รายงานการวิจัย

เรื่อง

การวิเคราะห์เปรียบเทียบการระบุตัวตน โดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกาย

A COMPARATIVE ANALYSIS OF PHYSIOLOGICAL BIOMETRICS AUTHENTICATION

อัจจิมา มณฑาพันธุ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีการศึกษา 2557

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จและสมบูรณ์เป็นรูปเล่ม ด้วยความกรุณาและเอาใจใส่เป็นอย่างดี จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล บุญคุ้มพรภัทร ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะแนวทางในการดำเนินการทำรายงานในครั้งนี้โดยไม่มีข้อบกพร่อง รวมทั้งข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดทั้งการตรวจแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคุณครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และประสบการณ์ตลอดจนอำนวยความสำเร็จให้บังเกิดขึ้น

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและให้คำแนะนำในการทำรายงานการวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดีตลอดมา

อัจจิมา มณฑาพันธุ์

ผู้วิจัย

กุมภาพันธ์ 2560

คำนำ

รายงานการวิจัยฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจจะศึกษาเกี่ยวกับการระบุตัวตนโดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกาย โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบ สรุปการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกายประเภทไหน ที่มีประสิทธิภาพในการแยกแยะ มีความแพร่หลายในการใช้งาน มีความคงทนถาวรมากที่สุด ความยากในการปลอมแปลง ความง่ายต่อการเก็บข้อมูล การได้รับการยอมรับ ค่าใช้จ่าย และระดับความปลอดภัย รวมถึงการสรุปข้อดีข้อเสียของลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกายแต่ละประเภท ซึ่งจะช่วยให้ผู้ที่สนใจสามารถเลือกเทคนิคการระบุตัวตนที่เหมาะสมมาใช้งานต่อไป

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานการวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจเกี่ยวกับการระบุตัวตนโดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกายบ้างไม่มากก็น้อย และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ต่อไป หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้จัดทำขออภัยไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

อัจจิมา มณฑาพันธุ์

ผู้วิจัย

กุมภาพันธ์ 2560

หัวข้อวิจัย : การวิเคราะห์เปรียบเทียบการระบุตัวตนโดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกาย

ผู้วิจัย : นางอัจจิมา มณฑาพันธุ์

หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตบางเขน

ปีที่พิมพ์ : พ.ศ. 2560

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างระหว่างการระบุตัวตนโดยการใช้คุณลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกายในแต่ละประเภท ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียในหลากหลายมุมมอง เช่น วิเคราะห์เปรียบเทียบความแพร่หลายในการใช้งาน ความคงทนถาวร ความง่ายต่อการเก็บข้อมูล สมรรถนะการทำงาน การได้รับการยอมรับ ความยากในการปลอมแปลง และค่าใช้จ่ายต่ำ รวมทั้งวิเคราะห์การระบุตัวตนแบบใหม่ที่อยู่ในระหว่างการวิจัยและมีแนวโน้มจะนำมาใช้ในอนาคต โดยทำการศึกษารวบรวมข้อมูลจากเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์ สังเคราะห์ สรุปผลการวิเคราะห์ ข้อดี ข้อเสียคุณลักษณะสำคัญของการระบุตัวตนด้วยชีวมาตรแต่ละประเภท

คำสำคัญ : ชีวมาตร การยืนยันตัวตน การระบุตัวตน ลายนิ้วมือ ใบหน้า ม่านตา จอประสาทตา จมูก ใบหู ลายฝ่ามือ สารพันธุกรรม คลื่นสมอง

Research Title : A Comparative Analysis of Physiological Biometrics Authentication.

Name of Researcher : Mrs.Ajjima Montaphan

Name of Institution : Sripatum University, Bangkhen Campus

Year of Publication : B.E. 2560

ABSTRACT

This study aimed to verify an identity authentication by examining various parts of the body. Both strong and weak points of the authentication should be examined such as universality, permanence, the ease of collecting data, performance, acceptance, difficulty in information duplication as well as low cost verification. This paper also included new authentication method being researched which would be further useful. Relevant information from documents, articles and researches had been gathered then analyzed and synthesized. Both strong and weak points of major feature in applying biometric identifier were also provided.

Keywords : Biometric, Authentication, Identification, Fingerprint, Face Recognition, Iris, Retina, Nose, Ears, Palmprint, DNA, Brain Wave

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา……..…….……	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
	1.3 คำถามการวิจัย.....	2
	1.4 สมมุติฐานการวิจัย.....	2
	1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
	1.6 นิยามศัพท์	3
2	วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	4
	2.1 ความรู้พื้นฐาน……..….....	4
	2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	13
3	ระเบียบวิธีวิจัย.....	15
	3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	15
	3.2 การเก็บรายละเอียดข้อมูล……..…..……..……	15
	3.2.1 ลายนิ้วมือ (Fingerprint)…….....	15
	3.2.2 ใบหน้า (Face)……..……..……..…	20
	3.2.3 ม่านตา (Iris)……..…….....……....	24
	3.2.4 จอประสาทตา (Retina)	26

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

3.2.5 จมูก (Nose)..... 30

3.2.6 ใบหู (Ear-Based)..... 34

3.2.7 ลายฝ่ามือ (Palm Print)…….…… 38

3.2.8 สารพันธุกรรม (DNA)…….…… 40

3.2.9 คลื่นสมอง (Brain Wave)…….…… 46

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 52

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....…….…… 52

5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ..... 72

5.1 สรุปผลการวิจัย.....…….……..…… 72

5.2 อภิปราย..... 74

5.3 ข้อเสนอแนะ..... 75

บรรณานุกรม 77

ประวัติย่อผู้วิจัย 83

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะแต่ละประเภทของชีวมาตรทางกายภาพของร่างกาย……...…… 58

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 ส่วนประกอบของลายนิ้วมือ…….... 16

2 ลายนิ้วมือแบบพับหวาย ……..……..... 16

3 ลายนิ้วมือแบบก้นหอย ……..... 17

4 ลายนิ้วมือแบบโค้ง ……..... 17

5 ลายนิ้วมือแบบผสม..... 17

6 แสดงถึงจุดลักษณะเฉพาะ 37 จุด……..... 18

7 กระบวนการทำงานของการเก็บข้อมูลลายนิ้วมือ……..... 18

8 กระบวนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ……..……..... 19

9 รูปแบบของการประยุกต์ใช้การจดจำใบหน้า……..... 22

10 ขั้นตอนการพิสูจน์ใบหน้า..... 23

11 การให้รหัสม่านตา..... 25

12 การใช้ภาพแทนรหัสม่านตา..... 26

13 ภาพแสดงชั้นในสุดของจอตา..... 27

14 แสดงเส้นเลือดจอประสาทตา..... 27

15 เส้นเลือดจอประสาทตา..... 28

16 เส้นเลือดที่อยู่ลึกลงไปในจอดวงตา..... 28

17 เส้นเลือดที่อยู่ในจอดวงตา..... 29

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

18 จมูกประเภทต่างๆ..... 32

19 ภาพถ่ายก่อนการตัดเงา..... 32

20 อัตราส่วนในการคำนวณจากรูปสามเหลี่ยมของจมูก..... 33

21 อัตราส่วนที่ใช้ในการระบุตัวบุคคลคำนวณจากรูปสามเหลี่ยมของจมูก..... 34

22 แสดงโครงสร้างใบหู..... 35

23 ตัวอย่างการเก็บภาพในการตรวจคนเข้าเมือง..... 36

24 การตรวจจับใบหู..... 37

25 การแยกแยะคุณสมบัติเด่นของใบหูด้วยสัดส่วนทางคณิตศาสตร์..... 38

26 แสดงคุณลักษณะต่างๆของลายฝ่ามือ..... 39

27 ขั้นตอนการยืนยัน/ระบุตัวตนด้วยลายฝ่ามือ..... 40

28 แบบจำลองโครงสร้างของดีเอ็นเอ..... 41

29 กระบวนการ Restriction Fragment Length Polymorphism..... 43

30 กระบวนการ Polymerase chain reaction..... 44

31 สมอง และโครงสร้างเซลประสาท..... 46

32 การใช้ตัวรับคลื่นไฟฟ้าติดที่บริเวณหนังศีรษะ..... 51

33 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของลายนิ้วมือ..... 59

34 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของใบหน้า..... 60

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

35 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของม่านตา……..... 61

36 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของจอประสาทตา……..... 62

37 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของจมูก……..... 63

38 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของใบหู ……..... 64

39 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของลายฝ่ามือ..... 65

40 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของสารพันธุกรรม ……..... 66

41 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของคลื่นสมอง……..... 67

42 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของชีวมาตรแต่ละประเภท..... 68

43 แสดงการเปรียบเทียบความแพร่หลาย การยอมรับ และค่าใช้จ่ายในแต่ละประเภท
ชีวมาตร……..…….. 69

44 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแยกแยะ และความแพร่หลายในแต่ละประเภท
ชีวมาตร……..…….. 70

45 แสดงการเปรียบเทียบความแพร่หลาย ความคงทนถาวร และการยอมรับในแต่ละประเภท
ชีวมาตร……..…….. 71

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มนุษย์มีคุณลักษณะเฉพาะที่เป็นเอกลักษณ์ของตนเอง ซึ่งทำให้สามารถใช้แยกแยะบุคคลได้เป็นอย่างดี คุณลักษณะเฉพาะได้แก่ รูปแบบใบหน้า เสียง ลายนิ้วมือ ลายมือ ม่านตา และลายเซ็นเป็นต้น การแยกแยะบุคคลมีความสำคัญอย่างยิ่งกับระบบความมั่นคงทั้งสภาพแวดล้อม และระบบคอมพิวเตอร์ เนื่องจากหลายๆระบบต้องการการรับรู้ตัวตนส่วนบุคคลที่เชื่อถือได้เพื่อยืนยันหรือพิสูจน์ตัวตนของบุคคลที่ร้องขอบริการจากระบบการระบุตัวตนโดยการใช้ ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกาย ชีวมาตรมีหลากหลายรูปแบบตามที่กล่าวเป็นตัวอย่าง ในแต่ละวิธีก็มีทั้งข้อดีข้อเสีย รวมถึงค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บและการแยกแยะที่แตกต่างกันไป

ปัญหาที่ศึกษาในการทำวิจัย เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาว่าประเภทของการแยกแยะบุคคลที่เป็นที่นิยมในด้านต่างๆมีอะไรบ้าง เช่น ความถูกต้อง จำนวนผู้ใช้ การยอมรับ และราคาที่เหมาะสมเป็นต้น ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะสามารถนำไปประยุกต์กับระบบความมั่นคงของเครื่องจักรหรือเครื่องคอมพิวเตอร์ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยองค์ความรู้เพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างระหว่างการระบุตัวตน โดยการใช้คุณลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกายในแต่ละประเภท โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียในหลากหลายมุมมอง เช่นวิเคราะห์เปรียบเทียบความแพร่หลายในการใช้งาน ความคงทนถาวรมากที่สุด ความง่ายต่อการเก็บข้อมูล สมรรถนะการทำงาน การได้รับการยอมรับ ความยากในการปลอมแปลง และค่าใช้จ่ายต่ำ รวมทั้งวิเคราะห์การระบุตัวตนแบบใหม่ที่อยู่ในระหว่างการวิจัยและมีแนวโน้มจะนำมาใช้ในอนาคต

1.3 คำถามการวิจัย

คำถามการวิจัยได้กำหนดขึ้นตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ

1) จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบการระบุตัวตนโดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกายที่มีการใช้งานในปัจจุบัน เช่น ลายนิ้วมือ รูปแบบใบหน้า เสียง สารพันธุกรรม ม่านตา และจอประสาทตา ชีวมาตรประเภทไหนที่ให้ความถูกต้องสูงสุด ใช้กับกลุ่มข้อมูลได้มากที่สุด ใช้กันแพร่หลายที่สุด ความสะดวกในการใช้งานมากที่สุด ความคงทนถาวรมากที่สุด ความยากง่ายในการปลอมแปลง ค่าใช้จ่ายเหมาะสมที่สุด
2) จากการวิเคราะห์ชีวมาตรอะไรที่อยู่ระหว่างการวิจัยและมีแนวโน้มจะใช้ในอนาคต เพราะสาเหตุอะไร

1.4 สมมุติฐานการวิจัย

การวิจัยเป็นการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบเทคนิคการแยกแยะบุคคลโดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกายที่มีการใช้งานและมีการวิจัยในปัจจุบัน เช่น ลายนิ้วมือ รูปแบบใบหน้า เสียง สารพันธุกรรม ม่านตา และ จอประสาทตา เป็นต้น โดยคาดว่าผลที่ได้จะสามารถบ่งบอกถึงข้อได้เปรียบของลายนิ้วมือซึ่งใช้เป็นที่แพร่หลายที่สุดในปัจจุบันกับการระบุตัวตนชนิดอื่นๆ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยเป็นการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบการแยกแยะบุคคล โดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกายที่มีการใช้งานและมีการวิจัยในปัจจุบัน เช่น ลายนิ้วมือ รูปแบบใบหน้า สารพันธุกรรม ม่านตา และจอประสาทตา เป็นต้น โดยจะมีการเปรียบเทียบในเชิงความแพร่หลายในการใช้งาน ความต่างในการแยกแยะที่ชัดเจน ความคงทนถาวร ความยากง่ายในการเก็บการนำมาใช้งาน การยอมรับ ข้อดีและข้อเสีย รวมถึงราคาของวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้เก็บและการนำมาแยกแยะรวมถึงการวิเคราะห์ชีวมาตรที่อยู่ระหว่างการวิจัยและมีแนวโน้มจะใช้ในอนาคตโดยกำหนดระยะเวลาในการวิจัย 1 ปี

1.6 นิยามศัพท์

- การระบุตัวตน (Authentication) หมายถึงขั้นตอนที่ผู้ใช้แสดงหลักฐานว่าตนเองคือใคร
- ดีเอ็นเอ (DNA) คือ ชื่อย่อของสารพันธุกรรม มีชื่อแบบเต็มว่า กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (Deoxyribonucleic Acid) ซึ่งเป็นจำพวกกรดนิวคลีอิก (Nucleic Acid กรดที่สามารถพบได้ในส่วนของใจกลางของเซลล์) ซึ่ง ดีเอ็นเอมักพบอยู่ในส่วนของนิวเคลียสของเซลล์ โดยพันตัวอยู่บนโครโมโซม (Chromosome) ดีเอ็นเอ (DNA) มักพบในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ดีเอ็นเอ ทำการเก็บข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งๆ เอาไว้ ซึ่งมีลักษณะที่มีการผสมผสานมาจากสิ่งมีชีวิตรุ่นก่อน ซึ่งก็คือ รุ่นพ่อและแม่ (Parent) ทั้งยังสามารถถ่ายทอดลักษณะไปยังสิ่งมีชีวิตรุ่นถัดไป ซึ่งก็คือรุ่นลูก หรือ รุ่นหลาน (Offspring)
- หู (Ear) เป็นส่วนที่ใช้ในการรับรู้การได้ยิน
- ใบหน้า (Face) ส่วนของร่างกายที่ใช้ในการจดจำ
- ท่าเดิน (Gait) ท่าทางเดินและการทรงตัว
- ลักษณะทางกายภาพของมือ และนิ้วมือ (Hand and Finger Geometry) เป็นลักษณะทางกายภาพของมือ และนิ้วมือ
- ลายเส้นบนฝ่ามือ (Palm print) เป็นลายเส้นบนฝ่ามือ
- ลายนิ้วมือ (Fingerprint) หมายถึง การอ่านและบันทึกลายบนนิ้วมือ
- เสียง (Voice) เสียงที่ใช้ในการตอบโต้ระหว่างบุคคล
- ลายเซ็น (Signature) เป็นสัญลักษณ์เฉพาะที่แสดงตัวตน
- ม่านตา (Iris) หมายถึง เนื้อเยื่ออยู่หน้าสุดของผนังลูกตาชั้นกลาง ประกอบด้วยหลอดเลือด เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน รวมทั้งเซลล์ที่มีเม็ดสี (Melanocyte)
- จอประสาทตา (Retina) หมายถึง ส่วนหลังสุดของลูกตา เป็นอวัยวะที่เป็นแผ่นบางๆ ใส ไม่มีสี แต่ที่มองผ่านกล้อง Ophthalmoscope เห็นเป็นสีแดง เกิดจากแสงสะท้อนผ่านหลอดเลือดในชั้นเนื้อเยื่อ Choroid
- คลื่นสมอง (Electroencephalogram: EEG) หมายถึงการบันทึกผลรวมของศักย์ไฟฟ้านอกเซลล์ของกลุ่มเซลล์ประสาทในสมองที่อยู่ใต้บริเวณเครื่องมือที่ใช้บันทึก

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐาน

ชีวมาตรหรือไบโอเมตริกซ์ มาจากคำในภาษากรีก โดย ไบโอ หมายถึง ชีวิต และเมตริกซ์ หมายถึง การวัด การนำชีวมาตรมาใช้กับการประมวลผลในระบบคอมพิวเตอร์เพิ่งเกิดขึ้นในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา เนื่องจากความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วทางด้านเทคโนโลยี ทำให้เกิดเทคนิคใหม่ ๆขึ้นโดยอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามเทคนิคการนำชีวมาตรมาใช้กับการประมวลผลมีพื้นฐานจากความคิดที่สร้างสรรค์ของมนุษย์ในสมัยพันๆปีที่ผ่านมา ตัวอย่างที่เก่าแก่และเป็นพื้นฐานที่สุดของการระบุตัวตนคือการจดจำใบหน้า การระบุใบหน้าคนที่รู้จัก และไม่รู้จัก และเมื่อมีคนคุ้นเคยมากขึ้นการใช้การจดจำมากขึ้น ทำให้เกิดเทคนิคการระบุตัวตนที่ได้รับการยอมรับ ชีวภาพประเภทพฤติกรรม เช่น การระบุตัวตนจากเสียงพูด การรับรู้ด้วยท่าทางการเดิน เหล่านี้ล้วนเป็นการรับรู้บุคคลที่มนุษย์ยอมรับอย่างไม่รู้ตัว การค้นพบภาพเขียนในผนังถ้ำซึ่งคาดว่าเป็นร่องรอยที่ปรากฏมาไม่น้อยกว่า สามหมื่นปีมีภาพมือประทับบ่งบอกความเป็นเจ้าของภาพวาด การใช้ลายนิ้วมือบันทึกในเม็ดดินในการทำธุรกรรมทางธุรกิจของชาวบาบิโลน การใช้ลายนิ้วมือในการทำธุรกรรมทางธุรกิจของพ่อค้าชาวจีน หรือแม้แต่การใช้ลายนิ้วมือและรอยเท้าของเด็กเพื่อระบุตัวตนของเด็กชาวจีนในสมัยก่อน

ในช่วงทศวรรต 1800 ที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็วของเมืองอันเนื่องมาจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม การที่ต้องเผชิญกับจำนวนประชากร การค้าขายที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ความจำเป็นในการพิสูจน์บุคคล หรือแม้แต่ผู้กระทำความผิดที่เพิ่มมากขึ้นเช่นกันด้วย ทำให้เกิดความต้องการระบบที่จะสามารถบันทึกความผิดพร้อมกับระบุลักษณะตัวตนของผู้กระทำความผิด

ระบบชีวมาตรเริ่มปรากฏให้เห็นครั้งแรกในช่วงปี 1990 และเริ่มนำมาใช้งานในช่วงต้นยุค 2000

ประวัติของการระบุตัวตนด้วยชีวมาตร

1858 ครั้งแรกการใช้ภาพลายมือในการระบุตัวตน เซอร์วิลเลียมเฮอร์เชล ผู้ทำงานให้กับข้าราชการพลเรือนของอินเดียได้บันทึกการใช้ภาพลายมือ และลายนิ้วมือด้านหลังของสัญญาการจ้างงาน เพื่อใช้ใน

การจ่ายเงินเดือนให้กับพนักงาน ซึ่งถือว่าเป็นการบันทึกภาพมือและนิ้วมือครั้งแรกในการระบุตัวตนอย่างไม่เป็นทางการ

1870 Alphonse Bertillon คิดค้นวิธีการระบุตัวตนด้วยการบันทึกรายละเอียดทางกายภาพจากการวัดร่างกาย และเก็บเป็นภาพผู้กระทำผิดทางอาญา ซึ่งอาชญากรที่ทำผิดซ้ำๆมักเปลี่ยนชื่อ และใช้นามแฝง แบร์ตียงตั้งข้อสังเกตว่าแม้พวกเขาจะสามารถเปลี่ยนชื่อของพวกเขา แต่พวกเขาไม่สามารถเปลี่ยนองค์ประกอบบางอย่างของร่างกาย การคิดค้นดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้กับวงการตำรวจทั่วโลก และเรียกเทคนิคดังกล่าวว่า Bertillonage หรือ anthropometries

1892 Galton คิดค้นระบบการจำแนกลายนิ้วมือ เซอร์ฟรานซิสแกลตันได้ศึกษารายละเอียดของลายนิ้วมือ และเสนอการจัดหมวดหมู่ใหม่ด้วยการพิมพ์ลายนิ้วทั้งสิบนิ้ว เป็นการระบุตัวบุคคลที่ยังคงใช้มาจนถึงปัจจุบัน และเรียกการระบุตัวตนนี้ว่า “รายละเอียดของแกลตัน (Galton’s details)”

1896 Sir Edward Henry พัฒนาระบบการจำแนกและการจัดหมวดหมู่ลายนิ้วมือ เซอร์เอ็ดเวิร์ดเฮนรี่ผู้ตรวจราชการตำรวจรัฐเบงกอลได้นำเอาเทคนิคการพิมพ์รายละเอียดลายนิ้วมือของแกลตันมาระบุอาชญากรแทนที่การใช้ anthropometries และพัฒนาวิธีการในการจัดหมวดหมู่และจัดเก็บข้อมูลเพื่อการค้นหาที่สามารถดำเนินการได้อย่างง่ายดายและมีประสิทธิภาพ เซอร์เฮนรี่ได้จัดตั้งไฟล์ลายนิ้วมือแห่งแรกในกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ และต่อมาได้ถูกนำมาใช้ในสำนักงานสืบสวนกลางแห่งสหรัฐอเมริกา (เอฟบีไอ) และหน่วยงานต่อต้านอาชญากรรมต่างๆ เป็นเวลานานหลายปี

1903 เรือนจำรัฐนิวยอร์กเริ่มนำลายนิ้วมือมาใช้ในการระบุตัวตนของอาชญากร

1903 ระบบการวัดร่างกายของแบร์ตียงล้มเหลว เรือนจำแคนสัสในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าเทคนิคการวัดร่างกายของแบร์ตียง ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างคนสองคนที่เป็นคู่แฝดในการตัดสินความผิดของคู่แฝดคู่หนึ่ง

1936 จักษุแพทย์แฟรงก์เบิร์ชเสนอแนวคิดของการใช้รูปแบบม่านตาเป็นวิธีการระบุตัวตน

1960s ครั้งแรกของระบบการจดจำใบหน้ากึ่งอัตโนมัติที่ได้รับการพัฒนาโดย Woodrow W. Bledsoe ภายใต้สัญญาการพัฒนากับรัฐบาลสหรัฐ ระบบนี้จำเป็นต้องใช้ผู้ดูแลระบบเพื่อค้นหาตำแหน่งของตา หู จมูก และปากบนภาพถ่าย ระบบอาศัยเพียงการสกัดจุดต่างๆที่เป็นคุณลักษณะบนใบหน้าโดยคำนวณระยะทางและอัตราส่วนการของแต่ละจุดและเทียบกับข้อมูลอ้างอิงที่มีอยู่

1960 รูปแบบแรกของการสร้างเสียงพูด Gunnar Fant ศาสตราจารย์ชาวสวีเดนได้อธิบายถึงองค์ประกอบทางสรีรวิทยาของการสร้างเสียงพูด การค้นพบของเขาอยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์รังสีเอกซ์ที่ทำให้เกิดเสียงที่แตกต่างในแต่ละบุคคล การค้นพบนี้ถูกนำมาใช้เพื่อทำความเข้าใจส่วนประกอบทางชีวภาพเกี่ยวกับการพูด เป็นแนวคิดที่สำคัญในการยอมรับการจดจำเสียงพูด

1963 งานวิจัยเกี่ยวกับลายนิ้วมือของฮิวจ์ได้รับการเผยแพร่

1965 เริ่มมีการวิจัยการจดจำลายเซ็น การบินอเมริกาเหนือได้พัฒนาระบบการจดจำลายเซ็นครั้งแรกในปี 1965

1969 เอฟบีไอผลักดันที่จะทำให้การจดจำลายนิ้วมือเป็นกระบวนการอัตโนมัติ ในปี 1969 สำนักงานสืบสวนกลางแห่งสหรัฐอเมริกา (เอฟบีไอ) ได้เริ่มผลักดันให้มีการพัฒนากระบวนการระบุตัวตนด้วยลายนิ้วมือ เอฟบีไอว่าจ้างสถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติ สหรัฐอเมริกา (NIST) เพื่อศึกษากระบวนการระบุตัวตนด้วยลายนิ้วมือให้เป็นกระบวนการทำงานอัตโนมัติ กระบวนการดังกล่าวทำให้เกิดความท้าทายที่สำคัญได้แก่ (1) การสแกนลายนิ้วมือและการระบุข้อปลีกย่อยต่างๆ (2) การเปรียบเทียบลายนิ้วมือและรายการข้อปลีกย่อย

1970s การจดจำใบหน้าต้องใช้ขั้นตอนการคำนวณด้วยตนเองเพื่อให้เป็นระบบอัตโนมัติ Goldstein, Harmon, and Lesk ใช้เทคนิคการระบุ 21 จุดเฉพาะเจาะจง เช่น สีผม และความหนาริมฝีปาก เพื่อทำให้เกิดการจดจำใบหน้า ปัญหาที่เกิดขึ้นกับสองส่วนดังกล่าวแก้ปัญหาด้วยการวัดและระบุตำแหน่งจากการคำนวณด้วยตนเอง

1970 ส่วนประกอบของพฤติกรรมในการพูดถูกออกแบบเป็นครั้งแรก รูปแบบเริ่มต้นของการสร้างการพูดที่พัฒนาขึ้นในปี 1960 ได้รับพัฒนาต่อโดยดร. โจเซฟ เพอเคลล์ Dr. Joseph Perkell โดยใช้การ

เคลื่อนไหวของรังสีเอกซ์ร่วมกับลิ้นและกราม รูปแบบนี้ทำให้สามารถเข้าใจรายละเอียดพฤติกรรมที่ซับซ้อนและส่วนประกอบทางชีววิทยาของการพูด

1974 ระบบลายมือถูกนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ครั้งแรก อุปกรณ์ชีวมาตรสำหรับระบบการจดจำลายมือในเชิงพาณิชย์ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในต้นปี 1970 หลังจากลายนิ้วมือที่ถูกนำออกใช้ในช่วงปลายทศวรรษที่ 1960 ระบบเหล่านี้ถูกนำมาใช้ด้วยวัตถุประสงค์หลักคือการควบคุมการเข้าถึง การตรวจสอบเวลาทำงาน และการระบุตัวบุคคล

1975 เอฟบีไอพัฒนาอุปกรณ์รับรู้และเทคโนโลยีการสกัดรายละเอียด เอฟบีไอได้ทุนสนับสนุนการพัฒนาเครื่องสแกนลายนิ้วมือ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาต้นแบบเครื่องอ่านที่ใช้เทคนิคการเก็บคุณลักษณะลายนิ้วมือ อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการจัดเก็บมีราคาสูง กว่าทศวรรษต่อมา NIST มุ่งเน้นการพัฒนาให้การเก็บข้อมูลลายนิ้วมืออยู่ในรูปแบบดิจิทัลและการบีบอัดภาพที่มีคุณภาพสามารถจำแนกและสกัดรายละเอียดด้วยอัลกอริทึม M40 เอฟบีไอได้นำวิธีการดังกล่าวมาใช้ครั้งแรกในการค้นหามนุษย์ ขั้นตอนวิธีนี้ผลิตขึ้นมากับการเก็บข้อมูลภาพจำนวนไม่มากเพื่อใช้ฝึกอบรมและสำหรับผู้เชี่ยวชาญทางเทคนิคในการประเมินผล หลังจากนั้นมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อปรับปรุงเทคโนโลยีลายนิ้วมือ

1976 ต้นแบบแรกสำหรับการจดจำเสียงพูดได้รับการพัฒนา บริษัท Texas Instruments พัฒนาต้นแบบการจดจำเสียงพูดที่ได้รับการทดสอบโดยกองทัพอากาศสหรัฐและบริษัท The MITRE Corporation

1977 รางวัลสำหรับสิทธิบัตรการจับข้อมูลลายเซ็นขณะเขียน Veripen, Inc ได้รับรางวัลสิทธิบัตรสำหรับ "อุปกรณ์ระบุตัวบุคคล" ซึ่งอุปกรณ์นี้สามารถจับภาพดิจิตอลลักษณะลายเซ็นขณะเขียนของแต่ละบุคคล เทคโนโลยีนี้นำไปสู่การทดสอบการตรวจสอบลายมืออัตโนมัติ ของหน่วยงานระบบอิเล็กทรอนิกส์ กองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา

1980s กลุ่มคำพูด NIST ได้รับการจัดตั้งขึ้น สถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NIST) จัดตั้งกลุ่มคำพูด NIST เพื่อศึกษาและส่งเสริมการใช้เทคนิคการประมวลผลคำพูดและเพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาการจดจำคำพูดอย่างต่อเนื่อง

1985 แนวคิดที่ว่าไม่มีม่านตาสองม่านตาที่เหมือนกันได้ถูกนำเสนอ Drs. Leonard Flom และ Aran Safir สองจักษุแพทย์เสนอแนวคิดที่ว่าม่านตาของมนุษย์ไม่มีทางเหมือนกัน

1985 สิทธิบัตรสำหรับการระบุตัวตนด้วยมือได้รางวัล ลายมือได้ถูกนำออกใช้ในเชิงพาณิชย์ครั้งแรกที่มหาวิทยาลัยจอร์เจียในปี 1974 กองทัพสหรัฐเริ่มทดสอบการระบุตัวตนด้วยลายมือสำหรับใช้ในระบบธนาคารในปี 1984 ซึ่งถือว่าทั้ง 2 กรณีถูกนำมาใช้ก่อนสิทธิบัตรการใช้ลายมือในการระบุตัวตนของ David Sidlauskas

1986 การแลกเปลี่ยนมาตรฐานข้อมูลรายละเอียดลายนิ้วมือ ในปี 1986 The National Institutes of Standards and Technology (NIST) ร่วมกับ ANSI ตีพิมพ์มาตรฐานสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลรายละเอียดลายนิ้วมือ และถือว่าเป็นมาตรฐานการแลกเปลี่ยนลายนิ้วมือรุ่นแรกที่หน่วยงานบังคับใช้กฎหมายทั่วโลกนำมาใช้

1986 ม่านตาถูกนำมาใช้เพื่อระบุตัวตน Drs. Leonard Flom and Aran Safir เป็นผู้ให้แนวคิดว่าม่านตาสามารถนำมาใช้เพื่อระบุตัวตน หลังจากนั้น Dr. John Daugman ได้พัฒนาอัลกอริทึมโดยการใช้ม่านตาเพื่อการระบุตัวตน

1988 ระบบการจดจำใบหน้ากึ่งอัตโนมัติถูกนำออกใช้งาน ในปี 1988 เริ่มมีการใช้ภาพเสก็ตของผู้ต้องสงสัยเพื่อดำเนินการค้นหาจากฐานข้อมูลรูปใบหน้าดิจิตอล

1988 เทคนิค Eigenface ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการจดจำใบหน้า Kirby and Sirovich ใช้หลักการของพีชคณิตเชิงเส้นเทคนิค Eigenface มาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาการจดจำใบหน้า

1991 การตรวจจับใบหน้าเป็นจุดเริ่มต้นทำให้เกิดการพัฒนาการจดจำใบหน้าอัตโนมัติ Turk และ Pentland ค้นพบว่าการใช้เทคนิค eigenfaces ในการตรวจจับใบหน้าจากภาพยังมีข้อผิดพลาดหลงเหลืออยู่ และผลจากการค้นพบนี้ทำให้เชื่อว่าการจดจำใบหน้าอัตโนมัติเป็นไปได้ และทำให้เกิดการพัฒนาการจดจำใบหน้าต่อไป

1992 รัฐบาลสหรัฐจัดตั้งสมาคมชีวมาตร สภาความมั่นคงแห่งชาติ สหรัฐอเมริกาก่อตั้งสมาคมชีวมาตร และจัดให้มีการประชุมครั้งแรกในเดือนตุลาคมปี 1992 เดิมผู้ที่จะเข้ามามีส่วนร่วมในสมาคมถูกจำกัดเฉพาะหน่วยงานภาครัฐ แต่ปัจจุบันมีการเพิ่มจำนวนสมาชิกของสมาคม โดยรวมภาคอุตสาหกรรม ภาคเอกชนและสถาบันการศึกษา การพัฒนาคณะทำงานจำนวนมากเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของความพยายามในการทดสอบ การพัฒนามาตรฐาน การทำงานร่วมกัน และความร่วมมือจากภาครัฐบาล

1993 มีการคิดค้นขั้นตอนวิธีและเทคโนโลยีการจดจำใบหน้า (FERET) ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นสู่ผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ หน่วยงานวิจัย กระทรวงกลาโหม สหรัฐอเมริกา ผลักดันและสนับสนุนการคิดค้นขั้นตอนวิธีและเทคโนโลยีการจดจำใบหน้า ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของเทคนิคการจดจำใบหน้าไปสู่เชิงพาณิชย์

1994 มีการจดสิทธิบัตรขั้นตอนวิธีการจดจำม่านตาเป็นครั้งแรก Dr. John Daugman ได้รับรางวัลสิทธิบัตรสำหรับการคิดค้นขั้นตอนวิธีการจดจำม่านตา สิทธิบัตรนี้เป็นรากฐานสำคัญของเทคโนโลยีการจดจำม่านตาในเชิงพาณิชย์ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจนถึงปัจจุบัน

1994 การประกวดแข่งขันระบบการระบุลายนิ้วมือแบบบูรณาการอัตโนมัติ เอฟบีไอจัดให้มีการแข่งขันระบบการระบุลายนิ้วมือแบบบูรณาการอัตโนมัติ (IAFIS) เพื่อคัดเลือกบริษัทที่จะเข้ามาให้บริการ โดยได้ระบุความต้องการที่สำคัญไว้ 3 ประเด็นได้แก่ (1) การทำให้เป็นลายนิ้วมือดิจิตอล (2) การสกัดเอาคุณลักษณะเฉพาะ (3) การจับคู่ลักษณะเฉพาะ และบริษัท Lockheed Martin ได้รับเลือกในการดำเนินการพัฒนาระบบ IAFIS

1994 ครั้งแรกที่มีการใช้การระบุตัวตนด้วยลายนิ้วมือกับระบบปาล์ม RECOderm™

1994 หน่วยงานตรวจคนเข้าเมืองสหรัฐอเมริกาติดตั้งระบบชีวมาตรที่สนามบินเพื่อตรวจอนุญาตินักท่องเที่ยวเข้าประเทศ ผู้โดยสารจะได้รับบัตรที่เข้ารหัสข้อมูลลายมือของพวกเขา เมื่อผู้โดยสารเดินผ่านช่องตรวจที่ติดตั้งอุปกรณ์ไบโอเมตริกซ์ ระบบจะทำการยืนยันตัวตนของผู้โดยสารได้อย่างรวดเร็ว

1995 การระบุตัวตนด้วยม่านตาถูกนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์

1996 เทคโนโลยีการจดจำเสียงพูดเริ่มได้รับการยอมรับ และทำให้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การระบุตัวตนด้วยลายมือถูกนำมาใช้ในกีฬาโอลิมปิกที่แอตแลนต้า เพื่อการควบคุมและป้องกันการเข้าไปยังหมู่บ้านนักกีฬา

1997 การพิสูจน์ตัวตนด้วยชีวมาตรถูกนำออกเผยแพร่ในเชิงพาณิชย์ การทำงานร่วมกัน การสร้างมาตรฐานการดำเนินการ และมาตรฐานการแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อให้เกิดความก้าวหน้าของอุตสาหกรรมผู้ผลิตไบโอเมตริกซ์

1998 เอฟบีไอเปิดตัวระบบดัชนีดีเอ็นเอ (Combined DNA Index System CODIS) ซึ่งถูกจัดเก็บในรูปแบบดิจิทัล โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะนำมาบังคับใช้ในศาลยุติธรรม

1999 องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) เริ่มศึกษาเพื่อนำเอาเทคโนโลยีชีวมาตรมาใช้กับกระบวนการออกและตรวจสอบเอกสารการเดินทาง (พาสปอร์ต) ขณะเดียวกันเพื่อตรวจสอบว่าเทคโนโลยีอะไรบ้างที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นมาตรฐานสากลได้

1999 การระบุตัวตนด้วยสิบลายนิ้วมือได้รับการพัฒนาให้เป็นมาตรฐานอยู่ในรูปอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้สามารถสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบเป็นเครือข่ายระดับชาติ ทำให้สามารถสืบค้นและตรวจสอบประวัติอาชญากรรมมีอย่างมีประสิทธิภาพ

2000 ครั้งแรกที่มีการประเมินเทคโนโลยีการระบุตัวตนด้วยชีวมาตรหลายๆประเภทที่มีอยู่ในเชิงพาณิชย์ โดยมีการทดสอบเพิ่มเติมในแต่ละประเภท ปี 2003 มีการทดสอบผู้ผลิตการระบุตัวตนด้วยลายนิ้วมือ ปี 2006 มีการทดสอบผู้ผลิตการระบุตัวตนด้วยม่านตา วัตถุประสงค์หลักเพื่อประเมินผลการทำงานบนฐานข้อมูลขนาดใหญ่

2000 การเผยแพร่งานวิจัยชิ้นแรกที่อธิบายถึงการใช้รูปแบบของเส้นเลือดใต้ผิวหนังด้านหลังมือสำหรับการระบุตัวตน ซึ่งได้กลายเป็นเทคโนโลยีการระบุตัวตนด้วยหลอดเลือดในเชิงพาณิชย์

2000 มหาวิทยาลัยเวสต์เวอร์จิเนีย (WVU) เปิดหลักสูตรปริญญาตรีระบบชีวมาตรในปี 2000 เป็นปริญญาคู่วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และระบบชีวมาตร ในขณะที่มหาวิทยาลัยหลายแห่งได้เพิ่มรายวิชาที่เกี่ยวกับชีวภาพในหลักสูตรที่เกี่ยวข้อง

2001 เดือนมกราคมปี 2001 ระบบการระบุตัวตนด้วยใบหน้าได้รับการติดตั้งในซูเปอร์โบว์ล เมืองแทมปา รัฐฟลอริด้า

2002 องค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศ (The International Organization for Standardization : ISO) ได้จัดตั้งมาตรฐานด้านชีวมาตร ISO / IEC JTC1 เพื่อสนับสนุนมาตรฐานของเทคโนโลยีชีวมาตร ส่งเสริมการทำงาน และการแลกเปลี่ยนข้อมูลร่วมกัน

2002 จัดตั้งคณะกรรมการเทคนิค M1 หรือกลุ่มที่ปรึกษาทางด้านเทคนิคที่เกี่ยวกับชีวมาตร เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับองค์กรที่ได้รับการรับรองในการพัฒนามาตรฐานชีวมาตร

2002 เทคโนโลยีลายฝ่ามือได้ถูกนำมาบูรณาการกับการระบุตัวตนด้วยลายนิ้วมืออัตโนมัติ

2003 จากการประชุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติสหรัฐอเมริกา ทำให้มีการจัดตั้งคณะอนุกรรมการชีวมาตรโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการประสานงานและทำให้เกิดความร่วมมือทางด้านการวิจัยทางชีวมาตรระหว่างประเทศ

2003 องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) ได้นำเอาการระบุตัวตนด้วยชีวมาตรประเภทการจดจำใบหน้ามาบูรณาการใช้กับหนังสือเดินทางและเอกสารการเดินทาง

2003 องค์กรชีวมาตรยุโรปซึ่งเป็นองค์กรอิสระได้รับการก่อตั้งขึ้นเพื่อผลักดันให้สหภาพยุโรปเป็นผู้นำโลกในความเป็นเลิศทางด้านชีวมาตร เน้นการแก้ปัญหาของการนำชีวมาตรมาใช้กับการรับรู้ตัวตนและอุปสรรคต่างๆในส่วนแบ่งตลาดของตน ในขณะเดียวกันยังทำหน้าที่ผลักดันในการประสานงานการสนับสนุนและเสริมสร้างความเข้มแข็งทางด้านชีวมาตร

2004 สหรัฐอเมริกาใช้ระบบชีวมาตรลายนิ้วมือดิจิตอลและภาพดิจิตอลเพื่อระบุตัวตนของผู้ขอเข้าประเทศเพื่อให้มั่นใจว่าคนที่เข้าประเทศสหรัฐเป็นบุคคลคนเดียวกันกับผู้ที่ได้รับวีซ่าจริง

2004 กระทรวงกลาโหม สหรัฐอเมริกาติดตั้งระบบการระบุตัวตนด้วยชีวมาตรอัตโนมัติเพื่อปรับปรุงความสามารถในการติดตามและระบุภัยคุกคามความมั่นคงของชาติ ระบบสามารถจัดเก็บข้อมูล

ทางด้านชีวมาตรต่างๆทั้ง สิบลายนิ้วมือ เสียงพูด ภาพม่านตา และเนื้อเยื่อในช่องปากในการเก็บดีเอ็นเอ จากกลุ่มผู้ก่อการร้ายและบุคคลที่น่าสงสัย

2004 รัฐคอนเนตติคัทและรัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกาจัดสร้างฐานข้อมูลลายฝ่ามือที่ช่วยให้หน่วยงานบังคับใช้กฎหมายในแต่ละรัฐสามารถส่งลายฝ่ามือแฝงที่ไม่ปรากฏหลักฐานเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลในฐานหาผู้กระทำผิดหรืออาชญากรได้

2004 รัฐบาลสหรัฐสนับสนุนให้มีการปรับปรุงอัลกอริทึมในการจดจำใบหน้า นักวิจัยที่เข้าร่วมโครงการได้ร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลทำให้เกิดการขยายความรู้ และความน่าสนใจทางด้านการจดจำใบหน้า

2005 สิทธิบัตรแห่งสหรัฐอเมริกาสำหรับแนวคิดพื้นฐานของการจดจำม่านตาได้หมดอายุลงในปี 2005 ทำให้บริษัทต่างๆใช้โอกาสนี้พัฒนาอัลกอริทึมการจดจำม่านตาของตัวเอง

2005 ม่านตาขณะเคลื่อนไหวได้รับการเสนอในการประชุมสมาคมชีวมาตร บริษัท Sarnoff คอร์ปอเรชั่นได้สาธิตการจับภาพม่านตาขณะเคลื่อนไหว ระบบสามารถเก็บภาพม่านตาจากคนที่เดินผ่านประตู

2008 สหรัฐเริ่มใช้ฐานข้อมูลไบโอเมตริกซ์ เอฟบีไอและกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกาเริ่มออกแบบฐานข้อมูลที่จะรวมเอาข้อมูลเกี่ยวกับม่านตา ใบหน้า และลายฝ่ามือ นอกเหนือไปจากการเก็บข้อมูลลายนิ้วมือ เพื่อใช้ช่วยในการระบุบุคคลเข้าประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเฉพาะข้อมูลชีวมาตรที่จะช่วยระบุบุคคลที่เป็นผู้ก่อการร้ายหรือผู้ต้องสงสัย

2010 หน่วยงานรักษาความปลอดภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกาใช้เครื่องมือชีวภาพสำหรับการระบุการก่อการร้าย จากการรวบรวมหลักฐานลายนิ้วมือในที่เกิดเหตุ ทำให้สามารถหาตำแหน่งของสถานที่ที่ผู้ก่อการร้ายวางแผนก่อวินาศกรรม 9/11

2011 การระบุตัวตนด้วยชีวมาตรประเภทดีเอ็นเอถูกใช้ในการระบุร่างของอุซามะห์บินลาเดน ด้วยเทคโนโลยีชีวมาตรดีเอ็นเอและการจดจำใบหน้า ที่มีความเชื่อมั่นถึงร้อยละ 95 ทำให้ซีไอเอสามารถระบุร่างผู้เสียชีวิตที่พบว่าเป็นอุซามะห์บินลาเดน

2013 แอปเปิ้ลเริ่มใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือระบุตัวตนเพื่อปลดล็อคอุปกรณ์ทั้งสมาร์ทโฟนและแทปเล็ต รุ่น iPhone 5S iPhone 6 iPhone 6 Plus iPad Air 2 และ iPad Mini 3

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ลายนิ้วมือ (Fingerprint)

ลายนิ้วมือเป็นสิ่งที่มีมาแต่กำเนิด และไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดชีวิต มนุษย์จะมีลายนิ้วมือที่เป็นเอกลักษณ์ ลายนิ้วมือจึงถูกใช้ในการจำแนกบุคคล ลายนิ้วมือที่อยู่บนนิ้วมือสามารถแบ่งออกได้เป็น ลายนิ้วมือรูปก้นหอย ลายนิ้วมือรูปลูกคลื่น ลายนิ้วมือรูปลูกคลื่นม้วน และลายนิ้วมือรูปภูเขา

2.2.2 ม่านตา (Iris)

ม่านตาของคนเรามีลวดลายหรือรูปแบบที่กระจัดกระจาย แบบสุ่ม ทำให้มีความเป็นเอกลักษณ์ของบุคคลค่อนข้างสูง แม้กระทั้งฝาแฝดกันก็ยังมีม่านตาที่แตกต่างกัน ม่านตามีความคงสภาพตั้งแต่อายุครบ 2 ปี จึงทำให้รูปแบบม่านตาสามารถนำมาใช้ในการระบุบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.3 ใบหน้า (Face)

ภาพใบหน้าของบุคคลสามารถนำมาใช้ระบุตัวตนได้ง่าย รวดเร็ว และไม่ทำให้บุคคลที่ถูกตรวจสอบเกิดพฤติกรรมที่ต่อต้าน เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีทางการถ่ายภาพบุคคลมีประสิทธิภาพมากจึงสามารถเก็บข้อมูลภาพบุคคลได้อย่างรวดเร็ว การระบุบุคคลด้วยภาพใบหน้าเป็นการอาศัย การประมวลผลภาพด้วยหลักการรู้จำใบหน้า โดยอาศัยการวิเคราะห์และเปรียบเทียบลักษณะเค้าโครงใบหน้าของแต่ละบุคคล

2.2.4 จมูก (Nose)

จมูกเป็นอวัยวะที่อยู่บนใบหน้า ยื่นออกมาตรงกึ่งกลางของใบหน้า ทำหน้าที่ใช้ในการหายใจ ใช้รับกลิ่นของสิ่งที่อยู่รอบๆตัวเรา นอกจากนี้ยังใช้ในการกรองของเสียขณะหายใจ เช่นฝุ่นละออง จมูกประกอบด้วยกระดูกแข็ง และกระดูกอ่อนเป็นอวัยวะในส่วนที่มีจุดตรึงสำหรับการจดจำใบหน้า มีลักษณะตามเผ่าพันธ์ จึงทำให้มีผู้สนใจศึกษาการนำเอาจมูกมาใช้ในการการระบุตัวตน

2.2.5 ใบหู (Ear-Based)

ใบหู มีหน้าที่ในการรวบรวมคลื่นเสียงที่มาจากที่ต่างๆ ส่งเข้าสู่รูหู ใบหู มีกระดูกอ่อนอีลาสติกเป็นแกนอยู่ภายใน ทำให้โค้งพับงอได้ รูปร่างใบหูของแต่ละคนแตกต่างกันไป โดยมีขนาดและรอยหยักซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล

2.2.6 จอประสาทตา (Retina)

การรู้จำจอประสาทตาเพื่อใช้ระบุบุคคลเป็นการวิเคราะห์ลวดลายของเส้นเลือดบนจอตาที่อยู่ด้านหลังลูกตา ซึ่งแต่ละบุคคลจะมีลวดลายแตกต่างกัน ทำให้สามารถนำมาใช้ในการระบุตัวตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่วิธีการจำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการจัดเก็บข้อมูล ทำให้เกิดความไม่สะดวก ลายจอประสาทตาอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ในกรณีบุคคลที่มีสุขภาพตาไม่แข็งแรง เนื่องมาจากเส้นเลือดบนจอตามีการเปลี่ยนแปลง

2.2.7 ลายฝ่ามือ (Palm Print)

มือเป็นอวัยวะของมนุษย์ที่ใช้หยิบจับสิ่งของ ในฝ่ามือจะมีลวดลายเรียกว่าลายฝ่ามือ ซึ่งแต่ละบุคคลจะมีความแตกต่างกันโดยลายฝ่ามือประกอบด้วยลายสายหลัก ริ้วรอย และสันเขาผิวหนังมีความแตกต่างไปจากลายนิ้วมือคือมีรายละเอียดที่มากกว่าลายนิ้วมือทำให้สามารถนำมาระบุตัวตนอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.8 รหัสพันธุกรรม (DNA)

DNA ย่อมาจากกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (Deoxyribonucleic Acid) ซึ่งเป็นจำพวกกรดนิวคลีอิก สามารถพบได้ในส่วนของใจกลางของเซลล์ ซึ่งดีเอ็นเอมักพบอยู่ในส่วนของนิวเคลียสของเซลล์ โดยพันตัวอยู่บนโครโมโซม โดยดีเอ็นเอมักพบในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ได้แก่ คน สัตว์ พืช เป็นต้น DNA จะทำการเก็บข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งๆเอาไว้ ซึ่งมีลักษณะที่มีการผสมผสานมาจากสิ่งมีชีวิตรุ่นก่อน ซึ่งก็คือ รุ่นพ่อและแม่ ทั้งยังสามารถถ่ายทอดลักษณะไปยังสิ่งมีชีวิตรุ่นถัดไป ซึ่งก็คือรุ่นลูก หรือ รุ่นหลาน

2.2.9 คลื่นสมอง (Brain Wave)

สมองเป็นอวัยวะที่สำคัญและมีความซับซ้อนที่สุดของร่างกายมนุษย์ ในการทำงานของสมองจะเกิดสัญญาณคลื่นไฟฟ้า ซึ่งพบว่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้าจากสมองมีเอกลักษณ์ จึงสามารถนำมาเป็นเครื่องมือในการพิสูจน์ตัวตน Electroencephalography (EEG) เป็นวิธีการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าซึ่งถูกผลิตออกมาจากสมองโดยใช้ตัวรับคลื่นไฟฟ้าติดที่บริเวณหนังศีรษะตามตำแหน่ง ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวโยงกับสมองหรือเส้นประสาทในบริเวณที่ตรวจวัด

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเพื่อศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบการแยกแยะบุคคลโดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกายที่มีการใช้งานในปัจจุบันรวมทั้งการวิเคราะห์ชีวมาตรที่อยู่ระหว่างการวิจัยและมีแนวโน้มจะใช้ในอนาคต โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานการวิจัยดังนี้

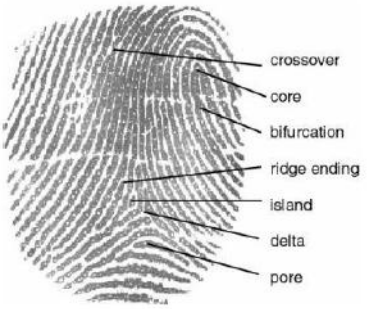
1) ศึกษางานและเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยเน้นการศึกษาถึงเรื่องการแยกแยะบุคคลโดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกายที่มีการใช้งานในปัจจุบันและที่อยู่ในระหว่างการวิจัยเพื่อจะนำมาใช้ในอนาค รวมถึงเอกสารที่มีการเปรียบเทียบเรื่องของชีวมาตรที่มีผู้ทำการเปรียบเทียบในแง่มุมต่างๆ
2) ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ ประเมิน เปรียบเทียบ เพื่อทำการออกแบบการเปรียบเทียบการแยกแยะบุคคลโดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกาย
3) วิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลการแยกแยะบุคคลโดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกายตามที่ออกแบบไว้รวมทั้งวิเคราะห์เปรียบเทียบชีวมาตรที่มีแนวโน้มจะถูกนำมาใช้ในอนาคต

3.2 การเก็บรายละเอียดข้อมูล

3.2.1 ลายนิ้วมือ (Fingerprint)

ลายนิ้วมือ เกิดขึ้นจากเส้นร่องบนบริเวณผิวหนังของนิ้วมือ เชื่อมต่อกันมองเห็นเป็นลายเส้นซึ่งจะมีรูปแบบแตกต่างกันไป ลายนิ้วมือติดตัวมาตั้งแต่เกิด และจะคงอยู่ตลอดไปไม่เปลี่ยนแปลง มีความเป็นเอกลักษณ์ที่จะไม่ซ้ำกัน ถึงแม้จะเป็นคู่แผดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน ก็ไม่สามารถมีลายพิมพ์นิ้วมือที่เหมือนกันได้ การตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลด้วยเทคโนโลยีลายนิ้วมือได้รับการทดสอบจนมีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับ เนื่องจากการระบุบุคคลด้วยลายนิ้วมือมีการใช้งานมานานเป็นเครื่องมือที่ถูก

ใช้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย เทคโนโลยีที่ใช้ในการเปรียบเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ AFIS (Automated Fingerprint Identification System) ได้รับการพัฒนา และได้รับการทดสอบในการใช้เป็นอุปกรณ์ใช้บังคับทางกฎหมายมาแล้วกว่า 2 ทศวรรษ สินค้าที่ผลิตจากผู้ประกอบการมีความหลากหลาย มีคุณภาพ แพร่หลาย มากกว่า เทคโนโลยีชีวมาตรอื่นๆที่มาจากผู้จำหน่ายรายเดียว

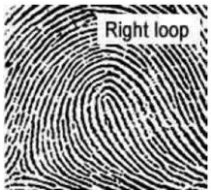


ภาพประกอบ 1 ส่วนประกอบของลายนิ้วมือ (กลุ่มวิจัยฟิสิกส์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 27 กุมภาพันธ์ 2559)

รูปแบบลายนิ้วมือสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 แบบหลัก ๆ ได้แก่

1. แบบพับหวาย (Loop) ประชากร 60-70% มีลายนิ้วมือแบบนี้ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 แบบย่อย ดังนี้

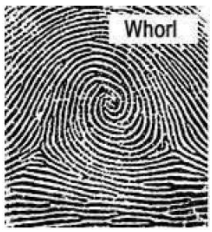
แบบที่ 1 Right loop แบบที่ 2 Left loop แบบที่ 3 Double loop



แบบที่ 4 Right pocket loop แบบที่ 5 Left pocket loop

ภาพประกอบ 2 ลายนิ้วมือแบบพับหวาย (กลุ่มวิจัยฟิสิกส์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 27 กุมภาพันธ์ 2559)

2. แบบก้นหอย (Whorl) ประชากร 25 – 35 % จะมีลายนิ้วมือแบบก้นหอย



ภาพประกอบ 3 ลายนิ้วมือแบบก้นหอย (กลุ่มวิจัยฟิสิกส์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 27 กุมภาพันธ์ 2559)

3. แบบโค้ง (Tentarch and Arch) ประชากร 5 % มีลายนิ้วมือแบบนี้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบย่อย ดังนี้

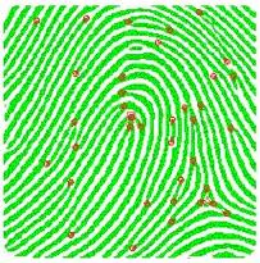
ภาพประกอบ 4 ลายนิ้วมือแบบโค้ง (กลุ่มวิจัยฟิสิกส์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 27 กุมภาพันธ์ 2559)

4. แบบผสม (Mixed figure / Composite)

ภาพประกอบ 5 ลายนิ้วมือแบบผสม (กลุ่มวิจัยฟิสิกส์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 27 กุมภาพันธ์ 2559)

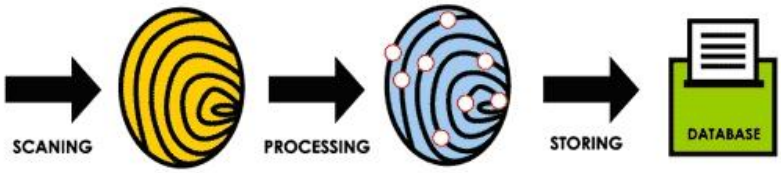
เนื่องจากความเป็นเอกลักษณ์ของลายนิ้วมือ ทำให้เราสามารถใช้ลายนิ้วมือเป็นหลักฐานยืนยันหรือระบุบุคคล การยืนยัน หรือระบุบุคคลด้วยลายนิ้วมือ (Fingerprint Identification) มีหลักการวิเคราะห์ลายนิ้วมือดังนี้ โดยทั่วไปจะเริ่มด้วยการนำลายนิ้วมือของบุคคลหนึ่ง มาหาจุดลักษณะ

เฉพาะที่สำคัญ หรือตำหนิต่างๆ บนลายนิ้วมือ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ ตำหนิและลักษณะต่างๆ ของลายเส้นทั่วๆ ไป เช่น เส้นตรง เส้นโค้ง จุด เส้นแตก เส้นวกกลับ เส้นเวียน เส้นขาด เส้นทะเลสาบ เส้น 2 เส้นมาพบกัน และลักษณะพิเศษบางอย่าง เช่น ไบฟูร์เคชัน หมายถึง เส้นขอบหนึ่งที่ได้ถูกแยกออกเป็น 2 เส้นหรือมากกว่า 2 เส้น ไดเวอร์เจนซ์ เส้นขอบที่ได้วิ่งขนานกันมาหรือเกือบจะขนานและได้แยกถ่างออกไป จุดมินูเทีย (Minutiae) คือ จุดบนปลายเส้นหยุดหรือเส้นแยก



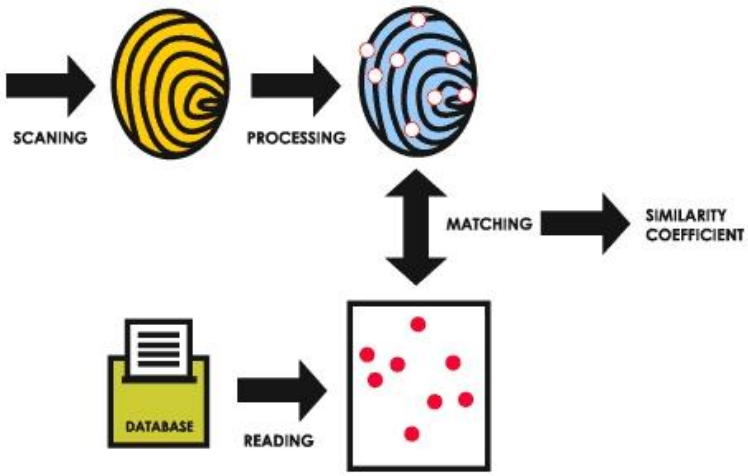
ภาพประกอบ 6 แสดงถึงจุดลักษณะเฉพาะ 37 จุด (ซีเอ็มซิสเท็มเซอร์วิส เชียงใหม่, 27 กุมภาพันธ์ 2559)

กระบวนการจะเริ่มจาก การอ่านภาพลายนิ้วมือเข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำถาวร EEPROM ก่อนการเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำถาวร ข้อมูลจะถูกนำมาผ่านการประมวลผลก่อน (Pre-Processing) เพื่อให้ได้ภาพที่มีความสมบูรณ์และมีคุณภาพ ด้วยการกำจัดสัญญาณรบกวน การปรับความมืดสว่าง หาความแตกต่างของตัวภาพและฉากของภาพ การแปลงภาพเป็นภาพฐานสอง (Binary) การทำให้เส้นลายนิ้วมือบางลง (Thinning) ถือว่าเป็นข้อมูลต้นแบบหรือเป็นรหัสของผู้ใช้แต่ละคน ภาพที่ถูกจัดเก็บจะถูกใช้เพื่อการเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือที่ได้รับการสแกนเข้ามา ภาพประกอบ 7 แสดงกระบวนการทำงานการเริ่มต้นการเก็บข้อมูลลายนิ้วมือที่ได้รับการสแกนเข้ามา



ภาพประกอบ 7 กระบวนการทำงานของการเก็บข้อมูลลายนิ้วมือ (ซีเอ็มซิสเท็มเซอร์วิส เชียงใหม่, 27 กุมภาพันธ์ 2559)

หลังจากเก็บข้อมูลลายนิ้วมือไว้แล้ว ขั้นตอนต่อไปเมื่อต้องการยืนยันหรือระบุบุคคล จะคล้ายกับการอ่านข้อมูลลายนิ้วมือเข้ามาจัดเก็บ เพียงแต่ข้อมูลลายนิ้วมือที่ต้องการนำมาเปรียบเทียบจะถูกประมวลผลก่อนด้วยกระบวนการแบบเดียวกัน และเก็บลงในหน่วยความจำชั่วคราว จากภาพประกอบ 8 แสดงการเปรียบเทียบคือการนำข้อมูลลายนิ้วมือที่ต้องการตรวจสอบในหน่วยความจำชั่วคราวมาทำการจับคู่กับข้อมูลที่มีอยู่ในหน่วยความจำถาวร ถ้าสามารถจับคู่ได้แสดงว่าสามารถยืนยันหรือระบุบุคคลเจ้าของลายนิ้วมือได้



ภาพประกอบ 8 กระบวนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ (ซีเอ็มซิสเท็มเซอร์วิส เชียงใหม่, 27 กุมภาพันธ์ 2559)

ข้อดีของลายนิ้วมือ ลายนิ้วมือเป็นสิ่งที่ติดตัวมาตั้งแต่เกิด มีรูปแบบเฉพาะในแต่ละบุคคล ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบตั้งแต่เกิด จนถึงกระทั่งวันที่ตาย อาจมีเพียงการเปลี่ยนแปลงขนาดได้ตามขนาดของร่างกาย การใช้ลายนิ้วมือระบุตัวบุคคลมีความสะดวก เพราะเป็นสิ่งที่ติดตัวตลอดเวลา เทคโนโลยีลายนิ้วมือใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลน้อยกว่าเทคโนโลยีไบโอเมตริกด้านอื่น ๆ แนวคิดของเทคโนโลยีลายนิ้วมือนี้เป็นสิ่งที่สามารถเข้าใจได้ง่าย ทำให้ผู้ใช้เรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว เป็นเทคโนโลยีที่มีมานาน และมีการวิจัยและพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง มีการใช้อย่างแพร่หลาย ทำให้ผู้ผลิตเลือกที่จะผลิตอุปกรณ์สแกนลายนิ้วมือ มีผลให้อุปกรณ์มีคุณภาพ มีความหลากหลาย มีขนาดเล็กลง มีราคาถูก ประหยัดไฟ และเทคนิคดังกล่าวยังถูกนำไปประยุกต์ใช้บนอุปกรณ์ต่าง ๆได้สะดวก เช่น

แลปทอป และโทรศัพท์มือถือ เป็นการสร้างทางเลือกให้กับลูกค้าที่จะนำมาใช้งานได้มาก สำหรับข้อเสีย คนบางกลุ่มยังมีความเชื่อว่า การใช้ลายนิ้วมือในการระบุตัวบุคคลนั้น เหมือนตนเป็นอาชญากร หรือมีความคิดว่าจะทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยสำหรับตนเอง ข้อมูลอาจถูกนำไปลอกเลียน จึงทำให้คนกลุ่มดังกล่าวไม่ให้ความร่วมมือ ส่งผลให้เทคโนโลยีลายนิ้วมือไม่เป็นที่แพร่หลายในบางพื้นที่บางประเทศ จึงยังมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ร่วมกับเทคนิคการระบุตัวตนอื่นๆ เช่นรหัสผ่าน หรือ หมายเลย PIN นิ้วมือเป็นส่วนที่มนุษย์ใช้หยิบจับตลอดเวลาเกิดความสกปรกง่ายกว่าส่วนอื่นของร่างกาย เมื่อเวลาสแกนลายนิ้วมือใช้งานอาจทำให้เครื่องไม่สามารถอ่านได้ และมีผลทำให้เครื่องได้รับความสกปรก ส่งผลให้เครื่องสแกนลายนิ้วมือเสื่อมประสิทธิภาพลงด้วย เทคโนโลยีลายนิ้วมือเป็นเทคโนโลยีที่มีมานาน ผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเทคโนโลยีลายนิ้วมือมีความหลากหลาย ทำให้เกิดความไม่เข้ากันของข้อมูลได้

3.2.2 ใบหน้า (Face)

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันใบหน้าถูกใช้ในการจดจำและการระบุตัวตนอย่างไม่ตั้งใจโดยอัตโนมัติทั้งกับครอบครัว เครือญาติ เพื่อน คนรู้จัก คนที่พบเจอกันเพียงครั้งเดียว หรือแม้แต่คนที่เดินผ่านเราไป สมองของมนุษย์มีความสามารถจดจำใบหน้าเหล่านั้นได้ ใบหน้าของมนุษย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 6 รูปแบบ ได้แก่ ใบหน้ารูปไข่เป็นรูปหน้าที่พบมากที่สุด ตำแหน่งต่างๆบนใบหน้ามีระยะห่างที่ได้สัดส่วน คือ ระยะห่างจากโคนผมถึงคิ้ว คิ้วถึงปลายจมูก และปลายจมูกถึงคางเท่ากัน ถือว่าเป็นรูปหน้าที่สวยที่สุด ใบหน้ารูปยาว รูปหน้าจะมีลักษณะคล้ายกับรูปไข่ แต่มีความยาวมากขึ้น จากหน้าผากและคาง ใบหน้ารูปเพชร หน้าผากและคางเป็นจุดที่แคบที่สุดของใบหน้า ในขณะที่โหนกแก้มเห็นเด่นชัดมากที่สุด นี่คือจุดเด่นชัดของใบหน้ารูปเพชร ใบหน้ารูปสามเหลี่ยม คนที่มีรูปหน้าสามเหลี่ยม หน้าผากจะกว้างและสูง ส่วนคางจะแหลมจนเห็นได้ชัด ใบหน้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปหน้าจะดูยาวกว่ากว้าง ความกว้างบริเวณหน้าผากและขากรรไกรเท่ากัน และ ใบหน้ารูปกลม ใบหน้าจะมีลักษณะกว้างกว่าคนอื่นๆ บริเวณแก้มจะกว้าง ความกว้างและความยาวบนใบหน้าเกือบที่จะเท่ากัน

การรู้จำใบหน้าเป็นหนึ่งในระบบการวิเคราะห์ภาพ การจดจำใบหน้าได้รับความสนใจอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ด้วยอย่างน้อยสองเหตุผลที่ทำให้เกิดความต้องการสำหรับการรู้จำใบหน้า ได้แก่ การขยายตัวของการใช้งานในเชิงพาณิชย์ และการนำมาใช้ทางด้านกฎหมาย แม้การวิจัยที่ต่อเนื่องเกี่ยวกับการรู้จำใบหน้าและความพร้อมของเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าที่ทำให้ระบบการรับรู้ใบหน้าประสบความสำเร็จ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดและเงื่อนไขต่างๆของการใช้งาน

จริง ยกตัวอย่างเช่นการรับรู้ภาพใบหน้าที่อยู่ในสภาพแวดล้อมกลางแจ้ง การเปลี่ยนแปลงในการส่องสว่างของแสง หรือปัญหาที่ยังไม่สามารถแก้ไข ซึ่งทำให้ระบบในปัจจุบันยังคงห่างไกลจากความสามารถของระบบการรับรู้ของมนุษย์ มีผลให้เทคโนโลยีการรู้จำใบหน้ายังคงต้องมีการวิจัยต่อไป

การวิจัยเครื่องมือรู้จำใบหน้าอัตโนมัติเริ่มมาตั้งแต่ช่วงปี 1970 (Kelly, 1970) โดยใช้แนวคิดการรู้จำจากภาพ 2 มิติ หลังจากนั้นได้มีการศึกษาวิจัยเพิ่ม โดยใช้ภาพใบหน้า 2 มิติมาสร้างเป็นภาพต้นแบบ 3 มิติ ซึ่งสามารถใช้ในการเปรียบเทียบกับภาพปกติและภาพวีดิโอ โดยทั่วไปเทคนิคการรู้จำใบหน้าจะใช้วิธีการแบ่งแยกประเภทบนใบหน้า คุณลักษณะต่างๆจะถูกวัด เช่นระยะห่างระหว่างจุดสำคัญ รูปแบบใบหน้าหรือโปรไฟล์ใบหน้าจะถูกนำมาใช้ประกอบการเปรียบเทียบ ต้นปี 1990 งานวิจัยที่เกี่ยวกับเทคนิคการรู้จำใบหน้า (face recognition techniques) มีความก้าวหน้ามาก เพิ่มความน่าสนใจและให้โอกาสในเชิงพาณิชย์ ความพร้อมของฮาร์ดแวร์แบบ real-time และการให้ความสำคัญกับการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับความมั่นคงยิ่งเพิ่มความสำคัญให้กับระบบการรู้จำใบหน้ามากขึ้น

การวิเคราะห์ลายนิ้วมือ จอประสาทตา หรือการสแกนม่านตา วิธีการเหล่านี้ต้องอาศัยความร่วมมือของผู้ถูกเก็บข้อมูลในขณะที่ระบบการระบุบุคคลด้วยภาพใบหน้ากลับทำได้อย่างสะดวกสบาย รวดเร็ว และไม่ทำให้บุคคลที่ถูกตรวจสอบเกิดพฤติกรรมที่ต่อต้าน เนื่องจากเทคโนโลยีการถ่ายภาพมีประสิทธิภาพมากจึงสามารถเก็บข้อมูลภาพบุคคลได้อย่างรวดเร็วเพียงเสี้ยววินาที แม้จะอยู่ในระยะทางที่ไกลมากก็ตาม จึงไม่เป็นการรบกวน กีดกัน หรือบังคับ ดังนั้นผู้ถูกเก็บข้อมูลเดินผ่านระบบก็สามารถถูกเก็บข้อมูลได้ การใช้งานในเชิงพาณิชย์และการใช้ในเชิงการบังคับใช้กฎหมายของการรู้จำใบหน้ามักต้องใช้ภาพถ่ายโดยตรง หรือรูปภาพจากวิดีโอที่ไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งเป็นความท้าทายทางเทคนิค โดยเฉพาะเทคนิคการประมวลผลภาพ รูปแบบการจดจำ คอมพิวเตอร์วิทัศน์ และโครงข่ายประสาทเทียม ปัญหาของระบบที่จะนำเอาการระบุบุคคลด้วยใบหน้า จึงสามารถเลือกรูปแบบตามความเหมาะสมของระบบ ไม่ว่าจะเป็น การตรวจสอบใบหน้าของตู้เอทีเอ็ม การควบคุมการเข้าถึงข้อมูลของระบบต่างๆ การใช้ในวีดิโอเกมส์ โปรแกรมการอบรม การใช้ในบัตรสมาร์ต ใบอนุญาตขับขี่รถ และการตรวจคนเข้าเมือง

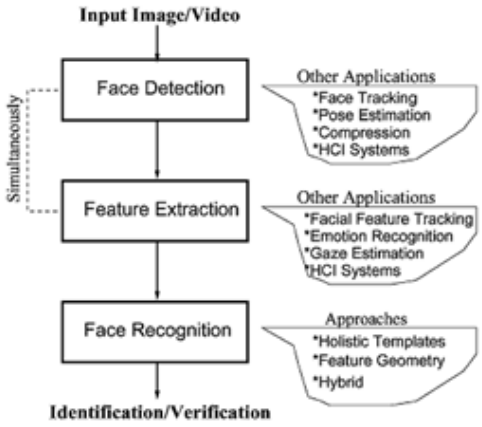
Table I. Typical Applications of Face Recognition

Areas	Specific applications
Entertainment	Video game, virtual reality, training programs
	Human-robot-interaction, human-computer-interaction
Smart cards	Drivers' licenses, entitlement programs
	Immigration, national ID, passports, voter registration
	Welfare fraud
Information security	TV Parental control, personal device logon, desktop logon
	Application security, database security, file encryption
	Intranet security, internet access, medical records
	Secure trading terminals
Law enforcement and surveillance	Advanced video surveillance, CCTV control
	Portal control, postevent analysis
	Shoplifting, suspect tracking and investigation

ภาพประกอบ 9 รูปแบบของการประยุกต์ใช้การจดจำใบหน้า

ที่มา : W. ZHAO, et al., 2003

อย่างไรก็ตามในการระบุบุคคลด้วยใบหน้าจำเป็นต้องตระหนักถึงทุกสถานการณ์ที่มีผลโดยตรงกับใบหน้า การวิจัยการรับรู้ใบหน้าต่อๆมาพิจารณาจิตฟิสิกส์และประสาทวิทยา เช่น อารมณ์ที่เปลี่ยนไป ซึ่งจะทำให้การจดจำใบหน้ายุ่งยากมากกว่าสถานการณ์ปกติ และทำให้ระบบจำเป็นต้องเก็บภาพจำนวนมาก ประโยชน์ที่สำคัญของระบบคอมพิวเตอร์คือความสามารถในการจัดเก็บภาพใบหน้าจำนวนมาก ซึ่งอาจเป็นภาพ 2 มิติเพียงมุมมองเดียว หรือ ภาพหลายๆมุมมอง ทำให้ระบบการจดจำใบหน้ามีการเปรียบเทียบที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น ในขณะเดียวกันยังมีความยากลำบากของการจดจำใบหน้าซึ่งเป็นความท้าทายที่สำคัญคือ การส่องสว่างของแสง การลวง และการรับรู้ภาพกลางแจ้ง คุณลักษณะสำคัญของใบหน้าพิจารณาจาก (Bruce, 1988; Shepherd, et al., 1981) ผม เค้าโครงใบหน้า ดวงตา จมูก และปาก ซึ่งเป็นส่วนสำคัญสำหรับการรับรู้และการจดจำใบหน้า การระบุบุคคลด้วยใบหน้าในสถานการณ์ปกติย่อมเปรียบเทียบได้ง่ายกว่า งานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าจมูกมีความมั่นคง และแน่นอน รูปทรงจมูกที่โดดเด่น มุมมองด้านข้าง อาจจะเป็นสิ่งที่สำคัญกว่าตาหรือปาก (Bruce, 1988) เนื่องจากเป็นส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าส่วนอื่นๆเมื่ออารมณ์เปลี่ยนแปลง กระบวนการระบุบุคคลด้วยใบหน้า (ตรวจจับใบหน้า) แบ่งออกได้ 3 ขั้นตอน (สุจิตรา อดุลยเกษม และ จิตดำรง ปรีชาสุข) การตรวจจับบริเวณใบหน้า (Face Detection) การดึงลักษณะเฉพาะ (Feature Extraction) และ การรู้จำใบหน้า (Face Recognition) (W. Zhao, et al., 2003) ภาพประกอบ 10 แสดงขั้นตอนในการระบุบุคคล (W. Zhao, el al., 2003) ข้อมูลที่นำเข้าระบบจะเป็นใบหน้าของผู้ที่ถูกตรวจสอบ ซึ่งจะถูกเปรียบเทียบกับข้อมูลในฐานข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อยืนยันหรือปฏิเสธตัวตนของผู้ที่ถูกตรวจสอบ



ภาพประกอบ 10 ขั้นตอนการพิสูจน์ใบหน้า
ที่มา : W. ZHAO, et al., 2003

การตรวจจับบริเวณใบหน้าบุคคล (Face Detection)

เป็นการตรวจจับบริเวณของภาพส่วนที่เป็นใบหน้าบุคคลโดยใช้เทคนิคต่างๆ เป็นต้นว่า เครือข่ายนิวรัล (Neural Network) เป็นเทคนิคที่ให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำสูง แต่ใช้เวลาประมวลผลสูงมาก (Ravi Kumar and Bindu, 2006) ขณะที่การใช้โมเดลสี (Color Model) เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ แต่การตรวจจับจากสีเพียงอย่างเดียวนั้นจะถูกรบกวนได้ง่ายจากสภาพแสงและสิ่งอื่นๆที่มารบกวน (Berbar, et al., 2006) ส่วนการใช้แม่แบบภาพใบหน้า (Geometric Facial Template) มีการประมวลผลที่รวดเร็ว แต่การค้นหาอวัยวะบนใบหน้ายังคงมีข้อจำกัด (Starovoitov and Samal, 1999) นอกจากนี้ยังสามารถใช้หลายเทคนิครวมกัน เพื่อให้ได้คุณภาพและประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

การดึงลักษณะเฉพาะ (Feature Extraction)

เป็นการดึงคุณลักษณะที่สำคัญของใบหน้า เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการรู้จำ เทคนิคการดึงลักษณะเฉพาะของใบหน้ามีเทคนิคการทำงานที่สำคัญคือ Generic Method, Feature Template-based Method และ Structured Matching Method สำหรับการดึงลักษณะเฉพาะของใบหน้าวิธี Generic นั้นเป็นการทำงานโดยใช้คุณลักษณะพื้นฐานของใบหน้า ได้แก่ เส้นขอบ เส้นตรง และเส้นโค้ง ในการตรวจจับคุณลักษณะใบหน้า ส่วนวิธี Feature Template-based เป็นการนำคุณลักษณะใบหน้าแม่แบบเปรียบเทียบกับคุณลักษณะใบหน้า เพื่อทำการตรวจจับคุณลักษณะสำคัญที่เป็นองค์ประกอบใบหน้า เช่น ดวงตา จมูก ปาก ฯลฯ วิธี Structuring Matching จะทำการพิจารณาชุดของรูปทรงเรขาคณิตที่

อยู่บนใบหน้า เช่น ลักษณะความกว้างและความยาวของจมูก ตำแหน่งของปาก และรูปทรงของคาง เป็นต้น (Zhao, et al., 2003 ; Dong and Soh, 2006)

การรู้จำใบหน้า (Face Recognition)

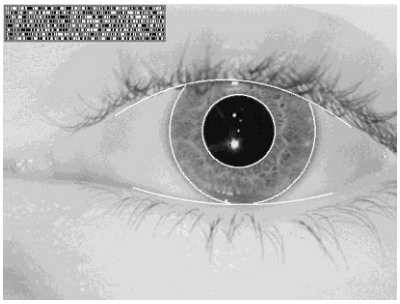
สามารถทำโดยใช้ภาพนิ่ง (Still Image) และวีดิทัศน์ (Video) วิธีการรู้จำใบหน้าที่ใช้ภาพนิ่ง แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ Holistic Approach, Feature-based Approach และ Hybrid Approach (Ravi Kumar, et al., 2006 ; Zhao, et al., 2003) โดยที่ Holistic Approach ใช้บริเวณที่เป็นใบหน้าทั้งหมดสำหรับทำการรู้จำใบหน้า ส่วน Feature-based Approach ใช้องค์ประกอบใบหน้า เช่น ดวงตา จมูก ปาก ฯลฯ ในการรู้จำใบหน้า และ Hybrid Approach ใช้ทั้งองค์ประกอบใบหน้าและบริเวณที่ปรากฏของแต่ละองค์ประกอบซึ่งเป็นบริเวณของใบหน้า ในการรู้จำใบหน้า

ข้อดีในกรณีที่ต้องการการระบุตัวตนด้วยใบหน้า เราสามารถเก็บข้อมูลใบหน้าได้ในระยะไกลโดยผู้ถูกเก็บไม่สามารถทราบได้ การเก็บข้อมูลใบหน้าสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับเครื่อง เพียงยืนอยู่ในตำแหน่งการเก็บภาพใบหน้า เครื่องก็สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ลดข้อร้องเรียนเวลาใช้งาน การสแกนใบหน้าทำได้ดีกว่าการสแกนลายนิ้วมือที่มักสแกนไม่ติดไม่สามารถตรวจหาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เก็บไว้ได้ แต่เครื่องสแกนใบหน้าจะไม่มีปัญหาดังกล่าวถึงแม้พื้นที่ที่มีแสงสว่างน้อยก็สามารถทำงานได้อย่างไม่ขาดตกบกพร่อง สำหรับข้อเสีย การเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลด้วยวิธีการถ่ายภาพ เป็นการเพิ่มขั้นตอน และต้องการพื้นที่ในการจัดเก็บที่มากกว่า จึงจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพ หรือมีคุณภาพสูง

3.2.3 ม่านตา (Iris)

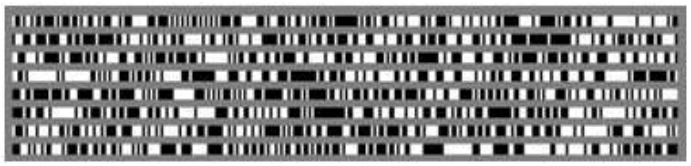
ม่านตา (Iris) เป็นส่วนที่เห็นเป็นสีดวงตา ประกอบไปด้วยเม็ดสีจำนวนมาก มีหลายสีตามเชื้อชาติ เช่น ดำ น้ำตาล ฟ้า เขียว ม่านตาเป็นเนื้อเยื่อบางๆ ลักษณะเป็นวงกลมขนาดเท่ากับกระจกตาดำ อยู่ด้านในถัดกระจกตาดำเข้าไป ตรงกลางม่านตาเป็นรู เรียกว่า รูม่านตา (pupil) ซึ่งมีหน้าที่ปรับแสงให้เข้าตาได้มากน้อยตามต้องการ เมื่อได้รับแสงจะหดเล็กลง และขยายใหญ่ขึ้นเมื่ออยู่ในที่มืด การตรวจดูส่วนของตาที่อยู่หลังรูม่านตาเข้าไป เช่น เลนส์แก้วตา น้ำวุ้นลูกตา จอประสาทตา จะต้องตรวจผ่านรูม่านตาขนาดเล็ก ๆนี้ ในการเห็นภาพ ชั้นม่านตาเป็นชั้นที่มีความสำคัญอย่างมาก โดยประกอบไปด้วยเส้นเลือดจำนวนมาก ทั้งเส้นเลือดดำ เส้นเลือดแดง และเส้นเลือดฝอย ทำหน้าที่ในการขนส่งสารอาหารและสารอื่นๆ มายังชั้นจอตา (John, 2004) ในปัจจุบันระบบรักษาความปลอดภัยเป็นส่วนหนึ่งในการใช้ชีวิตประจำวัน ซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยตรวจสอบและกำหนดสิทธิของบุคคลที่จะเข้าถึงข้อมูลที่

สำคัญ ไม่ว่าจะเป็นการใช้งาน การเบิกถอนเงินสดจากตู้ ATM หรือการเข้าถึงในตัวอาคารสถานที่ที่รักษาความลับของหน่วยงานนั้นๆ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเดินทางระหว่างประเทศ การนำเอาระบบไบโอเมตริกซ์ (Biometric) เข้ามาช่วยในการตรวจสอบความเป็นตัวตนของบุคคลนั้น ย่อมเป็นทางเลือกที่ดีกว่ากระบวนการตรวจสอบ จากบัตรประจำตัวประชาชน หนังสือเดินทาง (Passport) หรือแม้แต่การให้รหัสบัตร ATM ในรูปแบบเก่าๆที่ง่ายต่อการคาดเดา การเข้าถึง การปลอมแปลง การที่จะรู้ว่าคนคนนั้นคือใคร ไม่ได้ขึ้นอยู่กับการมีบัตรประชาชน หรือการจดจำรหัสผ่าน ATM ทุกใบที่มี (Vanaja, et al., 2011) เทคโนโลยีการรู้จำม่านตา (Iris recognition) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ที่ได้รับการยอมรับสามารถใช้งานได้อย่างน่าเชื่อถือในการระบุอัตลักษณ์บุคคล โดยการวิเคราะห์จากรูปแบบม่านตาของมนุษย์ ซึ่งอยู่ในรูปแบบเฉพาะหรือเอกลักษณ์ของลักษณะทางพันธุกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับสีของม่านตาและกล้ามเนื้อโดยรอบของม่านตา ในการสร้างลักษณะเฉพาะรูปแบบ ซึ่งทำให้สามารถสุ่มตัวอย่างจากผู้ใช้งานที่หลากหลาย และผลลัพธ์ที่ได้ออกมามีรูปแบบไม่ซ้ำกัน (Michael, et al., 2010) ในการเปรียบเทียบเทคโนโลยีการรู้จำม่านตา (Iris recognition) กับเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์อื่นๆ เทคโนโลยีการรู้จำม่านตา (Iris recognition) จะค่อนข้างได้เปรียบกว่า เพราะโดยลักษณะเนื้อเยื่อม่านตามีลักษณะเฉพาะบุคคลและมีความซับซ้อน มีเอกลักษณ์แม้แต่ในพี่น้องหรือฝาแฝดก็จะมีความแตกต่างกัน และอยู่ติดตัวไปตลอดทั้งชีวิต ซึ่งการลอกเลียนแบบนั้นเป็นไปได้ยากมาก การรู้จำม่านตา (Iris recognition) ถือว่าเป็นเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ อีกรูปแบบหนึ่งที่มีการพยายามพัฒนาเพื่อมาใช้ในเชิงพานิชย์ เนื่องจากยากต่อการปลอมแปลง และไม่มีปัญหาการใช้งาน การสแกนม่านตาขึ้นอยู่กับว่าเครื่องมือที่ใช้ในการสแกนว่าสามารถสแกนม่านตาได้ชัดมากเพียงใด ซึ่งโดยปกติจะใช้แสงอินฟราเรดในการสแกนเนื้อเยื่อในม่านตา ที่เรียงตัวแบบรัศมีวงกลม รวมทั้งลักษณะอื่นๆ เช่น ขนาดม่านตา ร่องจุดโคโรนา (Corona) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและการให้รหัสม่านตา (Iriscode) จากภาพประกอบ 11, 12



ภาพประกอบ 11 การให้รหัสม่านตา

ที่มา : NSTC Subcommittee Biometrics, 2006, August



ภาพประกอบ 12 การใช้ภาพแทนรหัสม่านตา

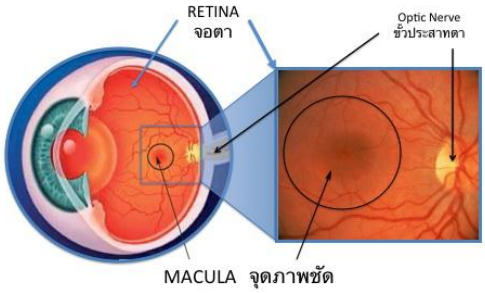
ที่มา : NSTC Subcommittee Biometrics, 2006, August

โดยลักษณะการทำงานของเทคโนโลยีการรู้จำม่านตา (Iris recognition) จะเปลี่ยนลักษณะ และตำแหน่งที่เครื่องสแกนมองเห็น ไปเป็นลำดับความถี่แปลเป็น bit pattern ขนาด 512 Bytes ซึ่งจะใช้เป็นต้นแบบหรือแม่แบบในการตรวจสอบหาเอกลักษณ์ครั้งต่อไปของผู้ใช้งาน โดยลักษณะเฉพาะของม่านตาจะมีมากกว่า 266 จุด ซึ่งจะต่างจากลักษณะเฉพาะของการระบุตัวตนด้วยชีวมาตรประเภทอื่นๆ ที่ใช้ในการตรวจหาจุดลักษณะเฉพาะเพียงแค่ 13 ถึง 60 จุดเท่านั้น (Anil, et al.,2004) ข้อดีของม่านตา ม่านตาเป็นส่วนของร่างกายที่อยู่ภายในลูกตาและถูกคลุมไว้ด้วยเนื้อเยื่อ มีความเป็นเอกลักษณ์ คงทนถาวร และปลอมแปลงยากจึงเหมาะสำหรับใช้ในการระบุตัวตน ม่านตาสามารถถูกสแกนในระยะใกล้ตั้งแต่ 10 ซม. จนถึงประมาณ 1 เมตร ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการสแกนเก็บข้อมูล ต่างจากการเก็บข้อมูลของชีวมาตรประเภทอื่น เช่น การสแกนลายนิ้วมือที่ผู้ใช้จำเป็นต้องสัมผัสกับอุปกรณ์ ถึงแม้ว่าการผ่าตัดหรืออาการเจ็บป่วยอาจทำให้รูปร่าง สี ของม่านตามีการเปลี่ยนแปลงไป แต่รายละเอียดของม่านตายังคงไว้ไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับข้อเสีย การสแกนม่านตาจะไม่สามารถทำได้ในระยะไกลหลายเมตร ดังนั้นการเก็บข้อมูลจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากผู้ถูกเก็บ

3.2.4 จอประสาทตา (Retina)

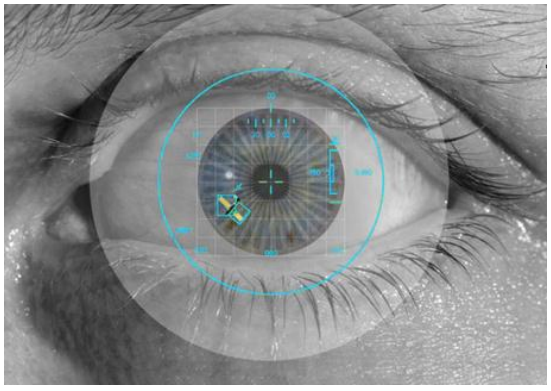
จอประสาทตาเป็นส่วนที่อยู่ด้านหลังของลูกตา เป็นเยื่อบาง ค่อนข้างใส กรุอยู่ด้านในผนังลูกตา ทำหน้าที่เป็นเหมือนจอรับภาพ แสงที่ผ่านจากด้านหน้าของลูกตาเพื่อรับภาพแล้วส่งภาพไปตามเส้นประสาทตาเข้าสู่สมองเพื่อให้สมองรับรู้และแปลภาพว่าเป็นภาพอะไร จอประสาทตานับว่าเป็นส่วนที่สำคัญมากของลูกตา ถ้ามีโรคเกิดขึ้นที่จอประสาทตา ก็เป็นการยากที่จะรักษาให้กลับมาดีเหมือนเดิมได้ โรคที่เกิดกับจอประสาทตา เช่น จอประสาทตาที่ฉีกขาด จอประสาทตาหลุดออก ตรงกลางของจอประสาทตาเป็นบริเวณที่สำคัญที่สุด เรียกว่าจุดภาพชัด (macula) หรือศูนย์กลางจอประสาทตา เป็นส่วนที่เห็นภาพได้ชัดเจนที่สุด ถ้าเสียไปจะทำให้ตามัวโดยเฉพาะจะมัวมากตรงส่วนกลางของภาพ โรคของแมคคูล่าที่พบได้บ่อย เช่น การเสื่อมของแมคคูล่าในผู้สูงอายุ แมคคูล่าบวม เทคโนโลยีที่

ใช้ระบุตัวตนด้วยการใช้จอประสาทตา จอรับภาพของตา หรือ จอประสาทตา (Retina) ที่อยู่ด้านหลังของดวงตา ซึ่งเป็นส่วนชั้นในสุดของเปลือกหรือผนังของลูกตาโดยเปลือกลูกตาจะมีทั้งหมด 3 ชั้น ชั้นนอก ได้แก่ กระจกตาหรือตาดำเป็นด้านหน้าและต่อด้วยตาขาวเป็นส่วนต่อไป จนถึงด้านหลังของลูกตา ชั้นกลาง ชั้นของหลอดเลือด ชั้นในสุดคือจอตา จากภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 ภาพแสดงชั้นในสุดของจอตา (ณัฐวุฒิ, 2552)

จอประสาทตา (Retina) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ที่มีความไวต่อแสงมีหน้าที่รับภาพจากแก้วตา โดยปกติหลอดเลือดในบริเวณจอประสาทตาจะมีมากกว่าเนื้อเยื่อโดยรอบ ซึ่งในแต่ละบุคคลนั้นจะมีตำแหน่งของเส้นเลือดที่ไม่ซ้ำกัน (Julian, 2002) โดยหลักการจะวิเคราะห์เส้นเลือดจอประสาทตาที่เพิ่มขึ้น โดยนำภาพที่เกิดจากเส้นเลือดจอประสาทตาที่เพิ่มขึ้น มาหารูปแบบลักษณะ จากภาพประกอบ 14, 15



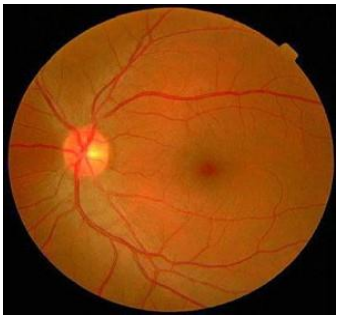
ภาพประกอบ 14 แสดงเส้นเลือดจอประสาทตา

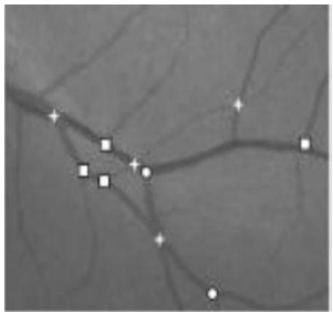
ที่มา : Julian, 2002

ภาพประกอบ 15 เส้นเลือดจอประสาทตา

ที่มา : Julian, 2002

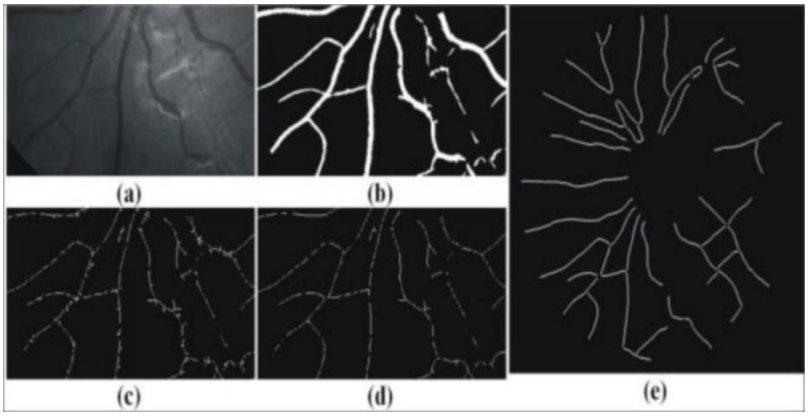
เทคโนโลยีเรตินาสแกน (Retinal-Scan Technology) ได้รับการพัฒนาขึ้นในปี 2523 และเป็นที่รู้จักกันดีในนามเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ (Biometric Scanning Technologies) จากสถิติการนำไปใช้งานของเทคโนโลยีเรตินาสแกน (Retinal-Scan Technology) ยังอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ทั้งหมด เนื่องจากเทคโนโลยีการสแกนม่านตายังคงอยู่ในขั้นการสร้างต้นแบบการพัฒนาและยังคงไม่พร้อมใช้งานในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากการตรวจภาพจากเส้นเลือดที่อยู่ลึกลงไปในจอดวงตาด้วยเทคโนโลยีเรตินาสแกน (Retinal-Scan Technology) นั้น เป็นเรื่องยากในการที่จะถ่ายภาพจอประสาทตาที่มีขนาดเล็กเพื่อนำมาเปรียบเทียบความเป็นตัวตนของบุคคลนั้นๆ โดยอาจจะต้องใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการวิเคราะห์เฉพาะด้าน การใช้งานอุปกรณ์ตรวจสอบความเป็นตัวตน ผู้ใช้จะต้องวางตำแหน่งดวงตาให้อยู่ใกล้กับเลนส์และจ้องมองตรงเข้าไปในตัวเลนส์ ที่ใช้ในการตรวจสอบเพื่อให้ได้ภาพเส้นเลือดในจอประสาทตา จากภาพประกอบ 16 และภาพประกอบ 17 (John Trader, 2012)





ภาพประกอบ 16 เส้นเลือดที่อยู่ลึกลงไปในจอดวงตา

ที่มา : John Trader, 2012



ภาพประกอบ 17 เส้นเลือดที่อยู่ในจอดวงตา

ที่มา : John Trader, 2012

วิธีการจะใช้แสงอินฟาเรด (Infrared) พลังงานต่ำฉายเข้าไปในลูกตา เพื่อสแกนหลอดเลือดรูปแบบที่จอประสาทตา เนื่องจากเส้นเลือดฝอยเหล่านี้จะดูดกลืนแสงอินฟาเรด (Infrared) เข้าไปมากกว่าส่วนอื่นๆ ในจอตา ทำให้มีแสงอินฟาเรด (Infrared) สะท้อนกลับออกมาจากเส้นเลือดฝอยลดน้อยลง สุดท้ายจะได้ภาพของจอประสาทตาจากแสงที่สะท้อนกลับมาจากมุมต่างๆในดวงตาเรา จากภาพประกอบ 17 และนำไปใช้ในการตรวจเทียบกับข้อมูลภาพจอประสาทตาก่อนหน้าที่ได้เคยเก็บไว้เพื่อใช้พิสูจน์ตัวบุคคล ในการสแกนนั้นเครื่องสแกนเป็นวงกลม 360 องศา เพื่อการอ่านและสร้างรูปแบบของเส้นเลือดที่มีลักษณะเฉพาะ จากจุดอ้างอิงของภาพ 400 จุดตัวอย่าง และทำการลดจุดตัวอย่างของภาพที่สำคัญเหลือเพียง 192 จุดตัวอย่าง จากนั้นจุดรูปภาพอ้างอิงทั้งหมดจะถูกแปลงค่าข้อมูลเพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลลงเครื่องคอมพิวเตอร์ 96 Bytes เครื่องจะทำการเก็บข้อมูลแม่แบบภาพจากเส้นเลือดและเก็บไว้ในหน่วยความจำ สำหรับการตรวจสอบความเป็นตัวบุคคลในครั้งต่อไป ซึ่งโดยปกติในกระบวนการจัดเก็บจะเก็บ 3-5 รูปภาพของรูปแบบเส้นเลือดที่ได้รับจากการตรวจสอบ เพื่อยืนยันความเป็นตัวตนของบุคคลนั้นๆ และด้วยเหตุนี้ขั้นตอนตรวจสอบในครั้งแรกค่อนข้างใช้เวลานานมากกว่า 1 นาที และด้วยความต้องการภาพรูปแบบของเส้นเลือดที่มีความละเอียดสูงอาจจะต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนาซอฟแวร์ในการรวบรวมคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์ของเส้นเลือดจอประสาทตา เพื่อให้การเก็บข้อมูลได้เร็วขึ้น อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของเทคโนโลยีเรตินาสแกน (Retinal-Scan Technology) ถ้าเทียบกับ ระดับความปลอดภัยของเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ (Biometric Scanning Technologies) ชนิดต่างๆ เทคโนโลยีเรตินาสแกน (Retinal-Scan Technology) นับว่ามีข้อดีกว่า เนื่องจากการตรวจจอประสาทตา

นั้นให้ความแม่นยำในการตรวจสูงมาก มีระดับการรักษาความปลอดภัยที่สูง และข้อมูลภาพถ่ายของจอประสาทตาเหล่านั้นจะกินเนื้อที่เพียง 96 Bytes จึงใช้เวลาในการตรวจสอบเปรียบเทียบเวลาใช้งานน้อยมาก สิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งคือมีความยากที่จะปลอมแปลงหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยาของจอประสาทตาในแต่ละบุคคล เพราะจอประสาทตาตั้งอยู่ลึกเข้าไปในดวงตาของคน รวมทั้งมีความเป็นไปได้น้อยมากที่จะมีปัจจัยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจอประสาทตาของมนุษย์ สำหรับข้อเสียของเทคโนโลยีเรตินาสแกน (Retinal-Scan Technology) ที่ใช้ระบุตัวตนทางกายภาพนั้น จะมีข้อจำกัดในการใช้งาน ต้องมีการควบคุมสภาพแวดล้อมบริเวณสถานที่โดยรอบในการสแกน ดังนั้นจึงมักถูกนำมาใช้ในงานกำหนดสิทธ์การเข้าถึงข้อมูลความลับขององค์กรความมั่นคงหรือหน่วยงานทางรัฐบาลในการรักษาความปลอดภัยในระดับสูง ตลอดจนความลับของเทคโนโลยีทางการทหาร (Samir Nanvati, 2002) และจากที่กล่าวมาข้างต้นการเก็บข้อมูลของผู้ใช้งานในครั้งแรกค่อนข้างใช้เวลามากกว่าเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ (Biometric Scanning Technologies) ชนิดอื่นๆ รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์เทคโนโลยีค่อนข้างมีค่าใช้จ่ายสูง และการใช้งานมีความยุ่งยากจำเป็นต้องใช้ผู้มีความชำนาญในการเก็บข้อมูล ปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่ทำให้เส้นเลือดที่จอตาอาจเปลี่ยนแปลงได้อาทิเช่น การหลุดลอกของจอประสาทตา เส้นเลือดฝอยในจอประสาทตาแตก ฯลฯ และที่สำคัญที่สุดคือผู้ใช้งานทั่วไปไม่ค่อยยอมรับเนื่องจากต้องเอาหน้าไปวางชิดกับเครื่องตรวจ จึงอาจคิดว่าจะเกิดอันตรายกับดวงตา อีกทั้งผู้ใช้มักไม่ค่อยเชื่อมั่นว่าการยิงแสงอินฟาเรด Infrared พลังงานต่ำเข้าไปในดวงตาจะปลอดภัย มักรู้สึกกังวลว่าจะเกิดอันตรายกับตา (Spinella and Edmund, 2003) ซึ่งถือว่าเป็นหนึ่งในปัจจัยที่จะทำให้ไม่นิยมในการเลือกเทคโนโลยีนี้มาใช้

3.2.5 จมูก (Nose)

จมูกเป็นอวัยวะรับสัมผัสที่สำคัญอย่างหนึ่งของร่างกาย โดยทำหน้าที่รับกลิ่นของสิ่งที่อยู่รอบๆตัว เช่นกลิ่นอาหาร กลิ่นดอกไม้ ฯลฯ นอกจากนี้ยังเป็นทางผ่านของอากาศที่เราหายใจอยู่ตลอดเวลา โดยทำหน้าที่กรองอากาศ ปรับอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศก่อนที่จะเข้าสู่ปอด เมื่ออากาศเย็น จมูกจะปรับให้อุ่นขึ้น ถ้าอากาศแห้งมาก จมูกสามารถสร้างความชุ่มชื้น นอกจากนี้จมูกยังช่วยในการปรับเสียงที่เราพูด ให้กังวานน่าฟังอีกด้วย จมูก เป็นอวัยวะที่ประกอบด้วยกระดูกแข็ง กระดูกอ่อน และเนื้อเยื่อ ประกอบกันเข้าเป็นโพรงจมูกเหมือนถ้ำหรืออุโมงค์ให้เป็นทางผ่านเข้าออกของลมหายใจ ภายในโพรงจมูกมี เยื่อเมือกบุอยู่ มีเส้นเลือดฝอยมาเลี้ยงมากมาย ทำให้ภายในโพรงจมูกชื้น และอบอุ่นอยู่เสมอ เมื่อมีอะไรมากระทบหรือจามแรง ๆ บางครั้ง อาจทำให้มีเลือดกำเดาไหลออกมา

ได้ นอกจากนี้ที่รูจมูก ยังมีขนจมูกเป็นเหมือนหม้อกรองอากาศคอยทำหน้าที่กันฝุ่นละออง และสิ่งอื่นๆ ที่จะเข้าไปในจมูก ส่วนประกอบต่างๆของจมูกได้แก่

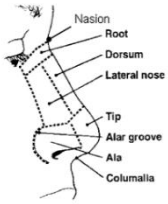
1. สันจมูก เป็นกระดูกอ่อนที่เริ่มตั้งแต่ใต้หัวคิ้วไล่จากส่วนบนซึ่งเป็นกระดูกที่เรียกว่าดั้งจมูกลงมาที่กระดูกอ่อนส่วนล่างมีเนื้อเยื่อและผิวหนังปกคลุมอยู่ภายนอก

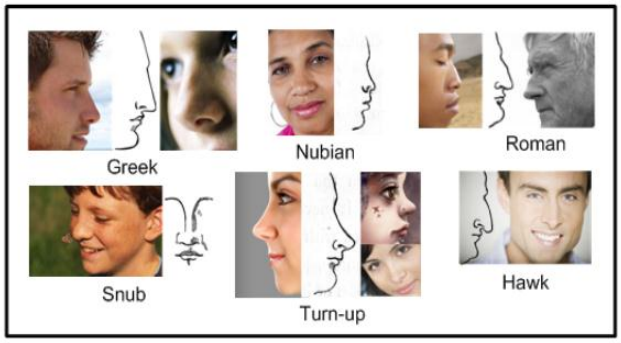
2. รูจมูก มีอยู่ 2 ข้าง อยู่ตรงส่วนล่างของจมูก ภายในมีขนจมูกทำหน้าที่ป้องกันฝุ่นละอองในขณะหายใจเข้า

3. โพรงจมูก อยู่ถัดจากรูจมูกเข้าไปข้างใน ซึ่งเป็นที่พักของอากาศก่อนจะถูกสูดเข้าปอด โพรงจมูกทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ โดยหลอดเลือดฝอยซึ่งมีอยู่มากมายตามแผ่นเยื่อเมือกจะถ่ายเทความร้อนออกมาทำให้อากาศชุ่มชื้น แผ่นเยื่อเมือกเองก็จะทำหน้าที่ปรับความชื้นให้กับอากาศ พร้อมทั้งดักจับฝุ่นละอองที่เล็ดลอดผ่านขนจมูกเข้าไปแล้วขับทิ้งออกมาเป็นน้ำมูกนั่นเอง บริเวณด้านบนของโพรงจมูกมีปลายประสาท ทำหน้าที่รับกลิ่นอยู่มากมาย ภายในจมูกยังมีรูเปิดของท่อน้ำตาซึ่งเป็นที่ระบายน้ำตาลงมาในโพรงจมูก เพื่อมิให้เอ่อล้นออกมานอกลูกตา เมื่อเราร้องไห้จะมีน้ำตาออกมามาก น้ำตาส่วนหนึ่งไหลลงมาตามท่อนี้เข้าสู่ช่องจมูก ทำให้เห็นเป็นน้ำมูกใสๆไหลออกมาทางจมูกเวลาร้องไห้จึงมักจะคัดจมูกและมีน้ำมูกไหลออกมาด้วย

4. โพรงอากาศรอบจมูก (ไซนัส) เป็นโพรงกระดูกที่อยู่ในบริเวณรอบๆ จมูก มีอยู่ 4 คู่ คือ บริเวณกึ่งกลางหน้าผากเหนือคิ้วทั้งสองข้าง 1 คู่ บริเวณใต้สมองทั้งสองข้าง 1 คู่ บริเวณค่อนไปข้างหลังของกระดูกจมูก 1 คู่และอยู่บริเวณสองข้างของจมูกอีก 1 คู่ โพรงอากาศเหล่านี้มีเยื่อบางๆ อยู่เช่นเดียวกับช่องจมูก และโพรงอากาศเหล่านี้จะเปิดเข้าสู่ช่องจมูกโดยตรงด้วย ดังนั้นถ้ามีอะไรผิดปกติเกิดขึ้นที่ช่องจมูกจะมีผลต่อโพรงอากาศนี้ด้วย

จากงานวิจัยในการนำจมูกมาใช้เป็นเครื่องมือในการระบุตัวตนของ Moorhouse (A. Moorhouse, et al.,2009) จมูกเป็นหนึ่งในชีวมาตรบนใบหน้านอกเหนือจาก ม่านตา ใบหน้า ลายนิ้วมือ เป็นส่วนที่ยากจะปกปิด มีความเป็นเอกลักษณ์และสามารถเก็บข้อมูลได้อย่างง่ายดายถึงแม้ผู้ถูกจัดเก็บจะอยู่ในหมู่คน จึงทำให้จมูกเป็นชีวมาตรที่ใช้ในการระบุบุคคลได้อย่างหนึ่ง จมูกทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ประเภท ได้แก่ แบบโรมัน แบบกรีก แบบนูเบีย แบบเหยี่ยว แบบเชิด และแบบแหงน





ภาพประกอบ 18 จมูกประเภทต่างๆ

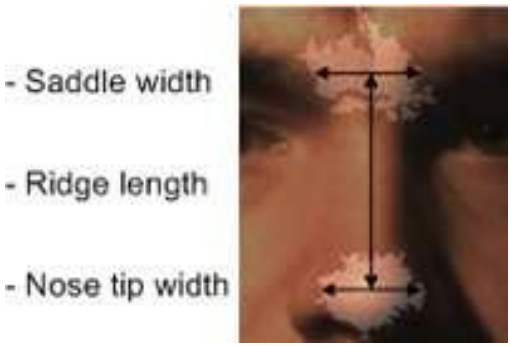
ที่มา : Moorhouse A., et al.,2009

การแบ่งสกัดส่วนประกอบของจมูกจากการใช้ระบบการถ่ายรูปที่เรียกว่า PhotoFace ใช้ภาพถ่ายหลายๆ ภาพจากมุมที่แตกต่างกัน ทำการตัดเงาบนใบหน้า

ภาพประกอบ 19 ภาพถ่ายก่อนการตัดเงา

ที่มา : G. A. Atkinson, et al.,2009

วิเคราะห์รูปแบบจมูกตามรูปทรงของจมูก 6 ประเภท แทนการใช้ทั้งรูปร่างของจมูก โดยจะเลือกใช้เพียงสามลักษณะในการวิเคราะห์ ได้แก่ รายละเอียดสันจมูก ปลายจมูก และความกว้างระหว่างตาที่ด้านบนของจมูก



ภาพประกอบ 20 อัตราส่วนในการคำนวณจากรูปสามเหลี่ยมของจมูก
ที่มา : G. A. Atkinson, et al.,2009

ด้วยการเปรียบเทียบจากข้อมูลที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลกับข้อมูลของผู้ที่ต้องการพิสูจน์ตัวตน ด้วยวิธีดังกล่าวคอมพิวเตอร์สามารถระบุบุคคลกลุ่มเล็กๆ 36 รายในฐานข้อมูลได้อย่างถูกต้อง จึงเป็นแนวโน้มที่ดีในการใช้จมูกในการระบุบุคคล ซึ่งง่ายต่อการเข้าถึงมากกว่าการระบุบุคคลด้วยลายนิ้วมือหรือการระบุบุคคลด้วยม่านตา โดยเฉพาะพื้นที่ชุมชนที่มีคนจำนวนมาก เช่น สนามบิน การใช้ลายนิ้วมือย่อมไม่สะดวกและยุ่งยาก แต่อย่างไรก็ตามม่านตาไม่สามารถเข้าถึงได้ถ้าบุคคลสวมใส่แว่นตา ขณะเดียวกันการศัลยกรรมจมูกเพื่อหลบเลี่ยงการระบุบุคคลย่อมง่ายกว่าการผ่าตัดเปลี่ยนลายนิ้วมือ จากงานวิจัยของ Emambakhsh (Emambakhsh, M., et al.,2013) จมูกเป็นส่วนประกอบหนึ่งของใบหน้าที่มีความเสถียรเมื่อเทียบกับส่วนอื่น ๆ เช่นหน้าผาก ตา แก้ม และปาก เป็นส่วนที่ยากจะปกปิดจากการตรวจจับ (G. A. Atkinson, et al.,2009) จมูกมีโครงสร้างที่นูนโค้ง ทำให้สามารถแบ่งส่วน และตรวจสอบได้ดีกว่าส่วนประกอบอื่นของใบหน้า จมูกจึงมีคุณสมบัติที่ได้เปรียบสำหรับใช้เป็นชีวมาตรในการระบุบุคคล แต่ข้อมูลพื้นผิวจมูก และสีที่เก็บแบบสองมิติไม่เพียงพอสำหรับการพิสูจน์บุคคลของมนุษย์ (W. Zhao, et al.,2003) ปัญหาดังกล่าวได้รับการแก้ไขโดยการพัฒนาข้อมูลให้มีความละเอียดด้วยภาพสามมิติ และเสนอเทคนิคการรับรู้จมูกใหม่โดยกำหนดขอบเขตของจมูก เก็บส่วนโค้งทั้งหมดของจมูก เพื่อปรับเป็นลักษณะของเวกเตร์ เรียกแนวทางนี้ว่าขั้นตอนวิธี Nasal Curve Matching (NCM) ขั้นตอนวิธีเริ่มต้นด้วยการประมวลผลข้อมูลรูปหน้าที่นำเข้ามาก่อน ภาพใบหน้าจะถูกตัดดึงเฉพาะส่วนของจมูกโดยใช้ขั้นตอนวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก principal component analysis PCA (A. Mian, et al.,2007) จากนั้นภาพจมูกจะถูกแปลงเป็นจุด 16 จุดรอบทั่วขอบจมูกพร้อมกับการกำหนดชื่อแต่ละจุด เช่น ปลายจมูก เป็น L9 คำนวณหาความกว้างระหว่างจุด ตัดแนวระนาบ

ตั้งฉาก หาคู่ในแต่ละจุดกำหนดเป็น 75 ความโค้งบนพื้นผิวจมูก ความโค้งที่ได้จะถูกนำมาใช้ เพื่อการพิสูจน์ตัวบุคคล

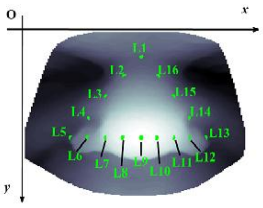


Figure 2: Landmarks' locations and names.

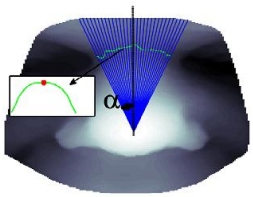


Figure 3: **L1** detection procedure: the blue lines are the planes intersection. The green curve is each intersection's minimum. The red dot is the minima peak, which gives the location of **L1** ($\alpha = 15°$).

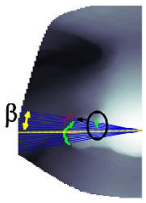


Figure 4: **L5** (and similarly **L13**) detection procedure: The blue lines: intersection of the orthogonal planes; The green points: candidate points for **L5**; The red points: the outlier removal result. $\beta = 15°$ is the maximum of $[\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_N]$

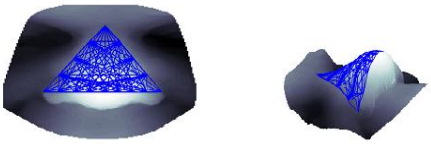


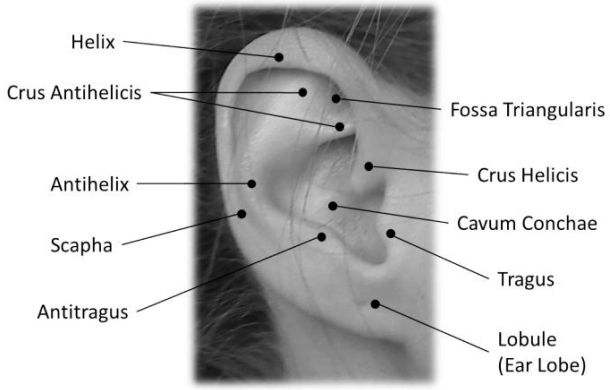
Figure 5: The landmarks' connecting curves: (a) frontal view and (b) side view.

ภาพประกอบ 21 อัตราส่วนที่ใช้ในการระบุตัวบุคคลคำนวณจากรูปสามเหลี่ยมของจมูก
ที่มา : Emambakhsh, M., et al.,2013

3.2.6 ใบหู (Ear-Based)

หู (Ear) ของมนุษย์แบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ หูชั้นนอก (External ear) หูชั้นกลาง (Middle ear) และหูชั้นใน (Inner ear) ซึ่งเสียงจะต้องเดินทางผ่านหูทั้ง 3 ชั้นและผ่านทางเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 ไปสู่สมองทำให้เราได้ยินเสียงขึ้น และรับรู้ว่าเป็นเสียงอะไร หูชั้นนอกประกอบด้วย ใบหู (Pinna หรือ

Auricle) ที่สามารถมองเห็นจากภายนอก ประกอบด้วยกระดูกอ่อนซึ่งยืดหยุ่นและพับงอได้ ยกเว้นบริเวณติ่งหูจะไม่มีกระดูกอ่อน ใบหูจะยึดติดกับศีรษะด้วยกล้ามเนื้อและเส้นเอ็น ต่อจากใบหูจะเป็นช่องหู ส่วนของช่องหูด้านนอกจะมีขนและต่อมสร้างขี้หู ซึ่งทำหน้าที่สร้างขี้หูออกมา ด้านในสุดของหูชั้นนอกจะเป็นเนื้อเยื่อ เรียกว่า แก้วหู หรือบางท่านเรียกว่า เยื่อแก้วหู (Eardrum หรือ Tympanic membrane) เป็นตัวกั้นระหว่างหูชั้นนอกและหูชั้นกลาง ซึ่งหูชั้นนอกจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนเครื่องขยายเสียงและส่งผ่านเสียงไปยังหูชั้นกลาง หูขั้นกลางประกอบด้วย กระดูกชิ้นเล็กมาก 3 ชิ้น คือ กระดูกรูปค้อน (Malleus) กระดูกรูปทั่ง (Incus) และกระดูกรูปโกลน (Stapes) นอกจากนี้ยังมีกล้ามเนื้อ ซึ่งทำหน้าที่ในการส่งผ่านและขยายเสียง และป้องกันเสียงที่ดังมากๆ ไม่ให้เข้าไปทำลายหูชั้นใน บริเวณหูชั้นกลางนี้จะมีท่อยูสเตเชียน (Eustachian tube) เชื่อมระหว่างหูชั้นกลางและหลังโพรงจมูก โดยท่อนี้จะมีหน้าที่ปรับความดันในหูชั้นกลางให้เท่ากับบรรยากาศภายนอก และยังทำหน้าที่ป้องกันสิ่งแปลกปลอมจากบริเวณช่องคอหลังโพรงจมูกย้อนเข้ามาในหูชั้นกลาง และเป็นทางระบายสารคัดหลั่งต่างๆจากหูชั้นกลางลงสู่ช่องคอหลังโพรงจมูกอีกด้วย หูชั้นในประกอบด้วย ส่วนรับฟังเสียงเรียกว่าคอเคลีย (Cochlea) เป็นรูปก้นหอย เป็นอวัยวะรับฟังเสียงที่ส่งต่อมาจากหูชั้นกลาง และส่งผ่านไปยังเส้นประสาทหูเส้นที่ 8 ไปแปลผลที่สมอง ทำให้เราสามารถรับรู้ความหมายว่าเป็นเสียงอะไร นอกจากนี้ในหูชั้นในยังมีอวัยวะที่ควบคุมระบบการทรงตัวอีกด้วย เรียกว่า เวสติบูลา (Vestibular system) ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญคือท่อรูปครึ่งวงกลม (Semicircular canal) 3 ท่อที่ภายในบรรจุของเหลวที่ควบคุมระบบการทรงตัวของร่างกาย) ซึ่งถ้าเวสติบูลามีความผิดปกติ จะทำให้เกิดอาการเวียนศีรษะได้ (วัชราภรณ์, 1 มิถุนายน 2559)



ภาพประกอบ 22 แสดงโครงสร้างใบหู

ที่มา : Anika Pflug and Christoph Busch, 2012

การใช้เทคโนโลยีชีวมาตรด้วยรูปทรงของใบหูมาใช้ในการระบุตัวตนขององค์กร หรือสถานที่สำคัญต่างๆที่ต้องการระบบรักษาความปลอดภัยในระดับสูงเป็นที่ยอมรับในนานาชาติ ในปัจจุบันมีการนำเอาเทคโนโลยีการรู้จำใบหู (Ear Recognition) มาใช้งานในการตรวจคนเข้าเมือง การจัดเก็บประวัติและการตรวจสอบสัญชาติ Immigration and Naturalization Service (INS) ในประเทศสหรัฐอเมริกา จากภาพประกอบ 23 การกำหนดกฎระเบียบของภาพถ่ายของแต่ละบุคคล โดยภาพถ่ายนั้นจะต้องให้เห็นใบหูชัดเจน (Ping Yan, 2006)

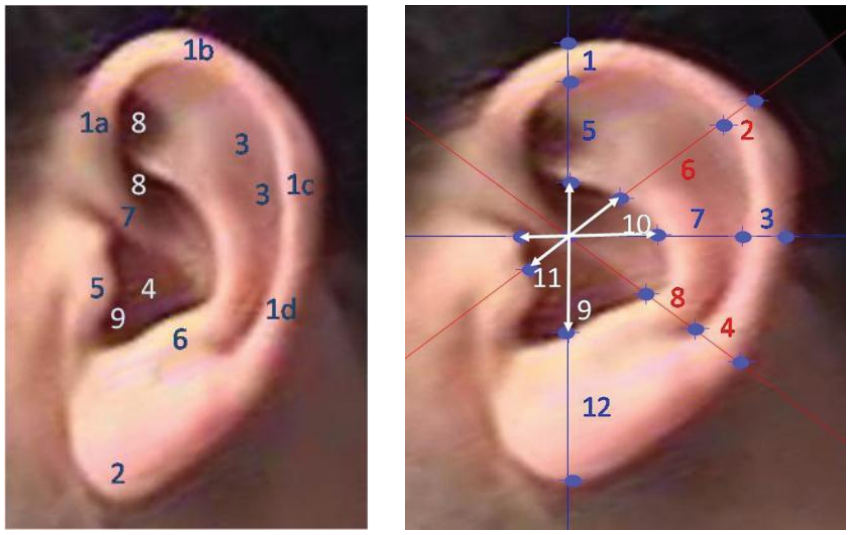
ภาพประกอบ 23 ตัวอย่างการเก็บภาพในการตรวจคนเข้าเมือง
ที่มา : Ping Yan, 2006

เทคโนโลยีการรู้จำใบหู (Ear Recognition) ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1880 โดยเจ้าหน้าที่ตำรวจชาวฝรั่งเศษ Alphonse Bertillon จากแผนกอาชญวิทยา (Criminologist) และถูกนำมาประยุกต์เป็นระบบที่นำไปใช้งานจริง โดยเจ้าหน้าที่ตำรวจชาวอเมริกัน Alfred Lannarelli ที่เป็นผู้คิดค้นระบบตรวจสอบการรู้จำรูปทรงของใบหู (Ear Recognition System) ด้วยกระบวนการตรวจสอบที่ขึ้นอยู่กับ 7 คุณสมบัติของระบบ ณ เวลานั้น จากนั้นในปี ค.ศ. 1906 นายแพทย์ R. Imhofer จากประเทศสาธารณรัฐเช็ก ได้ศึกษาชุดข้อมูลของรูปแบบใบหู 500 แบบ และได้สังเกตพบว่าข้อมูลรูปทรงของใบหู สามารถนำมาแยกแยะได้อย่างชัดเจนระหว่างบุคคลแต่ละบุคคลโดยขึ้นอยู่บนพื้นฐานสี่คุณลักษณะ หลังจาก 50 ปีต่อมาทีมงานนักวิจัยได้ทำการวิจัย โดยการใช้ภาพถ่ายใบหูนำมาประเมินจุดภาพถ่ายของใบหูจากทั้งหมด 206 จุด ของทารกแรกเกิดและได้ข้อสรุปว่า รูปแบบลักษณะของใบหูสามารถนำมาใช้เพื่อสร้างเอกลักษณ์ของทารกแรกเกิดได้ และในระหว่างปี ค.ศ. 1948 และปี ค.ศ. 1962 Alfred Lannarelli ได้ใช้เวลาเก็บรวบรวมรูปภาพของใบหูของแต่ละบุคคลที่แสดงให้เห็นความแตกต่างกันถึง 1,000 รูปแบบ โดยการวัด

รูปแบบทางเรขาคณิตและผลลัพธ์ที่ได้คือรายละเอียดโครงสร้างของใบหูมนุษย์จะมีรูปทรงที่ไม่ซ้ำกัน แม้แต่จะเกิดในครอบครัวเดียวกันและเป็นคู่แฝดกัน และโดยลักษณะใบหูของมนุษย์นั้นจะไม่เปลี่ยนแปลงและคงรูปทรงไปตลอดทั้งชีวิต (V.K. Narendira Kumar, and B. Srinivasan, 2012) ระบบสแกนชีวมาตรใบหู (Ear Biometric System) เก็บข้อมูลรูปแบบและเปรียบเทียบกับคุณลักษณะรูปภาพอื่น ๆ เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะที่สามารถระบุตัวบุคคล ในการตรวจจับภาพรูปแบบของลักษณะใบหูนั้น สามารถทำได้ทั้งรูปแบบสองมิติ 2D ที่ใช้ลักษณะภาพประกอบ และรูปแบสามมิติ 3D ที่ใช้ตรวจจับจุดลักษณะความสูงต่ำของตำแหน่งพื้นผิวของใบหู โดยขั้นตอนการตรวจจับรูปแบบของใบหูนั้นจะเริ่มจากการกำหนดตำแหน่งบนรูปภาพของใบหู ระบบจะกำหนดจุดขอบเขตรูปสี่เหลี่ยมเพื่อบ่งชี้ขอบเขตพื้นที่ใบหูซึ่งอยู่ด้านข้างใบหน้าของผู้เข้ารับการตรวจสอบ (Anika Pflug and Christoph Busch, 2012) จากภาพประกอบ 24 การตรวจจับใบหูเป็นขั้นตอนที่สำคัญ

ภาพประกอบ 24 การตรวจจับใบหู
ที่มา : Dave Mosher, 2010

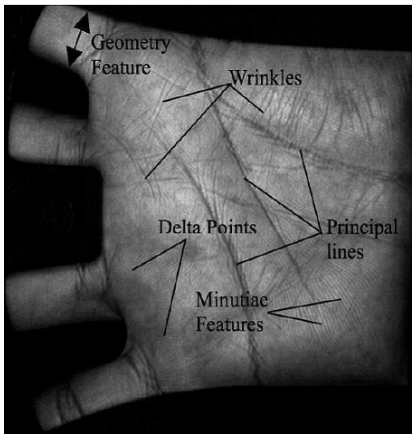
เนื่องจากการเก็บข้อมูลต้นแบบที่ผิดพลาด จะทำให้ไม่สามารถนำไปตรวจสอบคุณลักษณะการระบุตัวบุคคลในครั้งต่อไปได้ หลังจากนั้นระบบจะทำการเปรียบเทียบจากลักษณะรูปแบบที่มีอยู่ เพื่อทำการแยกแยะคุณสมบัติเด่นโดยใช้รูปแบบสัดส่วนทางคณิตศาสตร์ เป็นรูปแบบตัวอย่างลักษณะภาพแบบเวกเตอร์ (Vector) (Arun Ross and Ayman Abaza, 2011) เพื่อนำมาสรุปวิเคราะห์ข้อมูลภาพของใบหูเพื่อทำการจับคู่ และเก็บไว้ในฐานข้อมูล เพื่อสร้างเป็นต้นแบบของลักษณะใบหูของผู้ถูกเก็บ



ภาพประกอบ 25 การแยกแยะคุณสมบัติเด่นของใบหูด้วยสัดส่วนทางคณิตศาสตร์
ที่มา : Ping Yan, 2006

3.2.7 ลายฝ่ามือ (Palm Print)

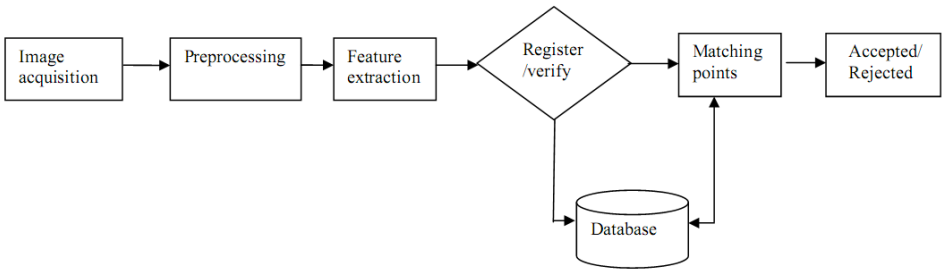
ลายฝ่ามือเป็นชีวมาตรทางกายภาพประเภทหนึ่ง เกิดจากเส้นนูนและเส้นร่องที่ปรากฏบนผิวของฝ่ามือประกอบกันเป็นลายฝ่ามือ ลักษณะ และตำแหน่งต่างๆของลายเส้นนูน และร่องของแต่ละบุคคลจะแตกต่างกัน เป็นเอกลักษณ์ของบุคคลแม้ว่าจะเป็นฝาแฝดกันก็ตามก็ยังมีลายฝ่ามือที่แตกต่างกัน ในขณะเดียวกันลายฝ่ามือของแต่ละบุคคลยังมีความถาวร ไม่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่อยู่ในครรภ์มารดาจนกระทั่งแก่ และเสียชีวิต ลายฝ่ามือจะขยายตามความเติบโต แต่ลายเส้นนูนและร่องก็ยังคงสภาพเหมือนเดิม ถึงแม้ผิวหนังบนฝ่ามืออาจมีการหลุดร่อน แต่เมื่อมีผิวเกิดขึ้นใหม่ลายฝ่ามือก็ไม่เปลี่ยนแปลง ด้วยสาเหตุดังกล่าวทำให้ลายฝ่ามือถูกนำมาใช้ยืนยันหรือระบุตัวตนได้ดีเช่นเดียวกับลายนิ้วมือ พื้นผิวของลายฝ่ามือประกอบไปด้วยคุณลักษณะต่างๆซึ่งทำให้เกิดเป็นเอกลักษณ์ของบุคคล เช่น ลักษณะลายเส้น ลักษณะของจุด ลักษณะของริ้วรอย ลักษณะเส้นละเอียดปลีกย่อย และลักษณะลายผิว เป็นต้น จากภาพประกอบ 26 (K.Krishneswari and S.Arumugam, 2010)



ภาพประกอบ 26 แสดงคุณลักษณะต่างๆของลายฝ่ามือ

ที่มา : K.Krishneswari and S.Arumugam, 2010

การยืนยันหรือการระบุตัวตนด้วยลายฝ่ามือโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การเก็บภาพลายฝ่ามือ เป็นขั้นตอนในการเก็บภาพลายฝ่ามือดิจิตัลของผู้ใช้เข้ามาในระบบ โดยไม่จำเป็นต้องกำหนดตำแหน่งในการวางมือขณะเก็บภาพ หลังจากนั้นจะส่งต่อไปยังขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้น เป็นขั้นตอนของการปรับแก้ไขภาพลายฝ่ามือที่ได้การตัดส่วนที่บิดเบือนออก เพื่อให้ได้ภาพที่มีความคมชัด ขั้นตอนที่ 3 การสกัดลักษณะเฉพาะ เป็นขั้นตอนของการสกัดลักษณะเฉพาะของบุคคล ซึ่งโดยทั่วไปการทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การยืนยันตัวตน และการระบุตัวตน การยืนยันตัวตนจะเป็นการเปรียบเทียบลายฝ่ามือและค้นหาข้อมูลของตนเองกับข้อมูลที่ได้มีการบันทึกเป็นแม่แบบและเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลแล้ว ถือว่าเป็นการรับรู้ในเชิงบวกที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อป้องกันไม่ให้บุคคลอื่นมาปลอมแปลงข้อมูล ในขณะที่การระบุตัวตนจะเป็นการค้นหาแต่ละบุคคล โดยการค้นหาจากแม่แบบของผู้ใช้ทั้งหมดในฐานข้อมูล สำหรับการจับคู่ ขั้นตอนวิธีของการยืนยันตัวตนจะต้องถูกต้อง แต่ขั้นตอนวิธีของการระบุตัวตนจะต้องมีความถูกต้องและต้องเร็วด้วย การสกัดคุณลักษณะและวิธีการจับคู่สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ เชิงลายเส้น เชิงช่องว่างย่อยๆ เชิงสถิติ และเชิงการเข้ารหัส (K.Krishneswari and S.Arumugam, 2010) และขั้นตอนที่ 4 การจับคู่กับภาพแม่แบบในฐานข้อมูล



ภาพประกอบ 27 ขั้นตอนการยืนยัน/ระบุตัวตนด้วยลายฝ่ามือ

ที่มา : K.Krishneswari and S.Arumugam, 2010

การระบุตัวตนในกรณีที่มีข้อมูลลายฝ่ามือในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ จะทำให้ต้องใช้เวลามาก ดังนั้นในขั้นตอนของการจับคู่ เพื่อลดจำนวนครั้งและลดเวลาที่ใช้ในการจับคู่ สามารถทำได้โดยการใช้การจับคู่แบบลำดับชั้น เช่น จับคู่ลักษณะของลายพื้นผิวก่อน หลังจากนั้นจึงจับคู่ในจุดที่สนใจเป็นลักษณะเฉพาะ ข้อดีของการใช้ลายฝ่ามือในการยืนยัน หรือระบุตัวตน นอกจากลายฝ่ามือมีความเป็นลักษณะเฉพาะในแต่ละบุคคลและไม่มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เกิดจนเสียชีวิตแล้ว ภาพลายฝ่ามือที่ใช้ก็เป็นภาพที่มีความละเอียดต่ำ จึงสามารถเก็บข้อมูลภาพโดยใช้อุปกรณ์ที่มีต้นทุนต่ำ และลายฝ่ามือประกอบด้วยข้อมูลที่มากกว่าลายนิ้วมือ แต่การใช้ลายฝ่ามือในการระบุตัวตนก็มีข้อเสีย ได้แก่ เครื่องสแกนลายฝ่ามือมักจะมีราคาแพงเนื่องจากต้องจับพื้นที่ขนาดใหญ่กว่าเครื่องสแกนลายนิ้วมือ การระบุตัวตนด้วยลายพิมพ์ฝ่ามือยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากกว่าลายพิมพ์นิ้วมือ การระบุตัวตนด้วยลายฝ่ามือไม่สะดวกที่จะนำไปใช้งานในระบบประยุกต์ เนื่องจากภาพที่ได้มีขนาดใหญ่กว่าลายนิ้วมือมากต้องการพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลจำนวนมากกว่า ระบบต้องทำการเปรียบเทียบลักษณะลายฝ่ามือของผู้ใช้กับทั้งหมดที่อยู่ในฐานข้อมูล ถ้าฐานข้อมูลมีขนาดใหญ่จะทำให้ระบบช้าและมีการคำนวณมาก

3.2.8 สารพันธุกรรม (DNA)

เทคโนโลยีชีวภาพ แหล่งรวมความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ, 2559 กล่าวว่า ฟรีดริช มีเชอร์ (Johann Friedrich Miecher) เป็นผู้ค้นพบดีเอ็นเอ (DNA) ในปี พ.ศ. 2412 (ค.ศ. 1869) โดยยังไม่ทราบว่ามีโครงสร้างอย่างไร จนในปี พ.ศ. 2496 (ค.ศ. 1953) เจมส์ ดี. วัตสัน และฟรานซิส คริก (James D. Watson and Francis Crick) ได้รวบรวมข้อมูล และสร้างแบบจำลองโครงสร้างของดีเอ็นเอ (DNA Structure Model) จนทำให้ได้รับรางวัลโนเบล (Nobel Prize in Physiology or Medicine in 1962) และนับเป็นจุดเริ่มต้นของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ (DNA Technology)

ภาพประกอบ 28 แบบจำลองโครงสร้างของดีเอ็นเอ

(ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 24 กุมภาพันธ์ 2559)

DNA (Dexoxy Ribonucleic Acid) หรือสารพันธุกรรมอยู่ในส่วนองค์ประกอบย่อยของเซลล์เนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย เช่น เม็ดเลือดขาว ตัวอสุจิ กระดูก กล้ามเนื้อ เยื่อบุกระพุ้งแก้ม เป็นต้น สารพันธุกรรมมักพบอยู่ในส่วนของนิวเคลียสของเซลล์ ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของเซลล์ สารพันธุกรรมที่พบในนิวเคลียสของเซลล์ ครึ่งหนึ่ง (50%) จะได้รับการถ่ายทอดมาจากบิดา และอีกครึ่งหนึ่ง (50%) จะได้รับการถ่ายทอดมาจากมารดา โดยที่สารพันธุกรรมในนิวเคลียสของเซลล์นี้จะไม่ซ้ำกันในแต่ละคน ยกเว้นกรณีเดียวเท่านั้น คือ ฝาแฝดที่มีการปฏิสนธิมาจากไข่ใบเดียวกันและอสุจิตัวเดียวกัน ดังนั้นจึงมักใช้สารพันธุกรรมในการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล (Identification)

เทคนิควิธีการตรวจพิสูจน์สารพันธุกรรมที่มีอยู่ในปัจจุบัน

1. การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA Fingerprint) เป็นเทคนิควิธีการตรวจที่สกัดสารพันธุกรรมจากนิวเคลียสของเซลล์ซึ่งเทคนิควิธีการตรวจแบบนี้สามารถตรวจพิสูจน์ความสัมพันธ์ทางสายโลหิตระหว่างบุคคลในการเป็น บิดา-มารดา-บุตร

2. การตรวจสารพันธุกรรม DNA ที่อยู่ในไมโตคอนเดรียของเซลล์ (Mitochondrial DNA)

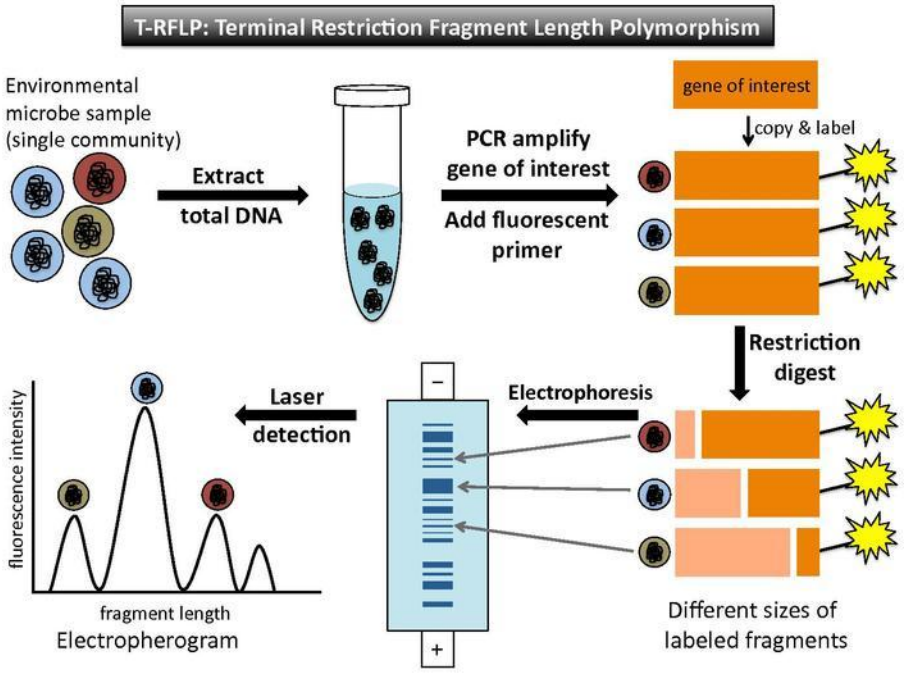
เป็นเทคนิคการตรวจที่สกัดสาร DNA จากส่วนองค์ประกอบย่อยของเซลล์ที่มีชื่อว่า ไมโตคอนเดรีย ซึ่งเทคนิควิธีการตรวจแบบนี้สามารถใช้ตรวจเพื่อพิสูจน์ความสัมพันธ์ทางสายโลหิตระหว่างบุคคลที่สืบสายพันธุ์มาจากมารดาเดียวกัน เช่น พี่-น้อง ร่วมมารดาเดียวกัน ลูกพี่-ลูกน้อง ที่มีมารดาเป็นพี่สาว-น้องสาว ที่ถือกำเนิดจากยายคนเดียวกัน

3. การตรวจสารพันธุกรรมในโครโมโซมเพศชาย (Y-STR) รูปแบบ Y-STR มีลักษณะเหมือนกันในชายที่ร่วมบรรพบุรุษสายบิดาเดียวกัน (สุคนธ์, 28 กุมภาพันธ์ 2559)

การสกัดสารพันธุกรรมจากเซล

กรรมวิธีในการสกัดสารพันธุกรรมค่อนข้างยาก มีเทคนิคที่ต้องใช้บุคลากรระดับนักวิจัย ต้องรู้ว่าสกัด DNA จากนิวเคลียส หรือจากไมโตคอนเดรียต้องรู้ว่าเป็นเนื้อเยื่อประเภทใดจะใช้วิธีสกัดส่วนที่ไม่ต้องการออกได้ถูกต้อง เช่น หากเป็นการตรวจจากคราบเลือดจะสกัดง่ายกว่าการตรวจชิ้นส่วนของกระดูก หรือกล้ามเนื้อ เป็นต้น กระบวนการทำ DNA profiling โดยปกติมี 2 กระบวนการคือ

1. Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP) เป็นวิธีที่ใช้หลักการของ sequence polymorphism ซึ่งเกิดขึ้นในยีนของคน (และในยีนของสิ่งที่มีชีวิตอื่นเช่นกัน) คือ ในบางครั้ง polymorphism หรือ mutation ที่เกิดขึ้นใน genome นั้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อ restriction site ของเอนไซม์ตัดจำเพาะได้ เช่น เดิมยีนในตำแหน่งนี้ไม่สามารถตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดนี้ได้ แต่เมื่อเกิดมี mutation มี polymorphism ขึ้น อาจทำให้ยีนในบริเวณดังกล่าวสามารถถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกันนี้ได้ หรืออาจจะเกิดขึ้นในทางกลับกันคือ เดิมยีนส่วนนี้อาจถูกตัดด้วยเอนไซม์ได้ แต่เมื่อเกิดมี mutation ขึ้น ทำให้ไม่สามารถถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัวเดิมได้ เป็นต้น จากลักษณะนี้เองทำให้สาย DNA ของยีนที่สกัดจากคนที่ส่วนนี้ถูกเอนไซม์ตัดได้ จะมีขนาดเล็กกว่าสาย DNA ของยีนเดียวกันที่สกัดจากคนที่มีส่วนนี้ที่ไม่สามารถตัดด้วยเอนไซม์ชนิดเดียวกันได้ ความแตกต่างในความยาวของสาย DNA ชนิดเดียวกันที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกันที่เรียกว่า RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) เกิดขึ้นเนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของเบสบางเบสในสาย DNA ดังนั้นเมื่อนำ DNA ส่วนนั้นมาทำการย่อยด้วย restriction enzyme ก็จะให้ pattern ที่ต่างกัน ในบางครั้ง mutation ที่เกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดโรค อาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ ทำให้เราสามารถนำเทคนิคนี้มาช่วยในการตรวจหา mutation ที่ทำให้เกิดโรคชนิดนั้นๆ ได้



ภาพประกอบ 29 กระบวนการ Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP)

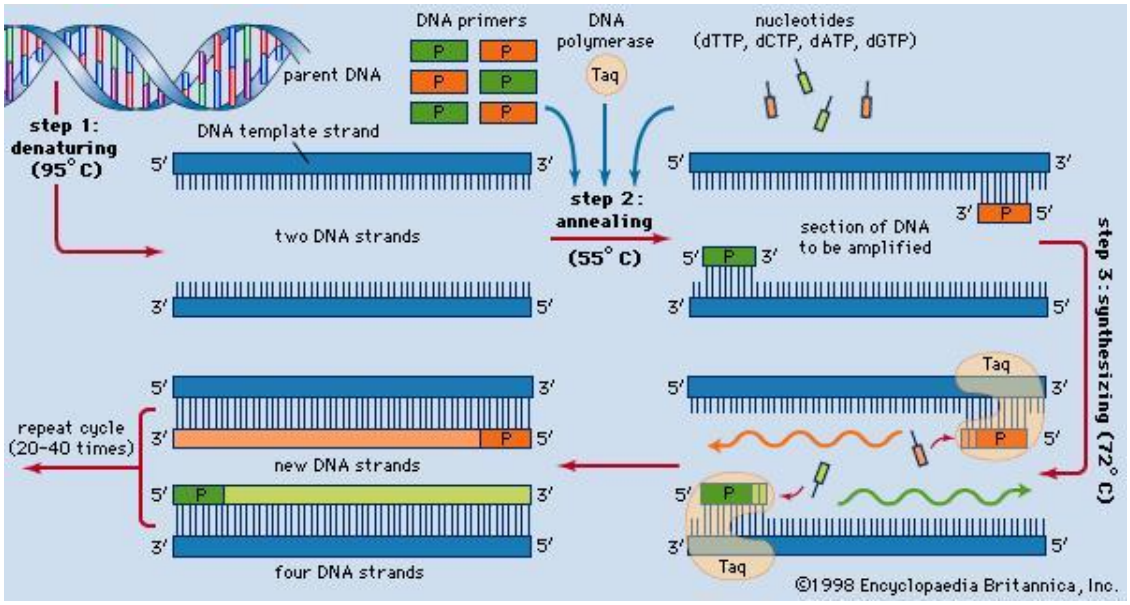
ที่มา : Wikipedia,"Community Fingerprinting", 24 February 2016

2. Allele-specific Testing คล้ายกับ RFLP ทำงานโดยการค้นหาส่วน polymorphic fragments ของ DNA มี specific type เรียกว่า alleles โดยกระบวนการทำงานนี้จะมองหาเฉพาะ particular alleles ในตัวอย่าง DNA มีความแม่นยำน้อยกว่ากระบวนการ RFLP แต่สามารถใช้ตัวอย่างน้อยกว่า มีความบริสุทธิ์น้อยกว่าและใช้เวลาน้อยกว่ากระบวนการ RFLP จึงเป็นประโยชน์ในการศึกษาทางนิติวิทยาศาสตร์ และด้วยการใช้กระบวนการที่เรียกว่า Polymerase Chain Reaction (PCR) จะมีขั้นตอน amplify ทำให้ใช้ปริมาณตัวอย่าง DNA น้อยกว่า โมเลกุล DNA สามารถคัดลอกตัวเองได้ โดยการเติม enzyme ที่เรียกว่า polymerase ในตัวอย่าง DNA จากนั้นวางลงในอุปกรณ์ที่เรียกว่า Thermocycler ทำให้เกิดการสร้าง chain reaction ซึ่ง DNA จะทำการคัดลอกหรือเป็นการเพิ่มจำนวน โดยจะเพิ่มแบบ exponential ได้ผลผลิตใน n cycle เป็น 2^n คู่ จากปฏิกิริยาประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักของการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิวนไปวนมา 30 ถึง 40 รอบ คือ

1. Denaturation ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเป็นการทำลายพันธะระหว่าง nucleotides ทำให้สาย DNA ที่ม้วนเกลียวอยู่เป็นคู่แยกออกจากกันเป็นเส้นตรง 2 เส้น และปฏิกิริยาต่างๆ จากเอนไซม์ในรอบก่อนหน้าจะหยุดลงทั้งหมด

2. Annealing ที่อุณหภูมิประมาณ 50 ถึง 60 องศาเซลเซียส ทำให้ primer ไปเกาะติดกับ template เพื่อเตรียมตัวตั้งต้นต่อสายคู่ของ template

3. Extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เอนไซม์ polymerase จะเริ่มทำงานโดยทำให้มีการนำเบสต่างๆ มาต่อทางด้าน 3' ของ primer โดยต่อให้ complementary กับ sequence บน template ที่ primer มาเกาะไว้



ภาพประกอบ 30 กระบวนการ Polymerase chain reaction (PCR)

ที่มา : Biochemistry Encyclopædia Britannica, 24 February 2016

ข้อดีและข้อเสียของเทคนิคแบบ (RFLP)

ข้อดี 1. มีประโยชน์ในการจำแนกพันธุกรรมด้วย DNA ของสิ่งมีชีวิตต่างๆ

2. ใช้ในการระบุบุคคลกระทำผิดในทางนิติวิทยาศาสตร์

ข้อเสีย 1. ใช้ตัวอย่าง DNA ปริมาณมาก (5 μg)

2. ตัวอย่าง DNA ต้องมีคุณภาพดี

3. ไม่มีความจำเพาะกับ DNA ของมนุษย์

4. ใช้เวลาดำเนินการมากกว่า

ข้อดีและข้อเสียของเทคนิคแบบ (PCR)

ข้อดี 1.ใช้ดีเอ็นเอ ปริมาณน้อย (10-100 ng)

2. สามารถใช้ ดีเอ็นเอ ที่เสื่อมสภาพได้

3. มีความจำเพาะเจาะจงกับ ดีเอ็นเอของมนุษย์เท่านั้น

ข้อเสีย 1. มีความแม่นยำน้อยกว่ากระบวนการ RFLP

2. เกิดปัญหาจากการปนเปื้อนของดีเอ็นเอจากภายนอกได้ง่าย ผู้ปฏิบัติควรมีความชำนาญและระมัดระวังเป็นพิเศษ

3. ค่าใช้จ่ายสูง

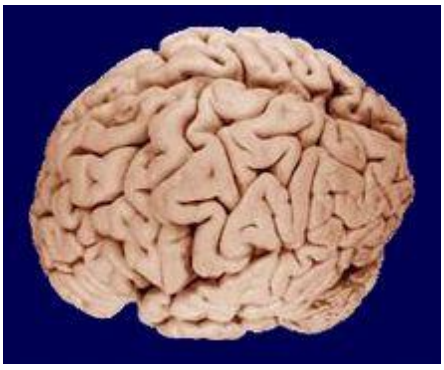
ประโยชน์ของเทคโนโลยีลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ใช้พิสูจน์ความสัมพันธ์ทางสายเลือด ตามหลักการถ่ายทอดทางพันธุกรรมนั้น ลูกเกิดจากการปฏิสนธิของอสุจิจากพ่อ และไข่จากแม่ ซึ่งลูกต้องได้รับสารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอจากพ่อและแม่อย่างละครึ่งหนึ่ง ดังนั้น เมื่อทำการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอของพ่อ แม่ และลูก จะพบว่าลายพิมพ์ดีเอ็นเอของลูกต้องประกอบด้วยแถบดีเอ็นเอที่มาจากพ่อและแม่เท่านั้น จุดประสงค์ในการตรวจหาลายพิมพ์ดีเอ็นเอในประเด็นนี้ก็เพื่อนำไปเป็นหลักฐานสำคัญสำหรับประกอบการพิจารณาทางกฎหมายในศาล เพื่อความสบายใจ หรือเพื่อแก้ปัญหาครอบครัว เช่น กรณีการฟ้องร้องเพื่อเรียกค่าเลี้ยงดูบุตร เทคโนโลยีลายพิมพ์ดีเอ็นเอยังใช้ในการติดตามการรักษาผู้ป่วยที่ได้รับการปลูกถ่ายไขกระดูก ในการรักษาผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งเม็ดโลหิตขาว จะต้องมีการปลูกถ่ายไขกระดูกจากผู้ให้ซึ่งมักเป็นญาติที่ใกล้ชิด ดังนั้นจะมีไขกระดูกปกติของผู้ให้เข้าไปแทนที่ไขกระดูกที่เป็นมะเร็งของผู้ป่วย ซึ่งไขกระดูกนั้นจะทำหน้าที่ผลิตเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือดชุดใหม่ ซึ่งหากการรักษาประสบความสำเร็จ ผู้ป่วยที่ได้รับการปลูกถ่ายไขกระดูกจากผู้ให้จะไม่เกิดปฏิกิริยาต่อต้านใดๆ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากตัวอย่างเลือดของผู้ป่วยจะมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เหมือนกับผู้ให้ทุกประการ นั่นก็คือ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากเลือดของผู้ป่วยจะเปลี่ยนไป ในขณะที่ลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากเซลล์ของส่วนอื่นๆ ของร่างกายยังเหมือนเดิม และลายพิมพ์ดีเอ็นเอยังใช้ในการพิสูจน์หลักฐานทางนิติเวชศาสตร์ เนื่องจากลายพิมพดีเอ็นเอเป็นลักษณะเฉพาะในแต่ละบุคคล ดังนั้นจึงสามารถตรวจทางนิติเวชศาสตร์เพื่อสืบหาผู้กระทำผิดจากหลักฐานในที่เกิดเหตุ ซึ่งอาศัยหลักการที่ว่าลักษณะของดีเอ็นเอของคนๆ หนึ่งไม่ว่าจากเซลล์ส่วนใดของร่างกายก็ตาม จะมีรูปแบบเหมือนกันทั่วทั้งร่างกาย เช่น คราบอสุจิของผู้ต้องหาในที่เกิดเหตุย่อมต้องมีลักษณะของดีเอ็นเอที่เหมือนกับในเลือดของผู้ต้องหาที่ถูกควบคุมตัวไว้

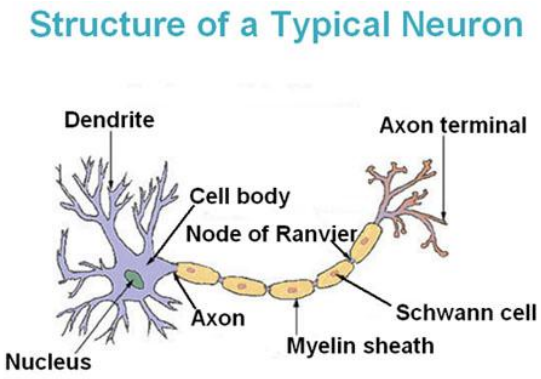
เป็นต้น จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าการนำเทคโนโลยีลายพิมพ์ดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม ก่อให้เกิดประโยชน์ในหลายด้าน ดังนั้น ในหลายประเทศจึงมีการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้อย่างแพร่หลาย สำหรับประเทศไทย เริ่มมีการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวเมื่อไม่นานมานี้ ปัจจุบันหลายฝ่ายตระหนักถึงความสำคัญของเทคโนโลยีนี้มากขึ้น จึงมีการเปิดให้บริการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอในหน่วยงานหลายแห่ง อาทิเช่น กองพิสูจน์หลักฐาน สถาบันนิติเวชศาสตร์ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ กระทรวงยุติธรรม มหาวิทยาลัย และโรงพยาบาลที่มีความพร้อมทั้งด้านเครื่องมือและบุคลากร สำหรับข้อเสียของเทคโนโลยีลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ในการพิสูจน์เอกลักษณ์ ฝาแฝดไข่ใบเดียวกันจะมี DNA เหมือนกันทุกประการ ทำให้ไม่สามารถระบุบุคคลบน Application ได้ การสกัด DNA จากเซลค่อนข้างยาก การตรวจระบุบุคคลด้วยลายพิมพ์ดีเอ็นเอแบบอัตโนมัติมีต้นทุนที่สูงกว่าแบบ Manual

3.2.9 คลื่นสมอง (Brain Wave)

สมองคืออวัยวะสำคัญ ที่มีหน้าที่ควบคุมและสั่งการการเคลื่อนไหว พฤติกรรม และภาวะธำรงดุล (homeostasis) เช่น การเต้นของหัวใจ, ความดันโลหิต, สมดุลของเหลวในร่างกาย และอุณหภูมิ เป็นต้น หน้าที่ของสมองยังเกี่ยวข้องกับการรู้ (cognition) อารมณ์ ความจำ การเรียนรู้การเคลื่อนไหว (motor learning) และความสามารถอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการเรียนรู้

สมองประกอบด้วยเซลล์สองชนิด คือ เซลล์ประสาท และเซลล์เกลีย เกลียมีหน้าที่ในการดูแลและปกป้องนิวรอน นิวรอนหรือเซลล์ประสาทเป็นเซลล์หลักที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าที่เรียกว่า ศักยะงาน (action potential) การติดต่อระหว่างนิวรอนนั้นเกิดขึ้นได้โดยการหลั่งของสารเคมีชนิดต่างๆ ที่รวมเรียกว่า สารสื่อประสาท (neurotransmitter) ข้ามบริเวณระหว่างนิวรอนสองตัวที่เรียกว่า ไซแนปส์ สมองของมนุษย์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนดังนี้





ภาพประกอบ 31 สมอง และโครงสร้างเซลประสาท (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 21/2/2559)

สมองส่วนหน้า (Forebrain)

มีขนาดใหญ่ที่สุด มีรอยหยักเป็นจำนวนมาก สามารถแบ่งออกได้อีก ดังนี้

1. ออลเฟกทอรีบัลบ์ (olfactory bulb) - อยู่ด้านหน้าสุด ทำหน้าที่ - ดมกลิ่นโดยอาศัยเยื่อบุในโพรงจมูก
2. ซีรีบรัม (Cerebrum) - มีขนาดใหญ่สุด มีรอยหยักเป็นจำนวนมาก ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ และความสามารถต่างๆ เป็นศูนย์การทำงานของกล้ามเนื้อ การพูด การมองเห็น การดมกลิ่น การชิมรส แบ่งเป็นสองซีก แต่ละซีกเรียกว่า Cerebral hemisphere
3. ทาลามัส (Thalamus) - อยู่เหนือไฮโปทาลามัส ทำหน้าที่เป็นสถานีถ่ายทอดกระแสประสาทเพื่อส่งไปจุดต่างๆในสมอง รับรู้และตอบสนองความรู้สึกเจ็บปวด
4. ไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) - ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของระบบประสาทอัตโนมัติ และสร้างฮอร์โมนเพื่อควบคุมการผลิตฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง การควบคุมอุณหภูมิร่างกาย อารมณ์ความรู้สึก วงจรการตื่นและการหลับ การหิว การอิ่ม และความรู้สึกทางเพศ

สมองส่วนกลาง (Midbrain)

เป็นสมองที่ต่อจากสมองส่วนหน้า เป็นสถานีรับส่งประสาทระหว่างสมองส่วนหน้ากับส่วนท้ายและส่วนหน้ากับนัยน์ตาทำหน้าที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของลูกตา ม่านตา และการได้ยิน

สมองส่วนท้าย (Hindbrain)

ประกอบด้วย

1. พอนส์ (Pons) - อยู่ด้านหน้าของซีรีเบลลัม ติดกับสมองส่วนกลาง ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานบางอย่างของร่างกาย เช่น การเคี้ยวอาหาร การหลั่งน้ำลาย การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อบริเวณใบหน้า การหายใจ การฟัง
2. เมดัลลา (Medulla) - เป็นสมองส่วนท้ายสุด ต่อกับไขสันหลัง เป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างสมองกับไขสันหลัง เป็นศูนย์กลางการควบคุมการทำงานเหนืออำนาจจิตใจ เช่น ไอ จาม สะอึก หายใจ และการเต้นของหัวใจ เป็นต้น
3. ซีรีเบลลัม (Cerebellum) - อยู่ใต้เซรีบรัม ควบคุมระบบกล้ามเนื้อให้สัมพันธ์กันและควบคุมการทรงตัวของร่างกาย

คลื่นสมอง เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งได้มาจากการส่งสัญญาณเคมีทางชีวภาพในร่างกายมนุษย์ การวัดพลังงานไฟฟ้าบริเวณสมองด้วยเครื่องมือ Electroencephalogram (EEG) ทำให้นักวิจัยทางประสาท

วิทยา และ นักวิทยาศาสตร์ ได้ค้นพบความจริงว่า การเลือกตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกมีผลโดยตรงต่อสภาวะภายในที่เป็นคลื่นสมอง สามารถอ่านค่าผลของการวัด และแบ่งคลื่นสมองของมนุษย์ตามระดับความสั่นสะเทือน หรือความถี่ ได้เป็น 4 กลุ่ม (ปาริฉัตต์, 21/2/2559) ดังนี้

1. คลื่นเบต้า (Beta brainwave) มีความถี่ประมาณ 14-21 รอบต่อวินาที (Hz) เป็นช่วง คลื่นสมองที่เร็วที่สุด เกิดขึ้นใน ขณะที่สมองอยู่ในภาวะของการทำงาน และ ควบคุมจิตใต้สำนึก (Conscious Mind) ในขณะตื่นและรู้ตัว เช่น การนั่ง ยืน เดิน ทำงาน หรือกิจกรรมต่างๆ ในกรณีที่จิตมีความคิดมากมายหลายอย่างจาก ภารกิจประจำวัน วุ่นวายใจ สับสน หรือฟุ้งซ่าน และสั่งการสมองอย่างไม่เป็นระเบียบ ความถี่ของคลื่นช่วงนี้อาจสูงขึ้นได้ถึง 40 Hz โดยเฉพาะคนที่มีความเครียดมาก อยู่ในภาวะเร่งรีบบีบคั้น ตื่นเต้นตกใจ อารมณ์ไม่ดี โกรธหรือดีใจมาก ๆ สมองจะมีการทำงานในช่วงคลื่นเบต้ามากเกินไป ในขณะที่หากไม่มีคลื่นเบต้าเกิดขึ้นเลย มนุษย์จะไม่สามารถเรียนรู้ หรือทำหน้าที่ได้สมบูรณ์ในโลกภายนอก ปกติสมองคนเรา จะมีเส้นทางอัตโนมัติ ในการรับรู้ความรู้สึก ที่ทำให้สั่งการได้โดยไม่ต้องใช้เวลาในการใคร่ครวญมากนัก ความเป็นอัตโนมัตินี้ส่วนใหญ่จะมีประโยชน์อยู่ในระดับหนึ่ง และเป็นเรื่องกลาง ๆ สำหรับชีวิต ช่วยย่นย่อ จดจำ เรื่องราวจำเจ ที่ต้องทำซ้ำ ๆ เป็นประจำให้ดำเนินไปได้ บางส่วนเป็นไปเพื่อประโยชน์ต่อการรอดพ้นจากอันตรายในสถานการณ์คับขัน เช่น การดึงมือออกทันทีเมื่อบังเอิญไปสัมผัสของร้อนจัด แต่สิ่งที่น่าสนใจ คือ “อารมณ์ของมนุษย์” ก็มีเส้นทางอัตโนมัติเช่นเดียวกัน แต่คนส่วนใหญ่มักจะไม่ได้ควบคุม และปล่อยให้ความเป็นอัตโนมัตินี้ทำงานมากเกินไป จากความเคยชินในการป้อนข้อมูลซ้ำ ๆของเราเอง โดยมากเป็นความอัตโนมัติ ในทางลบที่มีมากเกินไป ทำให้ข้อมูลเหล่านี้ ถูกส่งผ่านเข้าไปสู่ การทำงานของส่วนรับความรู้สึกในสมอง ที่เรียกว่า อะมิกดาลา (Amygdala) ซึ่งเป็นสมองชั้นกลาง ใกล้กับ ก้านสมอง และ มีความสามารถใน การเก็บข้อมูล ด้านอารมณ์จำนวนมากๆไว้ ดังนั้นจึงขึ้นอยู่กับว่าเราใส่ข้อมูลด้านบวก หรือด้านลบมากน้อยแค่ไหน ก็จะทำให้สมองจดจำ และ ตอบสนองในทิศทางนั้น หากเราปล่อยให้ความอัตโนมัตินี้ทำงานตามลำพัง โดยไม่ฝึก กำหนดรู้ ก็จะทำให้เราติดกับดักของอารมณ์ ที่ไม่ดีอยู่ตลอดเวลา สมองของเราจะทำงานอยู่แต่ในเฉพาะช่วงคลื่นเบต้า ซึ่งในโหมดนี้ถือว่า เป็นโหมดปกป้อง มีทั้งเบต้าอ่อน และแก่ แก่หมายถึงความถี่สูง มีผลให้ความคิดถดถอยจากสภาวะปกติ และทำงานอยู่ในฐานความกลัว มีลักษณะต้านทาน ความเปลี่ยนแปลง บางคนจะหยุด และปิดการเรียนรู้ เพราะเกิดความเครียด สภาวะนี้สมองจะหลั่ง

ฮอร์โมนด้านลบออกมามากเกินไป นำไปสู่ปฏิกิริยาเคมีที่ทำร้ายส่วนอื่นๆของร่างกายเป็นลูกโซ่ต่อไปเรื่อยๆ เช่น อะดรีนาลีน คอร์ติซอล เป็นต้น

2. คลื่นอัลฟ่า (Alpha brainwave) มีความถี่ประมาณ 7-14 รอบต่อวินาที (Hz) ความถี่ของคลื่นที่ต่ำลงมานี้ เป็นคลื่นสมองที่ปรากฏบ่อยในเด็กที่มีความสุข และในผู้ใหญ่ที่มีการฝึกฝนตนเองให้สงบนิ่งมากขึ้น อาจหมายถึง สภาวะที่จิตสมดุล อยู่ในสภาวะสบายๆ มีการช้าลงด้วย การใคร่ครวญ ไม่ด่วนตอบสนองต่อสิ่งเร้าด้วยอารมณ์อันรวดเร็ว เวลาที่ความถี่น้อยลง หมายถึงว่าเราจะคิดช้าลง เป็นจังหวะ เป็นท่วงทำนอง คมชัด ให้เวลาแก่จิตในการไตร่ตรอง และมีความคิดเป็นระบบขึ้น สภาวะที่สมองทำงานอยู่ในคลื่นอัลฟ่ายังพบอยู่ในหลายๆ รูปแบบ เช่น ขณะที่กล้ามเนื้อ หรือ ร่างกายผ่อนคลาย ช่วงเวลาที่ง่วงนอน ก่อนหลับหรือหลับใหม่ๆ เวลาทำอะไรเพลินๆ จนลืมสิ่งรอบๆตัว เวลาสบายใจ เวลาอ่านหนังสือ หรือ จดจ่อกับกิจกรรมใดๆอย่างต่อเนื่องในระยะเวลาหนึ่ง และการเข้าสมาธิ ในระดับภวังค์ที่ไม่ลึกมากจากลักษณะดังกล่าว ช่วงคลื่นอัลฟ่าจะเป็นประตูไปสู่การทำสมาธิในระดับลึก และถือว่า เป็นช่วงที่ดีที่สุดในการป้อนข้อมูลให้แก่จิตใต้สำนึก สมองสามารถเปิดรับข้อมูลได้อย่างเต็มที่ และ เรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว มีความคิดสร้างสรรค์ เป็นสภาวะที่จิตมีประสิทธิภาพสูง ในทางการแพทย์ และจิตศาสตร์เองก็ถือว่า สภาวะนี้เป็นหัวใจของการสะกดจิต เพื่อการบำบัดโรค โดยหากจะตั้งโปรแกรมจิตใต้สำนึก ก็ควรทำในช่วงที่คลื่นสมองเป็นอัลฟ่า ในคนทั่วไปเองก็ควรฝึกฝนตนเองให้สมองทำงานอยู่ในช่วงคลื่นอัลฟ่าเป็นประจำเช่นเดียวกัน เพราะจะช่วยสร้างความผ่อนคลาย ร่างกายจะไม่ทำงานอยู่บนฐานแห่งความกลัว หรือวิตกกังวล แต่จะมองชีวิต อย่างสนุกสนาน มีความรู้สึกอยากเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ หรืออยากสำรวจโลกแบบเด็กๆ แต่คนส่วนใหญ่มักจะขาดการฝึกฝนให้ตนเองมีคลื่นสมองชนิดนี้ และมักปล่อยให้อารมณ์อัตโนมัติตอบสนองต่อสิ่งเร้าต่างๆอย่างรวดเร็ว ขาดการคิดใคร่ครวญ ด้วยระยะเวลาอันเหมาะสมก่อน หากเรามีการฝึกฝนจิตให้ตื่นรู้เช่นเดียวกันกับแนวทางการปฏิบัติธรรมในพุทธศาสนา คลื่นอัลฟ่านี้จะถูกบ่มเพาะให้เข้มแข็งขึ้น สามารถรื้อโปรแกรมอัตโนมัติเก่า สร้างโปรแกรมอัตโนมัติใหม่ๆ ได้

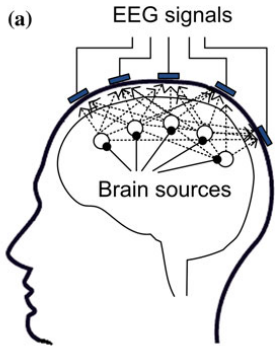
3. คลื่นเธต้า (Theta brainwaves) มีคลื่นความถี่ประมาณ 4-11 รอบต่อวินาที (Hz) เป็นช่วงคลื่นที่สมองทำงานช้าลงมาก พบเป็นปกติในช่วงที่คนเราหลับ หรือมีความผ่อนคลายอย่างสูง แต่ในภาวะที่ไม่หลับคลื่นชนิดนี้ก็เกิดขึ้นได้เช่นกัน เช่น ขณะอยู่ในการภาวนาสมาธิที่ลึกในระดับหนึ่ง การเข้าสู่สภาวะนี้ จะใกล้เคียงกับคลื่นสมองในสภาวะอัลฟ่า คือ มีความสุข สบาย ลืม

ความทุกข์ แต่จะมีความปิติสุขมากกว่า สภาวะนี้มีความเชื่อมโยงกับการเห็นภาพต่างๆ สมองในช่วงคลื่นเธต้า จะเปรียบเสมือนแหล่งเก็บแรงบันดาลใจ ความคิดสร้างสรรค์ที่อยู่ในความจิตใจส่วนลึกของเรา จึงเป็นคลื่นสมองที่สะท้อนการทำงานของจิตใต้สำนึก (Subconscious Mind) อันเป็นการทำงานของเนื้อสมองส่วนใหญ่ของมนุษย์ ระดับพฤติกรรมภายใต้ความถี่ของคลื่นเธต้า เป็นลักษณะที่บุคคล คิดคำนึงเพื่อแก้ปัญหา พบได้ทั้งลักษณะที่รู้สำนึก และไร้สำนึก ปรากฏออกมาเป็นความคิดสร้างสรรค์ เกิดความคิดหยั่งเห็น (Insight) มีความสงบทางจิต และมองโลกในแง่ดี เกิดสมาธิแน่วแน่และเกิดปัญญาญาณ มีศักยภาพสำหรับความจำระยะยาวและการระลึกรู้

4. คลื่นเดลต้า (Delta brainwaves) มีความถี่ประมาณ 0-4 รอบต่อวินาที (Hz) เป็นคลื่นสมองที่ช้าที่สุด สภาวะนี้จะทำให้ ร่างกายเกิดความผ่อนคลายในระดับที่สูงมาก เป็นคลื่นสมองที่ทำงานเชื่อมต่อกับส่วนที่เป็นจิตไร้สำนึก (Unconscious mind) เช่น ในขณะที่ร่างกายหลับลึกโดยไม่มีการฝัน หรือ เกิดจากการเข้าสมาธิลึกๆในระดับฌาน ในช่วงนี้คลื่นสมองแสดงให้เห็นว่าร่างกายกำลังดื่มด่ำกับ การพักผ่อนลงลึกอย่างเต็มที่ เปรียบได้กับการประจุพลังงานเข้าสู่ร่างกายใหม่ ผู้ที่ผ่านการหลับลึก ในช่วงเวลาที่พอเหมาะพอดี จะรู้สึกได้ถึงความสดชื่นกระปรี้กระเปร่ามากเป็นพิเศษ เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่นอนหลับไม่ค่อยสนิท และสำหรับผู้ที่ทำสมาธิอยู่ในระดับฌานลึก ๆ เมื่อออกจากสมาธิแล้ว ก็จะยังคงติดรสแห่งปิติสุขทำให้เกิดความสุขใจ มีใบหน้าผ่องใสเต็มอิ่มไปด้วยความสุขสดชื่นนอกจากนี้สมองยังแบ่งการทำงานออกเป็นซีกซ้าย และซีกขวา และคลื่นสมองทั้งสองด้าน ยังมีการขึ้นลงเป็นอิสระต่อกัน ทำให้ความถี่แตกต่างกัน

เนื่องจากสมองเป็นอวัยวะที่สำคัญและมีความซับซ้อนที่สุดของร่างกายมนุษย์ และจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้าจากสมองมีเอกลักษณ์และสามารถนำคลื่นสมองมาเป็นเครื่องมือในการระบุตัวตน เพื่อที่จะเข้าใจในการทำงานของคลื่นสมองมีวิธีต่างๆที่ใช้ในการแพทย์เช่น Electroencepalography (EEG), magnetoencephalography (MEG), function magnetic resonance imaging (fMRI), and positron emission tomography (PET) ซึ่งแต่ละวิธีจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป Electroencephalography (EEG) เป็นวิธีการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าซึ่งถูกผลิตออกมาจากสมองโดยใช้ตัวรับคลื่นไฟฟ้าติดที่บริเวณหนังศีรษะ คลื่นสมองที่ตรวจวัดได้จะมีความสัมพันธ์เกี่ยวโยงกับสมองหรือเส้นประสาทในบริเวณที่ตรวจวัด EEG ถูกใช้ในทางการแพทย์เพื่อศึกษาถึงหน้าที่ของบริเวณ

ต่างๆของสมอง ใช้ศึกษาเกี่ยวกับกลไกพื้นฐานของจิตใจและวินิจฉัยโรคที่เกี่ยวกับความผิดปกติของสมอง ปัจจุบัน EEG ยังถูกใช้มากในการวิจัยในเรื่อง brain computer interface (BCI) งานวิจัยของปรีชา ตั้งเกรียงกิจ เสนอการระบุตัวบุคคลโดยใช้คลื่นสมองของแต่ละบุคคล ซึ่งข้อดีของการใช้คลื่นสมองคือการปลอมแปลงทำได้ยาก ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธี Electroencephalography (EEG) ในการจัดเก็บคลื่นสมอง เนื่องจาก EEG มีข้อดีเรื่อง time resolution และเครื่องมือราคาถูกกว่าวิธีอื่นๆ ในการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าคลื่นสมองมีเอกลักษณ์ซึ่งสามารถนำมาให้เป็นเครื่องมือพิสูจน์ตัวตนได้ โดยมีงานวิจัยที่ผ่านมา Paranjape (Paranjape, et al., 2001) ใช้เทคนิค autoregressive (AR) model and discriminant function analysis เพื่อที่จะใช้คลื่นสมองพิสูจน์ว่าเป็นบุคคลเดียวกัน Poulos (Poulos, et al., 2001) ใช้เทคนิค Fast Fourier Transform (FFT) and AR model สำหรับแยกแยะคุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นสมองแล้วใช้เทคนิค Learning Vector Quantizer (LVQ) และ Computational Geometry (CG) ในการแยกแยะตัวบุคคล Palaniappan (Palaniappan and Mandic, 2007) ใช้การกระตุ้นด้วยแสงต่อระบบรับภาพ Visual Evoked Potential (VEP) ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการแยกแยะบุคคลโดยใช้คลื่นสมอง Marcel (Marcel and Millan, 2007) เสนอเทคนิค statistical framework, based on a Gaussian mixture และ maximum a-posteriori models สำหรับการพิสูจน์ตัวตน Preecha (T. Preecha, et al., 2013) ใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ (independent component analysis) เพื่อแยกแยะสัญญาณที่เกิดจากการผสมสัญญาณหลายสัญญาณให้ได้สัญญาณเดิม แล้วนำมาวัดประสิทธิภาพในการพิสูจน์ตัวตนโดยใช้โครงข่ายประสาทแบบมีการสอน (supervised neural network) เพื่อการแยกแยะบุคคล



ภาพประกอบ 32 การใช้ตัวรับคลื่นไฟฟ้าติดที่บริเวณหนังศีรษะ
ที่มา : T. Preecha, et al., 2013

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การยืนยัน (Authentication) และการระบุ (Identification) ตัวตน ที่ได้วิวัฒนาการจากเดิมๆ เช่น การใช้รหัสผ่าน การใช้ user password หรือการใช้บัตรแสดงตน เพื่อยืนยันตัวตน มาเป็นชีวมาตร (Biometric)ไม่ว่าจะเป็นการเก็บลายนิ้วมือ ใบหน้า ม่านตา จอประสาทตา จมูก ใบหู ลายฝ่ามือ ดีเอ็นเอ และสมอง ทำให้การระบุตัวตนมีประสิทธิภาพ และน่าเชื่อถือมากขึ้น เนื่องจากชีวมาตรที่นำมาใช้ในการระบุตัวตนเป็นสิ่งที่ยากต่อการปลอมแปลง และยากต่อการลักลอบนำไปใช้ อย่างไรก็ตามชีวมาตรทางกายภาพที่กล่าวมาก็ยังมีข้อดี และข้อเสียในการนำมาใช้งานที่แตกต่างกัน แต่การนำชีวมาตรมาใช้ไม่ว่าจะเป็นประเภทใดก็ตามจะมีข้อดีสำหรับการนำมาใช้ในทุกๆประเภทที่เหมือนกัน ได้แก่ ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องใช้ความจำ หรือจำเป็นต้องพกบัตร หรือบัตรผ่านใดๆ ทำให้สะดวก รวดเร็ว สามารถช่วยลดค่าใช้จ่าย อีกทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มความปลอดภัย ไม่ต้องคำนึงถึงการป้องกันการสูญหายของบัตรผ่าน หรือการลักลอบนำเอารหัสผ่านไปใช้ ผู้ใช้เองก็ไม่สามารถปฏิเสธความรับผิดชอบได้

ลายนิ้วมือ (Fingerprint)

ข้อดีข้อเสียของการระบุบุคคลด้วยลายนิ้วมือ

ข้อดี

- ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบตามกาลเวลา (แต่อาจจะเปลี่ยนขนาดได้) ลายนิ้วมือจะไม่เปลี่ยนแปลงรูปแบบ (Permanence) ตั้งแต่แรกเกิด จนถึงกระทั่งวันตาย แต่ก็อาจจะเปลี่ยนแปลงขนาดได้ตามขนาดร่างกาย เหมือนกับการที่เราวาดรูปไว้บนลูกโป่ง ซึ่งไม่ว่าลูกโป่งจะเล็ก หรือ ถูกเป่าให้พองใหญ่ขึ้นอย่างไร ก็ยังคงเป็นรูปที่เราวาดไว้เดิม เพียงแต่จะมีขนาดใหญ่ขึ้นเท่านั้น

- มีรูปแบบเฉพาะในแต่ละบุคคล การที่ลายนิ้วมือมีรูปแบบเฉพาะในแต่ละบุคคล (Individuality) เป็น คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของลายนิ้วมือนั้น ตั้งแต่เริ่มมีการใช้เก็บและเปรียบเทียบลายนิ้วมือโดยใช้วิธีสมัยใหม่ ซึ่งมีมาร้อยกว่าปี ยังไม่มีการตรวจพบว่ามีการเหมือนกันของลายนิ้วมือ
- มีความสะดวกในการใช้ลายนิ้วมือระบุตัวบุคคลเพราะเป็นสิ่งที่ติดตัวเราตลอดเวลา
- เทคโนโลยีลายนิ้วมือใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลน้อยกว่าเทคโนโลยีไบโอเมตริกในด้านอื่น ๆ
- แนวคิดของเทคโนโลยีลายนิ้วมือเป็นสิ่งที่สามารถเข้าใจได้ง่าย จึงประหยัดเวลาในการที่จะเรียนรู้ของผู้ใช้งาน
- เครื่องสแกนลายนิ้วมือมีขนาดเล็ก จึงทำให้ประหยัดไฟ และสามารถนำเครื่องสแกนนั้นไปประยุกต์ใช้บนสิ่งต่าง ๆ ได้สะดวก เช่น แลปทอป โทรศัพท์มือถือ พีดีเอ และแฮนดี้ไดร์ฟเป็นต้น
- เทคโนโลยีลายนิ้วมือเป็นเทคโนโลยีที่มีมานาน จึงเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนามาเรื่อย ๆ จึงทำให้ผู้ผลิตเลือกที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีลายนิ้วมือ จึงสามารถสร้างทางเลือกให้กับลูกค้าได้มาก

ข้อเสีย

- ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีลายนิ้วมือจะสามารถเพิ่มความปลอดภัยได้ แต่ก็ยังเป็นที่หงุดหงิดรำคาญใจของผู้ใช้งานที่จะใช้เทคโนโลยีนี้ในทุก ๆ วัน
- คนบางกลุ่มยังมีความเชื่อว่า การใช้ลายนิ้วมือในการระบุตัวบุคคลนั้น เหมือนตนเป็นอาชญากร จึงทำให้คนกลุ่มดังกล่าวนั้นไม่อยากที่จะใช้เทคโนโลยีนี้ ส่งผลให้เทคโนโลยีลายนิ้วมือไม่เป็นที่แพร่หลายให้บางพื้นที่บางประเทศ
- เทคโนโลยีลายนิ้วมือยังไม่มีความน่าเชื่อถือได้ 100% เนื่องจากอาจถูกลอบเก็บข้อมูลขณะใช้ และนำไปปลอมแปลงได้ จึงยังมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ร่วมกับสิ่งที่สามารถระบุตัวตนอื่นๆ เช่นรหัสผ่าน หรือ หมายเลย PIN
- นิ้วมือเป็นส่วนที่ได้รับความสกปรกง่ายกว่าส่วนอื่นของร่างกาย เมื่อเรานำนิ้วไปสแกนอาจทำให้เครื่องไม่สามารถอ่านได้ นอกจากนั้นยังทำให้เครื่องสแกนสกปรก ส่งผลให้เครื่องสแกนลายนิ้วมือเสื่อมประสิทธิภาพลงด้วย

- เนื่องจากเทคโนโลยีลายนิ้วมือนั้นเป็นเทคโนโลยีที่มีมานานแล้ว จึงทำให้ผู้ผลิต ผลิตสินค้าเกี่ยวกับเทคโนโลยีลายนิ้วมือออกมาอย่างหลากหลาย จึงทำให้เกิดความไม่เข้ากันของเทคโนโลยีลายนิ้วมือ

ใบหน้า (Face)

ข้อดีข้อเสียของการระบุบุคคลด้วยใบหน้า

ข้อดี

- มีความเป็นเอกลักษณ์
- สามารถเก็บข้อมูลได้ง่าย แม้ในระยะไกล
- อุปกรณ์จัดเก็บมีราคาถูก
- สามารถใช้ในการระบุบุคคลได้ดี เช่น ผู้ก่อการร้าย อาชญากร และอื่น ๆ

ข้อเสีย

- ความก้าวหน้า และความเชี่ยวชาญของแพทย์เฉพาะทางทำให้มีการผ่าตัดเปลี่ยนแปลงใบหน้าอย่างง่ายดาย
- ด้วยการเก็บข้อมูลใบหน้าทำได้ง่าย จึงทำให้ข้อมูลใบหน้าถูกลักลอบนำไปใช้ และข้อมูลอาจถูกเปลี่ยนแปลง
- อาจถูกฟ้องร้องการละเมิดสิทธิ์ส่วนบุคคล
- ข้อมูลไม่ถูกต้องเสมอไป เช่น คนที่เป็นฝาแฝดบางคู่ยากที่จะแยกแยะเฉพาะใบหน้า

ม่านตา (Iris)

ข้อดีข้อเสียของการระบุบุคคลด้วยม่านตา

ข้อดี

- มีความเป็นเอกลักษณ์ และคงทน
- มีความถูกต้องสูง
- ปลอมแปลงยาก

- สายตาจากคนตายจะเสื่อมสภาพเร็วมาก จึงสามารถนำมาใช้ยืนยันการมีชีวิตของผู้ถูกสแกน

ข้อเสีย

- การเก็บข้อมูลยุ่งยาก และต้องใช้เวลา
- ต้องการความร่วมมือในการเก็บข้อมูลสูงมาก
- ถูกบดบังได้อย่างง่ายดายโดยขนตา เปลือกตา เลนส์ และการสะท้อนจากกระจกตา
- ผู้ถูกเก็บจะรู้สึกว่ามีผลเสียกับดวงตา
- ค่าใช้จ่ายการดำเนินการสูง
- อุปกรณ์มีราคาแพง
- ต้องการผู้เชี่ยวชาญในการเก็บข้อมูล

จอประสาทตา (Retina)

ข้อดีข้อเสียของการระบุบุคคลด้วยจอประสาทตา

ข้อดี

- มีความเป็นเอกลักษณ์ และคงทน
- มีความถูกต้องสูง
- ไม่สามารถลอกเลียน หรือคัดลอก
- สายตาจากคนตายจะเสื่อมสภาพเร็วมาก จึงสามารถนำมาใช้ยืนยันการมีชีวิตของผู้ถูกสแกน

ข้อเสีย

- ต้องการความร่วมมือในการเก็บข้อมูลสูงมาก
- ผู้ถูกเก็บจะรู้สึกว่ามีผลเสียกับดวงตา
- ค่าใช้จ่ายการดำเนินการสูง
- อุปกรณ์มีราคาแพง
- ต้องการผู้เชี่ยวชาญในการเก็บข้อมูล

จมูก (Nose)

ข้อดีข้อเสียของการระบุบุคคลด้วยจมูก

ข้อดี

- เก็บข้อมูลได้ง่าย เนื่องจากปีนส่วนหนึ่งบนใบหน้าที่ยากจะปกปิด ซ่อนเร้น และคนมักมองข้าม
- การศัลยกรรมพลาสติกจมูกสามารถสังเกตได้ชัดเจน
- อุปกรณ์จัดเก็บราคาถูก

ข้อเสีย

- สามารถผ่าตัดเปลี่ยนแปลงเอกลักษณ์ได้ง่ายมาก

ใบหู (Ear-Based)

ข้อดีข้อเสียของการระบุบุคคลด้วยใบหู

ข้อดี

- มีความเป็นเอกลักษณ์ มีลักษณะเฉพาะ จึงเหมาะที่จะใช้ในการยืนยัน หรือระบุตัวตน
- มีความคงสภาพสูง ถึงแม้อายุมากขึ้น รูปแบบใบหูก็ยังคงเดิม เมื่อเทียบกับใบหน้า
- สามารถเก็บข้อมูลได้ง่าย ในระยะไกล โดยผู้ถูกเก็บไม่มีโอกาศรับรู้
- ภาพใบหูมีขนาดเล็กกว่าใบหน้า เป็นไปได้ที่จะทำงานได้เร็วกว่า ประสิทธิภาพมากกว่า เนื่องจากใช้พื้นที่ในการจัดเก็บน้อยกว่าใบหน้า
- เหมาะกับการนำไปใช้ในระบบความมั่นคง และระบบการเข้าถึง
- อุปกรณ์จัดเก็บมีราคาถูก

ข้อเสีย

- สามารถถูกปกปิดด้วยผม หมวก และต่างหู

ลายฝ่ามือ (Palmprint)

ข้อดีและข้อเสียของการระบุบุคคลด้วยลายฝ่ามือ

ข้อดี

- ลายฝ่ามือมีความเป็นลักษณะเฉพาะในแต่ละบุคคลและมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก
- ภาพที่ใช้เก็บลายฝ่ามือเป็นภาพที่มีความละเอียดต่ำ
- ลายฝ่ามือสามารถจับภาพโดยสามารถใช้อุปกรณ์ capturing device ที่มีต้นทุนต่ำ
- ลายฝ่ามือประกอบด้วยข้อมูลที่มากกว่าลายนิ้วมือ

ข้อเสีย

- เมื่อเปรียบเทียบเครื่องสแกนลายฝ่ามือกับเครื่องสแกนลายนิ้วมือ เครื่องสแกนลายฝ่ามือมักจะมีราคาแพงกว่าเนื่องจากต้องจับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่กว่าเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
- การระบุตัวตนด้วยลายพิมพ์ฝ่ามือยังไม่เป็นที่แพร่หลายกว่าลายพิมพ์นิ้วมือ
- การระบุตัวตนด้วยลายพิมพ์ฝ่ามือไม่สะดวกที่จะนำไปใช้บน Application
- การระบุบุคคลโดยใช้ลักษณะของลายฝ่ามือระบบต้องทำการเปรียบเทียบลักษณะลายฝ่ามือของผู้ใช้กับข้อมูลลายฝ่ามือทั้งหมดที่อยู่ในฐานข้อมูล ถ้าฐานข้อมูลมีขนาดใหญ่จะทำให้ระบบช้าใช้เวลาในการคำนวณมาก

สารพันธุกรรม (DNA)

ข้อดีและข้อเสียของการระบุบุคคลด้วยสารพันธุกรรม

ข้อดี

- นิยมนำมาใช้อย่างมากในทางนิติเวชวิทยา ในการพิสูจน์เอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล
- ใช้ระบุบุคคลญาติพี่น้องหรือลูกและผู้ต้องสงสัยว่าเป็นผู้กระทำความผิด

ข้อเสีย

- ฝาแฝดไข่ใบเดียวกันจะมีสารพันธุกรรมเหมือนกันทุกประการ ทำให้ไม่สามารถระบุบุคคลกับฝาแฝดไข่ใบเดียวกันได้
- การสกัดสารพันธุกรรมจากเซลค่อนข้างยาก และค่าใช้จ่ายสูง
- การตรวจระบุบุคคลด้วยสารพันธุกรรม แบบ Automate มีต้นทุนที่สูงกว่าแบบ Manual

คลื่นสมอง (Brain Wave)

ข้อดีข้อเสียของการระบุบุคคลด้วยคลื่นสมอง

ข้อดี

- มีลักษณะเฉพาะบุคคล ที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้
- การระบุบุคคลมีคุณภาพ มีความแน่นอนสูงมาก

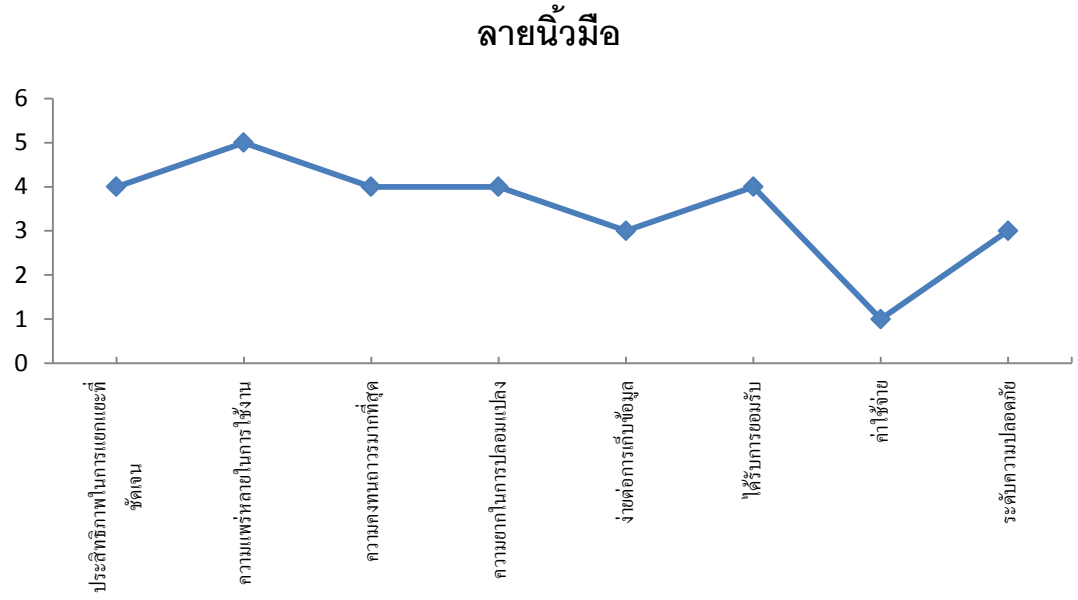
ข้อเสีย

- การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับคลื่นสมองยังน้อยอยู่ ยังอยู่ในขั้นตอนวิจัย
- ยังไม่มีข้อมูลความมั่นใจกับความคงทนถาวรของข้อมูล เนื่องจากอยู่ในช่วงพัฒนา
- ผู้ถูกจัดเก็บไม่ให้ความร่วมมือ เนื่องจากกลัวเกิดผลเสียกับสมอง
- ยังไม่มีอุปกรณ์จัดเก็บที่ทันสมัย และยังไม่ได้นำมาใช้ในเชิงพาณิชย์
- การเก็บข้อมูลมีความยุ่งยาก และต้องใช้เวลา
- ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลกับผู้เสียชีวิต

หลังจากได้ศึกษางานวิจัย บทความต่างๆ และข้อดี ข้อเสีย ทำให้สามารถให้เกณฑ์และเปรียบเทียบคุณลักษณะแต่ละประเภทของชีวมาตรทางกายภาพของร่างกาย ตามตารางที่ 1 โดย 0 หมายถึง ค่าที่น้อยที่สุด 5 หมายถึง ค่าที่สูงที่สุด

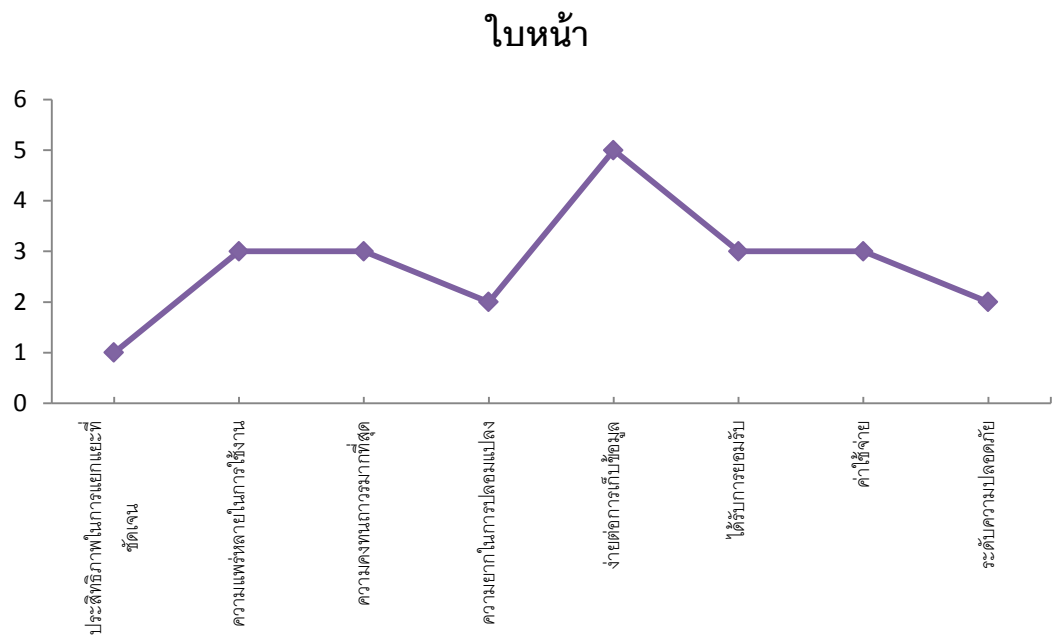
ประเภทชีวมาตร	ประสิทธิภาพในการแยกแยะที่ชัดเจน	ความแพร่หลายในการใช้งาน	ความคงทนถาวร	ความยากในการปลอมแปลง	ง่ายต่อการเก็บข้อมูล	ได้รับการยอมรับ	ค่าใช้จ่าย	ระดับความปลอดภัย
ลายนิ้วมือ	4	5	4	4	3	4	1	3
ใบหน้า	1	3	3	2	5	3	3	2
ม่านตา	5	1	4	5	3	3	4	5
จอประสาทตา	4	1	3	3	1	3	5	3
จมูก	3	1	3	1	5	2	3	2
ใบหู	3	1	4	4	3	3	3	4
ลายฝ่ามือ	4	4	4	5	3	4	3	4
สารพันธุกรรม	5	2	5	5	2	5	5	5
คลื่นสมอง	4	0	0	5	2	0	1	5

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะแต่ละประเภทของชีวมาตรทางกายภาพของร่างกาย



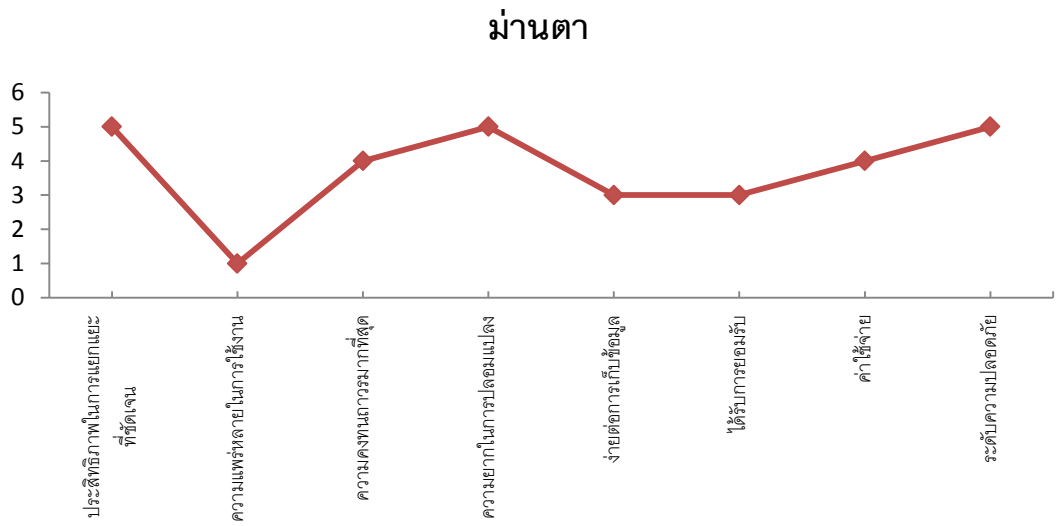
ภาพประกอบ 33 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของลายนิ้วมือ

จากภาพประกอบ 33 แสดงคุณลักษณะต่างๆของลายนิ้วมือพบว่า ลายนิ้วมือมีความแพร่หลายในการใช้งานมากที่สุด มีประสิทธิภาพในการแยกแยะ ความคงทนถาวร มีความยากในการปลอมแปลง และการได้รับการยอมรับอยู่ในระดับดี ขณะที่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งานต่ำ ความปลอดภัย และการเก็บข้อมูลอยู่ในระดับปานกลาง



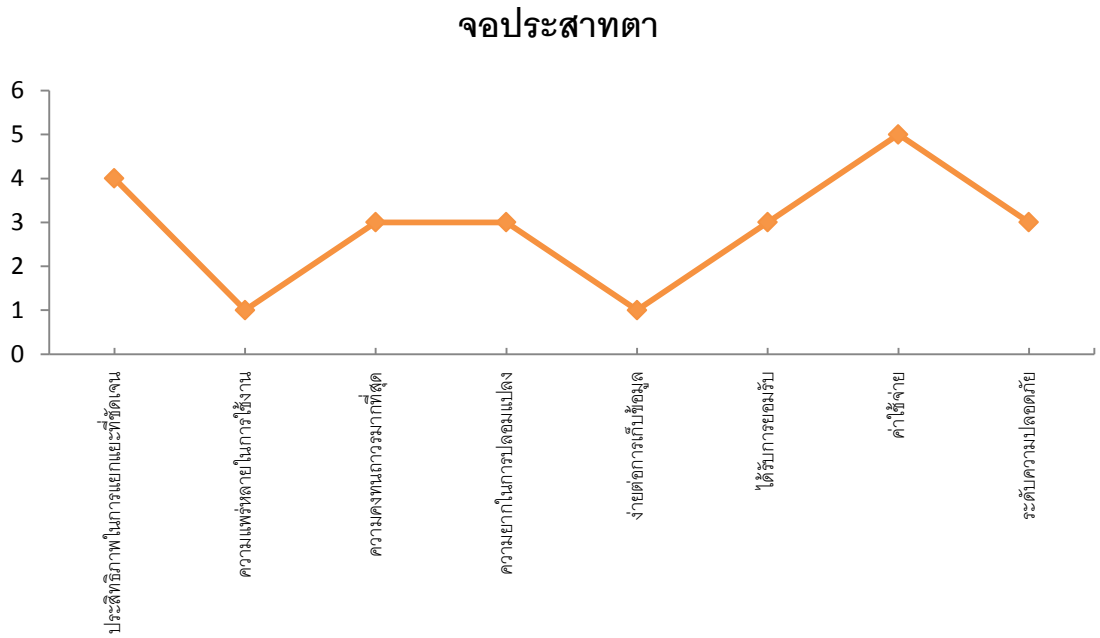
ภาพประกอบ 34 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของใบหน้า

จากภาพประกอบ 34 แสดงคุณลักษณะต่างๆของใบหน้าพบว่า ใบหน้ามีความง่ายในการเก็บข้อมูลมากที่สุด ความแพร่หลายในการใช้งาน ความคงทนถาวร การยอมรับ และค่าใช้จ่ายอยู่ในระดับปานกลาง และเนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านศัลยกรรมความงามมีความก้าวไกล ทำให้ความยากในการปลอมแปลงและระดับความปลอดภัยเมื่อใช้ใบหน้าในการระบุตัวตนต่ำไปด้วย สำหรับประสิทธิภาพในการแยกแยะใบหน้าต่ำมาก โดยเฉพาะการระบุตัวตนเพราะขั้นตอนวิธีที่ใช้จะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบบนใบหน้าได้แก่ ตำแหน่ง และรูปลักษณะต่างๆของตา จมูก ปาก แก้ม และเค้าโครงใบหน้า การเก็บข้อมูลจากการจับภาพใบหน้าหลายๆภาพด้วยกล้อง และเปรียบเทียบกับภาพในฐานข้อมูล ทำให้การแยกแยะไม่ดีพอ



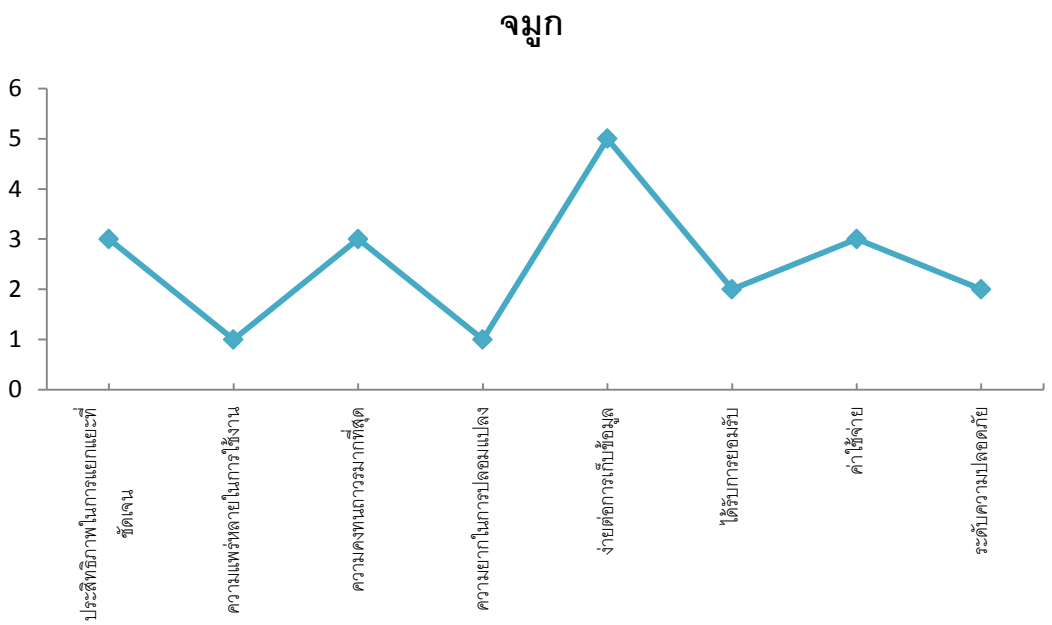
ภาพประกอบ 35 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของม่านตา

จากภาพประกอบ 35 แสดงคุณลักษณะต่างๆของม่านตาพบว่า ม่านตามีประสิทธิภาพในการแยกแยะ มีความยากในการปลอมแปลง และระดับความปลอดภัยมากที่สุด มีความคงทนถาวร และค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก การเก็บข้อมูล และการได้รับการยอมรับอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับความแพร่หลายในการใช้งานต่ำ เพราะโดยส่วนใหญ่ข้อมูลม่านตามักมาจากการเข้ารับการตรวจสายตา และยังไม่มีการเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลเพื่อการเปรียบเทียบ



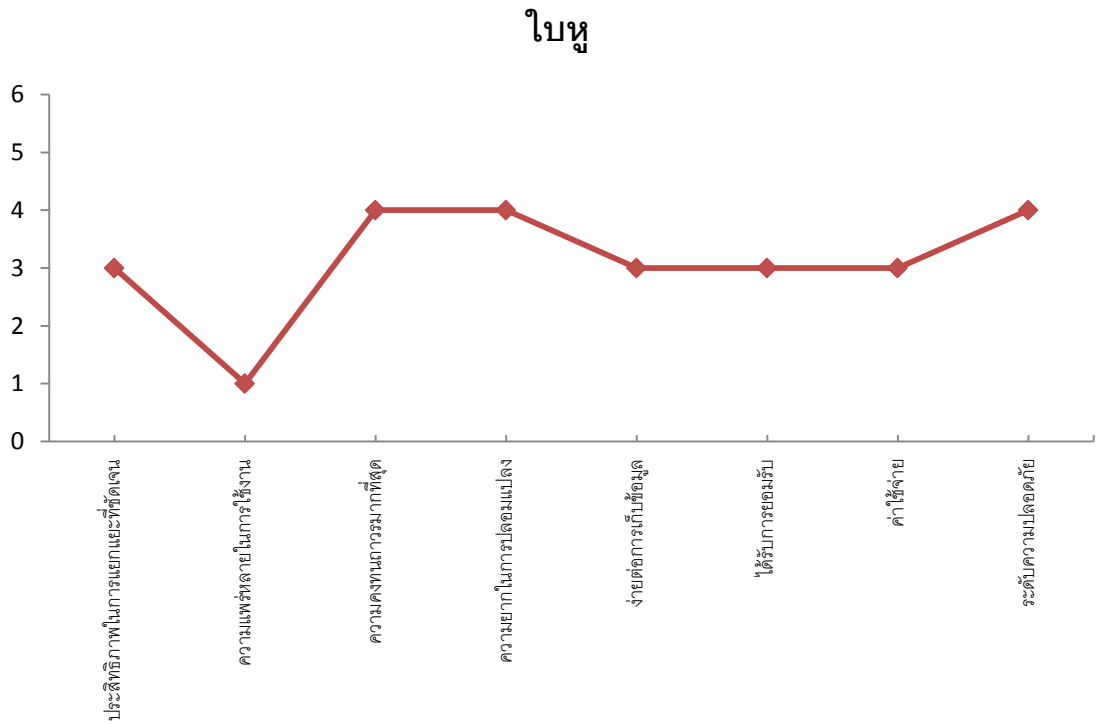
ภาพประกอบ 36 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของจอประสาทตา

จากภาพประกอบ 36 แสดงคุณลักษณะต่างๆของจอประสาทตาพบว่า จอประสาทตามีประสิทธิภาพในการแยกแยะดี แต่มีค่าใช้จ่ายสูงมาก ขณะที่มีความคงทนถาวร มีความยากในการปลอมแปลง การได้รับการยอมรับ และระดับความปลอดภัยปานกลาง ความแพร่หลายในการใช้งานและความง่ายต่อการเก็บข้อมูลอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลมีราคาสูง จำเป็นต้องใช้ผู้มีความเชี่ยวชาญ ผู้ถูกเก็บข้อมูลไม่ให้ความร่วมมือเพราะเกรงว่าจะเป็นอันตรายกับจอประสาทตา หรือดวงตา ซึ่งเป็นอุปสรรคอย่างมากกับการเก็บข้อมูลจอประสาทตา



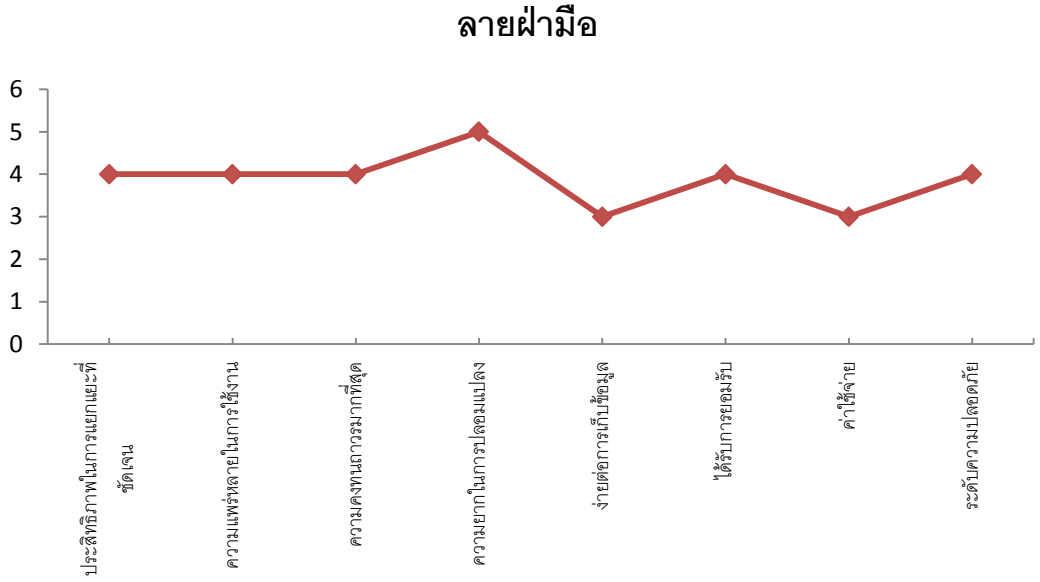
ภาพประกอบ 37 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของจมูก

จากภาพประกอบ 37 แสดงคุณลักษณะต่างๆของจมูกพบว่า จมูกเป็นองค์ประกอบหนึ่งบนใบหน้าที่ยากจะปกปิด จึงไม่ใช่เรื่องแปลกที่จะทำให้การเก็บข้อมูลมีความง่ายดายมากที่สุด เช่นเดียวกับใบหน้า แต่มีประสิทธิภาพในการแยกแยะ ความคงทนถาวร และค่าใช้จ่ายอยู่ในระดับปานกลาง การได้รับการยอมรับ และระดับความปลอดภัยค่อนข้างต่ำ ขณะที่มีความแพร่หลายในการใช้งาน และความยากในการปลอมแปลงอยู่ในระดับต่ำมาก เช่นเดียวกับใบหน้าที่จมูกเป็นชีวมาตรซึ่งสามารถถูกศัลยกรรมปรับเปลี่ยนรูปทรงของจมูกโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญได้อย่างง่ายดาย



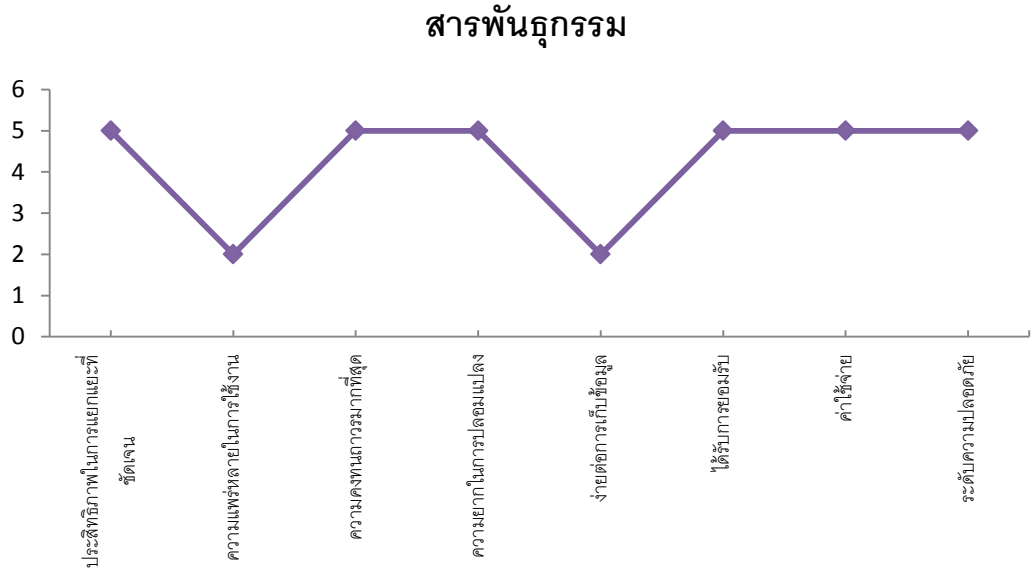
ภาพประกอบ 38 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของใบหู

จากภาพประกอบ 38 แสดงคุณลักษณะต่างๆของใบหูพบว่า ใบหูเป็นอวัยวะที่ไม่นิยมศัลยกรรมเปลี่ยนแปลง และยากต่อการปลอมแปลง มีความคงทนถาวร และระดับความปลอดภัยสูงมาก มีประสิทธิภาพในการแยกแยะได้ชัดเจน ง่ายต่อการเก็บข้อมูล ได้รับการยอมรับ และค่าใช้จ่ายอยู่ในระดับปานกลาง แต่มีความแพร่หลายในการใช้อยู่ในระดับต่ำมาก



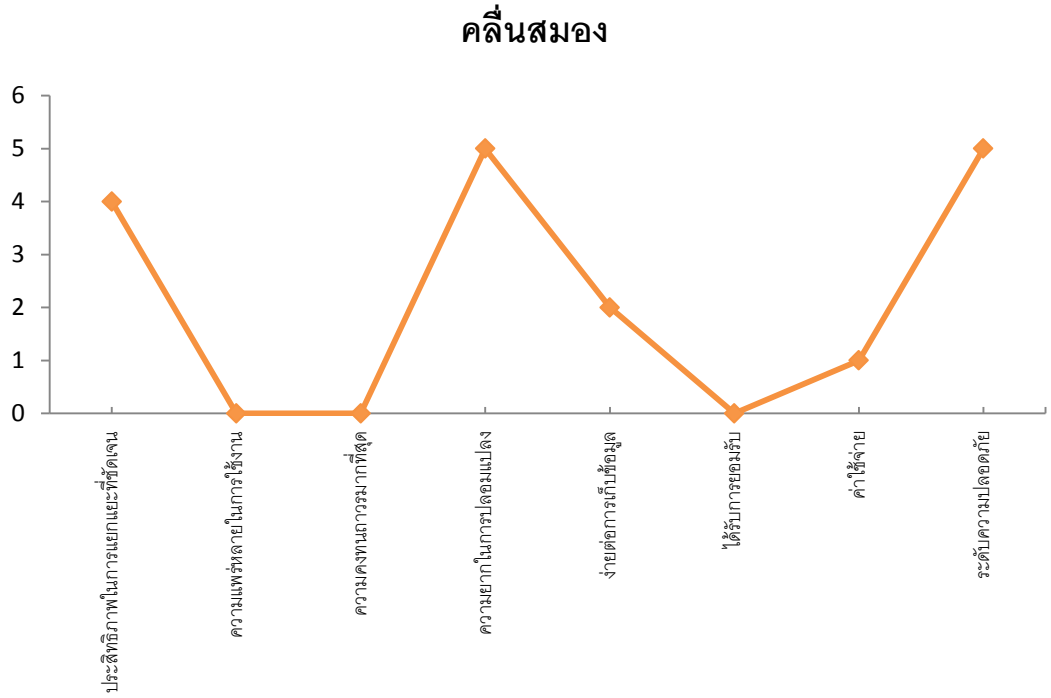
ภาพประกอบ 39 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของลายฝ่ามือ

จากภาพประกอบ 39 เส้นกราฟที่แสดงคุณลักษณะต่างๆของลายฝ่ามือพบว่า ลายฝ่ามือเป็นอวัยวะที่มีเส้นสายลึกลง และมีส่วนนูนขึ้นจึงยากต่อการปลอมแปลงมากที่สุด โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือ และพบว่าลายฝ่ามือ มีประสิทธิภาพในการแยกแยะได้ชัดเจน มีความแพร่หลายในการใช้ มีความคงทนถาวร ได้รับการยอมรับ และระดับความปลอดภัยสูง มีความง่ายต่อการเก็บข้อมูล และค่าใช้จ่ายอยู่ในระดับปานกลาง



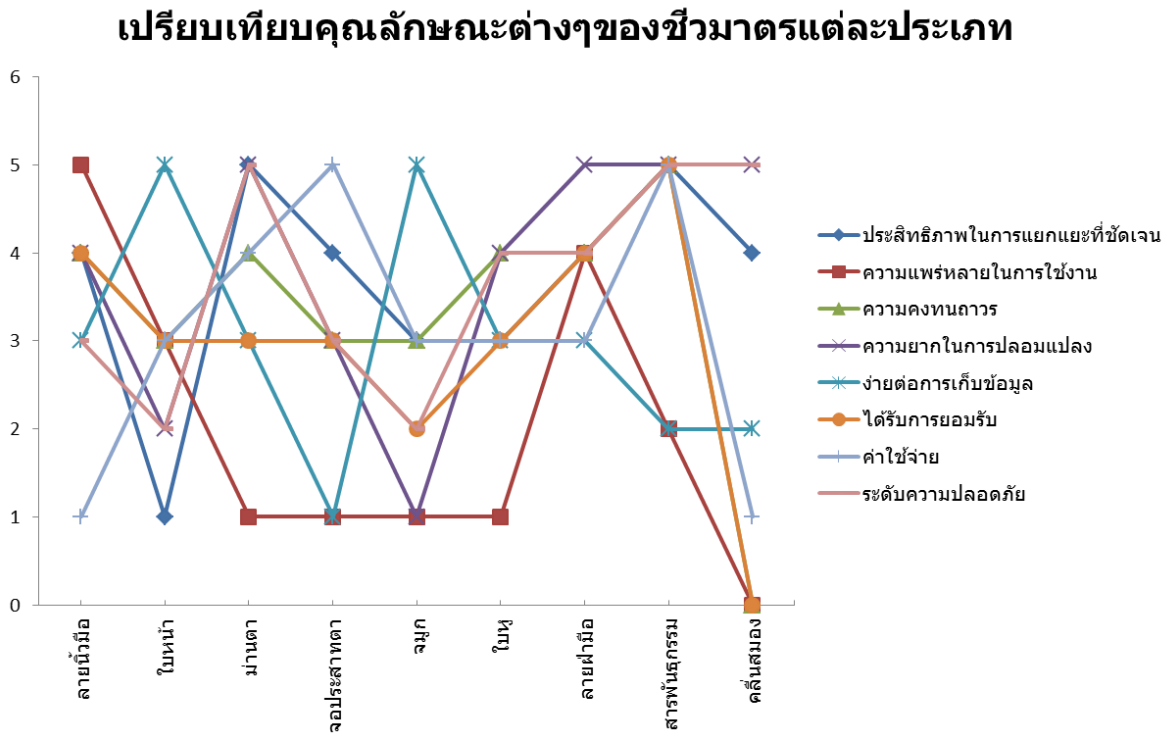
ภาพประกอบ 40 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของสารพันธุกรรม

จากภาพประกอบ 40 แสดงคุณลักษณะต่างๆของสารพันธุกรรมพบว่า สารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอเป็นชีวมาตรที่ไม่สามารถปลอมแปลงได้ จึงมีความปลอดภัยในระดับสูงมาก มีความคงทนถาวร เป็นที่ยอมรับ และประสิทธิภาพในการแยกแยะที่ชัดเจนใช้ในการยืนยันตัวตนได้แน่นอนมากที่สุด แต่มีค่าใช้จ่ายสูงมากเมื่อมีการเก็บข้อมูลต้องมีค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีต่อรายบุคคล จึงทำให้การเก็บข้อมูล และความแพร่หลายในการใช้งานค่อนข้างต่ำ มักถูกใช้ในการยืนยันความเป็นสายโลหิตหรือการยืนยันบุคคลที่เสียชีวิต



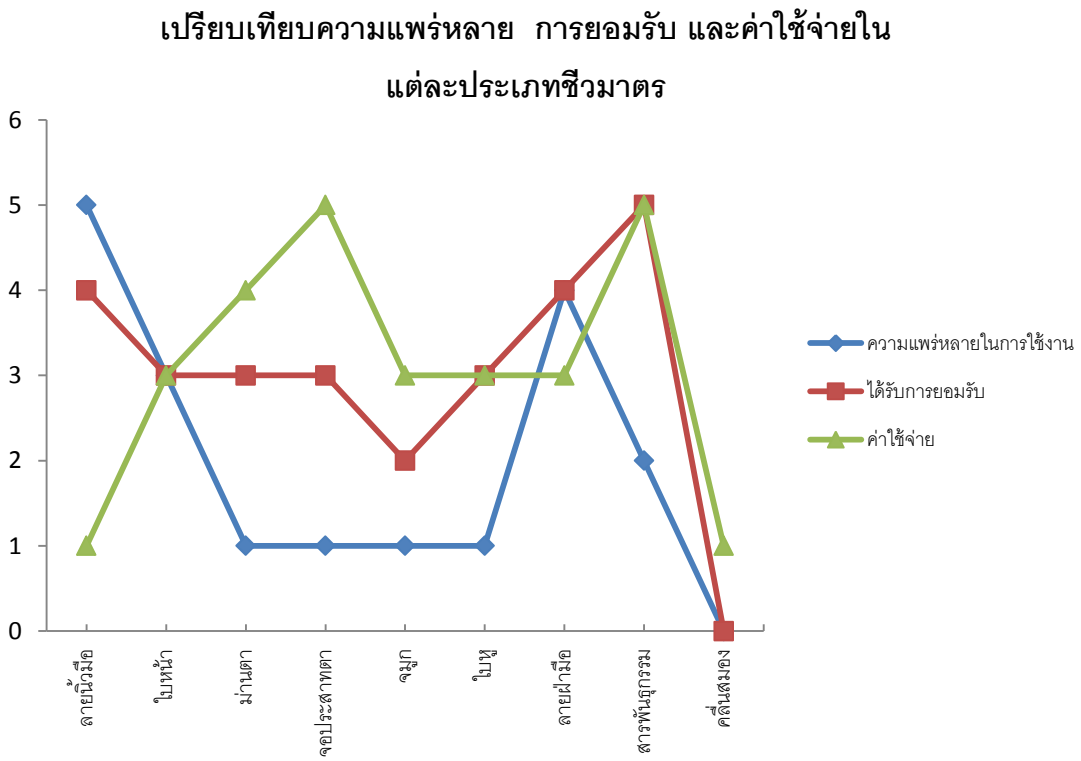
ภาพประกอบ 41 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของคลื่นสมอง

จากภาพประกอบ 41 แสดงคุณลักษณะต่างๆของคลื่นสมองพบว่า คลื่นสมองเป็นชีวมาตรที่ไม่สามารถปลอมแปลงได้แน่นอนเช่นเดียวกับสารพันธุกรรม จึงมีระดับความปลอดภัยสูงมากเช่นกัน ประสิทธิภาพในการแยกแยะที่ชัดเจนในระดับดี การเก็บข้อมูลยุ่งยากพอควรจึงอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ แต่มีค่าใช้จ่ายสูงในการเก็บข้อมูลต่ำ เพราะอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดคลื่นสมองราคาไม่แพงมาก อย่างไรก็ตามงานวิจัยเกี่ยวกับการระบุตัวตนด้วยคลื่นสมองยังอยู่ในช่วงของการพัฒนา ยังไม่มีการนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ และข้อเสียที่ชัดเจนของคลื่นสมองคือไม่สามารถวัดได้กับคนเสียชีวิต จึงยังไม่มีความแพร่หลายในการใช้งาน การยอมรับ และยังไม่มีข้อมูลความคงทนถาวร



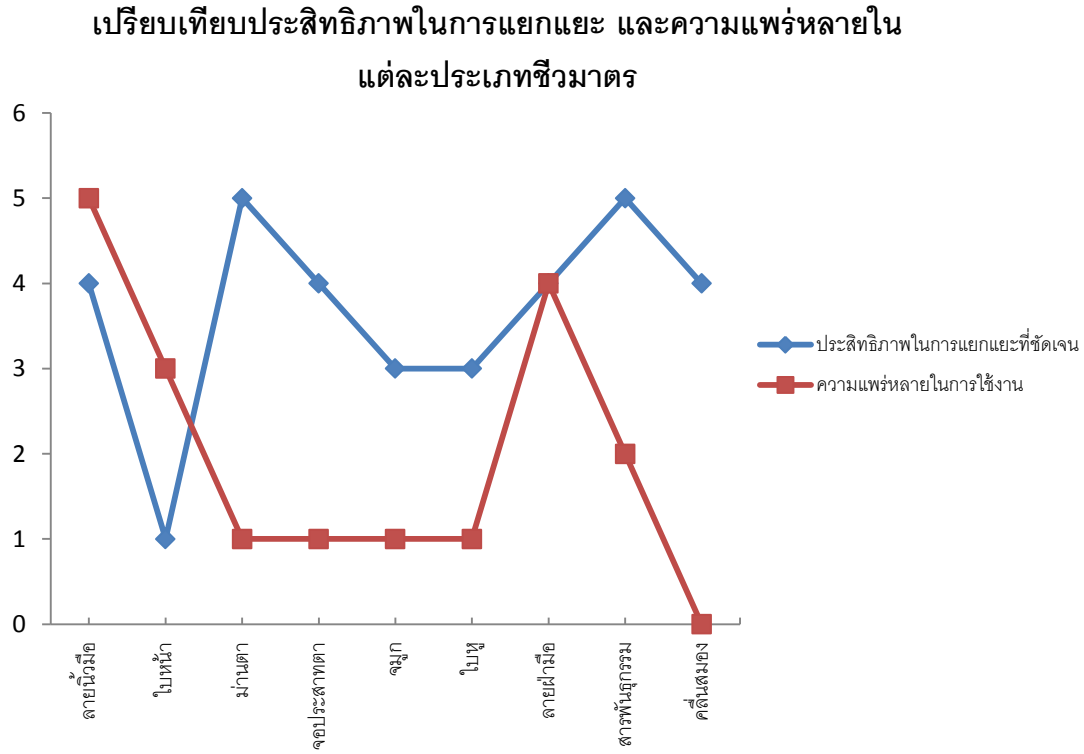
ภาพประกอบ 42 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆของชีวมาตรแต่ละประเภท

ภาพประกอบ 42 แสดงภาพรวมการเปรียบเทียบคุณลักษณะแต่ละประเภทของชีวมาตรทางด้านกายภาพ ได้แก่ ลายนิ้วมือ ใบหน้า ม่านตา จอประสาทตา จมูก ใบหู ลายฝ่ามือ สารพันธุกรรม และคลื่นสมอง ซึ่งเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาเปรียบเทียบระหว่างคุณลักษณะของชีวมาตรในแต่ละประเภทจะทำให้ได้ข้อมูล ดังนี้



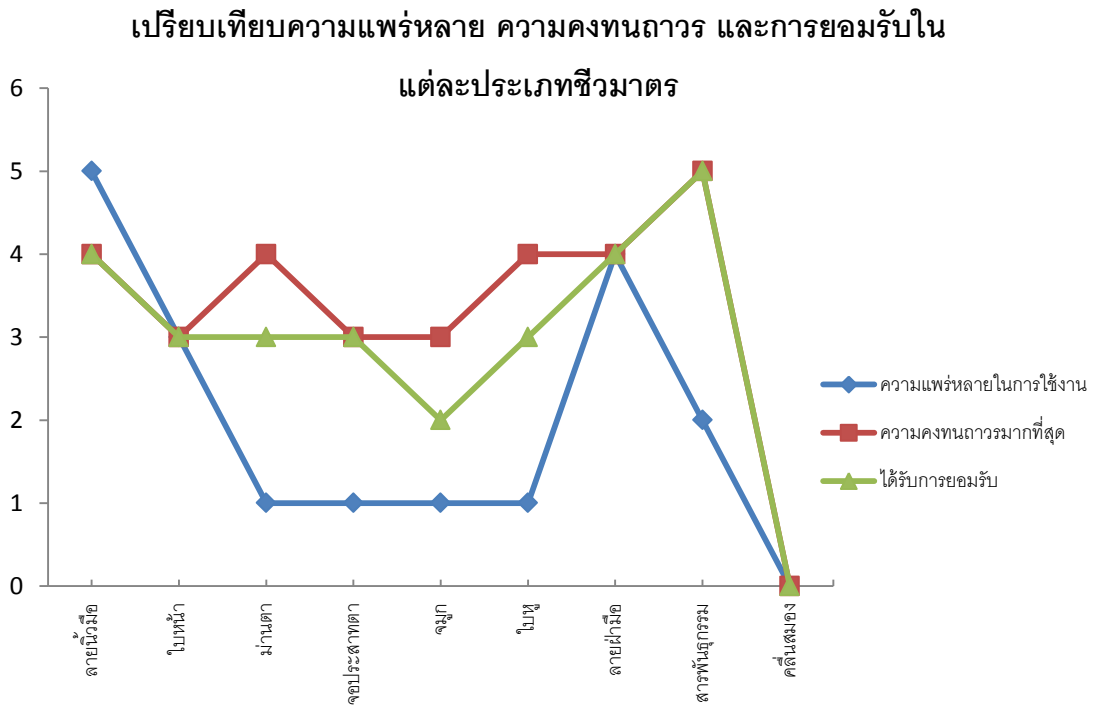
ภาพประกอบ 43 แสดงการเปรียบเทียบความแพร่หลาย การยอมรับ และค่าใช้จ่ายในแต่ละประเภทชีวมาตร

จากภาพประกอบ 43 แสดงให้เห็นว่าความแพร่หลายในการใช้งานของลายนิ้วมือมีมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ลายฝ่ามือ ใบหน้า และสารพันธุกรรม ตามลำดับ สำหรับการยอมรับสารพันธุกรรมได้รับการยอมรับมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ลายนิ้วมือ และลายฝ่ามือ ที่ได้รับการยอมรับมากเท่ากัน คลื่นสมองไม่ได้รับการยอมรับเลย เนื่องจากยังอยู่ในระหว่างการวิจัย และยังไม่มีการนำออกใช้ในภาครัฐ และในเชิงพาณิชย์ ขณะเดียวกันในประเด็นคุณลักษณะของค่าใช้จ่ายจะเห็นว่าลายนิ้วมือมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด เช่นเดียวกับคลื่นสมองที่ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดคลื่นสมองง่ายๆเพียงตัวเดียว



ภาพประกอบ 44 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแยกแยะ และความแพร่หลายในแต่ละประเภทชีวมาตร

จากภาพประกอบ 44 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการยอมรับของม่านตา และสารพันธุกรรมมีประสิทธิภาพมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ลายนิ้วมือ จอประสาทตา ลายฝ่ามือ และคลื่นสมองที่มีประสิทธิภาพในการแยกแยะดีเท่ากัน สำหรับความแพร่หลายในการใช้งานของลายนิ้วมือมีมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ลายฝ่ามือ ใบหน้า และสารพันธุกรรม ตามลำดับ



ภาพประกอบ 45 แสดงการเปรียบเทียบความแพร่หลาย ความคงทนถาวร และการยอมรับในแต่ละประเภทชีวมาตร

จากภาพประกอบ 45 แสดงให้เห็นว่าความแพร่หลายในการใช้งานของลายนิ้วมือมีมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ลายฝ่ามือ ใบหน้า และสารพันธุกรรม ตามลำดับ สำหรับคุณลักษณะความคงทนถาวร สารพันธุกรรมมีความคงทนถาวรมากที่สุด โดยลายนิ้วมือ ม่านตา ใบหู และลายฝ่ามือมีความคงทนถาวรมากรองลงมา ขณะเดียวกันการยอมรับสารพันธุกรรมได้รับการยอมรับมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ลายนิ้วมือ และลายฝ่ามือ ที่ได้รับการยอมรับมากเท่ากัน คลื่นสมองยังไม่ได้รับการยอมรับเลย เนื่องจากยังอยู่ในระหว่างการวิจัย และยังไม่มีการนำออกใช้ในเชิงพาณิชย์

บทที่ 5

สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์เปรียบเทียบการระบุตัวตนโดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกาย เพื่อช่วยทำให้การระบุตัวตนมีประสิทธิภาพ และมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เนื่องจากชีวมาตรเป็นสิ่งที่ติดมากับบุคคลตั้งแต่เกิดยากที่จะปลอมแปลง และจากการศึกษาข้อมูลวิเคราะห์เปรียบเทียบชีวมาตรที่เป็นลักษณะเฉพาะทางกายภาพจำนวน 9 ประเภท ได้แก่ ลายนิ้วมือ ใบหน้า ม่านตา จอประสาทตา จมูก ใบหู ลายฝ่ามือ สารพันธุกรรม และคลื่นสมอง ทำให้สามารถสรุปข้อดีและข้อเสียของการระบุตัวตนโดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพแต่ละประเภทได้ดังนี้ ข้อดีของลายนิ้วมือคือ ลายนิ้วมือจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบตั้งแต่แรกเกิด จนถึงกระทั่งวันตาย แต่อาจมีการเปลี่ยนขนาดตามขนาดร่างกาย ลายนิ้วมือมีรูปแบบเฉพาะในแต่ละบุคคล จึงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการระบุตัวตนได้เป็นอย่างดี ทั้งยังมีความสะดวกในการเก็บและการใช้ข้อมูลลายนิ้วมือ เนื่องจากเป็นสิ่งที่ติดตัวเราตลอดเวลา รวมทั้งเทคโนโลยีลายนิ้วมือใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลน้อยกว่าเทคโนโลยีไบโอเมตริกด้านอื่น ๆ บริษัทผู้ผลิตเครื่องสแกนลายนิ้วมือพัฒนารูปแบบเครื่องที่มีขนาดเล็ก ประหยัดไฟ และเทคโนโลยีปัจจุบันที่ทันสมัยทำให้สามารถนำเครื่องสแกนไปประยุกต์ใช้บนอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้สะดวก เช่น แลปทอป โทรศัพท์มือถือ พีดีเอ และแฮนดี้ไดร์ฟเป็นต้น ทำให้สามารถสร้างทางเลือกให้กับลูกค้าได้มาก อย่างไรก็ตามการระบุตัวตนด้วยลายนิ้วมือก็มีข้อเสียอาจถูกลอบเก็บข้อมูลขณะใช้ และนำไปปลอมแปลงได้ จึงยังมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ร่วมกับสิ่งที่สามารถระบุตัวตนอื่นๆ เช่นรหัสผ่าน หรือ หมายเลข PIN คนบางกลุ่มยังมีความเชื่อว่า การใช้ลายนิ้วมือในการระบุตัวบุคคลนั้นเหมือนตนเป็นอาชญากร ส่งผลให้เทคโนโลยีลายนิ้วมือนั้นไม่เป็นที่แพร่หลายในบางพื้นที่บางประเทศ นิ้วมือเป็นส่วนที่สกปรกง่ายกว่าส่วนอื่นของร่างกาย เมื่อนำนิ้วมือไปสแกนอาจทำให้เครื่องไม่สามารถอ่านได้ และยังทำให้เครื่องที่ถูกใช้งานเสื่อมประสิทธิภาพลงด้วย ข้อดีของใบหน้าคือ ใบหน้าเป็นชีวมาตรที่มีความเป็นเอกลักษณ์ สามารถเก็บข้อมูลได้ง่าย แม้จะอยู่ในระยะไกล อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บมีราคาถูก เนื่องจากเป็นกล้องถ่ายรูปธรรมดาก็สามารถทำงานได้ จึงสามารถ

ใช้ในการระบุบุคคลประเภทผู้ก่อการร้าย และอาชญากรได้ดี ขณะเดียวกันความก้าวหน้า และความเชี่ยวชาญของแพทย์เฉพาะทางทำให้มีการผ่าตัดเปลี่ยนแปลงใบหน้าอย่างง่ายดาย การเก็บข้อมูลใบหน้าทำได้ง่าย จึงทำให้ข้อมูลใบหน้าถูกลักลอบนำไปใช้ และข้อมูลอาจถูกเปลี่ยนแปลง หรือกรณีคนที่เป็นฝาแฝดบางคู่ยากที่จะแยกแยะเฉพาะใบหน้าเหล่านี้เป็นข้อเสียของการระบุตัวตนด้วยใบหน้า ข้อดีของม่านตาคือ ม่านตาของมนุษย์มีความเป็นเอกลักษณ์ คงทน มีความถูกต้องสูง และปลอมแปลงยากมาก ในขณะเดียวกันสายตาจากคนตายจะเสื่อมสภาพเร็วมาก จึงสามารถนำประโยชน์ในประเด็นนี้มาใช้ยืนยันการมีชีวิตของผู้ถูกสแกนได้อย่างดี สำหรับข้อเสียของม่านตา การเก็บข้อมูลม่านตายุ่งยากและต้องใช้เวลา การจะเก็บข้อมูลม่านตาจำเป็นต้องการความร่วมมือจากผู้ถูกจัดเก็บ ขณะจัดเก็บข้อมูลอาจมีปัญหาจากการถูกบดบังได้อย่างง่ายดายโดยขนตา เปลือกตา เลนส์ และการสะท้อนจากกระจกตา ผู้ถูกจัดเก็บมักจะรู้สึกว่าการเก็บข้อมูลม่านตามีผลเสียกับดวงตา อุปกรณ์ที่ใช้ก็มีราคาแพง มีผลให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง และต้องการผู้เชี่ยวชาญในการเก็บข้อมูล ข้อดีของการใช้เทคนิคการระบุตัวตนด้วยจอประสาทตา จอประสาทตามีความเป็นเอกลักษณ์ คงทน มีความถูกต้องสูง ไม่สามารถลอกเลียน หรือคัดลอกจอประสาทตา และเช่นเดียวกับม่านตาที่มีข้อดีคือ สายตาจากคนตายจะเสื่อมสภาพเร็วมาก จึงสามารถนำมาใช้ยืนยันการมีชีวิตของผู้ถูกสแกน ข้อเสียของการใช้เทคนิคการระบุตัวตนด้วยจอประสาทตาจะเหมือนกับข้อเสียของการใช้เทคนิคการระบุตัวตนด้วยม่านตา ข้อดีของการระบุตัวตนโดยการใช้ลักษณะเฉพาะของจมูก คือ การเก็บข้อมูลลักษณะจมูกทำได้ง่าย เนื่องจากปั้นส่วนหนึ่งบนใบหน้าที่ยากจะปกปิด ซ่อนเร้น และคนมักมองข้าม การที่คนๆหนึ่งทำศัลยกรรมพลาสติกจมูกสามารถสังเกตได้ชัดเจน ซึ่งทำให้เข้าใจถึงความผิดเพี้ยนในการอ่านข้อมูลได้ ขณะเดียวกันอุปกรณ์ในการจัดเก็บข้อมูลก็มีราคาถูก แต่เนื่องจากปัจจุบันการผ่าตัดศัลยกรรมเปลี่ยนแปลงเอกลักษณ์ของจมูกทำได้ง่ายซึ่งถือว่าเป็นข้อเสียที่สำคัญ เนื่องจากอาจมีผู้ที่ตั้งใจปิดบังตัวตน หรือลอกเลียนเพื่อการทำอาชญากรรมต่างๆได้ ข้อดีของการระบุตัวตนโดยการใช้ลักษณะเฉพาะของใบหู ใบหูมีความเป็นเอกลักษณ์ มีลักษณะเฉพาะ จึงเหมาะที่จะใช้ในการยืนยันหรือระบุตัวตน มีความคงสภาพสูง ถึงแม้อายุมากขึ้น รูปแบบใบหูก็ยังคงเดิม เมื่อเทียบกับใบหน้าสามารถเก็บข้อมูลได้ง่ายในระยะไกลโดยผู้ถูกเก็บไม่มีโอกาสรับรู้ ภาพใบหูมีขนาดเล็กกว่าใบหน้าจึงทำให้ประมวลผลได้เร็วกว่า ประสิทธิภาพมากกว่า ด้วยความละเอียดที่น้อยกว่า ทำให้เหมาะกับการนำไปใช้ในระบบความมั่นคง และระบบการเข้าถึง รวมทั้งอุปกรณ์จัดเก็บก็มีราคาถูก ข้อเสียของใบหูได้แก่ ใบหูสามารถถูกปกปิดด้วยผม หมวก และต่างหู ทำให้เป็นอุปสรรคขณะเก็บข้อมูลได้

ข้อดีของการระบุบุคคลโดยใช้ลักษณะของลายฝ่ามือ ลายฝ่ามือของคนเรามีความเป็นลักษณะเฉพาะในแต่ละบุคคลและมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ภาพที่ใช้จัดเก็บก็ไม่จำเป็นต้องมีคุณภาพสูง ลายฝ่ามือจึงสามารถจับภาพโดยสามารถใช้อุปกรณ์ capturing device ที่มีต้นทุนต่ำ และลายฝ่ามือประกอบด้วยข้อมูลที่มากกว่าลายนิ้วมือ ข้อเสียของลายฝ่ามือ การระบุตัวตนด้วยลายพิมพ์ฝ่ามือไม่สะดวกที่จะนำไปใช้บน แอปพลิเคชั่นโดยเฉพาะโมบาย เนื่องจากการระบุบุคคลโดยใช้ลักษณะของลายฝ่ามือระบบต้องทำการเปรียบเทียบลักษณะลายฝ่ามือของผู้ใช้กับทั้งหมดที่อยู่ในฐานข้อมูล ถ้าฐานข้อมูลมีขนาดใหญ่จะทำให้ระบบช้า ในขณะเดียวกันเครื่องสแกนลายฝ่ามือมักจะมีราคาแพงเนื่องจากต้องใช้พื้นที่ขนาดใหญ่กว่าเครื่องสแกนลายนิ้วมือ และการระบุตัวตนด้วยลายพิมพ์ฝ่ามือยังไม่เป็นที่แพร่หลายเท่าลายพิมพ์นิ้วมือ ข้อดีของการระบุบุคคลด้วยสารพันธุกรรม นิยมนำมาใช้เป็นอย่างมากในทางนิติเวชวิทยา ในการพิสูจน์เอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล การตรวจระบุบุคคลด้วยลายพิมพ์สารพันธุกรรมแบบ Manual นิยมใช้ระบุบุคคลญาติพี่น้องหรือลูก หรือผู้ต้องสงสัยที่เป็นผู้กระทำความผิด สำหรับข้อเสียของการระบุบุคคลด้วยสารพันธุกรรม ในการพิสูจน์เอกลักษณ์ฝาแฝดไข่ใบเดียวกันจะมีสารพันธุกรรมเหมือนกันทุกประการ ทำให้ไม่สามารถระบุบุคคลได้ การสกัดสารพันธุกรรมจากเซลค่อนข้างยาก ถ้าต้องการตรวจระบุบุคคลด้วยลายพิมพ์สารพันธุกรรมแบบ Automate จะยิ่งมีต้นทุนที่สูงกว่าแบบ Manual ข้อดีของการระบุบุคคลด้วยคลื่นสมอง คลื่นสมองมีลักษณะเฉพาะบุคคลที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ การระบุบุคคลจึงมีคุณภาพ มีความแน่นอนสูงมาก ในขณะเดียวกันการระบุบุคคลด้วยคลื่นสมองก็มีข้อเสีย ได้แก่ การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับคลื่นสมองยังน้อยอยู่ ยังอยู่ระหว่างขั้นตอนวิจัย จึงยังไม่มีข้อมูลความมั่นใจกับความคงทนถาวรของข้อมูล ผู้ถูกจัดเก็บเองมักไม่ให้ความร่วมมือ เนื่องจากเกรงว่าจะมีผลกระทบกับสมอง ยังไม่มีอุปกรณ์จัดเก็บที่ทันสมัยและยังไม่ได้นำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ พร้อมทั้งการเก็บข้อมูลมีความยุ่งยากต้องใช้เวลา และไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลกับผู้เสียชีวิต

5.2 อภิปราย

จากข้อมูลสรุปการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแยกแยะ ความแพร่หลายในการใช้งาน ความคงทนถาวร ความยากในการปลอมแปลง ความง่ายต่อการเก็บข้อมูล การได้รับการยอมรับ ค่าใช้จ่ายและระดับความปลอดภัย รวมถึงการสรุปข้อดีข้อเสียของการวิเคราะห์เปรียบเทียบเทคนิคการระบุตัวตนโดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกาย พบว่าค่าคะแนนของการระบุตัวตนด้วยลายนิ้วมือมีค่าคะแนนดีมาก และดี มีค่าคะแนนของค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดเท่ากับ 1 หมายถึงค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์และการ

ดำเนินการต่ำมากที่สุด ค่าคะแนนของการจัดเก็บเท่ากับ 3 เนื่องจากยังคงต้องการความร่วมมือจากผู้ถูกเก็บ รวมถึงเมื่อลายนิ้วมือสกปรกย่อมมีผลกับการเก็บและการอ่านข้อมูล อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับการระบุตัวตนโดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกายประเภทอื่นๆ สามารถสรุปได้ว่าเทคนิคการระบุตัวตนด้วยลายนิ้วมือมีคุณลักษณะหลายคุณลักษณะที่บ่งบอกว่าลายนิ้วมือมีความเหมาะสมและยังคงถูกใช้ในการระบุตัวตนมากที่สุด สอดคล้องกับผลการศึกษาการระบุบุคคลด้วยไบโอเมตริกซ์ (สำรวน เวียงสมุทร, 2555) การระบุตัวตนด้วยลายนิ้วมือมีค่าใช้จ่ายต่ำ และใช้อย่างแพร่หลาย (Rupinder Saini and Narinder Rana,2014) ขณะเดียวกันยังมีความง่ายต่อการใช้งาน (C.B. Tatepamulwar and V. P. Pawar,2014) สำหรับเทคนิคการระบุตัวตนโดยการใช้คลื่นสมองยังอยู่ระหว่างการวิจัย อย่างไรก็ตามควรมีการวิจัยให้เกิดการยอมรับมากขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้กล่าวถึงการระบุตัวตนด้วยชีวมาตรโดยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกาย ซึ่งในอนาคตอาจมีการวิจัยการใช้ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของร่างกายอื่นๆที่มีประสิทธิภาพ มีความแพร่หลาย มีค่าใช้จ่ายต่ำ เหมาะที่จะนำมาใช้งานมากกว่าเพิ่มเติม และจะเป็นข้อมูลสำหรับนักวิจัยใหม่ที่จะนำมาใช้อ้างอิงมากขึ้นได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กลุ่มวิจัยฟิสิกส์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2559. “ลายนิ้วมือ (Fingerprint).” สืบค้นเมื่อวันที่ 27/2/2559, จาก http://www.wachum.com/dewey/500/hand2.pdf

ซีเอ็มซิสเท็มเซอร์วิส เชียงใหม่. 2559. “หลักการทำงาน Fingerprint.” สืบค้นเมื่อวันที่ 27/2/2559, จาก http://www.cm-systemservice.com/Article/Detail/27425/หลักการทำงาน-Fingerprint

ณัฐวุฒิ รอดอนันต์. 2552. “โรคจุดภาพชัดที่จอตาเสื่อมในผู้สูงอายุ.” ผู้จัดการออนไลน์ สืบค้นเมื่อวันที่ 7/7/2559, จาก http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx? NewsID= 9520000071451

เทคโนโลยีชีวภาพแหล่งรวมความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ. 2552-2559. “ความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ DNA.” สืบค้นเมื่อวันที่ 5/10/2558, จาก http://www.thaibiotech.info/what-is-dna.php

ปาริฉัตต์ ศังขะนันทน์. (2554). “คลื่นสมอง.” สืบค้นเมื่อวันที่ 21/2/2559, จาก https://sites.google.com/site/goimage88/tests/tests-2/khlun-smxng

ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล. “ขั้นตอนและค่าบริการการตรวจ DNA.” สืบค้นเมื่อวันที่ 24/2/2559, จาก http://med.mahidol.ac.th/patho/th/announcement /17-9-2013

มงคล ศักดานุภาพ. 2551. การระบุบุคคลด้วยลักษณะลายผิวของฝ่ามือจากกลุ่มที่คัดกรองด้วยเส้นหลัก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2551

วัชราภรณ์ บัวโฉม. “หู : กายวิภาคหู (Ear anatomy) / สรีรวิทยาของหู (Ear physiology).” สืบค้นเมื่อวันที่ 1/6/ 2559, จาก http://haamor.com/th/%E0%B8%AB%E0%B8%B9/

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. “สมอง.” สืบค้นเมื่อวันที่ 21/2/2559, จาก https://th.wikipedia.org/wiki/สมอง

สกาวรัตน์ คุณาวิศรุต. “กายวิภาคและสรีรวิทยาของตา (Anatomy and physiology of the eye).” สืบค้นเมื่อวันที่ 7/7/ 2559, จาก http://haamor.com/th/กายวิภาคและสรีรวิทยาของตา/

สุคนธ์ ประดุจกาญจนา. “แนวปฏิบัติการแปลผลการตรวจ Y-STR ตามข้อกำหนดของ SWGDAM.” สืบค้นเมื่อวันที่ 28/2/2559, จาก https://www.gotoknow.org/posts/494568

สุจิตรา อดุลยเกษม และจิตดำรง ปรีชาสุข. (2551). “ต้นแบบอัจฉริยะเพื่อควบคุมการเข้าใช้งานระบบโดยวิธีการพิสูจน์ใบหน้าบุคคล.” **วารสารวิทยาลัยราชสุดาเพื่อการวิจัยและพัฒนาคนพิการ**, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, มกราคม - มิถุนายน 2551

สำรวน เวียงสมุทร. (2555). “การระบุบุคคลด้วยไบโอเมตริกซ์.” **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**, ปีที่ 31, ฉบับที่ 4, กรกฎาคม - สิงหาคม 2555 : 426-435

A. Mian, M. Bennamoun, and R. Owens. 2007. **An efficient multi-modal 2D-3D hybrid approach to automatic face recognition**. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 29(11):1927–1943, 2007.

A. Moorhouse, A. N. Evans, G. A. Atkinson, J. Sun and M. L. Smith. 2009. **The nose on your face may not be so plain: using the nose as a biometric**. In Proc. International Conference on Imaging for Crime Detection and Prevention. Kingston-Upon-Thames, London, UK 2009.

A.K. Jain, A. Ross, and S. Prabhakar. 2004. **An Introduction to Biometric Recognition.** IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 14(1), 2004.

Anika Pflug and Christoph Busch. 2012. **Ear biometrics: a survey of detection, feature extraction and recognition methods.** Biometrics, IET 1.2 (2012): 114-129.

Arun Ross and Ayman Abaza. 2011. **Human ear recognition.** IEEE Computer Society 44.11:79-81.

Berbar, M. A., Kelash, H. M., and Kandeel, A. A. 2006. **Face and Facial Feature Detection in Color Images. International Conference on Geometric Modeling and Image** – New Trends (GMAI’06).

Polymerase chain reaction. “Biochemistry Encyclopædia Britannica.” [Online] Available: http://global.britannica.com/science/polymerase-chain-reaction, [Accessed: 24/02/2016]

BRUCE, V. 1988. “Recognizing faces.” Lawrence Erlbaum Associates, London, U.K.

BRUCE, V., BURTON,M., and DENCH,N. 1994. **What’s distinctive about a distinctive face?** Quart. J. Exp. Psych. 47A, 119–141.

BRUCE, V.,HANCOCK,P.J.B., and BURTON, A.M. 1998. **Human face perception and identification.** In Face Recognition: From Theory to Applications, H. Wechsler, P. J. Phillips, V. Bruce, F. F. Soulie, and T. S. Huang, Eds. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 51–72.

C.B. Tatepamulwar and V. P. Pawar. 2014. **Comparison of Biometric Trends Based on Different Criteria.** Asian Journal of Management Sciences 02 (03 Special Issue), 2014 : 159-165.

Dave Mosher. 2010. "Ears Could Make Better Unique IDs Than Fingerprints." [Online] Available: https://www.wired.com/2010/11/ears-biometric-identification/, [Accessed: 24/02/2016]

De-Shuang Huang, Wei Jia, David Zhang. 2008. **Palmprint verification based on principal lines**. ScienceDirect, Pattern Recognition 41 (2008) 1316 – 1328.

Dong, W., & Soh, Y. 2006. **Image-based Fraud Detection in Automatic Teller Machine.** IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. 6(11),13-18.

Emambakhsh, M., Evans, A. and Smith, M. 2013. **Using nasal curves matching for expression robust 3D nose recognition.** IEEE Conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems (BTAS2013), Washington DC, USA, September 29th - October 2, 2013.

G. A. Atkinson, M. L. Smith, L. N. Smith and A. R. Farooq. 2009. Facial geometry estimation using photometric stereo and profile views. **In Proc. International Conference on Biometrics** pp.1-11. Alghero, Sardinia, Italy 2009.

Hemantha Kumar Kalluri and Munaga V. N. K. Prasad. 2016. **Palmprint Identification using Gabor and Wide Principal Line Features.** 6th International Conference On Advances In Computing & Communications, ICACC 2016, 6-8 September 2016, Cochin, India.

Imhofer, R. **Die Bedeutung der Ohrmuschel für die Feststellung der Identität**. Arch. Kriminol. 1906;26:150–163.

Jie Wu, Zhengding Qiu. 2006. **A Hierarchical Palmprint Identification Method Using Hand Geometry and Grayscale Distribution Features.** The 18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'06) 2006.

John Daugman. 2004. **How Iris Recognition Works.** IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 14, NO. 1, January 2004.

John Trader. 2012. **Iris Recognition vs. Retina Scanning – What are the Differences?**. M2SYS Blog On Biometric Technology, [online] Available: http://blog.m2sys.com/biometric-hardware/iris-recognition-vs-retina-scanning-what-are-the-differences/ [Accessed: 7/07/2016]

Julian Ashbourn. 2002. **Biometrics: Advanced Identity Verification**. London: Springer-Verlag, p. 55.

K.Krishneswari and S.Arumugam. 2010. **A Review on Palm Print Verification System**. International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications (IJCISIM), ISSN: 2150-7988 Vol.2 (2010), pp.113-120

Kelly, M.D. 1970. **Visual Identification of People by Computer**. Stanford AI Project, Stanford, CA, Technical Report. AI-130, 1970.

Kelly Smith. 2006. "Biometric History." National Science and Technology Council. [online] Available: http://www.biometrics.gov/Documents/BioHistory.pdf [Accessed: 7/07/2015]

Kelly Smith. 2006. "Face Recognition." National Science and Technology Council. [online] Available: http://www.biometrics.gov/Documents/facerec.pdf [Accessed: 5/10/2015]

Li Fang, M. K. H. L., Tejas Shikhare, Victor Chan, and Kean Fatt Choon. 2006. **Palmprint Classification**. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics 2006 : 2965-2969.

M. Poulos, M. Rangoussi, N. Alexandris, and A. Evangelou. 2001. **On the use of EEG features towards person identification via neural networks**. Medical Informatics and the Internet in Medicine 26, 1: 35-48.

M.M. Holland, C.A. Cave, C.A. Holland, and T.W. Bille. 2003. **Development of a quality, high throughput DNA analysis procedure for skeletal samples to assist with the identification of victims from the World Trade Center attacks**. Croat. Med. J. 44 (2003) 264–272.

Michael Boyd, Dragos Carmaciu, Francis Giannaros, Thomas Payne and William Snell. "Iris Recognition." MSc Computing Science, Imperial College London UK. [online] Available: http://projectiris.co.uk/final.pdf

Michael Boyd, Dragos Carmaciu, Francis Giannaros, Thomas Payne, and William Snell. 2010. **Iris Recognition**. ISSN 1989-1660 March 19, 2010

NSTC Subcommittee on Biometrics. **"**Iris recognition." [online] Available: http://biometrics.gov/documents/irisrec.pdf/ [Accessed: 7/08/2006]

Ping Yan. 2006. **Ear biometrics in human identification**. Diss. University of Notre Dame, 2006.

R. D. Wedowski, G. A. Atkinson, M. L. Smith and L. N. Smith. 2012. **Dynamic deflectometry: A novel approach for the on-line reconstruction of specular freeform surfaces**. Optics and Lasers in Engineering. 50:1765-1778, December 2012. © Elsevier

R. Palaniappan, D.P. Mandic. 2007. **Biometrics from Brain Electrical Activity**. A Machine Learning Approach. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions 29:738 - 742.

R.B. Paranjape, J. Mahovsky, L. Benedicenti, and Z. Koles. 2001. **The Electroencephalogram as a Biometrics**. Proc. Canadian Conf. Electrical and Computer Eng., vol. 2: 1363-1366.

Ravi Kumar, C. N., & Bindu, A. 2006. **An Efficient Skin Illumination Compensation Model for Efficient Face Detection**. Conference on IEEE Industrial Electronics (IECON). 3444 – 3449.

Rupinder Saini and Narinder Rana. 2014. **COMPARISON OF VARIOUS BIOMETRIC METHODS**. International Journal of Advances in Science and Technology (IJAST), Vol 2, Issue I, March 2014.

S. Zafeiriou, G. A. Atkinson, M. F. Hansen, W. A. P. Smith, V. Argyriou, M. Petrou, M. L. Smith and L. N. Smith. 2013. **Face Recognition and Verification using Photometric Stereo: The Photoface Database and a Comprehensive Evaluation**. IEEE Transactions on Information Forensics and Security. 8:121-135, January 2013.

Samir Nanvati. 2002. **Biometrics: Identity Verification in a Networked World**. New York: Wiley and Sons, Inc, page 106.

Satoshi Shigematsu, Hiroki Morimura,Yasuyuki Tanabe, Takuya Adachi, and Katsuyuki Machida. 1999. **A Single-Chip Fingerprint Sensor and Identifier**. IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, VOL. 34, NO. 12, DECEMBER 1999

SHEPHERD,J.W., DAVIES,G.M., and ELLIS,H. D. 1981. **Studies of cue saliency. In Perceiving and Remembering Faces**. Academic Press, London, U.K.

Spinella, Edmund. 2003. **Biometric Scanning Technologies: Finger, Facial and Retinal Scanning.** SANS Institute Reading Room. SANS

Starovoitov, V., Samal D. 1999. **A geometric Approach to Face Recognition**. Proceedings of the IEEE-EURASIP Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing (NSIP'99), Antalya, Turkey. pp. 210-213. Bogazici University: Bogazici University Printhouse.

T. Preecha, L. Chidchanok, S. Siripun, D. Tayard. 2013. **Insider and Outsider person authentication with minimum number of brain wave signals by neural and homogeneous identification filtering**. Neural Computing & Application, Volume 22, Issue 1:463-476.

V.K. Narendira Kumar, and B. Srinivasan. 2012. **Ear Biometrics in Human Identification System**. International Journal of Information Technology and Computer Science (IJITCS) 4.2 (2012): 41.

Vanaja Roselin.E.Chirchi., Dr.L.M.Waghmare and E.R.Chirchi. 2011. **Iris Biometric Recognition for Person Identification in Security Systems.** International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 24– No.9, June 2011

Visgraph. "**Database of 1080 Hand Images**." [online] Available: ftp://pftp.cs.ust.hk and http://visgraph.cs.ust.hk/biometrics/DC_Img.htm, 2004.

W. Zhao, R. Chellappa, P. Phillips, and A. Rosenfeld. 2003. "**Face Recognition**." A Literature Survey, ACM Computing Surveys, Vol. 35, No. 4 : p.401, December 2003.

W. Zhao, R. Chellappa, P. Phillips, and A. Rosenfeld. 2003. **Face recognition: A literature survey**. ACM Computing Surveys, 35:399–458, 2003

Wikipedia. "Community Fingerprinting." [online] Available: http://www.wikiwand.com/en/Community_Fingerprinting, [Accessed : 24/02/2016]

Xiangqian Wu, D. Zhang., Kuanquan Wanga, Bo Huanga. 2004. **Palmprint classification using principal lines**. Pattern Recognition 2004. The Journal of The Pattern Recognition Society, Volume 37 Issue 10, October 2004 Pages 1987-1998

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นางอัจจิมา มณฑาพันธุ์
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 30 สิงหาคม 2501
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 1486 ซอยปาริชาติ ถนนสุทธิสาร เขตห้วยขวาง กทม. 10310
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ประยุกต์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม บางเขน
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2523 วท.บ. (สถิติ) จาก มหาวิทยาลัยศิลปากร
	ค.ศ. 1982 M.S. (Computer Science)
	Florida Institute of Technology , U.S.A.