

다양한 얼굴 표현을 위한 하이브리드 nsNMF 방법

이성주¹, 박강령², 김재희¹
¹연세대학교 전기전자 공학과, ²동국대학교 전자공학과
¹²생체인식 연구센터
 e-mail : ¹{sungjoo,jhkim}@yonsei.ac.kr, ²parkgr@dongguk.edu

A Hybrid Nonsmooth Nonnegative Matrix Factorization for face representation

Sungjoo Lee¹, Kang Ryoung Park², Jaihie Kim¹
¹School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University
²Department of Electronics Engineering, Dongguk University
¹²Biometrics Engineering Research Center

Abstract

The human facial appearances vary globally and locally according to identity, pose, illumination, and expression variations. In this paper, we propose a hybrid-nonsmooth nonnegative matrix factorization (hybrid-nsNMF) based appearance model to represent various facial appearances which vary globally and locally. Instead of using single smooth matrix in nsNMF, we used two different smooth matrixes and combine them to extract global and local basis at the same time.

I. 서론

얼굴 모델링 기술은 3차원 아바타 및 게임 캐릭터 생성, 얼굴 인식 등의 분야에 널리 활용될 수 있어, 최근 크게 각광을 받고 있는 기술이다. 일반적으로 사람의 얼굴은 얼굴의 형상(shape)와 외관(appearance)으로 나누어 모델링 할 수 있다[1]. 이 중 얼굴의 외관은 identity 변화에 따라 전체적으로 변하며, 조명, 포즈, 및 표정 변화에 의해서 국부적으로 변화하기 때문에 모델링에 어려움이 있다. 이렇게 다양한 사람 얼굴의 외관을 다수의 기저(basis)의 선형합으로 표현하기 위해서 주성분 분석 방법, parts-based representation 방법들이 기존에 제안 되었다[1][2][3]. 하지만 주성분 분

석 방법에 의해 생성된 기저는 global한 특징을 가지고 있고, parts-based representation 방법들에 의해 생성된 기저는 local한 특징을 가지고 있어서, 얼굴의 global하면서도 local한 변화를 동시에 표현하는 데 어려움이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문은 hybrid-nsNMF방법을 제안한다. 기존의 nsNMF 방법은 기저의 local한 정도를 조절하기 위해 하나의 smooth matrix를 사용하였지만, hybrid-nsNMF방법은 2개의 smooth matrix를 사용하여 global한 기저와 local한 기저를 동시에 추출할 수 있다는 장점이 있다.

II. 기존의 연구

Parts-based representation 방법은 얼굴 부분의 선형합으로 전체 얼굴을 표현하는 방법으로 대표적인 방법으로는 Nonnegative Matrix Factorization(NMF)가 있다[2]. NMF는 기저의 local한 정도를 조절할 수 없고, 다소 global한 기저를 생성하는 경향이 있다. ns-NMF은 기저의 local한 정도를 조절하기 위해서 하나의 smoothing matrix를 사용하였고, 식 (1)과 같은 모델을 제안하였다[3].

$$\mathbf{V} = \mathbf{W}\mathbf{S}\mathbf{H} \quad (1)$$

여기서 $\mathbf{V} \in \mathbb{R}^{d \times s}$ 는 s 명의 사람에서 각각 d 차원의 얼굴특징을 뽑아 생성한 data 행렬이며, $\mathbf{W} \in \mathbb{R}^{d \times m}$ 와 $\mathbf{H} \in \mathbb{R}^{q \times s}$ 는 각각 m 개의 기저와 q 차원의 계수

(coefficient)로 이뤄진 기저 행렬 및 계수 행렬이다. $\mathbf{S} \in \mathbb{R}^{m \times m}$ 는 smoothing matrix로 아래와 같이 표현된다.

$$\mathbf{S} = (1-\theta)\mathbf{I} + \frac{\theta}{q}\mathbf{1}\mathbf{1}^T \quad (2)$$

여기서 \mathbf{I} 와 $\mathbf{1}$ 은 각각 identity 행렬 및 요소 값이 모두 1인 행렬이고, θ 는 0부터 1사이의 값을 가지며 기저의 local한 정도를 조정할 수 있는 파라미터다. 이때, θ 가 0일 경우는 가장 global한 기저를 생성할 수 있고, θ 가 1일 경우는 가장 local한 기저를 생성할 수 있다.

III. 제안하는 방법

본 논문에서 제안하는 hybrid-nsNMF방법은 두 개의 smooth matrix, $\mathbf{S}_G \in \mathbb{R}^{\alpha \times \alpha}$, $\mathbf{S}_L \in \mathbb{R}^{\beta \times \beta}$ 를 사용하여 얼굴의 외관을 아래 식과 같이 표현한다.

$$\mathbf{V} = \mathbf{W}_h \mathbf{S}_h \mathbf{H}_h = [\mathbf{W}_G \quad \mathbf{W}_L] \begin{bmatrix} \mathbf{S}_G & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{S}_L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{H}_G \\ \mathbf{H}_L \end{bmatrix} = \mathbf{W}_G \mathbf{S}_G \mathbf{H}_G + \mathbf{W}_L \mathbf{S}_L \mathbf{H}_L \quad (3)$$

이 때, 두 개의 smooth matrix, $\mathbf{S}_G, \mathbf{S}_L$ 은 아래와 같이 표현 된다.

$$\mathbf{S}_G = (1-\theta_G)\mathbf{I} + \frac{\theta_G}{\alpha}\mathbf{1}\mathbf{1}^T \quad (4)$$

$$\mathbf{S}_L = (1-\theta_L)\mathbf{I} + \frac{\theta_L}{\beta}\mathbf{1}\mathbf{1}^T \quad (5)$$

이 때, basis의 local한 정도를 조정하는 파라미터 θ_G 에는 0과 1사이의 수 중 0에 가까운 작은 수를 부여하고, θ_L 에는 1에 가까운 큰 수를 부여하면 global한 기저 \mathbf{W}_G 와 local한 기저 \mathbf{W}_L 을 동시에 얻을 수 있다.

IV. 실험 결과

본 논문에서 제안한 hybrid-nsNMF에 의한 기저들과 nsNMF에 의한 기저들을 비교하기 위해서 AR face database에 있는 session1의 frontal image 128장을 사용하여 16개의 기저들을 생성하였다[4]. 기저 생성 결과는 그림 1과 같다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 nsNMF의 θ 값이 커질수록 기저들은 local해지는 것을 확인할 수 있었고, hybrid-nsNMF에 의해서 global한 기저와 local한 기저를 동시에 생성할 수 있음을 확인할 수 있다.

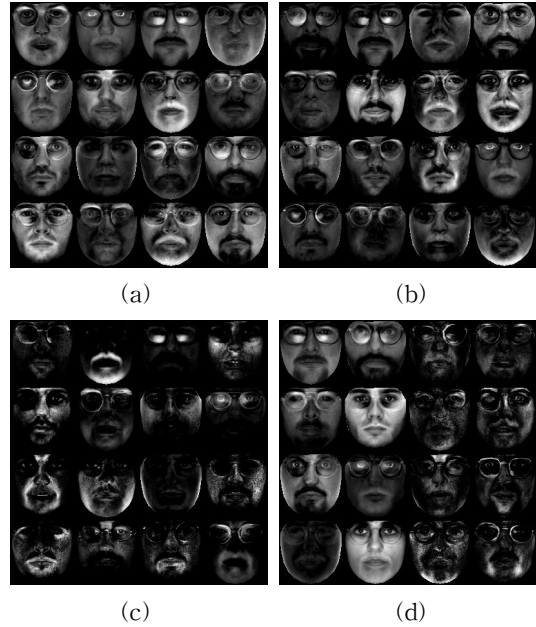


그림 1. 생성된 기저들; (a)nsNMF($\theta=0$), (b)nsNMF($\theta=0.5$), (c) nsNMF($\theta=0.9$), (d) hybrid-nsNMF($\theta_G=0$, $\theta_L=0.9$).

V. 결론

본 논문에서는 기존의 nsNMF를 확장하여 global한 basis와 local한 basis를 동시에 생성할 수 있는 hybrid-nsNMF를 제안하였다. 향후, hybrid-nsNMF에 의해 생성된 기저들을 활용하여 얼굴 모델링, 얼굴 인식 등에 적용하는 방법에 대해서 연구할 계획이다.

Acknowledgement

본 연구는 한국과학재단 지정 생체인식연구센터의 지원을 받아 이루어졌습니다.

참고문헌

- [1] T. Cootes, G. Edwards, C. Taylor, "Active appearance models", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 23 (6) (2001) 681 - 685.
- [2] D.D. Lee and H.S. Seung, "Learning the Parts of Objects by Nonnegative Matrix Factorization", Nature, vol. 401, pp. 788-791, 1999.
- [3] A. Pascual-Montano, J.M. Carazo, K. Kochi, D. Lehmann, and R. D. Pascual-Marqui, "Nonsmooth Nonnegative Matrix Factorization (nsNMF)", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 28 (3) (2006) 403-415.
- [4] A.M. Martinez and R. Benavente, "The AR face database", CVC Tech. Report #24, 1998.