ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การรู้จำภาษามือตัวเลขด้วยการประมวลผลภาพและข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ

NUMERICAL SIGN LANGUAGE RECOGNITION USING IMAGE PROCESSING AND BACK PROPAGATION ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

H006765

โดย

ธรรมธีร์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา

THAMMATEE SAYNEEWONG NA AYUTTHAYA

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. อาริต ธรรมโน

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ผศ.ดร. ธนารัตน์ ชลิดาพงศ์

วท.
ว 33771
2553
ฉ.1

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....6765
วัน,เดือน,ปี.....11 ต.ค. 2555

b.12436248x
i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการพัฒนาระบบงาน
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NUMERICAL SIGN LANGUAGE RECOGNITION USING IMAGE PROCESSING AND BACK PROPAGATION ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

THAMMATEE SAYNEEWONG NA AYUTTHAYA

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE

REQUIREMENTS OF THE COURSE

SYSTEM DEVELOPMENT PROJECT

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1 / 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2010

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	การรู้จำภาษามือตัวเลขด้วยการประมวลผลภาพและข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ
นักศึกษา	นายธรรมธีร์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา
รหัสนักศึกษา	50066512
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	วิทยาการสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. อาริต ธรรมโน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.ดร. ธนารัตน์ ชลิดาพงษ์

บทคัดย่อ

ความแตกต่างและช่องว่างทางสังคมยังคงเกิดขึ้นกับบุคคลผู้มีความบกพร่องทางร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการฟังหรือการพูด ซึ่งแท้จริงแล้วบุคคลเหล่านี้ล้วนมีความสามารถที่จะสร้างประโยชน์ต่อสังคม หากได้รับโอกาสและการศึกษาที่เพียงพอ อย่างไรก็ตามสิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นไปอย่างยากลำบาก ด้วยข้อจำกัดในการสื่อสารระหว่างบุคคลผู้พิการกับบุคคลปกติยังคงมีอยู่ จึงเป็นสาเหตุของแนวคิดในการศึกษาเพื่อพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์การแปลภาษามือให้กลายเป็นความหมายที่บุคคลทั่วไปสามารถเข้าใจได้ โดยมุ่งเน้นที่การรู้จำภาษามือจากภาพวิดิทัศน์โดยอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพและข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับในการวิเคราะห์และบอกความหมายของท่ามือนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Numerical Sign Language Recognition using Image Processing and Back Propagation Neural Network
Student	Mr. Thammatee Sayneewong Na Ayutthaya
Student ID.	50066512
Degree	Master of Science
Program	Information Technology
Major	Information Science
Academic Year	2010
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Arit Thammano
Co-Advisor	Asst.Prof. Dr. Thanarat Chalidabhongse

ABSTRACT

Sign language is a communication manual language used by both deaf and dumb people. These people have a potential to increases their abilities to serve their community, only if they can efficiently communicate as ordinaries. As a result, this project is a study of assistance technology used to developing a prototype of numerical sign language recognition which hoping that this equipment will be the bridge between the deaf people and the ordinaries. This paper study to all components of numerical sign language, input device, and classifying approaches to recognize the numerical sign language base on the image processing and back propagation artificial neural network with researching approved that leading to next phase of sign language translator development.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาระบบงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ ก็ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนไม่ทางตรงก็ทางอ้อมจากบุคคลเหล่านี้ ซึ่งข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดาของข้าพเจ้า ที่เป็นแรงผลักดันอย่างยิ่งทั้งด้านกำลังกายและกำลังใจให้สามารถฝ่าฟันจนสำเร็จการศึกษาและจัดทำโครงการพัฒนาระบบงานนี้จนสำเร็จลุล่วงได้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า โดยเฉพาะ ผศ.ดร.ธนารัตน์ ชลิดาพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำชี้แนะและความเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดด้วยความอดทนมาโดยตลอด ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาในสาขาวิชาวิทยาการสารสนเทศรุ่น 23.2 ทุก ๆ ท่านที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือในเรื่องการศึกษาของข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบคุณ นายธีรินทร์ ศิริสธนพันธ์ ที่คอยผลักดันด้านกำลังใจและให้การสนับสนุนด้านสื่อและสิ่งพิมพ์ทางการศึกษาต่าง ๆ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง

ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบคุณทุกท่านที่มอบความหวังดีและช่วยสนับสนุนให้การจัดทำโครงการพัฒนาระบบงานสำเร็จลุล่วง คุณประโยชน์อันพึงมีพึงได้จากโครงการพัฒนาระบบงานนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ธรรมธีร์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 ขอบเขตการศึกษาและการดำเนินงาน 1

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 2

1.5 ทรัพยากรที่ใช้ในการพัฒนา 2

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ภาษามือ 4

2.2 การนำเข้าข้อมูล 6

2.2.1.จักรกลวิทัศน์ 6

2.2.2.การรับภาพ 6

2.3 กระบวนการประมวลผลภาพ 9

2.3.1.ปริภูมิสี 9

2.3.2.การจัดการกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ 12

2.3.3.การวิเคราะห์ความเชื่อมต่อขององค์ประกอบภาพ 14

2.3.4.การหาศูนย์กลางของวัตถุภาพ 15

2.4 การวิเคราะห์และรู้จำ 16

2.4.1.ระบบพิกัดและการระบุตำแหน่ง 17

2.4.2.ข่ายงานประสาทเทียม 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 23

3.1 ภาพรวมของระบบ 23

3.2 การนำเข้าข้อมูล 24

3.3 การประมวลผลภาพ 25

3.3.1.การปรับขนาดภาพ 25

3.3.2.การลดทอนปัจจัยรบกวนอันเนื่องจากแสง 25

3.3.3.การระบุวัตถุภาพ 26

3.4 การวิเคราะห์และรู้จำ 33

3.4.1.การเปลี่ยนค่าพิกัด 34

3.4.2.การรู้จำด้วยข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ 35

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 38

4.1 การเตรียมการทดลอง 38

4.1.1.ทรัพยากรที่ใช้ในการทดลอง 38

4.1.2.สภาพแวดล้อมขณะเก็บข้อมูล 38

4.2 การทดลอง 39

4.2.1.การตรวจจับสีของวัตถุภาพในสภาวะแสงต่างกัน 39

4.2.2.การวิเคราะห์วัตถุภาพด้วยค่าตำแหน่งพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม 41

4.2.3.การรู้จำด้วยข่ายงานประสาทเทียบแบบแพร่กระจายย้อนกลับ 44

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 48

5.1 สรุปผลการทดลอง 48

5.2 ข้อเสนอแนะ 49

บรรณานุกรม 51

ประวัติผู้เขียนโครงการ 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ผลลัพธ์การแปลงค่าพิกัดของท่ามือเลข 5 35

4.1 ตัวอย่างชุดข้อมูลนำเข้าสำหรับการเรียนรู้ 44

4.2 ผลลัพธ์จากกระบวนการรู้จำเมื่อนำมาใช้ทดสอบกับชุดข้อมูลตรวจสอบ 46

4.3 ผลลัพธ์จากกระบวนการรู้จำเมื่อนำมาใช้วิเคราะห์กับชุดข้อมูลจริง 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ตารางแบบสะกดตัวเลขด้วยภาษามือ 5

2.2 แบบจำลองการมองวัตถุและการตกกระทบจากแนวระนาบ 7

2.3 แบบจำลองการมองวัตถุโดยกล้อง 2 ตัว จากด้านบน 7

2.4 รูปจำลองมุมมอง 2 มิติ และ 3 มิติของการสะกดนิ้วเลข 2 8

2.5 ปริภูมิสี RGB 10

2.6 ปริภูมิสี HSL

(ก) แบบจำลองสี HSL แนวแกน 11

(ข) วงล้อสี HSL 11

2.7 การเปลี่ยนแปลงโทนสีเทาตามความสว่าง 11

2.8 ตัวอย่างขั้นตอนการทำการขยาย 13

2.9 ตัวอย่างขั้นตอนการทำการเซาะ 13

2.10 การกำหนดจุดเชื่อมต่อแบบ (ก) 4 ทิศทาง (ข) 6 ทิศทาง (ค) 8 ทิศทาง 14

2.11 ตัวอย่างการหาความเชื่อมต่อแบบ 8 ทิศทาง 14

2.12 เปรียบเทียบการกำหนดกลุ่มวัตถุ

(ก) ตัวอย่างภาพฐานสอง 15

(ข) ผลการพิจารณาแบบ 4 ทิศทาง 15

(ค) ผลการพิจารณาแบบ 8 ทิศทาง 15

2.13 ภาพสมมติการตรวจสอบตำแหน่งของจุดในภาพ 15

2.14 การจัดเรียงตามแนวระนาบ 16

2.15 การจัดเรียงตามแนวตั้ง 16

2.16 ภาพสมมติแสดงจุดกึ่งกลาง 16

2.17 การระบุตำแหน่งของจุดบนวัตถุภาพ

(ก) พิกัดเรสเตอร์ 17

(ข) พิกัดฉาก 17

(ค) พิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม 17

2.18 ระบบพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม 18

2.19 การแปลงพิกัดเรสเตอร์เป็นพิกัดฉาก 19

2.20 การแปลงพิกัดฉากเป็นพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.21 โครงข่ายงานประสาทเทียมหลายชั้นแบบแพร่กระจายย้อนกลับ 21

2.22 โครงข่ายงานประสาทเทียมชั้นเดียว 22

3.1 วิธีการดำเนินงานโดยรวมของระบบ 23

3.2 ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูล 24

3.3 ท่ามือตัวเลข 0 – 9

(ก) ตัวเลข 1 24

(ข) ตัวเลข 2 24

(ค) ตัวเลข 3 24

(ง) ตัวเลข 4 24

(จ) ตัวเลข 5 24

(ฉ) ตัวเลข 6 24

(ช) ตัวเลข 7 24

(ด) ตัวเลข 8 24

(ต) ตัวเลข 9 24

(ท) ตัวเลข 0 24

3.4 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ 25

3.5 ผลการปรับค่าสี 26

3.6 กราฟแสดงความถี่ของค่าความอิ่มสีในแต่ละย่าน 28

3.7 ผลการคัดแยกวัตถุภาพตามสี

(ก) สีเขียว – นิ้วก้อย 29

(ข) สีส้ม – นิ้วนาง 29

(ค) สีม่วง – นิ้วกลาง 29

(ง) สีเหลือง – นิ้วชี้ 29

(จ) สีแดง – นิ้วหัวแม่มือ 29

(ฉ) สีฟ้า – ข้อมือ 29

3.8 ตารางคำนวนสูตร Luminosity 31

3.9 ผลลัพธ์การแปลงภาพสีเป็นภาพโทนสีเทา (ก) ภาพสี (ข) ภาพโทนสีเทา 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.10 แสดงผลการลดทอนสิ่งรบกวน

(ก) ภาพโทนสีเทา 32

(ข) ภาพหลังการทำ Closing 32

(ค) ภาพหลังการทำ Opening 32

3.11 การแยกวัตถุจากภาพและเลือกวัตถุภาพ 32

3.12 การกำหนดจุดกึ่งกลางของนิ้วชี้ 33

3.13 จุดกึ่งกลางของทุกวัตถุภาพ

(ก) ผลลัพธ์การหาจุดกึ่งกลาง 32

(ข) เทียบจุดกึ่งกลางกับภาพต้นฉบับในโทนสีเทา 32

3.14 ขั้นตอนการวิเคาะห์และกระบวนการรู้จำ 34

3.15 โครงสร้างการทำงานของข่ายงานประสาทเทียมหลายชั้นแบบแพร่กระจายย้อนกลับ 36

4.1 ผลการตรวจจับวัตถุภาพสีส้มที่คลาดเคลื่อน 39

4.2 ผลการตรวจจับวัตถุภาพสีส้มที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากเงาของวัตถุอื่น 40

4.3 ผลการตรวจจับวัตถุภาพสีแดงที่มีความคลาดเคลื่อน 41

4.4 แสดงปัจจัยความต่างของท่ามือเลข 5

(ก) ระยะปกติ 41

(ข) ระยะใกล้ 41

(ค) ระยะไกล 41

(ง) เอียงมือ 41

4.5 กราฟแสดงค่าพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลมจากท่ามือเลข 5 ในแบบต่าง ๆ 41

4.6 เปรียบเทียบกราฟของท่ามือต่าง ๆ ตามค่าพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม

(ก) กราฟท่ามือเลข 1 43

(ข) กราฟท่ามือเลข 2 43

(ค) กราฟท่ามือเลข 3 43

(ง) กราฟท่ามือเลข 4 43

(จ) กราฟท่ามือเลข 5 43

(ฉ) กราฟท่ามือเลข 6 43

(ช) กราฟท่ามือเลข 7 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

(ด) กราฟท่ามือเลข 8 43

(ต) กราฟท่ามือเลข 9 43

(ท) กราฟท่ามือเลข 0 43

4.7 กราฟค่าความผิดพลาดระหว่างขั้นตอนการเรียนรู้ในการวนซ้ำ 2,000 รอบ 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความแตกต่างและช่องว่างทางสังคมยังคงเกิดขึ้นกับบุคคลผู้มีความบกพร่องทางร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการฟังหรือการพูด ซึ่งแท้จริงแล้วบุคคลเหล่านี้ล้วนมีความสามารถที่จะสร้างประโยชน์ต่อสังคม หากได้รับโอกาสและการศึกษาที่เพียงพอ อย่างไรก็ตามสิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นไปอย่างยากลำบาก ด้วยข้อจำกัดในการสื่อสารระหว่างบุคคลผู้พิการกับบุคคลปกติยังคงมีอยู่ จึงเป็นสาเหตุของแนวคิดในการศึกษาเพื่อพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์การแปลภาษามือให้กลายเป็นความหมายที่บุคคลทั่วไปสามารถเข้าใจได้ โดยมุ่งเน้นที่การรู้จำภาษามือจากภาพวิดิทัศน์โดยอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพและข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับในการวิเคราะห์และบอกความหมายของท่ามือนั้น ๆ

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อพัฒนาอุปกรณ์หรือโปรแกรมประยุกต์อันจะเป็นต้นแบบในการแปลภาษามือโดยอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพและข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ

1.3 ขอบเขตการศึกษาและการดำเนินงาน

- อาศัยกล้องดิจิทัลในการรับภาพ
- กำหนดการประมวลผลจากภาพ 2 มิติ
- การประมวลผลภาพจากวิดีโอไฟล์ จะวิเคราะห์ตามแต่ละเฟรมภาพ โดยไม่มีความเกี่ยวเนื่องกัน
- ศึกษาเฉพาะท่ามือสำหรับแสดงความหมายเป็นตัวเลข 0 – 9
- จำกัดเฉพาะท่ามือเดี่ยว (แสดงความหมายเบ็ดเสร็จด้วยท่ามือเดี่ยว)
- จำกัดเฉพาะมือข้างขวา
- ภาพที่จะนำมาวิเคราะห์ต้องเห็นปลอกนิ้วและจุดสีบนข้อมือ
- กำหนดสีพื้นฉากหลังและฝ่ามือเป็นสีดำ
- การหมุนของท่ามือกำหนดให้เกินขอบเขตกว่าท่ามือปกติเพื่อผลในการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อาศัยการจำแนกสีในการระบุวัตถุบนภาพ โดยกำหนดสีที่แตกต่างให้กับทุกนิ้วและข้อมือ ดังนี้
  - ข้อมือ จุดกลมสีฟ้า
  - นิ้วหัวแม่มือ ปลอกนิ้วสีแดง
  - นิ้วชี้ ปลอกนิ้วสีเหลือง
  - นิ้วกลาง ปลอกนิ้วสีม่วงอ่อน
  - นิ้วนาง ปลอกนิ้วสีส้ม
  - นิ้วก้อย ปลอกนิ้วสีเขียวเข้ม

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

- ศึกษาหลักการและลักษณะของภาษามือ
- ศึกษาทฤษฎีของสีและแสง
- ศึกษาทฤษฎีและหลักการในกระบวนการประมวลผลภาพ
- ศึกษาทฤษฎีและหลักการที่จะนำมาใช้ในระบบรู้จำและจำแนกการเคลื่อนไหวของมือ
- ศึกษาโปรแกรมประยุกต์, Source Code, และ Framework ที่จะนำมาใช้ และช่วยให้การพัฒนามีความรวดเร็วและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น
- พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ซึ่งจะนำมาใช้ในกระบวนการเรียนรู้และจำแนกภาษามือ
- ทดสอบ, ปรับปรุง, และแก้ไข
- สรุปผลการทดสอบจากความสามารถในการเรียนรู้และจำแนก รวมถึงผลลัพธ์ที่ได้

1.5 ทรัพยากรที่ใช้ในการพัฒนา

- เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU T7100@1.80GHz
- ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 7 Ultimate
- Microsoft .NET Framework 2.0
- Microsoft Visual Studio .NET 2005 IDE เลือกใช้ภาษา C#
- AForge Framework 2.1
- MediaDet Framework
- กล้องดิจิทัล SAMSUNG รุ่น VLUU NV3 (แบบ NV Lens)
- ถุงมือผ้าสีดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปลอกนิ้วแบบสี และจุดสีสำหรับติดข้อมือ
- กระดาษสีดำสำหรับเป็นฉาก

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- แอพพลิเคชั่น ซึ่งเรียนรู้และจำแนกภาษามืออย่างง่ายจากภาพวิดีทัศน์ได้
- เป็นหลักการ และแนวทางในการนำไปพัฒนาต่อยอด หรือนำไปประยุกต์เข้ากับโปรแกรมประยุกต์อื่นตามความเหมาะสม
- สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการสื่อสารผ่านเว็บแคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีบทที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาระบบรู้จำภาษามือตัวเลขด้วยการประมวลผลภาพและข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ โดยแบ่งกลุ่มของการศึกษาออกเป็น 4 หัวข้อหลัก ดังนี้

- ภาษามือ
- การนำเข้าข้อมูล
- การประมวลผลภาพ
- กระบวนวิเคราะห์และรู้จำ

2.1 ภาษามือ

ภาษามือ (จิตประภา ศรีอ่อน, 2551; สุภาวดี โพธิ์ศรี, 2550) คือ ภาษาสื่อสารของผู้พิการทางการได้ยินที่ใช้การแสดงท่าทางการเคลื่อนไหวทางร่างการ สีหน้า และกิริยาท่าทาง หรือใช้ประกอบกันเพื่อสื่อความหมายและถ่ายทอดอารมณ์แทนคำพูด ถือเป็นรูปแบบหนึ่งของอวัจนะภาษาที่มีโครงสร้างและไวยากรณ์เป็นของตนเองเช่นเดียวกันกับภาษาพูด และมีรูปแบบที่แตกต่างกันไปในแต่ละชาติตามขนบธรรมเนียมและวัฒนธรรม อย่างไรก็ตามโดยมากแล้วสามารถแบ่งลักษณะของภาษามือออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

- ภาษามือธรรมชาติ
  เป็นภาษาที่ถูกกำหนดขึ้นโดยผู้พิการและถูกใช้ร่วมกันในแต่ละชุมชน เป็นท่าทางที่บ่งบอกถึงความหมายเป็นคำ วลี หรือประโยค ซึ่งสามารถสื่อความหมายได้รวดเร็วกว่าการสะกดเป็นคำด้วยนิ้วมือ
- ภาษามือประดิษฐ์
  เป็นภาษาที่ถูกกำหนดขึ้นโดยบุคคลปกติเพื่อให้ผู้พิการใช้แทนภาษาพูดและภาษาเขียนประจำชาติ ทั้งนี้ เพื่อให้มีคำใช้ได้เพียงพอในการศึกษาและสื่อความหมาย โดยมีการนำเอาแบบสะกดนิ้วมือเข้ามาผสมด้วย

องค์ประกอบของภาษามือประกอบด้วย 5 องค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

- รูปของมือ
  เป็นการแสดงลักษณะท่าทางของมือ อาทิ การกำหมัด การแบมือ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตำแหน่งของมือ

  เป็นการแสดงถึงความหมายที่แตกต่างกันของท่ามือ โดยอาศัยการวางตำแหน่งของมือที่แตกต่างกัน อาทิ การชี้นิ้วชี้เข้าหาตัวที่หน้าอกแสดงถึง “ตนเอง” แต่หากเปลี่ยนไปชี้ที่ข้างศีรษะจะแสดงถึง “จำได้” เป็นต้น

- การเคลื่อนไหวของมือ

  เป็นการแสดงออกถึงความหมายของท่ามือผ่านการเคลื่อนไหวที่เปลี่ยนไป

- ทิศทางการหันของมือ

  เป็นการแสดงความหมายที่แตกต่างกันของท่ามือด้วยการหันฝ่ามือเข้าหาตัวหรือหันออกจากตัว

- การแสดงสีหน้าและท่าทาง

  เป็นการแสดงสีหน้าและแววตาควบคู่ไปกับการแสดงท่าทางเพื่อบ่งบอกลักษณะของประโยคที่ต้องการสื่อสาร อาทิ การแสดงสีหน้าปกติเพื่อบ่งบอกว่าเป็นประโยคบอกเล่า หรือการแสดงสีหน้าสงสัยเพื่อบ่งบอกว่าเป็นประโยคคำถาม เป็นต้น

รูปที่ 2.1 ตารางแบบสะกดตัวเลขด้วยภาษามือ (มูลนิธิพัฒนาคนพิการไทย, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการใช้ภาษามือมี 2 ลักษณะ ดังนี้

- การสะกดนิ้วมือ
  เป็นการใช้นิ้วมือทำท่าภาษามือเพื่อแทนตัวอักษระ สระ วรรณยุกต์ และตัวเลข มักใช้เมื่อคำที่ต้องการสื่อสารไม่มีภาษามือเฉพาะ อาทิ ชื่อบุคคลหรือชื่อสถานที่ เป็นต้น
- ท่ามือ, ท่าทาง, กริยา
  เป็นการอาศัยลักษณะท่าทางการเคลื่อนไหวประกอบกันเพื่อสื่อความหมายอย่างใดอย่างหนึ่ง

2.2 การนำเข้าข้อมูล

ขั้นตอนในการนำเข้าข้อมูลประกอบด้วยหลักการและทฤษฎีดังต่อไปนี้

2.2.1 จักรกลวิทัศน์

จักรกลวิทัศน์ เป็นหนึ่งในสาขาของระบบปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการทำให้จักรกลสามารถแปลความหมายและเข้าใจกับภาพที่รับเข้ามาได้ โดยไม่จำกัดเพียงภาพถ่ายทั่วไป แต่หมายรวมถึงภาพประเภทอื่นด้วย อาทิ ภาพถ่ายความร้อน หรือภาพจากอุปกรณ์วัดระยะ เป็นต้น

มีการนำเอาจักรวิทัศน์มาใช้ในการพัฒนาในหลากหลายทาง อาทิ

- ใช้ในการตรวจจับ แยกแยะ หาตำแหน่ง และจดจำวัตถุที่ต้องการจากภาพ เช่น การจดจำใบหน้า หรือการจดจำท่ามือ เป็นต้น
- ใช้ในการสร้างแบบจำลองวัตถุหรือเพื่อใช้ในการตรวจสอบ เช่น การสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอวัยวะภายในร่างการสำหรับการวินิจฉัยทางการแพทย์ เป็นต้น
- ใช้ในการสร้างสภาพแวดล้อมจำลองซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดการรับรู้ตำแหน่งหรือควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์

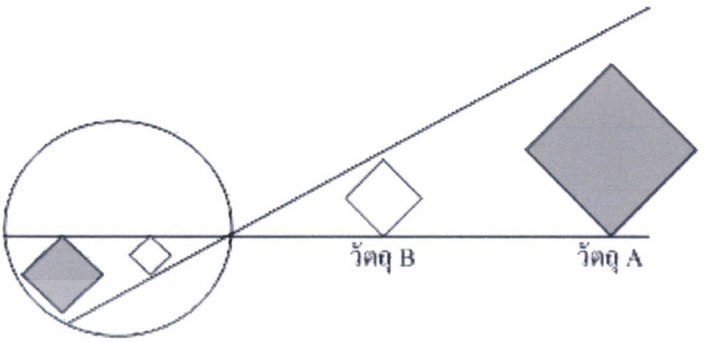
2.2.2 การรับภาพ

เนื่องด้วยในการพัฒนานี้ อาศัยเทคนิคจักรกลวิทัศน์เพื่อช่วยในกระบวนการรู้จำและจำแนก ดังนั้น ในการเก็บข้อมูลจึงอาศัยภาพจากอุปกรณ์วิดีโอหรือกล้องดิจิทัล

การบันทึกภาพของอุปกรณ์กล้องดิจิทัลต่าง ๆ ล้วนอาศัยหลักการที่คล้ายคลึงกับการรับภาพในดวงตาของมนุษย์ ซึ่งเป็นการอาศัยแสงจากต้นทางที่ตกกระทบวัตถุมายังจอรับภาพ เช่น

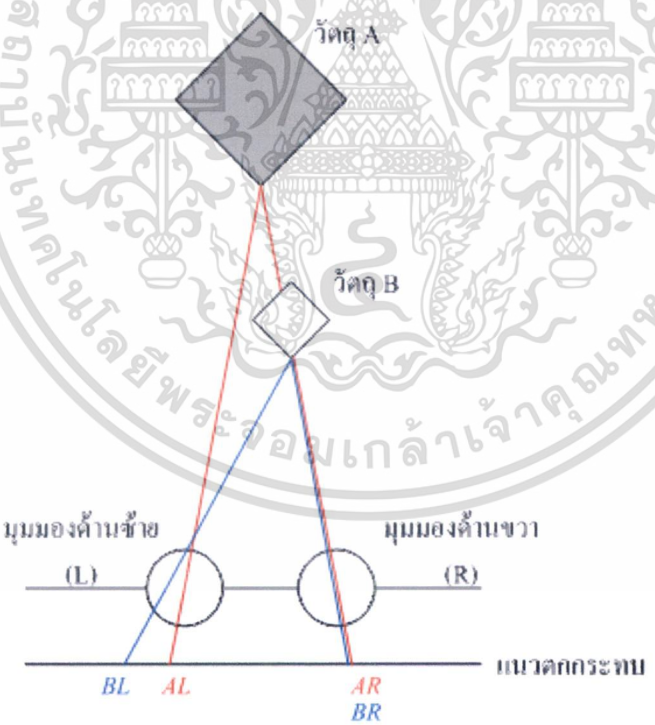
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างในรูปที่ 2.2 จากนั้นสัญญาณแสงจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า และจะถูกในไปแปลสัญญาณภาพต่อไป



รูปที่ 2.2 แบบจำลองการมองวัตถุและการตกกระทบจากแนวระนาบ

ดังนั้น ลักษณะการรับภาพที่ได้จากอุปกรณ์นำเข้าย่อมส่งผลต่อกระบวนการแปลความหมายที่ได้จากภาพ



รูปที่ 2.3 แบบจำลองการมองวัตถุด้วยกล้อง 2 ตัว จากมุมมองด้านบน

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าหากมองจากมุมมองของกล้องในตำแหน่งด้านขวาเพียงด้านเดียว แม้จะเห็นวัตถุ A และวัตถุ B ได้ แต่เนื่องจากภาพของวัตถุทั้งสองตกกระทบลงที่จุดเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะทำให้ภาพที่มองเห็นขาดคุณสมบัติความลึกของวัตถุ หรือมีลักษณะเป็นภาพ 2 มิติ อันจะเห็นได้จากการจำลองในรูปที่ 2.4 (ก) และ (ข)

อย่างไรก็ตาม หากอาศัยมุมมองของกล้องทั้งในตำแหน่งด้านซ้าย และตำแหน่งด้านขวาประกอบกับ เช่นเดียวกับการมองของมนุษย์ จะเห็นได้ว่าแม้ในมุมมองของกล้องตำแหน่งด้านขวาวัตถุทั้งสองตกกระทบที่จุดเดียวกัน แต่ในตำแหน่งกล้องด้านซ้ายจะตกกระทบต่างจุดกัน และเมื่อนำตำแหน่งตกกระทบของแต่ละวัตถุของกล้องทั้ง 2 ตำแหน่งมาเปรียบเทียบกัน ก็จะสามารถรู้ตำแหน่งความลึกของวัตถุได้ หรือมีลักษณะเป็นภาพ 3 มิติ อันจะเห็นได้จากการจำลองในรูปที่ 2.4 (ค) และ (ง)

(ก) รูปจำลองมุมมอง 2 มิติของการสะกดนิ้วตัวเลข 2

(ข) รูปจำลองมุมมอง 2 มิติของการสะกดนิ้วตัว ก.ไก่

(ค) รูปจำลองมุมมอง 3 มิติของการสะกดนิ้วตัวเลข 2

(ง) รูปจำลองมุมมอง 3 มิติของการสะกดนิ้วตัว ก.ไก่

รูปที่ 2.4 รูปจำลองมุมมองภาพ 2 มิติ และ 3 มิติของการสะกดนิ้วตัวเลข 2

จากลักษณะมุมมองต่างมิติของข้อมูลที่จะได้จากกล้องเพียงตัวเดียวกับสองตัวนั้น มีความแตกต่างกันมาก ในมุมมองแบบ 2 มิติ เนื่องจากขาดคุณสมบัติความลึกไป จะทำให้ภาพที่ได้อยู่ในลักษณะของรูปเงา (ไม่เห็นส่วนที่ซ้อนทับกัน) ดังนั้น ในการนำไปผ่านกระบวนการรู้จำและ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำแนก อาจก่อให้เกิดความผิดพลาดในการตีความหมาย จากภาษามือที่มีรูปแบบท่ามือใกล้เคียงกัน เปรียบเทียบระหว่างรูปที่ 2.4 (ก) และรูปที่ 2.4 (ข) จะเห็นได้ว่าในมุมมองสองมิติ รูปแบบของท่ามือทั้งสองมีลักษณะคล้ายคลึงกัน แต่เมื่อพิจารณารูปที่ 2.4 (ค) และรูปที่ 2.4 (ง) ซึ่งเป็นมุมมองแบบสามมิติ จะเห็นได้ว่าแม้ท่ามือทั้งสองมีลักษณะคล้ายกัน แต่การวางตำแหน่งนิ้วโป้งแตกต่างกัน ซึ่งหากเป็นการยากหากจะพิจารณาจากมุมมองสองมิติ

2.3 การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ (วศิน สินธุภิญโญ, 2550) คือ การประยุกต์ใช้งานการประมวลผลสัญญาณ 2 มิติ เช่น ภาพนิ่ง (ภาพถ่าย) หรือภาพวีดิทัศน์ (วีดีโอ) และยังรวมถึงสัญญาณ 2 มิติอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ภาพด้วย ส่วนการประมวลผลภาพที่รวมความลึก (3 มิติ) เข้ามาด้วย มักถูกเรียกว่า การประมวลผลภาพดิจิทัล

ซึ่งในการพัฒนานี้ จะเป็นการนำเอาภาพที่ได้มาผ่านกระบวนการประมวลผลภาพ เพื่อให้สามารถแยกแยะส่วนที่ต้องการ คือ มือ ออกจากองค์กรประกอบโดยรวมของผลทั้งหมด และวิเคราะห์จากภาพเพื่อให้รู้ถึงลักษณะท่าทางของมือที่แสดงในภาพ ว่าเป็นการแสดงท่ามือของภาษามือในลักษณะใด ทั้งนี้ทฤษฎีและวิธีการต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้จำเป็นต้องประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

2.3.1 ปริภูมิสี

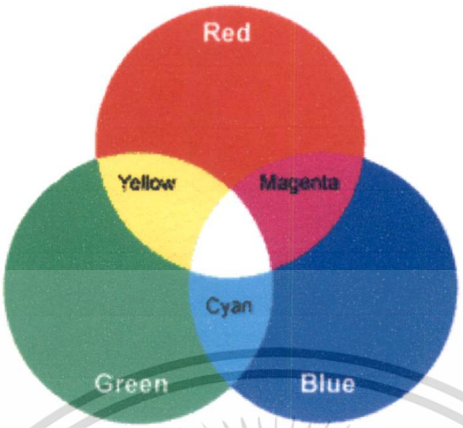
เนื่องจากการรับภาพของกล้องที่มีหลักการคล้ายคลึงกับการรับภาพด้วยสายตามนุษย์ ล้วนเกิดจากปรากฏการณ์ที่มีแสงไปตกกระทบบนช่องรับแสง และผ่านการแปลงจากแสงไปเป็นสัญญาณสี ซึ่งจะแสดงประกอบกันออกมาเป็นรูปลักษณ์ของสิ่งที่มองเห็น ดังนั้นในการสื่อสารด้านสีจึงกำหนดให้มีเครื่องมือสำหรับวัดสีขึ้นมา แล้วให้ค่าตัวเลขจากการวัด ในการจะแยกแยะเอาวัตถุที่ต้องการออกจากภาพซึ่งมีองค์ประกอบต่าง ๆ ผสมปนเปกันนั้น อาจสามารถทำการจำเพาะสิ่งที่ต้องการออกโดยใช้การตรวจจับจากสี ซึ่งอาจเป็นสีผิวของมนุษย์ หรือสีของวัตถุที่ต้องการ ดังนั้น เพื่อให้สามารถจำแนกสีของวัตถุที่ต้องการออกจากภาพได้ จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในทฤษฎีต่าง ๆ ดังนี้

2.3.1.1 ปริภูมิสี RGB

ปริภูมิสี RGB (MacEvoy, 2009) เป็นระบบแม่สีของแสงซึ่งเกิดจากกระบวนการผสมสีของแม่สีหลักทั้ง 3 คือ แดง (R) เขียว (G) และน้ำเงิน (B) ในแบบ Additive เป็นระบบสีที่ถูกนำมาใช้กันโดยทั่วไปในงานด้านกราฟฟิกต่าง ๆ ในระบบคอมพิวเตอร์เองก็มีการนำมาใช้โดยกำหนดแต่ละแม่สีให้มีขนาด 8 บิต ซึ่งทำให้แต่ละแม่สีมีค่าได้ตั้งแต่ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 255 แทนความเข้มของสี และด้วยการผสมค่าของแม่สีทั้ง 3 จะก่อให้เกิดสีต่าง ๆ ได้มากกว่า 16 ล้านสี



รูปที่ 2.5 ปริภูมิสี RGB (วัชเรนทร์ กำลังใบ, 2551)

2.3.1.2 ปริภูมิสี HSL

ปริภูมิสี HSL (Hue, Saturation, และ Luminance) (Pfingstl, 2007) เป็นระบบสีซึ่งถูกพัฒนาโดย Teletromix Incorporated มีความสามารถที่จะสื่อความหมายต่อการรับรู้ของมนุษย์ได้ดีกว่าปริภูมิสีแบบ RGB อีกทั้งยังมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงได้มากกว่า

ปริภูมิสี HSL ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

- ค่าความอิ่มสี (Hue: H)

  บ่งบอกถึงความแตกต่างของสีแต่ละสีด้วยการกำหนดค่าสีตามรัศมีวงกลมในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาตั้งแต่องศาที่ 0 – 360 ซึ่งหากพิจารณาตามรูปที่ 2.6 (ข) จะสามารถแบ่งแยกสีออกตามองศาได้ ดังนี้

ค่าความอิ่มสี	องศา	สี
0	0°	แดง
1	60°	เหลือง
2	120°	เขียว
3	180°	ฟ้า
4	240°	น้ำเงิน
5	300°	ม่วงแดง
6	360°	แดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าความอิ่มตัว (Saturation: S)

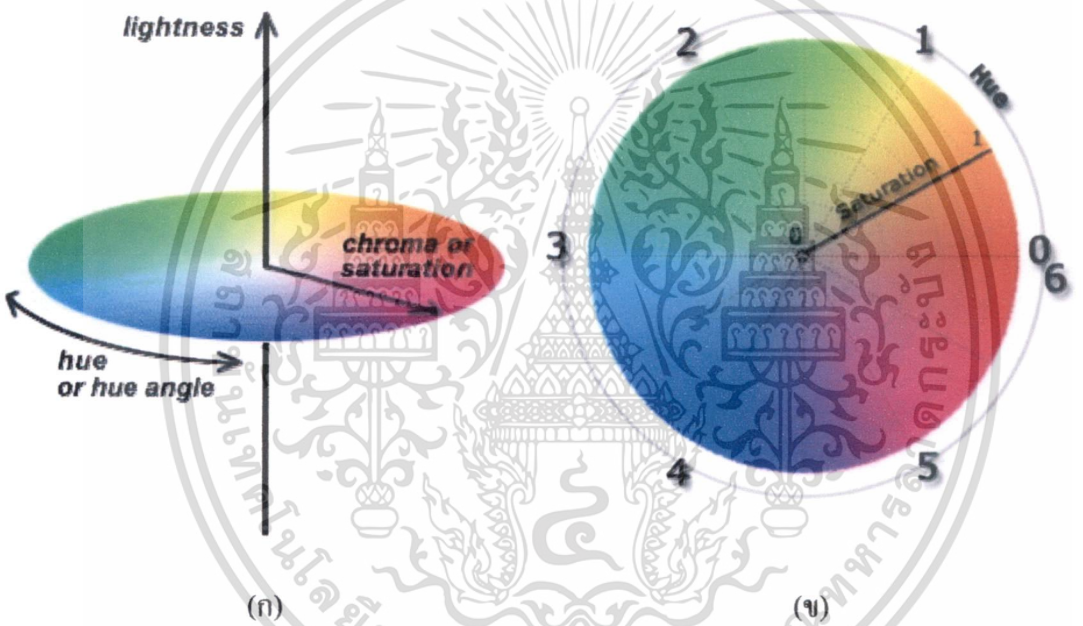
  ใช้กำหนดความอิ่มตัวของสีหรือปริมาณความเจือปนของสีขาว มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 โดย

  - ค่า 0 แทนความอิ่มตัวต่ำ แสดงว่ามีสีขาวเจือปนอยู่มาก
  - ค่า 1 แทนความอิ่มตัวสูง แสดงว่าไม่มีสีขาวเจือปนอยู่เลย

- ค่าความสว่าง (Luminance: L)

  ใช้กำหนดความเข้มหรือสว่างของสี มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 โดย

  - ค่า 0 แทนสีดำ แสดงถึงความเข้มสูงสุด
  - ค่า 1 แทนสีขาว แสดงถึงความสว่างสูงสุด



(ก) (ข)

รูปที่ 2.6 ปริภูมิสี HSL

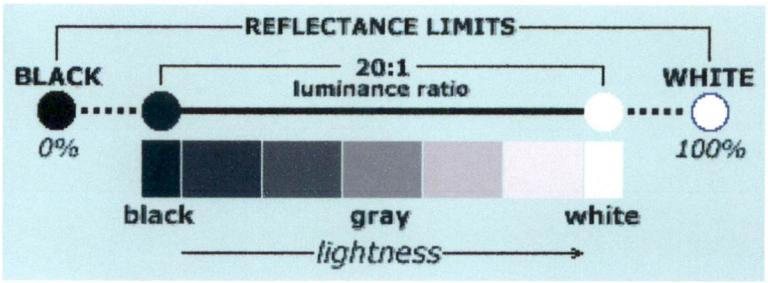
(ก) แบบจำลองสี HSL แนวแกน (MacEvoy, 2009)

(ข) วงล้อสี HSL (Pfingstl, 2007)

2.3.1.3 สีโทนเทา

ภาพสีโทนเทาหรือภาพเกรย์สเกล (Gray-scale) ประกอบด้วยสี 3 ประเภท คือ สีขาว สีดำ และสีเทา โดยจะมีระดับความเข้มของสีเท่ากับ 0 – 255 (8 บิต) ซึ่งสำหรับการแสดงผลในปริภูมิสี RGB แล้ว การแสดงสีโทนเทาจึงเป็นการเฉลี่ยค่าของแม่สีทั้ง 3 ให้อยู่ระดับเท่า ๆ กัน อาทิ เมื่อกำหนดสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินที่ 128 จะรวมกันออกเป็นสีเทากลาง ๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การเปลี่ยนแปลงโทนสีเทาตามความสว่าง (MacEvoy, 2009)

2.3.2 การจัดการโครงร่างของภาพ

การจัดการโครงร่างของภาพ (Rhody, 2005; Tcheslavski, 2010) หรือมอร์โฟโลยี (Morphology) เป็นหนึ่งในวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลด้วยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ ซึ่งวิธีที่จะได้อธิบายต่อไปนี้เป็นการประมวลผลกับฐานประเภทฐานสอง โดยมีตัวดำเนินการพื้นฐานที่นิยมนำมาใช้ 2 แบบ คือ

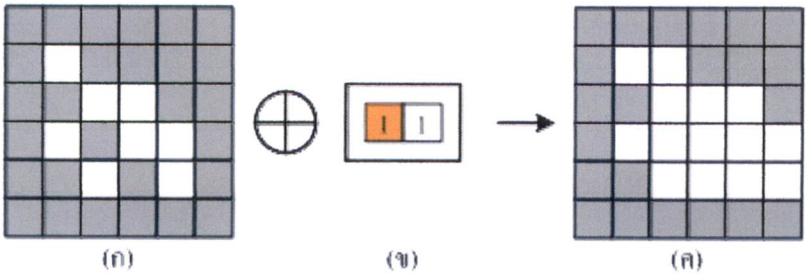
2.3.2.1 การขยาย

การขยาย (Jankowski, 2006) หรือไดเลชั่น (Dilation) แทนด้วยสัญลักษณ์ $\oplus$ เป็นหนึ่งในตัวดำเนินการพื้นฐานของมอร์โฟโลยี เป็นการขยายขอบให้กับภาพ Foreground ซึ่งจะส่งผลให้ภาพที่ผ่านการดำเนินการมีขนาดใหญ่ขึ้น และลดขนาดช่องโหว่หรือรูในภาพให้เล็กลงหรือหมดไป ส่งผลให้ขอบของภาพมีลักษณะโค้งมนมากขึ้น วิธีการขยายถูกนำมาใช้ในการพัฒนาโครงการนี้เพื่อช่วยลดปัจจัยรบกวนในการประมวลผลภาพ อาทิ การหาจุดกึ่งกลางของวัตถุภาพ การระบุวัตถุภาพจากการพิจารณาความเชื่อมต่อกัน เป็นต้น ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น

วิธีการขยายอาศัยค่านำเข้า 2 ค่า คือ รูปภาพและรูปแบบการขยาย โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

- พิจารณาแต่ละจุดในภาพ
- หากจุดในภาพที่กำลังพิจารณาเป็นจุด Foreground และตรงตามรูปแบบการขยาย จะทำการเปลี่ยนค่าจุดโดยรอบตามรูปแบบการขยายให้เป็นจุด Foreground ทั้งหมด
- ดำเนินการไปจนครบทุกจุดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



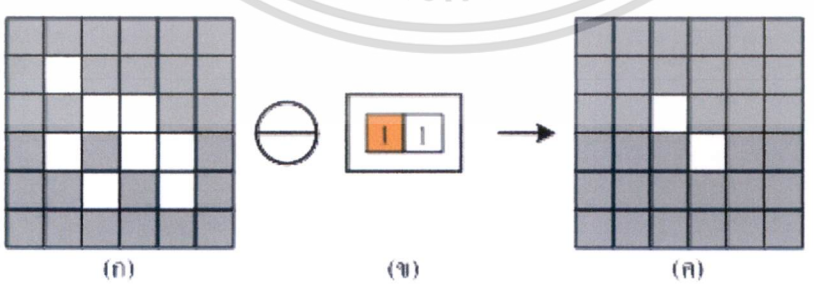
รูปที่ 2.8 ขั้นตอนการทำการขยาย (ก) รูปนำเข้า (ข) รูปแบบการขยาย (ค) ผลลัพธ์จากการขยาย

2.3.2.2 การเซาะ

การเซาะ (Jankowski, 2006) หรืออิโลชั่น (Erosion) แทนด้วยสัญลักษณ์ $\ominus$ เป็นหนึ่งในตัวดำเนินการพื้นฐานของมอร์โฟโลยี เป็นการลบขอบให้กับภาพ Foreground ซึ่งจะส่งผลให้ภาพที่ผ่านการดำเนินการมีขนาดเล็กลง และช่องโหว่หรือรูในภาพมีขนาดใหญ่ขึ้น วิธีการเซาะถูกนำมาใช้ในการพัฒนาโครงการนี้ เพื่อกำจัดจุดภาพที่อาจเป็นปัจจัยรบกวนต่อการประมวลผลภาพ อาทิ การหาจุดกึ่งกลางของวัตถุภาพ การระบุวัตถุภาพจากการพิจารณาความเชื่อมต่อกัน เป็นต้น ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น

วิธีการเซาะมีค่านำเข้า 2 ค่า คือ รูปภาพและรูปแบบการเซาะ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

- พิจารณาแต่ละจุดภาพ
- ถ้าจุดในภาพที่กำลังพิจารณาเป็นจุด Foreground และตรงตามรูปแบบการเซาะ จะทำการเปลี่ยนค่าจุดโดยรอบตามรูปแบบการเซาะให้เป็นจุด Background ทั้งหมด
- ดำเนินการไปจนครบทุกจุดในภาพ

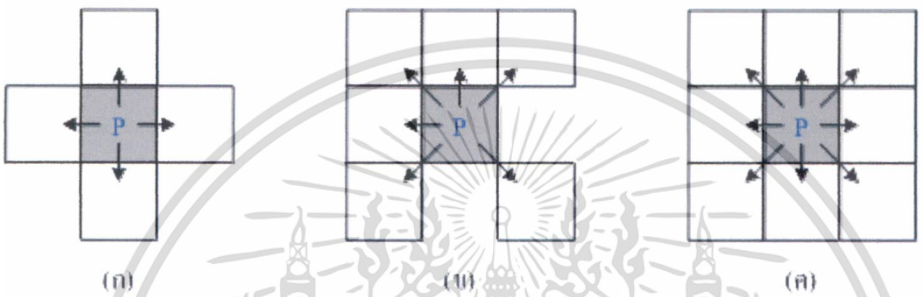


รูปที่ 2.9 ขั้นตอนการทำการเซาะ (ก) รูปนำเข้า (ข) รูปแบบการเซาะ (ค) ผลลัพธ์จากการเซาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

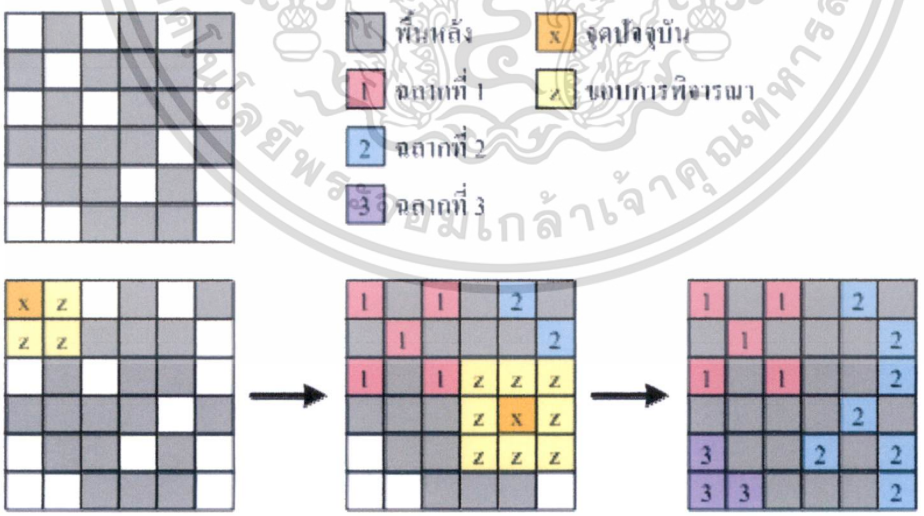
2.3.3 การวิเคราะห์ความเชื่อมต่อขององค์ประกอบภาพ

เนื่องจากระบบคอมพิวเตอร์มองวัตถุภาพในลักษณะของชุดข้อมูลที่นำมาเรียงต่อกัน จึงไม่สามารถแยกแยะได้ว่าวัตถุในภาพเป็นวัตถุเดียวกันหรือไม่ ดังนั้น ในการกำหนดขอบเขตและจัดกลุ่มแต่ละวัตถุในภาพ มักนิยมใช้การกำหนดฉลากหรือหมายเลขให้กับแต่ละจุดในวัตถุภาพ (Connected Component Labeling, 2009) โดยจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อพื้นที่รอบด้านของจุดในวัตถุภาพนั้นไม่เชื่อมต่อกัน ซึ่งการพิจารณาพื้นที่รอบด้านสำหรับภาพประเภทฐานสองที่นิยมนำมาใช้ คือ การหาจุดเชื่อมโยง 4 ทิศทาง, 6 ทิศทาง และ 8 ทิศทาง



รูปที่ 2.10 การกำหนดจุดเชื่อมต่อแบบ (ก) 4 ทิศทาง (ข) 6 ทิศทาง (ค) 8 ทิศทาง

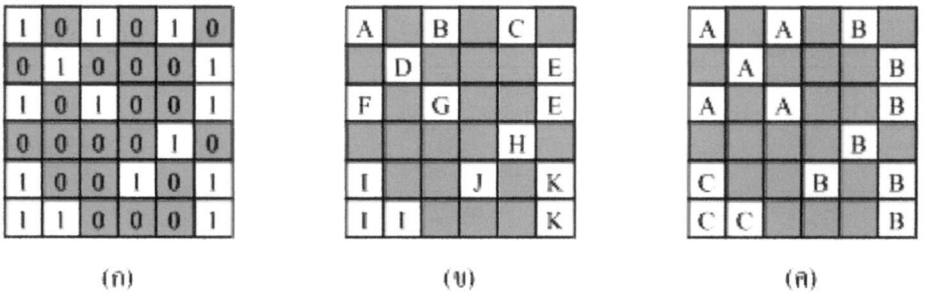
ตัวอย่างการวิเคราะห์ความเชื่อมต่อของจุดในภาพแบบ 8 ทิศทาง



รูปที่ 2.11 การหาความเชื่อมต่อแบบ 8 ทิศทาง

เปรียบเทียบผลการกำหนดฉลากจากการวิเคราะห์หาความเชื่อมต่อระหว่างการกำหนดแบบ 4 ทิศทาง และ 8 ทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



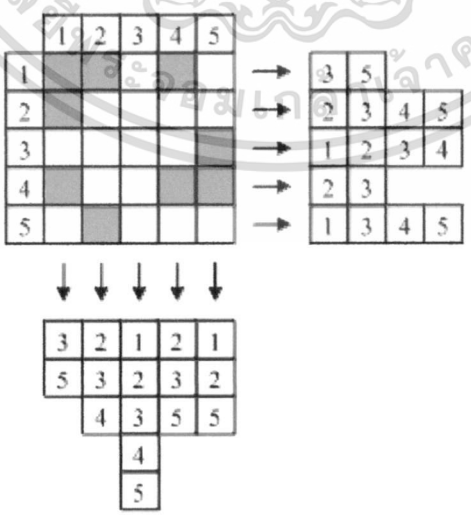
รูปที่ 2.12 เปรียบเทียบการกำหนดกลุ่มวัตถุ (ก) ตัวอย่างภาพฐานสอง
(ข) ผลการพิจารณาแบบ 4 ทิศทาง (ค) ผลการพิจารณาแบบ 8 ทิศทาง

อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบด้วยจำนวนทิศทางที่มากย่อมหมายถึงความล่าช้าที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการพิจารณา โดยเฉพาะเมื่อนำมาใช้ในการพิจารณาภาพที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนสูงก็ย่อมทวีความล่าช้าขึ้นไปอีก

2.3.4 การหาตำแหน่งศูนย์กลางของวัตถุภาพ

ในการหาตำแหน่งศูนย์กลางของวัตถุภาพมีจุดประสงค์เพื่อนำตำแหน่งที่ได้ดังกล่าวมาใช้เป็นตัวแทนในการระบุตำแหน่งของวัตถุภาพ ทั้งนี้ วิธีที่ถูกนำมาใช้คือวิธีมัธยฐาน เนื่องจากมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงได้ดี โดยมีหลักการในการระบุตำแหน่ง ดังนี้

จากรูปที่ 2.13 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนในการตรวจสอบตำแหน่งของจุดในภาพ โดยการดึงตำแหน่งของจุด Foreground ทั้งในแนวระนาบและแนวตั้งมาเพื่อพิจารณา



รูปที่ 2.13 การตรวจสอบตำแหน่งของจุดในภาพ

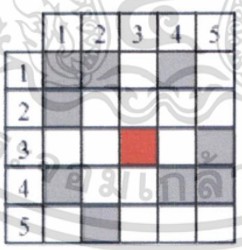
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำตำแหน่งของจุดที่ได้ทั้งจากแนวระนาบและแนวตั้งมาจัดเรียงตำแหน่งเสียใหม่ โดยเรียงจากค่าต่ำสุดไปหาค่ามากสุด ด้วยวิธีนี้ค่ากึ่งกลางของแต่ละแนวจะย้ายมาอยู่ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของค่าที่ได้จัดเรียงไว้

รูปที่ 2.14 การจัดเรียงตำแหน่งจุดตามแนวระนาบ

รูปที่ 2.15 การจัดเรียงตำแหน่งจุดตามแนวตั้ง

จากรูปที่ 2.14 และรูปที่ 2.15 จะทำให้ได้ค่ากึ่งกลางจากทั้ง 2 แนวคือ (3, 3)



รูปที่ 2.16 จุดกึ่งกลางภาพจากแนวระนาบและแนวตั้ง

2.4 การวิเคราะห์และรู้จำ

ในขั้นตอนของการวิเคราะห์และรู้จำเป็นกระบวนการที่จะนำเอาข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลภาพมาผ่านการวิเคราะห์และเรียนรู้ด้วยวิธีการแปลงค่าพิกัดและข่ายงานประสาทเทียม เพื่อให้ได้ซึ่งผลลัพธ์ที่จะบ่งบอกความหมายของภาพ โดยมีหลักการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

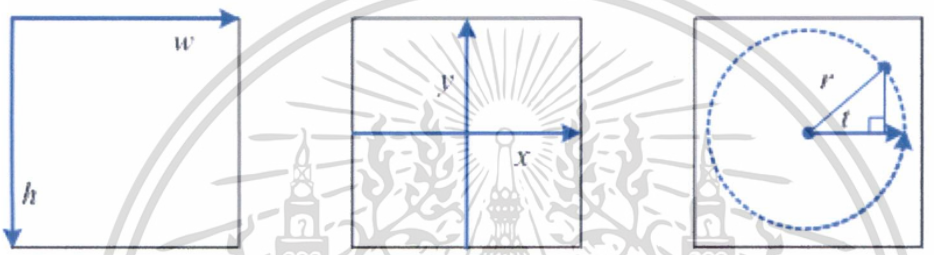
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4.1 ระบบพิกัดและการระบุตำแหน่ง

พิกัด คือ ค่าตัวเลขที่ใช้ระบุตำแหน่งของจุดบนระนาบหรือบนปริภูมิ ดังนี้ ระบบพิกัดจึงเป็นการบ่งบอกถึงตำแหน่งของวัตถุในมิติต่าง ๆ อาทิ ในด้านความกว้าง ในด้านความยาว และในด้านความลึก เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าระบบพิกัดนั้นมีรูปแบบอย่างไร

สำหรับการพัฒนาโครงงานนี้ ระบบพิกัดที่ถูกนำมาใช้มี 3 ประเภท ดังนี้

- ระบบพิกัดเรสเตอร์
- ระบบพิกัดฉาก
- ระบบพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม



รูปที่ 2.17 การระบุตำแหน่งของจุดในระบบพิกัดต่าง ๆ
(ก) ระบบพิกัดเรสเตอร์ (ข) ระบบพิกัดฉาก (ค) ระบบพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม

2.4.1.1 ระบบพิกัดเรสเตอร์

ระบบพิกัดเรสเตอร์ (Raster Coordinate system) เป็นการแสดงข้อมูลในลักษณะโครงสร้างแบบตาราง โดยเริ่มต้นที่มุมบนซ้ายและไล่เรียงจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง เป็นวิธีการระบุตำแหน่งที่พบในการแสดงผลของระบบคอมพิวเตอร์โดยทั่วไป

2.4.1.2 ระบบพิกัดฉาก

ระบบพิกัดฉาก หรือระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian Coordinate System, 2008) ใช้การกำหนดตำแหน่งของจุดแต่ละจุดบนระนาบโดยอ้างอิงพิกัดตามแกนของเส้นที่ตัดกัน ทำให้สามารถบอกได้ว่าพิกัดเหล่านั้นอยู่ห่างจากจุดกำเนิดไปมากน้อยเพียงใด ซึ่งแทนพิกัดสำหรับแต่ละแกน ดังนี้

พิกัด x ตามแกนแนวระนาบ บ่งบอกถึงความกว้าง

พิกัด y ตามแกนแนวตั้ง บ่งบอกถึงความยาว

พิกัด z ตามแกนแนวดิ่ง บ่งบอกถึงความลึก (ใช้อ้างอิงในระบบสามมิติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
6765

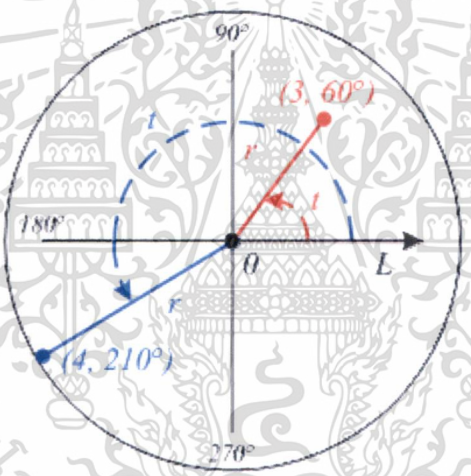
2.4.1.3 ระบบพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม

ระบบพิกัดเชิงขั้ว (Favinger, 2008) หรือระบบพิกัดโพล่าร์ (Polar Coordinate System) เป็นระบบค่าพิกัดสองมิติ ซึ่งในแต่ละจุดระนาบจะถูกกำหนดโดยระยะห่างจากจุดตรึง (ขั้ว) และมุมอันเกิดจากทิศทางการตรึง สำหรับการพัฒนาในโครงงานนี้ได้นำเอาพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลมมาใช้ในการระบุตำแหน่งของนิ้วและข้อมือ

ในการใช้สัญลักษณ์เพื่อแทนความหมายบนระบบพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม มีดังนี้

- r คือรัศมี แทนระยะจากจุดตรึงไปยังจุดที่ต้องการ
- t หรือ $\theta(theta)$ แทนพิกัดหรือองศา

ทุกตัวเลขของการหมุนครบรอบ (360°) พิกัดมุมจะไม่เปลี่ยนทิศทาง และพิกัดรัศมีลบแสดงถึงระยะทางซึ่งได้จากการวัดเหมือนพิกัดรัศมีบวกเพียงแต่มีทิศทางตรงกันข้าม



รูปที่ 2.18 ระบบพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม

2.4.1.4 การแปลงพิกัดเรสเตอร์เป็นพิกัดฉาก

การแปลงค่าพิกัดเรสเตอร์ให้อยู่ให้รูปของค่าพิกัดฉาก จะเริ่มต้นด้วยการย้ายจุดกำเนิดของพิกัดเรสเตอร์จากมุมบนขวามาไว้ยังจุดที่ต้องการ (ซึ่งในที่นี้จะให้จุดกลางภาพเป็นจุดกำเนิดของพิกัดฉาก) จุดพิกัดอื่นจะถูกปรับตำแหน่งใหม่ตามสูตร ดังนี้

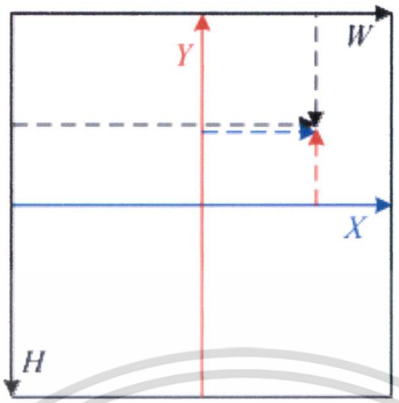
$$\begin{aligned} x &= w_2 - w_1 \\ y &= h_2 - h_1 \end{aligned} \qquad (2.1)$$

เมื่อ (w_1, h_1) คือ ตำแหน่งบนพิกัดเรสเตอร์ที่สมมติให้เป็นจุดกึ่งกลางภาพ

(w_2, h_2) คือ ตำแหน่งเดิมของจุดบนพิกัดเรสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าของ (w_2, h_2) จะถูกแทนด้วยค่าจุดพิกัดเรสเตอร์อื่นที่ต้องการแปลงค่า เว้นแต่ (w_1, h_1) ที่จะคงค่าไว้ตามเดิมเพื่อใช้เป็นจุดกึ่งกลาง



รูปที่ 2.19 การแปลงพิกัดจากระบบพิกัดเรสเตอร์เป็นระบบพิกัดฉาก

2.4.1.5 การแปลงพิกัดฉากเป็นพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม

การแปลงค่าพิกัดฉากเป็นพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลมจะเป็นการแปลงจากค่าพิกัด (x, y) ให้อยู่รูปพิกัด (r, θ) โดยมีวิธี ดังนี้

การหาค่า r อาศัยสูตรตามทฤษฎีบทพีทาโกรัส ดังนี้

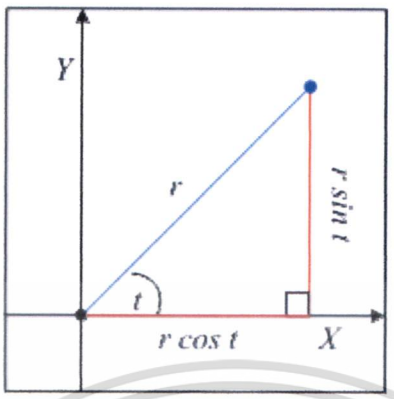
$$r = \sqrt{y^2 + x^2} \tag{2.2}$$

การหาค่า θ แทนที่ด้วยมุมในพิสัย [-n/2, +3n/2) = [-90°, +270°) ในช่วง [0, 2n] โดยพิจารณา ดังนี้

$$\theta = \begin{cases} \arctan(\frac{y}{x}) & \text{if } x > 0 \text{ and } y \geqslant 0 \\ \arctan(\frac{y}{x}) + 2\pi & \text{if } x > 0 \text{ and } y < 0 \\ \arctan(\frac{y}{x}) + \pi & \text{if } x < 0 \\ \frac{\pi}{2} & \text{if } x = 0 \text{ and } y > 0 \\ 3\frac{\pi}{2} & \text{if } x = 0 \text{ and } y < 0 \\ 0 & \text{if } x = 0 \text{ and } y = 0 \end{cases} \tag{2.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการระบุตำแหน่งพิกัดระหว่างพิกัดฉากและพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลมแล้วจะได้ตามรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การแปลงพิกัดจากระบบพิกัดฉากเป็นระบบพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม

2.4.2 ข่ายงานประสาทเทียม

ทฤษฎีข่ายงานประสาทเทียม (พยุง มีสัจ, 2551; Rojas, 1996) หรือนิวรอลเน็ทเวิร์ค (Neural Network) เป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการประมวล โดยมีแนวคิดเลียนแบบมาจากระบบการทำงานของสมองของมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาทหรือนิวรอน (neurons หรือ soma) จุดประสานประสาท (synapses) และใยประสาท (nerve fiber) ที่จะทำงานประสานกันเพื่อจำแนกหรือตัดสินใจลักษณะของข้อมูลที่ได้รับให้มีความใกล้เคียงกับการทำงานของสมองของมนุษย์มากที่สุด อย่างไรก็ตามในการที่ข่ายงานประสาทจะสามารถวิเคราะห์ตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่งได้ จำเป็นต้องผ่านการเรียนรู้เสียก่อน ซึ่งการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

- การเรียนแบบมีการสอน
  เป็นการเรียนรู้โดยมีผู้ชี้แนะคอยตรวจสอบผลลัพธ์ที่ข่ายงานประสาทวิเคราะห์ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ โดยข่ายงานประสาทจะอาศัยผลลัพธ์จากการตรวจสอบดังกล่าวในการเรียนรู้และปรับตัวเองเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
- การเรียนแบบไม่มีการสอน
  เป็นการเรียนรู้แบบลองผิดลองถูกโดยปราศจากผู้ชี้แนะว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นถูกต้องหรือไม่ ข่ายงานประสาทจะทำการจัดเรียงโครงสร้างและจัดกลุ่มของผลลัพธ์ที่ได้เพื่อสร้างรูปแบบการเรียนรู้ขึ้นมาด้วยตนเอง

ข่ายงานประสาทเทียมยังสามารถแบ่งออกได้อีกตามลักษณะทางโครงสร้างและวิธีการทำงาน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

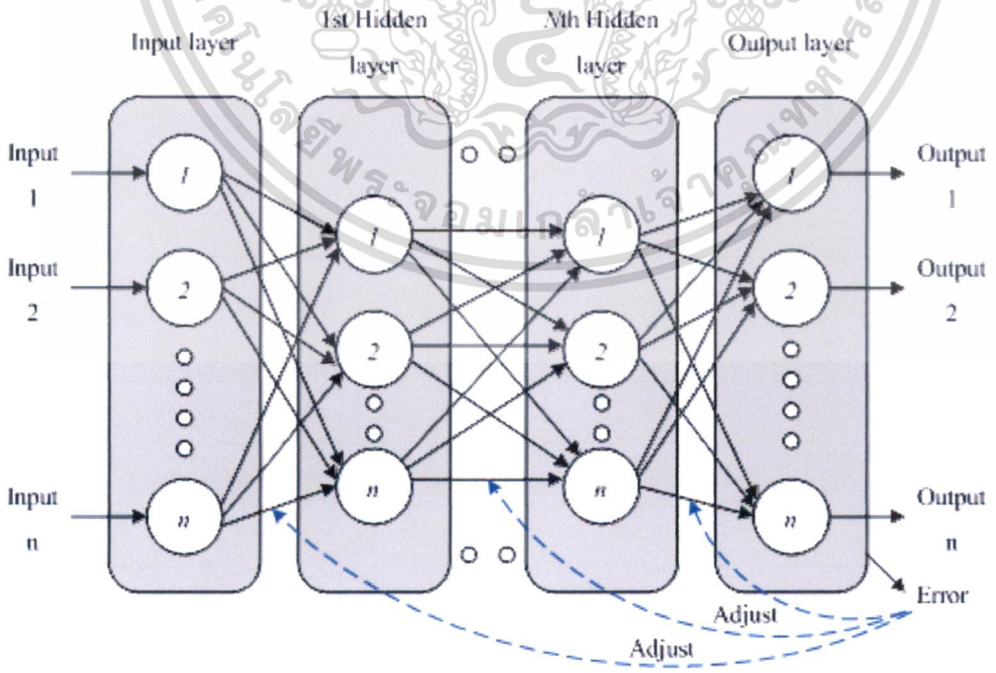
- โครงข่ายการส่งข้อมูลแบบไม่ย้อนกลับ
- โครงข่ายการส่งข้อมูลแบบย้อนกลับ
- โครงข่ายประสาทเทียมอย่างง่าย

2.4.2.1 โครงข่ายการส่งข้อมูลแบบไม่ย้อนกลับ

ตามลักษณะโครงสร้างกำหนดให้ทิศทางการไหลของข้อมูลเริ่มจากส่วนการนำเข้า (Input Layer) ไปยังส่วนงานซ่อนเร้น (Hidden Layer) และส่งออกไปยังข้อมูลขาออก (Output Layer) เป็นไปในทิศทางเดียวเสมอ แม้แต่ข้อมูลที่ถูกประมวลผลภายในข่ายงานก็จะไหลไปในทิศทางเดียวกัน

2.4.2.2 โครงข่ายการส่งข้อมูลแบบย้อนกลับ

ตามลักษณะโครงสร้างมีรูปแบบคล้ายกับโครงข่ายการส่งข้อมูลแบบไม่ย้อนกลับ แตกต่างตรงที่ผลลัพธ์ที่ถูกประมวลผลภายในข่ายงานจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ต้องการเพื่อหาค่าความผิดพลาด ซึ่งค่าความผิดพลาดดังกล่าวจะถูกส่งย้อนกลับขึ้นมาเพื่อใช้ในการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักในแต่ละเส้นเชื่อมต่อระหว่างโหนดให้เหมาะสม ส่งผลให้การประมวลผลภายในข่ายงานมีประสิทธิภาพและได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงหรือตรงกับที่ต้องการมากที่สุด

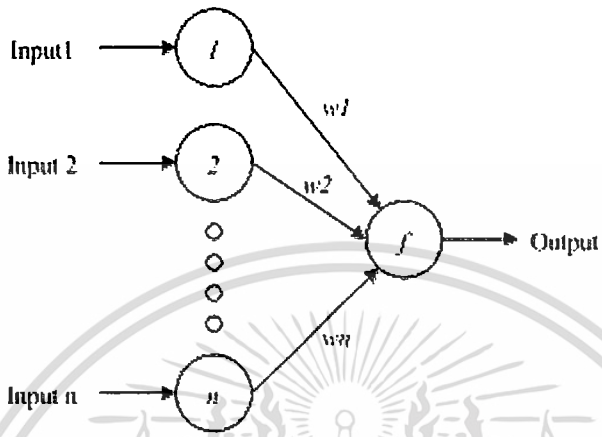


รูปที่ 2.21 โครงข่ายงานประสาทเทียมหลายชั้นแบบแพร่กระจายย้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.3 โครงข่ายประสาทเทียมอย่างง่าย

โครงข่ายประสาทเทียมอย่างง่าย หรือ เพอร์เซปตรอน (Perceptron) เป็นข่ายงานประเภทหนึ่งที่ถือได้ว่าเป็นข่ายงานที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุด โดยหลักการทำงานของเพอร์เซปตรอนเป็นเพียงการเปรียบเทียบข้อมูลนำเข้ากับผลลัพธ์ผ่านข่ายงาน



รูปที่ 2.22 โครงข่ายประสาทเทียมชั้นเดียว

อย่างไรก็ตาม ในการพัฒนานี้ได้นำเอาโครงข่ายการส่งข้อมูลแบบย้อนกลับมาใช้ในกระบวนการรู้จำ ในรูปของข่ายงานประสาทเทียมหลายชั้นแบบแพร่กระจายย้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

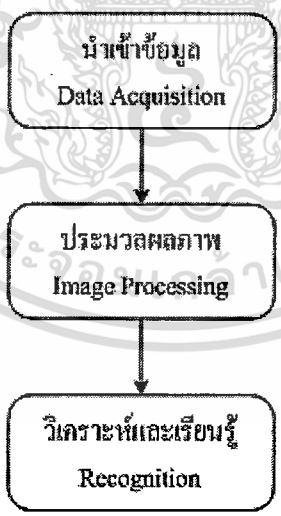
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

รายละเอียดในการนำเสนอบทนี้ กล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อจัดทำระบบรู้จำภาษามือตัวเลขด้วยกระบวนการประมวลผลภาพและข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนสำคัญสองหลัก คือ การประมวลผลภาพ และการวิเคราะห์และรู้จำ อนึ่ง วิธีการดำเนินงานที่ใช้เป็นผลลัพธ์สุดท้ายของการดำเนินงาน จึงจะไม่ขอกล่าวถึงวิธีการอื่นที่ถูกนำมาใช้ในการดำเนินงานก่อนหน้า รวมถึงผลลัพธ์และสาเหตุของการเปลี่ยนวิธี ซึ่งอาจถูกแทนแล้วด้วยขั้นตอนการดำเนินงานปัจจุบัน

3.1 ภาพรวมของระบบ

องค์ประกอบรวมของการดำเนินงานถูกจัดแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

- การนำเข้าข้อมูล
- การประมวลผลภาพ
- การวิเคราะห์และรู้จำ



รูปที่ 3.1 วิธีการดำเนินงานโดยรวมของระบบ

ในแต่ละส่วนของการดำเนินงานจะประกอบไปด้วยขั้นตอนการดำเนินงานภายใน ซึ่งจะได้อธิบายในแต่ละหัวข้อของส่วนการดำเนินงานนั้น

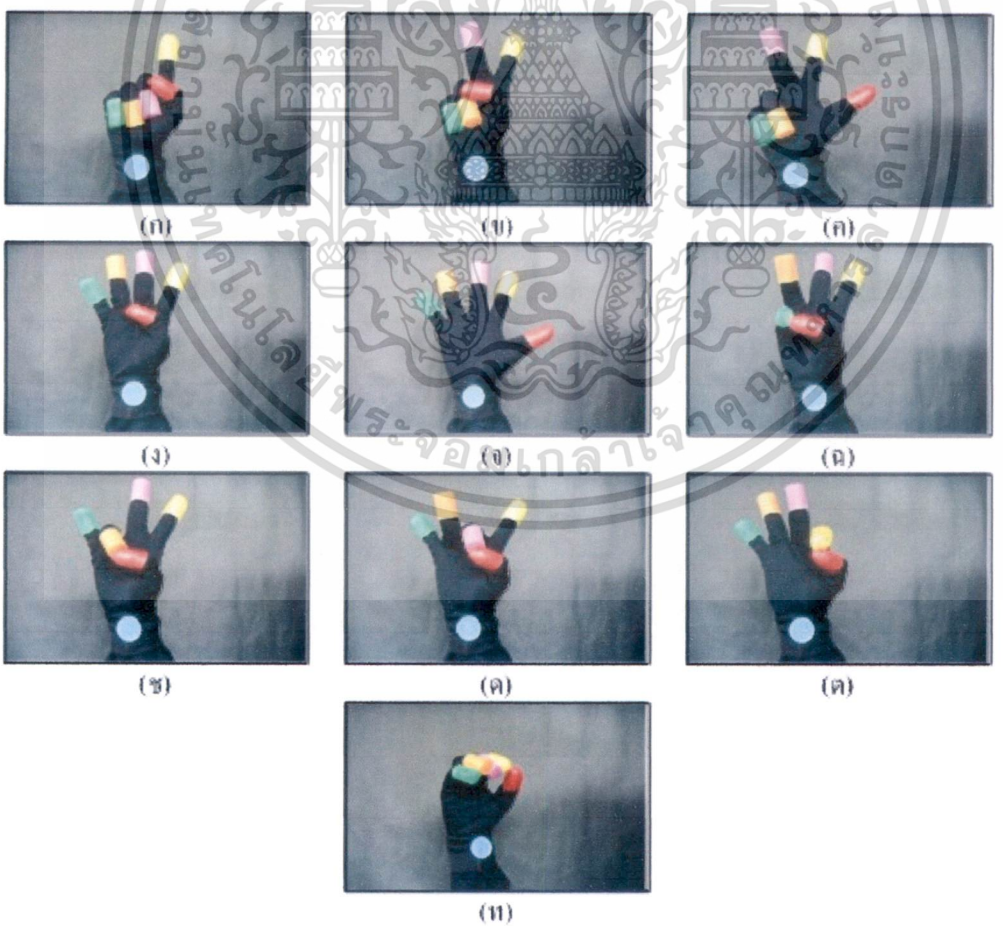
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การนำเข้าข้อมูล

เป็นขั้นตอนการนำท่ามือจากวิดิทัศน์ไฟล์เข้าสู่ระบบและจัดเตรียมให้พร้อมสำหรับขั้นตอนในการประมวลผลภาพ เริ่มด้วยการติดต่อกับกล้องดิจิทัลเพื่อนำเอาวิดิทัศน์ไฟล์มาทำการประมวลผล จากวิดิทัศน์ไฟล์ดังกล่าวจะถูกนำมาแยกออกเป็นแต่ละเฟรมตามหน่วยวินาที โดยแต่ละเฟรมภาพต่อวินาทีจะถูกนำมากระจายออกเป็นภาพตามจำนวนภาพต่อเฟรม (Frame Rate) ภาพเหล่านั้นจะถูกบันทึกเพื่อจัดเตรียมไว้สำหรับการดำเนินงานในขั้นตอนถัดไป

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูล

ภาพซึ่งเป็นข้อมูลนำเข้าที่สนใจคือภาพท่ามือแสดงความหมายแทนตัวเลข 0 – 9 ดังนี้



รูปที่ 3.3 ท่ามือตัวเลข 0 – 9 (ก) ตัวเลข 1 (ข) ตัวเลข 2 (ค) ตัวเลข 3 (ง) ตัวเลข 4 (จ) ตัวเลข 5 (ฉ) ตัวเลข 6 (ช) ตัวเลข 7 (ค) ตัวเลข 8 (ต) ตัวเลข 9 (ท) ตัวเลข 0

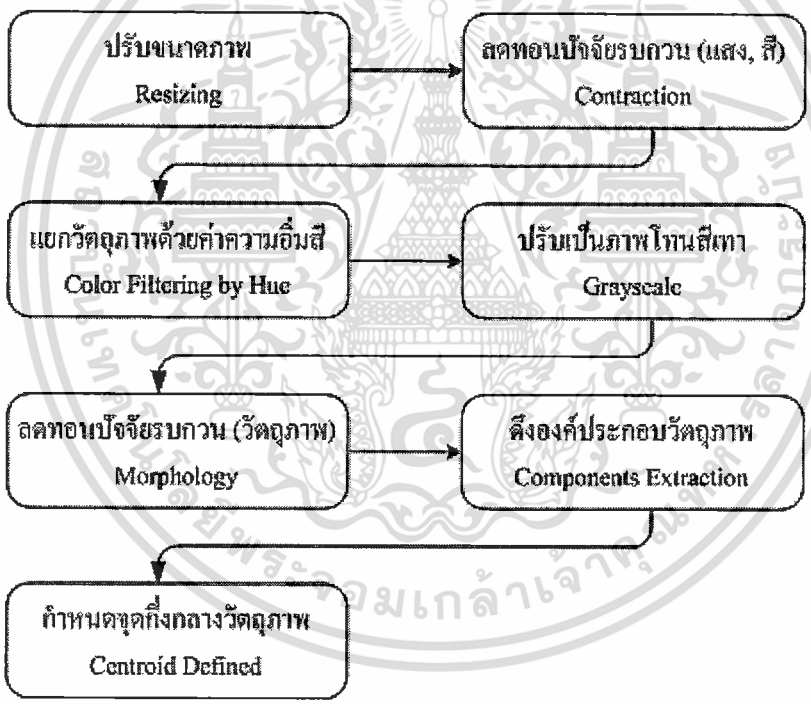
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพในการพัฒนาตามโครงงานนี้ เป็นการวิเคราะห์ในมุมมองแบบสองมิติสำหรับภาพสีที่ได้รับ และอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพสำหรับภาพประเภทฐานสอง (Elgammal, 2008) และภาพโทนสีเทาในการดำเนินงาน

3.3.1 การปรับขนาดภาพ

จุดประสงค์ในการปรับขนาดภาพเพื่อลดระยะเวลาในการประมวลผลสำหรับแต่ละภาพ เนื่องจากขนาดของภาพที่นำมาวิเคราะห์เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเร็วในการทำงานของระบบ อย่างไรก็ตามการปรับขนาดภาพในการพัฒนากำหนดขนาดที่ (360, 270) จุด โดยจะไม่ปรับให้ภาพมีขนาดเล็กเกินกว่าที่กำหนดซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้สูญเสียความถูกต้องของข้อมูล



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ

3.3.2 การลดทอนปัจจัยรบกวนอันเนื่องจากแสง

จุดประสงค์ในขั้นตอนนี้เพื่อลดปัจจัยรบกวนอันเกิดจากความสว่างของแสงและเงา การสะท้อนแสงของวัตถุ และความสามารถในการรับภาพของกล้องดิจิตอล ทั้งนี้เพื่อให้อยู่ในรูปภาพอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการนำมาวิเคราะห์ จึงมุ่งประเด็นที่การลดความแตกต่างของสีอันเกิดจากความสว่าง ซึ่งวิธีที่ถูกนำมาใช้คือเทคนิค Peak-to-Peak Contrast หรือการ Modulation ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Michelson (NASA AMES Research Center, 2009) อันเป็นกระบวนการที่นำเอาค่าความสว่างสูงสุดมาถ่วงดุลกับค่าความสว่างต่ำสุดโดยมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

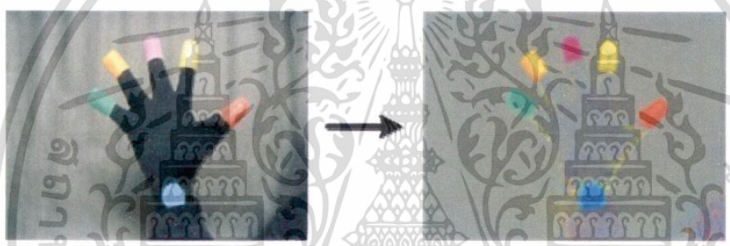
$$C_M = \frac{(L_{max} - L_{min})}{(L_{max} + L_{min})} \tag{3.1}$$

เมื่อ L_{max} คือ ค่าความสว่างสูงสุด

L_{min} คือ ค่าความสว่างต่ำสุด

C_M มีความหมาย 2 นัย คือ เป็นทั้งค่าความสว่างสูงสุดและต่ำสุด

โดยค่า C_M ที่ได้จากการคำนวนจะถูกนำไปใช้ในการปรับค่าสีให้กับทุกจุดในวัตถุภาพ ซึ่งผลลัพธ์จากการปรับค่าสีแล้วเป็นดังรูปที่ 3.5



(ก) (ข)

รูปที่ 3.5 ผลการปรับค่าสี

3.3.3 การระบุวัตถุภาพ

จุดประสงค์เพื่อบ่งชี้นิ้วมือและข้อมือออกจากส่วนอื่นที่ไม่จำเป็นภายในภาพ ทั้งนี้ ในการระบุวัตถุภาพดังกล่าว อาศัยการวิเคราะห์จากปริภูมิสี HSL และเทคนิคการประมวลผลภาพสำหรับภาพฐานสองและภาพโทนสีเทา

ขั้นตอนในการระบุวัตถุภาพเริ่มด้วยการเปลี่ยนปริภูมิสีของภาพนำเข้าจาก RGB ในเป็น HSL และจะทำการแยกแต่ละนิ้วมือรวมถึงข้อมือออกจากกันด้วยการพิจารณาค่าความอิ่มสี ภาพที่ถูกแยกออกสำหรับแต่ละนิ้วมือและข้อมือจะถูกนำไปแปลงให้อยู่ให้โทนสีเทาเพื่อให้เหมาะสมกับวิธีการประมวลผลภาพแบบภาพฐานสอง และเพื่อลดถอนปัจจัยรบกวนอันเนื่องจากวัตถุภาพไม่พึงประสงค์ที่ติดตามมาจากขั้นตอนในการแยกวัตถุภาพด้วยความอิ่มสี ภาพเหล่านี้จะถูกนำมาผ่านกระบวนเข้ามอร์โฟโลยี ด้วยตัวดำเนินการขยาย (Dilation) และการเซาะ (Erosion) อีกครั้งเพื่อขจัดวัตถุภาพที่ไม่ต้องการออกให้ได้มากที่สุด แล้วจึงเริ่มการระบุวัตถุภาพโดยพิจารณาจากวัตถุภาพที่เหลืออยู่ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดและมีจุดสีดำน้อยที่สุด วัตถุภาพจากการคัดสรรครั้งสุดท้ายจะถูกนำมาระบุจุดกึ่งกลางเพื่อใช้เป็นตำแหน่งแทนวัตถุภาพสำหรับภาพต้นฉบับนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.1 การแปลงปริภูมิสี RGB เป็น HSL

วัตถุประสงค์ในการแปลงปริภูมิสีจาก RGB ให้เป็นปริภูมิสี HSL นั้น (Ford and Roberts, 1998) เพื่อให้เหมาะสมกับการนำมาใช้ในกระบวนการประมวลผลภาพ และมีความคล่องตัวในการพิจารณาคุณสมบัติของสี

ขั้นตอนในการแปลงปริภูมิสี RGB เป็น HSL มีดังนี้

- ปรับค่าปริภูมิสี RGB จากเดิมซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0 – 255 ให้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0 – 1 โดย

$$R' = \frac{R}{255},\ G' = \frac{G}{255},\ B' = \frac{B}{255} \tag{3.2}$$

เมื่อ R คือ ค่าสีแดง

G คือ ค่าสีเขียว

B คือ ค่าสีน้ำเงิน

- หาค่าสูงสุดและต่ำสุดจาก R', G', B' โดยกำหนดให้
  - Δ_{max} แทนค่าสูงสุด
  - Δ_{min} แทนค่าต่ำสุด
  - Δ_{diff} แทนผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด
- ค่าความสว่าง L (Luminous) หาได้จาก

$$L = \frac{\Delta_{max} + \Delta_{min}}{2} \tag{3.3}$$

- ค่าความอิ่มตัว S (Saturation) หาได้จาก

$$S = \begin{cases} \dfrac{\Delta_{diff}}{(\Delta_{max} + \Delta_{min})} & \text{if } \Delta_{diff} \neq 0 \text{ and } L > 5 \\ \dfrac{\Delta_{diff}}{(2.0 - \Delta_{diff})} & \text{if } \Delta_{diff} \neq 0 \text{ and } L \leq 5 \\ 0 & \text{if } \Delta_{diff} = 0 \end{cases} \tag{3.4}$$

- ค่าความเข้มสี H (Hue) หาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

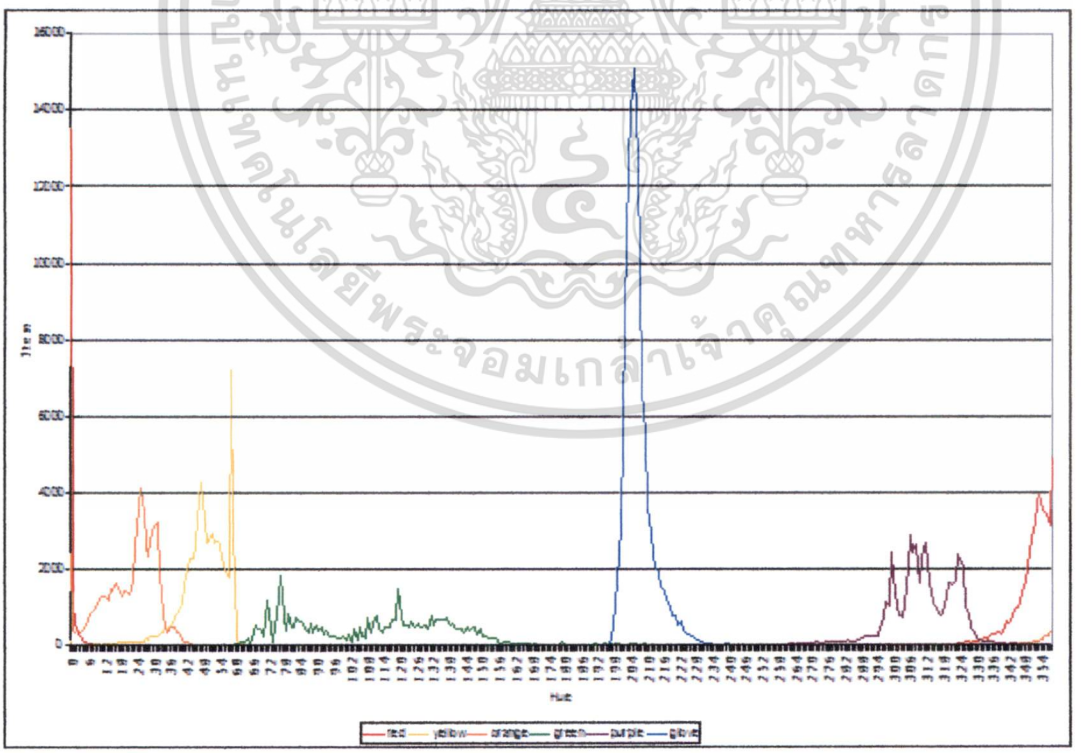
$$H = \begin{cases} \dfrac{G' - B'}{\Delta_{diff}} & \text{if } R' = \Delta_{max} \\ \dfrac{2.0 + (B' - R')}{\Delta_{diff}} & \text{if } G' = \Delta_{max} \\ \dfrac{4.0 + (R' - G')}{\Delta_{diff}} & \text{if } B' = \Delta_{max} \\ 0 & \text{if } \Delta_{diff} = 0 \end{cases} \tag{3.5}$$

- ปรับค่าความเข้มสีให้อยู่ภายในวงรอบปริภูมิสี (อยู่ในช่วง 0 – 360) โดย

$$H = \begin{cases} H * 60 \\ H + 360 \quad \text{if } H < 0 \end{cases} \tag{3.6}$$

2.3.3.2 การกำหนดค่าขอบสี

วัตถุประสงค์ในการกำหนดค่าขอบสี เพื่อนำมาใช้กำหนดเป็นค่า Threshold ในการจำแนกสีของวัตถุภาพที่ต้องการออกจากวัตถุภาพที่มีสีอื่น โดยอาศัยข้อมูลจากการสุ่มเก็บตัวอย่างค่าความเข้มสีในปริภูมิสี HSL และนำมาแสดงในรูปของกราฟฮิสโตรแกรม (Histogram Graph) ซึ่งแสดงความถี่ของค่าความอิ่มสีสำหรับแต่ละย่านสี



รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความถี่ของค่าความอิ่มสีในแต่ละย่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

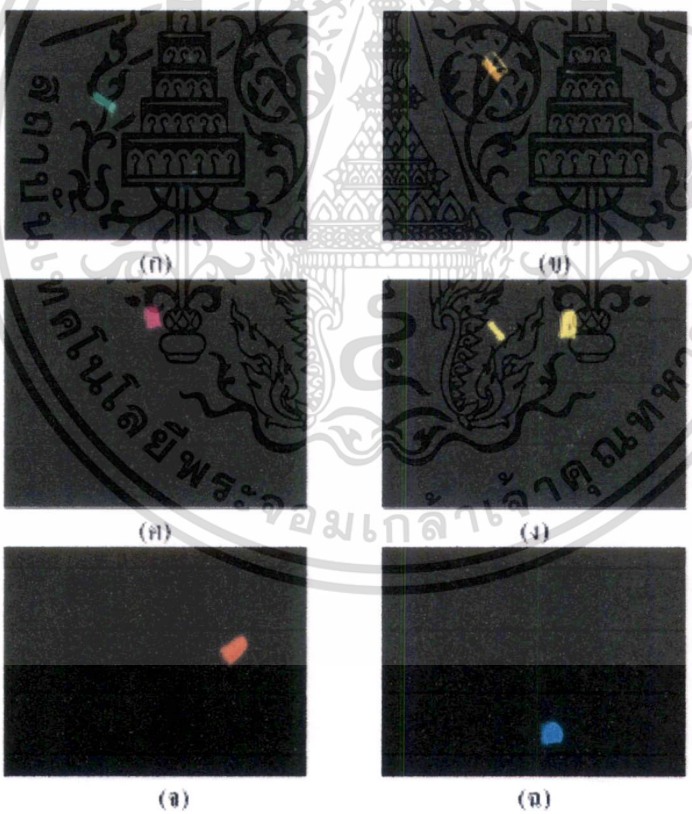
3.3.3.3 การคัดแยกวัตถุภาพด้วยความอิ่มสี

เป็นขั้นตอนในการแยกวัตถุภาพที่มีความน่าจะเป็นนิ้วมือและข้อมือออกจากส่วนอื่นของภาพ โดยพิจารณาจากการความอิ่มสีตามค่าขอบสีที่ได้ตั้งไว้

การคัดแยกวัตถุภาพตามค่าความอิ่มสีจะยึดการกำหนดสีสำหรับแต่ละนิ้วมือและข้อมือ ดังนี้

- ข้อมือ กำหนดให้แทนด้วย สีฟ้า
- นิ้วโป้ง กำหนดให้แทนด้วย สีแดง
- นิ้วชี้ กำหนดให้แทนด้วย สีเหลือง
- นิ้วกลาง กำหนดให้แทนด้วย สีม่วง
- นิ้วนาง กำหนดให้แทนด้วย สีส้ม
- นิ้วก้อย กำหนดให้แทนด้วย สีเขียว

ซึ่งผลลัพธ์ในการคัดแยกวัตถุภาพด้วยค่าความอิ่มสีเป็นดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ผลการคัดแยกวัตถุภาพตามสี

(ก) สีเขียว – นิ้วก้อย (ข) สีส้ม – นิ้วนาง (ค) สีม่วง – นิ้วกลาง

(ง) สีเหลือง – นิ้วชี้ (จ) สีแดง – นิ้วหัวแม่มือ (ฉ) สีฟ้า – ข้อมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.4 การแปลงเป็นภาพโทนสีเทา

เป็นขั้นตอนในการแยกวัตถุภาพที่มีความน่าจะเป็นนิ้วมือและข้อมือออกจากส่วนอื่นของภาพ โดยพิจารณาจากการความอิ่มสีตามค่าขอบสีที่ได้ตั้งไว้

การคัดแยกวัตถุภาพตามค่าความอิ่มสีจะยึดการกำหนดสีสำหรับแต่ละนิ้วมือและข้อมือ ดังนี้

จุดประสงค์ในการปรับโทนสีของภาพเป็นสีเทานั้น เพื่อให้เหมาะสมต่อการวิเคราะห์หาวัตถุและแยกแยะออกจากพื้นหลังของภาพประเภทฐานสอง โดยเทคนิคที่ถูกนำมาใช้เรียกว่า Luminosity (Cook, 2009) ซึ่งมีหลักการคำนวณ ดังนี้

$$L = (0.21\mathrm{R}) + (0.71\mathrm{G}) + (0.07\mathrm{B}) \tag{3.7}$$

เมื่อ R คือ ค่าสีแดง

G คือ ค่าสีเขียว

B คือ ค่าสีน้ำเงิน

L คือ ค่าถ่วงน้ำหนักในการแปลงโทนสี

โดย L ที่ได้จากการคำนวน จะถูกนำไปใช้ในการแปลงค่าโทนสีซึ่งจะถูกกระทำไปในทุก ๆ จุดภาพ

แม้วิธี Luminosity จะอาศัยการแปลงค่าโดยการกระจายค่าถ่วงน้ำหนักไปยังสีต่าง ๆ แตกต่างกัน อาทิ สีเขียว เนื่องจากเป็นสีที่มีผลต่อการรับรู้ของมนุษย์มากที่สุด ส่งผลให้ภาพที่ได้จากการแปลงมีความสอดคล้องกับการรับรู้ภาพของมนุษย์มากที่สุด ไม่ได้เป็นการถ่วงน้ำหนักแบบวิธีเส้นตรง และไม่จำเป็นต้องอาศัยการหาค่าเฉลี่ยนเพื่อนำมาถ่วงน้ำหนักแบบการแปลงค่าวิธีอื่น

อย่างไรก็ตาม ด้วยวิธีการแปลงค่าแบบนี้ หากภาพต้นฉบับมีขนาดใหญ่ย่อมส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการประมวลผล อาทิ หากภาพต้นฉบับมีขนาด (600, 480) จุด จะต้องเกิดการวนรอบกว่า 288,000 รอบ จึงจะได้ภาพโทนสีเทาที่สมบูรณ์

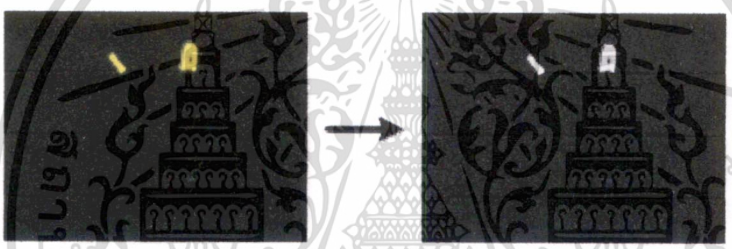
ดังนั้น เพื่อให้การประมวลผลมีความรวดเร็วขึ้น จึงมีการนำเอาหลักการ Masking มาประยุกต์ใช้ในหลักการคำนวนตามสูตร Luminosity โดย Mask ที่จะถูกนำมาใช้มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.3	0.3	0.3	0	0
0.59	0.59	0.59	0	0
0.11	0.11	0.11	0	0
0	0	0	1	0
0	0	0	0	1

รูปที่ 3.8 ตารางคำนวนสูตร Luminosity

ผลจากการนำเอาวิธี Masking มาใช้กับการคำนวนตามสูตร Luminosity จะผลลัพธ์ ดังนี้



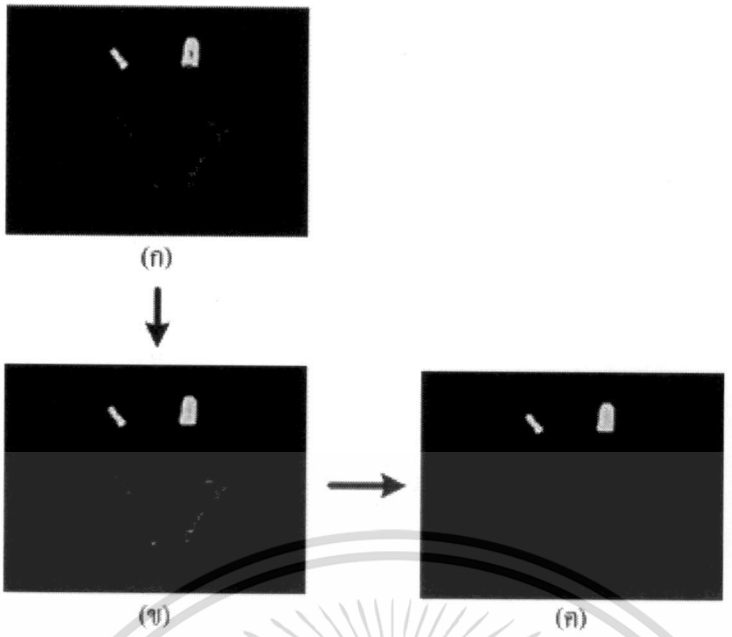
(ก) (ข)

รูปที่ 3.9 ผลลัพธ์การแปลงภาพสีเป็นภาพโทนสีเทา (ก) ภาพสี (ข) ภาพโทนสีเทา

3.3.3.5 การลดทอนปัจจัยรบกวนอันเนื่องจากการคัดแยกตามค่าความอิ่มสี

ขั้นตอนนี้ เป็นการลดปัจจัยรบกวนในการประมวลผลภาพอันเนื่องจากวัตถุภาพไม่พึงประสงค์ที่ถูกคัดกรองมาด้วยในขั้นตอนการคัดแยกตามค่าความอิ่มสี แม้การคัดแยกวัตถุตามค่าความอิ่มสีจะช่วยให้สามารถให้วัตถุภาพที่ต้องการมากที่สุด แต่เนื่องด้วยปัจจัยแวดล้อม อาทิ แสงตกกระทบ ซึ่งส่งผลให้สีของวัตถุภาพที่มีค่าขอบค่าความอิ่มสีใกล้เคียงหรือเหลื่อมล้ำกันเกิดความคลาดเคลื่อนในการคัดแยก ดังนั้น เพื่อลดถอนปัจจัยดังกล่าว ภาพทุกภาพจะถูกนำมาผ่านขั้นตอนการปิด $(\oplus)\ominus$ และเปิด $(\ominus)\oplus$ เพื่อเติมเต็มส่วนที่ขาดหายของวัตถุภาพ และขจัดวัตถุภาพขนาดเล็กออกเสีย ซึ่งผลจากการนำภาพมาผ่านกระบวนการข้างต้นจะได้ผลลัพธ์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงผลการลดทอนสิ่งรบกวน (ก) ภาพโทนสีเทา
(ข) ภาพหลังการทำ Closing (ค) ภาพหลังการทำ Opening

3.3.3.6 การจัดกลุ่มและคัดแยกวัตถุภาพด้วยขนาด

เพื่อให้การกำหนดวัตถุภาพมีความเที่ยงตรงยิ่งขึ้น ในการพัฒนาจึงเลือกใช้การพิจารณา 8 ทิศทางสำหรับแต่ละจุดในวัตถุภาพ เพื่อจัดกลุ่มของวัตถุภาพเหล่านั้น วัตถุภาพที่อยู่ต่างกลุ่มจะถูกนำมาเปรียบเทียบด้านของภาพ จำนวนจุดสีดำ และจำนวนจุดที่ไม่ใช่สีดำ โดยวัตถุภาพที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีจำนวนจุดสีดำน้อยที่สุด และมีจำนวนจุดที่ไม่ใช่สีดำมากที่สุด จะถูกเลือกเป็นวัตถุภาพหลักของภาพนั้น

รูปที่ 3.11 การแยกวัตถุจากภาพและเลือกวัตถุภาพ

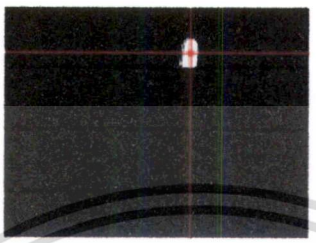
3.3.3.7 การกำหนดจุดกึ่งกลางแทนวัตถุภาพ

เมื่อได้วัตถุภาพสำหรับแต่ละนิ้วมือและข้อมือแล้ว วัตถุภาพเหล่านั้นจะถูกนำมาผ่านขั้นตอนการกำหนดจุดกึ่งกลาง เพื่อใช้เป็นจุดบ่งชี้ตำแหน่งแทนวัตถุภาพ อีกทั้งยังใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเปรียบเทียบกับวัตถุภาพอื่นเพื่อหาความแตกต่าง และใช้ในกระบวนการวิเคราะห์และรู้จำเพื่อบ่งบอกความหมาย

การกำหนดจุดกึ่งกลางวัตถุภาพใช้วิธีมัธยฐานในการกำหนดโดยพิจารณาจากค่าพิกัดที่มีจำนวนซ้ำกันมากที่สุดสำหรับพิกัดแนวตั้งและแนวระนาบ โดยค่าที่ได้จะอยู่ในรูปของพิกัดเรสเตอร์



รูปที่ 3.12 การกำหนดจุดกึ่งกลางของนิ้วชี้

(ก) (ข)

รูปที่ 3.13 จุดกึ่งกลางของทุกวัตถุภาพ
(ก) ผลลัพธ์การหาจุดกึ่งกลาง
(ข) เทียบจุดกึ่งกลางกับภาพต้นฉบับในโทนสีเทา

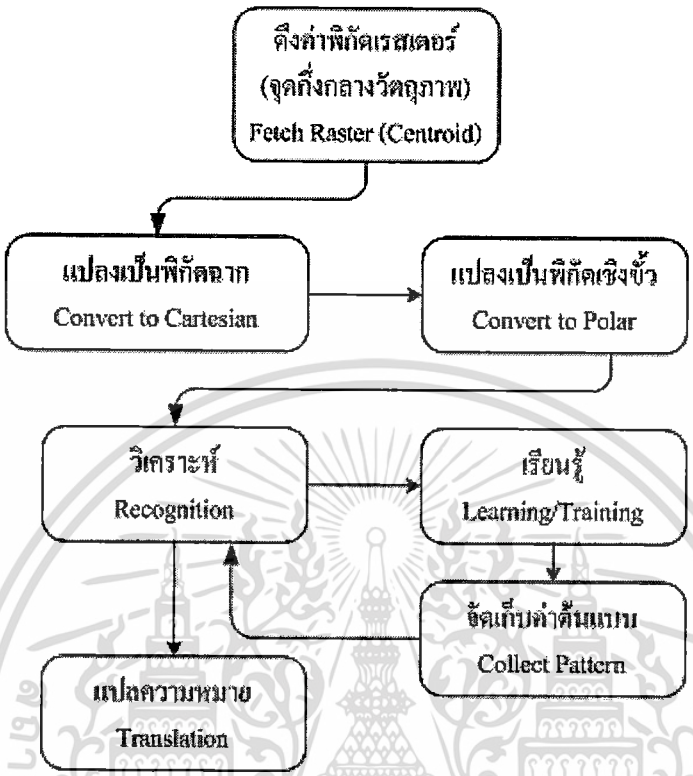
3.4 การวิเคราะห์และรู้จำ

จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้เพื่อบ่งชี้ความหมายของท่ามือที่ได้จากวัตถุภาพนำเข้า โดยขั้นตอนในการดำเนินงานจะเป็นส่วนต่อจากกระบวนประมวลผลภาพ และเนื่องจากตำแหน่งวัตถุภาพที่ได้จากการประมวลผลภาพอยู่ในรูปแบบพิกัดเรสเตอร์ ที่ไม่มีความเหมาะสมในการนำมาเปรียบเทียบรูปแบบตำแหน่งของวัตถุภาพ จึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบพิกัดที่เหมาะสม

การวิเคราะห์และรู้จำจะอาศัยข่ายงานประสาทเทียมหลายชั้นแบบแพร่กระจายย้อนกลับในการรับค่าตำแหน่งพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลมของวัตถุภาพและแสดงผลลัพธ์ว่าวัตถุภาพดังกล่าวหมายถึงตัวเลขใด โดยอาศัยข่ายงานต้นแบบที่ได้รับการฝึกฝนจากขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบผลลัพธ์จากการประมวลผลและผลลัพธ์ที่คาดหวัง และผ่านการปรับข่ายงานจนได้ค่าความผิดพลาดอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้



รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการวิเคราะห์และกระบวนการรู้จำ

3.4.1 การเปลี่ยนค่าพิกัด

จุดประสงค์ของการเปลี่ยนค่าพิกัดเพื่อให้เกิดสะดวกในการระบุตำแหน่งของนิ้วมือและข้อมือ ซึ่งค่าจุดกึ่งกลางที่ได้จากการประมวลผลภาพจะอยู่ในรูปพิกัดเรสเตอร์ที่มีการอ้างอิงตำแหน่งของจุดในลักษณะตั้งต้นจากมุมบนซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง อันเป็นลักษณะการระบุตำแหน่งของจุดในการแสดงผลของระบบคอมพิวเตอร์ทั่วไป

สำหรับจากพิจารณาตำแหน่งของจุดบนนิ้วมือและข้อมือแล้ว การอ้างอิงตำแหน่งตามพิกัดเรสเตอร์ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากตำแหน่งของวัตถุภาพสามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่ายทั้งจากหมุนเอียงของมือ ระยะของมือกับตัวรับภาพ และปัจจัยรบกวน เป็นต้น ดังนั้นภาพที่ถ่ายในช่วงเวลาเดียวกันและเป็นท่ามือแบบเดียวกันก็ไม่สามารถบ่งชี้ว่าจะได้ตำแหน่งพิกัดเรสเตอร์เดียวกัน ด้วยเหตุนี้ ในการพัฒนาจึงนำเอาการระบุตำแหน่งของพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลมมาใช้ ซึ่งสามารถที่จะรองรับการเปลี่ยนแปลงขนาดของวัตถุภาพ (Amanatiadis, Andreadis & Gasteratos, 2007) และการหมุนวนได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ผลลัพธ์การแปลงค่าพิกัดของท่ามือตัวเลข 5

วัตถุภาพ	ระบบพิกัดเรสเตอร์		ระบบพิกัดฉาก		ระบบพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม	
	w	*h*	*x*	*y*	*r*	*t (theta)*
ท่ามือเลข 5 ชุดที่ 1						
ข้อมือ	192	241	0	0	0.0000	0.0000
นิ้วหัวแม่มือ	270	116	78	-125	147.3397	5.2705
นิ้วชี้	210	46	18	-195	195.8290	4.8044
นิ้วกลาง	155	40	-37	-201	204.3771	4.5303
นิ้วนาง	109	71	-83	-170	189.1798	4.2582
นิ้วก้อย	92	113	-100	-128	162.4315	4.0492
ท่ามือเลข 5 ชุดที่ 2						
ข้อมือ	204	227	0	0	0.0000	0.0000
นิ้วหัวแม่มือ	219	88	15	-139	139.8070	4.8199
นิ้วชี้	136	61	-68	-166	179.3878	4.3236
นิ้วกลาง	95	84	-109	-143	179.8055	4.0611
นิ้วนาง	72	135	-132	-92	160.8975	3.7503
นิ้วก้อย	79	184	-125	-43	132.1893	3.4729

อย่างไรก็ตามการแปลงค่าพิกัดเรสเตอร์ไปเป็นพิกัดเชิงขั้วเลยนั้นไม่สามารถทำได้โดยตรง จำเป็นต้องมีการแปลงให้อยู่ในรูปของพิกัดฉากเสียก่อน แล้วจึงค่อยแปลงไปเป็นพิกัดเชิงขั้ว ซึ่งการแปลงค่าพิกัดเรสเตอร์เป็นค่าพิกัดฉากจะกำหนดให้จุดพิกัดของข้อมือเป็นจุดตั้งต้นที่พิกัด (0, 0) ในระบบพิกัดฉาก แทนการคำนวนตามปกติที่จะใช้ค่าตำแหน่งกึ่งกลางภาพเป็นจุดตั้งต้น

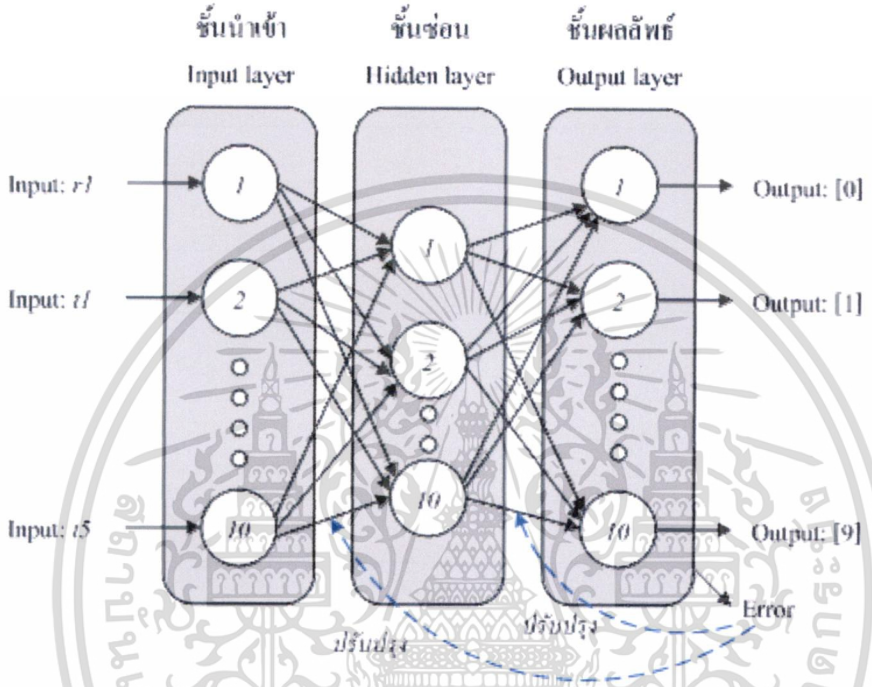
3.4.2 การรู้จำด้วยข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ

ในการพัฒนานี้อาศัยข่ายงานประสาทเทียมหลายชั้นแบบแพร่กระจายย้อนกลับเป็นกระบวนการในการวิเคราะห์และรู้จำ

กระบวนการเริ่มต้นสำหรับการฝึกฝนข่ายงาน คือ การกำหนดชุดข้อมูลสำหรับใช้เป็นค่านำเข้า ค่าการเรียนรู้ รอบการวนซ้ำ ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ จำนวนชั้นของข่ายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจำนวนโหนดในแต่ละชั้นงาน แล้วจึงป้อนค่านำเข้าให้กับข่ายงานโดยค่านำเข้าจะถูกวิเคราะห์และส่งผ่านไปยังแต่ละชั้นของข่ายงานประกอบกับการพิจารณาค่าน้ำหนักในแต่ละเส้นประสาท หากค่าผลลัพธ์ที่ได้ไม่ตรงตามที่คาดหวังไว้ข่ายงานจะทำการปรับค่าน้ำหนักในแต่ละเส้นประสาทในทุก ๆ ชั้นงานด้วยค่าความผิดพลาดที่ได้จากการวิเคราะห์ และกระทำซ้ำไปจนกว่าค่าความผิดพลาดจะอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ หรือจนกว่าจะสิ้นสุดรอบการวนซ้ำ



รูปที่ 3.15 โครงสร้างการทำงานของข่ายงานประสาทเทียมหลายชั้นแบบแพร่กระจายย้อนกลับ

ในขั้นตอนการเรียนรู้กำหนดค่าแต่ละส่วนไว้ ดังนี้

- ค่านำเข้า กำหนดใช้ชุดค่าตำแหน่งพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลมของวัตถุภาพที่ต้องการนำมาวิเคราะห์ ซึ่งในที่นี้คือค่าพิกัด r และ θ ของนิ้วทั้ง 5 รวมจำนวน 10 ค่า พร้อมด้วยค่าผลลัพธ์ที่คาดหวังสำหรับแต่ละชุดนำเข้า
- จำนวนโหนดของแต่ละชั้นงานกำหนดไว้ ดังนี้
- ชั้นนำเข้า กำหนดไว้ 10 โหนดสำหรับค่านำเข้า 10 ค่า
- ชั้นซ่อน กำหนดไว้ 1 ชั้นด้วยจำนวนโหนด 10 โหนด
- ชั้นผลลัพธ์ กำหนดไว้ 10 โหนดสำหรับชุดของผลลัพธ์ 10 ชุด คือ ค่าตั้งแต่ 0 – 9
- ค่าความผิดพลาดที่ต้องการ กำหนดอยู่ที่ 0.01
- ค่าการเรียนรู้ กำหนดอยู่ที่ 0.1
- จำนวนรอบการวนซ้ำสูงสุด กำหนดอยู่ที่ 5,000 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขั้นตอนการทดสอบผลและการวิเคราะห์ ค่านำเข้าจะถูกต้อนเข้าสู่ข่ายงานซึ่งผ่านการเรียนรู้แล้ว โดยโครงสร้างของข่ายงานและค่าน้ำหนักที่ได้จากขั้นตอนการเรียนรู้จะถูกนำมาใช้เป็นค่าฐานตั้งต้นในการวิเคราะห์จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงรายละเอียดของการทดลองและผลการทดลองที่ได้จากการจำลองระบบรู้จำภาษามือตัวเลขด้วยกระบวนการประมวลผลภาพและข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะและข้อบกพร่องของระบบจากผลการทดลอง

การทดสอบในประเด็นสำคัญจะเกี่ยวกับความสามารถในการตรวจจับวัตถุภาพ การระบุตำแหน่งของวัตถุภาพ และการวิเคราะห์ความหมายจากวัตถุภาพ

4.1 การเตรียมการทดลอง

4.1.1 ทรัพยากรที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

- เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก Intel(R) Core(TM) 2 Duo CPU T7100@1.80GHz หน่วยความจำ 1.00 GB
- ทดลองบนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 7 Ultimate
- จัดเก็บข้อมูลบนฐานข้อมูล Microsoft SQL Server 2005 Express
- จัดเก็บภาพและวิดิทัศน์ด้วยกล้องดิจิทัล SUMSANG รุ่น VLUU NV3 (แบบ NV Lens)
- ถุงมือผ้าสีดำ
- ปลอกนิ้วสี และจุดสีสำหรับติดข้อมือ
- กระดาษสีดำสำหรับเป็นฉากหลัง

4.1.2 สภาพแวดล้อมขณะเก็บข้อมูล

ในการทดลองได้มีการแบ่งการจัดเก็บข้อมูลออกตามสภาพแสงที่ต่างกัน โดยชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกฝนและเรียนรู้ของระบบ เป็นชุดข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในเวลาไล่เลี่ยกัน แต่แตกต่างกันที่ลักษณะของท่ามือที่ใช้และระยะจากตัวรับภาพ จากจัดเก็บข้อมูลถูกกระทำใช้ช่วง 09:00 – 16:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ยังคงมีแสงสว่างตามธรรมชาติอยู่ โดยแบ่งการจัดเก็บออกเป็น 3 ครั้ง และท่ามือที่ใช้ในการทดลองถูกกำหนดให้เป็นท่ามือเดี่ยวซึ่งแสดงถึงหมายเลข 0 – 9 ในภาษามือเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลอง

ในขั้นตอนการทดลองและจัดเก็บผลถูกแบ่งออกเป็นระยะ ๆ ตามการหวังผลและสอบทานความเป็นไปได้ของวิธีการที่นำมาใช้ ดังนี้

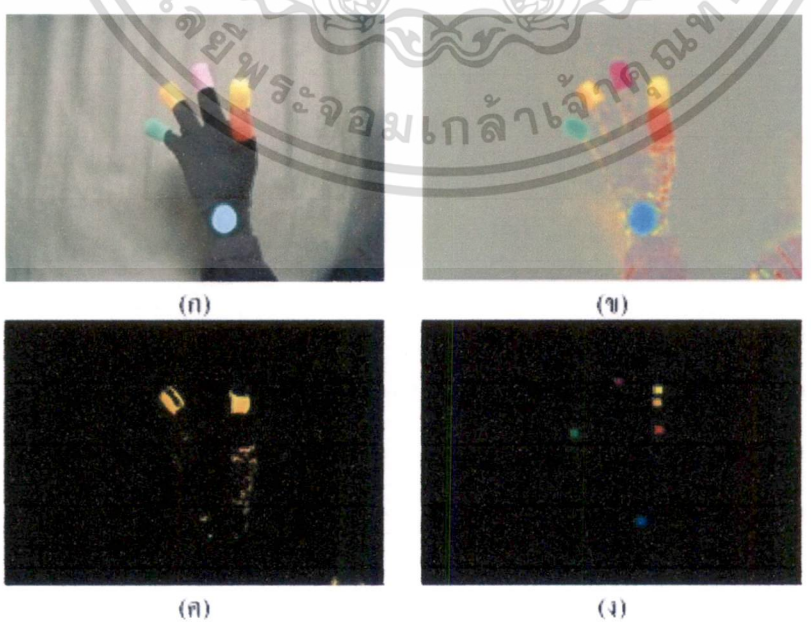
- การตรวจจับสีของวัตถุภาพในสภาวะแสงต่างกัน
- การกำหนดวัตถุภาพด้วยค่าตำแหน่งพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม

4.2.1 การตรวจจับสีของวัตถุภาพในสภาวะแสงต่างกัน

เป็นการวิเคราะห์ความถูกต้องของการแยกแยะวัตถุภาพด้วยความอิ่มสีตามสภาวะแสงที่มีความเปลี่ยนแปลง ซึ่งจากผลการทดลองโดยมากแล้วระบบจะสามารถแยกแยะวัตถุภาพออกได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตามพบว่ามีสาเหตุบางประการส่งผลให้การตรวจจับสีของวัตถุภาพมีความคลาดเคลื่อน ดังนี้

4.2.1.1 มุมตกกระทบแสง

การตกระทบแสงเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ส่งผลให้การตรวจจับสีมีความคลาดเคลื่อน โดยมุมในการตกกระทบแสงที่ต่างกันจะส่งให้วัตถุภาพเดียวกันแสดงสีต่างกันได้ จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่ามุมของแสงมาจากทางด้านบนขวาของรูป ส่งผลให้มุมทางด้านล่างซ้ายเกิดความเข้มของสี ดังนั้นในการตรวจจับวัตถุภาพสีส้มซึ่งเป็นควรเป็นตำแหน่งของนิ้วนาง จึงส่งผลให้จำนวนของสีส้มส่วนใหญ่ไปอยู่ที่ตำแหน่งของนิ้วชี้แทน

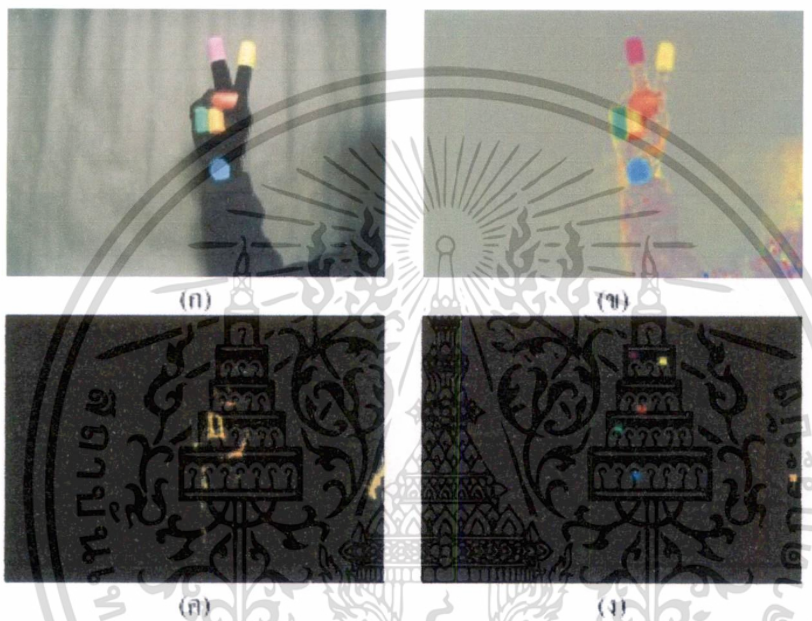


รูปที่ 4.1 ผลการตรวจจับวัตถุภาพสีส้มที่คลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 ความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากเงาของวัตถุอื่น

จากการทดลองพบว่าในบางกรณีเงาของวัตถุอื่น ที่ตกกระทบลงภายในรูปจะส่งผลต่อการตรวจจับสี ซึ่งในกรณีตามรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเงาของลำตัวและศีรษะของผู้ทดลองได้สะท้อนอยู่ทางด้านมุมขวาล่างของภาพ ส่งผลให้แม้จะนำรูปดังกล่าวมาผ่านกระบวนการลดทอนปัจจัยรบกวนอันเกิดจากแสงและสีแล้ว ก็ยังคงหลงเหลือปัจจัยซึ่งส่งผลให้จากตรวจจับสีมีความคลาดเคลื่อนอยู่ จากรูปที่ 4.2 (ง) จะเห็นได้ว่าตำแหน่งของจุดสีส้มไปปรากฏในส่วนของเงาตกกระทบทั้งที่ควรจะเป็นตำแหน่งของนิ้วนาง

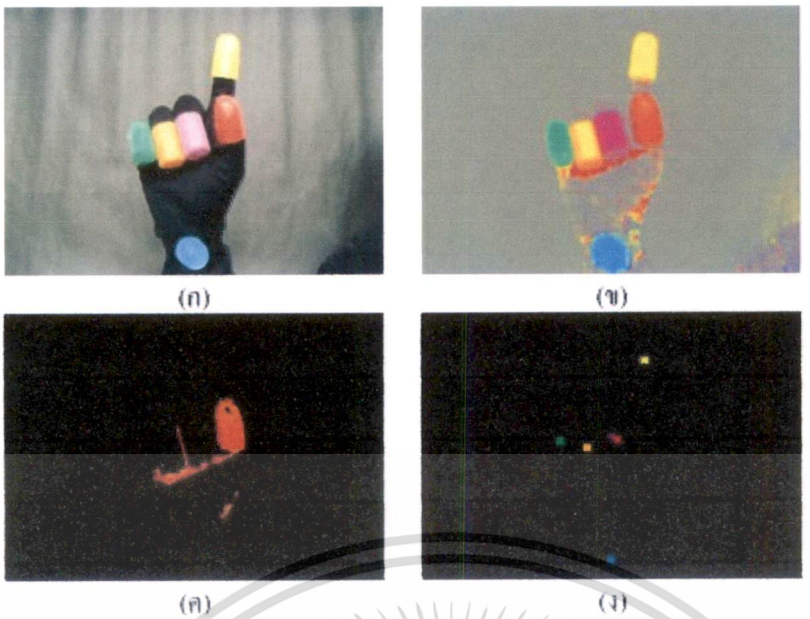


รูปที่ 4.2 ผลการตรวจจับวัตถุภาพสีส้มที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากเงาของวัตถุอื่น

4.2.1.3 มุมอับแสง

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่ามุมอับแสงส่งผลให้เกิดความผิดเพี้ยนของสีได้เช่นเดียวกับมุมตกกระทบแสง ซึ่งจากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า มุมอับแสงก่อให้เกิดความเข้มของสีแดงมากกว่าปกติในส่วนที่ไม่ใช่ตำแหน่งของนิ้วหัวแม่มือ ส่งผลให้การตรวจจับวัตถุภาพสีแดงได้ภาพที่มีขนาดใหญ่กว่าปกติ และกระทบถึงการระบุตำแหน่งจุดกึ่งกลางภาพอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความถี่ของค่าความอิ่มสีในแต่ละย่าน

4.2.2 การวิเคราะห์วัตถุภาพด้วยค่าตำแหน่งพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม

จุดประสงค์ของการเปลี่ยนค่าพิกัดเพื่อให้เกิดสะดวกในการระบุตำแหน่งของนิ้วมือและข้อมือ ซึ่งค่าจุดกึ่งกลางที่ได้จากการประมวลผลภาพจะอยู่ในรูปพิกัดเรสเตอร์ที่มีการอ้างอิงตำแหน่งของจุดในลักษณะตั้งต้นจากมุมบนซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง อันเป็นลักษณะการระบุตำแหน่งของจุดในการแสดงผลของระบบคอมพิวเตอร์ทั่วไป

รูปที่ 4.4 แสดงปัจจัยความต่างของท่ามือเลข 5
(ก) ระยะปกติ (ข) ระยะใกล้ (ค) ระยะไกล (ง) เอียงมือ

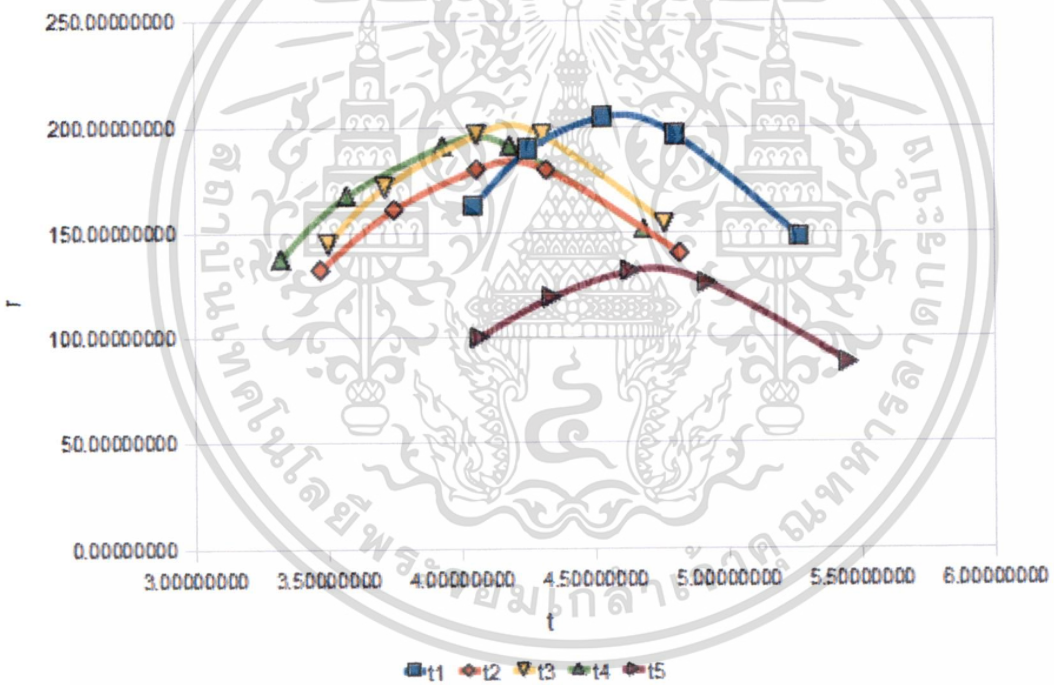
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับจากพิจารณาตำแหน่งของจุดบนนิ้วมือและข้อมือแล้ว การอ้างอิงตำแหน่งตามพิกัดเรสเตอร์ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากตำแหน่งของวัตถุภาพสามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่ายทั้งจากหมุนเอียงของมือ ระยะของมือกับตัวรับภาพ และปัจจัยรบกวน เป็นต้น ดังนั้นภาพที่ถ่ายในช่วงเวลาเดียวกันและเป็นท่ามือแบบเดียวกันก็ไม่สามารถบ่งชี้ว่าจะได้ตำแหน่งพิกัดเรสเตอร์เดียวกัน ด้วยเหตุนี้ ในการพัฒนาจึงนำเอาการระบุตำแหน่งของพิกัดเชิงขั้วมาใช้

อย่างไรก็ตามการแปลงค่าพิกัดเรสเตอร์ไปเป็นพิกัดเชิงขั้วเลยนั้นไม่สามารถทำได้ จำเป็นต้องมีการแปลงให้อยู่ในรูปของพิกัดฉากเสียก่อน แล้วจึงค่อยแปลงไปเป็นพิกัดเชิงขั้ว

ซึ่งในการทดลองเป็นการตรวจสอบว่าการนำเอาพิกัดเชิงขั้วมาใช้จะสามารถช่วยให้ระบุตำแหน่งของวัตถุภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่

จากการทดลองด้วยท่ามือเลข 5 ตามรูปที่ 4.5 กำหนดให้วัตถุภาพมีระยะห่างจากตัวรับภาพไม่เท่ากัน รวมถึงมุมในการพลิกหมุนของมือและระยะห่างระหว่างนิ้วมือก็ต่างกัน



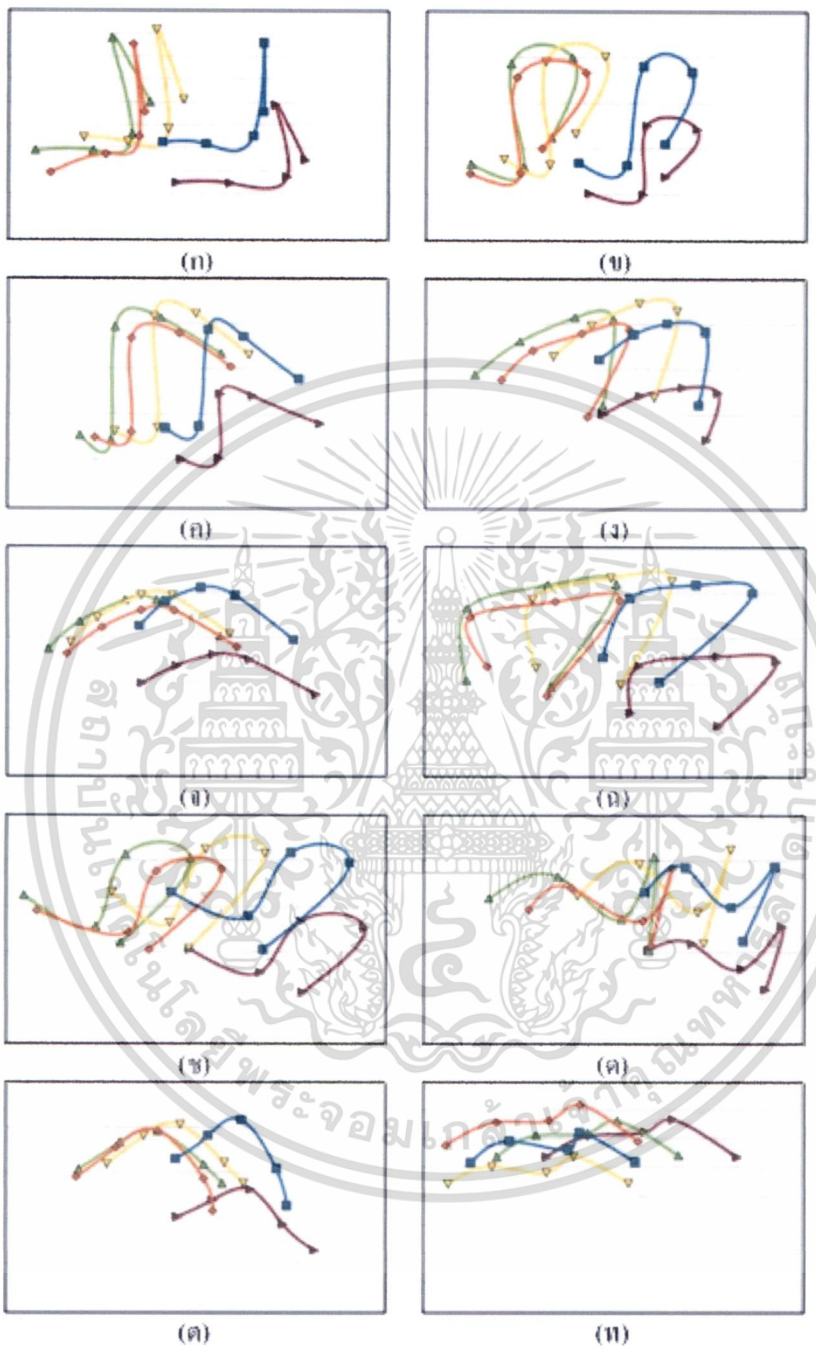
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลมจากท่ามือเลข 5 ในแบบต่าง ๆ

ซึ่งเมื่อวัตถุภาพข้างต้น นำมาผ่านกระบวนการแปลงพิกัดแล้วพบว่าแม้วัตถุภาพที่นำเข้ามาทดลองมาจะมีความแตกต่างกัน แต่หากอยู่ในลักษณะของท่ามือเดียวกัน ค่าพิกัดเชิงขั้วที่ได้ก็จะมีความคล้ายคลึงกัน โดยดูได้จากกราฟแสดงค่าพิกัดเชิงขั้ว ตามรูปที่ 4.6

เมื่อได้ทำการทดสอบการระบุตำแหน่งของวัตถุภาพด้วยพิกัดเชิงขั้วสำหรับทุก ๆ ท่ามือแล้ว พบว่าในท่ามือแต่ละท่า จะได้ค่าพิกัดเชิงขั้วที่มีความคล้ายคลึงกัน ตามรูปที่ 4.6 โดยความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างของเส้นกราฟที่เป็นท่ามือเดียวกันเกิดได้จากหลายปัจจัย อันเนื่องจากตำแหน่งของมือ, ตำแหน่งของจุดกึ่งกลาง, ระยะห่างจากตัวรับภาพ, ความเอนเอียงของมือ เป็นต้น



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบกราฟของท่ามือต่าง ๆ ตามค่าพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม

(ก) กราฟท่ามือเลข 1 (ข) กราฟท่ามือเลข 2 (ค) กราฟท่ามือเลข 3 (ง) กราฟท่ามือเลข 4 (จ) กราฟท่ามือเลข 5 (ฉ) กราฟท่ามือเลข 6 (ช) กราฟท่ามือเลข 7 (ค) กราฟท่ามือเลข 8 (ต) กราฟท่ามือเลข 9 (ท) กราฟท่ามือเลข 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าค่าพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลมของท่ามือแต่ละท่ามีความแตกต่างกัน โดยท่ามือเดียวกันจะได้เส้นกราฟที่มีความคล้ายคลึงกัน แม้ว่าค่าพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลมที่ได้จากรูปที่ 4.6 (ง) และ (จ) และ (ต) จะมีความละม้ายคล้ายกันแต่ก็ยังสามารถบ่งบอกความแตกต่างบางอย่างได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถนำเอาค่าพิกัดเชิงขั้วมาใช้ในการจำแนกท่ามือแต่ละท่าออกจากกันได้

4.2.3 การรู้จำด้วยข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ

จุดประสงค์ในการทดลองการรู้จำด้วยกลุ่มชุดข้อมูล (กลุ่มข้อมูลพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลม) สำหรับแต่ละท่ามือด้วยข่ายงานประสาทเทียมหลายชั้นแบบแพร่กระจายย้อนกลับ เพื่อทดลองหาประสิทธิภาพของข่ายงานประสาทเทียมว่าจะสามารถแบ่งแยกความหมายของท่ามือออกเป็นตัวเลขได้ถูกต้องมากน้อยเพียงใด

ขั้นตอนการทดลองเริ่มด้วยกระบวนการฝึกฝนข่ายงานประสาทเทียมให้เรียนรู้และปรับค่าเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่คาดหวังไว้ โดยทำการป้อนค่านำเข้าและผลลัพธ์ที่คาดหวังเข้าสู่ข่ายงานประสาทเทียมและให้ข่ายงานประสาทเทียมเรียนรู้พร้อมปรับค่าไปจนกว่าจะได้ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้หรือสิ้นสุดจำนวนรอบการวนซ้ำสูงสุดที่กำหนดไว้ ซึ่งผลจากการวนซ้ำเพื่อเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 4.7 จากการกำหนดค่า ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างชุดข้อมูลนำเข้าสำหรับการเรียนรู้

ชุดข้อมูลนำเข้า										ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
r1	*t1*	*r2*	*t2*	*r3*	*t3*	*r4*	*t4*	*r5*	*t5*	
103.82	5.08	124.15	4.90	112.29	4.86	118.07	4.68	103.25	4.56	0
106.89	5.05	159.88	4.93	85.38	4.95	74.06	4.67	79.70	4.41	1
104.00	4.72	177.05	4.95	187.13	4.67	79.23	4.64	75.03	4.34	2
134.27	5.32	182.46	4.84	190.22	4.56	75.19	4.47	72.72	4.16	3
119.15	4.76	184.09	4.95	197.00	4.72	186.13	4.50	156.17	4.28	4
119.50	5.49	165.08	5.03	181.54	4.79	174.04	4.60	151.35	4.34	5
102.49	4.61	181.66	4.96	191.32	4.77	184.17	4.53	118.90	4.40	6
99.05	4.68	181.23	5.01	197.50	4.78	124.46	4.56	159.70	4.38	7
98.66	4.90	174.26	5.02	127.04	4.74	175.41	4.55	154.15	4.35	8
101.24	5.00	131.85	4.88	188.17	4.67	182.39	4.52	152.54	4.27	9

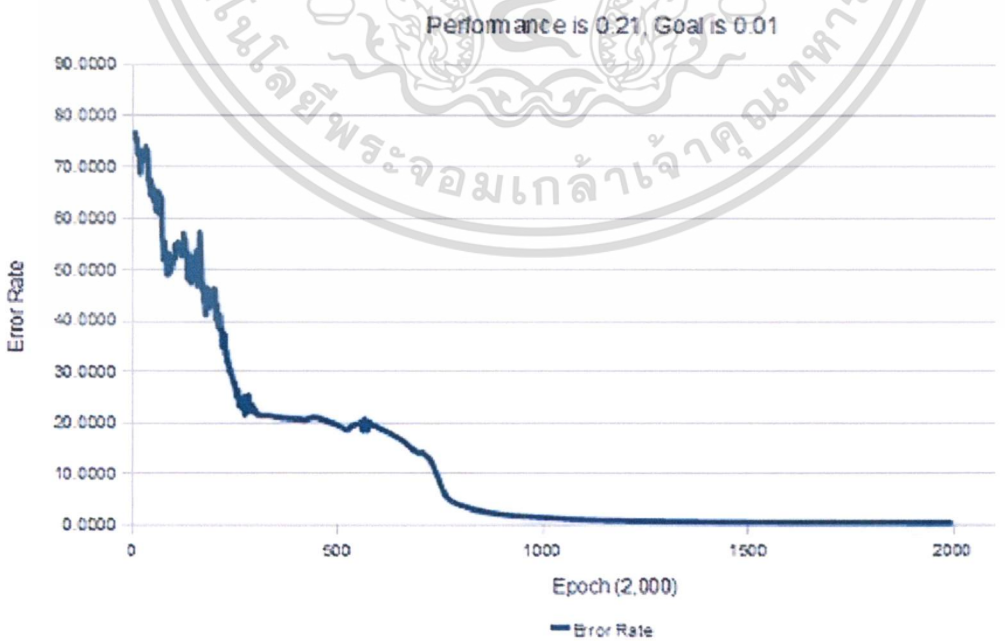
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชุดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ จำนวน 28,000 ชุด ตามตัวอย่างตารางที่ 4.1 ซึ่งประกอบด้วยค่านำเข้า 10 ค่า และค่าผลลัพธ์ที่คาดหวัง 1 ค่าสำหรับแต่ละชุดนำเข้า

โดยจำนวนของชุดข้อมูลแบ่งตามกลุ่มของผลลัพธ์ที่คาดหวังได้ ดังนี้

ชุดตัวเลข	จำนวน	ชุดตัวเลข	จำนวน
0	161	5	292
1	360	6	306
2	345	7	323
3	309	8	301
4	151	9	252

- ค่าการเรียนรู้ กำหนดอยู่ที่ 0.1
- จำนวนรอบการวนซ้ำสูงสุด กำหนดอยู่ที่ 5,000 รอบ
- ค่าความผิดพลาดที่ต้องการ กำหนดอยู่ที่ 0.01
- ค่าความผิดพลาดที่ได้ อยู่ที่ 0.0481



รูปที่ 4.7 กราฟค่าความผิดพลาดระหว่างขั้นตอนการเรียนรู้ในการวนซ้ำ 2,000 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.7 แสดงถึงความเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาดในระหว่างขั้นตอนการเรียนรู้ ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้ที่จำนวนรอบการวนซ้ำสูงสุดแล้ว ข่ายงานประสาทเทียมที่ผ่านการเรียนรู้จะถูกนำไปใช้ตั้งต้นในการวิเคราะห์ค่านำเข้าเมื่อมีการใช้งานจริง

เมื่อนำเอาข่ายงานประสาทเทียมที่ผ่านการเรียนรู้และปรับค่าความผิดพลาดจนอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดมาใช้กับชุดข้อมูลตรวจสอบจำนวน 674 ชุด พบว่าข่ายงานประสาทเทียมสามารถที่จะแยกแยะและระบุผลลัพธ์ได้ถูกต้องทั้งหมด

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์จากกระบวนการรู้จำเมื่อนำมาใช้กับทดสอบชุดข้อมูลตรวจสอบ

ผลลัพธ์ที่ได้วิเคราะห์ได้ \ ผลลัพธ์	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	จำนวนชุดข้อมูล	ถูกต้อง (%)
0	40										40	100.00
1		90									90	100.00
2			86								86	100.00
3				77							77	100.00
4					37						37	100.00
5						73					73	100.00
6							76				76	100.00
7								80			80	100.00
8									75		75	100.00
9										40	40	100.00

แสดงตำแหน่งที่มีค่ามากที่สุด

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำเอาข่ายงานประสาทเทียมดังกล่าวมาทำการทดลองกับชุดข้อมูลจริงจำนวน 2,290 ชุด จะได้ผลลัพธ์ตามตารางที่ 4.3 ซึ่งให้อัตราความถูกต้องแตกต่างกันอย่างมากกับตารางที่ 4.2 ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบด้วยชุดข้อมูลตรวจสอบ

นอกจากนี้ จากผลการทดลองกับชุดข้อมูลจริงตามตารางที่ 4.3 จะพบว่าในชุดท่ามือที่ข่ายงานประสาทเทียมสามารถวิเคราะห์ได้ถูกต้องมากที่สุด คือ ชุดท่ามือตัวเลข 0 และ 1 ในขณะที่ชุดท่ามือตัวเลข 4 และ 5 มีอัตราถูกต้องต่ำที่สุด คือ น้อยกว่า 1 ใน 4 ของจำนวนชุดข้อมูลที่นำมาใช้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลลัพธ์จากกระบวนการรู้จำเมื่อนำมาใช้วิเคราะห์กับชุดข้อมูลจริง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์	ผลลัพธ์											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	จำนวนข้อมูลทั้งหมด	ร้อยละ (%)
	0	196	2				2	1				201	97.51
	1	71	170									241	70.54
	2	47		88	105					1		241	36.51
	3	84		24	127					6		241	52.70
	4	42	31	1	1	49	52	7			38	221	22.17
	5	67	64	1	1	11	57			22	18	241	23.65
	6	35				61	6	89		4	6	201	44.28
	7	56				12	10		138	1	24	241	57.26
	8	24	7		31	11	4	2		161	1	241	66.80
	9	10	32				37				142	221	64.25

แสดงตำแหน่งที่มีค่ามากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาระบบรู้จำภาษามือตัวเลขด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพและข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับสำหรับโครงงานพัฒนานี้ สามารถสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากขั้นตอนในการกระบวนการดำเนินงานทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูล ขั้นตอนการประมวลผลภาพ และขั้นตอนในการวิเคราะห์และรู้จำ สามารถสรุปผลการทดลองและการคาดการณ์ผลลัพธ์สำหรับกระบวนการแต่ละส่วนได้ ดังนี้

5.1.1 ส่วนการนำเข้าข้อมูล

เป็นส่วนการดำเนินงานแรกสุดของกระบวนการทั้งหมด ซึ่งข้อมูลที่นำเข้าจะส่งผลถึงกระบวนการวิเคราะห์และผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมด ปัจจัยสำคัญคืออุปกรณ์ที่ใช้ในการรับภาพ หากอุปกรณ์ดังกล่าวมีการรับภาพที่ไม่ดี ภาพที่ได้มีคุณภาพต่ำหรือมีสิ่งรบกวนมาก เมื่อนำภาพที่ได้ไปผ่านกระบวนการประมวลผลแล้วย่อมให้ผลลัพธ์ที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ง่ายเช่นกัน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ในการพัฒนาโครงการนี้ จึงเปลี่ยนจากการใช้กล้องเว็บแคม (Web Camera) ที่ติดมากับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้พัฒนาซึ่งให้คุณภาพของภาพต่ำ มาใช้เป็นกล้องดิจิทัลแทน ทำให้ภาพที่ได้รับมีความคมชัดและมีสิ่งรบกวนน้อยลง

5.1.2 ส่วนการประมวลผลภาพ

เป็นหนึ่งในหัวใจหลักของการดำเนินงานของระบบ ที่จะบ่งชี้ถึงความสำเร็จและความถูกต้องของข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์และรู้จำ แม้ว่าการทดลองภายใต้โครงงานพัฒนานี้จะมีข้อจำกัดที่ถูกกำหนดขึ้นหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นระยะเวลาในการจับภาพ อุปกรณ์ที่ใช้ในการจำแนกสี รวมถึงฉากหลังของรูปภาพ แต่จากผลการทดลองก็ชี้ให้เห็นว่าในการระบุตำแหน่งของวัตถุภาพที่ต้องการ สามารถนำการประมวลผลภาพมาช่วยในการระบุตำแหน่งได้ แม้ว่าจะมีความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งอันเนื่องจากปัจจัยภายนอกบ้าง แต่โดยส่วนใหญ่แล้วสามารถระบุตำแหน่งได้ใกล้เคียงกับตำแหน่งของวัตถุภาพจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ส่วนการวิเคราะห์และรู้จำ

ขั้นตอนในการวิเคราะห์และรู้จำเป็นส่วนการดำเนินงานหลักของระบบอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งจะช่วยบ่งชี้ความหมายจากผลการประมวลผลภาพที่ได้รับว่ารูปภาพดังกล่าว แสดงถึงความหมายว่าเป็นตัวเลขอะไรในภาษามือ และด้วยการนำเอาพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลมมาใช้ช่วยในการระบุตำแหน่งของวัตถุภาพที่มีความเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอนั้น ก็ได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจด้วยค่าพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลมสามารถผันแปรตามวัตถุภาพได้โดยสูญเสียความถูกต้องเพียงเล็กน้อย ซึ่งสำหรับการพัฒนาโครงงานนี้สามารถสรุปผลได้ว่าสามารถนำเอาผลการวิเคราะห์และรู้จำจากค่าพิกัดเชิงขั้วแบบวงกลมมาใช้ในการแยกแยะความหมายได้จริง

อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ได้จากข่ายงานประสาทเทียมหลายชั้นแบบแพร่กระจายย้อนกลับในการทดลองเมื่อนำมาใช้ทดสอบกับชุดข้อมูลจริงกลับให้ผลลัพธ์คลาดเคลื่อนไปจากที่ควรเป็นอย่างมาก ซึ่งปัจจัยดังกล่าวอาจมีสาเหตุจากจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ที่มีจำนวนน้อยเกิดไป ค่าที่กำหนดให้ใช้ในการเรียนรู้ หรืออาจเกิดจากปัจจัยอื่นซึ่งจำเป็นต้องได้รับการวิเคราะห์หาสาเหตุและพัฒนาให้ดีขึ้นต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

การนำเอาการประมวลผลภาพมาใช้รวมกับกระบวนการวิเคราะห์และรู้จำ เพื่อบ่งบอกความหมายของวัตถุภาพนั้นสามารถทำได้ แต่ด้วยข้อจำกัดหลายประการในการพัฒนาตามโครงงานนี้ ผลลัพธ์ที่ได้อาจอยู่ในวงจำกัด และอาจให้ผลคลาดเคลื่อนเมื่อนำไปใช้กับโครงงานที่มีข้อจำกัดน้อยกว่า ดังนั้น สำหรับแนวทางในนำเอาผลการทดสอบในโครงงานไปใช้เพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ ดังนี้

- ในขั้นตอนการนำเข้าข้อมูล ควรเปลี่ยนการรับภาพจากเดิมเป็นการรับภาพสองมิติ เป็นการรับภาพสามมิติ ซึ่งจะให้มุมมองและข้อมูลในการจำแนกวัตถุภาพมากขึ้น โดยอาจเพิ่มการวิเคราะห์เส้นขอบและความลึกของวัตถุภาพเพิ่มเติมได้
- อุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการบ่งบอกสีควรเลือกที่เป็นวัสดุที่มีความเปลี่ยนแปลงต่อแสงและเงาต่ำ เพื่อให้ภาพที่ได้เมื่อนำไปผ่านกระบวนการประมวลผลภาพและระบุตำแหน่งวัตถุภาพแล้ว จะยังคงผลลัพธ์ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด
- กระบวนการคัดแยกวัตถุภาพตามค่าความอิ่มสี ควรเพิ่มการเรียนรู้และปรับเปลี่ยนช่วงค่าความอิ่มสีเพื่อให้สามารถผันแปรได้ตามสถาวะแสงที่เกิดขึ้น
- เนื่องจากการวิเคราะห์ในการพัฒนานี้เป็นการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคของภาพระบบฐานสองเป็นหลัก ซึ่งหากเปลี่ยนแปลงไปใช้การประมวลภาพสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตรง อาจช่วยขจัดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากประมวลผลภาพในการพัฒนาโครงงานนี้ได้

- ในการเลือกข่ายงานเพื่อใช้ในกระบวนการรู้จำ อาจต้องมีการปรับค่าการเรียนรู้และจำนวนชั้นของข่ายงานใหม่ให้มีความเหมาะสมมากขึ้น รวมถึงอาจเปลี่ยนไปใช้ข่ายงานประเภทอื่น หรือใช้วิธีการทำงานแบบอื่นที่อาจมีประสิทธิภาพสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จิตประภา ศรีอ่อน. 2551. **คนพิการทางการได้ยินหรือการสื่อความหมาย.** [Online] เข้าถึงได้จาก: http://www.rs.mahidol.ac.th/thai/academic-support-services/rehabilitation-counseling/file/paper_4.doc

พยุง มีสัจ. 2551. **ระบบฟัซซีและโครงข่ายประสาทเทียม: บทที่ 8 โครงข่ายประสาทเทียม.** [Online] เข้าถึงได้จาก: http://202.44.34.134/teacher/FileDL/phayung202255212105.pdf

มูลนิธิพัฒนาคนพิการไทย. 2552. **ห้องภาษามือ – แบบสะกดตัวเลข.** [Online] เข้าถึงได้จาก: http://www.tddf.or.th/tddf/signlang/finger6.php.

วศิน สินธุภิญโญ. 2550. **Digital Image Processing and Digital Signal Processing**. [Online] เข้าถึงได้จาก: http://www.mwit.ac.th/~jeed/r-sp/doc/r-sp-2-49-2.pdf.

วัชเรนทร์ กำลังใบ. 2551. **แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีสี.** [Online] เข้าถึงได้จาก: http://learners.in.th/blog/all-fine/247694

สุภาวดี โพธิ์ศรี. 2550. **มารู้จักภาษามือกันดีกว่า.** [Online] เข้าถึงได้จาก: http://www.specialed-center1.com/page/wichakan_communi.htm.

Amanatiadis, A., Andreadis, I., and Gasteratos, A. 2007. "**A Log-Polar Interpolation Applied to Image Scaling**". IST 2007 Krakow, Poland.

Cartesian Coordinate System. 2008. [Online] Available: http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Cartesian_coordinate_system.

Connected Component Labeling. 2009. [Online] Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Connected_Component_Labeling.

Cook, John D. 2009. **Three Algorithms for Converting Color to Gray-scale**. [Online] Available: http://www.johndcook.com/blog/2009/08/24/algorithms-convert-color-grayscale/.

Elgammal, Ahmed. 2008. **CS443: Digital Imaging and Multimedia Binary Image Analysis**. [Online] Available: http://www.cs.rutgers.edu/~elgammal/classes/cs442/BinaryImageAnalysis.pdf.

Favinger, Alisa. 2008. **The Polar Coordinate System**. [Online] Available: http://scimath.unl.edu/MIM/files/MATExamFiles/Favinger_MATpaper_Final_EDITED.pdf.

Ford, Adrian and Roberts, Alan. 1998. **Colour Space Conversions.** [Online] Available: http://www.poynton.com/PDFs/coloureq.pdf.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jankowski, Mariusz. 2006. **Erosion, Dilation and Related Operators**. [Online] Available: http://internationalmathematicasymposium.org/IMS2006/IMS2006_CD/articles/Jankowski.pdf.

MacEvoy, Bruce. 2009. **Modern Color Theory (Concepts)**. [Online] Available: http://www.handprint.com/HP/WCL/color18a.html.

NASA AMES Research Center, Color Usage Research Lab. 2009. **Luminance Contrast**. [Online] Available: http://colorusage.arc.nasa.gov/luminance_cont.php.

Pfingstl, Martin. 2007. **HSL Colorspace**. [Online] Available: http://www.chaospro.de/documentation/html/paletteeditor/colorspace_hsl.htm

Rhody, Harvey. 2005. **Lecture 3: Basic Morphological Image Processing**. [Online] Available: http://www.cis.rit.edu/class/simg782/lectures/lecture_03/lec782_05_03.pdf.

Rojas, Raul. 1996. **Neural Networks – A Systematic Introduction**. [Online] Available: http://page.mi.fu-berlin.de/rojas/neural/neuron.pdf.

Tcheslavski, Gleb V. 2010. **Morphological Image Processing: Gray-scale morphology**. [Online] Available: http://www.ee.lamar.edu/gleb/dip/10-3%20-%20Morphological%20Image%20Processing.pdf.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำโครงการ

ชื่อ-นามสกุล	นายธรรมธีร์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา
วัน เดือน ปี เกิด	14 มกราคม พ.ศ. 2525
ที่อยู่	13/2 ซอยพหลโยธิน 23 ถนนพหลโยธิน แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตจักรพงษภูวนารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้