



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110944166 B

(45) 授权公告日 2021.04.16

(21) 申请号 201911105745.3

(56) 对比文件

(22) 申请日 2019.11.13

CN 105898279 A, 2016.08.24

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 105407349 A, 2016.03.16

申请公布号 CN 110944166 A

KR 20180117433 A, 2018.10.29

(43) 申请公布日 2020.03.31

审查员 洪艺涵

(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 应宏微 郁梅 池碧蔚 张君君  
蒋刚毅

(74) 专利代理机构 宁波奥圣专利代理有限公司  
33226

代理人 周珏

(51) Int. Cl.

H04N 17/00 (2006.01)

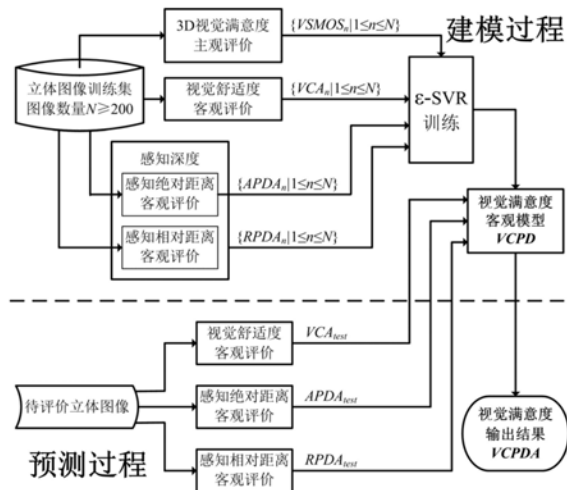
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种立体图像视觉满意度的客观评价方法

(57) 摘要

本发明公开了一种立体图像视觉满意度的客观评价方法,训练时获取训练集中的每幅立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值;计算每幅立体图像的视觉舒适度客观评价值、感知绝对距离客观评价值和感知相对距离客观评价值;用训练模型  $\epsilon$ -SVR 在所有平均主观评价均值与所有视觉舒适度客观评价值、感知绝对距离客观评价值、感知相对距离客观评价值之间进行拟合,得到立体图像视觉满意度客观评价模型;测试时获取待评价的立体图像的视觉舒适度客观评价值、感知绝对距离客观评价值和感知相对距离客观评价值,输入到立体图像视觉满意度客观评价模型中,预测得到视觉满意度预测值;优点是能预测出与人类对立体图像满意程度主观感知相一致的客观评价结果。



1. 一种立体图像视觉满意度的客观评价方法,其特征在于包括训练阶段和测试阶段两个过程;

所述的训练阶段过程的具体步骤为:

步骤1\_1:选取N幅宽度为 $W_{image}$ 且高度为 $H_{image}$ 的立体图像构成训练集;其中,N为正整数, $N \geq 200$ ;

步骤1\_2:获取训练集中的每幅立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值;然后将训练集中的所有立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值构成的集合记为 $\{VSMOS_n | 1 \leq n \leq N\}$ ;其中,n为正整数, $1 \leq n \leq N$ , $VSMOS_n$ 表示训练集中的第n幅立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值,3D视觉满意度的平均主观评价均值包含了视觉舒适度和感知深度的综合效果;

所述的步骤1\_2中,获取训练集中的每幅立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值的具体过程为:

步骤1\_2a:挑选包含男女性别的10位以上的受试者参与主观实验,每位受试者的视觉系统满足立体视小于60弧秒并已通过色彩测试;

步骤1\_2b:使每位受试者与用于显示立体图像的3D显示器之间的距离为3D显示器的屏幕高度的3倍,并使每位受试者能够平视观看3D显示器上显示的立体图像;告知每位受试者评分标准,评分标准为综合立体图像的视觉舒适度和感知深度两种主观视觉感知,从整体上进行评分;

步骤1\_2c:使3D显示器依次显示训练集中的每幅立体图像,且共循环显示2~3遍,使每幅立体图像在3D显示器上的显示时间为5~10秒,使3D显示器在受试者休息3~10秒后显示下一幅立体图像,且使3D显示器在受试者休息期间显示中灰色图像;每位受试者平视观看3D显示器上显示的立体图像,在最后一遍依次显示训练集中的每幅立体图像时,每位受试者根据国际标准ITU-T P.910和ITU-T P.911中的绝对类别评级在休息期间对3D显示器上刚显示过的立体图像的3D视觉满意度等级进行打分,5分表示“非常满意”,4分表示“满意”,3分表示“普通”,2分表示“不满意”,1分表示“非常不满意”;

步骤1\_2d:在每位受试者对训练集中的每幅立体图像的3D视觉满意度等级打分后,根据国际标准ITU-R BT.500-11中公开的筛选方法,除去异常的评分,保留正常的评分;

步骤1\_2e:针对训练集中的每幅立体图像,取针对该立体图像的所有正常的评分的平均值作为该立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值;

步骤1\_3:根据视觉舒适度客观评价模型,计算训练集中的每幅立体图像的视觉舒适度客观评价价值;然后将训练集中的所有立体图像的视觉舒适度客观评价价值构成的集合记为 $\{VCA_n | 1 \leq n \leq N\}$ ;其中, $VCA_n$ 表示训练集中的第n幅立体图像的视觉舒适度客观评价价值;

步骤1\_4:获取训练集中的每幅立体图像的右视点视差图像,将训练集中的第n幅立体图像的右视点视差图像记为 $DR_n$ ,将 $DR_n$ 中坐标位置为 $(x, y)$ 的像素点的像素值记为 $DR_n(x, y)$ , $DR_n(x, y)$ 也即为训练集中的第n幅立体图像中坐标位置为 $(x, y)$ 的像素点的右视点视差值;然后计算训练集中的每幅立体图像的物理距离图,将训练集中的第n幅立体图像的物理距离图记为 $VD_n$ ,将 $VD_n$ 中坐标位置为 $(x, y)$ 的像素点的像素值记为 $VD_n(x, y)$ ,

$VD_n(x, y) = \frac{p \times L}{p - DRS_n(x, y)}$ , $VD_n(x, y)$ 也即为训练集中的第n幅立体图像中坐标位置为 $(x,$

y)的像素点的物理距离值,  $VD_n(x, y)$  的单位为毫米; 其中,  $0 \leq x < W_{image}$ ,  $0 \leq y < H_{image}$ ,  $p$  表示受试者人眼的瞳距,  $L$  表示受试者人眼到3D显示器的物理距离,  $DRS_n(x, y)$  表示  $DR_n$  中坐标位置为  $(x, y)$  的像素点的屏幕视差值,  $DRS_n(x, y) = \frac{DR_n(x, y) \times W_{3D}}{W_{image}}$ , 3D显示器的屏幕宽度为

$W_{3D}$ , 3D显示器的屏幕高度为  $H_{3D}$ ,  $p$ 、 $L$ 、 $W_{3D}$ 、 $H_{3D}$  均以毫米为单位;

步骤1\_5: 根据训练集中的每幅立体图像的物理距离图, 计算训练集中的每幅立体图像的感知绝对距离客观评价值; 然后将训练集中的所有立体图像的感知绝对距离客观评价值构成的集合记为  $\{APDA_n | 1 \leq n \leq N\}$ ; 其中,  $APDA_n$  表示训练集中的第  $n$  幅立体图像的感知绝对距离客观评价值;

所述的步骤1\_5中的  $APDA_n$  的获取过程为:

步骤1\_5a: 对  $VD_n$  中的所有像素点的像素值按从大到小或从小到大的顺序进行排序;

步骤1\_5b: 从排序后的所有像素值中去掉最小的前1%个像素值; 然后从留下的所有像素值中找出最小值, 记为  $vd_{min}$ ;

步骤1\_5c: 计算  $APDA_n = \frac{121920}{30480 + vd_{min}} + 1$ ;

步骤1\_6: 根据训练集中的每幅立体图像的物理距离图, 计算训练集中的每幅立体图像的感知相对距离客观评价值; 然后将训练集中的所有立体图像的感知相对距离客观评价值构成的集合记为  $\{RPDA_n | 1 \leq n \leq N\}$ ; 其中,  $RPDA_n$  表示训练集中的第  $n$  幅立体图像的感知相对距离客观评价值;

所述的步骤1\_6中的  $RPDA_n$  的获取过程为:

步骤1\_6a: 对  $VD_n$  中的所有像素点的像素值按从大到小或从小到大的顺序进行排序;

步骤1\_6b: 从排序后的所有像素值中去掉最小的前1%个像素值和最大的前1%个像素值; 然后从留下的所有像素值中找出最小值和最大值, 对应记为  $vd_{min}$  和  $vd_{max}$ ;

步骤1\_6c: 计算  $RPDA_n = 4 \times \left( \frac{vd_{max}}{30480 + vd_{max}} - \frac{vd_{min}}{30480 + vd_{min}} \right) + 1$ ;

步骤1\_7: 采用训练模型  $\epsilon$ -SVR 在  $\{VSMOS_n | 1 \leq n \leq N\}$  与  $\{VCA_n | 1 \leq n \leq N\}$ 、 $\{APDA_n | 1 \leq n \leq N\}$ 、 $\{RPDA_n | 1 \leq n \leq N\}$  之间进行拟合, 得到立体图像视觉满意度客观评价模型, 描述为:  $VCPDA = VCPD(VCA, APDA, RPDA)$ ; 其中, 训练模型  $\epsilon$ -SVR 的核函数使用 histogram intersection 类型、宽度系数  $\gamma = 1/256$ 、惩罚系数  $C = 4$ 、不敏感损失系数  $\epsilon = 0.1$ ,  $VCPD()$  为立体图像视觉满意度客观评价模型的函数表示形式,  $VCA$ 、 $APDA$ 、 $RPDA$  均为立体图像视觉满意度客观评价模型的输入,  $VCA$  用于代表立体图像的视觉舒适度客观评价值,  $APDA$  用于代表立体图像的感知绝对距离客观评价值,  $RPDA$  用于代表立体图像的感知相对距离客观评价值,  $VCPDA$  为立体图像视觉满意度客观评价模型的输出;

所述的测试阶段过程的具体步骤为:

步骤2\_1: 对于一幅视觉满意度待评价的立体图像, 按照步骤1\_3至步骤1\_6的过程, 以相同的方式获取待评价的立体图像的视觉舒适度客观评价值、感知绝对距离客观评价值、感知相对距离客观评价值, 对应记为  $VCA_{test}$ 、 $APDA_{test}$ 、 $RPDA_{test}$ ; 然后将  $VCA_{test}$ 、 $APDA_{test}$ 、 $RPDA_{test}$  输入到立体图像视觉满意度客观评价模型中, 得到待评价的立体图像的视觉满意

度预测值。

## 一种立体图像视觉满意度的客观评价方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种图像质量评价技术,尤其是涉及一种立体图像视觉满意度的客观评价方法。

### 背景技术

[0002] 随着立体视频显示技术和高质量立体视频内容获取技术的快速发展,立体图像/视频的视觉体验质量(QoE,quality of experience)已成为了立体系统设计中的一个重要问题,而视觉舒适度(VC,visual comfort)和感知深度(PD,perceived depth)是影响立体图像/视频的视觉体验质量的重要因素。目前,对立体图像的视觉体验质量的研究主要集中在研究内容失真对于视觉体验质量的影响,这方面已产生了许多研究成果。立体图像的视觉舒适度研究的是在立体图像内容未失真前提下引起的生理上的不舒适感,立体图像的感知深度与立体图像给观看者带来的立体感、浸入感、临场感密切相关。定义视觉舒适度结合感知深度为3D视觉满意度,研究3D视觉满意度客观评价方法对于提高观看者的视觉体验质量、指导3D内容的制作和后期处理具有十分重要的作用。

[0003] 立体图像的视觉舒适度与双目视差关系密切,双目视差是产生立体感的原因,但过大的双目视差又是产生视觉不舒适的重要因素。现有的立体图像视觉舒适度客观评价方法主要是通过提取立体图像的视差特征,例如视差幅度、视差梯度、相对视差、视差范围等,然后使用统计学上的方法或机器学习的算法建立起客观模型。使用这一类客观模型指导3D内容的制作和后期处理时,会过多地减少双目视差以使得视觉舒适度达到最优,但因此也造成了立体感不足以及虚拟场景距人眼偏远的问题,即减弱了感知深度,降低了视觉体验质量。因此,需研究融合了视觉舒适度和感知深度的立体图像视觉满意度客观评价方法,以更好地指导3D内容的制作和处理。

### 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种立体图像视觉满意度的客观评价方法,其融合了视觉舒适度评价和感知深度评价,其能够预测出与人类对立体图像满意程度主观感知相一致的客观评价结果。

[0005] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案为:一种立体图像视觉满意度的客观评价方法,其特征在于包括训练阶段和测试阶段两个过程;

[0006] 所述的训练阶段过程的具体步骤为:

[0007] 步骤1\_1:选取N幅宽度为 $W_{image}$ 且高度为 $H_{image}$ 的立体图像构成训练集;其中,N为正整数, $N \geq 200$ ;

[0008] 步骤1\_2:获取训练集中的每幅立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值;然后将训练集中的所有立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值构成的集合记为 $\{VSMOS_n | 1 \leq n \leq N\}$ ;其中,n为正整数, $1 \leq n \leq N$ , $VSMOS_n$ 表示训练集中的第n幅立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值,3D视觉满意度的平均主观评价均值包含了视觉舒适度和

感知深度的综合效果；

[0009] 步骤1\_3:根据视觉舒适度客观评价模型,计算训练集中的每幅立体图像的视觉舒适度客观评价值;然后将训练集中的所有立体图像的视觉舒适度客观评价值构成的集合记为 $\{VCA_n | 1 \leq n \leq N\}$ ;其中, $VCA_n$ 表示训练集中的第 $n$ 幅立体图像的视觉舒适度客观评价值;

[0010] 步骤1\_4:获取训练集中的每幅立体图像的右视点视差图像,将训练集中的第 $n$ 幅立体图像的右视点视差图像记为 $DR_n$ ,将 $DR_n$ 中坐标位置为 $(x, y)$ 的像素点的像素值记为 $DR_n(x, y)$ , $DR_n(x, y)$ 也即为训练集中的第 $n$ 幅立体图像中坐标位置为 $(x, y)$ 的像素点的右视点视差值;然后计算训练集中的每幅立体图像的物理距离图,将训练集中的第 $n$ 幅立体图像的物理距离图记为 $VD_n$ ,将 $VD_n$ 中坐标位置为 $(x, y)$ 的像素点的像素值记为 $VD_n(x, y)$ ,

$VD_n(x, y) = \frac{p \times L}{p - DRS_n(x, y)}$ , $VD_n(x, y)$ 也即为训练集中的第 $n$ 幅立体图像中坐标位置为 $(x,$

$y)$ 的像素点的物理距离值, $VD_n(x, y)$ 的单位为毫米;其中, $0 \leq x < W_{image}$ , $0 \leq y < H_{image}$ , $p$ 表示受试者人眼的瞳距, $L$ 表示受试者人眼到3D显示器的物理距离, $DRS_n(x, y)$ 表示 $DR_n$ 中坐标位

置为 $(x, y)$ 的像素点的屏幕视差值, $DRS_n(x, y) = \frac{DR_n(x, y) \times W_{3D}}{W_{image}}$ ,3D显示器的屏幕宽度为

$W_{3D}$ ,3D显示器的屏幕高度为 $H_{3D}$ , $p$ 、 $L$ 、 $W_{3D}$ 、 $H_{3D}$ 均以毫米为单位;

[0011] 步骤1\_5:根据训练集中的每幅立体图像的物理距离图,计算训练集中的每幅立体图像的感知绝对距离客观评价值;然后将训练集中的所有立体图像的感知绝对距离客观评价值构成的集合记为 $\{APDA_n | 1 \leq n \leq N\}$ ;其中, $APDA_n$ 表示训练集中的第 $n$ 幅立体图像的感知绝对距离客观评价值;

[0012] 步骤1\_6:根据训练集中的每幅立体图像的物理距离图,计算训练集中的每幅立体图像的感知相对距离客观评价值;然后将训练集中的所有立体图像的感知相对距离客观评价值构成的集合记为 $\{RPDA_n | 1 \leq n \leq N\}$ ;其中, $RPDA_n$ 表示训练集中的第 $n$ 幅立体图像的感知相对距离客观评价值;

[0013] 步骤1\_7:采用训练模型 $\epsilon$ -SVR在 $\{VSMOS_n | 1 \leq n \leq N\}$ 与 $\{VCA_n | 1 \leq n \leq N\}$ 、 $\{APDA_n | 1 \leq n \leq N\}$ 、 $\{RPDA_n | 1 \leq n \leq N\}$ 之间进行拟合,得到立体图像视觉满意度客观评价模型,描述为: $VCPDA = VCPD(VCA, APDA, RPDA)$ ;其中,训练模型 $\epsilon$ -SVR的核函数使用histogram intersection类型、宽度系数 $\gamma = 1/256$ 、惩罚系数 $C = 4$ 、不敏感损失系数 $\epsilon = 0.1$ , $VCPD()$ 为立体图像视觉满意度客观评价模型的函数表示形式, $VCA$ 、 $APDA$ 、 $RPDA$ 均为立体图像视觉满意度客观评价模型的输入, $VCA$ 用于代表立体图像的视觉舒适度客观评价值, $APDA$ 用于代表立体图像的感知绝对距离客观评价值, $RPDA$ 用于代表立体图像的感知相对距离客观评价值, $VCPDA$ 为立体图像视觉满意度客观评价模型的输出;

[0014] 所述的测试阶段过程的具体步骤为:

[0015] 步骤2\_1:对于一幅视觉满意度待评价的立体图像,按照步骤1\_3至步骤1\_6的过程,以相同的方式获取待评价的立体图像的视觉舒适度客观评价值、感知绝对距离客观评价值、感知相对距离客观评价值,对应记为 $VCA_{test}$ 、 $APDA_{test}$ 、 $RPDA_{test}$ ;然后将 $VCA_{test}$ 、 $APDA_{test}$ 、 $RPDA_{test}$ 输入到立体图像视觉满意度客观评价模型中,得到待评价的立体图像的视觉满意度预测值。

[0016] 所述的步骤1\_2中,获取训练集中的每幅立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值的具体过程为:

[0017] 步骤1\_2a:挑选包含男女性别的10位以上的受试者参与主观实验,每位受试者的视觉系统满足立体视小于60弧秒并已通过色彩测试;

[0018] 步骤1\_2b:使每位受试者与用于显示立体图像的3D显示器之间的距离为3D显示器的屏幕高度的3倍,并使每位受试者能够平视观看3D显示器上显示的立体图像;告知每位受试者评分标准,评分标准为综合立体图像的视觉舒适度和感知深度两种主观视觉感知,从整体上评分;

[0019] 步骤1\_2c:使3D显示器依次显示训练集中的每幅立体图像,且共循环显示2~3遍,使每幅立体图像在3D显示器上的显示时间为5~10秒,使3D显示器在受试者休息3~10秒后显示下一幅立体图像,且使3D显示器在受试者休息期间显示中灰色图像;每位受试者平视观看3D显示器上显示的立体图像,在最后一遍依次显示训练集中的每幅立体图像时,每位受试者根据国际标准ITU-T P.910和ITU-T P.911中的绝对类别评级在休息期间对3D显示器上刚显示过的立体图像的3D视觉满意度等级进行打分,5分表示“非常满意”,4分表示“满意”,3分表示“普通”,2分表示“不满意”,1分表示“非常不满意”;

[0020] 步骤1\_2d:在每位受试者对训练集中的每幅立体图像的3D视觉满意度等级打分后,根据国际标准ITU-R BT.500-11中公开的筛选方法,除去异常的评分,保留正常的评分;

[0021] 步骤1\_2e:针对训练集中的每幅立体图像,取针对该立体图像的所有正常的评分的平均值作为该立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值。

[0022] 所述的步骤1\_5中的 $APDA_n$ 的获取过程为:

[0023] 步骤1\_5a:对 $VD_n$ 中的所有像素点的像素值按从大到小或从小到大的顺序进行排序;

[0024] 步骤1\_5b:从排序后的所有像素值中去掉最小的前1%个像素值;然后从留下的所有像素值中找出最小值,记为 $vd_{min}$ ;

[0025] 步骤1\_5c:计算 $APDA_n = \frac{121920}{30480 + vd_{min}} + 1$ 。

[0026] 所述的步骤1\_6中的 $RPDA_n$ 的获取过程为:

[0027] 步骤1\_6a:对 $VD_n$ 中的所有像素点的像素值按从大到小或从小到大的顺序进行排序;

[0028] 步骤1\_6b:从排序后的所有像素值中去掉最小的前1%个像素值和最大的前1%个像素值;然后从留下的所有像素值中找出最小值和最大值,对应记为 $vd_{min}$ 和 $vd_{max}$ ;

[0029] 步骤1\_6c:计算 $RPDA_n = 4 \times \left( \frac{vd_{max}}{30480 + vd_{max}} - \frac{vd_{min}}{30480 + vd_{min}} \right) + 1$ 。

[0030] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0031] 本发明方法融合了视觉舒适度评价和感知深度评价,其中感知深度评价包括了感知绝对距离评价和感知相对距离评价,而后用机器学习的方法建立了视觉舒适度、感知绝对距离、感知相对距离三种客观评价值与立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值之间的映射关系,从而构造出立体图像视觉满意度客观评价模型,能更精确地预测出人类视

觉系统对立体图像的喜好程度,即能够预测出与人类对立体图像满意程度主观感知相一致的客观评价结果。

### 附图说明

[0032] 图1为本发明方法的总体实现框图;

[0033] 图2为训练集中的第 $n$ 幅立体图像中坐标位置为 $(x, y)$ 的像素点的物理距离值 $VD_n(x, y)$ 与训练集中的第 $n$ 幅立体图像的右视点视差图像中坐标位置为 $(x, y)$ 的像素点的屏幕视差值 $DRS_n(x, y)$ 、受试者人眼到3D显示器的物理距离 $L$ 、受试者人眼的瞳距 $p$ 之间关系的几何示意图。

### 具体实施方式

[0034] 以下结合附图实施例对本发明作进一步详细描述。

[0035] 本发明提出的一种立体图像视觉满意度的客观评价方法,其总体实现框图如图1所示,其包括训练阶段和测试阶段两个过程。

[0036] 所述的训练阶段过程的具体步骤为:

[0037] 步骤1\_1:选取 $N$ 幅宽度为 $W_{image}$ 且高度为 $H_{image}$ 的立体图像构成训练集;其中, $N$ 为正整数, $N \geq 200$ 。

[0038] 步骤1\_2:获取训练集中的每幅立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值;然后将训练集中的所有立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值构成的集合记为 $\{VSMOS_n | 1 \leq n \leq N\}$ ;其中, $n$ 为正整数, $1 \leq n \leq N$ , $VSMOS_n$ 表示训练集中的第 $n$ 幅立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值,3D视觉满意度的平均主观评价均值包含了视觉舒适度和感知深度的综合效果。

[0039] 在此具体实施例中,步骤1\_2中,获取训练集中的每幅立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值的具体过程为:

[0040] 步骤1\_2a:挑选包含男女性别的10位以上的受试者参与主观实验,每位受试者的视觉系统满足立体视小于60弧秒并已通过色彩测试。

[0041] 步骤1\_2b:使每位受试者与用于显示立体图像的3D显示器之间的距离为3D显示器的屏幕高度的3倍,并使每位受试者能够平视观看3D显示器上显示的立体图像;告知每位受试者评分标准,评分标准为综合立体图像的视觉舒适度和感知深度两种主观视觉感知,从整体上进行评分。

[0042] 步骤1\_2c:使3D显示器依次显示训练集中的每幅立体图像,且共循环显示2~3遍,使每幅立体图像在3D显示器上的显示时间为5~10秒,使3D显示器在受试者休息3~10秒后显示下一幅立体图像,且使3D显示器在受试者休息期间显示中灰色图像;每位受试者平视观看3D显示器上显示的立体图像,在最后一遍依次显示训练集中的每幅立体图像时,每位受试者根据国际标准ITU-T P.910和ITU-T P.911中的绝对类别评级在休息期间对3D显示器上刚显示过的立体图像的3D视觉满意度等级进行打分,5分表示“非常满意”,4分表示“满意”,3分表示“普通”,2分表示“不满意”,1分表示“非常不满意”。

[0043] 在此, $N$ 幅立体图像循环显示2~3遍足以,若循环显示遍数太多,则容易让受试者产生视觉疲劳,这样在最后一遍打分时会存在不准确的问题;每幅立体图像在3D显示器上



的显示时间可根据立体图像的尺寸进行确定,一般情况下大尺寸的立体图像的显示时间可设置的较长些,如设置为10秒。

[0044] 步骤1\_2d:在每位受试者对训练集中的每幅立体图像的3D视觉满意度等级打分后,根据国际标准ITU-R BT.500-11中公开的筛选方法,除去异常的评分,保留正常的评分。

[0045] 步骤1\_2e:针对训练集中的每幅立体图像,取针对该立体图像的所有正常的评分的平均值作为该立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值。

[0046] 步骤1\_3:根据视觉舒适度客观评价模型,计算训练集中的每幅立体图像的视觉舒适度客观评价价值;然后将训练集中的所有立体图像的视觉舒适度客观评价价值构成的集合记为 $\{VCA_n | 1 \leq n \leq N\}$ ;其中, $VCA_n$ 表示训练集中的第n幅立体图像的视觉舒适度客观评价价值。

[0047] 在此,视觉舒适度客观评价模型出自论文:Y.J.Jung,H.Sohn,S.Lee,H.W.Park, and Y.M.Ro.“Predicting Visual Discomfort of Stereoscopic Images using Human Attention Model”,IEEE Transactions on Circuits&Systems for Video Technology, vol.23,no.12,pp.2077-2082,2013.(应用人的关注度模型预测立体图像的视觉舒适度,电气与电子工程师协会的《视频技术电路与系统》期刊,23卷,12期,2077-2082页,2013年出版)。

[0048] 步骤1\_4:获取训练集中的每幅立体图像的右视点视差图像,将训练集中的第n幅立体图像的右视点视差图像记为 $DR_n$ ,将 $DR_n$ 中坐标位置为 $(x,y)$ 的像素点的像素值记为 $DR_n(x,y)$ , $DR_n(x,y)$ 也即为训练集中的第n幅立体图像中坐标位置为 $(x,y)$ 的像素点的右视点视差值;然后计算训练集中的每幅立体图像的物理距离图,将训练集中的第n幅立体图像的物理距离图记为 $VD_n$ ,将 $VD_n$ 中坐标位置为 $(x,y)$ 的像素点的像素值记为 $VD_n(x,y)$ ,

$VD_n(x,y) = \frac{p \times L}{p - DRS_n(x,y)}$ , $VD_n(x,y)$ 也即为训练集中的第n幅立体图像中坐标位置为 $(x,y)$ 的像素点的物理距离值;其中, $0 \leq x < W_{image}$ , $0 \leq y < H_{image}$ , $p$ 表示受试者人眼的瞳距, $L$ 表示受试者人眼到3D显示器的物理距离, $DRS_n(x,y)$ 表示 $DR_n$ 中坐标位置为 $(x,y)$ 的像素点的屏幕视差值, $DRS_n(x,y) = \frac{DR_n(x,y) \times W_{3D}}{W_{image}}$ ,3D显示器的屏幕宽度为 $W_{3D}$ ,3D显示器的屏幕高度

为 $H_{3D}$ , $p$ 、 $L$ 、 $W_{3D}$ 、 $H_{3D}$ 均以毫米为单位。

[0049] 在此, $DR_n$ 通过现有技术获取;图2给出了训练集中的第n幅立体图像中坐标位置为 $(x,y)$ 的像素点的物理距离值 $VD_n(x,y)$ 与训练集中的第n幅立体图像的右视点视差图像中坐标位置为 $(x,y)$ 的像素点的屏幕视差值 $DRS_n(x,y)$ 、受试者人眼到3D显示器的物理距离 $L$ 、受试者人眼的瞳距 $p$ 之间关系的几何示意图。

[0050] 步骤1\_5:根据训练集中的每幅立体图像的物理距离图,计算训练集中的每幅立体图像的感知绝对距离客观评价价值;然后将训练集中的所有立体图像的感知绝对距离客观评价价值构成的集合记为 $\{APDA_n | 1 \leq n \leq N\}$ ;其中, $APDA_n$ 表示训练集中的第n幅立体图像的感知绝对距离客观评价价值。

[0051] 在此具体实施例中,步骤1\_5中的 $APDA_n$ 的获取过程为:

[0052] 步骤1\_5a:对 $VD_n$ 中的所有像素点的像素值按从大到小或从小到大的顺序进行排序。

[0053] 步骤1\_5b:从排序后的所有像素值中去掉最小的前1%个像素值;然后从留下的所有像素值中找出最小值,记为 $vd_{\min}$ 。

[0054] 步骤1\_5c:计算 $APDA_n = \frac{121920}{30480 + vd_{\min}} + 1$ 。

[0055] 步骤1\_6:根据训练集中的每幅立体图像的物理距离图,计算训练集中的每幅立体图像的感知相对距离客观评价值;然后将训练集中的所有立体图像的感知相对距离客观评价值构成的集合记为 $\{RPDA_n | 1 \leq n \leq N\}$ ;其中, $RPDA_n$ 表示训练集中的第n幅立体图像的感知相对距离客观评价值。

[0056] 在此具体实施例中,步骤1\_6中的 $RPDA_n$ 的获取过程为:

[0057] 步骤1\_6a:对 $VD_n$ 中的所有像素点的像素值按从大到小或从小到大的顺序进行排序。

[0058] 步骤1\_6b:从排序后的所有像素值中去掉最小的前1%个像素值和最大的前1%个像素值;然后从留下的所有像素值中找出最小值和最大值,对应记为 $vd_{\min}$ 和 $vd_{\max}$ 。

[0059] 步骤1\_6c:计算 $RPDA_n = 4 \times \left( \frac{vd_{\max}}{30480 + vd_{\max}} - \frac{vd_{\min}}{30480 + vd_{\min}} \right) + 1$ 。

[0060] 步骤1\_7:采用经典的训练模型 $\varepsilon$ -SVR在 $\{VSMOS_n | 1 \leq n \leq N\}$ 与 $\{VCA_n | 1 \leq n \leq N\}$ 、 $\{APDA_n | 1 \leq n \leq N\}$ 、 $\{RPDA_n | 1 \leq n \leq N\}$ 之间进行拟合,得到立体图像视觉满意度客观评价模型,描述为: $VCPDA = VCPD(VCA, APDA, RPDA)$ ;其中,训练模型 $\varepsilon$ -SVR的核函数使用histogram intersection类型、宽度系数 $\gamma = 1/256$ 、惩罚系数 $C = 4$ 、不敏感损失系数 $\varepsilon = 0.1$ , $VCPD()$ 为立体图像视觉满意度客观评价模型的函数表示形式, $VCA$ 、 $APDA$ 、 $RPDA$ 均为立体图像视觉满意度客观评价模型的输入, $VCA$ 用于代表立体图像的视觉舒适度客观评价值, $APDA$ 用于代表立体图像的感知绝对距离客观评价值, $RPDA$ 用于代表立体图像的感知相对距离客观评价值, $VCPDA$ 为立体图像视觉满意度客观评价模型的输出。

[0061] 所述的测试阶段过程的具体步骤为:

[0062] 步骤2\_1:对于一幅视觉满意度待评价的立体图像,按照步骤1\_3至步骤1\_6的过程,以相同的方式获取待评价的立体图像的视觉舒适度客观评价值、感知绝对距离客观评价值、感知相对距离客观评价值,对应记为 $VCA_{\text{test}}$ 、 $APDA_{\text{test}}$ 、 $RPDA_{\text{test}}$ ;然后将 $VCA_{\text{test}}$ 、 $APDA_{\text{test}}$ 、 $RPDA_{\text{test}}$ 输入到立体图像视觉满意度客观评价模型中,得到待评价的立体图像的视觉满意度预测值。

[0063] 为进一步说明本发明方法的可行性和有效性,对本发明方法进行实验。

[0064] 在此,以韩国科学技术院图像和视频系统实验室(IVY LAB)提供的立体图像数据库为例,该立体图像数据库包含120幅立体图像以及每幅立体图像的右视点视差图像,包含了各种场景深度的室内和室外立体图像,并给出了每幅立体图像的3D视觉满意度的平均主观评价均值。

[0065] 在本实验中,选择该立体图像数据库中3D视觉满意度的平均主观评价均值低于3分的22幅立体图像,编号分别为:2、28、29、30、32、33、35、39、46、47、49、50、51、52、53、55、70、73、74、101、102、103。对这22幅原始立体图像分别进行12次视差偏移和缩小,然后针对每幅立体图像重绘为12幅视觉舒适度改善后的二级立体图像,将22幅原始立体图像和264

幅二级立体图像构成图像集。在此,视差偏移和缩小以及重绘方法出自论文:Y.J.Jung, H.Sohn,S.Lee,and Y.M.Ro,“Visual comfort improvement in stereoscopic 3D displays using perceptually plausible assessment metric of visual comfort”, IEEE Transactions on Consumer Electronics,vol.60,no.1,pp.1-9,2014。(感知上可信的视觉舒适度评价指标应用于立体3D显示的视觉舒适度改善,电气与电子工程师协会的《消费电子》期刊,60卷,1期,1-9页,2014年出版)。

[0066] 为验证本发明方法中的立体图像视觉满意度客观评价模型的性能,从图像集中随机选取18幅原始立体图像和对应的234幅二级立体图像构成训练集,将图像集中剩余的4幅原始图像和对应的52幅二级立体图像构成测试集,共需进行7315次交叉验证。利用评估图像质量评价方法的4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(Pearson linear correlation coefficient,PLCC)、Spearman相关系数(Spearman rank order correlation coefficient,SROCC)、平均绝对值误差(Mean Absolute Error,MAE)、均方根误差(root mean squared error,RMSE)。PLCC反映客观评价预测值与主观评价值的相关性;SROCC反映客观评价预测值与主观评价值的单调性、一致性;MAE和RMSE反映客观评价预测值的准确性。利用本发明方法获取图像集中的每幅立体图像的视觉满意度预测值,对这286幅立体图像的视觉满意度预测值做五参数Logistic函数非线性拟合,PLCC和SROCC值越高、且MAE和RMSE值越小,说明本发明方法的客观评价结果与平均主观评价均值之间的相关性越好。表1给出了本发明方法的评价指标值。

[0067] 表1性能评价指标值

性能评价指标	PLCC	SROCC	MAE	RMSE
指标值	0.9439	0.9349	0.2643	0.3308

[0069] 从表1中可以看出,利用本发明方法得到的客观评价结果与人眼主观感知的结果较为一致,很好地说明了本发明方法的有效性。

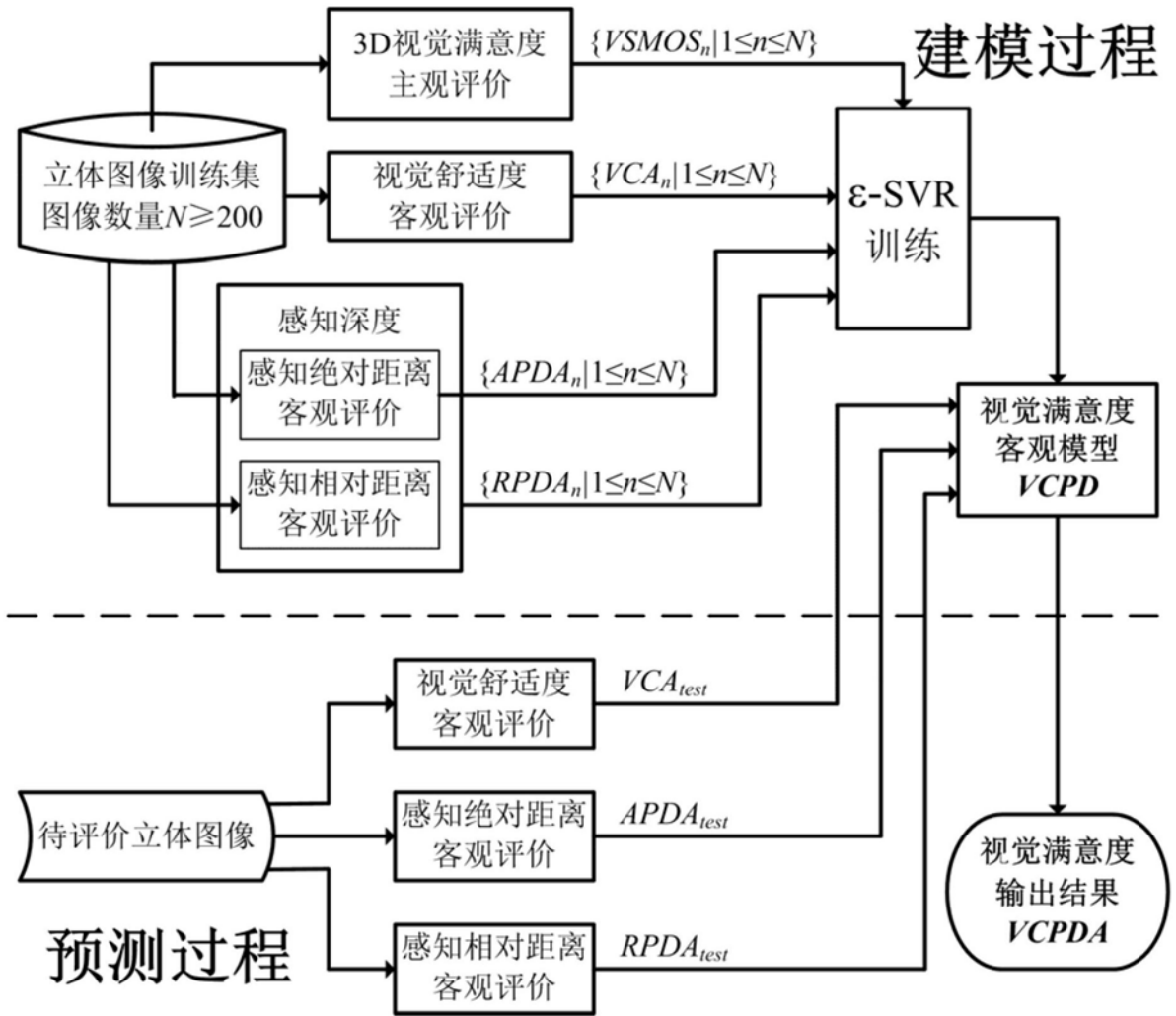


图1

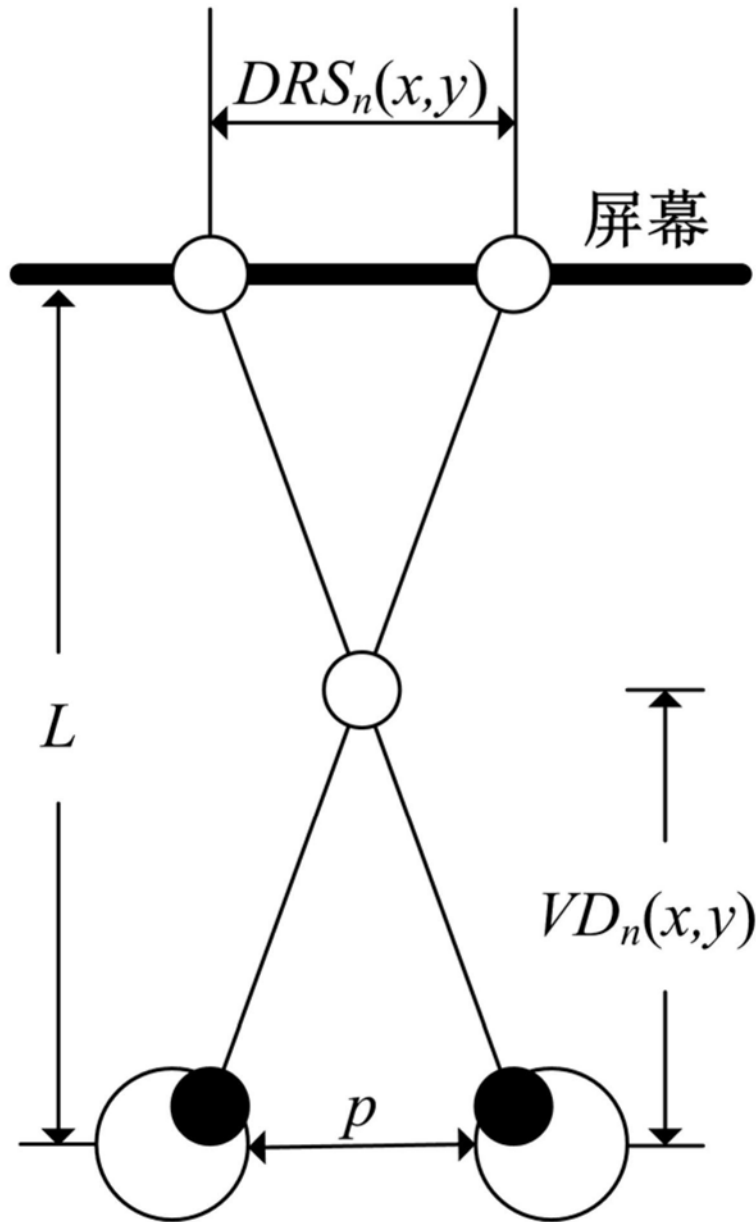


图2