

基于压缩感知的红外人脸识别

杜梅, 曹蔚然

(沈阳师范大学软件学院, 辽宁 沈阳 110034)

摘要: 压缩感知理论是一种全新的数据采集技术,其采用非自适应线性投影来保持信号的原始结构,通过数值最优化问题准确重构原始信号。本文利用压缩感知的优秀特性,采用基于稀疏表示的模式分类方法,通过提取红外人脸图像的全部信息作为特征并建立特征矩阵,将待识别人脸作为压缩感知测量值,并通过正交匹配追踪算法进行重构,根据重构的稀疏系数所属类别进行红外人脸识别。实验表明,基于压缩感知的红外人脸识别结果准确率高。实验验证了本算法的有效性。

关键词: 压缩感知; 稀疏表示; 红外人脸识别

中图分类号: TP751.1 **文献标识码:** A

Infrared Face Recognition Based on Compressed Sensing

DU Mei, CAO Weiran

(Software Institute, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, China)

Abstract: As a new data acquisition technology, compressed sensing theory uses non-adaptive linear projection to maintain the original structure of the signal, and accurately reconstructs the original signal through numerical optimization. In this paper, a pattern classification method based on sparse representation is used. By extracting all the information of the infrared face image as the features and establishing feature matrix, the face to be recognized is taken as compressed sensing measurement value, which is reconstructed through the orthogonal matching pursuit algorithm. Finally, the face is recognized according to the category of the reconstructed sparse coefficient. Experiment results prove the high accuracy and effectiveness of the infrared face recognition based on compressed sensing.

Keywords: compressed sensing; sparse representation; infrared face recognition

1 引言(Introduction)

压缩感知理论^[1-6]为数据采集技术带来了革命性的突破,得到了研究人员的广泛关注。压缩感知的工作过程为:可稀疏分解或可压缩的原始信号,通过与稀疏基不相干的测量矩阵的线性测量,将原始高维信号投影到低维空间,再通过非线性优化方法高概率地精确重构原始信号。奈奎斯特采样定理在这里不再适用,取而代之的是信号的可稀疏性及测量矩阵的不相干性。压缩感知的优势是:压缩采样特性和抗干扰特性,其优秀特性使其在模式识别领域也有着不俗表现。本文主要应用基于压缩感知的稀疏表示进行模式分类,在分类过程中与传统模式识别方法不同的是过完备字典的选择并不是从标准基库(Fourier, Wavelet, Curvelet, Gabor等)中选择而是训练样本本

身。待识别样本稀疏表示的过程就是找到该样本在这些字典元素(即训练样本)上的线性组合的过程。

2 基于稀疏表示的分类原理(Classification principle based on sparse representation)

模式识别的基本问题就是利用标记过类别信息的训练样本,将待识别样本正确归类到所属类别中^[7]。传统模式识别在识别之前需要提取目标特征值,这只能在有限程度上提取目标特征,无法得到目标全部信息,在有噪声和遮挡情况时可能会丢失关键特征,从而导致识别率急剧下降。基于压缩感知的模式识别方法,不进行特征提取,而是将全部信息用于分类识别中,全部信息都同等重要,因此遮挡噪声等情况不会严重影响识别率^[8,9]。

对于需要进行 k 类模式分类的目标样本,设 $\{v_{11}, \dots, v_{1n_1}\}, \dots, \{v_{k1}, \dots, v_{kn_k}\} \in R^D$ 为分类训练样本集合。其中,待分类的样本为 $y \in R^D$ 。当待分类样本 y 属于训练样本集合类 i 时,将其表示为

$$y = [A_1, A_2, \dots, A_k] \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_k \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中, $A_i = [v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in_i}]$ 为样本集合,包含了第 i 类样本的全部信息, α_i 为分类结果,其系数大小反映了样本 y 与样本集合各样本的相关程度, n_i 为类内样本数。

对于 K 类训练样本集合 $A \in R^{D \times n}$ ($n = n_1 + n_2 + \dots + n_k$),当待分类样本 y 属于类别 i 时,压缩感知重构结果应为基于 A 的稀疏向量 x_0 :

$$x_0 = [0 \ \dots \ \alpha_i \ \dots \ 0]^T \in R^D \quad (2)$$

其中,非第 i 类的系数为接近于零的值,第 i 类的稀疏系数 α_i 最大,从而得出识别结果为第 i 类。

3 基于稀疏表示分类的红外人脸识别(Infrared face recognition based on sparse representation)

人脸数据以其高维性和复杂性成为模式识别中研究最多的数据。对于采集到的红外人脸图像中的人脸特征不明显的类型,难以通过一般的特征提取方法提取人脸的大小、形状和纹理特征,但可通过稀疏表示分类方法进行红外人脸识别。

3.1 基于稀疏表示的红外人脸样本矩阵构造

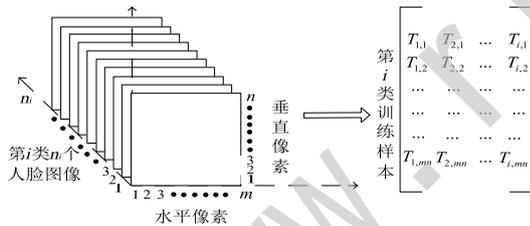


图1 第 i 类人脸图像训练矩阵构造示意图

Fig.1 Class i face image training matrix

在运用稀疏表示分类的识别方法对红外人脸进行分类之前,需要建立样本矩阵,如图1所示,构造方法如下:

(1)将第 i 类 n_i 个人脸样本图像进行变换,即对每个尺寸为 $m \times n$ 的图像样本,变换为1维向量,则 n_i 个人脸样本构成第 i 类人

$$A_i = \begin{bmatrix} T_{1,1} & T_{2,1} & \dots & T_{n_i,1} \\ T_{1,2} & T_{2,2} & \dots & T_{n_i,2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{1,m} & T_{2,m} & \dots & T_{n_i,m} \end{bmatrix}$$

脸集合

(2)所有 K 类样本,构成训练样本矩阵 $A = A_1, A_2, \dots, A_k$ 。

3.2 基于稀疏表示的红外人脸识别

通过构造样本矩阵,根据公式(3)进行重构求解。对于给定的第 i 类的待识别样本 $y \in R^D$,依据样本集 A 与 y 的相关程度进

行分类判断,其中,待识别样本 y 可以表示为所有样本的线性组合:

$$y = Ax_0 \in R^D \quad (3)$$

重构得到稀疏解 $x_0 = [0, \dots, 0, \alpha_{i,1}, \alpha_{i,2}, \dots, \alpha_{i,n}, 0, \dots, 0]^T$ 。除了与第 i 类有关的系数,其他的系数都为零。

按重构原理划分,压缩感知重构算法可以分为贪婪追踪类、凸松弛类及组合类算法^[10,11]等,本文选取贪婪追踪类算法中经典、简单的正交匹配追踪算法实现重构。

3.3 实验结果与分析

选取红外人脸图像库中图像进行测试,图像尺寸为 40×30 。首先选定10类共100幅图像生成样本矩阵 A ,其中每类样本图像10幅。图2显示10类图像中3类图像,每类显示其中5幅。

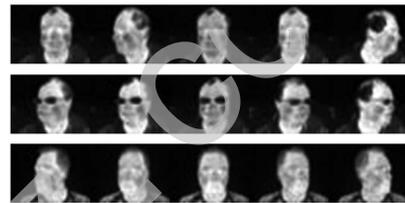


图2 部分样本图像

Fig.2 Sample images

待识别图像如图3所示:



图3 待识别图像

Fig.3 Image to be recognized

采用正交匹配追踪算法^[10]重构,得到稀疏解情况如下。

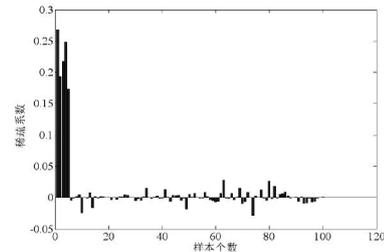


图4 稀疏系数示意图

Fig.4 Schematic diagram of sparse coefficient

从图4中看出,除了识别结果为第1类的相关系数最大以外,其他非第1类系数也有很多小的非0相关系数存在,这是由于噪声和模型误差的存在导致的。

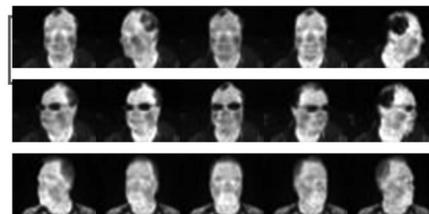


图5 最终选定结果示意

Fig.5 Final result

当测试的分类样本可分时,通过计算得到的相关系数如图4和如图5所示。其中,图3为待分类样本,图4为运算结果,图5为选中的样本类别。由上图可知,当样本矩阵存在待分类的红外人脸时,当属于样本矩阵中第*i*类时,第*i*类样本的相关系数最大,而对于不相关的类别的系数比较低,大多接近与零。据此可以实现样本的分类识别。

当待识别样本不属于样本矩阵中类别时,通过计算得到的相关系数如图6和图7的结果。其中,图6为待分类样本,图7为运算结果。由图7可知,当样本矩阵不存在待分类红外人脸时,重构所得系数不存在明显稀疏性,每个类别系数的稀疏性显示出均衡特点,不符合识别判别的要求,因此得出不属于样本矩阵中任何一类的最终判断。



图6 测试图像

Fig.6 Test image

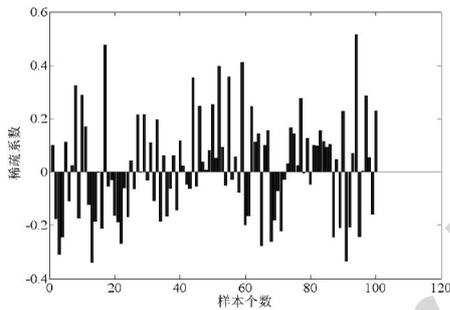


图7 稀疏系数示意图

Fig.7 Schematic diagram of sparse coefficient

当输入的待识别样本与样本库无法进行匹配时时,经计算其重构稀疏系数会表现如图7所示,分类系数特征不明显,无法明确地进行类别判断。因此,在识别前需要做剔除判断,只有在满足识别条件前提下才对样本做出分类,而在不满足要求的前提下不进行识别。判断的条件如下:

$$\frac{\max(\sum_{j=1}^n \|\alpha_{ij}\|)}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \|\alpha_{ij}\|} \begin{cases} \geq \tau & \text{所属类别 } i \\ < \tau & \text{剔除} \end{cases} \quad (4)$$

满足阈值条件 τ 则进行分类,否则不予分类。判别时以 $\max(\sum_{j=1}^k \|\alpha_{ij}\|)$ 所得的类别作为分类结果。

4 结论(Conclusion)

本文通过对压缩感知理论的研究,针对红外人脸识别问题给出了基于压缩感知的红外人脸识别方法。该方法基于图像全部信息进行样本特征矩阵的构造,具有识别率高、算法简单、易于实现的特点。该方法尤其对特征不明显的红外人脸识别问题具有很好的分类效果,通过对红外图像库中人脸图像

的识别分析,证明了该方法有效性。后续可以继续开展遮挡情况、噪声干扰情况下^[7]的本方法识别准确率的研究,以及变换其他重构算法^[7]从而比较不同重构算法下的识别准确率差异问题。

参考文献(References)

- [1] M.Du,H.C.Zhao,C.Y.Zhao.ROI progressive coding algorithm based on multiscale Compressed Sensing[J].Journal of Optoelectronics · Laser,2015,26(10):2016–2022.
- [2] M.Du,H.C.Zhao,C.Y.Zhao.An Anti-interfering Reconstruction Algorithm of Image Compression Based on Compressed Sensing[J].Journal of Optoelectronics · Laser,2014,25(5):1009–1015.
- [3] J.Yoo,C.Turnes.A compressed sensing parameter extraction platform for radar pulse signal acquisition[J].IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems,2012,2(3):626–638.
- [4] Hsuan-Tsung Wang,S.Ghosh,W.D.Leon-Salas.Compressive sensing recovery from non-ideally quantized measurements. Proc.of the Int.Symp.on Circuits and Systems,China:Beijing,2013:1368–1371.
- [5] D.L.Donoho.Compressed Sensing[J].IEEE Transactions on Information Theory,2006,52(4):1289–1306.
- [6] E.J.Candès,J.Romberg.Sparsity and incoherence in compressive sampling[J].Inverse Problems,2007,23(3):969–985.
- [7] 张河.探测与识别技术[M].北京:北京理工大学出版社,2005.
- [8] Wagner A,Wright J,Ganesh A,et al.Towards a practical face recognition system:robust registration and illumination by sparse representation[J].IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence,2012,34(2):372.
- [9] 张志强.基于红外热波检测的缺陷识别方法研究[D].中国科学院研究生院,2011:25–30.
- [10] 石光明,刘丹华,高大化,等.压缩感知理论及其研究进展[J].电子学报,2009,37(5):1070–1081.
- [11] S.Mun,J.E.Fowler.Block Compressed Sensing of Images Using Directional Transforms[A].Proc.of the Int.Conf.on Image Processing[C].Egypt:Cairo,2009,12:3021–3024.

作者简介:

杜梅(1977–),女,博士,讲师.研究领域:数字图像处理,压缩感知.

曹蔚然(1974–),男,博士,讲师.研究领域:模式识别,数字图像处理.