

IT4090

Xử lý ảnh

(Digital Image Processing)

PGS.TS. Nguyễn Thị Hoàng Lan
Bộ môn Truyền thông và Mạng máy tính
Viện CNTT&TT - ĐHBK Hà nội
lan.nguyenthihoang@hust.edu.vn

Chương 8

Nhận dạng ảnh

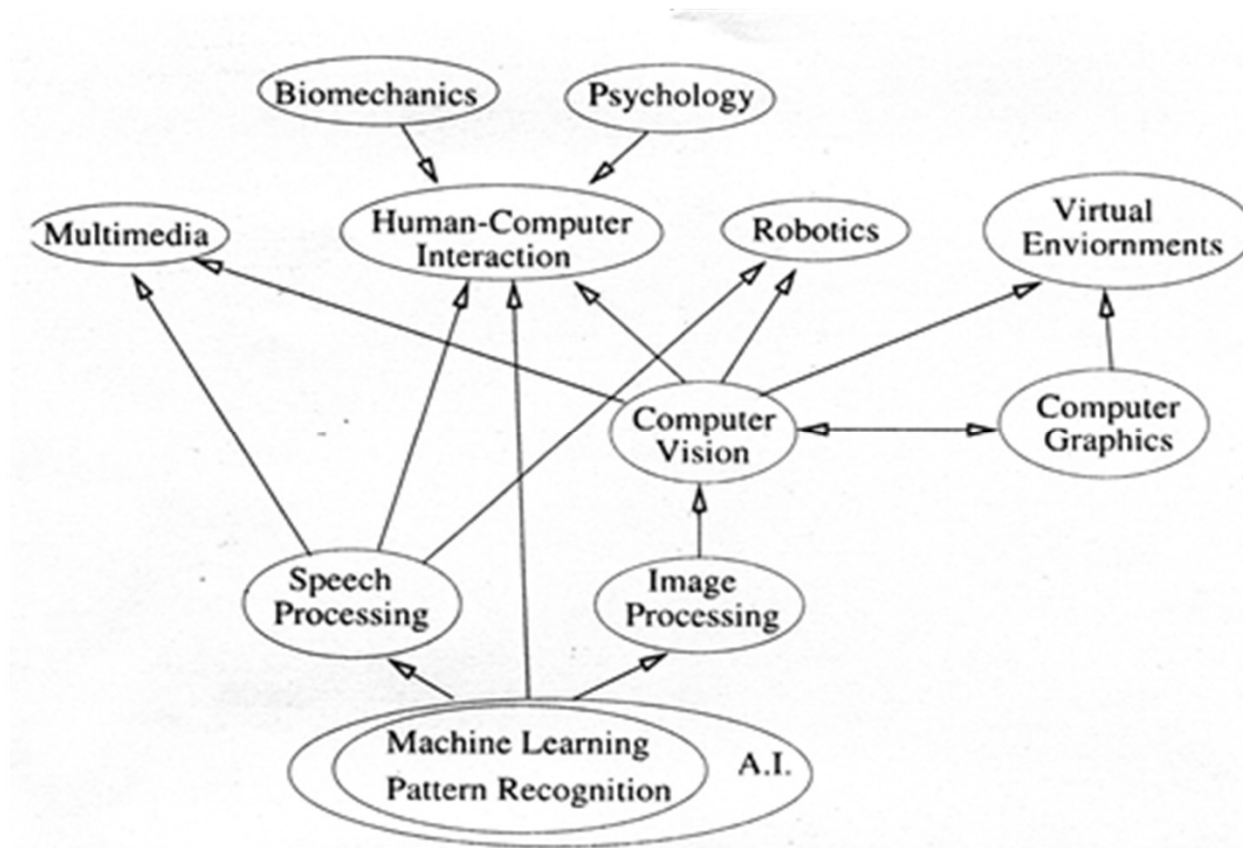
(Image Recognition)

- Một số khái niệm
- Tổng quan hệ thống nhận dạng
- Phương pháp phân lớp SVM (Support Vector Machine)
- Nhận dạng ảnh khuôn mặt (Face Recognition)
- Các lĩnh vực áp dụng nhận dạng

Một số khái niệm

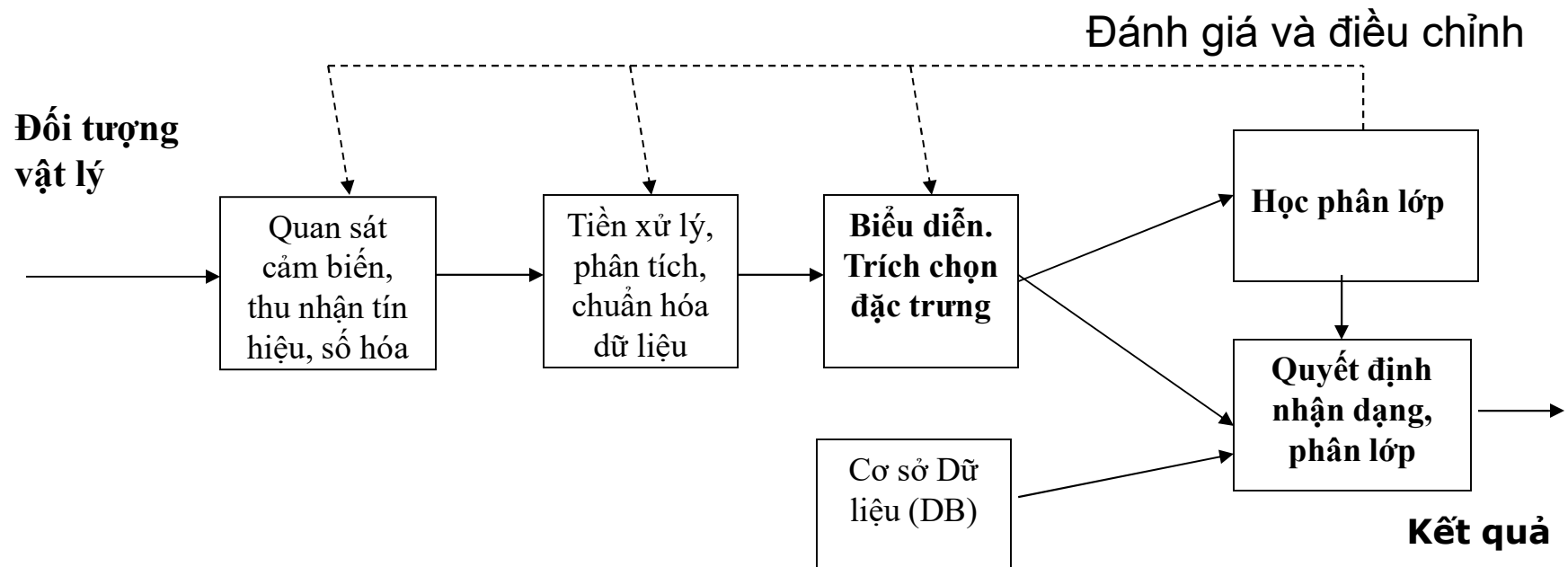
- **Nhận dạng (Pattern Recognition):** Phương pháp, thuật toán để xây dựng các máy (hệ thống MT) tự động phân lớp và nhận biết các đối tượng vật lý (patterns – objects) theo các đặc trưng vốn có (attributes, features) của nó từ các dữ liệu thu thập được, và máy tính trở nên thông minh có khả năng cảm nhận, học và nhận biết (nhận dạng, phân biệt được) các đối tượng như con người.
- **Các đối tượng nhận dạng (objects, patterns):** Âm thanh, tiếng nói, hình ảnh, tín hiệu, cử chỉ, trạng thái ... mà con người quan sát, đo lường, nhận biết đặc trưng.
- **Lớp đối tượng (Class):** Tập hợp các đối tượng có cùng thuộc tính, các đặc trưng có độ tương đồng.
- **Không gian quan sát χ (vào):** Thu nhận biểu diễn thông tin,
- **Không gian diễn dịch Ω (ra):** Kết quả trả lời nhãn tên gọi nhận diện các đối tượng đã nhận dạng được từ không gian quan sát
- **Nhận dạng phân lớp (Classification):** Luật phân lớp tổng quát cho các đối tượng cần nhận dạng:
$$\varepsilon: \chi \rightarrow \Omega$$

Thị giác máy, nhận dạng ảnh và các lĩnh vực liên quan



Tổng quan hệ thống nhận dạng (Pattern Recognition System)

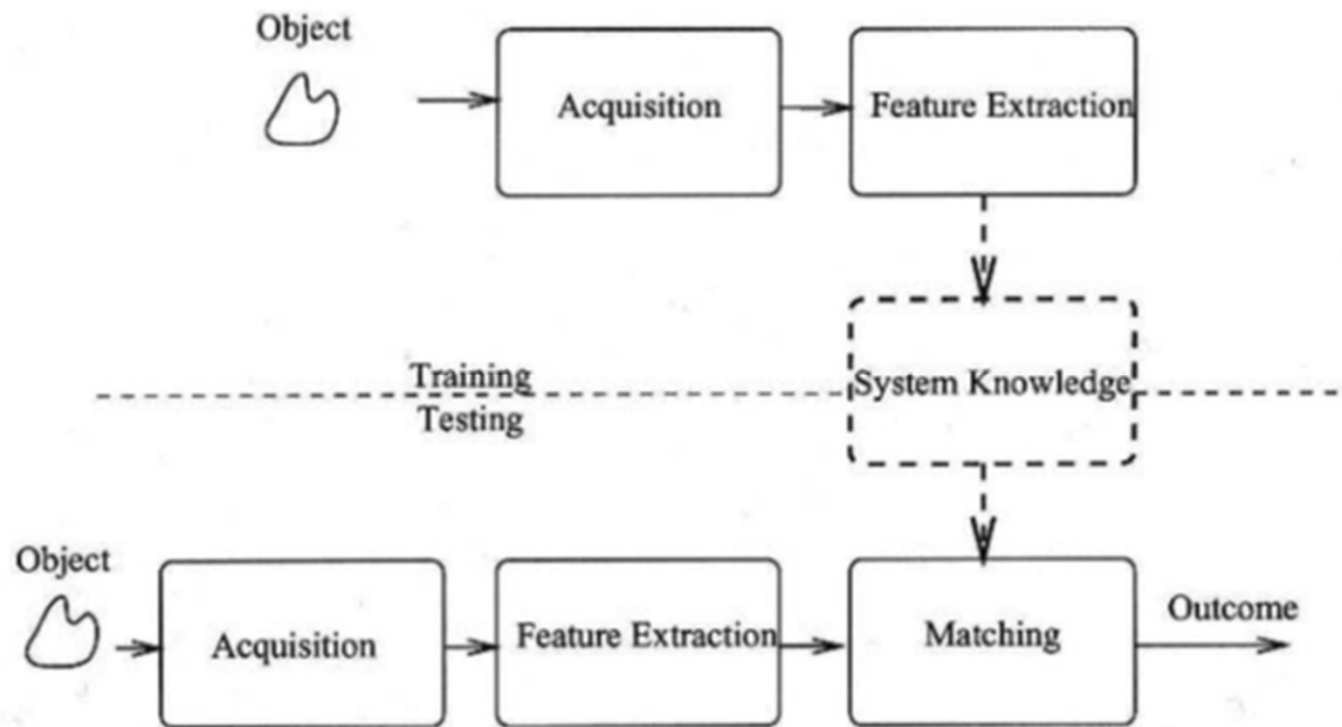
- Sơ đồ khối chung hệ thống nhận dạng
- Hoạt động hệ thống gồm 2 giai đoạn: Learning (Training) – Testing PR



- Độ đo hiệu năng hệ thống:
Tỷ số nhận dạng = số mẫu nhận dạng đúng/ tổng số mẫu đưa vào nhận dạng

Kiến trúc và hoạt động hệ thống nhận dạng

Kiến trúc hệ thống nhận dạng và 2 pha hoạt động của hệ thống [1]



Các mô đun chức năng xử lý của hệ thống nhận dạng

- **Thu nhận thông tin và Tiền xử lý :**
 - Capture – Acquisition: Thiết bị quan sát thu thập và biểu diễn dữ liệu đối tượng nhận dạng. *Nhận dạng ảnh* đầu vào là các ảnh (ảnh động) thu nhận bởi camera
 - Preprocessing – Tiền xử lý (*Xử lý ảnh*) : Phân tích dữ liệu thu nhận được, cải thiện, nâng cấp tăng cường chất lượng, xử lý phân dữ liệu đặc trưng ảnh.
- **Chuẩn hóa dữ liệu (Normalization)**
- **Trích chọn đặc trưng (Feature Extraction):** Xử lý dữ liệu trích chọn đặc trưng chủ yếu của đối tượng, giảm độ dư thừa thông tin, giảm thứ nguyên, giảm độ phức tạp tính toán và tăng cường hiệu năng hệ thống.

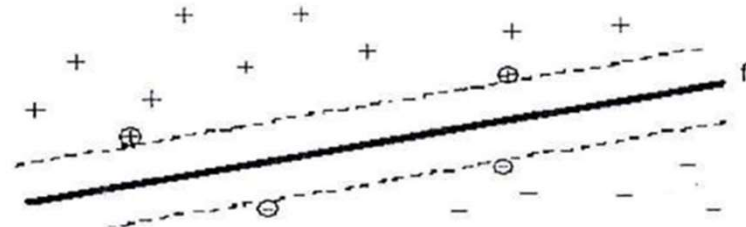
Các mô đun chức năng xử lý của hệ thống nhận dạng

- **Learning (Training):** Là mô đun chủ yếu đảm nhiệm chức năng huấn luyện (Training) hệ thống trong pha học (Learning) tạo nên tri thức hệ thống
Các phương pháp học: Supervised learning; Unsupervised learning; Reinforcement learning; Deep learning
- **Đối sánh – ra quyết định (Matching- Decision Classification):** Là mô đun có chức năng đối sánh và ra quyết định phân lớp trả lời nhận dạng trong pha thực hiện nhận dạng (Testing).
- Mô đun “Learning” và mô đun “Matching- Decision” đảm nhiệm vai trò trí tuệ nhân tạo – AI” của hệ thống nhận dạng
- Đo lường đánh giá hiệu năng, chất lượng và hiệu chỉnh hệ thống

Phương pháp SVM

(Support Vector Machine)

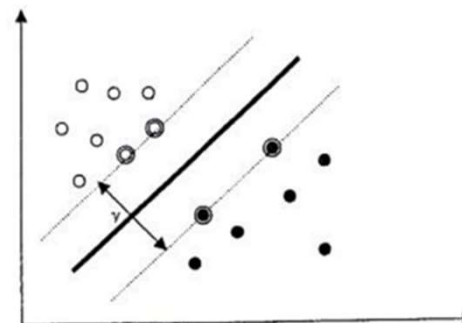
- **Phương pháp SVM** (Support Vector Machine): Là phương pháp phân lớp tuyến tính (Linear Classifier) được đề xuất bởi V.Vapnik 1970, nhằm xác định một siêu phẳng (hyperplane) để phân tách hai lớp trong không gian dữ liệu: 1 lớp có nhãn dương (positive) và 1 lớp có nhãn âm (negative)



- **SVM** gồm thuật toán học có giám sát (supervised learning) và luật ra quyết định phân lớp (linear classifier). SVM được coi là công cụ mạnh cho những bài toán phân lớp tuyến tính và được mở rộng cho phân lớp không tuyến tính nhiều lớp.

Nguyên tắc SVM

- **SVM learning:** Từ tập dữ liệu quan sát, huấn luyện thực hiện thuật toán học (supervised learning) nhằm tìm được một siêu phẳng phân tách 2 lớp.
- **SVM testing-decision:** Ra quyết định tốt nhất chia các điểm trong không gian này thành hai lớp riêng biệt theo quy tắc (luật) sau: Lớp + (thỏa mãn điều kiện hàm phân biệt $f_k(x) > 0$) và Lớp – (hàm phân biệt $f_k(x) < 0$).
- **Bộ phân lớp tuyến tính SVM (Linear Classifier)** giải quyết bài toán tối ưu với 2 mục tiêu đồng thời của bộ phân lớp:
 - Tối thiểu hóa sai nhầm phân lớp: Tìm được một không gian F và siêu phẳng quyết định f trên F sao cho sai số phân lớp là nhỏ nhất.
 - Cực đại hóa khoảng cách giữa các biên lề (margin) với các điểm dữ liệu gần nhất của mỗi lớp đến mặt siêu phẳng phân lớp SVM, và chất lượng phân lớp SVM đạt được bởi tối ưu tiêu chí này.

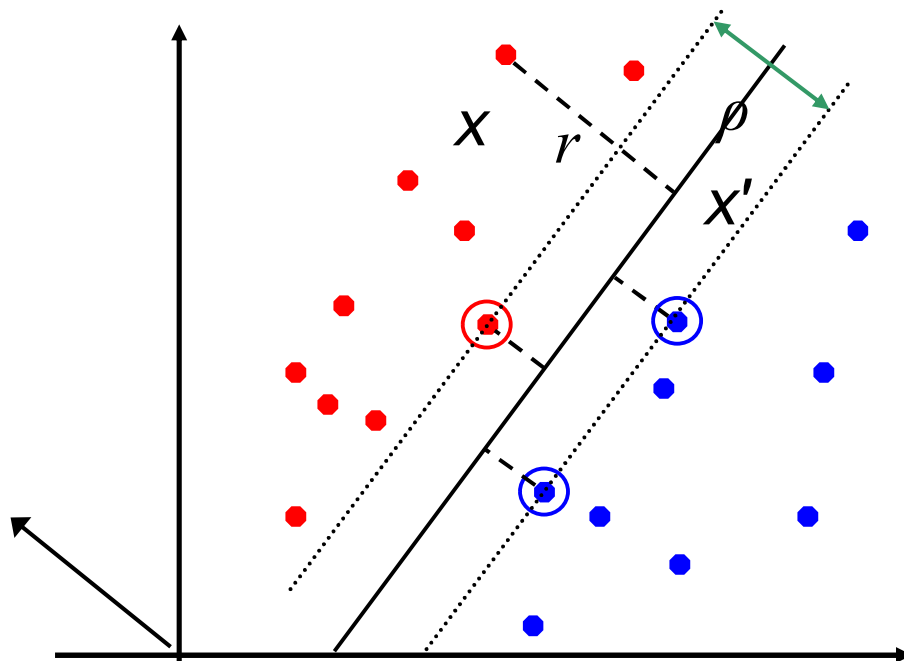


Trong đó:

- Các điểm có nhãn -1
- Các điểm có nhãn +1
- ⊙ Các điểm tương ứng với Support Vector

Geometric Margin

- Distance from example to the separator is $r = y \frac{\mathbf{w}^T \mathbf{x} + b}{\|\mathbf{w}\|}$
- Examples closest to the hyperplane are **support vectors**.
- Margin** ρ of the separator is the width of separation between support vectors of classes.



Derivation of finding r :

Dotted line $\mathbf{x}' - \mathbf{x}$ is perpendicular to decision boundary so parallel to \mathbf{w} .

Unit vector is $\mathbf{w}/\|\mathbf{w}\|$, so line is $r\mathbf{w}/\|\mathbf{w}\|$.

$\mathbf{x}' = \mathbf{x} - yr\mathbf{w}/\|\mathbf{w}\|$.

\mathbf{x}' satisfies $\mathbf{w}^T \mathbf{x}' + b = 0$.

So $\mathbf{w}^T (\mathbf{x} - yr\mathbf{w}/\|\mathbf{w}\|) + b = 0$

Recall that $\|\mathbf{w}\| = \sqrt{\mathbf{w}^T \mathbf{w}}$.

So $\mathbf{w}^T \mathbf{x} - yr\|\mathbf{w}\| + b = 0$

So, solving for r gives:

$r = y(\mathbf{w}^T \mathbf{x} + b)/\|\mathbf{w}\|$

SVM phân lớp tuyến tính

Linear SVM Mathematically

- Assume that all data is at least distance 1 from the hyperplane, then the following two constraints follow for a training set $\{(\mathbf{x}_i, y_i)\}$

$$\mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + b \geq 1 \quad \text{if } y_i = 1$$

$$\mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + b \leq -1 \quad \text{if } y_i = -1$$

- For support vectors, the inequality becomes an equality
- Then, since each example's distance from the hyperplane is

$$r = y \frac{\mathbf{w}^T \mathbf{x} + b}{\|\mathbf{w}\|}$$

- The margin is:

$$\rho = \frac{2}{\|\mathbf{w}\|}$$

Thuật toán SVM phân tách tuyến tính 2 lớp

- Biết tập các mẫu để huấn luyện : Training set $\{(\mathbf{X}_i, y_i)\}$, ký hiệu \mathbf{X}_i là vector dữ liệu mẫu i , y_i là nhãn tương ứng mẫu i . Giả thiết có sự phân tách tuyến tính giữa 2 lớp đối tượng: lớp C_1 và lớp C_2 , nghĩa là biết:

$$\begin{array}{ll} \mathbf{X}_i \text{ thuộc lớp } C_1 & \text{nếu } \mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + b \geq 1 \quad \text{hay nếu } y_i = 1 \\ \mathbf{X}_i \text{ thuộc lớp } C_2 & \text{nếu } \mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + b \leq -1 \quad \text{hay nếu } y_i = -1 \end{array}$$

- Phương trình mặt siêu phẳng phân tách 2 lớp, trong đó \mathbf{w} là vector tham số phải tìm:

$$\mathbf{w}^T \cdot \mathbf{x} + b = 0$$

- Hàm phân biệt: $f(\mathbf{x}) = \text{sign}(\mathbf{x}^T \cdot \mathbf{w} + b) = \begin{cases} +1 & \text{với } \mathbf{x}^T \cdot \mathbf{w} + b > 0 \\ -1 & \text{với } \mathbf{x}^T \cdot \mathbf{w} + b < 0 \end{cases}$
- Theo tiêu chí tối ưu của phương pháp SVM: Tìm vector \mathbf{w} sao cho giá trị nhỏ nhất của $\|\mathbf{w}\|$ với \mathbf{w} thỏa mãn điều kiện sau:

$$y_i \cdot \text{sign}(\mathbf{x}^T \cdot \mathbf{w} + b) \geq 1 \quad \text{với } \forall i \in [1, n]$$

- Bài toán SVM có thể giải bằng kỹ thuật sử dụng toán tử Lagrange để biến đổi về thành dạng đẳng thức. Hàm chỉ tiêu cần tối thiểu hóa : $J(\mathbf{w}, b, \alpha)$, α hệ số Lagrange

Nhận dạng ảnh khuôn mặt

(Face Recognition)

- Khuôn mặt (**Face**) là một trong các đặc điểm sinh trắc phổ biến nhất dễ thu nhận qua các thiết bị camera thông thường. Khuôn mặt đóng vai trò quan trọng nhất, luôn được tập trung chú ý giữa mọi người trong giao tiếp xã hội
- Nhận dạng khuôn mặt (**Face Recognition**): Hệ thống máy tính tiếp nhận ảnh khuôn mặt (một hay nhiều ảnh) chụp từ camera để nhận diện được cá nhân con người.
- Thu nhận thông tin và tiền xử lý :
 - Camera: Thiết bị quan sát chụp ảnh, video
 - Chuẩn hóa dữ liệu ảnh mặt
 - Preprocessing – Tiền xử lý ảnh: Cải thiện, nâng cấp tăng cường chất lượng, phân tích xử lý trích chọn đặc trưng ảnh.

Các loại hệ thống nhận dạng khuôn mặt

- **Phát hiện khuôn mặt (Face Detection)**

Phát hiện trong ảnh có ảnh khuôn mặt không, nếu có thì có bao nhiêu khuôn mặt và ở vị trí nào trong ảnh?

- Bài toán nhận dạng 2 lớp và kết hợp xử lý ảnh

- **Thẩm định - xác thực ảnh khuôn mặt (Face Verification – Authentication)**

- Biometric Verification: Xác thực nhiều người/ xác thực 1 người.

- **Nhận dạng ảnh khuôn mặt (Face Recognition, Facial Recognition)**

- Biometric Recognition: Nhận dạng mặt dùng nhiều ảnh khuôn mặt/ nhận dạng mặt chỉ dùng 1 ảnh khuôn mặt của một người

- Nhận diện khuôn mặt: Nhận dạng phân lớp và thẩm định

Các hướng tiếp cận trích chọn đặc trưng

- ❖ Dựa trên hình học (Geometry-based)
- ❖ Dựa trên ảnh diện mạo (Appearance Based)
- ❖ Dựa trên màu da (Color-based)
- ❖ Dựa trên khuôn mẫu (Template Based)

➤ **Trích chọn đặc trưng dựa trên diện mạo: Eigenfaces**

Xử lý dữ liệu ảnh chụp khuôn mặt

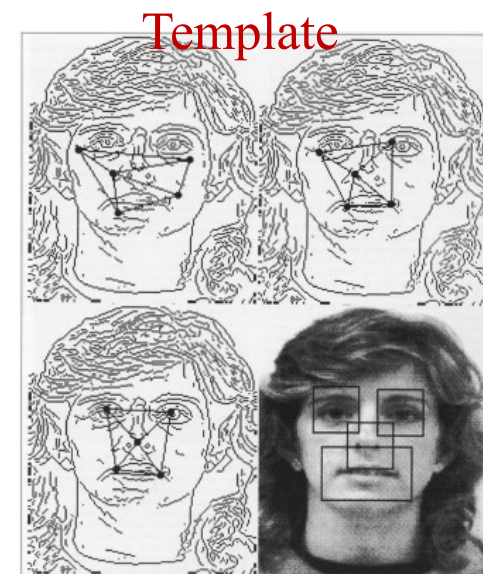
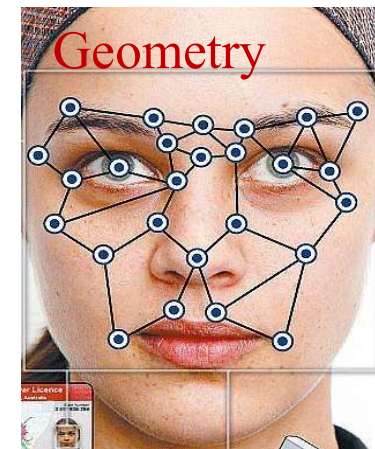
- Thường dùng ảnh chụp thẳng phía trước khuôn mặt
- Tiền xử lý và chuẩn hóa dữ liệu ảnh số
- Trích chọn đặc trưng dựa trên PCA (Eigenfaces)

Dùng toàn bộ dữ liệu các điểm ảnh thực hiện thuật toán tìm ra vector đặc trưng

➤ **Trích chọn đặc trưng dựa trên hình học:**

Location and position of facial features

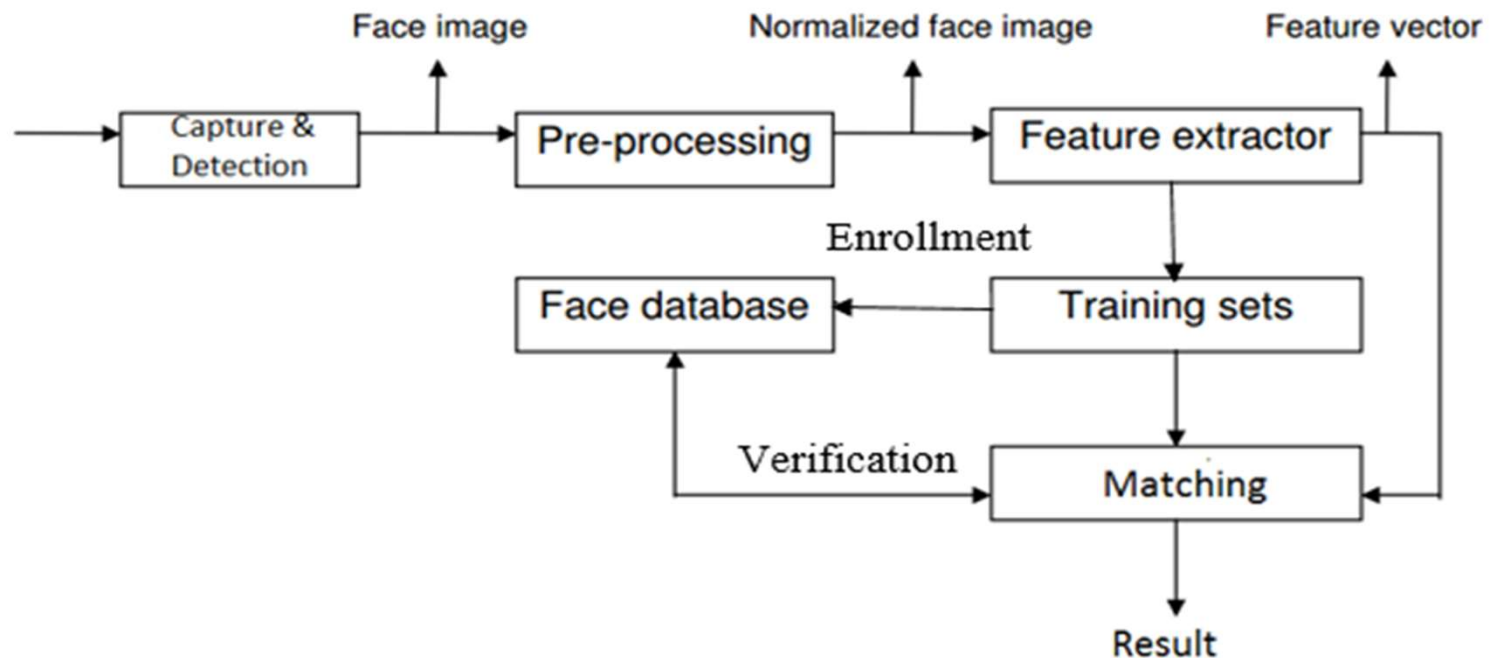
Feature-based method



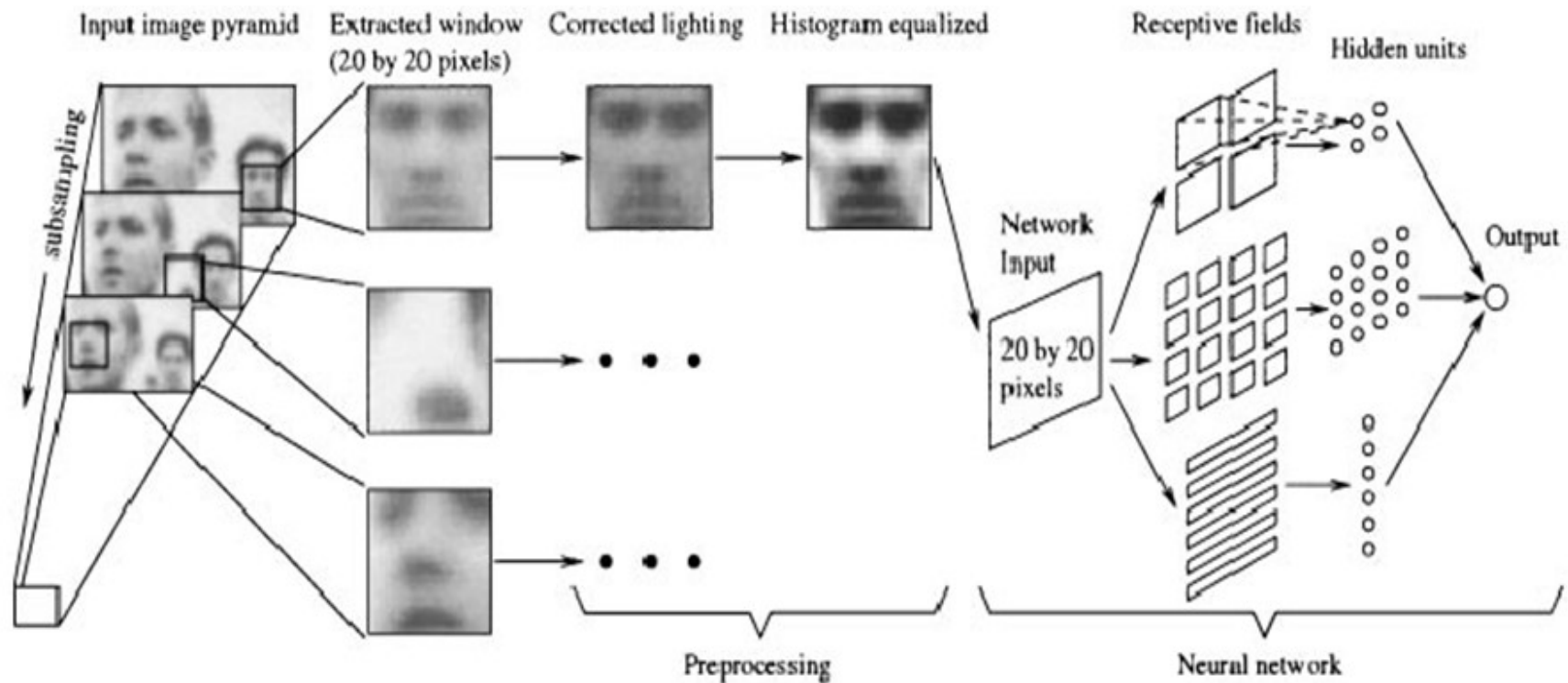
Sơ đồ khối hệ thống nhận diện khuôn mặt

Sơ đồ chức năng của hệ thống:

- Vào: Ảnh khuôn mặt thu nhận (online hoặc offline)
- Ra: Trả lời kết quả là ảnh của người nào, tên là gì

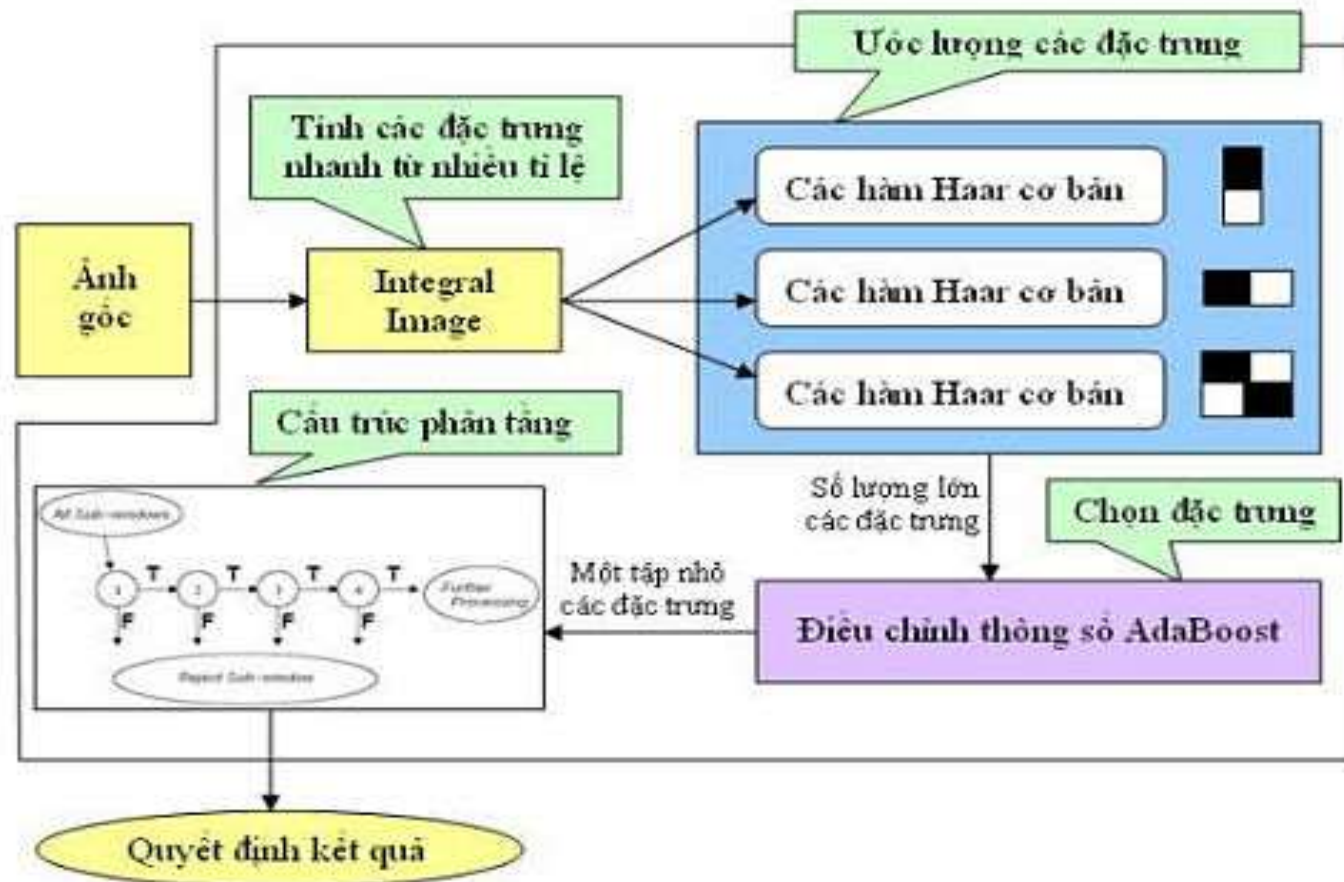


Hệ thống phát hiện khuôn mặt dùng mạng nơ-ron ANN (Face Detection)



Ứng dụng phát hiện khuôn mặt

Dùng đặc trưng Haar-like



Các lĩnh vực áp dụng nhận dạng

- Nhận dạng ảnh
 - Phát hiện có khuôn mặt và vị trí khuôn mặt trong ảnh
 - Thẩm định, xác thực ảnh khuôn mặt
 - Nhận diện ảnh khuôn mặt: Nhận dạng phân lớp; Xác thực
- Thị giác máy: Quan sát và ứng dụng nhận dạng ảnh, học máy
- Nhận dạng vân tay
 - Phân loại vân tay
 - Thẩm định, xác thực vân tay
 - Nhận dạng vân tay (nhận dạng đồng nhất)
- Nhận dạng áp dụng trong lĩnh vực Y tế
- Nhận dạng áp dụng trong các lĩnh vực an ninh
- Nhận dạng áp dụng trong các lĩnh vực quốc phòng