b157763

การรู้จำภาษามือภาษาไทย

วีรชัย วีระสกุลทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)
คณะสถิติประยุกต์
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
2550

การรู้จำภาษามือภาษาไทย

วีรชัย วีระสกุลทอง

คณะสถิติประยุกต์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นสมควรอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์.....ประธานกรรมการ
(ดร. จักรินทร์ ศุขหมอก)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ดร. โอม ศรนิล)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์.....กรรมการ
(ดร. นิธินันท์ ธรรมากรนนท์)

อาจารย์ .....กรรมการ
(ดร. มนต์ชัย โศภิษฐกมล)

รองศาสตราจารย์.....คณบดี/ผู้อำนวยการ
(ดร.สุรพงค์ เอื้อวัฒนามงคล)
วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

บทคัดย่อ

ชื่อวิทยานิพนธ์	การรู้จำภาษามือภาษาไทย
ชื่อผู้เขียน	นาย วีรชัย วีระสกุลทอง
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)
ปีการศึกษา	2550

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการรู้จำภาษามือภาษาไทยวิธีใหม่ โดยใช้เทคนิคการรู้จำโดยการมองเห็น ร่วมกับการใช้ถุงมือผ้าแบบธรรมดาเพื่อเพิ่มประสิทธิผลการรู้จำภาษามือภาษาไทยให้ดีมากยิ่งขึ้น

ผลการประเมินประสิทธิผลการรู้จำภาษามือภาษาไทยของเทคนิคที่นำเสนอ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 88.26 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนการทดลองทั้งหมด

ABSTRACT

Title of Thesis	Thai Hand Sign Recognition
Author	Mr. Weerachai Veerasakulthong
Degree	Master of Science (Computer Science)
Year	2007

This thesis introduces a new Thai hand sign language recognition method that uses vision-based technique with a simple hand glove to increase recognition effectiveness. The results from the experiments show that the proposed method recognizes hand signs with accuracy of 88.26% on average.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องการรู้จำภาษามือภาษาไทยสำเร็จได้ เนื่องมาจากบุคคลหลายท่านให้ความกรุณาช่วยเหลือทางด้านข้อมูล ข้อเสนอแนะ คำปรึกษาแนะนำ ความคิดเห็น และกำลังใจ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์โอม ศรนิล ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ของผู้เขียน ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ ข้อแนะนำ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ในทุกขั้นตอน ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้เขียนในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ตลอดมา และขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์นิธินันท์ ธรรมากรนนท์ อาจารย์จักรินทร์ ศุขหมอก และอาจารย์มนต์ชัย โศภิษฐกมล ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการศึกษาครั้งนี้ รวมทั้งกรุณาพิจารณา และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านของคณะสถิติประยุกต์ ที่ได้ถ่ายทอดและสร้างความรู้ให้แก่ผู้ศึกษา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของคณะสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือประสานงานเป็นอย่างดีด้วยอัธยาศัยไมตรีที่ดี

ท้ายสุด ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอขอบคุณพี่น้องและเพื่อนๆ ที่ได้ช่วยเหลือ ส่งเสริม สนับสนุน กระตุ้นเตือน และเป็นกำลังใจตลอดมา จนทำให้การศึกษาครั้งนี้ประสบผลสำเร็จได้ตามที่ตั้งใจ

วีรชัย วีระสกุลทอง

พฤษภาคม 2551

b157763

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
สัญลักษณ์และคำย่อ	(10)
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์	2
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ขั้นตอนการทำวิจัย	3
บทที่ 2 กรอบแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**4**
2.1 ทฤษฎี	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.3 กรอบแนวคิด	8
บทที่ 3 การสร้างตัวแบบเพื่อการรู้จำภาษามือภาษาไทย โดยใช้เทคนิคการรู้จำโดยการมองเห็น	**11**
3.1 การประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing)	12
3.1.1 การตัดภาพเฉพาะส่วนมือ (Hand Segmentation)	13
3.1.2 การตัดภาพมือให้ชิดขอบมือทั้งสี่ด้าน (Hand Cropping)	14

หน้า

3.2 คุณลักษณะของรูปมือ (Hand Feature) 19
3.2.1 ความยาวตั้งแต่จุดข้อมือถึงจุดขอบมือ 19
3.2.2 อัตราส่วนระหว่างความกว้างของภาพภาษามือภาษาไทย กับความกว้างของภาพมือมาตรฐาน 19
3.2.3 อัตราส่วนระหว่างความสูงของภาพภาษามือภาษาไทย กับความสูงของภาพมือมาตรฐาน 20
3.3 การสร้างตัวแบบการรู้จำภาษามือ (Model Construction) 21
3.3.1 การหาจุดกลางมือ (Centroid of Hand) 22
3.3.2 การสร้างแกนมือ (Hand Axis Construction) 22
3.3.3 การหาจุดขอบมือที่ต้องการ (Hand Edge Finding) 22
3.3.4 การคำนวณหาจุดขอบมือที่ต้องการเพียงจุดเดียวในแต่ละองศา (Hand Edge Filtering) 26
3.3.5 การคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างความสูงของภาพภาษามือกับความสูงของภาพมือมาตรฐาน และอัตราส่วนระหว่างความกว้างของภาพภาษามือกับความกว้างของภาพมือมาตรฐาน (Height and Width Ratio Calculation) 27
3.3.6 กำหนดรูปแบบมือ (Hand Pattern Setting) 27
บทที่ 4 ผลการวิจัย **30**
4.1 การทดลอง 30
4.2 ผลการทดลอง 31
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ **34**

บรรณานุกรม **35**
ประวัติผู้ทำวิทยานิพนธ์ **39**

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ผลการทดลองหารูปแบบมือของภาษามือภาษาไทย 31
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการรู้จำภาษามือภาษาไทยของตัวแบบ 32

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ภาษามือภาษาไทยที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารในชีวิตประจำวัน 5
2.2 ภาษามือภาษาไทยที่ใช้ในการสะกดพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์ 6
2.3 ภาษามือภาษาไทยที่ใช้ในการนับตัวเลข 6
3.1 ขั้นตอนในการสร้างตัวแบบเพื่อการรู้จำภาษามือภาษาไทย 11
3.2 ขั้นตอนย่อยของขั้นตอนการประมวลผลเบื้องต้น 12
3.3 ภาพถ่ายภาษามือภาษาไทยจากกล้องดิจิทัล 13
3.4 ภาพถ่ายภาษามือภาษาไทยที่ผ่านขั้นตอนการตัดภาพมือแล้ว 14
3.5 ขั้นตอนย่อยของขั้นตอนการตัดภาพมือให้ชิดขอบมือทั้งสี่ด้าน 14
3.6 ภาพแสดงข้อมูลขอบมือส่วนต่างๆ ของภาพมือ 15
3.7 ภาพมือที่มีการเก็บข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นขอบมือ 16
3.8 ภาพแสดงข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นขอบมือทางด้านแนวตั้ง 17
3.9 ภาพแสดงข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นขอบมือทางด้านแนวนอน 17
3.10 ภาพแสดงข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นขอบมือทางด้านแนวทะแยง 17
3.11 ภาพมือที่ถูกตัดตามข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ทั้งสี่ด้านของขอบมือ 18
3.12 ภาพมือที่แสดงถึงความยาวตั้งแต่จุดข้อมือถึงจุดขอบมือที่ต้องการ 19
3.13 ความกว้างของภาพมือมาตรฐาน 20
3.14 ความสูงของภาพมือมาตรฐาน 20
3.15 ขั้นตอนย่อยของขั้นตอนการสร้างตัวแบบการรู้จำภาษามือ 21
3.16 ภาพมือที่ถูกแบ่งออกเป็น 60 ส่วน 23
3.17 ภาพมือที่แสดงตำแหน่งองศาของจุดขอบมือที่ต้องการคำนวณหา 24
3.18 ขั้นตอนย่อยของขั้นตอนการคำนวณหาจุดขอบมือที่ต้องการเพียงจุดเดียว ในแต่ละองศา 26
3.19 รูปแบบมือของภาษามือภาษาไทยทั้ง 31 รูปแบบ 29

สัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย
θ	แทนค่ามุมใดๆ

คำย่อ

BMP	Windows Device Independent Bitmap

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญของมนุษย์ในการดำรงชีวิตอยู่ในสังคมคือปัจจัย 4 นั่นคือ อาหาร ที่อยู่อาศัย เสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค แต่การดำรงชีวิตอยู่ในสังคมของมนุษย์ในปัจจุบัน ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่นอกเหนือจากปัจจัยพื้นฐานทั้ง 4 เข้ามาเกี่ยวข้องอีกมากมาย และปัจจัยอื่นๆ เหล่านี้ก็มีส่วนทำให้การดำรงชีวิตอยู่ในสังคมของมนุษย์เกิดความเหลื่อมล้ำแตกต่างกัน โดย สามารถจำแนกปัจจัยอื่นๆ ที่นอกเหนือจากปัจจัยพื้นฐานทั้ง 4 เหล่านี้ได้เป็น 2 ประเภท คือ ปัจจัยอื่นๆ ที่สามารถควบคุมได้ ตัวอย่างเช่น ปัจจัยทางด้านการศึกษา เป็นต้น และปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้ ตัวอย่างเช่น ปัจจัยทางด้านร่างกาย เป็นต้น ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิด ความเหลื่อมล้ำแตกต่างกันของการดำรงชีวิตอยู่ในสังคมองมนุษย์อย่างมากก็คือ ปัจจัยอื่นๆ ที่ ไม่สามารถควบคุมได้ และปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้ ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมากก็คือปัจจัย ทางด้านร่างกาย ซึ่งก็คือการไม่มีความพร้อมของร่างกายมาตั้งแต่กำเนิด แต่อย่างไรก็ตาม มนุษย์ก็ยังคงต้องดำรงชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคม และจะต้องมีความเกี่ยวข้องกัน ไม่ว่าจะทำสิ่งใด ล้วนต้องอาศัยการสื่อสารเป็นเครื่องมือช่วยให้บรรลุจุดประสงค์ทั้งสิ้น แต่มีกลุ่มบุคคลอยู่กลุ่ม หนึ่งที่ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับบุคคลอื่นๆ ได้ เนื่องมาจากความไม่พร้อมทางด้านร่างกาย ซึ่ง ก็คือบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน ดังนั้นจึงทำให้กลุ่มบุคคลกลุ่มนี้ ต้องสูญเสียโอกาส ในการได้รับสิ่งต่างๆ ที่เท่าเทียมกับบุคลอื่น ซึ่งโอกาสที่ควรจะได้รับเท่าเทียมกับบุคคลอื่นที่ สำคัญสิ่งหนึ่งก็คือ การสูญเสียโอกาสในการได้รับการศึกษา เพราะว่ากลุ่มบุคคลกลุ่มนี้ไม่ สามารถเรียนร่วมกับบุคคลอื่นได้ ทั้งที่ยังมีความสามารถในการเรียนรู้ได้ โดยการศึกษาถือเป็น เครื่องชี้วัดคุณภาพชีวิตที่สำคัญในการอยู่ร่วมกันในสังคม อีกทั้งยังมีบทบาทในการพัฒนา คุณภาพชีวิตของบุคคลนั้น ให้มีความรู้ ความคิด และความสามารถ ซึ่งคุณภาพการศึกษาของ ประชากร จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการพัฒนาของประเทศ

บุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ คนหูตึง ซึ่งหมายถึง คนที่พอจะได้ยินเสียงบ้างสามารถใช้เครื่องช่วยฟังได้ และ คนหูหนวก หมายถึงคนที่สูญเสียการ ได้ยินมากจนไม่สามารถได้ยินเสียง ไม่ว่าจะใส่หรือไม่ใส่เครื่องช่วยฟังก็ตาม

เนื่องจากความบกพร่องของการรับรู้ภาษาทางด้านการได้ยินของคนหูหนวก ทำให้คนกลุ่มนี้ต้องอาศัยการรับรู้ภาษาทางด้านสายตา โดยการใช้การมองดูท่าทางสีหน้าของคนอื่น และการแสดงออกของตัวเองแทน ดังนั้นการศึกษาของบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน จะใช้ภาษามือในการสื่อสารกับบุคคลอื่นแทนภาษาพูด และใช้นิ้วมือประกอบกับการอ่านปาก

ในปัจจุบันสื่อการฝึกสอนของบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน รวมถึงบุคคลทั่วไปที่สนใจต้องการศึกษาภาษามือ ได้ประยุกต์เอาเทคโนโลยีหลายอย่างมาทำเป็นสื่อการฝึกสอนเพื่อพัฒนาการฝึกสอนให้ง่ายขึ้น โดยสื่อการฝึกสอนส่วนใหญ่มุ่งเน้นทางด้านภาษาท่าทาง กริยา และท่ามือที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งยังไม่ใช่ทักษะพื้นฐานที่ใช้ในด้านการศึกษาที่ถูกต้อง ทักษะพื้นฐานที่ใช้ในด้านการศึกษาที่ถูกต้องควรเริ่มต้นจากภาษามือที่ใช้ในการสะกดพยัญชนะ ซึ่งการสะกดพยัญชนะเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญอย่างหนึ่งของภาษา โดยการสะกดพยัญชนะจะนำไปสู่การประกอบเป็นคำ และนำคำที่ได้ประกอบเป็นประโยค เพื่อใช้ในการสื่อสารต่อไป นอกจากปัญหาเรื่องสื่อการฝึกสอนที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ปัญหาการขาดแคลนล่ามภาษามือในประเทศไทยก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้บุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินไม่ได้รับการศึกษาเท่าเทียมกับบุคคลอื่น ฉะนั้นผู้ทำวิจัยจึงได้มุ่งเน้นการพัฒนาสื่อการฝึกสอนภาษามือที่ใช้ในการสะกดพยัญชนะ เพื่อทำให้สื่อการฝึกสอนของบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน และบุคคลทั่วไปที่สนใจต้องการศึกษาภาษามือภาษาไทยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

1.2 จุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีใหม่ในการรู้จำภาษามือภาษาไทย

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.3.1 ภาษามือที่ใช้ในการทดสอบการรู้จำในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ครอบคลุมภาษามือภาษาไทยในส่วนของการสะกดพยัญชนะ และการนับตัวเลขเท่านั้น

1.3.2 วิทยานิพนธ์นี้กระทำในสภาพแวดล้อมที่สามารถควบคุมระดับความเข้มของแสง ลักษณะพื้นหลัง อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำภาษามือ และระยะห่างระหว่างกล้องดิจิทัลกับบุคคลที่ทำภาษามือได้

1.3.3 บุคคลที่บกพร่องทางการได้ยินที่กล่าวถึงในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ หมายถึงบุคคลที่บกพร่องทางการได้ยินตั้งแต่กำเนิด และไม่สามารถใช้เครื่องช่วยฟังได้เท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้วิธีใหม่ในการรู้จำภาษามือภาษาไทย

1.5 ขั้นตอนการทำวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน

1.5.1 ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.1.1 ศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับภาษามือ

1.5.1.2 ศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับการรู้จำภาษามือ

1.5.2 ศึกษาและวิเคราะห์ เพื่อหาแนวคิดต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการออกแบบวิธีการสร้างโครงสร้างของการรู้จำภาษามือภาษาไทย

1.5.3 ออกแบบวิธีการใหม่ในการสร้างโครงสร้างของการรู้จำภาษามือภาษาไทย

1.5.4 ทำการทดลอง เพื่อประเมินประสิทธิผล ของวิธีการที่นำเสนอ

1.5.5 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

บทที่ 2

กรอบแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

ภาษามือเป็นภาษาที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยธรรมชาติของการสื่อสารกันของบุคคลผู้พิการทางหู ซึ่งจะใช้มือเป็นการสื่อความหมาย และถ่ายทอดอารมณ์แทนการพูด โดยแสดงสีหน้า และกริยาท่าทางประกอบ เพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจแทนการพูด (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2549)

ภาษามือสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ (พิกุล เลียวสิริพงศ์, 2546) คือ

2.1 ภาษามือสากล ที่คนทั่วไปเข้าใจกัน หรือภาษาท่าทางตามธรรมชาติ

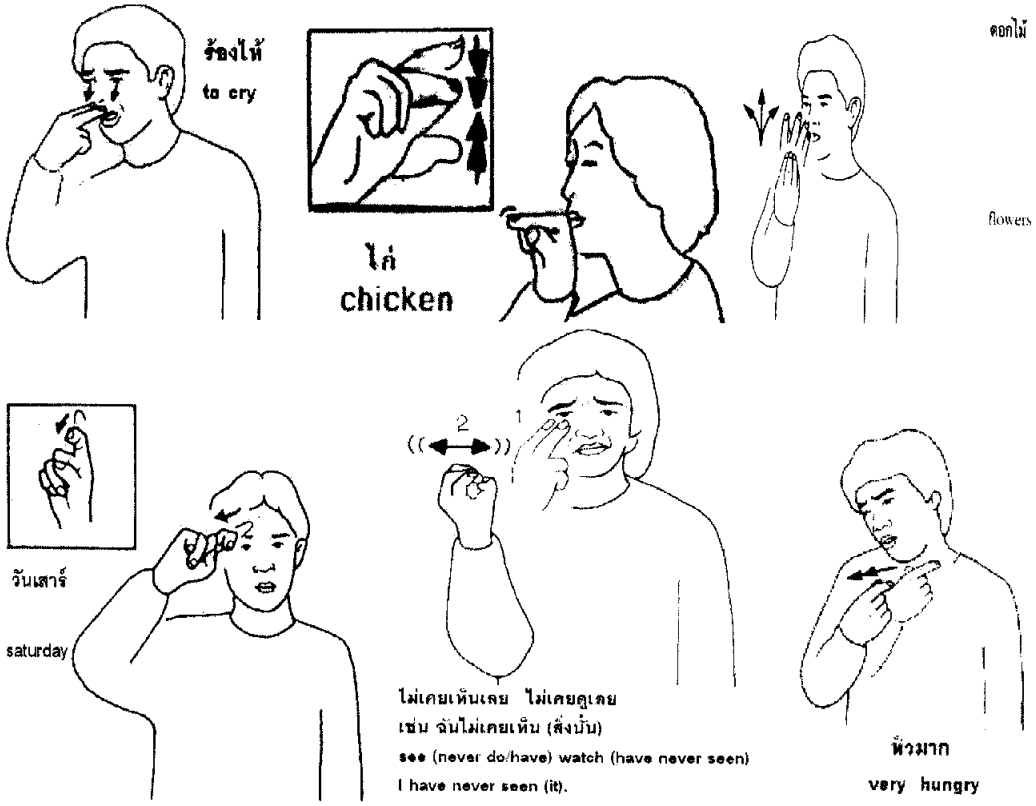
2.2 ภาษามือผู้พิการ ที่ใช้กันระหว่างบุคคลผู้พิการทางหู

2.3 ภาษามือทางทหาร ใช้ในกลุ่มทหาร ที่ปฏิบัติงานในสถานที่ที่ไม่สามารถสื่อสารด้วยวิธีอื่นได้

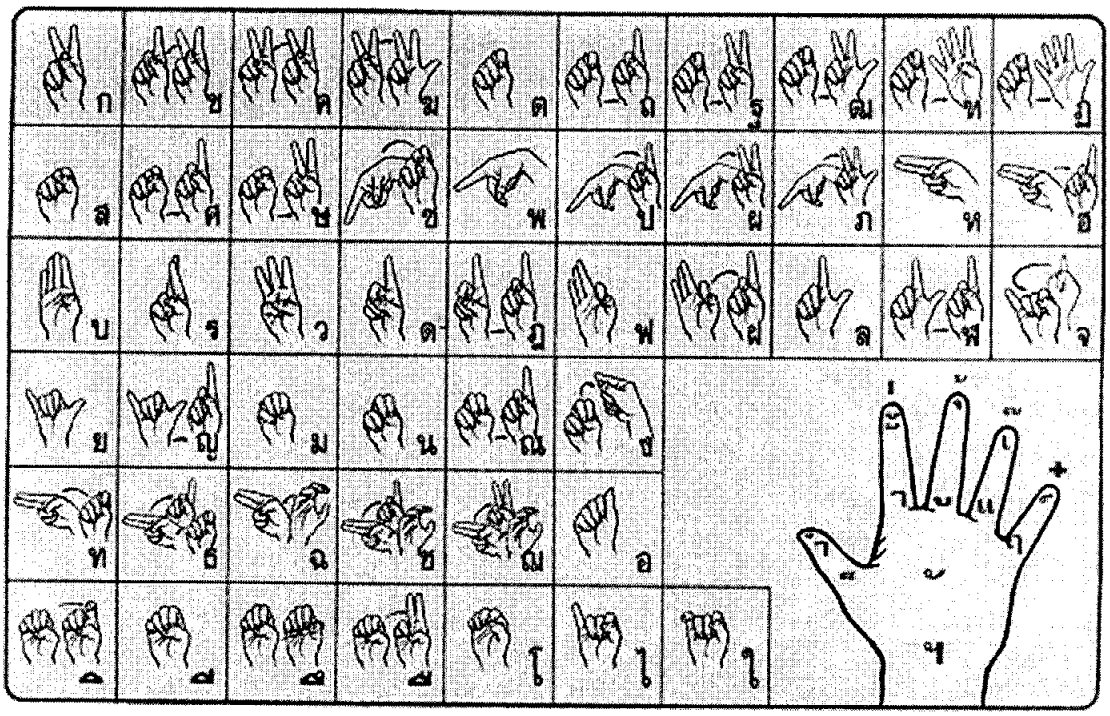
ภาษามือผู้พิการในแต่ละประเทศจะแตกต่างกันตามประเพณี วัฒนธรรม และความเป็นอยู่ของประเทศนั้นๆ ตัวอย่างเช่น ผู้พิการในประเทศอเมริกา จะใช้ภาษามืออเมริกัน (American Sign Language, ASL) ผู้พิการในประเทศญี่ปุ่น จะใช้ภาษามือญี่ปุ่น (Japanese Sign Language, JSL) เป็นต้น

ในการทำภาษามือนั้นจะมีความแตกต่างกันง่ายมาก โดยถ้าทำภาษามือเป็นคำเดียวกันระหว่างบุคคลสองบุคคลก็จะทำไม่เหมือนกัน หรือแม้แต่ว่าให้บุคคลคนเดียวกันทำภาษามือในคำๆ เดียวกัน แต่ทำคนละครั้งก็ทำได้ไม่เหมือนกัน (Handouyahia, Ziou and Wang, 1999) สิ่งที่ทำให้การทำภาษามือมีความแตกต่างกันได้ง่ายนั้นก็คือความแตกต่างของมือของแต่ละบุคคล (เช่น ความสั้นยาว อ้วนผอมของนิ้ว ความยาวของฝ่ามือ เป็นต้น) วิธีการจัดวางนิ้วและมือในการทำภาษามือของแต่ละบุคคล (เช่น ข้อมือไม่สามารถงอได้, นิ้วนางกับนิ้วก้อยไม่สามารถแยกออกจากกันได้ เป็นต้น) มุมมองที่แตกต่างกันในการมองไปยังมือ และวิธีการได้มาของรูปที่ทำภาษามือ (เช่น ได้รูปมาจากถุงมืออิเล็กทรอนิกส์, ได้รูปมาจากกล้องดิจิทัล เป็นต้น)

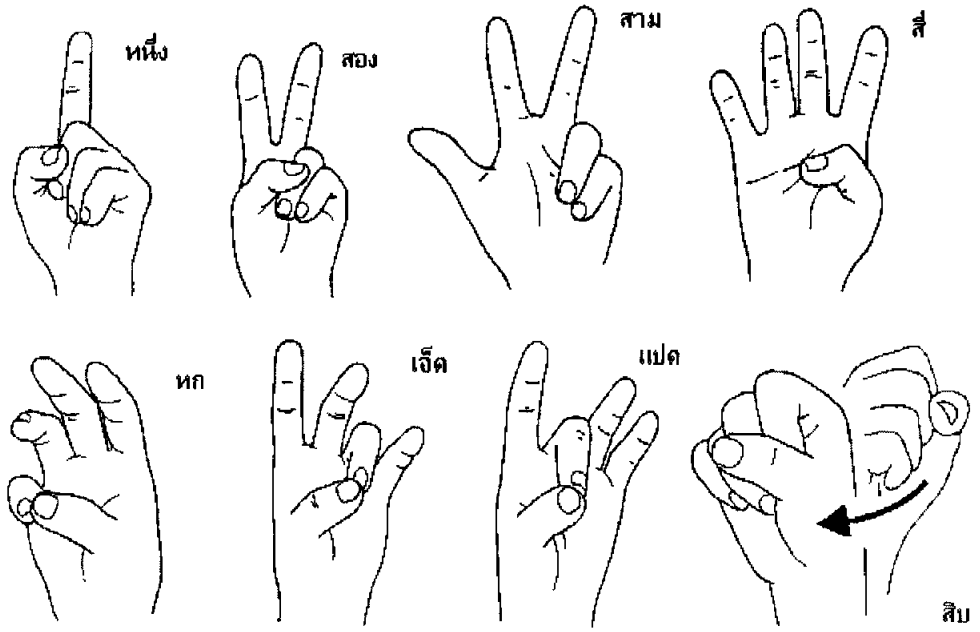
ภาษามือภาษาไทยได้รับอิทธิพลมาจาก "ภาษาธรรมชาติ" และ "ภาษามือสไตล์อเมริกัน" ประกอบด้วยสองส่วน ส่วนแรกคือภาษาท่าทาง กริยา และท่ามือที่ใช้ในชีวิตประจำวัน (ดังภาพที่ 2.1) โดยภาษามือส่วนนี้บางคำอาจจะต้องดูอวัยวะอื่นๆประกอบด้วย เช่น ปาก หัวไหล่ หน้าอก คิ้ว เป็นต้น ส่วนที่สองคือการสะกดนิ้วมือ โดยจะแบ่งเป็นการสะกดนิ้วมือที่ใช้ในการสะกดพยัญชนะ สระ วรรณยุกต์ และตัวเลข (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2537) (ดังภาพที่ 2.2 และ ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.1 ภาษามือภาษาไทยที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารในชีวิตประจำวัน
แหล่งที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2537.



ภาพที่ 2.2 ภาษามือภาษาไทยที่ใช้ในการสะกดพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์
แหล่งที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2537.



ภาพที่ 2.3 ภาษามือภาษาไทยที่ใช้ในการนับตัวเลข
แหล่งที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2537.

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การรู้จำภาษามือนั้นเริ่มมีงานวิจัยเมื่อสิบห้าปีที่ผ่านมา เทคนิคที่ใช้ในการรู้จำภาษามือสามารถแบ่งออกได้สามส่วน คือ เทคนิคการรู้จำโดยการใช้ถุงมือ (glove-based technique) เทคนิคการรู้จำโดยการมองเห็น (vision-based technique) และเทคนิคการรู้จำโดยการวิเคราะห์จากการวาดรูปมือ (analysis of drawing gesture) (Handouyahia, Ziou and Wang, 1999) โดยวิธีที่นิยมใช้ได้แก่

การรู้จำภาษามือโดยการใช้เทคนิคการรู้จำโดยใช้ถุงมือนั้น จะใช้ถุงมืออิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถบอกข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับรูปร่าง ตำแหน่ง และทิศทางของมือ นิ้ว และฝ่ามือได้อย่างละเอียด โดย Gourley (1994) ทำการวิจัยภาษามือภาษาอเมริกา (ASL) โดยใช้เทคนิค Perceptron Neural Network, Murakami and Taguchi (1991) และ Ohki, Sagawa, Sakiyama, Oohira, Ikeda and Fujisawa (1994) ทำการวิจัยภาษามือภาษาญี่ปุ่น (JSL) โดยใช้เทคนิค Perceptron Neural Network และ Matching Templates ซึ่งพบว่าข้อดีคือทำให้การรู้จำภาษามือมีประสิทธิผลที่สูงมาก ส่วนข้อเสียคือการที่จะต้องใส่ถุงมืออิเล็กทรอนิกส์นั้น จะทำให้เกิดความไม่สะดวกในใช้งาน นอกจากนั้นถุงมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ยังมีราคาสูงมาก

การรู้จำภาษามือโดยการใช้เทคนิคการรู้จำโดยการมองเห็น จะทำให้ลดความยุ่งยากของความไม่สะดวกในการที่จะต้องมีอุปกรณ์เข้ามาเกี่ยวข้อง และจะทำให้เกิดความหยืดหยุ่นในการค้นหาข้อมูลต่างๆ มากขึ้นด้วย ในงานวิจัยของ Imagawa (1998) และ Imagawa, Matsuo, Taniguch and Arita (2000) ทำการวิจัยภาษามือภาษาญี่ปุ่น (JSL) โดยใช้เทคนิค Histogram Backprojection ใช้วิธีการแยกสีผิวเป็นสำคัญ พบว่ายังมีปัญหาคือ สีผิวจะมีช่วงสีที่ไม่แน่นอน เพราะแต่ละบุคคลก็จะมีสีผิวที่แตกต่างกันไป นอกเหนือจากนั้นสิ่งที่มีผลกระทบต่อสีผิวยังมีอีกมาก เช่นแสงในสถานที่ถ่ายภาพ สีของพื้นหลังในการถ่ายภาพ รวมถึงแสงสะท้อนจากสีจากเสื้อผ้า ในงานวิจัยของ Otsuka and Ohya (1998), Kurita and Hayamizu (1998), Wren, Clarkson and Penland (2000), Vogler and Metaxas (1997), Grobel and Assam (1997), Tanibata, Shimada and Shirai (2002), Yang and Xu (1994), Shamaie and Sutherland (2003) และ Kinscher and Trebbe (1995) ใช้เทคนิค Hidden Markov Models (HMMs) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการรู้จำใบหน้า และท่าทางของมนุษย์ แต่วิธีนี้ก็ยังคงมีปัญหาในการแยะแยกภาษามือ ในกรณีที่ถ้ามีคำสองคำที่มีความคล้ายคลึงกัน ในงานวิจัยของ Freeman and Roth (1995) และ Verri and Uras (1993) ใช้วิธี K-Nearest Neighbor ส่วนงานวิจัยของ Gao. (1995) และ Handouyahia, Ziou and Wang (1999) ใช้วิธี BackPropagation Neural Network และ Perceptron Neural Network ตามลำดับ ซึ่งก็ยังคงมีปัญหาในการแยะแยกภาษามือ ในกรณีที่ถ้ามีคำสองคำที่มีความคล้ายคลึงกัน

อย่างไรก็ตามการรู้จำภาษามือโดยการใช้เทคนิคการรู้จำโดยการมองเห็นนั้น ยังมีปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดข้อผิดพลาด เช่น แสงในสถานที่ถ่ายภาพ ความละเอียดของกล้องดิจิทัลที่ใช้ในการถ่ายภาพ (Image Resolution) เครื่องแต่งกายของผู้ที่ทำภาษามือ พื้นหลังของผู้ที่ใช้ในการทำภาษามือ ระยะห่างระหว่างกล้องดิจิทัลกับบุคคลที่ทำภาษามือ เป็นต้น

2.3 กรอบแนวคิด

ภาษามือภาษาไทยในส่วนของการสะกดตัวพยัญชนะ และการนับตัวเลขต้องการความหยืดหยุ่นในการค้นหาข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ครอบคลุมภาษามือภาษาไทยทั้งสองส่วน ในส่วนค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัยนั้น จะต้องไม่สูงเพื่อที่จะทำให้การทำวิจัยภาษามือภาษาไทยมีการพัฒนาต่อไป จากการศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้ว เทคนิคที่เหมาะสมคือ เทคนิคการรู้จำภาษามือโดยการมองเห็น ถึงแม้ว่าเทคนิคการรู้จำภาษามือโดยการมองเห็นจะมีข้อจำกัดมากมาย แต่ข้อจำกัดต่างๆ ของเทคนิคการรู้จำภาษามือโดยการมองเห็นนั้นก็ยังคงสามารถควบคุมได้ ข้อจำกัดหนึ่งในบรรดาข้อจำกัดต่างๆของเทคนิคการรู้จำภาษามือโดยการมองเห็นที่ผู้วิจัยคิดว่ามีความสำคัญและสามารถควบคุมได้ ก็คือช่วงสีของสีผิวของบุคคลที่ทำภาษามือที่มีความหลากหลาย ทำให้ขั้นตอนการตรวจสอบช่วงสีของสีผิวมีความซับซ้อนอย่างมาก ดังนั้นเพื่อลดความซับซ้อนดังกล่าว ผู้วิจัยจึงทำการควบคุมข้อจำกัดเรื่องช่วงสีของสีผิวของบุคคลที่ทำภาษามือโดยการใช้ถุงมือผ้าแบบธรรมดา โดยถุงมือผ้าที่ใช้จะเป็นถุงมือที่สามารถหาได้ง่าย และราคาไม่แพง

เนื่องจากงานวิจัยที่ทำการวิจัยในเรื่องของการรู้จำภาษามือภาษาไทย ในส่วนของการสะกดพยัญชนะ และการนับตัวเลข ยังไม่มีการทำวิจัยมาก่อน เนื่องจากนักวิจัยยังไม่เห็นความสำคัญของภาษามือในส่วนของการสะกดตัวพยัญชนะ และการนับตัวเลข ที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการเริ่มต้นการศึกษาเล่าเรียน ซึ่งจะนำไปสู่คุณภาพชีวิตที่ดีในอนาคต ทำให้นักวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การทำวิจัยภาษามือภาษาไทยในส่วนของภาษาท่าทาง กริยา และท่ามือที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คิดหาวิธีการรู้จำภาษามือขึ้นมาใหม่ โดยการศึกษาจากภาพภาษามือภาษาไทยในส่วนของการสะกดพยัญชนะ และการนับตัวเลข ว่ามีสิ่งใดบ้างที่จะสามารถบอกความแตกต่างของภาพภาษามือภาษาไทยในส่วนของการสะกดพยัญชนะ และการนับตัวเลข แต่ละภาพได้

ในการทำภาษามือภาษาไทยแต่ละตัวอักษร หรือแต่ละตัวเลข ในเบื้องต้นบุคคลที่ทำภาษามือจะต้องทราบว่ามีนิ้วทั้งหมดกี่นิ้วที่จะต้องโชว์ขึ้นมาบ้าง ตัวอย่างเช่น การทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ก” เปรียบเทียบกับการทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ว” โดยในส่วนของการทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ก” จะมีจำนวนนิ้วมือที่ต้องโชว์ขึ้นมา 2 นิ้ว ในขณะที่การทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ว” จะต้องมีจำนวนนิ้วมือที่ต้องโชว์ขึ้นมาถึง 3 นิ้ว เป็นต้น

จากนั้นบุคคลที่ทำภาษามือก็จะต้องทราบว่านิ้วที่โชว์ขึ้นมานั้นเป็นนิ้วใดบ้าง ตัวอย่างเช่น การทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ย” เปรียบเทียบกับการทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ฑ” โดยในส่วนของการทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ย” จะต้องโชว์นิ้วก้อยกับนิ้วโป้ง ในขณะที่การทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ฑ” จะต้องโชว์นิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วก้อย เป็นต้น ในการทำภาษามือภาษาไทยบางพยัญชนะจะต้องทราบทั้งจำนวนนิ้วทั้งหมดที่จะต้องโชว์ และนิ้วที่จะต้องโชว์เป็นนิ้วใดบ้าง เพราะว่ามีภาษามือภาษาไทยบางพยัญชนะหรือบางตัวเลขที่มีจำนวนนิ้วที่จะต้องโชว์เท่ากันแต่แตกต่างกันในส่วนของนิ้วที่จะต้องโชว์ ตัวอย่างเช่น การทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ย” เปรียบเทียบกับการทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ล” ภาษามือภาษาไทยทั้งสองพยัญชนะจะมีจำนวนนิ้วทั้งหมดที่จะต้องโชว์เท่ากันนั่นคือ 2 นิ้ว แต่จะแตกต่างกันในส่วนของนิ้วที่จะต้องโชว์ขึ้นมา โดยในส่วนของการทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ย” จะต้องโชว์นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วก้อย ในขณะที่การทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ล” จะต้องโชว์นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ เป็นต้น

เมื่อทราบจำนวนนิ้วทั้งหมดที่จะต้องโชว์ และนิ้วที่โชว์เป็นนิ้วใดบ้างแล้ว สิ่งต่อไปที่จะต้องทราบก็คือจะต้องทราบว่านิ้วที่โชว์แต่ละนิ้วจะต้องอยู่ในตำแหน่งอย่างไร ตัวอย่างเช่น นิ้วที่โชว์เป็นนิ้วชี้กับนิ้วกลาง กำหนดให้ตำแหน่งของนิ้วทั้งสองไขว้กันอยู่โดยให้นิ้วชี้อยู่ด้านหน้า และให้นิ้วกลางอยู่ด้านหลัง เป็นต้น โดยเฉพาะถ้านิ้วที่โชว์เป็นนิ้วหัวแม่มือด้วยแล้วยิ่งจำเป็นต้องรู้ถึงตำแหน่งของนิ้วหัวแม่มืออย่างยิ่ง เนื่องจากนิ้วหัวแม่มือเป็นนิ้วเดียวในบรรดานิ้วทั้งหมดที่สามารถมีตำแหน่งไปแทรกอยู่ระหว่างตำแหน่งของนิ้วอื่นๆได้ ตัวอย่างเช่น การทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “บ” เปรียบเทียบกับการทำภาษามือภาษาไทยตัวเลข “4” โดยทั้งสองรูปจะมีจำนวนนิ้วทั้งหมดที่โชว์ และนิ้วที่โชว์ก็เป็นนิ้วเดียวกันนั่นคือจะต้องโชว์นิ้วทั้งหมดสี่นิ้ว และนิ้วที่โชว์ก็คือนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย แต่สิ่งที่แตกต่างกันก็คือตำแหน่งของนิ้วทั้งสี่นิ้วที่โชว์ โดยในส่วนของการทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “บ” จะมีตำแหน่งของนิ้วทั้งสี่นิ้วที่โชว์อยู่ชิดติดกันทั้งหมด แต่ในภาษามือภาษาไทยตัวเลข “4” นั้น ตำแหน่งของนิ้วทั้งสี่นิ้วจะอยู่แยกห่างออกจากกันทั้งหมด นอกจากนั้นแล้วยังมีตัวอย่างการทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ม” เปรียบเทียบกับการทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “น” โดยตัวอย่างนี้จะบอกถึงความสำคัญของตำแหน่งของนิ้วหัวแม่มือ โดยในส่วนของการทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ม” จะมีตำแหน่งของนิ้วหัวแม่มือแทรกอยู่ระหว่างนิ้วนางกับนิ้วก้อย แต่การทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “น” จะมีตำแหน่งของนิ้วหัวแม่มือแทรกอยู่ระหว่างนิ้วกลางกับนิ้วนาง

ในการทำภาษามือภาษาไทย การที่รู้ว่ามีจำนวนนิ้วทั้งหมดกี่นิ้วที่จะต้องโชว์ มีนิ้วใดบ้างที่จะต้องโชว์ และรู้ถึงตำแหน่งของนิ้วแต่ละนิ้วที่จะต้องโชว์แล้วนั้น ยังไม่สามารถบอกความแตกต่างของรูปภาษามือภาษาไทยในส่วนของการสะกดพยัญชนะ และการนับตัวเลขได้ทั้งหมด เนื่องจากมีภาษามือภาษาไทยในส่วนของการสะกดพยัญชนะ และการนับตัวเลขบางส่วนที่ฝ่ามือไม่ได้ตั้งอยู่ตรง ๆ ตัวอย่างเช่น การทำภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “พ” พยัญชนะ “ห” พยัญชนะ “ซ” รูปที่ 1 และพยัญชนะ “ฉ” รูปที่ 2 เป็นต้น ดังนั้นสิ่งที่สำคัญอีกสิ่งหนึ่งที่จะสามารถบอกถึงความแตกต่างของการทำภาษามือภาษาไทยได้ก็คือ ทิศทางของฝ่ามือ

ดังนั้นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการรู้จำภาษามือภาษาไทย ในส่วนของการสะกดพยัญชนะ และการนับตัวเลข จึงสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ส่วน คือ

2.3.1 จำนวนของนิ้วมือ

2.3.2 ใช้นิ้วใดบ้าง

2.3.3 ตำแหน่งของนิ้วมือ

2.3.4 ตำแหน่งของนิ้วหัวแม่มือ

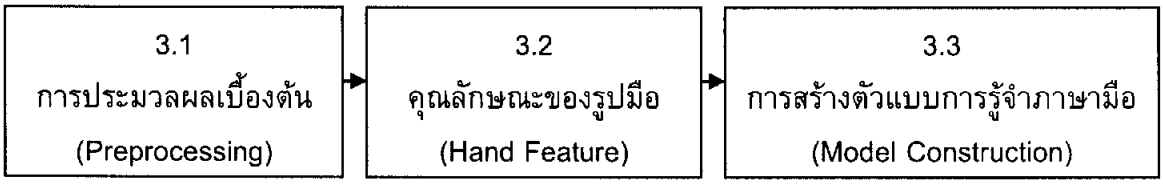
2.3.5 ทิศทางของฝ่ามือ

บทที่ 3

การสร้างตัวแบบเพื่อการรู้จำภาษามือภาษาไทย โดยใช้เทคนิคการรู้จำโดยการมองเห็น

วิทยานิพนธ์นี้เสนอวิธีการรู้จำภาษามือภาษาไทย โดยใช้เทคนิคการรู้จำโดยการมองเห็น ในขั้นตอนแรกจะทำการถ่ายภาพบุคคลที่ทำภาษามือโดยใช้กล้องดิจิทัล จากนั้นนำภาพที่ได้เข้าสู่ขั้นตอนการเตรียมภาพ เมื่อผ่านขั้นตอนการเตรียมภาพแล้ว ภาพที่ได้ก็จะถูกนำเข้าไปสู่ขั้นตอนในการสร้างตัวแบบ เมื่อได้ตัวแบบแล้วก็จะนำภาพภาษามืออีกชุดหนึ่ง (ภาพชุดนี้จะถ่ายคนละช่วงเวลากับภาพชุดที่นำไปทำตัวแบบ) มาใช้ทดสอบประสิทธิภาพในการรู้จำภาษามือภาษาไทยของตัวแบบต่อไป

ขั้นตอนในการสร้างตัวแบบเพื่อการรู้จำภาษามือภาษาไทย ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนในการสร้างตัวแบบเพื่อการรู้จำภาษามือภาษาไทย

ในขั้นตอนการประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing) จะเป็นขั้นตอนการเตรียมภาพภาษามือภาษาไทยให้พร้อมสำหรับนำไปใช้ในการสร้าง และทดสอบตัวแบบ โดยจะทำการเก็บข้อมูลขอบมือทั้งหมดของภาพภาษามือ จากนั้นจึงนำข้อมูลขอบมือนั้นมาทำการคำนวณเพื่อทำการตัดภาพภาษามือให้เหลือเฉพาะส่วนของมือเท่านั้น

ในขั้นตอนคุณลักษณะของรูปมือ (Hand Feature) จะเป็นขั้นตอนในการกำหนด และอธิบายคุณลักษณะของรูปมือ เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการสร้างตัวแบบการรู้จำภาษามือ (Model Construction) ต่อไป

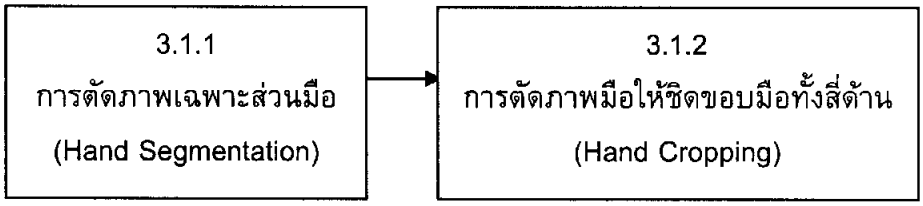
ส่วนขั้นตอนการสร้างตัวแบบการรู้จำภาษามือ (Model Construction) จะเป็นขั้นตอนในการสร้างตัวแบบจากภาพภาษามือที่ผ่านขั้นตอนการประมวลผลเบื้องต้นแล้ว โดยนำภาพภาษามือมาคำนวณหาคุณลักษณะต่างๆ ที่สำคัญสำหรับการสร้างตัวแบบ

3.1 การประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing)

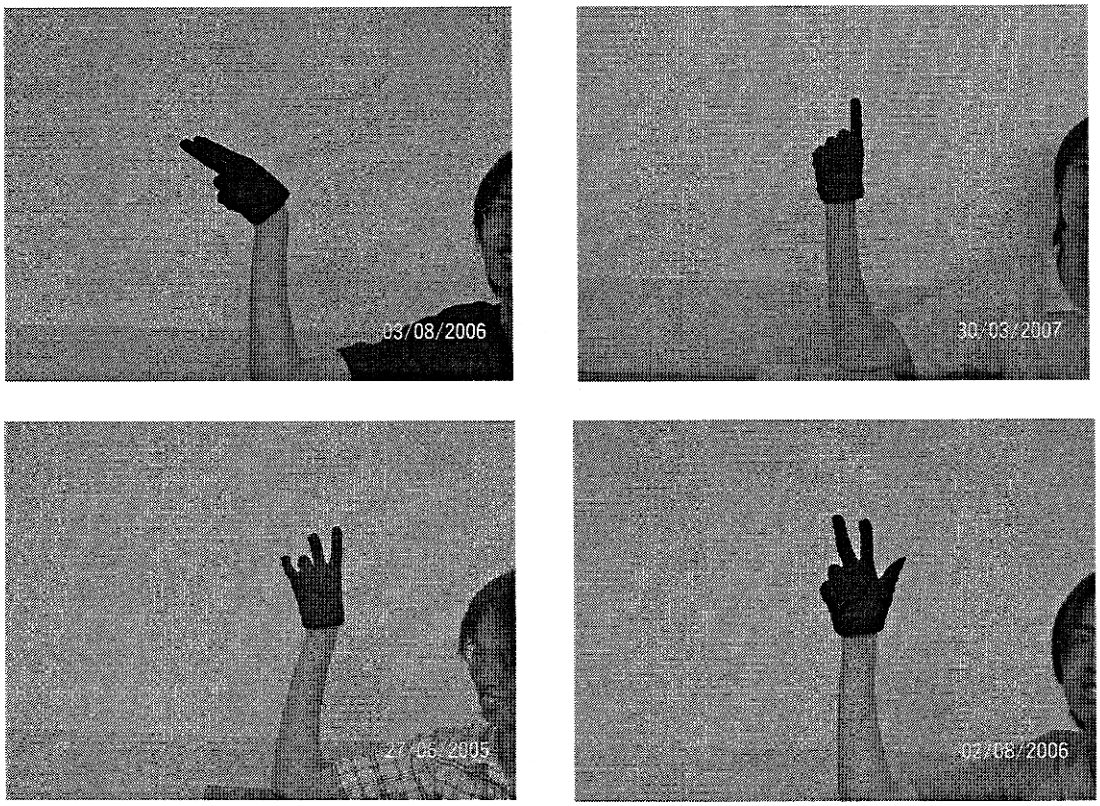
ขั้นตอนของการถ่ายภาพภาษามือจะกระทำในสภาพแวดล้อมที่ทำการควบคุมไว้แล้ว เพื่อให้ได้ประสิทธิผลของการรู้จำภาษามือภาษาไทยที่ดีที่สุด ในขั้นตอนการถ่ายภาพจะใช้กล้องดิจิทัลความละเอียด 3 ล้านพิกเซล พร้อมด้วยขาตั้งกล้อง ใช้ฉากพื้นหลังเป็นสีขาวล้วน ประกอบกับบุคคลที่ทำภาษามือจะใส่ถุงมือผ้าสีดำ เพื่อลดความซับซ้อนของช่วงสีของสีผิวที่มือ และสิ่งที่ถูกควบคุมท้ายสุดก็คือ ระยะห่างระหว่างกล้องดิจิทัลกับบุคคลที่ทำภาษามือให้เท่ากันทุกครั้งที่ทำการถ่ายภาพ เพราะถ้าการถ่ายภาพภาษามือในแต่ละครั้งมีระยะห่างไม่เท่ากัน จะทำให้ภาพมือที่ถ่ายได้มีขนาดของมือที่ไม่เท่ากัน ซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการรู้จำภาษามือภาษาไทย ทำให้ประสิทธิผลของการรู้จำภาษามือภาษาไทยลดน้อยลง

ภาพภาษามือที่ถ่ายจะไม่ได้ซูมเฉพาะส่วนของมือเท่านั้น (ภาพที่ 3.3) เนื่องจากการซูมเฉพาะส่วนมือจะทำให้ภาพมือที่ได้มีขนาดใหญ่มากเกินไป และการซูมเฉพาะส่วนมือจะทำให้ภาพมือที่ได้มีคุณภาพที่ต่ำอีกด้วย ในส่วนของกล้องดิจิทัล ความละเอียดของกล้องไม่ควรจะต่ำกว่า 3 ล้านพิกเซล เพราะจะทำให้ภาพภาษามือมีความละเอียดไม่เพียงพอต่อการค้นหาข้อมูลของมือด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และไม่ควรใช้กล้องดิจิทัลที่มีความละเอียดสูงมากเกินไป เพราะจะทำให้ภาพภาษามือที่ได้มีขนาดใหญ่ และจะต้องใช้ขนาดของหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนมากในการทำงานกับภาพ ซึ่งเมื่อนำภาพที่ได้เข้าสู่ขั้นตอนในการสร้างตัวแบบแล้วจะทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของหน่วยความจำขึ้นได้

ในขั้นตอนนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนย่อยของขั้นตอนการประมวลผลเบื้องต้น

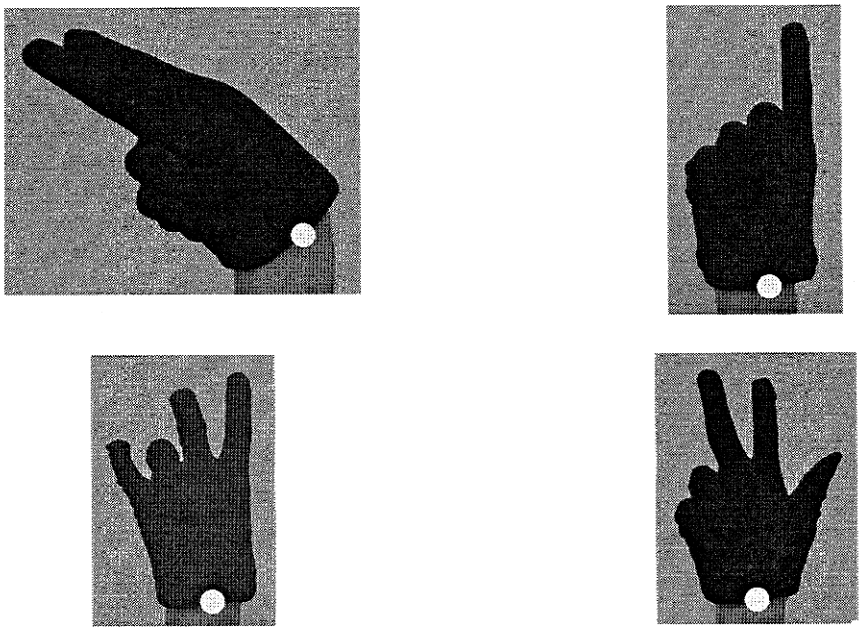


ภาพที่ 3.3 ภาพถ่ายภาษามือภาษาไทยจากกล้องดิจิทัล

3.1.1 การตัดภาพเฉพาะส่วนมือ (Hand Segmentation)

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นขั้นตอนในการตัดภาพให้เหลือเฉพาะส่วนของมือเพียงอย่างเดียวเท่านั้น เพื่อเป็นการเตรียมภาพให้สามารถนำเข้าสู่ขั้นตอนการตัดภาพมือให้ชิดขอบมือ (Hand Cropping) ได้

ในการตัดภาพจะใช้โปรแกรม Adobe Photoshop โดยจะทำการเลือกส่วนที่เป็นมืออย่างเดียวเท่านั้น (ทำการเลือกให้ใกล้กับขอบมือทั้งสี่ด้านของมือให้มากที่สุด) จากนั้นเลือกเมนูคำสั่ง Image และเลือกคำสั่ง Crop เมื่อตัดภาพให้เหลือเฉพาะส่วนมือเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนการบันทึกภาพจะทำการบันทึกภาพให้มีนามสกุลไฟล์เป็นแบบ BMP (แบบ 24 บิต) (ภาพที่ 3.4) เนื่องจากโครงสร้างของภาพประเภทนี้สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย



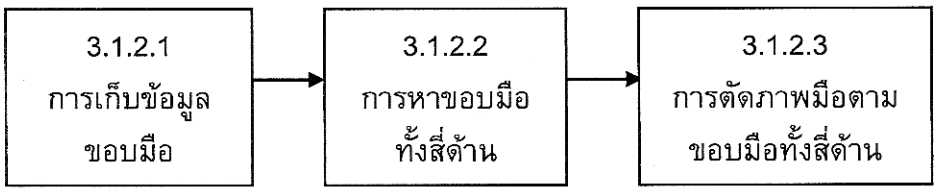
ภาพที่ 3.4 ภาพถ่ายภาษามือภาษาไทยที่ผ่านขั้นตอนการตัดภาพมือแล้ว

3.1.2 การตัดภาพมือให้ชิดขอบมือทั้งสี่ด้าน (Hand Cropping)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนการเตรียมภาพมือให้พร้อมสำหรับนำเข้าสู่ขั้นตอนการสร้างตัวแบบ ในส่วนของการคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างความสูงของภาพชุดทดสอบ กับความสูงของภาพชุดมาตรฐาน และอัตราส่วนระหว่างความกว้างของภาพชุดทดสอบ กับความกว้างของภาพชุดมาตรฐาน โดยในการตัดภาพนั้น จะทำการตัดโดยใช้โปรแกรมที่ผู้วิจัยทำการพัฒนาขึ้นมาใหม่โดยเฉพาะ เพื่อความถูกต้องแม่นยำในการตัดภาพให้ชิดขอบมือทั้งสี่ด้าน เนื่องจากการตัดภาพให้ชิดขอบมือทั้งสี่ด้านจะมีผลกระทบต่อความสูงและความกว้างของภาพ และส่งผลกระทบต่อเนื่องไปถึงประสิทธิผลการรู้จำภาษามือภาษาไทยอีกด้วย

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ เพื่อใช้ในการตัดภาพให้ชิดขอบมือ ก็คือ โปรแกรมจะทำการคำนวณหาขอบมือตามรอยขอบของถุงมือ โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบจากสีของถุงมือที่เป็นสีดำ กับสีจากพื้นหลังซึ่งเป็นสีขาว

ในขั้นตอนนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อยดังภาพที่ 3.5

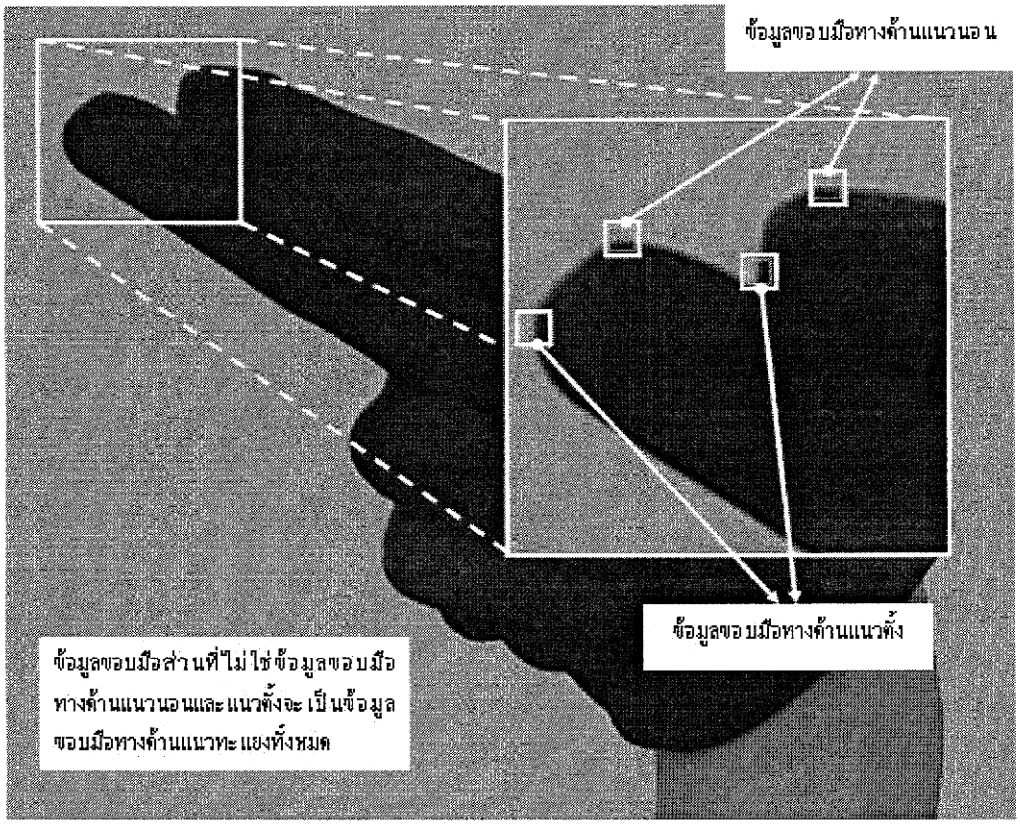


ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนย่อยของขั้นตอนการตัดภาพมือให้ชิดขอบมือทั้งสี่ด้าน

3.1.2.1 การเก็บข้อมูลขอบมือ

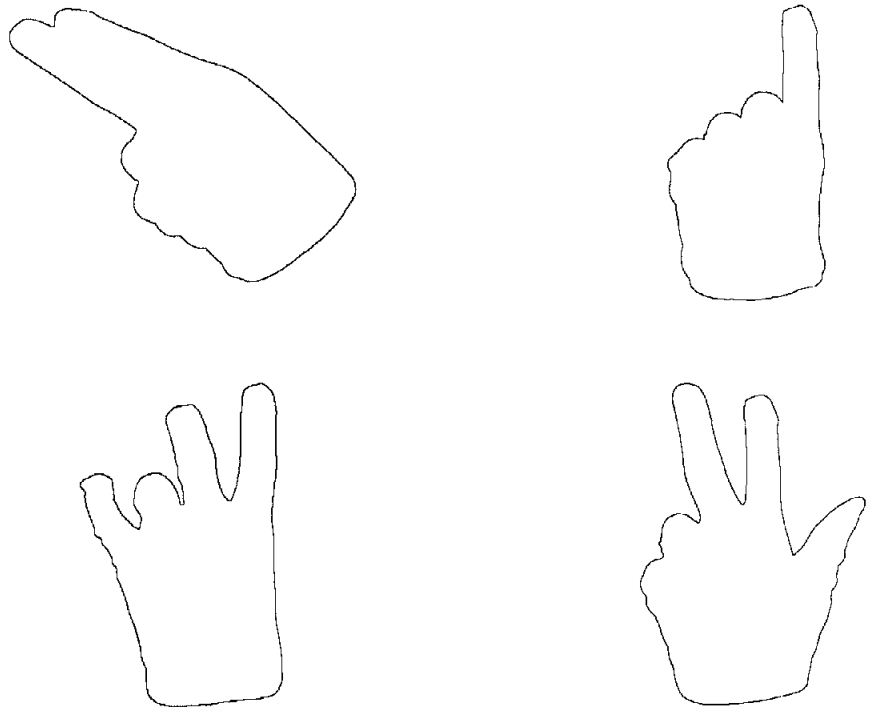
ข้อมูลขอบมือของภาพมือ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน โดยส่วนที่หนึ่งคือข้อมูลขอบมือที่อยู่ทางด้านแนวตั้ง นั่นคือข้อมูลขอบมือที่อยู่ทางด้านซ้าย และด้านขวาของมือและนิ้ว ส่วนที่สองคือข้อมูลขอบมือที่อยู่ทางด้านแนวนอน นั่นคือข้อมูลขอบมือที่อยู่ทางด้านบนและด้านล่างของมือและนิ้ว ส่วนสุดท้ายก็คือข้อมูลขอบมือที่อยู่ทางด้านแนวทะแยง นั่นคือข้อมูลขอบมือที่อยู่ระหว่างข้อมูลขอบมือทางด้านแนวตั้ง และข้อมูลขอบมือทางด้านแนวนอน โดยข้อมูลขอบมือส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลขอบมือที่อยู่ทางด้านแนวทะแยง เนื่องจากมือมีส่วนเว้าส่วนโค้ง ประกอบกับการเก็บข้อมูลไฟล์ภาพของคอมพิวเตอร์จะเก็บอยู่ในรูปแบบจุดสี่เหลี่ยมจตุรัสเล็กๆ หลายๆ จุดเรียงต่อกัน (ภาพที่ 3.6)

ในการเก็บข้อมูลขอบมือของภาพมือ จะเก็บข้อมูลในลักษณะคู่ลำดับ (x, y) โดยกำหนดให้ทางด้านมุมซ้ายล่างของภาพมือเป็นคู่ลำดับ (0, 0)



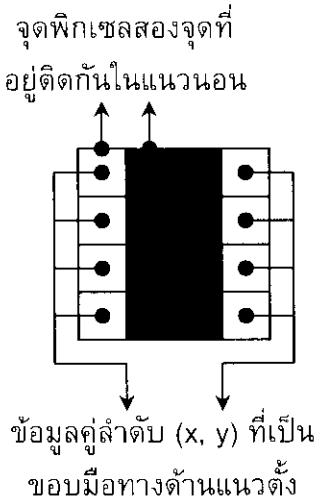
ภาพที่ 3.6 ภาพแสดงข้อมูลขอบมือส่วนต่างๆ ของภาพมือ

ในการตรวจสอบหาข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นขอบมือนั้น จะต้องทำการตรวจสอบหาจากข้อมูลขอบมือทั้งสามส่วนดังกล่าวไปแล้วข้างต้น เพื่อที่จะได้ข้อมูลคู่ลำดับที่เป็นขอบมือครบทุกด้านทุกมุม ดังภาพที่ 3.7

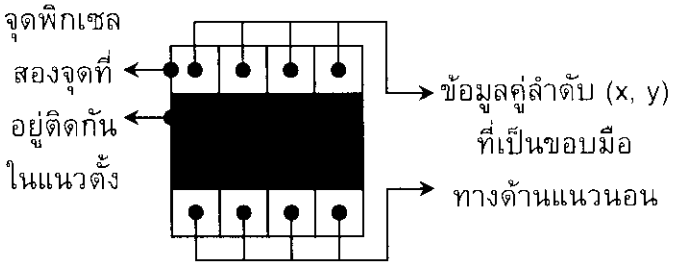


ภาพที่ 3.7 ภาพมือที่มีการเก็บข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นขอบมือ

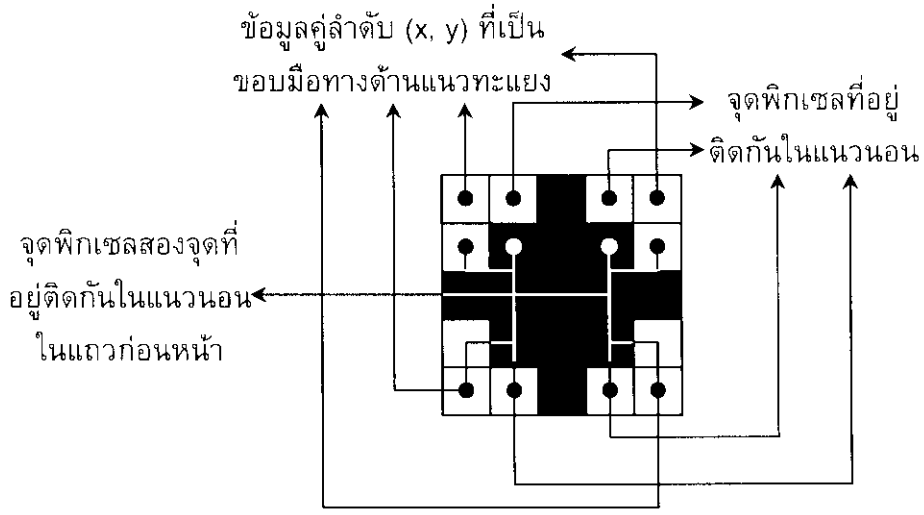
โดยในส่วนของการตรวจสอบหาข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นขอบมือทางด้านแนวตั้ง สามารถตรวจสอบได้จากการเปลี่ยนสีของจุดพิกเซลสองจุดที่อยู่ติดกันในแนวนอน (อยู่แถวเดียวกัน แต่คนละคอลัมน์, จากซ้ายไปขวา) ดังภาพที่ 3.8 ส่วนการตรวจสอบหาข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นขอบมือทางด้านแนวนอน สามารถตรวจสอบได้จากการเปลี่ยนสีของจุดพิกเซลสองจุดที่อยู่ติดกันในแนวตั้ง (อยู่คนละแถว แต่คอลัมน์เดียวกัน, จากล่างขึ้นบน) ดังภาพที่ 3.9 และในส่วนสุดท้ายก็คือการตรวจสอบหาข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นขอบมือทางด้านแนวทะแยง สามารถตรวจสอบได้จากสองส่วนคือ ตรวจสอบจากจุดพิกเซลที่อยู่ติดกันในแนวนอน (อยู่แถวเดียวกัน แต่คนละคอลัมน์) และจุดพิเซลสองจุดที่อยู่ติดกันในแนวนอนในแถวก่อนหน้า (อยู่คนละแถว และคนละคอลัมน์) ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.8 ภาพแสดงข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นขอบมือทางด้านแนวตั้ง



ภาพที่ 3.9 ภาพแสดงข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นขอบมือทางด้านแนวนอน



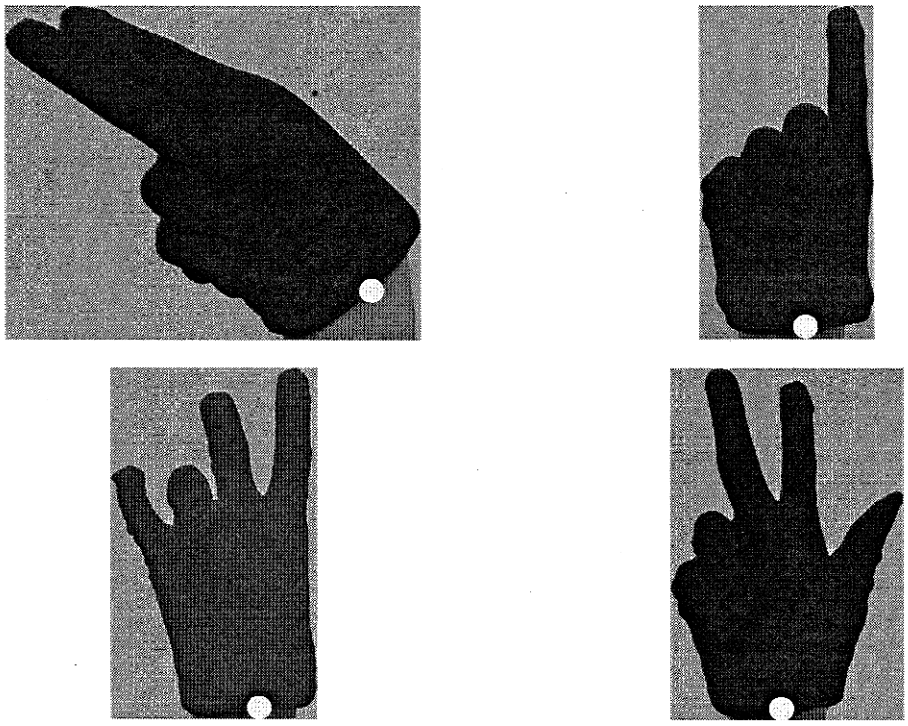
ภาพที่ 3.10 ภาพแสดงข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นขอบมือทางด้านแนวทะแยง

3.1.2.2 การหาขอบมือทั้งสี่ด้าน

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการหาข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่อยู่ทางด้านซ้ายสุด ด้านขวาสุด ด้านบนสุด และด้านล่างสุด ของมือที่อยู่ในภาพ เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการตัดภาพมือตามขอบมือต่อไป โดยข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่อยู่ทางด้านซ้ายสุดของมือสามารถคำนวณหาได้จากการหาข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่มีค่า x น้อยที่สุด ข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่อยู่ทางด้านขวาสุดของมือสามารถคำนวณหาได้จากการหาข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่มีค่า x มากที่สุด ข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่อยู่ทางด้านบนสุดของมือสามารถคำนวณหาได้จากการหาข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่มีค่า y มากที่สุด และข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่อยู่ทางด้านล่างสุดของมือ สามารถคำนวณหาได้จากการหาข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่มีค่า y น้อยที่สุด

3.1.2.3 การตัดภาพมือตามขอบมือทั้งสี่ด้าน

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการตัดภาพมือให้ชิดตามขอบมือทั้งสี่ด้าน โดยใช้ข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ที่หาได้จากในขั้นตอนการหาขอบมือทั้งสี่ด้าน (ขั้นตอนที่ 3.1.2.2) เมื่อทำขั้นตอนนี้เสร็จแล้วจะได้ภาพมือดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 ภาพมือที่ถูกตัดตามข้อมูลคู่ลำดับ (x, y) ทั้งสี่ด้านของขอบมือ

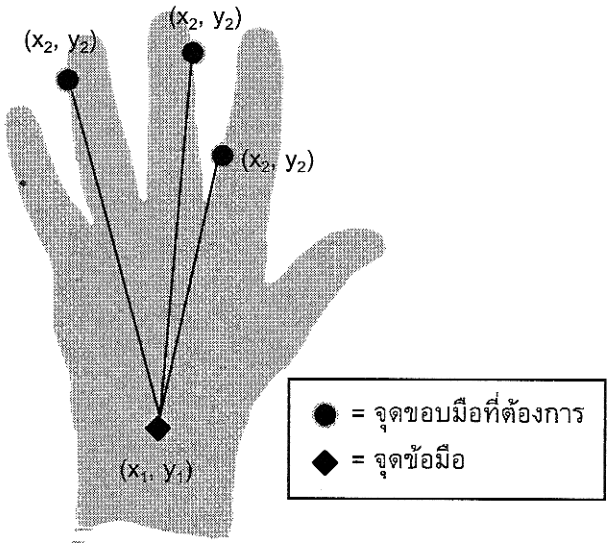
3.2 คุณลักษณะของรูปมือ (Hand Feature)

คุณลักษณะของรูปมือ หมายถึง สิ่งใด หรือ ลักษณะใดที่สามารถเป็นตัวแทนของลักษณะรูปมือของภาษามือภาษาไทยแบบต่างๆ ทั้งหมดได้ ซึ่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จำแนกคุณลักษณะในการรู้จำภาษามือภาษาไทยออกเป็น 3 คุณลักษณะดังนี้

3.2.1 ความยาวตั้งแต่จุดข้อมือถึงจุดขอบมือ

ในการคำนวณหาคุณลักษณะนี้ จะต้องคำนวณหาจุดขอบมือที่ต้องการนำมาใช้เป็นคุณลักษณะให้ได้ก่อน จากนั้นจึงคำนวณหาความยาวระหว่างจุดข้อมือ (x_1, y_1) กับจุดขอบมือ (x_2, y_2) ที่ต้องการ (ภาพที่ 3.12)

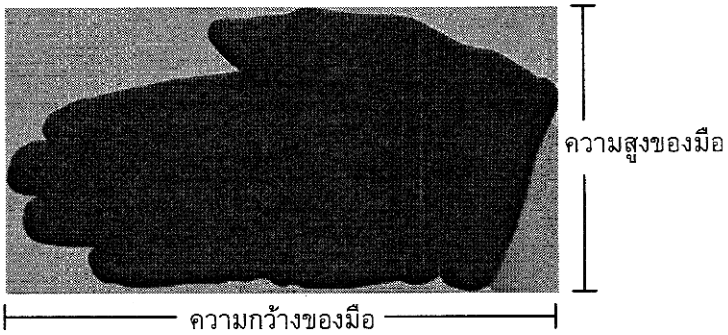
คุณลักษณะนี้สามารถคำนวณหาได้จากสูตร $\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$



ภาพที่ 3.12 ภาพมือที่แสดงถึงความยาวตั้งแต่จุดข้อมือถึงจุดขอบมือที่ต้องการ

3.2.2 อัตราส่วนระหว่างความกว้างของภาพภาษามือภาษาไทย กับความกว้างของภาพมือมาตรฐาน

ในการคำนวณหาคุณลักษณะนี้ จะคำนวณจากความกว้างของภาพมือที่เป็นมาตรฐานและความกว้างของภาพภาษามือภาษาไทย โดยภาพมือมาตรฐานก็คือภาพมือที่นิ้วทั้งห้าแนบชิดติดกันและเหยียดตรง (ภาพที่ 3.13) ซึ่งค่าความกว้างของภาพมือมาตรฐานจะคำนวณจากตำแหน่งของจุดข้อมือจนถึงตำแหน่งของปลายนิ้วกลางทางด้านแนวนอน โดยทั้งภาพมือมาตรฐาน และภาพภาษามือนี้จะทำการตัดภาพมือให้ชิดตามขอบมือทั้งสี่ด้านเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 3.13 ความกว้างของภาพมือมาตรฐาน

$$\text{คุณลักษณะนี้สามารถคำนวณหาได้จาก} = \frac{\text{ความกว้างของภาพภาษามือ} \times 100}{\text{ความกว้างของภาพมือมาตรฐาน}}$$

3.2.3 อัตราส่วนระหว่างความสูงของภาพภาษามือภาษาไทย กับความสูงของภาพมือมาตรฐาน

ในการคำนวณคุณลักษณะนี้ จะคำนวณจากความสูงของภาพมือที่เป็นมาตรฐาน และความสูงของภาพภาษามือภาษาไทย โดยภาพมือมาตรฐานก็คือภาพมือที่นิ้วทั้งห้าแนบชิดติดกัน และเหยียดตรง (ภาพที่ 3.14) ซึ่งค่าความสูงของภาพมือมาตรฐานจะคำนวณจากตำแหน่งของจุดข้อมือจนถึงตำแหน่งของปลายนิ้วกลางทางด้านแนวตั้ง โดยทั้งภาพมือมาตรฐาน และภาพภาษามือนี้จะทำการตัดภาพมือให้ชิดตามขอบมือทั้งสี่ด้านเรียบร้อยแล้ว

ภาพที่ 3.14 ความสูงของภาพมือมาตรฐาน

คุณลักษณะนี้สามารถคำนวณหาได้จาก $= \frac{\text{ความสูงของภาพภาษามือ} \times 100}{\text{ความสูงของภาพมือมาตรฐาน}}$

3.3 การสร้างตัวแบบการรู้จำภาษามือ (Model Construction)

ขั้นตอนในการสร้างตัวแบบการรู้จำภาษามือแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนดังภาพที่ 3.15

ภาพที่ 3.15 ขั้นตอนย่อยของขั้นตอนการสร้างตัวแบบการรู้จำภาษามือ

3.3.1 การหาจุดกลางมือ (Centroid of Hand)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการหาจุดศูนย์กลางของมือ (ภาพที่ 3.16) โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{จุดกลางมือ } (x, y) = \left[\frac{\sum (\text{ค่า x ของจุดขอบมือ})}{\text{จำนวนจุดขอบมือทั้งหมด}} , \frac{\sum (\text{ค่า y ของจุดขอบมือ})}{\text{จำนวนจุดขอบมือทั้งหมด}} \right]$$

3.3.2 การสร้างแกนมือ (Hand Axis Construction)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้างแกนมือขึ้น เพื่อใช้เป็นแกนหลักในการแบ่งมือออกเป็นสองด้านเท่าๆกัน จากนั้นจะทำการหาจุดขอบมือที่ต้องการของแต่ละด้านของมือ

ในการสร้างแกนมือจะใช้จุดกลางมือ (x_1, y_1) และจุดข้อมือ (x_2, y_2) เพื่อสร้างแกนมือ (ภาพที่ 3.16) โดยใช้สูตรดังนี้

$$y = (m \times x) + C$$

โดย

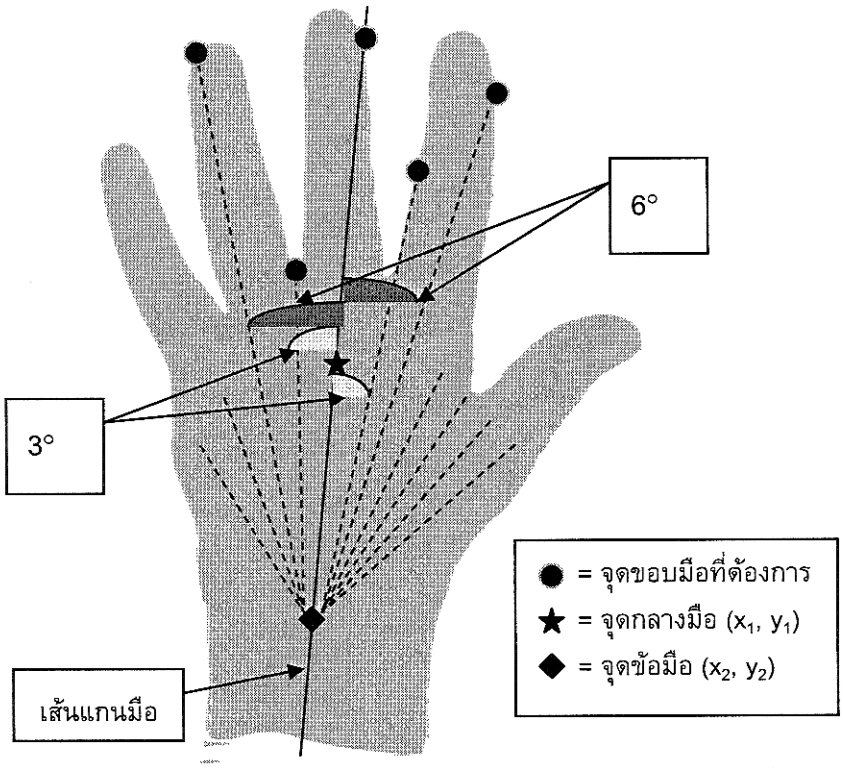
- m หาได้จากสูตร $\frac{y1 - y2}{x1 - x2}$
- C หาได้จากสูตร $y - (m \times x)$

3.3.3 การหาจุดขอบมือที่ต้องการ (Hand Edge Finding)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการหาจุดขอบมือที่อยู่ในตำแหน่งองศาต่างๆ ที่เราต้องการ โดยในภาพมือหนึ่งภาพจะวาดเป็นรูปครึ่งวงกลม (180 องศา) และกำหนดให้จุดข้อมือเป็นจุด (0, 0)

ในภาพมือหนึ่งภาพ ถูกแบ่งออกเป็น 60 ส่วน ดังนั้นจะได้ว่าทุกๆ 3 องศาจะมีจุดขอบมือที่ต้องการอยู่หนึ่งจุด ดังนั้นจุดขอบมือที่ต้องการจะมีทั้งหมด 59 จุด (ไม่นับจุดขอบมือที่อยู่ในตำแหน่งองศาที่ 0 และองศาที่ 180) ดังภาพที่ 3.12

ในการคำนวณหาจุดขอบมือที่อยู่ในตำแหน่งองศาต่างๆ ที่ต้องการนั้นจะต้องทำการคำนวณจากจุดขอบมือทั้งหมด (จุดขอบมือทั้งหมดถูกเก็บข้อมูลจากขั้นตอนการเก็บข้อมูลขอบมือไว้แล้ว, ขั้นตอนที่ 3.1.2.1) โดยจะทำการคำนวณไปทีละจุด เมื่อจุดขอบมือจุดใดอยู่ในตำแหน่งองศาต่างๆที่ต้องการก็จะเก็บข้อมูลจุดขอบมือนั้นไว้เพื่อใช้ ในขั้นตอนต่อไป



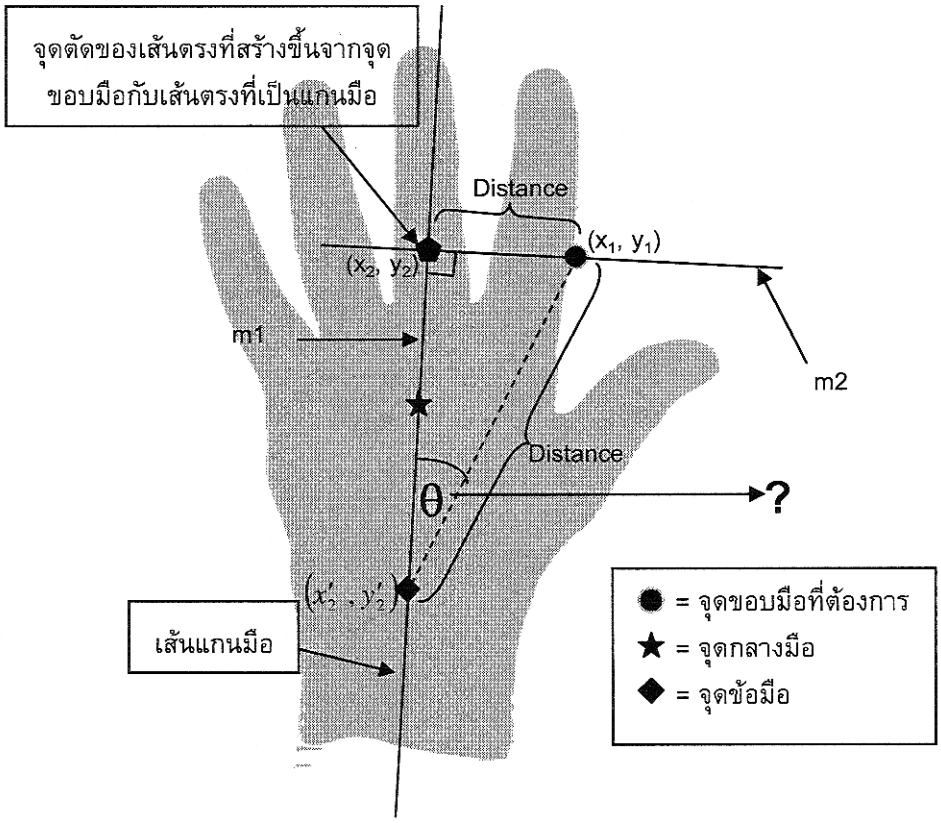
ภาพที่ 3.16 ภาพมือที่ถูกแบ่งออกเป็น 60 ส่วน

การคำนวณหาจุดขอบมือแต่ละจุดว่าเป็นจุดขอบมือที่อยู่ในตำแหน่งองศาต่าง ๆ ที่ต้องการหรือไม่นั้นจะเริ่มหาจากแนวแกนมือเป็นหลัก แล้วค่อย ๆกระจายออกทางด้านข้างของแกนมือ โดยทั้งสองด้านของแกนมือจะมีจุดขอบมือที่ต้องการจำนวนเท่า ๆ กัน นั่นคือด้านละ 29 จุด ในขั้นตอนการคำนวณจะเริ่มจากการสร้างเส้นตรงที่ผ่านทั้งจุดขอบมือที่ต้องการคำนวณ และจุดขอบมือที่อยู่บนเส้นแกนมือ โดยเส้นตรงเส้นนี้จะตั้งฉากกับเส้นตรงที่เป็นแกนมือ (ภาพที่ 3.17) สูตรที่ใช้จะมีอยู่สองสูตร สูตรแรกคือสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความชันของเส้นตรงที่ตั้งฉากกับเส้นตรงที่เป็นแกนมือ

$$m1 \times m2 = -1$$

โดย

- m1 แทนค่าความชันของเส้นตรงที่เป็นแกนมือ
- m2 แทนค่าความชันของเส้นตรงที่ตั้งฉากกับเส้นตรงที่เป็นแกนมือ



ภาพที่ 3.17 ภาพมือที่แสดงตำแหน่งองศาของจุดขอบมือที่ต้องการคำนวณหา

จากนั้นนำค่าความชันที่คำนวณได้มาสร้างสมการเส้นตรง โดยใช้สูตร

$$y = (m \times x) + C$$

โดย

- x, y แทนด้วยค่า x, y ของจุดขอบมือที่ต้องการคำนวณ
- C หาได้จากสูตร $y - (m \times x)$

เมื่อสร้างสมการเส้นตรงที่ตั้งฉากกับเส้นตรงที่เป็นแกนมือเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณหาคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นจุดตัดของเส้นตรงที่สร้างขึ้นจากจุดขอบมือ กับเส้นตรงที่เป็นแกนมือ (ภาพที่ 3.17) โดยคำนวณหาค่า x ของคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นจุดตัดได้จากสูตร

$$x = \frac{C2 - C1}{m1 - m2}$$

โดย

- m1 และ C1 แทนด้วยค่า m และ C ของสมการเส้นตรงที่เป็นแกนมือ
- m2 และ C2 แทนด้วยค่า m และ C ของสมการเส้นตรงที่สร้างขึ้นจากจุดขอบมือ

นำค่า x ที่คำนวณได้มาหาค่า y ของคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นจุดตัดจากสูตร

$$y = (m \times x) + C$$

โดย

- m และ C แทนด้วยค่า m และ C ของสมการเส้นตรงที่เป็นแกนมือ หรือค่า m ของสมการเส้นตรงที่สร้างขึ้นจากจุดขอบมือ

ขั้นตอนต่อไปจะทำการคำนวณหาระยะทางระหว่างคู่ลำดับ (x, y) ของจุดขอบมือที่ต้องการคำนวณ กับคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นจุดตัดของเส้นตรงที่เป็นแกนมือกับเส้นตรงที่สร้างขึ้นจากจุดขอบมือที่ต้องการคำนวณ และระยะทางระหว่างคู่ลำดับ (x, y) ของจุดขอบมือที่ต้องการคำนวณกับคู่ลำดับ (x, y) ของจุดข้อมือ (ภาพที่ 3.17) โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{Distance} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

โดย

- x_1, y_1 แทนด้วยค่า x, y ของจุดขอบมือที่ต้องการคำนวณ
- x_2, y_2 แทนด้วยค่า x, y ที่เป็นจุดตัดของเส้นตรงที่เป็นแกนมือกับเส้นตรงที่สร้างขึ้นจากจุดขอบมือที่ต้องการคำนวณ (x_2, y_2) หรือค่า x, y ของจุดข้อมือ $\left(x_2' , y_2'\right)$

ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการคำนวณหาองศาของจุดขอบมือที่ต้องการคำนวณว่าอยู่ในตำแหน่งองศาใดของมือ (ภาพที่ 3.17) โดยคำนวณจากสูตร

$$\sin\theta = \frac{\text{ระยะทางของฝั่งตรงข้ามมุม } \theta}{\text{ระยะทางของฝั่งตรงข้ามมุมฉาก}}$$

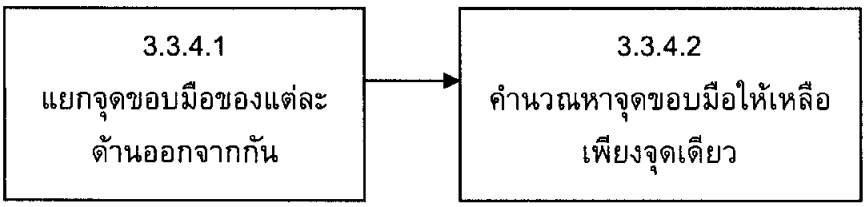
โดย

- ระยะทางของฝั่งตรงข้ามมุม θ แทนด้วยค่าระยะทางระหว่างคู่ลำดับ (x, y) ของจุดขอบมือที่ต้องการคำนวณ กับคู่ลำดับ (x, y) ที่เป็นจุดตัดของเส้นตรงที่เป็นแกนมือกับเส้นตรงที่สร้างขึ้นจากจุดขอบมือที่ต้องการคำนวณ
- ระยะทางของฝั่งตรงข้ามมุมฉาก แทนด้วยค่าระยะทางระหว่างคู่ลำดับ (x, y) ของจุดขอบมือที่ต้องการคำนวณ กับจุดข้อมือ

ณ ตำแหน่งองศาหนึ่งนั้น จะมีจุดขอบมือมากกว่าหนึ่งจุด ตัวอย่างเช่น ณ ตำแหน่งองศาที่ 3 อาจจะมีจุดขอบมืออยู่ 5 จุด หรืออาจจะเป็นไปได้ว่า ณ ตำแหน่งองศาที่ 15 มีจุดขอบมืออยู่ 2 จุด เป็นต้น เนื่องจากจุดขอบมือแต่ละจุดจะมีความใกล้เคียงกันมาก เมื่อเทียบกับค่าที่หาได้จากสูตร sinθ

3.3.4 การคำนวณหาจุดขอบมือที่ต้องการเพียงจุดเดียวในแต่ละองศา (Hand Edge Filtering)

ในขั้นตอนนี้จะทำการกรองจุดขอบมือที่ได้จากขั้นตอนการหาจุดขอบมือที่ต้องการ (ขั้นตอนที่ 3.3.3) เพื่อให้ในแต่ละองศามีจุดขอบมือที่ต้องการเพียงจุดเดียวเท่านั้น โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อยดังภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 ขั้นตอนย่อยของขั้นตอนการคำนวณหาจุดขอบมือที่ต้องการเพียงจุดเดียวในแต่ละองศา

3.3.4.1 แยกจุดขอบมือของแต่ละด้านออกจากกัน

ในการที่จะบอกว่าจุดขอบมือใดอยู่ทางด้านซ้ายของมือ หรือจุดขอบมือใดอยู่ทางด้านขวาของมือนั้น จะใช้วิธีการนำค่า y ของจุดขอบมือที่ต้องการทราบ ไปแทนค่าลงในสมการเส้นตรงที่เป็นแกนมือ เพื่อหาค่า x ที่อยู่บนแกนมือ

จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่า x ของจุดขอบมือที่ต้องการทราบกับค่า x ที่อยู่บนแกนมือ โดยถ้าค่า x ของจุดขอบมือที่ต้องการทราบมีค่ามากกว่าค่า x ที่อยู่บนแกนมือ แสดงว่า จุดขอบมือที่ต้องการทราบนั้นอยู่ทางด้านขวาของมือ และถ้าค่า x ของจุดขอบมือที่ต้องการทราบมีค่าน้อยกว่าค่า x ที่อยู่บนแกนมือ แสดงว่า จุดขอบมือที่ต้องการทราบนั้นอยู่ทางด้านซ้ายของมือ

เมื่อทำขั้นตอนนี้เสร็จแล้ว จุดขอบมือในแต่ละตำแหน่งองศาอาจจะยังไม่ได้มีจุดขอบมือเพียงจุดเดียวเท่านั้น เนื่องมาจากจุดขอบมือที่อยู่ใกล้เคียงกันมากนั่นเอง อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนนี้ก็ยังสามารถทำให้จุดขอบมือในแต่ละตำแหน่งองศา มีจุดขอบมือที่น้อยลงได้ เนื่องจากจุดขอบมือในแต่ละตำแหน่งองศาถูกแบ่งออกเป็นด้านซ้าย และด้านขวา

3.3.4.2 คำนวณหาจุดขอบมือให้เหลือเพียงจุดเดียว

ในการทำให้แต่ละตำแหน่งองศามีจุดขอบมือเพียงจุดเดียวนั้นจะดูจากระยะทางจากจุดข้อมือจนถึงจุดขอบมือแต่ละจุด โดยจุดขอบมือใดที่มีระยะทางมากกว่า จะเป็นจุดขอบมือที่ถูกคัดเลือกไว้ในตำแหน่งองศานั้นๆ

3.3.5 การคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างความสูงของภาพภาษามือกับความสูงของภาพมือมาตรฐาน และอัตราส่วนระหว่างความกว้างของภาพภาษามือกับความกว้างของภาพมือมาตรฐาน (Height and Width Ratio Calculation)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการคำนวณหา อัตราส่วนระหว่างความสูงของภาพภาษามือกับความสูงของภาพมือมาตรฐาน และอัตราส่วนระหว่างความกว้างของภาพภาษามือกับความกว้างของภาพมือมาตรฐานนั้น จะคำนวณตามสูตรในขั้นตอนคุณลักษณะของรูปมือ (ขั้นตอนที่ 3.2.2 และขั้นตอนที่ 3.2.3) ตามที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

3.3.6 การกำหนดรูปแบบมือ (Hand Pattern Setting)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดรูปแบบมือ (Hand Pattern) ให้กับคุณลักษณะในการรู้จำภาษามือทั้งหมด 61 คุณลักษณะที่คำนวณได้จากขั้นตอนการหาจุดกลางมือ (ขั้นตอนที่ 3.3.1) จนถึงขั้นตอนการคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างความสูง และความกว้างของภาพภาษามือกับภาพมือมาตรฐาน (ขั้นตอนที่ 3.3.5) ซึ่งจะประกอบไปด้วยความยาวระหว่างจุดข้อมือจนถึง

จุดขอบมือที่ต้องการ 59 คุณลักษณะ อัตราส่วนระหว่างความสูงของภาพภาษามือกับภาพมือมาตรฐาน 1 คุณลักษณะ และอัตราส่วนระหว่างความกว้างของภาพภาษามือกับภาพมือมาตรฐานอีก 1 คุณลักษณะ โดยรูปแบบมือจะหมายถึงลักษณะของมือแบบต่างๆที่ไม่เหมือนกัน ตัวอย่างเช่น ลักษณะมือของพยัญชนะ "ก" จะไม่เหมือนกับลักษณะมือของพยัญชนะ "ส" แต่ลักษณะมือของพยัญชนะ "ก" จะเหมือนกับลักษณะมือของพยัญชนะ "ข" ภาพแรก ดังนั้นภาษามือภาษาไทยในส่วนของการสะกดพยัญชนะ และการนับตัวเลข จะมีรูปแบบมือทั้งหมด 31 รูปแบบ ดังภาพที่ 3.19

ตัวแบบในการรู้จำภาษามือภาษาไทยจะทำการสร้างด้วยอัลกอริทึม C5.0 ซึ่งประยุกต์มาจากทฤษฎีต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree) (Wilson, 2007) โดยตัวแบบจะทำการวิเคราะห์รูปแบบมือทั้งหมด โดยแบ่งออกเป็นระดับต่างๆ ในแต่ละระดับจะทำการจัดแบ่งรูปแบบมือออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีประสิทธิผลในการรู้จำมากที่สุด (Integral Solutions, 2005) โดยต้นไม้การตัดสินใจ เป็นเทคนิคการจำแนกข้อมูล (Classification) เพื่อช่วยในการตัดสินใจ ที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสาขาปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เนื่องจากการมีโครงสร้างที่ช่วยในการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ แม่นยำ และง่ายต่อการทำความเข้าใจ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสร้างต้นไม้การตัดสินใจจากข้อมูลชุดฝึกสอน (Training Data) และทดสอบความถูกต้องด้วยข้อมูลชุดทดสอบ (Testing Data) และขั้นตอนการใช้ต้นไม้ตัดสินใจเพื่อจำแนกข้อมูล (Hamilton, Gurak, Findlater, and Olive, 2003)

การสร้างต้นไม้การตัดสินใจจะสร้างจากบนลงล่างด้วยวิธีการแก้ปัญหาแบบแบ่งส่วน (Divide and Conquer Approach) โดยจะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นข้อมูลชุดย่อย (Subset) ตามค่าสารสนเทศเพิ่มเติม (Information Gain) ที่คำนวณได้ ถ้าข้อมูลชุดย่อยใดมีค่าสารสนเทศเพิ่มเติมที่สูงสุดแล้วก็จะหยุดทำการแบ่งข้อมูล แต่ถ้าข้อมูลชุดย่อยใดที่ค่าสารสนเทศเพิ่มเติมยังไม่สูงสุด ข้อมูลชุดย่อยนั้นจะถูกแบ่งข้อมูลออกเป็นข้อมูลชุดย่อยลงไปอีก ทำการคำนวณหาค่าสารสนเทศสูงสุดเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนไม่สามารถที่จะทำการแบ่งเป็นข้อมูลชุดย่อยได้อีก ข้อมูลชุดสุดท้ายของแต่ละชุดย่อยจะถูกเรียกว่า "โหนดปลาย" (Leaf Node) ซึ่งจะเป็นคำตอบของปัญหาในข้อมูลชุดย่อยแต่ละชุด

ส่วนขั้นตอนการใช้ต้นไม้ตัดสินใจเพื่อจำแนกข้อมูลนั้นจะเริ่มจากโหนดบนสุดของต้นไม้ (Root of Decision Tree) แยกลงไปหาโหนดในชั้นล่างถัดลงไปตามแต่ปัญหาที่ต้องการแก้ไข ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนเจอโหนดปลาย ซึ่งนั่นหมายความว่าเส้นทางตั้งแต่โหนดบนสุดจนถึงโหนดปลายเป็นข้อมูลกลุ่มเดียวกัน และเป็นเส้นทางในการแก้ไขปัญหานั้นๆ ด้วย (Mind Tools, 1995/98)

ภาพที่ 3.19 รูปแบบมือของภาษามือภาษาไทยทั้ง 31 รูปแบบ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การทดลอง

ภาพภาษามือภาษาไทยที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้มีทั้งหมดสี่ชุด แต่ละชุดจะประกอบด้วยภาพภาษามือที่ใช้ในการสะกดพยัญชนะภาษาไทย 72 ภาพ (44 ตัวอักษร) และภาพภาษามือที่ใช้ในการนับตัวเลข 11 ภาพ (10 ตัวเลข) โดยภาพภาษามือทั้งสี่ชุดจะถ่ายทั้งหมดสี่ครั้ง ครั้งละหนึ่งชุด ใช้บุคคลเพียงบุคคลเดียวในการทำภาษามือ และจะถ่ายภาพภาษามือในช่วงวัน และเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งจะทำให้ภาพภาษามือทั้งสี่ชุดเหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันในเรื่องขององศามือ นิ้ว และทิศทางของแขน รวมถึงการถ่ายภาพภาษามือในสภาพแวดล้อมที่สามารถควบคุมระดับความเข้มของแสง ลักษณะพื้นหลัง อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำภาษามือ และระยะห่างระหว่างกล้องดิจิทัลกับบุคคลที่ทำภาษามือได้

ในการสร้างตัวแบบ ผู้วิจัยทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วน คือ ข้อมูลชุดทดสอบ (25 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมด) และข้อมูลชุดฝึกสอน (75 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมด) โดยนำข้อมูลมาหาความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปแบบมือแบบต่างๆ ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบตัวแบบ C5 ที่อยู่ในซอฟต์แวร์ Clementine 8.5 โดยมีการลือกใช้ทางเลือก Use Boosting และใส่ค่า Number of Trials เท่ากับ 15 โดยการเลือกทางเลือก Use Boosting นั้นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความถูกต้องในการทำนายรูปแบบมือ โดยระบบจะสร้างตัวแบบขึ้นใหม่เป็นจำนวนเท่ากับค่าที่ใส่ในช่อง Number of Trials โดยตัวแบบที่สร้างขึ้นใหม่ในแต่ละครั้งนั้นจะมีการปรับปรุงประสิทธิภาพของตัวแบบที่สร้างขึ้นก่อนหน้าด้วยเสมอทุกครั้ง และเมื่อสร้างตัวแบบใหม่จนครบตามค่าที่ใส่ในช่อง Number of Trials แล้ว ระบบก็จะทำการรวมตัวแบบทุกตัวแบบที่สร้างขึ้นใหม่ทั้งหมดให้เป็นตัวแบบตัวเดียวกันด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนัก (Weighted Voting Procedure)

4.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองจะแสดงด้วยจำนวนรูปแบบมือที่ทำนายถูก และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง โดยจำนวนรูปแบบมือที่ทำนายถูก จะได้มาจากการนำรูปแบบมือของข้อมูลภาษามือชุดทดสอบเข้าสู่การฝึกสอนด้วยรูปแบบมือของข้อมูลภาษามือชุดฝึกสอน ซึ่งรูปแบบมือของข้อมูลภาษามือชุด ทดสอบจะต้องตรงกันกับรูปแบบมือของข้อมูลภาษามือชุดฝึกสอนเท่านั้น ตัวอย่างเช่น ถ้าข้อมูลรูปแบบมือของข้อมูลภาษามือชุดทดสอบ คือรูปแบบที่ 2 เมื่อผ่านการฝึกสอนด้วยรูปแบบมือของข้อมูลภาษามือชุดฝึกสอนแล้ว รูปแบบมือของข้อมูลภาษามือชุดฝึกสอน คือรูปแบบที่ 2 เช่นเดียวกันก็แสดงว่าการทำนายถูกต้อง แต่ถ้ารูปแบบมือของข้อมูลภาษามือชุดฝึกสอนไม่ใช่รูปแบบที่ 2 ก็แสดงว่าการทำนายผิดพลาด

ผลการทดลองในตารางที่ 4.1 คอลัมน์ที่ 1 หมายถึงข้อมูลภาษามือชุดฝึกสอน คอลัมน์ที่ 2 หมายถึงข้อมูลภาษามือชุดทดสอบ คอลัมน์ที่ 3 หมายถึงความถูกต้องในการทำนาย

ทำการทดลองหารูปแบบมือของภาษามือภาษาไทย โดยข้อมูลประกอบด้วย 332 ระเบียน แบ่งเป็น

Training 249 ระเบียน

Testing 83 ระเบียน

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหารูปแบบมือของภาษามือภาษาไทย

ภาพภาษามือภาษาไทยชุดฝึกสอน	ภาพภาษามือภาษาไทยชุดทดสอบ	ความถูกต้อง (เปอร์เซ็นต์)
ข้อมูลภาพภาษามือภาษาไทยชุดที่ 2, 3 และ 4	ข้อมูลภาพภาษามือภาษาไทยชุดที่ 1	68 (81.93%)
ข้อมูลภาพภาษามือภาษาไทยชุดที่ 1, 3 และ 4	ข้อมูลภาพภาษามือภาษาไทยชุดที่ 2	72 (86.75%)
ข้อมูลภาพภาษามือภาษาไทยชุดที่ 1, 2 และ 4	ข้อมูลภาพภาษามือภาษาไทยชุดที่ 3	76 (91.57%)
ข้อมูลภาพภาษามือภาษาไทยชุดที่ 1, 2, และ 3	ข้อมูลภาพภาษามือภาษาไทยชุดที่ 4	77 (92.77%)

ข้อมูลภาษามือภาษาไทยทั้งสี่ชุดถูกนำมาสร้างเป็นตัวแบบของการรู้จำภาษามือภาษาไทย ซึ่งประสิทธิผลการรู้จำภาษามือภาษาไทยของตัวแบบจะเท่ากับค่าเฉลี่ย (Average) ของประสิทธิผลการรู้จำรูปแบบมือจากความถูกต้องในการทำนายรูปแบบมือของข้อมูลภาษามือภาษาไทยทั้งสี่ชุด โดยจากผลการทดลองสามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยได้เท่ากับ 88.26%

เนื่องจากงานวิจัยที่ทำการวิจัยในเรื่องของการรู้จำภาษามือภาษาไทย ในส่วนของการสะกดพยัญชนะ และการนับตัวเลข ยังไม่มีการทำวิจัยมาก่อนดังที่ได้กล่าวไปก่อนหน้านี้แล้วนั้น ดังนั้นเพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพการรู้จำภาษามือภาษาไทยของตัวแบบที่สร้างขึ้น ผู้วิจัยจึงเสนอวิธีการทดสอบประสิทธิภาพการรู้จำภาษามือภาษาไทยของตัวแบบขึ้นใหม่ โดยทำการสร้างชุดข้อมูลภาพภาษามือขึ้นมาใหม่อีกสามชุด โดยจะมีข้อมูลภาพภาษามือภาษาไทยทั้งในส่วนของการสะกดพยัญชนะ และการนับตัวเลขเช่นเดียวกับชุดข้อมูลภาพภาษามือภาษาไทยที่ใช้ในการสร้างตัวแบบ

ชุดข้อมูลภาพภาษามือที่สร้างขึ้นมาใหม่ทั้งสามชุดนั้นจะมีความแตกต่างกันทั้งสามชุด เพื่อทำให้การทดสอบประสิทธิภาพการรู้จำภาษามือภาษาไทยของตัวแบบมีความครอบคลุมชัดเจนในทุกเงื่อนไข ทั้งในเงื่อนไขของประสิทธิภาพในการรู้จำภาพภาษามือภาษาไทยที่มีค่าต่ำ เงื่อนไขของประสิทธิภาพในการรู้จำภาพภาษามือภาษาไทยที่มีค่าปานกลาง และเงื่อนไขของประสิทธิภาพในการรู้จำภาพภาษามือภาษาไทยที่มีค่าสูง โดยข้อมูลภาพภาษามือชุดแรกจะเป็นภาพที่ไม่ใช่รูปแบบมือของภาษามือภาษาไทยทั้งหมด ส่วนข้อมูลภาพภาษามือชุดที่สองจะเป็นภาพที่เป็นรูปแบบมือของภาษามือภาษาไทยเพียงครึ่งหนึ่ง ส่วนอีกครึ่งหนึ่งจะเป็นภาพที่ไม่ใช่รูปแบบมือของภาษามือภาษาไทย และข้อมูลภาพภาษามือชุดที่สามชุดสุดท้ายจะเป็นภาพที่เป็นรูปแบบมือของภาษามือภาษาไทยทั้งหมด ซึ่งในส่วนของผลการทดสอบประสิทธิภาพการรู้จำภาษามือภาษาไทยของตัวแบบที่สร้างขึ้น จะแสดงด้วยเปอร์เซ็นต์ในการรู้จำรูปแบบมือของภาษามือภาษาไทย โดยคอลัมน์ที่ 1 หมายถึงข้อมูลภาพภาษามือชุดที่สร้างขึ้นใหม่เพื่อใช้ในการทดสอบตัวแบบ คอลัมน์ที่ 2 หมายถึงประสิทธิภาพในการรู้จำภาษามือภาษาไทย

ทำการทดลองทดสอบประสิทธิภาพการรู้จำภาษามือภาษาไทยของตัวแบบที่สร้างขึ้น โดยข้อมูลประกอบด้วย 31 ระเบียน ซึ่งครอบคลุมรูปแบบมือของภาษามือภาษาไทยทั้งหมด

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการรู้จำภาษามือภาษาไทยของตัวแบบ

ภาพภาษามือชุดที่ใช้ในการทดสอบตัวแบบ	ประสิทธิภาพในการรู้จำ
ข้อมูลภาพภาษามือชุดที่ 1	12.90%
ข้อมูลภาพภาษามือชุดที่ 2	54.84%
ข้อมูลภาพภาษามือชุดที่ 3	90.32%

จากผลการทดลองข้างต้นจะพบว่าประสิทธิภาพในการรู้จำภาพที่เป็นรูปแบบมือของภาษามือภาษาไทยทั้งสามชุดมีค่าตรงกับเงื่อนไขทั้งสามข้อที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพในการรู้จำภาษามือภาษาไทยของตัวแบบที่สร้างขึ้น กล่าวคือ ประสิทธิภาพในการรู้จำภาพที่เป็นรูปแบบมือของภาษามือภาษาไทยของข้อมูลภาพภาษามือชุดที่ 1 จะมีค่าอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลภาพภาษามือในชุดที่ 1 ที่ภาพไม่ใช่รูปแบบมือของภาษามือภาษาไทยทั้งหมด ส่วนประสิทธิภาพในการรู้จำภาพที่เป็นรูปแบบมือของภาษามือภาษาไทยของข้อมูลภาพภาษามือชุดที่ 2 จะมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลภาพภาษามือในชุดที่ 2 ที่ภาพเป็นรูปแบบมือของภาษามือภาษาไทยเพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้น และประสิทธิภาพในการรู้จำภาพที่เป็นรูปแบบมือของภาษามือภาษาไทยของข้อมูลภาพภาษามือชุดที่ 3 จะมีค่าอยู่ในระดับสูงซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลภาพภาษามือในชุดที่ 3 ที่ภาพเป็นรูปแบบมือของภาษามือภาษาไทยทั้งหมด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการรู้จำภาพภาษามือภาษาไทยเท่ากับ 88.26%

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์นี้เสนอวิธีการใหม่ในการรู้จำภาษามือภาษาไทย โดยใช้เทคนิคการรู้จำโดยการมองเห็น และใช้ถุงมือผ้าสีดำแบบธรรมดาเข้ามาช่วยลดความซับซ้อนในการตรวจสอบช่วงสีของสีผิวของผู้ที่ทำภาษามือ และเพิ่มประสิทธิผลของงานวิจัย ด้วยการสร้างตัวแบบการรู้จำภาษามือภาษาไทยที่ประกอบด้วยข้อมูลภาษามือทั้งหมด 332 ระเบียน และข้อมูลแต่ละระเบียนประกอบด้วย 61 คุณลักษณะ ซึ่งค่าประสิทธิผลในการรู้จำภาษามือภาษาไทยของตัวแบบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 88.26%

ตัวแบบการรู้จำภาษามือภาษาไทยถูกทดสอบประสิทธิภาพในการรู้จำภาษามือให้ครอบคลุมในทุกเงื่อนไข ทั้งในเงื่อนไขของประสิทธิภาพการรู้จำภาษามือภาษาไทยของตัวแบบในระดับต่ำ ระดับปานกลาง และระดับสูง ด้วยข้อมูลภาพภาษามือใหม่อีกสามชุด ผลจากการทดสอบพบว่าค่าประสิทธิภาพในการรู้จำภาษามือของข้อมูลภาพภาษามือใหม่ทั้งสามชุดตรงกับเงื่อนไขทั้งสามเงื่อนไข โดยมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นเล็กน้อย ซึ่งเกิดจากภาพภาษามือบางภาพมีความคล้ายคลึงกันมาก ตัวอย่างเช่น ภาพภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ม” เทียบกับภาพภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “น” หรือภาพภาษามือภาษาไทยพยัญชนะ “ก” เทียบกับภาพภาษามือภาษาไทยตัวเลข “2” เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยที่จะทำต่อไปในอนาคต ผู้วิจัยจะทำการเพิ่มประสิทธิภาพของตัวแบบการรู้จำภาษามือภาษาไทยด้วยการใช้ถุงมือแบบแนบเนื้อ และทำการวิจัยการรู้จำภาษามือภาษาไทย ให้ครอบคลุมในส่วนของการสะกดสระ และวรรณยุกต์ ต่อไป

บรรณานุกรม

พิกุล เลียวสิริพงศ์. 2546. **ประเภทของภาษามือ.** ค้นวันที่ 25 พฤษภาคม 2550 จาก http://www.childthai.org/cic/c732.htm

มูลนิธิพัฒนาคนพิการไทย. 2550. **ห้องภาษามือ - บัญชีตัวอักษรสะกดนิ้วมือเรียงตามตัวอักษร ก - ฮ.** ค้นวันที่ 25 พฤษภาคม 2550 จาก http://www.tddf.or.th/tddf/signlang/finger.php

วิทยาลัยราชสุดา มหาวิทยาลัยมหิดล. 2540. **งานด้านความพิการทางการได้ยิน.** ค้นวันที่ 25 พฤษภาคม 2550 จาก http://www.rs.mahidol.ac.th/thai/service1.html

วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี. 2549. 7 (ธันวาคม). **ภาษามือ.** ค้นวันที่ 25 พฤษภาคม 2550 จาก http://th.wikipedia.org/wiki/

วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี. 2550. 12 (กันยายน). **ภาพกราฟิกส์แรสเตอร์.** ค้นวันที่ 25 พฤษภาคม 2550 จาก http://th.wikipedia.org/wiki/

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. 2537. **เรียนรู้ภาษามือไทย.** ค้นวันที่ 25 พฤษภาคม 2550 จาก http://www.nectec.or.th/courseware/signlanguage/index.html

Cui, Yuntao. and Weng, John. 2000. **Appearance-Based Hand Sign Recognition from Intensity Image Sequences.** Retrieve November 9, 2007 from http://citeseer.ist.psu.edu/cui00appearancebased.html

David Barroso Berrueta. 1998. **SotM 26.** Retrieved October 20, 2005 from http://www.honeynet.org/scans/scan26/sol/david/SotM_26.html

Dub, Jean-pierre and Eacute. 1998. (September 1). **Java Tip 60: Saving Bitmap Files in Java.** Retrieve October 19, 2007 from http://www.javaworld.com/javaworld/javatips/jw-javatip60.html

Freeman, William T. and Rot, Michal. 1995. Orientation Histograms for Hand Gesture Recognition. In **Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition**, IEEE Computer Society, Zurich, Switzerland, June, 1995, Pp.296-301.

Gao, W. 1995. Enhanced User by Hand Gesture Recognition. In **Conference on Human Factors in Computing Systems Archive Proceedings of the SIGCHI.** Pp.45-53.

Gourley. C. 1994. Neural Networks Utilizing Posture Input for Sign Language Recognition. In **Technical Report Computer Vision and Robotics Research Laboratory,** University of Tenessee Knoxville.

Grobel, K. and Assam, M. 1997. Isolated Sign Language Recognition Using Hidden Markov Models. In **The IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics.** 1997: Orlando, FL. Pp.162-167.

Handouyahia, M., Ziou, D. and Wang, S. 1999. Sign Language Recognition using Moment-Based Size Functions. In **International Conference on Vision Interface 1999**. Pp.210-216.

Harling, Philip A. 1993. **Gesture Input Using Neural Networks. Technical report.** Thesis, University of York.

Hamilton Howard, Gurak Ergun, Findlater Leah, and Olive Wayne, 2003. **Overview of Decision Trees.** Retrieve October 19, 2007 from http://www2.cs.uregina.ca/~dbd/cs831/notes/ml/dtrees/4_dtrees1.html

Imagawa, K. 1998. **Color-Based Hands Tracking System for Sign Language Recognition.** Retrieve October 19, 2007 from ieeexplore.ieee.org/iel4/5501/14786/00670991.pdf

Imagawa, K., Matsuo, H., Taniguchi, R., Arita, D., Shan, Lu. and Lgi, S. 2000. Recognition of Local Features for Camera-based Sign Language Recognition System. In **15th International Conference on Pattern Recognition, 2000.** Vol.4 Pp.849-853.

Integral Solutions. 2005. **Clementine 10.0 User's Guide.** Retrieve October 19, 2007 from http://tigger.uic.edu/~ybabad/ClementineUsersGuide.pdf

Kinscher, Jurgen and Trebbe, Holger. 1995. **The Munster Taging Project - Mathematical Background.** Retrieve October 19, 2007 from http://citeseer.ist.pus.edu/kinscher95mnster.html

Kurita Takio and Hayamizu Satoru. 1998. Gesture Recognition using HLAC Features of PARCOR Images and HMM based Recognizer. In **Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 1998.** Pp.422-427.

Mind Tools. 1995/98. **Decision Theory and Decision Trees.** Retrieve October 19, 2007 from http://www.psychwww.com/mtsite/dectree.html

Murakami, K. and Taguchi, H. 1991. Gesture Recognition Using Recurrent Neural Networks. In **Conference on Human Factors in Computing Systems Archive Proceedings of the SIGCHI**. Pp.237-242.

Ohki Masaru, Sagawa Hirohiko, Sakiyama Tomoko, Oohira Eiji, Ikeda Hisashi and Fujisawa Hiromichi. 1994. Pattern Recognition and Synthesis for Sign Language Translation System. In **ACM SIGACCESS Conference on Assistive Technologies 1994.** Pp.1-8.

Otsuka, T and Ohya, J. 1998. Spotting Segments Displaying Facial Expression Sign Image Sequences Using HMM. In **Third IEEE International Conference on Automatic Face and gesture Recognition, 1998.** Pp.442-447.

Sagawa, H. and Takeuchi, M. 2000. A Method for Recognizing a Sequence of Sign Language Words Represented. In **Japanese Sign Language Sentence Fourth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition 2000.** Pp.434-439.

Shamaie, Atid. and Sutherland, Alistair. 2003. **Accurate Recognition of Large Number of Hand Gesture.** Retrieved November 9, 2007 from http://ctiteseer.ist.psu.edu/572074.html

Takahashi, T. and Kishino, F. 1991. Hand Gesture Coding Based on Experiments Using a Hand Gesture Interface Device. In **ACM SIGCHI Bulletin Archive.** Pp.67-74.

Tanibata Nobuhiko, Shimada Nobutaka and Shirai Yoshiaki. 2002. Extraction of Hand Features for Recognition of Sign Language Words. In **International Conference on Vision Interface 2002.** Pp.391-398.

Uras, C. and Verri, A. 1994. On the Recognition of the Alphabet of the Sign Language Throught Size Functions. In **The 12th IAPR International Conference on Pattern Recognition, 1994. Vol.2-Conference B: Computer Vision & Image Processing.** Pp.334-338.

Verri, A., Uras, C. Frosini, P. and Ferri, M. 1993. On the Use of Size Functions for Shape Analysis. In **IEEE Workshop on Qualitative Vision, 1993.** Pp.89-96.

Vogler, C. and Metaxas, D. 1997. Adapting Hidden Markov Models for ASL Recognition by Using Three-Dimensional Computer Vision Methods. In **The IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics SMC97.** 1997, IEEE Computer Society: Orlando, Florida. Pp.156-161.

Wilson, Bill. 2007. **The Machine Learning Dictionary for COMP9414.** Retrieved November 9, 2007 from http://www.cse.unsw.edu.au/~billw/mldict.html#C5

Wren, Christopher R., Clarkson Brian P. and Pentland, Alex P. 2000. Understanding Purposeful Human Motion. In **Fourth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 2000.** Pp.378-383.

Yang, J. and Xu, Yangsheng 1994. **Hidden Markov Model for Gesture Recognition.** Retrieve November 9, 2007 from http://www.ri.cmu.edu/pubs/pub_329.html

ประวัติผู้ทำวิทยานิพนธ์

ชื่อ - นามสกุล	นาย วีรชัย วีระสกุลทอง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2542
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2542 - 2543 ผู้ประสานงานโครงการอบรมคอมพิวเตอร์ ศูนย์การศึกษาต่อเนื่องแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2544 - 2546 Programmer บริษัท บูรพาการไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำกัด พ.ศ. 2550 - ปัจจุบัน Interactive Development Executive บริษัท ไทเลอร์ เนลสัน ซอฟเฟรส จำกัด
ผลงานที่ผ่านการตีพิมพ์	"การรู้จำภาษามือในการสะกดอักษรภาษาไทย", JCSSE 2008, Join Conference in Software and Computer Science, พฤษภาคม 2551, มหาวิทยาลัยศิลปากร ประเทศไทย