การตรวจจับความเคลื่อนไหวของภาพความร้อน

THERMAL IMAGE MOTION DETECTION

ดุษฎี วงษ์วีระขันธ์
DUSADEE WONGWEERAKHAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมป้องกันประเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-M-011-143

การตรวจจับความเคลื่อนไหวของภาพความร้อน

THERMAL IMAGE MOTION DETECTION

ดุษฎี วงษ์วีระขันธ์
DUSADEE WONGWEERAKHAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมป้องกันประเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-M-011-143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THERMAL IMAGE MOTION DETECTION

DUSADEE WONGWEERAKHAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN DEFENCE ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

KMITL-2019-EN-M-011-143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2019

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตรวจจับความเคลื่อนไหวของภาพความร้อน
นักศึกษา	นางสาวดุษฎี วงษ์วีระขันธ์
รหัสนักศึกษา	59601149
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมป้องกันประเทศ
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุจากภาพความร้อน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาการเฝ้าตรวจพื้นที่และรายงานข่าวสารการใช้ความเร็วจากภาพถ่ายด้วยความร้อนในการตรวจจับความเคลื่อนไหวของเป้าหมายช่วยป้องกันการโจมตีในการรักษาความปลอดภัย ภาพถ่ายความร้อน (Thermal Imagery) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการสร้างกลุ่มความร้อนของเป้าหมายและภาพถ่ายความร้อนสามารถแทรกผ่านเข้าไปในกลุ่มหมอก เมฆ ควัน ฝุ่นละออง ฝนและที่ที่มีความมืด สามารถใช้งานได้ทั้งในกลางวันและกลางคืน ภาพถ่ายความร้อนเป็นหนึ่งในตัวกลางที่สำคัญและมีประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังและสังเกตการณ์ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 วัตถุที่เป็นมนุษย์ จากภาพความร้อนใช้หลักการ HOG (Histogram of Oriented Gradients),หลักการ Color Detection และหลักการ Support Vector Machine (SVM) เป็นตัวบ่งชี้แบ่งแยกระหว่างมนุษย์กับวัตถุอื่นๆ จากนั้นกำหนดแกนอ้างอิงเพื่อใช้เป็นตัววัดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุตามแนวแกน X ซึ่งเป็นค่าพิกเซลของภาพเพื่อบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุว่ากำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย หรือ ทางขวา ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการตรวจจับการเคลื่อนไหวของวัตถุด้วยภาพความร้อนและสามารถบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวาจะแสดงให้เห็นว่ากล้องและภาพความร้อนสามารถตรวจจับมนุษย์และวัตถุอื่นๆได้ในความมืด ซึ่งสามารถพัฒนาไปใช้งานในด้านการปฏิบัติการทางทหาร และด้านอื่นๆต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Thermal Image Motion Detection
Student	Ms.Dusadee Wongweerakhan
Student ID.	59601149
Degree	Master of Engineering
Program	Defence Engineering
Year	2019
Thesis Advisor	Assco. Prof. Dr. Surapan Airphaiboon

ABSTRACT

This thesis proposes about the object motion detection from thermal images which an important in term of development about monitoring areas and reporting with speed usage from thermal images to detect the target movement to help prevent security attacks. Thermal Imagery is an effective method for create the target heat group penetrate the cloud, smoke, dust, rain, and dark areas. It can be used both during the day and night. Thermal imaging is the most important and effective media for surveillance and observation. In this thesis, we propose the object motion detection two humans object from thermal images by the HOG (Histogram of Oriented Gradients), Color Detection and Support Vector Machine (SVM) is an indicator and separation between humans and other objects then set up the reference axis to measure the object position change along the X-axis, which is the pixel value of the image, to indicate the object movement whether it is moving to the left or right. This thesis is studying the effect of object motion detection by using thermal image and can indicate movement direction to left or right to show that camera and thermal images can detect humans and other objects in the dark. Which can be developed to be used in military operations and other areas.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก รศ.ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน ให้คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหา ตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์ และให้กำลังใจในการเขียนวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมป้องกันประเทศ ที่ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาเกี่ยวกับแนวทางในการเรียนหลักสูตรนี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ให้ข้อเสนอแนะและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (DTI) และนักวิจัยทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนการทำงานวิจัยในทุกๆด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและวิเคราะห์ผลตลอดการวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ พี่ๆ และน้องๆทุกคน จากเพจเฟสบุ๊ค ลุงวิศวกร สอนคำนวณ ที่ให้ความช่วยเหลือและถ่ายทอดความรู้ในเรื่องการเขียนโปรแกรมตรวจจับวัตถุโดยใช้ภาษาไพธอนตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการทุกอย่าง

ขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ เพื่อนๆ ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมป้องกันประเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตั้งแต่รุ่นที่1-7 ที่คอยให้ความช่วยเหลือคำแนะนำและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ นายฐิติพงศ์ ทิพย์แก้ว ที่คอยให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนในทุกๆด้าน และให้กำลังใจในการทำงานวิจัยชิ้นนี้มาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ นายยุทธภัณฑ์ วงษ์วีระขันธ์ ผู้เป็นบิดา นางสุภาพร วงษ์วีระขันธ์ ผู้เป็นมารดา และครอบครัว ผู้ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ผู้ซึ่งเป็นแบบอย่างที่ดีต่อข้าพเจ้า ไม่ว่าจะเป็นความอดทน ความซื่อสัตย์ ความใฝ่รู้ ซึ่งทำให้ข้าพเจ้าทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และเป็นผู้ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในทุกๆเรื่องมาโดยตลอด

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับ บิดา มารดา และอาจารย์ ที่เคารพทุกท่าน คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมป้องกันประเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ และเพจเฟสบุ๊ค ลุงวิศวกร สอนคำนวณ ซึ่งเป็นสถานที่ให้ความรู้และประสบการณ์ในการทำวิจัยจนกระทั่งจบการศึกษา

นางสาว ดุษฎี วงษ์วีระขันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

ภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....VIII

รายการสัญลักษณ์.....XI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....2

1.4 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงาน.....4

2.1 บทนำ.....4

2.2 กล้องตรวจจับความร้อน.....4

2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการประมวลผลและวิเคราะห์ภาพดิจิตอล.....7

2.3.1การรับภาพและการได้มาของภาพ.....7

2.3.2 เม็ดสี.....8

2.3.3 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข.....9

2.3.4 รูปภาพดิจิตอล.....10

2.3.5 ประเภทของภาพดิจิตอล.....13

2.3.6 การประมวลผลและวิเคราะห์ภาพ.....15

2.3.7 พื้นฐานทฤษฎีทางด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์.....16

2.4 การสกัดคุณลักษณะเฉพาะ.....17

2.4.1 Global Feature.....17

2.4.2 เทคนิคการดึงคุณลักษณะภาพด้วยรูปร่าง.....21

2.5 การจำแนกประเภทของข้อมูล.....24

2.5.1 ตัวแบบเพื่อนบ้านที่ใกล้เคียงที่สุด k ตัว.....25

2.5.2 ตัวแบบจำแนกประเภทข้อมูลแบบเครือข่ายใยประสาท.....25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5.3 ตัวจำแนกข้อมูลแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน.....27
2.6 พื้นฐานทฤษฎีทางด้านการเรียนรู้ของระบบสมองกล.....28
2.6.1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน.....28
2.6.2 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน.....29
2.7 Opencv.....30
2.8 การวัดประสิทธิภาพและประเมินผล.....31
2.8.1 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง.....31
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....32
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....34
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....34
3.1.1 เขียนโปรแกรมเพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 วัตถุที่เป็นมนุษย์.....36
3.1.2 นำข้อมูลรูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS มาทดสอบการตรวจจับความเคลื่อนไหว.....38
3.1.3 วิเคราะห์ข้อมูลรูปภาพที่ได้จากการทดลอง.....40
3.1.4 ปรับปรุงโปรแกรมเพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์ให้มีความแม่นยำ มากยิ่งขึ้น และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา แล้วนำข้อมูลรูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS มาทดสอบอีกครั้ง.....41
3.1.5 วิเคราะห์ข้อมูลรูปภาพที่ได้จากการทดลองหลังการปรับปรุงโปรแกรม.....48
3.1.6 นำโปรมแกรมที่ปรับปรุงแล้วมาใช้ทดสอบตรวจจับวัตถุกับข้อมูลรูปภาพจริงจากกล้อง Flir Duo R Camera.....49
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล.....52
4.1 ผลการทดลองการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 วัตถุที่เป็นมนุษย์.....52
4.2 ผลการทดลองหลังการปรับปรุงโปรแกรมเพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์ให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา.....53
4.3 ผลการทดลองนำโปรมแกรมที่ปรับปรุงแล้วมาใช้ทดสอบตรวจจับวัตถุและบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา กับข้อมูลรูปภาพจริงจากกล้อง Flir Duo R Camera.....56
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....61
5.1 สรุปผล.....61
5.2 ข้อเสนอแนะ.....63
เอกสารอ้างอิง.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.1 สรุปผล.....61
5.2 ข้อเสนอแนะ.....63
เอกสารอ้างอิง.....64
ภาคผนวก.....66
ประวัติผู้เขียน.....87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แสดงความละเอียดของ กล้อง Flir Duo R Thermal Camera 50

4.1 เปรียบเทียบผลการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 วัตถุที่เป็นมนุษย์จากภาพความร้อน IEEE OTCBVS.....58

4.2 แสดงผลการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์ และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ ซ้าย-ขวา ของข้อมูลภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS (หลังปรับปรุงโปรแกรม) กับ Flir Duo R Thermal Camera.....59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ระบบการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการแผ่รังสีอินฟราเรดของวัตถุ....4

2.2 ไดอะแกรมการทำงานของตัวตรวจจับการแผ่รังสีอินฟราเรดซึ่งใช้ตรวจจับความเคลื่อนไหว....5

2.3 แสดงการทำงานของโมดูล PIR เมื่อนำมาใช้ในการตรวจจับความเคลื่อนไหว....6

2.4 แสดงขั้นตอนการได้มาของภาพดิจิตอล....8

2.5 ตำแหน่งของพิกเซล....9

2.6 การทำ Sampling และ Quantization....9

2.7 ภาพแบบบิตแมปและภาพแบบเวกเตอร์....11

2.8 ภาพขยายแบบบิตแมปเมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับ....12

2.9 ภาพขยายแบบเวกเตอร์เมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับ....12

2.10 แสดงค่าพิกเซลของภาพดิจิตอลแบบภาพไบนารี....13

2.11 ภาพระดับความเข้มเทา จาก การประมวลผลภาพดิจิตอล....14

2.12 ภาพสี....14

2.13 ขั้นตอนในการประมวลผลภาพ....15

2.14 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพของกระบวนการทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์....16

2.15 ภาพขนาด 8x8 pixel ที่มี 2 องค์ประกอบ....17

2.16 ภาพแสดงแบบจาลองสีแบบ RGB....18

2.17 ภาพแสดงแบบจำลองสีแบบ HSB....19

2.18 ภาพแสดงแบบจาลองสีแบบ LAB....19

2.19 (ก) ลักษณะรูปร่างที่มีความกะทัดรัดมาก (ข) ลักษณะรูปร่างที่มีความกะทัดรัดน้อย....20

2.20 (ก) แสดงโครงสร้างการแบ่งเซลล์ขนาด 1×1 และ บล็อกขนาด 2×2
(ข) แสดงทิศทางแบบ 5 และ 9 ทิศ....21

2.21 ภาพรวมของการสกัดหาคุณลักษณะเฉพาะในการตรวจจับวัตถุจาก Histograms of Oriented Gradients for Human Detection....22

2.22 ตัวอย่างการแบ่งภาพเป็นเซลล์และบล็อก....23

2.23 เซลล์และบล็อกบริเวณที่ทำการตรวจจับหา HOG จากการรู้จำท่ามือภาษาไทย โดยใช้ ค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน....24

2.24 การจำแนกข้อมูล X โดยใช้วิธี K - Nearest Neighbors....25

2.25 โครงสร้างเครือข่ายแบบคาดการณ์สถานการณ์ล่วงหน้า....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.26 แสดงโมเดล SVM ที่แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม....27

2.27 ภาพแสดงการจำแนกสัตว์โดยการเรียนรู้แบบมีผู้สอน....29

2.28 ภาพแสดงการจำแนกสัตว์โดยการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน....30

3.1 ระเบียบวิธีการดำเนินงาน....35

3.2 Python Library....36

3.3 Codeคำสั่งตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ....36

3.4 Codeคำสั่งตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุและแบ่งแยกวัตถุที่เป็นมนุษย์....37

3.5 ตัวอย่างข้อมูลภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS ขนาดภาพ = 320 x 240 Pixels 38

3.6 Codeคำสั่งนำเข้ารูปภาพ....39

3.7 Codeคำสั่งแสดงผลภาพการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุและแบ่งแยกวัตถุที่เป็นมนุษย์....39

3.8 ตัวอย่างผลการทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุจากภาพความร้อนข้อมูลภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS....40

3.9 Python Library....41

3.10 codeคำสั่งนำเข้ารูปภาพ....42

3.11 codeคำสั่งเช็คตำแหน่งพิกเซลที่มีสีขาว....42

3.12 codeคำสั่งHOGตรวจจับการเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์....43

3.13 codeคำสั่งตัด(crop)ภาพวัตถุ....43

3.14 ภาพตัวอย่างจากคำสั่งตัด(crop)ภาพวัตถุ....43

3.15 codeคำสั่งกำหนดจุดสีน้ำเงิน....44

3.16 ภาพตัวอย่างจากคำสั่งกำหนดจุดสีน้ำเงินลงในส่วนที่เป็นสีขาวที่ตรวจจับได้....44

3.17 codeคำสั่งกำหนดเส้นขอบแกนอ้างอิง....45

3.18 ภาพตัวอย่างจากคำสั่งกำหนดเส้นขอบแกนอ้างอิง....45

3.19 codeคำสั่งคำสั่งHOGตรวจจับการเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์....45

3.20 codeคำสั่งระบุการเคลื่อนที่ของวัตถุทิศทางซ้าย-ขวา....46

3.21 codeคำสั่งระบุการเคลื่อนที่ของวัตถุทิศทางซ้าย-ขวา....47

3.22 Flow chart อธิบายหลักการการเคลื่อนที่ของวัตถุทิศทางซ้าย-ขวา....47

3.23 Codeคำสั่งแสดงผลการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า
3.24 ตัวอย่างผลการทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์จากภาพความร้อนและบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา ข้อมูลภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS.....49
3.25 กล้อง Flir Duo R Thermal Camera.....49
3.26 ตัวอย่างข้อมูลภาพความร้อนจากกล้อง Flir Duo R Thermal Camera ที่ระยะ 5 เมตร.....50
3.27 ตัวอย่างผลการทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์จากภาพความร้อนและบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา ข้อมูลภาพความร้อนจาก Flir Duo R Thermal Camera ที่ระยะ 5เมตร.....51
4.1 ตัวอย่างผลการทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุจากภาพความร้อนข้อมูลภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS.....53
4.2 ตัวอย่างผลการทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์จากภาพความร้อนและบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา ข้อมูลภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS.....55
4.3 ตัวอย่างผลการทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์จากภาพความร้อนและบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา ข้อมูลภาพความร้อนจาก Flir Duo R Thermal Camera ที่ระยะ 5 เมตร.....57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

D_H คือ ค่าเกรเดียนท์แนวนอน

D_V คือ ค่าเกรเดียนท์แนวตั้ง

M_G คือ ขนาดของเกรเดียนท์

O_G คือ มุมทิศทางเกรเดียนท์

Ft คือ หน่วยความยาว ฟุต

Fps คือ การแสดงผลจำนวนภาพต่อ 1 วินาที

℃ คือ องศาเซลเซียส

H_Z คือ หน่วยความถี่ เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในการเฝ้าตรวจพื้นที่รักษาความปลอดภัยการตรวจจับความเคลื่อนไหวและติดตามเป้าหมายนั้นใช้เทคโนโลยีได้หลากหลาย ซึ่งหนึ่งในนั้นคือการใช้กล้องตรวจจับความร้อน (Thermal Camera) กล้องตรวจจับความร้อน ได้รับความนิยมมากในการใช้ตรวจวัดความร้อน ในพื้นที่ที่ไม่สามารถเข้าถึงได้หรือในพื้นที่ที่มีอันตราย ในการเข้าเพื่อตรวจวัด สามารถถ่ายภาพความร้อนได้ทั้งสิ่งมีชีวิตและสถานที่ แสดงผลได้รวดเร็วและใช้งานง่ายในกล้องตรวจจับความร้อนมีเซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับความแตกต่างของอุณหภูมิได้แม้เพียงเล็กน้อย การแสดงผลภาพแถบสีที่วัตถุที่ร้อนกว่าจะแสดงสีสว่างและวัตถุที่เย็นกว่าจะแสดงสีที่มืดกว่า ดังนั้นกล้องตรวจจับความร้อน (Thermal Camera) จึงสามารถตรวจจับวัตถุได้และยังแสดงออกมาเป็นภาพความร้อน (Thermal Image) ซึ่งภาพความร้อนเป็นวิธีการปรับปรุงการมองเห็นวัตถุ ในสภาพแวดล้อมที่มืดโดยการแสดงอุณหภูมิที่แตกต่างกันของวัตถุบนภาพ ในงานวิจัยนี้หลังจากที่ได้ภาพความร้อนออกมาแล้วนั้นจะทำการตรวจจับความเคลื่อนไหวจำแนกวัตถุในภาพเพื่อแยกแยะระหว่างมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของมนุษย์ด้วยหลักการ HOG (Histogram of Oriented Gradients) ,หลักการ Color Detection และหลักการ Support Vector Machine (SVM)

ในบทนี้กล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมติฐาน แนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย และขอบเขตของงานวิจัย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการตรวจจับและติดตามเป้าหมายมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาการเฝ้าตรวจสนามรบและรายงานข่าวสาร (battlefield surveillance) การเฝ้าตรวจทางอากาศ (airspace surveillance) และการลาดตระเวนชายแดน (Border Patrolling) การใช้ความเร็วจากการถ่ายภาพด้วยแสงอินฟราเรดหรือกล้องตรวจจับความร้อน (Thermal Camera) ในการตรวจจับเป้าหมายช่วยป้องกันจากการโจมตีในการรักษาความปลอดภัยชายแดนหรือการรักษาความปลอดภัยชายฝั่งทะเล ภาพถ่ายความร้อน (Thermal imagery) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการสร้างกลุ่มความร้อนของเป้าหมายและภาพถ่ายความร้อนสามารถผ่านเข้าไปในหมอก เมฆหมอก ฝุ่นละอองควัน หิมะ ฝนและที่ที่มีความมืด สามารถใช้งานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน ภาพถ่ายความร้อนเป็นหนึ่งในตัวกลางในการป้องกันที่สำคัญและมีประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังและการสังเกตการณ์ ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีของกล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal Camera) และเทคโนโลยีทางด้าน Image Processing มีการพัฒนาขึ้นไปมาก จึงได้มีการนำเทคโนโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้าน Image Processing มาใช้ เพื่อช่วยในงานต่างๆ เช่น การรู้จำใบหน้าของบุคคล หรือ การตรวจจับการเคลื่อนที่ของมนุษย์ เป็นต้น

ทางผู้วิจัยได้เห็นถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีทางด้าน Image Processing ที่จะช่วยให้สามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวของมนุษย์ และบอกทิศทางการเคลื่อนไหวของบุคคลนั้นๆว่าเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด เพื่อที่จะช่วยให้ผู้ใช้งานเฝ้าระวังการโจมตีและรักษาความปลอดภัยในสถานที่ต่างๆได้แม้ในเวลากลางคืน

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นมนุษย์จากภาพความร้อน

2. เพื่อนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้กับภาพถ่ายความร้อนเพื่อให้ระบบตรวจจับวัตถุทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการศึกษาโครงสร้างหลักการทำงานของกล้องถ่ายภาพความร้อนและภาพความร้อน โดยจะใช้ภาพจาก 2 แหล่งที่มา คือ 1. ข้อมูลภาพรูปภาพความร้อน จาก IEEE OTCBVS WS Series Bench Roland Miezianko และฐานข้อมูล Terravic Research Infrared 2. กล้อง Flir Duo R Thermal Camera ทำการบันทึกภาพความร้อนจากกล้องถ่ายภาพความร้อนที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ระยะ 5 เมตร แล้วทำการศึกษากระบวนการออกแบบและเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Sublime Text ร่วมกับ OpenCV โดยใช้ภาษา Python ในการเขียนโปรแกรม เพื่อทำการทดสอบการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 วัตถุที่เป็นมนุษย์จากภาพความร้อนในสภาพแวดล้อมที่มีความมืด โดยระบบจะเริ่มทำการตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์โดยใช้หลักการ HOG (Histogram of Oriented Gradients) และใช้หลักการ Support Vector Machine (SVM) เป็นตัวบ่งชี้แบ่งแยกระหว่างมนุษย์กับวัตถุอื่นๆ ทำการทดลองกับข้อมูลรูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS WS Series Bench Roland Miezianko และฐานข้อมูล Terravic Research Infrared ขนาดภาพ = 320 x 240 Pixels จำนวน 145 ภาพ หลังจากนั้นได้มีการพัฒนาปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุให้มีประสิทธิภาพแม่นยำมากยิ่งขึ้นใช้หลักการ HOG (Histogram of Oriented Gradients), Color Detection และ SVM มีการกำหนดแกนอ้างอิงเพื่อใช้เป็นตัววัดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุตามแนวแกน X ซึ่งเป็นค่าพิกเซลของภาพเพื่อบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุว่ากำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย หรือ ทางขวา ทำการทดลองกับข้อมูลรูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS จำนวน 145 ภาพ อีกครั้งเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรมก่อนและหลังการปรับปรุง และยังทำการทดลองกับข้อมูลรูปภาพความร้อนจากกล้อง Flir Duo R Thermal Camera ขนาดภาพ 640x480 Pixels จำนวน 26 ภาพ เพื่อแสดงให้เห็นว่าโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ได้อย่างถูกต้อง ไม่ว่าข้อมูลรูปภาพความร้อนที่นำมาทดลองนั้นจะมีความละเอียดต่ำหรือสูงก็ตาม

1.4 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

งานวิทยานิพนธ์เล่มนี้ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 5 บท ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 1 เป็นบทนำ ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษาการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุด้วยภาพความร้อน หัวข้อถัดมาสมมติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย และขอบเขตของงานวิจัย สุดท้ายจะกล่าวถึงรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกล้องตรวจจับความร้อนและเทคโนโลยีทางด้าน Image Processing โดยจะกล่าวถึงทฤษฎีความรู้พื้นฐานในการประมวลผลภาพดิจิตอล รวมถึง ทฤษฎีที่นำมาใช้กับระบบตรวจจับวัตถุ

บทที่ 3 เป็นขั้นตอนการศึกษาออกแบบและเขียนโปรแกรมเพื่อทำการตรวจจับวัตถุ2วัตถุที่เป็นมนุษย์ ขั้นตอนการทดลองใช้โปรแกรมตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่จากตัวอย่างภาพความร้อนที่นำมาจาก IEEE OTCBVS WS Series Bench Roland Miezianko และตัวอย่างภาพความร้อนที่ถ่ายจากกล้องถ่ายภาพความร้อน Flir Duo R Thermal Camera

บทที่ 4 เป็นผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง การตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นมนุษย์จากภาพความร้อนจากทั้ง 3 การทดลอง

บทที่ 5 เป็นบทสรุป ผลสรุปที่ได้จากการใช้เทคโนโลยีทางด้าน Image Processing ตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวาจากภาพความร้อน ในครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

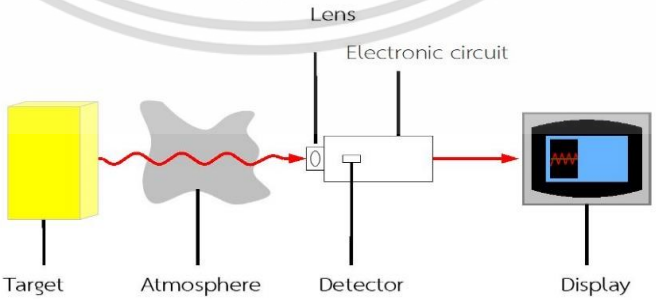
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในการตรวจจับความเคลื่อนไหวของมนุษย์จากภาพความร้อน จะใช้กล้องตรวจจับความร้อนในการถ่ายภาพเป้าหมาย กล้องตรวจจับความร้อน (Thermal Camera) ได้รับความนิยมมากในการใช้ตรวจวัดความร้อนในพื้นที่ที่ ไม่สามารถเข้าถึงได้หรือในพื้นที่ที่มีอันตราย ในการเข้าเพื่อตรวจวัด สามารถถ่ายภาพความร้อนได้ทั้งสิ่งมีชีวิตและสถานที่ แสดงผลได้รวดเร็วและใช้งานง่าย ในกล้องตรวจจับความร้อนมีเซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับความแตกต่างของอุณหภูมิได้แม้เพียงเล็กน้อย และกล้องตรวจจับความร้อนยังสามารถทำการสแกนพื้นผิวของวัตถุโดยที่ไม่มีการทำลายและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วย ดังนั้นกล้องตรวจจับความร้อน จึงสามารถตรวจจับวัตถุได้และยังแสดงออกมาเป็นภาพความร้อน (Thermal Image) ซึ่งภาพความร้อนเป็นวิธีการปรับปรุงการมองเห็นวัตถุ ในสภาพแวดล้อมที่มืดโดยการแสดงอุณหภูมิที่แตกต่างกันของวัตถุบนภาพ และในงานวิจัยฉบับนี้ยังศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีความรู้พื้นฐานในการประมวลผลภาพดิจิตอล รวมถึงทฤษฎีที่นำมาใช้กับระบบตรวจจับวัตถุ ซึ่งรายละเอียดในแต่ละทฤษฎีจะอธิบายตามหัวข้อ ดังนี้

2.2 กล้องตรวจจับความร้อน (Thermal Camera)

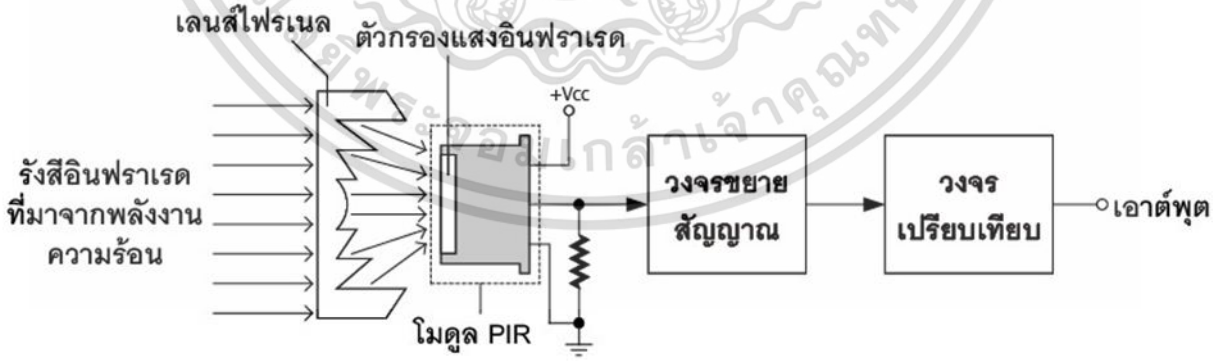
กล้องตรวจจับความร้อน ได้รับความนิยมมากยิ่งขึ้นในการใช้ตรวจวัดความร้อนในพื้นที่ที่ ไม่สามารถเข้าถึงได้หรือในพื้นที่ที่มีอันตรายในการเข้าเพื่อตรวจวัด สามารถถ่ายภาพความร้อนได้ทั้งสิ่งมีชีวิตและสถานที่ แสดงผลได้รวดเร็วและใช้งานง่าย ส่วนประกอบสำคัญของกล้องถ่ายภาพความร้อน ประกอบด้วย เลนส์ (lens) ตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรด (infrared detector) หรือเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด (Infrared sensor) วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic circuit) และส่วนแสดงผล (display)



รูปที่ 2.1 ระบบการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการแผ่รังสีอินฟราเรดของวัตถุ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานมีดังนี้ ตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรด ทำหน้าที่รับรังสีอินฟราเรด (infrared) ที่แผ่ออกจากวัตถุเป้าหมาย (target) ผ่านเลนส์ของเครื่องมือวัด (instrument) แล้วแปลงรังสีอินฟราเรดเหล่านี้ให้อยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้า โดยรังสีอินฟาเรดที่ตัวตรวจจับรับไปนั้นประกอบด้วยรังสีที่วัตถุเป้าหมายแผ่ออกมารวมกับรังสีที่แผ่จากวัตถุอื่นหรือจากสิ่งแวดล้อมสะท้อนออกจากผิวของวัตถุเป้าหมาย (ตามทฤษฎีการแผ่รังสีความร้อน: Theory of thermal radiation) จากนั้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่รับมาจากตัวตรวจจับและนำ ไปแสดงที่ตัวแสดงผล ซึ่งอาจแสดงผลออกมาในรูปแบบของตัวเลข สี หรือกราฟ หรือทั้ง 3 รูปแบบ ในกล้องตรวจจับความร้อนมีเซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับความแตกต่างของอุณหภูมิได้แม้เพียงเล็กน้อย มีอุปกรณ์รับรังสีอินฟราเรดที่สะท้อนวัตถุจากในฉากและยังสามารถสร้างภาพอิเล็กทรอนิกส์ที่มีข้อมูลพื้นฐานมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิได้อีกด้วย นั้นเพราะวัตถุที่ตรวจจับได้มีอุณหภูมิไม่เท่ากับวัตถุหรือสภาพแวดล้อมรอบๆ สิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นมนุษย์หรือสัตว์เลือดอุ่นในภาวะที่ยังมีชีวิตอยู่ จะมีการกระจายพลังงานความร้อนออกมาจากตัวเองในรูปของการแผ่รังสีอินฟราเรดอยู่ตลอดเวลา โดยจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพของร่างกายในขณะนั้น เมื่อมีการเคลื่อนไหวปริมาณของการแผ่รังสีก็จะเปลี่ยนแปลง รังสีอินฟราเรดจากมนุษย์หรือสัตว์เลือดอุ่นที่มีระดับความเข้มสูงสุดจะมีความยาวคลื่นประมาณ 9.4 ไมโครเมตร ตัวตรวจจับความเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตหรือที่เรียกว่า โมชั่นเซนเซอร์ (motion sensor) ที่ได้รับความนิยมและใช้งานง่ายคือ ตัวตรวจจับแบบอินฟราเรด ซึ่งใช้หลักการตรวจจับที่เรียกว่า ไพโรอิเล็กตริก (pyro-electric) อันเป็นการตรวจจับการแผ่รังสีอินฟราเรด หากระดับการแผ่รังสีไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าสิ่งมีชีวิตที่ต้องการตรวจจับนั้นไม่มีการเคลื่อนไหว แต่ถ้ามีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นจะ เรียกตัวตรวจจับแบบนี้ว่า PIR (Passive Infrared sensor) [2]



รูปที่ 2.2 ไดอะแกรมการทำงานของตัวตรวจจับการแผ่รังสีอินฟราเรดซึ่งใช้ตรวจจับความเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.2 เป็นไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานพื้นฐานของตัวตรวจจับพลังงานความร้อนจากมนุษย์หรือสัตว์เลือดอุ่น เมื่อเกิดการเคลื่อนไหวทำให้เกิดการแผ่รังสีอินฟราเรดขึ้น รังสีจะถูกรวมหรือโฟกัสไปยังตัวตรวจจับหลักโดยใช้เลนส์แบบพิเศษที่เรียกว่า เลนส์ไฟรเนลหรือเฟรสนัล (Fresnel lens) จากนั้นตัวตรวจจับหลักจะทำการขยายสัญญาณแล้วส่งไปยังวงจรเปรียบเทียบเพื่อสร้างสัญญาณเอาต์พุตต่อไป

รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานของโมดูล PIR เมื่อนำมาใช้ในการตรวจจับความเคลื่อนไหว

ในรูปที่ 2.3 แสดงสถานการณ์ที่แหล่งกำเนิดรังสีอินฟราเรด (อาจเป็นมนุษย์หรือสัตว์เลือดอุ่น) เกิดการเคลื่อนไหวภายในระยะทำการของตัวตรวจจับ จะทำให้โมดูลตรวจจับ PIR ตรวจจับพบการแผ่รังสีอินฟราเรดที่แตกต่างกัน จึงให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นลอจิกสูง (high) อยู่ชั่วขณะเมื่อตรวจจับพบการเคลื่อนไหว จากนั้นกลับมาเป็นลอจิกต่ำ (low) จนกว่าจะตรวจจับพบการเปลี่ยนแปลงของระดับรังสีอินฟราเรดอีกครั้ง ระดับของการแผ่รังสีอินฟราเรดจะเปลี่ยนแปลงการแสดงผลภาพแถบสีที่วัตถุที่ร้อนกว่าจะแสดงสีสว่างและวัตถุที่เย็นกว่าจะแสดงสีที่มืดกว่า พลังงานรังสีอินฟาเรดสร้างมาจากการสั่นสะเทือนของอะตอมและโมเลกุล และยังมีพฤติกรรมคล้ายกับแสงสว่างที่มองเห็น ซึ่งสามารถสะท้อน, หักเห, ดูดซับ และเปล่งแสง ยิ่งโมเลกุลเหล่านี้มีการเคลื่อนไหวมากก็จะทำให้อุณหภูมิของวัตถุสูงขึ้น และกล้องเทอร์มอลยังสามารถทำการสแกนพื้นผิวของวัตถุโดยที่ไม่มีการทำลายและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วย ดังนั้นกล้องเทอร์มอลหรือกล้องตรวจจับความร้อนจึงสามารถตรวจจับวัตถุได้และยังแสดงออกมาเป็นภาพเทอร์มอล (Thermal Image) หรือภาพถ่ายความร้อน ซึ่งภาพถ่ายความร้อนเป็นวิธีการปรับปรุงการมองเห็นวัตถุในสภาพแวดล้อมที่มืดโดยการแสดงอุณหภูมิที่แตกต่างกันของวัตถุบนภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการประมวลผลและวิเคราะห์ภาพดิจิตอล (Digital Image Processing & Analysis Fundamental)

การประมวลผลภาพดิจิตอล คือ การแปลงข้อมูลภาพจากสัญญาณออนาลอกให้มาอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลเป็นการสร้างการมองเห็นให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สามารถนำภาพเหล่านั้นไปใช้ในการประมวลผลผ่านระบบคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งปัจจุบันมีการนำเอาการประมวลผลภาพดิจิตอลมาประยุกต์ใช้ในการทำงานหลายแขนง เช่น ใช้การประมวลผลภาพเพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้การประมวลผลภาพเพื่อช่วยแพทย์ในการวินิจฉัยโรค และ ใช้การประมวลผลภาพเพื่อหาคุณลักษณะที่นำไปใช้เปรียบเทียบในระบบฐานข้อมูล เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การประมวลผลภาพมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นในการช่วยดำเนินการกับรูปภาพเพื่อให้ข้อมูลภาพนั้นๆ อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมและมีคุณภาพดีเพียงพอที่จะนำไปใช้งานในรูปแบบต่างๆ ได้ ซึ่งการประมวลผลภาพดิจิตอลมีรายละเอียดและขั้นตอนที่สำคัญดังต่อไปนี้

2.3.1 การรับภาพและการได้มาของภาพ (Image Sensing and Acquisition)

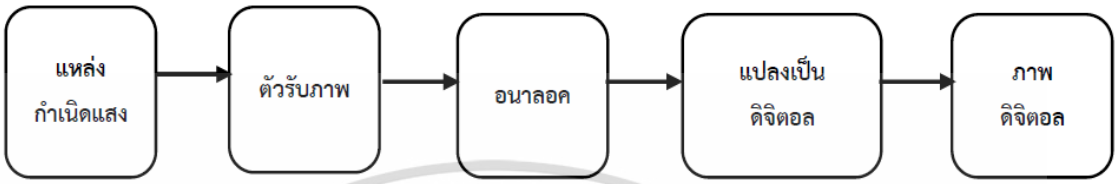
ข้อมูลภาพโดยทั่วไปจะได้มาจากการที่แสงตกกระทบกับวัตถุและสภาพแวดล้อมแล้วเกิดการสะท้อนผ่านเลนส์เข้าสู่ตัวบันทึกภาพ ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของตัวตรวจจับ (Sensor) โดยแสงที่ผ่านเข้ามานั้นก็คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน สามารถนาไปใช้สร้างภาพได้ แต่การจะรับภาพเหล่านั้นได้ จำเป็นที่จะต้องมีตัวตรวจจับที่เหมาะสมเพื่อตรวจรับสัญญาณตอบสนอง (Image Sensing) ที่ได้รับมาและแปลงให้เป็นภาพสองมิติหรือที่เรียกว่า เทคนิคการได้มาของภาพ (Image Acquisition) รูปแบบของภาพที่เราสนใจนั้นเป็นส่วนผสมระหว่างแหล่งกำเนิดความเข้มแสงและการสะท้อนหรือดูดซับพลังงานจากแหล่งกำเนิดพลังงานของสสารที่อยู่ในสถานที่ที่ต้องการถ่ายภาพนั้น การถ่ายภาพสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ภาพแพสซีฟ (Passive Image) ซึ่งเป็นภาพที่ได้จากการใช้แหล่งพลังงานที่มีอยู่ในสถานที่นั้น ส่วนภาพแอ็คทีป (Active Image) เป็นภาพที่ได้จากการใช้แหล่งพลังงานเสมือน ซึ่งคุณภาพของภาพแพสซีฟจะขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของพลังงาน ส่วนคุณภาพของภาพแอ็กทีฟจะขึ้นอยู่กับความซับซ้อนและค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการได้มาของภาพ เนื่องจากจำเป็นต้องมีการควบคุมการแผ่รังสีของแหล่งพลังงานนอกเหนือไปจากการใช้อุปกรณ์ในการถ่ายภาพ [3]

การรับภาพเป็นการนำเข้าภาพจากตัวตรวจจับ และแปลงสัญญาณภาพให้เป็นภาพดิจิตอล โดยจะมีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) สัญญาณภาพที่ได้รับ จากนั้นนำค่าที่ได้แต่ละพิกเซล (Pixel) มาจัดระดับข้อมูล (Quantize) เพื่อแปลงค่าจำนวนจริงที่เป็นค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างให้เป็นค่าจำนวนเต็ม ซึ่งจำนวนเต็มนี้จะถูกนำมาแปลงเป็นเลขฐานสองด้วยขั้นตอนการแทนเลขไบนารี (Binary Representation) โดยที่ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างและจัดระดับข้อมูลนี้จะต้องมีการดำเนินการในลักษณะที่ลดความผิดเพี้ยนที่เกิดจากตัวตรวจจับเพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณภาพ

การได้มาของภาพแต่ละภาพอาจมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับภาพ วิธีการที่ใช้ในการรับภาพ ตลอดจนลักษณะของการนำเอาภาพนั้นๆไปใช้งาน เมื่อต้องการจะนำภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆเข้ามาสู่ระบบคอมพิวเตอร์ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำให้คอมพิวเตอร์รู้จักกับภาพนั้นๆ โดยการแปลงรูปแบบของภาพให้ตรงกับที่ระบบคอมพิวเตอร์ต้องการ การประมวลผลของคอมพิวเตอร์ย่อมให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันหากภาพที่ได้รับมาจากอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับภาพนั้นจะต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายด้าน เช่น คุณภาพของภาพที่ได้ ต้นทุนในการใช้อุปกรณ์ เป็นต้น ซึ่งขั้นตอนการได้มาของภาพดิจิตอลสามารถแสดงดังรูปที่ 2.4

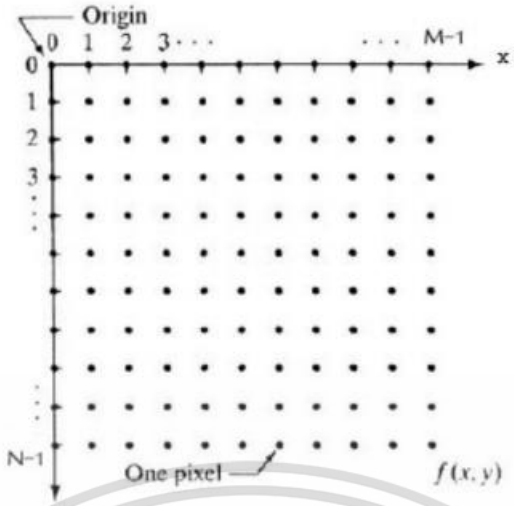


รูปที่ 2.4 แสดงขั้นตอนการได้มาของภาพดิจิตอล

2.3.2 เม็ดสี (Pixel)

พิกเซล (Pixel) คือ ความเข้มแสงที่รวมกันทำให้เกิดเป็นภาพ ภาพหนึ่งๆจะประกอบไปด้วยพิกเซลมากมาย ซึ่งภาพแต่ละภาพที่สร้างขึ้นจะมีความหนาแน่นของพิกเซลเหล่านี้แตกต่างกันออกไป ความหนาแน่นนี้เป็นตัวบอกถึงความละเอียด (Resolution) ของภาพ ซึ่งมีหน่วยเป็น ppi (Pixel Per Inch) คือจำนวนพิกเซลต่อนิ้ว ซึ่งโดยทั่วไปถือว่าภาพที่มีความละเอียดสูงหรือคุณภาพดีจะมีความละเอียด 300 x 300 ppi ขึ้นไป ค่า ppi ยิ่งสูงขึ้น ภาพก็จะมีความละเอียดและคมชัดมากขึ้น ซึ่งโดยในแต่พิกเซลจะมีค่าตัวเลขกำกับ ตัวเลขเหล่านั้นมาจากค่าแม่สี3สีได้แก่ สีแดง (R) สีเขียว (G) และสีน้ำเงิน (B) ใช้บอกความเข้มของแต่ละเฉดสี หากมีPixel หลายๆจุดมาต่อกันจะกลายเป็นภาพซึ่งมีขนาด จำนวนPixel ด้านกว้าง x จำนวนPixel ด้านยาว เช่น รูปภาพขนาด 1280 x 720 Pixels หมายความว่า รูปภาพนี้กว้าง 1280 Pixels และ ยาว 720 Pixels เป็นต้น N = จำนวนพิกเซลที่มากที่สุดในแกน Y , M = จำนวนพิกเซลที่มากที่สุดในแกน X ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

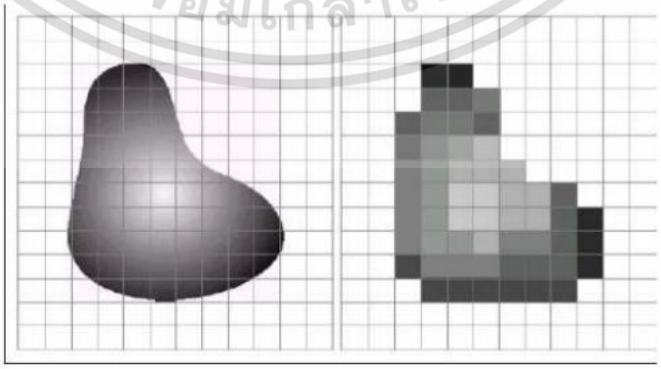


รูปที่ 2.5 ตำแหน่งของพิกเซล

2.3.3 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing)

1. การแทนภาพด้วยภาพแบบดิจิตอล ภาพแบบดิจิตอล (Digital Image) เป็นภาพที่ถูกแปลงมาจากอนาลอก ให้อยู่ในรูปของตัวเลขโดยภาพอนาลอกถูกแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลียมเล็กๆ ที่เรียกว่าพิกเซล ในแต่ละพิกเซลจะถูกระบุตำแหน่งด้วยคู่โคออติเนต x,y และค่าระดับความเข้มของแสงของพิกเซลนั้นๆ โดยเราสามารถแปลงภาพเป็นแบบดิจิตอลโดยมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

เมื่อเรานำสัญญาณอนาลอกที่ต้องการประมวลผลผ่านส่วนที่เรียกว่าดิจิไทเซอร์ (Digitizer) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล จากนั้นทำการควอนไตซ์ (Quantizing) เพื่อแปลงค่าความเข้มของแสงให้เป็นตัวเลข ฟังก์ชั่นของภาพ f(x,y) จะถูกทำให้เป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่องทั้งระนาบของภาพซึ่งเรียกว่า การสุ่มภาพ (Image Sampling) ของฟังก์ชั่นที่ได้เรียกว่า การควอนไตซ์ ระดับความเข้มของแสง (Greasy Level Quantization) ก็จะได้ข้อมูลที่เป็นดิจิตอลดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การทา Sampling และ Quantization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลักษณะการจัดเก็บมูลภาพแบบดิจิตอล

โดยทั่วไปแล้วภาพจะมีความเข้มตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป แต่ที่นิยมใช้กันมาก คือ ค่าระดับความเข้มของพิกเซลที่เท่ากับ 256 ระดับ ซึ่งจะทำให้ค่าของพิกเซลอยู่ในช่วง (0-255) โดยใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลขนาด 1 ไบต์หรือ 8 บิต สาหรับข้อมูล 1 พิกเซล (256) ในกรณีที่ต้องการภาพที่มีความเข้มสูงอาจจะต้องการจำนวนบิตสำหรับการเก็บข้อมูลมากกว่า 8 บิต คืออาจจะเป็น 16หรือ 24 บิต โดยจะแยกความแตกต่างของภาพแต่ละประเภทให้เห็นอย่างชัดเจนได้ดังนี้

2.1 ภาพ 2 ระดับ คือ มีพิกเซลสีขาวกับสีดำเท่านั้น โดยแต่ละพิกเซลจะมีขนาดของข้อมูลเท่ากับ 1 บิต

2.2 ภาพ 16 ระดับ คือ ในแต่ละพิกเซลจะมีขนาดของข้อมูล 4 บิต ซึ่งสามารถแสดงภาพได้ความเข้มถึง 256 ระดับ

2.3 ภาพ 256 ระดับ คือ ในแต่ละพิกเซลจะมีขนาดของข้อมูล 8 บิต ซึ่งทำให้สามารถแสดงภาพได้ความเข้มถึง 256 ระดับ

2.4 ภาพทรูคัลเลอร์ (True Color) คือในแต่ละพิกเซลจะมีขนาดของข้อมูล 24 บิตทำให้สามารถแสดงภาพออกมาได้เฉพาะภาพสีเท่านั้น ไม่สามารถแสงดเป็นภาพขาวดำได้

โดยทั่วไปวิธีการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้วัตถุในภาพได้นั้นแบ่งออกได้เป็นสองระดับด้วยกันคือ การประมาณผลภาพในระดับต่ำ (Low-Level Image) และการประมวลผลภาพในระดับสูง (High-Level Image Processing) การประมาณผลภาพในระดับต่ำจะเป็นการประมวลผลเชิงตัวเลขเกือบทั้งหมด เพื่อหาตัวแปรต่าง ๆ มาอธิบายข้อมูลภาพ โดยมีจุดประสงค์ที่จะนำตัวแปรเหล่านั้นไปใช้ในการประมวลผลภาพระดับสูงต่อไปโดยทั่วไปแล้วการประมวลผลภาพระดับต่ำจะประกอบด้วย การประมวลผลภาพก่อน (Preprocessing) เช่น การกำจัดสัญญาณรบกวน หรือการทำให้ภาพคมชัดเป็นต้น

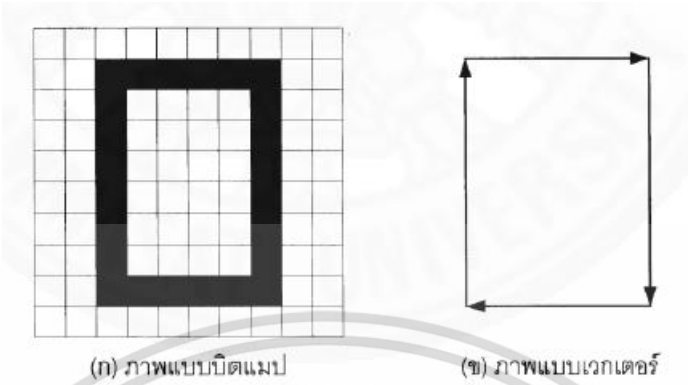
การประมวลผลระดับสูงเป็นการนำผลลัพธ์ หรือสัญลักษณ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพระดับต่ำมาตีความหรือประมวลเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักและเข้าใจภาพได้ สำหรับความแตกต่างของการประมวลผลภาพ ทั้ง 2 ประเภทนั้นคือ การประมวลผลภาพระดับต่ำจะใช้ค่าความสว่างของจุดภาพ (พิกเซล) ส่วนการประมาภาพระดับสูงนั้นข้อมูลภาพที่นำมาประมวลผลจะถูกแสดงในรูปสัญลักษณ์ ซึ่งสัญลักษณ์เหล่านี้จะแสดงถึงสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในภาพเช่น ขนาดของวัตถุรูปร่างและความสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุภาพ

2.3.4 รูปภาพดิจิตอล (Digital Images)

ภาพที่มนุษย์มองเห็นได้ทั่วไปนั้นเกิดจากการที่แสงตกกระทบกับวัตถุแล้วเกิดการสะท้อนผ่านเลนส์บนดวงตาของมนุษย์เข้าสู่การแปลงและประมวลผลภาพในกลไกทางสมองของมนุษย์ ภาพดิจิตอลถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยมนุษย์ในการบันทึกจดจำเรื่องราว จากสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในรูปแบบของสื่อทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น รูปถ่าย สิ่งพิมพ์ และพิมพ์เขียว เป็นต้น ภาพที่ใช้งานบนเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์โดยทั่วไปสามารถแบ่งรูปแบบตามการใช้งานได้สองประเภท คือ รูปภาพแบบบิตแมป (Bitmap Image) และรูปภาพแบบเวกเตอร์ (Vector Image) ดังรูปที่ 2.7 [7]



รูปที่ 2.7 ภาพแบบบิตแมปและภาพแบบเวกเตอร์

1. ภาพบิตแมป (Bitmap Image)

ภาพบิตแมปเป็นภาพที่เกิดขึ้นมาจากการประกอบกันของจุดภาพขนาดเล็กหรือจะเรียกว่าภาพที่เกิดจากพิกเซล (Pixel) จำนวนมากที่เรียงต่อกันจนเกิดเป็นภาพภาพหนึ่งเพื่อให้เห็นภาพชัดเจน ให้นึกถึงการสร้างภาพบนตารางสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก โดยทำการแต้มสีลงไปในช่องสีเหลี่ยมแต่ละช่องเพื่อให้เกิดภาพที่สมบูรณ์ที่มีขนาดใหญ่ ภาพบิตแมปนี้จะมีจำนวนจุดขนาดเล็กบนภาพเป็นจำนวนมาก ดวงตาของมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นและแยกแยะรายละเอียดย่อยของจุดภาพเหล่านี้ได้ เมื่อขยายภาพก็จะทำให้มนุษย์สามารถมองเห็นรายละเอียดของจุดภาพนั้นได้ แต่มนุษย์ก็ไม่สามารถตอบได้ว่าภาพนั้นเป็นภาพของอะไร ดังภาพที่ 2.8 (ข) ภาพแบบบิตแมปนิยมใช้กันมากในภาพถ่ายหรือภาพวาด เนื่องจากภาพในลักษณะนี้สามารถไล่โทนสีของแสงและเงาได้เหมือนจริงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 ภาพขยายแบบบิตแมปเมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับ

2. ภาพแบบเวกเตอร์ (Vector Image)

ภาพแบบเวกเตอร์จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกับภาพแบบบิตแมป คือ ภาพลักษณะนี้ไม่ว่าจะทำการขยายภาพให้ใหญ่ขนาดเท่าใดก็ตาม ภาพจะยังคงรายละเอียดและความคมชัดไว้เหมือนอย่างเดิม ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือผิดเพี้ยนไปจากภาพต้นฉบับ เนื่องจากภาพแบบเวกเตอร์นั้นจะประกอบไปด้วย เส้นโค้ง เส้นตรง และรูปทรงที่แตกต่าง ภาพที่ได้จะเกิดขึ้นมาจากการใช้คำสั่งที่บอกถึงลักษณะของภาพในรูปทรงเลขาคณิตด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ จุดเด่นของแบบภาพเวกเตอร์ คือ ไม่ว่าจะทำการขยายภาพให้มีขนาดใหญ่เท่าไรก็ตาม คอมพิวเตอร์สามารถคำนวณค่าให้ได้ใหม่ทุกครั้ง ดังรูปที่ 2.9 (ค) ภาพลักษณะนี้จึงเหมาะกับงานในการออกแบบโลโก้ การสร้างภาพสามมิติ เป็นต้น

รูปที่ 2.9 ภาพขยายแบบเวกเตอร์เมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับ

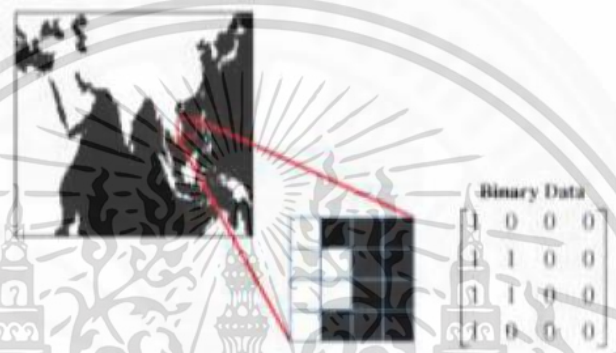
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 ประเภทของภาพดิจิตอล

ภาพดิจิตอล เป็นฟังก์ชันของข้อมูล 2 มิติ ซึ่งมีการอ้างอิงค่าตามตำแหน่งของพิกเซล โดยค่าที่อ้างอิงในแต่ละตำแหน่งของพิกเซลส่วนใหญ่อยู่ในรูปของค่าความเข้มแสงและสี ซึ่งค่าของพิกเซลนี้สามารถแทนได้ในหลายรูปแบบตามประเภทของภาพ ดังต่อไปนี้

1. ภาพแบบไบนารี หรือภาพขาวดำ (Binary Image)

เป็นภาพที่ใช้เนื้อที่เพียง 1 บิต ต่อพิกเซล ซึ่งจะประกอบไปด้วยค่าสีทั้งหมด 2 ค่า ได้แก่ 1 และ 0 โดยที่ 1 หมายถึง จุดภาพสีขาว และ 0 หมายถึง จุดภาพสีดำ มักเป็นภาพที่เกี่ยวกับตัวอักษรหรือภาพลายนิ้วมือ ดังแสดงในรูปที่ 2.10

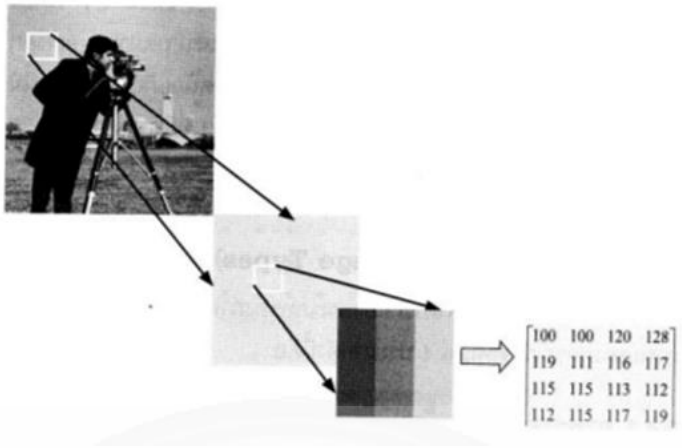


รูปที่ 2.10 แสดงค่าพิกเซลของภาพดิจิตอลแบบภาพไบนารี

2. ภาพระดับความเข้มแสงเทาหรือภาพระดับเทา (Intensity Image or Gray Scale Image)

ภาพลักษณะนี้ ในแต่ละพิกเซลจะมีค่าความเข้มของแสงในระดับที่แตกต่างกันออกไป โดยจะแบ่งระดับความเข้มของแสงตั้งแต่ระดับสีเทาไปยังระดับสีขาว ภาพระดับสีเทาจะมีค่าความเข้มเท่ากับ 8 บิต (Bit) ค่าความเข้มของแสงจึงถูกแบ่งออกเป็น 256 ระดับ เมื่อค่าความเข้มเทามีค่าเป็น 0 ให้ความหมายว่าจุดภาพนั้นมีความเข้มของแสงต่ำ จุดภาพจะเป็นสีดำในทางกลับกัน หากค่าระดับความเข้มเทามีค่าเป็น 1 หมายความว่าจุดภาพนั้นมีความเข้มของแสงสูง จุดภาพที่ได้จะเป็นสีขาว ซึ่งแสงสีขาวจะถูกแทนด้วยค่าความเข้มเท่ากับ 255 (11111111) และสีดำจะถูกแทนค่าความเข้มเท่ากับ 0 (00000000) ส่วนค่าความเข้มแสงระหว่างจุดภาพสีดำกับจุดภาพสีขาวจะมีเฉดสีไล่จาก 0 – 255 ตัวอย่างภาพระดับความเข้มเทาดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ภาพระดับความเข้มเทา

3. ภาพสี (Color Image)

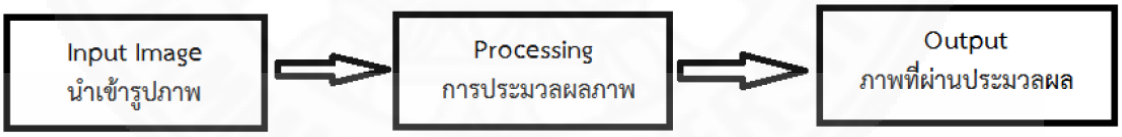
ภาพสี เป็นภาพที่ใช้ระดับความเข้มเทาของแต่ละแถบแสงของแม่สีหลักทั้ง 3 สีที่ซ้อนกันอยู่ ประกอบไปด้วย แสงสีแดง (Red) แสงสีเขียว (Green) และแสงสีน้ำเงิน (Blue) ซึ่งในแต่ละพิกเซลนั้น จะแสดงผลของค่าสีแต่ละพิกเซลตามระดับความเข้มในแต่ละแถบแสงสีนั้น ดังภาพที่ 2.12 พิจารณาจุดภาพบนมุมซ้ายสุดของภาพที่ขยาย จะพบว่าระดับความเข้มของแถบ แสงสีแดง สีน้ำเงิน และสีเขียว จะมีค่าเท่ากับ 99, 65 และ 10 ตามลาดับ

รูปที่ 2.12 ภาพสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 การประมวลผลและวิเคราะห์ภาพ (Image Processing and Analysis)

การประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง การกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งกับภาพต้นฉบับ (Input Image) ให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่ต้องการ (Output Image) เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์และประมวลผลหาสิ่งที่ต้องการในลำดับถัดไป ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ขั้นตอนในการประมวลผลภาพ

โดยมีขั้นตอนที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น (Contrast Stretching) การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ (Noise Filtering) การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ (Segmentation) เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพ จากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ เช่น ระบบรู้จำลายนิ้วมือเพื่อตรวจสอบว่าภาพลายนิ้วมือที่มีอยู่นั้นเป็นของผู้ใด ระบบตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ระบบคัดแยกเกรดหรือคุณภาพของพืชผลทางการเกษตรระบบอ่านรหัสไปรษณีย์อัตโนมัติ เพื่อคัดแยกปลายทางของจดหมายที่มีจำนวนมากในแต่ละวันโดยใช้ภาพถ่ายของรหัสไปรษณีย์ที่อยู่บนซอง จะเห็นได้ว่าระบบเหล่านี้จำเป็นต้องมีการประมวลผลภาพจำนวนมากและเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำกันในรูปแบบเดิมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งงานในลักษณะเหล่านี้ หากให้มนุษย์วิเคราะห์เอง มักต้องใช้เวลามากและใช้แรงงานสูง อีกทั้งหากจำเป็นต้องวิเคราะห์ภาพเป็นจำนวนมากผู้วิเคราะห์ภาพเองอาจเกิดอาการล้า ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เหล่านี้แทนมนุษย์ อีกทั้ง เป็นที่ทราบโดยทั่วกันว่า คอมพิวเตอร์มีความสามารถในการคำนวณและประมวลผลข้อมูลจำนวนมหาศาลได้ในเวลาอันสั้น จึงมีประโยชน์อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลภาพและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากภาพในระบบดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7 พื้นฐานทฤษฎีทางด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์

กระบวนการคอมพิวเตอร์วิทัศน์เป็นศาสตร์ในการสอนให้ระบบคอมพิวเตอร์รู้จักและเข้าใจ รวมทั้งสามารถรู้จำหรือแยกแยะวัตถุในภาพที่เราสนใจ โดยมีขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 2.14 [3]

รูปที่ 2.14 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพของกระบวนการทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์

2.3.7.1 การตรวจจับวัตถุในภาพ (Object Detection)

การตรวจจับวัตถุ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการแบ่งแยกสี (Color Segmentation) และขั้นตอนการนับจำนวนองค์ประกอบ ในรูปภาพ (Connected Component Counting) ดังนี้

1. การแบ่งแยกสี (Color Segmentation)

เนื่องจากวัตถุในภาพที่เราสนใจมีสีที่แตกต่างกันและอาจแตกต่างจากพื้นหลังอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงสามารถนำสีของวัตถุมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกวัตถุได้ แต่การแบ่งแยกสีจะต้องคำนึงถึงปริภูมิสีว่ามีความเหมาะสมสำหรับใช้แบ่งแยกสีหรือไม่

2. การนับจำนวนองค์ประกอบ (Connected Component Counting)

หลังจากที่ได้ภาพขาวดำจากกระบวนการแบ่งแยกสีแล้ว กระบวนการต่อไป คือ การนับจำนวนองค์ประกอบภายในภาพเดียวกัน การหาจำนวนองค์ประกอบทำได้โดยการวาดจุดภาพทุกจุดลงบนภาพ จากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง เมื่อเจอจุดสีขาว ก็จะพิจารณาจุดภาพรอบๆ จุดนั้น ทั้ง 4 ทิศว่าจุดภาพทิศใดบ้างที่มีสีขาว ถ้าจุดภาพในทิศใดมีสีขาวก็จะทำการแผ่ขยายไปต่อในทิศทางนั้น ทำเช่นนี้จนกระทั่งไม่สามารถแผ่ขยายไปได้อีก (เมื่อจุดภาพทั้ง 4 ทิศเป็นสีดำทั้งหมด) จะทำให้ทราบองค์ประกอบของรูปภาพว่ามีจุดภาพใดบ้างและมีจำนวนจุดภาพกี่จุด ข้อมูลเหล่านี้ทำให้สามารถหาตำแหน่งจุดศูนย์กลาง ขนาด และมิติขององค์ประกอบนั้นได้ รูปที่2.15 แสดงจำนวนองค์ประกอบในรูปภาพ โดยที่จุดภาพสีเดียวกันจะอยู่ในองค์ประกอบเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	1	0
0	0	1	0	1	1	1	0
0	0	1	0	1	1	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 2.15 ภาพขนาด 8x8 pixel ที่มี 2 องค์ประกอบ

ข้อมูลของแต่ละองค์ประกอบจะถูกเก็บอยู่ในแถวลำดับความสำคัญ (Priority Queue) ซึ่งจัดลำดับความสำคัญตามขนาดขององค์ประกอบ กล่าวคือ ข้อมูลที่จะถูกดึงออกมาจากแถวลำดับก่อนจะเป็นข้อมูลขององค์ประกอบที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ที่ทำเช่นนี้เพราะองค์ประกอบที่ใหญ่ที่สุด มีแนวโน้มที่จะเป็นวัตถุที่ ต้องการมากที่สุด และสำหรับองค์ประกอบที่มีขนาดเล็กเกินไป ก็จะไม่ถูกเก็บเข้าแถวลำดับ เพราะมีแนวโน้มสูงมากที่จะเป็นสิ่งรบกวนจากภายนอก

2.4 การสกัดคุณลักษณะเฉพาะ (Feature Extraction)

2.4.1 Global Feature

เป็นการดึงคุณลักษณะที่สำคัญที่ปรากฏอยู่ในภาพออกมา และเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญที่จะนำไปใช้ในการแบ่งประเภทของวัตถุ ซึ่งจะสามารถแบ่งคุณลักษณะของภาพที่เห็น (Visual Features) ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ คุณลักษณะเกี่ยวกับสี (Color-based features) คุณลักษณะเกี่ยวกับรูปร่าง (Shape-based features) และคุณลักษณะเกี่ยวกับพื้นผิว (Texture based features) ดังจะกล่าวถึงต่อไปนี้

(1) คุณลักษณะเกี่ยวกับสี (Color-based features)

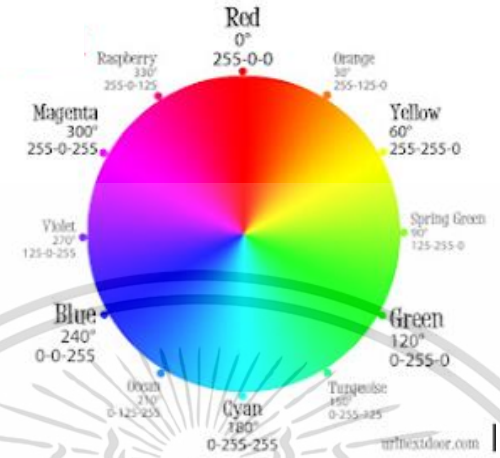
สีเป็นเป็นคุณลักษณะพื้นฐานที่สำคัญของภาพ สามารถใช้ในการอ้างอิง และสามารถใช้ในการจำแนกภาพต่างๆได้ โดยสีที่แตกต่างกันย่อมให้ผลลัพธ์ของการดึงคุณลักษณะในภาพที่แตกต่างกันด้วย ในการประมวลผลภาพ มีการใช้แบบจำลองสี (color models) หลากหลายรูปแบบซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้ในงานต่างๆกัน โมเดลสีที่เป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ RGB , CMYK , HSB และ Lab มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ [9]

- แบบจำลองสี RGB (RGB model)

เป็นระบบสีที่ประกอบด้วยแม่สี 3 สี ได้แก่ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) สีน้ำเงิน (Blue) ในสัดส่วนความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาผสมกันทำให้เกิดเป็นสีต่างๆบนจอคอมพิวเตอร์ได้มากถึง 16.7 ล้านสี ซึ่งใกล้เคียงกับสีที่ตามนุษย์มองเห็นได้โดยปกติ และจุดที่สีทั้งสามสีรวมกันจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลายเป็นสีขาว นิยมเรียกการผสมสีแบบนี้ว่า “Additive” หรือการผสมสีแบบบวกแสงสี RGB มักจะถูกใช้สำหรับการส่องสว่างทั้งบนจอทีวีและจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งสร้างจากการให้กำเนิดแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ทำให้สีดูสว่างกว่าความเป็นจริง ดังแสดงในรูปที่ 2.16 [3]



รูปที่ 2.16 ภาพแสดงแบบจำลองสีแบบ RGB

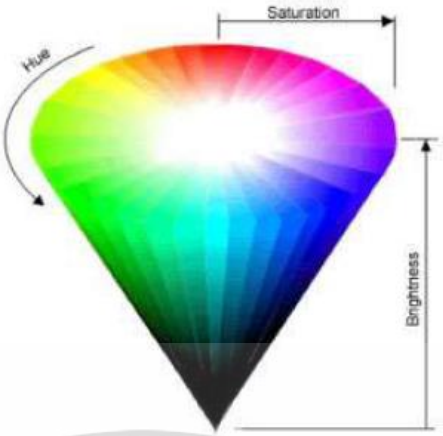
- แบบจำลองสี CMYK

เป็นระบบสีที่ตรงกันข้ามกับสีในระบบ RGB ประกอบด้วยสีพื้นฐาน 3 สี คือ สีฟ้า (Cyan) สีม่วงแดง (Magenta) สีเหลือง (Yellow) และเมื่อนำสีทั้ง 3 สี มาผสมกันก็จะเกิดเป็น สีดำ (Black) โดยเรียกการผสมสีทั้ง 3 ข้างต้นว่า “ Subtractive color ” หรือการผสมสีแบบลบ หลักการเกิดสีของระบบนี้คือ หมึกสีหนึ่งจะดูดกลืนสีจากสีหนึ่งแล้วสะท้อนกลับออกมาเป็นสีต่างๆ เช่น สีฟ้าดูดกลืนสีม่วงแล้วสะท้อนออกมาเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งจะสังเกตได้ว่าสีที่สะท้อนออกมาจะเป็นสีหลักของระบบ RGB

- แบบจำลองสี HSB (HSB model)

เป็นระบบสีพื้นฐานในการมองเห็นด้วยสาตาของมนุษย์ ประกอบด้วยลักษณะของสี 3 ลักษณะ คือ Hue , Saturation และ Brightness ซึ่ง Huge คือสีที่สะท้อนจากวัตถุเข้ามายังตาเราทำให้เราสามารถมองเห็นวัตถุเป็นสีต่างๆได้ Hue ถูกวัดโดยตำแหน่งการแสดงสีบนStandard color wheel ซึ่งถูกแทนด้วย 0 ถึง 360 องศา ,Saturation คือความสดของสี โดยค่าความสดของสีจะเริ่มที่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนด Saturation ที่ 0 สีจะมีความสดน้อย แต่ถ้ากำหนดที่100 สีจะมีความสดมาก และ Brightness คือระดับความสว่างและความมืดของสี โดยค่าความสว่างของสีจะเริ่มที่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดที่ 0 ความสว่างจะน้อย แต่ถ้ากำหนดที่ 100 สีจะมีความสว่างมากที่สุดดังแสดงในรูปที่ 2.17 [3]

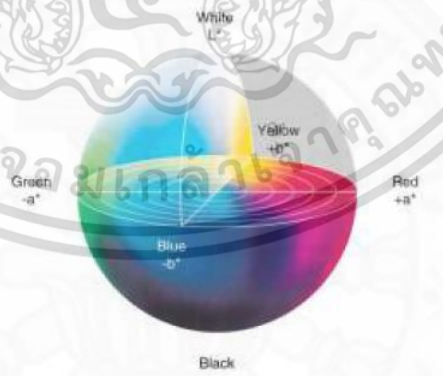
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 ภาพแสดงแบบจำลองสีแบบ HSB

- แบบจำลองสี LAB (LAB model)

ระบบสีแบบ Lab เป็นค่าสีที่ถูกกำหนดขึ้นโดย CIE (Commission International Eclairage) เพื่อให้เป็นสีมาตรฐานกลางของการวัดสีทุกรูปแบบ ครอบคลุมทุกสีใน RGB และ CMYK และใช้ได้กับสีที่เกิดจากอุปกรณ์ทุกอย่างไม่ว่าจะเป็นจอคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์เครื่องสแกน และอื่นๆ ส่วนประกอบของสีระบบนี้ ได้แก่ L หรือ Luminance เป็นการกำหนดความสว่างซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดที่ 0 จะกลายเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดที่ 100 จะกลายเป็นสีขาว, A เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีเขียวไปสีแดง และ B เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีน้ำเงินไปสีเหลือง ดังแสดงในรูปที่ 2.18 [3]



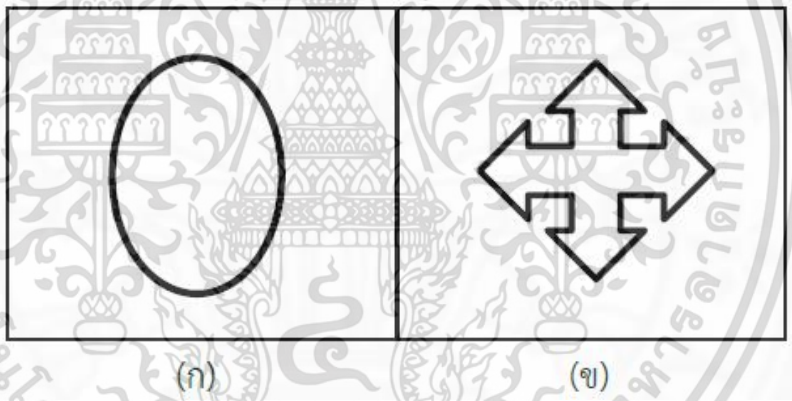
รูปที่ 2.18 ภาพแสดงแบบจำลองสีแบบ LAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) คุณลักษณะเกี่ยวกับรูปร่าง (Shape-based features)

ลักษณะของรูปร่างเป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงรูปร่างโดยทั่วไป ซึ่งสามารถใช้ในการแสดงถึงลักษณะเฉพาะของวัตถุได้ โดยมีการใช้คุณลักษณะนี้กันอย่างกว้างขวางในงานทางด้านการดึงข้อมูลภาพ (Region-based Image Retrieval :RBIR) การหาคุณลักษณะเกี่ยวกับรูปร่างสามารถทำได้สองแนวทางใหญ่ๆ ได้แก่ (1) การหาคุณลักษณะเกี่ยวกับขอบของวัตถุที่สนใจ (Boundary-based features หรือ Contour-based features) และ (2) การหาคุณลักษณะเกี่ยวกับพื้นที่ในวัตถุ (Region-based features) เพื่อให้ได้รูปร่างออกมาจากทั้งภาพ การดึงคุณลักษณะเกี่ยวกับรูปร่างนี้มักทำหลังจากที่มีการแบ่งส่วนของภาพอย่างมีความหมายแล้ว เพื่อสามารถแสดงสัดส่วนได้อย่างชัดเจน ซึ่งตัวอย่างค่าที่แสดงคุณลักษณะรูปร่างมีดังต่อไปนี้

- ค่าความกะทัดรัด (Compactness) เป็นค่าที่แสดงถึงสัดส่วนโดยรวมว่ามีลักษณะรูปทรงกระจัดกระจายมากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างเส้นรอบรูปและพื้นที่ เพื่อหาความกะทัดรัดของวัตถุ ถ้าส่วนของวัตถุที่สนใจมีลักษณะกลม ค่าที่ได้จะมีค่ามากกว่าวัตถุที่มีลักษณะกระจัดกระจายดังแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 (ก) ลักษณะรูปร่างที่มีความกะทัดรัดมาก (ข) ลักษณะรูปร่างที่มีความกะทัดรัดน้อย

- ค่าเอกซ์เซ็นทริซิตี้ (Eccentricity) จะแทนค่าพื้นที่ของวัตถุที่สนใจด้วยวงรีที่จำนวนแถวเท่ากันและทำการคำนวณค่าสัดส่วนของระยะทางระหว่างจุดกึ่งกลางของวงรี 2 จุดกับความยาวแกนหลัก ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยถ้าค่าที่ได้เป็น 0 แสดงว่ามีรูปร่างเป็นวงกลมแต่ถ้าค่าที่ได้เป็น 1 แสดงว่ามีรูปร่างในลักษณะยาวเป็นเส้นตรง

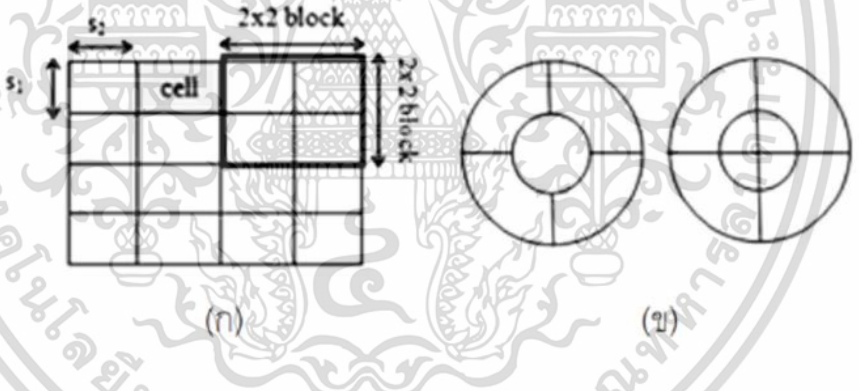
- ค่าสัดส่วนรูปร่าง (Shape ratio) เป็นค่าที่แสดงถึงลักษณะรูปร่างของวัตถุที่สนใจแบบภาพรวมอีกอย่างหนึ่งว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร โดยหาจากค่าของความยาวแกนรองหารด้วยค่าความยาวแกนหลัก เช่น ถ้าค่าที่ได้เข้าใกล้ 0 แสดงว่าวัตถุนั้นมีลักษณะเป็นรูปทรงยาวและถ้าค่าที่ได้เข้าใกล้ 1 แสดงว่าวัตถุนั้นมีลักษณะเป็นวงกลม ค่าสัดส่วนรูปร่าง = ค่าความยาวแกนรอง / ค่าความยาวแกนหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าแสดงรูปร่าง (Euler Number) เป็นวิธีการแสดงโครงสร้างของวัตถุที่เหมือนกัน แต่แสดงอยู่คนละลักษณะกัน โดยคำนวณจากค่าของจำนวนวัตถุในพื้นที่ที่สนใจลบกับจำนวนช่องที่อยู่ในวัตถุนั้น เช่น ตัวอักษรเอในภาษาอังกฤษ ที่เขียนด้วยลายมือที่ต่างกัน จะให้ลักษณะความเอียงและโค้งที่ต่างกันด้วย แต่ถ้าคำนวณจากสมการแล้ว จะพบว่า ได้ค่าแสดงรูปร่างที่เหมือนกัน เป็นต้น

2.4.2 เทคนิคการดึงคุณลักษณะภาพด้วยรูปร่าง (Histograms of Oriented Gradients: HOG)

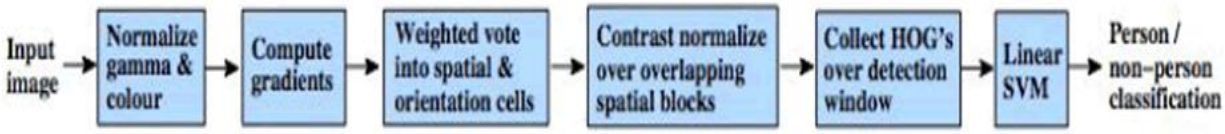
ทฤษฎี Histograms of Oriented Gradients (HOG) เป็นวิธีการดึงลักษณะเด่นของภาพโดยใช้การกระจายตัวของความเข้มเกรเดียนท์ หรือทิศทางของเส้นขอบ เป็นวิธีการแบ่งภาพออกเป็นเซลล์เล็กๆ ในแต่ละเซลล์ประกอบด้วยทิศทางค่าเกรเดียนท์ ซึ่งถูกเก็บไว้ในรูปแบบของฮิสโตรแกรมที่อธิบายคุณลักษณะวัตถุที่อยู่ในเซลล์ และเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพความถูกต้อง สามารถนำฮิสโตแกรมมาทำนอร์มอลไลซ์ด้วยการคำนวณตัวชี้วัดค่าความเข้มจากโอเวอร์แลปของเซลล์ภายในบล็อก (เซลล์หลายๆเซลล์ที่อยู่ติดกัน) เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของแสงและเงาให้น้อยลง วิธีการแบ่งภาพเป็นเซลล์ย่อยๆ มี 2 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.20 [10]



รูปที่ 2.20 (ก) แสดงโครงสร้างการแบ่งเซลล์ขนาด 1×1 และ บล็อกขนาด 2×2
(ข) แสดงทิศทางแบบ 5 และ 9 ทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพรวมของการหาค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ หรือเรียกว่า HOG มี ด้วยกันทั้งหมด หกขั้นตอน ดังรูปที่ 2.21

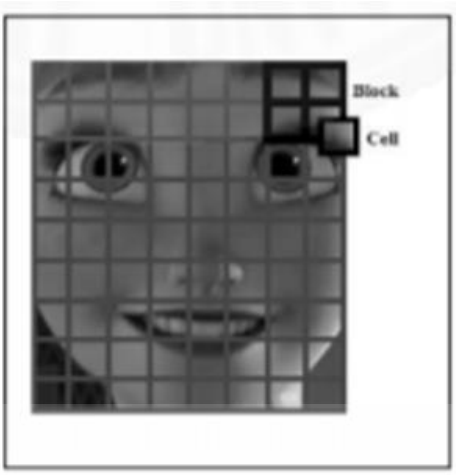


รูปที่ 2.21 ภาพรวมของการสกัดหาคุณลักษณะเฉพาะในการตรวจจับวัตถุจาก Histograms of Oriented Gradients for Human Detection

จากรูปที่ 2.21 Dalal และ Triggs อธิบายว่าหน้าต่างในการตรวจจับจะเรียงต่อกันเป็นแผ่นที่ทับซ้อนกัน ซึ่งใช้ค่าความถี่ตามทิศทางแกรเดียนท์มาเป็นคุณสมบัติในการจำแนกคุณลักษณะเฉพาะ การรวมตัวกันของเวกเตอร์จะใช้ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (SVM) จำแนกประเภทที่เป็นวัตถุและไม่ใช่วัตถุ หน้าต่างในการตรวจจับจะถูกแสกนทุกตำแหน่งของและขนาดของภาพ Dalal และ Triggs มุ่งเน้นไปที่ขั้นตอนในการสกัดคุณลักษณะเฉพาะของภาพ (Dalal, N., &Triggs, B., 2005) โดยอธิบายว่าเมื่อรับภาพเข้ามาในระบบ ขั้นตอนแรกทำการนอร์มอไลซ์จากค่าความสว่าง (Gamma) และสี (Color) ขั้นตอนที่สองทำการคำนวณหาค่าเกรเดียนท์ขั้นตอนที่สามทำการโหวตหาค่าถ่วงน้ำหนักของระยะห่างที่สอดคล้องกันของเซลล์ (Cells) ขั้นตอนที่สี่ทำการนอร์มอไลซ์พื้นที่ที่ซับซ้อนกันของบล๊อค (Block) ขั้นตอนที่ห้ารวบรวมหน้าต่างของ HOG สำหรับการตรวจจับทั้งหมด ขั้นตอนที่หกทำการจำแนกคุณลักษณะเฉพาะด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนแบบเชิงเส้น (Linear)

ค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์เป็นวิธีการดึงคุณลักษณะเฉพาะของวัตถุซึ่งสามารถดึงรูปร่างภายในภาพโดยใช้การกระจายตัวของความเข้มเกรเดียนท์หรือทิศทางของเส้นขอบ การดึงคุณลักษณะของ HOG จะทำได้โดยการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อยขนาดเล็ก หรือ เรียกว่าเซลล์ (Cells) โดยแต่ละเซลล์จะรวบรวมฮีสโตรแกรมของทิศทางเกรเดียนท์หรือทิศทางของขอบภายในเซลล์ที่มีขนาดหนึ่งมิติ (1-D) โดยที่จะมีการรวมฮิสโตรแกรมนั้นเข้าด้วยกัน เพื่อแสดงถึงคุณลักษณะเฉพาะของวัตถุที่สนใจ เพื่อให้มีประสิทธิภาพของความถูกต้องเพิ่มมากขึ้น สามารถนำฮิสโตรแกรมมาทำนอร์มอลไลซ์ด้วยการคำนวณตัวชี้วัดของค่าความเข้มทั่วทั้งพื้นที่ขนาดใหญ่ของภาพหรือเรียกอีกอย่างว่าบล๊อค (Block) ดังรูปที่ 2.22 [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 ตัวอย่างการแบ่งภาพเป็นเซลล์และบล็อก

การทำนอร์มอลไลซ์ ต้องทำทุกเซลล์ภายในบล็อก ผลลัพธ์จากการทำนอร์มอไลซ์จะทำให้ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของแสงสว่างและเงาน้อยลงและสามารถหาคุณลักษณะเฉพาะของวัตถุได้ดีมากขึ้น โดยขั้นตอนของ HOG ดังนี้

1. คำนวณค่าเกรเดียนท์แนวนอนจากสมการที่ (2.1)

$$D_H=[-1\ 0\ 1\ ] \tag{2.1}$$

2. ทำการคำนวณค่าเกรเดียนท์แนวตั้งจากสมการที่ (2.2)

$$D_V=[-1\ 0\ 1]^T \tag{2.2}$$

3. ทำการคำนวณหาขนาดของเกรเดียนท์จากสมการที่ (2.3)

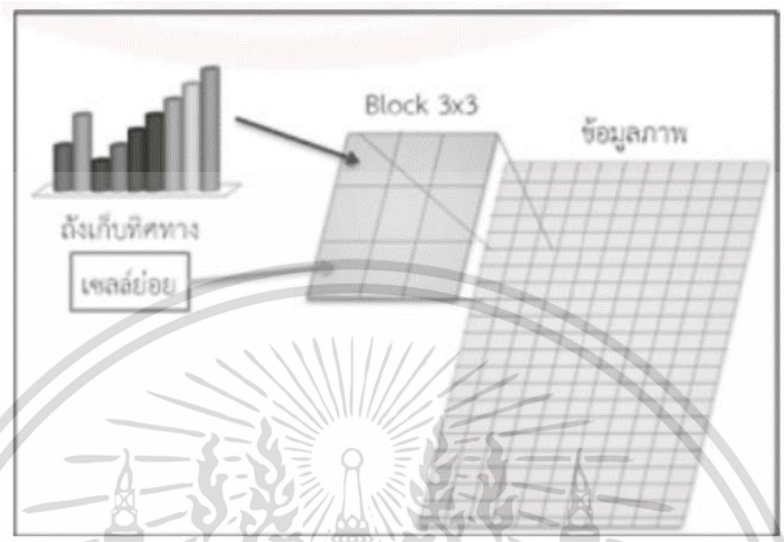
$$M_G(X,Y)=\sqrt{D_H(X,Y)^2+D_V(X,Y)^2} \tag{2.3}$$

4. ทำการคำนวณมุมทิศทางเกรเดียนท์จากสมการที่ (2.4)

$$O_G(X,Y)=\tan^{-1}\left(\frac{D_{V(X,Y)}}{D_{H(X,Y)}}\right) \tag{2.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เก็บค่าความถี่ของทิศทางเกรเดียนท์ โดยการเก็บทิศทางนั้นจะใช้บล็อกขนาด 3x3 เซลล์ โดยบล็อกจะประกอบไปด้วยเซลล์ย่อยทั้งหมด 9 เซลล์ ดังรูปที่ 2.23 แต่ละเซลล์จะมีถังเก็บทิศทาง 8 bins โดยแต่ละ bins จะเก็บค่าทิศทางของมุม



รูปที่ 2.23 เซลล์และบล็อกบริเวณที่ทำการตรวจจับหา HOG จากการรู้จำท่ามือภาษาไทย โดยใช้ค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน [8]

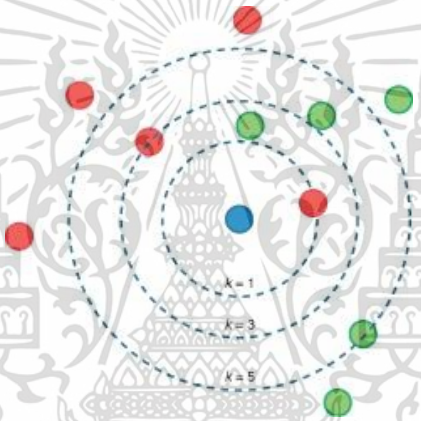
2.5 การจำแนกประเภทของข้อมูล (Classification)

การจำแนกประเภทของข้อมูล เป็นงานที่สำคัญงานหนึ่งในวิเคราะห์อัตโนมัติโดยหลังจากทำการสกัดคุณลักษณะหรือฟีเจอร์ของภาพออกมาได้แล้ว จะนำฟีเจอร์เหล่านั้นมาเป็นข้อมูลของตัวจำแนก (Classifier) เพื่อให้ระบบทำนายว่าภาพนั้นควรจัดอยู่ในประเภทใด ตัวจำแนกประเภทข้อมูลมีหลายรูปแบบ เช่น เครือข่ายใยประสาท (Neural Network) ตัวจำแนกแบบเพื่อนบ้านที่ใกล้เคียงที่สุด k ตัว (k – Nearest Neighbors) และซัพพอร์ทเวคเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) เป็นต้น การสร้างตัวแบบจำแนกประเภทข้อมูลจะพยายามให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกให้น้อยที่สุดบนข้อมูลเรียนรู้ (Training Data) อย่างไรก็ดี เมื่อนำตัวแบบจากการเรียนรู้นี้ไปใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อน ตัวแบบอาจจะจำแนกข้อมูลได้ไม่ดีเท่ากับการใช้ข้อมูลเรียนรู้ จึงต้องมีการใช้ข้อมูลอีกชุดหนึ่งเพื่อมาใช้ในการตรวจสอบ เรียกข้อมูลชุดนี้ว่า ข้อมูลทดสอบ (Testing Data) ซึ่งจะอธิบายประเภทของการจำแนกประเภทข้อมูลดังต่อไปนี้ [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ตัวแบบเพื่อนบ้านที่ใกล้เคียงที่สุด k ตัว (k – Nearest Neighbors)

วิธีการนี้ เป็นวิธีการจำแนกประเภทของข้อมูลโดยการเปรียบเทียบข้อมูลกับข้อมูลตัวอย่างที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล คือ ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้เป็นตัวอย่างในฐานข้อมูล เมื่อต้องจำแนกประเภทข้อมูลใหม่ จะค้นหาตัวอย่างของข้อมูลในฐานข้อมูลที่มีลักษณะใกล้เคียงข้อมูลใหม่มากที่สุดโดยจำนวน k ตัว มาใช้ในการตัดสินใจว่าข้อมูลใหม่นี้ควรจะมีประเภทใดบ้าง การจำแนกประเภทลักษณะนี้จะใช้หลักการที่ว่า ข้อมูลใหม่ที่ต้องการจะทราบประเภทมีลักษณะใกล้เคียงกับข้อมูลใดในฐานข้อมูล ข้อมูลใหม่นั้นก็ควรจะมีประเภทเช่นเดียวกับประเภทของข้อมูลที่มีลักษณะใกล้เคียงกับข้อมูลนั้น การตัดสินว่าข้อมูลใหม่จะมีประเภทใด อาจใช้วิธีการของ Majority Vote คือ ข้อมูลใหม่จะมีประเภทเดียวกับข้อมูลที่มีจำนวนมากที่สุดในโดยอ้างอิงจากข้อมูลเพื่อนบ้าน K ตัวนั้น ดังรูปที่ 2.24 [13]



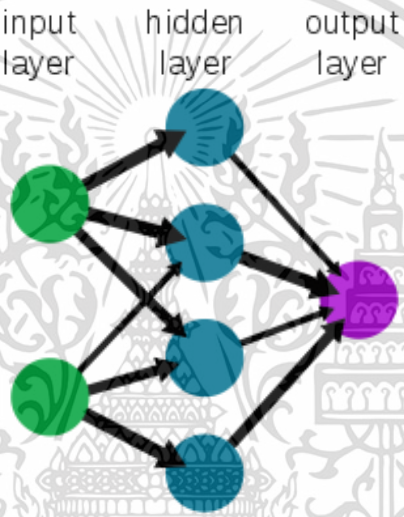
รูปที่ 2.24 การจำแนกข้อมูล X โดยใช้วิธี K - Nearest Neighbors

2.5.2 ตัวแบบจำแนกประเภทข้อมูลแบบเครือข่ายใยประสาท (Neural Network)

เครือข่ายใยประสาทเป็นแบบจำลองที่จำลองการทำงานของเครือข่ายใยประสาทของมนุษย์ เพื่อให้สามารถตัดสินใจปัญหาบางอย่างได้เช่นเดียวกับมนุษย์ ถึงแม้แบบจำลองแบบนี้จะยังไม่สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากความสลับซับซ้อนของเครือข่ายใยประสาทของมนุษย์ ถึงกระนั้นวิธีการนี้ก็สามารถตัดสินปัญหาได้อย่างดี โดยเฉพาะเรื่องการจำแนกประเภทของข้อมูลที่ให้ความถูกต้องแม่นยำในการจำแนกประเภทสูง นอกจากนี้ตัวจำแนกประเภทนี้ยังสามารถทำงานได้ดีกับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนหรือนอยซ์ (Noise) ปะปนอยู่ เครือข่ายใยประสาทที่ใช้จำแนกข้อมูล จะเป็นเครือข่ายแบบ เครือข่ายแยกประเภทข้อมูลแบบคาดการณ์สถานการณ์ล่วงหน้า (Feed forward Network) ประกอบด้วยจำนวนชั้นของเซลล์ประสาทหลายชั้น เซลล์ประสาทชั้นที่หนึ่งจะทำการรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าผลลัพธ์จากเซลล์ประสาทที่อยู่ในชั้นก่อนหน้า ทำการคำนวณด้วยฟังก์ชันแบบไม่เชิงเส้นและให้ผลลัพธ์ที่ส่งออกไปยังเซลล์ประสาททุกเซลล์ในชั้นถัดไปผ่านเส้นเชื่อมโยง ดังรูปที่ 2.25 เครือข่ายใยประสาทจะต้องมีชั้นอย่างน้อย 2 ชั้น ชั้นแรก คือ ชั้นรับข้อมูล (Input Layer) ซึ่งในชั้นนี้จะประกอบไปด้วย เซลล์ประสาท ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลและส่งต่อไปยังเซลล์ประสาทในชั้นถัดไป ชั้นถัดไป คือ ชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) ซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทที่รับผลลัพธ์จากเซลล์ประสาทชั้นก่อนหน้า จากนั้นจึงทำการคำนวณเมื่อได้ผลลัพธ์แล้วจึงส่งผลลัพธ์ออกไปเพื่อเป็นผลลัพธ์สุดท้ายของการคำนวณของเครือข่าย [13]



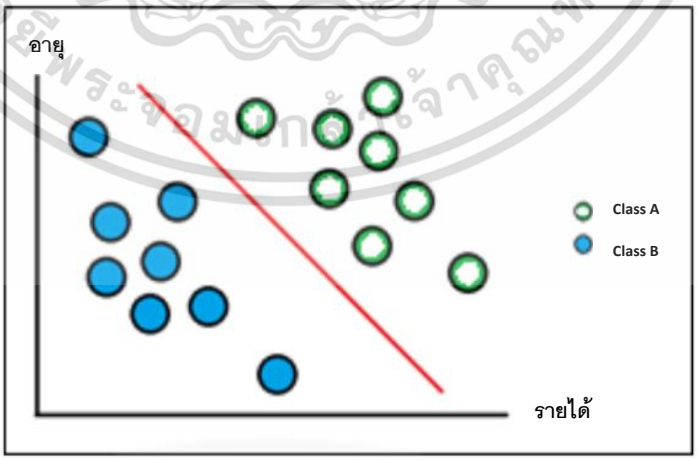
รูปที่ 2.25 โครงสร้างเครือข่ายแบบคาดการณ์สถานการณ์ล่วงหน้า (Feed forward Network)

จากรูปที่ 2.25 สำหรับชั้นของเครือข่ายที่อยู่ตรงกลางระหว่างชั้นรับข้อมูลและชั้นส่งผลลัพธ์ เรียกว่าชั้นปกปิดหรือชั้นซ่อน (Hidden Layer) อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้และอีกกรณีหนึ่ง คืออาจมีกี่ชั้นก็ได้ จำนวนชั้นปกปิดของเครือข่ายใยประสาทและจำนวนเซลล์ที่อยู่ในชั้นปกปิดถือเป็นตัวแปรที่จะต้องปรับค่า เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในการจำแนกประเภทของข้อมูลให้ได้ถูกต้องมากที่สุด สำหรับจำนวนเซลล์ในชั้นรับข้อมูลและส่งผลลัพธ์จะขึ้นกับจำนวนข้อมูลนำเข้า จำนวนค่าของผลลัพธ์และวิธีการแทนค่าข้อมูลนำเข้าและค่าผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ตัวจำแนกข้อมูลแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine)

SVMs เป็นการใช้ในงานทางด้านการรู้จำรูปแบบ (Pattern reconcile) หรือ Content Based Image Retrieval โดย SVMs เป็นวิธีการที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคนิคทางสถิติในการสร้างฟังก์ชันในการแยกประเภท และสามารถสอนให้ระบบเข้าใจถึงลักษณะที่แตกต่างกันได้ ซึ่ง SVMs มีการเรียนรู้ข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการแบ่งประเภทแบบไบนารี โดยจะทำการแบ่งชั้นของข้อมูลด้วยระนาบหลายมิติจากกลุ่มข้อมูล 2 กลุ่มด้วยการใช้ Sigmoid Kernel Function SVMs ใช้ฟังก์ชันในการตัดสินใจ f(x) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อค้นหา hyper plane หรือ เส้นแบ่งคุณลักษณะที่เหมาะสมที่สุด เพื่อใช้เป็นตัวจำแนกประเภทข้อมูลภาพออกเป็นสองระดับที่แตกต่างกัน คือ ระดับที่เกี่ยวข้อง (เชิงบวก) และระดับที่ไม่เกี่ยวข้อง (เชิงลบ) ในการจำแนกประเภทข้อมูลจะมีการใช้เส้นแบ่งระหว่างข้อมูลเพื่อแยกข้อมูลออกเป็นสองประเภทซึ่งขึ้นอยู่กับค่าเป้าหมายของแต่ละประเภท ส่วนเส้นประที่ขนานเส้นแบ่งข้อมูลจะมีระยะห่างระหว่างช่วงของข้อมูล (เวคเตอร์) กับเส้นแบ่งข้อมูล ซึ่งระยะห่างนั้นเรียกว่า ค่าขอบเขต (Margin) ซึ่งใช้การจำแนกประเภทแบบเชิงเส้น (Linear Classifier) ส่วนจุดข้อมูลที่อยู่ใกล้กับค่าขอบเขตจะถูกเรียกว่า Support Vector ข้อดีของ SVMs นั้น จะมีการใช้ค่าของคลาสที่แตกต่างกัน เพื่อสอนให้ระบบเข้าใจจุดข้อมูลจนได้คุณลักษณะที่สามารถแยกคลาสที่แตกต่างกันได้อย่างเหมาะสมและไม่มีError ที่เกิดกับตัวแยกประเภทระหว่างข้อมูลที่อยู่ใกล้กัน (Maximum Margin Classifier) และถ้านำไปใช้ในการแบ่งประเภทแบบไม่เชิงเส้นก็สามารถทำได้ โดยการนำเคอร์เนลฟังก์ชันมาเป็นตัวจับคู่ข้อมูลไปยังพื้นที่ต่างๆ ในกลุ่มข้อมูล เพื่อให้ได้ขอบเขตของการแบ่งข้อมูลที่เหมาะสม [8]



รูปที่ 2.26 แสดงโมเดล SVM ที่แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.26 เลือกแบบจำลองเส้นตรง (Linear Model) ที่มีระยะห่างระหว่าง 2 กลุ่มที่ห่างกันมากที่สุด ซึ่งสามารถนำมาเขียนเป็นสมการในการแก้ปัญหา โดยนำข้อมูลมาวางไว้ในพื้นที่คุณลักษณะกลุ่มข้อมูลในรูปแบบเวกเตอร์จะได้ ดังสมการที่ (2.5)

$$X=\left((X_1-Y_1),\ldots,(X_i-Y_i)\right) \quad (2.5)$$

กำหนดสมการตัวบ่งชี้ข้อมูลเส้นแบ่ง (Hyperplane) ด้วยการใช้เส้นขอบ(Margin) ของเส้นแบ่งเป็นเส้นที่สัมผัสกับค่าข้อมูลในพื้นที่คุณลักษณะที่ใกล้สุดเส้นขอบของเส้นทั้งสอง ซึ่งถูกแทนด้วย $W^T x+b \geq y \geq 1$ ถ้า $y = 1$ และ $W^T x+b \leq y \leq -1$ ถ้า $y = -1$ หากเส้นขอบใดมีค่ากว้างมากสุดจะแสดงให้เห็นข้อมูลที่แยกกันได้ชัดเจน ดังนั้นเส้นขอบที่มีความกว้างมากที่สุดจะเป็นเส้นแบ่งข้อมูลที่ดีที่สุด โดยเรียกเส้นแบ่งข้อมูลทั้งสองว่าเส้นขอบ

2.6 พื้นฐานทฤษฎีทางด้านการเรียนรู้ของระบบสมองกล

ระบบสมองกลแบบรู้จำ (Machine Learning) คือ การทำให้คอมพิวเตอร์เข้าใจรูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยการเรียนรู้จากข้อมูลตัวอย่าง หรือจากสภาพแวดล้อม ซึ่งจุดมุ่งหมายคือการพัฒนาหรือปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบสมองกลให้สามารถรองรับข้อมูลรูปแบบใหม่ๆในอนาคต ความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้จะถูกเก็บไว้ในฐานความรู้ด้วยรูปแบบการแทนความรู้อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น กฎ ฟังก์ชัน เป็นต้น ระบบสมองกลแบบรู้จำที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มี 2 ประเภท ได้แก่

2.6.1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning)

คือ อัลกอริทึมสร้างฟังก์ชันที่เชื่อมโยงระหว่างข้อมูลเข้ากับผลที่ต้องการ เป็นการทำนายค่าของฟังก์ชันจากวัตถุนำเข้าให้ถูกต้องโดยใช้ข้อมูลการเรียนการสอน (Training Data) โดยระบบจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่นำเข้าและจำแนกผลลัพธ์ให้ถูกต้องตามรูปแบบของข้อมูลที่นำมาสอน ซึ่งผลจากการเรียนรู้จะเป็นฟังก์ชันที่อาจจะให้ค่าต่อเนื่อง (Continuous) หรือไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ดังนี้

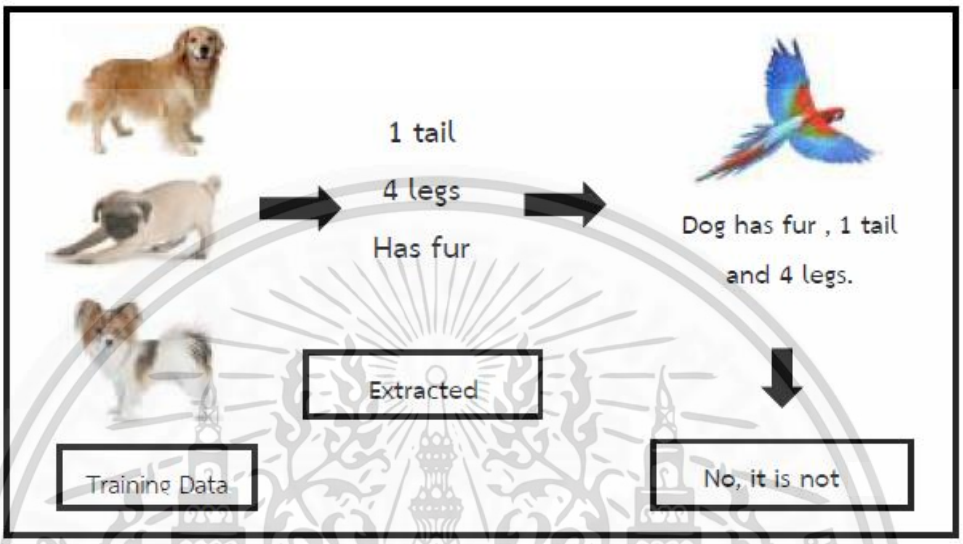
2.6.1.1 การแบ่งประเภทของข้อมูล (Classification)

มักจะถูกนำไปใช้งานเพื่อจำแนกวัตถุที่เราสนใจออกเป็นประเภทต่างๆเป็นฟังก์ชันที่ให้ค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete) หลักการ คือ วัตถุที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกันจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน และวัตถุที่มีคุณลักษณะแตกต่างกันจะถูกจัดอยู่คนละประเภทดังแสดงในรูปที่ 2.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.2 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression)

เป็นฟังก์ชันที่ให้ค่าต่อเนื่อง (Continuous) เมื่อผลลัพธ์ที่ต้องการประกอบด้วยหนึ่งตัวแปรหรือมากกว่า เช่น การทำนายความยาวของปลากะพงที่เป็นฟังก์ชันของอายุและน้ำหนักของตัวปลา เป็นต้น

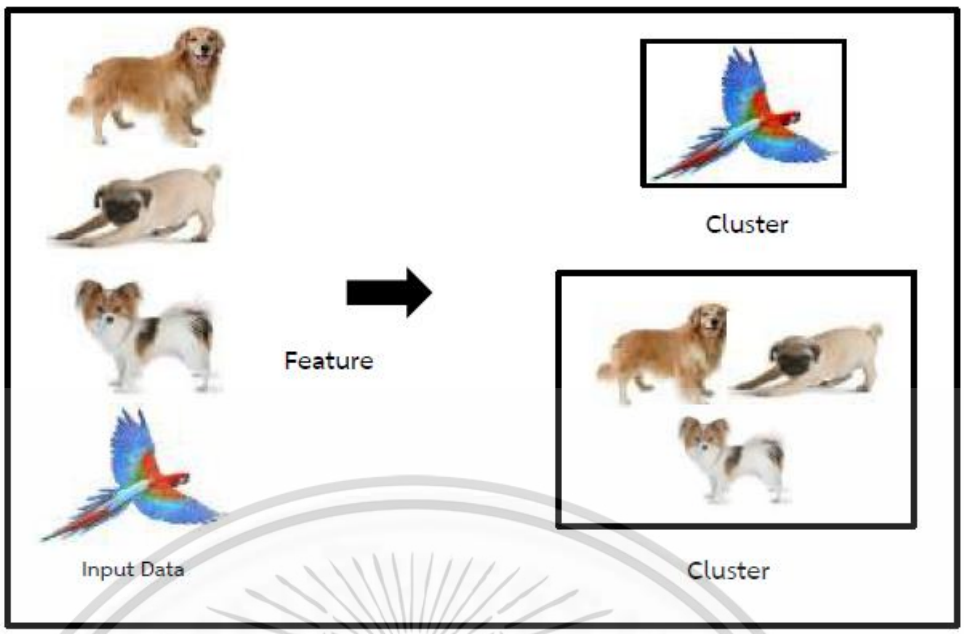


รูปที่ 2.27 ภาพแสดงการจำแนกสัตว์โดยการเรียนรู้แบบมีผู้สอน

2.6.2 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning)

เป็นการเรียนรู้ที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับการเรียนรู้แบบมีผู้สอน เนื่องจากจะไม่มีการระบุผลที่ต้องการหรือประเภทไว้ก่อนล่วงหน้า แต่จะให้ระบบหาความสัมพันธ์จากข้อมูลเอง การเรียนรู้แบบนี้จะพิจารณาวัตถุเป็นเซตของตัวแปรสุ่ม แล้วจึงสร้างโมเดลความหนาแน่นร่วมของชุดข้อมูล การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนสามารถนำไปใช้ร่วมกับการอนุมานแบบเบย์ เพื่อหาความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขของตัวแปรสุ่ม โดยกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องให้เป็นข้อมูลเบื้องต้นจากนั้นระบบจะจำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่ม (Clustering) โดยอ้างอิงกับรูปแบบโมเดลทางสถิติ (Probabilistic Model) ที่เรากำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 ภาพแสดงการจำแนกสัตว์โดยการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน

2.7 Opencv (Open Source Computer Vision Library)

Opencv หรือ Open Source Computer Vision Library ใช้ในการประมวลผลภาพและงานทางด้านการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) Library นี้ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา C และ C++ และยังมี interface ที่ไว้เชื่อมต่อกับ tool อื่นด้วยเช่น Python, Ruby, Matlab เป็นต้น นอกจากนี้ OpenCV เป็น library ที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้หรือนักพัฒนาสามารถใช้ฟังก์ชันใน library มาพัฒนาชิ้นงานที่มีความซับซ้อนโดยใช้เวลาเพียงไม่นาน OpenCV ประกอบด้วย Data Structure และ Algorithm

- Data Structure ใช้เก็บข้อมูลต่าง ๆ อาทิ เช่น รูปภาพ เมทริกซ์ พิกัด

- Algorithm เพื่อการประมวลผลต่าง โดยเฉพาะการประมวลผลทางรูปภาพ

ข้อจำกัดของ Opencv คือ สามารถใช้งานได้เฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้หน่วยประมวลผล (CPU) จาก Intel Corporation แต่ข้อจำกัดนี้ทำให้เกิดจุดเด่นเช่นกัน กล่าวคือ การประมวลผลต่าง ๆ จะใช้ความสามารถของหน่วยประมวลผลอย่างเต็มที่ ทำให้โปรแกรมที่พัฒนาโดยการใช้ Opencv นี้มีประสิทธิภาพในการประมวลผลที่สูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การวัดประสิทธิภาพและประเมินผล

การวัดประสิทธิภาพและการประเมินผลของระบบการวิเคราะห์ภาพนั้น มีด้วยกันหลายวิธี โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกวิธีที่สามารถประเมินผลระบบได้ง่ายและชัดเจนดังต่อไปนี้

2.8.1 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง (Accuracy)

เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแม่นยำของการทำนาย หากมีค่ามากจะแสดงให้เห็นว่าระบบหรืออัลกอริทึมนั้นมีประสิทธิภาพสูง โดยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสามารถคำนวณได้ดังนี้

Accuracy (%) = (จำนวนข้อมูลที่ทำนายได้ถูกต้อง / จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ) × 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. Analysis of Target Tracking Algorithm on Thermal Imagery (Umesh & MaitreyeeDutta, 2013) การติดตามเป้าหมาย โดยใช้ภาพถ่ายอินฟราเรด (Infrared imagery) ซึ่งสามารถใช้งานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน ในบทความนี้มีการแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนการติดตามเป้าหมายในภาพถ่ายอินฟราเรดและสามขั้นตอนในการตรวจหาวิธีที่ดีที่สุด เช่น เฟรมอ้างอิงเดี่ยว (single Reference Frame) เส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) และการกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน (Temporal Median Filter) ด้วยขั้นตอนการติดตามถูกดำเนินการและวิเคราะห์ในชุดข้อมูลหลายเป้าหมาย ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นข้อมูลใหม่สำหรับนักวิจัยในด้านการรักษาความปลอดภัย

2. Fast Human Detection Using Motion Detection and Histogram of Oriented Gradients (Hou & Zhu, 2011) บทความนี้นำเสนอการตรวจจับบุคคลแบบเรียลไทม์อัลกอริธึมตาม HOG (ฮิสโตแกรมของ Oriented Gradients) และ SVM (Support Vector Machine) การตรวจจับความเคลื่อนไหวถูกใช้เพื่อดึงพื้นที่ที่มีการเคลื่อนที่ซึ่งสามารถสแกนโดยการเลื่อนหน้าต่าง การตรวจจับพื้นที่ที่มีการเคลื่อนที่สามารถลบหน้าต่างที่ตรวจจับที่ไม่จำเป็นออกจากบริเวณพื้นหลังแบบสถิติภายใต้สภาวะการเฝ้าระวัง,ดังนั้นจึงสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการตรวจจับได้ ทุกหน้าต่างเลื่อนถือได้ว่าเป็นพื้นที่ภาพส่วนบุคคลและคุณลักษณะของ HOG จะถูกคำนวณเป็นตัวบ่งชี้เฉพาะ ในที่สุดวัตถุที่ตรวจพบสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มของมนุษย์และวัตถุอื่น ๆ ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าได้โดยใช้ตัวแบ่งประเภท SVM ผลการทดลองจากวิดีโอแบบเรียลไทม์แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการนี้

3. Histograms of Oriented Gradients for Human Detection (Navneet Dalal & Bill Triggs, 2010) ศึกษาคำถามของชุดคุณสมบัติสำหรับการรับรู้ภาพวัตถุที่มีประสิทธิภาพโดยใช้การตรวจจับมนุษย์ SVM เป็นกรณีทดสอบ หลังจากตรวจสอบตัวอธิบายขอบและไล่ระดับที่มีอยู่แล้วเราแสดงการทดลองว่าเส้นกราฟฮิสโตแกรม (HOG) บ่งชี้ว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าชุดคุณลักษณะที่มีอยู่สำหรับการตรวจจับมนุษย์อย่างมีนัยสำคัญ ศึกษาอิทธิพลของแต่ละขั้นตอนของการคำนวณที่มีต่อประสิทธิภาพสรุปว่าการไล่ระดับสีอย่างละเอียด การวางแนวอย่างละเอียด การแบ่งปริภูมิที่ค่อนข้างหยาบ และการปรับมาตรฐานความคมชัดที่มีคุณภาพสูงในบล็อกตัวอธิบายที่ทับซ้อนกัน วิธีการใหม่นี้ช่วยให้แยกความใกล้เคียงกับฐานข้อมูลคนเดินเท้าดั้งเดิม ดังนั้นเราจึงแนะนำชุดข้อมูลที่มีความท้าทายมากขึ้นซึ่งประกอบด้วยภาพมนุษย์มากกว่า 1,800 รูปพร้อมรูปแบบและพื้นหลังที่มีความหลากหลาย

4. Motion Detection Based on Frame Difference Method (Nishu Singla, 2014) บทความนี้นำเสนอ อัลกอริทึมใหม่สำหรับการตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่จากฉากหลังที่นิ่งขึ้นอยู่กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างของเฟรม ประการแรกเฟรมแรกจะถูกจับผ่านกล้องและหลังจากนั้นลำดับของเฟรมจะถูกจับในช่วงเวลาปกติ ประการที่สองความแตกต่างที่แน่นอนจะถูกคำนวณระหว่างเฟรมที่ต่อเนื่องกันและภาพที่แตกต่างจะถูกเก็บไว้ในระบบ ประการที่สามภาพที่แตกต่างถูกแปลงเป็นภาพสีเทาจากนั้นแปลเป็นภาพไบนารี และในที่สุดจะทำการกรองเพื่อลบสิ่งรบกวนอื่นๆ

5. การรู้จำท่ามือภาษาไทยโดยใช้ค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (อนุสรณ์ อุ่นท้าว และ สมปอง เวฬุวนาธร ,2557) บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอขั้นตอนวิธีการเพิ่ม ประสิทธิภาพการร็จำท่ามือภาษามือไทยโดยใช้ค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียท์ (HOG: Histograms of Oriented Gradients Algorithm) ในการสกัดคุณลักษณะของรูปภาพท่ามือใน ภาษามือไทย จากนั้นใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA: Principal Component Analysis) ทำการแปลงโครงสร้างเมตริกซ์คำนวณหาไอแกนเวกเตอร์ที่สอดคล้องกันกับค่าไอแกน เลือกเอา เฉพาะส่วนที่เป็นนัยสำคัญเพื่อลดขนาดมิติของข้อมูล เพื่อนำไปประมวลผลการรู้จำด้วยวิธีการซัพ พอร์ตเวกเตอร์แมชชีน(SVM:Support Vector Machine)แบบเรเดียลเบสิสฟังก์ชันเคอร์เนล(RBF: Radial Basis Function) โดยทดลองกับชุดข้อมูลรูปถ่ายท่ามือภาษามือไทยที่จัดทำขึ้นจำนวน 710 ภาพ ซึ่งประกอบด้วยท่ามือจากผู้แสดงจำนวน 5 คน คนละ 142 ท่า ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วิธีการที่นำเสนอสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรู้จำได้โดยมีค่าความถูกต้องในการรู้จำสูงสุดร้อยละ 96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

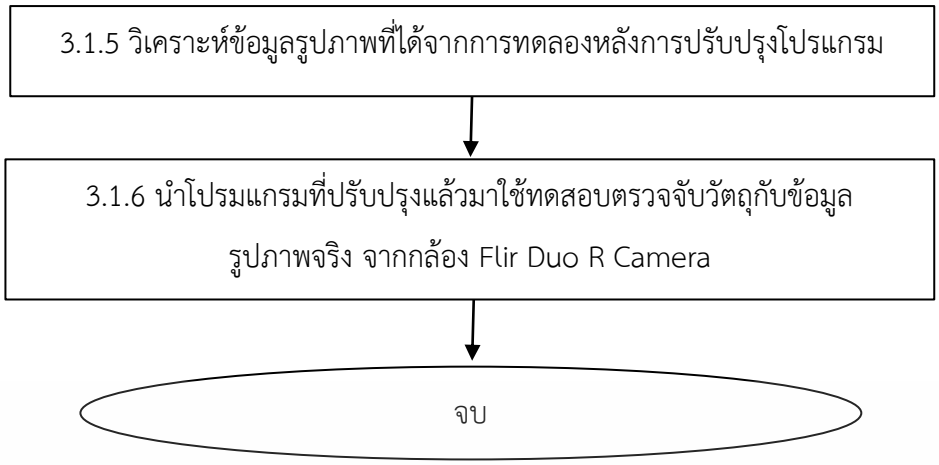
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึงกระบวนการเขียนโปรแกรมและทดสอบการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 วัตถุที่เป็นมนุษย์ จากภาพความร้อนในสภาพแวดล้อมที่มีความมืดโดยใช้หลักการ HOG (Histogram of Oriented Gradients),หลักการ Color Detection และใช้หลักการ Support Vector Machine (SVM) เป็นตัวบ่งชี้แบ่งแยกระหว่างมนุษย์กับวัตถุอื่นๆ และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวาของมนุษย์ ต่อไป

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ระเบียบวิธีการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 เขียนโปรแกรมเพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ2วัตถุที่เป็นมนุษย์

ทำการเขียนโปรแกรมด้วย sublime text 3 ร่วมกับ Opencv โดยใช้ภาษา Python ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows ใช้หลักการHOG (Histogram of Oriented Gradients) และ หลักการ Support Vector Machine (SVM) ในการตรวจจับและแบ่งแยกวัตถุที่เป็นมนุษย์

3.1.1.1 นำเข้าคำสั่ง Python Library

```
from __future__ import print_function
from imutils.object_detection import non_max_suppression
from imutils import paths
import numpy as np
import argparse
import imutils
import cv2
import os
```

รูปที่ 3.2 Python Library

Non_max_suppression คือ algorithmที่รวมผลลัพธ์จากการตรวจจับวัตถุหลายๆสิ่งให้เหลือเพียงสิ่งที่ต้องการ

imutils คือ library เบื้องต้นของ image processing เช่นการหมุนภาพ กลับภาพ ปรับขนาด

Numpy คือ ฟังชันคณิตศาสตร์และการคำนวณ

argparse คือ ฟังชันที่จะช่วยให้การทำงานที่ซับซ้อนเป็นระเบียบเรียบร้อย

cv2 คือ คำสั่งเรียกใช้ opencv

os คือ library คำสั่งที่ใช้เชื่อมต่อกับระบบปฏิบัติการ

3.1.1.2 เริ่มการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ

```
def HOGPerson(img_person):

    hog = cv2.HOGDescriptor()
    hog.setSVMDetector(cv2.HOGDescriptor_getDefaultPeopleDetector())
```

รูปที่ 3.3 Codeคำสั่งตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ

HOGPerson(img_person) คือ คำสั่งตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์

HOGDescriptor คือ คำสั่งการใช้ตัวบ่งชี้ HOG และเครื่องมือตรวจจับวัตถุ

hog. setSVMDetector คือ คำสั่งการใช้ตัวบ่งชี้ SVM และเครื่องมือการแบ่งแยกวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.3 ตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุด้วยหลักการHOG (Histogram of Oriented Gradients) และ หลักการ Support Vector Machine (SVM) ในการแบ่งแยกวัตถุที่เป็นมนุษย์

- สแกนรูปภาพทั้งหมด
- ตรวจจับคนในภาพ
- วาดกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าล้อมรอบวัตถุที่ตรวจจับได้
- รวมผลลัพธ์จากการตรวจจับหลายๆกรอบที่มีการทับซ้อนกัน
- ตรวจจับและวาดกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าอีกครั้งให้เหลือวัตถุที่ต้องการเพียงกรอบเดียว

```
# loop over the image path
image = cv2.imread(img_person)
image = imutils.resize(image, width=min(400, image.shape[1]))
orig = image.copy()

# detect people in the image
(rects, weights) = hog.detectMultiScale(image, winStride=(4, 4),
    padding=(8, 8), scale=1.05)

# draw the original bounding boxes
for (x, y, w, h) in rects:
    cv2.rectangle(orig, (x, y), (x + w, y + h), (0, 0, 255), 2)

# apply non-maxima suppression to the bounding boxes using a
# fairly large overlap threshold to try to maintain overlapping
# boxes that are still people
rects = np.array([[x, y, x + w, y + h] for (x, y, w, h) in rects])
pick = non_max_suppression(rects, probs=None, overlapThresh=0.65)

# draw the final bounding boxes
print(pick)
for (xA, yA, xB, yB) in pick:
    print(xA, yA, xB, yB)
    cv2.rectangle(image, (xA, yA), (xB, yB), (0, 255, 0), 2)
```

รูปที่ 3.4 Codeคำสั่งตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุและแบ่งแยกวัตถุที่เป็นมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 นำข้อมูลรูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS มาทดสอบการตรวจจับความเคลื่อนไหว

นำข้อมูลรูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS WS Series Bench Roland Miezianko และฐานข้อมูลTerravic Research Infrared จำนวน 145 ภาพ 8x8-bit grayscale JPEG ขนาดภาพ = 320 x 240 Pixels มาทดสอบการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างข้อมูลภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS ขนาดภาพ = 320 x 240 Pixels

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
path =  os.getcwd()
filenames = os.listdir(path)
#print(path)
#print(filenames)

jpgfile = []

for i in filenames:
    if i[-3:]=='jpg':
        jpgfile.append(i)

print(jpgfile)
```

รูปที่ 3.6 Codeคำสั่งนำเข้ารูปภาพ

path = os.getcwd() คือ ฟังชันในการบอกโฟลเดอร์ที่กำลังเปิดใช้งาน

filenames = os.listdir(path) คือ ฟังชันที่บอกว่าในโฟลเดอร์ที่กำลังจะประมวลผลนี้มีไฟล์อะไรบ้าง

jpgfile = [] คือ คำสั่งที่สร้างขึ้นมาในการเก็บชื่อไฟล์ jpg

for i in filenames:

if i[-3:]=='jpg':

jpgfile.append(i)

print(jpgfile) คือ คำสั่งเช็คว่าจากชื่อไฟล์ทั้งหมดในโฟลเดอร์นับจากข้างหลัง 3ตำแหน่งจะเลือกเฉพาะที่เป็น jpg

3.1.2.1 แสดงผลการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุและแบ่งแยกวัตถุที่เป็นมนุษย์

หลังจากนำรูปภาพเข้ามาประมวลในโปรแกรมแล้ว โปรแกรมจะทำการแสดงผลรูปภาพออกมาโดยมีคำว่า Out-ชื่อไฟล์

```
    cv2.imwrite('Out-' + img_person,orig)
    #cv2.imshow("Before NMS", orig)
    #cv2.imshow("After NMS", image)
    #cv2.waitKey(0)


for pc in jpgfile:
    HOGPerson(pc)
```

รูปที่ 3.7 Codeคำสั่งแสดงผลภาพการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุและแบ่งแยกวัตถุที่เป็นมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cv2.imwrite คือ คำสั่งบันทึกภาพที่ถูกประมวลผลแล้ว

for pc in jpgfile:

HOGPerson(pc) คือ คำสั่งrun loop

3.1.3 วิเคราะห์ข้อมูลรูปภาพที่ได้จากการทดลอง

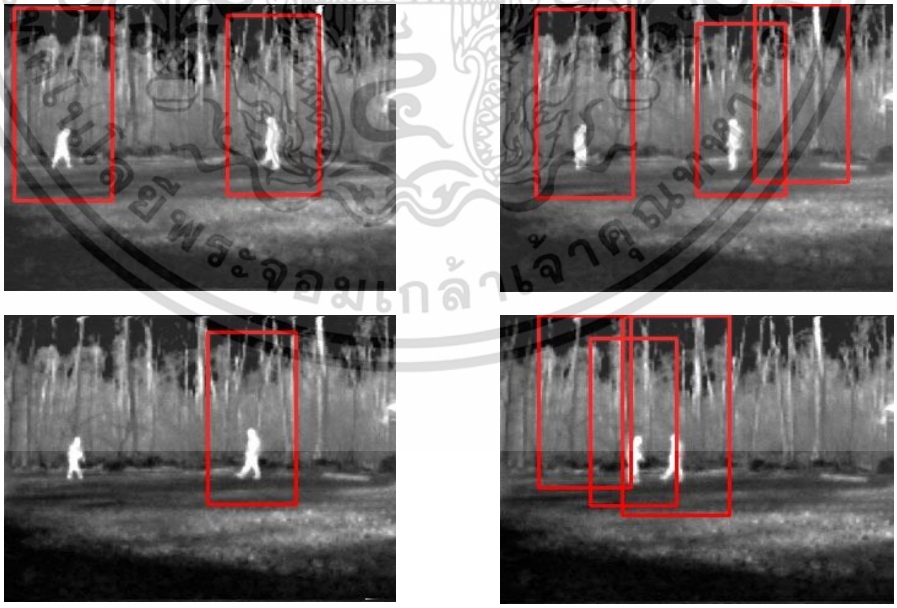
การทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุจากภาพความร้อน โดยใช้ข้อมูลรูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS 8x8-bit grayscale JPEG ขนาดภาพ = 320 x 240 Pixels จำนวน 145 ภาพ โดยจะใช้เกณฑ์การวัดผลจากความสามารถของโปรแกรมในการวิเคราะห์และตรวจจับวัตถุในภาพได้ ซึ่งจากการใช้โปรแกรมนี้ผลที่ได้จะเห็นได้ว่าโปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้ 76 ภาพ จากจำนวนทั้งหมด 145 ภาพ แต่พบข้อผิดพลาด โดยสังเกตได้จากภาพตัวอย่างของผลการทดลอง ดังนี้

1. โปรแกรมตรวจจับวัตถุอื่นๆ ที่ไม่ใช่มนุษย์
2. โปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้ แต่กรอบการตรวจจับวัตถุยังมีวงกว้างเกินไป

เปอร์เซ็นความถูกต้อง (%) = (จำนวนข้อมูลที่ทำนายได้ถูกต้อง / จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ) ×100

= (76/145) x 100

= 52.41 %



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างผลการทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุจากภาพความร้อน ข้อมูลภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ปรับปรุงโปรแกรมเพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์ให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา แล้วนำข้อมูลรูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS มาทดสอบอีกครั้ง

เนื่องจากผลการทดลองจากหัวข้อ3.1.3 ยังมีข้อผิดพลาดอยู่หลายอย่าง ทางผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงพัฒนาให้โปรแกรมสามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์ให้ได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น และสามารถบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา

3.1.4.1 นำเข้าคำสั่ง Python Library

```
from imutils.object_detection import non_max_suppression
from imutils import paths
import numpy as np
import argparse
import imutils
import cv2
import os
from PIL import Image

import csv
```

รูปที่ 3.9 Python Library

Non_max_suppression คือ algorithmที่รวมผลลัพท์จากการตรวจจับหลายๆอันให้เหลือเพียงสิ่งที่ต้องการ

imutils คือ library เบื้องต้นของ image processing พวกหมุนภาพ กลับภาพ ปรับขนาด

Numpy คือ ฟังชันคณิตศาสตร์และการคำนวณ

argparse คือ ฟังชันที่จะช่วยให้การทำงานที่ซับซ้อนเป็นระเบียบเรียบร้อย

cv2 คือ คำสั่งเรียกใช้ opencv

os คือ library คำสั่งที่ใช้เชื่อมต่อกับระบบปฏิบัติการ

csv คือ ฟังชันสำหรับอ่านไฟล์ .csv

3.1.4.2 นำข้อมูลรูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS มาทดสอบการตรวจจับความเคลื่อนไหวนำข้อมูลรูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS WS Series Bench Roland Miezianko และฐานข้อมูลTerravic Research Infrared จำนวน 145 ภาพ 8x8-bit grayscale JPEG ขนาดภาพ = 320 x 240 Pixels มาทดสอบการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
path =  os.getcwd()
filenames = os.listdir(path)
#print(path)
#print(filenames)

jpgfile = []

for i in filenames:
    if i[-3:]=='jpg':
        jpgfile.append(i)

print(jpgfile)
```

รูปที่ 3.10 codeคำสั่งนำเข้ารูปภาพ

path = os.getcwd() คือ ฟังชันในการบอกโฟลเดอร์ที่กำลังเปิดใช้งาน

filenames = os.listdir(path) คือ ฟังชันที่บอกว่าในโฟลเดอร์ที่กำลังจะประมวลผลนี้มีไฟล์อะไรบ้าง

jpgfile = [] คือ คำสั่งที่สร้างขึ้นมาในการเก็บชื่อไฟล์ jpg

for i in filenames:

if i[-3:]=='jpg':

jpgfile.append(i)

print(jpgfile) คือ คำสั่งเช็คว่าจากชื่อไฟล์ทั้งหมดในโฟลเดอร์นับจากข้างหลัง 3ตำแหน่งจะเลือกเฉพาะที่เป็น jpg

3.1.4.3 เริ่มเช็คตำแหน่งพิกเซลที่มีสีขาวตามที่กำหนดในภาพ

```
def CheckColorPX(img_path,color_range=(200,255),PX=(20,20),px_name='test'):
    im = Image.open(img_path)

    width, height = im.size #get image size
    print(width,height)

    image = cv2.imread(img_path)

    all_list = []

    PIXEL = []
    COLOR = []
    PIXEL_MATCH = []
```

รูปที่ 3.11 codeคำสั่งเช็คตำแหน่งพิกเซลที่มีสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4.4 ทำงานรวมกับคำสั่งHOGตรวจจับการเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์

```
def HOGPerson(img_person,factor=20):

    hog = cv2.HOGDescriptor()
    hog.setSVMDetector(cv2.HOGDescriptor_getDefaultPeopleDetector())
```

รูปที่ 3.12 codeคำสั่งHOGตรวจจับการเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์

HOGPerson(img_person) คือ คำสั่งตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์

HOGDescriptor คือ คำสั่งการใช้ตัวบ่งชี้ HOG และเครื่องมือตรวจจับวัตถุ

hog. setSVMDetector คือ คำสั่งการใช้ตัวบ่งชี้ SVM และเครื่องมือการแบ่งแยกวัตถุ

3.1.4.5 ทำการตัด(crop)ภาพวัตถุออกมาตามที่โปรแกรมตรวจจับได้

```
print('PICK: ', pick)

start_point = []
end_point = []
total_point = []

x_min = []
y_min = []
x_max = []
y_max = []

for (xA, yA, xB, yB) in pick:
    print(xA, yA, xB, yB)
    cv2.rectangle(image, (xA, yA), (xB, yB), (0, 255, 0), 2)

    start_point.append((xA,yA))
    end_point.append((xB,yB))

    img = cv2.imread(img_person)
    crop_img = img[yA:yB, xA:xB]
    cv2.imwrite('croped_'+img_person,crop_img)
    text_px = 'X1-{}Y1-{}X2-{}Y2-{}'.format(xA, yA, xB, yB)
    resultpos = CheckColorPX('croped_'+img_person,color_range=(240,255),px_name=text_px)
    print('CHECKCOLOR: ',resultpos)
    total_point.append(resultpos)
```

รูปที่ 3.13 codeคำสั่งตัด(crop)ภาพวัตถุ

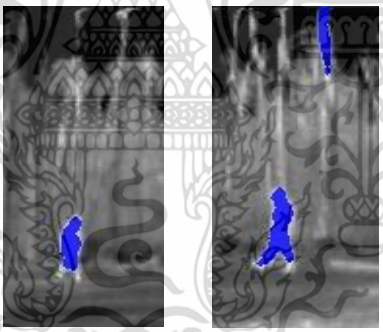
รูปที่ 3.14 ภาพตัวอย่างจากคำสั่งตัด(crop)ภาพวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4.6 หลังจากนั้นใช้หลักการ Color Detectionเข้ามาช่วย โดยทำการตรวจนับจำนวนพิกเซลของพื้นที่สีขาวที่แสดงถึงมนุษย์ในกรอบสีแดง และทำการกำหนดจุดสีน้ำเงินลงในส่วนที่เป็นสีขาวที่ตรวจจับได้เพื่อแสดงว่าส่วนๆนั้นคือวัตถุที่เป็นมนุษย์ หลังจากนั้นจึงสั่งหาตำแหน่งของจุดสีน้ำเงินอีกครั้ง เพื่อที่จะได้กรอบการตรวจจับมนุษย์ที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

```
for i in range(width):
    for j in range(height):

        rgb = im.convert('RGB') # get three R G B values
        r, g, b = rgb.getpixel((i, j))


        if int(r) >= color_range[0] and int(r) <=color_range[1]  and int(g) >= color_range[0] and int(g) <= color_range[1] and int(b) >= color_range[0] and int(b) <=color_range[1]:
            print('PIXEL- X:{}Y:{} R:{} G:{} B:{}'.format(i,j,r,g,b))
            print('X:{},Y:{}'.format(i,j))
            print('------------------')
            cv2.circle(image,(i,j), 1, (255,0,0), -1)
            PIXEL_MATCH.append((i,j))

        PIXEL.append((i,j))
        COLOR.append((r,g,b))

# cv2.circle(image,(50,50), 20, (int(b),int(g),int(r)), -1)
cv2.imwrite('Out-' + px_name + img_path,image)
```

รูปที่ 3.15 codeคำสั่งกำหนดจุดสีน้ำเงิน



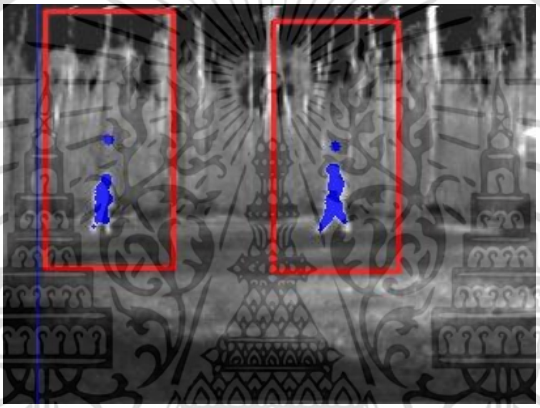
รูปที่ 3.16 ภาพตัวอย่างจากคำสั่งกำหนดจุดสีน้ำเงินลงในส่วนที่เป็นสีขาวที่ตรวจจับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4.7 กำหนดเส้นขอบแกนอ้างอิง เพื่อเช็คการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตรวจจับได้

```
for (x, y, w, h) in rects:
    cv2.rectangle(orig, (x, y), (x + w, y + h), (0, 0, 255), 2)
    centerx = x + (w / 2)
    centery = y + (h / 2)
    cv2.circle(orig,(int(centerx),int(centery)), 3, (255,0,0), -1)
    print('POINT X,Y: ',(int(centerx),int(centery)))
    print('CENTER LINE DIFF: ',int(centerx))
    PT.append(int(centerx))
    cv2.line(orig,(20,0),(20,cheight),(255,0,0), 1)
    print('--------')

print(PT)
```

รูปที่ 3.17 codeคำสั่งกำหนดเส้นขอบแกนอ้างอิง



รูปที่ 3.18 ภาพตัวอย่างจากคำสั่งกำหนดเส้นขอบแกนอ้างอิง

3.1.4.8 ทำการตรวจจับวัตถุโดยใช้คำสั่งHOGอีกรอบเพื่อความแม่นยำของข้อมูล

```
for pc in jpgfile:
    x,y,z,allp = HOGPerson(pc,100) #HOGPerson(image_file,factor)
    print(x)
    print(y)
    print(z)


    #print('START POINT: ',start_point)
    #print('END POINT: ',end_point)
    #print(x_min)print(y_min)print(x_max)print(y_max)


    image = cv2.imread(pc)

    count = len(x)
    diff = 10
```

รูปที่ 3.19 codeคำสั่งคำสั่งHOGตรวจจับการเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HOGPerson(image_file,factor) คือ คำสั่งตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์และกำหนดค่ามาก-น้อยของตำแหน่งพิกเซลสีตามที่กำหนด

diff = 10 คือ คำสั่งกำหนดระยะของกรอบสีแดง

3.1.4.9 ระบุการเคลื่อนที่ของวัตถุทิศทางซ้าย-ขวา

```
print(POINTX)


RESULT = []
AVG = []

count = len(POINTX)

for i in range(count):
    RESULT.append([])
    AVG.append([])

for j,p in enumerate(POINTX):
    for i,px in enumerate(p):

        if i>=1:
            print(px - p[i-1])
            RESULT[j].append(px - p[i-1])
            if px - p[i-1] <0:
                AVG[j].append(1)
            elif px - p[i-1]>0:
                AVG[j].append(0)
            else:
                pass

print(AVG)
print(RESULT)
```

รูปที่ 3.20 codeคำสั่งระบุการเคลื่อนที่ของวัตถุทิศทางซ้าย-ขวา

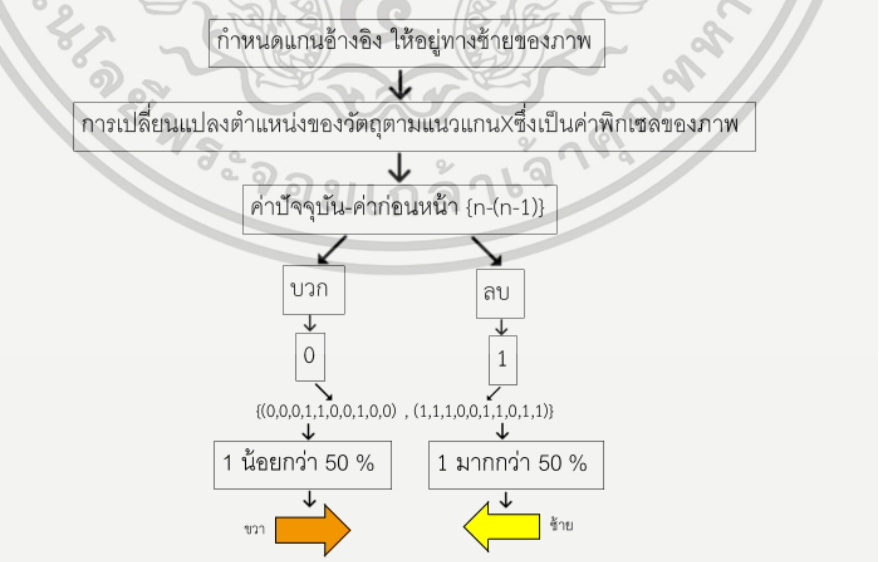
วิธีการกำหนดแกนอ้างอิงให้อยู่ทางซ้ายของภาพเมื่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุตามแนวแกน X ซึ่งเป็นค่าพิกเซลของภาพ [n-(n-1)] มีค่าเป็น ค่าบวก จะกำหนดให้มีค่าเป็น 0 และเมื่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุตามแนวแกน X ซึ่งเป็นค่าพิกเซลของภาพ [n-(n-1)] มีค่าเป็น ค่าลบ จะกำหนดให้มีค่าเป็น 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```python
import csv

def resultcsv(data,number):
    with open('result {}.csv'.format(number),'w',newline='') as f:
        fr = csv.writer(f)
        fr.writerow(data)


for i,av in enumerate(AVG):
    allsum = 0
    allsum = sum(av)
    count = len(av)
    try:
        percent = allsum / count
    except:
        percent = 0

    if percent <= 1 and percent >0 and percent > 0.5:
        text = '{:.2f}%'.format(percent * 100)
        print(text)
        print('Going Left')
        resultcsv(['Going Left',text],i + 1)
    elif percent > 0 and percent < 0.5:
        text = '{:.2f}%'.format(percent * 100)
        print('Going Right')
        resultcsv(['Going Right',text],i + 1)
    else:
        print('Stop')
        resultcsv(['STOP','0%'],i + 1)
```

รูปที่ 3.21 codeคำสั่งระบุการเคลื่อนที่ของวัตถุทิศทางซ้าย-ขวา

ถ้าเปอร์เซ็นต์ของค่าที่เป็น 1 มีน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะกำหนดให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปทางขวา และ ถ้าเปอร์เซ็นต์ของค่าที่เป็น 1 มีมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะกำหนดให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปทางซ้าย



รูปที่ 3.22 Flow chart อธิบายหลักการการเคลื่อนที่ของวัตถุทิศทางซ้าย-ขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4.10 แสดงผลการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา

หลังจากนำรูปภาพเข้ามาประมวลในโปรแกรมแล้ว โปรแกรมจะทำการแสดงผลรูปภาพออกมาโดยมีคำว่า res-ชื่อไฟล์

```
cv2.imwrite('res_' + pc,image)
```

รูปที่ 3.23 Codeคำสั่งแสดงผลการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา

3.1.5 วิเคราะห์ข้อมูลรูปภาพที่ได้จากการทดลองหลังการปรับปรุงโปรแกรม

หลังการปรับปรุงโปรแกรมการทดสอบการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวาใช้ข้อมูลรูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS 8x8-bit grayscale JPEG ขนาดภาพ = 320 x 240 Pixels จำนวน 145 ภาพ โดยจะใช้เกณฑ์การวัดผลจากความสามารถของโปรแกรมในการวิเคราะห์และตรวจจับวัตถุในภาพได้ ซึ่งหลังจากการปรับปรุงโปรแกรมผลการทดลองจะเห็นได้ว่าโปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนี้

1. โปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้ 94 ภาพจากจำนวนทั้งหมด 145 ภาพ

เปอร์เซ็นความถูกต้อง (%) = (จำนวนข้อมูลที่ทำนายได้ถูกต้อง / จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ) ×100

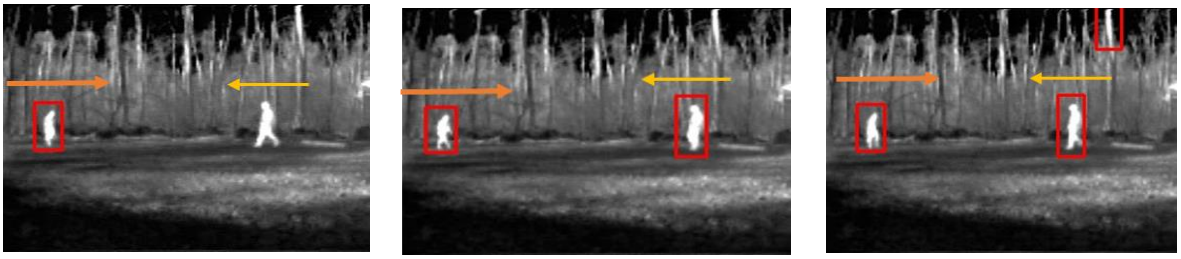
= (94/145) x 100

= 64.83 %

2. กรอบการตรวจจับวัตถุแคบลงและระบุวัตถุชัดเจนมากยิ่งขึ้น
3. โปรแกรมตรวจจับวัตถุอื่นๆ ที่ไม่ใช่มนุษย์ลดลง
4. โปรแกรมสามารถบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุว่ากำลังเคลื่อนที่ไปในทิศทางซ้ายหรือขวา จากการทดลองวัตถุโปรแกรมสามารถระบุว่าวัตถุที่1กำลังเคลื่อนที่ไปทางขวา 46.43% และ วัตถุที่2กำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย 60.00%

(เปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่อ้างอิงจากหัวข้อ 3.1.4.9 การระบุการเคลื่อนที่ของวัตถุทิศทางซ้าย-ขวา ถ้าเปอร์เซ็นต์ของค่าที่เป็น 1 มีน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะกำหนดให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปทางขวา และ ถ้าเปอร์เซ็นต์ของค่าที่เป็น 1 มีมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะกำหนดให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปทางซ้าย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 ตัวอย่างผลการทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์จากภาพความร้อน และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา ข้อมูลภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS

3.1.6 นำโปรมแกรมที่ปรับปรุงแล้วมาใช้ทดสอบตรวจจับวัตถุกับข้อมูลรูปภาพจริงจากกล้อง Flir Duo R Camera

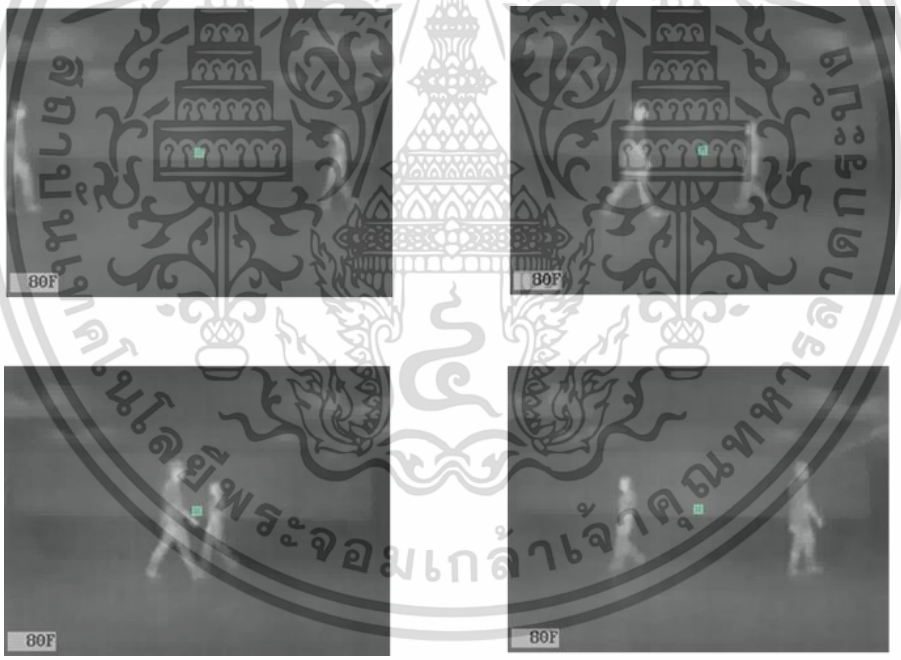
3.1.6.1 Flir Duo R Thermal Camera ทำการบันทึกภาพความร้อนจากกล้องถ่ายภาพความร้อนที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ระยะ 5 เมตร

รูปที่ 3.25 กล้อง Flir Duo R Thermal Camera

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงความละเอียดของ กล้อง Flir Duo R Thermal Camera

Overview	FLIR Duo R
Thermal Imager	Uncooled VOx Microbolometer
Resolution	640x480 Pixels
Lens	57° × 44°
Thermal Frame Rates	7.5 Hz (NTSC); 8.3 Hz (PAL)
Thermal Measurement Accuracy	+/-5°C
Visible Camera FOV	90°



รูปที่ 3.26 ตัวอย่างข้อมูลภาพความร้อนจากกล้อง Flir Duo R Thermal Camera ที่ระยะ 5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6.2 นำโปรมแกรมที่ปรับปรุงแล้วมาใช้ทดสอบตรวจจับวัตถุกับข้อมูลรูปภาพจริงจากกล้อง Flir Duo R Camera

จากการทดสอบได้ผล ดังนี้

1. โปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้ 21 ภาพจากจำนวนทั้งหมด 26 ภาพ

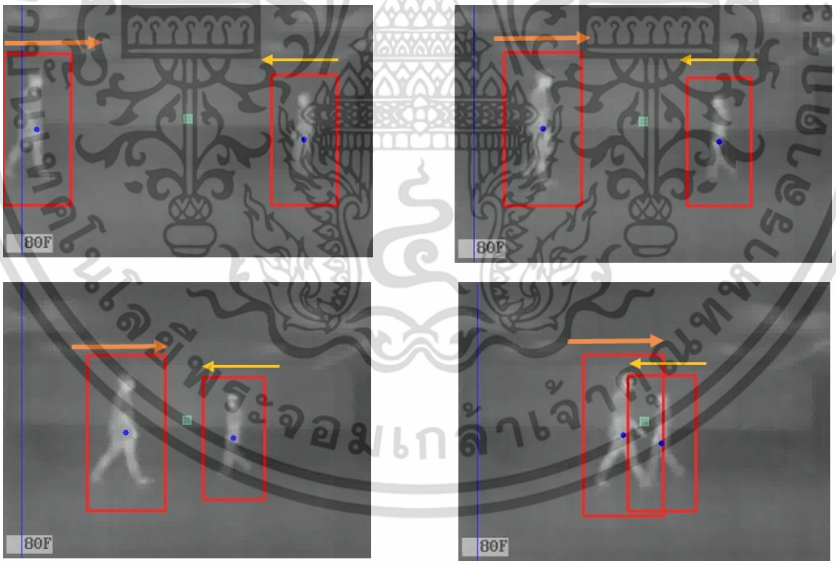
เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง (%) = (จำนวนข้อมูลที่ทำนายได้ถูกต้อง / จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ) ×100

= (21/26) x 100

= 80.76 %

4. โปรแกรมสามารถบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุว่ากำลังเคลื่อนที่ไปในทิศทางซ้ายหรือขวา จากการทดลองวัตถุโปรแกรมสามารถระบุว่าวัตถุที่1กำลังเคลื่อนที่ไปทางขวา 30.43% และ วัตถุที่2กำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย 93.75%

(เปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่อ้างอิงจากหัวข้อ 3.1.4.9 การระบุการเคลื่อนที่ของวัตถุทิศทางซ้าย-ขวา ถ้าเปอร์เซ็นต์ของค่าที่เป็น 1 มีน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะกำหนดให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปทางขวา และ ถ้าเปอร์เซ็นต์ของค่าที่เป็น 1 มีมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะกำหนดให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปทางซ้าย)



รูปที่ 3.27 ตัวอย่างผลการทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์จากภาพความร้อนและบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา ข้อมูลภาพความร้อนจาก Flir Duo R Thermal Camera ที่ระยะ 5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

จุดประสงค์ของการทดลองนี้ เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมและทดสอบการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 วัตถุที่เป็นมนุษย์ จากภาพความร้อนในสภาพแวดล้อมที่มีความมืดโดยใช้หลักการ HOG (Histogram of Oriented Gradients),หลักการ Color Detection และใช้หลักการ Support Vector Machine (SVM) เป็นตัวบ่งชี้แบ่งแยกระหว่างมนุษย์กับวัตถุอื่นๆ จากนั้นกำหนดแกนอ้างอิงเพื่อใช้เป็นตัววัดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุตามแนวแกน X ซึ่งเป็นค่าพิกเซลของภาพเพื่อบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุว่ากำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย หรือ ทางขวา

4.1 ผลการทดลองการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 วัตถุที่เป็นมนุษย์

การทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุจากภาพความร้อน โดยใช้ข้อมูลรูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS 8x8-bit grayscale JPEG ขนาดภาพ = 320 x 240 Pixels จำนวน 145 ภาพ โดยจะใช้เกณฑ์การวัดผลจากความสามารถของโปรแกรมในการวิเคราะห์และตรวจจับวัตถุในภาพได้ ซึ่งจากการใช้โปรแกรมนี้ผลที่ได้จะเห็นได้ว่าโปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้ 76 ภาพ จากจำนวนทั้งหมด 145 ภาพ แต่พบข้อผิดพลาด โดยสังเกตได้จากภาพตัวอย่างของผลการทดลอง ดังนี้

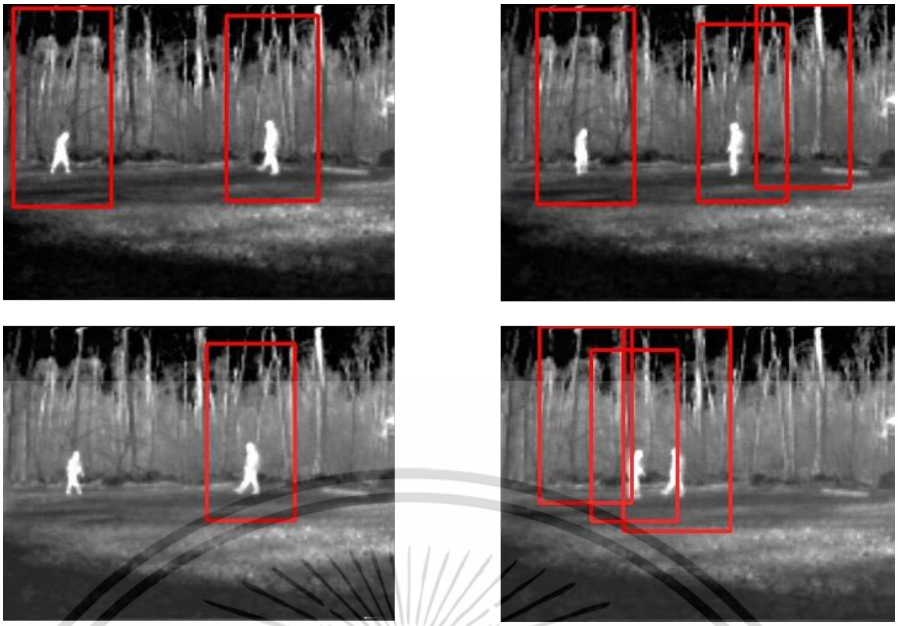
1. โปรแกรมตรวจจับวัตถุอื่นๆ ที่ไม่ใช่มนุษย์
2. โปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้ แต่กรอบการตรวจจับวัตถุยังมีวงกว้างเกินไป

เปอร์เซ็นความถูกต้อง (%) = (จำนวนข้อมูลที่ทำนายได้ถูกต้อง / จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ) ×100

= (76/145) x 100

= 52.41 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างผลการทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุจากภาพความร้อน ข้อมูลภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS

4.2 ผลการทดลองหลังการปรับปรุงโปรแกรมเพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์ ให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา

หลังการปรับปรุงโปรแกรมการทดสอบการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์ และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวาใช้ข้อมูลรูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS 8x8-bit grayscale JPEG ขนาดภาพ = 320 x 240 Pixels จำนวน 145 ภาพ โดยจะใช้เกณฑ์การวัดผลจากความสามารถของโปรแกรมในการวิเคราะห์และตรวจจับวัตถุในภาพได้ ซึ่งหลังจากการปรับปรุงโปรแกรมผลการทดลองจะเห็นได้ว่าโปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนี้

1. โปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้ 94 ภาพจากจำนวนทั้งหมด 145 ภาพ

เปอร์เซ็นความถูกต้อง (%) = (จำนวนข้อมูลที่ทำนายได้ถูกต้อง / จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ) ×100

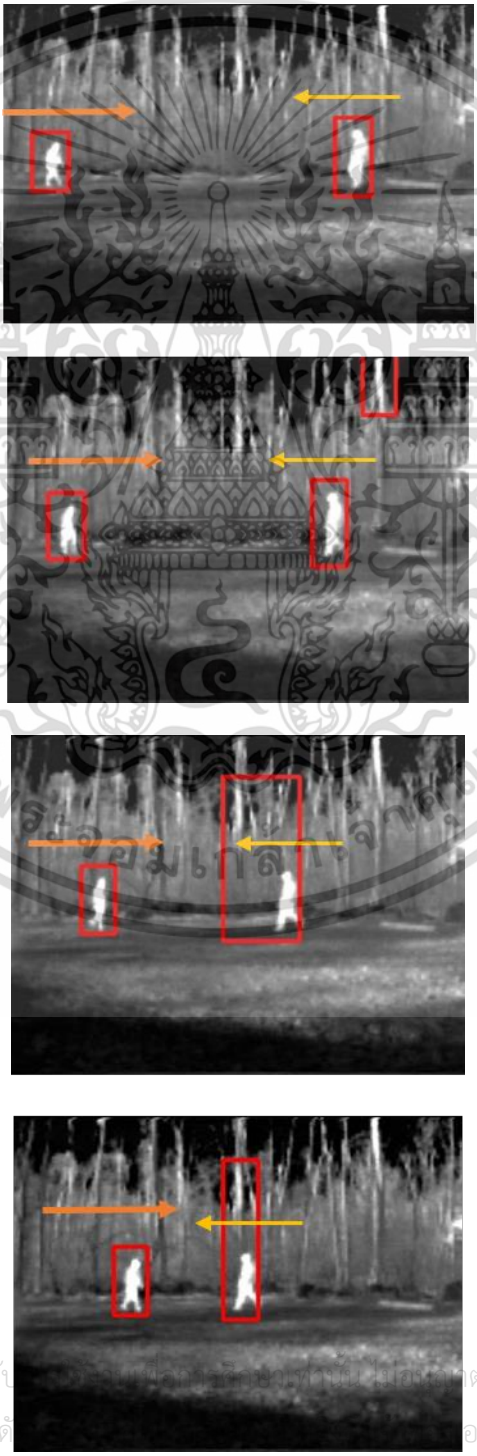
= (94/145) x 100

= 64.83 %

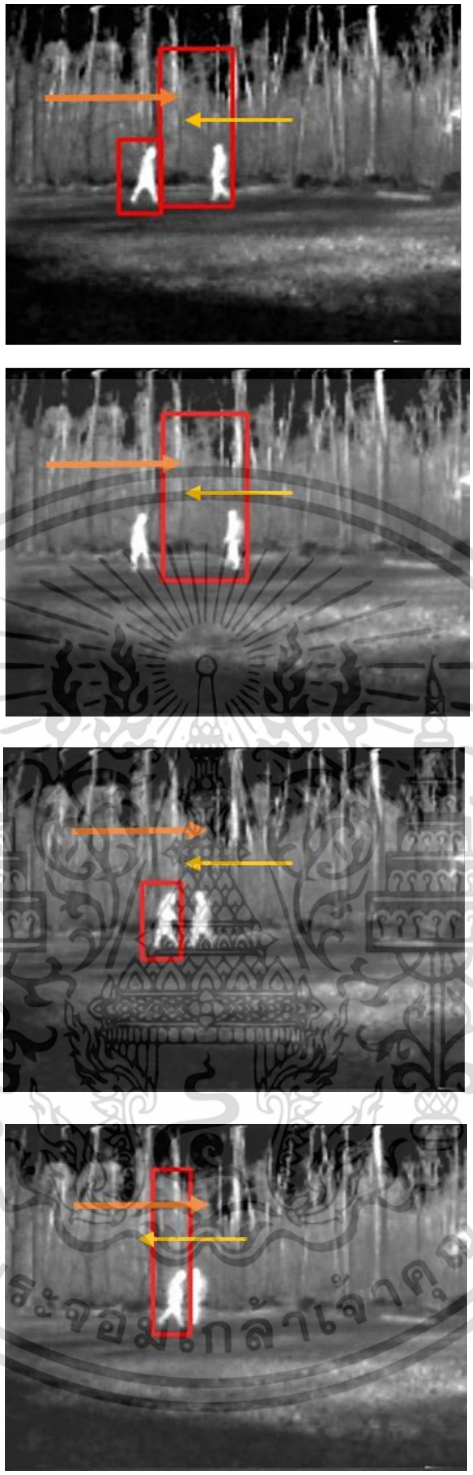
2. กรอบการตรวจจับวัตถุแคบลงและระบุวัตถุชัดเจนมากยิ่งขึ้น
3. โปรแกรมตรวจจับวัตถุอื่นๆ ที่ไม่ใช่มนุษย์ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โปรแกรมสามารถบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุว่ากำลังเคลื่อนที่ไปในทิศทางซ้ายหรือขวา จากการทดลองวัตถุโปรแกรมสามารถระบุว่าวัตถุที่1กำลังเคลื่อนที่ไปทางขวา 46.43%
และ วัตถุที่2กำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย 60.00%
(เปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่อ้างอิงจากหัวข้อ 3.1.4.9 การระบุการเคลื่อนที่ของวัตถุทิศทางซ้าย-ขวา ถ้าเปอร์เซ็นต์ของค่าที่เป็น 1 มีน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะกำหนดให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปทางขวา และ ถ้าเปอร์เซ็นต์ของค่าที่เป็น 1 มีมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะกำหนดให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปทางซ้าย)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ ...ต์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดั... เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างผลการทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์จากภาพความร้อน และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา ข้อมูลภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองนำโปรมแกรมที่ปรับปรุงแล้วมาใช้ทดสอบตรวจจับวัตถุและบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา กับข้อมูลรูปภาพจริงจากกล้อง Flir Duo R Camera

จากการทดลองได้ผล ดังนี้

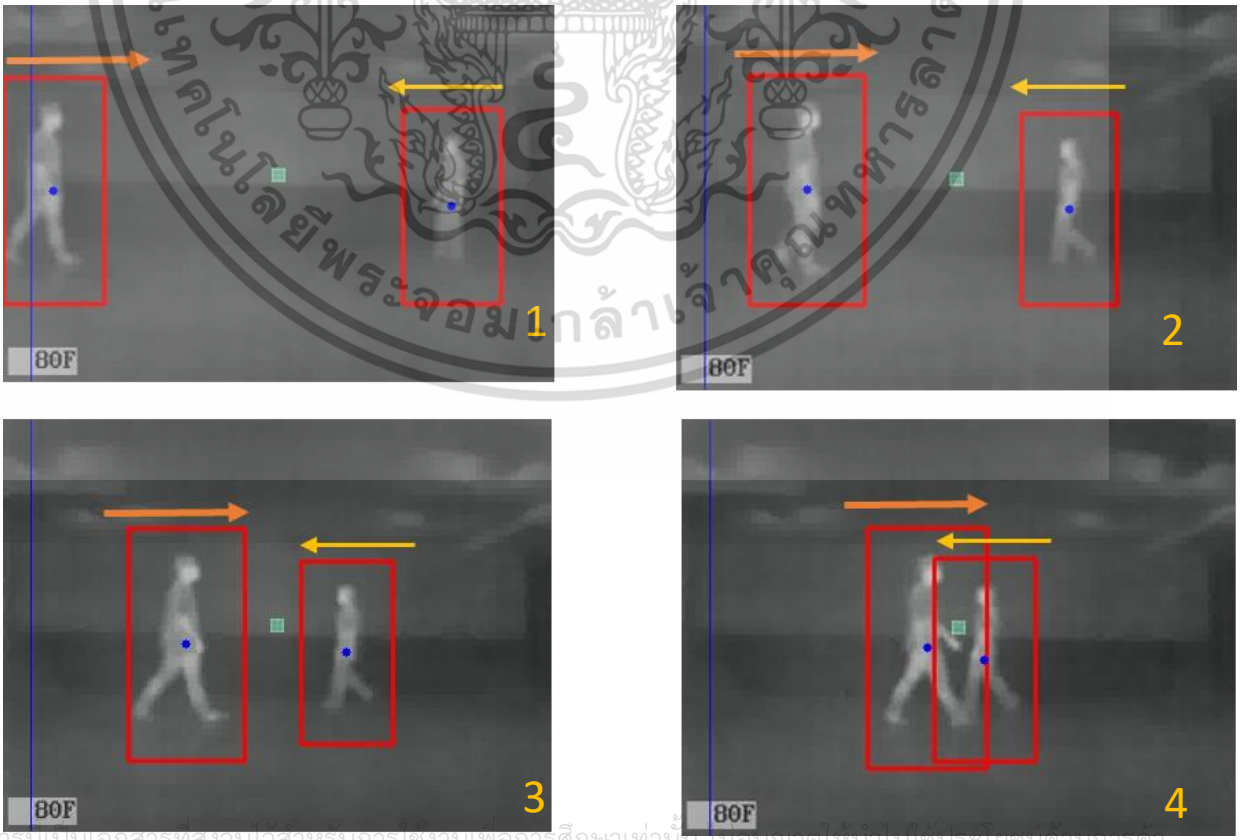
1. โปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้ 21 ภาพจากจำนวนทั้งหมด 26 ภาพ

เปอร์เซ็นความถูกต้อง (%) = (จำนวนข้อมูลที่ทำนายได้ถูกต้อง / จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ) ×100

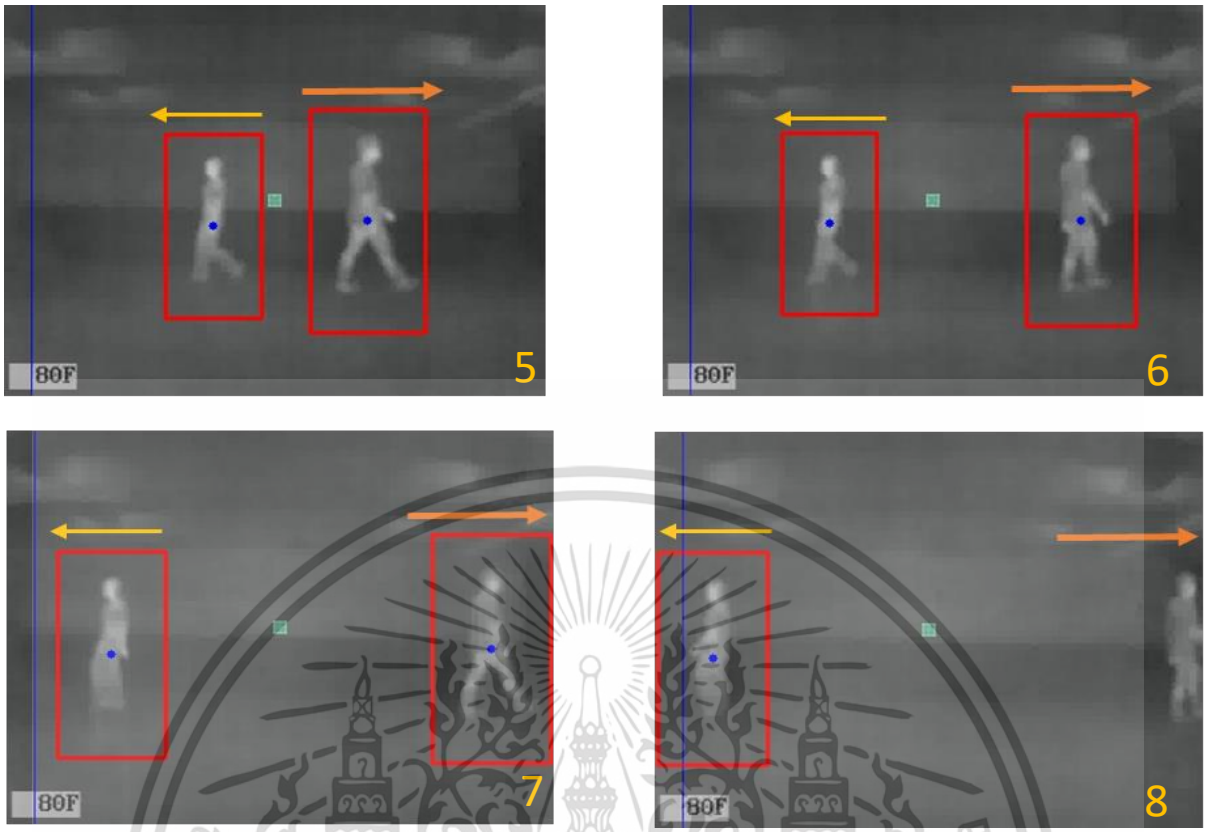
= (21/26) x 100

= 80.76 %

4. โปรแกรมสามารถบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุว่ากำลังเคลื่อนที่ไปในทิศทางซ้ายหรือขวา จากการทดลองวัตถุโปรแกรมสามารถระบุว่าวัตถุที่1กำลังเคลื่อนที่ไปทางขวา 30.43%
และ วัตถุที่2กำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย 93.75%
(เปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่อ้างอิงจากหัวข้อ 3.1.4.9 การระบุการเคลื่อนที่ของวัตถุทิศทางซ้าย-ขวา ถ้าเปอร์เซ็นต์ของค่าที่เป็น 1 มีน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะกำหนดให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปทางขวา และ ถ้าเปอร์เซ็นต์ของค่าที่เป็น 1 มีมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะกำหนดให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปทางซ้าย)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างผลการทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์จากภาพความร้อน และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา ข้อมูลภาพความร้อนจาก Flir Duo R Thermal Camera ที่ระยะ 5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 วัตถุที่เป็นมนุษย์จากภาพความร้อน IEEE OTCBVS

แหล่งข้อมูลรูปภาพ	รูปภาพทั้งหมด (ภาพ)	รูปภาพที่ตรวจจับได้ (ภาพ)	Accuracy (%)
IEEE OTCBVS (ก่อนปรับปรุงโปรแกรม)	145	76	52.41%
IEEE OTCBVS (หลังปรับปรุงโปรแกรม)	145	94	64.83%

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าผลการทดลอง หลังการปรับปรุงโปรแกรมผลการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 วัตถุที่เป็นมนุษย์ โปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุได้มีปริมาณและมีประสิทธิภาพมากขึ้น 18 ภาพ คิดเป็น 12.42% อีกทั้งโปรแกรมยังสามารถบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์ และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา ของข้อมูลภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS (หลังปรับปรุงโปรแกรม) กับ Flir Duo R Thermal Camera

แหล่งข้อมูลรูปภาพ	รูปภาพทั้งหมด (ภาพ)	รูปภาพที่ตรวจจับได้ (ภาพ)	Going Right (1<50%)*	Going Left (1>50%)*	Accuracy (%)
IEEE OTCBVS (หลังปรับปรุงโปรแกรม)	145	94	46.43%	60.00%	64.83%
Flir Duo R Thermal Camera	26	21	30.43%	93.75%	80.76%

* คือ เปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่อ้างอิงจากหัวข้อ 3.1.4.9 การระบุการเคลื่อนที่ของวัตถุทิศทางซ้าย-ขวา ถ้าเปอร์เซ็นต์ของค่าที่เป็น 1 มีน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะกำหนดให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปทางขวา และ ถ้าเปอร์เซ็นต์ของค่าที่เป็น 1 มีมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะกำหนดให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปทางซ้าย

จากตารางที่ 4.2 ผลการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์ และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา ของข้อมูลภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS (หลังปรับปรุงโปรแกรม) กับ Flir Duo R Thermal Camera แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมสามารถตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้ถึงแม้ว่ารูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS ที่นำมาใช้ทดลองจะมีความละเอียดต่ำเพียง 320 x 240 Pixels โปรแกรมก็ยังสามารถตรวจจับได้มีค่าความถูกต้อง 64.83% และรูปภาพความร้อนจาก Flir Duo R Thermal Camera มีความละเอียดของภาพ 640x480 Pixels โปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุได้มีค่าความถูกต้องถูกต้อง 80.76% อีกทั้งโปรแกรมยังสามารถบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวาของแต่ละวัตถุได้อย่างถูกต้องอีกด้วย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า จากการทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 วัตถุที่เป็นมนุษย์ จากภาพความร้อนในสภาพแวดล้อมที่มีความมืดโดยใช้หลักการ HOG (Histogram of Oriented Gradients) , หลักการ Color Detection และใช้หลักการ Support Vector Machine (SVM) เป็นตัวบ่งชี้แบ่งแยกระหว่างมนุษย์กับวัตถุอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกำหนดแกนอ้างอิงเพื่อใช้เป็นตัววัดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุตามแนวแกน X ซึ่งเป็นค่าพิกเซลของภาพเพื่อบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุว่ากำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย หรือทางขวา โปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ได้อย่างถูกต้อง ไม่ว่าข้อมูลรูปภาพความร้อนที่นำมาทดลองนั้นจะมีความละเอียดต่ำหรือสูงก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยทั้งหมดที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ มีเนื้อหาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษาที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 1 ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีการประมวลผลภาพการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุจากภาพความร้อน สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีการประมวลผลภาพการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 วัตถุจากภาพความร้อนในสภาพแวดล้อมที่มีความมืด จากการวิเคราะห์ผลการทดลองการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุจากภาพความร้อนด้วย หลักการ HOG (Histogram of Oriented Gradients),หลักการ Color Detection และ หลักการSupport Vector Machine (SVM) ซึ่งเป็นตัวแบ่งแยกระหว่างมนุษย์กับวัตถุอื่นๆ และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของมนุษย์ โดยกำหนดแกนอ้างอิงให้อยู่ทางซ้ายของภาพเพื่อใช้เป็นตัววัดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุตามแนวแกน X ซึ่งเป็นค่าพิกเซลของภาพเพื่อบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุว่ากำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย หรือ ทางขวา เมื่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุตามแนวแกน X ซึ่งเป็นค่าพิกเซลของภาพ [n-(n-1)] มีค่าเป็น ค่าบวก จะกำหนดให้มีค่าเป็น 0 และเมื่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุตามแนวแกน X ซึ่งเป็นค่าพิกเซลของภาพ [n-(n-1)] มีค่าเป็น ค่าลบ จะกำหนดให้มีค่าเป็น 1 ถ้าเปอร์เซ็นต์ของค่าที่เป็น 1 มีน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะกำหนดให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปทางขวา และ ถ้าเปอร์เซ็นของค่าที่เป็น 1 มีมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะกำหนดให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปทางซ้าย ทำการเขียนโปรแกรมด้วย sublime text 3 ร่วมกับ Opencv โดยใช้ภาษา Python ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งจากผลการทดลองโปรแกรมกับข้อมูลรูปภาพความร้อน จาก IEEE OTCBVS WS Series Bench Roland Miezianko และ ฐานข้อมูล Terravic Research Infrared ขนาดภาพ = 320 x 240 Pixels จำนวน 145 ภาพ ในตอนแรก โดยจะใช้เกณฑ์การวัดผลจากความสามารถของโปรแกรมในการวิเคราะห์และตรวจจับวัตถุในภาพได้ ซึ่งจากการใช้โปรแกรมนี้ผลที่ได้จะเห็นได้ว่าโปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้ 76 ภาพ จากจำนวนทั้งหมด 145 ภาพ แต่ยังมีข้อผิดพลาดอยู่ค่อนข้างมาก โปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้ แต่กรอบการตรวจจับวัตถุยังมีวงกว้างเกินไป ,โปรแกรมตรวจมีการจับวัตถุอื่นๆ ที่ไม่ใช่มนุษย์ และมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องแม่นยำในการตรวจจับ 52.41 % ทางผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงพัฒนาให้โปรแกรมสามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์ให้ได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น และสามารถบ่งบอกทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา หลังการปรับปรุงโปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นการทดสอบการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา โดยใช้ข้อมูลรูปภาพความร้อนจาก IEEE OTCBVS ขนาดภาพ = 320 x 240 Pixels จำนวน 145 ภาพ โปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์ได้ 94 ภาพจากจำนวนทั้งหมด 145 ภาพ มีค่าความถูกต้องแม่นยำในการตรวจจับ 64.83 % กรอบการตรวจจับวัตถุแคบลงและระบุวัตถุชัดเจนมากยิ่งขึ้น ,โปรแกรมตรวจจับวัตถุอื่นๆ ที่ไม่ใช่มนุษย์ลดลง และโปรแกรมสามารถบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุว่ากำลังเคลื่อนที่ไปในทิศทางซ้ายหรือขวาได้อย่างถูกต้อง หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงได้ลองนำโปรแกรมที่ปรับปรุงแล้วมาทดสอบตรวจจับตความเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นมนุษย์และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวากับรูปภาพความร้อนที่ถ่ายจากกล้องจริง ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ใช้กล้อง Flir Duo R Thermal Camera มีความละเอียดของภาพ 640x480 Pixels จากการทดลองโปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุ ได้มีค่าความถูกต้อง 80.76% อีกทั้งโปรแกรมยังสามารถบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวาของแต่ละวัตถุได้อย่างถูกต้องอีกด้วย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า จากการทดลองตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 วัตถุที่เป็นมนุษย์ จากภาพความร้อนในสภาพแวดล้อมที่มีความมืดโดยใช้หลักการ HOG (Histogram of Oriented Gradients),หลักการ Color Detection และใช้หลักการ Support Vector Machine (SVM) เป็นตัวบ่งชี้แบ่งแยกระหว่างมนุษย์กับวัตถุอื่นๆ และกำหนดแกนอ้างอิงเพื่อใช้เป็นตัววัดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุตามแนวแกน X ซึ่งเป็นค่าพิกเซลของภาพเพื่อบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุว่ากำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย หรือทางขวา ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ได้อย่างถูกต้อง ไม่ว่าข้อมูลรูปภาพความร้อนที่นำมาทดลองนั้นจะมีความละเอียดต่ำหรือสูงก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรทำการศึกษาการเพิ่มความละเอียดของรูปภาพและการลดสัญญาณรบกวนในรูปภาพ ซึ่งอาจจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการตรวจจับวัตถุในภาพเพิ่มขึ้นได้

5.2.2 ควรศึกษาหลักการอื่นๆในการตรวจจับวัตถุ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโปรแกรมในการตรวจจับ

5.2.3 ปรับปรุงพัฒนาโปรแกรมให้สามารถบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น วัตถุเคลื่อนไปทางด้านหน้า หรือ วัตถุเคลื่อนที่ถอยหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] นวภัทรา หนูนาค และ รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์. 2555. **การวัดและเครื่องมือวัด ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร**. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[2] Magazine Online Thai Inventor. 2018. **Sensor ตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด**. [Online]. Available: https://www.inventor.in.th/home/sensor-ตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด

[3] อรฉัตร จิตต์โสภักตร์ 2552. **Digital Image Processing ทฤษฎีการประมวลผลภาพดิจิตอล**, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์สงวนกิจ พริ้นท์ แอนด์ มีเดีย, MathWorks 2009. MATLAB. MATLAB Version 7.9 (R2009b). User's Guide. MathWorks.

[4] ชุมพล เสนาพันธ์ และ คำรณ สุนัต. (2556). **การตรวจจับมนุษย์โดยใช้คุณลักษณะตามการแปลงค่าการเก็บรวบรวมข้อมูลร่วมกับค่าความถี่ของค่าทิศทางตามค่าเกรเดียนท์และตัวแบบการเรียนรู้เครื่องจักรเรียนรู้เอ็กซ์ทรีมสำหรับเรเดียลเบสิสทั่วไปรุ่นปรับปรุง**. การประชุม National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT) ครั้งที่ 9.

[5] ประภาพร กุลลิ้มรัตน์ชัย. (2556). **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการค้นคืนภาพ Image Retrieval Fundamentals.** วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย. ปีที่ 7. ฉบับที่ 2. ประจำเดือน กรกฎาคม– ธันวาคม.

[6] ผศ.ดร.มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ. (2018). **การสกัดคุณลักษณะเฉพาะของภาพ (Image Feature Extraction)**. .[Online]. Available : www2.it.kmutnb.ac.th/teacher/FileDL/DrMahasak74256111033.pptx

[7] สมเกียรติ อุดมหรรษากุล. (2554). **การประมวลผลภาพดิจิตอล: Fundamentals of Digital Image Processing**.

[8] อนุสรณ์ อุ่นท้าว และ สมปอง เวฬุวนาธร. (2557). **การรู้จำท่ามือภาษาไทยโดยใช้ค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและซัพพอร์ตเวกเตอร์ แมชชีน**.การประชุม National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT) ครั้งที่ 10.

[9] Gonzalez, R. C. & Woods, E. R., (2009). **Digital Image Processing. Prentice Hall Upper Saddle River** : New Jersey 07458.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] Dalal, N., & Triggs, B. (2005). **Histograms of Oriented Gradients for Human Detection**. NRIA Rhone-Alps. 655 avenue de l'Europe, Montbonnot 38334. France

[11] Ukraine., Vinnytsia. 2019. **Classification using k-Nearest Neighbors in R.**[Online]. Available : https://en.proft.me/2017/01/22/classification-using-k-nearest-neighbors-r/

[12] Wikipedia. 2019. **Neural network**. [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Neural_network

[13] สุรพงค์ เอื้อวัฒนามงคล. 2559. การทำเหมืองข้อมูล = Data mining. กรุงเทพฯ :คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Codeที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม โดยใช้โปรแกรม Sublime text ร่วมกับ OpenCV ใช้ภาษา Python ในการเขียน

1.ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ2วัตถุ โดยใช้หลักการHOG (Histogram of Oriented Gradients) และ หลักการ Support Vector Machine (SVM) ในการตรวจจับและแบ่งแยกวัตถุที่เป็นมนุษย์

```
# import the necessary packages

from __future__ import print_function

from imutils.object_detection import non_max_suppression

from imutils import paths

import numpy as np

import argparse

import imutils

import cv2

import os


path =  os.getcwd()

filenames = os.listdir(path)

#print(path)

#print(filenames)


jpgfile = []


for i in filenames:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if i[-3:]=='jpg':
                jpgfile.append(i)

print(jpgfile)


def HOGPerson(img_person):

        hog = cv2.HOGDescriptor()
        hog.setSVMDetector(cv2.HOGDescriptor_getDefaultPeopleDetector())

        # loop over the image path
        image = cv2.imread(img_person)
        image = imutils.resize(image, width=min(400, image.shape[1]))
        orig = image.copy()

        # detect people in the image
        (rects, weights) = hog.detectMultiScale(image, winStride=(4, 4),
                padding=(8, 8), scale=1.05)

        # draw the original bounding boxes
        for (x, y, w, h) in rects:
                cv2.rectangle(orig, (x, y), (x + w, y + h), (0, 0, 255), 2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        # apply non-maxima suppression to the bounding boxes using a
        # fairly large overlap threshold to try to maintain overlapping
        # boxes that are still people
        rects = np.array([[x, y, x + w, y + h] for (x, y, w, h) in rects])
        pick = non_max_suppression(rects, probs=None, overlapThresh=0.65)

        # draw the final bounding boxes
        print(pick)
        for (xA, yA, xB, yB) in pick:
                print(xA, yA, xB, yB)
                cv2.rectangle(image, (xA, yA), (xB, yB), (0, 255, 0), 2)
        cv2.imwrite('Out-' + img_person,orig)
        #cv2.imshow("Before NMS", orig)
        #cv2.imshow("After NMS", image)
        #cv2.waitKey(0)

for pc in jpgfile:
        HOGPerson(pc)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ2วัตถุ โดยใช้หลักการ HOG , Color Detection , SVM และกำหนด Center Line ในการบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุซ้าย-ขวา

```
# import the necessary packages
from imutils.object_detection import non_max_suppression
from imutils import paths
import numpy as np
import argparse
import imutils
import cv2
import os
from PIL import Image
import csv


def writetocsv(data,filename='test_500x500.csv'):
        with open(filename,'w',newline='') as f:
                fw = csv.writer(f)
                for dt in data:
                        fw.writerow(dt)

        print('Done')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
path =  os.getcwd()

filenames = os.listdir(path)

#print(path)

#print(filenames)


jpgfile = []


for i in filenames:

        if i[-3:]=='jpg':

                jpgfile.append(i)


print(jpgfile)


def CheckColor(img_path='Out-scene-test00001.png',color_range=(230,255)):

        im = Image.open(img_path)


        width, height = im.size #get image size

        print(width,height)


        image = cv2.imread(img_path)


        all_list = []
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PIXEL = []

COLOR = []


for i in range(width):

        for j in range(height):


                rgb = im.convert('RGB') # get three R G B values

                r, g, b = rgb.getpixel((i, j))


                if int(r) >= color_range[0] and int(r) <=color_range[1]  and int(g) >= color_range[0] and int(g) <= color_range[1] and int(b) >= color_range[0] and int(b) <=color_range[1]:

                        print('PIXEL- X:{}Y:{} R:{} G:{} B:{}'.format(i,j,r,g,b))

                        print('X:{},Y:{}'.format(i,j))

                        print('------------------')

                        cv2.circle(image,(i,j), 1, (255,0,0), -1)


                PIXEL.append((i,j))

                COLOR.append((r,g,b))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        # cv2.circle(image,(50,50), 20, (int(b),int(g),int(r)), -1)
        cv2.imwrite('Out-' + img_path,image)
        cv2.imshow('test',image)
        cv2.waitKey(0)

def CheckColorPX(img_path,color_range=(200,255),PX=(20,20),px_name='test'):
        im = Image.open(img_path)

        width, height = im.size #get image size
        print(width,height)

        image = cv2.imread(img_path)

        all_list = []

        PIXEL = []
        COLOR = []
        PIXEL_MATCH = []
        for i in range(width):
                for j in range(height):

                        rgb = im.convert('RGB') # get three R G B values
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    r, g, b = rgb.getpixel((i, j))


                    if int(r) >= color_range[0] and int(r) <=color_range[1]  and int(g)
>= color_range[0] and int(g) <= color_range[1] and int(b) >= color_range[0] and int(b)
<=color_range[1]:
                        print('PIXEL- X:{}Y:{} R:{} G:{} B:{}'.format(i,j,r,g,b))
                        print('X:{},Y:{}'.format(i,j))
                        print('------------------')
                        cv2.circle(image,(i,j), 1, (255,0,0), -1)
                        PIXEL_MATCH.append((i,j))

                    PIXEL.append((i,j))
                    COLOR.append((r,g,b))

    # cv2.circle(image,(50,50), 20, (int(b),int(g),int(r)), -1)
    cv2.imwrite('Out-' + px_name + img_path,image)


    return PIXEL_MATCH
    #cv2.imshow('test',image)
    #cv2.waitKey(0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
POINTX = [[],[]]


def HOGPerson(img_person,factor=20):


        hog = cv2.HOGDescriptor()

        hog.setSVMDetector(cv2.HOGDescriptor_getDefaultPeopleDetector())


        # loop over the image paths

        image = cv2.imread(img_person)

        image = imutils.resize(image, width=min(400, image.shape[1]))

        orig = image.copy()


        cheight, cwidth, cchannels = image.shape


        centerline = cwidth / 2



        print('SIZE: X:{} Y:{}'.format(cwidth,cheight))


        # detect people in the image

        (rects, weights) = hog.detectMultiScale(image, winStride=(4, 4),

                padding=(12, 12), scale=1.05)

        PT = []
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
# draw the original bounding boxes
for (x, y, w, h) in rects:
        cv2.rectangle(orig, (x, y), (x + w, y + h), (0, 0, 255), 2)
        centerx = x + (w / 2)
        centery = y + (h / 2)
        cv2.circle(orig,(int(centerx),int(centery)), 3, (255,0,0), -1)
        print('POINT X,Y: ',(int(centerx),int(centery)))
        print('CENTER LINE DIFF: ',int(centerx))
        PT.append(int(centerx))
        cv2.line(orig,(20,0),(20,cheight),(255,0,0), 1)
        print('-------')
print(PT)

try:
        POINTX[0].append(PT[0])
        POINTX[1].append(PT[1])
except:
        pass

# apply non-maxima suppression to the bounding boxes using a
# fairly large overlap threshold to try to maintain overlapping
# boxes that are still people
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
rects = np.array([[x, y, x + w, y + h] for (x, y, w, h) in rects])

pick = non_max_suppression(rects, probs=None, overlapThresh=0.65)


# draw the final bounding boxes

print('PICK: ', pick)


start_point = []

end_point = []

total_point = []


x_min = []

y_min = []

x_max = []

y_max = []


for (xA, yA, xB, yB) in pick:

        print(xA, yA, xB, yB)

        cv2.rectangle(image, (xA, yA), (xB, yB), (0, 255, 0), 2)


        start_point.append((xA,yA))

        end_point.append((xB,yB))


        img = cv2.imread(img_person)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
crop_img = img[yA:yB, xA:xB]

cv2.imwrite('croped_'+img_person,crop_img) #ครอปแต่ไม่มีสีน้ำเงิน

text_px = 'X1-{}Y1-{}X2-{}Y2-{}'.format(xA, yA, xB, yB)

resultpos =
CheckColorPX('croped_'+img_person,color_range=(240,255),px_name=text_px)

print('CHECKCOLOR: ',resultpos)

total_point.append(resultpos) #จุดทั้งหมดที่เจอเป็นจุดไหนบ้าง


data_x = []

data_y = []


c_count = 0

point_list_x = []

point_list_y = []

pix_list = []

#sumpoint_list_x = []

#sumpoint_list_y = []


#[(10,20),(20,30)]

for i,j in resultpos:

        data_x.append(i)

        data_y.append(j)

        pix_list.append((i,j))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if c_count > 0:
                k = i - pix_list[c_count - 1][0]
                if k <=0:
                    point_list_x.append(1)

                else:
                    point_list_x.append(0)
                l = j - pix_list[c_count - 1][1]
                if l <=0:
                    point_list_y.append(1)
                else:
                    point_list_y.append(0)

            c_count =+ 1
print(point_list_x)
print(point_list_y)
#sum(point_list_y)

            #for i in point_list_x
if sum(point_list_x) >5:
            print("This is human")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
else:
        print("This is NOT human")

        #for i in point_list_y
if sum(point_list_y) >5:
        print("This is human")
else:
        print("This is NOT human")

minx = min(data_x)
maxx = max(data_x[:factor])
miny = min(data_y[:factor])
maxy = max(data_y)
x_min.append(minx)
y_min.append(miny)
x_max.append(maxx)
y_max.append(maxy)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            #cv2.imshow("cropped", crop_img)
            #cv2.waitKey(0)
print('START POINT: ',start_point)
print('END POINT: ',end_point)


print(x_min)
print(y_min)

print(x_max)
print(y_max)

allpoint = []

for stp,tot in zip(pick,total_point):

            x = stp[0]
            y = stp[1]

            for x2,y2 in tot:

                        allpoint.append((x+x2,y+y2))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        for x,y in allpoint:
            cv2.circle(orig,(x,y), 1, (255,0,0), -1)


        writetocsv(allpoint,'Result-{}.csv'.format(img_person))


        cv2.imwrite('Out-' + img_person,orig)
        #cv2.imshow("Before NMS", orig)
        #cv2.imshow("After NMS", image)
        #cv2.waitKey(0)
        return start_point, end_point,[x_min,y_min,x_max,y_max],allpoint


for pc in jpgfile:
        x,y,z,allp = HOGPerson(pc,100) #HOGPerson(image_file,factor)
        print(x)
        print(y)
        print(z)


        #print('START POINT: ',start_point)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        #print('END POINT: ',end_point)

        #print(x_min)print(y_min)print(x_max)print(y_max)



        image = cv2.imread(pc)


        count = len(x)

        diff = 10

        try:

                for i in range(count):

                        s_x = x[i][0]

                        s_y = x[i][1]


                                cv2.rectangle(image, (s_x + z[0][i] - diff,s_y + z[1][i] - diff) , (s_x
+ z[2][i] + diff,s_y+z[3][i] + diff), (0, 0, 255), 2)


                cv2.imwrite('res_' + pc,image)

        except:

                pass



print(POINTX)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
RESULT = []

AVG = []


count = len(POINTX)


for i in range(count):
        RESULT.append([])
        AVG.append([])


for j,p in enumerate(POINTX):
        for i,px in enumerate(p):

            if i>=1:
                print(px - p[i-1])
                RESULT[j].append(px - p[i-1])
                if px - p[i-1] <0:
                        AVG[j].append(1)
                elif px - p[i-1]>0:
                        AVG[j].append(0)
                else:
                        pass
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
print(AVG)

print(RESULT)


import csv


def resultcsv(data,number):
        with open('result {}.csv'.format(number),'w',newline='') as f:
                fr = csv.writer(f)
                fr.writerow(data)


for i,av in enumerate(AVG):
        allsum = 0
        allsum = sum(av)
        count = len(av)
        try:
                percent = allsum / count
        except:
                percent = 0


        if percent <= 1 and percent >0 and percent > 0.5:
                text = '{:.2f}%'.format(percent * 100)
                print(text)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            print('Going Left')
            resultcsv(['Going Left',text],i + 1)
        elif percent > 0 and percent < 0.5:
            text = '{:.2f}%'.format(percent * 100)
            print('Going Right')
            resultcsv(['Going Right',text],i + 1)
        else:
            print('Stop')
            resultcsv(['STOP','0%'],i + 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวดุษฎี วงษ์วีระขันธ์
วัน เดือน ปีเกิด	1 มีนาคม 2537
ที่อยู่	35 ซอยเรือนทอง ถนนริมคลองประปา เขต/แขวงบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานครฯ
ประวัติการศึกษา	2558 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้

[1] **ดุษฎี วงษ์วีระขันธ์ และสุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์**. “การตรวจจับความเคลื่อนไหวของภาพความร้อน” งานประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 11 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. หน้า 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้