

NHẬN DIỆN KHUÔN MẶT VÀ MÔ HÌNH HÓA MÀU DA TRONG NHẬN DIỆN KHUÔN MẶT

■ Nguyễn Thị Diệu Anh *

TÓM TẮT

Nhận diện khuôn mặt người là một trong những hướng tiếp cận của lĩnh vực xử lý ảnh. Bài toán này tách lớp đối tượng dựa trên các hướng tiếp cận đặc trưng riêng của khuôn mặt như sắc thái, màu da, so khớp mẫu, phân tích không gian con. Bài viết dưới đây trình bày một số vấn đề về xử lý nhận diện khuôn mặt người.

ABSTRACT

Facial feature recognition and skin colour modeling in facial feature recognition

Face detection is one of the approaches of image processing. This problem delamination based on the object oriented approach characteristic of the face, such as shades, color, pattern matching, subspace analysis. The following article introduction some problems handling the face recognition.

Từ khi mới sinh ra, con người đã có đầy đủ các giác quan và có thể tự mình cảm nhận được những sự vật hiện tượng xung quanh. Một đứa trẻ sơ sinh có thể biết được chính xác ai là bố mẹ, ai là người thân của nó, quá trình này diễn ra tự nhiên, là bản năng. Khi chúng ta lớn lên thì việc nhận diện hình ảnh cũng trở nên đa dạng, phong phú. Có những người dù chỉ gặp một lần nhưng bạn lại không bao giờ quên khuôn mặt của họ, bởi não bộ đã ghi nhận thông tin và xử lý chính xác mỗi khi bạn nhớ lại, trả về đúng hình ảnh mà bạn đã thấy từ trước đó rất lâu. Và mặc dù bạn tiếp xúc với bao nhiêu người đi nữa, thì khó mà có sự nhầm lẫn giữa khuôn mặt người này và người kia.

Nhưng đối với máy tính, việc nhận ra đúng khuôn mặt của một đối tượng mà nó tiếp xúc là một thách thức lớn, bởi số lượng người trên thế giới quá nhiều và mỗi người sở hữu một khuôn mặt khác nhau, sắc thái, màu da khác nhau. Không những thế, theo thời gian khuôn mặt của người đó sẽ thay đổi, đồng thời những tác động bên ngoài như độ sáng, góc nhìn, trạng thái trên khuôn mặt,... làm cho việc nhận diện của máy tính trở nên phức tạp với nhiều thông số đầu vào.

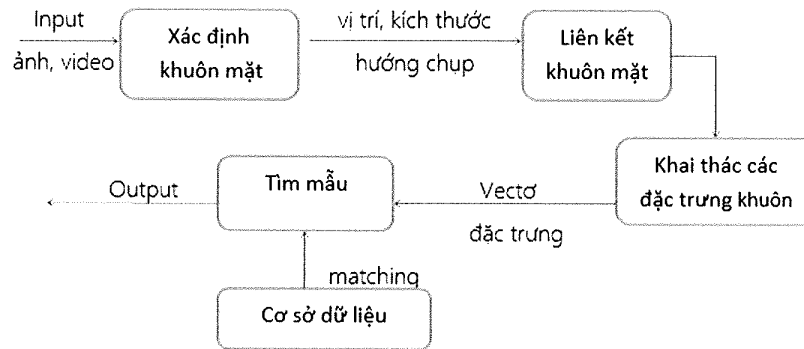
I. Tổng quan nhận diện khuôn mặt

1.1. Quy trình nhận diện khuôn mặt

Một hệ thống nhận diện khuôn mặt về cơ bản trải qua bốn giai đoạn:

- Xác định khuôn mặt
- Liên kết, khai thác các đặc điểm
- Cụ thể hoá

* Chuyên viên Tư vấn Tuyển sinh, Đại học Văn Hiến



Sơ đồ: Quy trình nhận diện khuôn mặt

- Chuẩn hoá với khuôn mặt Bài toán xác định khuôn mặt được định nghĩa như sau:

- Xác định khuôn mặt người là kỹ thuật máy tính để xác định các vị trí và các kích thước của các khuôn mặt người trong các ảnh bất kỳ (ảnh kỹ thuật số). Kỹ thuật này nhận biết các đặc trưng của khuôn mặt và bỏ qua những hình ảnh khác như toà nhà, cây cối, cơ thể,...

Dựa vào đặc điểm tính chất của bài toán, các nhà nghiên cứu đã đưa ra bốn hướng tiếp cận chính để giải quyết bài toán xác định khuôn mặt người:

- Hướng tiếp cận dựa trên tri thức: Xây dựng tập luật dựa trên tri thức con người về các khuôn mặt người. Đây là hướng tiếp cận dạng top – down. Người nghiên cứu sẽ trích đặc trưng của khuôn mặt trước tiên để có các ứng viên, sau đó các ứng viên này sẽ được xác định thông qua các luật để biết ứng viên nào là khuôn mặt, ứng viên nào không phải là khuôn mặt.

Các đặc trưng cơ bản của khuôn mặt sử dụng trong tập luật như: Khuôn mặt là một hình gồm có hai mắt, hai chân mày đối xứng qua một trục thẳng đứng, có mũi, miệng... Những mô tả này sẽ là cơ sở để xây dựng các luật một cách hiệu quả. Tuy nhiên, việc xây dựng tập luật này thật sự không đơn giản, nếu mô tả quá chi tiết sẽ dẫn đến việc có thể bỏ qua mất một số đối tượng là khuôn mặt nhưng không được nhận dạng, bởi khi hình ảnh ghi nhận khuôn mặt còn tùy thuộc nhiều vào góc chụp hình, khuyết tật, dị tật trên khuôn mặt,... Còn ngược lại nếu mô tả quá thô sơ thì một số đối tượng có thể được nhận dạng nhầm là khuôn mặt (ví dụ: biển báo giao thông, logo,...)

- Hướng tiếp cận dựa trên đặc trưng không thay đổi: Hướng tiếp cận này dựa trên nguyên tắc cơ bản là cho dù khuôn mặt bị thay đổi trong các tư thế khác nhau, điều kiện ánh sáng khác nhau... nhưng vẫn luôn tồn tại những đặc trưng riêng không bị thay đổi. Dựa trên các đặc trưng này người nghiên cứu sẽ lập trình cho hệ thống nhận diện khuôn mặt.

- Hướng tiếp cận dựa trên so khớp mẫu: Các mẫu chuẩn sẽ được xây dựng trước hoặc xác định các tham số thông qua hàm. Từ một ảnh đầu vào, các giá trị tương quan với ảnh mẫu chuẩn sẽ được so sánh theo đường viền của mắt, mũi, miệng,... Thông qua các giá trị này mà một ảnh được xác định là có khuôn mặt hay không. Ưu điểm của phương pháp này là dễ cài đặt, tuy nhiên hiệu quả lại không cao.

- Hướng tiếp cận dựa trên diện mạo: Áp dụng các phương pháp xác suất thống kê và máy học để tìm các đặc tính liên quan của khuôn mặt và không phải khuôn mặt.

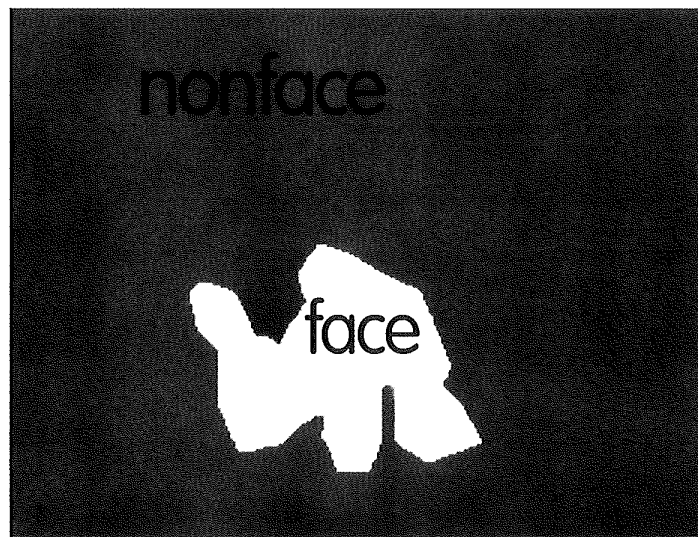
Theo phương pháp xác suất thống kê, một ảnh hay một vector đặc trưng xuất phát từ một ảnh được xem là biến ngẫu nhiên x (khuôn mặt hoặc không phải khuôn mặt). Khi đó ta thiết lập các hàm mật độ:

P (x|x là khuôn mặt) hoặc P(x|x không là khuôn mặt)

- Có thể dùng phân loại Bayers hoặc khả năng cực đại để phân loại đối tượng, tuy nhiên đối với Bayers thì khó có thể cài đặt trực tiếp bởi số chiều của x khá cao, các hàm mật độ là đa phương thức. Vì vậy, người ta thường áp dụng các kỹ thuật làm giảm chiều của x trước khi sử dụng Bayers.



Hình 1: Ảnh đầu vào với số điểm ảnh lớn, trong đó không gian con chứa đối tượng là khuôn mặt chiếm phần nhỏ



Hình 2: Mô tả tỉ lệ không gian khuôn mặt trong hình ảnh đầu vào

1.2. Kỹ thuật nhận diện khuôn mặt

1.2.1. Kỹ thuật phân tích không gian con trong nhận diện khuôn mặt

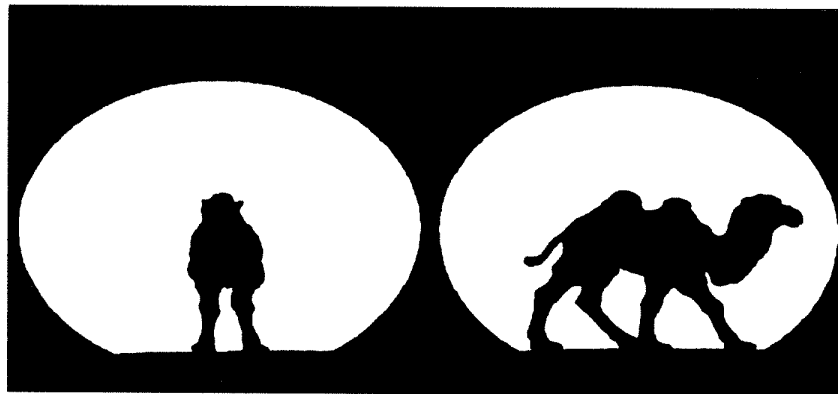
Trên thực tế, các hình ảnh và video đầu vào chứa nhiều đối tượng, chẳng hạn một tấm hình bao giờ cũng chứa các hình ảnh như nhà cửa, cây cối,... còn khuôn mặt chỉ chiếm một không gian nhỏ. Vì vậy, hình ảnh ban đầu đưa vào là dư thừa, số chiều của ảnh này có thể giảm xuống, ta chỉ xét đến những không gian

mà ở đó có đối tượng được nghi vấn là có phải mô hình khuôn Để tách không gian con cho nhận diện khuôn mặt, phương pháp tiếp cận là phân tích các thành phần chính (PCA). Các tính năng trong không gian con như cung cấp thông tin nổi bật, gần với mẫu nhận diện, đầu vào các vector tính năng làm cho mô hình hóa không gian con tăng hiệu quả đáng kể trong việc nhận diện khuôn mặt. Nếu để nguyên bản ảnh đầu vào ta nhận thấy sự phi tuyến và không nổi bật lên các đặc trưng của mẫu mô hình khuôn mặt.

Vậy, bài toán nhận diện khuôn mặt trước hết là giải quyết việc xác định thành phần là khuôn mặt và không phải là khuôn mặt trong hình ảnh đầu vào.

1.2.2. Phân tích thành phần chính (Principal Component Analysis – PCA)

PCA là một phương pháp phân tích dữ liệu nhiều biến đầu vào đơn giản nhất và được ứng dụng chủ yếu vào bài toán nhận diện khuôn mặt. Như ta đã biết, số chiều trong hình ảnh đầu vào tương đối lớn, khó hình dung trong không gian 2 chiều hoặc 3 chiều, bởi vậy chúng ta cần tìm cách đưa dữ liệu về không gian



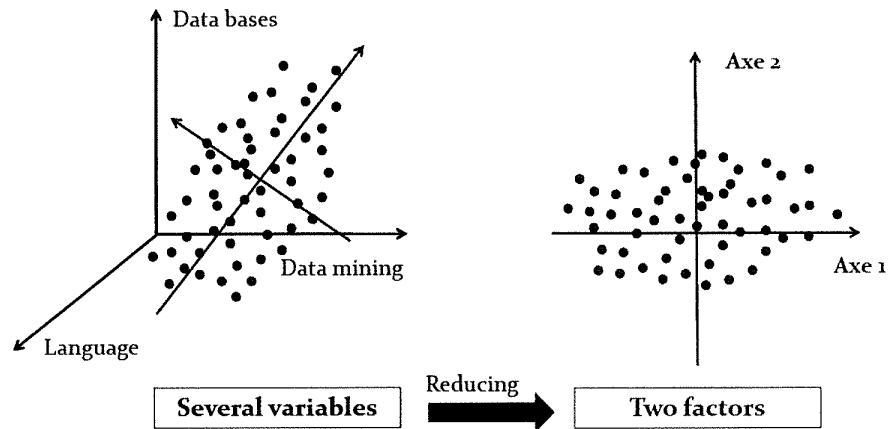
Hình 3: Ví dụ minh họa PCA

có số chiều nhỏ hơn. PCA như là một công cụ hữu ích giúp biến đổi với các ưu điểm sau:

- Giảm số chiều của dữ liệu.
- PCA xây dựng một không gian mới với số chiều ít hơn, nhưng lại biểu diễn dữ liệu tương đương với không gian cũ, không làm mất đi tính biến thiên của dữ liệu trên chiều mới.
- Các trục tọa độ trong không gian mới là tổ hợp tuyến tính của không gian cũ, do đó PCA xây dựng các đặc trưng mới dựa trên các đặc trưng đã quan sát được, và những đặc trưng này vẫn biểu diễn tốt dữ liệu ban đầu.
- Trong không gian mới, những liên kết tiềm ẩn được phát hiện mà ở không gian cũ nó bị che khuất hoặc khó phân tích.

Ví dụ sau đây minh họa sự thay đổi hệ quy chiếu làm thay đổi hình ảnh trong không gian: Ở hình 3 ta thấy nếu hình ảnh theo chiều thẳng phía trước thì bóng đen không thể nhận biết được là gì, nhưng nếu xoay chiều nhìn ngang thì dễ dàng đoán nhận đó là hình ảnh của con lạc đà. Như vậy chúng tỏ hình chiếu từ phía ngang cho ta nhiều thông tin hơn hình chiếu thẳng.

Ta có thể xem xét ví dụ cụ thể sau để hiểu hơn cơ chế hoạt động của phương pháp PCA:



Hình 4: Ví dụ minh họa biểu diễn dữ liệu theo PCA

Thuật toán của phương pháp PCA như sau: Cho ma trận $X = \{x_{ij}\} \in R^{n \times p}$ (đối với nhận diện hình ảnh thì x_{ij} là các điểm ảnh)

1.2.2.1. Tiền xử lý

Miền giá trị của đặc trưng thuộc tập dữ liệu ban đầu và trong không gian mới có thể khác nhau. Ví dụ từ $[0, 100] \rightarrow [-30, 150]$. Như vậy cần phải có bước tiền xử lý để chuẩn hoá dữ liệu trên ma trận X. Thông thường có 2 cách tiền xử lý:

- Centered PCA: Chuyển tất cả đặc trưng của X (cột của X) về cùng 1 gốc toạ độ:

$$X^{\wedge} = \{x^{\wedge}_{ij}\}$$

$$x^{\wedge}_{ij} = \frac{x_{ij} - g_j}{\sqrt{n}} \quad (1a) \quad , \quad g_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n}$$

Trong đó n là số dòng của X, g_j là mean của cột thứ j của X, được tính như trên.

- Normed PCA: Chuyển tất cả đặc trưng của X (cột của X) về cùng một gốc toạ độ, đồng thời chuẩn hoá vì cùng một quãng độ lệch chuẩn (standard – deviation)

$$X^{\wedge} = \{x^{\wedge}_{ij}\}$$

$$x^{\wedge}_{ij} = \frac{x_{ij} - g_j}{\sqrt{n\delta_j}} \quad (1b)$$

Trong đó δ_j là độ lệch chuẩn của cột thứ j trong X

Phương pháp Normed thường được dùng. Sau bước tiền xử lý, ma trận X^{\wedge} là đầu vào cho bước tiếp theo

1.2.2.2. Xây dựng không gian mới

Tính ma trận hiệp phương sai của các đặc trưng trong X^{\wedge}

$$V = X^{\wedge T} X^{\wedge}$$

V là tích của X^{\wedge} và chuyển vị của X^{\wedge} , do vậy $V \in R^{p \times p}$ và có p trị riêng $\lambda_i \geq 0$

Tiếp theo, PCA tìm trị riêng và vector tương ứng cho V , sắp xếp giảm dần theo trị riêng. Giả sử trị riêng của V là $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \dots > \lambda_{p-1} > \lambda_p$

Và p vector riêng tương ứng là: u_1, u_2, \dots, u_p .

Khi đó các trục của không gian mới chính là các vector u_i ở trên và các vector trục giao đôi một với nhau. (độc lập tuyến tính)

1.2.2.3. Chuyển dữ liệu từ không gian ban đầu vào không gian mới

Thông thường không gian mới không được xây dựng từ tất cả vector riêng mà chỉ chọn k vector đầu tiên ($k < p$). Cách chọn k thỏa mãn:

$$\frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \geq 90\%$$

Như vậy ta gọi: $U = [u_1 | u_2 | \dots | u_k] \in R^{p \times k}$

Khi đó tọa độ các điểm trong hệ tọa độ mới là: $F = X^{\wedge} U$

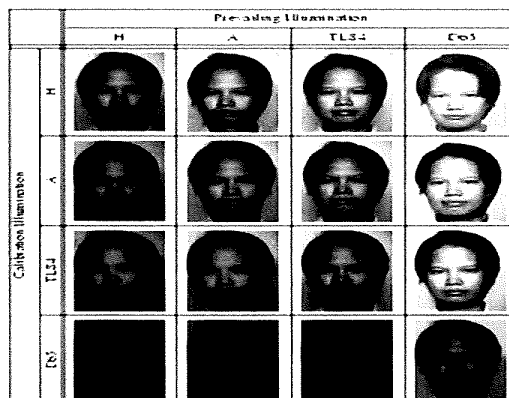
Lần lượt biểu diễn các điểm lên hệ tọa độ ta có không gian mới được xây dựng bằng phương pháp PCA

I. Mô hình hóa màu da

2.1. Đặc trưng màu da và không gian màu

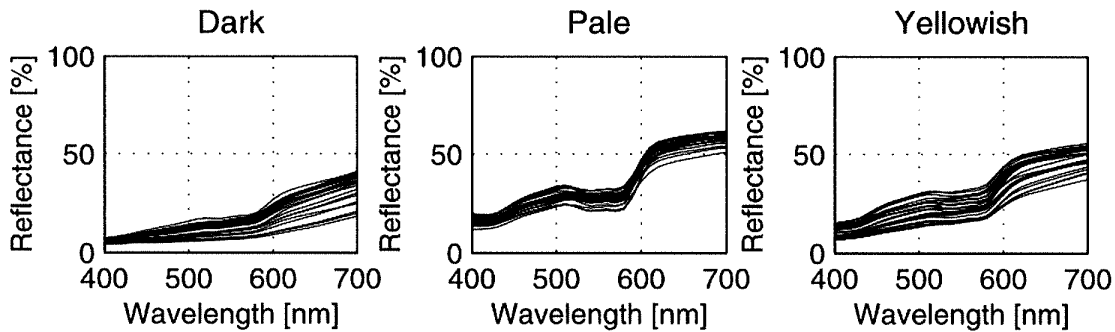
Màu sắc là một đặc trưng cấp thấp nhưng lại có khả năng phân biệt tốt và dễ tính toán, ít bị ảnh hưởng bởi những tính chất hình học. Trong cùng một điều kiện ánh sáng đồng nhất thì màu da không thay đổi dù ta xoay chiều khuôn mặt, phóng to hay thu nhỏ hình ảnh. Cơ sở để nhận diện khuôn mặt là màu da có những đặc trưng khác biệt với những màu sắc khác.

Khi sử dụng các hệ thống nhận diện hình ảnh, vấn đề thường gặp là máy tính khó nhận biết sự thay đổi màu sắc khi điều kiện ánh sáng thay đổi. Ví dụ sau đây minh họa cho sự thay đổi màu sắc khi độ chiếu sáng và cân bằng trắng thay đổi:



Hình 5: Ảnh hưởng của sự thay đổi ánh sáng

Nền tảng để xây dựng không gian màu là RGB (red – green – blue) hoặc dựa trên những không gian màu cơ bản khác. Các không gian màu dẫn xuất này thường chia thông tin màu sắc thành hai thành phần: sắc độ và cường độ. Việc biến đổi không gian màu sắc có thể dùng công thức thay thế $R \rightarrow cR$, $G \rightarrow cG$, $B \rightarrow cB$ trong đó c là sự biến đổi đồng nhất về mức cường độ màu, nếu hệ số c không thể huỷ bỏ để mô tả sắc độ thì việc phân tách sẽ không hoàn thành. Nhiều nghiên cứu nhận định rằng việc thay đổi tông màu da là do sự thay đổi cường độ, vì vậy biện pháp nhận diện da là loại bỏ thành phần cường độ. Sự phản xạ quang phổ của các tông màu da khác nhau đều cho kết quả gần giống nhau.



Hình 6: Quang phổ của các nhóm màu da

Ở hình trên ta thấy xét quang phổ của 3 nhóm màu da: màu tối, màu nhạt nhạt, và màu vàng: các hệ số xạ của da đều mượt và tương tự nhau. Sở dĩ có sự tương tự này do các màu da của các dân tộc trên thế đều được hình thành từ 3 yếu tố màu da: melanin, carotene và hemoglobin.

Như vậy, không gian chuẩn hoá RGB phù hợp cho nhiều ứng dụng với tông màu da, nhưng khó có thể mô hình tốt nhất bởi sự ảnh hưởng lên dữ liệu đầu vào còn tùy thuộc nhiều yếu tố khác như: thuộc tính da, ánh sáng, kỹ thuật...

2.2. Mô hình hóa màu da

Mô hình màu da được xây dựng trên hai tập ảnh: ảnh riêng lẻ và ảnh tuần tự. Giờ chúng ta sẽ xem xét lần lượt các loại mô hình đối với tập ảnh

2.2.1. Các ảnh riêng lẻ

Lý thuyết nền tảng phân loại thành phần điểm ảnh là sử dụng thống kê, xác suất của tông màu thường tính từ tập huấn luyện. Để phân lớp pixel ta dùng một giá trị ngưỡng lấy ra từ tập huấn luyện. Ngưỡng này khó xác định trước và thường được thay đổi, điều chỉnh cho phù hợp với ảnh hoặc tập ảnh đang xét. Ngoài ra còn có thể tiếp cận bằng phương pháp giới hạn không gian màu.

Phân lớp dựa vào thống kê: Phương pháp thống kê dùng Gaussian và Histogram là hai phương pháp dễ thực hiện, phổ biến và dễ hiểu.

Theo Histogram, xác suất màu của đối tượng được tính bằng công thức sau:

$$P(C) = \frac{\text{count}[C]}{T\text{count}} \quad (1)$$

Trong đó: C là màu thuộc về đối tượng

$\text{Count}[C]$: số lượng pixel có màu C

$T\text{count}$: tổng số pixel thuộc về đối tượng

Với phương pháp Gaussian hỗn hợp, xác suất được tính

$$P(C; \mu, \Sigma) = \sum_{k=1}^n a_k \frac{1}{\sqrt{(2 * \pi)^d |\Sigma_k|}} \exp^{-0.5(C - \mu_k)^T \Sigma_k^{-1} (C - \mu_k)} \quad (2)$$

Trong đó: n là số đặc trưng Gaussian

a trọng số của Gaussian, μ là vector trung bình

Σ là ma trận phương sai, d kích thước của dữ liệu

2.2.2. Dãy ảnh tuần tự

Cách tiếp cận là phân lớp đối tượng dựa vào những sự biến đổi chậm theo thời gian hoặc bất biến (ví dụ: nhà cửa, phong cảnh đứng yên, người chuyển động, các bộ phận trên cơ thể người cử động). Có thể dùng thuộc tính màu sắc hoặc mô hình bất biến và mô hình thích ứng.

Mô hình bất biến được xử lý như các hình ảnh đơn lẻ được trình bày ở trên. Mô hình thích ứng dựa trên giả định các thành phần chuỗi ảnh tuần tự gần giống nhau. Đối với phương pháp sử dụng thuộc tính màu sắc, việc cập nhật mô hình màu có thể được thực hiện bằng việc hiệu chỉnh sự giới hạn trong vùng không gian và thời gian.

II. Demo chương trình

Thuật toán áp dụng

Chương trình gồm 2 bước: Thu thập dữ liệu và phát hiện khuôn mặt.

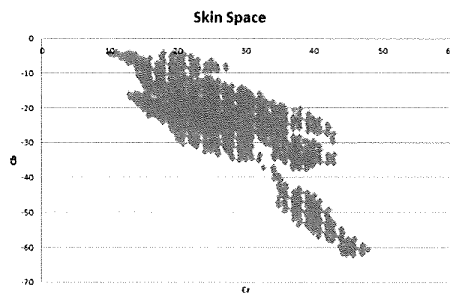
Bước 1: Thu thập dữ liệu

- Thu thập các ảnh màu da.
- Chuyển từ không gian màu RGB sang không gian màu YCrCb, giữ lại thông tin Cr và Cb.

$$Cr = 0.5R - 0.419G - 0.081B$$

$$Cb = -0.169R - 0.322G + 0.5B$$
- Mỗi pixel được biểu diễn bởi một đồ thị 2 chiều, cạnh là Cr, Cb

Sau khi thu thập dữ liệu, ta xây dựng không gian màu da, như biểu đồ dưới đây các pixel màu vàng được tính toán là màu da mặt.



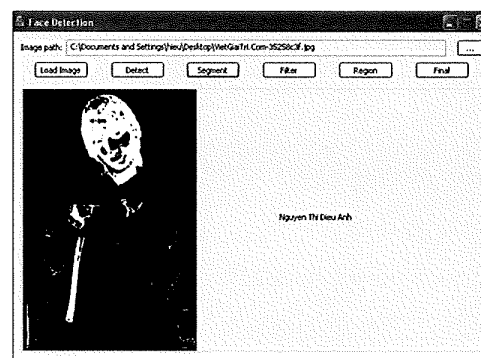
Hình 11: Các pixel thu thập được sau khi chuyển đổi không gian màu

Bước 2: Nhận diện khuôn mặt

- Chuyển ảnh đầu vào từ RGB → YCrCb.
- Một pixel được xem là màu da nếu nó thuộc về vùng không gian mẫu.
- Các pixel là màu da chuyển sang màu trắng, các pixel khác chuyển thành màu đen.
- Khử nhiễu: với mỗi pixel, đếm số điểm trắng xung quanh.
- Lớn hơn ngưỡng α thì chuyển thành pixel trắng (α : ngưỡng trên).
- Nhỏ hơn β thì chuyển thành màu đen (β : ngưỡng dưới).
- Những điểm ảnh còn lại giữ nguyên.
- Với mỗi vùng pixel trắng liên thông với nhau, nếu có pixel đen nằm trong vùng thì đó là da mặt người (đặc trưng khuôn mặt có mắt, mũi, miệng,... là những vùng không phải màu da → pixel đen).



1. Load Image



2. Phân vùng ảnh, lọc pixel



3. Khử nhiễu



4. Kết quả chương trình

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Stan Z. Li, Anil K. Jain, *Handbook of Face Recognition*, T10 - 2004.
2. <http://phvuresearch.wordpress.com/2011/10/05/pca-principal-component-analysis/>
3. Phạm Thế Bảo, Nguyễn Thành Nhật, Cao Minh Thịnh, Trần Anh Tuấn, Phan Phú Doãn (2007), *Tổng quan các phương pháp xác định khuôn mặt người*.
4. Face recognition algorithms - Ion Marqués, T6 – 2010
5. Prem Kuchi, Prasad Gabbur, P. Subbanna Bhat, Sumam David, *Human Face Detection and Tracking using Skin Color Modeling and Connected Component Operators*, 2002.