



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110032927 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 02

(21) 申请号 201910146378.5

G06V 10/74 (2022.01)

(22) 申请日 2019.02.27

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 111652172 A, 2020.09.11

申请公布号 CN 110032927 A

CN 115761844 A, 2023.03.07

(43) 申请公布日 2019.07.19

审查员 胡腾飞

(73) 专利权人 视缘(上海)智能科技有限公司

地址 200433 上海市杨浦区政立路580弄48号401室

(72) 发明人 骞志彦 王国强 陈学伟 张斌

(74) 专利代理机构 上海骁象知识产权代理有限公司

公司 31315

专利代理师 赵俊寅

(51) Int. Cl.

G06V 40/16 (2022.01)

G06V 20/64 (2022.01)

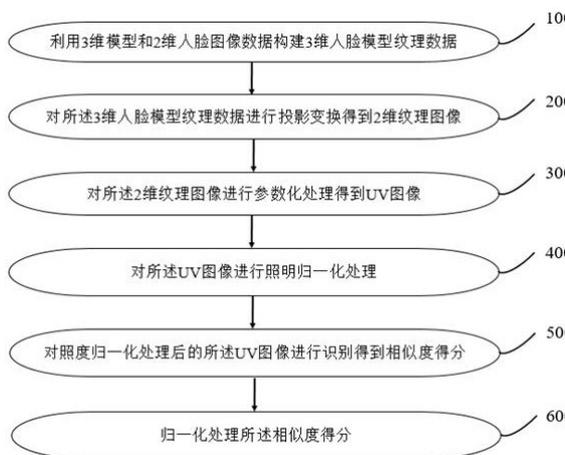
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种人脸识别方法

(57) 摘要

本发明提供一种人脸识别方法,属于图像处理及模式识别技术领域。本发明的人脸识别方法包括:利用3维模型和2维人脸图像数据构建3维人脸模型纹理数据;对所述3维人脸模型纹理数据进行投影变换得到2维纹理图像;对所述2维纹理图像进行参数化处理得到UV图像;对所述UV图像进行照明归一化处理;对照度归一化处理后的所述UV图像进行识别得到相似度得分。本发明的一种人脸识别方法提出了新的3维-2维(3D-2D)识别框架,该框架利用3D数据进行登记,同时仅需要2D数据进行识别,该识别方法具有较高的识别率,且对于条件变化更具辨别力和鲁棒性。



1. 一种人脸识别方法,其特征在于,包括:

利用3维模型和2维人脸图像数据构建3维人脸模型纹理数据;
 对所述3维人脸模型纹理数据进行投影变换得到2维纹理图像;
 对所述2维纹理图像进行参数化处理得到UV图像;
 对所述UV图像进行照度归一化处理;
 所述对所述UV图像进行照度归一化处理的步骤包括:
 分析确定所述UV图像的皮肤反射模型;
 根据所述皮肤反射模型构建所述UV图像的纹理照度模型;
 利用所述纹理照度模型对所述UV图像进行照度归一化处理;

纹理照度模型:UV空间中的纹理图像 $T(u)$, $u \in U \subset R^2$ 应用于未知面部反照率 $B(u)$:

$$T(u) = L_s(u) + (L_d(u) + L_a(u))B(u);$$

其中, $L_d(u)$ 是漫反射分量, $L_s(u)$ 是镜面反射分量, $L_a(u)$ 是环境照明组件;一对纹理图像可以按照两种不同的方式进行归一化:估算反照率成分或传递照明参数,解决方程中因为发光 $B(u) = (T(u) - L_s(u)) / (L_d(u) + L_a(u))$ 需要估计照明组件;

对照度归一化处理后的所述UV图像进行识别得到相似度得分。

2. 根据权利要求1所述的一种人脸识别方法,其特征在于,所述对照度归一化处理后的所述UV图像进行识别得到相似度得分的步骤之后还包括:

归一化处理所述相似度得分。

3. 根据权利要求1所述的一种人脸识别方法,其特征在于,所述3维模型为AFM构建模型,所述AFM构建模型的表面参数为一内射函数:

$$\tilde{x} \in M \subset R^3 \rightarrow u(\tilde{x}) \in U \subset R^2 \quad (1)$$

其中 \tilde{x} 表示3维向量 R^3 , M 表示图像, U 表示2维图像网络。

4. 根据权利要求2所述的人脸识别方法,其特征在于,所述对所述3维人脸模型纹理数据进行投影变换得到2维纹理图像的步骤包括:

在透视投影模型下对所述3维人脸模型纹理数据进行线性映射得到2维纹理图像;
 对所述2维纹理图像进行重投影误差最小化处理。

5. 根据权利要求3所述的人脸识别方法,其特征在于,所述对所述2维纹理图像进行参数化处理得到UV图像的步骤包括:

对所述2维纹理图像进行模型参数化处理得到UV图像;
 去除所述UV图像中的伪值点。

6. 一种人脸识别装置,其特征在于,包括:

3维模型构建模块,用于利用3维模型和2维人脸图像数据构建3维人脸模型纹理数据;
 投影变换模块,用于对所述3维人脸模型纹理数据进行投影变换得到2维纹理图像;
 参数化处理模块,用于对所述2维纹理图像进行参数化处理得到UV图像;
 照度处理模块,用于对所述UV图像进行照度归一化处理;
 所述照度处理模块包括:
 皮肤反射模型分析单元,用于分析确定所述UV图像的皮肤反射模型;

纹理照度模型构建单元,用于根据所述皮肤反射模型构建所述UV图像的纹理照度模型;

照度归一化单元,用于利用所述纹理照度模型对所述UV图像进行照度归一化处理;

识别模块,用于对照度归一化处理后的所述UV图像进行识别得到相似度得分。

7.根据权利要求6所述的人脸识别装置,其特征在于,所述投影变换模块包括:

透视投影单元,用于在透视投影模型下对所述3维人脸模型纹理数据进行线性映射得到2维纹理图像;

重投影误差最小化单元,用于对所述2维纹理图像进行重投影误差最小化处理。

8.根据权利要求7所述的人脸识别装置,其特征在于,所述参数化处理模块包括:

参数化处理单元,用于对所述2维纹理图像进行模型参数化处理得到UV图像;

去除单元,用于去除所述UV图像中的伪值点。

一种人脸识别方法

技术领域

[0001] 本发明属于图像处理及模式识别技术领域,尤其涉及一种人脸识别方法。

背景技术

[0002] 人脸识别(FR)一直是计算机视觉、模式识别和机器学习研究中的一个关键主题,它扩展了感知,行为和社会原则。平行地,FR技术在传感器、算法、数据库和评估框架等方面一直在不断发展,促使其日益增长的兴趣一部分由困难的任务和挑战(即复杂的,类内对象识别问题)驱动,一部分由涉及身份管理的各种应用驱动。目前研究的挑战包括:(i)将内在与外在的外观变化分开;(ii)发展判别表示和相似性度量;(iii)发现跨异构数据和条件的性能不变量。面向应用程序,面部正在成为一种强大的生物识别技术,一种用于基于内容的索引和检索的高级语义,以及一种用于人机交互的自然而丰富的通信模式。现有的用于面部识别的框架根据一些方法(例如:数据驱动/基于模型/感知)或面部数据域(例如:图像/点云/深度图)变化。

[0003] 现有的2D-2D人脸识别技术存在着精确度、识别通过率、识别速度等方面的缺陷,它会受到诸如光照、角度及清晰度等客观条件的影响,从而给判定的结果带来影响,目前已经提供了一些方法来提高对比的准确性,但是在这些现有技术的方法中存在诸多限制。

发明内容

[0004] 本发明提供一种人脸识别方法,以解决现有的2D-2D人脸识别技术存在的精确度、识别通过率、识别速度等方面的缺陷。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种人脸识别方法,包括:

[0006] 利用3维模型和2维人脸图像数据构建3维人脸模型纹理数据;

[0007] 对所述3维人脸模型纹理数据进行投影变换得到2维纹理图像;

[0008] 对所述2维纹理图像进行参数化处理得到UV图像;

[0009] 对所述UV图像进行照明归一化处理;

[0010] 对照度归一化处理后的所述UV图像进行识别得到相似度得分。

[0011] 根据本发明的一实施方式,所述对照度归一化处理后的所述UV图像进行识别得到相似度得分的步骤之后还包括:

[0012] 归一化处理所述相似度得分。

[0013] 根据本发明的另一实施方式,所述3维模型为AFM构建模型,所述AFM构建模型的表面参数为一内射函数:

$$[0014] \quad \tilde{\mathbf{x}} \in M \subset R^3 \rightarrow u\left(\tilde{\mathbf{x}}\right) \in U \subset R^2 \quad (1)$$

[0015] 其中 $\tilde{\mathbf{x}}$ 表示3维向量 R^3 ,M表示图像,U表示2维图像网络。

[0016] 根据本发明的另一实施方式,所述对所述3维人脸模型纹理数据进行投影变换得

到2维纹理图像的步骤包括：

[0017] 在透视投影模型下对所述3维人脸模型纹理数据进行线性映射得到2维纹理图像；

[0018] 对所述2维纹理图像进行重投影误差最小化处理。

[0019] 根据本发明的另一实施方式,所述对所述2维纹理图像进行参数化处理得到UV图像的步骤包括：

[0020] 对所述2维纹理图像进行模型参数化处理得到UV图像；

[0021] 去除所述UV图像中的伪值点。

[0022] 根据本发明的另一实施方式,所述对所述UV图像进行照明归一化处理的步骤包括：

[0023] 分析确定所述UV图像的皮肤反射模型；

[0024] 根据所述皮肤反射模型构建所述UV图像的纹理照度模型；

[0025] 利用所述纹理照度模型对所述UV图像进行照明归一化处理。

[0026] 另一方面,本发明还提供了一种人脸识别装置,包括：

[0027] 3维模型构建模块,用于利用3维模型和2维人脸图像数据构建3维人脸模型纹理数据；

[0028] 投影变换模块,用于对所述3维人脸模型纹理数据进行投影变换得到2维纹理图像；

[0029] 参数化处理模块,用于对所述2维纹理图像进行参数化处理得到UV图像；

[0030] 照度处理模块,用于对所述UV图像进行照明归一化处理；

[0031] 识别模块,用于对照度归一化处理后的所述UV图像进行识别得到相似度得分。

[0032] 根据本发明的一实施方式,所述投影变换模块包括：

[0033] 透视投影单元,用于在透视投影模型下对所述3维人脸模型纹理数据进行线性映射得到2维纹理图像；

[0034] 重投影误差最小化单元,用于对所述2维纹理图像进行重投影误差最小化处理。

[0035] 根据本发明的另一实施方式,所述参数化处理模块包括：

[0036] 参数化处理单元,用于对所述2维纹理图像进行模型参数化处理得到UV图像；

[0037] 去除单元,用于去除所述UV图像中的伪值点。

[0038] 根据本发明的另一实施方式,所述照明处理模块包括：

[0039] 皮肤反射模型分析单元,用于分析确定所述UV图像的皮肤反射模型；

[0040] 纹理照度模型构建单元,用于根据所述皮肤反射模型构建所述UV图像的纹理照度模型；

[0041] 照度归一化单元,用于利用所述纹理照度模型对所述UV图像进行照明归一化处理。

[0042] 本发明的有益效果：

[0043] 本发明的一种人脸识别方法提出了新的3维-2维(3D-2D)识别框架,该框架利用3D数据进行登记,同时仅需要2D数据进行识别,该识别方法具有较高的识别率,且对于条件变化更具辨别力和鲁棒性。

附图说明

[0044] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对本发明实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0045] 图1是本发明的一种人脸识别方法的一个实施例的流程示意图;

[0046] 图2是本发明的一种人脸识别方法的步骤200的一个实施例的流程示意图;

[0047] 图3是本发明的一种人脸识别方法的步骤300的一个实施例的流程示意图;

[0048] 图4是本发明的一种人脸识别方法的步骤400的一个实施例的流程示意图;

[0049] 图5是本发明的一种人脸识别装置的一个实施例的结构示意图。

具体实施方式

[0050] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0051] 参见图1所示,本发明实施例提供了一种人脸识别方法,包括:

[0052] 步骤100:利用3维模型和2维人脸图像数据构建3维人脸模型纹理数据;

[0053] 此处的3维人脸模型纹理数据是利用3维模型得到的对应2维人脸人脸图像的3维控制键人脸模型数据。

[0054] 步骤200:对所述3维人脸模型纹理数据进行投影变换得到2维纹理图像;

[0055] 此处的2维纹理图像是二维图像没有颜色信息。

[0056] 步骤300:对所述2维纹理图像进行参数化处理得到UV图像;

[0057] 此处的UV图像是二维图像含有颜色和其他图像信息。

[0058] 步骤400:对所述UV图像进行照明归一化处理;

[0059] 步骤500:对照度归一化处理后的所述UV图像进行识别得到相似度得分。

[0060] 作为一个举例说明,如图1所示本发明实施例的步骤500之后还包括:

[0061] 步骤600:归一化处理所述相似度得分。

[0062] 可选地,本实施例步骤100中3维模型为AFM构建模型,所述AFM构建模型的表面参数为一内射函数:

$$[0063] \quad \tilde{\mathbf{x}} \in M \subset R^3 \rightarrow u(\tilde{\mathbf{x}}) \in U \subset R^2 \quad (1)$$

[0064] 其中 $\tilde{\mathbf{x}}$ 表示3维向量 R^3 ,M表示图像,U表示2维图像网络。

[0065] 本实施例的步骤100中面部数据图案和记录框架是由AFM构建模型所提供。将原始多边形或表面M映射到规则采样的固定尺寸2维(2D)网格U,称为几何图像。任何适合3维(3D)数据的模型都会继承此预定义的参数化和相同的几何图像网格。通过将纹理值与模型点相关联,可以在UV坐标空间上构建纹理图像,从而为局部面部特征提供通用参考框架。UV空间中的纹理图像通过构造对齐(由于是几何图像)并记录(由于网格的规则性),并且可以

使用局部相似性度量进行比较。对于具有记录的2D纹理数据的3D模型,从对应于最接近的3D点的纹理元素中获得每个UV坐标的图像值,使用相同的方法在图库和探测纹理上进行自动3D-2D注册。

[0066] 作为另一个举例说明,如图2所示,本发明实施例的步骤200包括:

[0067] 步骤201:在透视投影模型下对所述3维人脸模型纹理数据进行线性映射得到2维纹理图像;

[0068] 步骤202:对所述2维纹理图像进行重投影误差最小化处理。

[0069] 具体的步骤200首先通过估计透视投影变换来实现将拟合3D模型配准到图像面,其涉及3D刚性变换(旋转和平移)和2D投影。在最一般的情况下,两种模态都可能表现出畸形脸。在登记期间,可以使用已知的相机参数和同时获取的3D和2D数据来进行变换。当2D探针需要注册到3D图库模型时,识别可能涉及不受控制的面部旋转和不同的身份,通过显式估计给定的3D-2D投影来纠正模态之间的相对姿势差异。

[0070] 在模型拟合之前,通过原始数据与AFM的刚性对齐来考虑3D姿势。通过迭代最近点算法估计 \mathbb{R}^3 中的相似变换A,使得模型点与最接近的3D表面点对齐。通过基于对应的预对准初始化算法,可以获得极端姿势的稳健性,3D数据被映射到规范模型姿势为 $A\tilde{x}$, $\tilde{x} \in \mathbb{R}^3$ 中。拟合后,变形模型顶点可以映射到原始空间:

$$[0071] \quad \tilde{X} = A^{-1}\tilde{X}_M, \tilde{X}_M = (\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_m), \tilde{x}_i \in M \quad (2)$$

[0072] 其中, \tilde{X}_M 是齐次坐标中点的列排列矩阵,A是 4×4 矩阵。原始3D数据和模型姿势之间的这种双射映射可以使用3D表面中的点 $\{\tilde{x}_i\}_{i=1}^1 \in \mathbb{R}^3$ 来建立与2D图像点 $\{x_i\}_{i=1}^1 \in X \subset \mathbb{R}^2$ 的对应关系。通过点对应集 $\{(x_i, \tilde{x}_i)\}_{i=1}^1$ 估计透视投影来获得3D与2D面的相对姿态。

[0073] 透视投影估计:基本假设是通过观察一些面部网格生成的2D面部图像。来自3D表面的点,在2D图像平面上线性地映射,通过由外在(或姿势)分量和内在(或相机)分量组成的透视投影,忽略非线性相机镜头失真。在全透视投影模型下给出了3D到2D的线性映射 $P \in \mathbb{R}^{3 \times 4}$:

$$[0074] \quad x_i = P\tilde{x}_i, P = sKE, E = \begin{bmatrix} R & \tilde{t} \end{bmatrix} \quad (3)$$

[0075] 其中,K是内部参数的 3×3 矩阵,E是外部参数的 3×4 矩阵。可以相对于平移矢量 \tilde{t} ,旋转矩阵R和尺度s进一步写入,这对于透视模型是模糊的。点 $\tilde{x} \in \mathbb{R}^3$,映射到点 $\tilde{x} \in X \subset \mathbb{R}^2$,均在齐次坐标中。求解P量去估计通过线性变换将一组3D点 \tilde{X} 映射到2D图像位置X的 3×4 投影矩阵的条目:

$$[0076] \quad X = sP\tilde{X}, s \in \mathbb{R}, P \in \mathbb{R}^{3 \times 4} \quad (4)$$

[0077] 其中, $X = (x_1, \dots, x_1)$ 和 $\tilde{X} = (\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_1)$ 是齐次坐标中的点的列排列矩阵。该系统涉及11个自由度,因为对于任意标量s,任何矩阵sP将导致图像上的相同投影集合的模糊性。通过2D和3D中标记的面部标志定位,建立一组3D-2D点对应集合 $\{(x_i, \tilde{x}_i)\}_{i=1}^1$ 。使用 $l=9$ 的

点参考集,这在一些小误差内导致了一个超定系统的近似,在(4)中相等。

[0078] 之后进行地标重投影误差最小化:投影变换(4)的估计被公式化为3D-2D界标重投影误差最小化,3D界面重投影误差是通过P的3D点的投影来近似2D点的误差。通过使用平方差求解所有参考点上的最小二乘近似问题来估计P:

$$[0079] \quad \min_P \sum_{i=1}^l \left\| x_i - P\tilde{x}_i \right\|_2^2 = \min_P \left\| X - P\tilde{X} \right\|_F^2 \quad (5)$$

[0080] 在公式中,目标函数是相对于投影矩阵P(即,变量集 $\{(P)_j\}_{j=1, \dots, 12}$)进行参数化的,而不是单独的相机和姿势参数。使用迭代优化过程来解决最小化问题,在这种情况下,使用直接线性变换算法初始化的Levenberg-Marquadt (LM) 算法,其给定精确点对应P的有效且接近的近似。P给出准确的点对应关系。对于相似性变换的不变性,点集相对于位置(原点)和距其质心的平均距离(比例)进行归一化。

[0081] 最小化P是对应于匹配任意3D和2D数据的未知基础设置的姿势和相机参数的耦合估计。可以将估计进一步分解到内部参数矩阵K和外部矩阵E,外部矩阵E表示相机框架的相对取向(等式3)。然而,为了使用3D模型获得纹理图像,投影矩阵P就足够了,因为各个参数矩阵中的分解通常是不唯一的。

[0082] 投影的准确性取决于3D和2D地标的数量,定位和对应精度。为了将3D模型登记到相同对象的图像,在未知成像条件下,该算法可以处理各种头部姿势变化。初始近似解的迭代细化为来自较少对应估计提供了鲁棒性;当使用五个或四个标志点时,为近似正面姿势生成视觉上一致的纹理。通过可视化投影在2D图像上3D模型点和网格。

[0083] 作为另一个举例说明,如图3所示,本发明实施例的步骤300包括:

[0084] 步骤301:对所述2维纹理图像进行模型参数化处理得到UV图像;

[0085] 步骤302:去除所述UV图像中的伪值点。

[0086] 具体的,本实施例中步骤300为:给定3D模型和2D图像对 (M, I) 和估计的投影变换P,纹理图像 $T(u)$, $u \in U$ 是从图像值 $I(x)$, $x \in X$ 和注册模型顶点 $\{\tilde{x}_i\}_{i=1}^m \in M$ 生成或提升。该过程类似于从共同注册到模型的纹理图像中提取UV图像:通过UV参数化,几何图像中的纹理值是由重新投影的模型顶点的位置上的图像值分配的。

[0087] 模型点的投影是从两个变换的级联中获得的,方程式中的三维变换将变形模型映射到3D数据坐标系,并将透视投影P从最小化:

$$[0088] \quad X = PA^{-1}\tilde{X}_M, X = (x_1, \dots, x_m), \tilde{X}_M = (\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_m) \quad (6)$$

[0089] 其中,X和 \tilde{X}_M 分别是图像和3D空间中模型顶点的矩阵。在对应于某个模型点 $\tilde{x} \in M$ 的UV坐标中,使用 $x \in X$ 中的图像I的值获得T的值:

$$[0090] \quad T(u) = I(x), \forall (u, x) \in U \times X : u = h(\tilde{x}), x = PA^{-1}\tilde{x} \quad (7)$$

[0091] 其中,h: $M \rightarrow U$ 方程中的模型参数化。通过来自投影模型三角测量插值来指定对于u不对应于某些 $\tilde{x} \in M$ 的T的值。

[0092] 由于3D姿势和2D姿势,两种类型的自遮挡会影响生成的纹理:沿着摄像机视点方向的模型表面遮挡(不可见的3D三角形)和2D图像平面上的区域遮挡(不可见的面部区域)。

在被遮挡的面部区域中,重新投影的网格不是区域内射的,并且表面三角测量到图像区域的映射将导致重叠的2D三角形。相同的图像值将被分配给可见的和遮挡三角形区域相对应的纹理点。

[0093] 通过计算可见性图,从后续处理中排除由于遮挡引起的伪值点。为了确定2D可见性,通过应用深度缓冲方法,跟踪图像平面上的投影点的深度值。来自x处的目标图像的值由等式1分配。对应具有最小深度值(最接近相机点)的3D点 $\tilde{\mathbf{x}}$ 的点u。可见性图是指标函数:

$$[0094] \quad v(u(\tilde{\mathbf{x}}_i)) = 1 \quad \forall \tilde{\mathbf{x}}_i, \tilde{\mathbf{x}}_j \in M : x_i = x_j \text{ 和 } (\tilde{\mathbf{x}}_i - \tilde{\mathbf{x}}_j) \cdot \tilde{\mathbf{e}} > 0 \quad (8)$$

[0095] 其中, x_i, x_j 是由等式 $\mathbf{x} = \mathbf{P}\mathbf{A}^{-1}\tilde{\mathbf{x}}$ 给出的重投影和 $\tilde{\mathbf{e}} = (0, 0, 1)^T$ 是 \mathbb{R}^3 中的深度坐标单位矢量。相反,不可见图是点u的指示函数,其与较小深度的其他图像值竞争相同的图像值。可以通过在UV中排除具有变换的表面法线的3D点来估计附加的3D可见性图,其中 $\tilde{\mathbf{n}} = \tilde{\mathbf{n}}(\tilde{\mathbf{x}}_i) \in \mathbb{R}^3$ 与视点的方向相反:如果 $E\tilde{\mathbf{n}}(\tilde{\mathbf{x}}_i) \cdot \tilde{\mathbf{e}} = \tilde{\mathbf{e}}^T E\tilde{\mathbf{n}} \geq 0$,则 $V(u(\tilde{\mathbf{x}}_i)) = 1$,其中E是方程式3D-2D投影计算的外在矩阵。

[0096] 作为另一个举例说明,如图4所示,本发明实施例的步骤400包括:

[0097] 步骤401:分析确定所述UV图像的皮肤反射模型;

[0098] 步骤402:根据所述皮肤反射模型构建所述UV图像的纹理照度模型;

[0099] 步骤403:利用所述纹理照度模型对所述UV图像进行照明归一化处理。

[0100] 具体的,本实施例中步骤400为:在归一化的一对纹理照明条件下,通过应用优化的、没有明确的反照率来估计照明传输。提出二次照明算法对AFM的UV空间中的纹理进行操作,尽量减少其逐元素照明差。使用在混合双向反射分布函数(BRDF)形式的皮肤反射模型(ASRM)进行分析。该方法比现有方法具有更少的约束和限制:(i)不假设源面部图像(即,视点,注册)上进行,因为UV表示通过3D-2D登记继承;(ii)不假设在光源(数量,距离或方向),阴影的存在下制得或镜面反射;(iii)依赖于最小输入和无光校准信息(即,一对probegallery纹理图像和3D拟合模型);(iv)从不同的示例中,局部光变化是必需的;(v)它涉及一个优化步骤,最小化关节误差,而不是解决两个单独的逆问题独立地估计每个纹理的反照率;(vi)它是双向的(即,源和目标纹理的角色可以互换);(vii)它采用相同的3D模型,用于归一化姿势和纹理吊装,用于获得表面法线的估计。

[0101] 纹理照明模型:UV空间中的纹理图像 $T(u)$, $u \in U \subset \mathbb{R}^2$ 应用于未知面部反照率 $B(u)$:

$$[0102] \quad T(u) = L_s(u) + (L_d(u) + L_a(u))B(u) \quad (9)$$

[0103] 其中, $L_d(u)$, $L_s(u)$ 是漫反射和镜面反射分量(假设白色镜面高光)和 $L_a(u)$ 是环境照明组件。一对纹理图像可以按照两种不同的方式进行归一化:估算反照率成分(发光)或传递照明参数(重光照)。解决方程(9)因为发光 $B(u) = (T(u) - L_s(u)) / (L_d(u) + L_a(u))$ 需要估计照明组件。在这项工作中,提倡使用纹理在没有先验估计反照率的情况下进行重光照。

[0104] 分析皮肤反射模型:使用分析BRDF的漫反射和镜面反射分量,忽略地下散射。漫反射 L_d 是使用基本的朗伯-BRDF模型,它假定在所有方向上有同样明亮的表面。对于具有强度L的单光源,表面点 $\tilde{\mathbf{x}}(u)$ 的强度与表面法线和入射光方向之间的角度 $\theta(u)$ 成正比: $L_d(u) = L \cos(\theta(u))$ 。镜面反射是通过Phan-BrdF来解释的,它通过 $L_s(u) = L \cos^n(\phi(u))$ 来模拟表面

点处的镜面反射强度,其中, $\varphi(u)$ 是视图矢量与反射光之间的夹角,而 η 是控制高亮部分大小的参数。通过基于AFM注释的镜面映射将不同脸部区域的镜面特性的变化纳入。

[0105] 方程(9)中的模型可以相对于分析模型参数来编写。纹理在RGB或色相饱和强度(HSI)空间的独立通道中被建模,并且假定光颜色是白的,这是在室内或受控条件下获得的面部图像的合理近似。此外,多点光源通过SUMM聚合。他们各自的BRFD功能:

$$T(u) = L_a(u)B(u) + L_d(u)B(u) + L_s(u) \quad (10)$$

$$= L_a B(u) + \sum_{i=1}^l (L_i \cos(\theta_i(u))B(u) + L_i \cos^\eta(\phi_i(u)))$$

[0107] 优化照明转移:照明模型的参数是每个光源和颜色通道的多个光源 $\{\tilde{c}_i\}$ 的位置和反射率分量的参数,例如 $\{L_a, \{L_i\}_{i=1}^l\}$ 。为了最小化两个纹理之间光照条件的差异,为两组光(位于模型质心周围的球体上)制定了一个优化问题;一个用于从源纹理中移除照明,另一个用于添加目标纹理的照明。该方案基于最小化相同反照率但不同光照条件的纹理之间的近似误差为:

$$R_c(u) = \left(T'(u) - L'_s(u) - (T(u) - L_s(u)) \frac{L'_d(u) + L'_a(u)}{L_d(u) + L_a(u)} \right)^2 \min_{\lambda} \sum_{u \in U} R_c(u; \lambda), \lambda = \left\{ \left\{ \tilde{c}_i, L_i \right\}_1^l, \left\{ c_i, L_i \right\}_1^l \right\} \quad (12)$$

[0109] 其中, L_a, L_d 和 L_s 是源纹理 T 的反射分量,在等式1中给出。 L_a, L_d 和 L_s 的目标纹理 T 的反射分量;最小化是根据光参数的复合矢量 λ 和 T 的位置定义的。误差函数也可以解释为两个纹理中面部反照率 $B(u)$ 的平均强度变化。在实践中,误差函数是颜色矢量值 E_q 的欧几里德范数。在RGB通道上,并且在应用可见性图 $V(u), V'(u)$ 的等式的并集为:

$$R(u) = \sum_{u \in U} V(u) V'(u) \left(\sum_{c \in \{R, G, B\}} R_c^2(u) \right)^{1/2} \quad (13)$$

[0111] 可以通过全局优化方法寻求方程11的最小化。使用模拟退火和自适应指数退火方案。考虑多个光点,三个用于模拟光源上的照度。为了在低光照条件下提高性能,将颜色纹理转换为HSI颜色空间,并将等式中的RGB转换为等式。被加权平均代替,强度加权为色调和饱和度的两倍。这种方案改善了暗面部区域的合成外观并增加了相似性得分。图库用作源和探针的目标纹理,两者都用在同一面部模型下的UV表示。

[0112] 重光照的另一个特性是双向的,在这种意义上,重光照传递可以在源-目标之间的任何方向上发生,并且探针和图库纹理的角色在成本函数中可以互换。视觉检查表明,重新设计纹理看起来很自然,面部特征得以保留,并且重光照过程不会产生明显的伪影。

[0113] 本实施例的步骤500中基于图像梯度方向的相关系数,通过全局相似性得分获得探针和图库提升纹理的成对比较,这对两个图像严重不匹配很不敏感。它特别适用于测量变化的面部数据的相似性,不仅由于不同的采集条件,而且由于个体外观的显著变化。

[0114] 另外,本实施例中还可以使用标准值对相似性得分进行归一化处理,例如:标准Z-score对1-N进行归一化得分,归一化和使用从图库数据中提取的距离进行N-N归一化的度量多维缩放。

[0115] 本发明实施例的人脸识别方法提出了新的3D-2D识别框架,该框架利用3D数据进

行登记,同时仅需要2D数据进行识别,并且也可以容易地应用于2D-3D的情况,基于3D的算法展示了非常高的识别率,基于3D模型的面部签名对于条件变化更具辨别力和鲁棒性。与跨不同模态映射特征的不对称或异构识别方法相比,开发的3D-2D框架(称为UR2D)依赖于模态协同作用,其中3D模型用于2D图像和纹理数据的配准,对齐和后照标准化。与先前用于3D-2D配准和拟合的方法相比,UR2D使用3D形状信息来重光照(使用表面法线信息)和分数计算。与现有的多模式2D+3D方法相比,UR2D以特定主题的方式跨越模态和跨登记/识别阶段整合面部数据。此外,与现有的3D辅助2D识别方法不同,本方法使用2D图像推断3D图库模型。UR2D是基于个性化图库模型,由实际的3D面部数据拟合模型所构造。

[0116] 另一方面,如5所示,本发明实施例还提供了一种人脸识别装置,包括:

[0117] 3维模型构建模块10,用于利用3维模型和2维人脸图像数据构建3维人脸模型纹理数据;

[0118] 投影变换模块20,用于对所述3维人脸模型纹理数据进行投影变换得到2维纹理图像;

[0119] 参数化处理模块30,用于对所述2维纹理图像进行参数化处理得到UV图像;

[0120] 照度处理模块40,用于对所述UV图像进行照明归一化处理;

[0121] 识别模块50,用于对照度归一化处理后的所述UV图像进行识别得到相似度得分。

[0122] 可选地,本实施例中人脸识别装置还包括归一化处理模块,用于归一化处理所述相似度得分。

[0123] 作为一个举例说明,本发明实施例的所述投影变换模块20包括:

[0124] 透视投影单元,用于在透视投影模型下对所述3维人脸模型纹理数据进行线性映射得到2维纹理图像;

[0125] 重投影误差最小化单元,用于对所述2维纹理图像进行重投影误差最小化处理。

[0126] 作为另一个举例说明,本发明实施例的所述参数化处理模块30包括:

[0127] 参数化处理单元,用于对所述2维纹理图像进行模型参数化处理得到UV图像;

[0128] 去除单元,用于去除所述UV图像中的伪值点。

[0129] 作为另一个举例说明,本发明实施例的所述照明处理模块40包括:

[0130] 皮肤反射模型分析单元,用于分析确定所述UV图像的皮肤反射模型;

[0131] 纹理照度模型构建单元,用于根据所述皮肤反射模型构建所述UV图像的纹理照度模型;

[0132] 照度归一化单元,用于利用所述纹理照度模型对所述UV图像进行照明归一化处理。

[0133] 本实施例是对应人脸识别方法的装置,由于人脸识别方法具有上述技术效果,故对应的人脸识别装置也具有相应的技术效果,在此不再赘述。

[0134] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,而不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可做出很多形式,均属于本发明的保护之内。

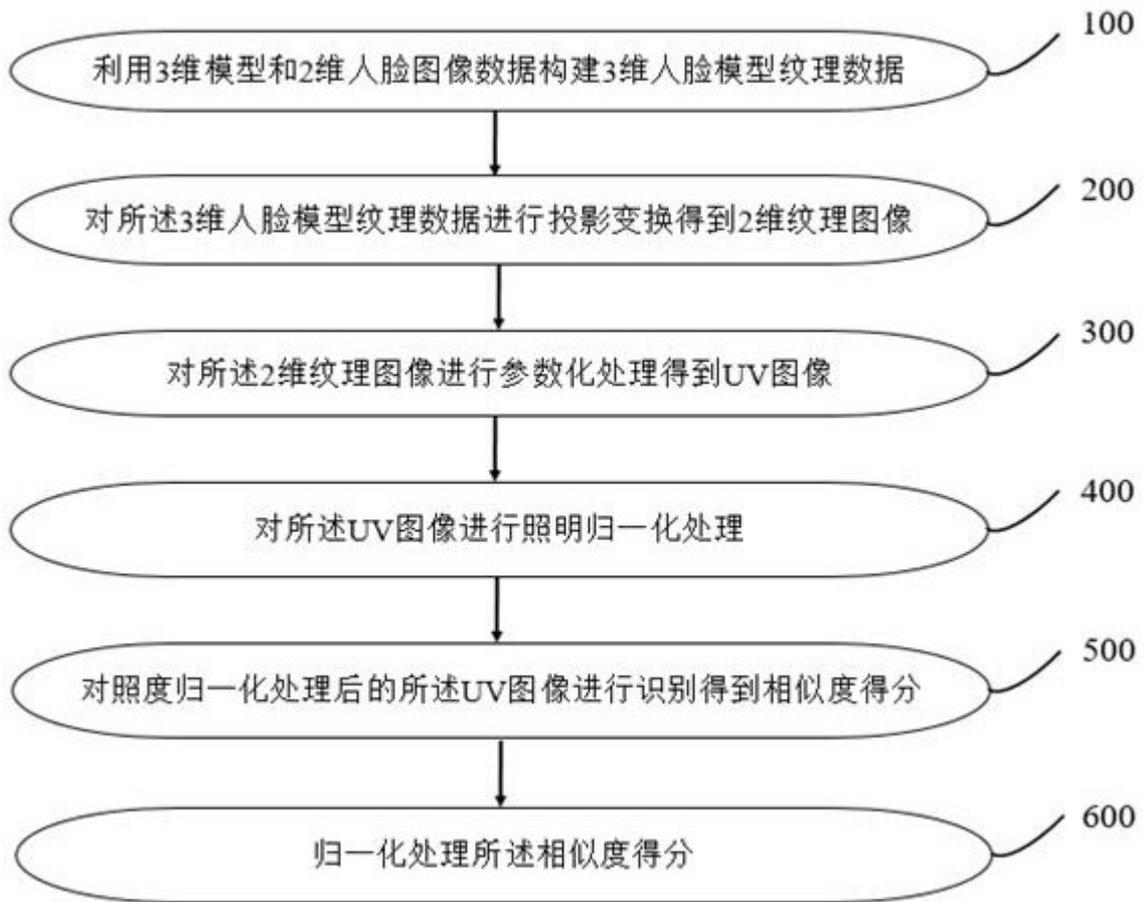


图 1

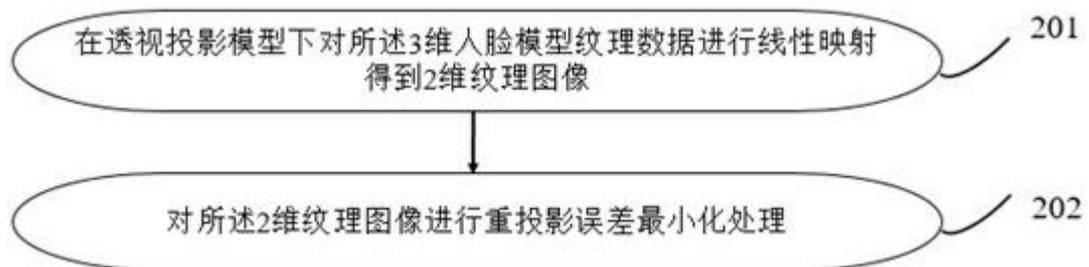


图 2



图 3



图 4

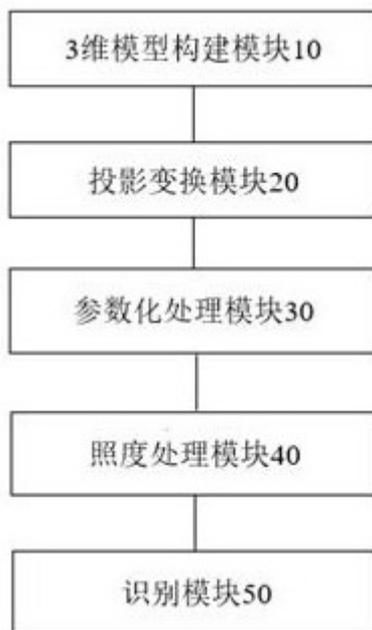


图 5