

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**

-----o0o-----

PHẠM TRUNG KIÊN

**TÌM KIẾM VÀ NHẬN DẠNG KHUÔN
MẶT NGƯỜI TRONG ẢNH**

LUẬN VĂN CAO HỌC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: PGS.TS. NGÔ QUỐC TẠO

Hà Nội - 2007

LỜI CẢM ƠN



Xin chân thành cảm ơn các thầy, các cô trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội đã tận tình dạy dỗ, truyền đạt cho chúng tôi những kiến thức quý báu.

Xin tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới thầy Ngô Quốc Tạo, Viện Công nghệ Thông tin, người đã tận tình giúp đỡ và truyền đạt nhiều kinh nghiệm để đề tài có thể thực hiện và hoàn thành.

Xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp, các anh chị và các bạn trong lớp K11T2 những người đã giúp đỡ, động viên chúng tôi rất nhiều trong quá trình thực hiện đề tài.

Xin cảm ơn người vợ của tôi, người đã phải vất vả chăm lo cho gia đình để tôi có thời gian học tập và nghiên cứu.

Lời cảm ơn sâu sắc nhất xin dành cho bố mẹ vì ơn sinh thành và giáo dục.

Xin cảm ơn tất cả.

Hà Nội, tháng 10 năm 2007

Phạm Trung Kiên

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	7
1 Chương 1 PHÁT BIỂU BÀI TOÁN	9
1.1 Tổng quan và các khái niệm liên quan đến nhận dạng khuôn mặt.....	9
1.1.1 Hệ thống sinh trắc học.....	9
1.1.2 Hệ thống nhận dạng khuôn mặt.....	9
1.1.3 Hệ thống xác minh hay xác thực khuôn mặt là gì?	9
1.1.4 Hệ thống nhận dạng tĩnh - tĩnh, tĩnh - động, động - động	10
1.1.4.1 Hệ thống nhận dạng tĩnh - tĩnh.....	10
1.1.4.2 Hệ thống nhận dạng tĩnh - động	10
1.1.4.3 Hệ thống nhận dạng động - động	10
1.1.5 Những thách thức trong bài toán nhận dạng khuôn mặt	10
1.1.6 Sai số trong hệ nhận dạng [20]	10
1.2 Các ứng dụng tương tác người máy (Human computer interactive) liên quan đến khuôn mặt.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Các hướng tiếp cận chính trong lĩnh vực nhận dạng khuôn mặt....	Error! Bookmark not defined.
1.3.1 Các công trình nghiên cứu về phương pháp nhận dạng và kiểm chứng chất lượng cho một hệ thống nhận dạng khuôn mặt	Error! Bookmark not defined.
1.3.2 Hướng tiếp cận được thử nghiệm trong luận văn	Error! Bookmark not defined.
2 Chương 2 DÒ TÌM KHUÔN MẶT TRONG ẢNH MÀU.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Giới thiệu	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Các thách thức trong việc dò tìm khuôn mặt	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Một số hướng tiếp cận thường được dùng trong dò tìm khuôn mặt nhanh.....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Tìm kiếm khuôn mặt người trong ảnh dựa trên màu da.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Giới thiệu [16]	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Dò tìm da trên ảnh màu	Error! Bookmark not defined.
2.2.2.1 Mô hình hóa da	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Không gian màu cho mô hình da	Error! Bookmark not defined.
2.2.3.1 Phân tách vùng da trong không gian màu rg	Error! Bookmark not defined.
2.2.4 Xác định vùng da sử dụng entropy.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.4.1 Khái niệm về entropy	Error! Bookmark not defined.
2.2.4.2 Phát hiện màu da bằng mô hình Entropy cực đại	Error! Bookmark not defined.
2.2.5 Định vị khuôn mặt bên trong các vùng da	Error! Bookmark not defined.
2.2.5.1 Giới thiệu	Error! Bookmark not defined.
2.2.5.2 Định vị vùng khả năng mặt	Error! Bookmark not defined.
2.2.5.3 Ra quyết định sử dụng đối sánh mẫu.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.6 Kết luận về tìm kiếm khuôn mặt dựa trên màu da.....	Error! Bookmark not defined.
3 Chương 3 RÚT TRÍCH ĐẶC TRƯNG TỪ KHUÔN MẶT.....	Error! Bookmark not defined.
3.1 Tiếp cận theo phương pháp phân tích thành phần chính (Principal Component Analysis hay PCA).....	Error! Bookmark not defined.
3.1.1 Vector riêng, Trị riêng và sự chéo hoá của ma trận	Error! Bookmark not defined.
3.1.2 Kỳ vọng và phương sai trong thống kê đa chiều	Error! Bookmark not defined.
3.2 Phương pháp phân tích thành phần chính (Principal Component Analysis hay PCA).....	Error! Bookmark not defined.
3.2.1 Yêu cầu	Error! Bookmark not defined.

3.2.2	Trích đặc trưng bằng phương pháp PCA	Error! Bookmark not defined.
3.2.3	Kỹ thuật tính đặc trưng bằng PCA.....	Error! Bookmark not defined.
3.3	Phương pháp PCA toàn cục và cục bộ.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.1	Phương pháp PCA toàn cục.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.2	Phương pháp PCA cục bộ.....	Error! Bookmark not defined.
3.4	Đánh giá.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.1	Một số đánh giá quan trọng về rút trích đặc trưng bằng phương pháp PCA.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.2	So sánh phương pháp PCA toàn cục và PCA cục bộ.....	Error! Bookmark not defined.

4 Chương 4 MÔ HÌNH MARKOV ẨN VÀ ỨNG DỤNG NHẬN DẠNG KHUÔN MẶT Error! Bookmark not defined.

4.1	Giới thiệu mô hình Markov ẩn.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.1	Mô hình Markov	Error! Bookmark not defined.
4.1.2	Mô hình Markov ẩn [19]	Error! Bookmark not defined.
4.1.2.1	Xác suất của chuỗi quan sát	Error! Bookmark not defined.
4.1.2.2	Dãy trạng thái tối ưu.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.2.3	Hiệu chỉnh các tham số của mô hình.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.2.4	Khoảng cách giữa các mô hình Markov ẩn	Error! Bookmark not defined.
4.1.3	Mô hình Markov ẩn và nhận dạng mặt người.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.1	Ý tưởng	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.2	Mô hình Markov ẩn biểu diễn ảnh mặt.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.3	Trích chọn đặc trưng	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.4	Luyện mô hình mặt	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.5	Nhận dạng khuôn mặt người trong ảnh	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.6	Tìm kiếm khuôn mặt người trong ảnh.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.7	Các dạng của mô hình Markov ẩn trong mô tả khuôn mặt	Error! Bookmark not defined.
4.2	Kết chương	Error! Bookmark not defined.

5 KẾT LUẬN..... Error! Bookmark not defined.

6 TÀI LIỆU THAM KHẢO 11

DANH MỤC CÁC HÌNH

- Hình 1-1. So sánh hai tác vụ nhận dạng khuôn mặt và xác nhận khuôn mặt 9
- Hình 1-2. Hình biểu diễn hàm FRR và FAR **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2-1. Ảnh màu với da và kết quả của sự dò tìm da **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2-2. Mẫu da của mỗi người rất khác nhau **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2-3. Mẫu da bị ảnh hưởng bởi các loại nhiễu và biến dạng **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2-4. Những mạng SOM với những hệ thống khu lân cận **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2-5. Phân phối màu cho các màu da khác nhau **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2-6. Biểu diễn mô hình màu da bằng phân phối Gauss **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2-7. Đường cong entropy của biểu diễn biến ngẫu nhiên **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2-8. 4 điểm lân cận và 8 điểm lân cận **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2-9. Một ảnh mẫu từ tập phân phối thỏa mãn D , có năng lượng cực tiểu **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2-10. Hình (a): ảnh gốc, hình (b): Baseline, hình (c): HMM, **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2-11. Khuôn mặt mẫu của Chang và Robles. **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2-12. Khuôn mặt mẫu tổng hợp **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2-13. Khuôn mặt mẫu được điều chỉnh kích thước **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2-14. Khuôn mặt mẫu được xoay và điều chỉnh lại kích thước **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 4-5. Tính hội tụ của khoảng cách HMM khi độ dài chuỗi quan sát tăng **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 4-6. (a) Mô hình ergodic 4 trạng thái (b) Mô hình trái - phải 4 trạng thái **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 4-7. Mô hình mặt 6 trạng thái **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 4-8. Ảnh mặt và phương pháp trích chọn khối quan sát. **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 4-9. Chiến lược huấn luyện mô hình Markov ẩn cho biểu diễn khuôn mặt **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 4-10. Nhận dạng mặt sử dụng mô hình Markov ẩn **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 4-11. Tìm kiếm khuôn mặt sử dụng mô hình Markov ... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 4-12. Mô hình Markov ẩn nhúng với 3 siêu trạng thái. **Error! Bookmark not defined.**

BẢNG CÁC TỪ VIẾT TẮT

Kí hiệu	Từ Tiếng Anh	Giải thích
ICAO	International Civil Aviation Organization	Tổ chức Hàng không Dân dụng Quốc tế
FAR	False Acceptance Rate	Sai số bắt nhầm
FMR	False Match Rate	
FRR	False Reject Rate	Sai số bỏ sót
FNMR	False Non Match Rate	
TAR	True Accpetance Rate	Độ chính xác
PCA	Principal Component Analysis	Phân tích thành phần chính
HMM	Hidden Markov Model	Mô hình Markov ẩn
LDA	Linear discriminant analysis	Phân tích độc lập tuyến tính
KLT	Karhunen-Loève transform	Phép biến đổi Karhunen-loeve
DCT	Discrete cosine transform	Phép biến đổi Cosin rời rạc
ORL	Olivetti Research Laboratory	
PDF	probability density function	hàm mật độ xác suất

MỞ ĐẦU



Ngày nay, cùng với những tiến bộ vượt bậc của khoa học kỹ thuật nói chung, bộ môn khoa học xử lý ảnh đã và đang thu được những thành tựu lớn lao và chứng tỏ vai trò không thể thiếu với những ứng dụng sâu rộng trong khoa học kỹ thuật cũng như đời sống xã hội. Một bộ phận của khoa học xử lý ảnh là lĩnh vực thị giác máy tính hiện đang thu hút rất nhiều sự quan tâm của các nhà nghiên cứu xử lý ảnh với mục tiêu xây dựng nên một thế giới trong đó hệ thống thị giác kỳ diệu của con người có thể được mô phỏng bởi các hệ thống máy tính, đem lại khả năng cảm nhận bằng thị giác cho các hệ thống về môi trường xung quanh. Mơ ước về một hệ thống máy tính có thể hoà nhập vào thế giới con người với đầy đủ các giác quan trong đó thị giác đóng vai trò quan trọng đang dần dần được hiện thực hoá với những đóng góp nghiên cứu của các nhà khoa học trên phạm vi toàn thế giới.

Đồng thời việc phát triển của các thiết bị phần cứng cả về phương diện thu nhận, hiển thị, tốc độ xử lý đã mở ra nhiều hướng mới cho công nghệ xử lý ảnh. Nó có thể giải quyết các bài toán như giám sát tự động phục vụ trong cơ quan, ngân hàng, kho bạc, ... hoặc trong việc giám sát giao thông tự động, phục vụ tại bãi đỗ xe, trạm thu phí tự động hoặc việc phát hiện và nhận dạng mặt người phục vụ trong công tác quân sự, an ninh v.v... Đặc biệt trong lĩnh vực nhận dạng bằng sinh trắc học, sau sự kiện 11/9/2001, việc nghiên cứu và đưa vào ứng dụng thực tế lĩnh vực nhận dạng bằng sinh trắc đã được các nhà khoa học và chính phủ nhiều nước chú trọng. Đơn cử có thể kể tới hệ thống kiểm soát (tự động) tại các cửa khẩu vào /ra ở Mỹ, Úc, khối EU và ở một số nước châu Á (Singapore, Thái Lan, ...) đã sử dụng thông tin sinh trắc vào trong quá trình kiểm soát xác định thật giả về giấy tờ và con người. Cho đến nay, theo Tổ chức hàng không dân dụng thế giới - ICAO cho biết đã có khoảng 34 quốc gia áp dụng việc đưa các thông tin sinh trắc vào hộ chiếu để chống làm giả và dùng trong các cửa kiểm soát tự động tại biên giới. Trong đó, thông tin ảnh mặt là một thông tin bắt buộc dùng để đối sánh và nhận dạng bởi tuy các phương pháp nhận dạng bằng ảnh mặt thường cho chất lượng chưa cao bằng các phương pháp sử dụng các đặc điểm sinh trắc khác như vân tay hoặc tròng mắt do ảnh mặt thu nhận được thường bị ảnh hưởng lớn của nhiễu, đặc biệt là môi trường và chất lượng của các thiết bị thu nhận hình ảnh song ảnh mặt là một đặc điểm sinh trắc mà ta có thể thu nhận một cách nhanh chóng và dễ dàng nhất (sử dụng các camera quan sát tự động).

Tại Việt Nam, việc ứng dụng thông tin sinh trắc vào trong các giấy tờ (hộ chiếu, chứng minh thư, ...) cũng đang được tích cực nghiên cứu để đưa vào ứng dụng (hộ chiếu điện tử dự kiến sẽ được thử nghiệm trong năm 2008).

Từ những lý do trên, tôi đã chọn đề tài luận văn: “Tìm kiếm và nhận dạng khuôn mặt người trong ảnh”.

Bố cục của luận văn gồm:

Chương 1: Phát biểu bài toán

Nêu lên một số khái niệm liên quan đến nhận dạng khuôn mặt; các ứng dụng tương tác người máy liên quan đến nhận dạng khuôn mặt; điếm qua một số phương pháp nhận dạng khuôn mặt được nghiên cứu và cải tiến trong thời gian gần đây.

Chương 2: Dò tìm khuôn mặt người trong ảnh màu

Giới thiệu một số phương pháp dò tìm khuôn mặt người dựa trên màu da.

Chương 3: Rút trích đặc trưng từ khuôn mặt người

Trình bày phương pháp phân tích các thành phần chính PCA (Principal Component Analysis) rút trích đặc trưng từ ảnh bản đầu.

Chương 4: Mô hình Markov ẩn và ứng dụng nhận dạng khuôn mặt

Giới thiệu mô hình Markov ẩn, một số bài toán cơ bản của mô hình Markov và ứng dụng mô hình trong nhận dạng khuôn mặt người.

Chương 5: Kết luận

Chương 1 PHÁT BIỂU BÀI TOÁN

1.1 Tổng quan và các khái niệm liên quan đến nhận dạng khuôn mặt

1.1.1 Hệ thống sinh trắc học

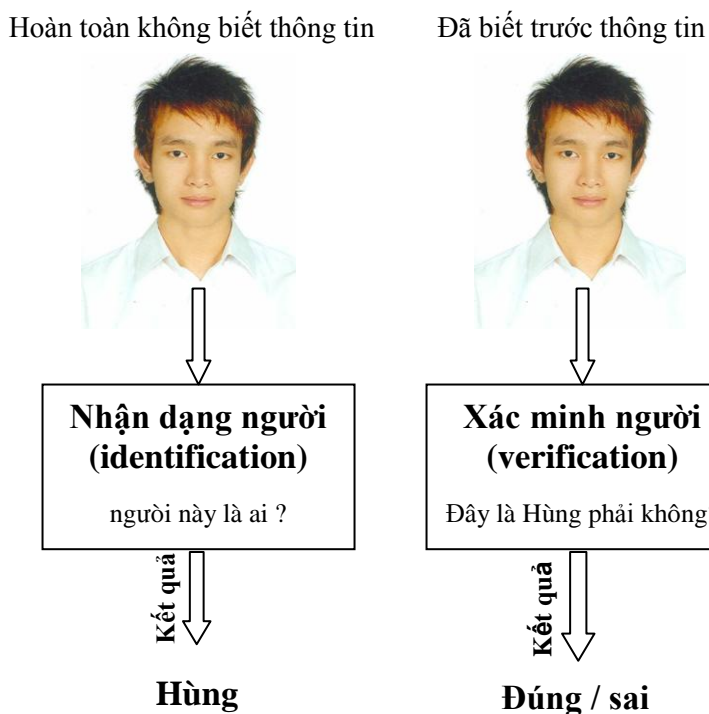
Hệ thống sinh trắc học là một hệ thống được thiết kế để xác minh và nhận dạng một người dựa vào những đặc trưng sinh học duy nhất của người đó.

1.1.2 Hệ thống nhận dạng khuôn mặt

Hệ thống nhận dạng khuôn mặt là một hệ thống được thiết kế để tìm thông tin của một người. Kỹ thuật nhận dạng là kiểm tra sự phù hợp dựa trên phép so sánh một-nhiều cụ thể là tìm ra một người là ai trong số những người đã được lưu trữ trong hệ thống dựa vào thông tin khuôn mặt.

1.1.3 Hệ thống xác minh hay xác thực khuôn mặt là gì?

Hệ thống xác minh/xác thực khuôn mặt là một hệ thống được thiết kế để xác minh thông tin của một người. Kỹ thuật xác minh là kiểm tra sự phù hợp trên phép so sánh một-một cụ thể là đối chiếu thông tin mới nhận về một người với thông tin đã lưu trữ về người này có khớp hay không dựa trên thông tin khuôn mặt.



Hình 1-1. So sánh hai tác vụ nhận dạng khuôn mặt và xác nhận khuôn mặt

1.1.4 Hệ thống nhận dạng tĩnh - tĩnh, tĩnh - động, động - động

1.1.4.1 Hệ thống nhận dạng tĩnh - tĩnh

Hệ thống nhận dạng tĩnh - tĩnh là hệ thống được thiết kế bằng cách sử dụng một số ảnh tĩnh làm mẫu để nhận dạng khuôn mặt người trong ảnh tĩnh. Kỹ thuật nhận dạng này kiểm tra sự phù hợp dựa trên phép so sánh một - nhiều như hệ thống nhận dạng nói chung ở trên.

1.1.4.2 Hệ thống nhận dạng tĩnh - động

Hệ thống nhận dạng tĩnh - động là hệ thống được thiết kế bằng cách sử dụng một số ảnh tĩnh làm mẫu để nhận dạng khuôn mặt người trong ảnh động. Kỹ thuật nhận dạng này kiểm tra sự phù hợp dựa trên phép so sánh một - nhiều như hệ thống nhận dạng nói chung ở trên, song ảnh cần kiểm tra là các khung ảnh động trong các đoạn phim từ các máy camera. Kỹ thuật này dĩ nhiên không thể chính xác vì chuyển động của mặt người trong đoạn phim khá phức tạp song thể hiện trong ảnh tĩnh để huấn luyện lại ít.

1.1.4.3 Hệ thống nhận dạng động - động

Hệ thống nhận dạng động - động là hệ thống được thiết kế bằng cách sử dụng các ảnh động làm mẫu để nhận dạng khuôn mặt người trong ảnh động. Kỹ thuật nhận dạng này kiểm tra sự phù hợp dựa trên phép so sánh một - nhiều như hệ thống nhận dạng nói chung ở trên. Tuy nhiên, kỹ thuật này chính xác hơn kỹ thuật sử dụng trong hệ thống nhận dạng tĩnh - động do sự chuyển động phức tạp của khuôn mặt người cũng được huấn luyện bằng các khung ảnh động.

1.1.5 Những thách thức trong bài toán nhận dạng khuôn mặt

Những biến đổi quá lớn giữa các ảnh khuôn mặt khác nhau từ một người cần nhận dạng gồm trạng thái cảm xúc trên khuôn mặt, ánh sáng, và các thay đổi vị trí của khuôn mặt..vv.

Giới hạn về số ảnh cần thiết cho việc nhận dạng, tập học không thể bao quát được tất cả các biến đổi có thể có trên khuôn mặt của một người cần nhận dạng trong thế giới thực.

1.1.6 Sai số trong hệ nhận dạng [20]

Hệ nhận dạng bằng sinh trắc luôn có sai số nói cách khác không thể chính xác tuyệt đối.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] Nguyễn Thanh Thủy, Lương Mạnh Bá, *Nhập môn xử lý ảnh số*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 1999.

Tiếng Anh

- [2] D. Brown, I. Craw, and J. Lewthwaite, A som based approach to skin detection with application in real time systems. In Proc. of the British Machine Vision Conference, volume 2, pages 491_500, 2001.
- [3] D. Chai and A. Bouzerdoun. A bayesian approach to skin color classification in ycbcr color space. In Proc. IEEE Region Ten Conference (TENCON'2000), volume 2, pages 421- 424, 2000.
- [4] Wenyi Zhao, Arvinth Krishnaswamy, Rama Chellappa, Danie L.Swets, John Weng, Discriminant Analysis of Principal Components for Face Recognition, Centre for Automation Research, University of Maryland (page 73) of Face Recognition from Theory and Applications.
- [5] John Daugman, Phenotypic versus Genotypic Approches to Face Recognition, University of Cambridge, the Computer laboratory Cambridge CB3 3QG England (page 108) of Face Recognition from Theory and Applications.
- [6] Emmanuel Viennet và Francoise Fogelman Soulie, Connectionists Methods for Human face Rrocessing, University Paris 13, 93430 Villetaneuse, France (page 124) of Face Recognition from Theory and Applications.
- [7] Antonio J.Colmenarez và Thomas S.Huang, Face Detection and Recognition, Department of Electrical and Computer Engineering, Coordinated Science Laborotory, and Beckman Institute for Advanced Science and Technology, University of Illinois at Urbana-Champaign, 405 N. Mathews Ave, USA (page 174) of Face Recognition from Theory and Applications.
- [8] Kazunori Okada, Johannes Steffens, Thomas Maurer, Hai Hong, Egor Elagin, Hartmut Neven, and Christoph, Computer Science Department and Center for Neural Engineering, University of Southrn California Los Angeles, USA (page 286) of Face Recognition from Theory and Applications.

- [9] Baback Moghaddam và Alex Pentland, Beyond Linear Eigenspaces: Bayesian Matching for Face Recognition, MIT Media Laboratory, 20 Ames St. Cambridge, MA 02139, USA (page 230) of Face Recognition from Theory and Applications.
- [10] Massimo Tistaelli và Enrico Grosso, Active Vision-base Face Recognition: Issues, Application and Techniques, University of Genoa, Department of Communication, Computer and System Science (DIST), Computer Vision Laboratory, Via Opera Pia 13-16145 Genoa, Italy (page 262) of Face Recognition from Theory and Applications.
- [11] Jeffrey Huang, Chengjun Liu, và Harry Wechsler, Eye Detection and Face Recognition Using Evolutionary Computation, Department of Computer Science, George Mason University, <http://www.chagall.gmu.edu/> (page 348) of Face Recognition from Theory and Applications.
- [12] Daniel Bgraham và Nigel M Allinson, Characterising Virtual Eigensignatures for General Purpose Face Recognition, Image Engineering and Neural Computing Group, Department of Electrical Engineering and Electronics, University of Manchester Institute of Science and Technology. Manchester M60 1QD, UK (page 446) of Face Recognition from Theory and Applications.
- [13] Jason M.Kinser, Pulse Images for Face Recognition, Institute for Biosciences, Bioinformatics, and Biotechnology, George Masson, University, Fairfax, VA 22030-4444 (page 503) of Face Recognition from Theory and Applications.
- [14] Oi Bin Sun, Chian Prong Lam và Jian Kang Wu, Using Differential Constraints to Generate a 3D Face Model from Stereo, Computer Graphics Laboratory (LIG), EPEL, CH-1015, Lausanne, SWITZER-LAND (page 556) of Face Recognition from Theory and Applications.
- [15] Fabien Cardinaux, Automatic Face Recognition in Weakly Constrained Environment, Phd Student – Vision Group, Dalle Molle Institute for Perceptual Artificial Intelligence, 2003.
- [16] Huicheng Zheng, Maximum entropy modeling for skin detection: with an application to Internet filtering, Docteur en Informatique, 2004
- [17] D. Maltoni, D. Maio, A.K. Jain, S. Prabhakar, *Handbook of Fingerprint Recognition*, Chapter 1, Springer, New York, 2003.
- [18] Huicheng Zheng and Mohamed Daoudi, Bruno Jedynek, *Statistical Models for Skin Detection*, 2003.

- [19] Richard O.Duda, Peter E.Hart, David G.Stork, Pattern Classification, Second Edition.
- [20] Dengpan Mou, *Autonomous Face Recognition*, Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.), Datum der Promotion: 22. August, 2005.
- [21] M.J. Jones and J. M. Rehg, *Statistical color models with application to skin detection*, International Journal of Computer Vision, 46(1):81_96, January 2002.
- [22] Huicheng Zheng, Bruno Jedynek, Maximum Entropy Models for Skin Detection, 2004
- [23] Richard O. Duda, Peter E. Hard, David G. Stork, "Pattern Classification", Secod Edition.
- [24] Linda Shapiro, George Stockman, "Computer Vision", Mar 2000.
- [25] R-L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, and A.K. Jain. Face detection in color images, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 24(5):696_706, May 2002.
- [26] Nizar Bouguila and Djemel Ziou, Dirichlet-Base Probability Skin Detection, 2004
- [27] J.Y. Lee and S.I. Yoo. An elliptical boundary model for skin color detection. In Proc. International Conference on Imaging Science, Systems and Technology, Las Vegas, USA, June 2002.
- [28] Erik Hjelmas, "Face Detection: A Survey", Computer Vision and Image Understanding (83), 2001, 236-274.
- [29] David J.C. MacKay , Information Theory, Inference and Learning Algorithm, e-book, Draft 3.1415 January 12, 2003.
- [30] Rakesh Dugad, U.B Desai, "A tutorial on Hidden Markov Model", Technical Report No SPANN -96.1, 1996.
- [31] Eric Folser-Lussier, "Markov Models and Hidden Markov Model: A brief tutorial", International Computer Science Institute, 1998.
- [32] Ara Netfian, "A Hidden Markov Model-based approach for Face Detection and Recognition", Doctor Thesis of Philosophy in Engineering, Georgia Institute of Technology, 1999.
- [33] Lindsay I Smith, *A tutorial on Principal Components Analysis*, February 26, 2002.

[34] *Principal Components Analysis*, Lecture.

[34] Face Recognition Vendor Test <http://www.frvt.org/>

[35] Biometric Resource Center <http://www.itl.nist.gov/div893/biometrics>