ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพภาพพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยวิธีฟัซซีไบนาไรซ์เซชัน

โดย นางสาวปรวิศา โกวรรธนะกุล

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

_____คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตย์วงษ์)

13 ตุลาคม 2549

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____ ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์)

_____ กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา)

_____ กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุง มีสัจ)

การปรับปรุงคุณภาพภาพพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยวิธีฟัซซีไบนาไรซ์เซชัน

นางสาวปรวิศา โกวรรธนะกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2549

ISBN 974-19-0878-4

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นางสาวปรวิศา โกวรรธนะกุล
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การปรับปรุงคุณภาพภาพพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยวิธีฟัซซีไบนาไรซ์เซชัน
สาขาวิชา : เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์
: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงศ์ วรรัตน์ปัญญา
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

การพิสูจน์บุคคลแบบอัตโนมัติโดยใช้คุณลักษณะทางสรีรวิทยาของคนเรา หรือที่เรียกว่า ไบโอเมตริก เริ่มมีความสำคัญมากขึ้นเมื่อความต้องการในการพิสูจน์บุคคลสำหรับการทำธุรกรรมหรือการติดต่อสื่อสารกันผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์มีมากขึ้น ลายนิ้วมือก็เป็นรูปแบบหนึ่งของไบโอเมตริกที่มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการที่เหมาะสมในการนำมาใช้พิสูจน์บุคคล แต่การบันทึกภาพลายนิ้วมือด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้นในบางครั้งอาจได้ภาพที่ไม่สมบูรณ์ หรือภาพที่ไม่ชัด ซึ่งยากต่อการตรวจสอบความถูกต้อง ดังนั้นเพื่อให้ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือมีคุณภาพที่ดีขึ้นจำเป็นต้องมีวิธีการปรับปรุงคุณภาพภาพพิมพ์ลายนิ้วมือให้มีความคมชัด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือให้มีความคมชัดมากยิ่งขึ้น โดยวิธีการประมวลผลเริ่มจากนำภาพลายนิ้วมือโทนสีเทา (Grayscale) มาปรับปรุงภาพโดยใช้ฮิสโตแกรมอีควลไลซ์เซชัน แล้วลดสัญญาณรบกวนในภาพโดยใช้เวียนเนอร์ฟิลเตอร์ (Wiener Filter) จากนั้นทำภาพโทนสีเทาให้เป็นภาพสีขาวดำ (Binary) ด้วยวิธีฟัซซีไบนาไรซ์เซชัน (Fuzzy Binarization) โดยใช้วิธีฟัซซีซีมีนส์ (Fuzzy C-Means) แล้วนำภาพที่ได้มาทำให้เส้นบางลง (Thinning) แล้วเปรียบเทียบกับวิธีอะแดปทิฟเทรชโฮลด์ (Adaptive Threshold) และวิธีฟัซซีซีพาร์ติชัน (Fuzzy C-partition) ผลการทดสอบที่ได้ คือ ภาพลายนิ้วมือที่ใช้วิธีฟัซซีซีมีนส์จะให้ผลลัพธ์ดีกว่าทั้ง 2 วิธีที่กล่าวมาข้างต้น

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 48 หน้า)

คำสำคัญ : ลายนิ้วมือ, การปรับปรุงคุณภาพ, ฟัซซีซีมีนส์, อะแดปทิฟเทรชโฮลด์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Name : Miss Parawisa Kowantanakul
Thesis Title : Fingerprint Image Enhancement Using Fuzzy Binarization
Major Field : Computer Technology
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisors : Assistant Professor Dr. Supot Nitsuwat
: Assistant Professor Dr. Kuntpong Woraratpanya
Academic Year : 2006

Abstract

Automatic personal verification by using human physiology, which is called biometrics, has become more and more important and has increasingly used in personal verification for electronic interconnection or communication. A fingerprint is a kind of biometrics that has many good characteristics and advantages for personal verification. However, a poor quality of fingerprint image leads to difficulty in verification. For this reason, this thesis focuses on a method of fingerprint image enhancement. In order to achieve this requirement, a grayscale fingerprint image is enhanced by histogram equalization. Then a wiener filter is applied to that image so as to reduce noise. The image is then binarized to a black and white image by means of Fuzzy binarization, Fuzzy C-Means technique. Finally, a thinning procedure is applied to the binary image. In this way, the experimental results show that the proposed method gave bester image's quality compared with the traditional approaches, adaptive threshold and Fuzzy C-partition techniques.

(Total 48 Pages)

Keywords : Fingerprint, Image enhancement, Fuzzy C-Means, Adaptive threshold

Supot Nitsuwat
Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ และความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้โอกาส เมตตาประสิทธิ์ประสาทวิชา ให้คำปรึกษา ให้ข้อแนะนำ รวมทั้งข้อคิดเห็นและชี้แนะแนวทางในการดำเนินการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ นาวาเอก (พิเศษ) วุฒิชัย บุญฤทธิ์ เป็นอย่างสูง ผู้ซึ่งให้ความช่วยเหลือแก้ไข ให้คำแนะนำ และให้ความรู้เพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการแก้ปัญหามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณอาจารย์ อาจารย์ ดร.จรัญ แสนราช หัวหน้าภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณาจารย์ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา ที่อำนวยความสะดวกให้โดยตลอด

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้ช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณครอบครัวเอื้ออภิสิทธิ์วงศ์ ที่เอื้อเฟื้อ และให้ใช้สถานที่ในการทำวิจัยตลอดจนดูแลความเป็นอยู่อย่างไม่ขาดตกบกพร่อง

ขอขอบคุณ คุณอภิรักษ์ จิรายุสกุล รวมทั้งพี่ๆ เพื่อนๆ โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม และเพื่อนๆ มัลติมีเดียที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับ คุณพ่อ คุณแม่ ทุกคนในครอบครัว ครู อาจารย์ที่อบรมสั่งสอน ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาจนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ปรวิศา โกวรรธนะกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 นิยามคำศัพท์เฉพาะ	2
1.5 ประโยชน์ของผลการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 นิยามของฟัซซีเซต	4
2.2 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก	5
2.3 ฟัซซีซีมีนส์	9
2.4 อะแดปทิฟ เทรชโฮลด์ดิง	12
2.5 การหาค่าเทรชโฮลด์โดยใช้แนวทางฟัซซีพาร์ติชัน และค่าเอนโทรปี	21
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	25
3.1 การปรับปรุงความคมชัดของภาพ	28
3.2 กระบวนการทำเวียนเนอร์ฟิลเตอร์	29
3.3 วิธีการทำไบนาไรซ์ชัน	30
3.4 วิธีการทำทินนิง	32
บทที่ 4 ผลการทดลอง	33
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	44
5.1 สรุปผลการทดลอง	44
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต	45
เอกสารอ้างอิง	46
ประวัติผู้วิจัย	48

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4-1 การเปรียบเทียบผลการทดลองการปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือ
ด้วยวิธีฟัซซีซีมีนส์ระหว่างผ่าน Pre-processing และไม่ผ่าน Pre-processing 33

4-2 การเปรียบเทียบผลการทดลองการปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือ
ด้วยวิธีฟัซซีซีพาร์ติชันระหว่างผ่าน Pre-processing และไม่ผ่าน Pre-processing 36

4-3 การเปรียบเทียบผลการทดลองการปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือ
ด้วยวิธีอะแดปทิฟเทรชโฮลด์ระหว่างผ่าน Pre-processing
และไม่ผ่าน Pre-processing 39

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	ตัวอย่างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของสมาชิกในเซตแบบฟัซซีเซต	4
2-2	ฟังก์ชันสามเหลี่ยม	5
2-3	ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู	6
2-4	การประยุกต์ใช้งานของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู	7
2-5	ฟังก์ชันเกาส์เซียน	7
2-6	ฟังก์ชันระฆังคว่ำ	8
2-7	ฟังก์ชัน S และ Z	9
2-8	อะแดปทิฟ เทรชโฮลด์ดิง	14
2-9	ภาพลายนิ้วมือต้นฉบับ	14
2-10	ฮิสโตแกรมภาพลายนิ้วมือต้นฉบับ	14
2-11	การกำหนดค่าเทรชโฮลด์จากฮิสโตแกรมเพื่อแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง	15
2-12	ลายพิมพ์นิ้วมือที่ค่าเทรชโฮลด์ = 120	16
2-13	ภาพโครงร่างของลายพิมพ์นิ้วมือ	16
2-14	การหาค่า Local Threshold ด้วยวิธีหาค่า Mean	17
2-15	การหาค่าโลคอลเทรชโฮลด์ (Local Threshold) ด้วยวิธีหาค่า Mean Value ขนาดพื้นที่ 3 x 3	17
2-16	ภาพโครงร่างหลังการหาค่าด้วยวิธี Mean Value ขนาด 3x3	18
2-17	การหาค่าโลคอลเทรชโฮลด์ด้วยวิธีหาค่า Median	18
2-18	การหาค่าโลคอลเทรชโฮลด์ ด้วยวิธีหาค่า Median Value ขนาดพื้นที่ 16 x 16	19
2-19	ภาพโครงร่างหลังการหาค่าด้วยวิธี Median Value ขนาด 16x16 ไม่มีการปรับคุณภาพ	19
2-20	การหาค่าโลคอลเทรชโฮลด์ ด้วยวิธีหาค่า Median Value ขนาดพื้นที่ 8x8	19
2-21	ภาพโครงร่างหลังการหาค่าด้วยวิธี Median Value ขนาด 8x8 ไม่ปรับคุณภาพ	19
2-22	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบฟัซซี , μ_{dark} และ μ_{bright}	21
3-1	ตัวอย่างของภาพลายนิ้วมือ	25
3-2	ภาพแสดงตัวอย่างลายนิ้วมือที่คุณภาพไม่ดี	26
3-3	วิธีการปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือที่ใช้ในงานวิจัย	27
3-4	ภาพลายนิ้วมือและฮิสโตแกรม	29

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-5	ภาพลายนิ้วมือหลังทำเวียนเนอร์ฟิลเตอร์	30
3-6	การเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างการทำภาพให้เป็นสีขาวดำ โดยผ่านวิธี Pre-processing และไม่ผ่าน Pre-processing ของการทำไบนาไรซ์เซชันแต่ละวิธี	32

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพิสูจน์บุคคลแบบอัตโนมัติโดยใช้คุณลักษณะทางสรีรวิทยาของคนเรา หรือที่เรียกว่า ไบโอเมตริก เริ่มมีความสำคัญมากขึ้นเมื่อความต้องการในการพิสูจน์บุคคลสำหรับการทำธุรกรรมหรือการติดต่อสื่อสารกันผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์มีมากขึ้น ลายนิ้วมือก็เป็นรูปแบบหนึ่งของไบโอเมตริกที่มีคุณสมบัติที่ดีหลายอย่างและเหมาะสมในการนำมาใช้พิสูจน์บุคคล [1] เนื่องจากลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลไม่เหมือนกัน ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา และไม่สืบทอดทางพันธุกรรม จึงสามารถนำมาใช้ในการยืนยันหรือระบุตัวบุคคลได้ เพราะไม่ว่าเวลาจะผ่านไปนานเพียงใดก็ตาม ลายนิ้วมือก็ไม่ได้เปลี่ยนไปตามอายุ นอกจากนี้การตรวจสอบลายนิ้วมือยังสามารถนำมาใช้ในงานด้านต่างๆ ได้อีกหลายด้าน เช่น การควบคุมการเข้าถึงสถานที่ เช่น ในสถานที่ราชการ ในสนามบิน หรือบริเวณต้องห้ามที่เข้าได้สำหรับบุคคลเฉพาะกลุ่มเท่านั้น

การเฟ้นหาคุณลักษณะเด่น (Features Extraction) จากภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ เป็นวิธีที่สำคัญที่สุด เนื่องจากรูปแบบของลายพิมพ์นิ้วมือนั้นจะมีคุณลักษณะเด่นที่ซับซ้อน หาจุดสิ้นสุดและความต่อเนื่องไม่ได้ ลักษณะของกลุ่มเส้นลายมือมักเรียงกันไปตามแนวขนาน ลักษณะเฉพาะของลายพิมพ์นิ้วมือสังเกตได้จากเส้นและลักษณะที่สัมพันธ์กัน ระบบเปรียบเทียบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือส่วนใหญ่จะพิจารณาจากคุณลักษณะเด่นของเส้นที่สัมพันธ์กัน อย่างไรก็ตามการเฟ้นหาคุณลักษณะเด่นขึ้นอยู่กับคุณภาพของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเป็นสำคัญ โครงสร้างของเส้นที่ปรากฏบนภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ด้อยคุณภาพ มีผลให้ไม่สามารถค้นหาคุณลักษณะเด่นที่ถูกต้องได้ เนื่องจากในภาพ (Digitized Image) ลายพิมพ์นิ้วมือที่ได้มาอาจมีข้อผิดพลาดในบางจุด เนื่องจากเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บ ซึ่งอาจทำให้เกิดสัญญาณรบกวน (Noise) ปรากฏในภาพ เช่น ภาพที่มีบางจุดมีความสว่างหรือมืดแตกต่างจากจุดรอบๆ ข้างมาก เป็นต้น ดังนั้นการที่จะนำภาพไปประมวลผลเลยอาจทำให้ผลที่ได้จากการประมวลผลไม่ถูกต้องตามต้องการ [2] และยากต่อการตรวจสอบ ดังนั้นเพื่อให้ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือมีคุณภาพจำเป็นต้องมีวิธีการปรับปรุงคุณภาพภาพพิมพ์ลายนิ้วมือให้มีความคมชัด และง่ายต่อการตรวจสอบว่าภาพพิมพ์ลายนิ้วมือนั้นเป็นของบุคคลใดแล้ว สามารถนำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วมาแยกแยะและจัดหมวดหมู่ต่อไปได้อีก ดังนั้นผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาวิธีเพื่อใช้ปรับปรุงคุณภาพของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือให้มีความคมชัดมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือให้มีความคมชัด ด้วยวิธีฟัซซีไบนาไรซ์เซชัน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 สร้างวิธีการการปรับปรุงคุณภาพภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ให้มีความคมชัดขึ้นด้วยวิธีฟัซซีไบนาไรซ์เซชัน

1.3.2 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ใช้ภาพแบบโทนสีเทา ขนาด 256x256 จุดภาพ

1.3.3 วิธีที่ใช้ในการทำไบนาไรซ์เซชัน คือ วิธีฟัซซีซีมีนส์

1.3.4 งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อการพัฒนา

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ หมายถึง ลายนิ้วมือที่พิมพ์มาจากหมึกพิมพ์ หรือลายนิ้วมือที่อ่านจากเครื่องบันทึกลายนิ้วมือแบบต่างๆ

1.4.2 ฮิสโตแกรม (Histogram) หมายถึง กราฟที่แสดงถึงความถี่ หรือความหนาแน่นของจำนวนจุดภาพที่ระดับสีเทา (Gray level) ใดๆ ของภาพ

1.4.3 ไบนารี (Binary) หมายถึง ภาพขาวดำที่มีค่าความสว่าง 2 ระดับ คือ 0 และ 1 โดยที่ 0 แทนจุดภาพที่มืด หรือมีสีดำ และ 1 แทนจุดภาพที่สว่าง หรือมีสีขาว

1.4.4 ทินนิ่ง (Thinning) หมายถึง กระบวนการที่ทำให้ได้โครงสร้างลายเส้นของภาพ

1.4.5 ฟัซซีไบนาไรซ์เซชัน หมายถึง กระบวนการแปลงภาพจากภาพโทนสีเทาให้เป็นภาพสีขาวดำ โดยใช้วิธีฟัซซีซีมีนส์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 สามารถปรับปรุงคุณภาพของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ไม่ชัดให้มีความคมชัดได้

1.5.2 สามารถนำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ผ่านวิธีการปรับปรุงคุณภาพแล้วไปใช้ในวิธีอื่นๆ ต่อไปได้ เช่น การจัดหมวดหมู่ หรือการแยกประเภทลายนิ้วมือ เป็นต้น

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) มีพื้นฐานย้อนหลังมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1965 โดย Lotfi Zadeh [3] จัดเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งด้านการคำนวณที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการวิจัยด้านคอมพิวเตอร์และนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ อย่างกว้างขวาง เช่น ด้านการแพทย์ ด้านการทหาร ด้านธุรกิจ ด้านอุตสาหกรรม เป็นต้น ในปัจจุบันมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่นักศึกษาด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ ควรศึกษาเพื่อทำความเข้าใจในศาสตร์ฟัซซีลอจิกให้ลึกซึ้ง ทั้งนี้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ ซึ่งนับวันยิ่งมีความต้องการระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนระบบได้โดยอัตโนมัติตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปและมีการตัดสินใจแบบชาญฉลาดเยี่ยงมนุษย์ได้มากขึ้น ซึ่งมนุษย์สามารถแก้ปัญหาต่างๆ ที่ไม่เคยพบได้โดยอาศัยความรู้พื้นฐานที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ใช้สำหรับการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ฟัซซีลอจิกสามารถนำมาประยุกต์ใช้อธิบายการเกิดปรากฏการณ์หลายๆ อย่าง ที่ไม่สามารถอธิบายด้วยเหตุผลหรือหาคำตอบที่แน่นอนได้ เช่น "รถมีความเร็ว" หรือ "ระยะทางไกล" ก็ไม่สามารถระบุขอบเขตที่แน่นอนได้ว่า เร็วอย่างไร หรือไกลขนาดไหน ซึ่งเป็นคำกล่าวที่มีความคลุมเครือไม่แน่นอนที่สามารถอธิบายให้เข้าใจอย่างชัดเจนได้ การนำเอาทฤษฎีฟัซซีลอจิก มาใช้อธิบายจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว

การประยุกต์ใช้งานทฤษฎีฟัซซี มีวิธีที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่าอินพุตต่อระบบงานและการที่จะได้มาซึ่งเอ๊าต์พุตก็จำเป็นต้องผ่านวิธีประมาณการณ์ด้วยเหตุด้วยผล โดยสามารถตีความให้สอดคล้องกับตรรกะการตัดสินใจตามแนวความคิดของมนุษย์ให้มากที่สุด

วิธีตัดสินใจขั้นพื้นฐานที่มนุษย์นำมาใช้ เช่น ประโยค 'If ... Then ...' จัดเป็นกฎเกณฑ์ขั้นพื้นฐานที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบกฎเกณฑ์ต่างๆ ของกฎเกณฑ์แบบฟัซซี ตัวอย่างเช่น การตัดสินใจในการเร่งความเร็วของรถยนต์ให้ไปถึงเป้าหมายให้เร็วที่สุด ที่อาจจะเขียนเป็นกฎเกณฑ์ในรูปแบบของประโยคได้ดังนี้ 'IF the distance is LONG and the speed is LOW, THEN increase gas' หรือการตัดสินใจลดความเร็วของรถยนต์ลงตามเงื่อนไขต่างๆ ดังนี้ 'IF the distance is CLOSE and the speed is HIGH, THEN decrease gas' เป็นต้น

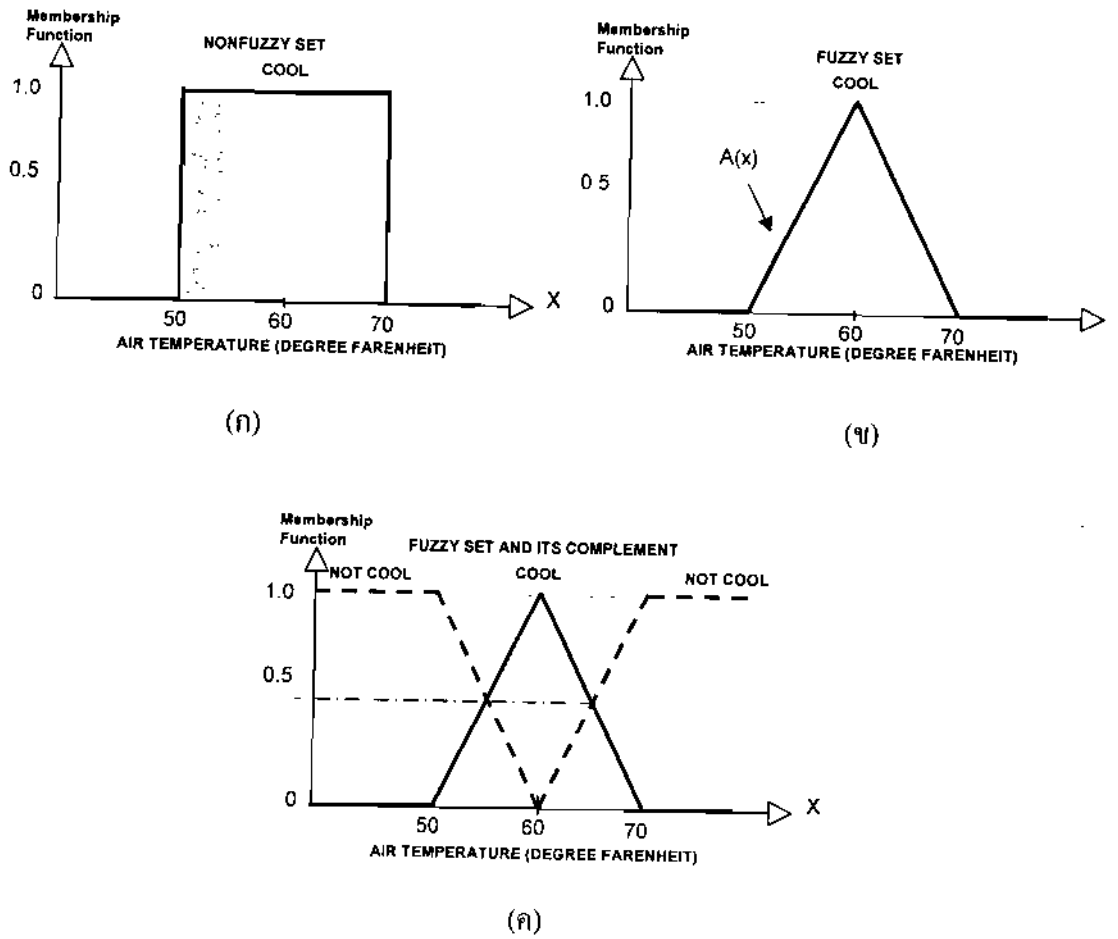
2.1 นิยามของฟัซซีเซต (Fuzzy Sets)

การกำหนดเงื่อนไขให้กับรูปแบบกฎเกณฑ์แบบฟัซซี จำเป็นต้องอ้างอิงรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้งานด้านการออกแบบหรือระบบควบคุมต่างๆ จำเป็นต้องมีการกำหนดเอกลักษณ์หรือสัญลักษณ์ต่างๆ เพื่อให้มีความเข้าใจในแนวทางเดียวกันกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของตรรกศาสตร์ฟัซซี ดังนี้:

เมื่อ A หมายถึง ฟัซซีเซต A และ x หมายถึง สมาชิกของเซต (Set Membership) $\mu_A(x)$ หมายถึง ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) $\mu_A(x)$ บางครั้งแทนด้วย $A(x)$ โดย X หมายถึง เอกภพสัมพัทธ์ (Universe) หรือประชากร โดย $\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$

ตัวอย่าง ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบฟัซซี แสดงดังภาพที่ 2-1

ค่าของ $A(x)$ บนแนวตั้งจะถูกกำหนดด้วยสัญลักษณ์ μ_A



ภาพที่ 2-1 ตัวอย่างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของสมาชิกในเซตแบบฟัซซีเซต

ทฤษฎีของเซต อธิบายถึงความแตกต่างระหว่าง ตรรกะแบบมาตรฐานและตรรกะแบบฟัซซี ไว้ดังนี้ : ในเซตแบบมาตรฐานนั้น วัตถุจะมีค่าความเป็นสมาชิกเต็มสมาชิกภาพ หรือไม่เป็นเลย ภาพที่ 2-1 (ก) และวัตถุจะมีค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซตเพียงบางส่วน ภาพที่ 2-1 (ข) ค่าความเป็นสมาชิกภาพนั้นต้องมีผลรวมทั้งหมด เท่ากับ 1 ภาพที่ 2-1 (ค) ตัวอย่างเช่น : อุณหภูมิ 50 องศา มีค่า 50 % 'COOL' ก็จะต้องมีค่า 50 % 'NOT COOL'

2.2 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Functions)

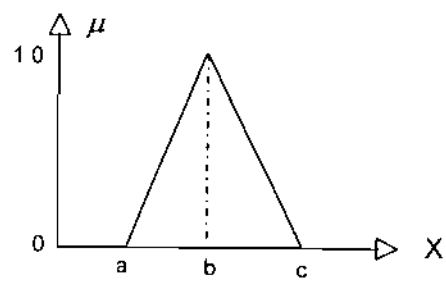
ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก เป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งาน โดยเริ่มจากการกำหนดค่าให้กับค่าที่ถูกแทนที่ที่มีความไม่ชัดเจน ไม่แน่นอน และคลุมเครือ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อคุณสมบัติหรือการดำเนินการของฟัซซี เพราะรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อวิธีการคิดและแก้ไขปัญหา โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้

ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 6 ชนิด ดังนี้

2.2.1 ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular Membership Function) ฟังก์ชันสามเหลี่ยม ประกอบด้วยพารามิเตอร์ 3 ค่า คือ {a, b, c} ดังสมการที่ (2-1)

$$\mu_A(x) = triangle(x:a,b,c) = \begin{cases} 0, & x \le a \\ \left(\frac{x-a}{b-a}\right), & a \le x \le b \\ \left(\frac{c-x}{c-b}\right), & if\ b \le x \le c \\ 0, & otherwise \end{cases} \qquad (2\text{-}1)$$

หรือ $triangular(x:a,c,b) = max\left(min\left((x-a)/(b-a),(c-x)/(c-b)\right),0\right)$

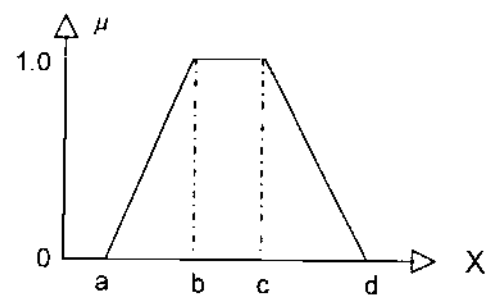


ภาพที่ 2-2 ฟังก์ชันสามเหลี่ยม

2.2.2 ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Membership Function) ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู ประกอบด้วยพารามิเตอร์ 4 ค่า คือ {a, b, c, d} ดังสมการ (2-2) (2-3) และ (2-4)

$$\mu_A(x) = trapezoid(a,b,c,d) = \begin{cases} 0, & x \le a \\ \left(\frac{x-a}{b-a}\right), & a \le x \le b \\ 1, & b \le x \le c \\ \left(\frac{d-x}{d-c}\right), & c \le x \le d \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (2\text{-}2)$$

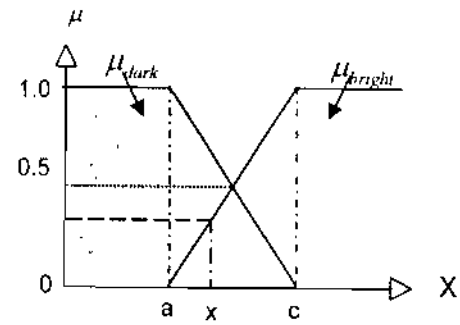
หรือ $trapezoid(x{:}a,b,c,d) = max\left(min\left((x-a)/(b-a),1,(d-x)/(d-c)\right),0\right)$



ภาพที่ 2-3 ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

$$\mu_{dark}(x:a,c) = \begin{cases} 1 & x \le a, \\ \frac{x-c}{a-c} & a < x < c, \\ 0 & x \ge c, \end{cases} \quad (2\text{-}3)$$

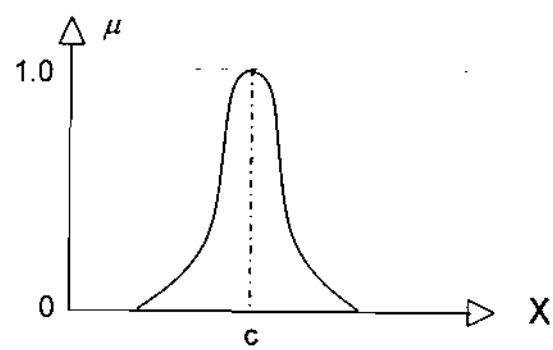
$$\mu_{bright}(x:a,c) = \begin{cases} 0 & x \le a, \\ \frac{x-c}{a-c} & a < x < c, \\ 1 & x \ge c, \end{cases} \quad (2\text{-}4)$$



ภาพที่ 2-4 การประยุกต์ใช้งานของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

2.2.3 ฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian Membership Function) ฟังก์ชันเกาส์เซียน ประกอบด้วยพารามิเตอร์ 2 ค่า คือ $\{m,\sigma\}$ ซึ่ง m หมายถึง ค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังสมการที่ (2-5)

$$\mu_A(x) = gaussian(x;c,\sigma) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2} \tag{2-5}$$

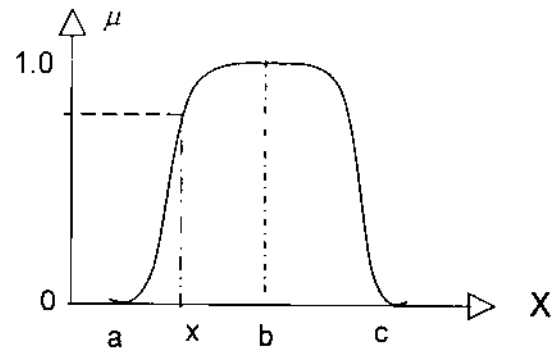


ภาพที่ 2-5 ฟังก์ชันเกาส์เซียน

โดย ค่า c แทนจุดกึ่งกลางของภาพและค่า σ เป็นค่าที่กำหนดรูปร่างของเส้นโค้ง ฟังก์ชันเกาส์เซียนมาตรฐาน จะมีค่า $\sigma = 1$ and $c = 0$ [4]

2.2.4 ฟังก์ชันระฆังคว่ำ (Bell-shaped Membership Function) ฟังก์ชันรูประฆังคว่ำ ประกอบ ด้วยพารามิเตอร์ทั้งหมด 3 ค่าคือ $\{a,b,c\}$ ดังสมการที่ (2-6)

$$\mu_A(x) = bell(x;a,b,c) = \frac{1}{\left(1+\left|\frac{x-c}{a}\right|^{2b}\right)} \tag{2-6}$$



ภาพที่ 2-6 ฟังก์ชันระฆังคว่ำ

2.2.5 ฟังก์ชัน Sigmoidal (Sigmoidal Membership Function) ฟังก์ชัน Sigmoidal ประกอบ ด้วยพารามิเตอร์ทั้งหมด 3 ค่า คือ $\{m,\sigma\}$ ดังสมการที่ (2-7)

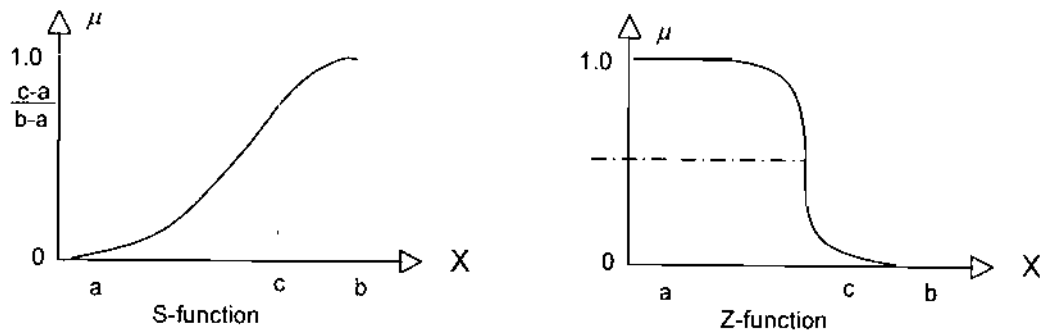
$$\mu_A(x) = sigmoidal(x;m,\sigma) = \frac{1}{\left(1+e^{-(x-m)\sigma}\right)} \tag{2-7}$$

ฟังก์ชันนี้จะเรียกว่า ฟังก์ชันตัวแซด (Z-membership Function) เมื่อ $\sigma = -1$ และเรียกว่า ฟังก์ชันตัวเอส (Smooth Membership Function) เมื่อ $\sigma = 1$

ฟังก์ชันรูปตัว S และตัว Z มีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่าคือ $\{a,b\}$

$$S(x:a,b) = \begin{cases} 0, & x < a \\ 2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2, & a \le x \le \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} \le x < b \\ 1, & x \ge b \end{cases} \tag{2-8}$$

$$Z(x:a,b)=\begin{cases}1, & x<a\\ 1-2\left(\dfrac{x-b}{b-a}\right)^2, & a\le x\le\dfrac{a+b}{2}\\ 2\left(\dfrac{x-b}{b-a}\right)^2, & \dfrac{a+b}{2}\le x<b\\ 0, & x\ge b\end{cases} \tag{2-9}$$



ภาพที่ 2-7 ฟังก์ชัน S และ Z

2.3 ฟัซซีซีมีนส์ (Fuzzy C-Means)

ฟัซซีซีมีนส์ เป็นวิธีที่ใช้ในการจัดกลุ่มประเภทหนึ่ง ซึ่งชุดข้อมูลจะถูกจัดแยกออก เป็นกลุ่มๆ โดยสามารถจัดแยกได้เป็นจำนวนกลุ่มใดๆ (N กลุ่มใดๆ) โดยชุดข้อมูลทุกๆ ชุด จะถูกจัดให้เข้าเป็นสมาชิกได้กับทุกๆ กลุ่ม โดยกำหนดค่าความเป็นสมาชิกให้กับข้อมูลนั้นๆ ด้วยค่าในระดับหนึ่ง วิธีดังกล่าวถูกนำเสนอขึ้นมาโดย Dunn ในปี ค.ศ. 1973 และนำมาพัฒนาใช้งานโดย Bezdek ในปี ค.ศ. 1981 และได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในสาขาวิชา Pattern Recognition

2.3.1 การจัดกลุ่มด้วยวิธีฟัซซีซีมีนส์ ฟัซซีซีมีนส์จะทำงานโดยการคำนวณแบบทำซ้ำจนกว่าจะได้ค่าสูงสุดของค่าความเป็นสมาชิกหรือค่าต่ำสุดของค่าความแตกต่าง โดยการคำนวณหาจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูล เพื่อนำไปคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูลกับข้อมูลแต่ละจุดภาพ ในที่นี้ฟัซซีซีมีนส์จะทำงานโดยแบ่งข้อมูลออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่ม Ω_1 เป็นกลุ่มของจุดภาพที่มีค่าความสว่างสูง และกลุ่ม Ω_2 ซึ่งมีค่าความมืดสูง

การจัดแบ่งกลุ่มโดยการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของจุดภาพแต่ละจุดภาพ x_j ด้วยวิธีแบบฟัซซี จะถูกกำหนดด้วยเมทริกซ์ U ซึ่งแสดงค่าความเป็นสมาชิกของแต่ละกลุ่มของจุดภาพ $x_j\left[\mu_A(x_j)\right]$ สำหรับทุกๆ ค่าของ $i=1,2,...,c;\ c=clusters$ และทุกค่า $j=1,2,...,n;\ N=$ จำนวนจุดภาพทั้งหมด ดังสมการที่ (2-10) หมายความว่า ค่า $\mu_{ij}\in\left[\mu_A(x_j)\right]$ แสดงค่าความเป็น

สมาชิกของจุดภาพ 1 (x_1) ของกลุ่ม Ω_1 , และค่า $\mu_{21} \in \left[\mu_{A_2}\left(x_1\right)\right]$ แสดงค่าความเป็นสมาชิกของจุดภาพ 1 (x_1) ของกลุ่ม Ω_2

$$\sum_{i=1}^{c} \mu_{A_i}\left(x_j\right) = 1, \forall j = 1,\ldots,N \tag{2-10}$$

ฟังชั่นแสดงค่าความแตกต่าง (Dissimilarity Function) จะนำมาใช้ในฟัซซีซีมีนส์ ตามสมการที่ (2-11)

$$J\left(U, c_1, c_2, \ldots, c_c\right) = \sum_{i=1}^{c} J_i = \sum_{i=1}^{c}\sum_{j=1}^{N}\left[\mu_{A_i}\left(x_j\right)\right]^m \left[d_i\left(x_j\right)\right]^2 \tag{2-11}$$

c_i คือ จุดกึ่งกลางน้ำหนัก (Centroid) ของกลุ่ม cluster i ;

$\left[d_i\left(x_j\right)\right]$ คือ ระยะยูคลิเดียน (Euclidian Distance) ระหว่าง c_i $\left(i-th\ centroid\right)$ และค่าของข้อมูล $\left(x_j\right)$: โดย $\left[d_i\left(x_j\right)\right] = \left\|x_j - c_i\right\|$

m คือ ค่า Weighting Exponent (ค่าคงที่ Fuzzification, $1 \le m \le \infty$; $i.e. m=2$ โดย $m \to 1$: *hard, crisp clustering* และ $m \to \infty : \mu_{A_i}\left(x_j\right) \to 1/c$

การหาค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความแตกต่าง (Dissimilarity Function) จะดำเนินการเป็นสองขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือ การคำนวณหาค่า c_i ซึ่งจะมีค่าจุดกึ่งกลางน้ำหนักเพียงค่าเดียวสำหรับแต่ละกลุ่ม (Cluster) เท่านั้น โดยคำนวณหาจากสมการที่ (2-12) และ (2-13)

$$c_i = v_i = \frac{\sum_{j=1}^{N}\left[\mu_{A_i}\left(x_j\right)\right]^m x_j}{\sum_{j=1}^{N}\left[\mu_{A_i}\left(x_j\right)\right]^m}, \quad i=1,2,\ldots,c; 1 \le m \le \infty \tag{2-12}$$

หลังจากที่คำนวณหาจุดกึ่งกลางน้ำหนักแล้ว ให้ดำเนินการปรับปรุงค่าความเป็นสมาชิกของแต่ละจุดภาพจากค่ากึ่งกลางน้ำหนักที่หาได้ ดังสมการที่ (2-13)

$$\mu_{A_i}\left(x_j\right)=\frac{1}{\sum_{k=1}^{c}\left(\left\|\frac{d_i\left(x_j\right)}{d_k\left(x_j\right)}\right\|\right)^{2/(m-1)}} \qquad (2\text{-}13)$$

โดยกำหนดให้ค่า $\left[d_i\left(x_j\right)\right]=\left\|x_j-c_i\right\|$ และ $\left[d_k\left(x_j\right)\right]=\left\|x_j-c_k\right\|$

ถ้า m มีค่าเท่ากับ 1 :

$$\mu_{A_i}\left(x_j\right)=\begin{cases}1, & d_i\left(x_j\right)=min\left[d_s\left(x_j\right)\right] \quad for\ 1\le s\le c\\ 0, & otherwise \qquad\qquad for\ 1\le i\le c\ ;\ 1\le j\le N\end{cases}$$

รายละเอียดของวิธีฟัซซีซีมีนส์ ซึ่งนำเสนอโดย Bezdek ในปี ค.ศ.1973 มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ [5]

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าให้ $c,\ 2\le c<1$

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่า Termination Tolerance, $\varepsilon>0$, ตัวอย่าง ค่าระหว่าง 0.01 และ 0.0001

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่าให้ $m,\ 1\le m\le\infty$

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดค่าเบื้องต้นของเมทริกซ์สมาชิก (Membership Matrix (U)) ตามสมการที่ (2-13) และดำเนินการซ้ำ $for\ k = 1,2,3.\ \ldots\ ,max\ iteration\ ;\ e.g.\ 1000$

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาค่า Cluster Prototypes (Centroids - c_i)

$$C_i=\frac{\sum_{j=1}^{N}\left[\mu_{A_i}^{(k-1)}\left(x_j\right)\right]^m x_j}{\sum_{j=1}^{N}\left[\mu_{A_i}^{(k-1)}\left(x_j\right)\right]^m},\ i=1,2,\ldots,c;\ 1\le m\le\infty$$

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณหาค่าความแตกต่าง (Dissimilarity) ระหว่างจุดกึ่งกลางน้ำหนักและกลุ่มข้อมูลทั้งหมด

สำหรับทุกๆ กลุ่มข้อมูล *(cluster)* , $1\le i\le c$

สำหรับทุกๆ ค่าของกลุ่มข้อมูล *(Data objects)*, $1\le j\le N$

$$d^2\left(x_j,c_i^{(k)}\right)=\left\|x_j-c_i^{(k)}\right\|\left\|x_j-c_i^{(k)}\right\|^T$$

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณหาค่า U ณ.ปัจจุบันและกลับไปดำเนินการใหม่ตามขั้นตอนที่ 5

$$\mu_{A_i}(x_j) = \frac{1}{\sum_{k=1}^{c}\left(\|x_j - c_i\| / \|x_j - c_k\|\right)^{2/(m-1)}}$$

หยุดการทำงาน เมื่อค่าความแตกต่าง ณ ปัจจุบัน และค่าความแตกต่างจากการคำนวณครั้งก่อน มีค่าน้อยกว่าเทรชโฮลด์ (Threshold) ที่กำหนดไว้

$$max_i\left(x_j\right) = \left\{\left\|U_i^{(k)}\left(x_j\right) - U_i^{k-1}\left(x_j\right)\right\|\right\} < \varepsilon \qquad (2\text{-}14)$$

วิธีการคำนวณจะดำเนินการทำซ้ำตามขั้นตอนวิธีที่กำหนดให้ โดยจะทำการปรับปรุงจุดกึ่งกลางน้ำหนักและค่าของความเป็นสมาชิกให้กับจุดภาพทุกจุดภาพ โดยฟัซซีซีมีนส์จะค่อยๆ ปรับค่าของจุดศูนย์กลางน้ำหนักให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องที่สุดในชุดข้อมูลนั้นๆ แต่ความถูกต้องที่ได้นั้นอาจไม่ใช่ค่าที่ถูกต้องที่สุดที่ยอมรับได้ เนื่องจากการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับเมตริกซ์ U เป็นแบบให้ค่าสุ่มและไม่ใช่ค่าที่แน่นอนตั้งแต่ต้น

2.4 อะแดปทิฟ เทรชโฮลด์ดิง (Adaptive Thresholding)

ในการประยุกต์ใช้งานทางด้าน การประมวลผลเกี่ยวกับภาพแล้ว มีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องมีขีดความสามารถในการดำเนินการแยกแยะบริเวณที่ต้องการนำมาประมวลผลออกจากกันให้ได้ โดยเฉพาะการแยกวัตถุที่ต้องการออกจากพื้นหลัง การเลือกค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสมเป็นวิธีที่สะดวกที่สุดในการใช้งานกับภารกิจนี้ โดยการพิจารณาจากค่าความเข้มของจุดภาพเป็นหลักว่าค่าในระดับความเข้มใดควรจะจัดอยู่ในกลุ่มของพื้นหลังหรือส่วนใดควรจะอยู่ในกลุ่มของวัตถุ [6]

ในการใช้งานด้านอื่นนั้นอาจจะมีประโยชน์ในการนำไปแยกแยะว่าค่าของจุดภาพที่อยู่ในช่วงของค่าเทรชโฮลด์ที่เลือกใช้นั้น มีการกระจายอยู่บริเวณใดในรูปภาพนั้นๆ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบใดบ้าง

2.4.1 การทำงานของเทรชโฮลด์ดิง ข้อมูลอินพุทสำหรับการดำเนินการหาค่าเทรชโฮลด์ส่วนมากจะดำเนินการกับรูปภาพโทนสีเทา หรือภาพสีเป็นหลัก การประยุกต์ใช้งานที่พื้นฐานที่สุดคือ การแปลงเป็นรูปภาพโทนขาวดำ (Binary Image) โดยโทนสีดำ หมายถึง พื้นหลัง ส่วนโทนสีขาวให้เป็นพื้นหน้าหรือวัตถุ ในการแบ่งแยกแบบพื้นฐานนั้นใช้การพิจารณาค่าความเข้มของโทนสี (Intensity Threshold) ในการดำเนินการเบื้องต้นนั้น จุดภาพทุกๆ จุดภาพจะนำมาเปรียบเทียบกับ

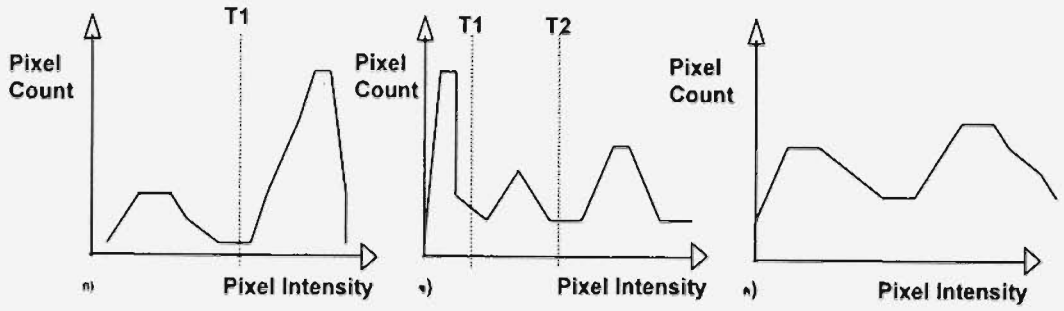
ค่าเทรชโฮลด์ที่ได้กำหนดไว้ ถ้าค่าความเข้มของโทนสีสูงกว่าค่าเทรชโฮลด์ ค่าจุดภาพนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็น 1 หรือจุดภาพสีขาว ส่วนค่าที่น้อยกว่าก็จะถูกเปลี่ยนเป็นสีดำ

สำหรับการประยุกต์ใช้งานที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น ค่าเทรชโฮลด์จำเป็นต้องมีมากกว่า 1 ค่า เพื่อที่จะเปรียบเทียบได้ว่าค่าเทรชโฮลด์ ค่าใดมีความเหมาะสมมากกว่ากันเมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าจากโทนสีอื่นเป็นโทนขาวดำแล้ว สำหรับภาพที่ต้องการแบ่งแยกโทนสีออกเป็นหลายๆ กลุ่มแล้ว ความจำเป็นในการหาค่าเทรชโฮลด์หลายๆ ค่าที่มีการแบ่งช่วงที่แน่นอน เพื่อที่จะสามารถแบ่งแยกกลุ่มโทนสีออกได้ตามความต้องการ อาจทำได้ด้วยวิธีการง่ายๆ คือ กำหนดค่าพื้นหลังให้เป็นโทนสีดำทั้งหมด ส่วนโทนสีที่เหลือให้ปล่อยไว้คงเดิม เพื่อที่รายละเอียดต่างๆ นอกเหนือจากพื้นหลังจะไม่สูญหายไป

2.4.2 แนวทางการเลือกดำเนินการ ในการเลือกค่าเทรชโฮลด์ค่าใดค่าหนึ่งนั้น ไม่จำเป็นเสมอไปว่าจะต้องให้ค่าผลลัพธ์ที่น่าพอใจกับภาพทุกๆ ภาพที่นำมาใช้กับค่าเทรชโฮลด์นั้นๆ ผลลัพธ์ที่ได้อาจแบ่งแยกระหว่างพื้นหลังกับวัตถุที่ต้องการได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ภาพอื่นๆ ที่นำมาใช้กับค่าเทรชโฮลด์เดียวกัน อาจสูญเสียรายละเอียดของภาพจนไม่อาจแยกแยะระหว่างพื้นหลังกับวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์ได้ ในการกำหนดหรือเลือกค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสมนั้นจำเป็นต้องพิจารณาจากฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับนั้นในเบื้องต้น ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะภาพโทนสีเทาเป็นหลัก และการนำไปขยายผลกับภาพโทนสีอื่นก็ใช้หลักการที่ใกล้เคียงกัน

ถ้ามีความเป็นไปได้ที่จะแยกภาพวัตถุออกจากพื้นหลัง โดยสามารถพิจารณาจากค่าความเข้มของจุดภาพได้แล้ว เราสามารถจะพิจารณาได้โดยวิเคราะห์การกระจายของกลุ่มจุดภาพของภาพทั้งภาพจากการแสดงด้วยการพล็อตลงในแกนแนวตั้งและแกนแนวนอนในรูปแบบของฮิสโตแกรม โดยแกนแนวตั้งจะแสดงจำนวนนับของจุดภาพในแต่ละค่าความเข้ม ส่วนแกนแนวนอนแสดงการกระจายของค่าความเข้มตั้งแต่ค่า 0 (มีความมืดสูงสุด) จนถึง 255 (ค่าความเข้มของจุดภาพสีขาวสูงสุด)

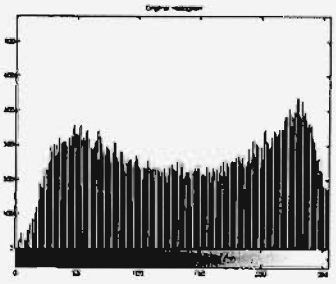
พิจารณาภาพที่ 2-8 ซึ่งแสดงการกระจายของฮิสโตแกรมสามรูปแบบ เมื่อพิจารณาแนวทางการเลือกค่าเทรชโฮลด์ ในแต่ละกรณีนั้นจะเห็นว่ามีแตกต่างกันออกไป ซึ่งการเลือกค่าแบบพื้นฐานมีอยู่สองวิธี คือ การเลือกค่าเทรชโฮลด์แบบครอบคลุม (Global Thresholding) สำหรับภาพที่ไม่มีความซับซ้อนมากดังภาพที่ 2-8 (ก) และวิธีการหาค่าเทรชโฮลด์แบบแปรเปลี่ยนค่าได้ (Adaptive Thresholding) สำหรับภาพในรูปแบบอื่นๆ ดังแสดงในภาพที่ 2-8 (ข) และ 2-8 (ค))



ภาพที่ 2-8 การเลือกค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสมสำหรับฮิสโตแกรมแต่ละรูปทรง

จากภาพที่ 2-8 (ก) แสดงให้เห็นถึงการกระจายของค่าความเข้มของจุดภาพออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่มีค่าความเข้มของจุดภาพด้านความสว่างสูง กับด้านที่มีความสว่างต่ำหรือด้านมืด ในกรณีนี้การเลือกค่าเทรชโฮลด์แบบเดี่ยวก็สามารถแยกกลุ่มออกเป็นสองส่วน คือ พื้นหลังกับวัตถุได้ ภาพที่ 2-8 (ข) แสดงให้เห็นความซับซ้อนของฮิสโตแกรม คือ จะมีค่าอยู่ 3 กลุ่มด้วยกัน โดยค่าฮิสโตแกรม ในกลุ่มตรงกลางมีความเป็นไปได้ว่าน่าจะเป็นวัตถุที่ต้องการ ดังนั้นการเลือกใช้ค่าเทรชโฮลด์สองค่า เพื่อที่จะแยกเอาวัตถุที่ต้องการออกมาได้อย่างเด่นชัดกว่า ส่วนในภาพที่ 2-8 (ค) ค่าของความเข้มของจุดภาพในกลุ่มส่วนกลางจะเหลื่อมทับกันอยู่ การเลือกใช้ค่าเทรชโฮลด์ค่าเดี่ยวอาจไม่ประสบผลสำเร็จมากนัก [7]

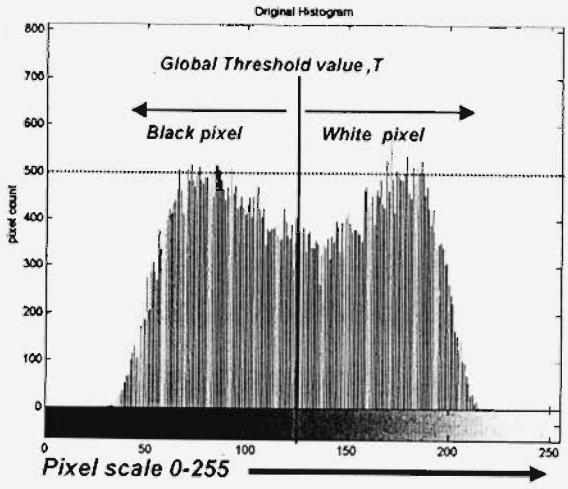
ภาพที่ 2-9 ภาพลายนิ้วมือต้นฉบับ



ภาพที่ 2-10 ฮิสโตแกรมภาพลายนิ้วมือต้นฉบับ

การปรับค่าเทรชโฮลด์ ให้เหมาะสมยังเป็นการกรองข้อมูลส่วนที่ไม่ต้องการออกไปได้เป็นบางส่วน เช่น ในกรณีที่ต้องการค้นหาขอบภาพของวัตถุในรูป การกรองสัญญาณรบกวนส่วนที่ไม่ต้องการ การเน้นภาพวัตถุออกจากพื้นหลัง การปรับความคมชัดของขอบวัตถุ สิ่งต่างๆ เหล่านี้สามารถกระทำได้โดยการเลือกใช้ค่าเทรชโฮลด์ ซึ่งอาจจะมีมากกว่าหนึ่งค่าในการดำเนินการในหัวข้อต่างๆ ข้างต้น

2.4.3 การหาค่าเทรชโฮลด์แบบครอบคลุมทั้งภาพ (Global Thresholding)



ภาพที่ 2-11 การกำหนดค่าเทรชโฮลด์จากฮิสโตแกรมเพื่อแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง

การหาค่าของเทรชโฮลด์จากภาพโทนสีเทา โดยการพิจารณาจากฮิสโตแกรมและกำหนดค่าเทรชโฮลด์ เพื่อทำการปรับค่าเป็นภาพโทนขาวดำ คำนวณได้จากสมการที่ (2-15)

$$I_{new}(n_1,n_2)=\begin{cases}1 & if\ I_{old}(n_1,n_2)\ \geq Global\\ 0 & otherwise\end{cases} \qquad (2\text{-}15)$$

โดยค่าที่มากกว่าค่าเทรชโฮลด์จะปรับเป็นจุดภาพสีขาวโดยมีค่าเท่ากับ 1 ส่วนค่าที่น้อยกว่าจะมีค่าเท่ากับ 0 หรือเป็นจุดภาพสีดำ

เมื่อพิจารณาภาพลายพิมพ์นิ้วมือต้นฉบับ และฮิสโตแกรมจากภาพที่ 2-9 และ 2-10 แล้วจะเห็นได้ว่า ลายนิ้วมือนั้นจะประกอบไปด้วยจุดภาพโทนสีขาวดำ ดังนั้นจากภาพโทนสีเทาจะสามารถพิจารณาจากฮิสโตแกรมได้ว่า จุดแบ่งของโทนสีขาวและโทนสีดำจะอยู่ที่ค่าความเข้มของจุดภาพ ประมาณ 120 ภาพที่ได้จากการเลือกค่าดังกล่าวดังแสดงในภาพที่ 2-12 และภาพโครงร่างในภาพที่ 2-13

ภาพที่ 2-12 ลายพิมพ์นิ้วมือที่ค่าเทรชโฮลด์ = 120

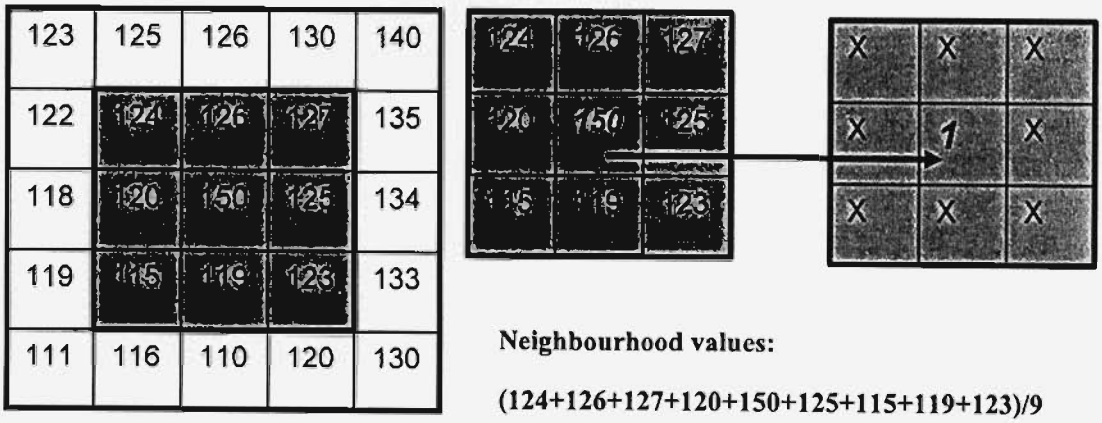
ภาพที่ 2-13 ภาพโครงร่างของลายพิมพ์นิ้วมือ

2.4.4 การหาค่าเทรชโฮลด์แบบปรับค่าได้ (Adaptive Thresholding) การหาค่าเทรชโฮลด์แบบครอบคลุมนั้นจะทำการปรับเปลี่ยนค่าของจุดภาพทุกจุดภาพในภาพที่มีค่าความเข้มของจุดภาพสูงกว่าค่าเทรชโฮลด์ ให้มีค่าเป็นวัตถุหรือจุดภาพสีขาว (มีค่าเท่ากับ 1) ส่วนจุดภาพส่วนที่เหลือก็จะถูกปรับค่าให้เป็นจุดภาพสีดำ (ภาพพื้นหลัง)

ในขณะที่วิธีเบื้องต้นค่าเทรชโฮลด์ที่หาได้นั้นจะถูกนำไปใช้กับภาพทั้งภาพ ในขณะที่การหาเทรชโฮลด์แบบแปรเปลี่ยนค่าได้ จะปรับเปลี่ยนไปตลอดเวลาทุกๆ ครั้งที่มีการดำเนินการต่อจุดภาพทุกจุดภาพในภาพทั้งหมด การดำเนินการที่ซับซ้อนขึ้นเช่นนี้จะมีผลโดยทางอ้อมต่อการปรับคุณภาพของภาพต้นฉบับเช่นปรับเปลี่ยนค่าความเข้มของจุดภาพให้สูงขึ้นหรือลดลง ปรับแสงเงาให้มืดขึ้น หรือเพิ่มความคมชัดของภาพ เป็นต้น

2.4.5 วิธีการทำงานของการหาค่าเทรชโฮลด์แบบแปรค่าได้ การหาค่าของเทรชโฮลด์ด้วยวิธีนี้จะนำภาพโทนสีเทามาหาค่าความเข้มหรือค่าเฉลี่ยของผลรวมฮิสโตแกรมในพื้นที่เฉพาะส่วนในภาพโดยการกำหนดพื้นที่ด้วยขนาด NxN เพื่อคำนวณหาค่า เฉพาะเจาะจงลงไปในแต่ละจุดภาพโดยหาค่าทางสถิติร่วมกับจุดภาพที่เป็นสมาชิกร่วมอยู่ในพื้นที่ที่ต้องการ การหาค่าทางสถิติจากค่าความเข้มรวมในพื้นที่ที่ต้องการ เช่น กำหนดขนาดของพื้นที่หรือขนาดของหน้าต่าง 3x3 แล้วหาค่า Mean จากสมการที่ (2-16)

$$T = Mean = \frac{1}{NM} \sum_{i=N-1}^{N+1} \sum_{j=M-1}^{M+1} I_{ij} \tag{2-16}$$



ภาพที่ 2-14 การหาค่า Local Threshold ด้วยวิธีหาค่า Mean

และปรับค่าความเข้มให้เป็น 1 หรือ 0 ตามสมการที่ (2-17) ตัวอย่างในภาพที่ 2-14 หาค่า Mean ในพื้นที่ขนาด 3x3 ค่าความเข้มของจุดภาพเดิม คือ 150 มีค่ามากกว่าค่า Mean (ค่าเทรชโฮลด์ที่คำนวณได้) คือ 150 > 125 ดังนั้นค่าจุดภาพของภาพโทนขาวดำจะมีค่าเท่ากับ 1 คือ จุดภาพสีขาว การดำเนินการจะกระทำทั้งภาพต้นฉบับและให้ภาพโทนขาวดำเป็นขั้นตอนสุดท้าย ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 2-15 และภาพที่ 2-16

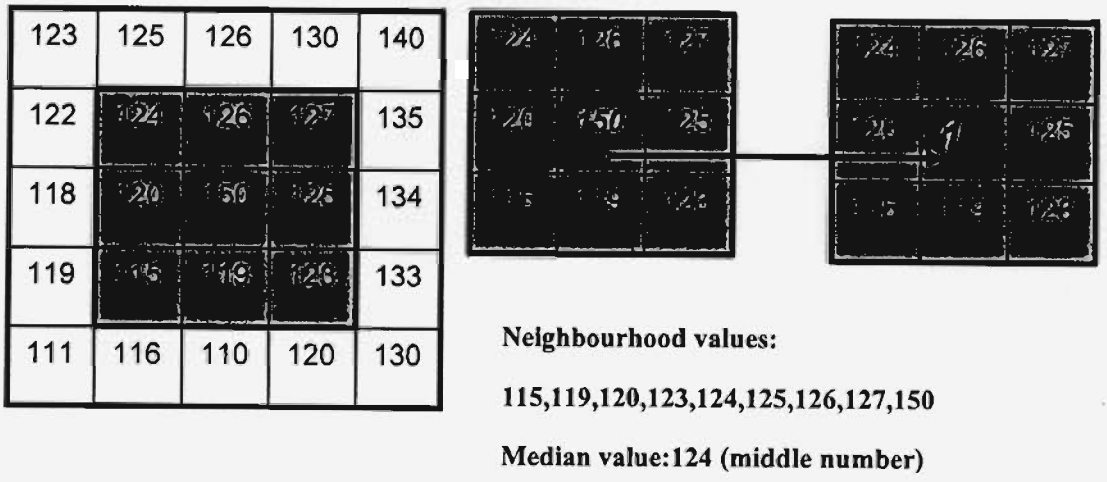
$$I(n,m)_{new} = \begin{cases} 1, & if\ \left(I(n,m)_{old}\right) > Mean \\ 0 & otherwise \end{cases} \tag{2-17}$$

ภาพที่ 2-15 การหาค่าโลคอลเทรชโฮลด์ (Local Threshold) ด้วยวิธีหาค่า Mean Value ขนาดพื้นที่ 3 x 3

ภาพที่ 2-16 ภาพโครงร่างหลังการหาค่าด้วยวิธี Mean Value ขนาด 3x3

$$T = Median = Center\left(Sort\left(I_{ij}\right)\right) \tag{2-18}$$

$$I\left(n,m\right)_{new} = \begin{cases} 1, & if\ \left(I\left(n,m\right)_{old}\right) > Median \\ 0 & otherwise \end{cases} \tag{2-19}$$



ภาพที่ 2-17 การหาค่าโลคอลเทรชโฮลด์ด้วยวิธีหาค่า Median

การหาค่าด้วยวิธีการหาค่าด้วยวิธีเปรียบเทียบกับค่า Median เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าเทรชโฮลด์ เพียงแต่ปรับเปลี่ยนค่าจากค่า Mean มาเป็นค่า Median การดำเนินการตามสมการที่ (2-18) และ (2-19) ตัวอย่างการคำนวณดังภาพที่ 2-17 ค่าจุดภาพเดิมคือ 150 มีค่ามากกว่า 124 ซึ่งเป็นค่า Median ดังนั้นจุดภาพของภาพโทนขาวดำจึงมีค่าเป็นจุดภาพสีขาว [8]

ภาพที่ 2-18 การหาค่าโลคอลเทรชโฮลด์ ด้วยวิธีหาค่า Median Value ขนาดพื้นที่ 16 x 16

ภาพที่ 2-19 ภาพโครงร่างหลังการหาค่าด้วยวิธี Median Value ขนาด 16x16 ไม่มีการปรับคุณภาพ

ภาพที่ 2-20 การหาค่าโลคอลเทรชโฮลด์ ด้วยวิธีหาค่า Median Value ขนาดพื้นที่ 8x8

ภาพที่ 2-21 ภาพโครงร่างหลังการหาค่าด้วยวิธี Median Value ขนาด 8x8 ไม่ปรับคุณภาพ

ผลลัพธ์จากการทดลองโดยหาค่าเทรชโฮลด์ โดยวิธีเปรียบเทียบกับค่า Median ด้วยพื้นที่ขนาด 8x8 และ 16x16 แล้วจะให้คุณภาพที่ผ่านการเปรียบเทียบเทรชโฮลด์ เพื่อปรับเป็นภาพโทนขาวดำแล้ว ในคุณภาพที่ด้อยกว่ากันมาก ในขณะที่การหาเทรชโฮลด์ด้วยวิธีพื้นฐานและการหาค่าด้วยวิธีเปรียบ เทียบกับค่า Mean จะให้คุณภาพของภาพโทนขาวดำและภาพโครงร่างที่ดีกว่ากันมาก ในกรณีที่เลือกใช้การเลือกค่าด้วยวิธีเปรียบเทียบกับค่า Median ในการหาภาพโครงร่างจำเป็นต้องใช้วิธีการปรับคุณภาพเพิ่มเติมขึ้นมาอีกเป็นส่วนเพิ่มเติม

ขนาดของพื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเทรชโฮลด์ นับเป็นปัจจัยหลักที่ต้องนำมาพิจารณาอีกหนึ่งปัจจัย โดยควรมีขนาดที่เหมาะสมต่อการคำนวณกล่าวคือ พื้นที่ขนาดใหญ่อาจให้ค่าโดยประมาณเบี่ยงเบนไป หรือภาพต้นฉบับมีคุณภาพไม่ดีเพียงพอก็อาจเป็นอุปสรรคต่อการคำนวณได้

ส่วนสุดท้ายที่จะต้องนำมาพิจารณาก็คือ รูปทรงของฮิสโตแกรม โดยเฉพาะรูปทรงที่มียอดของฮิสโตแกรมที่ค่าความเข้มทางด้านใดด้านหนึ่ง มีความชันหรือมีทรงแหลมเป็นพิเศษ ผลลัพธ์ที่ได้คือ ภาพที่มีความสว่างหรือมีความมืดเป็นพิเศษเหมือนกับการปรับค่าความสว่างบนจอโทรทัศน์

2.4.6 การหาค่าเทรชโฮลด์สองระดับด้วยวิธีแม็กซิมัม เอนโทรปี (Maximum Entropy) วิธีหาค่าเทรชโฮลด์ นำเสนอโดย Cheng, Chen และ Li [9] ซึ่งมีพื้นฐานจากการนำเซตแบบฟัซซีมาคำนวณร่วมกับการคำนวณค่าแม็กซิมัมเอนโทรปี เพื่อคำนวณหาค่าเทรชโฮลด์ ที่มีค่าเหมาะสมที่สุดจากการคำนวณหาค่าแบบสองระดับ (Bi-level Thresholding)

2.4.7 การจัดกลุ่มโดยกำหนดค่าความเป็นไปได้ จากภาพโทนสีเทาด้วยระดับโทนสี 256 ระดับ กล่าวคือ จุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 0 จะมีความเข้มแสงของจุดภาพมืดสุด และถูกจัดอยู่ในกลุ่มจุดภาพสีดำ ในขณะที่จุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 255 จะเป็นจุดภาพสีขาว และจัดอยู่ในกลุ่มจุดภาพสีขาว ในขณะที่จุดภาพซึ่งมีค่าความเข้มอยู่ระหว่างนั้นอาจจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งก็ได้ กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ มีความเป็นไปได้ว่าส่วนหนึ่งอาจจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มจุดภาพสีดำในขณะที่บางส่วนก็ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มจุดภาพสีขาว ดังความสัมพันธ์ต่อไปนี้:

$$D_{dark} = \{(x,y) : f(x,y) \le t, (x,y) \in D\}$$
$$D_{bright} = \{(x,y) : f(x,y) \le t, (x,y) \in D\}$$

โดยที่มีค่าความเป็นไปได้ที่จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งด้วยค่าฮิสโตแกรม

$$p_{dark}(t) = P(D_{dark}) = \sum_{x=0}^{t} h_x$$

$$p_{bright}(x) = P(D_{bright}) = \sum_{x=t}^{255} h_x$$

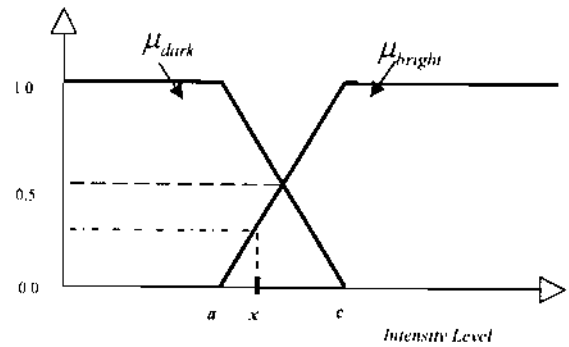
ดังนั้น ความเป็นไปได้ของจุดภาพที่จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง แทนด้วยสัญลักษณ์ $p_{dark}(t)$ สำหรับจุดภาพกลุ่มสีดำ และ $p_{bright}(t)$ สำหรับจุดภาพในกลุ่มสีขาว

2.5 การหาค่าเทรชโฮลด์โดยใช้แนวทางฟัซซีพาร์ติชัน (Fuzzy Partition) และค่าเอนโทรปี

Cheng, Chen and Li [9] ได้นำเสนอแนวทางโดยใช้พื้นฐานของการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีฟัซซีพาร์ติชัน และค่าสูงสุดของเอนโทรปี (Maximum Entropy) ภาพต้นฉบับจะนำเสนอในรูปแบบของเหตุการณ์แบบฟัซซี (Fuzzy Event) ด้วยความสัมพันธ์แบบกำหนดค่าความเป็นไปได้ (Probability Space) สำหรับการหาค่าเทรชโฮลด์แบบสองระดับ ค่าจุดภาพซึ่งมีความเข้มเท่ากับ i มีความเป็นไปได้ที่จัดอยู่ในทั้งในกลุ่มของพื้นหลังและก็เป็นไปได้ที่จะมีบางส่วนจัดอยู่ในกลุ่มของวัตถุ ความเป็นไปได้ที่จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งแสดงด้วยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบฟัซซีดังสมการที่ (2-20) และ (2-21) และฟังก์ชันดังกล่าวสามารถนำเสนอได้ในหลายรูปแบบแต่ในการคำนวณสำหรับการทดลองจะใช้ฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoid Function) ดังภาพที่ 2-22 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบฟัซซี ของกลุ่มจุดภาพทั้งสอง $\mu_{bright}(x)$ และ $\mu_{dark}(x)$ สำหรับในการคำนวณหาค่าเทรชโฮลด์แบบสองระดับ แทนค่าด้วยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบ Trapezoidal ดังสมการที่ (2-20)

$$\mu_{bright}(x) = \begin{cases} 0, & x \le a \le 0 \\ \dfrac{x-c}{a-c}, & a < x < c \\ 1, & otherwise \end{cases} \qquad (2\text{-}20)$$

$$\mu_{dark}(x) = \begin{cases} 1, & 0 \le x \le a \\ \dfrac{x-a}{c-a}, & a < x < c \\ o, & otherwise \end{cases} \qquad (2\text{-}21)$$



ภาพที่ 2-22 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบฟัซซี , μ_{dark} และ μ_{bright}

ประกอบด้วยเซตแบบฟัซซีจำนวน 2 เซต dark และ bright แยกออกเป็นกลุ่มแบบฟัซซีสองกลุ่ม

โดยให้ b_{opt} เป็นค่าเทรชโฮลด์ที่หาได้ คำนวณจากจุดตัดของฟัซซีเซต ดังสมการที่ (2-27)

$$b_{opt} = \left(a_{opt} + c_{opt}\right)/2 \tag{2-27}$$

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กานต์ และคนอื่นๆ [10] นำเสนอวิธีการรู้จำตัวเขียนเลขไทย (๐ ๑ ๒ ๓ ๔ ๕ ๖ ๗ ๘ ๙) โดยวิธีฟัซซีมีนส์และการแทรกภาพตัวเขียนเลขไทยด้วยฟูเรียร์เดสคริปเตอร์ (Fourier Descriptor) จากขอบภาพตัวเลขเป็นลักษณะเด่นของภาพตัวอักษร นำลักษณะเด่นที่ได้มาเลือกเอาเฉพาะในช่วง 0 ถึง 10 เพราะอยู่ในช่วงสเปรคตรัมที่ยอมรับได้ {s1,...,s10} เพื่อป้องกันปัญหาการเลื่อนตำแหน่ง การย่อหรือขยาย (Scaling) และการหมุน (Rotation) จัดกลุ่มตัวอักษรด้วยวิธีฟัซซีซีมีนส์ แต่ยังมีปัญหาต้องปรับปรุง ได้แก่ การประมวลผลใช้เวลานาน ศูนย์กลางที่ได้บอกไม่ได้ว่าเป็นศูนย์กลางของเลขตัวใด และการจัดกลุ่มผิดพลาด ผลการรู้จำตัวเลขเขียนไทย เขียนโดยผู้เขียนคนเดียวกัน 85.8 เปอร์เซ็นต์ เขียนจากผู้เขียนคนละคนมีความถูกต้อง 70 เปอร์เซ็นต์ ข้อจำกัด คือ ความซับซ้อนของกลุ่มน้อยเพราะจำนวนกลุ่มมีเพียง 10 กลุ่ม วิธีหาลักษณะเด่นยังสกัดหาลักษณะเด่นออกมาไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นผลการจัดกลุ่มไม่สูงนักในขณะที่จำนวนกลุ่มน้อย เอกสารจริงไม่ค่อยเกิดปัญหาการหมุนของตัวอักษรไม่เกิน 90 องศา หรือมากสุดไม่เกิน 180 องศา ถ้าวิธีการที่นำมาใช้สกัดลักษณะเด่นทนต่อการหมุนควรจะสามารถแยกระหว่างเลข ๔ และเลข ๘ ได้

เอกรัตน์ [11] เสนอการประเมินผลของวิธีการทำลายเส้นให้บาง เพื่อนำไปใช้กับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือมี 2 วิธีด้วยกัน คือ การทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยอัตโนมัติ ซึ่งกระทำทีเดียวทั้งภาพ และการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี พบว่าการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยอัตโนมัติ ซึ่งกระทำทีเดียวทั้งภาพ พบว่ามีความเหมาะสมกับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ค่อนข้างชัดเจน มีความสม่ำเสมอของสี แต่การทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยวิธีแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี มีความเหมาะสมกับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือได้ดีกว่า กล่าวคือ สามารถนำวิธีนี้มาใช้กับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ไม่ค่อยชัดเจน และภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ดูเลอะเทอะ (ซึ่งเกิดจากน้ำหนักในการกดนิ้วมือ ในขณะทำการเก็บภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ) ได้ดีกว่า แต่จะใช้ช่วงเวลาในการประมวลผลที่มากกว่าการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยอัตโนมัติ

Gonzalez and Wood [12] ได้กล่าวถึงความเป็นมา เหตุผล ความสำคัญ และประโยชน์ที่ได้รับจากการประมวลผลภาพ และได้อธิบายถึงหลักการพื้นฐานของการประมวลผลภาพ รวมถึงการนิยามข้อกำหนดต่างๆ ของภาพที่เป็นข้อมูลดิจิตอล อธิบายสมการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องสำหรับการประมวลผลภาพ ความสัมพันธ์ระหว่างจุดภาพด้วยกันเอง วิธีการทรานส์ฟอร์มทั้งในแบบ 1 มิติและแบบ 2 มิติของภาพจากในโดเมนระยะห่างไปยังโดเมนความถี่โดยใช้เคอร์เนล (Kernel) ที่เป็นฟูเรีย หรือเคอร์เนลชนิดอื่นๆ วิธีการคอนโวลูชันใน 2 มิติ (2-D Convolution) ของภาพต้นฉบับกับฟิลเตอร์ ขั้นตอนวิธีของการแปลงฟูเรียแบบเร็วรวมถึงวิธีในการปรับเพิ่มคุณภาพของภาพทั้งวิธีทางโดเมนระยะห่างทั้งแบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น และวิธีในทางโดเมนความถี่ การจัดเก็บข้อมูลของภาพสี วิธีการประมวลผลภาพสี การไบนาไรซ์ ทำให้ภาพระดับสีเทากลายเป็นภาพขาวดำ การหาเส้นรอบรูปของวัตถุในภาพ วิธีที่ใช้ในการทำให้ภาพเป็นภาพโครงร่างซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ได้เป็นอย่างดีและเป็นวิธีพื้นฐานที่ถูกนำไปใช้กันโดยทั่วไป นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงวิธีในการประมวลผลภาพขั้นสูงขึ้นไป เพื่อทำการรู้จำและเข้าใจภาพหรือวัตถุ

O'Gorman [13] ได้กล่าวถึง การออกแบบฟิลเตอร์ เพื่อปรับเพิ่มคุณภาพของภาพลายนิ้วมือโดยการพิจารณาในโดเมนระยะห่าง ประกอบด้วยวิธีการ 5 ขั้นตอน คือ 1. ให้ผู้ใช้กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับภาพลายนิ้วมือนั้นๆ 2. หาทิศทางภายในแต่ละบริเวณท้องถิ่นของภาพ 3. ทำการเฉลี่ยค่าทิศทางที่ได้ 4. ทำการปรับเพิ่มคุณภาพทุกๆ จุดภาพโดยเลือกใช้ฟิลเตอร์ที่เหมาะสมกับทิศทางของจุดภาพนั้นๆ 5. ทำการประมวลผลขั้นหลังเพื่อลดผลของสัญญาณรบกวนที่ภาพฉากหลังและที่เกิดขึ้นตรงขอบรอยต่อของแต่ละบริเวณ

Chaudhuri and Majumber [14] ได้กล่าวถึงการประมวลผลภาพโดยเน้นเฉพาะที่การประมวลผลภาพขาวดำเป็นหลัก ได้เสนอหลายวิธีการที่สามารถใช้เปลี่ยนจากภาพระดับสีเทาให้กลายเป็นภาพขาวดำ โดยแต่ละวิธีก็มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้งานที่ต่างกัน การปรับเพิ่มคุณภาพของภาพ การทำให้ภาพเป็นเส้นโครงร่าง การเข้ารหัสและการบีบอัดภาพขาวดำ การวิเคราะห์รูปร่าง รวมทั้งได้กล่าวถึงโดยคร่าวของการประยุกต์งานการประมวลผลภาพ เช่น การวิเคราะห์เอกสาร (Document Analysis) การรู้จำตัวอักษร (Character Recognition) การเข้าใจแผนภาพ (Diagram Understanding) และการแบ่งกลุ่มลายนิ้วมือ (Fingerprint Classification)

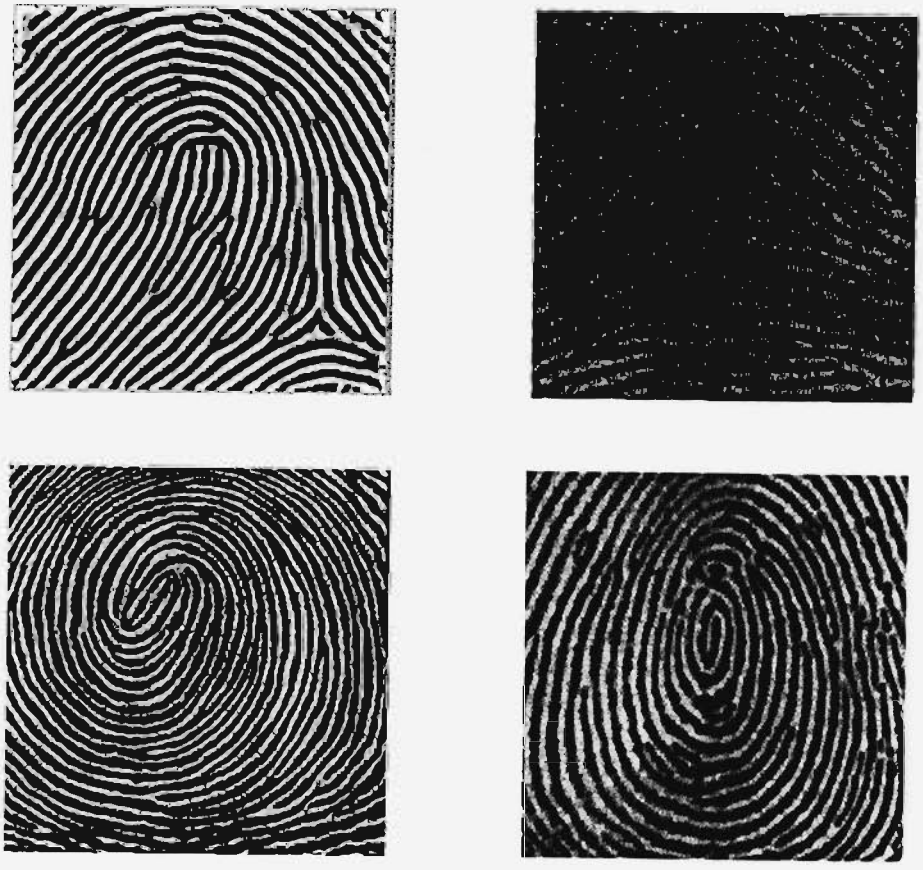
Almansa and Lineberg [15] ได้กล่าวถึงชนิดของลายนิ้วมือ จุดรายละเอียดแบบต่างๆ บนภาพลายนิ้วมือ แผนภาพขั้นตอนของระบบการประมวลผลภาพลายนิ้วมือ นอกจากนี้ได้เสนอวิธีในการปรับเพิ่มคุณภาพของภาพโดยใช้ทฤษฎีสเกลสเปซ (Scale-Space Theory) โดยการทรานส์ฟอร์มภาพเข้ากับชุดที่ผูกพันกันแต่มีสเกลที่ต่างกันไปของเกาส์เซียนฟิลเตอร์ หลังจากนั้นทำการหาเกรเดียนท์เพื่อทำให้อยู่ในรูปของสมการดิฟฟิวชัน

วิธีในการแยกส่วนที่เป็นภาพฉากหน้าและฉากหลังของภาพลายนิ้วมือออกจากกันทำได้โดยใช้วิธีการพิจารณาจากความมีทิศของภาพในแต่ละบล็อก โดยเริ่มจากการแบ่งภาพทั้งภาพออกเป็นบล็อกเล็กๆ โดยในแต่ละบล็อกมีขนาด 16 x 16 จุดภาพ แล้วจึงทำการหาทิศทางของทุกจุดบล็อกออกได้เป็น 8 ทิศทาง นำจำนวนจุดของแต่ละทิศทางทั้ง 8 ทิศทางมาเรียงกันเป็นกราฟสถิติความถี่ แล้วทำการคำนวณหาค่าความแปรปรวนของกราฟสถิติความถี่ ถ้าค่าของความแปรปรวนที่ได้น้อยกว่าค่าที่กำหนดแสดงว่าในบล็อกนั้นมีทิศทางของภาพ หรือลายเส้นนิ้วมือไม่เด่นชัดและจะถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นภาพฉากหลังแทน ส่วนบล็อกที่มีค่าความแปรปรวนสูงก็จะเป็นส่วนของลายนิ้วมือและทิศทางของลายนิ้วมือในบล็อกนั้นก็จะเป็นทิศที่มีค่าสถิติความถี่สูงที่สุด

บทที่ 3

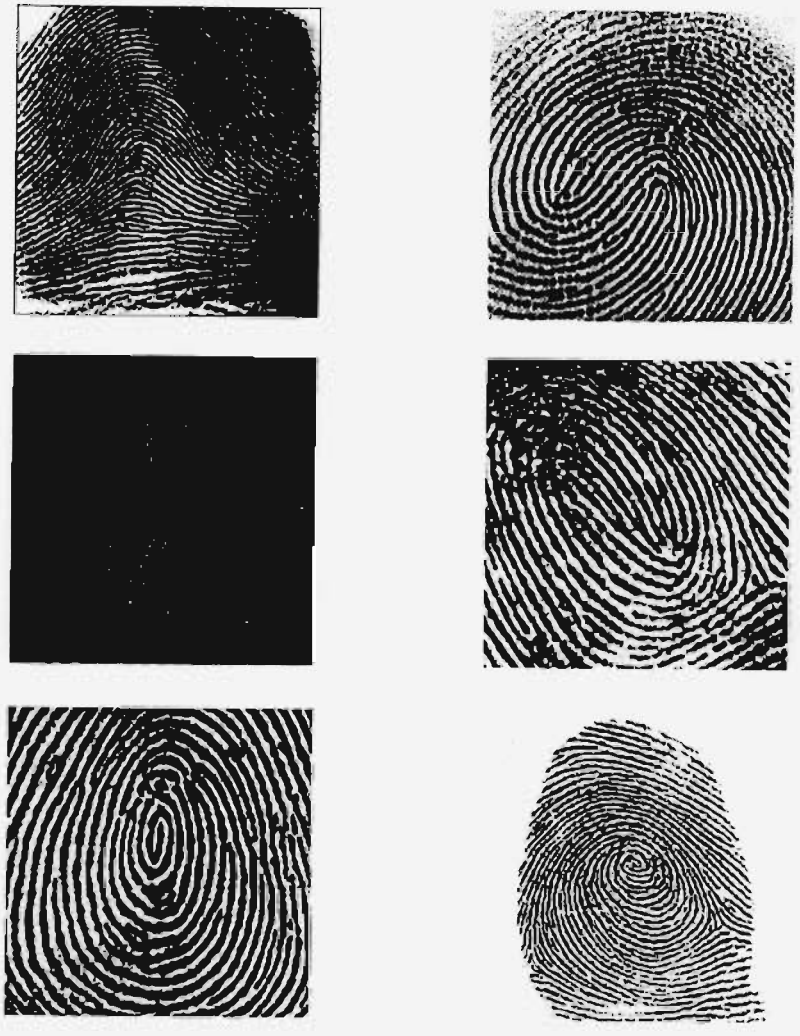
วิธีการดำเนินการวิจัย

ลายนิ้วมือเป็นภาพของกระแสของลายเส้นนูน หรือเรียกว่า เส้นลายนิ้วมือ (Ridge) และร่องระหว่างเส้นลายนิ้วมือ (Valley) ที่ปรากฏบนนิ้วมือของคนเรา ตัวอย่างของภาพลายนิ้วมือแสดงในภาพที่ 3-1 การก่อตัวของรูปแบบลายนิ้วมือของแต่ละคนจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขเริ่มต้นของการเกิดขึ้นของตัวอ่อนของคน ทำให้ลายนิ้วมือมีลักษณะแตกต่างกันไป และเราได้ใช้ประโยชน์ของความแตกต่างกันของลายนิ้วมือมานานแล้ว



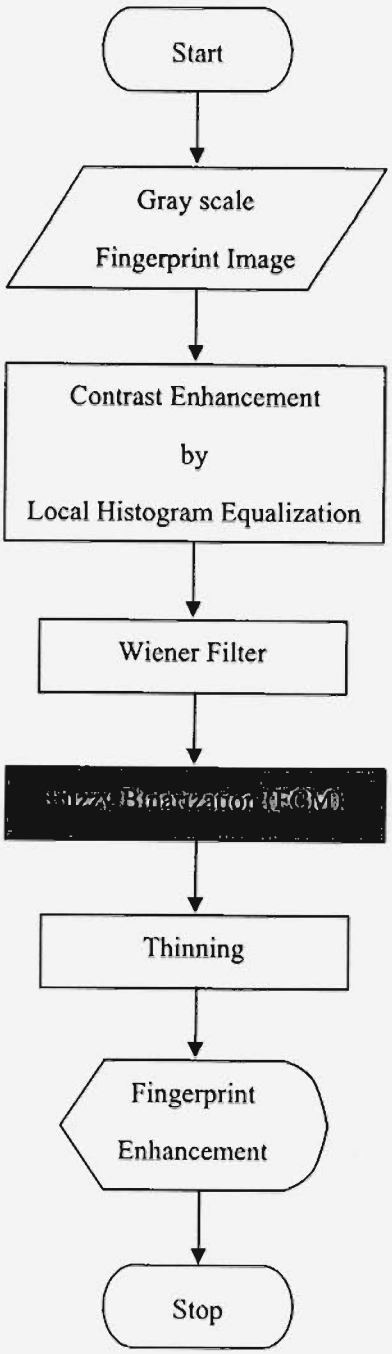
ภาพที่ 3-1 ตัวอย่างของภาพลายนิ้วมือ

ภาพลายนิ้วมือที่ได้จากเครื่องอ่านภาพไม่ได้มีลักษณะสมบูรณ์แบบอุดมคติ แต่จะมีสัญญาณรบกวนปนอยู่ด้วยเสมอ ดังภาพที่ 3-2 สัญญาณรบกวนเหล่านี้อาจเกิดจากผิวหน้าของกระจกเครื่องอ่านไม่สะอาด มีร่องรอยของลายนิ้วมือจากการอ่านครั้งที่แล้วติดอยู่ที่ผิวกระจก ลักษณะของเส้นลายนิ้วมือเองที่ไม่ได้ราบเรียบเท่ากันและมีความกว้างเท่ากันหมดทั้งเส้น แต่จะมีรอยหยักอยู่เสมอ เส้นลายนิ้วมือขาดช่วง มีร่องอยู่บนเส้นลายนิ้วมือ มีเกาะเล็กๆ อยู่ระหว่างเส้นลายนิ้วมือ แรงกดของนิ้วมือในขณะอ่านภาพต่ำไป แรงกดของนิ้วมือในขณะอ่านภาพสูงไป แรงกดของนิ้วมือไม่เท่ากันในแต่ละบริเวณ ความผิดพลาดของตัวเครื่องอ่านเอง หรือความแปรปรวนของการอ่านระดับสีที่ไม่เท่ากันในแต่ละบริเวณของเครื่องอ่าน เป็นต้น จากสัญญาณรบกวนข้างต้นทำให้คุณภาพของภาพลายนิ้วมือที่อ่านได้ในแต่ละครั้งมีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ จึงต้องทำการปรับเพิ่มคุณภาพของภาพให้อยู่ในระดับที่ดี เพื่อความคมชัดของเส้นและร่องระหว่างเส้นลายนิ้วมือ



ภาพที่ 3-2 ภาพแสดงตัวอย่างลายนิ้วมือที่คุณภาพไม่ดี

ในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอวิธีการปรับปรุงคุณภาพลายนิ้วมือเพื่อใช้ในการทำไบนาไรซ์เซชัน โดยมีขั้นตอนการประมวลผลดังภาพที่ 3-3 ซึ่งภาพลายนิ้วมือที่นำมาทดสอบเป็นภาพลายนิ้วมือแบบโทนสีเทา ความละเอียด 256 x 256 จุดภาพ



ภาพที่ 3-3 วิธีการปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1 การปรับปรุงความคมชัดของภาพ (Contrast Enhancement)

เนื่องจากคุณภาพของภาพลายนิ้วมือต้นฉบับบางครั้งมีคุณภาพไม่ดี ซึ่งอาจจะมีความมืดหรือความสว่างมากเกินไป ซึ่งเมื่อนำไปทำวิธีการไบนาไรซ์เซชัน โดยตรง จะทำให้คุณภาพของภาพที่แปลงให้เป็นภาพขาวดำไม่มีความสมบูรณ์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีที่เรียกว่า โลคอลฮิสโตแกรมอีควลไลซ์เซชัน (Local Histogram Equalization) เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพต้นฉบับให้มีความคมชัดขึ้น การทำฮิสโตแกรมอีควลไลซ์เซชัน เป็นวิธีที่เหมาะสำหรับใช้ปรับปรุงภาพที่มีการกระจายตัวของฮิสโตแกรมที่ไม่เหมาะสม จะมีผลทำให้ภาพที่ได้รับการปรับปรุงมีฮิสโตแกรมใหม่ที่มีลักษณะการกระจายตัวของค่าระดับสีเทาขยายเต็มช่วงมากขึ้น ซึ่งอาจจะมีจำนวนของค่าระดับสีเทาที่เท่ากันหรือน้อยกว่า การวิจัยนี้จะไม่ทำการปรับฮิสโตแกรมอีควลไลซ์เซชันกับข้อมูลทั้งภาพ แต่จะใช้วิธีการแบ่งภาพออกเป็นวินโดว์ที่มีขนาด 8x8 เพื่อทำการปรับฮิสโตแกรมของภาพ โดยใช้สมการที่ (3-1)

$$S_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^{k} \frac{h_j}{n} \tag{3-1}$$

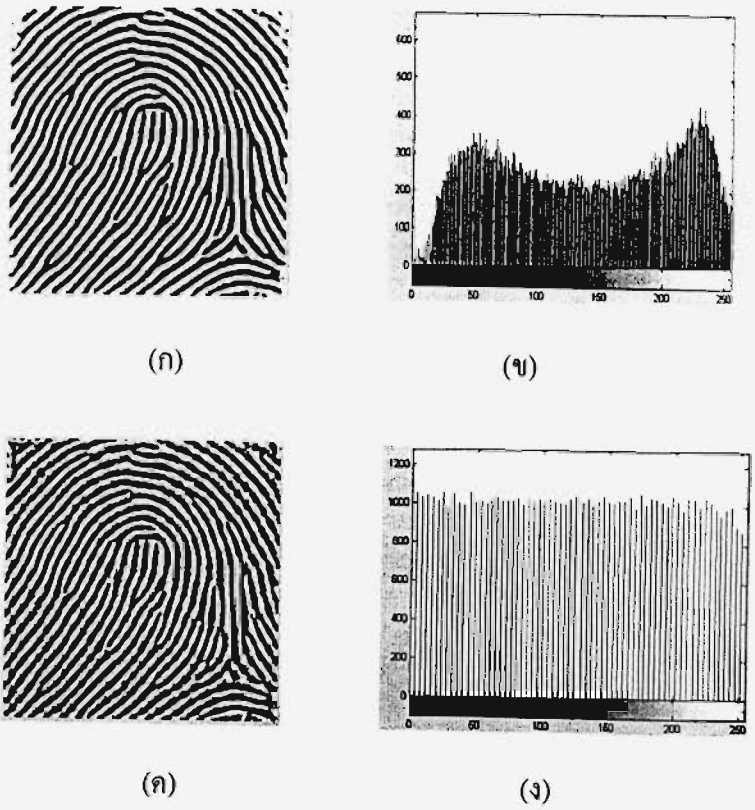
เมื่อ $k = 0,1,2,...255$

$T(r_k)$ คือ ฟังก์ชันการแปลง

r_k คือ ค่าระดับสีเทาของจุดภาพก่อนการแปลงในลำดับที่ k เมื่อ $0 \le r \le 1$

S_k คือ ค่าความหนาแน่นของค่าระดับสีเทาของจุดภาพก่อนการแปลงในลำดับที่ k เมื่อ $0 \le S \le 1$

n คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมด เช่น ถ้าภาพมีนาด 256 x 256, $n = 65536$



(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 3-4 (ก) ภาพลายนิ้วมือต้นฉบับ (ข) ฮิสโตแกรมของภาพลายนิ้วมือต้นฉบับ (ค) ภาพลายนิ้วมือหลังจากทำโลคอลฮิสโตแกรม อีควลไลซ์เซชัน และ (ง) ฮิสโตแกรมหลังทำโลคอลอีควลไลซ์เซชัน

3.2 กระบวนการทำเวียนเนอร์ฟิลเตอร์ (Wiener Filter)

เนื่องจากภาพลายนิ้วมือต้นฉบับบางครั้งอาจมีสัญญาณรบกวน ซึ่งทำให้ภาพต้นฉบับไม่เหมาะกับการทำไบนาไรซ์เซชัน ในงานวิจัยนี้จึงนำเทคนิคของอะแดปทิฟเวียนเนอร์ฟิลเตอร์ (Adaptive Wiener Filter) เพื่อทำการกรองสัญญาณรบกวน

เวียนเนอร์ฟิลเตอร์ ใช้หลักการทางสถิติที่ประมาณค่าจากจุดข้างเคียงขนาด N x M ของแต่ละจุดภาพ ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้ N และ M มีค่า = 3 สมการที่ (3-2) เป็นการอธิบายถึงสมการของเวียนเนอร์ฟิลเตอร์

$$w_{ij} = \mu_{ij} + \frac{\sigma_{ij}^2 - v^2}{\sigma_{ij}^2}\left(I_{ij} - \mu_{ij}\right) \qquad (3\text{-}2)$$

เมื่อ

w_{ij} คือ ข้อมูลที่กำลังพิจารณาที่ตำแหน่งแถวที่ i คอลัมน์ที่ j

v^2 คือ ค่าความแปรปรวนของสัญญาณรบกวน (Noise Variance)

σ^2 คือ ค่า Local Variance

ij คือ ค่าของพิกเซลแถวที่ i คอลัมน์ที่ j

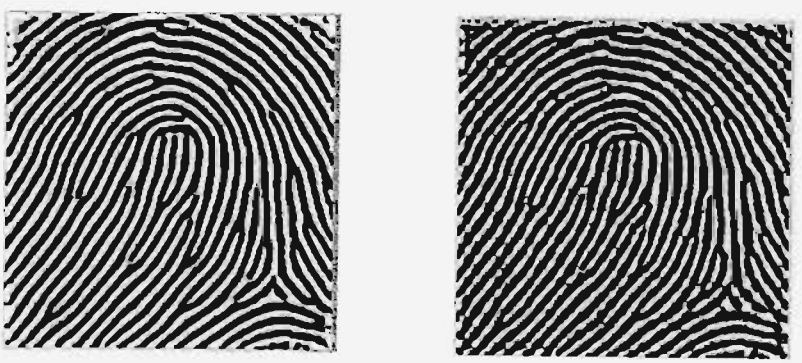
μ_{ij} คือ Local Mean

I_{ij} คือ ค่าระดับความเข้มแถวที่ i คอลัมน์ที่ j

ซึ่งค่าของ μ และ σ^2 หาได้จากสมการที่ (3-3) และ (3-4)

$$\mu_{ij} = Local\ Mean = \frac{1}{NM}\sum_{i=0}^{n=-1}\sum_{j=0}^{M-1} I_{ij} \tag{3-3}$$

$$\sigma_{ij}^2 = Variance = \frac{1}{NM}\sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{M-1}\left(I_{ij} - \mu_{ij}\right) \tag{3-4}$$



(ก) (ข)

ภาพที่ 3-5 (ก) ภาพลายนิ้วมือต้นฉบับ (ข) ภาพลายนิ้วมือหลังจากทำเวียนเนอร์ฟิลเตอร์

3.3 วิธีการทำไบนาไรซ์เซชัน

สำหรับงานวิจัยนี้ จะทำการเปรียบเทียบการทำไบนาไรซ์เซชัน 3 แบบ ได้แก่ การใช้ทฤษฎีฟัซซี ประกอบด้วย 2 วิธีด้วยกันมาใช้ในการเปรียบเทียบ ได้แก่ วิธีฟัซซีซีมีนส์ และฟัซซีซีพาร์ติชัน และสุดท้าย คือ การทำไบนาไรซ์เซชันด้วยการกำหนดค่าเทรชโฮลด์แบบปรับค่าได้ ที่เรียกว่า อะแดปทิฟเทรชโฮลด์ ซึ่งแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 การทำไบนาไรซ์เซชันด้วยวิธีฟัซซีซีมีนส์ วิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการแบ่งกลุ่มจุดภาพออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มของจุดภาพสีขาวและจุดภาพสีดำ ในงานวิจัยนี้ก่อนที่จะนำภาพลายนิ้วมือเข้าสู่วิธีของฟัซซีซีมีนส์ จะทำการแบ่งภาพออกเป็นวินโดว์ขนาด 20 x 100 แล้วจึงนำข้อมูลของจุดภาพภายในวินโดว์นี้เข้าสู่วิธีฟัซซีซีมีน ดังที่กล่าวในบทที่ 2 หัวข้อ 2.3.1

ซึ่งการกำหนดจุดบนจุดภาพต่างๆ ในภาพว่าจะเป็นกลุ่มขาวหรือกลุ่มดำ ถูกกำหนดโดยเมทริกซ์ U แสดงค่าระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละกลุ่มของจุดภาพ โดยที่ค่า $\mu_{11} \in \left[\mu_{A1}(x_1)\right]$ แสดงค่าความเป็นสมาชิกของจุดภาพ 1 (x_1) ของกลุ่ม Ω_1 , และค่า $\mu_{21} \in \left[\mu_{A2}(x_1)\right]$ แสดงค่าความเป็นสมาชิกของจุดภาพ 1 (x_1) ของกลุ่ม Ω_2 จากนั้นนำภาพที่ผ่านวิธีฟัซซีซีมีนส์แล้ว มาทำให้เป็นภาพขาวดำ โดยใช้กฎตามสมการที่ (3-5)

ถ้าค่า Membership Function ของสีที่ x_j มีค่ามากกว่า 0.9
ให้จุดภาพนั้นเป็นสีขาว
แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่า ให้นำ Median Filter ขนาด 3x3 ไปกระทำกับค่า Membership
ถ้าค่า Median ที่หาได้ มีค่ามากกว่า x_j ที่กลุ่ม 2 แล้ว
ให้จุดภาพนั้นเป็นสีขาว
นอกเหนือจากนี้ให้จุดภาพเป็นสีดำ (3-5)

3.3.2 การทำไบนาไรซ์เซชันด้วยวิธีฟัซซีซีพาร์ติชัน เป็นวิธีการหาค่าเทรชโฮลด์ นำเสนอโดย Cheng, Chen และ Li ซึ่งมีพื้นฐานจากการนำเซตแบบฟัซซีมาคำนวณร่วมกับการคำนวณค่าแม็กซิมัมเอนโทรปี เพื่อคำนวณหาค่าเทรชโฮลด์ที่มีค่าเหมาะสมที่สุด โดยใช้สมการกฎของฟัซซี ในงานวิจัยนี้ใช้ Trapezoidal Membership Function ดังสมการที่ (2-2) และ (2-3)

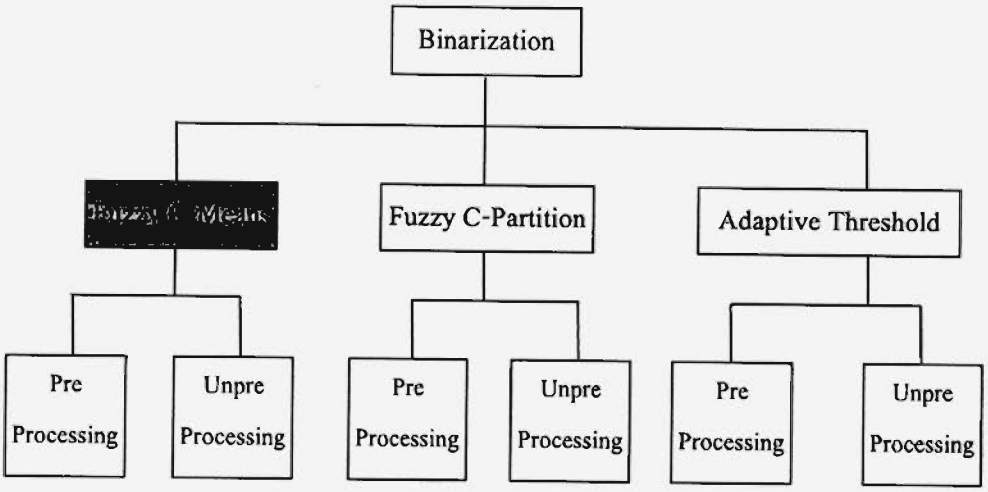
3.3.3 การทำไบนาไรซ์เซชันด้วยวิธีอะแดปทิฟเทรชโฮลด์ เป็นการหาเทรชโฮลด์แบบแปรเปลี่ยนค่าได้ ซึ่งจะปรับเปลี่ยนค่าเทรชโฮลด์ไปตลอดเวลาทุกๆ ครั้งที่มีการดำเนินการต่อจุดภาพทุกจุดภาพในภาพทั้งหมด การหาค่าของเทรชโฮลด์ด้วยวิธีนี้จะนำภาพโทนสีเทามาหาค่าความเข้ม หรือค่าเฉลี่ยของผลรวมฮิสโตแกรมในพื้นที่เฉพาะส่วนในภาพ โดยการกำหนดพื้นที่ด้วยขนาด NxN เพื่อคำนวณหาค่า เฉพาะเจาะจงลงไปในแต่ละจุดภาพ โดยหาค่าทางสถิติร่วมกับจุดภาพที่เป็นสมาชิกร่วมอยู่ในพื้นที่ที่ต้องการ โดยคำนวณจากสมการที่ (2-17) และ (2-19)

3.4 วิธีการทำทินนิง (Thinning)

หลังจากที่นำภาพลายนิ้วมือไปผ่านกระบวนการไบนาไรซ์เซชันแล้ว จะเห็นว่าภาพลายนิ้วมือยังมีความหนาของเส้นลายนิ้วมืออยู่ บางครั้งทำให้ยากต่อการพิจารณา หรือการวิเคราะห์ ดังนั้นจุดประสงค์ของการทำทินนิงในงานวิจัยนี้ คือ เพื่อทำให้รายละเอียดของภาพลายนิ้วมือ เหลือแต่ลายเส้นที่จำเป็นเท่านั้น

ในงานวิจัยนี้วิธีการทดลองเริ่มจากนำภาพลายนิ้วมือแบบโทนสีเทามาปรับปรุงภาพ โดยใช้ฮิสโตแกรมอีควลไลซ์เซชัน แล้วทำการลดสัญญาณรบกวนในภาพโดยใช้เวียนเนอร์ฟิลเตอร์ จากนั้นทำภาพโทนสีเทาให้เป็นภาพขาวดำ ด้วยวิธีฟัซซีไบนาไรซ์เซชัน โดยใช้วิธีฟัซซีซีมีนส์แล้วนำภาพที่ได้มาทำให้เส้นบางลง (Thinning)

ส่วนวิธีการทำให้ภาพเป็นภาพขาวดำนั้น ได้ทำการทดสอบวิธีที่ใช้ในงานวิจัย คือ ฟัซซีซีมีนส์ เปรียบเทียบกับวิธีฟัซซีซีพาร์ติชัน และอะแดปทิฟเทรชโฮลด์ และในแต่ละวิธีก็จะทำการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างการทำภาพให้เป็นสีขาวดำโดยผ่าน Pre-processing และไม่ผ่าน Pre-processing ดังภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างการทำภาพให้เป็นสีขาวดำ โดยผ่านวิธี Pre-processing และไม่ผ่าน Pre-processing ของการทำไบนาไรซ์เซชันแต่ละวิธี

บทที่ 4

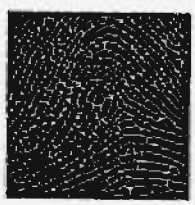
ผลการทดลอง

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอการทดลองและผลการทดลองที่ได้ปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือ โดยใช้วิธีฟัซซีไบนาไรซ์เซชัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำวิธีการทำไบนาไรซ์เซชันต่างๆ มาเปรียบเทียบกัน ประกอบด้วยการทำไบนาไรซ์เซชันด้วย 1) วิธีฟัซซีซีมีนส์ 2) วิธีฟัซซีซีพาร์ติชัน และ 3) วิธีอะแดปทิฟเทรชโฮลด์ แต่ละวิธีจะทำการเปรียบเทียบระหว่างการทำไบนาไรซ์เซชัน โดยผ่าน Pre-processing และไม่ผ่าน Pre-processing ซึ่งผลการทดลองแต่ละวิธีสามารถสรุปได้ดังตารางที่ (4-1) (4-2) และ (4-3)

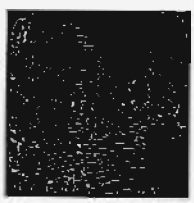
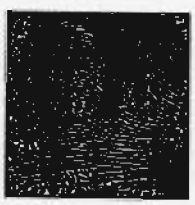
ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบผลการทดลองการปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือด้วยวิธีฟัซซีซีมีนส์ ระหว่างผ่าน Pre-processing และไม่ผ่าน Pre-processing

ภาพต้นฉบับ	ฟัซซีซีมีนส์ผ่าน Pre-processing		ฟัซซีซีมีนส์ไม่ผ่าน Pre-processing	
	Binarization	Thinning	Binarization	Thinning

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

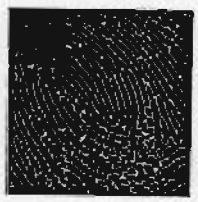
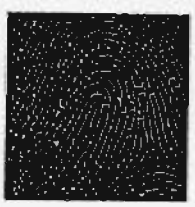
ภาพต้นฉบับ	ฟัซซีซีมีนส์ผ่าน Pre-processing		ฟัซซีซีมีนส์ไม่ผ่าน Pre-processing	
	Binarization	Thinning	Binarization	Thinning
				

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

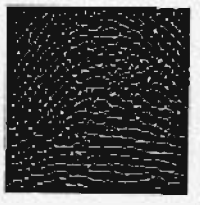
ภาพต้นฉบับ	ฟัซซีซีมีนส์ผ่าน Pre-processing		ฟัซซีซีมีนส์ไม่ผ่าน Pre-processing	
	Binarization	Thinning	Binarization	Thinning
				

จากตารางที่ 4-1 จะเห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือ โดยใช้วิธีฟัซซีซีมีนส์ แล้วทำการเปรียบเทียบระหว่างผ่าน Pre-processing และไม่ผ่าน Pre-processing จะเห็นว่าภาพลายนิ้วมือที่ผ่านและไม่ผ่าน Pre-processing จะให้ความคมชัดของภาพใกล้เคียงกัน แต่วิธีที่ไม่ผ่าน Pre-processing จะให้ลักษณะของเส้นลายนิ้วมือไม่ค่อยราบเรียบเท่าไหร่ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นภาพเส้นโครงร่างลายนิ้วมือจะออกมาดีหรือไม่ดี ส่วนหนึ่งก็ขึ้นอยู่กับคุณภาพของภาพลายนิ้วมือที่นำมาใช้ในการทดสอบด้วย

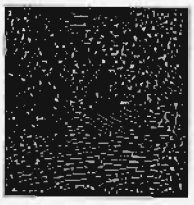
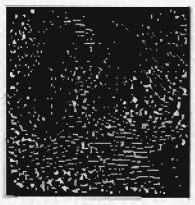
ตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบผลการทดลองการปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือด้วยวิธีฟัซซีซีพาร์ติชันระหว่างผ่าน Pre-processing และไม่ผ่าน Pre-processing

ภาพต้นฉบับ	ฟัซซีซีพาร์ติชันผ่าน Pre-processing		ฟัซซีซีพาร์ติชันไม่ผ่าน Pre-processing	
	Binarization	Thinning	Binarization	Thinning
				
				

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ภาพต้นฉบับ	ฟัซซีซีพาร์ติชันผ่าน Pre-processing		ฟัซซีซีพาร์ติชันไม่ผ่าน Pre-processing	
	Binarization	Thinning	Binarization	Thinning
				

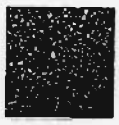
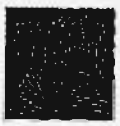
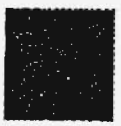
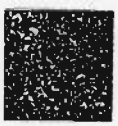
ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ภาพต้นฉบับ	ฟัซซีซีพาร์ติชันผ่าน Pre-processing		ฟัซซีซีพาร์ติชันไม่ผ่าน Pre-processing	
	Binarization	Thinning	Binarization	Thinning
				

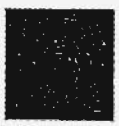
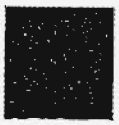
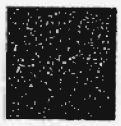
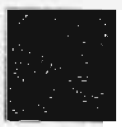
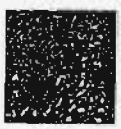
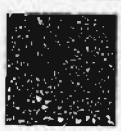
จากตารางที่ 4-2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือ โดยใช้วิธีฟัซซีซีพาร์ติชัน ทำการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ผ่าน Pre-processing และไม่ผ่าน Pre-processing พบว่าภาพลายนิ้วมือที่ผ่าน Pre-processing จะให้ความคมชัดของเส้นลายนิ้วมือได้ดีกว่าภาพลายนิ้วมือที่ไม่ผ่าน Pre-processing เนื่องจากว่าใน Pre-processing นั้นจะมีการลดสัญญาณรบกวนของภาพก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการทำไบนาไรซ์เซชัน แต่ลักษณะของเส้นลายนิ้วมือจะไม่ราบเรียบ และเมื่อ

เปรียบเทียบกับวิธีฟัซซีซีมีนส์กับวิธีฟัซซีซีพาร์ติชันแล้ว พบว่าการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้วิธีฟัซซีซีมีนส์จะให้คุณภาพการปรับปรุงภาพลายนิ้วมือที่ดีกว่า

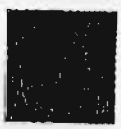
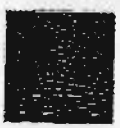
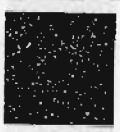
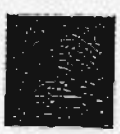
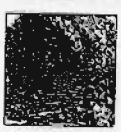
ตารางที่ 4-3 เปรียบเทียบผลการทดลองการปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือด้วยวิธีอะแดปทิฟเทรชโฮลด์ระหว่างผ่าน Pre-processing และไม่ผ่าน Pre-processing

ภาพต้นฉบับ	อะแดปทิฟเทรชโฮลด์ผ่าน Pre-processing			อะแดปทิฟเทรชโฮลด์ไม่ผ่าน Pre-processing	
	Binarization		Thinning	Binarization	Thinning
	Mean				
	Median				
	Mean				
	Median				
	Mean				
	Median				

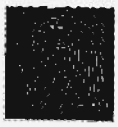
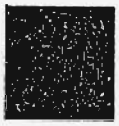
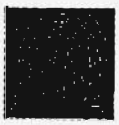
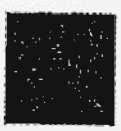
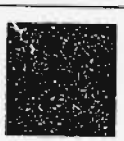
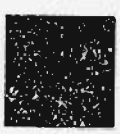
ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ภาพต้นฉบับ	อะแดปทิฟเทรชโฮลด์ผ่าน Pre-processing		อะแดปทิฟเทรชโฮลด์ไม่ผ่าน Pre-processing	
	Binarization	Thinning	Binarization	Thinning
	Mean			
	Median			
	Mean			
	Median			
	Mean			
	Median			
	Mean			
	Median			

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ภาพต้นฉบับ	อะแดปทิฟเทรชโฮลด์ผ่าน Pre-processing		อะแดปทิฟเทรชโฮลด์ไม่ผ่าน Pre-processing	
	Binarization	Thinning	Binarization	Thinning
	Mean			
	Median			
	Mean			
	Median			
	Mean			
	Median			
	Mean			
	Median			

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ภาพต้นฉบับ	อะแดปทิฟเทรชโฮลด์ผ่าน Pre-processing		อะแดปทิฟเทรชโฮลด์ไม่ผ่าน Pre-processing	
	Binarization	Thinning	Binarization	Thinning
	Mean			
	Median			
	Mean			
	Median			
	Mean			
	Median			
	Mean			
	Median			

จากตารางที่ 4-3 เป็นผลการทดลองจากการปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือ โดยใช้วิธีอะแดปทิฟเทรชโฮลด์ ซึ่งใช้วิธีการหาค่าด้วย Mean Value และ Median Value แล้วเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ผ่าน Pre-processing และไม่ผ่าน Pre-processing พบว่า

1. วิธีอะแดปทิฟเทรชโฮลด์ ที่ใช้ค่า Mean Value และไม่ผ่าน Pre-processing พบว่าภาพลายนิ้วมือที่ได้ไม่มีความคมชัด และเส้นโครงร่างของลายนิ้วมือก็ไม่เป็นไปตามรูปร่างของเส้นลายนิ้วมือ แต่ถ้าเป็นการใช้ค่า Median Value ภาพที่ได้จะมีความคมชัดดีกว่าการใช้ค่า Mean Value แต่เส้นโครงร่างของลายนิ้วมือก็ยังไม่มีความเรียบ หรือมีลักษณะเป็นเส้นตามรูปแบบลายนิ้วมือเมื่อเทียบกับวิธีฟัซซีซีมีนส์

2. วิธีอะแดปทิฟเทรชโฮลด์ ที่ใช้ค่า Mean Value และ Median Value ผ่าน Pre-processing พบว่าภาพเส้นโครงร่างของลายนิ้วมือที่ได้ไม่มีความสม่ำเสมอ ขาดความต่อเนื่อง แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่า Mean และ Median Value พบว่าการใช้ค่า Median Value ให้รายละเอียดของภาพได้ดีกว่าการใช้ค่า Mean Value

จากการเปรียบเทียบการปรับปรุงคุณภาพทั้ง 3 วิธีพบว่า การใช้วิธีฟัซซีซีมีนส์ที่นำมาประยุกต์ใช้กับภาพลายนิ้วมือให้คุณภาพดีกว่าวิธีฟัซซีซีพาร์ติชัน แม้ว่าจะเป็นทฤษฎีฟัซซีด้วยกันก็ตาม เนื่องจากว่าวิธีฟัซซีซีมีนส์มีการลดสัญญาณรบกวนในภาพอยู่แล้ว จึงอาจเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้วิธีฟัซซีซีมีนส์สามารถทำให้ภาพมีความคมชัดขึ้นได้ในระดับหนึ่ง แม้ว่าจะไม่ผ่าน Pre-processing ก็ตาม และฟัซซีซีมีนส์ก็ยังให้คุณภาพของภาพดีกว่าการใช้วิธีอะแดปทิฟเทรชโฮลด์

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการทดลอง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือด้วยวิธีฟัซซีไบนาไรซ์เซชัน โดยใช้วิธีฟัซซีซีมีนส์เป็นหลัก เพื่อนำภาพลายนิ้วมือที่ได้ทำการปรับปรุงแล้วไปใช้ดำเนินงานอย่างอื่น เช่น การจัดหมวดหมู่ เป็นต้น การทำวิจัยในครั้งนี้ได้นำวิธีฟัซซีซีมีนส์มาใช้เปรียบเทียบกับวิธีฟัซซีซีพาร์ติชัน และอะแดปทีฟเทรชโฮลด์ เพื่อใช้ในการปรับปรุงภาพลายนิ้วมือ ผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละวิธีอาจมีลักษณะใกล้เคียงกัน หรือแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้ในแต่ละวิธี

การทดลองในขั้นตอนแรกเป็นแนวทางการหากลุ่มหรือ Cluster ของวัตถุที่ต้องการ ซึ่งใช้การจัดกลุ่มด้วยวิธีฟัซซีซีมีนส์ โดยมีแนวทางการจัดกลุ่มด้วยการให้น้ำหนักกับทุกๆ จุดภาพว่าแต่ละจุดภาพควรมีค่าความเป็นสมาชิกอยู่ในกลุ่มใด แล้วทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีการหาค่าระยะทางยูคลิเดียน (Euclidian Distance) เพื่อการแบ่งกลุ่มที่ชัดเจน ซึ่งวิธีฟัซซีซีมีนส์นี้มีการประยุกต์ใช้งานในหลายสาขา เช่น การใช้งานกับภาพถ่ายดาวเทียม หรือภาพถ่ายทางอากาศ

ผลการทดลองจากการประยุกต์วิธีฟัซซีซีมีนส์ พบว่าภาพลายนิ้วมือภาพเดียวกัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีฟัซซีซีพาร์ติชัน และวิธีอะแดปทิฟเทรชโฮลด์แล้วพบว่า การใช้วิธีฟัซซีซีมีนส์ให้การปรับปรุงคุณภาพของภาพลายนิ้วมือได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ ไม่ว่าจะผ่าน Pre-processing หรือไม่ก็ตาม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่าวิธีฟัซซีซีมีนส์เองมีการลดสัญญาณรบกวนในวิธีอยู่แล้ว จึงมีผลทำให้คุณภาพของภาพลายนิ้วมือที่ได้หลังจากผ่านวิธีฟัซซีซีมีนส์แล้วมีความคมชัดขึ้นในระดับหนึ่ง

การทดลองต่อไปเป็นการปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือด้วยวิธีฟัซซีซีพาร์ติชัน โดยใช้แนวทางการหาค่าเทรชโฮลด์หลายๆ ระดับความเข้มหรือหลายๆ ค่า โดยการคำนวณหาค่าความเป็นสมาชิกหรือค่าความเป็นไปได้ที่จะมีค่าจุดภาพอยู่ในกลุ่มสีขาวหรือสีดำ ในที่นี้เรียกว่า Bi-Level Partition โดยคำนวณเปรียบเทียบด้วยวิธีแม็กซิมัมเอนโทรปี เพื่อที่จะหาค่าเทรชโฮลด์ ซึ่งสามารถให้ค่าเอนโทรปีสูงสุด และคำนวณหาค่ากึ่งกลางระหว่างเทรชโฮลด์ เพื่อแบ่งค่าความเข้ม ออกเป็นสองส่วนในภาพโทนขาวดำ ค่าเทรชโฮลด์ที่ได้เป็นแบบครอบคลุม คือ แบ่งฮิสโตแกรมออกเป็นสองส่วนแล้วดำเนินการแบบอัตโนมัติ โดยการเลือกฟังก์ชันบางฟังก์ชันมาดำเนินการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าเทรชโฮลด์ที่ดีที่สุดที่ควรจะเป็นได้

การทดลองสุดท้ายเป็นการหาค่าเทรชโฮลด์แบบแปรเปลี่ยนค่าได้ ที่เรียกว่าอะแดปทิฟเทรชโฮลด์เป็นการหาค่าเทรชโฮลด์ของทุกๆ จุดภาพโดยเปรียบเทียบค่าจุดภาพ ณ จุดที่ต้องการกับผลรวมของสมาชิกบริเวณรอบๆ ในพื้นที่ที่กำหนด เช่น การเปรียบเทียบกับค่า Mean หรือ Medain : โดยค่าของจุดภาพจะมีค่าเป็นสีขาวหรือสีดำขึ้นอยู่กับค่าความเข้มของจุดภาพนั้นจะมีค่ามากกว่าค่า Mean หรือ Median ที่คำนวณได้ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ทำการเปรียบเทียบการไบนาไรซ์เซชันทั้ง 3 วิธีที่กล่าวมาข้างต้น แต่ละวิธีก็มีข้อจำกัดบางอย่าง จึงทำให้การปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือได้ผลลัพธ์ที่ยังไม่สมบูรณ์หรือยังไม่มีความคมชัดเท่าที่ควร รายละเอียดบางส่วนในลายนิ้วมืออาจจะหายไป นอกจากนี้แล้วภาพลายนิ้วมือที่นำมาใช้ก็เป็นองค์ประกอบหนึ่งเช่นเดียวกันที่มีผลต่อคุณภาพของการปรับปรุง ดังนั้นงานวิจัยนี้อาจเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับผู้ที่สนใจที่จะทำวิจัยเกี่ยวกับเรื่องการปรับปรุงคุณภาพของภาพลายนิ้วมือ โดยพัฒนาวิธี Pre-processing ให้มีประสิทธิภาพมากกว่านี้ เพื่อให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องสมบูรณ์ ภาพลายเส้นต่างๆ ที่อยู่บนลายนิ้วมือมีความคมชัด และลายเส้นมีความต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

1. วรากร คำแก้ว. **การประมวลผลภาพสำหรับการรู้จำลายนิ้วมือ**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.
2. อุกฤษณ์ ศรีเสือขาม. **การประมวลลายพิมพ์นิ้วมือเบื้องต้นสำหรับระบบตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์คอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541.
3. L.A. Zadeh. "Fuzzy Set." **Information and Control**. 8 (1965) : 338-352.
4. _____. "Probability Measures of Fuzzy Event." **Journal of Math Analysis, Appl.** 23 (1968) : 421-427.
5. **Fuzzy C-Means Clustering** [online] 1981. [cited 2006 Jul 30]. Available from : http://www.elet.polimi.it/upload/matteucc/Clustering/tutorial_html/cmeans.html.
6. **Adaptive Filtering and Neural Networks** [online] 2000. [cited 2006 Jul 11]. Available from : http://homepages.informatics.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/.htadpthrsh.html.
7. **Thresholding** [online] 1994. [cited 2006 May 5]. Available from : http://www.cse.dmu.ac.uk/~sexton/WWWPages/HIPR/html/threshld.html
8. **Median Filter** [online] 1994. [cited 2006 May 5]. Available from : http://www.cse.dmu.ac.uk/~sexton/WWWPages/HIPR/html/median.html
9. H.D. Cheng, Jim-Rong Chen and Jiguang Li. "Threshold Selection based on Fuzzy C Partition with Maximum Entropy Approach." **Pattern Recognition**. 31 (7), (1998) : 857-870.
10. กานต์ เสารยะวิเศษ, พารา ลิมมะณีประเสริฐ และ สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์. "การรู้จำลายมือเขียนตัวเลขไทยโดยใช้การจัดกลุ่มแบฟัซซี." **วารสารวิชาการคอมพิวเตอร์ศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**. 1 (2545) : 8-13.

11. เอกรัตน์ จุลวรรณ์. **การประเมินผลของขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บางเพื่อนำไปใช้กับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541.

12. Gonzalez, R.C. and R.E. Wood. **Digital Image Processing**. United States of America: Addison-Wesley, 1992.

13. O'Gorman, L. and J.V. Nickerson. "An approach to fingerprint filter design." **Pattern Recognition**. 22 (1), (1989) : 29-38.

14. Chaudhuri, B.B. and D.D. Majumber. **Two-Tone Image Processing and Recognition**. India: Wesley Eastern, 1993.

15. Almansa, A. and T. Lindeberg. "Finferprint Enhancement by Shape Adaptation of Scale-Space Operators with Automatic Scale Selection." **Technical Report**. (1998) : 119.

16. T. Pun. "A New Method from Gray Level Threshold Using the Entropy of the Histogram." **Signal Processing**. 2 (1980) : 223-237.

17. Mario I. and Chacon M. **Fuzzy Binarization and Segmentation of Text Image for OPCR**. Mexico: Instituto Tecnologico de Chihuahua, Department of Electrical and Electronic Engineering, New Mexico State University, 2004 .

18. Hong, T. and Lee C. "Introduction of Fuzzy rules and membership function from training examples." **Fuzzy Sets and System**. 84 (1996) : 33-47.

19. Somporn Chuai-aree, et al. **Fuzzy C-Means: A statistical Feature Classification of Text and Image Segmentation Method**. Bangkok: Chulalongkorn University, 2001.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นางสาวปรวิศา โกวรรธนะกุล

ชื่อวิทยานิพนธ์ : การปรับปรุงคุณภาพภาพพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยวิธีฟัซซีไบนาไรซ์เซชัน

สาขาวิชา : เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

ประวัติ

ประวัติการศึกษา ในปีการศึกษา 2535 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยครูเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี

ประวัติการทำงาน ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำแผนกคอมพิวเตอร์ธุรกิจ โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม

สถานที่ติดต่อ บ้านเลขที่ 16/38 ถนนจรัญสนิทวงศ์ แขวงท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร 10600