐标位置为 $(i+x, j+y)$ 处的系数, $\sigma_m^{org,R}(i, j)$ 表示 $C_m^{org,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的标准差, $U_m^{dis,R}(i, j)$ 表示 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的均值, $C_m^{dis,R}(i+x, j+y)$ 表示 $C_m^{dis,R}$ 中坐标位置为 $(i+x, j+y)$ 处的系数, $\sigma_m^{dis,R}(i, j)$ 表示 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块所有像素点的标准差,

$B_m^R(i, j)$ 表示 $C_m^{org,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的协方差值,此处 $0 \leq i < (W_m-7), 0 \leq j < (H_m-7)$;

[0010] ⑤ 计算 L_{org} 和 L_{dis} 的结构相似度值, 记为 Q^L , $Q^L = (L_{M,L})^{\alpha_M} \times \prod_{m=1}^M (Q_{m,L})^{\alpha_m}$,

其中, $L_{M,L} = b_1 \times L_{m,e,L} + b_2 \times L_{m,f,L} + b_3 \times L_{m,t,L}$, $Q_{m,L} = b_1 \times Q_{m,e,L} + b_2 \times Q_{m,f,L} + b_3 \times Q_{m,t,L}$,

$$L_{M,e,L} = \frac{1}{N_{e,L}} \sum_{i=0}^{W_M-8} \sum_{j=0}^{H_M-8} \frac{2 \times U_M^{orgL}(i, j) \times U_M^{disL}(i, j) \times A_{M,e}^L(i, j) + C_1}{(U_M^{orgL}(i, j) \times A_{M,e}^L(i, j))^2 + (U_M^{disL}(i, j) \times A_{M,e}^L(i, j))^2 + C_1}, N_{e,L} = \sum_{i=0}^{W_M-8} \sum_{j=0}^{H_M-8} A_{M,e}^L(i, j),$$

$$L_{M,f,L} = \frac{1}{N_{f,L}} \sum_{i=0}^{W_M-8} \sum_{j=0}^{H_M-8} \frac{2 \times U_M^{orgL}(i, j) \times U_M^{disL}(i, j) \times A_{M,f}^L(i, j) + C_1}{(U_M^{orgL}(i, j) \times A_{M,f}^L(i, j))^2 + (U_M^{disL}(i, j) \times A_{M,f}^L(i, j))^2 + C_1}, N_{f,L} = \sum_{i=0}^{W_M-8} \sum_{j=0}^{H_M-8} A_{M,f}^L(i, j),$$

$$L_{M,t,L} = \frac{1}{N_{t,L}} \sum_{i=0}^{W_M-8} \sum_{j=0}^{H_M-8} \frac{2 \times U_M^{orgL}(i, j) \times U_M^{disL}(i, j) \times A_{M,t}^L(i, j) + C_1}{(U_M^{orgL}(i, j) \times A_{M,t}^L(i, j))^2 + (U_M^{disL}(i, j) \times A_{M,t}^L(i, j))^2 + C_1}, N_{t,L} = \sum_{i=0}^{W_M-8} \sum_{j=0}^{H_M-8} A_{M,t}^L(i, j),$$

$Q_{m,e,L} = H_{m,e,L} \times G_{m,e,L}$, $Q_{m,f,L} = H_{m,f,L} \times G_{m,f,L}$, $Q_{m,t,L} = H_{m,t,L} \times G_{m,t,L}$,

$$H_{m,e,L} = \frac{1}{N_{e,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{B_m^L(i, j) \times A_{m,e}^L(i, j) + C_3}{\sigma_m^{orgL}(i, j) \times \sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,e}^L(i, j) + C_3}, H_{m,f,L} = \frac{1}{N_{f,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{B_m^L(i, j) \times A_{m,f}^L(i, j) + C_3}{\sigma_m^{orgL}(i, j) \times \sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,f}^L(i, j) + C_3},$$

$$H_{m,t,L} = \frac{1}{N_{t,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{B_m^L(i, j) \times A_{m,t}^L(i, j) + C_3}{\sigma_m^{orgL}(i, j) \times \sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,t}^L(i, j) + C_3},$$

$$G_{m,e,L} = \frac{1}{N_{e,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{orgL}(i, j) \times \sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,e}^L(i, j) + C_2}{(\sigma_m^{orgL}(i, j) \times A_{m,e}^L(i, j))^2 + (\sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,e}^L(i, j))^2 + C_2},$$

$$G_{m,f,L} = \frac{1}{N_{f,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{orgL}(i, j) \times \sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,f}^L(i, j) + C_2}{(\sigma_m^{orgL}(i, j) \times A_{m,f}^L(i, j))^2 + (\sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,f}^L(i, j))^2 + C_2},$$

$$G_{m,t,L} = \frac{1}{N_{t,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{orgL}(i, j) \times \sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,t}^L(i, j) + C_2}{(\sigma_m^{orgL}(i, j) \times A_{m,t}^L(i, j))^2 + (\sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,t}^L(i, j))^2 + C_2}, \text{此处 } \alpha_m \text{ 表示 } Q_{m,L} \text{ 对应的权值, 此处}$$

b_1 、 b_2 和 b_3 分别表示 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像的边缘区域、平坦区域和纹理区域的权重值, C_1 、 C_2 和 C_3 均为常数, 且 $C_1 \neq 0$, $C_2 \neq 0$, $C_3 \neq 0$, $U_M^{org,L}(i, j)$ 表示 L_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的均值, $U_M^{dis,L}(i, j)$ 表示 L_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的均值, $A_{M,e}^L(i, j)$ 表示 L_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵 $A_{M,e}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_{M,f}^L(i, j)$ 表示 L_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的平坦区域系数矩阵 $A_{M,f}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_{M,t}^L(i, j)$ 表示 L_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的纹理区域系数矩阵 $A_{M,t}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, W_m 表示 $C_M^{org,L}$ 或 $C_M^{org,R}$ 或 $C_M^{dis,L}$ 或 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像的宽度, H_m 表示 $C_M^{org,L}$ 或 $C_M^{org,R}$ 或 $C_M^{dis,L}$ 或 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像的高度;

[0011] 计算 R_{org} 和 R_{dis} 的结构相似度值, 记为 Q^R , $Q^R = (L_{M,R})^{\alpha_M} \times \prod_{m=1}^M (Q_{m,R})^{\alpha_m}$,

其中, $L_{M,R} = b_1 \times L_{M,e,R} + b_2 \times L_{M,f,R} + b_3 \times L_{M,t,R}$, $Q_{m,R} = b_1 \times Q_{m,e,R} + b_2 \times Q_{m,f,R} + b_3 \times Q_{m,t,R}$,

$$L_{M,e,R} = \frac{1}{N_{e,R}} \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} \frac{2 \times U_M^{\text{org},R}(i,j) \times U_M^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{M,e}^R(i,j) + C_1}{(U_M^{\text{org},R}(i,j) \times A_{M,e}^R(i,j))^2 + (U_M^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{M,e}^R(i,j))^2 + C_1}, N_{e,R} = \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} A_{M,e}^R(i,j),$$

$$L_{M,f,R} = \frac{1}{N_{f,R}} \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} \frac{2 \times U_M^{\text{org},R}(i,j) \times U_M^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{M,f}^R(i,j) + C_1}{(U_M^{\text{org},R}(i,j) \times A_{M,f}^R(i,j))^2 + (U_M^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{M,f}^R(i,j))^2 + C_1}, N_{f,R} = \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} A_{M,f}^R(i,j),$$

$$L_{M,t,R} = \frac{1}{N_{t,R}} \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} \frac{2 \times U_M^{\text{org},R}(i,j) \times U_M^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{M,t}^R(i,j) + C_1}{(U_M^{\text{org},R}(i,j) \times A_{M,t}^R(i,j))^2 + (U_M^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{M,t}^R(i,j))^2 + C_1}, N_{t,R} = \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} A_{M,t}^R(i,j),$$

$Q_{m,e,R} = H_{m,e,R} \times G_{m,e,R}$, $Q_{m,f,R} = H_{m,f,R} \times G_{m,f,R}$, $Q_{m,t,R} = H_{m,t,R} \times G_{m,t,R}$,

$$H_{m,e,R} = \frac{1}{N_{e,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{B_m^R(i,j) \times A_{m,e}^R(i,j) + C_3}{\sigma_m^{\text{org},R}(i,j) \times \sigma_m^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{m,e}^R(i,j) + C_3}, H_{m,f,R} = \frac{1}{N_{f,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{B_m^R(i,j) \times A_{m,f}^R(i,j) + C_3}{\sigma_m^{\text{org},R}(i,j) \times \sigma_m^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{m,f}^R(i,j) + C_3},$$

$$H_{m,t,R} = \frac{1}{N_{t,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{B_m^R(i,j) \times A_{m,t}^R(i,j) + C_3}{\sigma_m^{\text{org},R}(i,j) \times \sigma_m^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{m,t}^R(i,j) + C_3},$$

$$G_{m,e,R} = \frac{1}{N_{e,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{\text{org},R}(i,j) \times \sigma_m^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{m,e}^R(i,j) + C_2}{(\sigma_m^{\text{org},R}(i,j) \times A_{m,e}^R(i,j))^2 + (\sigma_m^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{m,e}^R(i,j))^2 + C_2},$$

$$G_{m,f,R} = \frac{1}{N_{f,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{\text{org},R}(i,j) \times \sigma_m^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{m,f}^R(i,j) + C_2}{(\sigma_m^{\text{org},R}(i,j) \times A_{m,f}^R(i,j))^2 + (\sigma_m^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{m,f}^R(i,j))^2 + C_2},$$

$$G_{m,t,R} = \frac{1}{N_{t,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{\text{org},R}(i,j) \times \sigma_m^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{m,t}^R(i,j) + C_2}{(\sigma_m^{\text{org},R}(i,j) \times A_{m,t}^R(i,j))^2 + (\sigma_m^{\text{dis},R}(i,j) \times A_{m,t}^R(i,j))^2 + C_2}, \text{此处 } \alpha_m \text{ 表示 } Q_{m,R} \text{ 对应的权值, 此处}$$

b_1 、 b_2 和 b_3 分别表示 $C_M^{\text{org},R}$ 对应的图像和 $C_M^{\text{dis},R}$ 对应的图像的边缘区域、平坦区域和纹理区域的权重值, $U_M^{\text{org},R}(i,j)$ 表示 R_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{\text{org},R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i,j) 的重叠块中所有像素点的均值, $U_M^{\text{dis},R}(i,j)$ 表示 R_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{\text{dis},R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i,j) 的重叠块中所有像素点的均值, $A_{M,e}^R(i,j)$ 表示 R_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{\text{org},R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{\text{dis},R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵 $A_{M,e}^R$ 中坐标位置为 (i,j) 处的系数, $A_{M,f}^R(i,j)$ 表示 R_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{\text{org},R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{\text{dis},R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵 $A_{M,f}^R$ 中坐标位置为 (i,j) 处的系数, $A_{M,t}^R(i,j)$ 表示 R_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{\text{org},R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{\text{dis},R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵 $A_{M,t}^R$ 中坐标位置为 (i,j) 处的系数;

[0012] ⑥根据 Q^L 和 Q^R 计算待评价的失真的立体图像 S_{dis} 相对于原始的无失真的立体图像 S_{org} 的空间频率相似度度量, 记为 Q_F , $Q_F = \omega_1 \times Q^L + \omega_r \times Q^R$, 其中, ω_1 表示 Q^L 的权值, ω_r 表示 Q^R 的权值;

[0013] ⑦计算 L_{org} 与 R_{org} 的绝对差值图像, 记为 D_{LR}^{org} , $D_{LR}^{\text{org}} = |R_{\text{org}} - L_{\text{org}}|$, 计算 L_{dis} 与 R_{dis} 的绝对差值图像, 记为 D_{LR}^{dis} , $D_{LR}^{\text{dis}} = |R_{\text{dis}} - L_{\text{dis}}|$, 其中, “|” 为取绝对值符号;

[0014] ⑧对 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 分别实施区域划分, 得到 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 各自对应的三个区域系数

矩阵,三个区域分别为边缘区域、平坦区域和纹理区域,将 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 的边缘区域系数矩阵均记为 A_e^{LR} , $A_e^{LR}(i,j)=\begin{cases} 0, & (i,j)\in\text{非边缘} \\ 1, & (i,j)\in\text{边缘} \end{cases}$,将 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 的平坦区域系数矩阵均记为 A_f^{LR} , $A_f^{LR}(i,j)=\begin{cases} 0, & (i,j)\in\text{非平坦} \\ 1, & (i,j)\in\text{平坦} \end{cases}$,将 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 的纹理区域系数矩阵均记为 A_t^{LR} , $A_t^{LR}(i,j)=\begin{cases} 0, & (i,j)\in\text{非纹理} \\ 1, & (i,j)\in\text{纹理} \end{cases}$,其中, $A_e^{LR}(i,j)$ 表示 A_e^{LR} 中坐标位置为 (i,j) 处的系数, $A_f^{LR}(i,j)$ 表示 A_f^{LR} 中坐标位置为 (i,j) 处的系数, $A_t^{LR}(i,j)$ 表示 A_t^{LR} 中坐标位置为 (i,j) 处的系数,此处 $0\leq i < (W-7)$, $0\leq j < (H-7)$, W 表示 D_{LR}^{org} 或 D_{LR}^{dis} 的宽度, H 表示 D_{LR}^{org} 或 D_{LR}^{dis} 的高度;

[0015] ⑨将 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 分别分割成 $(W-7)\times(H-7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块,然后计算 D_{LR}^{org} 与 D_{LR}^{dis} 中所有坐标位置相同的两个重叠块的亮度失真映射图的系数矩阵、结构失真映射图的系数矩阵及灵敏度失真映射图的系数矩阵,分别记为 P^{LR} 、 K^{LR} 及 E^{LR} ,对于 D_{LR}^{org} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i,j) 的重叠块,将其定义为当前重叠块,计算当前重叠块与 D_{LR}^{dis} 中与当前重叠块坐标位置相同的重叠块的亮度失真映射值,记为

$$P^{LR}(i,j), P^{LR}(i,j) = \begin{cases} 0.9 \times \sqrt{\frac{1}{|U_{org}^{LR}(i,j) - 127|}} & U_{org}^{LR}(i,j) > 127 \\ 1 & U_{org}^{LR}(i,j) = 127, \\ 0.3 \times \sqrt{\frac{1}{|U_{org}^{LR}(i,j) - 127|}} & U_{org}^{LR}(i,j) < 127 \end{cases}$$

计算当前重叠块与 D_{LR}^{dis} 中与当前重叠块坐标位置相同的重叠块的结构失真映射值,记为

$$K^{LR}(i,j), K^{LR}(i,j) = \frac{((\sigma_{org}^{LR}(i,j))^2 - (\sigma_{dis}^{LR}(i,j))^2)^2 + C_4}{((\sigma_{org}^{LR}(i,j))^2)^2 + ((\sigma_{dis}^{LR}(i,j))^2)^2 - 2(\sigma_{org,dis}^{LR}(i,j))^2 + C_4}$$
, 计算当前重

叠块与 D_{LR}^{dis} 中与当前重叠块坐标位置相同的重叠块的灵敏度失真映射值,记为 $E^{LR}(i,j)$,

$$E^{LR}(i,j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (D_{LR}^{org}(i+x, j+y) - D_{LR}^{dis}(i+x, j+y))^2$$
, 其中, $U_{org}^{LR}(i,j)$ 表示 D_{LR}^{org} 中左上

角的像素点的坐标位置为 (i,j) 的重叠块中所有像素点的均值, $\sigma_{org}^{LR}(i,j)$ 表示 D_{LR}^{org} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i,j) 的重叠块中所有像素点的标准差, $\sigma_{dis}^{LR}(i,j)$ 表示 D_{LR}^{dis} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i,j) 的重叠块中所有像素点的标准差, $\sigma_{org,dis}^{LR}(i,j)$ 表示 D_{LR}^{org} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i,j) 的重叠块中所有像素点和 D_{LR}^{dis} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i,j) 的重叠块中所有像素点的协方差, C_4 是常数,且 $C_4 \neq 0$, $D_{LR}^{org}(i+x, j+y)$ 表示 D_{LR}^{org} 中坐标位置为 $(i+x, j+y)$ 的像素点的像素值, $D_{LR}^{dis}(i+x, j+y)$ 表示 D_{LR}^{dis} 中坐标位置为 $(i+x, j+y)$ 的像素点的像素值,此处 $0\leq i < (W-7)$, $0\leq j < (H-7)$;

[0016] ⑩计算待评价的失真的立体图像 S_{dis} 相对于原始的无失真的立体图像 S_{org} 的立体感知评价度量,记为 Q_s , $Q_s = b_1 \times Q_e + b_2 \times Q_f + b_3 \times Q_t$,其中,

$$Q_e = \frac{1}{N_{e,LR}} \sum_{i=0}^{W-7} \sum_{j=0}^{H-7} (P^{LR}(i,j) \times E^{LR}(i,j) \times K^{LR}(i,j) \times A_e^{LR}(i,j)) \quad , N_{e,LR} = \sum_{i=0}^{W-8} \sum_{j=0}^{H-8} A_e^{LR}(i,j) \quad ,$$

$$Q_f = \frac{1}{N_{f,LR}} \sum_{i=0}^{W-7} \sum_{j=0}^{H-7} (P^{LR}(i,j) \times E^{LR}(i,j) \times K^{LR}(i,j) \times A_f^{LR}(i,j)) \quad , N_{f,LR} = \sum_{i=0}^{W-8} \sum_{j=0}^{H-8} A_f^{LR}(i,j) \quad ,$$

$$Q_t = \frac{1}{N_{t,LR}} \sum_{i=0}^{W-7} \sum_{j=0}^{H-7} (P^{LR}(i,j) \times E^{LR}(i,j) \times K^{LR}(i,j) \times A_t^{LR}(i,j)) \quad , N_{t,LR} = \sum_{i=0}^{W-8} \sum_{j=0}^{H-8} A_t^{LR}(i,j) \quad ;$$

[0017] ①根据待评价的失真的立体图像 S_{dis} 相对于原始的无失真的立体图像 S_{org} 的空间频率相似度度量 Q_f 和立体感知评价度量 Q_s , 计算待评价的失真的立体图像 S_{dis} 的图像质量评价分值, 记为 Q , $Q = Q_f \times (Q_s)^\lambda$, 其中, λ 表示权重系数值。

[0018] 所述的步骤③中对 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分获取边缘区域系数矩阵 $A_{m,e}^L$ 、平坦区域系数矩阵 $A_{m,f}^L$ 和纹理区域系数矩阵 $A_{m,t}^L$ 的具体过程为:

[0019] ③-a1、对 $C_m^{org,L}$ 对应的图像作 Sobel 算子处理, 得到 $C_m^{org,L}$ 对应的图像的水平方向梯度图像和垂直方向梯度图像, 分别记为 $Z_{h,1}$ 和 $Z_{v,1}$, 然后计算 $C_m^{org,L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图, 记为 Z_1 , 将 $C_m^{org,L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_1 中坐标位置为 (i, j) 的像素点的梯度幅值记为 $Z_1(i, j)$, 此处 $0 \leq i < (W_m - 7)$, $0 \leq j < (H_m - 7)$, W_m 表示 $C_m^{org,L}$ 或 $C_m^{org,R}$ 或 $C_m^{dis,L}$ 或 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的宽度, H_m 表示 $C_m^{org,L}$ 或 $C_m^{org,R}$ 或 $C_m^{dis,L}$ 或 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的高度;

[0020] ③-a2、对 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像作 Sobel 算子处理, 得到 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像的水平方向梯度图像和垂直方向梯度图像, 分别记为 $Z_{h,r}$ 和 $Z_{v,r}$, 然后计算 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图, 记为 Z_r , 将 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_r 中坐标位置为 (i, j) 的像素点的梯度幅值记为 $Z_r(i, j)$;

[0021] ③-a3、计算区域划分时所需的双阈值 T_1 和 T_2 , $T_1 = 0.06 \times \max(Z_1)$, $T_2 = 0.12 \times \max(Z_r)$, 其中, $\max()$ 为取最大值函数;

[0022] ③-a4、根据 $C_m^{org,L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_1 和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_r , 判定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中所有坐标位置相同的两个像素点为边缘像素点或平坦像素点或纹理像素点, 对于 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点, 如果 $Z_1(i, j) > T_2$ 或 $Z_r(i, j) > T_2$, 则确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为边缘像素点, 且令 $A_{m,e}^L(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非边缘像素点, 且令 $A_{m,e}^L(i, j) = 0$; 如果 $Z_1(i, j) < T_1$ 且 $Z_r(i, j) < T_2$, 则确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为平坦像素点, 且令 $A_{m,f}^L(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非平坦像素点, 且令 $A_{m,f}^L(i, j) = 0$; 如果 $T_1 \leq Z_1(i, j) \leq T_2$ 且 $Z_r(i, j) \leq T_2$, 则确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为纹理像素点, 且令 $A_{m,t}^L(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非纹理像素点, 且令 $A_{m,t}^L(i, j) = 0$;

[0023] 所述的步骤③中对 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像分别实施区域划分获取边缘区域系数矩阵 $A_{m,e}^R$ 、平坦区域系数矩阵 $A_{m,f}^R$ 和纹理区域系数矩阵 $A_{m,t}^R$ 的具体过程为：

[0024] ③ -b1、对 $C_m^{org,R}$ 对应的图像作 Sobel 算子处理, 得到 $C_m^{org,R}$ 对应的图像的水平方向梯度图像和垂直方向梯度图像, 分别记为 $Z_{h,1}'$ 和 $Z_{v,1}'$, 然后计算 $C_m^{org,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图, 记为 Z_1' , 将 $C_m^{org,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_1' 中坐标位置为 (i, j) 的像素点的梯度幅值记为 $Z_1'(i, j)$, 此处 $0 \leq i < (W_m - 7)$, $0 \leq j < (H_m - 7)$, W_m 表示 $C_m^{org,L}$ 或 $C_m^{org,R}$ 或 $C_m^{dis,L}$ 或 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的宽度, H_m 表示 $C_m^{org,L}$ 或 $C_m^{org,R}$ 或 $C_m^{dis,L}$ 或 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的高度；

[0025] ③ -b2、对 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像作 Sobel 算子处理, 得到 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的水平方向梯度图像和垂直方向梯度图像, 分别记为 $Z_{h,r}'$ 和 $Z_{v,r}'$, 然后计算 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图, 记为 Z_r' , 将 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_r' 中坐标位置为 (i, j) 的像素点的梯度幅值记为 $Z_r'(i, j)$ ；

[0026] ③ -b3、计算区域划分时所需的双阈值 T_1' 和 T_2' , $T_1' = 0.06 \times \max(Z_1')$, $T_2' = 0.12 \times \max(Z_1')$, 其中, $\max()$ 为取最大值函数；

[0027] ③ -b4、根据 $C_m^{org,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_1' 和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_r' , 判定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中所有坐标位置相同的两个像素点为边缘像素点或平坦像素点或纹理像素点, 对于 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点, 如果 $Z_1'(i, j) > T_2'$ 或 $Z_r'(i, j) > T_2'$, 则确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为边缘像素点, 且令 $A_{m,e}^R(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非边缘像素点, 且令 $A_{m,e}^R(i, j) = 0$; 如果 $Z_1'(i, j) < T_1'$ 且 $Z_r'(i, j) < T_2'$, 则确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为平坦像素点, 且令 $A_{m,f}^R(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非平坦像素点, 且令 $A_{m,f}^R(i, j) = 0$; 如果 $T_1' \leq Z_1'(i, j) \leq T_2'$ 且 $Z_r'(i, j) \leq T_2'$, 则确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为纹理像素点, 且令 $A_{m,t}^R(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非纹理像素点, 且令 $A_{m,t}^R(i, j) = 0$ 。

[0028] 所述的步骤⑩中权重系数值 λ 的获取过程为：

[0029] ⑩ -1、采用 n 幅无失真的立体图像建立其在不同失真类型不同失真程度下的失真立体图像集, 失真立体图像集包括多幅失真的立体图像, 其中, $n \geq 1$ ；

[0030] ⑩ -2、利用主观质量评价方法获取失真立体图像集中的每幅失真的立体图像与其对应的无失真的立体图像的平均主观评分值的差值, 记为 DMOS, $DMOS \in [0, 100]$ ；

[0031] ⑩ -3、根据步骤①至⑩的过程, 计算失真立体图像集中的每幅失真的立体图像相对于对应的无失真的立体图像的空间频率相似度度量 Q_f 和立体感知评价度量 Q_s ；

[0032] ⑩ -4、采用数学优化方法来拟合失真立体图像集中的每幅失真的立体图像对应的

DMOS 及对应的空间频率相似度度量 Q_f 和立体感知评价度量 Q_s , 拟合函数为 $DMOS = Q_f \times (Q_s)^\lambda$, 从而得到最优情况下的 λ 值。

[0033] 与现有技术相比, 本发明的优点在于通过分别对无失真的立体图像和失真的立体图像的左视点图像和右视点图像进行低通滤波和下采样处理, 得到各个不同尺度的图像, 然后对其进行区域划分, 提取各尺度各区域的结构相似度度量值, 然后根据人眼视觉感知决定的权值进行线性加权得到左视点图像质量和右视点图像质量, 进而得到左右视点图像质量评价; 然后, 通过评价无失真的立体图像和失真的立体图像的左右图像的绝对差值图像的不同区域的结构失真、灵敏度失真和亮度失真, 通过人眼视觉感知决定的权值进行线性加权来实现对立体感知质量的评价; 最后将左右视点图像质量和立体感知质量两者相结合, 得到立体图像的最终质量评价结果, 由于本发明方法在立体图像客观质量评价过程中在考虑图像质量损失的同时, 有效地利用了深度感知特性及人眼视觉感知特性, 因此提高了客观评价结果与主观感知的一致性, 为各种立体图像处理算法的评判提供准确的判断依据。

附图说明

[0034] 图 1 为本发明方法的总体实现框图;

[0035] 图 2 为 5 级无失真 Newspaper 立体图像中的左视点图像经过五级滤波及下采样的中间变换图;

[0036] 图 3a 为 Akko&Kayo (640×480) 立体图像;

[0037] 图 3b 为 Alt Moabit (1024×768) 立体图像;

[0038] 图 3c 为 Balloons (1024×768) 立体图像;

[0039] 图 3d 为 Door Flowers (1024×768) 立体图像;

[0040] 图 3e 为 Kendo (1024×768) 立体图像;

[0041] 图 3f 为 Leaving Laptop (1024×768) 立体图像;

[0042] 图 3g 为 Lovebird1 (1024×768) 立体图像;

[0043] 图 3h 为 Newspaper (1024×768) 立体图像;

[0044] 图 3i 为 Xmas (640×480) 立体图像;

[0045] 图 3j 为 Puppy (720×480) 立体图像;

[0046] 图 3k 为 Soccer2 (720×480) 立体图像;

[0047] 图 3l 为 Horse (480×270) 立体图像;

[0048] 图 4a 为 Newspaper 立体图像对的无失真左视点图像和其经过均值为 0 方差为 0.5 模糊失真的失真图像分割的边缘区域图;

[0049] 图 4b 为 Newspaper 立体图像对的无失真左视点图像和其经过均值为 0 方差为 0.5 模糊失真的失真图像分割的纹理区域图;

[0050] 图 4c 为 Newspaper 立体图像对的无失真左视点图像和其经过均值为 0 方差为 0.5 模糊失真的失真图像分割的平坦区域图;

[0051] 图 5a 为 λ 与主观评价值相关系数 CC 之间的关系曲线图;

[0052] 图 5b 为 λ 与主观评价值均方误差 RMSE 之间的关系曲线图。

具体实施方式

[0053] 以下结合附图实施例对本发明作进一步详细描述。

[0054] 本发明提出的一种基于视觉感知的立体图像客观质量评价方法,其充分考虑了人眼视觉感知特性,其分别评价了左右视点图像质量以及立体图像的立体感知质量,对左右视点图像质量和深度感知质量进行非线性加权,得到立体图像的最终质量评价值。图 1 给出了本发明方法的总体实现框图,其具体包括以下步骤:

[0055] ①令 S_{org} 为原始的无失真的立体图像,令 S_{dis} 为待评价的失真的立体图像,将原始的无失真的立体图像 S_{org} 的左视点图像记为 L_{org} ,将原始的无失真的立体图像 S_{org} 的右视点图像记为 R_{org} ,将待评价的失真的立体图像 S_{dis} 的左视点图像记为 L_{dis} ,将待评价的失真的立体图像 S_{dis} 的右视点图像记为 R_{dis} 。

[0056] ②对 L_{org} 、 R_{org} 、 L_{dis} 和 R_{dis} 4 幅图像分别实施 M 级正交小波 9/7 滤波和下采样的尺度分解,分别得到 L_{org} 、 R_{org} 、 L_{dis} 和 R_{dis} 4 幅图像各自对应的 M 个子带的系数矩阵,将 L_{org} 实施第 m 级正交小波 9/7 滤波和下采样的尺度分解后得到的对应的第 m 个子带的系数矩阵记为 $C_m^{org,L}$,将 R_{org} 实施第 m 级正交小波 9/7 滤波和下采样的尺度分解后得到的对应的第 m 个子带的系数矩阵记为 $C_m^{org,R}$,将 L_{dis} 实施第 m 级正交小波 9/7 滤波和下采样的尺度分解后得到的对应的第 m 个子带的系数矩阵记为 $C_m^{dis,L}$,将 R_{dis} 实施第 m 级正交小波 9/7 滤波和下采样的尺度分解后得到的对应的第 m 个子带的系数矩阵记为 $C_m^{dis,R}$,其中, $1 \leq m \leq M$ 。

[0057] 图 2 给出了 5 级无失真 Newspaper 立体图像中的左视点图像经过五级滤波及下采样的中间变换图。每一个尺度上的矩阵的分辨率是上一级尺度的 1/4。

[0058] ③对 L_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别实施区域划分,得到 L_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像各自对应的三个区域系数矩阵,对 R_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别实施区域划分,得到 R_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像各自对应的三个区域系数矩阵,对 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别实施区域划分,得到 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像各自对应的三个区域系数矩阵,对 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别实施区域划分,得到 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像各自对应的三个区域系数矩阵,其中,三个区域分别为边缘区域、平坦区域和纹理区域;将 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵均记为 $A_{m,e}^L$,对于 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点,判断该两个像素点是否均属于边缘区域,如果是,则将 $A_{m,e}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,e}^L(i, j)$ 赋值为 1,否则,将 $A_{m,e}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,e}^L(i, j)$ 赋值为 0,将 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的平坦区域系数矩阵均记为 $A_{m,f}^L$,对于 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点,判断该两个像素点是否均属于平坦区域,如果是,则将 $A_{m,f}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,f}^L(i, j)$ 赋值为 1,否则,将 $A_{m,f}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,f}^L(i, j)$ 赋值为 0,将

L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的纹理区域系数矩阵均记为 $A_{m,t}^L$, 对于 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点, 判断该两个像素点是否均属于纹理区域, 如果是, 则将 $A_{m,t}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,t}^L(i, j)$ 赋值为 1, 否则, 将 $A_{m,t}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,t}^L(i, j)$ 赋值为 0, 将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵均记为 $A_{m,e}^R$, 对于 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点, 判断该两个像素点是否均属于边缘区域, 如果是, 则将 $A_{m,e}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,e}^R(i, j)$ 赋值为 1, 否则, 将 $A_{m,e}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,e}^R(i, j)$ 赋值为 0, 将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的平坦区域系数矩阵均记为 $A_{m,f}^R$, 对于 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点, 判断该两个像素点是否均属于平坦区域, 如果是, 则将 $A_{m,f}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,f}^R(i, j)$ 赋值为 1, 否则, 将 $A_{m,f}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,f}^R(i, j)$ 赋值为 0, 将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的纹理区域系数矩阵均记为 $A_{m,t}^R$, 对于 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的两个像素点, 判断该两个像素点是否均属于纹理区域, 如果是, 则将 $A_{m,t}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,t}^R(i, j)$ 赋值为 1, 否则, 将 $A_{m,t}^R$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数 $A_{m,t}^R(i, j)$ 赋值为 0, 其中, $0 \leq i < (W_m - 7)$, $0 \leq j < (H_m - 7)$, W_m 表示 $C_m^{\text{org},L}$ 、 $C_m^{\text{org},R}$ 、 $C_m^{\text{dis},L}$ 、 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像的宽度, H_m 表示 $C_m^{\text{org},L}$ 、 $C_m^{\text{org},R}$ 、 $C_m^{\text{dis},L}$ 、 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像的高度。

[0059] 在此具体实施例中, 对 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像分别实施区域划分获取边缘区域系数矩阵 $A_{m,e}^L$ 、平坦区域系数矩阵 $A_{m,f}^L$ 和纹理区域系数矩阵 $A_{m,t}^L$ 的具体过程为:

[0060] ③-a1、对 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像作 Sobel 算子处理, 得到 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像的水平方向梯度图像和垂直方向梯度图像, 分别记为 $Z_{h,1}$ 和 $Z_{v,1}$ 然后计算 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图, 记为 Z_1 , 将 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_1 中坐标位置为 (i, j) 的像素点的梯度幅值记为 $Z_1(i, j)$, 此处 $0 \leq i < (W_m - 7)$, $0 \leq j < (H_m - 7)$, W_m 表示 $C_m^{\text{org},L}$ 或 $C_m^{\text{org},R}$ 或 $C_m^{\text{dis},L}$ 或 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像的宽度, H_m 表示 $C_m^{\text{org},L}$ 或 $C_m^{\text{org},R}$ 或 $C_m^{\text{dis},L}$ 或 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像的高度。

[0061] ③-a2、对 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像作 Sobel 算子处理, 得到 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像的水平方向梯度图像和垂直方向梯度图像, 分别记为 $Z_{h,r}$ 和 $Z_{v,r}$, 然后计算 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图, 记为 Z_r , 将 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_r 中坐标位置为 (i, j) 的像素点的梯

度幅值记为 $Z_r(i, j)$ 。

[0062] ③ -a3、计算区域划分时所需的双阈值 T_1 和 T_2 , $T_1 = 0.06 \times \max(Z_1)$, $T_2 = 0.12 \times \max(Z_1)$, 其中, $\max()$ 为取最大值函数。

[0063] ③ -a4、根据 $C_m^{org,L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_1 和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_r , 判定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中所有坐标位置相同的两个像素点为边缘像素点或平坦像素点或纹理像素点, 对于 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点, 如果 $Z_1(i, j) > T_2$ 或 $Z_r(i, j) > T_2$, 则确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为边缘像素点, 且令 $A_{m,e}^L(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非边缘像素点, 且令 $A_{m,e}^L(i, j) = 0$; 如果 $Z_1(i, j) < T_1$ 且 $Z_r(i, j) < T_2$, 则确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为平坦像素点, 且令 $A_{m,f}^L(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非平坦像素点, 且令 $A_{m,f}^L(i, j) = 0$; 如果 $T_1 \leq Z_1(i, j) \leq T_2$ 且 $Z_r(i, j) \leq T_2$, 则确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为纹理像素点, 且令 $A_{m,t}^L(i, j) = 1$, 否则, 确定 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非纹理像素点, 且令 $A_{m,t}^L(i, j) = 0$ 。

[0064] 在此具体实施例中, 对 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像分别实施区域划分获取边缘区域系数矩阵 $A_{m,e}^R$ 、平坦区域系数矩阵 $A_{m,f}^R$ 和纹理区域系数矩阵 $A_{m,t}^R$ 的具体过程为:

[0065] ③ -b1、对 $C_m^{org,R}$ 对应的图像作 Sobel 算子处理, 得到 $C_m^{org,R}$ 对应的图像的水平方向梯度图像和垂直方向梯度图像, 分别记为 $Z_{h,1}'$ 和 $Z_{v,1}'$, 然后计算 $C_m^{org,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图, 记为 Z_1' , 将 $C_m^{org,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_1' 中坐标位置为 (i, j) 的像素点的梯度幅值记为 $Z_1'(i, j)$, 此处 $0 \leq i < (W_m - 7)$, $0 \leq j < (H_m - 7)$, W_m 表示 $C_m^{org,L}$ 或 $C_m^{org,R}$ 或 $C_m^{dis,L}$ 或 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的宽度, H_m 表示 $C_m^{org,L}$ 或 $C_m^{org,R}$ 或 $C_m^{dis,L}$ 或 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的高度。

[0066] ③ -b2、对 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像作 Sobel 算子处理, 得到 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的水平方向梯度图像和垂直方向梯度图像, 分别记为 $Z_{h,r}'$ 和 $Z_{v,r}'$, 然后计算 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图, 记为 Z_r' , 将 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_r' 中坐标位置为 (i, j) 的像素点的梯度幅值记为 $Z_r'(i, j)$ 。

[0067] ③ -b3、计算区域划分时所需的双阈值 T_1' 和 T_2' , $T_1' = 0.06 \times \max(Z_1')$, $T_2' = 0.12 \times \max(Z_1')$, 其中, $\max()$ 为取最大值函数。

[0068] ③ -b4、根据 $C_m^{org,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_1' 和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像的梯度幅值映射图 Z_r' , 判定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中所有坐标位置相同的两个像素点为边缘像素点或平坦像素点或纹理像素点, 对于 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点, 如果 $Z_1'(i, j) > T_2'$ 或 $Z_r'(i, j) > T_2'$, 则确定

$C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为边缘像素点,且令 $A_{m,e}^R(i, j) = 1$,否则,确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非边缘像素点,且令 $A_{m,e}^R(i, j) = 0$;如果 $Z_1'(i, j) < T_1'$ 且 $Z_r'(i, j) < T_2'$,则确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为平坦像素点,且令 $A_{m,f}^R(i, j) = 1$,否则,确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非平坦像素点,且令 $A_{m,f}^R(i, j) = 0$;如果 $T_1' \leq Z_1'(i, j) \leq T_2'$ 且 $Z_r'(i, j) \leq T_2'$,则确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为纹理像素点,且令 $A_{m,t}^R(i, j) = 1$,否则,确定 $C_m^{org,R}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中坐标位置均为 (i, j) 的像素点为非纹理像素点,且令 $A_{m,t}^R(i, j) = 0$ 。

[0069] 在本实施例中,利用图 3a、图 3b、图 3c、图 3d、图 3e、图 3f、图 3g、图 3h、图 3i、图 3j、图 3k 和图 3l 所示的 12 对无失真的立体图像建立其在不同失真类型不同失真程度下的失真立体图像集,失真类型包括 JPEG 压缩、JP2K 压缩、高斯白噪声、高斯模糊和 H264 编码失真,且立体图像对的左图像和右图像同时同程度失真,该失真立体图像集共包括 312 对失真的立体图像,其中 JPEG 压缩的失真的立体图像共 60 对, JPEG2000 压缩的失真的立体图像共 60 对,高斯白噪声失真的立体图像共 60 对,高斯模糊失真的立体图像共 60 对, H264 编码失真的立体图像共 72 对。对上述 312 对立体图像进行如上所述的区域划分。图 4a、图 4b 和图 4c 分别给出了 Newspaper 立体图像对的无失真左视点图像和其经过均值为 0 方差为 0.5 模糊失真的失真图像分割的边缘区域图、纹理区域图和平坦区域图。

[0070] ④将 L_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别分割成 $(W_m-7) \times (H_m-7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块,将 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别分割成 $(W_m-7) \times (H_m-7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块,然后分别计算 L_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图和标准差映射图,并分别计算 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图和标准差映射图,再分别计算 L_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中与 L_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有坐标位置相同的两个重叠块的协方差映射图,将 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{org,L}$ 对应的图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图的系数矩阵和标准差映射图的系数矩阵分别记为 $U_m^{org,L}$ 和 $\sigma_m^{org,L}$

$$U_m^{org,L}(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 C_m^{org,L}(i+x, j+y),$$

$\sigma_m^{org,L}(i, j) = \sqrt{\frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (C_m^{org,L}(i+x, j+y) - U_m^{org,L}(i, j))^2}$, 将 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图的系数矩阵和标准差映射图的系数矩阵分别记为 $U_m^{dis,L}$ 和 $\sigma_m^{dis,L}$, $U_m^{dis,L}(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 C_m^{dis,L}(i+x, j+y)$,

$$\sigma_m^{dis,L}(i, j) = \sqrt{\frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (C_m^{dis,L}(i+x, j+y) - U_m^{dis,L}(i, j))^2},$$

将 L_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像中与 L_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像中所有坐标位置相同的两个重叠块的协方差映射图的系数矩阵记为 B_m^L ,

$$B_m^L(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 ((C_m^{\text{org},L}(i+x, j+y) - U_m^{\text{org},L}(i, j)) \times (C_m^{\text{dis},L}(i+x, j+y) - U_m^{\text{dis},L}(i, j))) ,$$

其中, $U_m^{\text{org},L}(i, j)$ 表示 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的均值, $C_m^{\text{org},L}(i+x, j+y)$ 表示 $C_m^{\text{org},L}$ 中坐标位置为 $(i+x, j+y)$ 处的系数, $\sigma_m^{\text{org},L}(i, j)$ 表示 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的标准差, $U_m^{\text{dis},L}(i, j)$ 表示 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的均值, $C_m^{\text{dis},L}(i+x, j+y)$ 表示 $C_m^{\text{dis},L}$ 中坐标位置为 $(i+x, j+y)$ 处的系数, $\sigma_m^{\text{dis},L}(i, j)$ 表示 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的标准差, $B_m^L(i, j)$ 表示 $C_m^{\text{org},L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点和 $C_m^{\text{dis},L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的协方差值, 此处 $0 \leq i < (W_m-7), 0 \leq j < (H_m-7)$ 。

[0071] 将 R_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别分割成 $(W_m-7) \times (H_m-7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块, 将 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像分别分割成 $(W_m-7) \times (H_m-7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块, 然后分别计算 R_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图和标准差映射图, 并分别计算 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图和标准差映射图, 再分别计算 R_{org} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中与 R_{dis} 的 M 个子带的系数矩阵一一对应的 M 幅图像的每幅图像中所有坐标位置相同的两个重叠块的协方差映射图, 将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},R}$ 对应的图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图的系数矩阵和标准差映射图的系数矩阵

$$\text{分别记为 } U_m^{\text{org},R} \text{ 和 } \sigma_m^{\text{org},R} \quad , \quad U_m^{\text{org},R}(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 C_m^{\text{org},R}(i+x, j+y) \quad ,$$

$$\sigma_m^{\text{org},R}(i, j) = \sqrt{\frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (C_m^{\text{org},R}(i+x, j+y) - U_m^{\text{org},R}(i, j))^2} \text{ , 将 } R_{\text{dis}} \text{ 的第 } m \text{ 个子带的系数矩}$$

阵 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像中所有尺寸大小为 8×8 的重叠块的均值映射图的系数矩阵和标准差映射图的系数矩阵分别记为 $U_m^{\text{dis},R}$ 和 $\sigma_m^{\text{dis},R}$,

$$U_m^{\text{dis},R}(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 C_m^{\text{dis},R}(i+x, j+y) \quad ,$$

$$\sigma_m^{\text{dis},R}(i, j) = \sqrt{\frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (C_m^{\text{dis},R}(i+x, j+y) - U_m^{\text{dis},R}(i, j))^2} \text{ ,}$$

将 R_{org} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{org},R}$ 对应的图像中与 R_{dis} 的第 m 个子带的系数矩阵 $C_m^{\text{dis},R}$ 对应的图像中所有坐标位置相同的两个重叠块的协方差映射图的系数矩阵记为

B_m^R , $B_m^R(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 ((C_m^{org,R}(i+x, j+y) - U_m^{org,R}(i, j)) \times (C_m^{dis,R}(i+x, j+y) - U_m^{dis,R}(i, j)))$, 其中, $U_m^{org,R}(i, j)$ 表示 $C_m^{org,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的均值, $C_m^{org,R}(i+x, j+y)$ 表示 $C_m^{org,R}$ 中坐标位置为 $(i+x, j+y)$ 处的系数, $\sigma_m^{org,R}(i, j)$ 表示 $C_m^{org,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的标准差, $U_m^{dis,R}(i, j)$ 表示 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的均值, $C_m^{dis,R}(i+x, j+y)$ 表示 $C_m^{dis,R}$ 中坐标位置为 $(i+x, j+y)$ 处的系数, $\sigma_m^{dis,R}(i, j)$ 表示 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的标准差, $B_m^R(i, j)$ 表示 $C_m^{org,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点和 $C_m^{dis,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的协方差值, 此处 $0 \leq i < (W_m-7)$, $0 \leq j < (H_m-7)$ 。

[0072] 在此, 为了充分利用图像中像素点之间的关联性, 一个尺寸大小为 8×8 的重叠块与其最相邻的左重叠块或右重叠块有 7 列重叠, 同样, 该尺寸大小为 8×8 的重叠块与其最相邻的上重叠块或下重叠块有 7 行重叠。

[0073] ⑤ 计算 L_{org} 和 L_{dis} 的结构相似度值, 记为 Q^L , $Q^L = (L_{M,L})^{\alpha_M} \times \prod_{m=1}^M (Q_{m,L})^{\alpha_m}$,

其中, $L_{M,L} = b_1 \times L_{m,e,L} + b_2 \times L_{m,f,L} + b_3 \times L_{m,t,L}$, $Q_{m,L} = b_1 \times Q_{m,e,L} + b_2 \times Q_{m,f,L} + b_3 \times Q_{m,t,L}$,

$$L_{m,e,L} = \frac{1}{N_{e,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{2 \times U_M^{orgL}(i, j) \times U_M^{disL}(i, j) \times A_{M,e}^L(i, j) + C_1}{(U_M^{orgL}(i, j) \times A_{M,e}^L(i, j))^2 + (U_M^{disL}(i, j) \times A_{M,e}^L(i, j))^2 + C_1}, N_{e,L} = \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} A_{M,e}^L(i, j),$$

$$L_{m,f,L} = \frac{1}{N_{f,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{2 \times U_M^{orgL}(i, j) \times U_M^{disL}(i, j) \times A_{M,f}^L(i, j) + C_1}{(U_M^{orgL}(i, j) \times A_{M,f}^L(i, j))^2 + (U_M^{disL}(i, j) \times A_{M,f}^L(i, j))^2 + C_1},$$

$$N_{f,L} = \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} A_{M,f}^L(i, j), L_{m,t,L} = \frac{1}{N_{t,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{2 \times U_M^{orgL}(i, j) \times U_M^{disL}(i, j) \times A_{M,t}^L(i, j) + C_1}{(U_M^{orgL}(i, j) \times A_{M,t}^L(i, j))^2 + (U_M^{disL}(i, j) \times A_{M,t}^L(i, j))^2 + C_1},$$

$$N_{t,L} = \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} A_{M,t}^L(i, j), Q_{m,e,L} = H_{m,e,L} \times G_{m,e,L}, Q_{m,f,L} = H_{m,f,L} \times G_{m,f,L}, Q_{m,t,L} = H_{m,t,L} \times G_{m,t,L},$$

$$H_{m,e,L} = \frac{1}{N_{e,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{B_m^L(i, j) \times A_{m,e}^L(i, j) + C_3}{\sigma_m^{orgL}(i, j) \times \sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,e}^L(i, j) + C_3}, H_{m,f,L} = \frac{1}{N_{f,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{B_m^L(i, j) \times A_{m,f}^L(i, j) + C_3}{\sigma_m^{orgL}(i, j) \times \sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,f}^L(i, j) + C_3},$$

$$H_{m,t,L} = \frac{1}{N_{t,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{B_m^L(i, j) \times A_{m,t}^L(i, j) + C_3}{\sigma_m^{orgL}(i, j) \times \sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,t}^L(i, j) + C_3},$$

$$G_{m,e,L} = \frac{1}{N_{e,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{orgL}(i, j) \times \sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,e}^L(i, j) + C_2}{(\sigma_m^{orgL}(i, j) \times A_{m,e}^L(i, j))^2 + (\sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,e}^L(i, j))^2 + C_2},$$

$$G_{m,f,L} = \frac{1}{N_{f,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{orgL}(i, j) \times \sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,f}^L(i, j) + C_2}{(\sigma_m^{orgL}(i, j) \times A_{m,f}^L(i, j))^2 + (\sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,f}^L(i, j))^2 + C_2},$$

$$G_{m,t,L} = \frac{1}{N_{t,L}} \sum_{i=0}^{W_m-8} \sum_{j=0}^{H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{orgL}(i, j) \times \sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,t}^L(i, j) + C_2}{(\sigma_m^{orgL}(i, j) \times A_{m,t}^L(i, j))^2 + (\sigma_m^{disL}(i, j) \times A_{m,t}^L(i, j))^2 + C_2}, \text{此处 } \alpha_m \text{ 表示 } Q_{m,L} \text{ 对应的权值, 此处}$$

b_1 、 b_2 和 b_3 分别表示 $C_m^{org,L}$ 对应的图像和 $C_m^{dis,L}$ 对应的图像的边缘区域、平坦区域和纹理区域的权重值, C_1 、 C_2 和 C_3 均为常数, C_1 、 C_2 和 C_3 是为了防止当公式中的分母接近零时产生不稳

定现象所添加的常数,且 $C_1 \neq 0, C_2 \neq 0, C_3 \neq 0, U_M^{org,L}(i, j)$ 表示 L_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的均值, $U_M^{dis,L}(i, j)$ 表示 L_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,L}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的均值, $A_{M,e}^L(i, j)$ 表示 L_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵 $A_{M,e}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_{M,f}^L(i, j)$ 表示 L_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的平坦区域系数矩阵 $A_{M,f}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, $A_{M,t}^L(i, j)$ 表示 L_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,L}$ 对应的图像和 L_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,L}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的纹理区域系数矩阵 $A_{M,t}^L$ 中坐标位置为 (i, j) 处的系数, W_M 表示 $C_M^{org,L}$ 或 $C_M^{org,R}$ 或 $C_M^{dis,L}$ 或 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像的宽度, H_M 表示 $C_M^{org,L}$ 或 $C_M^{org,R}$ 或 $C_M^{dis,L}$ 或 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像的高度。

[0074] 计算 R_{org} 和 R_{dis} 的结构相似度值, 记为 Q^R , $Q^R = (L_{M,R})^{\alpha_M} \times \prod_{m=1}^M (Q_{m,R})^{\alpha_m}$,

其中, $L_{M,R} = b_1 \times L_{m,e,R} + b_2 \times L_{m,f,R} + b_3 \times L_{m,t,R}$, $Q_{m,R} = b_1 \times Q_{m,e,R} + b_2 \times Q_{m,f,R} + b_3 \times Q_{m,t,R}$,

$$L_{M,e,R} = \frac{1}{N_{e,R}} \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} \frac{2 \times U_M^{orgR}(i, j) \times U_M^{disR}(i, j) \times A_{M,e}^R(i, j) + C_1}{(U_M^{orgR}(i, j) \times A_{M,e}^R(i, j))^2 + (U_M^{disR}(i, j) \times A_{M,e}^R(i, j))^2 + C_1}, N_{e,R} = \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} A_{M,e}^R(i, j),$$

$$L_{M,f,R} = \frac{1}{N_{f,R}} \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} \frac{2 \times U_M^{orgR}(i, j) \times U_M^{disR}(i, j) \times A_{M,f}^R(i, j) + C_1}{(U_M^{orgR}(i, j) \times A_{M,f}^R(i, j))^2 + (U_M^{disR}(i, j) \times A_{M,f}^R(i, j))^2 + C_1}, N_{f,R} = \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} A_{M,f}^R(i, j),$$

$$L_{M,t,R} = \frac{1}{N_{t,R}} \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} \frac{2 \times U_M^{orgR}(i, j) \times U_M^{disR}(i, j) \times A_{M,t}^R(i, j) + C_1}{(U_M^{orgR}(i, j) \times A_{M,t}^R(i, j))^2 + (U_M^{disR}(i, j) \times A_{M,t}^R(i, j))^2 + C_1}, N_{t,R} = \sum_{i=0}^{W_M-8H_M-8} \sum_{j=0}^{W_M-8H_M-8} A_{M,t}^R(i, j),$$

$Q_{m,e,R} = H_{m,e,R} \times G_{m,e,R}$, $Q_{m,f,R} = H_{m,f,R} \times G_{m,f,R}$, $Q_{m,t,R} = H_{m,t,R} \times G_{m,t,R}$,

$$H_{m,e,R} = \frac{1}{N_{e,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{B_m^R(i, j) \times A_{m,e}^R(i, j) + C_3}{\sigma_m^{orgR}(i, j) \times \sigma_m^{disR}(i, j) \times A_{m,e}^R(i, j) + C_3}, H_{m,f,R} = \frac{1}{N_{f,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{B_m^R(i, j) \times A_{m,f}^R(i, j) + C_3}{\sigma_m^{orgR}(i, j) \times \sigma_m^{disR}(i, j) \times A_{m,f}^R(i, j) + C_3},$$

$$H_{m,t,R} = \frac{1}{N_{t,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{B_m^R(i, j) \times A_{m,t}^R(i, j) + C_3}{\sigma_m^{orgR}(i, j) \times \sigma_m^{disR}(i, j) \times A_{m,t}^R(i, j) + C_3},$$

$$G_{m,e,R} = \frac{1}{N_{e,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{orgR}(i, j) \times \sigma_m^{disR}(i, j) \times A_{m,e}^R(i, j) + C_2}{(\sigma_m^{orgR}(i, j) \times A_{m,e}^R(i, j))^2 + (\sigma_m^{disR}(i, j) \times A_{m,e}^R(i, j))^2 + C_2},$$

$$G_{m,f,R} = \frac{1}{N_{f,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{orgR}(i, j) \times \sigma_m^{disR}(i, j) \times A_{m,f}^R(i, j) + C_2}{(\sigma_m^{orgR}(i, j) \times A_{m,f}^R(i, j))^2 + (\sigma_m^{disR}(i, j) \times A_{m,f}^R(i, j))^2 + C_2},$$

$$G_{m,t,R} = \frac{1}{N_{t,R}} \sum_{i=0}^{W_m-8H_m-8} \sum_{j=0}^{W_m-8H_m-8} \frac{2 \times \sigma_m^{orgR}(i, j) \times \sigma_m^{disR}(i, j) \times A_{m,t}^R(i, j) + C_2}{(\sigma_m^{orgR}(i, j) \times A_{m,t}^R(i, j))^2 + (\sigma_m^{disR}(i, j) \times A_{m,t}^R(i, j))^2 + C_2}, \text{此处 } \alpha_m \text{ 表示 } Q_{m,R} \text{ 对应的权值, 此处}$$

b_1, b_2 和 b_3 分别表示 $C_M^{org,R}$ 对应的图像和 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像的边缘区域、平坦区域和纹理区域的权重值, $U_M^{org,R}(i, j)$ 表示 R_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的均值, $U_M^{dis,R}(i, j)$ 表示 R_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的均

值, $A_{M,e}^R(i,j)$ 表示 R_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵 $A_{M,e}^R$ 中坐标位置为 (i,j) 处的系数, $A_{M,f}^R(i,j)$ 表示 R_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵 $A_{M,f}^R$ 中坐标位置为 (i,j) 处的系数, $A_{M,t}^R(i,j)$ 表示 R_{org} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{org,R}$ 对应的图像和 R_{dis} 的第 M 个子带的系数矩阵 $C_M^{dis,R}$ 对应的图像分别实施区域划分后得到的边缘区域系数矩阵 $A_{M,t}^R$ 中坐标位置为 (i,j) 处的系数。

[0075] 在此, C_1 、 C_2 和 C_3 是为了避免公式中的分母出现为零的情况, 在本实施例中取 $C_1 = 2.56$, $C_2 = 7.68$, $C_3 = 3.84$ 。 α_m 值决定不同尺度上的评价值对立体图像质量的贡献大小, 在本实施例中, 当 $M = 5$ 时, 取 $\alpha_1 = 0.0448$ 、 $\alpha_2 = 0.02856$ 、 $\alpha_3 = 0.3001$ 、 $\alpha_4 = 0.2363$ 、 $\alpha_5 = 0.1333$ 。由于不同区域人眼的敏感度不同, 针对块效应人眼对平坦区域比纹理区域更敏感; 针对模糊失真人眼对纹理区域比平坦区域更敏感, 即总体来说, 人眼对边缘区域比纹理区域和平坦区域更敏感, 因此为了适合各种失真类型, 且减少计算复杂度, 边缘区域的权值 b_1 取 0.5, 平坦区域权值 b_2 纹理区域权值 b_3 均取 0.25。

[0076] ⑥根据 Q^L 和 Q^R 计算待评价的失真的立体图像 S_{dis} 相对于原始的无失真的立体图像 S_{org} 的空间频率相似度度量, 记为 Q_F , $Q_F = \omega_1 \times Q^L + \omega_r \times Q^R$, 其中, ω_1 表示 Q^L 的权值, ω_r 表示 Q^R 的权值。

[0077] 在本实施例中, ω_1 和 ω_r 决定了 Q^L 和 Q^R 对立体图像质量的贡献, 针对块效应, 立体图像质量大概是左视点图像质量和右视点图像质量之和的一半; 针对模糊失真, 立体图像质量主要取决于质量较好的那个视点。因此为了降低模型的计算复杂度, 在此取 $\omega_1 = \omega_r = 0.5$ 。

[0078] ⑦计算 L_{org} 与 R_{org} 的绝对差值图像, 记为 D_{LR}^{org} , $D_{LR}^{org} = |R_{org} - L_{org}|$, 计算 L_{dis} 与 R_{dis} 的绝对差值图像, 记为 D_{LR}^{dis} , $D_{LR}^{dis} = |R_{dis} - L_{dis}|$, 其中, “ $||$ ” 为取绝对值符号。

[0079] ⑧对 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 分别实施区域划分, 得到 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 各自对应的三个区域系数矩阵, 三个区域分别为边缘区域、平坦区域和纹理区域, 将 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 的边缘区域系数矩阵均记为 A_e^{LR} , $A_e^{LR}(i,j) = \begin{cases} 0, & (i,j) \in \text{非边缘} \\ 1, & (i,j) \in \text{边缘} \end{cases}$, 将 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 的平坦区域系数矩阵均记

为 A_f^{LR} , $A_f^{LR}(i,j) = \begin{cases} 0, & (i,j) \in \text{非平坦} \\ 1, & (i,j) \in \text{平坦} \end{cases}$, 将 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 的纹理区域系数矩阵均记为 A_t^{LR} ,

$A_t^{LR}(i,j) = \begin{cases} 0, & (i,j) \in \text{非纹理} \\ 1, & (i,j) \in \text{纹理} \end{cases}$, 其中, $A_e^{LR}(i,j)$ 表示 A_e^{LR} 中坐标位置为 (i,j) 处的系数,

$A_f^{LR}(i,j)$ 表示 A_f^{LR} 中坐标位置为 (i,j) 处的系数, $A_t^{LR}(i,j)$ 表示 A_t^{LR} 中坐标位置为 (i,j) 处的系数, 此处 $0 \leq i < (W-7)$, $0 \leq j < (H-7)$, W 表示 D_{LR}^{org} 或 D_{LR}^{dis} 的宽度, H 表示 D_{LR}^{org} 或 D_{LR}^{dis} 的高度。

[0080] 在此, 区域划分的过程按照步骤③所述的过程进行操作。利用图 3a、图 3b、图 3c、图 3d、图 3e、图 3f、图 3g、图 3h、图 3i、图 3j、图 3k 和图 3l 所示的 12 对无失真的立体图像建立其在不同失真类型不同失真程度下的失真立体图像集。首先计算出这 12 幅无失真的

立体图像对的绝对差值图像,然后计算出该库中 312 幅失真立体图像对的绝对差值图像,最后根据步骤③的区域划分过程得到失真的 312 幅立体图像对(原始绝对差值图像和失真绝对差值图像)在感知评价中的边缘区域系数矩阵 A_e^{LR} 、纹理系数矩阵 A_f^{LR} 和平坦区域系数矩阵 A_t^{LR} 。

[0081] ⑨将 D_{LR}^{org} 和 D_{LR}^{dis} 分别分割成 $(W-7) \times (H-7)$ 个尺寸大小为 8×8 的重叠块,然后计算 D_{LR}^{org} 与 D_{LR}^{dis} 中所有坐标位置相同的两个重叠块的亮度失真映射图的系数矩阵、结构失真映射图的系数矩阵及灵敏度失真映射图的系数矩阵,分别记为 P^{LR} 、 K^{LR} 及 E^{LR} ,对于 D_{LR}^{org} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块,将其定义为当前重叠块,计算当前重叠块与 D_{LR}^{dis} 中与当前重叠块坐标位置相同的重叠块的亮度失真映射值,

$$\text{记为 } P^{LR}(i, j), P^{LR}(i, j) = \begin{cases} 0.9 \times \sqrt{\frac{1}{|U_{org}^{LR}(i, j) - 127|}} & U_{org}^{LR}(i, j) > 127 \\ 1 & U_{org}^{LR}(i, j) = 127, \text{ 计算当前重叠} \\ 0.3 \times \sqrt{\frac{1}{|U_{org}^{LR}(i, j) - 127|}} & U_{org}^{LR}(i, j) < 127 \end{cases}$$

块与 D_{LR}^{dis} 中与当前重叠块坐标位置相同的重叠块的结构失真映射值,记为 $K^{LR}(i, j)$,

$$K^{LR}(i, j) = \frac{((\sigma_{org}^{LR}(i, j))^2 - (\sigma_{dis}^{LR}(i, j))^2)^2 + C_4}{((\sigma_{org}^{LR}(i, j))^2)^2 + ((\sigma_{dis}^{LR}(i, j))^2)^2 - 2(\sigma_{org,dis}^{LR}(i, j))^2 + C_4}, \text{ 计算当前重叠块}$$

与 D_{LR}^{dis} 中与当前重叠块坐标位置相同的重叠块的灵敏度失真映射值,记为 $E^{LR}(i, j)$,

$$E^{LR}(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (D_{LR}^{org}(i+x, j+y) - D_{LR}^{dis}(i+x, j+y))^2, \text{ 其中, } U_{org}^{LR}(i, j) \text{ 表示 } D_{LR}^{org} \text{ 中左}$$

上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的均值, $\sigma_{org}^{LR}(i, j)$ 表示 D_{LR}^{org} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的标准差, $\sigma_{dis}^{LR}(i, j)$ 表示 D_{LR}^{dis} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的标准差, $\sigma_{org,dis}^{LR}(i, j)$ 表示 D_{LR}^{org} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点和 D_{LR}^{dis} 中左上角的像素点的坐标位置为 (i, j) 的重叠块中所有像素点的协方差, C_4 是常数,且 $C_4 \neq 0$, $D_{LR}^{org}(i+x, j+y)$ 表示 D_{LR}^{org} 中坐标位置为 $(i+x, j+y)$ 的像素点的像素值, $D_{LR}^{dis}(i+x, j+y)$ 表示 D_{LR}^{dis} 中坐标位置为 $(i+x, j+y)$ 的像素点的像素值,此处 $0 \leq i < (W-7), 0 \leq j < (H-7)$ 。

[0082] 在本实施例中, C_4 主要是为了避免

$$K^{LR}(i, j) = \frac{((\sigma_{org}^{LR}(i, j))^2 - (\sigma_{dis}^{LR}(i, j))^2)^2 + C_4}{((\sigma_{org}^{LR}(i, j))^2)^2 + ((\sigma_{dis}^{LR}(i, j))^2)^2 - 2(\sigma_{org,dis}^{LR}(i, j))^2 + C_4} \text{ 中的分母接近零时产生}$$

不稳定现象所添加的常数,在此取 $C_4 = 2.56$ 。

[0083] ⑩计算待评价的失真的立体图像 S_{dis} 相对于原始的无失真的立体图像 S_{org} 的立体感知评价度量,记为 Q_s , $Q_s = b_1 \times Q_e + b_2 \times Q_f + b_3 \times Q_t$,其中,

$$Q_e = \frac{1}{N_{e,LR}} \sum_{i=0}^{W-7} \sum_{j=0}^{H-7} (P^{LR}(i, j) \times E^{LR}(i, j) \times K^{LR}(i, j) \times A_e^{LR}(i, j)) \quad , N_{e,LR} = \sum_{i=0}^{W-8} \sum_{j=0}^{H-8} A_e^{LR}(i, j) \quad ,$$

$$Q_f = \frac{1}{N_{f,LR}} \sum_{i=0}^{W-7} \sum_{j=0}^{H-7} (P^{LR}(i,j) \times E^{LR}(i,j) \times K^{LR}(i,j) \times A_f^{LR}(i,j)) \quad , N_{f,LR} = \sum_{i=0}^{W-8} \sum_{j=0}^{H-8} A_f^{LR}(i,j) \quad ,$$

$$Q_t = \frac{1}{N_{t,LR}} \sum_{i=0}^{W-7} \sum_{j=0}^{H-7} (P^{LR}(i,j) \times E^{LR}(i,j) \times K^{LR}(i,j) \times A_t^{LR}(i,j)) \quad , N_{t,LR} = \sum_{i=0}^{W-8} \sum_{j=0}^{H-8} A_t^{LR}(i,j) \quad .$$

[0084] ⑪根据待评价的失真的立体图像 S_{dis} 相对于原始的无失真的立体图像 S_{org} 的空间频率相似度量 Q_f 和立体感知评价度量 Q_s , 计算待评价的失真的立体图像 S_{dis} 的图像质量评价分值, 记为 Q , $Q = Q_f \times (Q_s)^\lambda$, 其中, λ 表示权重系数值。

[0085] 在此具体实施例中, 权重系数值 λ 的获取过程为:

[0086] ⑪-1、采用 n 幅无失真的立体图像建立其在不同失真类型不同失真程度下的失真立体图像集, 失真立体图像集包括多幅失真的立体图像, 其中, $n \geq 1$ 。

[0087] ⑪-2、利用主观质量评价方法获取失真立体图像集中的每幅失真的立体图像与其对应的无失真的立体图像的平均主观评分值的差值, 记为 DMOS, $DMOS \in [0, 100]$ 。

[0088] ⑪-3、根据步骤①至⑩的过程, 计算失真立体图像集中的每幅失真的立体图像相对于对应的无失真的立体图像的空间频率相似度量 Q_f 和立体感知评价度量 Q_s 。

[0089] ⑪-4、采用数学优化方法来拟合失真立体图像集中的每幅失真的立体图像对应的 DMOS 及对应的空间频率相似度量 Q_f 和立体感知评价度量 Q_s , 拟合函数为 $DMOS = Q_f \times (Q_s)^\lambda$, 从而得到最优情况下的 λ 值。

[0090] 在本实施例中, 利用图 3a、图 3b、图 3c、图 3d、图 3e、图 3f、图 3g、图 3h、图 3i、图 3j、图 3k 和图 3l 所示的 12 幅无失真的立体图像建立的 312 幅立体图像集, 对这 312 对失真的立体图像采用公知的主观质量评价方法进行主观评价, 得到 312 对失真的立体图像各自的平均主观评分差值 (DMOS, Difference Mean Opinion Scores), 即每幅失真的立体图像的主观质量评分值。DMOS 为主观评分均值 (MOS) 和满分 (100) 的差值, 即 $DMOS = 100 - MOS$, 因此, DMOS 值越大表示失真的立体图像的质量越差, DMOS 值越小表示失真的立体图像的质量越好, 且 DMOS 的取值范围为 $[0, 100]$; 另一方面, 对上述 312 对失真的立体图像按本发明方法步骤 (1) 至 (10) 计算得到每幅失真的立体图像相应的 Q_f 和 Q_s ; 然后采用 $Q = Q_f \times (Q_s)^\lambda$ 进行作四参数 Logistic 函数非线性拟合, 得到 λ 。在此, 利用评估图像质量评价方法的 2 个常用客观参量作为评价指标, 即非线性回归条件下的 Pearson 相关系数 (Correlation Coefficient, CC) 和均方误差系数 (Rooted Mean Squared Error, RMSE), 前者反映失真的立体图像评价函数这一客观模型的精度, 后者反映其预测的准确性。图 5a 和图 5b 分别给出了 λ 与主观评价因子 CC 和 RMSE 之间的关系, λ 值的大小决定左右视点图像质量和深度感知质量对最终的立体图像质量的贡献大小, λ 值过大或过小, 都会影响立体图像客观质量评价模型与主观感知之间的一致性, 主要是由于某一方面因素影响太大, 忽略了另一方面的因素。从图 5a 和图 5b 可知, CC 值先随着 λ 值的增大而增大, 当达到一定程度时, 又会随着 λ 值的增大而减少; 而 RMSE 则会相反, 先随着 λ 值增大而减少, 然后随着 λ 值增大而增大。图 5a 和图 5b 中出现极值的位置大致相同, 当 λ 值去到极值时, 立体图像客观质量评价模型与主观感知之间的一致性最好, 因此在此取 $\lambda = 0.03$ 。

[0091] 分析本实施例得到的失真的立体图像的图像质量评价函数 $Q = Q_f \times (Q_s)^{0.03}$ 的最终评价结果与主观评分 DMOS 之间的相关性。这里, 利用评估图像质量评价方法的 3 个常用客观参量作为评价指标, 即 CC、Spearman 相关系数 (Spearman Rank-Order Correlation

Coefficient, SROCC) 和 RMSE。SROCC 反映客观模型与主观感知之间的单调性情况。首先按本实施例得到的失真立体图像的图像质量评价函数 $Q = Q_f \times (Q_s)^{0.03}$ 计算得到的最终立体图像质量评价结果的输出值 Q , 然后将输出值 Q 做四参数 Logistic 函数非线性拟合, 最后得到立体客观评价模型与主观感知之间的性能指标值。CC 和 SROCC 值越高说明立体图像客观评价方法与 DMOS 相关性越好, RMSE 值越低说明立体图像客观评价方法与 DMOS 相关性越好。反映准确性和单调性的 CC、SROCC 和 RMSE 系数如表 1 所列, 由表 1 所列的数据可见, 按本实施例得到的失真立体图像的图像质量评价函数 $Q = Q_f \times (Q_s)^{0.03}$ 计算得到的最终评价结果的输出值 Q 与主观评分 DMOS 之间的相关性是很高的, CC 值超过 0.93, SROCC 超过 0.92, RMSE 值低于 6, 表明客观评价结果与人眼主观感知的结果较为一致, 说明了本发明方法的有效性。

[0092] 表 1 本实施得到的失真立体图像的图像质量评价分值与主观评分之间的相关性

[0093]

	Gblur	JP2K	JPEG	WN	H264	ALL
图片数目 (对)	60	60	60	60	72	312
CC	0.9787	0.9537	0.9331	0.9537	0.9643	0.9380
SROCC	0.9773	0.9499	0.9418	0.9258	0.9537	0.9458
RMSE	4.3260	3.6045	5.1221	4.7007	3.7156	5.9523

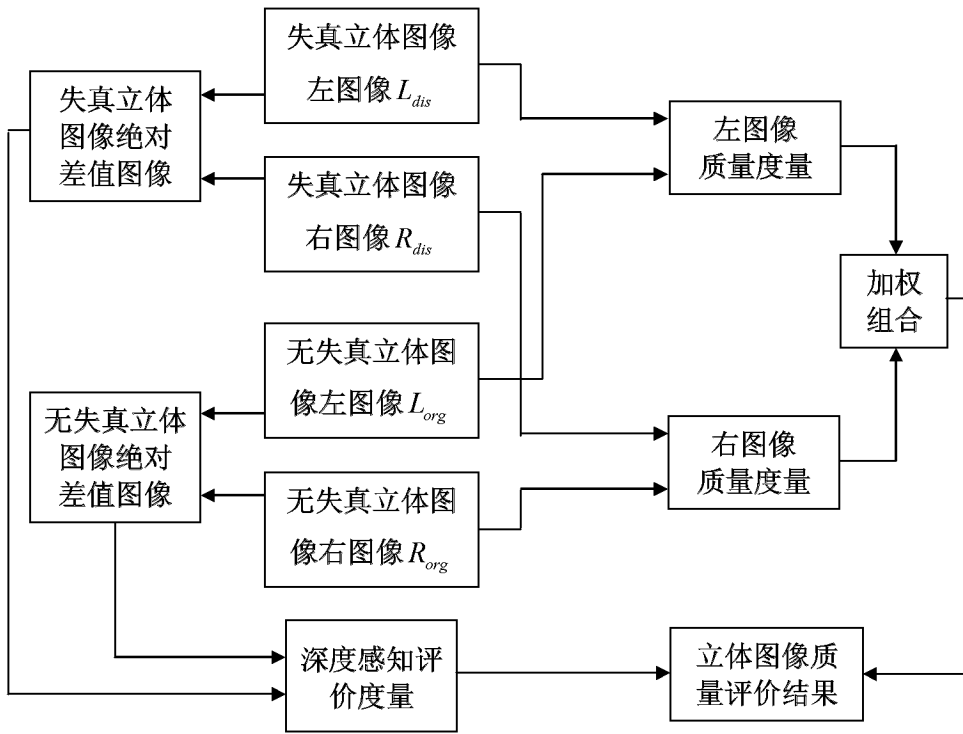


图 1

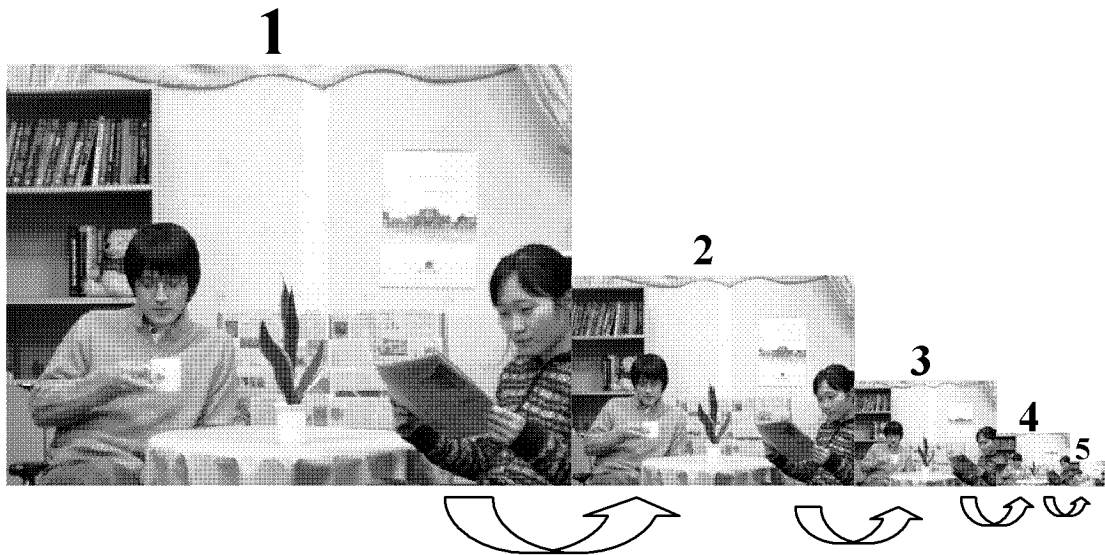


图 2

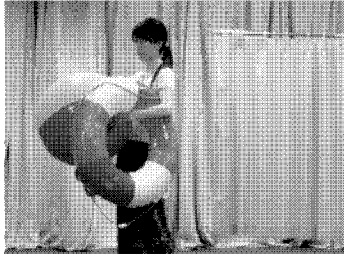


图 3a

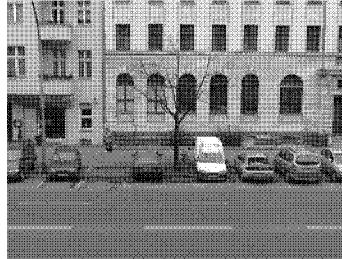


图 3b

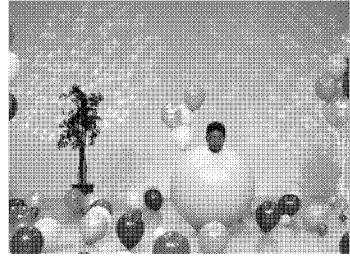


图 3c

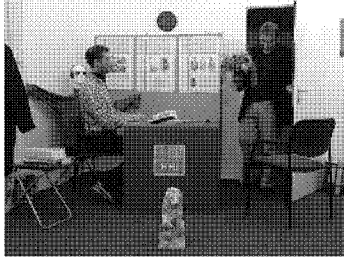


图 3d

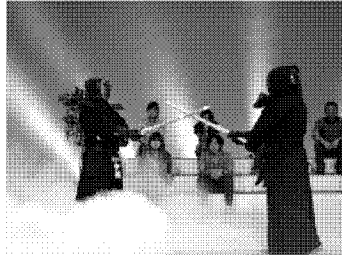


图 3e

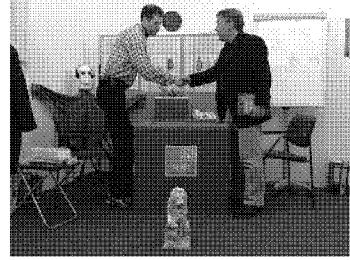


图 3f



图 3g

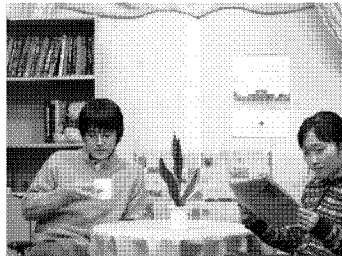


图 3h

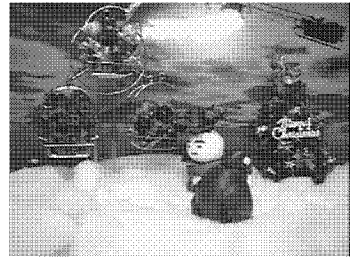


图 3i

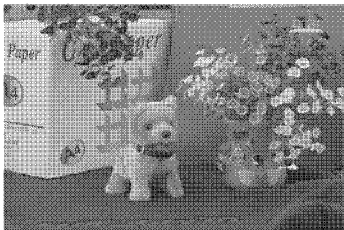


图 3j

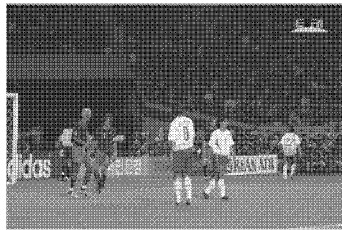


图 3k

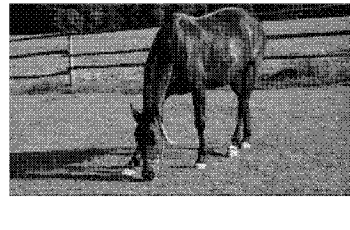


图 3l

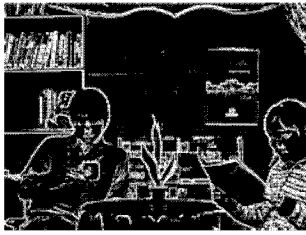


图 4a

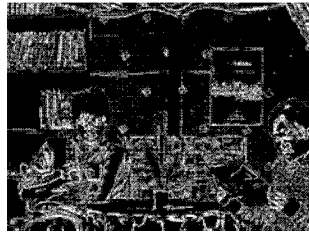


图 4b

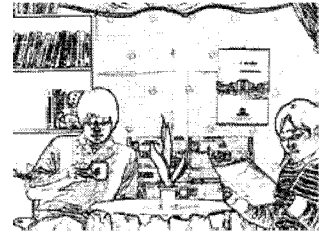


图 4c

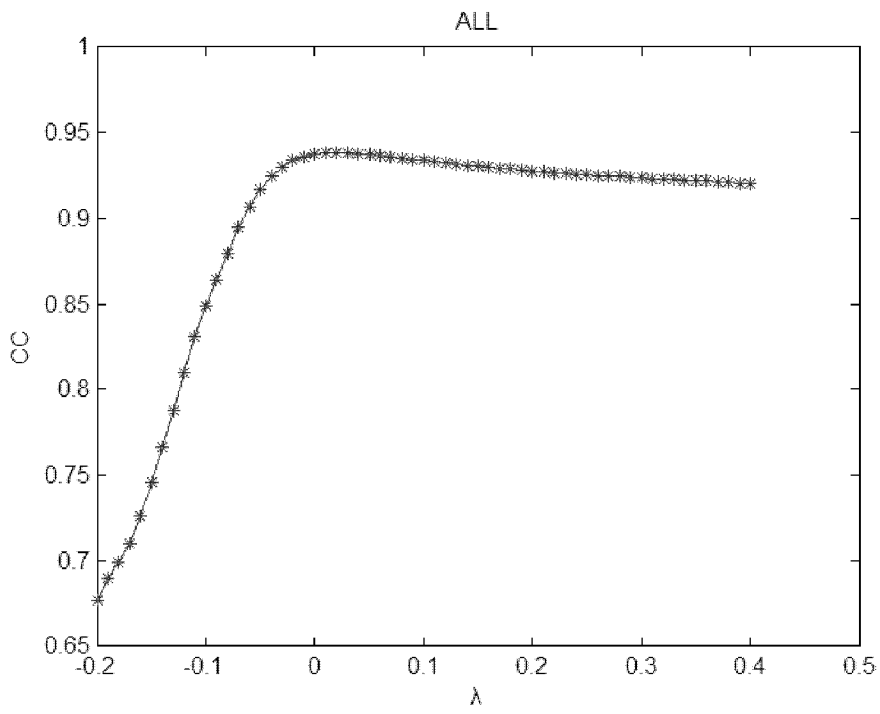


图 5a

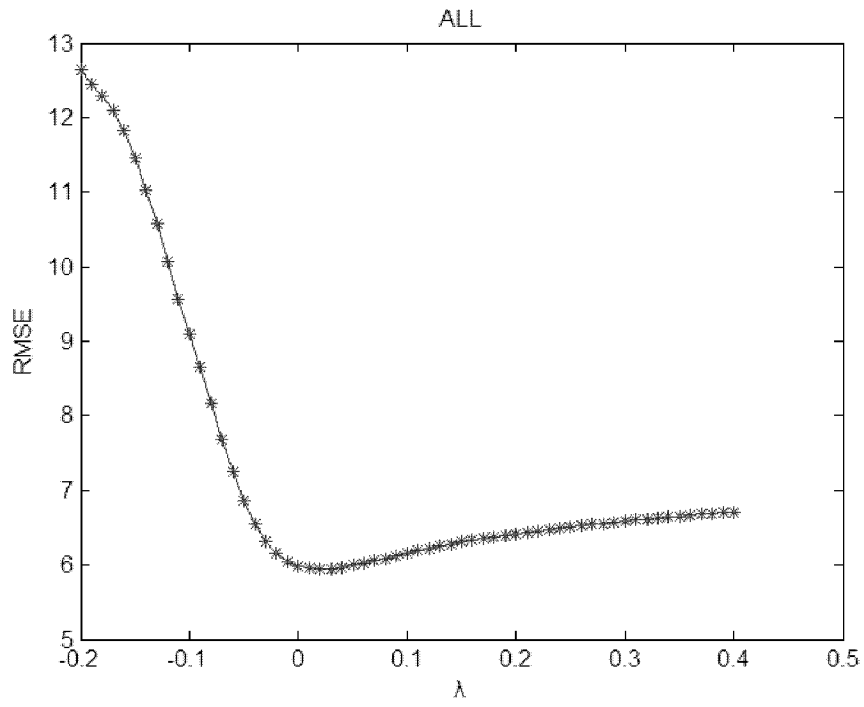


图 5b