

Data Mining & Pattern Recognition
113444a

Versuch 6:
Gesichtserkennung

Protokoll von:
Ruben Müller (rm034)
Lisa Otter (lo008)
Manuela Schuler (ms334)

1 Vor dem Versuch zu klärende Fragen

Was sind Eigenvektoren und Eigenwerte?

Die Eigenwerte repräsentieren die n Merkmale hinsichtlich derer die Bilder der Trainingsdatenmenge am stärksten variieren.

Nach dem Einlesen werden die Bildmatrizen ($R \times C$) als eindimensionale Vektoren dargestellt. Jedes Bild wird dann durch einen Vektor der Länge $Z = R \times C$ repräsentiert und kann als Punkt im Z -dimensionalen Raum dargestellt werden.

Diese Vektoren liegen nicht beliebig verstreut in diesem Raum, sondern häufen sich in einem bestimmten Bereich dieses Raumes. Diesen relativ kleinen Unterraum ($k < N^2$) kann man durch Eigenvektoren beschreiben.

Jede dieser K -Dimensionen beschreibt ein für die Kategorie (z.B. Gesichtsbilder) relevantes Merkmal.

Was versteht man unter Eigenfaces?

Eigenfaces sind eine Menge von Eigenvektoren, die die wichtigsten Merkmale der Gesichter darstellen.

Die Visualisierung dieser Eigenfaces ergibt gesichtsähnliche Bilder, also Bilder die ein bestimmtes Gesichtsmerkmal besonders hervorheben.

Die zu den K Dimensionen (Eigenvektoren) gehörenden Bilder sind die Eigenfaces.

Die PCA ist u.a. im entsprechenden Kapitel des Dokuments [PCAJM] beschrieben.

Wie kann mit der PCA eine Dimensionalitätsreduktion durchgeführt werden?

Die PCA, findet in einer Menge von Bildern der gleichen Kategorie die Hauptachsen, also die Richtungen im N^2 -dimensionalen Raum, entlang derer die Varianz zwischen den gegebenen Bildern am stärksten ist. Der N^2 -dimensionale Pixelraum wird dann in einen Raum, der durch die gefundenen Hauptachsen aufgespannt wird, transformiert. Dieser neue Raum hat $K \ll N^2$ Dimensionen.

Berechne mit der PCA den Eigenface-Raum. Eigenvektoren werden entsprechend der Größe der zugehörigen Eigenwerte geordnet. Dann werden nur die K Dimensionen, welche zu den Eigenvektoren mit den größten Eigenwerten gehören ausgewählt.

Dadurch wird der Raum reduziert und ist kleiner als die N^2 -Dimension.

Die zu den K Dimensionen (Eigenvektoren) gehörenden Bilder sind die Eigenfaces.

Wie werden mit dem Python Modul Image Bilder in ein Python-Programm geladen?

```
import numpy as np
from PIL import Image
```

```
pil_im = Image.open('../Data/mo.JPG') # load image
np_im=np.array(pil_im)                # create numpy array out of image
plt.imshow(np_im)                     # plot image
plt.show()                            # show plot with image
```

3.4 Aufgaben

1. Ab welcher Anzahl K von verwendeten Eigenvektoren treten Fehlklassifikationen ein?

Mit einer Anzahl von $K = 63$ Eigenvektoren ist zu erwarten, dass alle Klassifikationen korrekt sind. Hierunter befinden sich jedoch zwei Fehlklassifikationen:

Das Bild 16-1 wurde als Bild 13-4 falsch erkannt und Bild 18-1 wurde als Bild 4-2 falsch erkannt.

Die Anzahl der Eigenvektoren, die zu einer erneuten Fehlklassifikation (20-1 als 18-2 falsch erkannt) führt, liegt bei $K = 7$, d.h. mit $K = 8$ sind alle anderen bis auf diese beiden Klassifikationen korrekt. Kein Fehler aber zumindest auffällig ist, dass das Bild 1b-1 (Person ohne Brille) eine geringere Distanz zu einem Bild derselben Person mit Brille aufweist als zu den Bildern, auf denen sie ohne Brille zu sehen ist, obwohl mit gleich vielen Nicht-Brillen-Bildern trainiert wurde wie mit Bildern mit Brille.

2. Wie groß ist dann die Minstdistanz zwischen Test- und nächstliegendem Trainingsbild?

Alle Distanzen bei $k = 8$

Distance of test image and found training image: 1007.12901571
Distance of test image and found training image: 1209.62988084
Distance of test image and found training image: 539.350163044
Distance of test image and found training image: 1506.02781055
Distance of test image and found training image: 739.03235875
Distance of test image and found training image: 1095.34119135
Distance of test image and found training image: 1438.06447266
Distance of test image and found training image: 1903.22758067 -> Fehler (16-1)
Distance of test image and found training image: 372.146802468
Distance of test image and found training image: 1679.89893571 -> Fehler (18-1)
Distance of test image and found training image: 299.207517181

Distance of test image and found training image: 754.492605402
Distance of test image and found training image: 823.842278611
Distance of test image and found training image: 1105.97883191 -> Fehler (20-1)
Distance of test image and found training image: 256.463094359
Distance of test image and found training image: 1267.63828996
Distance of test image and found training image: 494.632303746
Distance of test image and found training image: 1183.63845206
Distance of test image and found training image: 755.478424565
Distance of test image and found training image: 1411.61729625
Distance of test image and found training image: 755.422396411

3. Wie ändert sich die Distanz zwischen Bildern, wenn die Anzahl der Eigenvektoren reduziert wird?

Distanzen der 6 ersten Testbilder bei $k = 8$ Eigenvektoren

Distance of test image and found training image: 1021.19459526
Distance of test image and found training image: 1231.82458017
Distance of test image and found training image: 571.826841346
Distance of test image and found training image: 1510.9115456
Distance of test image and found training image: 742.11107887
Distance of test image and found training image: 1118.17486759

Distanzen der 6 ersten Testbilder bei $k = 28$ Eigenvektoren

Distance of test image and found training image: 1285.58809984
Distance of test image and found training image: 1292.75261075
Distance of test image and found training image: 659.66369401
Distance of test image and found training image: 1612.84798053
Distance of test image and found training image: 878.911000676
Distance of test image and found training image: 1200.41589449

Die Distanzen werden größer, je mehr Eigenvektoren verwendet werden. Sie sinken dementsprechend bei einer sinkenden Anzahl von k . Dieser Sachverhalt ist dadurch zu begründen, dass bei einem geringen Wert von k nur die k einflussreichsten Eigenvektoren die Transformation verwendet werden und dadurch kleine Details nicht berücksichtigt werden. Dadurch werden alle Trainingssamples auf einen kleineren Raum abgebildet und liegen insgesamt näher beieinander. Daher sind letztlich auch alle Distanzen zwischen den

Trainingssamples im Subspace geringer als bei einer Abbildung in einen größeren Raum mit einem höheren Wert von k -> größere Distanzen.

4. Wie könnte dieser Einfluss der Eigenvektor-Anzahl auf die Minstdistanz reduziert werden?

Das Distanzmaß müsste relativ zur Größe des Subspace gewählt werden und nicht absolut. Es könnte eine Normierung vorgenommen werden, sodass sich die Distanzen z.B. zwischen 0 und 1 bewegen.

5. Nennen Sie zwei Algorithmus-unabhängige Parameter, die starken Einfluss auf Rate korrekter Gesichtserkennungen haben.

- Anzahl der Trainingsbilder pro Person
- Sind die Gesichtsbilder gecropped oder nicht?
- Kontrast stärker / schwächer
- andere Belichtung als bei Trainingsbildern
- Brille / keine Brille
- Farbe vs Graubild
- Bildfehler
- Rauschen
- Seitenansicht statt frontal, Neigung des Kopfes
- Schatten im Gesicht

2 Durchführung eigener Experimente

a) Weitere Testbilder zuvor im Training gelernter Personen



Testbild

Ergebnis

$k = 8$, $d = 2083.15628822$

(weiteres unbekanntes Testbild wurde sogar mit wenigen Eigenvektoren erkannt)



Testbild

Ergebnis

$K = 8$, $d = 2311.5492726$ $k = 18$, $d = 2678.0849969$

(es wurde kein Bild der Person mit Brille trainiert, weiteres Testbild mit Brille wurde bei $k = 8$ falsch erkannt)

-> Neuer Versuch durch Aufnahme des Bildes als neues Trainingsbild (besserer Kontrast):



Trainingsbild



Testbild



Ergebnis

$k = 63, d = 2222.74887223$

(Obwohl eine starke Ähnlichkeit zwischen Trainingsbild und Testbild besteht, wurde das Testbild vermutlich aufgrund des starken Neigungswinkels des Kopfes falsch erkannt)

b) Kontraständerungen

Es wurde ein Fehler bei folgendem Testbild festgestellt und daher dessen Kontrast verbessert



Testbild



Ergebnis

$k = 8, d = 2167.022672$

$k = 63, d = 2360.04795184$

(Versuch, ob Fehler immer noch auftritt bei erhöhtem Kontrast des Testbildes... Leider ja, selbst bei $k = 63!!!$)



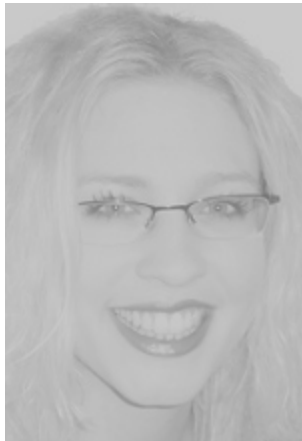
Testbild



Ergebnis

$k = 8$, $d = 1694.8856493$

(Testbild mit verringertem Kontrast wurde richtig erkannt! Ursprüngliches Foto mit normalem Kontrast hatte $d = 742.11107887$ bei $k = 8$)



Testbild



Ergebnis

$k = 63$, $d = 3834.42028096$

(weiteres, vorher erkanntes Bild wurde mit verringertem Kontrast getestet und führte zu einer hohen Distanz und einer Falscherkennung)

c) Rauschen



Testbild



Ergebnis

$k = 8$, $d = 789.629137334$

(leichtes Bildrauschen bewirkte eine geringe Distanzänderung von $d = 742.11107887$ auf $d = 789.629137334$)



Testbild



Ergebnis

$k = 8$, $d = 1094.46304403$

(stärkeres Rauschen führte zu einer stark erhöhten Distanz -> jedoch immer noch korrekt erkannt!)

d) Bildfehler



Testbild



Ergebnis

$k = 8$, $d = 1633.89672027$



Testbild



Ergebnis

$k = 63$, $d = 2068.73089196$

(leichte Bildfehler führen bei geringer Anzahl von Eigenvektoren bereits zu einer Falscherkennung, wird k erhöht, so ist eine Erkennung noch möglich)



Testbild



Ergebnis

$K = 8$, $d = 1452.34043262$



Testbild



Ergebnis

$k = 63$, $d = 2177.96726516$

(gravierende Bildfehler führen bei maximaler Anzahl von Eigenvektoren trotzdem zu einer Falscherkennung!)

e) Nicht-Gesichtsbild



$k = 8, d = 2351.26832595$ $k = 63, d = 2634.5717115$
(Nicht-Gesichtsbild wurde als Gesicht erkannt)