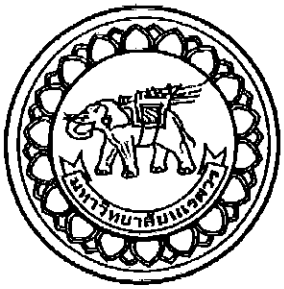
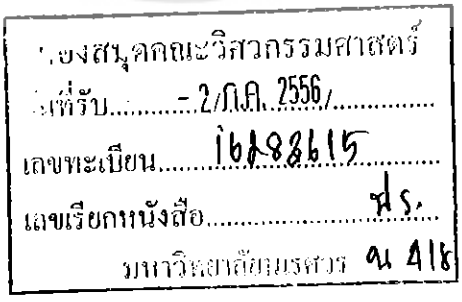


การแปลภาษามือเลข 0 ถึง 9 ด้วยการประมวลผลภาพ

Sign Language Translation Number 0 – 9 Using Image Processing

นายนันทนคร บุรี รหัส 51363180

นายธีศิษฎ์ จ้อยบำรุง รหัส 51364828



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อโครงงาน	การแปลภาษามือ 0 ถึง 9 ด้วยการประมวลผลภาพ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายนันทนคร บุรี รหัส 51363180
	นายธีศิษฎ์ จ้อยบำรุง รหัส 51364828
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2554

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์รัฐภูมิ วรานุสาสน์)

..... กรรมการ
(อาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช)

..... กรรมการ
(อาจารย์สิรภพ คชรัตน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล)

หัวข้อโครงงาน	การแปลภาษามือเลข 0 ถึง 9 ด้วยการประมวลผลภาพ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายนันทนคร บุรี	รหัส	51363180
	นายธีศิษฎ์ จ้อยบำรุง	รหัส	51364828
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนมขวัญ ริยะมงคล		
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2554		

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้พัฒนาโปรแกรมการแปลภาษามือเลข 0 ถึงเลข 9 ด้วยเมทแลบ(MATLAB) โดยโปรแกรมจะรับภาพนิ่งจากกล้องเว็บแคม ได้มีการใช้หลักการของกระบวนการเรียนรู้จำ (Machine Learning) ในการแปลความหมาย โปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 94 เมื่อพื้นหลังของภาพเป็นภาพแบบสีดำ รวมถึงการแสดงท่าทางของภาษามือมีลักษณะใกล้เคียงกับท่าทางของภาษามือที่ใช้ตอนฝึกสอน (Train)

Project Title	Sign Language Translation Number 0-9 Using Image Processing
Name	Mr.Nuntanakorn Buree ID 51363180
	Mr.Teesit Joybumroog ID 51364828
Project Advisor	Assistant Professor Panomkhawn Riyamongkol , Ph.D.
Major	Computer Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic Year	2011

.....

ABSTRACT

This project has developed a program to translate sign language number 0 to number 9.The program has been developed using MATLAB. Input images can be capture from computer's webcam. The principle of Machine Learning is used for classified hand sign. This program can give correct numbers more than 94 percent in the condition that background must be black and the hand's position are approximate vertical. Moreover, gesture of input sign language is similar to the posture of the sign languages used for training.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการแปลภาษามือเลข 0 ถึงเลข 9 สำเร็จได้ เนื่องจากมีบุคคลหลายท่านให้ความกรุณาช่วยเหลือทางด้านข้อมูล ข้อเสนอแนะ คำปรึกษาแนะนำ ความคิดเห็น และกำลังใจ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์พนมขวัญ ริยะมงคล ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ควบคุมปริญญานิพนธ์ของผู้เขียน ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ ข้อแนะนำ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ในทุกขั้นตอน ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้เขียนในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ตลอดมา

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านในคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ถ่ายทอดและสร้างความรู้ให้แก่ผู้ศึกษา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือประสานงานเป็นอย่างดีด้วยอัธยาศัยไมตรีที่ดี

ท้ายสุด ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอขอบคุณพี่น้องและเพื่อนๆ ที่ได้ช่วยเหลือส่งเสริม สนับสนุน กระตุ้นเตือน และเป็นกำลังใจตลอดมา จนทำให้การศึกษาครั้งนี้ประสบผลสำเร็จได้ตามที่ตั้งใจ

นันทนคร บุรี

ธีศิษฎ์ จ้อยบำรุง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....ก

Abstract.....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

สารบัญ.....ง

สารบัญตาราง.....ช

สารบัญรูป.....ซ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน.....1

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2

1.5 แผนการดำเนินงาน.....3

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....3

1.7 งบประมาณของโครงงาน.....4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 คนหูหนวก.....5

2.1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับคนหูหนวก.....5

2.1.2 ประเภทของคนหูหนวก.....5

2.1.3 วิธีที่ช่วยให้คนหูหนวกสามารถรับรู้และสื่อสารได้.....6

2.2 การสะกดนิ้วมือไทย.....8

2.3 ภาษามือ 0 – 9 8

2.4 วิธีการวิเคราะห์ความแม่นตรงของโมเดล n-fold cross-validation.....12

2.5 Raster Graphic.....12

2.6 พิกเซล.....13

2.7 ระบบมาตรฐานสี.....13

2.7.1 ระบบสี RGB.....14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7.2 ระบบสี HSV.....14
2.8 การหาจุดกึ่งกลางมือ.....16
2.9 การหาความชัน.....19
2.10 การหามุมภายในสามเหลี่ยม.....20
2.11 การตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree).....26

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....28
3.1 แผนผังขั้นตอนการทำงาน.....28
3.2 การค้นหาจุดปลายนิ้วมือ.....29
3.3 การกรองจุดปลายนิ้วที่หุบออก.....33
3.4 คุณลักษณะของมือ.....34
3.5 การแปรความหมายของจุดปลายนิ้ว.....36

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....37
4.1 ภาพเลข 0 ถึงเลข 9.....37
4.2 ผลการทดลองโปรแกรม.....42
4.2.1 ขั้นตอนการหาจุดปลายนิ้วและนิ้วที่หุบ.....42
4.2.2 ภาพตัวอย่างมือสำหรับการฝึกสอนและการทดสอบ.....52
4.2.3 ผลการทดลองการฝึกสอน.....52
4.2.4 ผลการทดลองของการทดสอบ.....57

บทที่ 5 บทสรุป.....67
5.1 บทสรุป.....67
5.2 ปัญหาที่พบ.....67
5.3 แนวทางการแก้ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....68

เอกสารอ้างอิง.....69
ภาคผนวก.....70
ประวัติผู้เขียนโครงงาน.....74

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.5 แผนการดำเนินงาน.....3

2.1 ระดับการได้ยินเสียง.....6

4.1 ผลการทดสอบทดสอบการแปลความหมายขณะที่มือเอียง 0 องศา.....63

4.2 ผลการทดสอบทดสอบการแปลความหมายขณะที่มือเอียง 20 องศา.....64

4.3 ผลการทดสอบทดสอบการแปลความหมายขณะที่มือเอียง 45 องศา.....65

4.4 ผลการทดสอบทดสอบการแปลความหมายขณะที่มือเอียง 90 องศา.....66

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ท่าทางภาษามือเลข 0 8

2.2 ท่าทางภาษามือเลข 1 9

2.3 ท่าทางภาษามือเลข 2 9

2.4 ท่าทางภาษามือเลข 3 9

2.5 ท่าทางภาษามือเลข 4 10

2.6 ท่าทางภาษามือเลข 5 10

2.7 ท่าทางภาษามือเลข 6 10

2.8 ท่าทางภาษามือเลข 7 11

2.9 ท่าทางภาษามือเลข 8 11

2.10 ท่าทางภาษามือเลข 9.....11

2.11 5-fold cross-validation.....12

2.12 ภาพตัวอย่างแบบบิตแมป.....13

2.13 ระบบสี RGB 14

2.14 ระบบสี HSV 15

2.26 แสดงจุดกลางนิ้วมือ.....18

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.27 อธิบายการทำงานของกระบวนการที่มีเงื่อนไขการตัดสินใจ.....26

3.1 แผนผังขั้นตอนการทำงาน (Block Diagram) 28

3.2 แสดงผลลัพธ์ของการค้นหาจุดปลายนิ้วมือ.....29

3.3 แสดงการปรับปรุงภาพให้เป็นส่วนเต็ม (1).....30

3.4 แสดงการปรับปรุงภาพให้เป็นส่วนเต็ม (2).....31

3.5 การหาจุดปลายนิ้ว.....31

3.6 แสดงจุดปลายนิ้ว 32

3.7 แสดงจุดนิ้วที่หุบ.....33

3.8 แสดงคุณลักษณะต่างๆของมือ.....34

3.9 การวัดความลาดชัน.....34

3.10 รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก.....35

3.11 แสดงการตีความหมาย.....36

4.41 ตัวอย่างภาษามือที่ใช้ในการฝึกสอน.....52

4.42 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบแบบการตัดสินใจแบบต้นไม้โดยโปรแกรมเวก้า(Weka) 53

4.43 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบแบบนาอีฟเบร์(Naives Baye) โดยโปรแกรมเวก้า.....54

4.44 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบแบบซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine).....55

4.45 กราฟเปรียบเทียบความแม่นยำของแต่ละอัลกอริทึม.....56

4.46 การตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree).....56

4.47 แสดงภาพหมายเลขมือหมายเลข 3.....57

4.48 แสดงภาพหมายเลขมือหมายเลข 6.....58

4.49 แสดงภาพหมายเลขมือหมายเลข 7.....59

4.50 แสดงภาพหมายเลขมือหมายเลข 8.....60

4.51 แสดงภาพหมายเลขมือหมายเลข 9.....61

4.52 แสดงการจำแนกหมายมือเลข 7 โดยการตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree).....62

4.53 ผลลัพธ์จากการรันโปรแกรม.....62

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันการติดต่อสื่อสารระหว่างกลุ่มคนปกติกับกลุ่มคนปกตินั้นสามารถทำได้ง่ายดาย สะดวกรวดเร็ว และทันเหตุการณ์ เนื่องจากได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีและอุปกรณ์ต่างๆ เพิ่มขึ้นอย่างมากมาย

แต่สำหรับกลุ่มผู้บกพร่องทางการได้ยินแล้ว การที่จะติดต่อสื่อสารกับกลุ่มคนปกติทั่วไปนั้น ยังไม่สามารถที่จะทำให้กลุ่มคนปกตินั้นเข้าใจในสิ่งที่สื่อสารได้ หรือถ้าเข้าใจก็อาจจะเข้าใจในสิ่งที่ไม่ใช่ความหมายที่ถูกต้องแท้จริง เพราะภาษาที่ใช้สื่อสารกันระหว่างกลุ่มผู้บกพร่องทางการได้ยินนั้นเป็นภาษามือ ซึ่งปกติแล้วกลุ่มคนปกติทั่วไปนั้นก็แทบจะไม่มีโอกาสได้ใช้เลย จึงทำให้การติดต่อสื่อสารกันระหว่างกลุ่มผู้บกพร่องทางการได้ยินกับกลุ่มคนปกตินั้นเป็นไปด้วยความยากลำบาก จะมีก็แต่กลุ่มคนปกติที่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับผู้บกพร่องทางการได้ยินหรือผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับภาษามือเท่านั้นที่จะสามารถสื่อสารกับผู้บกพร่องทางการได้ยินได้อย่างเข้าใจและถูกต้อง ซึ่งในสังคมปัจจุบันกลุ่มคนพวกนี้ก็ยังมีไม่มาก จึงทำให้กลุ่มผู้บกพร่องทางการได้ยินมีความลำบากในการสื่อสารกับกลุ่มคนปกติในการดำเนินชีวิตในสังคม

จากเหตุผลดังกล่าว หากพวกเราสามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ หรือเทคโนโลยีที่ช่วยในการติดต่อสื่อสารระหว่างกลุ่มผู้บกพร่องทางการได้ยินกับกลุ่มคนปกติได้นั้น น่าจะมีส่วนช่วยให้การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้บกพร่องทางการได้ยินกับคนปกติสามารถที่จะเข้าใจกันได้มากขึ้น และมีความสะดวกสบายมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

พัฒนาซอฟต์แวร์การแปลภาษามือเลข 0 ถึง 9

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

1.3.1 สามารถแปลภาษามือเลข 0 ถึง 9 ได้

1.3.2 แสงสว่างต้องมีเพียงพอ

1.3.3 สามารถเอียงข้อมือได้ไม่เกิน 30 องศา

1.3.4 กล้องกับมือควรตั้งฉากกัน

1.3.5 ฉากหลังต้องเป็นพื้นสีดำ

1.3.6 ระยะห่างจากกล้องถึงมือมีขนาด 40 ถึง 80 เซนติเมตร

1.3.7 มือที่ใช้ทดสอบต้องเป็นมือขวาเท่านั้น

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับภาษามือการประมวลผลภาพและการทำรายงาน
2. ออกแบบโปรแกรม
3. เขียนโปรแกรมส่วนการรับข้อมูล
4. เขียนโปรแกรมส่วนการแปลภาษามือ
5. เขียนโปรแกรมส่วนการแสดงผล
6. ทดสอบและพัฒนาซอฟต์แวร์ให้มีความสมบูรณ์
7. รวบรวมข้อมูล เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง และผลจากการทดลอง
8. สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มโครงงาน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.5 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2554							ปี 2555		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับภาษามือ อิมเมจโปรเซสซิ่ง และการทำรายงาน	←	―	―	―	→					
ออกแบบโปรแกรม				←	→					
เขียนโปรแกรมส่วนการรับข้อมูล					←	―	―	→		
เขียนโปรแกรมส่วนการแปลภาษามือ					←	―	―	→		
เขียนโปรแกรมส่วนการแสดงผล					←	―	―	→		
ทดสอบและพัฒนาซอฟต์แวร์ให้มีความสมบูรณ์							←	―	→	
รวบรวมข้อมูล เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง และผลจากการทดลอง								←	→	
สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มโครงงาน									←	→

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ซอฟต์แวร์ที่สามารถแปลภาษามือเลข 0 ถึง 9 ได้
2. สามารถนำซอฟต์แวร์ไปพัฒนาต่อเพื่อให้สามารถช่วยแนะนำให้กับผู้ที่ไม่รู้ภาษามือเลข 0 ถึง 9 ได้ลองฝึกการใช้ว่าใช้ได้ถูกต้องและสื่อความหมายได้ตามที่ต้องการหรือไม่
3. สามารถนำซอฟต์แวร์ไปพัฒนาต่อเพื่อให้กลุ่มคนปกติและกลุ่มผู้บกพร่องทางการได้ยินที่ไม่รู้ภาษามือสามารถรับรู้ได้ว่าภาษามือเลข 0 ถึง 9 ที่ผู้บกพร่องทางการได้ยินสื่อสารออกมามีความหมายสื่อถึงเลขอะไร

1.7 งบประมาณของโครงงาน

ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่ม	เป็นเงิน 500 บาท
ค่าอุปกรณ์สำนักงาน	เป็นเงิน 500 บาท
ค่าอุปกรณ์คอมพิวเตอร์	เป็นเงิน 1,000 บาท
รวม	เป็นเงิน 2,000 บาท

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับผู้บกพร่องทางการได้ยิน (ซึ่งจะเรียกว่า คนหูหนวก ในบทนี้) ประวัติของภาษามือ หลักการและทฤษฎีต่างๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้กับโครงงานนี้ ซึ่งได้แก่

2.1 คนหูหนวก [1]

หู เป็นอวัยวะที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ หูทำให้มนุษย์เราได้เรียนรู้อย่างกว้างขวาง ได้เข้าใจกันด้วยเสียงพูด ได้รู้ถึงอันตรายที่จะเกิดขึ้นรอบข้างและอีกส่วนหนึ่งของหูยังช่วยในการทรงตัวด้วย

คนหูหนวก หมายถึง สภาพของบุคคลที่สูญเสียการได้ยิน ซึ่งวัดได้โดย เครื่องมือเฉพาะว่าได้ยินคำพูด และเสียงอื่น ซึ่งมีความถี่และความดังขนาดใด หน่วยที่ใช้ในการวัดการได้ยิน คือ เดซิ-เบล (decibel) ซึ่งเขียนย่อว่า dB

2.1.1 ความรู้ทั่วไปสำหรับคนหูหนวก

ความเป็นมาด้านการศึกษาสำหรับเด็กหูหนวกในประเทศไทย เริ่มเมื่อปี พ.ศ. 2494 โดย ม.ร.ว.เสริมศรี เกษมศรี ซึ่งสำเร็จการศึกษาจากวิทยาลัยกอลอเดท (Gallaudet College) วิทยาลัยทางศิลปศาสตร์แห่งแรกและแห่งเดียวสำหรับคนหูหนวก ได้เปิดหน่วยทดลองสอนคนหูหนวกขึ้นเป็นครั้งแรกที่โรงเรียนวัดโสมนัส การสอนคนหูหนวกในตอนนั้นเป็นการสอนพูดโดยใช้ท่าภาษามือประกอบ ต่อมาคุณหญิงกมลา ไกรฤกษ์ ได้สำเร็จการศึกษาจากวิทยาลัยเดียวกันมาเป็นครูใหญ่โรงเรียนสอนคนหูหนวกดุสิต (ปัจจุบันคือโรงเรียนเศรษฐเสถียร) ได้รวบรวมภาษามือเป็นหนังสือภาษามือไทยขึ้น เพื่อใช้สอนคนหูหนวกในประเทศไทย โดยให้มีการสอนพูดรวมกับการใช้ภาษามือและการสะกดนิ้วมือร่วมกับการอ่าน และการเขียนตามปกติ

2.1.2 ประเภทของคนหูหนวก

คนหูหนวก หมายถึง ผู้ที่สูญเสียการได้ยิน 90 เดซิเบลขึ้นไป วัดด้วยเสียงบริสุทธิ์ ณ ความถี่ 500,1000 และ2,000 เฮิร์ท ในหูข้างที่ดีกว่าไม่สามารถใช้การได้ยินให้เป็นประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพอาจ เป็นผู้ที่สูญเสียการได้ยินมาแต่กำเนิดหรือสูญเสียการได้ยินภายหลังก็ตาม

คนหูตึง หมายถึง ผู้ที่สูญเสียการได้ยินระหว่าง 26-89 เดซิเบล วัดด้วยเสียงบริสุทธิ์ ณ ความถี่ 500,1000 และ2,000 เป็นผู้ที่สูญเสียการได้ยินเล็กน้อยไปจนถึงการ สูญเสียการได้ยินขั้นรุนแรง

ตารางที่ 2.1 ระดับของการได้ยินเสียง

ระดับการได้ยิน	วัดการได้ยิน	ลักษณะอาการ
ระดับที่ 1 หูปกติ	0 - 25 เดซิเบล	ได้ยินเสียงพูดกระซิบเบาๆ
ระดับที่ 2 หูตึงเล็กน้อย	26 - 40 เดซิเบล	ไม่ได้ยินเสียงพูดเบาๆ แต่ได้ยินเสียงพูดปกติ อาจใช้เครื่องช่วยฟังบางโอกาส เช่น เรียนหนังสือ
ระดับที่ 3 หูตึงปานกลาง	41 - 55 เดซิเบล	ไม่ได้ยินเสียงปกติ ต้องพูดดังกว่าปกติจึงจะได้ยิน จำเป็นต้องใช้เครื่องช่วยฟังขณะพูดคุย
ระดับที่ 4 หูตึงมาก	56 - 70 เดซิเบล	พูดเสียงดังแล้วยังไม่ได้ยิน จำเป็นต้องใช้เครื่องช่วยฟังตลอดเวลา
ระดับที่ 5 หูตึงรุนแรง	71 - 90 เดซิเบล	ต้องตะโกนหรือใช้เครื่องขยายเสียงจึงจะได้ยิน แต่ได้ยินไม่ชัด
ระดับที่ 6 หูหนวก	91 เดซิเบลขึ้นไป	ตะโกนหรือใช้เครื่องขยายเสียงแล้วยังไม่ได้ยิน และไม่เข้าใจความหมาย

2.1.3 วิธีที่ช่วยให้คนหูหนวกสามารถรับรู้และสื่อสารได้

สิ่งที่จะทำให้คนหูหนวกนั้นได้ยินเสียงนั้นมีอยู่หลายแบบด้วยกัน ซึ่งแต่ละแบบก็จะแตกต่างกันไปและการใช้ก็จะขึ้นอยู่กับระดับของคนหูหนวก ได้แก่

2.1.3.1 เครื่องช่วยฟัง (Hearing aids)

เครื่องช่วยฟัง คือ เครื่องขยายเสียงขนาดเล็กที่สามารถใส่ติดไว้ที่หู เพื่อทำหน้าที่ขยายเสียง จากภายนอกทำให้ผู้ฟังรับรู้เสียงได้ดีขึ้น เครื่องช่วยฟังถือเป็นอุปกรณ์ช่วยการได้ยิน (Hearing devices) ชนิดหนึ่งสำหรับคนหูหนวกแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

ก. เครื่องชวยฟังชนิดฟังเสียงทางอากาศ (Air conduction hearing aid)

เป็นเครื่องที่ใส่ ไว้ที่หู โดยให้เสียงผ่านเข้าทางช่องหู

ข. เครื่องช่วยฟังชนิดฟังเสียงทางกระดูก(Bone conduction hearing aid)

เป็นเครื่องที่ใส่ไว้ที่หู โดยให้เสียงผ่านเข้าที่บริเวณหลังใบหู (mastoid) กรณีที่ผู้ป่วยไม่สามารถใส่เครื่องทางช่องหู เช่น รูหูตีบ ไม่มีรูหู ผู้ป่วยที่มีหนองไหลจากหูตลอดเวลา เป็นต้น เครื่องประเภทนี้ มีทั้งชนิดที่วางอยู่ภายนอก และชนิดที่แพทย์ต้องทำการ ผ่าตัดเพื่อฝังไว้ที่กะโหลกศีรษะโดยมีตัวรับเสียงอยู่ภายนอก (Bone-Anchor Hearing Aid)

2.1.3.2 เครื่องช่วยการรับรู้ด้วยการสั่นสะเทือน (Vibro-tactile hearing aid)

สำหรับผู้ที่สูญเสียการได้ยินอย่างมากจนไม่สามารถรับรู้ด้วยการได้ยิน โดยเฉพาะผู้ที่หูพิการและมีปัญหาทางสายตา(หูหนวก-ตาบอด) เครื่องจะแปลสัญญาณเสียงให้เป็นความรู้สึกสั่นสะเทือนแทน ผู้ใช้จะต้องฝึกฝนการรับรู้ เพราะข้อมูลที่ได้มีความจำกัด โดยเฉพาะน้ำเสียงและวรรณยุกต์ ในปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้ เนื่องจากมีเทคโนโลยีของการผ่าตัดหูชั้นในเทียม ซึ่งจะช่วยให้ผู้ป่วยรับรู้เสียงได้ดีกว่า

2.1.3.3 การผ่าตัดหูชั้นในเทียม (Cochlear Implant)

เป็นเครื่องช่วยการได้ยินอีกชนิดหนึ่งซึ่งจะต้องอาศัยการผ่าตัดเพื่อฝังอุปกรณ์เข้าไปในอวัยวะรับเสียงในหูของผู้ป่วยหูพิการซึ่งไม่สามารถได้รับประโยชน์จากการใช้เครื่องช่วยฟัง อุปกรณ์ดังกล่าวจะแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่จะสามารถกระตุ้นเซลล์ขนภายในอวัยวะรับเสียงให้สามารถทำหน้าที่ได้ดีขึ้น หลังจากทำการผ่าตัดฝังอุปกรณ์แล้ว ผู้ป่วยจำเป็น ต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพการฟัง และการพูด โดยเฉพาะในเด็กที่หูพิการแต่กำเนิด เนื่องจากเสียงที่ผู้ป่วยได้ยินจะไม่เหมือนกับที่คนปกติรับรู้ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้กำลังเป็นที่สนใจของนักวิชาการและผู้ป่วยที่หูหนวก เพราะจะช่วยให้ผู้ป่วยกลับมาได้ยินอีกครั้ง สำหรับเด็ก ก็จะช่วยให้เด็กมีพัฒนาการทางภาษาและการพูด สามารถเรียนร่วมกับเด็กปกติได้โดยไม่ต้องใช้ภาษามือ หากได้รับการผ่าตัดและการฟื้นฟูที่ถูกต้อง เหมาะสม

2.1.3.4 เครื่องกลบเสียงรบกวน (Tinnitus masker)

เป็นเครื่องที่ปล่อยเสียงรบกวนที่คลื่นความถี่เฉพาะเพื่อกลบเสียงรบกวนในผู้ป่วยซึ่งประสบกับปัญหาเสียงรบกวนในหูตลอดเวลาในขณะที่มีการได้ยินปกติ แต่จะไม่มีการขยายเสียง ลักษณะของตัวเครื่องจะเหมือนกับเครื่องช่วยฟังแบบใส่ในช่องหู

2.1.3.5 ภาษามือ (Sign Language)

เป็นอวัจนภาษาอย่างหนึ่ง ที่ประกอบด้วย การสื่อสารด้วยมือ การสื่อสารด้วยร่างกาย และการใช้ริมฝีปากในการสื่อความหมายแทนการใช้เสียงพูด การสื่อสารจะใช้ลักษณะของมือที่ทำเป็นสัญลักษณ์ การเคลื่อนไหวมือ แขนและร่างกาย และการแสดงความรู้สึกทางใบหน้าเพื่อช่วยในการสื่อสารความคิดของผู้สื่อ ภาษาสัญลักษณ์ส่วนใหญ่มักใช้ในกลุ่มคนหูหนวก เป็นภาษาที่ได้ตกลง และรับรองว่าเป็นภาษามาตรฐานสำหรับคนหูหนวกได้ใช้กัน

2.2 การสะกดนิ้วมือไทย [1]

การสะกดนิ้วมือไทย คือการใช้นิ้วมือทำท่าภาษามือแทนตัวอักษร สระ วรรณยุกต์ในภาษาไทย รวมทั้งตัวเลขเพื่อสะกดเป็นคำที่มีความหมายต่างๆ

การสะกดนิ้วมือไทยสำหรับคนหูหนวกนี้ ผู้คิดค้นดัดแปลงจากตัวสะกดนิ้วมืออเมริกันมาเป็นตัวสะกดนิ้วมือไทยสำเร็จคน แรกเมื่อปี พ.ศ. 2499 คือ คุณหญิงกมลา ไกรฤกษ์ อ.บ. , ป.ม., M.A., อดีตอาจารย์ใหญ่โรงเรียนสอนคนหูหนวก (โรงเรียนเศรษฐเสถียรในขณะนี้) ซึ่งสำเร็จวิชาการสอนคนหูหนวก จากมหาวิทยาลัยกาเลาเด็ท กรุงวอชิงตัน สหรัฐอเมริกา การสะกดนิ้วมือชุดนี้ เกิดขึ้นจากคณะศิษย์เก่าโรงเรียนสอนคนหูหนวกกลุ่มหนึ่ง ได้พยายามปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นเพื่อครู นักเรียนหูหนวก และบุคคลหูปกติสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง โดยมีมูลนิธิอนุเคราะห์คนหูหนวกในพระบรมราชินูปถัมภ์สนับสนุนด้านวิชาการและทุนในการจัดพิมพ์

การ เรียนรู้ภาษามือ ไม่ใช่เรื่องยาก เนื่องจากมีหลักการที่อ้างอิงได้ง่ายๆ เช่น การสะกดนิ้วมือ จะอาศัยฐานแบบสะกดนิ้วมือตัวอักษร A - Z ผสมกัน หรือผสมกับฐานแบบสะกดนิ้วมือตัวเลข 0 - 9 นั่นเอง หรือท่าภาษามือ ก็มักจะใกล้เคียงกับท่าทางหรือกริยา หรือวัตถุจริงในธรรมชาติ ซึ่งถ้าใช้วิธีการศึกษาแบบเทียบเคียง จะทำให้เข้าใจและจำภาษามือได้ง่ายขึ้น

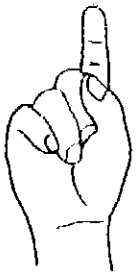
2.3 ภาษามือเลข 0 – 9 [2]

0

ภาษาอังกฤษ: Zero

คำอธิบาย: ให้ทำท่าเหมือนกับกำมือแต่จะใช้ปลายนิ้วชี้และนิ้วโป้ง จิกเข้าหากันส่วนนิ้วที่เหลือให้ทำโค้งตามรูปของนิ้วชี้

รูปที่ 2.1 ท่าทางภาษามือเลข 0



1

ภาษาอังกฤษ : One

คำอธิบาย : ชูนิ้วชี้ขึ้นส่วนนิ้วที่เหลือให้กำเอาไว้

รูปที่ 2.2 ท่าทางภาษามือเลข 1

2

ภาษาอังกฤษ : Two

คำอธิบาย : ชูนิ้วกลางและนิ้วชี้ส่วนนิ้วที่เหลือให้กำเอาไว้

รูปที่ 2.3 ท่าทางภาษามือเลข 2

3

ภาษาอังกฤษ : Three

คำอธิบาย : ชูนิ้วโป้ง,นิ้วชี้ และนิ้วกลาง นิ้วที่เหลือให้กำไว้

รูปที่ 2.4 ท่าทางภาษามือเลข 3

4

ภาษาอังกฤษ : Four

คำอธิบาย : ชูนิ้วโป้ง,นิ้วชี้,นิ้วกลาง และนิ้วนาง ส่วนนิ้วโป้งกำเอาไว้

รูปที่ 2.5 ท่าทางภาษามือเลข 4

5

ภาษาอังกฤษ : Five

คำอธิบาย : กางนิ้วออกทั้ง 5 นิ้ว

รูปที่ 2.6 ท่าทางภาษามือเลข 5

6

ภาษาอังกฤษ : Six

คำอธิบาย : ชูนิ้วชี้ ,นิ้วกลาง และ นิ้วนาง และจิกปลายนิ้วโป้งและนิ้วก้อยเข้าหากัน

รูปที่ 2.7 ท่าทางภาษามือเลข 6

7

ภาษาอังกฤษ : Seven
คำอธิบาย : ชูนิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วก้อย และจิกปลายนิ้วนางกับปลายนิ้วโป้งเข้าหากัน

รูปที่ 2.8 ท่าทางภาษามือเลข 7

8

ภาษาอังกฤษ : Eight
คำอธิบาย : ชูนิ้วชี้ ,นิ้วนาง และนิ้วก้อย และปลายนิ้วกลางจิกกับปลายนิ้วโป้ง

รูปที่ 2.9 ท่าทางภาษามือเลข 8

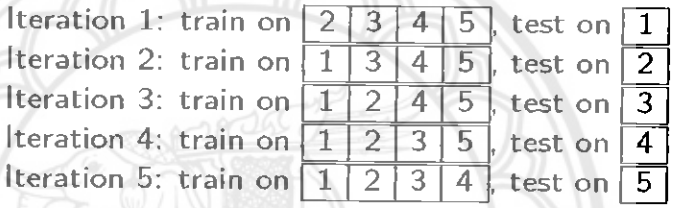
9

ภาษาอังกฤษ : Nine
คำอธิบาย : ชูนิ้วกลาง ,นิ้วนาง และนิ้วก้อย และปลายนิ้วชี้จิกกับปลายนิ้วโป้ง

รูปที่ 2.10 ท่าทางภาษามือเลข 9

2.4 วิธีการวิเคราะห์ความแม่นตรงของโมเดลเอ็นโฟคลอสวาลิดเดชั่น(n-fold cross-validation)[3]

การตรวจสอบไขว้กัน (Cross Validation) เป็นวิธีการในตรวจสอบค่าความผิดพลาดในการคาดการณ์ของโมเดล โดยพื้นฐานของวิธีการการตรวจสอบไขว้กันคือการสุ่มตัวอย่างโดยเริ่มจากแบ่งชุดข้อมูลออกเป็นส่วน ๆ และนำบางส่วนจากชุดข้อมูลนั้นมาตรวจสอบ ผลลัพธ์จากการทำการตรวจสอบไขว้กันมักถูกใช้เป็นตัวเลือกในการกำหนดโมเดล ในกรณีการทำเอ็นโฟคลอสวาลิดเดชั่นจะแบ่งข้อมูลออกเป็น n ชุดเท่าๆกัน และทำการคำนวณค่าความผิดพลาด n รอบ โดยแต่ละรอบการคำนวณข้อมูลชุดหนึ่งจากข้อมูล n ชุดจะถูกเลือกออกมาเพื่อเป็นข้อมูลทดสอบและข้อมูลอีก n - 1 ชุดจะถูกใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ ตัวอย่างดังรูป



รูปที่ 2.11 5-fold cross-validation

2.5 Raster Graphic [6]

โปรแกรมปรับแต่งภาพส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในท้องตลาดทุกวันนี้ มักจะทำงานกับภาพแบบบิตแมป หรือที่เรียกกันว่าแบบราสเตอร์ (raster) ภาพแบบบิตแมปนี้จะใช้ กริดของตารางเล็ก ๆ ที่เรารู้จักกันดีในชื่อ " พิกเซล " (pixel) สำหรับแสดงภาพ แต่ละพิกเซลก็จะมีค่าของตำแหน่งและค่าสีของตัวเอง ด้วยเหตุที่พิกเซลมีขนาดเล็กจึงเห็นว่าภาพ มีความละเอียดสวยงามไม่มีลักษณะของกรอบสี่เหลี่ยมให้เห็น แต่ถ้าขยายขนาดของภาพ ก็จะเห็นกรอบเล็ก ๆ หรือพิกเซลที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นภาพ ดังนั้นเมื่อทำงานกับภาพแบบมิตแมป จึงเป็นการทำงานกับพิกเซลเล็ก ๆ ที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นภาพ ไม่ใช่วัตถุหรือรูปทรงที่เห็น ภาพแบบบิตแมปเป็นรูปที่ขึ้นอยู่กับความละเอียด (resolution) นั่นคือ มีจำนวนพิกเซลที่แน่นอนในการแสดงภาพ ดังนั้นจากตัวอย่างในรูปที่แสดงด้านล่าง จะเห็นว่าเมื่อภาพถูกขยาย หรือพิมพ์ด้วยความละเอียดไม่มากพอ ภาพจะสูญเสียรายละเอียด และปรากฏเป็นรอยหยักอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามภาพแบบบิตแมป ถือเป็นรูปแบบที่เหมาะกับรูปที่มีเฉดและสีสันจำนวนมาก เช่น ภาพถ่าย หรือภาพวาด

รูปที่ 2.12 ภาพตัวอย่างแบบบิตแมป

2.6 พิกเซล (Pixel) [6]

พิกเซล (Pixel) เป็นการผสมผสานของคำว่า "Picture" และ "element" คือหน่วย พื้นฐานของภาพ ภาพบิตแมปทุก ๆ ภาพประกอบขึ้นด้วยพิกเซล แต่ละพิกเซลจะมีลักษณะ เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่เก็บข้อมูลของสีโดยถูกกำหนดตำแหน่งไว้บนเส้นกริดของแนวแกน x และ y ในลักษณะคล้ายแผนที่ (map) นั่นจึงเป็นที่มาของคำว่าบิตแมป (bitmap) เช่น พิกเซลของ ภาพ 8 บิต จะเก็บข้อมูลของสี 8 บิต ที่จอภาพจะใช้ในการแสดงผล ดังนั้นภาพภาพหนึ่งจึงประกอบด้วยพิกเซลเล็ก ๆ จำนวนมาก ซึ่งสามารถมองเห็นได้เมื่อ ขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนของพิกเซล ที่แสดงต่อหน่วยของความยาวในภาพจะถูกเรียกว่าความละเอียด ของภาพ โดยปกติจะวัดเป็นพิกเซลต่อนิ้ว (ppi : pixel per inch) รูปที่มีความละเอียดสูงจะประกอบไปด้วยพิกเซลจำนวนมากที่มีขนาดเล็กกว่าภาพเดียวกันที่มีความละเอียดน้อยกว่า ตัวอย่าง เช่น ภาพขนาด 1 x 1 นิ้ว ที่ความละเอียด 72 ppi จะประกอบด้วยพิกเซล 5,184 พิกเซล (ความกว้าง 72 พิกเซล x ความยาว 72 พิกเซล = 5,184) และภาพเดียวกันที่ความละเอียด 300 ppi จะประกอบด้วยพิกเซล 90,000 พิกเซลที่มีขนาดของพิกเซลเล็กกว่า (300 x 300 = 90,000) แน่นอน ว่ารูปที่มีความละเอียดมากกว่าก็จะใช้พื้นที่ในการจัดเก็บมากกว่า

2.7 ระบบมาตรฐานของสี (Colors Standard)

มาตรฐานของสีที่มีใช้ในปัจจุบันมีอยู่มากมาย สำหรับในการนำไปใช้งานก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับความต้องการของงานในแต่ละงาน แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานของสีนั้นจะมีแนวคิดเดียวกันก็คือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในสเปส 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในสเปส ซึ่งในแต่ละแกนจะมีความอิสระต่อกัน อย่างเช่น ในระบบ RGB จะมีแกนสี คือ แกนสี

แดง(red) แกนสีเขียว(green) และแกนสีน้ำเงิน(blue) ในระบบเอสเอชวี(HSV) ก็จะมี แกนค่าสี (hue) ความบริสุทธิ์ของสี (saturation) และ ค่าความสว่างของสี (value) เป็นต้น

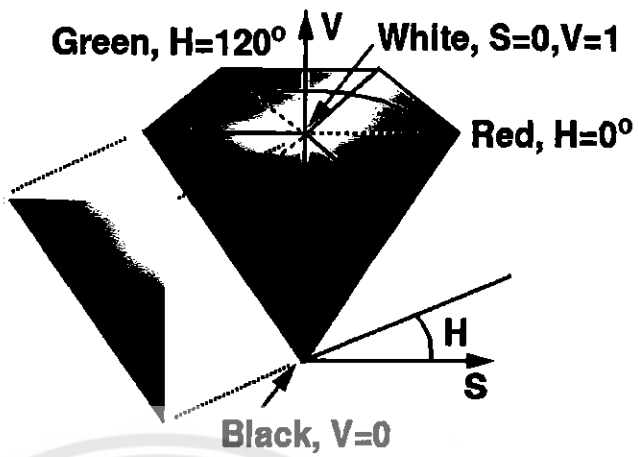
2.7.1 ระบบสี RGB (Red/Green/Blue)

ระบบสี RGB เป็นระบบที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยมีการรวมกันแบบการบวก(Additive Color Mixing) เพื่อให้ได้สีต่างๆ ขึ้นมา สำหรับในการผสมสีแบบบวกนี้ จะอยู่ในรูปแบบของการผสมของแสง ไม่ใช่การผสมของวัตถุที่มีสีบนกระดาษ เนื่องจากแสงสีขาวประกอบไปด้วยลำแสงที่มีสีต่างๆ ตามความยาวของคลื่นแสงพื้นฐานได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เมื่อคลื่นแสงเหล่านี้มีการซ้อนทับกันก็จะก่อให้เกิดการบวกและรวมตัวกันของความยาวคลื่นแสง สีแบบบวกของแสงหรือแม่สีสามสีนี้เป็นสีขั้นต้น เมื่อผสมเข้าด้วยกันเป็นคู่หรือการผสมแบบบวก จะได้สีขั้นที่สองดังรูป 2.13 โดยแต่ละสีจะมีค่าตั้งแต่ 0-255 โดยปกติแล้วระบบสี RGB นี้จะนำไปใช้กับระบบเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น โทรทัศน์ หน้าจอคอมพิวเตอร์แบบซีอาร์ที (Cathode ray tube) จอโปรเจกเตอร์ (Movie Projector) เป็นต้น

รูปที่ 2.13 ระบบสี RGB

2.7.2 ระบบสี HSV (Hue Saturation Value)

ระบบสีเอสเอชวี เป็นการพิจารณาสีโดยแกนค่าสี ความบริสุทธิ์ของสี และ ค่าความสว่างของสี ซึ่ง แกนค่าสี คือ ค่าสีของสีหลัก ได้แก่ สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน ในทางปฏิบัติจะอยู่ระหว่าง 0 – 255 ถ้าค่า Hue มีค่าเท่ากับ 0
จะแทนสีแดง และเมื่อค่า แกนค่าสี มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สีที่ได้ก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 256 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้ง สามารถแทนให้อยู่ในรูปขององศาได้ ดังนี้คือ สีแดง = 0 องศา สีเขียว = 120 องศา และสีน้ำเงิน=240 องศา ค่าแกนค่าสี สามารถแบ่งได้จากระบบสี RGB ได้ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ระบบสี HSV

จากลักษณะโมเดลของระบบแกนค่าสี พบว่าจะมีค่าอย่างน้อยหนึ่งค่าที่จะเท่ากับ 0 แต่ถ้ามีสองค่าที่เท่ากับ 0 แล้วค่าแกนค่าสี จะเป็นมุมของสี (ค่าสี) มีค่าเป็นไปตามสีที่สามและถ้าทั้งสามสีมีค่าเท่ากับ 0 แล้วจะทำให้ไม่มีค่าของแกนค่าสี แสดงว่าสีที่ได้จะเป็นสีขาวนั่นเอง ตัวอย่างเช่น จอภาพขาว – ดำ ถ้าเกิดมีสีได้สีหนึ่งมีค่าเท่ากับ 0 จะทำให้ค่าสีที่ได้เป็นไปตามสีที่เหลือ การให้น้ำหนักในการพิจารณาเมื่อสีแดงมีค่าเท่ากับ 0 สำหรับการแปลงสีจากมาตรฐาน RGB ไปสู่

$$H = \begin{cases} undefined, & if\ MAX = MIN \\ 60 \times \dfrac{G-B}{MAX+MIN} + 0, & if\ MAX = R\ and\ G \geq B \\ 60 \times \dfrac{G-B}{MAX+MIN} + 360, & if\ MAX = R\ and\ G < B \\ 60 \times \dfrac{G-B}{MAX+MIN} + 120, & if\ MAX = G \\ 60 \times \dfrac{G-B}{MAX+MIN} + 240, & if\ MAX = B \end{cases} \quad (1)$$

มาตรฐานสีแบบ HSV สามารถที่จะแปลงโดยใช้สมการที่ 1 ดังต่อไปนี้

ให้ R G B แทนค่าของสีใน RGB Model ที่มีค่าระหว่าง 0.0 - 1.0

MAX = ค่าสูงสุดใน (R, G, B), MIN = ค่าต่ำสุดใน (R, G, B)

Saturation คือ ความบริสุทธิ์ของสีซึ่งถ้าความบริสุทธิ์ของสี มีค่าเท่ากับ 0 แล้วสีที่ได้จะไม่มีแกนค่าสี ซึ่งจะเป็นสีขาวล้วนแต่ถ้าความบริสุทธิ์ของสี มีค่าเท่ากับ 255 แสดงว่าจะไม่มีแสงสีขาวผสมอยู่เลย สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2 ดังนี้

$$Saturation = \frac{\max(red,green,blue) - \min(red,green,blue)}{\max(red,green,blue)} \quad (2)$$

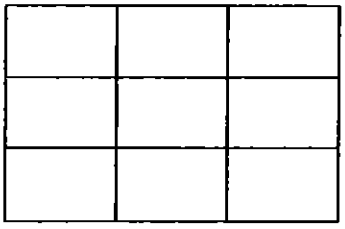
Value คือ ค่าความสว่างของสี โดยที่ค่า Value ต่ำสุดนั้นจะหมายถึง สีดำ ไม่ว่าจะมีค่าแกนค่าสี หรือค่าSaturation เท่าใดก็ตาม และในทางกลับกันจะเป็นสีขาวเมื่อมีค่าความสว่างของสี สูงสุด ซึ่งเป็นสีที่มีความสว่างที่สุดของค่าแกนค่าสี และค่าความบริสุทธิ์ของสี นั้นๆ เช่น ที่ค่าแกนค่าสี ใดๆ มีค่าความบริสุทธิ์ของสี เท่ากับ 0 เมื่อความสว่างของสี สูงสุดก็จะได้สีขาวและ ที่มีค่าความสว่างของสีต่ำสุดก็จะเป็นสีดำหรือ ที่ค่าแกนค่าสี เป็นสีเหลืองความบริสุทธิ์ของสี มีค่าเท่ากับ 100 เมื่อความสว่างของสี สูงสุดจะได้สีเหลืองและความสว่างของสี ต่ำสุดก็จะสีดำซึ่งสามารถวัดได้โดยค่าความเข้มของความสว่างของแต่ละสีที่ประกอบกันสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$Value = \max(red, green, blue) \quad (3)$$

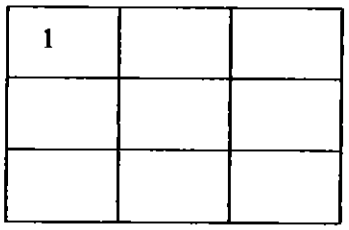
จะพบว่าในมาตรฐานสี HSV นั้นจะมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงมากกว่าการใช้ระบบสีแบบ RGB เนื่องจากว่าในการหารูปที่มีความสว่างมาก ค่าแกนค่าสี และ ค่าความบริสุทธิ์ของสี จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ใดๆเลย จะมีเพียงแต่ค่าความสว่างของสี เท่านั่นที่จะมีการเปลี่ยนแปลง เพราะฉะนั้นในมาตรฐานสีแบบเอสเอชวีได้มีการแยกองค์ประกอบของแสงออกมาด้วยค่าของความสว่างของสี ทำให้เมื่อพิจารณารูปที่มีความสว่างของแสงหรือต้องการที่จะปรับค่าความสว่างของแสงจะทำได้อย่างอิสระและไม่กระทบต่อเฉดสีของภาพนั้นๆ เนื่องจากว่าระบบสีแบบเอสเอชวีได้มีการแยกเฉดสีออกมาโดยจะขึ้นอยู่กับค่าแกนค่าสี ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่ว่าทำไมเอสเอชวีจึงมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง

2.8 การหาจุดกึ่งกลางมือ

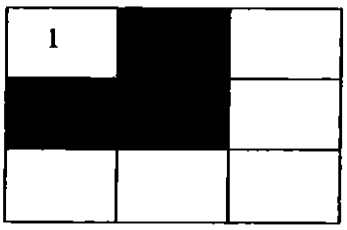
ในการหาจุดกึ่งกลางของมือนั้น สามารถทำได้หลายวิธีซึ่งวิธีดังต่อไปนี้ผู้เขียนได้ทำการศึกษาและพัฒนาโดยใช้หลักการในการขยายแบบเอทคอนเนกเตดเนเบอร์(8-connected neighbor) หาพื้นที่ที่มากที่สุด จุดไหนที่ขยายออกมาแล้วมีพื้นที่มากที่สุดจุดนั้นก็จะเป็นจุดศูนย์กลาง ดังรูป



รูปที่ 2.15 ภาพตัวอย่าง



รูปที่ 2.16



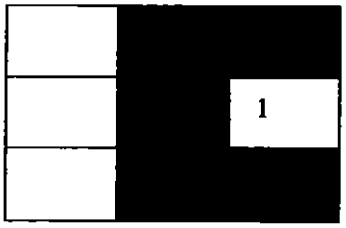
รูปที่ 2.17

รูปที่ 2.18

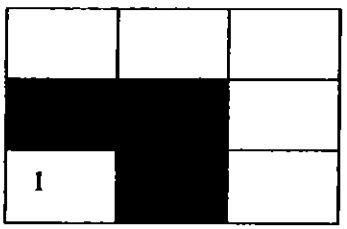
รูปที่ 2.19

รูปที่ 2.20

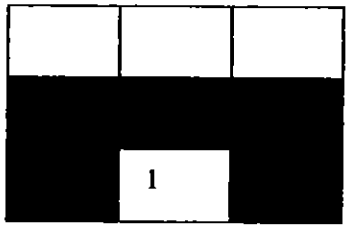
รูปที่ 2.21

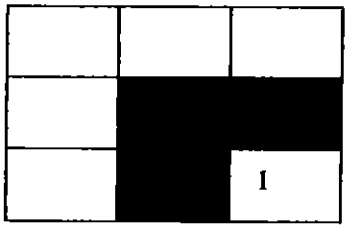


รูปที่ 2.22



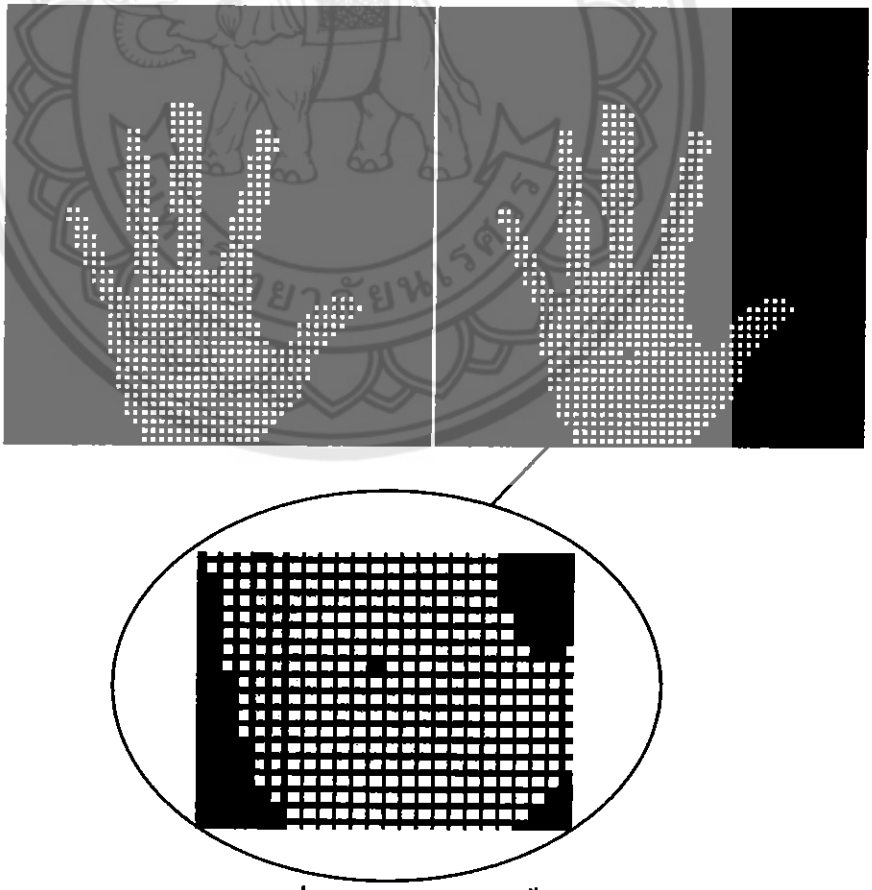
รูปที่ 2.23





รูปที่ 2.24 รูปที่ 2.25

จากภาพจะเห็นได้ว่าแต่ละรอบของการทำงาน(เริ่มที่ภาพ 2.18) จะเห็นได้ว่ารูปที่ 2.23 จะมีการขยายแบบเอทคอนเนกเต็ดเนเบอร์(8-connected neighbor) ได้มากที่สุด ดังนั้นจุดที่เราพิจารณาอยู่นั้นจึงเป็นศูนย์กลางของภาพ ดังนั้นเมื่อเรานำมาพัฒนาใช้กับภาพมือ เราก็จะได้จุดที่เป็นจุดกึ่งกลางมือ และจุดนี้นี่เองสามารถนำไปคำนวณหาคุณลักษณะต่างๆของมือได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะได้ดังรูป

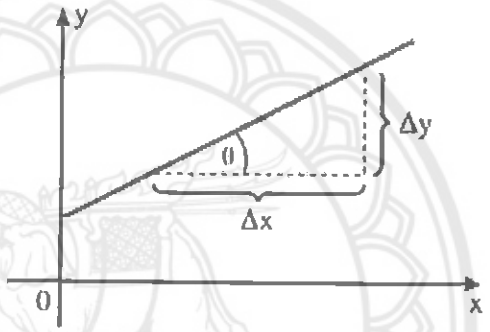


รูปที่ 2.26 แสดงจุดกลางนิ้วมือ

รูปที่ 2.26 แสดงจุดกลางนิ้วมือ

2.9 การหาความชัน [7]

การวัดความลาดชันหรือความชัน (slope) สามารถวัดความลาดชันได้ดังรูปกราฟ

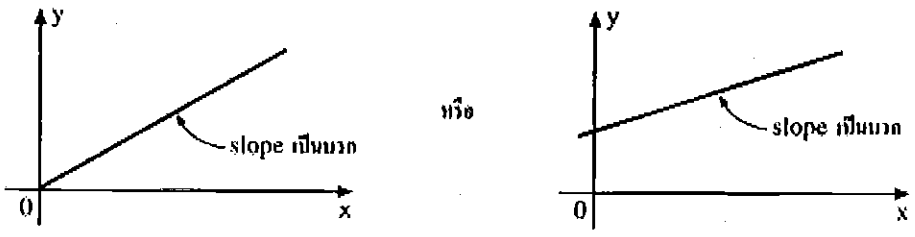


$$\text{slope} = \tan\theta = \frac{\text{ระยะแกนดิ่ง}}{\text{ระยะแกนราบ}} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

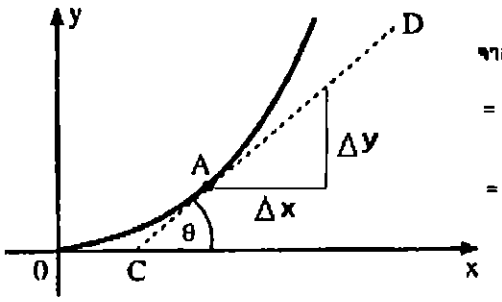
ถ้าเป็นเส้นตรงขนานกับแกนนอน จะได้ว่า slope มีค่าเท่ากับศูนย์ ($\Delta y = 0$)

ถ้าเป็นเส้นตรงเอียงซ้ายหรือเอียงขวา จะได้ว่า slope มีค่าคงที่

- ถ้ากราฟเอียงขวา จะได้ว่า slope คงที่บวก (+) ดังรูป (Δy เป็นบวก)



- ถ้ากราฟเอียงซ้าย จะได้ว่า slope คงที่ลบ (-) ดังรูป (Δy เป็นลบ)



จากรูปความชันของเส้นโค้งที่จุด A

= slope ของเส้นสัมผัส PQ

$= \tan\theta = \frac{\Delta y}{\Delta x}$

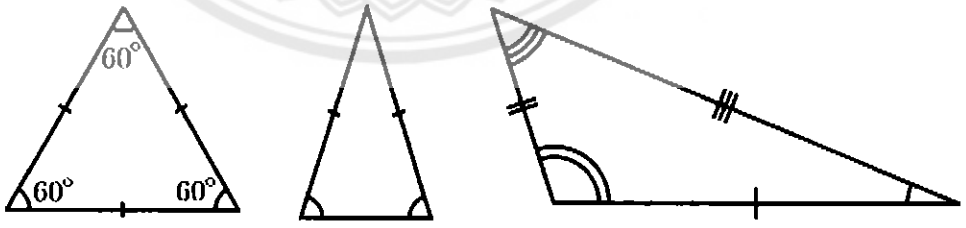
2.10 การหามุมภายในสามเหลี่ยม [8]

รูปสามเหลี่ยม (Triangle) คือ หนึ่งในรูปร่างพื้นฐานในเรขาคณิต เป็นรูป 2 มิติ ที่ประกอบด้วยจุดยอด 3 จุดและด้าน 3 ด้านที่เป็นส่วนของเส้นตรง

ชนิดของรูปสามเหลี่ยม

รูปสามเหลี่ยมแบ่งชนิดตามความยาวของด้านได้ดังนี้

- **รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า** มีด้านทุกด้านยาวเท่ากัน รูปสามเหลี่ยมด้านเท่าจะเป็นรูปมุมเท่าอีกด้วย นั่นคือ มุมภายในทุกมุมจะมีขนาดเท่ากัน คือ 60°
- **รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว** มีด้านสองด้านยาวเท่ากัน รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วจะมีมุมสองมุมมีขนาดเท่ากัน
- **รูปสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า** ด้านทุกด้านจะมีความยาวแตกต่างกัน มุมภายในในรูปสามเหลี่ยมด้านไม่เท่าจะมีขนาดแตกต่างกัน

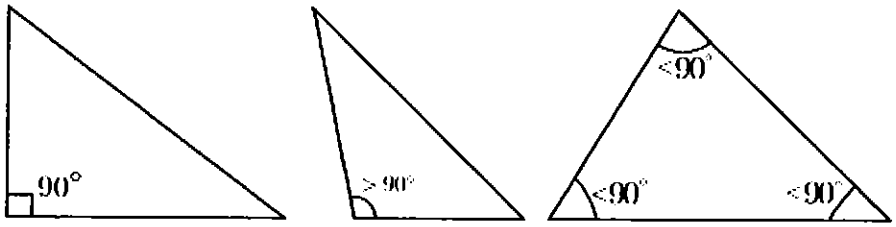


รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว รูปสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า

รูปสามเหลี่ยมแบ่งชนิดตามขนาดของมุมภายในที่ใหญ่ที่สุด อธิบายด้วยองศา

- **รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก** มีมุมภายในมุมหนึ่งมีขนาด 90° (มุมฉาก) ด้านที่อยู่ตรงข้ามกับมุมฉาก คือ ด้านตรงข้ามมุมฉาก ซึ่งเป็นด้านที่ยาวที่สุดในรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก อีกสองด้านคือ ด้านประกอบมุมฉาก

- **รูปสามเหลี่ยมมุมป้าน มีมุมภายในมุมหนึ่งมีขนาดใหญ่กว่า 90° (มุมป้าน)**
- **รูปสามเหลี่ยมมุมแหลม มุมภายในทุกมุมมีขนาดเล็กกว่า 90° (มุมแหลม)**



รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก รูปสามเหลี่ยมมุมป้าน รูปสามเหลี่ยมมุมแหลม

ข้อเท็จจริงพื้นฐาน

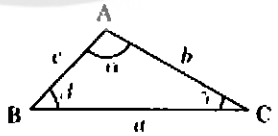
ยุคลิดได้แสดงข้อเท็จจริงพื้นฐานเกี่ยวกับรูปสามเหลี่ยมไว้ในหนังสือ Elements เล่ม 1-4 เมื่อราวๆ 300 ปีก่อนคริสตกาล

รูปสามเหลี่ยมเป็น รูปหลายเหลี่ยม และเป็น 2-ซิมเพล็กซ์ (2-simplex)

รูปสามเหลี่ยม 2 รูป จะเรียกว่าคล้ายกัน ก็ต่อเมื่อ มุมของรูปสามเหลี่ยมหนึ่ง มีขนาดเท่ากับมุมที่สมนัยกันของอีกรูปสามเหลี่ยมหนึ่ง ด้านที่สมนัยกันจะเป็นสัดส่วนกัน ตัวอย่างเช่น รูปสามเหลี่ยม 2 รูปที่มีมุมร่วมกันมุมหนึ่ง และด้านที่ตรงข้ามกับมุมนั้นขนานกัน

ฟังก์ชันตรีโกณมิติ ไซน์ และ โคไซน์ สามารถนิยามขึ้นจากรูปสามเหลี่ยมมุมฉากและเรื่องความคล้ายกันได้ ฟังชันก์เหล่านี้เป็นฟังก์ชันของมุม ซึ่งดูได้ในตรีโกณมิติ

พิจารณา รูปสามเหลี่ยมที่ประกอบด้วยจุดยอด A, B และ C, มุม α, β และ γ และด้าน a, b และ c ด้าน a อยู่ตรงข้ามกับ จุดยอด A และมุม α และทำนองเดียวกับด้านอื่นๆ



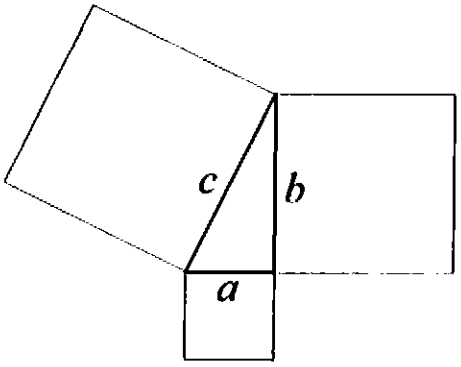
รูปสามเหลี่ยมที่ประกอบด้วย จุดยอด, ด้าน และมุมที่กำกับสัญลักษณ์

ในเรขาคณิตแบบยุคลิด ผลรวมของมุม $\alpha + \beta + \gamma$ จะเท่ากับสองมุมฉาก (180° หรือ π เรเดียน) ซึ่งทำให้เรารู้ขนาดของมุมที่สามได้ เมื่อรู้ขนาดของมุมเพียง 2 มุม

ทฤษฎีบทพีทาโกรัส(Pythagorean theorem) กล่าวว่าในรูปสามเหลี่ยมมุมฉากใด ๆ พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสบนด้านตรงข้ามมุมฉาก จะเท่ากับผลรวมของพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสบนด้านอีกสองด้านที่เหลือ ถ้าจุดยอด C เป็นมุมฉาก จะได้ว่า

$$c^2 = a^2 + b^2$$

นั่นหมายความว่า ถ้ารู้ความยาวของด้าน 2



ทฤษฎีบทพีทาโกรัส

ด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ก็เพียงพอที่จะคำนวณด้านที่สาม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ทฤษฎีบทพีทาโกรัสสามารถทำให้อยู่ในรูปทั่วไปโดยกฎโคไซน์ (law of cosines) ได้ว่า

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma$$

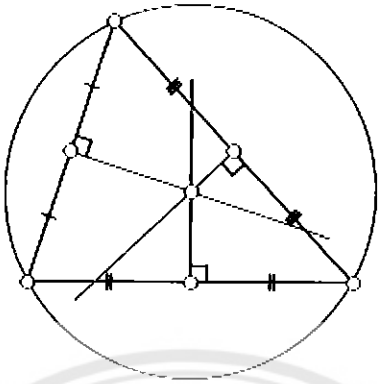
ซึ่งใช้ได้กับทุกรูปสามเหลี่ยม แม้ว่า γ จะไม่เป็นมุมฉาก กฎโคไซน์ใช้คำนวณความยาวของด้านและขนาดของมุมของรูปสามเหลี่ยมได้ เมื่อรู้ความยาวของด้านทั้งสามด้าน หรือ รู้ความยาวของด้านทั้งสองที่อยู่ติดกับมุมที่รู้ขนาด

กฎไซน์ (law of sines) กล่าวว่า

$$\frac{\sin\alpha}{a} = \frac{\sin\beta}{b} = \frac{\sin\gamma}{c} = \frac{1}{d}$$

เมื่อ d คือเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมล้อม (วงกลมที่เล็กที่สุด ที่สามารถบรรจุรูปสามเหลี่ยมไว้ภายในได้พอดี) กฎไซน์ใช้คำนวณความยาวของด้านของรูปสามเหลี่ยมได้ เมื่อรู้ขนาดของมุม 2 มุมและด้าน 1 ด้าน ถ้ารู้ความยาวของด้าน 2 ด้านและขนาดของมุมที่ไม่อยู่ติดกัน กฎไซน์ก็สามารถใช้ได้เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ในกรณีนี้อาจมีไม่มีคำตอบ หรืออาจมี 1 หรือ 2 คำตอบ

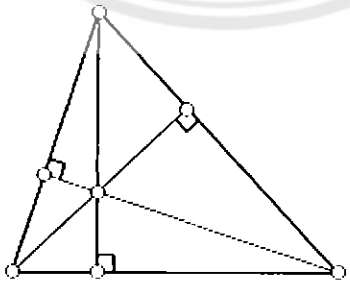
จุด, เส้น และวงกลมที่เกี่ยวข้องกับรูปสามเหลี่ยม



ศูนย์กลางวงล้อม คือจุดศูนย์กลางของวงกลมที่ลากผ่านจุดยอดทั้งสามของรูปสามเหลี่ยม

เส้นแบ่งครึ่งตั้งฉาก (perpendicular bisector) คือ เส้นตรงที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางของด้าน และตั้งฉากกับด้านนั้น นั่นคือ ทำมุมฉากกับด้านนั้น เส้นแบ่งครึ่งตั้งฉากทั้งสามจะพบกันที่จุดเดียว คือ ศูนย์กลางวงล้อม (circumcenter) ของรูปสามเหลี่ยม จุดนี้เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมล้อม (circumcircle) ซึ่งเป็นวงกลมที่ลากผ่านจุดยอดทั้งสาม เส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมสามารถหาได้จากกฎไซน์ที่กล่าวไปในข้างต้น

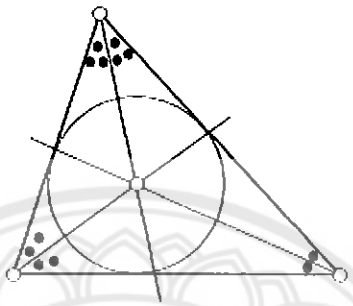
ทฤษฎีบทของธาลีส (Thales' theorem) กล่าวว่า ถ้าศูนย์กลางวงล้อมอยู่บนด้านใดด้านหนึ่งของรูปสามเหลี่ยมแล้ว มุมตรงข้ามด้านนั้นจะเป็นมุมฉาก นอกจากนี้ ถ้าศูนย์กลางวงล้อมอยู่ในรูปสามเหลี่ยมแล้ว รูปสามเหลี่ยมนั้นเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมแหลม ถ้าศูนย์กลางวงล้อมอยู่นอกรูปสามเหลี่ยมแล้ว รูปสามเหลี่ยมนั้นเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมป้าน



จุดตัดของส่วนสูงคือ จุดออร์โทเซนเตอร์

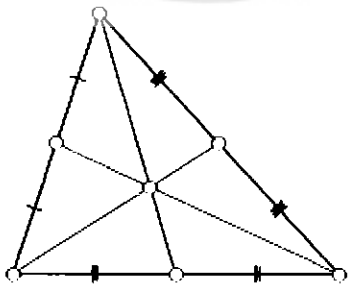
ส่วนสูง (altitude) **ของรูปสามเหลี่ยม คือ เส้นตรงที่ลากผ่านจุดยอดและตั้งฉาก(ทำมุมฉาก) กับด้านตรงข้าม ด้านตรงข้ามนั้นเรียกว่าฐาน** (base) **ของส่วนสูง และจุดที่ส่วนสูงตัดกับฐาน (หรือส่วนที่ขยายออกมา)นั้นเรียกว่า เท้า** (foot) **ของส่วนสูง ความยาวของส่วนสูงคือระยะทางระหว่าง**

ฐานกับจุดยอด ส่วนสูงทั้งสามจะตัดกันที่จุดเดียว เรียกจุดนั้นว่า จุดออร์โทเซนเตอร์(orthocenter) ของรูปสามเหลี่ยม จุดออร์โทเซนเตอร์จะอยู่ในรูปสามเหลี่ยมก็ต่อเมื่อรูปสามเหลี่ยมนั้นไม่เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมป้าน จุดยอดทั้งสามและจุดออร์โทเซนเตอร์นั้นอยู่ในระบบออร์โทเซนตริก (orthocentric system)



จุดตัดของเส้นแบ่งครึ่งมุม ใช้หาจุดศูนย์กลางของวงกลมแนบใน

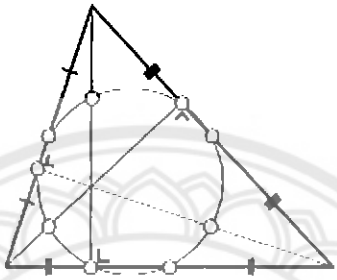
เส้นแบ่งครึ่งมุม (angle bisector) คือ เส้นตรงที่ลากผ่านจุดยอด ซึ่งแบ่งมุมออกเป็นครึ่งหนึ่ง เส้นแบ่งครึ่งมุมทั้งสามจะตัดกันที่จุดเดียว คือ จุดศูนย์กลางของวงกลมแนบใน (incircle) ของรูปสามเหลี่ยม วงกลมแนบในคือวงกลมที่อยู่ในรูปสามเหลี่ยม และสัมผัสด้านทั้งสาม มีอีกสามวงกลมที่สำคัญคือ วงกลมแนบนอก (excircle) คือวงกลมที่อยู่นอกรูปสามเหลี่ยมและสัมผัสกับด้านหนึ่งด้านและส่วนที่ขยายออกมาทั้งสอง จุดศูนย์กลางของวงกลมแนบในและวงกลมแนบนอกอยู่ในระบบออร์โทเซนตริก



เซนทรอยด์ เป็นศูนย์ถ่วง

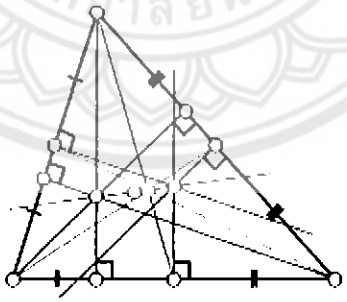
เส้นมัธยฐาน (median) ของรูปสามเหลี่ยม คือ เส้นตรงที่ลากผ่านจุดยอดและจุดกึ่งกลางของด้านตรงข้าม ซึ่งจะแบ่งรูปสามเหลี่ยมออกเป็นพื้นที่ที่เท่ากัน เส้นมัธยฐานทั้งสามจะตัดกันที่จุดเดียว

คือเซนทรอยด์ (centroid) ของรูปสามเหลี่ยม จุดนี้จะเป็นศูนย์ถ่วง (center of gravity) ของรูปสามเหลี่ยมด้วย ถ้ามีไม้ที่เป็นรูปสามเหลี่ยม คุณสามารถทำให้มันสมดุลได้ที่เซนทรอยด์ของมัน หรือเส้นใดๆที่ลากผ่านเซนทรอยด์ เซนทรอยด์จะแบ่งเส้นมัธยฐานด้วยอัตราส่วน 2:1 นั่นคือ ระยะทางระหว่างจุดยอดกับเซนทรอยด์ จะเป็นสองเท่าของระยะทางระหว่างเซนทรอยด์กับจุดกึ่งกลางของด้านตรงข้าม



วงกลมเก้าจุด แสดงความสมมาตรที่จุดหกจุดอยู่บนวงกลมเดียวกัน

จุดกึ่งกลางของด้านทั้งสาม และเท้าของส่วนสูงทั้งสาม จะอยู่บนวงกลมเดียวกัน คือ วงกลมเก้าจุด (nine point circle) ของรูปสามเหลี่ยม อีกสามจุดที่เหลือคือจุดกึ่งกลางระหว่างจุดยอดกับจุดออร์โทเซนเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของส่วนสูง รัศมีของวงกลมเก้าจุดจะเป็นครึ่งหนึ่งของรัศมีวงกลมล้อม มันจะสัมผัสวงกลมแนบใน (ที่จุด Feuerbach) และสัมผัสวงกลมแนบนอก



เส้นออยเลอร์ คือเส้นที่ลากผ่าน เซนทรอยด์ (สีเหลือง), จุดออร์โทเซนเตอร์ (สีน้ำเงิน), ศูนย์กลางวงล้อม (สีเขียว) และจุดศูนย์กลางของวงกลมเก้าจุด (สีแดง)

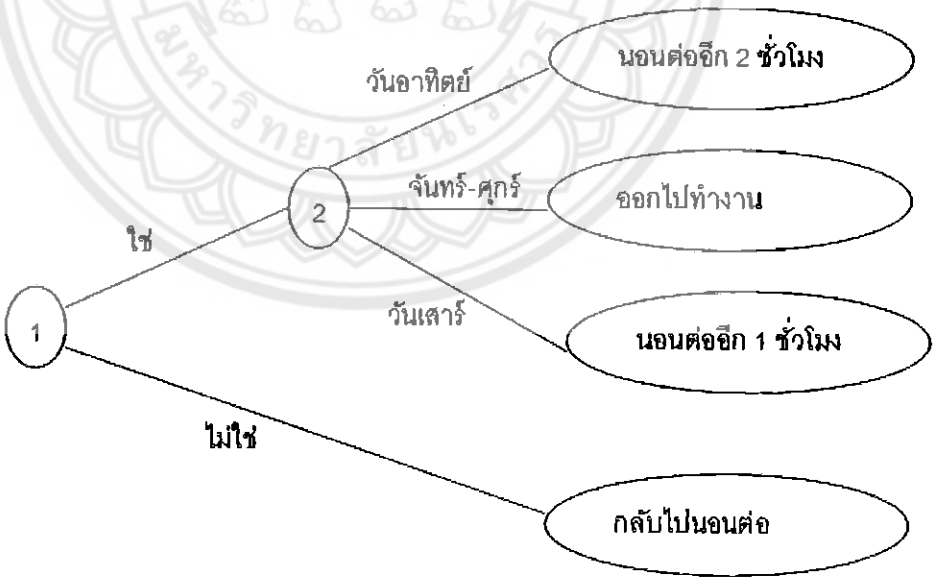
เซนทรอยด์ (สีเหลือง), จุดออร์โทเซนเตอร์ (สีน้ำเงิน), ศูนย์กลางวงล้อม (สีเขียว) และจุดศูนย์กลางของวงกลมเก้าจุด (จุดสีแดง) ทั้งหมดจะอยู่บนเส้นเดียวกัน ที่เรียกว่า เส้นออยเลอร์ (Euler's line) (เส้นสีแดง) จุดศูนย์กลางของวงกลมเก้าจุดจะอยู่กึ่งกลางระหว่างจุดออร์โทเซนเตอร์กับศูนย์กลางวงล้อม ระยะทางระหว่างเซนทรอยด์กับศูนย์กลางวงล้อมจะเป็นครึ่งหนึ่งของ

(Euler's line) (เส้นสีแดง) จุดศูนย์กลางของวงกลมเก้าจุดจะอยู่กึ่งกลางระหว่างจุดออร์โทเซนเตอร์กับศูนย์กลางวงล้อม ระยะทางระหว่างเซนทรอยด์กับศูนย์กลางวงล้อมจะเป็นครึ่งหนึ่งของระยะทางระหว่างเซนทรอยด์กับจุดออร์โทเซนเตอร์ จุดศูนย์กลางของวงกลมแนบในโดยทั่วไปจะไม่อยู่บนเส้นออยเลอร์ภาพสะท้อนของเส้นมัธยฐานที่เส้นแบ่งครึ่งมุมของจุดยอดเดียวกัน เรียกว่า "symmedian symmedian" ทั้งสามจะตัดกันที่จุดเดียว คือ จุดซิมมีเดียน (symmedian point) ของรูปสามเหลี่ยม

2.11 การตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree) [10]

เทคนิคที่ใช้ในการอธิบายการทำงานของกระบวนการ(Process) อีกวิธีหนึ่งที่สามารถทำความเข้าใจได้โดยง่าย คือ "การตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree)"

การตัดสินใจแบบต้นไม้ คือ แผนรูปที่ใช้ในการอธิบายการทำงานของกระบวนการที่มีเงื่อนไขการตัดสินใจแสดงอยู่ในรูปของโหนด (Nodes) เชื่อมต่อกับเงื่อนไขการตัดสินใจอีกเงื่อนไขหนึ่งด้วยเส้นตรง โดยเส้นทางการตัดสินใจในแต่ละเงื่อนไขจะสิ้นสุดลงที่กิจกรรมซึ่งแสดงอยู่ในรูปวงรี



รูปที่ 2.27 อธิบายการทำงานของกระบวนการที่มีเงื่อนไขการตัดสินใจ

ส่วนประกอบของการตัดสินใจแบบต้นไม้

1. ดิชิสชั่นพ้อย(Decision Points) เป็นจุดของเงื่อนไขการตัดสินใจ ซึ่งจะแสดงอยู่ในรูปของโหนด
2. การกระทำ(Actions)เป็นการกระทำที่อยู่ภายใต้จุดเงื่อนไขการตัดสินใจ ซึ่งจะแสดงอยู่ในรูปวงรี (Ovals) โดยเชื่อมต่อกับโหนดด้วยเส้นตรง

ขั้นตอนการสร้างการตัดสินใจแบบต้นไม้

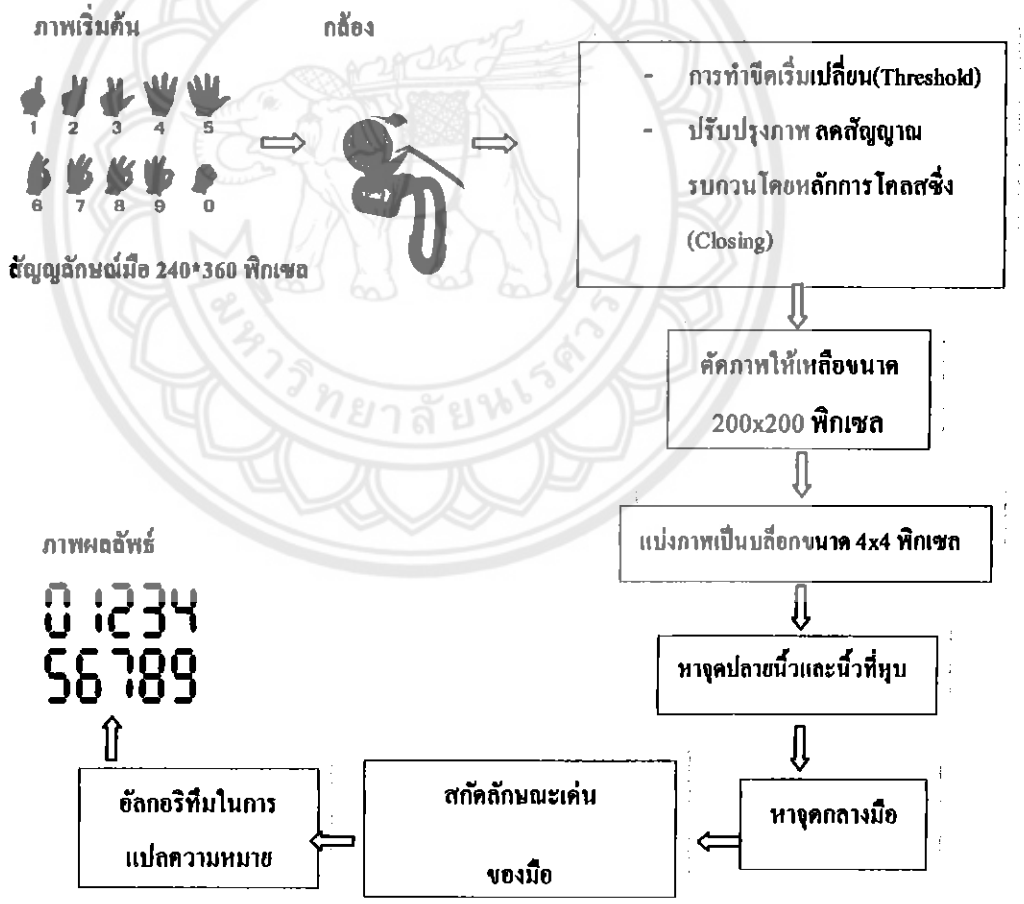
การสร้างการตัดสินใจแบบต้นไม้ เริ่มต้นการแสดงเงื่อนไขการตัดสินใจแต่ละเงื่อนไขด้วยโหนดแต่ละโหนดจะมีหมายเลขกำกับ โดยแสดงคำอธิบายโหนดเงื่อนไขไว้ต่างหาก (Legends) และโหนดแรกจะเรียกว่า"Root Nodes" ค่าที่เป็นไปได้ของเงื่อนไขจะแตกแขนงออกไปเป็นเส้นตรงตามจำนวนค่าที่เป็นไปได้ โดยที่แต่ละโหนดจะต้องมีค่าที่เป็นไปได้อย่างน้อยที่สุด 2 ค่า และสิ้นสุดลงที่การกระทำที่เกิดขึ้นตามเงื่อนไขและค่าที่เป็นไปได้ ซึ่งการกระทำนั้นแสดงไว้ในรูปวงรี

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทำงาน เพื่อให้ได้มาซึ่งซอฟต์แวร์ที่สามารถแปลภาษามือเลข 0 ถึง 9 ซึ่งได้ออกแบบโปรแกรมให้สามารถรับภาพจากกล้องเว็บแคม แล้วแปลความหมายออกมาให้ผู้ใช้ได้เห็น ซึ่งผู้ใช้ยังสามารถเลือกดูตัวอย่างของท่าทางภาษามือเลข 0 ถึง 9 ได้ ว่าแต่ละท่าทางมีรูปแบบการสื่อภาษาอย่างไร การออกแบบจึงมีขั้นตอนดังนี้

3.1 แผนผังขั้นตอนการทำงาน (System Overview)



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการทำงาน

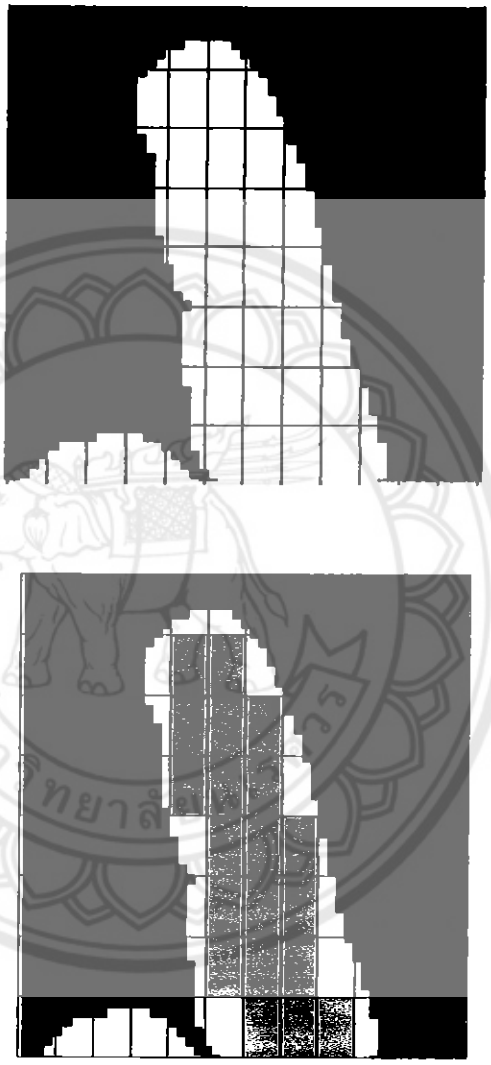
3.2 การค้นหา จุดปลายนิ้วมือ

ในการค้นหาจุดปลายนิ้วมือเพื่อนำไปแปลความหมาย ขั้นตอนนี้มีความสำคัญในการแปลความหมายมาก ถ้าค้นหาปลายนิ้วมือได้น้อยความแม่นยำในการแปรความหมายก็จะลดลงด้วย สำหรับวิธีการในการค้นหาจุดปลายนิ้วจะทำโดยการค้นหากลุ่มพิกเซล(pixel)ที่เป็นมือที่พิกเซลด้านบนเป็นพื้นหลัง โดยจะทำการค้นหาทีละแถวจากด้านบนลงด้านล่าง ซึ่งลักษณะการค้นพบนิ้วมือจะเป็นดังรูป

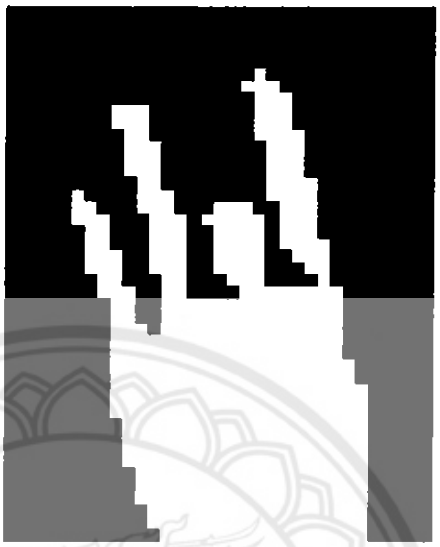
รูปที่ 3.2 แสดงผลลัพธ์ของการค้นหาจุดปลายนิ้วมือ

3.2.1การปรับปรุงภาพให้เป็นส่วนเต็ม (Image's block)

ในส่วนนี้จะเป็นการปรับปรุงภาพจากรูปที่3.3 จะสังเกตได้ว่ารูปที่3.3 มีลักษณะเป็นส่วนโค้งซึ่งทำให้เกิดความกำกวมในการคำนวณหาค่าจุดปลายนิ้ว ดังนั้นจึงปรับปรุงภาพดังกล่าวให้ไม่มีส่วนโค้งดังรูปที่3.4 โดยทำการคัดเฉพาะภาพที่มีค่าเป็น 1 ส่วนเต็มเท่านั้น (รูปที่3.4) เพื่อให้ลดการเวลาการคำนวณจากปกติภาพ 200*200 จะต้องใช้เวลา $O(n^2)$ ถ้าบล็อกมีขนาด 4*4 ก็จะทำให้ลดเวลาในการวนลูปลง 4 เท่า และช่วยลดความกำกวมของภาพ

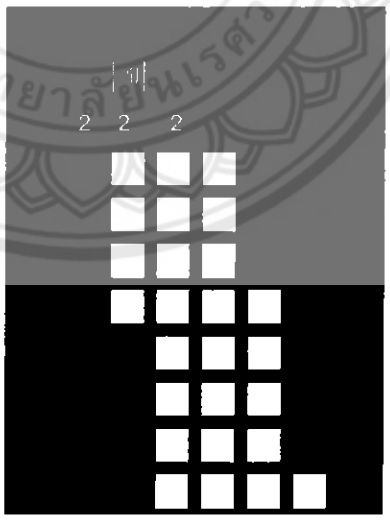


รูปที่3.3 แสดงการปรับปรุงภาพให้เป็นส่วนเต็ม (1)



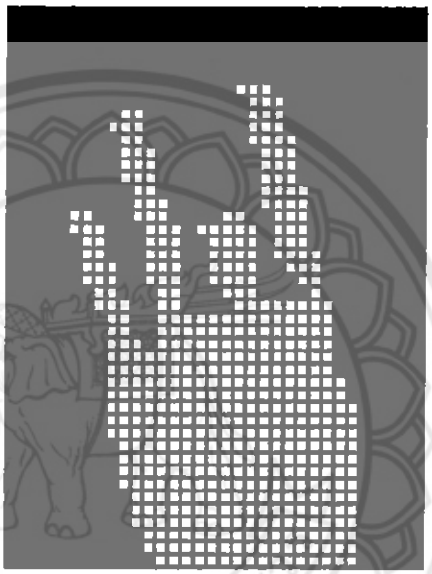
รูปที่ 3.4 แสดงการปรับปรุงภาพให้เป็นส่วนเต็ม (2)

3.2.2 การหาจุดปลายนิ้ว



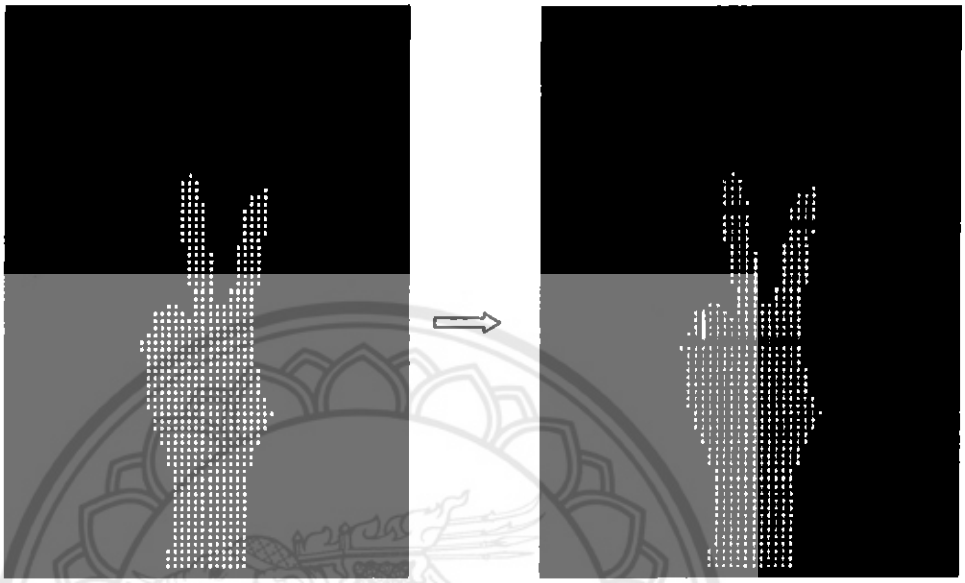
รูปที่ 3.5 การหาจุดปลายนิ้ว

จากรูปที่3.5 แสดงการหาจุดปลายนิ้วโดยพิจารณาช่วงที่เป็นสีขาว โดยจะสังเกตว่าจุดที่หมายเลข 1 ถ้าพิจารณาไปด้านบนของตัวมัน จะเห็นว่าไม่มีพิกเซลสีขาวแสดงว่าเป็นจุดยอดของนิ้วนั้น แต่ถ้าเกิดพิจารณาหมายเลข 2 จะเห็นว่าส่วนด้านบนของมันมีส่วนที่เป็นสีขาวแสดงว่า จุดหมายเลข 2 ไม่ใช่จุดยอดของปลายนิ้วมือที่พิจารณา จากรูป 3.6 จุดสีแดงคือจุดที่ถูกพิจารณาว่าเป็นจุดปลายนิ้ว



รูปที่ 3.6 แสดงจุดปลายนิ้ว

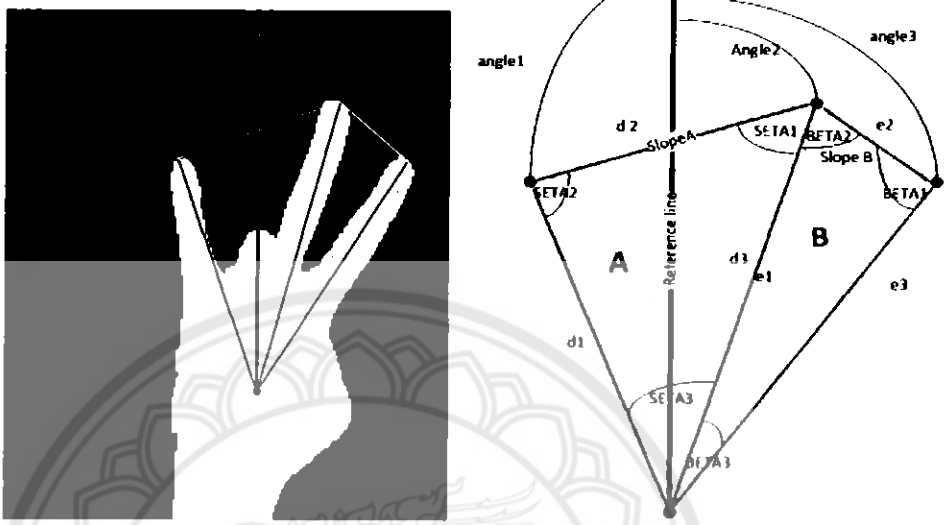
3.3 การกรองจุดปลายนิ้วที่หุบออก



รูปที่3.7 แสดงจุดปลายนิ้วที่หุบ

จากรูปที่3.7 จะเห็นได้ว่าอัลกอริทึมจะพิจารณาจากจุดปลายนิ้วที่หามาได้**ทุกจุด แล้วเลื่อนลงมา 5บล็อก** แล้วจะทำการตรวจสอบจำนวนบล็อก (block) ว่าหากแถวนั้นมีบล็อกยาว**ติดกันตลอดเป็นเซต เดียว** (สีแดง) แสดงว่าจุดนั้นเป็นจุดบริเวณสันนิ้วของนิ้วที่หุบที่ขึ้นออกมาหรือเลื่อน**ลงมาแล้วเจอฝ่ามือ ก็สรุป**ได้ว่านิ้วนั้นเป็นนิ้วที่หุบอยู่ และถ้าจำนวนบล็อกในแถวนั้นถ้ามีการตรวจสอบ**ว่ามีการสลับกัน ของ บล็อก ระหว่าง ขาว กับ ดำ (สีเขียว) ก็สรุปได้ว่านิ้วนั้นเป็นนิ้วที่ไม่ได้หุบอยู่**

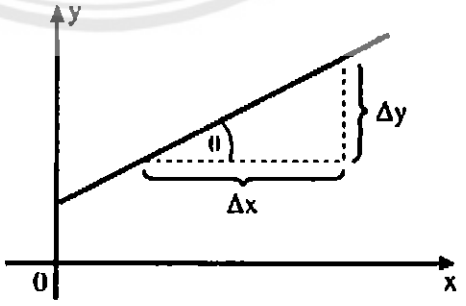
3.4 คุณลักษณะของมือ (Hand's feature)



รูปที่3.8 แสดงคุณลักษณะต่างๆของมือ

จากภาพจะเห็นได้ว่าเมื่อเราหาจุดกึ่งกลางมือ(หัวข้อ 2.9) และจุดปลายนิ้ว (หัวข้อ 3.2.2) ได้แล้วนั้น เราจะทำการลากเส้นตรงอ้างอิงไปยังจุดขอบบนของภาพ จากนั้นทำการลากเส้นตรงไปยังจุดปลายนิ้วที่หามาได้ จากนั้นทำการคำนวณหาค่าต่างๆ เช่น มุมภายในสามเหลี่ยม ความชัน (slope) และมุมจากจุดปลายนิ้วมายังจุดอ้างอิง

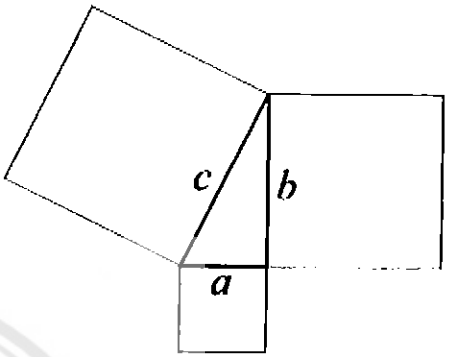
การวัดความลาดชันหรือความชัน[7] สามารถวัดความลาดชันได้ดังรูปกราฟ



$$\text{slope} = \tan\theta = \frac{\text{ระยะแกนตั้ง}}{\text{ระยะแกนราบ}} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

รูปที่3.9 การวัดความลาดชัน

ทฤษฎีบทพีทาโกรัส(Pythagorean Theorem) กล่าวว่าในรูปสามเหลี่ยมมุมฉากใด ๆ พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสบนด้านตรงข้ามมุมฉาก จะเท่ากับ ผลรวมของพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสบนด้านอีกสองด้านที่เหลือ ถ้าจุดยอด C เป็นมุมฉาก จะได้ว่า



$$c^2 = a^2 + b^2$$

รูปที่3.10 รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก

นั่นหมายความว่า ถ้ารู้ความยาวของด้าน 2 ด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก [8] ก็เพียงพอที่จะคำนวณด้านที่สาม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ทฤษฎีบทพีทาโกรัสสามารถทำให้อยู่ในรูปทั่วไปโดยกฎโคไซน์ (law of cosines) ได้ว่า

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma$$

ซึ่งใช้ได้กับทุกรูปสามเหลี่ยม แม้ว่า γ จะไม่เป็นมุมฉาก กฎโคไซน์ใช้คำนวณความยาวของด้านและขนาดของมุมของรูปสามเหลี่ยมได้ เมื่อรู้ความยาวของด้านทั้งสามด้าน หรือ รู้ความยาวของด้านทั้งสองที่อยู่ติดกับมุมที่รู้ขนาด

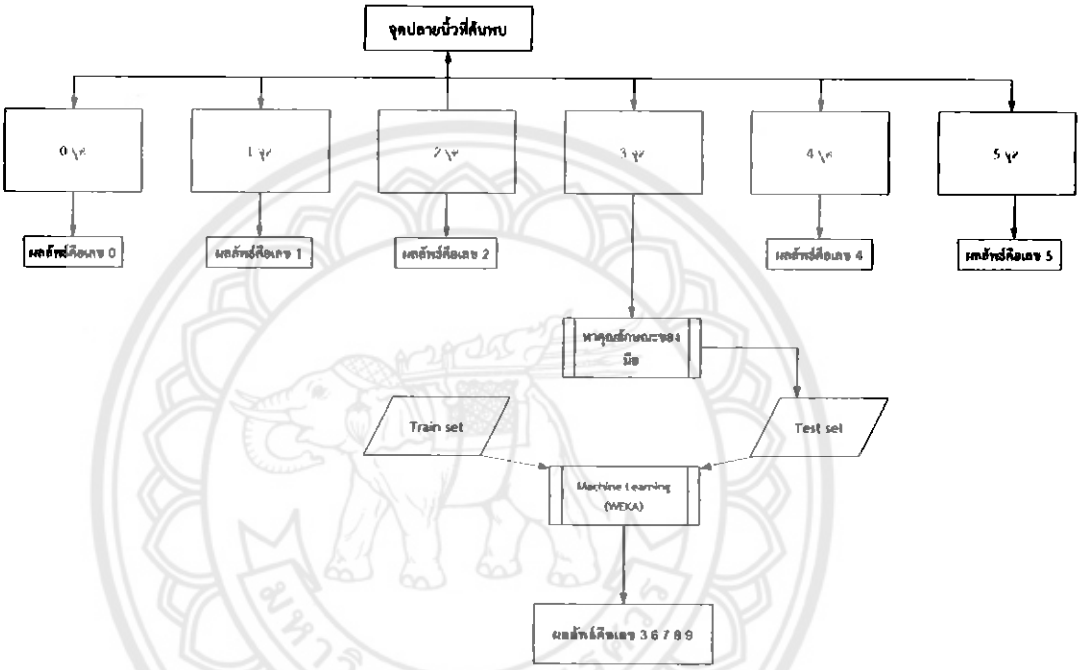
กฎไซน์ (law of sines) กล่าวว่า

$$\frac{\sin\alpha}{a} = \frac{\sin\beta}{b} = \frac{\sin\gamma}{c} = \frac{1}{d}$$

เมื่อ d คือเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมล้อม (วงกลมที่เล็กที่สุด ที่สามารถบรรจุรูปสามเหลี่ยมไว้ภายในได้พอดี) กฎไซน์ใช้คำนวณความยาวของด้านของรูปสามเหลี่ยมได้ เมื่อรู้ขนาดของมุม 2 มุมและด้าน 1 ด้าน ถ้ารู้ความยาวของด้าน 2 ด้านและขนาดของมุมที่ไม่อยู่ติดกัน กฎไซน์ก็สามารถใช้ได้เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ในกรณีนี้อาจมีไม่มีคำตอบ หรืออาจมี 1 หรือ 2 คำตอบ

3.5 การแปรความหมายของจุดปลายนิ้ว

ในการแปรความหมายของจุดปลายนิ้วจะแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ตามจำนวนจุดปลายนิ้วที่ค้นพบ รวมทั้งยังมีการใช้รูปร่างส่วนต่างๆ ของมือประกอบการวิเคราะห์ ซึ่งขั้นตอนในการแยกแยะแต่ละตัวเลขเป็น ดังนี้



รูปที่3.11 แสดงการตีความหมาย

สำหรับขั้นตอนการตีความหมายของภาษามือ 0 ถึง 9 นี้ก็ถือว่ามีความสำคัญมากเพราะถ้าหากการตีความผิดไป ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะคลาดเคลื่อนไปจากที่ควรจะเป็น จากภาพ 3.11 การตีความหมายเมื่อเราทำการหาจุดปลายนิ้วได้ 1 จุดก็แสดงว่า เป็นเลข 1 จุดปลายนิ้วเท่ากับ 2 จุด ตีความได้เป็นเลข 2 และจุดปลายนิ้วเท่ากับ 4 จุดตีความได้ว่าเป็นเลข 4 และจุดปลายนิ้วเท่ากับ 5 ตีความได้เป็นเลข 5 แต่ว่ากรณีที่หาจุดปลายนิ้วออกมาได้ 3 จุดนั้น เราจำเป็นต้องแยกให้ออกว่าเป็นเลขอะไร ไม่ว่าจะเป็นเลข 3 6 7 8 9 ต่างก็มีจุดปลายนิ้วเท่ากับ 3 จุดเช่นกัน ดังนั้นจึงนำกระบวนการเรียนรู้จำ(Machine Learning) มาทำการคัดแยกหรือจัดหมวดหมู่ว่าถ้ามี Input เข้ามาใหม่ควรจะเป็นเลขอะไร โดยทำการเก็บข้อมูลของคุณลักษณะของมือ (3.4) เป็นชุดทดสอบ(Train set) ไว้ แล้วใช้โปรแกรมเวก้า(Weka)

มาทำการประมวลผลแบ่งแยกเมื่อมีข้อมูลขาเข้า(input) ตัวใหม่เข้ามา ตัวโปรแกรมเวก้า ก็จะทำการประมวลผลแบ่งแยก และส่งค่าออกเป็นผลลัพธ์(output) ในส่วนของการใช้โปรแกรมเวก้าเพื่อทดสอบข้อมูลต่างๆนั้นจะกล่าวในบทถัดไป

บทที่ 4

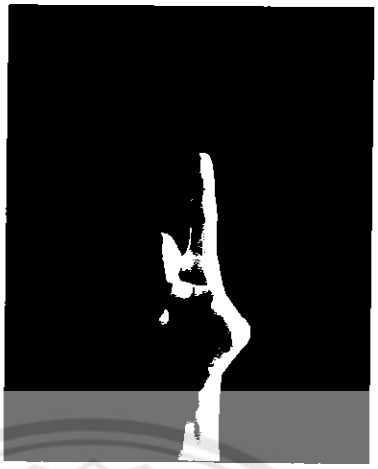
ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบและการแสดงผลของโปรแกรมแปลภาษามือเลข 0 ถึงเลข 9 โดยจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ 1.การหาจุดปลายนิ้วมือ และ 2.คือ การแปรความหมาย

4.1 ภาพของเลข 0 ถึงเลข 9

ภาพที่รับเข้ามาเป็นภาพจากกล้องเว็บแคมขนาด 240x320 พิกเซล(pixel) ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ถึง 4.10

รูปที่ 4.1 ท่าทางภาษามือของเลข 0



รูปที่ 4.2 ท่าทางภาษามือของเลข 1

รูปที่ 4.3 ท่าทางภาษามือของเลข 2

รูปที่ 4.4 ท่าทางภาษามือของเลข 3

รูปที่ 4.5 ท่าทางภาษามือของเลข 4

รูปที่ 4.6 ท่าทางภาษามือของเลข 5

รูปที่ 4.7 ท่าทางภาษามือของเลข 6

รูปที่ 4.8 ท่าทางภาษามือของเลข 7

รูปที่ 4.9 ท่าทางภาษามือของเลข 8

รูปที่ 4.10 ท่าทางภาษามือของเลข 9

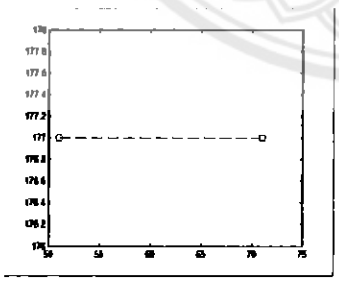
4.2 ผลการทดลองโปรแกรม

4.2.1 ผลการทดลองของขั้นตอนในการหาจุดปลายนิ้ว

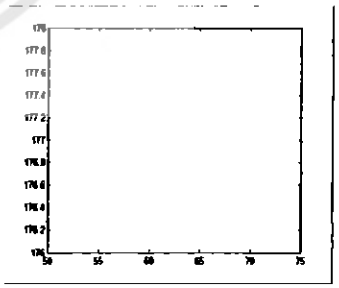
เมื่อกดเริ่มโปรแกรม โปรแกรมก็จะรับภาพเข้ามาขนาด 240 X 320 พิกเซล เพื่อที่จะทำการแบ่งภาพที่เป็นส่วนของมือออกเป็นบล็อกๆ เพื่อที่จะหาจุดปลายนิ้วมือได้ ซึ่งขั้นตอนนี้มีความสำคัญในการแปลความหมายมาก ถ้าค้นหาปลายนิ้วมือได้น้อยความแม่นยำในการแปรความหมายก็จะลดลงด้วย สำหรับวิธีการในการค้นหาจุดปลายนิ้วจะทำโดยการค้นหากลุ่มพิกเซลที่เป็นมือที่พิกเซลด้านบนเป็นพื้นหลัง โดยจะทำการค้นหาทีละแถวจากด้านบนลงด้านล่าง ซึ่งลักษณะการค้นพบนิ้วมือจะได้ดังรูป

กรณีเลข 0

รูปที่ 4.11 แสดงบล็อกภาพ (image's block) หมายเลข 0



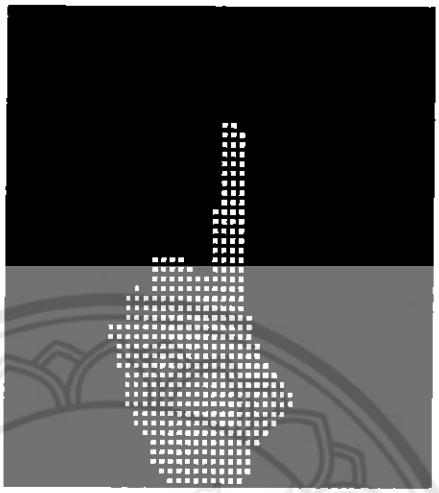
รูปที่ 4.12 แสดงจุดปลายนิ้วหมายเลข 0



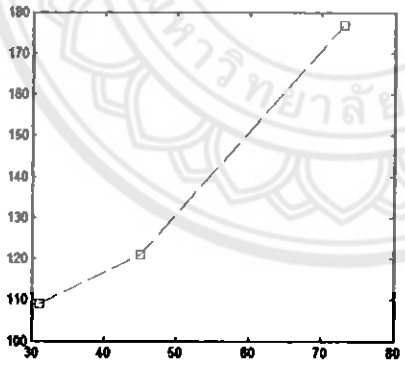
รูปที่ 4.13 แสดงการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบ

จากรูปที่ 4.12 เราจะพบจุดปลายนิ้วอยู่ 2 จุด หลังจากที่ผ่านอัลกอริทึมการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบออกแล้วนั้นจะได้จุดปลายนิ้วออกมา 0 จุด ดังรูปที่ 4.13

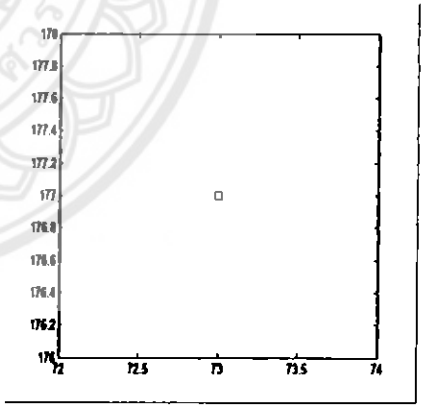
กรณีเลข 1



รูปที่ 4.14 แสดงบล็อกภาพหมายเลข 1



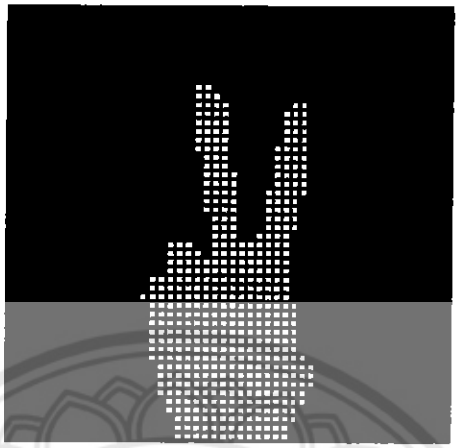
รูปที่ 4.15 แสดงการหาจุดปลายนิ้วหมายเลข 1



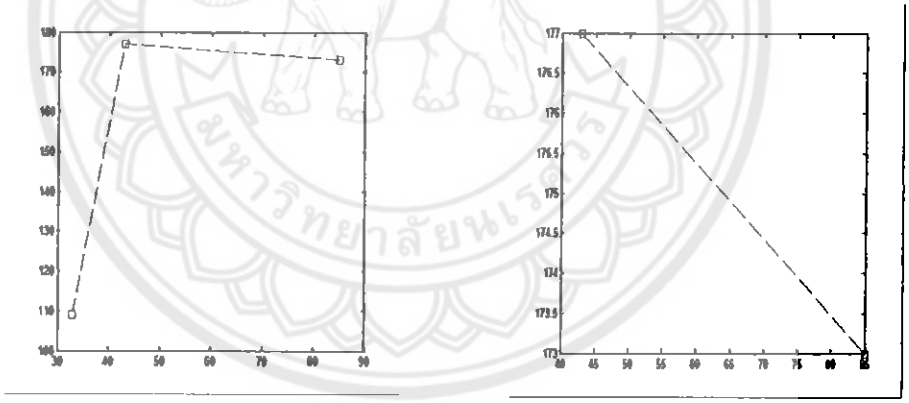
รูปที่ 4.16 แสดงการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบ

จากรูปที่ 4.15 เราจะพบจุดปลายนิ้วอยู่ 3 จุด หลังจากที่ผ่านอัลกอริทึมการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบออกแล้วนั้นจะได้จุดปลายนิ้วออกมา 1 จุด ดังรูปที่ 4.16

กรณีเลข 2



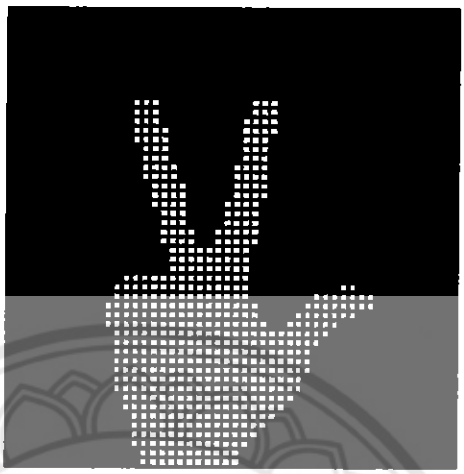
รูปที่ 4.17 แสดงบล็อกภาพหมายเลข 2



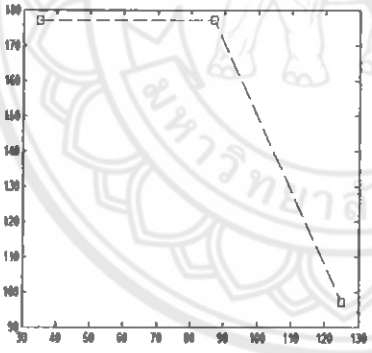
รูปที่ 4.18 แสดงการหาจุดปลายนิ้วหมายเลข 2 **รูปที่ 4.19** แสดงการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบ

จากรูปที่ 4.18 เราจะพบจุดปลายนิ้วอยู่ 3 จุด หลังจากที่ผ่านอัลกอริทึมการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบออกแล้วนั้นจะได้จุดปลายนิ้วออกมา 2 จุด ดังรูปที่ 4.19

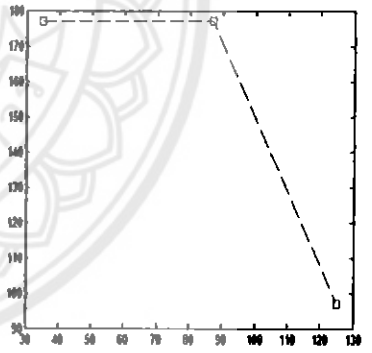
กรณีเลข 3



รูปที่ 4.20 แสดงบล็อกภาพหมายเลข 3



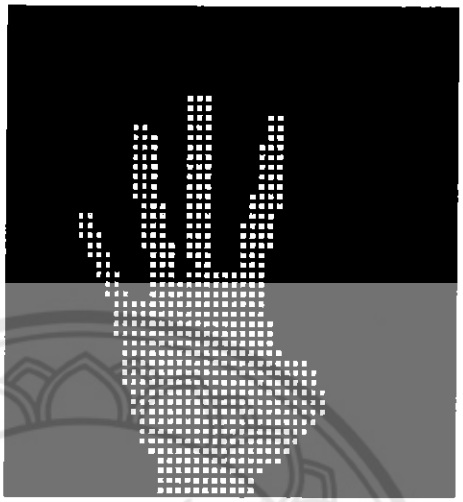
รูปที่ 4.21 แสดงการหาจุดปลายนิ้วหมายเลข 3



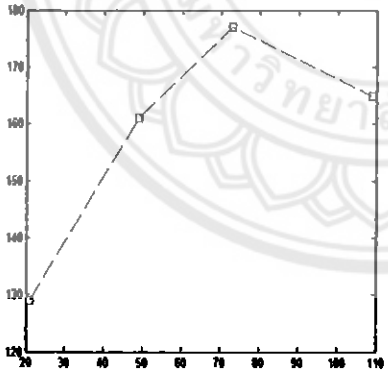
รูปที่ 4.22 แสดงการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบ

จากรูปที่ 4.21 เราจะพบจุดปลายนิ้วอยู่ 3 จุด หลังจากที่ผ่านอัลกอริทึมการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบออกแล้วนั้นจะได้จุดปลายนิ้วออกมา 3 จุด ดังรูปที่ 4.22

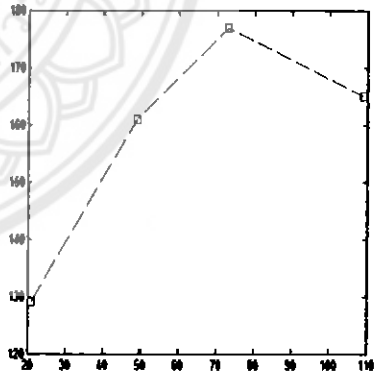
กรณีเลข 4



รูปที่ 4.23 แสดงบล็อกภาพหมายเลข 4



รูปที่ 4.24 แสดงจุดปลายนิ้วหมายเลข 4

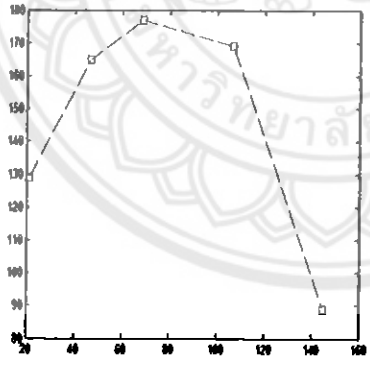


รูปที่ 4.25 แสดงการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบ

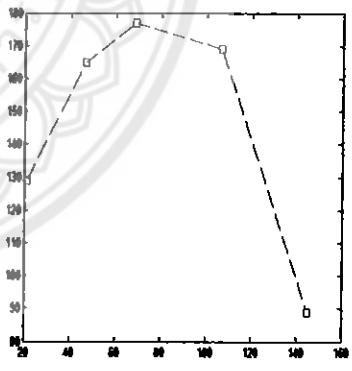
จากรูปที่ 4.24 เราจะพบจุดปลายนิ้วอยู่ 4 จุด หลังจากที่ผ่านอัลกอริทึมการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบออกแล้วนั้นจะได้จุดปลายนิ้วออกมา 4 จุด ดังรูปที่ 4.25

กรณีเลข 5

รูปที่ 4.26 แสดงบล็อกภาพหมายเลข 5



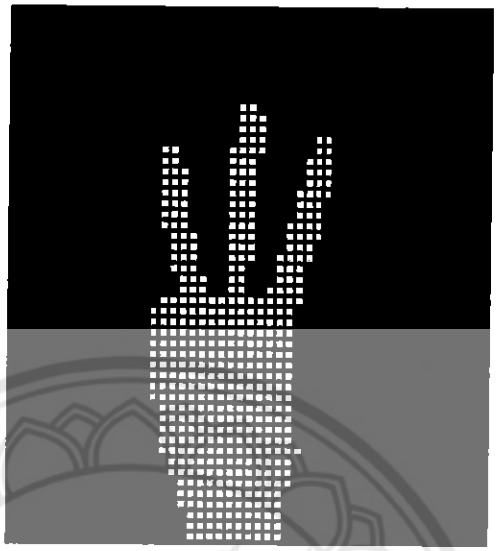
รูปที่ 4.27 แสดงจุดปลายนิ้ว หมายเลข 5



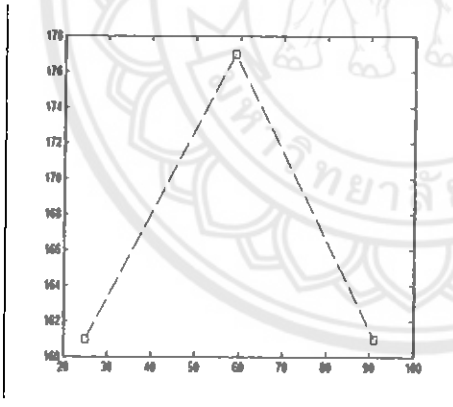
รูปที่ 4.28 แสดงการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบ

จากรูปที่ 4.27 เราจะพบจุดปลายนิ้วอยู่ 5 จุด หลังจากที่ผ่านอัลกอริทึมการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบออกแล้วนั้นจะได้จุดปลายนิ้วออกมา 5 จุด ดังรูปที่ 4.28

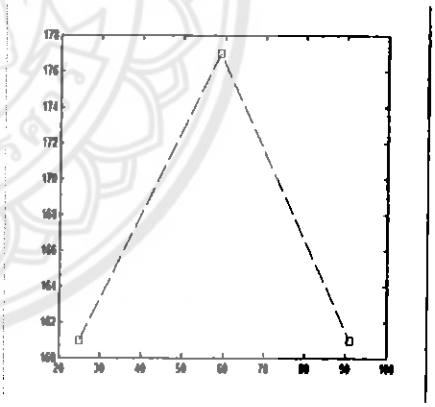
กรณีเลข 6



รูปที่ 4.29 แสดงบล็อกภาพหมายเลข 6



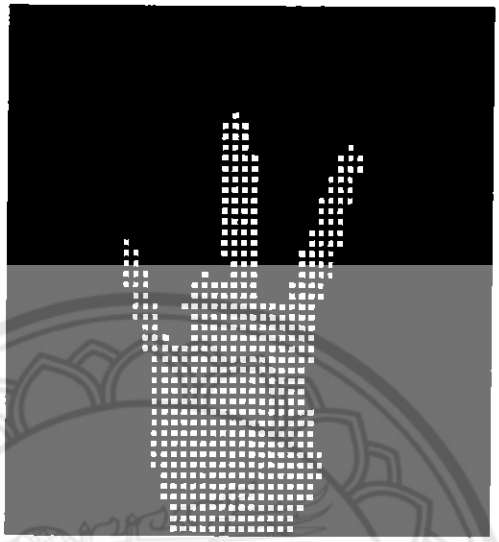
รูปที่ 4.30 แสดงจุดปลายนิ้วหมายเลข 6



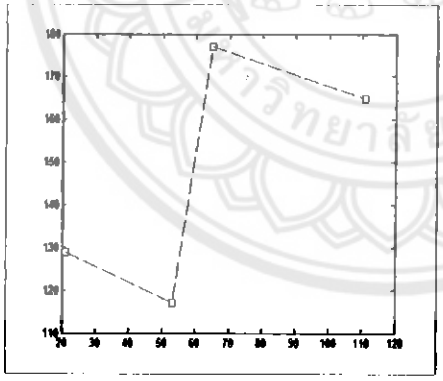
รูปที่ 4.31 แสดงการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบ

จากรูปที่ 4.30 เราจะพบจุดปลายนิ้วอยู่ 3 จุด หลังจากที่ผ่านอัลกอริทึมการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบออกแล้วนั้นจะได้จุดปลายนิ้วออกมา 3 จุด ดังรูปที่ 4.31

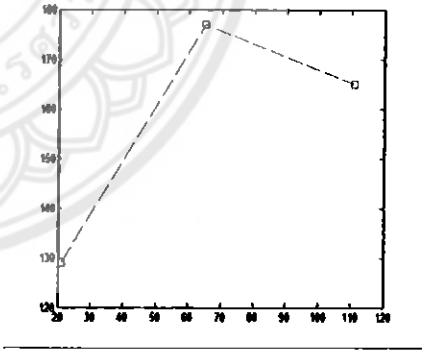
กรณีเลข 7



รูปที่ 4.32 แสดงบล็อกภาพหมายเลข 7



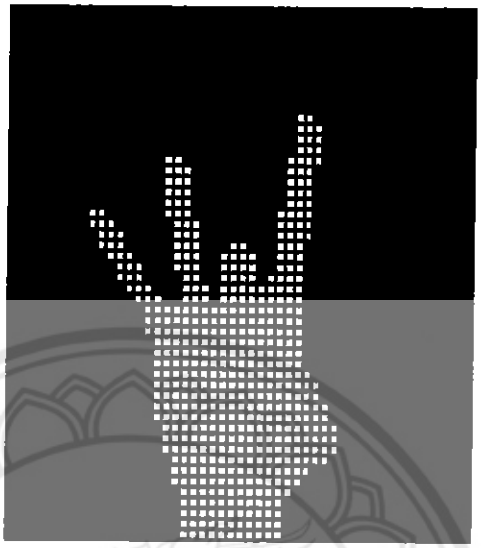
รูปที่ 4.33 แสดงจุดปลายนิ้วหมายเลข 7



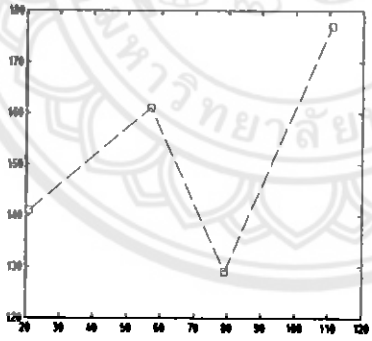
รูปที่ 4.34 แสดงการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบ

จากรูปที่ 4.33 เราจะพบจุดปลายนิ้วอยู่ 4 จุด หลังจากที่ผ่านอัลกอริทึมการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบออกแล้วนั้นจะได้จุดปลายนิ้วออกมา 3 จุด ดังรูปที่ 4.34

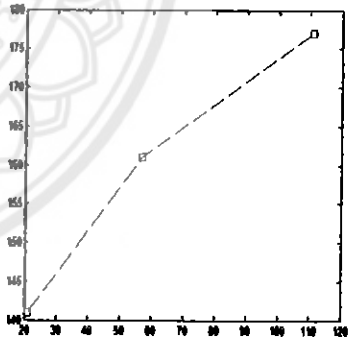
กรณีเลข 8



รูปที่ 4.35 แสดงบล็อกภาพหมายเลข 8



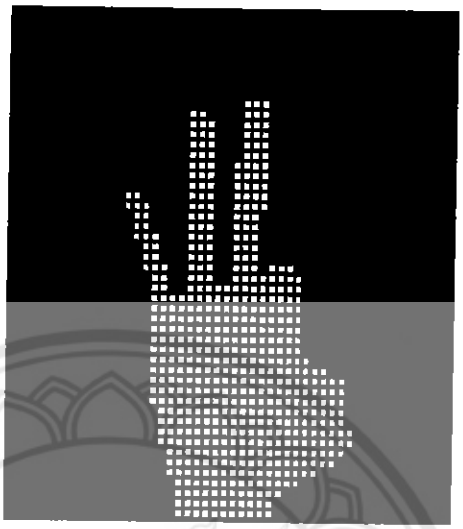
รูปที่ 4.36 แสดงจุดปลายนิ้วหมายเลข 8



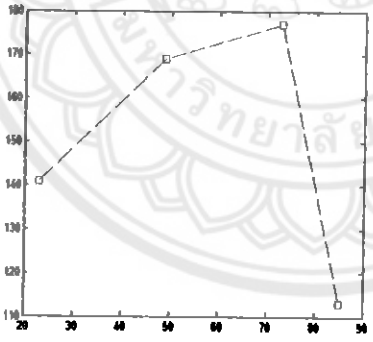
รูปที่ 4.37 แสดงการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบ

จากรูปที่ 4.36 เราจะพบจุดปลายนิ้วอยู่ 4 จุด หลังจากที่ผ่านอัลกอริทึมการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบออกแล้วนั้นจะได้จุดปลายนิ้วออกมา 3 จุด ดังรูปที่ 4.37

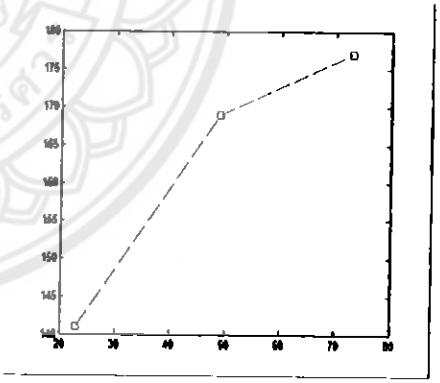
กรณีเลข 9



รูปที่ 4.38 แสดงบล็อกภาพหมายเลข 9



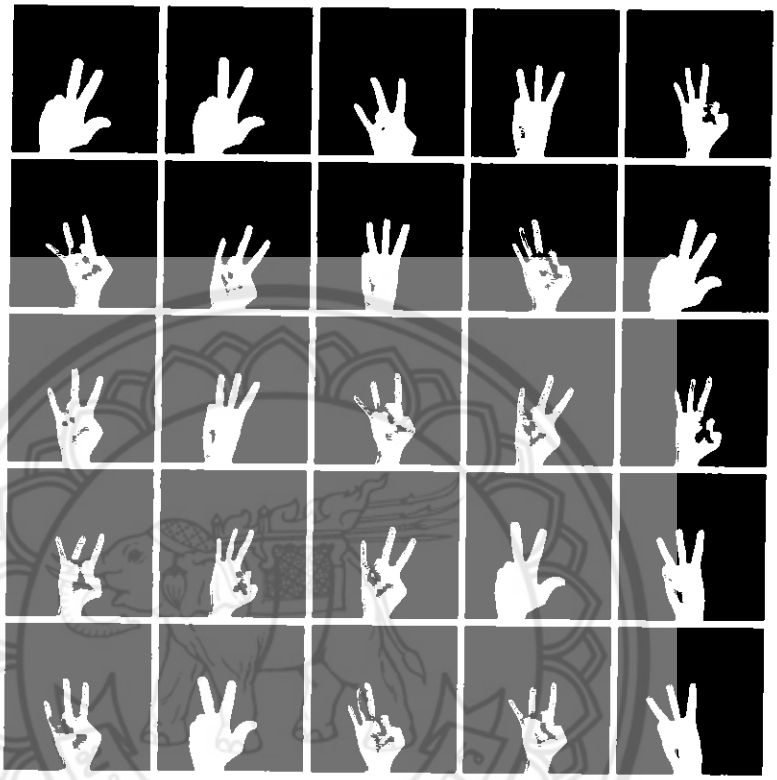
รูปที่ 4.39 แสดงจุดปลายนิ้วหมายเลข 9



รูปที่ 4.40 แสดงการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบ

จากรูปที่ 4.39 เราจะพบจุดปลายนิ้วอยู่ 4 จุด หลังจากที่ผ่านอัลกอริทึมการกรองจุดปลายนิ้วที่หุบออกแล้วนั้นจะได้จุดปลายนิ้วออกมา 3 จุด ดังรูปที่ 4.40

4.2.2 ภาพตัวอย่างมือสำหรับการฝึกสอนและการทดสอบ



รูปที่ 4.41 ตัวอย่างภาษามือที่ใช้ในการฝึกสอน

4.2.3 ผลการทดลองของการฝึกสอนโดยโปรแกรมเวก้า (Weka)

หลังจากที่เราทำการจำแนกหมายเลขมือ 0 1 2 4 5 ได้แล้วนั้น ต่อมาเราจะทำการจำแนกหมายเลขมือ 3 6 7 8 9 หลังจากที่เราทำการหาจุดปลายนิ้วได้แล้วนั้นถ้าหาจุดปลายนิ้วได้เท่ากับ 3 เราจะทำการหาคุณลักษณะของมือ (3.4) และทำการถ่ายภาพมือมาเป็นชุดฝึกสอน (train set) ให้กับโปรแกรมเป็นจำนวน 125ภาพ ต่อหนึ่งหมายเลข ซึ่งแต่ละภาพเราทำการสกัดคุณลักษณะเด่นของภาพออกมาดังนี้

1. ความชันระหว่างจุดปลายนิ้ว
2. มุมภายในสามเหลี่ยมของจุดปลายนิ้ว
3. มุมของจุดปลายนิ้วกับแกนอ้างอิง

ซึ่งคุณลักษณะเด่นต่างๆเราจะทำการเก็บไว้เป็นชุดฝึกสอนให้กับโปรแกรมซึ่งเราจะใช้กระบวนการเรียนรู้จำ(machine learning)ในการจำแนกและในการทดสอบจะใช้การทดสอบแบบ

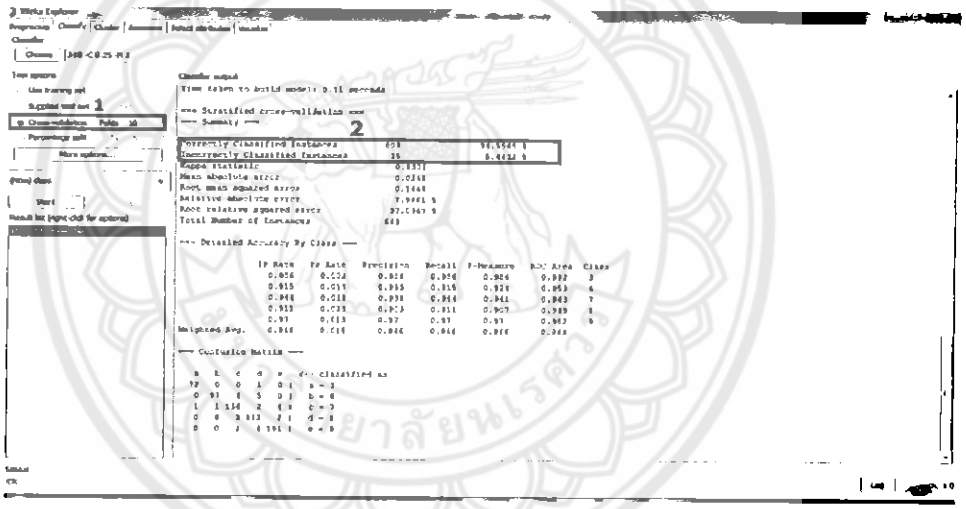
เทนโฟคลอสวาลิดเดชั่น(10-fold Cross-Validation) ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้การแบ่งข้อมูลสำหรับการทดสอบเป็น 10 ชุดย่อย (fold) แต่ละชุดย่อยมีจำนวนข้อมูลตามแต่ละวงจรการเดินที่บันทึกได้ ชุดข้อมูลที่ได้แบ่งเป็น 10 ชุดย่อย ฝึกสอนด้วยชุดข้อมูล 9 ชุด ส่วนที่เหลืออีก 1 ชุดเก็บไว้สำหรับการทดสอบ ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้งแต่เปลี่ยนชุดข้อมูลสำหรับฝึกสอนและทดสอบใหม่ และกระบวนการเรียนรู้จำแนกนั้นมีหลาย อัลกอริทึมให้เลือกใช้อย่างมากมาย ดังนั้นในปริญญานิพนธ์นี้จึงเลือกตัวจำแนก (classifier) มาทำการทดลองอยู่ 3 อัลกอริทึม ดังนี้

4.2.3.1 การตัดสินใจแบบต้นไม้(Decision Tree)

4.2.3.2 นาอีฟเบร์(Naive Bayes)

4.2.3.3 ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน(Support Vector Machine)

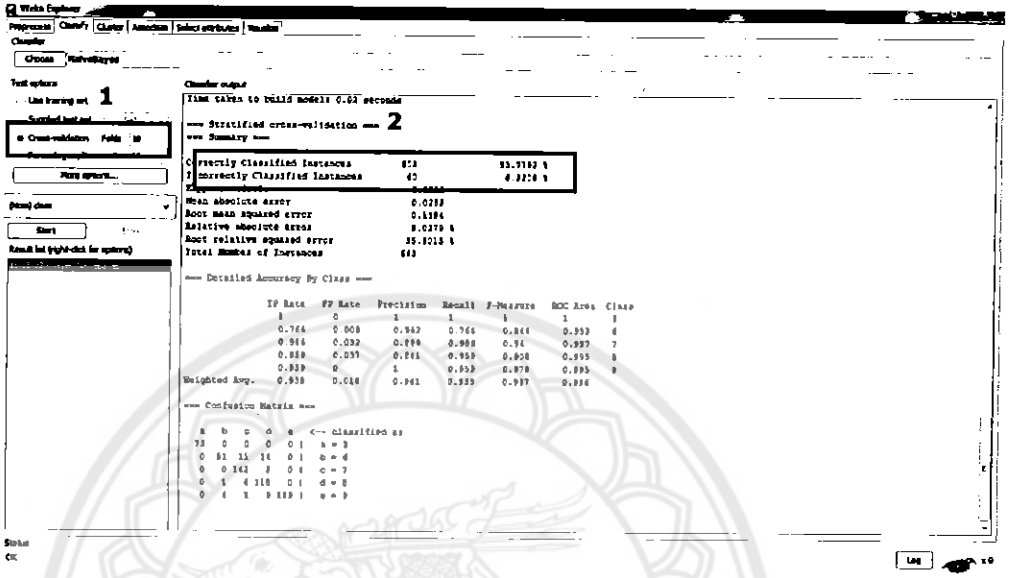
4.2.3.1 การตัดสินใจแบบต้นไม้เมื่อทำการทดลองจะได้ผลลัพธ์ออกมาดังนี้



รูปที่ 4.42 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบแบบการตัดสินใจแบบต้นไม้โดยโปรแกรมเวก้า

จากภาพ 4.42 จะเห็นได้ว่าเมื่อเราทำการทดสอบแบบเทนโฟคลอสวาลิดเดชั่น(เลข1) แล้วนั้น การทดสอบแบบการตัดสินใจแบบต้นไม้จะให้ผลลัพธ์ของการทดสอบที่ถูกต้องออกมาเป็น 94.5568 %และที่มีความผิดพลาดอยู่ 5.4432 %

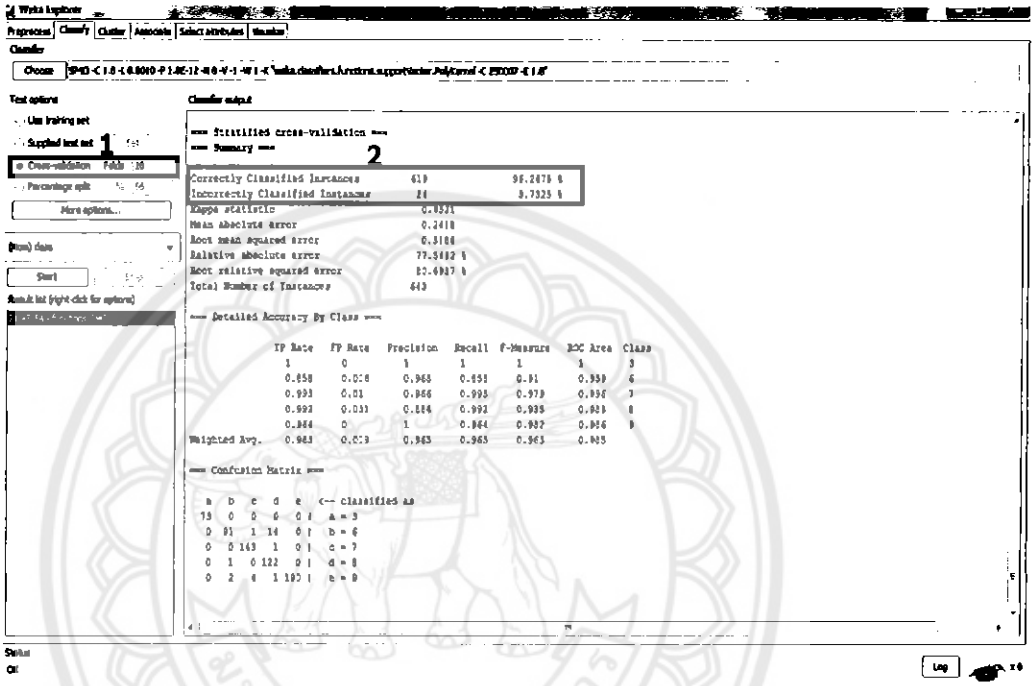
4.2.3.2 นาอีฟเบร์เมื่อทำการทดลองจะได้ผลลัพธ์ออกมาดังนี้



รูปที่ 4.43 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบแบบนาอีฟเบร์โดยโปรแกรมเวก้า

จากภาพ 4.43 จะเห็นได้ว่าเมื่อเราทำการทดสอบแบบเทนโฟลคลอสวาลิดเดชั่น(เลข1) แล้วนั้น การทดสอบแบบนาอีฟเบร์จะให้ผลลัพธ์ของการทดสอบที่ถูกต้องออกมาเป็น 93.7792 %และที่มีความผิดพลาดอยู่ 6.2208 %

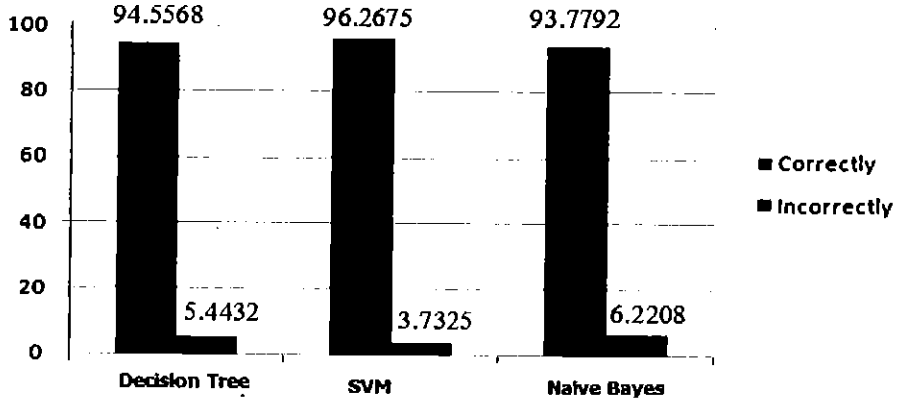
4.2.3.3 ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน เมื่อทำการทดลองจะได้ผลลัพธ์ออกมาดังรูปที่ 4.44



รูปที่4.44 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบแบบซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนโดยโปรแกรมเวก้า

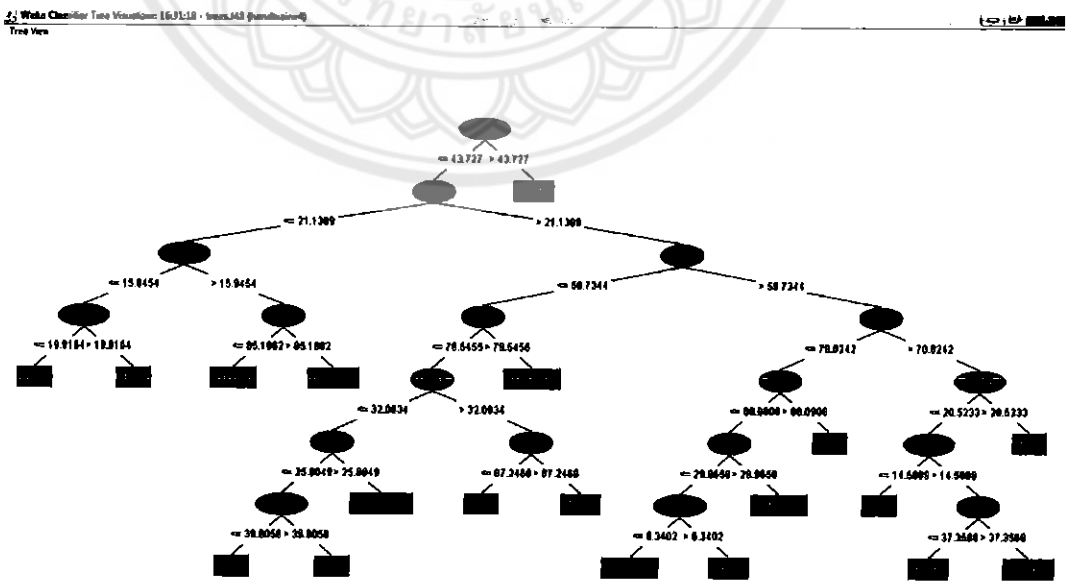
จากภาพ 4.44 จะเห็นได้ว่าเมื่อเราทำการทดสอบแบบเทนโฟคลอสวาลิดเดชั่น (เลข1) แล้วนั้น การทดสอบแบบซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนจะให้ผลลัพธ์ของการทดสอบที่ถูกต้องออกมาเป็น 96.2675 %และที่มีความผิดพลาดอยู่ 3.7325 %

จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าตัวจำแนกแต่ละตัวให้ความแม่นยำและค่าความผิดพลาดที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละตัวให้ค่าความแม่นยำและค่าความผิดพลาดมีลักษณะใกล้เคียงกันมาก ดังรูปที่ 4.45



รูปที่ 4.45 กราฟเปรียบเทียบความแม่นยำของแต่ละอัลกอริทึม

จากรูปที่4.45 จะเห็นได้ว่าซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนให้ความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลได้ดีที่สุด แต่นาอีฟเบร์มีความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลน้อยที่สุด แต่ในการประยุกต์ใช้นั้นซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนจะทำการประยุกต์ได้ยุ่งยากกว่าการตัดสินใจแบบต้นไม้ ดังนั้นปริญญานิพนธ์จึงนำหลักการของการตัดสินใจแบบต้นไม้ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้จำตัวหนึ่งมาทำการประยุกต์ใช้เป็นตัวจำแนกหมายเลข 3 6 7 8 9 ออกจากกัน และผลลัพธ์ของการตัดสินใจแบบต้นไม้ดังกล่าวนั้นแสดงดังรูปที่ 4.46



รูปที่ 4.46 การตัดสินใจแบบต้นไม้

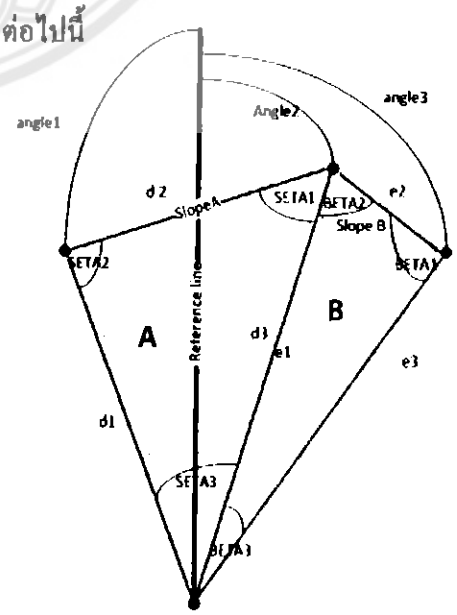
4.2.4 ผลการทดลองของการทดสอบ

ในการทดสอบนั้นจะทำการทดสอบในเรื่องของการแปลความหมายของภาพที่รับเข้ามาจากกล้องเวบแคม(Web cam) ซึ่งตัวอย่างการทดลองนี้เราจะทำลักษณะของมือเป็นเลข 3 6 7 8 และ 9 ส่วนหมายเลข 0 1 2 4 และ 5 นั้นทำการคัดแยกโดยพิจารณาจากจุดปลายนิ้ว (หัวข้อ 3.5) ซึ่งไม่ได้ใช้ต้นไม้ตัดสินใจในการคัดแยก

หมายเลขมือหมายเลข 3

รูปที่ 4.47 แสดงภาพหมายเลขมือหมายเลข 3

คุณลักษณะเด่นของมือที่สกัดออกมาได้ค่าดังต่อไปนี้



SLOPA=0 SLOPB=67.9638

ANGLE1= 12.3554 ANGLE2=16.7242

ANGLE3=72.0956 SETA1=73.5514

SETA2=77.6446 SETA3=28.8040

BETA1=85.8682 BETA2=38.4848

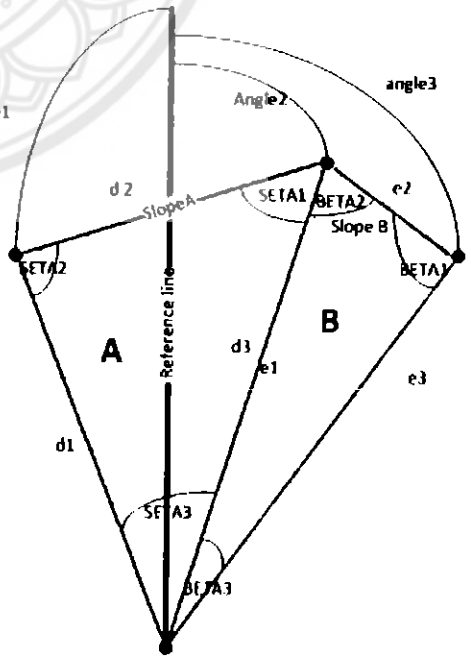
BETA3=55.6469

หมายเลขมือหมายเลข 6

รูปที่ 4.48 แสดงภาพหมายเลขมือหมายเลข 6

คุณลักษณะเด่นของมือที่สกัดออกมาได้ค่าดังต่อไปนี้

SLOPA= 19.4400	SLOPB=20.5560
ANGLE1=23.1986	ANGLE 2=0.0000
ANGLE 3=27.2161	SETA1=67.7673
SETA 2=86.2414	SETA 3=25.9913
BETA1=83.3399	BETA 2=72.2367
BETA 3=24.4234	

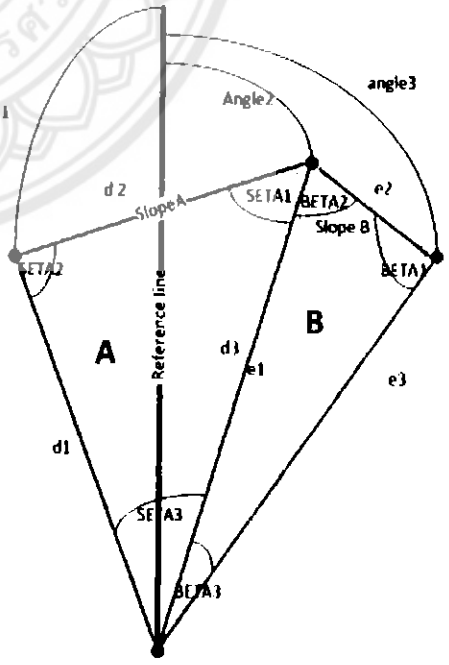


หมายเลขมือหมายเลข 7

รูปที่ 4.49 แสดงภาพหมายเลขมือหมายเลข 7

คุณลักษณะเด่นของมือที่สกัดออกมาได้ค่าดังต่อไปนี้

SLOPA = 48.3665	SLOPB =10.7843
ANGLE1= 48.5763	ANGLE2=10.7225
ANGLE3=17.4880	SETA1=54.8346
SETA2=89.7901	SETA3=35.3752
BETA1=89.7901	BETA2=66.0146
BETA3=30.6891	



หมายเลขมือหมายเลข 8

รูปที่ 4.50 แสดงภาพหมายเลขมือหมายเลข 8

คุณลักษณะเด่นของมือที่สกัดออกมาได้ค่าดังต่อไปนี้

SLOPA=39.4725 **SLOPB=14.0362**

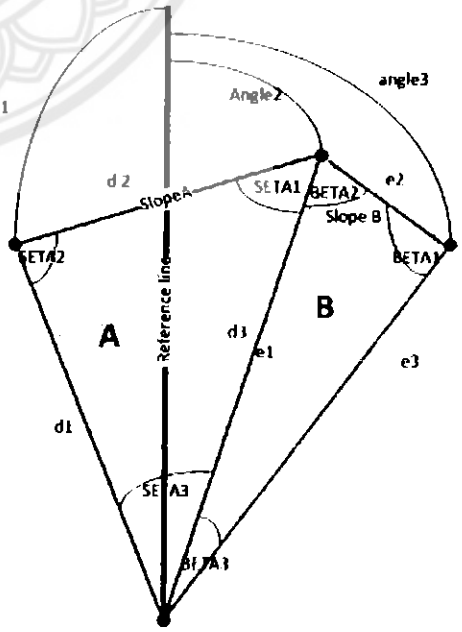
ANGLE1= 53.2971 **ANGLE2=17.5540**

ANGLE3=8.1301 **SETA1=67.4551**

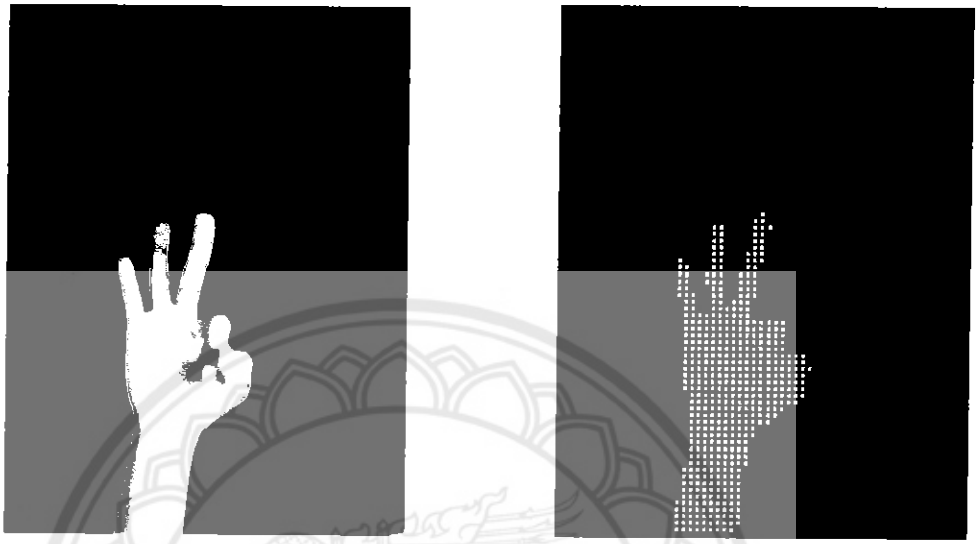
SETA2=76.1753 **SETA3=36.3969**

BETA1=67.8377 **BETA2=87.1087**

BETA3=25.0576



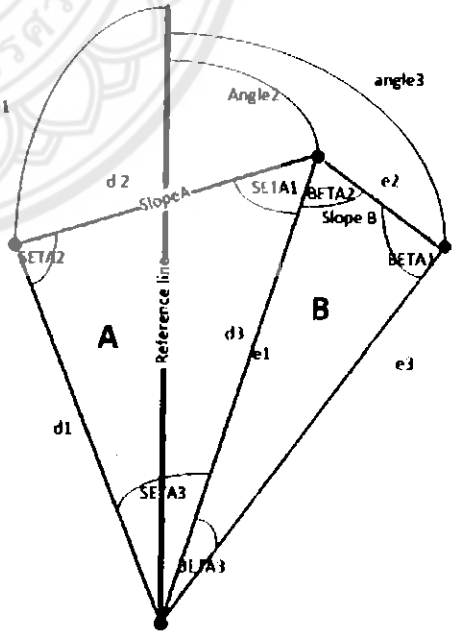
หมายเลขมือหมายเลข 9



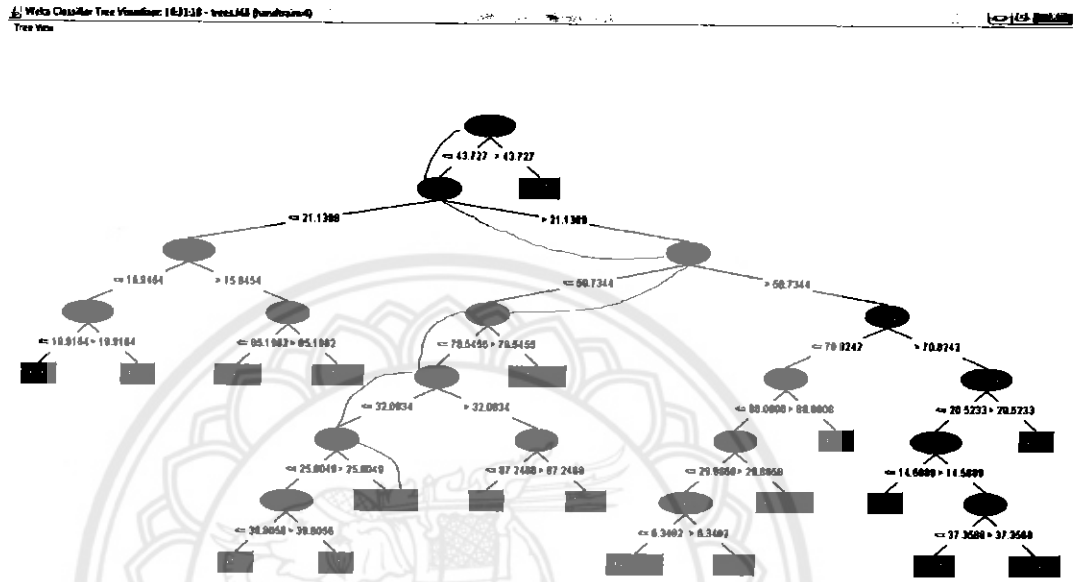
รูปที่ 4.51 แสดงภาพหมายเลขมือหมายเลข 9

คุณลักษณะเด่นของมือที่สกัดออกมาได้ค่าดังต่อไปนี้

SLOPA=42.2737	SLOPB=17.1027
ANGLE1= 31.2392	ANGLE2=8.6600
ANGLE3=7.0458	SETA1=58.2178
SETA2=101.0345	SETA3=20.7477
BETA1=65.8515	BETA2=96.6113
BETA3=17.5372	

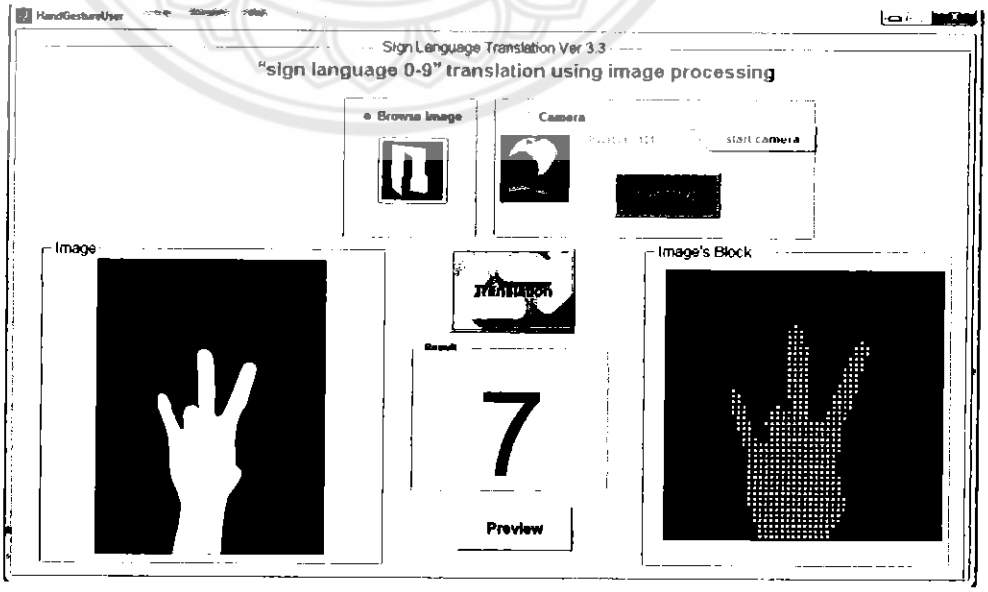


เมื่อได้ค่าคุณลักษณะเด่นของมือแล้วจากนั้นก็ทำการจำแนกโดยใช้ การตัดสินใจแบบต้นไม้(รูปที่ 4.46) เป็นตัวอย่างของการจำแนกหมายเลขมือเลข 7 ได้ผลลัพธ์ของมาดังรูปที่ 4.52



รูปที่ 4.52 แสดงการจำแนกหมายมือเลข 7 โดยการตัดสินใจแบบต้นไม้

ผลลัพธ์จากการรันโปรแกรม



รูปที่ 4.53 ผลลัพธ์จากการรันโปรแกรม

ในการทดสอบจะใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 10 คน โดยให้ผู้ทดสอบแต่ละท่านเรียนรู้สัญลักษณ์ภาษามือตัวเลข 0 ถึง 9 หลังจากนั้นก็ทำการบันทึกภาพ ท่านละ 2 ภาพ เพื่อนำมาประมวลผล ซึ่งผลการทดสอบเป็น ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบทดสอบการแปลความหมายขณะที่มือเอียง 0 องศา

สัญลักษณ์ตัวเลข	จำนวนที่แปลถูกต้อง	จำนวนที่แปลไม่ถูกต้อง	ร้อยละความถูกต้อง
0	20	0	100
1	20	0	100
2	20	0	100
3	18	2	90
4	20	0	100
5	20	0	100
6	16	4	80
7	18	2	90
8	16	4	80
9	19	1	95
		รวมทั้งหมด	93.5

จากตารางผลการทดสอบการแปลความหมายจากภาพนิ่ง ผลลัพธ์ความถูกต้องจากการทดสอบด้วยภาพนิ่ง คือร้อยละ 93.5 จะสังเกตเห็นว่ากลุ่มตัวเลขที่เป็นไปได้ทั้งในกรณีที่ค้นพบนิ้วมือ 3 นิ้ว ได้แก่ เลขสาม เลขเจ็ด เลขแปด และเลขเก้า จะไม่สามารถแปลความหมายได้ถูกต้องมากนัก

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบทดสอบการแปลความหมายขณะที่มือเอียง 20 องศา

สัญลักษณ์ตัวเลข	จำนวนที่แปลถูกต้อง	จำนวนที่แปลไม่ถูกต้อง	ร้อยละความถูกต้อง
0	20	0	100
1	20	0	100
2	20	0	100
3	15	5	75
4	20	0	100
5	20	0	100
6	13	7	65
7	16	4	80
8	14	6	70
9	13	7	65
		รวมทั้งหมด	85.5

จากตารางผลการทดสอบการแปลความหมายจากภาพนิ่ง ผลลัพธ์ความถูกต้องจากการทดสอบด้วยภาพนิ่ง คือ ร้อยละ 83.5 จะสังเกตเห็นว่ากลุ่มตัวเลขที่เป็นไปได้ทั้งในกรณีที่ค้นพบนิ้วมือ 3 นิ้ว ได้แก่ เลขสาม เลขเจ็ด เลขแปด และเลขเก้า จะไม่สามารถแปลความหมายได้ถูกต้องมากนัก

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบทดสอบการแปลความหมายขณะที่มือเอียง 45 องศา

สัญลักษณ์ตัวเลข	จำนวนที่แปลถูกต้อง	จำนวนที่แปลไม่ถูกต้อง	ร้อยละความถูกต้อง
0	20	0	100
1	20	0	100
2	20	0	100
3	8	12	40
4	20	0	100
5	18	2	90
6	8	12	40
7	6	14	30
8	6	14	30
9	4	16	20
		รวมทั้งหมด	65

จากตารางผลการทดสอบการแปลความหมายจากภาพนิ่ง ผลลัพธ์ความถูกต้องจากการทดสอบด้วยภาพนิ่ง คือ ร้อยละ 65 จะสังเกตเห็นว่ากลุ่มตัวเลขที่เป็นไปได้ทั้งในกรณีที่ค้นพบนิ้วมือ 3 นิ้ว ได้แก่ เลขสาม เลขเจ็ด เลขแปด และเลขเก้า จะไม่สามารถแปลความหมายได้ถูกต้องมากนัก

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบทดสอบการแปลความหมายขณะที่มือเอียง 90 องศา

สัญลักษณ์ตัวเลข	จำนวนที่แปลถูกต้อง	จำนวนที่แปลไม่ถูกต้อง	ร้อยละความถูกต้อง
0	14	6	70
1	0	20	0
2	0	20	0
3	0	20	0
4	0	20	0
5	0	20	0
6	0	20	0
7	0	20	0
8	0	20	0
9	0	20	0
		รวมทั้งหมด	7

จากตารางผลการทดสอบการแปลความหมายจากภาพนิ่ง ผลลัพธ์ความถูกต้องจากการทดสอบด้วยภาพนิ่ง คือร้อยละ 7 จะสังเกตเห็นว่ากลุ่มตัวเลขที่สามารถประมวลผลได้คือเลข 0 เท่านั้นเพราะว่าหาจุดปลายนิ้วได้เท่ากับ 0 พอดี

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 บทสรุป

ในปัจจุบันผู้พิการทางการได้ยินนั้นมีความลำบากในการที่จะสื่อสารกับผู้คนปกติ เพราะคนปกติทั่วไปไม่ค่อยรู้ภาษามือ ผู้จัดทำโครงงานจึงได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับการแปลภาษามือเพื่อช่วยแปลความหมายของท่าทางของภาษามือที่แสดงออกมา โดยสามารถแปลภาษามือได้ตั้งแต่เลข 0 ถึง เลข 9 ซึ่งจากผลการทดลองโปรแกรมสามารถแปลภาษามือได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 94 เมื่อใช้การตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree) และมีพื้นหลังสีดำ รวมทั้งท่าทางการแสดงภาษามือต้องมีลักษณะใกล้เคียงกับท่าทางภาษามือที่ใช้ตอนฝึกสอน (Train) ด้วย แต่ถ้าหากฉากหลังไม่ได้เป็นสีดำโปรแกรมไม่สามารถคำนวณหาผลลัพธ์ได้และในการทดสอบนั้นปริญญานิพนธ์นี้ใช้การทดสอบในกรณีที่ทำท่าทางภาษามือที่ถูกต้องเท่านั้น(positive example)ไม่ได้รวมไปถึง กรณีอื่น (negative example)นอกเหนือจากภาษามือ 0 ถึง 9 ดังนั้น อาจจะต้องมีการปรับปรุงวิธีการที่ใช้อยู่นี้ในการทดสอบหาผลลัพธ์ของโปรแกรมเพื่อให้โปรแกรมสามารถแปลภาษามือออกมาได้ถูกต้องมากที่สุด และสามารถนาไปใช้ในสถานที่ใดก็ได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อม

5.2 ปัญหาที่พบ

ปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการทำโครงงานนี้มีทั้งในส่วนของการศึกษาหาข้อมูล และขั้นตอนการทดสอบโปรแกรม ซึ่งได้แก่

1. การเขียนโปรแกรมนี้ต้องใช้ แมทแลบ(MATLAB) ซึ่งผู้จัดทำไม่มีความชำนาญในการใช้มาก่อน จึงทำให้เสียเวลาในการศึกษามากพอสมควร
2. ณ สภาวะที่มีแสงสว่างน้อยมาก จะทำให้โปรแกรมไม่สามารถประมวลผลลัพธ์ออกมาได้อย่างถูกต้อง
3. สภาพแวดล้อมและระยะห่างของการวางมือกับกล้องมีผลต่อการแปลความหมายออกมาให้ถูกต้อง เพราะโปรแกรมไม่มีอัลกอริทึมในการตัดภาพมือแบบอัตโนมัติถ้าหากรูปภาพที่รับเข้ามามีขนาดเกิน 200x200 พิกเซลจะทำให้ไม่สามารถแปลความหมายได้

5.3 แนวทางการแก้ปัญหาและข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาการใช้ แมทแลบให้มากขึ้น เจาะลึกมากขึ้นกว่านี้
2. เพิ่มชุดของการฝึกสอนให้มีความหลากหลายมากขึ้นกว่าเดิม เพื่อให้ครอบคลุมกรณีในขณะที่มือเอียงและกรณีอื่นๆ นอกเหนือจากหมายเลขมือ 0 ถึง 9
3. โปรแกรมนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อให้สามารถแปลภาษามือในความหมายอื่นๆได้
4. โปรแกรมนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อให้ใช้งานได้ในทุกสภาวะแวดล้อม
5. ทำให้เป็นในลักษณะการประมวลผลแบบการประมวลผลแบบทันที(Real time)

เอกสารอ้างอิง

[1] สมาคมคนหูหนวกแห่งประเทศไทย. "โลกของคนหูหนวก". [Online]. Available: From http://nadt.thport.com/soundandhearingth.html

[2] มูลนิธิพัฒนาคนพิการไทย. " แบบสะกดตัวเลข 0 - 9 ". [Online]. Available: From http://www.tddf.or.th/tddf/signlang/signmath.php

[3] ภรัณยา อำมฤครัตน์ และพยุง มีสัจ (2553).การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มข้อมูลของโรคฉมร้อนด้วยวิธีการทางเครือข่ายประสาทเทียม. กรุงเทพฯ

[4] Borse , G. J., Numerical Methods with MATLAB, A Resource for Scientists and Engineers, PWS Publishing Company, 1997.

[5] Sigmon , K ., MATLAB Primer, Department of Mathematics, University Of Florida, 1989.

[6] edu-mine All Rights Reserved. "ความรู้เบื้องต้น : Raster / Vector และ Pixel". [Online]. Available : http://www.edu-mine.com/photoshop/lesson1_RasterVector.html, 2009

[7] เครือข่ายเพื่อโรงเรียนไทยหรือสคูลเน็ต." การหาความชัน ". [Online]. Available: From http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet3/jee/slope/Slope.htm

[8] Thai Education Portal." มุมภายในสามเหลี่ยม ". [Online]. Available: From http://blog.eduzones.com/dena/3746

[9] Stephen Marsland. (2009). **Machine Learning An Algorithmic Perspective. London.** CRC-Press.

[10]Jaiwei Han,Micheline Kamber,Jian Pei. (2011). **DATA MINING Concepts and Techniques.** Morgan Kaufman Publishers.

ภาคผนวก

ค่าคุณลักษณะของมือจากการสกัดลักษณะเด่น ของภาษามือหมายเลข 3 6 7 8 และ 9

No.	SLOPA	SLOPB	Angle1	Angle2	Angle3	Seta1	Seta2	Seta3	Beta1	Beta2	Beta3	Class
1	6.7098	56.3099	13.5232	10.0201	74.7449	85.3999	69.767	24.6331	71.5651	45	63.4349	3
10	30.4655	83.2902	4.7079	27.6858	86.4965	88.2231	64.2423	27.5346	79.7866	38.9523	61.2611	3
100	7.125	13.2405	15.6422	7.9999	32.3666	74.9481	81.4828	23.5692	70.8739	84.6864	24.4397	6
101	8.1301	20.556	9.8336	10.8929	35.0494	71.1189	88.2965	20.5845	75.5067	80.1949	24.2984	6
102	8.1301	20.556	7.0284	14.2621	38.1183	68.0089	91.1017	20.8894	72.4378	83.305	24.2572	6
103	8.1301	20.556	6.8428	13.8903	37.2782	68.3467	91.2873	20.3659	73.2779	82.9671	23.755	6
104	8.7462	20.556	5.4774	14.2515	38.1183	67.3928	93.2688	19.3384	72.4378	83.305	24.2572	6
105	8.7462	21.8014	5.4774	14.2515	37.0107	67.3928	93.2688	19.3384	74.7907	82.0596	23.1496	6
106	8.7462	21.8014	2.3533	17.3766	39.1933	64.6229	96.3929	18.9843	72.6081	84.8295	22.5623	6
107	0	21.8014	6.9343	13.1363	37.1645	77.0619	83.0657	19.8724	74.6369	81.1366	24.2264	6
108	8.7462	21.8014	3.9182	15.8112	38.1183	65.9987	94.8279	19.1734	73.6831	83.4537	22.8632	6
109	8.7462	23.1986	2.3533	17.3766	38.1183	64.6229	96.3929	18.9843	75.0803	83.4324	21.4873	6
11	19.44	75.1735	0.6585	21.936	82.1847	85.6905	69.9014	24.408	82.9888	38.576	58.4352	3
110	8.1301	7.5946	13.861	6.3224	26.8619	75.5297	84.2691	20.2012	70.7327	88.7455	20.5217	6
111	7.5946	7.125	19.6041	2.9447	26.2502	79.4316	77.9906	22.5778	70.8748	85.8487	23.2765	6
112	15.9454	14.0362	19.6041	0	24.9739	72.6402	86.3413	21.0185	79.0623	77.3782	23.5595	6
113	19.44	7.125	32.2756	1.0264	24.7751	72.2202	77.1644	30.6154	72.3499	81.2147	26.4354	6
114	21.8014	0	37.725	9.4	21.0375	77.8038	74.0764	28.1198	68.9625	80.3948	30.6427	6
115	20.556	0	39.0531	9.0496	21.0375	79.0492	71.5029	29.4479	68.9625	80.3948	30.6427	6
116	20.556	0	38.5302	8.9857	20.7461	78.9063	72.0259	29.0679	69.2539	80.5377	30.2084	6
117	23.1986	0	35.8377	9.5016	22.249	76.2637	77.3609	26.3753	67.751	80.5377	31.7113	6
118	15.9454	6.3402	29.9536	5.0056	25.4633	79.1719	75.9918	24.8363	70.8768	78.5425	30.5807	6
119	8.1301	14.0362	16.631	3.5223	26.6781	78.3376	81.4991	20.1632	77.1581	79.4961	23.3458	6
12	17.5256	69.444	6.8924	16.1091	73.6105	88.6566	65.582	25.7614	85.8335	39.425	54.7415	3
120	8.7462	20.556	6.1886	11.2	33.1579	70.1974	92.5575	17.245	77.3981	80.5004	22.1015	6
121	8.7462	28.0725	5.1944	13.5266	37.0107	68.0528	93.5517	18.3955	81.0618	75.1286	23.8096	6
122	0	24.7751	2.2312	18.678	38.1183	72.0127	87.7688	20.2185	76.6569	83.2122	20.1309	6
123	0	28.0725	0.7441	20.1942	43.0585	70.6768	90.7441	18.5791	75.014	81.2507	23.7353	6
124	20.556	15.2551	27.8597	2.9348	29.1241	72.9333	82.6964	24.3703	76.1311	71.2556	32.6134	6
125	26.5651	20.8545	18.8119	0	25.292	62.8995	97.7532	19.3473	85.5624	69.681	24.7566	6
126	26.5651	15.9454	28.2497	0	28.1562	66.1941	88.3153	25.4906	77.7892	71.2955	30.9153	6
127	20.556	10.7843	26.9061	0	29.3961	70.8942	83.65	25.4559	71.3882	77.7655	30.8463	6
128	20.556	10.7843	18.8119	0	24.353	68.8877	91.7442	19.3681	76.4313	79.772	23.7968	6
129	14.0362	20.8545	12.4649	5.3843	31.3496	69.8679	91.5713	18.5608	79.5049	75.2414	25.2537	6
13	5.7106	60.4612	9.5667	16.0407	67.0362	79.3211	74.7227	25.9562	83.425	45.9283	50.6467	3
130	14.0362	20.8545	12.9946	5.6409	32.5604	69.6236	91.0416	19.3348	78.294	75.4857	26.2202	6
131	14.0362	21.8014	12.2157	5.2641	29.8142	69.9832	91.8205	18.1963	81.9872	74.1792	23.8336	6
132	14.0362	21.8014	11.0826	6.4428	30.774	68.9059	92.9537	18.1404	81.0274	75.2564	23.7162	6
133	14.0362	21.8014	14.4524	2.8308	27.8381	72.1497	89.5838	18.2665	83.9633	72.0127	24.024	6
134	17.5256	11.8887	26.8869	0	28.0725	71.0941	80.6386	28.2673	73.8162	79.4917	26.6921	6
135	22.8337	11.3099	31.8491	0	26.5651	69.2616	80.9846	29.7538	74.7449	76.5948	28.6603	6

No.	SLOPA	SLOPB	Angle1	Angle2	Angle3	Seta1	Seta2	Seta3	Beta1	Beta2	Beta3	Class
160	30.4655	20.8545	25.0963	0	25.1679	61.2702	95.3693	23.3605	85.6866	67.4098	26.9036	6
161	29.0546	21.8014	21.4253	0	28.4652	58.0541	97.6293	24.3166	83.3362	71.0899	25.5739	6
162	17.5256	23.9625	18.0198	4.9327	30.75	65.8696	89.5058	24.6246	83.2125	72.6423	24.1451	6
163	23.9625	15.9454	31.0973	0	30.8378	67.4877	82.8652	29.6471	75.1076	72.6044	32.288	6
164	33.6901	15.2551	35.6279	0	27.1981	61.0736	88.0622	30.8643	78.057	69.9812	31.9618	6
165	35.2176	15.2551	35.4457	0	26.8869	60.2879	89.7719	29.9402	78.3682	69.2394	32.3924	6
166	33.6901	10.7843	40.5154	6.6424	23.587	64.2369	83.1747	32.5885	77.1973	71.2888	31.514	6
167	35.2176	5.1944	41.9335	13.1912	17.5603	67.6762	83.2841	29.0398	77.6342	71.9118	30.454	6
168	41.1859	5.4403	43.9391	14.379	14.8863	63.0126	87.2468	29.7405	80.5541	70.3611	29.0848	6
169	41.1859	5.4403	43.9391	14.379	14.8863	63.0126	87.2468	29.7405	80.5541	70.3611	29.0848	6
17	11.3099	64.8852	12.45	16.1965	84.6107	82.875	66.2401	30.8849	70.2745	43.5498	66.1757	3
170	35.2176	16.6992	34.1359	0	25.5885	58.9171	91.0817	30.0013	81.1107	69.1661	29.7232	6
171	29.0546	23.9625	22.6713	0	25.1679	59.2097	96.3833	24.407	88.7946	67.7732	23.4322	6
172	22.8337	26.5651	17.5603	3.0053	29.6667	59.3743	95.2734	25.3524	86.8983	71.227	21.8746	6
173	30.4655	21.8014	29.7449	0	29.5604	60.9148	90.7207	28.3645	82.2411	66.8182	30.9407	6
174	33.6901	17.5256	36.0851	0	23.587	61.1307	87.605	31.2643	83.9385	67.6537	28.4078	6
175	32.0054	11.3099	37.3332	9.0511	20.8209	67.3393	84.6722	27.9885	80.489	69.3454	30.1656	6
176	35.5377	9.8658	38.5412	13.8852	20.8209	67.9855	86.9965	25.018	79.0449	66.611	34.3441	6
177	30.4655	16.6992	31.0973	0	26.8869	62.2936	89.3682	28.3382	79.8123	70.5416	29.646	6
178	29.0546	25.2011	21.4253	0	25.1679	58.0541	97.6293	24.3166	90.0333	67.6901	22.2766	6
179	17.5256	26.5651	15.4885	7.6668	30.75	63.5018	92.0371	24.4611	85.8151	72.4076	21.7773	6
18	5.7106	66.0375	11.3099	15.2844	80.7067	79.8587	72.9795	27.1619	75.3308	39.8144	64.8548	3
180	43.4518	10.7843	56.0702	12.8915	21.0375	59.6574	77.3816	42.961	79.7468	66.1065	34.1467	7
181	45	10.7843	54.6599	14.0744	18.9465	59.2159	80.3401	40.444	81.8378	64.9998	33.1624	7
182	48.3665	10.7843	48.5763	10.7225	17.488	54.8346	89.7901	35.3752	83.2963	66.0146	30.6891	7
183	55.008	0	58.4486	22.6705	9.8336	56.1318	86.5594	37.3088	80.1664	68.8602	30.9734	7
184	59.4208	0	62.2815	26.0975	8.3439	54.3287	87.1393	38.532	81.6561	66.2505	32.0934	7
185	61.3895	0	64.6538	27.696	8.8068	53.5389	86.7357	39.7253	81.1932	65.0715	33.7353	7
186	61.3895	5.4403	54.4623	25.9261	1.8476	52.2736	96.9272	30.7992	82.7121	71.7772	25.5108	7
187	59.4208	5.1944	48.3019	15.0027	9.5667	47.8982	101.1189	30.9829	85.6277	67.4866	26.8856	7
188	50.1944	10.3048	40.684	4.483	16.3895	51.3523	99.5105	29.1373	83.9153	68.1485	27.9362	7
189	46.6366	16.6992	37.0304	0	20.9427	48.891	99.6062	31.5028	85.7566	67.7732	26.4702	7
19	5.4403	64.7223	11.3099	16.7059	81.3268	78.2879	73.2497	28.4624	73.3955	42.4301	64.1744	3
190	43.2643	22.8337	30.3236	0	30.7189	44.7143	102.9407	32.345	82.1147	69.1877	28.6975	7
191	36.3844	25.2011	28.1237	0	30.3581	48.9623	98.2606	32.7771	84.843	69.4522	25.7048	7
192	32.2756	30.4655	21.9606	0	35.4555	49.1284	100.3151	30.5565	85.0101	68.1304	26.8596	7
193	25.4633	40.6013	18.7258	11.715	42.2737	48.9751	96.7376	34.2873	88.3276	64.9602	26.7122	7
194	25.4633	40.6013	18.7258	11.715	42.2737	48.9751	96.7378	34.2873	88.3276	64.9602	26.7122	7
195	43.0251	22.8337	27.7185	0	27.5252	47.6335	105.3066	27.06	85.3084	66.5078	28.1838	7
196	50.9061	10.7843	35.0494	7.7123	12.9946	51.07	105.8568	23.0732	87.7897	67.2396	24.9707	7
197	58.5704	5.7106	45	16.4533	9.1179	49.0519	103.5704	27.3777	86.5927	66.6671	26.7402	7
198	63.4349	0	46.1458	18.1594	7.0458	45.769	107.2892	26.9418	82.9542	70.796	26.2497	7
199	63.4349	5.4403	50.2901	25.8844	1.8476	50.2282	103.1449	26.6269	82.7121	71.7772	25.5108	7
2	5.4403	40.6013	28.7798	0	65.4099	82.2691	66.6605	31.0704	65.1914	51.6893	63.1193	3

No.	SLOPA	SLOPB	Angle1	Angle2	Angle3	Seta1	Seta2	Seta3	Beta1	Beta2	Beta3	Class
412	38.6598	6.009	50.4923	12.1802	14.1986	63.4845	78.1675	38.348	69.7924	83.8647	26.3428	8
413	33.6901	5.4403	49.1596	12.4115	16.7626	68.4542	74.5304	37.0154	67.7971	83.2961	28.9068	8
414	34.992	0	45.924	14.9349	24.7343	69.4977	79.068	31.4343	65.2657	75.5102	39.2241	8
415	41.6335	3.4682	47.6838	19.3836	19.8407	66.8014	83.9498	29.2488	66.6911	75.0333	38.2756	8
416	34.992	3.4682	44.076	13.3311	27.3499	68.0026	80.9161	31.0813	66.1184	73.5372	40.3445	8
417	28.6105	6.9112	38.1183	1.924	36.0694	65.8867	80.4922	33.6211	60.8418	78.5916	40.5666	8
418	23.4986	10.6197	34.2157	1.5721	35.4069	69.5142	79.2829	31.2029	65.2128	76.3676	38.4197	8
419	23.4986	10.6197	34.2157	1.5721	35.4069	69.5142	79.2829	31.2029	65.2128	76.3676	38.4197	8
42	18.4349	82.5041	4.3045	27.4302	84.6107	80.4727	75.8695	23.6578	87.8935	35.4581	56.6485	3
420	32.2756	3.3665	43.0908	13.421	30.3432	70.8162	79.1848	29.999	63.0232	73.5416	43.4351	8
421	43.2643	0	47.6838	20.6548	20.6235	66.2724	85.5805	28.1471	69.3765	70.4633	40.1602	8
422	33.6901	7.125	38.1183	0	32.9052	61.8375	85.5718	32.5907	64.2198	77.3474	38.4328	8
423	32.4712	10.6197	38.1183	0	35.1342	61.8333	84.3529	33.8138	65.4855	75.0759	39.4387	8
424	23.4986	14.4703	40.0497	7.6474	34.4085	74.1804	73.4488	32.3708	70.0618	67.8507	42.0874	8
425	23.4986	14.9314	32.074	0	36.7537	67.1045	81.4246	31.4709	68.1777	74.4655	37.3568	8
426	29.7449	7.5946	41.3086	10.2303	28.2174	70.3357	78.4363	31.228	69.3773	72.3248	38.298	8
427	40.1009	0	45.9548	14.4909	22.1263	64.0834	84.1461	31.7705	67.8737	75.8157	36.3106	8
428	43.2643	3.6914	47.9609	18.0758	21.0375	63.9772	85.3034	30.7195	65.2711	76.4499	38.279	8
429	30.9638	7.3524	40.3141	10.1564	29.2914	69.1168	80.6497	30.2335	68.061	72.567	39.372	8
43	25.2011	80.5377	6.3402	26.5919	79.0772	86.736	71.1391	22.125	91.4605	37.9275	50.612	3
430	29.7449	7.3524	40.3894	9.4179	29.5214	69.6153	79.3555	31.0292	67.831	73.2874	38.8816	8
431	28.6105	7.125	42.2737	10.2324	30.3432	71.4701	76.3368	32.1931	66.7818	72.7944	40.4238	8
432	45	0	46.9092	15.6695	22.0113	60.4612	88.0908	31.4479	67.9887	74.5388	37.4725	8
433	43.2643	6.9112	49.3323	22.8697	16.0203	68.4308	83.932	27.6372	67.0685	75.2161	37.7154	8
434	33.6901	3.5763	45	14.2739	24.7343	70.2011	78.6901	31.1088	68.842	72.5325	38.6255	8
435	27.5528	10.9541	42.2737	8.9471	31.6075	71.289	75.2791	33.4319	69.3466	70.2041	40.4493	8
436	23.4986	14.4703	37.1169	6.0932	33.6901	72.5739	76.3817	31.0444	70.7802	69.4572	39.7625	8
437	33.6901	3.8141	42.2737	10.8709	25.0169	67.1502	81.4164	31.4334	68.7972	75.3456	35.8572	8
438	41.6335	3.6914	46.8779	17.2554	20.2249	64.8923	84.7557	30.3521	66.0838	77.1656	36.7507	8
439	43.2643	7.125	47.6838	20.6548	17.0629	66.2724	85.5805	28.1471	65.8121	77.5884	36.5995	8
44	25.2011	80.5377	6.3402	26.5918	79.0772	86.736	71.1391	22.125	91.4605	37.9275	50.612	3
440	53.1301	10.6197	55.0507	27.6067	11.5237	62.1619	88.0694	29.7687	67.8566	75.3276	36.8157	8
441	40.1009	3.5763	48.5215	19.2745	18.7886	68.334	81.5795	30.0865	67.635	75.1414	37.2236	8
442	32.4712	3.5763	44.1048	11.7841	26.822	69.0755	78.3664	32.5581	66.7544	74.877	38.3687	8
443	24.444	7.3524	40.3141	7.9669	32.6609	73.4995	74.1299	32.3706	64.6915	74.7041	40.6044	8
444	23.4986	14.9314	38.6598	6.3761	34.0459	72.8416	74.8388	32.3196	70.8855	68.7284	40.3861	8
445	18.4349	14.9314	32.8451	1.7214	35.8112	73.3738	75.5899	31.0363	69.1203	73.2598	37.6199	8
446	19.179	15.4222	30.75	0	35.8112	71.4241	78.429	30.1469	69.611	73.9747	36.4143	8
447	67.3801	38.6598	48.9005	33.6943	11.853	52.2697	108.4796	19.2506	63.1932	99.0099	17.7969	9
448	77.9052	28.6105	50.7106	39.7407	17.6223	45.9656	117.1946	16.8398	79.0118	84.7396	16.2485	9
449	67.3801	30.9638	47.0826	35.337	16.8763	54.0193	110.2976	15.6831	75.9125	89.5643	14.5232	9
45	25.2011	80.5377	6.3402	26.5919	79.0772	86.736	71.1391	22.125	91.4605	37.9275	50.612	3
450	59.7436	45	40.3331	23.7285	12.0508	52.186	109.4104	18.4036	57.0508	113.0704	9.8788	9
451	71.5651	28.6105	50.5722	36.0558	11.6115	49.6742	110.9929	19.333	73.001	87.3712	19.6277	9

No.	SLOPA	SLOPB	Angle1	Angle2	Angle3	Seta1	Seta2	Seta3	Beta1	Beta2	Beta3	Class
458	42.2737	8.7462	31.2392	8.66	7.3738	58.2178	101.0345	20.7477	73.8801	88.2547	17.8652	9
459	42.2737	9.4623	31.2392	8.66	6.0441	58.2178	101.0345	20.7477	74.4936	88.9708	16.5356	9
46	25.2011	80.5377	6.3402	26.5919	79.0772	86.736	71.1391	22.125	91.4605	37.9275	50.612	3
460	42.2737	19.9831	31.2392	8.66	4.4972	58.2178	101.0345	20.7477	65.5197	99.4916	14.9886	9
461	42.2737	19.9831	31.2392	8.66	4.4972	58.2178	101.0345	20.7477	65.5197	99.4916	14.9886	9
462	42.2737	9.4623	31.2392	8.66	6.0441	58.2178	101.0345	20.7477	74.4936	88.9708	16.5356	9
463	42.2737	9.4623	31.2392	8.66	6.0441	58.2178	101.0345	20.7477	74.4936	88.9708	16.5356	9
464	42.2737	9.4623	31.2392	8.66	6.0441	58.2178	101.0345	20.7477	74.4936	88.9708	16.5356	9
465	39.8056	9.4623	29.8459	2.0235	8.6955	57.928	99.9596	22.1123	71.8422	91.7287	16.4291	9
466	33.6901	9.4623	22.7965	0	12.0508	59.6764	100.8935	19.4301	68.4869	96.0959	16.4172	9
467	33.6901	0	17.9494	0	17.2415	55.6514	105.7407	18.6079	72.7585	90.6585	16.5829	9
468	33.6901	0	14.9816	0	17.2415	53.0207	108.7084	18.2709	72.7585	93.2892	13.9522	9
469	33.6901	0	14.9816	0	18.4349	53.0207	108.7084	18.2709	71.5651	93.2892	15.1457	9
47	33.6901	83.2902	9.7436	27.1516	78.6901	92.9401	66.0536	21.0063	94.6001	37.4598	47.9401	3
470	31.6075	0	14.9816	0	18.4349	53.7924	108.6259	19.5817	71.5651	94.6001	13.8349	9
471	31.6075	0	16.4769	0	18.4349	55.1033	105.1306	19.7661	71.5651	93.2892	15.1457	9
472	29.7449	7.125	29.876	0	29.2192	59.3457	89.8689	30.7854	67.9058	83.7844	28.3099	9
473	28.0726	8.1301	18.4349	0	20.7723	58.7826	99.6375	21.5799	77.3578	85.0149	17.6273	9
474	29.7449	14.9314	17.049	0	22.8645	57.1102	102.6959	20.194	82.0669	78.2135	19.7196	9
475	29.7449	8.1301	17.049	0	20.7723	57.1102	102.6959	20.194	77.3578	85.0149	17.6273	9
476	29.7449	17.1027	14.2159	0	22.8645	54.6069	105.529	19.8641	84.2382	78.5455	17.2163	9
477	21.8014	8.1301	14.2159	3.7124	25.1679	60.9925	97.6856	21.4219	72.9622	89.076	17.9618	9
478	21.8014	8.1301	17.049	0	22.8645	63.5985	94.7524	21.6491	75.2656	86.47	18.2644	9
479	29.7449	17.1027	14.2159	0	22.8645	54.6069	105.529	19.8641	84.2382	78.5455	17.2163	9
48	33.6901	83.2902	9.7436	27.1516	78.6901	92.9401	66.0536	21.0063	94.6001	37.4598	47.9401	3
480	37.5686	0	23.4047	0	16.0323	54.4063	104.1639	21.4298	73.9677	88.0251	18.0073	9
481	47.4896	8.7462	34.3803	9.284	6.0441	54.3635	103.1092	22.5273	75.2097	86.8932	17.8971	9
482	24.7751	0	14.2159	0	19.6121	60.6248	100.5593	18.8159	70.3879	94.6001	15.012	9
483	29.7449	8.7462	17.9494	0	20.4804	56.9659	101.7955	21.2386	78.2658	84.5431	17.1911	9
484	29.7449	8.7462	13.8407	0	24.5505	52.8814	105.9042	21.2145	74.1957	88.6276	17.1767	9
485	37.5686	9.4623	25.4976	0	12.0508	55.7979	102.071	22.1311	68.4869	96.0959	15.4172	9
486	48.0128	14.0362	35.3401	15.831	7.5494	57.6295	102.6727	19.6979	68.4143	88.394	23.1917	9
487	47.4896	14.9314	43.8542	21.0917	2.07	62.3093	93.6353	24.0554	72.9986	85.1325	21.8689	9
488	54.4623	17.1027	52.275	28.0349	5.1944	61.0976	92.1873	26.715	78.0917	81.5428	20.3655	9
489	50.1944	26.5651	50.7106	28.8934	7.7336	66.7018	89.4838	23.8144	71.1685	89.6688	19.1626	9
49	31.6075	83.2902	12.4649	28.5896	78.6901	90.8575	70.8574	18.285	94.6001	37.4598	47.9401	3
490	56.3099	24.7751	52.275	32.5093	8.1301	63.3399	94.0349	22.6251	73.355	85.1253	21.5198	9
491	63.4349	23.1986	56.0702	36.3781	9.5829	58.8075	97.3647	23.8277	76.3644	80.9561	22.6595	9
492	56.3099	14.9314	49.6669	30.9801	5.1944	61.8917	96.6431	21.4652	80.263	76.7298	23.0072	9
493	50.1944	7.5946	40.1355	17.4452	5.0636	56.8546	100.0589	23.0865	77.3417	80.5456	22.1126	9
494	45	8.1301	32.2756	10.2023	8.427	56.7386	102.7244	20.5371	73.4429	86.3915	20.1655	9