



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107944344 A

(43)申请公布日 2018.04.20

(21)申请号 201711032274.9

G06Q 50/06(2012.01)

(22)申请日 2017.10.30

(71)申请人 国网浙江省电力公司绍兴供电公司

地址 312000 浙江省绍兴市胜利东路58号

申请人 国网浙江省电力公司

(72)发明人 张旭阳 章伟林 姚建立 张学军

童国峰 樊建惠 魏春晖 章启鸿

张毅磊 董继明 黄苏 章琦

杨炆 柳怡晨 傅力帅 林泽科

(74)专利代理机构 杭州华鼎知识产权代理事务

所(普通合伙) 33217

代理人 项军

(51)Int.Cl.

G06K 9/00(2006.01)

G07C 9/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页

(54)发明名称

供电企业施工移动安全监督平台

(57)摘要

本发明公开一种供电企业施工移动安全监督平台,包括智能移动终端以及与智能移动终端通讯连接的云平台,所述云平台设有存储供电企业现场作业人员的人脸图像的人脸样本单元以及向智能终端发送人员准入信息的人员安全准入单元,所述智能移动终端设有人脸识别模块,所述人脸识别模块用于识别进入现场的人员是否与人员安全准入单元发送的准入人脸图像匹配,以判定是否允许该人员进入现场。本发明利用4G无线网络、智能移动终端、云计算、人脸识别等最新技术,进一步加强施工现场安全监督管控力度,规范施工作业,保障人身安全。

1. 供电企业施工移动安全监督平台,其特征在于,包括智能移动终端以及与智能移动终端通讯连接的云平台,所述云平台设有存储供电企业现场作业人员的人脸图像的人脸样本单元以及向智能终端发送人员准入信息的人员安全准入单元,所述智能移动终端设有脸部识别模块,所述脸部识别模块用于识别进入现场的人员是否与人员安全准入单元发送的准入人脸图像匹配,以判定是否允许该人员进入现场;其中,脸部识别模块进行脸部识别的方法包括如下步骤,

步骤一,根据人脸训练样本,构造超完备字典 $\Psi = [\psi_1, \dots, \psi_i, \dots, \psi_k]$;

步骤二,将测试图像按序排成列向量 x ;

步骤三,根据超完备字典 Ψ 设计测量矩阵 Φ ;

步骤四,在 Φ 下将 x 投影得到测量向量 y , 并求得 $\{\hat{\alpha}_i\}$

$$\hat{\alpha}_i = \arg \min_{\alpha_i} \|y - \Phi \Psi_i \alpha_i\|_2^2, \forall i = 1, 2, \dots, K \quad (4.5);$$

步骤五,将求得的 $\{\hat{\alpha}_i\}$ 代入式

$$\hat{i} = \arg \min_i \|y - \Phi \Psi_i \hat{\alpha}_i\|_2^2 \quad s.t. i \in [1, K] \quad (4.6);$$

从而求得输入测试样本的判别结果。

2. 根据权利要求1所述的供电企业施工移动安全监督平台,其特征在于,步骤一中,假设有 K 类不同的人脸,每幅训练人脸图像按序拉成 $N \times 1$ 维的列向量 ψ , 并分别进行 l_2 范数归一化处理,即 $\psi \in R^{N \times 1}$ 且 $\|\psi\|_2 = 1$, 记为一个原子,从每类人脸训练样本中都选择 L 个不同训练样本按列形成该类人脸样本矩阵 $\Psi_i = [\psi_{i1}, \psi_{i2}, \dots, \psi_{iL}] \in R^{N \times L}$, $i = 1, 2, \dots, K$, 得到选择的训练样本总数 $n = KL$, 将这些矩阵按序合并成超完备字典:

$$\Psi = [\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_K] = [\psi_{11}, \dots, \psi_{1L}, \dots, \psi_{K1}, \dots, \psi_{KL}] \in R^{N \times n} \quad (4.1)。$$

3. 根据权利要求2所述的供电企业施工移动安全监督平台,其特征在于,对任意输入的测试人脸样本,将其按序拉成列向量 $x \in R^{N \times 1}$, 则 x 在字典 Ψ 下表示为:

$$x = \Psi \alpha + z \quad (4.2)$$

其中 $\alpha \in R^{n \times 1}$ 为稀疏表示向量, $z \in R^{N \times 1}$ 是表示误差。

4. 根据权利要求3所述的供电企业施工移动安全监督平台,其特征在于,基于CS理论,将测试样本 x 进行压缩投影得到投影向量 $y \in R^{M \times 1}$ ($M < N$), 即

$$y = \Phi x = \Phi \Psi \alpha + \Phi z = D \alpha + e \quad (4.3)$$

其中 $\Phi \in R^{M \times N}$ 为设计好的具有一定性质的测量矩阵, $D = \Phi \Psi \in R^{M \times n}$ 表示等效字典, $e = \Phi z \in R^{M \times 1}$ 为投影域误差, 定义 $\alpha = [\alpha_1^T, \dots, \alpha_i^T, \dots, \alpha_k^T]^T$, 对任意 i , $\alpha_i \in R^{L \times 1}$, 从而将式 (4.3) 重新表述为:

$$y = \Phi (\psi_1 \alpha_1 + \psi_2 \alpha_2 + \dots + \psi_k \alpha_k) + e \quad (4.4)。$$

5. 根据权利要求4所述的供电企业施工移动安全监督平台,其特征在于,对于某一个 i , 令 $D_i = \Phi \Psi_i \in R^{M \times L}$, 式 (4.5) 代价函数转化为:

$$\|y - D_i \alpha_i\|_2^2 = \xi(\alpha_i) \quad (4.7)$$

设 D_i 的奇异值分解如下式所示:

$$D_i = U_i \begin{vmatrix} \sum_i & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} V_i^T \quad (4.8)$$

其中 $\sum_i \in R^{\tilde{L} \times \tilde{L}}$, 将式(4.8)代入(4.7), 得到

$$\begin{aligned} \xi(\alpha_i) &= \left\| y - U_i \begin{vmatrix} \sum_i & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} V_i^T \alpha_i \right\|_2^2 \\ &= \left\| U_i^T y - \begin{vmatrix} \sum_i & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} V_i^T \alpha_i \right\|_2^2 \end{aligned} \quad (4.9)$$

$$= \left\| \tilde{y} - \begin{vmatrix} \sum_i & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} \tilde{\alpha} \right\|_2^2$$

令

$$\tilde{y} = \begin{vmatrix} \tilde{y}_1 \\ \tilde{y}_2 \end{vmatrix}, \tilde{\alpha} = \begin{vmatrix} \tilde{\alpha}_1 \\ \tilde{\alpha}_2 \end{vmatrix}$$

其中 \tilde{y}_i 和 $\tilde{\alpha}_i$ 的尺寸均为 $\tilde{L} \times 1$, 式(4.9)展开为:

$$\xi(\alpha_i) = \left\| \tilde{y}_1 - \sum_i \tilde{\alpha}_i \right\|_2^2 + \left\| \tilde{y}_2 \right\|_2^2 \quad (4.10)$$

上式等号右边第二项与 α_i 无关, 因此当

$$\tilde{\alpha}_1 = \sum_i^{-1} \tilde{y}_1$$

时, 式(4.10)取最小值, 此时, 式(4.5)的解为:

$$\hat{\alpha}_i = V_i \begin{vmatrix} \sum_i^{-1} \tilde{y}_1 \\ \tilde{\alpha}_2 \end{vmatrix} \quad (4.11)$$

其中 V_i 、 \sum_i 和 \tilde{y}_1 分别由测量矩阵、字典及输入测试样本投影值求得, $\tilde{\alpha}_2$ 为任意尺寸为 $(L - \tilde{L}) \times 1$ 的向量。

6. 根据权利要求5所述的供电企业施工移动安全监督平台, 其特征在于, 将 i 从1遍历至 K , 求得所有 $\{\hat{\alpha}_i\}$ 后, 通过式(4.6)即可求得测试样本类别 \hat{i} 。

7. 根据权利要求6所述的供电企业施工移动安全监督平台, 其特征在于, 根据判别结果重构输入的测试样本 $\hat{x} = \psi_i \hat{\alpha}_i$, 从而重排列求得重构图像。

8. 根据权利要求1所述的供电企业施工移动安全监督平台, 其特征在于, 对于需要临时进入现场的人员, 所述人员安全准入单元向智能移动终端发送临时准入许可, 且设定一年内临时准入次数不应超过2次。

9. 根据权利要求1所述的供电企业施工移动安全监督平台, 其特征在于, 对于需要取消准入资格的人员, 所述人员安全准入单元向智能移动终端发送取消准入的信息。

供电企业施工移动安全监督平台

技术领域

[0001] 本发明涉及电力施工安全监督技术领域,具体用于对进入施工现场的人员进行人脸识别。

背景技术

[0002] 近年来,在供电企业日益重视对外协队伍人员身份的管理,以避免外协队伍人员频繁更换所带来的安全风险,主要采用以下几种方式:

[0003] 1、二维码:通过二维码和照片唯一标识外协队伍人员,在检查时,通过扫描二维码进行身份识别,存在效率低,容易伪造等问题。

[0004] 2、无源RFID技术:通过无源RFID卡来唯一标识外协队伍人员,在检查时,通过手持终端非接触扫描进行身份识别,效率较高,但可能存在人卡不一致的情况,且需要手持终端具有rfid读取功能。

[0005] 3、有源RFID技术:通过有源RFID来唯一标示外协队伍人员,在检查时,可远距离、批量对身份进行识别,效率高,但有源rfid卡和扫描终端成本较高。

[0006] 4、指纹识别技术:基于指纹识别对外协队伍人员进行身份识别,效率高,但需手持终端单独配置指纹识别模块。

[0007] 当前,人脸识别产品已广泛应用于金融、司法、军队、公安、边检、政府、航天、电力、工厂、教育、医疗及众多企事业单位等领域。因此,将人脸识别技术推广应用到供电企业,对外协队伍人员身份的管理,具有现实意义。

[0008] 人脸识别系统通过识别算法,抽取输入静态或动态图像的人脸,从而确定人的身份,具有广泛的应用前景。典型的人脸自动识别系统(Face Recognition System,FRS)一般由以下几个基本环节组成:预处理环节、人脸检测环节、特征提取环节以及分类识别环节:

[0009] 1、预处理输入人脸图像。其中预处理方法包括图像滤波、区域分割、灰度和尺度归一化、人脸对齐、直方图均衡化和局部二进制模式等。

[0010] 2、对预处理化后图像检测是否包括人脸,如果检测到则将人脸从背景分离并确定其数量、位置和大小。根据提取检测特征的方式的不同,可将现有人脸检测方法大致分为三类:基于统计学习的人脸检测方法、基于知识的人脸检测方法和基于模版匹配的人脸检测方法,前者因其适应性和稳定性成为流行的人脸检测方法。

[0011] 3、提取待识别人脸图像中表示人脸本质的特征,并要求所提取特征在表情、遮挡、视角和光照等条件下有较好的鲁棒性。人脸特征提取的常用方法主要包括基于几何空间的人脸特征提取方法、基于子空间的人脸特征提取方法、基于神经网络的人脸特征提取方法、基于弹性图匹配的人脸特征提取方法和基于隐性马尔科夫的人脸特征提取方法。

[0012] 4、将待识别人脸特征与数据库中已知人脸的特征相比较,匹配得出识别结果。常用的分类器有基于最近邻的分类器、基于支持向量机的分类器、基于神经网络的分类器等。

[0013] 当前人脸识别算法对拍摄环境、角度要求高,识别效率低,应用在现场作业施工管理上存在较大的技术困难。

发明内容

[0014] 本发明所要解决的技术问题是,针对当前人脸识别算法对拍摄环境、角度要求高,识别效率低,提供一种供电企业施工移动安全监督平台,提高复杂环境下人脸识别的准确率和效率。

[0015] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:供电企业施工移动安全监督平台,包括智能移动终端以及与智能移动终端通讯连接的云平台,所述云平台设有存储供电企业现场作业人员的人脸图像的人脸样本单元以及向智能终端发送人员准入信息的人员安全准入单元,所述智能移动终端设有人脸识别模块,所述人脸识别模块用于识别进入现场的人员是否与人员安全准入单元发送的准入人脸图像匹配,以判定是否允许该人员进入现场;其中,人脸识别模块进行人脸识别的方法包括如下步骤,

[0016] 步骤一,根据人脸训练样本,构造超完备字典 $\Psi = [\psi_1, \dots, \psi_i, \dots, \psi_k]$;

[0017] 步骤二,将测试图像按序排成列向量 x ;

[0018] 步骤三,根据超完备字典 Ψ 设计测量矩阵 Φ ;

[0019] 步骤四,在 Φ 下将 x 投影得到测量向量 y , 并求得 $\{\hat{\alpha}_i\}$

[0020]
$$\hat{\alpha}_i = \arg \min_{\alpha_i} \|y - \Phi \Psi_i \alpha_i\|_2^2, \forall i = 1, 2, \dots, K \quad (4.5);$$

[0021] 步骤五,将求得的 $\{\hat{\alpha}_i\}$ 代入式

[0022]
$$\hat{i} = \arg \min_i \|y - \Phi \Psi_i \hat{\alpha}_i\|_2^2 \quad s.t. i \in [1, K] \quad (4.6);$$

[0023] 从而求得输入测试样本的判别结果。

[0024] 优选的,步骤一中,假设有 K 类不同的人脸,每幅训练人脸图像按序拉成 $N \times 1$ 维的列向量 ψ , 并分别进行 l_2 范数归一化处理,即 $\psi \in R^{N \times 1}$ 且 $\|\psi\|_2 = 1$, 记为一个原子,从每类人脸训练样本中都选择 L 个不同训练样本按列形成该类人脸样本矩阵

$\Psi_i = [\psi_{i1}, \psi_{i2}, \dots, \psi_{iL}] \in R^{N \times L}$, $i = 1, 2, \dots, K$, 得到选择的训练样本总数 $n = KL$, 将这些矩阵按序合并成超完备字典:

[0025]
$$\Psi = [\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_K] = [\psi_{11}, \dots, \psi_{1L}, \dots, \psi_{K1}, \dots, \psi_{KL}] \in R^{N \times n} \quad (4.1)。$$

[0026] 优选的,对任意输入的测试人脸样本,将其按序拉成列向量 $x \in R^{N \times 1}$, 则 x 在字典 Ψ 下表示为:

[0027] $x = \Psi a + z \quad (4.2)$

[0028] 其中 $a \in R^{n \times 1}$ 为稀疏表示向量, $z \in R^{N \times 1}$ 是表示误差。

[0029] 优选的,基于 CS 理论,将测试样本 x 进行压缩投影得到投影向量 $y \in R^{M \times 1}$ ($M < N$), 即

[0030] $y = \Phi x = \Phi \Psi a + \Phi z = Da + e \quad (4.3)$

[0031] 其中 $\Phi \in R^{M \times N}$ 为设计好的具有一定性质的测量矩阵, $D = \Phi \Psi \in R^{M \times n}$ 表示等效字典, $e = \Phi z \in R^{M \times 1}$ 为投影域误差, 定义 $\alpha = [\alpha_1^T, \dots, \alpha_i^T, \dots, \alpha_k^T]^T$, 对任意 i , $\alpha_i \in R^{L \times 1}$, 从而将式

(4.3) 重新表述为:

[0032] $y = \Phi (\psi_1 \alpha_1 + \psi_2 \alpha_2 + \dots + \psi_k \alpha_k) + e \quad (4.4)。$

[0033] 优选的,对于某一个 i ,令 $D_i = \Phi \Psi_i \in \mathbb{R}^{M \times L}$,式(4.5)代价函数转化为:

$$[0034] \quad \|y - D_i \alpha_i\|_2^2 = \xi(\alpha_i) \quad (4.7)$$

[0035] 设 D_i 的奇异值分解如下式所示:

$$[0036] \quad D_i = U_i \begin{vmatrix} \sum_i & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} V_i^T \quad (4.8)$$

[0037] 其中 $\sum_i \in \mathbb{R}^{\tilde{L} \times \tilde{L}}$,将式(4.8)代入(4.7),得到

$$[0038] \quad \begin{aligned} \xi(\alpha_i) &= \left\| y - U_i \begin{vmatrix} \sum_i & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} V_i^T \alpha_i \right\|_2^2 \\ &= \left\| U_i^T y - \begin{vmatrix} \sum_i & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} V_i^T \alpha_i \right\|_2^2 \end{aligned} \quad (4.9)$$

$$= \left\| \tilde{y} - \begin{vmatrix} \sum_i & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} \tilde{\alpha} \right\|_2^2$$

[0039] 令

$$[0040] \quad \tilde{y} = \begin{vmatrix} \tilde{y}_1 \\ \tilde{y}_2 \end{vmatrix}, \tilde{\alpha} = \begin{vmatrix} \tilde{\alpha}_1 \\ \tilde{\alpha}_2 \end{vmatrix}$$

[0041] 其中 \tilde{y}_i 和 $\tilde{\alpha}_i$ 的尺寸均为 $\tilde{L} \times 1$,式(4.9)展开为:

$$[0042] \quad \xi(\alpha_i) = \|\tilde{y}_i - \sum_i \tilde{\alpha}_i\|_2^2 + \|\tilde{y}_2\|_2^2 \quad (4.10)$$

[0043] 上式等号右边第二项与 α_i 无关,因此当

$$[0044] \quad \tilde{\alpha}_1 = \sum_i^{-1} \tilde{y}_i$$

[0045] 时,式(4.10)取最小值,此时,式(4.5)的解为:

$$[0046] \quad \hat{\alpha}_i = V_i \begin{vmatrix} \sum_i^{-1} \tilde{y}_1 \\ \tilde{\alpha}_2 \end{vmatrix} \quad (4.11)$$

[0047] 其中 V_i 、 \sum_i 和 \tilde{y}_1 分别由测量矩阵、字典及输入测试样本投影值求得, $\tilde{\alpha}_2$ 为任意尺寸为 $(L - \tilde{L}) \times 1$ 的向量。

[0048] 优选的,将 i 从1遍历至 K ,求得所有 $\{\hat{\alpha}_i\}$ 后,通过式(4.6)即可求得测试样本类别 \hat{i} 。

[0049] 优选的,根据判别结果重构输入的测试样本 $\hat{x} = \Psi_i \hat{\alpha}_i$,从而重排列求得重构图像。

[0050] 优选的,对于需要临时进入现场的人员,所述人员安全准入单元向智能移动终端发送临时准入许可,且设定一年内临时准入次数不应超过2次。

[0051] 优选的,对于需要取消准入资格的人员,所述人员安全准入单元向智能移动终端发送取消准入的信息。

[0052] 本发明利用4G无线网络、智能移动终端、云计算、人脸识别等最新技术,进一步加

强施工现场安全监督管控力度,规范施工作业,保障人身安全。

[0053] 通过人脸识别技术实现对现场作业施工人员、管理人员的人脸识别,一方面通过测量矩阵投影,使传输和计算的数据减少,提高了计算效率,减少了存储消耗,另一方面,可提高复杂环境下人脸识别的准确率和效率。

具体实施方式

[0054] 本发明解决当前人脸识别算法对拍摄环境、角度要求高,识别效率低的问题,提高复杂环境下人脸识别的准确率和效率,实现对现场作业施工人员、管理人员的人脸识别。从而,防止外协施工人员随意变更,防止存在严重违章历史记录的外协施工人员进行现场作业,职能核查施工人员到岗情况,杜绝“工作负责人、安全员”未到场的情况发生。

[0055] 供电企业施工移动安全监督平台,包括智能移动终端以及与智能移动终端通讯连接的云平台,所述云平台设有存储供电企业现场作业人员的人脸图像的人脸样本单元以及向智能终端发送人员准入信息的人员安全准入单元,所述智能移动终端设有人脸识别模块,所述人脸识别模块用于识别进入现场的人员是否与人员安全准入单元发送的准入人脸图像匹配,以判定是否允许该人员进入现场。

[0056] 其中,(3)人员安全准入:在所有从事电力生产相关专业工作的生产员工参加安全技能等级评价考试和外包单位关键岗位人员(工作票签发人、工作负责人)安全规程普考后,由项目组织单位将考试合格人员的信息录入系统,并进行人脸采集。

[0057] (4)临时人员准入:需要临时进入公司生产经营区域内施工作业的外包单位,由工程组织单位将外包单位企业信息、工程项目信息录入系统,工程组织单位或设备运维管理单位对其作业人员进行安规考试,考试合格后将关键岗位人员信息临时准入,录入系统,制作临时施工作业证IC卡,同一工作负责人一年内临时准入次数不应超过2次。

[0058] (5)人员准入动态调整:结合生产员工、外包单位工作负责人的现场安全情况、日常违章情况等,对其安全技能等级进行调整,甚至取消准入资格。

[0059] 对于需要临时进入现场的人员,所述人员安全准入单元向智能移动终端发送临时准入许可,且设定一年内临时准入次数不应超过2次。对于需要取消准入资格的人员,所述人员安全准入单元向智能移动终端发送取消准入的信息。

[0060] 基于压缩感知的人脸识别算法用已经标识好的人脸训练样本来组成超完备字典。假设有K类不同的人脸,每幅训练人脸图像按序拉成 $N \times 1$ 维的列向量 ψ ,并分别进行 l_2 范数归一化处理,即 $\psi \in R^{N \times 1}$ 且 $\|\psi\|_2 = 1$,记为一个原子。从每类人脸训练样本中都选择L个不同训练样本按列形成该类人脸样本矩阵 $\Psi_i = [\psi_{i1}, \psi_{i2}, \dots, \psi_{iL}] \in R^{N \times L}$, $i = 1, 2, \dots, K$ 。可以得到选择的训练样本总数 $n = KL$ 。将这些矩阵按序合并成超完备字典:

$$[0061] \quad \Psi = [\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_K] = [\psi_{11}, \dots, \psi_{1L}, \dots, \psi_{K1}, \dots, \psi_{KL}] \in R^{N \times n} \quad (4.1)$$

[0062] 对任意输入的测试人脸样本,将其按序拉成列向量 $x \in R^{N \times 1}$,则 x 在字典 Ψ 下可以表示为:

$$[0063] \quad x = \Psi \alpha + z \quad (4.2)$$

[0064] 其中 $\alpha \in R^{n \times 1}$ 为稀疏表示向量, $z \in R^{N \times 1}$ 是表示误差。基于CS理论,将测试样本 x 进行压缩投影得到投影向量 $y \in R^{M \times 1}$ ($M < N$),即

[0065] $y = \Phi x = \Phi \Psi a + \Phi z = Da + e$ (4.3)

[0066] 其中 $\Phi \in \mathbb{R}^{M \times N}$ 为设计好的具有一定性质的测量矩阵, $D = \Phi \Psi \in \mathbb{R}^{M \times n}$ 表示等效字典, $e = \Phi z \in \mathbb{R}^{M \times 1}$ 为投影域误差。定义 $\alpha = [\alpha_1^T, \dots, \alpha_i^T, \dots, \alpha_k^T]^T$, 对任意 $i, \alpha_i \in \mathbb{R}^{L \times 1}$, 从而将式

(4.3) 重新表述为:

[0067] $y = \Phi (\psi_1 a_1 + \psi_2 a_2 + \dots + \psi_k a_k) + e$ (4.4)

[0068] 依据CS理论, 在理想情况下, 非零项存在于稀疏表示向量 a 中某一 α_i 中, 而其他项均为零。因此, 将求解 a 转化为:

[0069] $\hat{\alpha}_i = \arg \min_{\alpha_i} \|y - \Phi \Psi_i \alpha_i\|_2^2, \forall i = 1, 2, \dots, K$ (4.5)

[0070] 求得 $\{\alpha_i\}$ 后, 将其用于人脸识别分类, 形成如下问题:

[0071] $\hat{i} = \arg \min_i \|y - \Phi \Psi_i \hat{\alpha}_i\|_2^2 \quad s.t. i \in [1, K]$ (4.6)

[0072] 求得的 \hat{i} 即输入测试样本 x 的判别结果。

[0073] 在给定测量矩阵 Φ 的情况下, 上述问题的难点在于如何精确地求解式 (4.5)。对于某一个 i , 令 $D_i = \Phi \Psi_i \in \mathbb{R}^{M \times L}$, 式 (4.5) 代价函数转化为:

[0074] $\|y - D_i \alpha_i\|_2^2 = \xi(\alpha_i)$ (4.7)

[0075] 设 D_i 的奇异值分解 (Singular Value Decomposition, SVD) 如下所示:

[0076] $D_i = U_i \begin{bmatrix} \Sigma_i & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} V_i^T$ (4.8)

[0077] 其中 $\Sigma_i \in \mathbb{R}^{i \times L}$ 。将式 (4.8) 代入 (4.7), 得到

[0078] $\xi(\alpha_i) = \left\| y - U_i \begin{bmatrix} \Sigma_i & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} V_i^T \alpha_i \right\|_2^2$
 $= \left\| U_i^T y - \begin{bmatrix} \Sigma_i & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} V_i^T \alpha_i \right\|_2^2$ (4.9)

$$= \left\| \tilde{y} - \begin{bmatrix} \Sigma_i & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \tilde{\alpha} \right\|_2^2$$

[0079] 令

[0080] $\tilde{y} = \begin{bmatrix} \tilde{y}_1 \\ \tilde{y}_2 \end{bmatrix}, \tilde{\alpha} = \begin{bmatrix} \tilde{\alpha}_1 \\ \tilde{\alpha}_2 \end{bmatrix}$

[0081] 其中 \tilde{y}_i 和 $\tilde{\alpha}_i$ 的尺寸均为 $\tilde{L} \times 1$, 式 (4.9) 可以展开为:

[0082] $\xi(\alpha_i) = \left\| \tilde{y}_1 - \Sigma_i \tilde{\alpha}_1 \right\|_2^2 + \left\| \tilde{y}_2 \right\|_2^2$ (4.10)

[0083] 可以看出上式等号右边第二项与 α_i 无关, 因此当

[0084] $\tilde{\alpha}_1 = \sum_i^{-1} \tilde{y}_i$

[0085] 时式(4.10)取最小值。此时,式(4.5)的解为:

[0086]
$$\hat{\alpha}_i = V_i \left| \begin{array}{c} \sum_i^{-1} \tilde{y}_i \\ \tilde{\alpha}_2 \end{array} \right| \quad (4.11)$$

[0087] 其中 V_i 、 Σ_i 和 \tilde{y}_i 分别由测量矩阵、字典及输入测试样本投影值求得, $\tilde{\alpha}_2$ 为任意尺寸为 $(L-\tilde{L}) \times 1$ 的向量。

[0088] 将 i 从1遍历至 K ,求得所有 $\{\hat{\alpha}_i\}$ 后,通过式(4.6)即可求得测试样本类别 \hat{i} 。根据需求还可以根据判别结果重构输入的测试样本 $\hat{x} = \psi_i \hat{\alpha}_i$,从而重排列求得重构图像。

[0089] 总的说来,基于压缩感知的人脸识别算法,一方面通过测量矩阵投影,使传输和计算的数据减少,提高了计算效率,减少了存储消耗;另一方面,可提高人脸识别的准确率。