

가변적인 한계 영역에 의한 지문 영상의 분할

이남일, 김현철, 권순용
 안동대학교 컴퓨터 공학과

Segmentation of Fingerprint with Adaptive Limit Range

Namil Lee, Hyunchul Kim, Soonyong Kwon
 Dept. of Computer Engineering, Andong National University

요 약

지문 검증은 생체 측정학의 다양한 인증 시스템 중에서 기술의 적용 범위 및 사용의 편의성 등에서 가장 우수한 개인 인증 방법이다. 이러한 지문 인식 과정 중에서 Segmentation은 가장 기초적이지만 이후의 처리과정에 지대한 영향을 미칠 수 있는 과정이다. 특히 잡음이 많은 영상, 회전된 영상, 깨끗하지 못한 영상 등은 Segmentation 방법에 따라 원래의 영상이 훼손될 소지가 많다. 그래서 전자와 같은 지문의 경우, 한계 영역을 가변적으로 설정하여 선경 영상을 선택하는 것이 좋은 방법이다. 이 방법의 특징은 블록의 크기를 잘게 나누어 선경 후보자 영상 여러 개를 만들어서, 그 중에서 선경 영상 하나를 선택할 때, 가변적인 한계 영역을 설정하여, 가장 양호한 선경 영상을 선택할 수 있게 하는 것과, 필터링 적용을 통한 노이즈 제거 방법을 적용하는 것이다. 이 방법을 적용함으로써, 양호한 선경 영상을 선택할 수 있었고, 노이즈까지도 깨끗이 제거하여, 정확히 지문 부분만을 분할(Segmentation) 할 수 있었다.

I. 개요

정보화, 자동화가 점차 확산되면서 자동 인식 시스템은 여러 분야에서 이용하고 있다. 특히 개인마다 다른 특징을 가지고 있는 신체의 한 부분을 이용한 인증 시스템이 많이 개발 되었다. 이러한 인증 시스템에서 이용하는 부위는 눈의 망막(Retina)과 홍채(Iris), 얼굴(Face), 혈관(Vein), 서명(Signature),

타이핑(Typing), 음성(Voice), 지문(Finger Print) 등이다. 표1은 각 생체 계측 시스템간의 장단점을 잘 보여준다.[2]

망막 인식은 안구의 배면에 위치한 모세혈관의 구성이 인간의 지문과 같이 만인부동, 종생불변의 특성을 지니고 있다는 점을 이용한다. 그러나 안경을 벗고 검색기에 접안해야 하는 사용상의 불편이 있

(표 1.) 생체 계측 시스템간의 비교

| biometrics | Universality | Uniqueness | Permanence | Collectability | Performance | Acceptability | Circumvention |
|--------------|--------------|------------|------------|----------------|-------------|---------------|---------------|
| Face | high | low | medium | high | low | high | low |
| FingerPrint | medium | high | high | medium | high | medium | high |
| HandGeometry | medium | medium | medium | high | medium | medium | medium |
| Hand Vein | medium | medium | medium | medium | medium | medium | high |
| Iris | high | high | high | medium | high | low | high |
| Retinal Scan | high | high | medium | low | high | low | high |
| Signature | low | low | low | high | low | high | low |
| Voice Print | medium | low | low | medium | low | high | low |

다. 얼굴(Face) 인식은 눈, 턱, 코 사이의 거리 및 윤곽을 인식하는데 표정, 가발, 수염, 주위 조명 등의 영향을 받게 되어 인식에 어려움이 있다. 혈관 인식 기법은 손바닥이나 손목의 혈관을 대상으로 그 형태를 인식한다. 음성 인식은 원격지 인식도 가능한 장점이 있으나, 소음에 약점이 있다. 만인부동, 중생불변의 특성을 가지고 있는 지문은 가장 오래된 생체측정학 방법으로서, 범죄 수사에 특히 일반화되어 있으며, 사용상에 별 어려움이 없고, 비용도 저렴할 뿐만 아니라, 효과면에서 가장 효율적인 도구로서 광범위하게 이용하고 있다.[1]

지문 인식은 그림 1과 같은 복잡한 과정을 거친다. 제일 먼저 Segmentation을 실시한다. 수집된 지문 영역 중에서 꼭 필요한 부분만을 남기고, 필요하지 않는 부분은 잘라낸다.

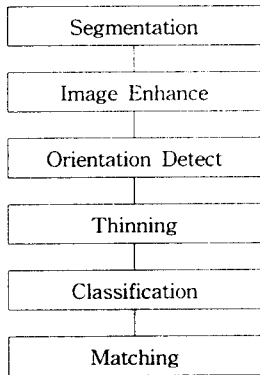


그림 1. 지문 인식 과정

다음에는 Image Enhance 과정으로서, 양호하게 나타나지 않은 영상 부분을 보강해 준다. 다음 과정은 Orientation Detect로서 ridge와 valley의 방향을 검출하는 과정이다. 그 다음은 굵은 선으로 표시된 지문의 ridge와 valley를 한 가닥의 세선(細線)으로 나타낸다. 이 과정을 Thinning이라고 한다. Classification은 지문의 특이점을 검출하고, 지문 부류를 판별하는 과정이다. 마지막 과정으로 Matching은 지문을 인식하여 일치하는 지문을 찾는다.

정확한 Segmentation은 이후의 작업과정에서 컴퓨터가 해야할 많은 일을 경감시키고, 의미있는 영역을 손상시키는 것을 방지할 수 있다.

II. Segmentation

Segmentation이란 지문 입력 영상에서, 전경 영역

과 배경 영역으로 분리하는 것을 말하는데, 노이즈나 여백을 제외한 순수한 지문 영상만을 추출해 내는 작업을 말한다. 지문 인식 작업은 아주 많은 처리단계를 거치게 되므로, Segmentation을 하지 않고 작업을 한다면 많은 시간과 노력이 허비된다. 따라서 의미있는 전경 영역만 분할해서 작업을 한다면 처리 시간과 노력면에서 훨씬 더 경제적이다.

Segmentation의 방법은 가장 간단한 문턱값을 이용한 방법과 명도변위를 이용한 방법이 있다.[3] 또 Mehre 등[4]은 영상의 방향을 이용한 방향 변위 방법을 제시하여 명도 변위 방법의 단점을 보완했다.

본 논문에서는 NIST에서 주로 사용하고 있는 Segmentation 방법의 문제점을 찾아, 그 해결책을 찾고자 한다. NIST에서는 다음과 같은 과정과 방법으로 Segmentation을 실시한다.

원시 지문은 압착 지문이 아닌 회전하여 찍은, 512x480 픽셀의 8bit gray scale로서, 500dpi 해상도로 스캔한 영상이다.[5]

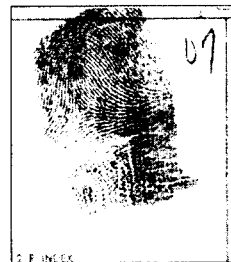


그림 2. 입력 영상

1. 이진 전경 영상(foreground_image) 만들기

먼저 그림 2와 같은 원래 영상을 8x8 블록을 한 픽셀로 나타내는 64x60 픽셀로 구성된 이진 영상(foreground_image)를 만든다.[5]

이 이진 영상의 true 픽셀은 지문을 포함함은 물론 프린트하거나 손으로 써서 생긴 글씨도 포함한다. 이 전경 영상을 만들기 위해서는 먼저 각 블록의 최소값과 전체 영상의 최소, 최대값을 구한다. 다음에는 식(1)에 의해 factor를 정한다.

$$threshold = Gbal_min * factor \times (Gbal_max - Gbal_min) \quad (1)$$

이 factor 값은 0과 1사이의 수로서, 각 factor 값마다 전경 후보자 영상을 여러 개 만든다. NIST에서는 factor의 범위와 단계를 정하지 않았으나, 0과 1사이를 0.01 단계로 나누어 실험한 결과 factor 값

이 0.20 이하일 때는 별 의미가 없는 후보자들이 생성되었다. 전경 영상의 픽셀 값은 식(2)와 같이 정한다.

$$pixcell_val = block_min \leq threshold \quad (2)$$

즉 블록 최소값이 *threshold* 보다 같거나 작으면, 그 전경 영상의 픽셀은 true로 세팅한다. (*threshold* 값이 너무 낮으면 지문 영상에 흰 구멍이 많아지고, 너무 높으면 흰 배경에 검은 점이 많아진다.[5]) 그림 3은 여러 factor 단계에서 생성된 전경 영상 후보자들이다.

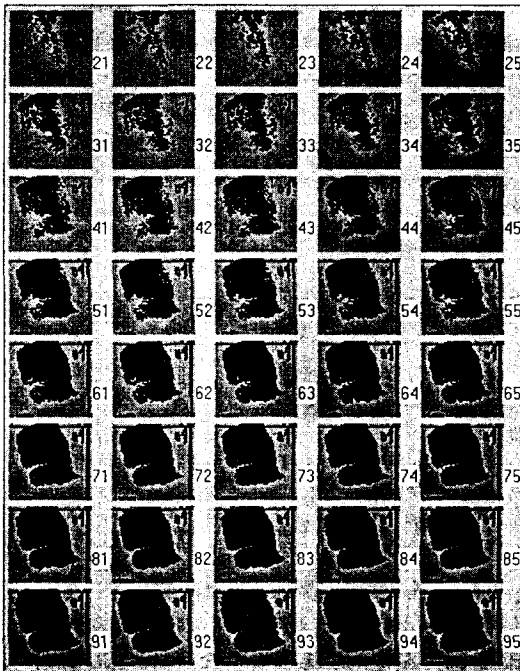


그림 3. 전경 영상 후보자들

2. 전경 영상 선택

여러 개의 전경 영상 후보자들 중에서 가장 적합한 전경 영상을 선택하기 위해서, true 픽셀에서 false 픽셀로 변화가 일어난 횟수를 기록해두는데, 가로 방향과 세로 방향 모두, 변화가 일어난 횟수를 보관해 둔다.[5]

다음 과정은, 생성된 여러 개의 전경 영상 후보자들 가운데, true 픽셀의 개수가 일정한 범위 안에 있고, 변화가 가장 적게 일어난 후보자를 선택한다.[5] 여기에서 일정한 범위가 정의되어 있지 않다. 양질의 전경 영상의 선택 여부가 이 범위의 값에 달렸

다. 식(3)과 같이 지문 영상이 적어도 전체 영상의 30% 이상, 70% 이하를 차지한다는 가정 하에 선택된 후보자를 그림 4에 보여준다.

$$64 * 60 * 0.3 \leq limit_range \leq 64 * 60 * 0.70 \quad (3)$$

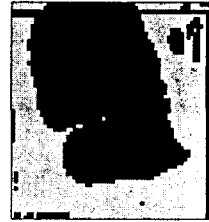
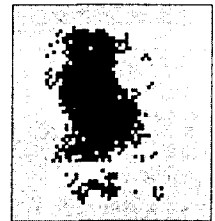


그림 4. 선택된 전경 영상

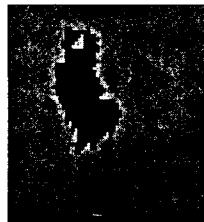
위와 같이 고정된 한계 영역 값을 사용할 경우의 문제점은 대체로 양호한 전경 영상을 선택할 수 있었으나, 명도가 고르지 못한 영상의 경우에는 그림 5와 같이 질이 좋지 못한 전경 영상을 선택하게 된다.



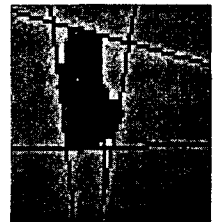
(a) 입력 영상



(b) 선택된 전경 영상



(c)노이즈를 제거한 영상



(d) 분할된 모양

그림 5. 명도가 고르지 못한 지문

이 문제에 대한 해결방법으로서 한계 영역을 전체 true 픽셀의 개수로 정하지 않고 한 줄(row)의 true 픽셀의 개수로 정하는데 가변적으로 식(4)와 같이 정한다.

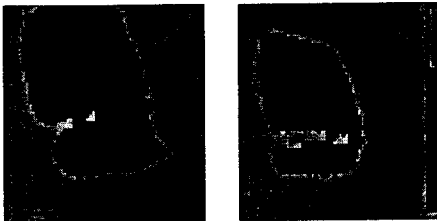
$$\begin{aligned} max_pixcell_num(for_img(31)) \\ \leq limit_range \leq \\ max_pixcell_num(for_img(81)) \quad (4) \end{aligned}$$

이 한계 영역을 만족하는 줄에서는 변이(true에서 False로 변화)의 수를 헤아리고, 그렇지 않으면 변이가 많이 일어난 것으로 간주하여 64를 더 해 준다.

3. 노이즈 제거

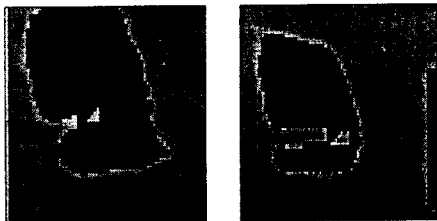
여러 개의 전경 영상 후보자 중에서 가장 알맞은 전경 영상을 선택하고 난 뒤, 노이즈들을 제거하는 침식과정을 거친다.

지문 영상을 제외한 프린트하거나 손으로 쓴 노이즈들을 지우는 것이 목적이다. 원리는 false 픽셀과 연결된 true 픽셀은 false 픽셀로 만들면 노이즈는 제거된다는 것이다. 이 침식 과정을 3회 되풀이하면 노이즈는 제거된다.[5]



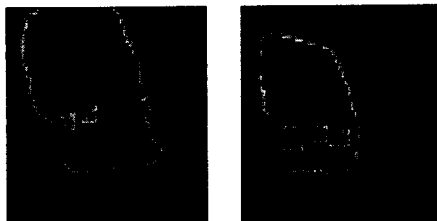
(a) 2회 침식

(b) 2회 침식



(c) 3회 침식

(d) 3회 침식



(e) 4회 침식

(f) 4회 침식

그림 6. 침식과정을 실시한 영상

그림 6의 (a),(b)와 같이, 침식 과정을 2회 실시한 영상은 노이즈가 많고, 그림 6의 (e),(f)와 같이 4회 실시한 영상은 노이즈는 제거되었으나, 지문이 많이 침식되었다. 입력 영상의 특성에 따라 침식 회수를 정할 수 없으므로 침식을 3회 했을 때, 그림 6의 (c),(d)에서 보듯이 이 과정에서 문제점이 발견되었

다. 지문속의 hole은 더욱 커지고 지문 오른쪽 위의 큰 노이즈는 완전히 제거되지 않았다. 이 작은 노이즈는 다음 과정에서 더욱 큰 결점으로 작용되기 때문에 반드시 제거해야 한다. 해결 방법으로 두 가지 과정을 추가하였다. 독립되어 있는 노이즈를 제거하는 방법은 6x6 필터를 사용하는 것이고, 긴 선을 제거하는 방법은 각 줄과 열 방향으로 true 픽셀의 개수를 헤아려 지문 영역과 떨어진 true 픽셀을 제거하는 것이다.

4. hole 메우기

다음에는 노이즈를 제거하는 과정에서 생긴 지문 영상의 한 가운데에 생긴 false 픽셀(hole)을 메워주는 과정이 필요하다. 먼저 수평으로 매 줄마다 제일 왼쪽의 true 픽셀과 제일 오른쪽의 true 픽셀 사이의 모든 false 픽셀을 true 픽셀로 변환해 준다. 마찬가지로 방법으로 수직 방향으로도 변환한다.[5]

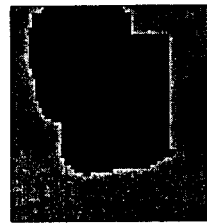
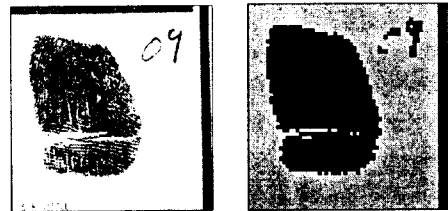
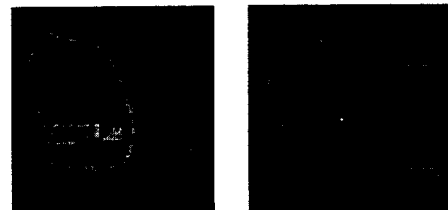


그림 7. 그림 6(c)를 hole 메우기 한 결과



(a) original image

(b) 전경 영상



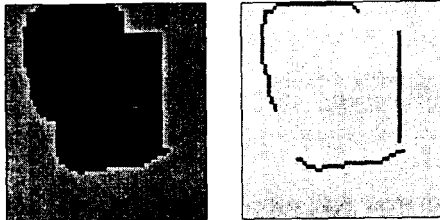
(c) 노이즈 제거 영상 (d) hole 메우기 결과

그림 8. hole 메우기를 실시한 영상

그림 7은 오른쪽 위의 제거되지 않은 노이즈 하나 때문에, 그림 8은 긴 선과 같은 노이즈로 인해 전경 영상이 완전히 왜곡됨을 보여 준다.

5. 경계선 추출

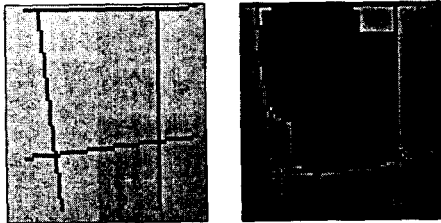
다음 과정은 전경 영상의 경계선을 추출해내는 과정이다. 전경 영상에서 왼쪽, 위쪽, 오른쪽의 경계를 찾는다. 왼쪽 경계선을 찾는 방법은 전경 영상의 가운데 줄에서부터, 위로 올라가면서, 매 줄(row)마다 가장 왼쪽의 true 픽셀을 찾아 나가다가, true 픽셀의 위치가 1보다 크게 변하면 찾기를 중지한다. 같은 방법으로 아래 방향으로도 찾아 나간다. 위쪽 경계선과 오른쪽 경계선도 같은 방법으로 찾는다.[5] 그림 9(b)는 그림 9(a)에서 경계선을 추출한 영상이다.



(a) (b)
그림 9. 경계선 추출

6. 경계선의 직선 방정식 구하기

경계선의 방정식은 회귀 방정식으로 구하는데, 왼쪽과 오른쪽의 경계선의 직선 방정식은 $x=my+b$ 로, 위쪽 경계선은 $y=mx+b$ 로 표현된다.[5] 그림 10(b)는 경계선을 직선화하여 전경 영상에 적용한 것이다.



(a) (b)
그림 10. 경계선의 직선화

7. 기울기 결정

왼쪽 직선의 기울기는 왼쪽과 오른쪽 기울기의 평균을 구하여 사용하고, 위쪽의 기울기는 앞에서 구한 왼쪽 직선과 수직으로 만나는 기울기로 정한다.[5]

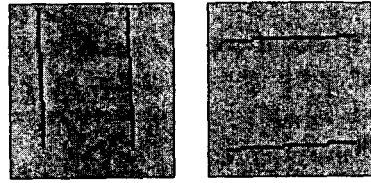


그림 11. 결정된 기울기

8. 사각형으로 분할

다음은 기울어진 영상을 회전시켜 바로 세운 사각형 모양이 되게 영상을 원하는 크기로 크기로 분할한다. 영상 회전은 식(5)와 같다.

$$\begin{aligned} x_1 &= x \cdot \cos \theta - y \cdot \sin \theta \\ y_1 &= x \cdot \sin \theta + y \cdot \cos \theta \end{aligned} \quad (5)$$



그림 12. 그림 7을 분할한 영상

III. 실험 및 고찰

이상에서 살펴 보았듯이 NIST의 Segmentation 방법에서 발견된 전경 영상 후보자 선정 문제와 노이즈 제거의 문제는 다음과 같이 해결하였다.

1. 전경 영상 선정

전체 영상의 true 픽셀의 개수에 한계 영역을 두지 않고, 라인당 true 픽셀의 개수에 한계 영역을 설정하였다. 위의 식(4)는 후보자 31번의 한 라인당 최대 true 픽셀수를 low_limit로 정하고, 후보자 81번의 한 라인당 최대 true 픽셀수를 high_limit로 정한다. 후보자의 각 라인의 true 픽셀의 수가 범위 안에 들어가면 그 줄의 변이의 수를 합산하고, 그렇지 않으면 불량한 영상으로 간주하여, 변이의 수가 최대로 일어난 것이라고 보고 64를 합산한다. 변이의 수가 가장 적은 후보자를 최적의 전경 영상으로 선정한다. 그림 13은 명도가 고르지 못한 그림 5(a)를 개선한 프로그램에서 실험한 결과이다. 개선한 방법은 후보자 선택에서 대단히 성공적이었다.

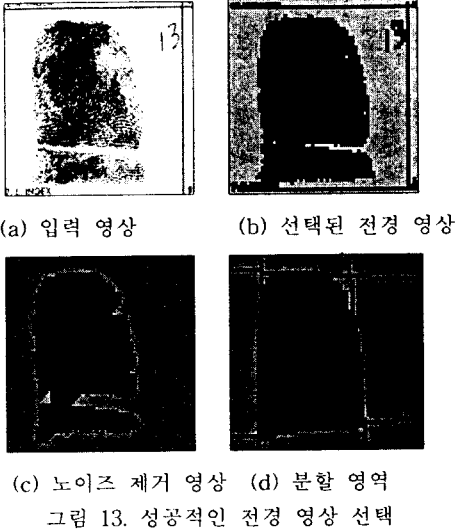


그림 13. 성공적인 전경 영상 선택

2. 노이즈 제거

침식 과정을 수행하고 난 뒤에, 6x6 필터를 사용하여, 그림 14와 같이 음영으로 나타난 필터 속에 들어가는 노이즈(그림 15(a))를 제거한 결과, 그림 15(b)와 같이 깨끗이 되었다. 긴 선으로 남아 있는 노이즈(그림 15(c))는 라인 당 true 픽셀 합을 계산하여, 지문과 떨어져 있는 부분은 제거하였다. 그림 15(d)는 긴 선이 제거된 영상이다.

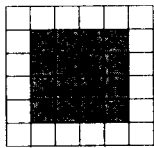


그림 14. 6x6 필터

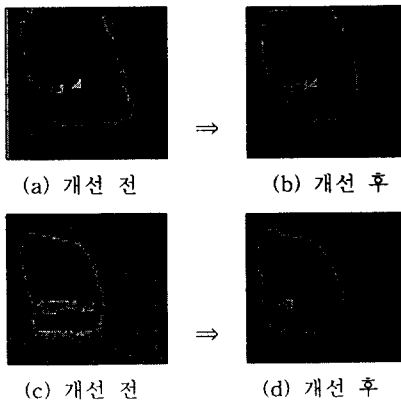


그림 15. 노이즈 제거 비교

이상의 두 가지 개선된 방법을 사용하여 100개의 NIST지문을 대상으로 실험한 결과는 표2와 같다.

(표 2.) 개선 전과 개선 후의 실험 결과 비교

| 구분 | 개선 전 | | | 개선 후 | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|------|----|
| | 양호 | 보통 | 불량 | 양호 | 보통 | 불량 |
| 전경 영상 | 64 | 27 | 9 | 97 | 3 | . |
| 선택 | 64.0% | 27.0% | 9.0% | 97.0% | 3% | . |
| 노이즈 제거 | 33 | 47 | 20 | 97 | 3 | . |
| | 33.0% | 47.0% | 20.0% | 97.0% | 3.0% | . |
| 분할 영상 | 51 | 21 | 28 | 98 | 2 | . |
| | 51.0% | 21.0% | 28.0% | 98.0% | 2.0% | . |

IV. 결론

이진 전경 영상을 만드는 과정에서 전경 영상의 후보자들을 많이 만들어서 최적의 전경 영상 하나를 선택하는 방법이 효과적이었다. 선택 과정에서 한계 영역을 가변적으로 설정하여, 변이의 수가 적게 일어난 전경 영상을 선택함으로써, 명도 차이가 큰 지문 영상에서도 양호한 전경 영상을 얻을 수 있었다. 노이즈 제거 과정에서도 침식 과정 외에 필터링, true 합에 의한 비교를 추가함으로써, 정확히 지문 부분만을 분할(Segmentation) 할 수 있었다.

참고문헌

[1] 김현, RSTI 불변지문 특징량 추출 및 인식과 응용, pp.2-8, 1998.
 [2] Jain, Hong, Pankanti, and Bolle, An Identity-Authentication System Using Fingerprints, PROCEEDING OF THE IEEE. VOL.85, NO. 9, 1997.
 [3] 이남일, 확장된 ART 신경회로망을 이용한 자동 지문인식 시스템, pp.47-50, 1993.
 [4] B.M.Mehetre, B. Chatterjee, "Segmentation of fingerprint images a composite method", Pattern Recognition, vol.22, no.4, pp.381-385, 1989.
 [5] G.T.Candela, P.J.Grother, C.I.Waston, R.A.Wilkinson, and C.L.Wilson, PCASYS -A pattern-Level Classification Automation System for Fingerprints, NISTIR 5647, pp.4-8, 1995.