การออกแบบและพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวโดยกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A FACE DETECTION SURVEILLANCE SECURITY SYSTEM IN A RICE FARM USING SUPERVISED MACHINE LEARNING TECHNIQUES

ศิริวรรณ พลเศษ

SIRIWAN POLSET

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2566

KMITL-2023-EN-D-018-137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A FACE DETECTION SURVEILLANCE SECURITY SYSTEM IN A RICE FARM USING SUPERVISED MACHINE LEARNING TECHNIQUES

SIRIWAN POLSET

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
DOCTOR OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2023

KMITL-2023-EN-D-018-137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2023
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวโดยกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน
นักศึกษา	นางสาวศิริวรรณ พลเศษ
รหัสประจำตัว	59601013
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร. เชาว์ ชมภูอินไหว

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวโดยกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน โดยการรับภาพใบหน้าผ่านกล้องวงจรปิดเพื่อนำมาประมวลผลภาพตามอัลกอริทึมฮาร์คาสเคดและจำแนกประเภทใบหน้าด้วยอัลกอริทึมเค-เอ็นเอ็นให้สามารถระบุประเภทใบหน้าได้ระหว่างใบหน้าเจ้าของนาข้าวและผู้บุกรุกเพื่อส่งการแจ้งเตือนการถูกบุกรุกแบบเรียลไทม์ผ่านแอพพลิเคชันไลน์ ระบบที่นำเสนอทดสอบประสิทธิภาพความเร็วในการประมวลผลภาพใบหน้าเฉลี่ย 9.8 มิลลิวินาทีต่อหนึ่งใบหน้า การทดสอบในช่วงเวลากลางวันที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดที่ความสว่าง 2,000 ลักซ์ มุมที่ระบบสามารถมองเห็นภาพใบหน้าได้คือใบหน้าตรงถึงมุมเอียงใบหน้า 45 องศา ระยะห่างในการประมวลผลภาพใบหน้าได้ดีที่สุดเท่ากับ 3 เมตร และอัตราความสำเร็จในการแจ้งเตือนทางข้อความและภาพเท่ากับ 86.86% การพัฒนาอัลกอริทึมนี้ช่วยลดความซับซ้อนของกระบวนการทำงานในการจำแนกใบหน้าได้ตามที่ออกแบบไว้และยังช่วยให้สร้างการสร้างระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวสามารถทำได้ด้วยต้นทุนต่ำเพื่อให้ใช้งานได้จริงกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Design and Implementation of a Face Detection Surveillance Security System in a Rice Farm Using Supervised Machine Learning Techniques
Student	Miss Siriwan Polset
Student ID.	59601013
Degree	Doctor of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2023
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Chow Chompoo-inwai

Abstract

This thesis presents the design and Implementation of a Face Detection Surveillance Security System in a Rice Farm Using Supervised Machine Learning Techniques. Receiving facial images through a CCTV camera to process images according to the Haar cascade algorithm and classify faces with the K-NN algorithm allows the face type to be identified between the faces of rice field owners and intruders to send real-time intrusion notifications via the LINE application. The proposed system tested an average facial image processing speed of 9.8 milliseconds per face, the most effective daylight test at 2000 lux brightness, the angle at which the system can see the face is straight to 45 degrees of inclination, the best processing distance of 3 meters, and the success rate in text and visual notifications is 86.86%. The development of this algorithm simplifies the process of facial recognition as designed and allows the construction of security systems in rice fields to be done at a low cost to make it practical for rice farmers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้นมาจาก ความเมตตากรุณาที่ได้คำแนะนำและความช่วยเหลือต่าง ๆ จาก รองศาสตราจารย์ ดร. เชาว์ ชมภูอินไหว ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมดูแลการทำวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำปรึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์และดูแลควบคุมการทำงานอย่างใกล้ชิด ผู้จัดทำมีความรู้สึกซาบซึ้งและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและคำสั่งสอนเพื่อนำมาจัดทำวิทยานิพนธ์นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบคุณ บิดาและมารดา ที่คอยสนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการศึกษาค้นคว้ามาซึ่งการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณความดีที่พึงมีจากการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ บิดามารดา รวมทั้งคณาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

นางสาวศิริวรรณ พลเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า
บทคัดย่อ I
Abstract II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูป VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย 2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย 3
1.6 อภิธานศัพท์ 3
1.7 ประโยชน์ที่จะได้รับ 4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ทบทวนวรรณกรรม 5
2.2 การเรียนรู้ของเครื่อง 7
2.2.1 การเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน 8
2.2.2 การเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีผู้สอน 9
2.2.3 การเรียนรู้ของเครื่องแบบเสริมกำลัง 10
2.3 เทคโนโลยีตรวจจับใบหน้า 10
2.3.1 การตรวจจับใบหน้า 11
2.3.2 การรู้จำใบหน้า 11
2.4 ทฤษฎีการประมวลผลภาพ 12
2.4.1 การแปลงระดับสีเทา 13
2.4.2 ฮิสโตแกรม 14
2.4.3 การตรวจหา จุด เส้น และขอบวัตถุ 15
2.4.4 เทรชโฮลด์ 19
2.4.5 ภาพไบนารี 19
2.4.6 ภาษาไพทอน 20
2.5 ทฤษฎีของฮาร์คาสเคด 22
2.5.1 การคำนวณสี่เหลี่ยมผืนผ้าของฮาร์คาสเคด 22
2.5.2 การตรวจจับกรอบใบหน้าด้วยฮาร์คาสเคด 24
2.5.3 การตรวจจับดวงตาหน้าด้วยฮาร์คาสเคด 25
2.5.4 การตรวจจับปากด้วยฮาร์คาสเคด 25
2.5.5 ขั้นตอนจำแนกคุณลักษณะของฮาร์คาสเคด 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ประโยชน์ทางการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 เค-เอ็นเอ็น...27
2.6.1 นิยามเค-เอ็นเอ็น...27
2.6.2 ตัวอย่างการคำนวณและการใช้งานเค-เอ็นเอ็น...30
2.6.3 โมเดลเค-เอ็นเอ็น...32
2.7 ข้อมูลรูปภาพเอฟดับเบิลยู...33
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย...35
3.1 การออกแบบภาพรวมระบบ...35
3.1.1 ภาคแหล่งจ่ายไฟ...36
3.1.2 ภาคอินพุต...36
3.1.3 ภาคหน่วยประมวลผล...36
3.1.4 ภาคเอาต์พุต...36
3.2 กระบวนการทำงานของระบบ...36
3.2.1 การรับข้อมูลภาพ...37
3.2.2 การดึงลักษณะเด่นบนใบหน้า...37
3.2.3 การสร้างโมเดลคลังภาพใบหน้า...41
3.2.4 การจำแนกใบหน้า...42
3.2.5 การแสดงผลออนไลน์...45
บทที่ 4 ผลการทดสอบ...47
4.1 ผลลัพธ์การติดตั้งระบบ...47
4.2 ผลการทดสอบชุดข้อมูลรูปภาพเอฟดับเบิลยู...48
4.3 ผลการทดสอบความเร็วในการประมวลผลการรู้จำใบหน้า...49
4.4 ผลการทดสอบความแม่นยำในการรู้จำใบหน้าที่ความสว่างที่แตกต่างกัน...50
4.5 ผลการทดสอบความแม่นยำของการรู้จำใบหน้าที่ระยะทางที่แตกต่างกัน...52
4.6 ผลการทดสอบอัตราความสำเร็จในการแจ้งเตือนทางข้อความและรูปภาพ...53
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ...54
5.1 สรุปผลการวิจัย...54
5.2 ข้อเสนอแนะ...55
5.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย...55
เอกสารอ้างอิง...56
ภาคผนวก ก. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้รับการตีพิมพ์...60
ภาคผนวก ข. ข้อมูลบอร์ดราสเบอร์รี่พาย...90
ภาคผนวก ค. การเขียนโปรแกรมภาษาไพทอน...98
ประวัติผู้เขียน...103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลสำหรับสร้างโมเดลการเรียนรู้แบบมีผู้สอนแบบการจัดหมวดหมู่ 8
ตารางที่ 2.2 ข้อมูลสำหรับสร้างโมเดลการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน 9
ตารางที่ 2.3 อธิบายภาพรวมการประมวลผลภาพ [20] 13
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างชุดข้อมูลดอกไอริส 30
ตารางที่ 2.5 ความคล้ายคลึงระหว่างข้อมูลทำนายกับข้อมูลสอนด้วยฟังก์ชันระยะห่างยูคลิเดียน 31
ตารางที่ 4.1 ความเร็วในการประมวลผลการรู้จำใบหน้าเจ้าของ 50
ตารางที่ 4.2 ความเร็วในการประมวลผลการรู้จำใบหน้าของผู้บุกรุก 50
ตารางที่ 4.3 ความแม่นยำในการรู้จำใบหน้าเจ้าของที่ความสว่างแตกต่างกัน 51
ตารางที่ 4.4 ความแม่นยำในการรู้จำใบหน้าผู้บุกรุกที่ความสว่างแตกต่างกัน 51
ตารางที่ 4.5 ความแม่นยำในการรู้จำใบหน้าเจ้าของที่ระยะทางแตกต่างกัน 52
ตารางที่ 4.6 ความแม่นยำในการรู้จำใบหน้าผู้บุกรุกที่ระยะทางแตกต่างกัน 52
ตารางที่ 4.7 อัตราความสำเร็จในการส่งแจ้งเตือนข้อความและภาพไปยังเจ้าของ 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างภาพเหตุการณ์ถูกลักลอบเกี่ยวข้าว 1
รูปที่ 2.1 โมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง 8
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างโมเดลการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน 9
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างโมเดลการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง 10
รูปที่ 2.4 ผลการตรวจจับใบหน้าบุคคลจะทำการตีกรอบเฟรมใบหน้า 11
รูปที่ 2.5 ผลการรู้จำใบหน้าบุคคลจะทำการตีกรอบเฟรมใบหน้าและระบุชื่อภาพใบหน้าบุคคล 12
รูปที่ 2.6 ผลลัพธ์การประมวลผลภาพสีเทา 13
รูปที่ 2.7 ภาพของตา [20] 14
รูปที่ 2.8 ฮิสโตแกรมของภาพดวงตา [20] 15
รูปที่ 2.9 โค้ดการประเมินผลฮิสโตแกรม 15
รูปที่ 2.10 หน้ากากตัวกรอง ขนาน 3×3 จุดภาพ สำหรับการตรวจหาจุด 16
รูปที่ 2.11 ตัวอย่างของโปรแกรมด้วยภาษาไพทอน และไลบารี Numpy สำหรับการตรวจหาจุด 16
รูปที่ 2.12 ตัวอย่างหน้ากากตัวกรองสำหรับตรวจหาเส้น 17
รูปที่ 2.13 หน้ากากตัวกรองสำหรับตรวจหาขอบด้วยวิธีแบบโซเบล 18
รูปที่ 2.14 หน้ากากตัวกรองแบบวิธีพรีวิทท์ และโรเบิร์ต 18
รูปที่ 2.15 เทรชโฮลด์ของภาพความสว่างของดวงตา [20] 19
รูปที่ 2.16 ลักษณะภาพไบนารีสีขาวดำ 19
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างโค้ดโอเพ่นซีวีไพทอนแปลงสีภาพเทา 20
รูปที่ 2.18 แสดงผลลัพธ์แปลงสีเทา 21
รูปที่ 2.19 ตัวอย่างโค้ดโอเพ่นซีวีไพทอนสร้างอาเรย์ที่มีค่าตัวเลขไล่ระดับสี 21
รูปที่ 2.20 ผลลัพธ์คำสั่งการไล่ระดับสี 21
รูปที่ 2.21 ภาพประกอบแบบอินทิเกรต [26] 22
รูปที่ 2.22 ภาพประกอบอินทิกรัลรูปภาพแบบเอียง [26] 24
รูปที่ 2.23 แสดงผลลัพธ์การตรวจจับกรอบใบหน้า ดวงตา และปากด้วยฮาร์คาสเคด 25
รูปที่ 2.24 คุณลักษณะของฮาร์เวฟเล็ต 26
รูปที่ 2.25 คุณสมบัติของฮาร์คาสเคด 16 คุณลักษณะ 26
รูปที่ 2.26 ตัวอย่างใบหน้าที่มีคุณลักษณะของการตรวจจับใบหน้า [26] 26
รูปที่ 2.27 แสดงขั้นตอนการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง 27
รูปที่ 2.28 แนวคิดเบื้องต้นของเค-เอ็นเอ็น 28
รูปที่ 2.29 รหัสเทียมของ เค-เอ็นเอ็น 29
รูปที่ 2.30 สามกลุ่ม สามสีชุดข้อมูลดอกไอริส [38] 32
รูปที่ 2.31 แสดงตัวอย่างแบบจำลองการถดถอย 32
รูปที่ 2.32 ผลรันแบบจำลองเค-เอ็นเอ็นแบบการถดถอยแบบเดียว [38] 33
รูปที่ 2.33 ผลรันแบบจำลองเค-เอ็นเอ็นแบบการถดถอยแบบระยะทาง [38] 33
รูปที่ 2.34 ตัวอย่างคลังฐานข้อมูลรูปภาพชุดมาตร LFW [39] 34
รูปที่ 3.1 ภาพรวมระบบ (System Overview) 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ใช้ในการศึกษาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของระบบ 37
รูปที่ 3.3 ลักษณะการรับข้อมูลภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหว 37
รูปที่ 3.4 ระบุตำแหน่งค่าอินทิกรัลรูปภาพที่ตำแหน่ง (x, y) 38
รูปที่ 3.5 แสดงการคำนวณของพื้นที่ความเข้มกรอบสี่เหลี่ยมตำแหน่ง D 39
รูปที่ 3.6 กระบวนการดึงลักษณะเด่นด้วยวิธีการใช้ขอบฮาร์คาสเคด 40
รูปที่ 3.7 ผลลัพธ์การลดขนาดรูปภาพ 40
รูปที่ 3.8 ผลลัพธ์การดึงลักษณะเด่นบนใบหน้า 41
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการสร้างชุดโมเดลคลังภาพ 41
รูปที่ 3.10 แสดงผลลัพธ์ไฟล์ที่ได้หลังจากการเทรนนิ่ง face-trainner.yml 42
รูปที่ 3.11 ภาพรวมการจำแนกใบหน้า 42
รูปที่ 3.12 รหัสเทียมระบบ 43
รูปที่ 3.13 ผลลัพธ์การจำแนกใบหน้าด้วย เค-เอ็นเอ็น 45
รูปที่ 3.14 ระบบที่นำเสนอจะสร้างกรอบสำหรับตรวจจับลักษณะใบหน้า 46
รูปที่ 3.15 ระบบที่นำเสนอจะส่งข้อวามภาพและอักษรผ่านแอพพลิเคชันไลน์จริง 46
รูปที่ 4.1 ภาพรวมการติดตั้งระบบ 47
รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความแม่นยำทั้ง 3 อัลกอริทึม 48
รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบด้านเวลาสำหรับทั้ง 3 อัลกอริทึม 48
รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความแม่นยำ 49
รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบด้านเวลาประมวลชุดคลังรูปภาพใบหน้า 49
รูปที่ 4.6 ลักษณะการหมุนใบหน้าที่แตกต่างกัน 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถานการณ์ปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกข้าวได้ประสบปัญหาทุกปีในฤดูกาลก่อนการเกี่ยวข้าว เรื่องของการถูกขโมยเกี่ยวข้าวทำให้เกษตรกรเดือดร้อน ซึ่งในปี พ.ศ. 2551 นายกสมาคมชาวนาไทย [1] ได้กล่าวถึงการขโมยเกี่ยวข้าวในทุ่งนาว่าเริ่มมีเป็นจำนวนมาก และกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคในประเทศโดยเฉพาะในแถบภาคกลาง แต่เกษตรกรไม่กล้าแจ้งความเนื่องจากพื้นที่ที่ถูกขโมยส่วนใหญ่เป็นการเช่าพื้นนาสำหรับการปลูกข้าว อาจเสี่ยงต่อการที่เกษตรกรจะไม่ได้ถูกเช่าพื้นที่นาได้อีก เป็นการสร้างความวุ่นวาย แต่ในปัจจุบันราคาการขายข้าวสูงมากขึ้น ยังมีเกษตรกรจำนวนมากที่ต้องการเช่าพื้นที่การปลูกข้าวเหล่านี้เพื่อประกอบอาชีพต่อไป และต้องเตรียมการป้องกันการถูกขโมยในการปลูกข้าวรอบต่อไป ซึ่งมีช่วงที่ควรระวัง 2 ช่วง คือ ช่วงแรกการแช่เมล็ดพันธุ์เพื่อเตรียมหว่าน และช่วงที่สองคือช่วงก่อนเก็บเกี่ยวก่อน 7 วัน ระหว่างนี้เกษตรกรจะต้องจัดเวรยามเฝ้าระวังในช่วงเวลากลางวันและเวลากลางคืนที่เกิดการขโมยได้ง่าย ทั้งนี้ได้สันนิษฐานว่าลักษณะการขโมยเกี่ยวข้าวนั้น ผู้บุกรุกต้องเป็นผู้มีเครื่องมือเป็นของตนเองและใช้เวลาเพียงไม่นานสำหรับเกี่ยวข้าว จากบทสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหนึ่งรายซึ่งเป็นผู้ที่เช่าพื้นที่นาเพื่อปลูกข้าวแต่ที่พักอาศัยอยู่ห่างไกลจากพื้นที่นาข้าว การเฝ้าระวังผู้บุกรุกจึงเป็นเรื่องยากลำบาก และในขณะที่ต้นทุนในการปลูกข้าวมีปัจจัยที่สูงขึ้น [2] จึงไม่มีต้นทุนสำหรับการจ้างเวรยามสำหรับการเฝ้าระวังพื้นที่และได้แค่เพียงทำเรื่องร้องทุกข์ไปยังองค์การบริหารงานส่วนท้องถิ่นให้ความสำคัญกับเรื่องนี้เท่านั้น ตัวอย่างภาพเหตุการณ์ขโมยเกี่ยวข้าวแสดงดังรูปที่ 1.1

(ก) ภาพจุดเกิดเหตุถ่ายจากด้านข้าง

(ข) ภาพจุดเกิดเหตุถ่ายจากด้านหน้า

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างภาพเหตุการณ์ถูกลักลอบเกี่ยวข้าว

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่อาศัยอยู่ในตำบลนางบวช อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี ได้ประสบปัญหาเช่นเดียวกันและได้รับความลำบากในการเฝ้าระวังเรื่องการถูกขโมยเกี่ยวข้าว จากปัญหาเรื่องการเกษตรในปัจจุบันนี้ผู้วิจัยได้เร่งเห็นความสำคัญในเรื่องการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าว คือ การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการเกษตรนาข้าวซึ่งได้พัฒนามาแล้วจำนวน 2 งานวิจัยโดยงานวิจัยชิ้นที่ 1 การพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับนาข้าวไทย [3] โดยลักษณะของระบบมีฟังก์ชันการแสดงผลการทำงานซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้คือ ลำดับที่หนึ่งเรื่องเกษตรกรสามารถคาดคะเนภัยธรรมชาติก่อนเกี่ยวข้าว ลำดับที่สองสามารถตรวจสอบระดับน้ำในนาข้าว และลำดับที่สามป้องกันมีผู้บุกรุกเข้านาข้าวในยามวิกาลด้วยเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว ส่วนงานวิจัยชิ้นที่ 2 พัฒนาการวัดปริมาณกล่องแมลงด้วยเลเซอร์เซนเซอร์อย่างรวดเร็วสำหรับการถ่ายภาพแมลงในกล่องโดยใช้เรียลไทม์แบบเอ็นทูเอ็นในฟาร์มข้าวไทย [4] โดยประยุกต์การใช้เลเซอร์เซนเซอร์วัดปริมาณศัตรูพืชในกล่องเก็บแมลง และใช้โมดูลกล้องเพื่อทำการถ่ายภาพกล่องแมลงเพื่อส่งสัญญาณแจ้งเตือนกล่องแมลงเต็มจำนวนส่งไปยังชาวนาเพื่อทำการเปลี่ยนกล่องแมลง ผู้วิจัยใช้เทคนิคนี้ใช้ในการคาดคะเนปริมาณศัตรูพืชเพื่อหาความแตกต่างจำนวนปริมาณศัตรูพืชในนาข้าวในระยะการปลูกข้าวเป็นจำนวน 120 วัน และส่วนงานวิจัยชิ้นที่ 3 ผู้วิจัยจึงพัฒนาต่อยอดระบบอีกขั้น คือ การออกแบบและพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวโดยกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน เพื่อประยุกต์ใช้กล้องวงจรปิดถ่ายภาพใบหน้าบุคคลส่งให้ระบบทำการประมวลผลภาพเพื่อจำแนกประเภทใบหน้าและส่งแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชันไลน์ ในกรณีที่มีผู้บุกรุกเข้ามาพื้นที่นาข้าวของเกษตรกรซึ่งเป็นผู้ใช้งานระบบ ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการถ่ายภาพและวีดีโอได้รับความสนใจและมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนามาเพื่อช่วยให้บุคคลทั่วไปสามารถใช้ชีวิตได้อย่างสะดวกสบาย รับรู้ข่าวสารรอบตัวที่เกิดขึ้นในบางช่วงเวลาในสังคมได้เพียงในเวลาไม่กี่วินาที การติดต่อสื่อสารกันผ่านสื่อโซเซียลแทนการพูดคุยแบบเผชิญหน้า [5-6] อีกทั้งยังสามารถยกระดับการรักษาความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวโดยกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน
2) เพื่อสร้างระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าว
3) เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน
4) เพื่อวัดประสิทธิภาพการสร้างระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าว

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

1) ระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวโดยกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน ติดตั้งพื้นที่นาข้าว จำนวน 1 เครื่อง
2) ระบบติดตั้งกลางแจ้งและทำงานได้ 24 ชั่วโมง
3) อัลกอริทึมกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอนสามารถประมวลผลภาพใบหน้าได้อย่างแม่นยำ
4) ประสิทธิภาพการทดสอบระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1) ออกแบบและพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวโดยกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน จำนวน 1 เครื่อง
2) ระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าว สามารถทำงานในพื้นนาข้าว 20 ตารางเมตร
3) พัฒนาอัลกอริทึมฮาร์คาสเคดสำหรับประมวลผลภาพใบหน้าและอัลกอริทึมเค-เอ็นเอ็น สำหรับจำแนกประเภทใบหน้าระหว่างเจ้าของและผู้บุกรุก ซึ่งอยู่ภายใต้กระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน
4) ทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำของระบบ

1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1) ศึกษาทฤษฎีเพื่อออกแบบและพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวโดยกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน
2) สร้างระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าว ในพื้นที่ตำบลนางบวช อำเภอนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี
3) ศึกษาและพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน
4) ศึกษาและสรุปผลการทดสอบระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวเพื่อนำระบบไปใช้งานจริงกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าว

1.6 อภิธานศัพท์

การเรียนรู้ของเครื่อง	Machine Learning
การเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน	Supervised Machine Learning
การเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีผู้สอน	Unsupervised Machine Learning
การเรียนรู้ของเครื่องแบบเสริมกำลัง	Reinforcement Machine Learning
กระบวนการรู้จำใบหน้า	Face recognition
การประมวลผลภาพใบหน้า	Face detection
การแปลงภาพเนกาทีฟ	Image negative transformation
เพาเวอร์ลอว์ทรานส์ฟอร์เมชัน	Power-law transformation
อัลกอริทึมฮาร์คาสเคด	Haar cascade algorithm
เทคนิคฮาร์เวฟเล็ต	Haar wavelet
คุณลักษณะของฮาร์คาสเคด	Haar-Like feature
กระบวนการสร้างชุดโมเดลด้วยฮาร์คาสเคด	Haar cascade training
การดึงลักษณะเด่นของฮาร์คาสเคด	Haar cascade extraction
การแยกแยะคุณลักษณะเด่นของฮาร์คาสเคด	Haar cascade classification
อัลกอริทึมเค-เอ็นเอ็น	K-Nearest Neighbors algorithm
ภาษาไพทอนโอเพ่นซีวี	Python OpenCV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 อภิธานศัพท์ (ต่อ)

ฮิสโตแกรม	Histogram
อัลกอริทึมเอชโอจี	Histogram of Oriented Gradient algorithm
อัลกอริทึมพีซีเอ	Principal Component Analysis algorithm
อัลกอริทึมเอสวีเอ็ม	Support Vector Machine algorithm
ชุดข้อมูลรูปภาพแอลเอฟดับเบิลยู	Labeled Faces in the Wild
อัลกอริทึมแอลบีพี	Local Binary Pattern
การแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน	K-means clustering
ลักษณะไบโอเมตริกซ์	Biometric Information
ซีเอ็นเอ็น	Convolutional Neural Network
ระยะทางแบบยูคลิเดียน	Euclidean Distance
ระยะห่างแมนฮัตตัน	Manhattan distance
เทรชโฮลด์	Threshold
รูปภาพไบนารี	Binary image

1.7 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1) ได้รับองค์ความรู้การติดตั้งระบบรักษาความปลอดภัยบริเวณนาข้าวด้วยต้นทุนต่ำและระบบทำงานได้จริงสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวและบุคคลที่สนใจ
2) ได้รับองค์ความรู้กระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน
3) ได้รับองค์ความรู้ด้านโปรแกรมพัฒนาอัลกอริทึมฮาร์คาสเคดและอัลกอริทึมเค-เอ็นเอ็น
4) ได้รับองค์ความรู้การวัดประสิทธิภาพจากระบบ และนำองค์ความรู้พัฒนาระบบเพิ่มเติมให้มีความแม่นยำมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อออกแบบและพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวโดยกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน และศึกษาทฤษฎีการประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์ภาพใบหน้าบุคคลระหว่างภาพใบหน้าเจ้าของนาข้าวและภาพใบหน้าผู้บุกรุก ด้วยวิธีรู้จำใบหน้าและการวิเคราะห์ภาพใบหน้าบุคคลจากกล้องวงจรปิด โดยนำไปประยุกต์ใช้กับระบบเฝ้าระวังความปลอดภัยในพื้นที่นาข้าวแบบอัตโนมัติซึ่งตอบโจทย์กับสถานการณ์ในปัจจุบัน การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องนี้มีเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

2.1 ทบทวนวรรณกรรม

2.2 การเรียนรู้ของเครื่อง

2.3 เทคโนโลยีการตรวจจับใบหน้า

2.4 ทฤษฎีการประมวลผลภาพ

2.5 ทฤษฎีของฮาร์คาสเคด

2.6 เค-เอ็นเอ็น

2.7 ชุดข้อมูลรูปภาพมาตรฐาน

2.1 ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้ได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องด้านเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องภายใต้การดูแลสำหรับระบบเฝ้าระวังรักษาความปลอดภัย ด้วยการประมวลผลภาพใบหน้าบุคคลด้วยวิธีการของอัลกอริทึมฮาร์คาสเคดจากวิโอร่าและโจนส์ ซึ่งเป็นที่นิยมของนักวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวการตรวจจับองค์ประกอบของภาพใบหน้า คือ กรอบใบหน้า ดวงตา และปาก ซึ่งมีกล้องวงจรปิดเป็นอุปกรณ์รับภาพสัญญาณเพื่อส่งให้บอร์ดราสเบอร์รี่พายทำการประมวลผลสัญญาณภาพ ด้วยหลักการของอัลกอลิทึมฮาร์คาสเคดเพื่อค้นหาลักษณะเด่นใบหน้าบุคคลและแยกแยะใบหน้าบุคคล ซึ่งหลักการนี้ได้ประยุกต์ใช้ในการวิจัยที่หลากหลายเกี่ยวกับการใช้กล้องประมวลผลภาพใบหน้ามนุษย์หรือตรวจจับวัตถุที่หลายหลากโดยงานวิจัยได้ยกตัวอย่างวรรณกรรมดังนี้

วรรณกรรม [7] ในปี 2018 ได้นำเสนอระบบเฝ้าระวังผู้บุกรุกแบบเรียลไทม์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพแบบเรียลไทม์ การออกแบบระบบเฝ้าระวังแบบต้นทุนต่ำและสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ระยะไกล โดยทดสอบกับสถานที่ภายในมหาวิทยาลัยด้วยบอร์ดราสเบอร์รี่พายร่วมกับเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว โมดูลกล้อง วงจรแจ้งเตือน และโมดูลไร้สาย โดยใช้เทคนิคการตรวจจับผู้บุกรุกด้วยภาษาไพทอนจากการวิจัยพบว่าเทคโนโลยีนี้มีความน่าเชื่อถือสำหรับการดำเนินการบนเว็บไซต์และแอพพลิเคชันอย่างราบรื่น สรุปได้ว่าวรรณนี้ใช้เทคนิคการถ่ายภาพแบบเรียลไทม์เพื่อออกแบบระบบเฝ้าระวังแบบต้นทุนต่ำด้วยเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว และโมดูลกล้องขนาดเล็กเพื่อถ่ายภาพเมื่อรับสัญญาณจากเซนเซอร์ มีวงจรแจ้งเตือนผู้บุกรุกด้วยข้อจำกัดสามารถทำงานได้ 6 - 7 เมตรเป็นโมเดลเริ่มต้นโดยไม่มีอัลกอริทึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วรรณกรรม [8] ได้เลือกวิธีใหม่ของการจดจำใบหน้าโดยใช้อัลกอริทึมเอชโอจี และคุณสมบัติการจำแนกใบหน้าอัลกอริทึมพีซีเอ เพื่อแก้ปัญหาความแม่นยำต่ำของการจดจำใบหน้าภายใต้สภาวะที่ไม่มีข้อจำกัด ในวิธีนี้ตัวแยกประเภทคุณลักษณะฮาร์คาสเคดใช้เพื่อดึงข้อมูลต้นฉบับจากฮิสโตแกรมทิศทางการไล่ระดับสี จะถูกดึงออกจากข้อมูลภาพและประมวลผลการลดขนาดทิศทางการไล่ระดับสีและใช้อัลกอริทึมเอสวีเอ็มเพื่อจดจำใบหน้าผลการทดสอบของการจดจำและการจำแนกประเภทบนฐานข้อมูลใบหน้า จะตรวจสอบประสิทธิภาพของวิธีการรู้จำใบหน้า สรุปได้ว่าวรรณกรรมนี้ใช้อัลกอริทึมเอชโอจีและพีซีเอดึงลักษณะเด่นบนใบหน้าเพื่อแก้ปัญหาความแม่นยำต่ำของการรู้จำใบหน้า ตามด้วยใช้อัลกอริทึมเอสวีเอ็มตรวจจับใบหน้าและรู้จำใบหน้าเพื่อทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมด้วยชุดข้อมูลมาตรฐานแอลเอฟดับเบิลยู ซึ่งวิธีการนี้ทำให้เกิดการทำงานซับซ้อน

วรรณกรรม [9] เสนอวิธีการพัฒนาระบบการเข้าชั้นเรียนแบบระบบฝังตัวที่ใช้วิธีการจดจำใบหน้าควบคุมการทำงานของประตู ระบบนี้ใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย โดยรับภาพใบหน้าจากกล้อง เมื่อมีภาพใบหน้าหันเข้าหากล้อง กล้องจะจับภาพใบหน้าเพื่อส่งไปยังบอร์ดราสเบอร์รี่พายเพื่อทำการประมวลผลผลภาพ ซึ่งโปรแกรมการจดจำใบหน้าโดยใช้อัลกอริทึมแอลบีพีของคอมพิวเตอร์วิชั่น หากภาพใบหน้าของนักเรียนตรงกับชุดข้อมูลใบหน้าที่ได้ผ่านการเรียนรู้จากชุดโมเดล ดังนั้นประตูจะเปิดได้โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ ผลการลัพธ์การเข้าชั้นเรียนจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล MySQL ฐานข้อมูลเชื่อมต่อกับระบบเว็บเซิร์ฟเวอร์ สรุปได้ว่าวรรณนี้ใช้อัลกอริทึมแอลบีพีสำหรับดึงลักษณะเด่นของใบหน้า คล้ายอัลกอริทึมเอชโอจีและพีซีเอ (คล้ายคลึงกับวรรณกรรม [8]) แต่ข้อเสียของอัลกอริทึมแอลบีพีมีความไวต่อระดับแสงที่ตกกระทบบนในหน้า เมื่อแสงสว่างที่ตกกระทบบนใบหน้ามากไปจะทำให้ความแม่นยำคลาดเคลื่อน

วรรณกรรม [10] ได้นำเสนอการจับภาพใบหน้าของนักเรียนแต่ละคนและเก็บไว้ในฐานข้อมูล ภาพใบหน้าของนักเรียนจะถูกบันทึกในลักษณะที่สำคัญรวมทั้งลักษณะท่านั่งและลักษณะท่าทางอื่นที่สามารถจดจำได้ผ่านเรียลไทม์ โดยการจดจำใบหน้าระบบคอมพิวเตอร์จะสามารถค้นหาและจดจำภาพใบหน้ามนุษย์ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำจากภาพถ่ายหรือวีดีโอที่บันทึกจากกล้องวงจรปิด ผู้วิจัยได้พัฒนาเทคนิคเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของการจดจำใบหน้า ได้นำแนวคิดที่จะนำมาใช้ในที่นี้คือการเรียนรู้เชิงลึก เป็นอัลกอริทึม สรุปได้ว่าวรรณกรรมนี้ใช้อัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อค้นหาใบหน้าของนักเรียนในชั้นเรียนโดยการที่นำเสนอครั้งนี้ไม่มีวิธีการดึงลักษณะเด่นบนใบหน้าของระบบทำให้ความแม่นยำของระบบไม่ชัดเจนซึ่งกระบวนการนี้ทำให้เกิดความซับซ้อนเนื่องจากพิเซลรูปภาพไม่เพียงพอต่อระบบที่นำเสนอ

วรรณกรรม [11] นำเสนอวิธีการระบุใบหน้าแบบเรียลไทม์เพื่อสร้างระบบการแจ้งเตือนเพื่อรักษาความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน โดยใช้เทคนิคการแยกแยะใบหน้าของฮาร์คาสเคดภายใต้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอนโดยการสร้างคลาสที่แตกต่างกันเพื่อระบุใบหน้าผู้บุกรุกและความปลอดภัยจากรูปภาพและวีดีโอภาพโดยใช้ภาษาไพทอนโอเพ่นซีวี และยังใช้เทคนิคตรวจจับใบหน้าเพื่อทำเครื่องหมายระบุภาพใบหน้าผ่านหรือไม่ผ่าน เพื่อรักษาความปลอดภัยจากผู้บุกรุก สรุปได้ว่าวรรณกรรมนี้ใช้อัลกอริทึมแอสวีเอ็ม สำหรับการค้นหาใบหน้าและใช้อัลกอริทึมการดึงลักษณะเด่นของฮาร์คาสเคดเพื่อระบุใบหน้าบนไลบรารี่โอเพ่นซีวีด้วยภาษาไพทอนซึ่งการนำเสนอครั้งนี้เป็นการจำลองและเพียงหาความเป็นไปได้เท่านั้น

การทบทวนวรรณกรรมทั้งหมดที่ได้ศึกษาครั้งนี้ สรุปได้ว่ามีความเกี่ยวข้องดังนี้ ในวรรณกรรม [7] มีความเกี่ยวข้องการออกแบบระบบแบบต้นทุนต่ำ มีเทคนิคการถ่ายภาพแบบเรียลไทม์ มีการแจ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตือนผู้บุกรุก จะมีความคล้ายกับการระบบรักษาความปลอดภัยพื้นที่นาข้าวที่พัฒนา วรรณกรรม [8] พัฒนาระบบประมวลผลภาพใบหน้าด้วยอัลกอริทึมเอชโอจี พีซีเอ และจำแนกใบหน้าด้วยอัลกอริทึมเอสวีเอ็ม ซึ่งวิธีการเหล่านี้คือกระบวนการรู้จำใบหน้าเพื่อระบุตัวตน มีความคล้ายกับการพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยพื้นที่นาข้าวคือใช้กระบวนการรู้จำใบหน้าแต่แตกต่างกันที่การพัฒนาระบบครั้งนี้ได้พัฒนาอัลกอริทึมฮาร์คาสเคดและอัลกอริทึมเค-เอ็นเอ็นสำหรับการรู้จำใบหน้าผู้บุกรุก วรรณกรรม [9] ใช้อัลกอริทึมแอลบีพีสำหรับจำแนกประเภทสีภาพใบหน้าซึ่งพบปัญหาแสงตกกระทบลงภาพใบหน้าทำให้การประมวลผลคลาดเคลื่อน สาเหตุนี้ทำให้ผู้วิจัยมีแนวทางทดสอบประสิทธิภาพค่าความสว่างในมุมใบหน้าที่แตกต่างกัน วรรณกรรม [10] พบปัญหาที่นำเสนอระบบคือการใช้อัลกอริทึมซีเอ็นเอ็นเพื่อค้นหาใบหน้านักเรียนในห้องเรียน แต่เกิดความซับซ้อน สาเหตุนี้ทำให้ผู้วิจัยเลือกพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อลดความซับซ้อนกับระบบ และวรรณกรรม [11] จำลองระบบรักษาความปลอดภัยด้วยอัลกอริทึมและพัฒนาระบบด้วยภาษาไพทอนโอเพ่นซีสีซึ่งคล้ายกับระบบที่ผู้วิจัยพัฒนา ทำให้มีความสนใจศึกษาเกี่ยวการเรียนรู้ของเครื่องและอัลกอริทึมฮาร์คาสเคด

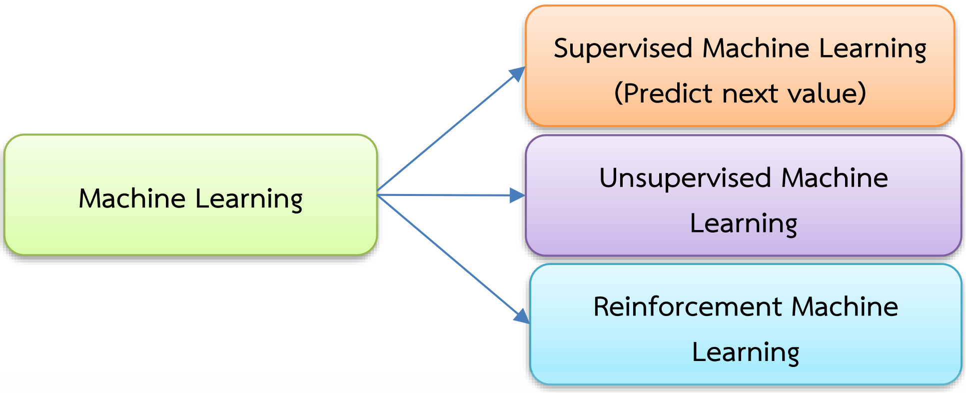
จากที่กล่าวมานี้ ผู้วิจัยได้พัฒนากระบวนการรู้จำใบหน้าแบบการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน ซึ่งใช้อัลกอริทึมฮาร์คาสเคดในการประมวลผลภาพใบหน้าและอัลกอริทึมเค-เอ็นเอ็นในการจำแนกใบหน้าบุคคล ระบบนี้ได้ถูกออกแบบเพื่อรักษาความปลอดภัยในพื้นที่นาข้าว จะมีเกษตรกรผู้ปลุกข้าวเป็นใช้งานระบบ

2.2 การเรียนรู้ของเครื่อง

การเรียนรู้ของเครื่อง [12] ช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถ “เรียนรู้ด้วยตนเอง” จากการเรียนรู้ชุดข้อมูลตัวอย่าง และปรับปรุงเมื่อเวลาผ่านไป โดยไม่จำเป็นต้องตั้งโปรแกรมไว้อย่างชัดเจน อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องสามารถตรวจจับรูปแบบข้อมูลและเรียนรู้จากรูปแบบเหล่านั้น เพื่อทำการคาดการณ์ได้เอง กล่าวอีกรูปแบบคืออัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องและแบบจำลองเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ในการเขียนโปรแกรมแบบดั้งเดิม ผู้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะเขียนชุดคำสั่งให้คอมพิวเตอร์แปลงข้อมูลอินพุตเป็นเอาต์พุตที่ต้องการ รายละเอียดโครงสร้างโปรแกรมส่วนใหญ่จะอิงตามโครงสร้างฟังก์ชันเงื่อนไขคอมพิวเตอร์ เมื่อการทำงานโปรแกรมทำงานครบตรงตามเงื่อนไขแล้วผลลัพธ์ก็จะแสดงผลตามการดำเนินงานของโปรแกรม

ในมุมปฏิบัติของการเรียนรู้ของเครื่องสามารถนำมาใช้ทำประโยชน์ได้มากมาย ขึ้นอยู่กับความสนใจของผู้พัฒนา ตัวอย่างเช่น บริษัทกูเกิล ได้มีการพัฒนาแผนที่บนกูเกิล เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ขับรถบนท้องถนนในปัจจุบัน เพื่อช่วยค้นหาเส้นทางที่ประหยัดเวลาการเดินทางให้มากที่สุด นอกจากนี้ยังมีการแปลภาษาของกูเกิล ที่นำเอาประโยชน์ของระบบอัตโนมัติมาทำงานร่วมกับหลักการเรียนรู้ของเครื่องให้เป็นตัวช่วยทางด้านการแปลให้กับหลายๆบุคคลหรือแม้แต่โปรแกรมแชทที่เป็นที่นิยมมากที่สุดอย่างแอพพลิเคชันไลน์นำเทคโนโลยีเสียงพูดเป็นข้อความ มาปรับใช้ เพื่อช่วยประหยัดเวลาในการสะกดคำพูด โมเดลการเรียนรู้ของเครื่องมีรายละเอียดที่กว้างมากแต่สามารถแบ่งรูปแบบออกเป็น 3 ประเภท [13] ดังแสดงในรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง

2.2.1 การเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน

การเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอนคือการทำให้คอมพิวเตอร์หาคำตอบได้ด้วยตนเอง หลังได้เรียนรู้ชุดข้อมูลต้นแบบมาแล้ว ซึ่งแสดงดังตัวอย่างด้วยกลุ่มโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอนเป็นข้อมูลตัวอย่างที่มีคอลัมน์ผลลัพธ์สำหรับการทำนายผลหรือเรียกว่าคอลัมน์เป้าหมาย (Target) ผลลัพธ์ซึ่งต้องเป็นแบบใดแบบหนึ่งระหว่างการจัดหมวดหมู่หรือผลลัพธ์เชิงตัวเลข โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

ก. การเรียนรู้แบบมีผู้สอนแบบการจัดหมวดหมู่ (Classification) คือกรณีที่เราสามารถจำแนกค่าของคอลัมน์ผลลัพธ์ออกเป็นกลุ่มได้ เช่น Yes/No, True/False, Male/Female, Small/Medium/Large, 0/1, -1/1, 1/2/3/4 ดังตารางที่ 2.1 โดยคอลัมน์ Play คือคอลัมน์เป้าหมายซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ Yes และ No ทั้งนี้เราอาจเรียกแต่ละค่าว่า Class หรือ Label

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลสำหรับสร้างโมเดลการเรียนรู้แบบมีผู้สอนแบบการจัดหมวดหมู่

Outlook	Temperature	Humidity	Wind	Play
Sunny	Hot	High	Weak	No
Sunny	Hot	High	Strong	No
Overcast	Hot	High	Weak	Yes
Rain	Mild	High	Weak	Yes
Rain	Cool	Normal	Weak	Yes
Rain	Cool	Normal	Strong	No
Overcast	Cool	Normal	Strong	Yes
Sunny	Mild	High	Weak	No
Sunny	Cool	Normal	Weak	Yes
Rain	Mild	Normal	Weak	Yes
Sunny	Mild	Normal	Strong	Yes
Overcast	Mild	High	Strong	Yes
Overcast	Hot	Normal	Weak	Yes
Rain	Mild	High	Strong	No

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.1 สรุปได้ว่าเป็นข้อมูลสภาพอากาศทั้งหมด 14 วัน โดยชุดข้อมูลจะมี 4 คุณลักษณะ คือ Outlook Temperature Humidity Wind จะเป็นลักษณะของอากาศในแต่ละวัน ส่วนคอลัมน์ Play เป็นชื่อคอลัมน์ของคลาส จะสรุปได้ว่า ถ้าเจอสภาพอากาศแดดจัด (Sunny) อุณหภูมิร้อน (Hot) ความชื้นสูง (High) ไม่มีลม (Weak) สรุปได้ว่าไม่ควรออกข้างนอก (No)

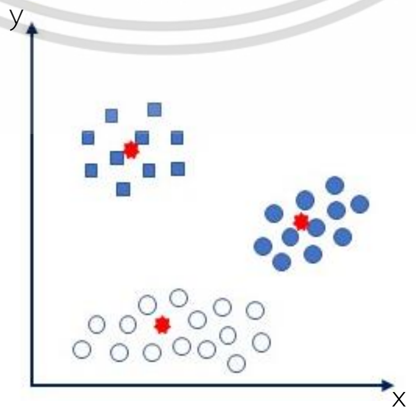
2.2.2 การเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีผู้สอน

กลุ่มโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีผู้สอน ซึ่งใช้สำหรับข้อมูลที่ไม่มีคอลัมน์ผลลัพธ์ หรือไม่มีเป้าหมายในการทำนายผลนั่นเอง ดังในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลสำหรับสร้างโมเดลการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน

รหัส	อายุ	น้ำหนัก	ส่วนสูง
1	50	65	168
2	40	70	172
3	35	59	170
4	45	64	165
5	55	70	174
6	33	63	157
7	46	64	169
8	53	75	177
9	37	73	160
10	41	61	159

จากตารางที่ 2.3 ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ที่ชี้ชัดได้ว่า คอลัมน์ใดควรจะเป็นเป้าหมายของการทำนายผล โดยในกรณีนี้จะต้องใช้วิธีจัดกลุ่มข้อมูลหรือเรียกว่า Clustering แล้วหาจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มหรือจุด Centroid เพื่อใช้ตัวแทนของข้อมูลในกลุ่มนั้น ๆ ดังลักษณะในรูปที่ 2.2 (รูปดาว คือจุด Centroid ของแต่ละกลุ่ม) ซึ่งโมเดลที่จัดอยู่ในกลุ่มการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน เช่น K-Means Clustering เป็นต้น

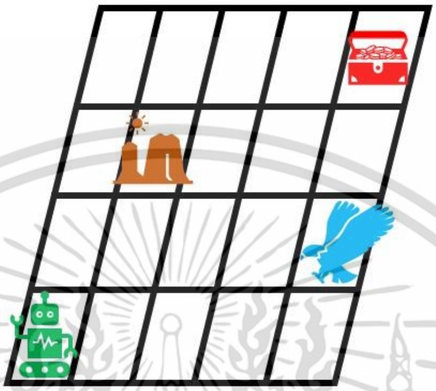


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างโมเดลการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การเรียนรู้ของเครื่องแบบเสริมกำลัง

การเรียนรู้ของเครื่องแบบเสริมกำลัง จะแตกต่างไปจากการเรียนรู้แบบมีผู้สอนในกลุ่มอื่น ๆ เนื่องจากโมเดลประเภทนี้ไม่ใช้ข้อมูลตัวอย่างในการสร้างแบบจำลอง แต่จะตัดสินใจจากสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ หรืออาจกล่าวได้ว่า แสดงผลที่ได้ในขณะใด จะขึ้นอยู่กับการรับข้อมูลในขณะนั้น ตัวอย่างที่ชัดเจนที่สุดคือ การการเรียนรู้แบบเสริมกำลังไปใช้ร่วมกับเกม เช่น สมมติว่าเราสร้างเกมที่มีลักษณะดังภาพ [14] ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างโมเดลการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง

จากภาพมีข้อกำหนดว่า ถ้าหุ่นยนต์เดินไปถึงช่องเก็บสมบัติตรงมุมขวาบนจะได้ 100 แต้ม ถ้าเดินไปเจอมังกรจะถูกตัด 50 แต้ม และหุ่นยนต์ไม่สามารถปีนภูเขาได้ นั่นแสดงว่าก่อนที่หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เข้าไปในช่องใดจะต้องตรวจสอบก่อนว่า สามารถเดินข้ามไปได้หรือไม่และไม่ถูกตัดแต้ม ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้สามารถนำวิธีการของการเรียนรู้แบบเสริมกำลังมาช่วยสำหรับการตัดสินใจก่อนจะเคลื่อนที่ในแต่ละครั้ง โดยตรวจสอบจากสิ่งที่อยู่ล้อมรอบในขณะนั้น ๆ ทั้งนี้ หลักการของคือส่งข้อมูลเข้าออกไป แล้วตรวจสอบ การแสดงผล ที่ได้ว่าเป็นบวก (Positive) หรือเป็นลบ (Negative) จากนั้นก็ตัดสินใจให้สอดคล้องกับการแสดงผล ดังกล่าว ซึ่งในปัจจุบัน มีเทคโนโลยีเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์หลายอย่างที่นำหลักการของการเรียนรู้แบบเสริมกำลังไปประยุกต์ใช้งาน เช่น เกมส์ หุ่นยนต์ ขับรถด้วยตนเอง เป็นต้น

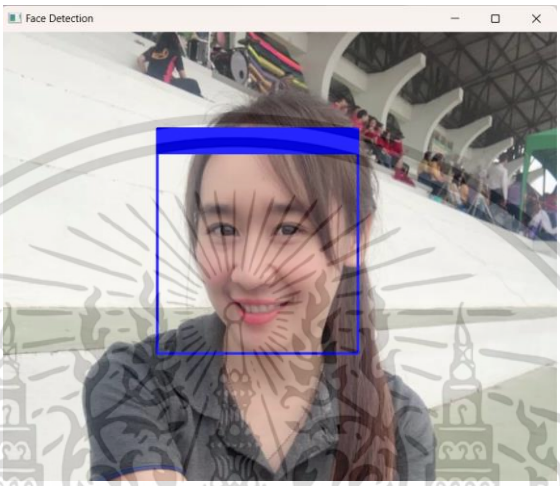
2.3 เทคโนโลยีตรวจจับใบหน้า

โลกปัจจุบัน หนึ่งในเทคโนโลยีที่ใช้ในการระบุใบหน้าบุคคลโดยใช้ลักษณะไบโอเมตริกซ์ [15] คือเทคโนโลยีกล้องตรวจจับใบหน้า ซอฟต์แวร์จดจำใบหน้าทำงานแบบแอนะล็อกใบหน้าของบุคคลที่เกี่ยวข้องและได้มาจากภาพถ่ายดิจิทัลหรือบันทึกวิดีโอจะถูกเพิ่มลงในฐานข้อมูลใบหน้าในระบบ เมื่อเปรียบเทียบเสร็จแล้ว ใบหน้าในฐานข้อมูลที่มีใบหน้าเดียวกับภาพที่เปรียบเทียบจะแสดงขึ้นคือการระบุตัวตน ซึ่งเป็นเวลากว่าสิบปีแล้วที่การจดจำใบหน้าได้รับการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นวิธีการทำงานของเทคโนโลยีตรวจจับใบหน้า [16] ที่ทำให้สามารถเปรียบเทียบกับใบหน้าของบุคคลที่เครื่องต้องการตรวจเช็คได้ ขึ้นอยู่กับวิธีการสร้างระบบแต่ละระบบของผู้พัฒนา อัลกอริทึมที่ใช้ในกระบวนการสร้างแบบจำลองและเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลใบหน้าปัจจุบันอาจเปลี่ยนแปลงได้ แต่ขั้นตอนการทำงานโดยรวมของระบบจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลง การทำงานของเทคโนโลยีตรวจจับใบหน้า ซึ่งมี 2 ขั้นตอนหลักดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 การตรวจจับใบหน้า

การตรวจจับใบหน้าบุคคล [17] ด้วยภาพเคลื่อนไหวแบบวิดีโอหรือภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพโดยมีกระบวนการทำงาน คือ การโฟกัสหรือการใช้ระบบซูมไปยังใบหน้าบุคคลเพื่อช่วยในการถ่ายภาพหรือการบันทึกภาพจะตัดเอาเฉพาะกรอบใบหน้าเก็บไว้ในฐานระบบข้อมูล ซึ่งการหมุนกล้องไปยังใบหน้าบุคคลระบบสามารถตัด (Crop) อัตโนมัติให้เหลือเฉพาะกรอบเฟรมใบหน้า ดังรูปที่ 2.4 เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการจำแนกใบหน้า

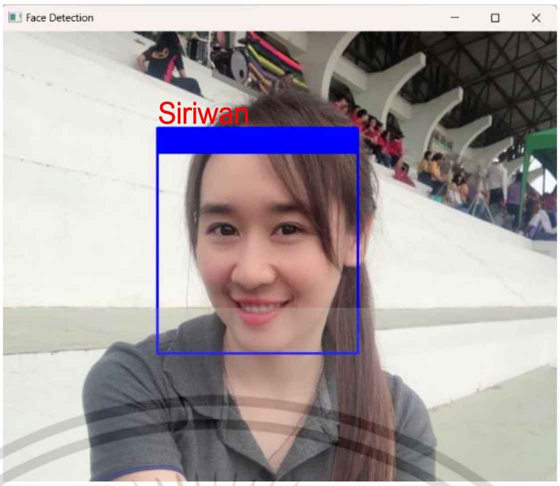


รูปที่ 2.4 ผลการตรวจจับใบหน้าบุคคลจะทำการตีกรอบเฟรมใบหน้า

2.3.2 การรู้จำใบหน้า

การรู้จำใบหน้า คือการจำแนกใบหน้าว่าใบหน้านั้นเป็นภาพใบหน้าของบุคคลใด ๆ ซึ่งกระบวนการทำงานจะอยู่ในขอบเขตการเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งวิธีการนี้จะทำการเรียนรู้ชุดโมเดลรูปภาพ คือการนำหน้าใบหน้าบุคคลหลายๆรูปภาพของแต่ละคนมาสร้างคลังรูปภาพเพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้จักหรือจำภาพใบหน้านั้นไว้ เช่น เรียนรู้ชุดรูปภาพใบหน้าของนายเอ และเรียนรู้ชุดรูปภาพของนายบี รวมเป็นจำนวน 400 รูปภาพเรียบร้อยแล้ว (วิธีการนี้หมายถึงการสอนเพื่อให้คอมพิวเตอร์จดจำ) จากนั้นเมื่อคอมพิวเตอร์มองเห็นใบหน้าที่ถูกเรียนรู้ไว้ก็จะสามารถระบุได้ว่าภาพที่คอมพิวเตอร์มองเห็นเป็นใบหน้าเป็นบุคคลใคร ดังนั้นวิธีการนี้จึงเรียกว่า การรู้จำใบหน้า หรือการจำแนกใบหน้า ซึ่งบางประเทศที่ให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีขั้นสูงได้ประยุกต์ใช้ระบบรู้จำใบหน้าเกี่ยวกับระบบรักษาความปลอดภัยช่วยระบุใบหน้าคนร้ายหรือใบหน้าอาชญากร ด้านการระบบชำระเงินด้วยใบหน้าสำหรับลูกค้าด้วยวิธีรู้จำใบหน้าเพื่อยืนยันตัวตน ด้านการเรียนการสอนในห้องเรียนสามารถใช้วิธีการรู้จำใบหน้าเพื่อเช็คชื่อนักเรียน หรือนำไปประยุกต์การเปิดประตูสำหรับเข้าห้องเรียน ด้านระบบรักษาความปลอดภัยสำหรับโทรศัพท์เคลื่อนใช้วิธีการรู้จำใบหน้าเพื่อปลดล๊อคโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือเพื่อดาวโหลดแอพพลิเคชันอื่น ลงบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ทั้งนี้สรุปได้ว่ากระบวนรู้จำใบหน้าทำงานผ่านการตีกรอบบนใบหน้าเป้าหมายจากภาพถ่ายหรือบุคคลจริง ดังรูปที่ 2.5 จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่เก็บไว้ก่อนหน้า เพื่อเปรียบเทียบว่าเป็นบุคคลเดียวกันจริงหรือไม่ โดยวิธีการนี้เป็นที่ยอมรับว่ามีความแม่นยำ [18] และช่วยลดความผิดพลาดจากการตรวจสอบโดยมนุษย์ซึ่งเป็นวิธีที่นำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาช่วยมนุษย์ทำงานอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ผลการรู้จำใบหน้าบุคคลจะทำการตีกรอบเฟรมใบหน้าและระบุชื่อภาพใบหน้าบุคคล

2.4 ทฤษฎีการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพดิจิทัล [19-21] แสดงตามตัวอย่างที่อธิบายไว้ในตาราง 2.4 ขั้นแรกจะอธิบายความแปรผันของความสว่างในภาพโดยใช้ฮิสโตแกรม จากนั้นดำเนินการจัดการภาพเพื่อเปลี่ยนภาพฮิสโตแกรม กระบวนการนี้เปลี่ยนและปรับขนาดผลลัพธ์ (ทำให้ภาพสว่างขึ้นหรือลดลงในรูปแบบต่าง ๆ) โดยจะพิจารณาเกณฑ์ที่เปลี่ยนรูปภาพจากระดับสีเทาเป็นเลขไบนารี สิ่งเหล่านี้เรียกว่าการดำเนินการแบบจุดเดียว หลังจากนั้นจะย้ายไปที่การดำเนินการกลุ่มโดยที่กลุ่มคือจุดที่พบในคุณลักษณะ การดำเนินการทั่วไปบางส่วนในกลุ่มของจุดคือสถิติ โดยแสดงภาพที่แต่ละจุดเป็นผลมาจากการหาค่าเฉลี่ยของแต่ละจุดในภาพต้นฉบับ การดำเนินการทางสถิติสามารถลดสัญญาณรบกวนในภาพได้ซึ่งจะเป็นประโยชน์กับเทคนิคการดึงคุณลักษณะที่จะพิจารณาในขั้นต่อไป การดำเนินการพื้นฐานเหล่านี้จึงมีไว้สำหรับการประมวลผลล่วงหน้าสำหรับการจำแนกคุณลักษณะหรือเพื่อปรับแสดงผลภาพ

จากการอธิบายภาพการประมวลผลภาพนั้นได้นำไปประยุกต์ใช้งานหลายๆด้านแทนการมองด้วยตาของมนุษย์ เช่น นักวิจัยนำหลักการประมวลผลภาพดิจิทัลตรวจหาโรคพืช [22] แบบอัตโนมัติหรือเรียกว่าการจำแนกโรคพืชโดยนำอัลกอริทึมมาช่วยในการจัดหมวดหมู่โรคพืชด้วยการจดจำลักษณะ พื้นผิว สี และรูปร่าง การจัดหมวดหมู่พืชตามการเรียนรู้เชิงลึกและการเรียนรู้ของเครื่อง เช่น ซีเอ็นเอ็น, เค-เอ็นเอ็น, การถดถอยโลจิสติก เป็นต้น แอปพลิเคชันการเรียนรู้เชิงลึกจะช่วยลดการพึ่งพาการออกแบบและเทคนิคก่อนการประมวลผลโดยเข้าร่วมกระบวนการทั้งหมด เพื่อเชื่อมโยงให้ความเข้าใจพื้นฐานและความรู้ของงานวิจัยที่ทันสมัยในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

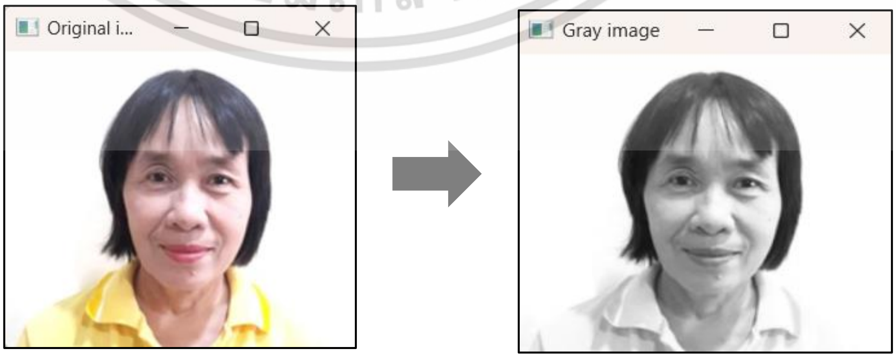
ตารางที่ 2.3 อธิบายภาพรวมการประมวลผลภาพ [20]

หัวข้อหลัก	หัวข้อย่อย	ประเด็นหลัก
คำอธิบายรูปภาพ	การเปลี่ยนแปลงความสว่างของภาพแสดงด้วยกราฟหรือฮิตโตแกรม	ความคมชัดของภาพและฮิสโตแกรม
การดำเนินการจุด	ฟังก์ชันการคำนวณจุดภาพต้นฉบับใช้ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ในการคำนวณหาจุดใหม่ผลลัพธ์คือจะเปลี่ยนแปลงฮิตโตแกรมรูปภาพจากสีเทาเป็นการแสดงภาพไบนารี (ขาวดำ)	การจัดการฮิสโตแกรม การทำภาพที่ความเข้ม การบวก การผกผันสเกล อัลกอริทึม เลขยกกำลัง การปรับความเข้มให้เป็นปกติ การทำให้เท่าเทียมกันของฮิสโตแกรม การกำหนดเกณฑ์ที่เหมาะสมที่สุด
การดำเนินการกลุ่ม	คำนวณจุดภาพใหม่เป็นฟังก์ชันของพื้นที่ใกล้เคียงของจุดที่ตำแหน่งเดิมในภาพต้นฉบับ ฟังก์ชันสามารถเป็นค่าทางสถิติได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐานและโหมด	การปรับคุณลักษณะ การหาค่าเฉลี่ยโดยตรง ตัวกรองค่ามัธยฐาน ตัวกรองโหมด

2.4.1 การแปลงระดับสีเทา

การแปลงภาพอยู่ในกระบวนการประมวลผลภาพ คือ การแปลงระดับสีเทาของภาพ ซึ่งคือการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มแสงภายในของจุดภาพอย่างเป็นระบบ เพื่อสร้างภาพผลลัพธ์ที่มีองค์ประกอบบางส่วนคมชัดขึ้น หรือเรียบขึ้น เมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่นๆ ภายในภาพส่งผลให้วัตถุหรือองค์ประกอบที่น่าสนใจเด่นชัดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบส่วนอื่นของภาพกระบวนการพื้นฐานของแปลงระดับสีเทา คือ การแปลงภาพเนกาทีฟ และเพาเวอร์ลอว์ทรานส์ฟอร์เมชัน

ภาพเนกาทีฟ คือ การนำภาพเกรย์สเกลที่มีช่วงระดับค่าความเข้มแสงระหว่าง $[0, L-1]$ โดย L คือ จำนวนระดับความเข้มแสงสูงสุด เช่น 256 ระดับ เป็นต้น ฉะนั้น หาก L เท่ากับ 256 ค่าช่วงระดับความเข้มแสงจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 จะแสดงผลลัพธ์ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ผลลัพธ์การประมวลผลภาพสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ฮิสโตแกรม

ฮิสโตแกรม คือ กราฟประเภทหนึ่งซึ่งมีลักษณะเป็นกราฟแท่งแบบเฉพาะที่มีการใช้กันอย่างกว้างขว้างในงานด้านสถิติ ฮิสโตแกรมเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแบบหมวดหมู่ที่เรียกว่า ชั้นข้อมูลกับความถี่ของข้อมูล ประโยชน์ของฮิตโตแกรม เช่น การวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลวิเคราะห์ลักษณะการแจกแจงของข้อมูล และการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างก่อนและหลังปรับปรุงข้อมูลเป็นต้น ลักษณะของกราฟฮิตโตแกรมอยู่ในรูปของกราฟแท่งที่มีความกว้างเท่า ๆ กัน โดนแกนนอนแสดงหมวดหมู่เรียงลำดับจากน้อยไปมาก ส่วนแกนตั้งบ่งบอกจำนวนความถี่ หรือปริมาณของข้อมูลที่เกิดขึ้นในหมวดหมู่ โดยกราฟฮิสโตแกรมสามารถจำแนกออกได้เป็นหลายลักษณะตามรูปแบบกระจายของข้อมูล ดังนี้

- Normal distribution การกระจายของข้อมูลแบบปกติ มีลักษณะกราฟข้อมูลเป็นรูประฆังคว่ำ (bell-shaped curve) โดยฮิตโตแกรมลักษณะนี้ ข้อมูลที่เกิดขึ้นบริเวณทั้งสองข้างของกราฟจะมีโอกาสเกิดน้อยใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

- Skewed distribution การกระจายของข้อมูลเป็นแบบไม่สมควร เนื่องจากข้อจำกัดทางธรรมชาติส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้ถูกจำกัดเอาไว้ การกระจายข้อมูลในลักษณะนี้จุดสูงสุดจะเยื้องจากค่ากลางไปทางทิศใดทิศหนึ่ง และส่วนปลายหรือหางข้อมูลจะยืดออกไปในทิศตรงกันข้าม ดังนั้นการเรียกชื่อของ Skewed distribution จึงถูกเรียกตามทิศทางของหางการกระจายข้อมูล

- Double peak หรือ bimodal distribution การกระจายข้อมูลมีลักษณะคล้ายหลังอูฐ ลักษณะข้อมูลมีการกระจายแบ่งออกเป็นสองกลุ่มแยกจากกัน

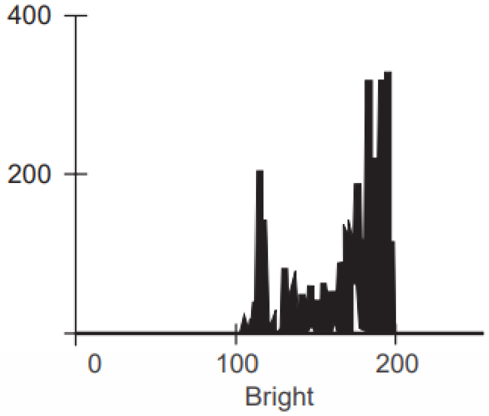
- Plateau หรือ multimodal distribution การกระจายข้อมูลมีลักษณะของการรวมกันของข้อมูลหลายกระบวนการ ประกอบด้วยยอดสูงหลายๆ ยอดในข้อมูลหนึ่งชุด จึงเป็นที่มาของชื่อ plateau (ที่ราบสูง)

- Edge peak distribution การกระจายข้อมูลที่คล้ายกับ normal distribution แต่มีกลุ่มข้อมูลรวมกันเป็นยอดสูงปรากฏอยู่บริเวณหางของกราฟ ซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดของการกำหนดกลุ่มเงื่อนไขในการทำฮิสโตแกรม

- Comb distribution การกระจายข้อมูลมีลักษณะทั้งสูงและต่ำปะปนกันในชุดข้อมูลเดียว ซึ่งพบเห็นโดยทั่วไปจากการที่ข้อมูลมีการปัดทศนิยม หรือ การกำหนดโครงสร้างฮิสโตแกรมที่ผิด ซึ่งมีการแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.7 และ รูปที่ 2.8

รูปที่ 2.7 ภาพของตา [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ฮิสโตแกรมของภาพดวงตา [20]

ฮิสโตแกรมสามารถประเมินได้โดยตัวดำเนินการฮิสโตแกรมในโค้ดรูปที่ 2.9 ตัวดำเนินการเริ่มต้นฮิสโตแกรมเป็นศูนย์ก่อน จากนั้นตัวดำเนินการจะทำงานโดยนับจำนวนจุดภาพที่มีความเข้มที่ค่าใดค่าหนึ่ง จำนวนเหล่านี้สำหรับค่าต่าง ๆ จะสร้างฮิสโตแกรมโดยรวม จำนวนจะถูกส่งคืนเป็นฮิสโตแกรมสองมิติ (เวกเตอร์ของค่าจำนวนนับ)

```
for bright∈0..255
    pixels-at-levelbright←0
for x∈0..cols(pic)-1
    for y∈0..rows(pic)-1
        level←picy,x
        pixels-at-levellevel←pixels-at-levellevel+1
pixels-at-level
```

รูปที่ 2.9 โค้ดการประเมินผลฮิสโตแกรม

2.4.3 การตรวจหา จุด เส้น และขอบวัตถุ

เทคนิคการหาองค์ประกอบชนิดไม่ต่อเนื่องทั้งหมด 3 องค์ประกอบ นั่นคือ จุด เส้น และขอบ โดยองค์ประกอบเหล่านี้ล้วนเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของภาพดิจิทัล ทั้งนี้วิธีทั่วไปของการตรวจหาความไม่ต่อเนื่องของระดับความเข้มแสง คือ การนำหน้ากากตัวกรองทาบผ่านภาพ และทำการคำนวณหาผลลัพธ์ตลอดทั้งภาพ ซึ่งผลคำนวณที่ได้คือ R ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของผลคูณระหว่างสัมประสิทธิ์ (ค่าที่อยู่ในหน้าตัวกรอง) กับค่าระดับความเข้มแสงของจุดภาพบริเวณที่หน้ากากตัวกรองทาบผ่าน สมการที่ 2.1 ยกตัวอย่างของการคำนวณค่า R สำหรับกรณีหน้ากากตัวกรองขนาด 3×3 จุดภาพ

$$R = \sum_{i=1}^{9} w_i z_i$$
$$R = w_1 z_1 + w_2 z_2 \ldots + w_9 z_9 \qquad (2.1)$$

โดย R คือ ผลรวมความเข้มหน้ากากตัวกรองและ z_i คือ ค่าระดับความเข้มแสงของจุดภาพในตำแหน่งเดียวกับค่าสัมประสิทธิ์ w_i ของหน้ากากตัวกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.1 การตรวจหาจุด

การตรวจหาจุด (point detection) ที่อยู่ภายในภาพดิจิทัล คือ การหากลุ่มของจุดภาพที่มีระดับความเข้มแสงใกล้เคียงกัน หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ดังรูปที่ 2.10

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

รูปที่ 2.10 หน้ากากตัวกรอง ขนาน 3×3 จุดภาพ สำหรับการตรวจหาจุด

ลักษณะหน้ากากตัวกรองรูปที่ 2.10 สำหรับคำนวณหากลุ่มของจุดภาพขนาดเล็กที่วางตัวอยู่ภายในภาพ ผลคำนวณ R ที่ได้สามารถนำไปแสดงเป็นภาพผลลัพธ์ใหม่ โดยภาพผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถถูกแปลงให้อยู่ในลักษณะของภาพไบนารี ได้โดนค่าของจุดภาพจะมีเพียง 2 สถานะคือ 0 (สีดำ) และ 1 (สีขาว) ดังสมการที่ 2.2 แสดงการคำนวณภาพไบนารีจากภาพผลคำนวณ R ที่คำนวณได้จากหน้ากากตัวกรอง กล่าวคือ ถ้า $R(x,y)$ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ T ที่กำหนดไว้ $g(x,y)=1$ จุดภาพเป็นสีขาว ส่วนกรณีอื่น $g(x,y)=0$ จุดภาพเป็นสีดำ จะแสดงดังตัวอย่างของโปรแกรมด้วยภาษาไพทอน และไลบารี Numpy สำหรับการตรวจหาจุด [23] ดังรูปที่ 2.11

$$g(x,y)=\begin{cases}1 \; if \; |R(x,y)|\geq T \\ 0 \quad otherwise\end{cases} \tag{2.2}$$

โดย T คือ ค่าเทรชโฮลด์ซึ่งเป็นจำนวนเต็มบวก $g(x,y)$ คือ ค่าใหม่ของจุดภาพ

```
import numpy as np
import cv2
from matplotlib import pyplot as plt
img = cv2.imread(‘splash.jpg’, 0)
mask = np.array([[-1, -1, -1]),
                        [-1, 8, -1],
                        [-1, -1, -1]])
img_point = cv2.filter2D(img,-1,mask)
T = 200
img_binary = img_point>=T
plt.subplot(311),plt.imshow(img, cmap = ‘gray’)
plt.title(‘Original’), pltxticks([]), plt.yticks([])
plt.subplot(312), plt.imshow(img_point, cmap = ‘gray’)
plt.title(‘Point detection’), pltxticks([]), plt.yticks([])
plt.subplot(313), plt.imshow(img_binary, cmap = ‘gray’)
plt.title(‘Binary image’), pltxticks([]), plt.yticks([])
plt.show()
```

รูปที่ 2.11 ตัวอย่างของโปรแกรมด้วยภาษาไพทอน และไลบารี Numpy สำหรับการตรวจหาจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.2 การตรวจหาเส้น

การตรวจหาเส้น (line detection) ถือเป็นเทคนิคที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในการประมวลผลภาพดิจิทัล กระบวนการตรวจหาเส้นภายในภาพ คือ การจำแนกกลุ่มของจุดภาพที่วางตัวเรียงกันเป็นแนวเส้น เช่น แนวนอน แนวตั้ง หรือแนวทแยง เป็นต้น ประโยชน์ของกระบวนการนี้ ยกตัวอย่างเช่น การตรวจหาวัตถุที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเส้นตรง และการตรวจหาขอบวัตถุ การตรวจหาเส้น อาศัยหน้ากากตัวกรองที่มีลักษณะต่างออกไปจากการตรวจหาจุด ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบทางกายภาพของเส้นที่แตกต่างจากจุด ในรูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างของหน้ากากตัวกรองขนาด 3×3 จุดภาพ สำหรับตรวจหาเส้นที่มีความหนา 1 จุดภาพ ในลักษณะการวางตัวของเส้นรูปแบบต่าง ๆ

-1	-1	-1
2	2	2
-1	-1	-1

(ก) แนวนอน

2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

(ข) -45 องศา

-1	2	-1
-1	2	-1
-1	2	-1

(ค) แนวตั้ง

-1	-1	2
-1	2	-1
2	-1	-1

(ง) +45 องศา

รูปที่ 2.12 ตัวอย่างหน้ากากตัวกรองสำหรับตรวจหาเส้น

หากพิจารณาสัมประสิทธิ์ของหน้ากากตัวกรองในแต่ละรูปแบบ จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ตามแนวเส้นที่ตามแนวเส้นที่ต้องการตรวจหาจะมีค่ามากกว่าค่าสัมประสิทธิ์บริเวณอื่น ๆ ทั้งนี้ในทางอุดมคติ ถ้าจุดภาพใดอยู่บนแนวเส้นที่ต้องการตรวจหา ผลคำนวณที่ได้จะมีค่าเท่ากับ 0

2.4.3.3 การตรวจหาขอบ

กระบวนการตรวจหาขอบ (Edge detection) ถือเป็นเทคนิคที่สำคัญในการประมวลผลภาพ การตรวจหาขอบเขตของวัตถุ มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการหาขอบเขตภายในภาพและทำให้ขอบเขตวัตถุนั้นมีความเด่นชัดขึ้น ทั้งนี้โดยหลักการ ขอบของวัตถุ คือ บริเวณของจุดภาพที่มีระดับความเข้มแสงที่แตกต่างกัน หมายความว่า กรณีที่ระดับความเข้มแสงระหว่างจุดภาพบริเวณขอบของวัตถุแตกต่างกันมากขอบของวัตถุจะมีความเด่นชัดมาก ในทางกลับกัน หากระดับความเข้มแสงระหว่างจุดภาพบริเวณขอบของวัตถุมีความแตกต่างกันน้อย ขอบของวัตถุจะไม่ชัดเจน

กระบวนการที่นิยมทั่วไปใช้ในการตรวจหาขอบ คือ การคำนวณเกรเดียนต์ 2 มิติ ในโดเมนเชิงพื้นที่ โดยการคำนวณเป็นการประมาณค่าผลต่างแบบไม่ต่อเนื่องระหว่างแถวและหลัก ของหน้ากากตัวกรอง ทั้งนี้หากกำหนดให้จุดภาพที่พิกัดกึ่งกลางของหน้ากากตัวกรองเป็นจุดภาพที่กำลังพิจารณาในรูปที่ 2.13 และสมการที่ 2.3 แสดงลักษณะของสมการเกรเดียนต์ 2 มิติ ด้วยการตรวจหาขอบภาพแบบโซเบล (Sobel)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

(ก) ส่วนของภาพขนาด 3×3

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(ข) โซเบลสำหรับตรวจหาขอบตามแนวแกน x

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(ค) โซเบลสำหรับตรวจหาขอบตามแนวแกน y

รูปที่ 2.13 หน้ากากตัวกรองสำหรับตรวจหาขอบด้วยวิธีแบบโซเบล

$$\nabla f = \left[g_x^2 + g_y^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \left\{ \begin{array}{c} \left[\left(z_7 + 2z_8 + z_9 \right) - \left(z_1 + 2z_2 + z_3 \right) \right]^2 \\ + \\ \left[(z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \right]^2 \end{array} \right\}^{\frac{1}{2}} \qquad (2.3)$$

โดย ∇f คือ เกรเดียนต์ 2 มิติ z คือ ค่าระดับความเข้มแสงที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่หน้ากากตัวกรองขนาด 3×3 จุดภาพ ทาบผ่าน g_x คือ เกรเดียนต์ตามแนวแกน x และ g_y คือเกรเดียนต์ตามแนวแกน y ทั้งนี้ การวิเคราะห์และสรุปจุดภาพที่ตำแหน่ง (x, y) ว่าเป็นจุดภาพของขอบหรือไม่นั้น สามารถทำได้จากการเปรียบเทียบค่า ∇f โดยที่ $\nabla f \geq T$ และค่า T คือ ค่าเทรชโฮลด์ที่กำหนดขึ้น นอกเหนือจากการตรวจหาขอบด้วยหน้ากากตัวกรองแบบวิธีโซเบล ยังมีรูปแบบฟังก์ชันขอบที่นิยม คือ พรีวิทท์ (Prewitt) และโรเบิร์ต (Robert) ดังภาพที่ 2.14 หน้ากากตัวกรองสำหรับตรวจหาขอบแบบวิธีพรีวิทท์ ใช้หลักการคำนวณโดยค่าสัมประสิทธิ์มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับแบบวิธีโซเบล แต่มีการปรับปรุงค่าให้ง่ายกว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจหาขอบแบบวิธีพรีวิทท์ มีแนวโน้มของสัญญาณรบกวนภายในภาพมากกว่า แต่หน้ากากตัวกรองสำหรับตรวจหาขอบแบบวิธีโรเบิร์ต มีหลักการคำนวณหาผลต่างของจุดภาพใกล้เคียง จะคำนวณหาค่า g_x และ g_y ซึ่งวิธีของโรเบิร์ตถือเป็นหลักการตรวจหาขอบที่ง่ายที่สุดในกระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัล ทั้งนี้ในปัจจุบันวิธีนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากข้อจำกัดหลายด้าน เช่น ความไม่สมมาตร และข้อจำกัดในการตรวจหาขอบตามแนวองศาต่าง ๆ เป็นต้น วิธีนี้ยังคงถูกนำไปประยุกต์ใช้ในรูปแบบฮาร์ดแวร์บ่อยครั้ง เนื่องจากการกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนและการคำนวณที่รวดเร็วแสดงดังรูปที่ 2.14

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

(ก) พรีวิทท์

-1	0
0	

0	-1
1	0

(ข) โรเบิร์ต

รูปที่ 2.14 หน้ากากตัวกรองแบบวิธีพรีวิทท์ และโรเบิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

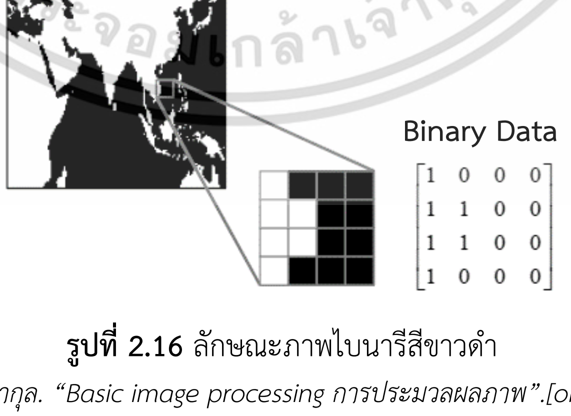
2.4.4 เทรชโฮลด์

เทรชโฮลด์ เป็นตัวดำเนินการเลือกพิกเซลที่มีค่าเฉพาะ หรืออยู่ในช่วงที่ระบุ สามารถใช้เพื่อค้นหาวัตถุภายในรูปภาพหากทราบระดับช่วงความสว่าง หมายความว่าวัตถุนั้น ต้องรู้จักความสว่างเช่นกัน มีสองรูปแบบหลัก การกำหนดเกณฑ์แบบสม่ำเสมอและแบบปรับได้ ในการกำหนดเกณฑ์แบบเดียวกัน พิกเซลที่อยู่เหนือระดับที่ระบุจะถูกตั้งค่าเป็นสีขาว พิกเซลที่ต่ำกว่าระดับที่ระบุจะถูกตั้งค่าเป็นสีดำ จากภาพดวงตาดั้งเดิม รูปที่ 2.15 แสดงภาพที่มีเกณฑ์โดยพิกเซลทั้งหมดที่สูงกว่า 160 ระดับความสว่างจะถูกตั้งค่าเป็นสีขาว และพิกเซลที่มีความสว่างต่ำกว่า 160 ระดับจะถูกตั้งค่าเป็นสีดำ โดยขั้นตอนนี้ ส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผิวหน้าจะถูกแยกออกจากพื้นหลัง แก้ม หน้าผาก และบริเวณที่สว่างอื่น ๆ แยกออกจากเส้นผมและดวงตา สิ่งนี้สามารถใช้เป็นวิธีการแยกจุดสนใจ

รูปที่ 2.15 เทรชโฮลด์ของภาพความสว่างของดวงตา [20]

2.4.5 ภาพไบนารี

ภาพไบนารีจะแสดงข้อมูลของภาพพิเซลรูปแบบสีขาวดำ คือในแต่ละพิเซลของภาพจะถูกแสดงด้วยค่าแบบไบนารี โดยข้อมูลไบนารีจะมีค่า 1 บิต ซึ่งประกอบไปด้วยค่า 1 และ ค่า 0 โดยค่าที่เป็น 1 หมายถึงจุดภาพเป็นสีขาว และค่าที่เป็น 0 หมายถึงจุดภาพเป็นสีดำ ดังแสดงรูปที่ 2.16 ภาพไบนารีถูกนำไปใช้กับการประมวลผลภาพเป็นต้น



รูปที่ 2.16 ลักษณะภาพไบนารีสีขาวดำ

(ที่มา: เปรม อิงคเวชชากุล. "Basic image processing การประมวลผลภาพ".[online]. เข้าถึงได้จาก https://dspace.bru.ac.th/xmlui/bitstream/handle/123456789/8537/ Chapter3.pdf?sequence=3&isAllowed=y. 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 ภาษาไพทอน

ภาษาไพทอน (Python) [24] เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูงซึ่งสร้างโดยคีโด ฟัน โรสซึม โดยเริ่มใน พ.ศ. 2533 การออกแบบของภาษาไพทอน มุ่งเน้นให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถอ่านชุดคำสั่งได้โดยง่ายผ่านการใช้งานอักขระเว้นว่าง (Whitespaces) นอกจากนั้นการออกแบบภาษาไพทอนและการประยุกต์ใช้ในการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุช่วยให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมที่เป็นระเบียบ อ่านง่าย มีขนาดเล็ก เป็นภาษาแบบไดนามิกรองรับการเขียนโปรแกรมหลายรูปแบบ ซึ่งรวมถึงการเขียนโปรแกรมตามลำดับขั้น การเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ หรือการเขียนโปรแกรมเชิงฟังก์ชัน นอกจากนี้ยังเป็นภาษาที่มักถูกอธิบายว่าเป็นภาษาโปรแกรมแบบ “Batteries included” กล่าวคือมาพร้อมกับไลบรารีมาตรฐานจำนวนมาก เช่นโครงสร้างข้อมูลแบบซับซ้อน และไลบรารีสำหรับคณิตศาสตร์ โดยไพทอน 2.0 ซึ่งออกเผยแพร่เมื่อ พ.ศ. 2543 มาพร้อมกับเครื่องมือสำหรับการเขียนโปรแกรมจำนวหนึ่ง อย่างเช่นตัวสร้างแถวรายการ (list comprehension) ไพทอนรุ่น 3.0 ออกเผยแพร่เมื่อ พ.ศ. 2549 เป็นรุ่นที่ได้รับการปรับปรุงและแก้ไขจำนวนมาก กล่าวคือชุดคำสั่งที่เขียนสำหรับไพทอน 2 อาจไม่ทำงานตามปกติเมื่อสั่งให้ทำงานบนตัวแปลภาษาคอมพิวเตอร์ของไพทอน 3 อินเทอร์พรีเตอร์ของภาษาไพทอนสามารถใช้งานได้บนหลายระบบปฏิบัติการ

ไลบรารีในไพทอน เป็นไลบรารีช่วยในการเขียนโปรแกรมในภาษาไพทอนโดยใช้ไลบรารีต่าง ๆ เป็นการลดภาระของผู้พัฒนาโปรแกรมได้เป็นอย่างดี ทำให้โปรแกรมเมอร์ไม่ต้องเสียเวลากับการเขียนคำสั่งที่ซ้ำ ๆ เช่นการแสดงผลข้อมูลออกสู่หน้าจอ หรือการรับค่าต่าง ๆ ชุดไลบรารีมาตรฐานมาให้ตั้งแต่ติดตั้ง ตัวแปลชุดคำสั่ง นอกจากนั้นยังมีผู้พัฒนาจากทั่วโลกดำเนินการพัฒนาไลบรารีซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ สำหรับผู้พัฒนา

โอเพ่นซีวีไพทอน [25] รับรองอัลกอริทึมจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์วิชันและการเรียนรู้ของเครื่องและเป็นที่นิยมมากในกลุ่มผู้พัฒนาโปรแกรม ประโยชน์การใช้งาน คือ สร้างชุดเครื่องมือคุณลักษณะ 2 มิติและ 3 มิติ การประมาณระยะในขณะเคลื่อนที่ ระบบรู้จำใบหน้า การจดจำท่าทาง และปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างการแสดงผลลัพธ์จากโอเพ่นซีวีไพทอน ใช้โมดูลสำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Numpy) และ ใช้โมดูลสำหรับวาดกราฟและแผนภาพต่าง ๆ (Matplotlib) ดังรูปที่ 2.17 และแสดงผลลัพธ์ดังรูปที่ 2.18

```
import numpy as np
import cv2
from matplotlib import pyplot as plt
    img = cv2.imread('see.jpg',0)
    plt.imshow(img, cmap = 'gray', interpolation = 'bicubic')
    plt.xticks([]), plt.yticks([]) # to hide tick values on X and Y axis
  plt.show()
```

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างโค้ดโอเพ่นซีวีไพทอนแปลงสีภาพเทา

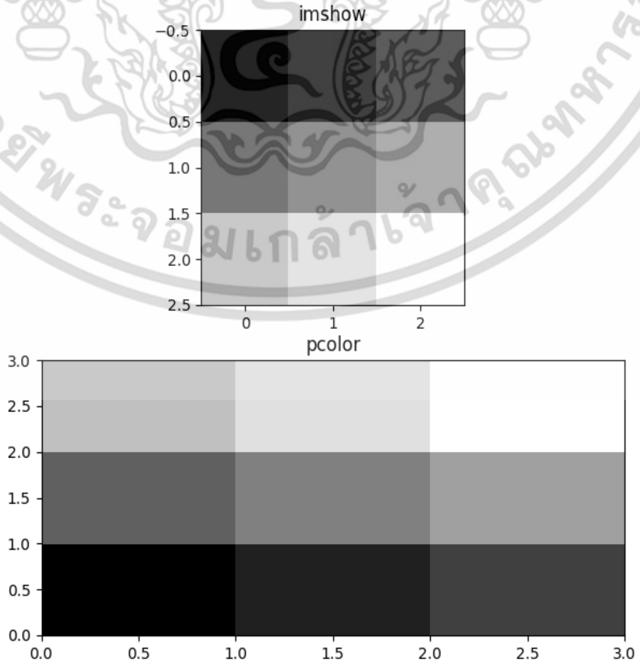
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.18 แสดงผลลัพธ์แปลงสีเทา

ยกตัวอย่างการใช้โดยเปรียบเทียบคำสั่งอิมโชว์ (imshow) กับคำสั่งสี (pcolor) โดยสร้างอาร์เรย์ที่มีค่าตัวเลขไล่เรียงกัน 9 ตัวแล้วนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นอาเรย์ 3×3 จากนั้นนำมาวาดแผนภาพไล่สีด้วยคำสั่งสีพร้อมกับคำสั่งอิมโชว์ ดังแสดงรูปที่ 2.19 และแสดงผลลัพธ์ดังรูปที่ 2.20

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
x = np.arange(9).reshape(3,3)
    plt.figure(figsize=[7,7])
    plt.subplot(211,title='imshow')
    plt.imshow(x,cmap='gray')
    plt.subplot(212,title='pcolor')
    plt.pcolor(x,cmap='gray')
  plt.show()
```

รูปที่ 2.19 ตัวอย่างโค้ดโอเพ่นซีวีไพทอนสร้างอาเรย์ที่มีค่าตัวเลขไล่ระดับสี



รูปที่ 2.20 ผลลัพธ์คำสั่งการไล่ระดับสี

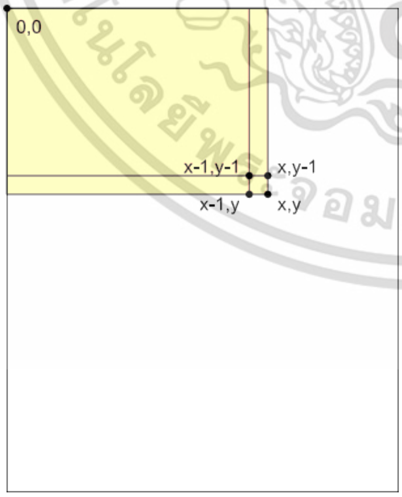
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ทฤษฎีของฮาร์คาสเคด

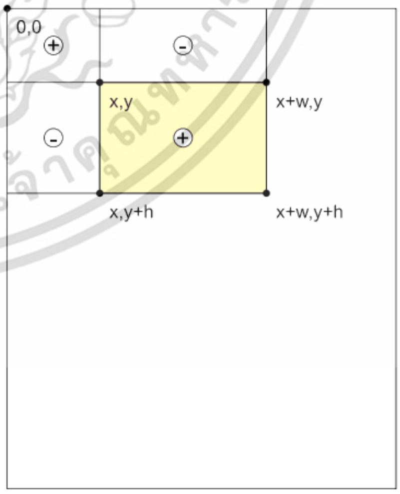
ฮาร์คลาดเคด [26-28] คือ อัลกอริทึมตรวจจับวัตถุที่เป็นคุณลักษณะของภาพดิจิทัลเพื่อในการจดจำวัตถุ มีชื่อมาจากความคล้ายคลึงกันโดยสัญชาตญาณกับฮาร์เวฟเล็ตและถูกนำมาใช้ในเครื่องตรวจจับใบหน้าแบบเรียลไทม์เครื่องแรกของวิโอลาและโจนส์ ซึ่งได้ถูกเผยแพร่ในชื่อบทความ [20] จากอดีตหลักการทำงานด้วยความเข้มของภาพเพียงอย่างเดียว เช่น ค่าพิกเซล RGB ที่แต่ละพิกเซลของภาพ ทำให้การคำนวณคุณลักษณะมีความซับซ้อน การทำงานกับชุดคุณสมบัติทางเลือกตามฮาร์เวฟเล็ต แทนความเข้มของภาพตามปกติ วิโอลาและโจนส์จึงได้ดัดแปลงแนวคิดของการใช้ฮาร์เวฟเล็ตและพัฒนาคุณลักษณะที่เรียกว่า คุณลักษณะฮาร์คาสเคด [29] จะพิจารณาพื้นที่สี่เหลี่ยมที่อยู่ติดกันในตำแหน่งเฉพาะในหน้าต่างการตรวจจับ สรุปความเข้มของพิกเซลในแต่ละส่วน และคำนวณความแตกต่างระหว่างผลรวมเหล่านี้ จากนั้นจะใช้ความแตกต่างนี้เพื่อจัดหมวดหมู่ส่วนย่อยของรูปภาพ ตัวอย่างเช่น สำหรับใบหน้าของมนุษย์ เป็นที่สังเกตได้ทั่วไปว่าในทุกใบหน้า บริเวณดวงตาจะมีสีเข้มกว่าบริเวณแก้ม ดังนั้น คุณลักษณะฮาร์คาสเคดทั่วไปสำหรับการตรวจจับใบหน้าคือชุดของสี่เหลี่ยมสองรูปที่ติดกันซึ่งอยู่เหนือตาและบริเวณแก้ม ตำแหน่งของสี่เหลี่ยมเหล่านี้ถูกกำหนดโดยสัมพันธ์กับหน้าต่างการตรวจจับที่ทำหน้าที่เหมือนกรอบขอบเขตของวัตถุเป้าหมายจึงสรุปได้ว่าในกรณีนี้คือใบหน้า

2.5.1 การคำนวณสี่เหลี่ยมผืนผ้าของฮาร์คาสเคด

การทำงานของฮาร์คาสเคด [30] ในหนึ่งภาพเกี่ยวข้องกับการวัดกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าหลายล้านครั้ง เวลาที่ใช้ในการส่งคืนผลรวมของค่าพิกเซลภายในกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าจึงมีความสำคัญ สิ่งนี้ทำในเวลาคงที่โดยการคำนวณใหม่ด้วยวิธีการเขียนโปรแกรมแบบไดนามิก อาร์เรย์ที่เรียกว่า “อินทิกรัลรูปภาพ” อาร์เรย์ภาพรวมสำหรับภาพพิกเซล x, y มีองค์ประกอบภาพเชิงปริพันธ์ $ii(x, y)$ เก็บผลรวมของพิกเซลด้วยพิกัด $0..x, 0..y,$ ดังแสดงในรูป 2.21 (ก)



(ก) พื้นที่รูปภาพที่แสดงโดย $ii(x, y)$



(ข) ตัวอย่างกรอบสี่เหลี่ยม

รูปที่ 2.21 ภาพประกอบแบบอินทิเกรต [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาจากอาร์เรย์รูปภาพ i ที่มีอยู่ซึ่งเก็บค่าความเข้มของพิกเซล แต่ละองค์ประกอบในอาร์เรย์อินทิกรัลรูปภาพ ii สามารถคำนวณได้เมื่อทราบองค์ประกอบด้านบนและด้านซ้าย ดังสมการที่ 2.4 และ 2.5

$$ii(x,y) = ii(x,y-1) + ii(x-1,y) + i(x,y) - ii(x-1,y-1) \qquad (2.4)$$

เมื่อ

$$ii(-1,y) = ii(x,-1) = 0 \qquad (2.5)$$

ดังนั้นจึงสามารถสร้างอาร์เรย์ภาพรวมในครั้งเดียวผ่านพิกเซลทั้งหมด โดยใช้เวลา 0 เมื่อสร้างแล้ว ผลรวมของค่าพิกเซลในสี่เหลี่ยมผืนผ้าใด ๆ สามารถคำนวณได้ด้วยการดำเนินการอ้างอิงอาร์เรย์เพียงสี่ครั้งเท่านั้น ในตัวอย่างที่แสดงในรูป 2.21 (ข) ผลรวมของค่าพิกเซลภายในสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่แรเงาคือดังสมการที่ 2.6

$$ii(x,y) + ii(x+w,y+h) - ii(x,y+h) - ii(x+w,y) \qquad (2.6)$$

จากการอธิบายเกี่ยวกับวิธีการอินทิกรัลรูปภาพนั้น จากขอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าต้องขนานกับขอบภาพซึ่งความเพิ่มสามารถในการใช้สี่เหลี่ยมผืนผ้าเอียง 45 องศา โดยใช้อินทิกรัลรูปภาพแบบเอียง อินทิกรัลรูปภาพเอียงจะต้องคำนวณในสองรอบ ด่านแรกเริ่มจากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง (x เพิ่มขึ้น, y เพิ่มขึ้น) ดังสมการที่ 2.7 และ 2.8

$$ii(x,y) = tii(x-1,y-1) + tii(x-1,y) + I(x,y) + tii(x-2,y-1) \qquad (2.7)$$

เมื่อ

$$ii(-1,y) = tii(-2,y) = tii(x,-1) = 0 \qquad (2.8)$$

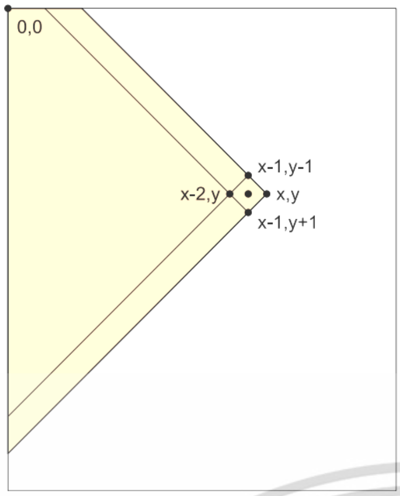
รอบที่สองเริ่มจากขวาไปซ้ายและจากล่างขึ้นบน (x ลดลง, y ลดลง) ดังสมการที่ 2.9

$$tii(x,y) = tii(x,y) + tii(x-1,y+1) - tii(x-2,y) \qquad (2.9)$$

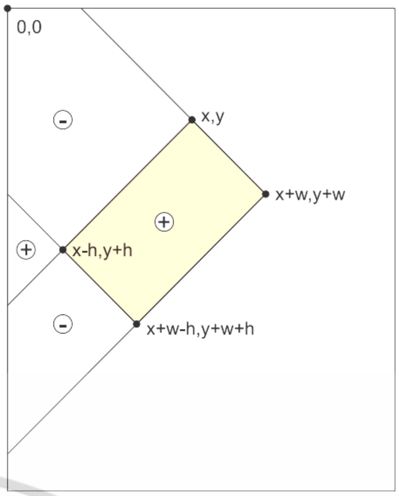
เมื่อทราบอินทิกรัลรูปภาพเอียงแล้ว ผลรวมพิกเซลของสี่เหลี่ยมผืนผ้าเอียง 45 องศา ใดๆ ก็สามารถคำนวณได้ด้วยการอ้างอิงอาร์เรย์สี่รายการ ในรูป 2.22 (ข) ผลรวมของค่าพิกเซลภายในสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่แรเงา ดังสมการที่ 2.10

$$tii(x+w,y+w) + tii(x-h,y+h) - tii(x,y) - tii(x+w-h,y+w+h) \qquad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) พื้นที่ภาพแทนด้วย $tii(x,y)$



(ข) ตัวอย่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าเอียง

รูปที่ 2.22 ภาพประกอบอินทิกรัลรูปภาพแบบเอียง [26]

จากรูปที่ 2.21 และ รูปที่ 2.22 นำมารวมกันเพื่อสร้างคุณสมบัติที่เปรียบเทียบความเข้มของรูปสี่เหลี่ยมต่าง ๆ กระบวนการจำแนกประเภทของฮาร์คาสเคดสามารถประเมินคุณลักษณะดังกล่าวที่มีการรวมกันของสี่เหลี่ยมผืนผ้า อย่างไรก็ตามกระบวนการเรียนรู้โมเดลไม่สามารถพิจารณาทุกคุณลักษณะที่เป็นไปได้ สำหรับขอบเขตภาพ $x \times y$ พิกเซล จะมีสี่เหลี่ยมที่เป็นไปได้ $\frac{x(x+1)}{2} \times \frac{y(y+1)}{2}$ รูปสี่เหลี่ยม ดังนั้นหากสี่เหลี่ยมซ้ำ ๆ ถูกละเว้น $\frac{x(x+1)}{2} \times \frac{y(y+1)^r}{2}$ คุณสมบัติที่มี r สี่เหลี่ยม เรียงซ้อนขนาด 20×20 พิกเซลโดยใช้สี่เหลี่ยมมุมฉาก 360 องศา รูปต่อหนึ่งคุณลักษณะ ดังนั้นจึงมีคุณลักษณะประมาณ 8×10^{13} ให้เลือกหากมีการเพิ่มฟีเจอร์เอียงเข้าไปจะทำให้ใช้เวลานานมากขึ้น กระบวนการฝึกอบรมจะเลือกจากชุดคุณลักษณะที่จำกัด ซึ่งมองหารูปแบบที่ใกล้เคียงของแสงและความมืด คุณลักษณะ 8 ประการแรกที่แสดงเป็นประเภทที่ใช้โดยวิโอลาและโจนส์ คุณลักษณะที่เอียงทั้ง 7 เป็นไปได้เฉพาะกับส่วนขยายเท่านั้น ชื่อคุณลักษณะถูกกำหนดโดยโปรแกรมการฝึกอบรมแบบเรียงซ้อนของโอเพ่นซีวี คุณลักษณะเหล่านี้อาจใช้ในตำแหน่งหรือมาตราส่วนใดก็ได้ และอาจปรับขนาดแยกกันในแต่ละแกน ตำแหน่งหรือสเกลที่เป็นไปได้จะถูกจำกัดโดย “ขนาดหน้าต่าง” ของฮาร์คลาสเดคซึ่งวิโอลาและโจนส์ใช้ระบบพิกัดขนาด 24×24 หน่วยสำหรับเครื่องตรวจจับใบหน้า (Frontal face) ซึ่งหมายถึงการเลือกคุณลักษณะจากคุณลักษณะที่เป็นไปได้มากกว่า 180,000 รายการ ทำการทดสอบขนาดหน้าต่างทั้ง 24×24 และ 20×20 หน่วย พบว่าฮาร์คาสเคดขนาดเล็กมักจะแม่นยำกว่า

2.5.2 การตรวจจับกรอบใบหน้าด้วยฮาร์คาสเคด

วิธีการนี้ใช้ประโยชน์จากแนวคิดคุณลักษณะคล้ายฮาร์คาสเคด โดยอ้างอิงจากรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่อยู่ติดกันเพื่อระบุพื้นที่ที่น่าสนใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ อัลกิริทึมสามารถตรวจสอบการใช้คุณลักษณะคล้ายฮาร์คาสเคด เพื่อวิเคราะห์วัตถุในภาพใดๆและเพื่อระบุพื้นที่เฉพาะ จะมีการสรุปความเข้มของแต่ละพิกเซลจากแต่ละส่วนของภาพ และผลลัพธ์จะถูกใช้เพื่อกำหนดพื้นที่ใบหน้าจากนั้นจึงใช้ฟีเจอร์คล้ายฮาร์คลาสเคส เพื่อตรวจสอบความเข้มของสีและกำหนดน้ำหนักโดยใช้ไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.XML ของใบหน้าฮาร์คาสเคดชื่อ “Haar cascade frontal face” ไฟล์นามสกุล .XML นี้เปิดใช้งานการจับภาพเฉพาะบริเวณใบหน้าของแต่ละภาพโดยการกำหนดกรอบสี่เหลี่ยม ซึ่งแทนด้วย (x, y) ซึ่งแสดงถึงความกว้างและความสูงของภาพ ในขณะที่ $(x+w, y+h)$ แสดงถึงตำแหน่งของใบหน้าบุคคลภายในเฟรมกรอบใบหน้ารูปภาพ กระบวนการนี้ถูกกำหนดให้เป็นทางการโดยสมการที่ 2.11 พิกัด (x, y, w, h) ใช้เพื่อระบุบริเวณใบหน้าที่สนใจ ซึ่งแสดงโดยฮาร์เวฟเล็ตซึ่งเน้นลักษณะเด่นของใบหน้าในภาพที่ครอบคลุม [31]

$$Feature = \sum ie\{I, N\}\omega i.\mathrm{Re}\,cSum(x, y, w, h) \tag{2.11}$$

2.5.3 การตรวจจับดวงตาหน้าด้วยฮาร์คาสเคด

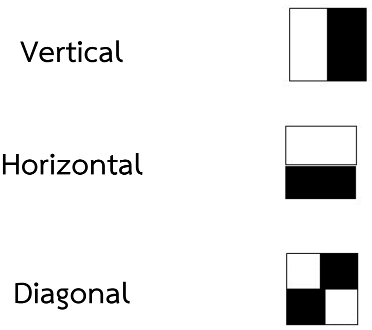
ส่วนนี้แนะนำวิธีการระบุและจำแนกดวงตาของมนุษย์ในภาพบุคคลใด ๆ โดยการตรวจจับใบหน้าและพารามิเตอร์ใบหน้าที่สอดคล้องกัน อัลกอริทึมที่นำเสนอใช้การตรวจจับสายตาแบบเรียงซ้อนตามการทำงานของไฟล์ภาพ และใช้ไฟล์ .XML จากไลบรารีโอเพ่นซีวีในภาษาไพทอนโดยเฉพาะอย่างยิ่ง อัลกอริทึมจะตรวจจับดวงตาซ้ายและขวาบนใบหน้าและล้อมรอบด้วยกรอบสี่เหลี่ยม วิธีการนี้ช่วยให้สามารถจดจำและระบุลักษณะใบหน้าที่สำคัญของมนุษย์ในรูปภาพหรือวิดีโอ เสนอการใช้งานที่เป็นไปได้ในด้านต่าง ๆ รวมถึงการจดจำใบหน้า การติดตามใบหน้า การตรวจจับอารมณ์ และการติดตามการจ้องมองด้วยตา [32]

2.5.4 การตรวจจับปากด้วยฮาร์คาสเคด

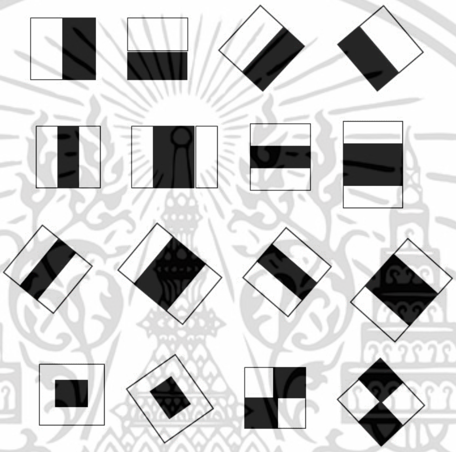
การตรวจจับปากบนใบหน้าของบุคคลโดยใช้เทคนิคในการตรวจจับรอยยิ้มและสีหน้าที่ไม่ยิ้ม กระบวนการตรวจจับเกี่ยวข้องกับการใช้ไฟล์ .XML ร่วมกับไลบรารีโอเพ่นซีวีในภาษาไพทอนเพื่อตรวจจับคุณลักษณะของปาก ตัวแปรความกว้างและความสูงจะใช้เพื่อร่างส่วนของปากบนใบหน้าในขณะที่การคำนวณแบบรวมจะใช้เพื่อกำหนดลักษณะรอยยิ้มของปาก [33-34] ดังแสดงรูปที่ 2.23 และภายใต้การทำงานการค้นหาลักษณะเด่นบนใบหน้าใช้รูปแบบดังรูปที่ 2.24 และ รูปที่ 2.25

รูปที่ 2.23 แสดงผลลัพธ์การตรวจจับกรอบใบหน้า ดวงตา และปากด้วยฮาร์คาสเคด

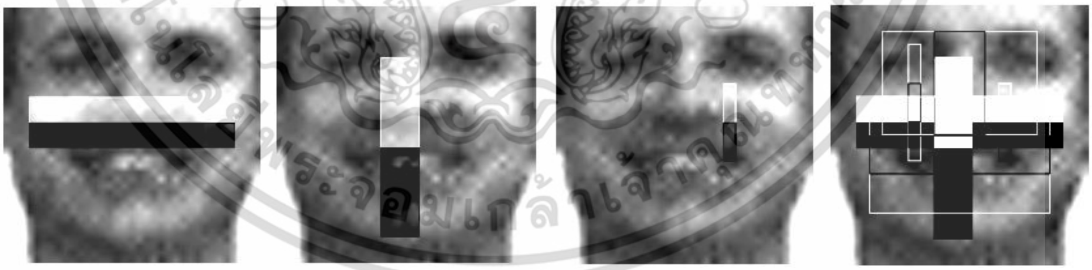
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 คุณลักษณะของฮาร์เวฟเล็ต



รูปที่ 2.25 คุณสมบัติของฮาร์คาสเคด 16 คุณลักษณะ



(ก) คุณสมบัติ 1 (ข) คุณสมบัติ 2 (ค) คุณสมบัติ 3 (ง) คุณสมบัติ 4

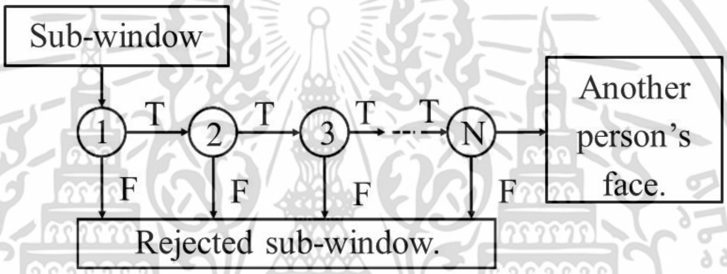
รูปที่ 2.26 ตัวอย่างใบหน้าที่มีคุณลักษณะของการตรวจจับใบหน้า [26]

จากรูปที่ 2.26 แสดงคุณลักษณะจากขั้นตอนแรกด้วยจากไลบารี่ของโอเพ่นซีวีชื่อ “haar cascad frontalface alt2” ซึ่งเป็นหนึ่งในขั้นตอนการตรวจสอบใบหน้าของคุณสมบัติเหล่านี้แสดงถึงเฉดสีภายในใบหน้าบุคคลจะสังเกตว่าอุปกรณ์ตรวจจับใบหน้าพบลักษณะที่คล้ายกันเพื่อค้นหาลักษณะเด่นเพื่อระบุชื่อภาพใบหน้าบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 ขั้นตอนจำแนกคุณลักษณะของฮาร์คาสเคด

การจำแนกคุณลักษณะของฮาร์คาสเคดเป็นการจำแนกรูปภาพแบบเรียงลำดับการทำงานของคุณลักษณะฮาร์คาสเคด คือ เทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับให้มีความถูกต้องและยังใช้เวลาในการคำนวณลดลง โดยแนวความคิดของขั้นตอนนี้ คือ การสร้างการรวมตัวจำแนกรูปภาพแบบเรียงลำดับ โดยเทคนิคนี้จะนำตัวจำแนก (Classifier) หลาย ๆ ตัวต่อกันเป็นลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.27 โดยที่ตัวจำแนกในลำดับต้นๆ มักจะมีความซับซ้อนที่น้อยกว่า อาจสร้างมาจากตัวจำแนกแบบอ่อนไม่กี่ตัวเพื่อลดปริมาณการคำนวณและลดระดับของเทรชโฮลด์ลงเพื่อเพิ่มลดการความผิดพลาดในการตรวจจับไม่พบใบหน้า ซึ่งภาพย่อยที่ถูกจัดประเภทเป็นไม่ใช่ใบหน้า (Non-face) จะถูกทิ้งไปเป็นจำนวนมากในลำดับต้นๆ ในทางตรงข้าม ถ้าภาพย่อยนั้นถูกจำแนกว่ามีโอกาสเป็นภาพใบหน้า จะถูกส่งต่อไปยังตัวจำแนกตัวถัดไปซึ่งมีความซับซ้อนสูงขึ้นสำหรับการค้นหาตามลำดับ ยิ่งมีจำนวนชั้นของตัวจำแนกมากเท่าใด โอกาสที่ภาพย่อยจะเป็นใบหน้าจะยิ่งมีมากขึ้น กระบวนการทำงานดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 แสดงขั้นตอนการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง

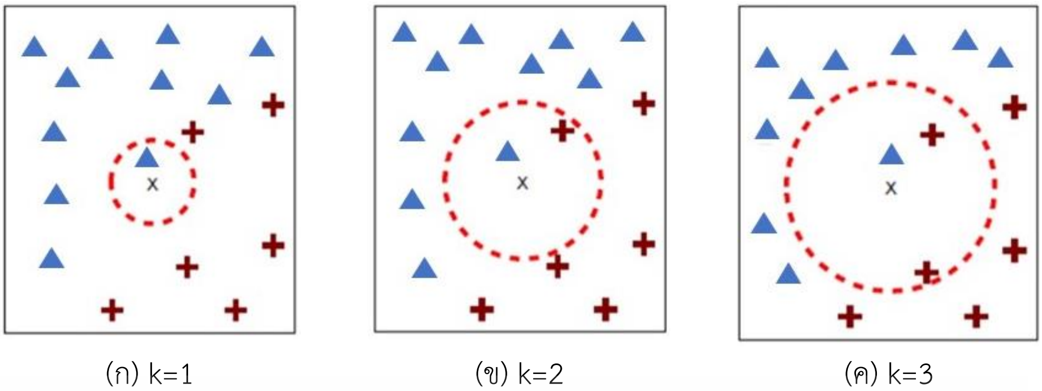
2.6 เค-เอ็นเอ็น

หลักการพื้นฐานของเค-เอ็นเอ็น [35] รวมถึงฟังก์ชันหลักที่ต้องใช้ ได้แก่ ฟังก์ชันความเหมือน (Similarity function) และฟังก์ชันการรวมคำตอบ (Combination function) และสุดท้ายจะยกตัวอย่างการคำนวณและการใช้งานเพื่อกาความใกล้ที่สุดของ เค ดังนี้

2.6.1 นิยามเค-เอ็นเอ็น

เค-เอ็นเอ็น เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้ในการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจำแนกประเภทข้อมูล เพื่อนทำนายประเภทของข้อมูลที่ไม่รู้คำตอบโดยทำการเปรียบเทียบลักษณะของข้อมูลกับชุดข้อมูลสอนที่รู้คำตอบแล้ว ว่ามีลักษณะคล้ายกับข้อมูลใดมากที่สุด และจะนำคำตอบของข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกันมากที่สุดนั้นมาเป็นคำตอบของข้อมูลที่ต้องการทราบ โดยสามารถกำหนดจำนวนข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกันมากที่สุด ว่าจะใช้ข้อมูลกี่ตัว (จึงเป็นที่มาของค่า เค ตัวใดๆ) มาใช้เป็นตัวกำหนดคำตอบของข้อมูลสอบถาม ดังแสดงรูปที่ 2.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 แนวคิดเบื้องต้นของเค-เอ็นเอ็น

จากรูปที่ 2.28 เป็นตัวอย่างการนำข้อมูลที่ทราบค่าคำตอบ หรือ คลาส (Class) ได้แก่ คลาสบวก (+) และ คลาสสามเหลี่ยม (-) มาลงจุดในกราฟ 2 มิติ จากนั้นเมื่อมีค่าข้อมูล x ที่ไม่รู้ว่าเป็นคลาสบวกหรือคลาสลบ นำมาลงจุดบนกราฟ ซึ่งจากนั้นจะทำการหาว่าจุดข้อมูล x อยู่ใกล้กับจุดข้อมูลใดในกราฟมากที่สุด ซึ่งถ้ากำหนดค่าเคเท่ากับ 1 ดังรูปที่ 2.28 (ก) จะพบว่าอยู่ใกล้กับจุดข้อมูลลบ ซึ่งเราจะตอบว่า x คือคลาสลบในขณะที่ หากกำหนดให้ค่า เค เท่ากับ 2 ดังรูปที่ 2.28 (ข) จุดข้อมูล x จะอยู่ใกล้กับจุดข้อมูล บวก 1 จุด และจุดข้อมูล ลบ 1 จุด หรือรูปที่ 2.28 (ค) จุดข้อมูล x จะอยู่ใกล้กับจุดข้อมูล บวก 2 จุด และ จุดข้อมูล ลบ 1 จุด ซึ่งจะต้องหาวิธีการสรุปคำตอบที่ได้ ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป หัวใจสำคัญของเค-เอ็นเอ็นที่สุด เค นี้มี 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ฟังก์ชันความเหมือน และฟังก์ชันการรวมคำตอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.6.1.1 ฟังก์ชันความเหมือน

ใช้วัดความคล้ายคลึงกันระหว่างข้อมูลสอบถามกับชุดข้อมูลสอน ฟังก์ชัน ประเภทนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการฟังก์ชันการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นชุดข้อมูลที่ใช้ในขั้นตอนวิธีนี้จึง จำเป็นต้องเป็นข้อมูลตัวเลขที่สามารถนำมาคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้ฟังก์ชันในกลุ่มนี้ ได้แก่ ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ โดยฟังก์ชันที่เป็นที่นิยม เช่น สหสัมพันธ์โคไซน และ ฟังก์ชันสหสัมพันธ์เพียร์สัน เป็นต้น ซึ่งค่าของฟังก์ชันยิ่งมากแสดงถึงความ คล้ายคลึงกันของข้อมูลที่มากด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ กลุ่มของฟังก์ชันที่นิยมนำมาวัดความคล้ายคลึงกันของข้อมูลอีกกลุ่มหนึ่ง ได้แก่ ฟังก์ชัน ระยะห่าง ซึ่งใช้วัดความแตกต่างของข้อมูล 2 ตัว ดังนั้นค่าของฟังก์ชันประเภทนี้จะแปล ผกผันกับความคล้ายคลึง กล่าวคือ ถ้าข้อมูลมีความคล้ายคลึงกันมาก ค่าของฟังก์ชันจะมีค่าน้อย และถ้าค่า ของฟังก์ชันมีค่าเท่ากับ 0 จะหมายถึงเป็นข้อมูลตัวเดียวกัน ตัวอย่างของฟังก์ชันในกลุ่มนี้ที่นิยมใช้ เช่น ระยะทางแบบยูคลิเดียน และ ระยะห่างแมนฮัตตัน [36] เป็นต้น

สำหรับขั้นตอนเค-เอ็นเอ็น ค่า เค ฟังก์ชันที่นิยมนำมาใช้สำหรับวัดความคล้ายคลึงกันของข้อมูลมากที่สุดฟังก์ชันหนึ่ง ได้แก่ ฟังก์ชันระยะห่างยูคลิเดียน ดังนั้น ในหัวข้อบทนี้จะขอนำเสนอวิธีการวัด ความคล้ายคลึงกันของข้อมูลโดยใช้ฟังก์ชันระยะห่างยูคลิเดียนเพียงวิธีเดียวเท่านั้น โดยฟังก์ชันยูคลิเดียน คำนวณได้ดังสมการที่ 2.12

$$d_1(x,y)=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-y_i)^2} \qquad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ d_1 คือ คำนวณระยะห่างระหว่างจุด x และ y

x และ y คือ ชุดข้อมูลที่ต้องการหาค่าระยะห่าง

x_i และ y_i คือ ค่าคุณสมบัติที่ i ของข้อมูล x และ y

n คือ จำนวนคุณสมบัติทั้งหมดของชุดข้อมูล

2.6.1.2 ฟังก์ชันการรวมคำตอบ

ในกรณีที่มีการกำหนดค่า เค ที่มากกว่า 1 ซึ่งจะทำให้ได้คำตอบที่มีมากกว่า 1 ตัว ดังปรากฏในรูปที่ 2.28 (ข) และ (ค) จึงจำเป็นจะต้องมีวิธีการสรุปคำตอบที่ได้โดยการใช้ฟังก์ชันการรวมคำตอบ ซึ่งฟังก์ชันพื้นฐานที่นิยมใช้มากที่สุด ได้แก่

(ก) การใช้เสียงข้างมาก (Majority vote) คือ นับจำนวนคำตอบว่าข้อมูลที่อยู่ใกล้มากที่สุด เค ตัวที่กำหนดส่วนใหญ่แล้วตอบอะไร จะใช้ค่านั้นเป็นคำตอบให้กับข้อมูลสอบถามนั้น ตัวอย่างเช่น ใน รูปที่ 2.28 (ค) เมื่อกำหนดค่า เค เท่ากับ 3 และพบว่า ข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกับข้อมูล x มากที่สุด 3 ตัว ประกอบด้วยข้อมูลที่เป็นคลาสบวก 2 ตัว และข้อมูลที่เป็นคลาสลบ 1 ตัว จึงสรุปได้ว่า ข้อมูล x จึงน่าจะเป็น คลาสบวก ตามเสียงข้างมาก ซึ่งข้อจำกัดของวิธีการนี้ คือ ในกรณีที่มีเสียงเท่ากัน เช่นในรูปที่ 2.28 (ข) เมื่อ กำหนดค่า เค เท่ากับ 2 และพบว่าข้อมูล 2 ตัวที่มีความคล้ายคลึงกับข้อมูล x มากที่สุดประกอบด้วยข้อมูลคลาส บวก 1 ตัว และข้อมูลคลาสลบ 1 ตัว ก็จะทำให้ไม่สามารถสรุปคำตอบจากกรณีนี้ได้ ดังนั้น วิธีการแก้ปัญหาคือ ในกรณีที่เป็นปัญหา 2 คลาส มักนิยมกำหนดให้ใช้ค่า เค เป็นจำนวนคี่

(ข) การลงคะแนนแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted vote) เป็นการให้น้ำหนักตามค่าความคล้ายคลึงที่คำนวณได้ กล่าวคือข้อมูลที่มีความคลายคลึงกันมากจะมีผลต่อการกำหนดคำตอบมากกว่าข้อมูลที่ มีความคล้ายคลึงกันน้อยกว่า ดังนั้นหากใช้ฟังก์ชันสหสัมพันธ์เป็นฟังก์ชันความเหมือน จะนำค่าของฟังก์ชัน สหสัมพันธ์เป็นคะแนนให้กับคลาสของข้อมูลนั้น ในขณะที่หากใช้ฟังก์ชันระยะห่างมักจะให้น้ำหนักเป็น 1 ค่า ของฟังก์ชันระยะห่าง ตัวอย่างเช่น ในรูปที่ 2.28 (ข) จะพบว่า ข้อมูลที่เป็นคลาสลบ จะมีน้ำหนักมากกว่า ข้อมูลที่เป็นคลาสบวก ซึ่งจะทำให้ได้คำตอบของชุดข้อมูล x คือ คลาส ลบ

```
k-Nearest Neighbor
Determine (k, distance)
Classify (X,Y,x) // X is training data, Y is labels of X,x is unknown sample
for i = 1 to n do // n is all the training data
        Compute distance d(Xi,x)
End for
Compute set I containing indices for the k smallest distance d(Xi,x).
Return majority label for {Y where i ∈ I}
```

รูปที่ 2.29 รหัสเทียมของ เค-เอ็นเอ็น

จากที่กล่าวถึงลักษณะการทำงานของเค-เอ็นเอ็นข้างต้น ซึ่งลักษณะการทำงานจะเป็นการพิจารณาจากข้อมูลที่มีอยู่ก่อน และเมื่อต้องการระบุถึงข้อมูลใหม่ที่ต้องการจำแนกประเภทว่าเป็นประเภทข้อมูลแบบใด เค-เอ็นเอ็น จะพิจารณาลักษณะที่ใกล้เคียงที่สุดกับข้อมูลเดิม และระบุว่าข้อมูลใหม่ที่ต้องการระบุประเภทนั้นเป็นประเภทใด ซึ่งรหัสเทียมของเค-เอ็นเอ็น ดังรูปที่ 2.29 ซึ่งสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนง่าย ๆ ได้ 5 ขั้น ตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) กำหนดค่า เค และมาตราวัดระยะทางให้กับ เค-เอ็นเอ็น
(2) คำนวณระยะทางระหว่างข้อมูลใหม่ที่ต้องการจำแนกกับข้อมูลเดิมที่มีทั้งหมด
(3) เรียงลำดับระยะทางและกำหนด เค-เอ็นเอ็น ที่ใกล้ที่สุดตามค่า เค
(4) รวบรวมคลาสเป้าหมายของความคล้ายคลึง
(5) กำหนดคลาสให้กับข้อมูลใหม่โดยพิจารณาจากประเภทคลาสเป้าหมายของ เค-เอ็นเอ็น เป็นประเภทใดมากที่สุด การกำหนดคลาสให้ข้อมูลใหม่ก็จะเป็นคลาสนั้น

2.6.2 ตัวอย่างการคำนวณและการใช้งานเค-เอ็นเอ็น

การคำนวณและการใช้งานเค-เอ็นเอ็น [36-37] จากการเก็บรวบรวมข้อมูลดอกไอริส (Iris) โดยทำการเก็บข้อมูล 4 คุณลักษณะ (Attribute) ได้แก่ ความยาวกลีบเลี้ยง (Sepal length) ความกว้างกลีบเลี้ยง (Sepal width) ความยาวกลีบดอก (Petal length) และ ความกว้างกลีบดอก (Petal width) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ซึ่งจำแนกออกเป็น 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ setosa และสายพันธุ์ versicolor จำนวนสายพันธุ์ละ 5 ดอก รวมข้อมูลทั้งสิ้น 10 รายการ พร้อมกันนี้ มีดอก ไอริสดอกหนึ่ง (ลำดับที่ X) เป็นดอกที่ไม่ทราบว่าเป็นสายพันธุ์ใด แต่ทราบค่าของคุณสมบัติทั้ง 4 แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างชุดข้อมูลดอกไอริส

ลำดับ	ความยาวกลีบเลี้ยง	ความกว้างกลีบเลี้ยง	ความยาวกลีบดอก	ความกว้างกลีบดอก	สายพันธุ์
1	4.8	3.0	1.4	0.3	setosa
2	5.1	3.8	1.6	0.2	setosa
3	4.6	3.2	1.4	0.2	setosa
4	5.3	3.7	1.5	0.2	setosa
5	5.0	3.3	1.4	0.2	setosa
6	7.0	3.2	4.7	1.4	versicolor
7	6.4	3.2	4.5	1.5	versicolor
8	6.9	3.1	4.9	1.5	versicolor
9	5.5	2.3	4.0	1.3	versicolor
10	6.5	2.8	4.6	1.5	versicolor
X	**5.8**	**2.9**	**2.9**	**0.9**	?

จากตารางที่ 2.4 การทำนายสายพันธุ์ของข้อมูลในลำดับ x (ข้อมูลสอบถาม) โดยใช้ชุดข้อมูลที่ ทราบสายพันธุ์แล้วในลำดับที่ 1 – 10 เป็นชุดข้อมูลสอน ดังนั้น ในขั้นตอนวิธีของเค-เอ็นเอ็นที่ใกล้ เค จะทำการ นำข้อมูลสอบถามที่ต้องการทำนาย มาคำนวณหาค่าความคล้ายคลึงกับชุดข้อมูลสอน แล้วหาว่าข้อมูล x มี ลักษณะคล้ายกับข้อมูลตัวใดมากที่สุด เค ตัว ซึ่งจากการคำนวณโดยใช้ฟังก์ชันระยะห่างยูคลิเดียน ตามสมการ 2.12 จะได้ค่าระยะห่าง ซึ่งค่าที่น้อยที่สุดหมายถึงข้อมูลมีลักษณะคล้ายคลึงกันมากที่สุด โดยค่าที่ได้มีการแสดง ถึงลำดับของค่าความคล้ายคลึงจากมากที่สุด คือ 1 และจะเพิ่มขึ้นเมื่อความคล้ายคลึงน้อยลงตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ความคล้ายคลึงระหว่างข้อมูลทำนายกับข้อมูลสอนด้วยฟังก์ชันระยะห่างยูคลิเดียน

คู่เปรียบเทียบ	**ค่าระยะห่างยูคลิเดียน**	**ลำดับความคล้ายคลึง**
1 : X	$\sqrt{(4.8+5.8)^2+(3.0+2.9)^2+(1.4+2.9)^2+(0.3-0.9)^2}=1.90$	6
2 : X	$\sqrt{(5.1+5.8)^2+(3.8+2.9)^2+(1.6+2.9)^2+(0.2-0.9)^2}=1.87$	4
3 : X	$\sqrt{(4.6+5.8)^2+(3.2+2.9)^2+(1.4+2.9)^2+(0.2-0.9)^2}=2.07$	8
4 : X	$\sqrt{(5.3+5.8)^2+(3.7+2.9)^2+(1.5+2.9)^2+(0.2-0.9)^2}=1.83$	2
5 : X	$\sqrt{(5.0+5.8)^2+(3.3+2.9)^2+(1.4+2.9)^2+(0.2-0.9)^2}=1.88$	5
6 : X	$\sqrt{(7.0+5.8)^2+(3.2+2.9)^2+(4.5+2.9)^2+(1.4-0.9)^2}=2.24$	9
7 : X	$\sqrt{(6.4+5.8)^2+(3.2+2.9)^2+(4.5+2.9)^2+(1.5-0.9)^2}=1.84$	3
8 : X	$\sqrt{(6.9+5.8)^2+(3.1+2.9)^2+(4.9+2.9)^2+(1.5-0.9)^2}=2.37$	10
9 : X	$\sqrt{(5.5+5.8)^2+(2.3+2.9)^2+(4.0+2.9)^2+(1.3-0.9)^2}=1.35$	1
10 : X	$\sqrt{(6.5+5.8)^2+(2.8+2.9)^2+(4.6+2.9)^2+(1.5-0.9)^2}=1.90$	7

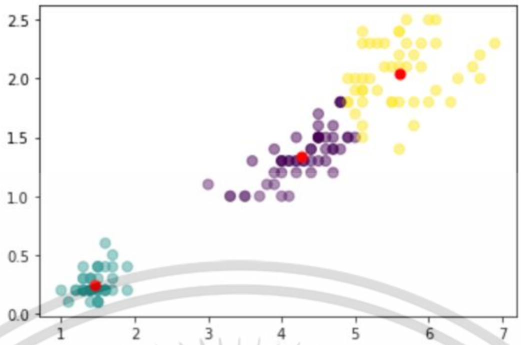
จากตารางที่ 2.5 เมื่อได้ลำดับความคล้ายคลึงกันของข้อมูลแล้ว ให้ทำการพิจารณากำหนดค่า เค ตามที่ต้องการ เช่น กำหนดให้ เค เท่ากับ 1 จะได้ว่า ข้อมูลสอบถามมีลักษณะคล้ายกับข้อมูลตัวที่ 9 มากที่สุด ซึ่งพบว่าข้อมูลตัวที่ 9 มีสายพันธุ์เป็น versicolor (ตามตารางที่ 2.6) จึงสรุปได้ว่า ข้อมูลสอบถามนี้คือสายพันธุ์ versicolor

ในกรณีที่กำหนดค่า เค มากกว่า 1 จะทำให้ได้คำตอบที่มาจากข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับข้อมูล สอบถามมากกว่า 1 ค่า จึงจำเป็นต้องมีวิธีการรวมคำตอบ ตามที่ได้อธิบายในหัวข้อก่อนหน้านี้ เช่น เมื่อ กำหนดค่า เค ให้มีค่าเท่ากับ 2 จะพบว่า ข้อมูลตัวที่มีความคล้ายคลึงกับข้อมูลสอบถาม x มากที่สุด 2 ตัว คือ ข้อมูลตัว 9 และ ข้อมูลตัวที่ 4 ตามลำดับ และพบว่า ข้อมูลตัวที่ 9 มีสายพันธุ์เป็น versicolor ในขณะที่ ข้อมูล ตัวที่ 4 มีสายพันธุ์เป็น setosa ซึ่งหากใช้วิธีการรวมคำตอบแบบการใช้เสียงข้างมาก จะไม่สามารถให้ข้อสรุป ในกรณีนี้ได้ แต่หากใช้วิธีการลงคะแนนแบบถ่วงน้ำหนัก โดยกำหนดให้น้ำหนักมีค่าเท่ากับ 1/ยูคลิเดียน จะได้ว่า สายพันธุ์ versicolor มีคะแนนเสียง เท่ากับ 1/1.35 = 0.74 และสายพันธุ์ setosa มีคะแนนเสียง เท่ากับ 1/1.83 = 0.54

ซึ่งพบว่า สายพันธุ์ versicolor มีคะแนนเสียงมากกว่า จึงสรุปได้ว่า ข้อมูลสอบถามจะเป็นสายพันธุ์ versicolor หากกำหนดให้ค่า เค มีค่าเป็น 3 ข้อมูลที่คล้ายคลึงมากที่สุดได้แก่ ข้อมูลตัวที่ 9 ตัวที่ 4 และ ตัวที่ 7 โดยมีสายพันธุ์เป็น versicolor, setosa และ versicolor ตามลำดับ ดังนั้นหากใช้วิธีการใช้เสียงข้างมาก ก็จะ สรุปได้ว่า ข้อมูลสอบถามจะมีสายพันธุ์เป็น versicolor ในขณะที่หากใช้วิธีการลงคะแนนแบบถ่วงน้ำหนัก จะได้ว่าสายพันธุ์ versicolor มีคะแนนเสียง เท่ากับ 1/1.35 (ข้อมูลลำดับที่ 9) + 1/1.84 (ข้อมูล ลำดับที่ 7) = 1.28 และสายพันธุ์ setosa มีคะแนนเสียง เท่ากับ 1/1.83 (ข้อมูลลำดับที่ 4) = 0.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งพบว่า สายพันธุ์ versicolor มีคะแนนเสียงมากกว่า จึงสรุปได้ว่า ข้อมูลสอบถามจะเป็นสายพันธุ์ versicolor ด้วยเหตุที่เห็นชัดว่า มี 3 กลุ่ม ชัดเจนจาก scatter plot ตัวอย่างกำหนดค่า k=3 เพื่อใช้ k-Means แบ่งกลุ่ม สามกลุ่มและหา ค่า center ใหม่



รูปที่ 2.30 สามกลุ่ม สามสีชุดข้อมูลดอกไอริส [38]

จะเห็นได้ว่า สามกลุ่ม สามสี และมี

กลุ่มที่ 1 จุดศูนย์กลาง ที่[4.26923077,1.34230769]

กลุ่มที่ 2 จุดศูนย์กลาง ที่ [1.464,0.244]

กลุ่มที่ 3 จุดศูนย์กลาง ที่ [5.59583333,2.0375]

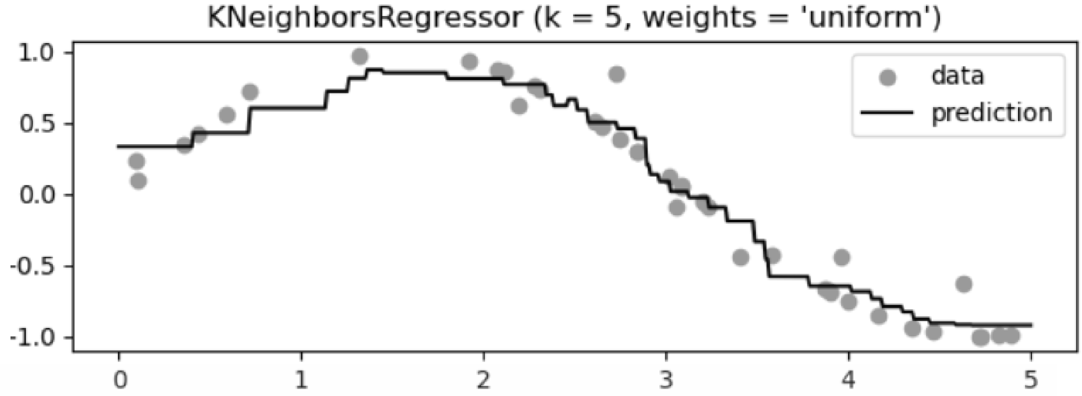
2.6.3 โมเดลเค-เอ็นเอ็น

จากที่ได้กล่าวไปแล้วว่า โมเดลเค-เอ็นเอ็น [38] รองรับทั้งการทำนายผลแบบการแบ่งคลาสและแบบการถดถอย โดยสิ่งที่ได้อธิบายข้างต้นจะเป็นลักษณะของการแบ่งคลาสซึ่งจะแบ่งผลลัพธ์ออกเป็นกลุ่มหรือเรียกว่าคลาส ส่วนแบบการถอดถอย จะทำนายผลออกมาเป็นตัวเลขที่ไม่แน่นอน โดยมีหลักการที่สำคัญคือ กรณีนี้คอลัมน์ที่เป็นผลลัพธ์หรือตัวแปรตาม y ของชุดข้อมูลตัวอย่าง ต้องมีค่าเป็นตัวเลขคล้ายกับการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ยังคงใช้วิธีการพิจารณาระยะห่างระหว่างตำแหน่งที่ทำนายผล กับตำแหน่งข้างเคียงที่อยู่ใกล้ที่สุดตามจำนวนค่า เคที่ระบุ เช่นเคย สิ่งที่แตกต่างกันคือ ในกรณีนี้จะต้องนำค่าจากคอลัมน์ผลลัพธ์ y ของตำแหน่งข้างเคียงซึ่งเป็นตัวเลขไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย โดยบวกค่า y ของแต่ละตำแหน่งเข้าด้วยกัน แล้วหารด้วยค่า K ก็จะกลายเป็นค่าเฉลี่ยและผลการทำนายที่ได้ ซึ่งแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.31 ถึงรูปที่ 2.33

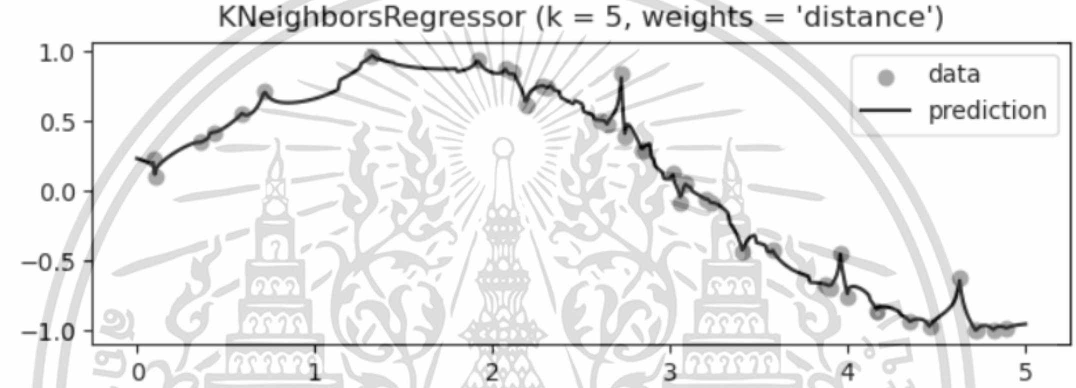
```
n_neighbors = 5

for i, weights in enumerate(["uniform", "distance"]):
    knn = neighbors.KNeighborsRegressor(n_neighbors, weights=weights)
    y_ = knn.fit(X, y).predict(T)

    plt.subplot(2, 1, i + 1)
    plt.scatter(X, y, color="darkorange", label="data")
    plt.plot(T, y_, color="navy", label="prediction")
    plt.axis("tight")
    plt.legend()
    plt.title("KNeighborsRegressor (k = %i, weights = '%s')" % (n_neighbors, weights))

plt.tight_layout()
plt.show()
```

รูปที่ 2.31 แสดงตัวอย่างแบบจำลองการถดถอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 ผลรันแบบจำลองเค-เอ็นเอ็นแบบการถดถอยแบบเดียว [38]



รูปที่ 2.33 ผลรันแบบจำลองเค-เอ็นเอ็นแบบการถดถอยแบบระยะทาง [38]

2.7 ข้อมูลรูปภาพเอฟดับเบิลยู

ชุดข้อมูลรูปภาพแอลเอฟดับเบิลยู [39] เป็นเกณฑ์มาตรฐานสาธารณะสำหรับการยืนยันใบหน้าบุคคล โดยการยืนยันใบหน้าและการจดจำใบหน้าในรูปแบบวิธีการต่าง ๆ จะพบปัญหาที่แตกต่างกัน ลักษณะชุดแอลเอฟดับเบิลยู บางกลุ่มย่อยมีลักษณะ เช่น แสงน้อย ท่าทางสุดโต่ง การบดเคี้ยวที่รุนแรง ความละเอียดต่ำ และปัจจัยสำคัญอื่น ๆ ไม่ได้ถือเป็นส่วนสำคัญของชุดแอลเอฟดับเบิลยู แต่สิ่งเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพรูปภาพใบหน้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอัลกอริทึมที่ออกแบบมาเพื่อจดจำภาพ ด้วยเหตุผลทั้งหมดนี้ จุดประสงค์ของชุดแอลเอฟดับเบิลยูได้รับการเผยแพร่เพื่อช่วยให้ชุมชนนักวิจัยสร้างความก้าวหน้าในการตรวจสอบใบหน้าและเพื่อให้การตรวจสอบอัลกอริทึมเป็นไปตามเป้าหมายของนักวิจัย

ชุดข้อมูลรูปภาพเป็นฐานข้อมูลภาพถ่ายใบหน้าที่ออกแบบมาเพื่อศึกษาปัญหาของการรู้จำใบหน้าที่ไม่มีข้อจำกัด ชุดข้อมูลประกอบด้วยภาพใบหน้ามากกว่า 13,000 รูปภาพ ซึ่งรวบรวมจากเว็บใบหน้าแต่ละคนได้รับการติดฉลากด้วยชื่อของบุคคลในรูปภาพ ผู้คนจำนวน 1,680 คน มีรูปภาพถ่ายที่แตกต่างกันสองภาพขึ้นไปในชุดข้อมูล ข้อจำกัดเดียวบนใบหน้าเหล่านี้คือตรวจพบอัลกอริทึมฮาร์คลาดเคดซึ่งเป็นวิธีการตรวจจับใบหน้าวิโอลาและโจนส์ ซึ่งตัวอย่างรูปภาพใบหน้าบุคคลจะแบ่งเป็น 2 ชุดรูปดังรูปที่ 2.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ชุดรูปภาพ Janica Kostelic 1

(ข) ชุดรูปภาพ Janica Kostelic 2

(ค) ชุดรูปภาพ Nora Bendijo 1

(ง) ชุดรูปภาพ Nora Bendijo 2

รูปที่ 2.34 ตัวอย่างคลังฐานข้อมูลรูปภาพชุดมาตร LFW [39]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

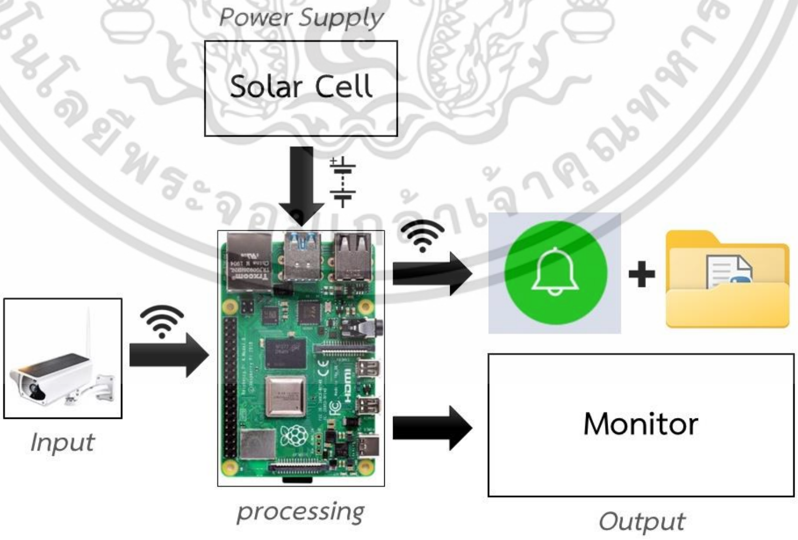
ในบทนี้จะกล่าวถึงจุดประสงค์หลักของระบบคือการออกแบบและพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวโดยกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ภาคส่วนหลักดังนี้ (1) การออกแบบภาพรวมระบบ (2) กระบวนการทำงานของระบบ โดยระบบการทำงานรู้จำใบหน้าและการจำแนกประเภทใบหน้าด้วยอัลกอริทึมฮาร์คาสเคดและอัลกอริทึมเค-เอ็นเอ็น เมื่อพบภาพใบหน้าบุคคลเข้าไปในพื้นที่บริเวณนาข้าว กล้องจะจดจำใบหน้าของผู้บุกรุกเพื่อเปรียบเทียบกับคลังข้อมูลรูปภาพในระบบ หากพบภาพใบหน้าผู้บุกรุกที่ไม่ได้อยู่ในคลังข้อมูลรูปภาพ ดังนั้นการแจ้งเตือนภาพใบหน้าผู้บุกรุกจะถูกส่งไปยังแอพพลิเคชันไลน์ทันที ซึ่งวิธีดำเนินการของระบบสมบูรณ์ ดังนี้

3.1 การออกแบบภาพรวมระบบ

3.2 การพัฒนากระบวนการทำงานของระบบ

3.1 การออกแบบภาพรวมระบบ

การออกแบบระบบภาคส่วนของอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.1 มีเป้าหมายพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ตำบลนางบวช อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งขอบเขตของระบบจำนวน 1 ชุด สามารถทำงานได้บริเวณ 20 ตารางเมตร แบบ 180 องศา ซึ่งเป็นภาคส่วนการทำงาน 4 ภาคส่วนคือ ภาคแหล่งจ่ายไฟ ภาคอินพุต ภาคหน่วยประมวลผล และภาคเอาท์พุต



รูปที่ 3.1 ภาพรวมระบบ (System Overview)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ภาคแหล่งจ่ายไฟ

ภาคส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งโซล่าเซลล์ขนาด 12 โวลต์ 40 วัตต์ และชาร์จเจอร์เพื่อชาร์จกับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ดีซีเพื่อเป็นอุปกรณ์ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังภาคส่วนอินพุตและภาคหน่วยประมวลผล

3.1.2 ภาคอินพุต

ภาคส่วนอินพุตด้วยกล้องวงจรปิด ถ่ายภาพแบบเคลื่อนไหวและภาพนิ่งเพื่อส่งภาพใบหน้าบุคคลจากกล้องวงจรปิด ซึ่งการส่งภาพใบหน้าไปยังบอร์ดราสเบอร์รี่พายนั้นจะส่งผ่านสัญญาณอินเทอร์เน็ตแบบไร้สายหลักการทำงานคือโดยรับคำสั่งจากหน่วยประมวลผลเพื่อส่งภาพใบหน้าบุคคลนำไปวิเคราะห์ต่อไป

3.1.3 ภาคหน่วยประมวลผล

ภาคส่วนประมวลผล คือ คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กหรือบอร์ดราสเบอร์รี่พายทำหน้าที่ประมวลผลภาพใบหน้าจากภาคส่วนอินพุตด้วยกล้องวงจรปิด เพื่อนำไปสู่กระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอนโดยมีหน่วยประมวลผลเป็น CPU 4× ARM Cortex-A53, 1.2GHz ซึ่งหน่วยประมวลผลหลักและเหมาะสมสำหรับพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าว

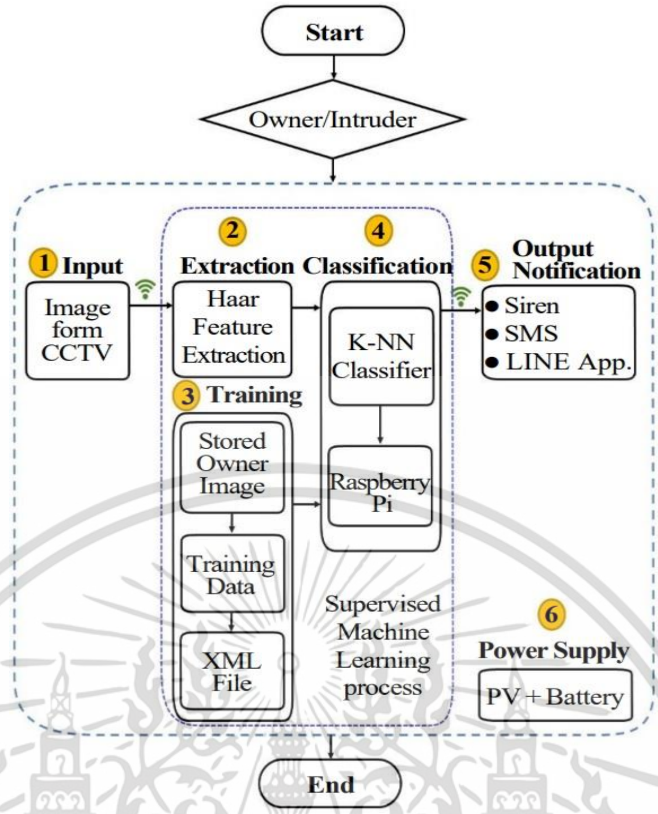
3.1.4 ภาคเอาต์พุต

ภาคส่วนการแสดงผลของระบบเลือกใช้บริการของ Line Notify ซึ่งระบบนี้ได้เปิดให้นักพัฒนาหรือนักวิจัยสามารถนำไปต่อยอดพัฒนาเพื่อจุดประสงค์การส่งการแจ้งเตือนในหลายรูปแบบ แต่สำหรับการพัฒนาครั้งนี้เลือกใช้การส่งแจ้งเตือนด้วยรูปแบบข้อความภาพและอักษรของผู้บุกรุกที่เข้ามาบริเวณพื้นที่นาข้าวทันที ผ่านแอพพลิเคชันไลน์ให้เจ้าของระบบรับทราบข้อมูลการแจ้งเตือนได้

3.2 กระบวนการทำงานของระบบ

ในส่วนนี้เราได้นำเสนอเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องภายใต้การดูแลสำหรับระบบรักษาความปลอดภัยเฝ้าระวัง ตามแสดงรูปที่ 3.2 ซึ่งจุดประสงค์หลักของระบบคือกระบวนการการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน ซึ่งจะแบ่งเป็น 6 ส่วนคือ รับสัญญาณ การดึงลักษณะเด่นภาพใบหน้า การเทรนนิ่งชุดข้อมูลรูปภาพ การจำแนกประเภทรูปภาพใบหน้า การแสดงผล และแหล่งจ่ายไฟ โดยระบบการทำงานจะรู้จำใบหน้าบุคคลและจำแนกประเภทใบหน้าบุคคลด้วยอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน เมื่อภาพมีบุคคลเข้าไปในพื้นที่นาข้าว กล้องจะตรวจจับภาพใบหน้าที่รับอินพุตเข้ามาจากนั้นเปรียบเทียบกับฐานคลังข้อมูลภาพที่ผ่านการเทรนนิ่งไว้ก่อนหน้านี้ในระบบ แต่หากพบภาพใบหน้าผู้บุกรุกที่ไม่ได้อยู่ในฐานข้อมูลคลังภาพใบหน้าที่ถูกเทรนนิ่งไว้ จากนั้นระบบจะทำการแจ้งเตือนภาพใบหน้าผู้บุกรุกและข้อความส่งไปยังแอพพลิเคชันไลน์ ดังนั้นแผนผังระบบจะประกอบขั้นตอนการทำงานดังนี้

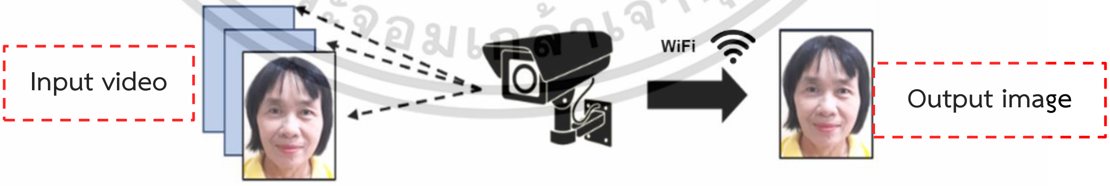
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของระบบ

3.2.1 การรับข้อมูลภาพ

การรับภาพอินพุตภาพแบบเคลื่อนไหวและภาพนิ่งจากกล้องวงจรปิด (CCTV) อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถส่งภาพดิจิทัลด้วยความละเอียด Full HD 1080P และขนาด 2.0 เมกะพิกเซล เกิดเป็นภาพสี 2 มิติ กล้องวงจรปิดนี้สามารถตรวจจับผู้บุกรุกได้ในเวลากลางวันในระยะทางสูงสุด 20 เมตร และรับสัญญาณอินเตอร์เน็ตไร้สาย (Wi-Fi) หน้าที่หลักคือการบันทึกภาพและส่งภาพดิจิทัลไปยังระบบ แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ลักษณะการรับข้อมูลภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหว

3.2.2 การดึงลักษณะเด่นบนใบหน้า

ระบบการจะค้นหาภาพใบหน้าระหว่างเจ้าของและผู้บุกรุกด้วยวิธีการดึงลักษณะเด่นบนใบหน้าด้วยอัลกอริทึมฮาร์คาสเคด คือวิธีที่ง่ายสำหรับการค้นหารูปภาพใบหน้าบุคคล มีการค้นหาบริเวณตามความเข้มของพิกเซลแบบรวดเร็วในเฟรมกรอบสี่เหลี่ยม โดยการค้นหานั้นจะมีรูปแบบการคำนวณค่าในกรอบรูปสี่เหลี่ยมจะแบ่งเป็นพื้นที่สีดำ ดังตัวอย่างรูปที่ 2.22 – 2.26 แทนค่าเป็น 1 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

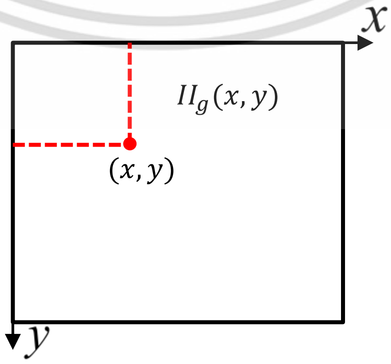
พื้นที่สีขาว แทนค่าเป็น 0 แต่ละส่วนมีหน้าที่ค้นหาประเภทคุณลักษณะ เฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่งในภาพ เช่น ขอบ เส้น หรือโครงสร้างในภาพ การทำงานของอัลกอริทึมฮาร์คาสเคด จะเคลื่อนที่ด้วยกรอบสี่เหลี่ยมสไลด์เลื่อนไปทีละ 8 พิกเซลต่อเนื่องจากด้านบนซ้ายของภาพใบหน้าไปยังด้านล่างขวาเพื่อค้นหาลักษณะเด่นใบหน้าที่มีการทำงานร่วมกับระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์แบบไลบรารีโอเพ่นซอร์ส (OpenCV) เพื่อใช้เป็นวิธีค้นหาระหว่างใบหน้าเจ้าของและผู้บุกรุกเพราะเป็นเทคนิคที่มีความถูกต้องและแม่นยำสูงและใช้เวลาประมวลผลค่อนข้างน้อย ซึ่งเทคนิคที่กล่าวมานี้จะวิธีการหาค่าผลรวมความเข้มของพื้นที่สี่เหลี่ยมสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการที่ 3.1

$$i_s(x_1, x_2, y_1, y_2) = \sum_{x=x_1}^{x2} \sum_{y=y_1}^{y2} i(x, y) \tag{3.1}$$

โดยค่าของ $i(x, y)$ แทนค่าความเข้มที่จุด x และ y ในรูปภาพ $i_s(x_1, x_2, y_1, y_2)$ แทนผลรวมความเข้มภายในพื้นที่กรอบสี่เหลี่ยม โดยที่ (x_1, x_2, y_1, y_2) เป็นพิกัดมุมทั้งสี่ของกรอบสี่เหลี่ยม จากสมการที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการคำนวณนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของกรอบสี่เหลี่ยมพิกเซลของรูปภาพใบหน้าซึ่งมีความสว่างที่แตกต่างกัน การเพิ่มประสิทธิภาพของการวิจัยฉบับนี้ได้ใช้เทคนิคที่เรียกว่า “อินทิกรัลรูปภาพ” (Integral Image) ของวิโอลาและโจนส์ได้ใช้เทคนิคนี้ในงานวิจัย [40] เมื่อปี 2004 ใช้การจำลองรูปแบบฮาร์คาสเคดด้วยเทคนิคอินทิกรัลรูปภาพ คือ การรวมความเข้ม (Intensity) ของแต่ละพิกเซลเข้าด้วยกันสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วโดยการคำนวณรูปภาพใบหน้าเพียงครั้งเดียว การทำอินทิกรัลรูปภาพสามารถสร้างได้ตามสมการที่ 3.2

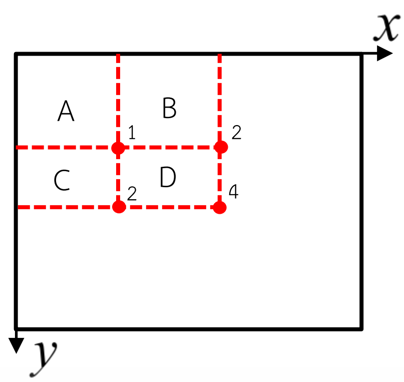
$$ii(x, y) = \sum_{x' \le x, y' \le y} i(x, y) \tag{3.2}$$

เมื่อ $ii(x, y)$ คือ ค่าของอินทิกรัลรูปภาพที่ตำแหน่งจุด (x, y) ดังแสดงรูปที่ 3.4 และ $i(x', y')$ คือค่าความเข้มในแต่ละพิกเซลของภาพต้นฉบับ เช่นการค้นหาค่าพิเซลทำด้วยวิธีการคำนวณหาค่าผลรวมความเข้มของพื้นที่สี่เหลี่ยม D โดยใช้ค่าอินทิกรัลรูปภาพจำนวน 4 จุด ผลลัพธ์ที่ได้คือ 4+1-(2+3) ดังแสดงรูปที่ 3.5 ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อพบกรอบสี่เหลี่ยมที่มีขนาดเท่าใดก็ตามจะใช้เวลาในการคำนวณค่าผลรวมความเข้มคงที่ จึงเหมาะสมกับวิธีการค้นหาลักษณะเด่นใบหน้าบุคคล



รูปที่ 3.4 ระบุตำแหน่งค่าอินทิกรัลรูปภาพที่ตำแหน่ง (x, y)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงการคำนวณของพื้นที่ความเข้มกรอบสี่เหลี่ยมตำแหน่ง D

ด้วยกระบวนการทำอินทิกรัลรูปภาพด้วยฮาร์คาสเคดใช้วิธีนำสี่เหลี่ยมมาแบ่งเป็นส่วนแรเงาและไม่แรเงา เพื่อใช้การหาผลต่างระหว่างความเข้มในส่วนแรเงากับส่วนไม่แรเงา และนำไปเทียบกับค่าเทรชโฮลด์กับขั้วที่จะตัดสินใจว่าภาพที่จะนำมาใช้เป็นบวกคือมีภาพใบหน้า หรือเป็นลบคือไม่มีภาพใบหน้า โดยการประมวลผลของระบบใช้เทคนิควิธีคุณลักษณะของฮาร์คาสเคด ทั้ง 3 แบบ คือ คุณสมบัติขอบ ลักษณะเส้น และคุณสมบัติล้อมรอบตรงกลาง

3.2.2.1 คุณสมบัติขอบ

กระบวนการทำงานของเฟรมเพื่อตรวจจับใบหน้าบุคคลจะตรวจขอบของกรอบรูปภาพโซนหน้าผาก คิ้ว ดวงตา และปาก เนื่องจากหน้าผากเป็นพื้นผิวเรียบของใบหน้า ซึ่งช่วยให้สะท้อนแสงได้มากขึ้น เมื่อเทียบกับคิ้วจะเข้มขึ้น อัลกอริทึมจะอ่านเฉดสีที่สว่างกว่าของหน้าผากและการเปลี่ยนไปใช้คิ้วที่เข้มกว่า ส่วนการพิจารณาปากเทียบกับคางซึ่งปากจะมีภาพที่นูนเด่นชัดให้ความเข้มมากกว่าคาง ที่กล่าวมานี้เป็นเทคนิคค้นหาขอบเขตของขอบแสดงดังรูปที่ 3.6 (ก) (ข) (ง)

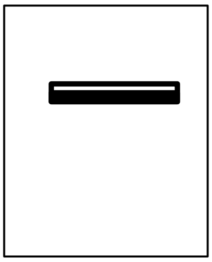
3.2.2.2 คุณสมบัติเส้น

การทำงานลักษณะเป็นเส้นสีดำขาว หรือ ดำ-ขาว-ดำ การตรวจจับใบหน้าจะเป็นตรวจเช็คขอบจมูกด้านบนยาวไปถึงปลายจมูก ก็แม้จะลักษณะจมูกจะไม่แบนเท่าหน้าผากแต่ก็ยังมีจุดสะท้อนแสงอยู่ เป็นจุดที่ใกล้ที่สุดบนใบหน้ามีความโดดเด่นแบบธรรมชาติทำให้เกิดแสงสว่างบนใบหน้า โดยทั่วไปบริเวณรูจมูกจะมีส่วนโค้งงอทำให้แสงบนใบหน้าเข้มขึ้น รูปแบบนี้จะถูกใช้มาเป็นคุณลักษณะของเส้น แสดงดังรูปที่ 3.6 (ค)

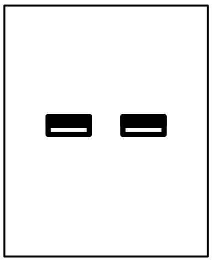
3.2.2.3 คุณสมบัติล้อมรอบตรงกลาง

การทำงานสำหรับค้นหาเส้นทแยงมุมและไฮไลท์ภาพใบหน้าบุคคล ใช้ได้ดีที่สุดในไมโครสเกล สามารถเลือกขอบกราม คาง รอยย่นบนใบหน้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแสง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสิ่งเหล่านี้เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอีกหนึ่งวิธีการเท่ากับการตรวจจับใบหน้าทั่วไป ทำให้กับรูปภาพใบหน้าและสามารถค้นหาใบหน้าช่วงอายุของบุคคลทั่วไปได้ด้วย แต่เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่ตัวแปรผันโดยเฉพาะแสงตกกระทบลงบนใบหน้า ซึ่งจะนำไปสู่การใช้อัลกอริทึมที่ทำให้การค้นหาใบหน้าล่าช้าเกินไปหรืออาจจะตรวจพบได้เฉพาะใบหน้าเท่านั้น ผลลัพธ์จะแสดงดังรูปที่ 3.6 (ฉ)

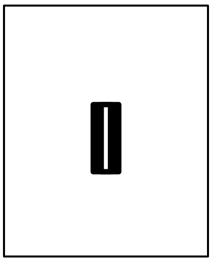
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



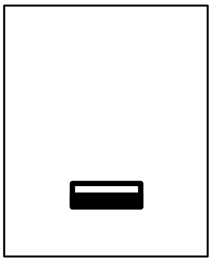
(ก) ค้นหาหน้าผากด้วยคุณสมบัติขอบ



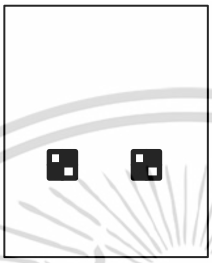
(ข) ค้นหาดวงตาด้วยคุณสมบัติขอบ



(ค) ค้นหาจมูกด้วยคุณสมบัติขอบ



(ง) ค้นหาปากด้วยคุณสมบัติขอบ

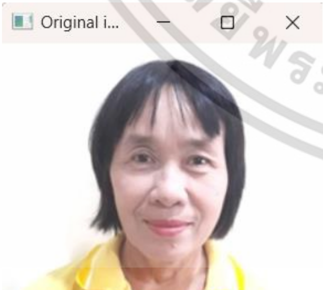


(จ) ค้นหาโหนกแก้มด้วยคุณสมบัติขอบ

(ฉ) สรุปโดยใช้ภาพใบหน้าพร้อมคุณสมบัติฮาร์คาสเคด

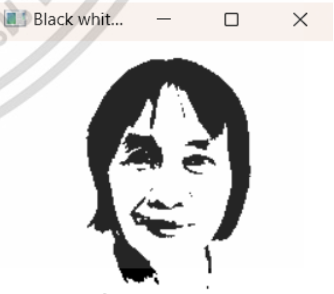
รูปที่ 3.6 กระบวนการดึงลักษณะเด่นด้วยวิธีการใช้ขอบฮาร์คาสเคด

จากรูปที่ 3.6 เป็นการอธิบายการใช้คุณสมบัติทั้ง 3 แบบ ซึ่งอยู่กระบวนการดึงลักษณะเด่นบนใบหน้าของอัลกอริทึมฮาร์คาสเคด จากนั้นเมื่อระบบได้รับภาพอินพุตจากกล้องวงจรปิด ดังรูปที่ 3.7 (ก.) จะเข้าสู่กระบวนการลดขนารูปภาพ ดังรูปที่ 3.7 (ข.) และได้ผลลัพธ์ ดังรูปที่ 3.7 (ค.) เมื่อจบกระบวนการลดขนาดรูปภาพ ระบบจะแสดงผลการค้นหาคุณลักษณะใบหน้า ดังรูปที่ 3.8 (ก.) และผลลัพธ์ที่หน้าจอแสดงจะแสดงดังรูปที่ 3.8 (ข.)



(ก) รูปภาพรับเข้าดั้งเดิม 1080p

(ข) แปลงได้รูปภาพสีเทา 640x480 พิเซล



(ค) แปลงได้รูปภาพสีขาวดำ 640x480 พิเซล

รูปที่ 3.7 ผลลัพธ์การลดขนาดรูปภาพ

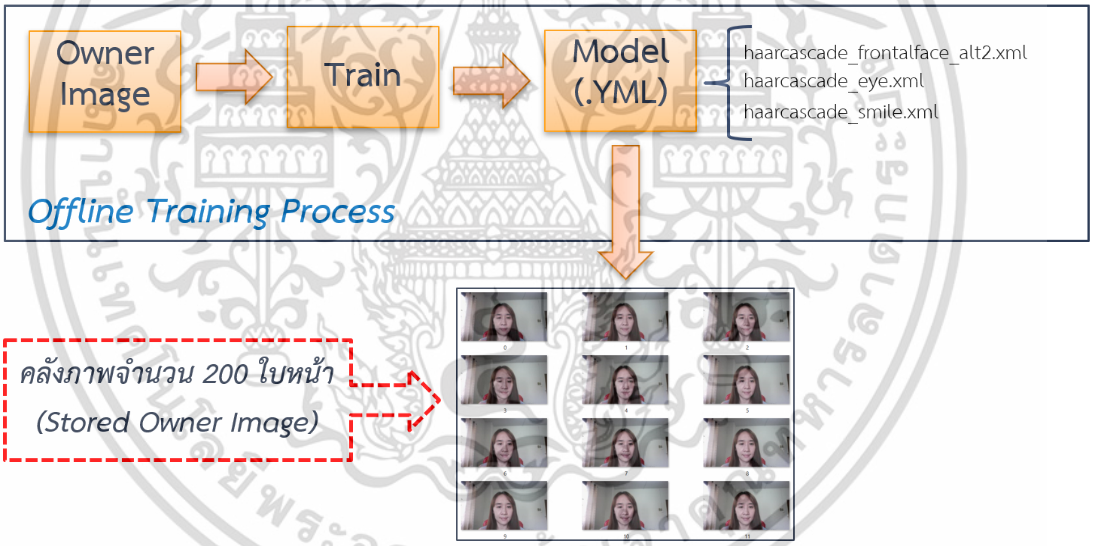
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ตารางเซลล์เพื่อดึงลักษณะเด่นบนใบหน้า (ข) ผลลัพธ์

รูปที่ 3.8 ผลลัพธ์การดึงลักษณะเด่นบนใบหน้า

3.2.3 การสร้างโมเดลคลังภาพใบหน้า

การสร้างคลังรูปภาพเพื่อเป็นโมเดลคลังภาพใบหน้าเพื่อนำไปสู่การจำแนกประเภทใบหน้า แต่ในส่วนนี้จะนำเสนอการเทรนนิ่งรูปภาพภายในระบบใช้ฟังก์ชันฮาร์คาสเคดเทรนนิ่ง ของไลบรารี่โอเพ่นซีวีเพื่อสร้างโมเดลเทรนนิ่งชื่อไฟล์นามสกุล .YML ระบบมีองค์ประกอบดังรูปที่ 3.9 และแสดงผลลัพธ์ไฟล์ที่ได้หลังจากการเทรนนิ่งดังรูปภาพที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการสร้างชุดโมเดลคลังภาพ

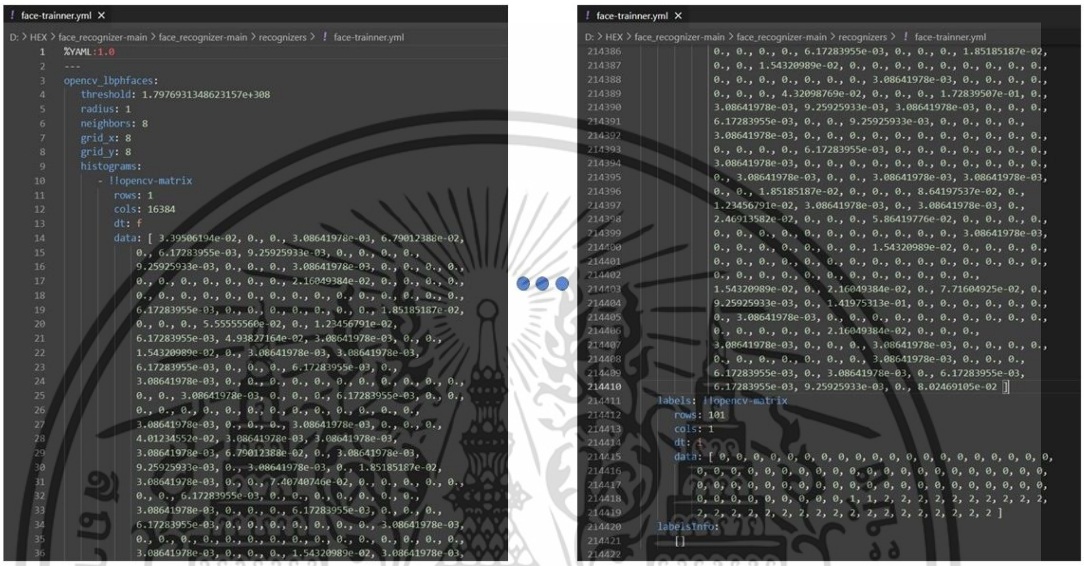
3.2.3.1 คลังรูปภาพ

สำหรับองค์ประกอบนี้เป็นการรับข้อมูลรูปภาพใบหน้าเชิงบวก (รูปภาพใบหน้าเจ้าของ) และชุดรูปภาพเชิงลบ (รูปภาพไม่ใช่ใบหน้าเจ้าของ) ต้องเตรียมชุดตัวอย่าง โดยรูปภาพเชิงบวกจะถูกสร้างขึ้นจากฟังก์ชันโอเพ่นซีวี ด้วยกล้องวงจรปิดจึงได้ภาพ .JPG ขนาด 640x480 พิกเซล จำนวน 200 รูปภาพ เนื่องจากการสร้างคลังรูปภาพใบหน้าเจ้าของเพื่อเป็นการสุ่มตัวอย่างรูปภาพเชิงบวกได้หลายรูปภาพตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 การเทรนนิ่งข้อมูลรูปภาพใบหน้า

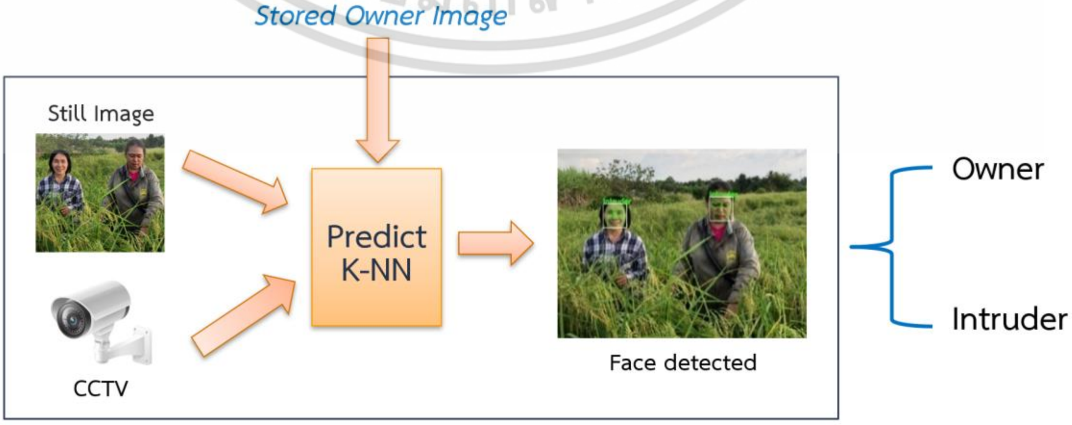
สำหรับองค์ประกอบนี้เป็นการฝึกฝนข้อมูลรูปภาพใบหน้า ภายในระบบเพื่อช่วยให้การอ่านไฟล์ชุดคลังรูปภาพเจ้าของได้ โดยอ้างอิงข้อมูลรูปภาพเชิงบวกและเชิงลบที่เตรียมไว้ล่วงหน้าในระบบใช้ฟังก์ชันโอเพ่นซีวีสำหรับฝึกฝนรูปภาพใบหน้าด้วยคลาสเคด เพื่อสร้างไฟล์ฝึกฝนรูปภาพจากนั้นจะได้ไฟล์ face-trainner.yml เพื่อให้ระบบสามารถเรียนรู้จากชุดโมเดลรูปภาพเจ้าของที่มีนามสกุลไฟล์คือ .YML แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงผลลัพธ์ไฟล์ที่ได้หลังจากการเทรนนิ่ง face-trainner.yml

3.2.4 การจำแนกใบหน้า

การค้นหาภาพใบหน้าบุคคลด้วยกล้องวงจรปิดเพื่อจำแนกใบหน้าระหว่างเจ้าของและผู้บุกรุกสถานที่บริเวณนาข้าว ภายใต้เทคนิคการเรียนของเครื่องแบบมีผู้สอน ดังรูปที่ 3.11 ในส่วนนี้จะเป็นขั้นตอนการจำแนกคุณสมบัติ เป็นการค้นหาลักษณะเด่นที่ต้องการโดยใช้การจำแนกที่ได้จากรับภาพใบหน้า เมื่อหน่วยประมวลผลจะทำหน้าที่จดจำใบหน้าเพื่อไปสู่ขั้นตอนการจำแนกใบหน้าแบบเรียงซ้อน



รูปที่ 3.11 ภาพรวมการจำแนกใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการจำแนกใบหน้าแบบเรียงซ้อนเริ่มต้นการทำงานของระบบเมื่อกล้องวงจรปิดทำงานจะรับภาพนิ่งเพื่อลดขนาดไฟล์ภาพได้ 640x480 พิกเซล จากนั้นระบบจะแปลงไฟล์ภาพสีเป็นสีเทา และลดขนาดไฟล์ภาพด้วยสเกลแฟคเตอร์ที่ 1.5 เพื่อรองรับการตรวจจับลักษณะขนาดต่างๆ ในภาพอินพุต ใช้โมเดลฮาร์คาสเคดเทรนนิ่ง ชื่อไฟล์ face-trainner.yml ที่ฝึกฝนไว้ล่วงหน้าเพื่อตรวจจับลักษณะจำนวน 3 เลเยอร์ คือ ใบหน้า ดวงตา และปากในภาพใบหน้า โดยใช้การรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง โดยเทคนิคนี้จะนำตัวจำแนกของเลเยอร์ หลายๆตัวต่อกันเป็นลำดับของคุณลักษณะ (f) โดยที่ตัวจำแนกในลำดับต้นๆ มักจะมีความซับซ้อนที่น้อยกว่า อาจสร้างมาจากตัวจำแนกแบบอ่อนแอไม่กี่ตัวเพื่อลดปริมาณการคำนวณและลดระดับของเทรชโฮลด์ เพื่อลดการความผิดพลาดในการตรวจจับรูปภาพที่ไม่ใช่ใบหน้า ซึ่งภาพย่อยที่ถูกจัดประเภท เป็นไม่ใช่ใบหน้า (Non-face) จะถูกทิ้งไปเป็นจำนวนมากในลำดับต้นๆ ในทางตรงข้าม ถ้าภาพย่อยนั้นถูกจำแนกว่ามีโอกาส (p) เป็นภาพใบหน้า จะถูกส่งต่อไปยังตัวจำแนกตัวถัดไปซึ่งมีความซับซ้อนสูงขึ้นตามลำดับ ด้วยเทคนิคคุณลักษณะของฮาร์คาสเคด 16 ประเภท ในการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอนตามโมเดลคลังรูปภาพที่สร้างไว้ก่อนหน้า ด้วยคุณสมบัติที่เป็นค่าพิกเซลทั้งหมดที่เพิ่มในบล็อคสีดำและลบออกจากผลรวมของค่าพิกเซลในบล็อคสีขาว ตัวแยกประเภทที่อ่อนแอสามารถอธิบายไว้ในสมการที่ 3.3

$$h(x)=\begin{cases}1 & ,\ if\ \ p(f(x))<p(\theta)\\ 0 & ,\ else\end{cases} \tag{3.3}$$

สำหรับการค้นหาในรูปภาพกรอบใบหน้าตามคุณลักษณะฮาร์คาสเคดชื่อไฟล์โมเดลคลังรูปภาพ .YML มีความละเอียด 24×24 พิกเซล หลังจากที่คำนวณคุณลักษณะ สามารถตัดสินใจจากค่านี้สูงหรือต่ำกว่าเกณฑ์ที่ระบบกำหนดไว้ ถ้าหากคำตอบเป็นจริง วัตถุนั้นจะเป็นใบหน้าเจ้าของ และสิ่งที่ตรวจพบจะถูกแสดงผลกลับเป็นรายการสี่เหลี่ยมบนภาพใบหน้าบนหน้าจอแสดงผล แต่ถ้าสิ่งนั้นเป็นใบหน้าผู้บุกรุกระบบจะแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชันไลน์แต่ถ้าภาพที่รับเข้าเป็นภาพที่ไม่ใช่ใบหน้า ระบบจะทำการวนลูปไปยังรับภาพที่กล้องวงจรปิดจากต้นทางเดิม ซึ่งเราใช้คุณลักษณะเดียวสำหรับการตัดสินใจนี้ เพื่อค้นหาความคล้ายคลึงรูปภาพใบหน้าที่ดีเพื่อตอบสนองการแสดงผลลัพธ์ และเพียงใช้เวลาน้อยกว่าวินาที

Pseudo process for the proposed system

```
>> Input: image frames from CCTV cameras
>> Output: classify K-NN image
>> for i ← face image do
>>  set Convert color to gray
>>  set resize multi scale
>>  i = x, y, w, h ← mapping face image do
>>   for recognize by haar cascade training do
>>     frontal face xml
>>          eye xml
>>          smile xml
>>            for f←Haar-cascading extraction do
>>        for p = 1←pixel of Threshold do
>>          Edge feature
>>               Line feature
>>               Center Surround
>>                 break f = p
>>         end for
>>       end for classify K-NN do
>>         distance d_E(p,q) = sqrt(Σ_{i=1}^{n} (p_i - q_i)^2)
>>         if owner's face then
>>           name owner on monitor
>>           time of process
>>         else if unknown's face then
>>           alarm to LINE Application
>>           break this i for loop
>>         else if non-face then
>>           reject non-face image
>>             back to input i
>>              end if
>>    end for
>> end for
```

รูปที่ 3.12 รหัสเทียมระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนขั้นตอนอัลกอริทึมเค-เอ็นเอ็นสำหรับรู้จำใบหน้าเป็นวิธีการจำแนกประเภทข้อมูล (Data Classification) วิธีการหนึ่ง โดยจัดเป็นวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลแบบมีผู้สอน หรือการที่ทราบคำตอบของข้อมูลอยู่ก่อนแล้วจากนั้น ใช้โมเดลในการจำแนกประภทข้อมูล ข้อมูลที่ใกล้เคียงที่สุดจำนวน เค ตัว กับข้อมูลที่ต้องการจำแนกประเภทของข้อมูลหรือต้องการ ทำนายคลาสของข้อมูลใหม่ โดยจะทำนายตามคลาสส่วนใหญ่ของข้อมูลฝึก เค ตัว การนำเทคนิคของเค-เอ็นเอ็นไปใช้นั้น เป็นการหาระยะห่างของแต่ละภาพใบหน้า เมื่อได้ตำแหน่งเอกลักษณ์บนใบหน้า 40 ค่าแล้ว ต้องการหาภาพใบหน้าที่ใกล้เคียงที่สุด จะนำตำแหน่งลักษณะเด่นบนใบหน้า 3 จุดบนใบหน้า ที่ได้จากการคำนวณไปตรวจสอบบนฐานข้อมูลรูปภาพที่ทำสร้างโมเดลรูปภาพไว้ก่อนหน้านี้ (Training data set model) ซึ่งมีการสร้างโมเดลเค-เอ็นเอ็นดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดค่า เค เป็นการกำหนดเพื่อใช้ในการเลือกข้อมูลที่อยู่ใกล้ กับชุดของข้อมูลที่สนใจตามจำนวนค่า เค ที่กำหนด โดยค่า เค จะกำหนดเป็นเลขคี่ เพราะจะสามารถตัดสินใจได้ว่าข้อมูลที่สนใจควรจัดอยู่ในกลุ่มใด

ขั้นตอนที่ 2 การคำนวณระยะทางระหว่างข้อมูลที่สนใจ กับข้อมูลทั้งหมดจะใช้การคำนวณระยะทางด้วยระยะทางแบบยูคลิเดียน คือระยะทางปกติระหว่างจุดสองจุดในแนวเส้นตรง ซึ่งอาจสามารถวัดได้ด้วยไม้บรรทัด มีที่มาจากทฤษฎีบทพีทาโกรัสเรียกว่า แบบยูคลิเดียน เนื่องจากเป็นการวัดระยะทางในปริภูมิแบบยูคลิเดียน (หรือแม้แต่ปริภูมิผลคูณภายใน) คือไม่มีความโค้งและไม่สามารถทำให้โค้งงอ และการใช้สูตรนี้วัดระยะทางทำให้กลายเป็นปริภูมิอิงระยะทาง ค่าประจำ (norm) ที่เกี่ยวข้องก็จะเรียกว่าเป็น ค่าประจำแบบยูคลิเดียน

ขั้นตอนที่ 3 การจัดเรียงระยะทาง หลังจากที่คำนวณระยะทางระหว่างข้อมูลที่สนใจกับข้อมูลของระยะทางได้จากน้อยที่สุดไปหามากที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 การพิจารณาข้อมูลที่ใกล้ที่สุดกับข้อมูลที่สนใจ เค ตัว หลังจากที่เรียงลำดับระยะทางข้อมูลแล้วจะเลือกค่าระยะทางที่น้อยที่สุดจำนวน เค ตัว มาพิจารณาหาคำตอบ เช่น เค เท่ากับ 10 จะนำระยะทางของลำดับที่ 1 ถึง 10 มาพิจารณา

ขั้นตอนที่ 5 การเลือก Class ให้กับข้อมูลที่สนใจการเลือกคลาสให้กับข้อมูลที่สนใจพิจารณาตามข้อมูลจำนวน เค ตัว ที่อยู่ใกล้ข้อมูลที่สนใจมากที่สุดว่าอยู่กลุ่มใดบ้าง จะเลือกคลาสของข้อมูลมูลที่สนใจให้อยู่กับกลุ่มคลาสให้มากที่สุด แสดงดังนี้

$$d_1 = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - y_i)^2} \tag{3.4}$$

กำหนดให้ x_i ข้อมูลใบหน้าชุดใหม่

y_i คือ ค่าข้อมูลของภาพใบหน้าที่อยู่ในชุดโมเดลภาพใบหน้า (training data set)

p คือ จำนวนภาพใบหน้าที่อยู่ในชุดโมเดลภาพใบหน้า (training data set)

d คือ ค่าข้อมูลของภาพใบหน้าชุดใหม่

i คือ จำนวนค่าข้อมูลที่สนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

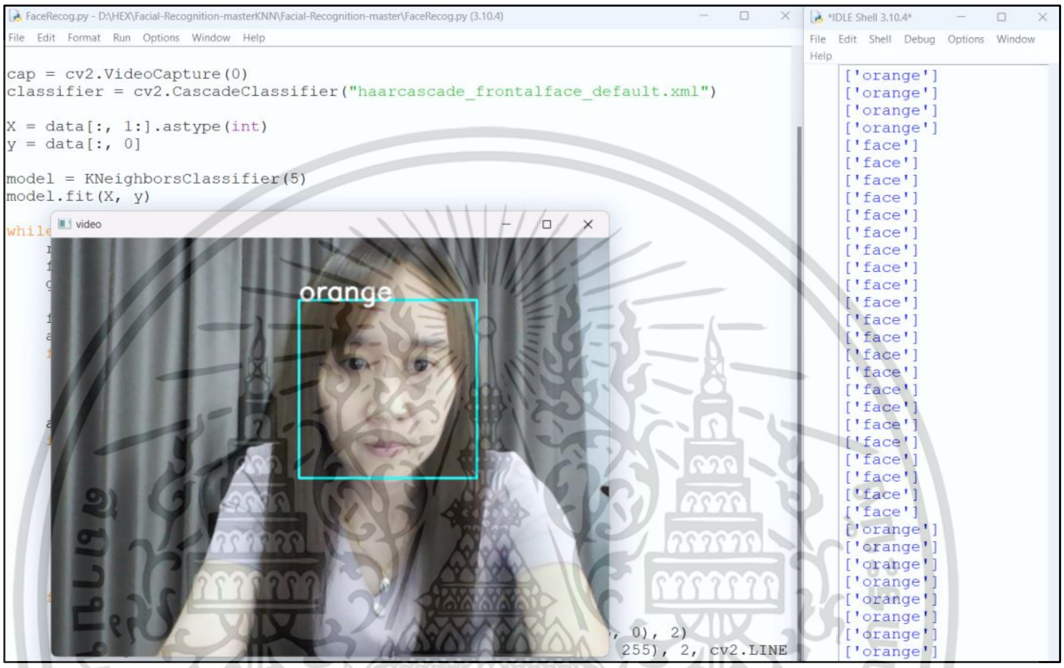
ขั้นตอนที่ 6 การแบ่งลำดับความสำคัญของคลาส โดยที่ลำดับความสำคัญมีจำนวน 10 ค่าลำดับ โดยที่

คลาส 1 คือ เข้าใกล้ค่า เค เท่ากับ 5

คลาส 2 คือ เข้าใกล้ค่า เค เท่ากับ 7.5

คลาส 3 คือ เข้าใกล้ค่า เค เท่ากับ 10

ขั้นตอนที่ 7 แสดงผลลัพธ์การหาค่า เค ที่เข้าใกล้ 5 ให้สามารถจำแนกใบหน้า ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ผลลัพธ์การจำแนกใบหน้าด้วย เค-เอ็นเอ็น

3.2.5 การแสดงผลออนไลน์

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ใบหน้าบุคคลด้วยการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอนบนหน่วยประมวลผลของไลบรารี่โอเพ่นซีวี จะส่งสัญญาณแจ้งเตือนผ่านไลน์แอพพลิเคชันเฉพาะใบหน้าบุคคลที่ไม่รู้จักพร้อมด้วยข้อความแจ้งเตือนผู้บุกรุก แต่ภาพใบหน้าเจ้าของระบบจะไม่ทำการส่งการแสดงผลผ่านไลน์แอพพลิเคชันเนื่องจากเป็นการช่วยลดการแจ้งเตือนที่ไม่จำเป็นสำหรับการแจ้งเตือนจะทำงานทุก 10 วินาทีเมื่อพบใบหน้าบุคคลที่ไม่รู้จัก และมีสัญญาณเสียงไซเรนแจ้งเตือนบริเวณที่ติดตั้งอุปกรณ์ ซึ่งการใช้งานจะต้องเชื่อมระบบแจ้งเตือนออนไลน์ (LINE Notify) ดังรูปที่ 3.14 และรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

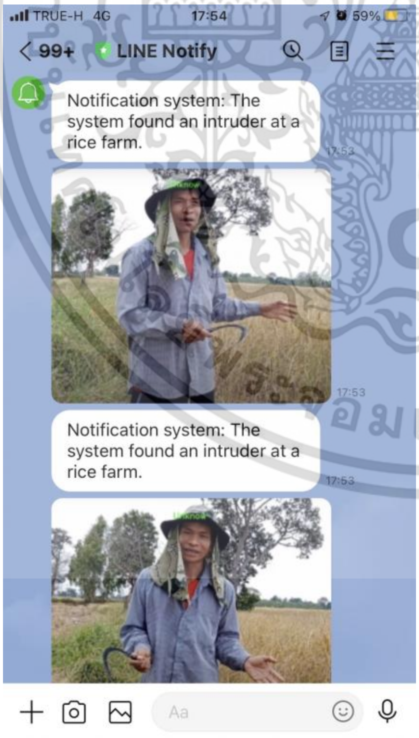
(ก) ผู้บุกรุกหนึ่งราย

(ข) ผู้บุกรุกสองราย

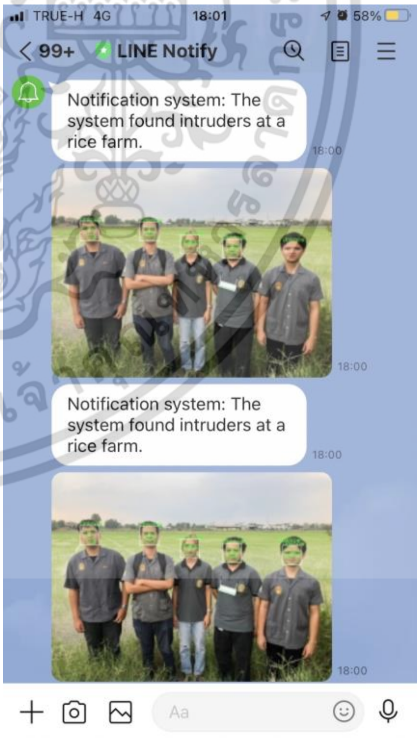
(ค) ผู้บุกรุกสามราย

(ง) ผู้บุกรุกห้าราย

รูปที่ 3.14 ระบบที่นำเสนอจะสร้างกรอบสำหรับตรวจจับลักษณะใบหน้า



(ก) ตรวจพบผู้บุกรุกรายเดียว



(ข) ตรวจพบผู้บุกรุกหลายราย

รูปที่ 3.15 ระบบที่นำเสนอจะส่งข้อวามภาพและอักษรผ่านแอพพลิเคชันไลน์จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

ในบทนี้ได้นำเสนอผลลัพธ์การออกแบบและพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวโดยกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน การติดตั้งและใช้งานในฐานทดสอบนาข้าวจริงที่จังหวัดสุพรรณบุรี การทำงานระบบสามารถตรวจจับใบหน้าผู้บุกรุกและแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ ซึ่งขั้นตอนการทดสอบทั้งหมด 6 ขั้นตอน ด้วยขอบเขตการทดสอบกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอนเพื่อเปรียบเทียบกับชุดคลังรูปภาพใบหน้า ดังนี้ (1) ผลลัพธ์การติดตั้งระบบ (2) การทดสอบชุดข้อมูลรูปภาพแอลเอฟดับเบิลยู (3) การทดสอบความเร็วในการประมวลผลการรู้จำใบหน้า (4) การทดสอบความแม่นยำในการรู้จำใบหน้าที่ความสว่างที่แตกต่างกัน (5) ทดสอบความแม่นยำของการรู้จำใบหน้าที่ระยะทางที่แตกต่างกัน (6) อัตราความสำเร็จในการแจ้งเตือนทางข้อความและรูปภาพ ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

4.1 ผลลัพธ์การติดตั้งระบบ

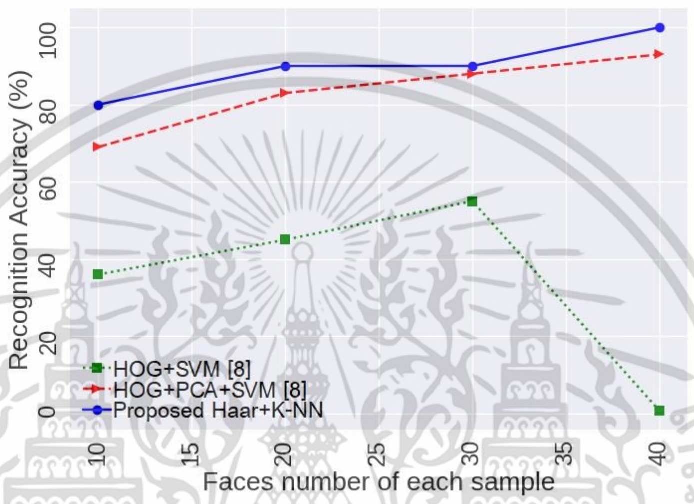
รูปที่ 4.1 ภาพรวมการติดตั้งระบบ

จากรูปที่ 4.1 ผลการติดตั้งและใช้งานในฐานทดสอบนาข้าวจริงที่จังหวัดสุพรรณบุรี ระบบเฝ้าระวังความปลอดภัยติดตั้งในพื้นที่แปลงนาบริเวณ ระบบสามารถตรวจจับใบหน้าผู้บุกรุกและแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ทันทีด้วยวิธีการทดสอบจำนวน 100 ครั้งต่อชนิดการทดสอบด้วยกล้องวงจรปิดสามารถตรวจจับใบหน้าด้วยมุมใบหน้าตรงถึงมุมใบหน้าเอียง 60 องศาและขอบเขตการทดสอบระยะ 20 ตารางเมตร เนื่องจากการพัฒนาครั้งนี้ได้พัฒนาเพื่อทดสอบการใช้จริงจำนวน 1 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

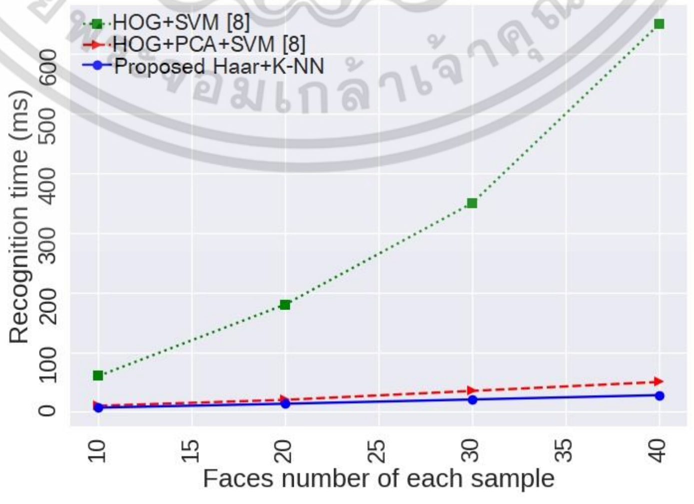
4.2 ผลการทดสอบชุดข้อมูลรูปภาพเอฟดับเบิลยู

จากการศึกษาชุดข้อมูลรูปภาพแอลเอฟดับเบิลยู เพื่อนำมาทดสอบประสิทธิอัลกอริทึมเอสวีเอ็มกับอัลกอริทึมเอชโอจี อัลกอริทึมพีซีเอ และอัลกอริทึมฮาร์คาสเคดอัลกอริทึมเค-เอ็นเอ็น เพื่อดึงลักษณะเด่นใบหน้าบุคคลในชุดข้อมูลรูปภาพแอลเอฟดับเบิลยู เพื่อแก้ปัญหาความแม่นยำต่ำของการรู้จำใบหน้า ผลการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างความแม่นยำ 3 อัลกอริทึม สรุปได้ว่าอัลกอริทึมฮาร์คาสเคดและเค-เอ็นเอ็นมีประสิทธิความแม่นยำต่อการทดสอบกับชุดข้อมูลรูปภาพแอลเอฟดับเบิลยู ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความแม่นยำทั้ง 3 อัลกอริทึม

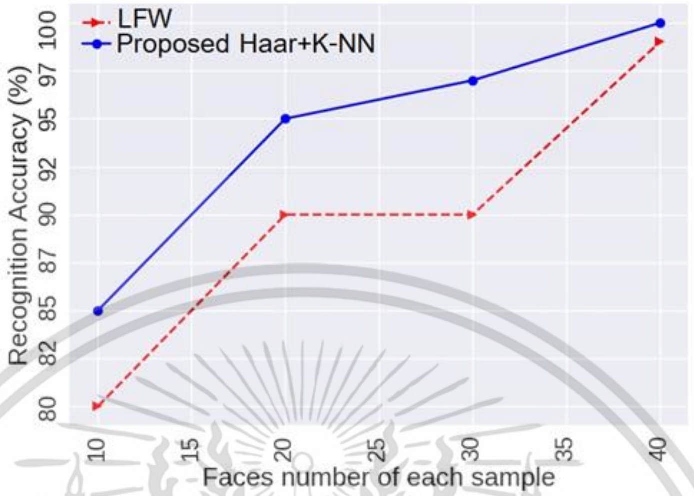
เมื่อทดสอบเปรียบเทียบด้านเวลาประมวลผลของชุดข้อมูลมาตรฐาน LFW ระหว่าง 3 อัลกอริทึม สรุปได้ว่าอัลกอริทึมฮาร์คาสเคดและเค-เอ็นเอ็นมีประสิทธิภาพเวลาการประมวลผลภาพกับชุดข้อมูลรูปภาพแอลเอฟดับเบิลยู ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบด้านเวลาสำหรับทั้ง 3 อัลกอริทึม

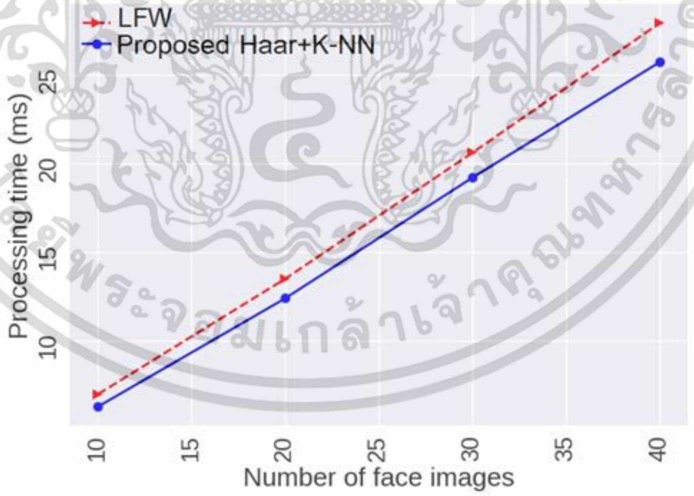
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลทดสอบเปรียบเทียบด้านความแม่นยำของอัลกอริทึมฮาร์คาสเคดและเค-เอ็นเอ็นระหว่างการทดสอบการประมวลผลชุดข้อมูลรูปภาพเอฟดับเบิลยูกับชุดข้อมูลคลังใบหน้าระบบ สรุปได้ว่าการทดสอบประสิทธิภาพมีความแม่นยำกับชุดข้อมูลคลังภาพใบหน้าระบบ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความแม่นยำ

ผลทดสอบเปรียบเทียบด้านเวลาประมวลผลอัลกอริทึมฮาร์คาสเคดและเค-เอ็นเอ็น ระหว่างการทดสอบการประมวลผลชุดข้อมูลรูปภาพเอฟดับเบิลยูกับชุดข้อมูลคลังใบหน้าระบบ สรุปได้ว่ามีประสิทธิภาพด้านเวลาการประมวลผลภาพกับชุดข้อมูลคลังภาพใบหน้าระบบ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบด้านเวลาประมวลชุดคลังรูปภาพใบหน้า

4.3 ผลการทดสอบความเร็วในการประมวลผลการรู้จำใบหน้า

การทดสอบนี้นำเสนอผลลัพธ์ของการทดสอบความรวดเร็วของระบบซึ่งดำเนินการกับภาพอินพุตใบหน้าที่มีใบหน้าต่าง ๆ ดำเนินการโดยรับข้อมูลภาพจากกล้องวงจรปิด จากนั้นภาพใบหน้าจะถูกส่งไปยังบอร์ดราสเบอร์รี่พาย เพื่อทำการทดสอบความเร็วในการประมวลผลภาพใบหน้าเป็นค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเลขในหน่วยมิลลิวินาที (ms) โดยใช้เทคนิคการนับเวลาจากนาฬิกาภายในระบบประมวลผลบอร์ดราสเบอร์รี่พายด้วยคำสั่งไพทอนได้แสดงผลลัพธ์ในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ความเร็วในการประมวลผลการรู้จำใบหน้าเจ้าของ

จำนวนใบหน้า	ครั้งที่ทดสอบ	เวลาประมวลผล (ms)	ค่าเฉลี่ย (ms)
1 คน	1 2 3	9 10 10	**9.8**
2 คน	1 2 3	20 20 19	**19.9**

ตารางที่ 4.2 ความเร็วในการประมวลผลการรู้จำใบหน้าของผู้บุกรุก

จำนวนใบหน้า	ครั้งที่ทดสอบ	เวลาประมวลผล(ms)	ค่าเฉลี่ย(ms)
1 คน	1 2 3	6 9 10	8.3
2 คน	1 2 3	14 21 17	17.3
3 คน	1 2 3	19 23 22	21.3
4 คน	1 2 3	28 30 31	29.6

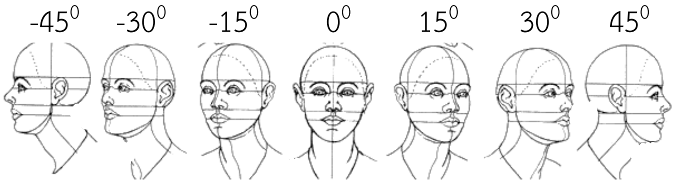
จากตารางที่ 4.1 สรุปได้ว่าความเร็วในการประมวลผลการรู้จำใบหน้าเจ้าของ ทดสอบจำนวน 1 ใบหน้าใช้เวลา 9.8 มิลลิวินาที และจำนวน 2 ใบหน้าใช้เวลา 19.9 มิลลิวินาที ตารางที่ 4.2 ความเร็วในการประมวลผลการรู้จำใบหน้าของผู้บุกรุก ทดสอบจำนวน 1 ใบหน้าใช้เวลา 8.3 มิลลิวินาที ทดสอบจำนวน 2 ใบหน้าใช้เวลา 17.3 มิลลิวินาที ทดสอบจำนวน 3 ใบหน้าใช้เวลา 21.3 มิลลิวินาที และทดสอบจำนวน 4 ใบหน้าใช้เวลา 29.6 มิลลิวินาที

4.4 ผลการทดสอบความแม่นยำในการรู้จำใบหน้าที่ความสว่างที่แตกต่างกัน

การทดสอบนี้นำเสนอการประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำของการรู้จำใบหน้าที่ความสว่างแตกต่างกัน เป็นการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการจับภาพวิดีโอแบบเรียลไทม์ โดยทำการทดสอบที่ 5 ระดับความสว่าง ระดับละ 100 ครั้ง และเปลี่ยนมุมมองใบหน้าโดยหมุนใบหน้าในองศาที่แตกต่างกันจำนวน 9 รูปแบบ ตามตัวอย่างในรูปที่ 4.6 ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างรูปแบบองศาการหมุนใบหน้าสำหรับการทดสอบระบบ



รูปที่ 4.6 ลักษณะการหมุนใบหน้าที่แตกต่างกัน

(ที่มา: Webneel Design Inspiration. “How to Draw a Face - 25 Step by Step Drawings and Video Tutorials”. [online]. Available https://www.pinterest.com/pin/607774912194982335/)

ตารางที่ 4.3 ความแม่นยำในการรู้จำใบหน้าเจ้าของที่ความสว่างแตกต่างกัน

องศาการหมุนใบหน้าจากกล้องวงจรปิด	**ความสว่างของสิ่งแวดล้อม (ลักซ์)**				
	25-200	**201-500**	**501-1000**	**1001-2001**	**≥ 2001**
-60^0	0	0	18	42	56
-45^0	34	52	84	89	98
-30^0	56	88	98	98	100
-15^0	86	97	100	100	100
0^0	94	100	100	100	100
15^0	87	96	99	100	100
30^0	48	87	94	97	100
45^0	32	47	85	92	99
60^0	0	0	15	40	61
ค่าเฉลี่ย (%)	**48.5**	**63.0**	**77.0**	**84.2**	**90.4**

ตารางที่ 4.4 ความแม่นยำในการรู้จำใบหน้าผู้บุกรุกที่ความสว่างแตกต่างกัน

องศาการหมุนใบหน้าจากกล้องวงจรปิด	**ความสว่างของสิ่งแวดล้อม (ลักซ์)**				
	25-200	**201-500**	**501-1000**	**1001-2001**	**≥ 2001**
-60^0	0	0	2	18	38
-45^0	25	44	78	81	89
-30^0	48	77	89	99	98
-15^0	75	98	99	99	100
0^0	82	100	100	100	100
15^0	73	95	98	100	99
30^0	42	74	88	94	96
45^0	27	37	74	83	85
60^0	0	2	1	23	34
ค่าเฉลี่ย (%)	**41.3**	**58.5**	**69.9**	**77.4**	**82.1**

ผลการทดสอบสามารถระบุใบหน้าที่ชัดเจนที่สุดคือระดับความสว่างตั้งแต่ 2,000 ลักซ์ขึ้นไป และช่วงมุมที่สามารถตรวจจับใบหน้าได้คือใบหน้าตรง (0 องศา) ถึงการหันใบหน้าเอียงที่มุม 45 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการทดสอบความแม่นยำของการรู้จำใบหน้าที่ระยะทางที่แตกต่างกัน

การทดสอบนี้นำเสนอการประเมินประสิทธิภาพแม่นยำของการรู้จำใบหน้าภายใต้ระยะทางที่แตกต่างกัน เพื่อหาความแม่นยำของระบบเฝ้าระวังผู้บุกรุกเข้ามาในพื้นที่บริเวณนาข้าว การทดสอบเกี่ยวข้องกับระยะห่างที่แตกต่างกัน 3 ระดับคือ 5, 10 และ 20 เมตรจากกล้องวงจรปิด

ตารางที่ 4.5 ความแม่นยำในการรู้จำใบหน้าเจ้าของที่ระยะทางแตกต่างกัน

มุมใบหน้าที่แตกต่างกันจากกล้องวงจรปิด	เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำของการรู้จำใบหน้าในระยะต่าง ๆ (เมตร)		
	5	10	20
-60°	0	0	0
-45°	82	48	6
-30°	100	74	14
-15°	100	98	36
0°	100	100	58
15°	100	95	31
30°	100	68	11
45°	76	41	9
60°	0	0	0
ค่าเฉลี่ย (%)	**73.10**	**58.20**	**18.30**

ตารางที่ 4.6 ความแม่นยำในการรู้จำใบหน้าผู้บุกรุกที่ระยะทางแตกต่างกัน

มุมใบหน้าที่แตกต่างกันจากกล้องวงจรปิด	เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำของการรู้จำใบหน้าในระยะต่าง ๆ (เมตร)		
	5	10	20
-60°	0	0	0
-45°	74	32	3
-30°	96	68	10
-15°	100	100	31
0°	100	100	46
15°	100	100	28
30°	92	63	8
45°	69	29	2
60°	0	0	0
ค่าเฉลี่ย (%)	**70.10**	**54.67**	**14.20**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบนี้ได้เปลี่ยนมุมมองใบหน้าโดยหมุนใบหน้าในองศาที่แตกต่างกันจำนวน 9 รูปแบบ ลักษณะการหมุนใบหน้าจะแสดงตามรูปที่ 4.6 เพื่อหาความแม่นยำเป็นเปอร์เซ็นต์ของการรู้จำของระบบในระยะที่แตกต่างกันเมื่อวัดจากกล้องวงจรปิด โดยทำการทดสอบจำนวน 100 ครั้ง ที่ระยะ 5, 10 และ 20 เมตรตามลำดับ และบันทึกผลลัพธ์เป็นข้อมูลวิดีโอแบบเรียลไทม์ แสดงข้อมูลผลการทดสอบได้ตามตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 จากตารางผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า การระบุใบหน้าที่ชัดเจนที่สุดคือระยะ 5 เมตรและมุมที่สามารถตรวจจับใบหน้าได้คือใบหน้าตรง (0 องศา) และใบหน้าเอียงที่มุม 45 องศา

4.6 ผลการทดสอบอัตราความสำเร็จในการแจ้งเตือนทางข้อความและรูปภาพ

การทดสอบนี้ได้ศึกษาและการประเมินประสิทธิภาพการส่งการแจ้งเตือนด้วยข้อความ และรูปภาพผ่านแอพพลิเคชันไลน์ ซึ่งจุดประสงค์การทดสอบคือการหาอัตราความสำเร็จสำหรับการส่งแจ้งเตือนเมื่อพบผู้บุกรุก โดยได้ทำการทดสอบเป็นระยะเวลา 7 วัน แบบไม่ได้ระบุช่วงเวลาทดสอบกับบุคคล 100 คน แบบการสุ่มบุคคลทั่วไป เมื่อได้รับคำสั่งให้เดินผ่านพื้นที่บริเวณนาข้าว โดยทำเสมือนหน้าที่เป็นผู้บุกรุกผ่านกล้องวงจรปิด ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 อัตราความสำเร็จในการส่งแจ้งเตือนข้อความและภาพไปยังเจ้าของ

วันที่ทำการทดสอบ	การส่งการแจ้งเตือนทางข้อความและรูปภาพเมื่อตรวจพบผู้บุกรุก (ครั้ง)		อัตราความสำเร็จ (%)
	ส่งสำเร็จ	ไม่สำเร็จ	
วันที่ 1	92	8	92
วันที่ 2	91	9	90
วันที่ 3	86	14	86
วันที่ 4	83	17	83
วันที่ 5	79	21	79
วันที่ 6	88	12	88
วันที่ 7	90	10	90
เปอร์เซ็นต์อัตราความสำเร็จโดยรวมในการแจ้งเตือนทางข้อความและการส่งการแจ้งเตือนด้วยรูปภาพ			**86.86**

ผลการทดสอบหาค่าเฉลี่ยอัตราความสำเร็จในการส่งการแจ้งเตือนทางข้อความและรูปภาพได้ผลลัพธ์ 86.86% และสาเหตุที่ระบบไม่สามารถตรวจจับใบหน้าได้ เพราะมุมใบหน้าที่ผ่านหน้ากล้องมีใบหน้าเอียงที่มุมมากกว่า 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวโดยกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน เพื่อพัฒนาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1) ด้านอุปกรณ์ของการออกแบบและพัฒนาระบบคือจำนวน 1 เครื่อง ติดตั้งบริเวณพื้นที่นาข้าว ตำบลนางบวช อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี โดยทั้งระบบใช้พลังงานจากโซล่าเซลล์ ระบบมีหน่วยประมวลผล คือ บอร์ดราสเบอร์รี่พาย ความสามารถของระบบ คือ สามารถตรวจจับผู้บุกรุกด้วยกล้องวงจรปิดในบริเวณ 20 ตารางเมตร และระบบสามารถส่งการแจ้งเตือนผู้บุกรุกแบบเรียลไทม์
2) ด้านซอฟท์แวร์เป็นการพัฒนาอัลกอริทึมฮาร์คาสเคดเพื่อประมวลผลภาพใบหน้าบุคคลเท่านั้นด้วยภาษาไพทอน โดยใช้คุณลักษณะของฮาร์คาสเคด 16 คุณลักษณะ ซึ่งจะดึงลักษณะเด่นใบหน้า 3 จุด คือ กรอบใบหน้า ดวงตา และปาก เพื่อค้นหากรอบใบหน้าของบุคคล และพัฒนาอัลกอริทึมเค-เอ็นเอ็น เพื่อให้ระบบสามารถจำแนกประเภทใบหน้าระหว่างเจ้าของระบบหรือผู้บุกรุก เพื่อให้ระบบส่งข้อความภาพผ่านแอพพลิเคชันไลน์
3) ด้านการวัดประสิทธิภาพ จากการออกแบบและพัฒนาระบบสรุปขั้นตอนการทดสอบได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบเปรียบเทียบ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 การเปรียบเทียบระหว่างความแม่นยำ 3 อัลกอริทึมสรุปได้ว่าอัลกอริทึมฮาร์คาสเคดและเค-เอ็นเอ็นมีประสิทธิความแม่นยำและมีประสิทธิภาพเวลาการประมวลผลภาพต่อการทดสอบกับชุดข้อมูลรูปภาพแอลเอฟดับเบิลยู แบบที่ 2 การเปรียบเทียบอัลกอริทึมฮาร์คาสเคดและเค-เอ็นเอ็นระหว่างชุดข้อมูลรูปภาพเอฟดับเบิลยูกับชุดข้อมูลคลังใบหน้าระบบ สรุปได้ว่าการทดสอบประสิทธิภาพมีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพด้านเวลาการประมวลผลภาพกับชุดข้อมูลคลังภาพใบหน้าระบบ ขั้นตอนที่ 2 ค่าเฉลี่ยความเร็วการตรวจจับใบหน้าเจ้าของระบบอยู่ที่ 9.8 มิลลิวินาทีต่อหนึ่งใบหน้า และผู้บุกรุกอยู่ที่ 8.3 มิลลิวินาทีต่อหนึ่งใบหน้า ขั้นตอนที่ 3 ทดสอบระดับความสว่างที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ระบบสามารถระบุใบหน้าที่ชัดเจนที่สุดเมื่อความสว่างมากกว่า 2000 ลักซ์ ขั้นตอนที่ 4 สามารถระบุใบหน้าที่ชัดเจนที่สุดที่ระยะ 5 เมตรและมุมใบหน้าทดสอบ 9 มุม และมุมที่ดีที่สุดคือใบหน้าตรงถึงการหันใบหน้าเอียงได้มากเท่ากับมุม 45 องศา และขั้นตอนที่ 5 ค่าเฉลี่ยการแจ้งเตือนทางข้อความ และการแจ้งเตือนด้วยรูปภาพ ซึ่งการทดสอบเป็นเวลา 7 วัน วันละจำนวน 100 ครั้ง ซึ่งได้ผลลัพธ์จากทดการทดสอบคือ 86.86%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบและเพิ่มความแม่นยำของระบบ ซึ่งสามารถคิดค้นได้ในอนาคตโดยสามารถพัฒนาอุปกรณ์และพัฒนาซอฟท์แวร์ของระบบ ดังนี้

1) สามารถเพิ่มจำนวนกล้องวงจรปิด 2 – 3 ตัวเพื่อให้ระบบสามารถมองในมุมที่กว้างขึ้น
2) สามารถพัฒนาอุปกรณ์ช่วยให้กล้องหมุนได้ 360 องศา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้มากยิ่งขึ้น
3) สามารถเลือกใช้กล้องวงจรปิดฟังก์ชันกลางคืน
4) ระบบเฝ้าระวังสามารถนำไปใช้สถานที่อื่น ๆ ได้ เช่น ภายในบ้านส่วนตัว อาคารสถานที่ หรือสวนสาธารณะ เป็นต้น
5) งานวิจัยสามารถต่อยอดด้านอุตสาหกรรมได้ เช่น การตรวจจับวัตถุหรือชิ้นส่วนของเครื่องจักร หรือการตรวจจับสี สำหรับคัดแยกวัตถุ

5.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1) รูปภาพใบหน้าต้องเห็นใบหน้าที่ชัดเจนทั้งใบหน้า ต้องไม่สวมแว่นและไม่มีวัตถุบดบังใบหน้า
2) ค่าความมืดและความสว่างของสภาพแวดล้อมนาข้าวมีผลการประมวลผลที่คลาดเคลื่อนได้
3) ชุดระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวโดยกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน สามารถใช้งานในพื้นที่ 5 ตารางวา
4) ชุดระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณนาข้าวโดยกระบวนการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอนต้องทำงานในบริเวณพื้นที่มีสัญญาณอินเตอร์เพื่อส่งข้อมูลรูปภาพผ่านแอพพลิเคชันไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรุงเทพธุรกิจ. **"สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย."** [Online]. เข้าถึงได้จาก: http://www.thairiceexporters.or.th/Local%20news/News_2008/news_280408-4.htm. 2565.

[2] Phaibun, Y. and Chuenjit, A. "A model of farmers intentions towards organic farming: A case study on rice farming in Thailand". **Heliyon**. Vol. 6. No. 1. 2020. pp. 1-9.

[3] Polset, S. Boonlaksananusorn, C. Chompoo-Inwai, C. and Hengjinda, P. 2018. "Developing the Intelligent Control System Technology for Thai Rice Farm". **International Conference on Computer and Electrical Engineering.** Kuala Lumpur. Malaysia. pp. 530-533.

[4] Polset, S. and Chompoo-Inwai, C. 2021. "Fast Laser Quantity Measurement of Pest Box Imaging using End-to-End Real Time in Thai Rice Farm". **International Conference on Automatic Control Conference.** Taiwan. pp .1-5.

[5] Kuaban, G.S. Czekalski, P. Molua, E.L. and Grochla, K. 2019. "An Architectural Framework Proposal for IoT Driven Agriculture". **International Conference Computer Networks.** Vol. 1039. pp. 18–33.

[6] Pandiaraj, K. Prakash, K.J. Dhanalakshmi, K.S. Teja, M.S. Kalyan, K.P. and Basha, S.M. 2022. "Autonomous Robot for Field Health Indication and Crop Monitoring System using Artificial Intelligence". **International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering.** Greater Noida. India. pp. 937-942.

[7] Sabri, N. Salim, M.S. Fouad, S. Aljunid, S.A. AL-Dhief, F.T. and Rashidi, C.B.M. 2018. "Design and Implementation of an Embedded Smart Intruder Surveillance System". **International Malaysia Technical Universities Conference on Engineering and Technology.** Vol. 150. pp. 1-6.

[8] Li, X-Y. and Lin, Z-X. "Face Recognition Based on HOG and Fast PCA Algorithm". **Advances in Intelligent Systems and Computing.** Vol. 682. 2017. pp. 10–21.

[9] Salim, O.A.R. Olanrewaju, F.R. and Balogun, W.A. 2018. "Class Attendance Management System Using Face Recognition". **International Conference on Computer and Communication Engineering.** Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 93-98.

[10] Nandhini, R. Duraimurugan, N. and Chokkalingam, S.P. "Face Recognition Based Attendance System". **International Journal of Engineering and Advanced Technology.** Vol. 8. 2019. pp. 574-577.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] Nagaraj, P. Banala, R. and Prasad, A.K. “Real Time Face Recognition using Effective Supervised Machine Learning Algorithms”. **Journal of Physics: Conference Series.** Vol. 1998. 2021. No. 1. pp. 1-7.

[12] Monkey Learn. **“An Introduction to Machine Learning”.** [Online]. Available: https://monkeylearn.com/machine-learning/. 2023.

[13] บัญชา ปะสีละเตสัง. **สร้างการเรียนรู้สำหรับ AI ด้วย Python Machine Learning.** กรุงเทพ. ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2564.

[14] Luis G. Serrano, **Grokking Machine Learning.** 2021

[15] อชิรญา ชนะสงคราม. **“ไบโอเมทริกซ์ (Biometric)”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://www.scimath.org/article-technology/item/10998-biometric. 2566.

[16] พิศณุ คูมีชัย. “เทคโนโลยีการรู้จำใบหน้ามนุษย์ด้วยการประมวลผลภาพ” **วารสารวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** ปีที่5, ฉบับที่ 1, มกราคม-ธันวาคม 2565. หน้า 136-148.

[17] กอบเกียรติ สระอุบล. **เรียนรู้ Data Science และ AI: Machine Learning ด้วย Python.** กรุงเทพมหานคร : หสม มีเดีย เนทเวิร์ค. 2563.

[18] ไทยรัฐฉบับพิมพ์. **“เทคโนโลยีจดจำใบหน้างงหน้าคนผิวสี”** [Online]. เข้าถึงได้จาก: https://www.thairath.co.th/news/tech/1680930#google_vignette. 2556.

[19] ประเสริฐศักดิ์ เตียวงศ์สมบัติ. **การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ประเสริฐศักดิ์ (อีบุ๊คออนไลน์). 2566.

[20] Nixon, M.S. Aguado, A.S. **Feature Extraction and Image Processing.** An imprint of Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP. 2002.

[21] พิศณุ คูมีชัย, ภาณุกร วัฒนจัง, นฐกร มุสิกะจินดา, วรุฒม์ ขำญาติ และ ดนุภัทร ศักดิ์พรหม. 2564. “ระบบรู้จำสัญญาณมือทางทหารด้วยการประมวลผลภาพ”. **วารสารวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และนวัตกรรม**. 2(5): 28-36.

[22] Khandelwal, A. Shukla, A and Sain, M. 2023. “A Survey on Automated Disease Diagnosis and Classification of Herbal Plants Using Digital Image Processing”. **International Conference on Information Systems and Computer Networks**. Mathura. India. pp. 1-5.

[23] Developed and maintained by the Python community. **“NumPy 1.25.1”** [Online]. Available: https://pypi.org/project/numpy/. 2566.

[24] มูลนิธิซอฟต์แวร์ไพทอน. **“ไพทอน(ภาษาโปรแกรม)”**. [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://th.wikipedia.org/wiki/python. 2566.

[25] Mordvintsev, A. Abid, K. **“OpenCV-Python Tutorials Documentation”.** [Online]. Available: https://opencv24-pythontutorials.readthedocs.io/_/downloads/en/stable/pdf/. 2023.

[26] Viola, P. and Jones, M. 2001. “Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features”. **IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.** USA. pp. 511-518.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[27] Shakhnarovich, G. Viola, P.A. and Moghaddam, M. 2002. “A Unified Learning Framework for Real Time Face Detection and Classification”. **IEEE International Conference on Automatic Face Gesture Recognition.** USA. pp. 16-23.

[28] Viola, P. Jones, M. and Snow, D. 2003. “Detecting Pedestrians using Patterns of Motion and Appearance”. **IEEE International Conference on Computer Vision.** Nice. France. Vol. 2, pp. 734-741.

[29] Hatem, H. Beiji, Z. and Majeed, R. 2015. “A survey of feature base methods for human face detection”. **International Journal of Control and Automation.** Vol. 8. No. 5. pp. 61-78.

[30] Canal, F.Z. Müller, T.R. Matias, J.C. Scotton, G.G. Junior, A. R. de Sa. Pozzebon, E. and Sobieranski, A.C. 2022. “A Survey on Facial Emotion Recognition Techniques: A State-of-the-Art Literature Review”. **Information Sciences.** Vol. 582. pp. 593-617.

[31] Singh, A. Herunde, H. and Furtado, F. 2020. “Modified Haar-Cascade Model for Face Detection Issues”. **International journal of research in industrial engineering.** Vol. 9. No. 2. pp. 143-171.

[32] Ancheta, R.A. Reyes, F.C. Caliwag, J.A. and Castillo, R.E. 2018. “FEDSecurity: Implementation of Computer Vision thru Face and Eye Detection”. **International Journal of Machine Learning and Computing.** Vol. 8. No. 6. pp. 619-624.

[33] George, T. Potty, S.P. and Jose, S. 2014. “Smile Detection from Still Images using KNN Algorithm”. **IEEE International Conference On Control, Instrumentation and Computational Technology.** pp. 461-465.

[34] Mitra, B. Sharma, K. Acharya, S. Mishra, P. and Guglani, A. 2022. “Real-time Smile Detection using Integrated ML Model”, **IEEE International Conference on Intelligent Computing and Control Systems.** pp. 1374-1381.

[35] พงศกร ธีรรัศมี. 2558. “วิธีการหาค่า เค ที่เหมาะสมในการจำแนกแบบเคเนียร์เรสเนเบอร์กับข้อมูลทางการแพทย์.” วิทยานิพนธ์วิศกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวทิยาลัยเทคโนโลยสุรนารี.

[36] Peterson, L.E. **“K-nearest neighbor”** .[Online]. Available: http://www.scholarpedia.org/article/K-nearest_neighbor. 2566.

[37] Thirunavukkarasu, K. Singh, A.S. Rai, P. and Gupta, S. 2018. “Classification of IRIS Dataset using Classification Based KNN Algorithm in Supervised Learning”. **International Conference on Computing Communication and Automation.** Greater Noida. India. pp. 1-4.

[38] Scikit-learn. **“1.6. Nearest Neighbors”.** [Online]. Available: https://scikit-learn.org/stable/modules/neighbors.html#nearest-neighbors-classification. 2566.

[39] NSF CAREER Award. **“Labeled Faces in the Wild”.** [Online]. Available: http://vis-www.cs.umass.edu/lfw/index.html. 2566.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[40] Viola, P. and Jones, M. 2004. "Robust Real-Time Face Detection". **International Journal of Computer Vision.** Vol. 57. No. 2. pp. 137-154.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้รับการตีพิมพ์

1. วารสารวิชาการ

International Journal of Intelligent Engineering and Systems (IJIES)

ชื่อผลงาน Implementation of a Face Detection Surveillance Security System in a Rice Farm Using Supervised Machine Learning Techniques

2. การประชุมวิชาการ

The International Conference on Computer and Electrical Engineering (ICCEE 2018)

ชื่อผลงาน Developing the Intelligent control system technology for Thai rice farm.

3. การประชุมวิชาการ

International Automatic Control Conference (CACS 2021)

ชื่อผลงาน Fast laser quantity measurement of pest box imaging using end-to-end real time in Thai rice farm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Intelligent Networks and Systems Society

Acceptance Letter

International Journal of Intelligent Engineering and Systems (IJIES)

May 4, 2023

Dear Chow Chompoo-inwai,

Manuscript Title: Implementation of a Face Detection Surveillance Security System in a Rice Farm Using Supervised Machine Learning Techniques

Author(s): Siriwan Polset, Chow Chompoo-inwai

Thank you for submitting your paper to the International Journal of Intelligent Engineering and Systems (IJIES). Based on double blind review process, we are pleased to inform you that our Review Committee has accepted your paper.

The paper will be included in the IJIES, which will be published with ISSN (ISSN: 2185-3118) in online on the website (http://www.inass.org/publications.html).
We are looking forward to your further contribution to our journal.

Kind regards

Prof. Dr. Kei EGUCHI
Editor-in-Chief, International Journal of Intelligent Engineering and Systems

Department of Information Electronics
Fukuoka Institute of Technology

Kei Eguchi

E-mail: ijies@inass.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Received: April 1, 2023

International Journal of
Intelligent Engineering & Systems

http://www.inass.org/

Implementation of a Face Detection Surveillance Security System in a Rice Farm Using Supervised Machine Learning Techniques

Siriwan Polset[1] **Chow Chompoo-inwai[1*]**

[1] *Electrical Engineering Department, School of Engineering*
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL), Thailand
* Corresponding author's Email: chow.ch@kmitl.ac.th

Abstract: This paper presents a novel approach for developing a surveillance security system for the agricultural sector, rice paddy in Thailand, utilizing supervised machine-learning face-detection techniques. The proposed system operates through real-time face recognition and notification of the owner via text messages and face images, leveraging a LINE application. The proposed system employs the theory of Haar-like features to accurately classify the face between the rice paddy owner and the intruder in real-time. The proposed system has been intensively tested to classify in both single-face and multiple-face modes. It is capable of working in the brightness range from 25 lux to over 2000 lux and is able to track intruders' faces within 3 to 20 meters in the rice paddy area. The experiments demonstrate that the system can accurately display the face of the intruder in real-time, making it an effective surveillance security system for detecting and notifying the owner of potential threats.

Keywords: Haar-like features, real-time face recognition, real-time face detection, surveillance security system, supervised machine learning techniques

1 Introduction

The agricultural sector, especially in rice paddy area in Thailand, faces numerous challenges during planting season every year, including the theft of rice crops [1], which results in significant losses for farmers. The theft of rice ears in the fields has become a pervasive problem throughout Thailand, particularly in the central region. Despite the severity of the issue, many farmers are hesitant to report thefts to the police due to difficulties with litigation notification and legal restrictions. Moreover, the risk of increased planting costs due to leased areas also discourages farmers from reporting thefts. As a result, farmers must find their own ways to prevent rice theft and minimize damage to their crops during critical phases of the planting cycle. In response to the challenges faced by farmers, researchers have developed several technologies that can aid in the protection of rice crops. These include an intelligent control system for predicting natural disasters [2], a fast laser quantity measurement system for predicting pest loads [3], and a face detection surveillance security system for recognizing intruders in the rice farm [4-5]. The use of technology is critical for enhancing the security of agricultural areas and can help farmers overcome the challenges they face in the agricultural sectors [6-8].

Figure. 1 The example of damaged rice-paddy areas from the theft of rice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Received: April 1, 2023

The objective of this study is to utilize supervised machine learning techniques, specifically for a rice-paddy surveillance system. This study applied the Haar-like features based and cascade classifiers and also some modifications to the Viola-Jones algorithm [9-11], which is popularly and widely used by many researchers for detecting desired facial elements. A closed-circuit television system (a CCTV camera) was installed with these frameworks, and the digested image signals will be sent to a microprocessor for a Haar-like based image processing algorithms to identify individual facial features and distinguish between owners and intruders of the rice fields. This simple principle in this study has been applied to the detections from both single and multiple human faces and other unidentified objects.

X-Y.Li and Z-X.Lin [12] proposed a new method of facial recognition using Histogram of Oriented Gradients (HOG) features and a rapid Principal Component Analysis (PCA) extraction algorithm to improve the accuracy of facial recognition under unconstrained conditions. This method uses the Haar-like feature classifier to extract the original data from the HOG feature, which is extracted from the image data and processed by PCA downscaling. Support Vector Machined (SVM) is used for face recognition algorithms, and the effectiveness of the final facial recognition method is validated through experimental results of classification recognition on the labelled faces in the wild (LFW) face database.

O. A. R. Salim et al. [13] proposed a method for developing a class attendance management system using face recognition methods to control the door operation. When a camera captures a face image, it is sent to a Raspberry Pi, where the facial recognition program is programmed using the Local Binary Patterns algorithm (LBPs). If the student's face image matches the training dataset, the main door will be opened by a servo motor, and the class attendance results of all students will be stored in the database connected to the system's server.

R. Nandhini et al [14] presented a method for real-time facial recognition by capturing and storing the facial features of students in a system database. Student's faces were recorded in different postures including sitting and other gestures. The input images and video from CCTV cameras are used for accurate testing. Nandhini's system has been developed to improve the efficiency of facial recognition using a deep-learning algorithm [15-16].

H-Q. Nguyen et al. [17] presented the design and implementation of a low-cost system validation using Raspberry Pi as a small computer and motion detection algorithm to reduce storage space. The system applied multi-CCTV cameras to detect human motion in a controlled area, and images can be viewed in real-time on a web browser or mobile application written in Python.

N. Sabri. et al. [18] presented a real-time intruder surveillance system using a Raspberry Pi board with real-time image techniques to design a low-cost surveillance system that can be operated remotely from any location. The system uses motion sensors, cameras, an alarm circuit, and a wireless module. Python software is used to detect intruders, and research has shown that this technology is reliable for smooth execution of websites and applications.

P. Nagaraj. et. al [19] proposed a real-time facial identification method to create an alert system for workplace security using a Haar-cascade facial recognition technique under simple machine-learning algorithm. Different classes are created to identify intruder's face and security from images and video using Python programming language. Face detection techniques are used to mark True or False faces to enhance security against intruders.

This particular study investigates the application of a Haar-like features classifier combined with a machine-learning technique via OpenCV in Python for detecting and analyzing faces in video data from CCTV to facilitate the implementation of automated video surveillance systems in response to the current theft in rice paddy area situation. The research is structured into five distinct sections: encompassing an introduction, an overview of relevant theoretical foundations, a proposed methodology, and a supervised machine learning approach for enhancing surveillance security systems. Moreover, the study presents experimental findings, followed by a comprehensive conclusion and discussions, and prospects for future research.

2 Related Theory

2.1 Haar-like feature concepts [20]

The digital image recognition feature employs the Haar wavelets technique to analyze the visual similarity and is implemented in a real-time face detector by utilizing an alternative feature set based on Haar wavelets instead of conventional image intensities. Paul Viola and Michael Jones leveraged the concept of Haar wavelets to develop a feature named the Haar-like feature [20-21], which detects human faces using 16 tiny rectangular areas. It sums up the intensity of the rectangular pixels and calculates the difference between the sum of the top and bottom regions and the sum of the left and right regions to sub-categorize any of the input images. For instance, when detecting a person's face, the system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Received: April 1, 2023

observes the darker eyes compared to the cheeks and takes note of the mouth's smile. The Haar-like feature, therefore, identifies prominent features on the face from the associated rectangle of the object.

2.1.1 Front-face detection

This approach leverages the Haar-like feature concepts based on adjacent rectangles to effectively identify areas of interest. We investigate the use of Haar-like features to analyze objects in any images. To identify the specific areas, the intensity of each pixel from each part of the image is summarized, and the results are used to determine the facial area. The Haar-like feature is then applied to check the color intensity and determine the weight using the Haar cascade frontal face XML file. This XML file enables the capture of only the facial region of an individual image by defining a rectangular frame, represented by (x, y), which denotes the width and height of the image, while $(x+w, y+h)$ represents the position of the person's face within the frame. This process is formalized by Eq1.

$$Feature = \sum ie\{I, N\}\omega i\,.\,RecSum(x, y, w, h) \quad (1)$$

The expression *RecSum (x, y, w, h)* denotes the cumulative intensity value of the pixels within the detection rectangular frame. The coordinates *(x, y, w, h)* are utilized to specify the facial region of interest, represented by the Haar wavelets, which highlight the salient features of the face in a comprehensive image [23].

2.1.2 Eye detection using Haar cascading

This section introduces a method for identifying and classifying human's eyes in any portrait image by detecting faces and corresponding facial parameters. The proposed algorithm employs cascading eye detection based on image file operations and utilizes the XML file from the OpenCV library in Python. Specifically, the algorithm detects the left and right eyes on the face and encircles them with a square frame. This approach enables the recognition and identification of crucial human facial features in images or videos, offering potential applications in various fields, including facial recognition, facial tracking, emotion detection, and eye-gaze tracking [24-25].

2.1.3 Mouth detection using Haar cascading

In this section, the focus is on detecting the mouth on a person's face using techniques to detect smiles and non-smiling expressions. The detection process involves the use of XML file in conjunction with the OpenCV library in Python to detect mouth features. The width and height variables are utilized to outline the mouth portions on the face, while integral computation is used to determine the mouth's smile features [26-27].

2.2 Image processing for facial classification

To detect a face in an image, a computer must undertake an intensive analysis of the image's sub-section by utilizing a classifier containing more than 10,000 characters, which is then compared to the learned face information [28]. If the algorithm successfully identifies an element that matches the learned face information, it will report that a person's face has been found. This process, known as *Cascades*, is a computationally challenging approach that involves breaking the detection process into stages, with each stage focused on a specific portion of the desired classifier detection.

The algorithm proceeds step-by-step through the stages, ensuring that once it detects one stage, it moves on to the next stage and works through the ladder until the desired feature, such as a face, is located. If the data does not exhibit any facial features during the initial stages of examination, the algorithm immediately recalculates the information in the next image to improve the detection rate. By discarding calculations without checking the entire classifier, Cascades can employ 30-40 stages, ensuring computational efficiency. Overall, this approach has been demonstrated to be highly effective in detecting faces in images.

2.3 Python programming

Python is one of the high-level programming languages that offers numerous benefits from other computational languages. Its design promotes ease of learning, and its syntax enables the creation of code with shorter lengths compared to other languages. Python offers a dynamic data type feature, auto memory management capability, and abilities to support various paradigms, such as Object-Oriented Programming (OOP), Imperative programming, and Functional Programming [29].

2.3.1 OpenCV library in Python

The Open-Source Computer Vision (OpenCV) library in Python is an image processing library that offers an array of capabilities including blurring, thresholding, histogramming, edge detection, motion detection, and image segmentation. Additionally,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Received: April 1, 2023

OpenCV can also process video data. Since OpenCV is a set of commands, a program needs to be written to utilize its functionality. Common programming languages incorporated with OpenCV include C, C++, C#, and Python. In this study, the OpenCV library was employed to construct a training dataset consisting of positive and negative image samples for the purpose of categorizing and evaluating facial features using our programming techniques [30].

2.3.2 Haar cascade extraction in Python

In this section, the process of image recognition and processing in Python is discussed, with a focus on utilizing OpenCV libraries to read input images or facial image files. To implement a Haar-like feature concept, a set of processing functions is necessary, including (1) converting color images to grayscale, (2) reducing image file size, and (3) detecting objects with various sizes. These functions can be utilized to extract features such as a person's face, eyes, or mouth from a Haar-cascade classification XML file, which typically contains around 16 features [31]. The Haar cascade extraction process in Python is used to detect objects in the image. This process is commonly employed in object recognition work, where features are separated into three types: Edge, Line, and Center Surrounded features, shown in Fig. 2.

2.3.3 Haar cascade integral image

The process of detecting faces using the Haar cascade algorithm involves the use of integral images and feature selection to minimize unnecessary calculations on human-face input images [32]. This approach involves transforming the input image into a square area, where the value *(x,y)* in the square is the sum of the pixels to the right and left of *(x,y)*, as expressed in Eq. 2.

$$I(x,y) = \sum_{\substack{x' \leq x \\ x' \leq y}} i(x',y') \qquad (2)$$

Here, *I (x, y)* represents the value of the total pixels of the image at position *(x, y)*, and *I (x, y)* is the intensity comparison between black and white pixels.

The Haar cascade integral image is stored as an array containing the sum of the image values, as shown in Fig. 3. For instance, the 16 pixels in the array of Fig. 3 represent a 4x4 pixel image. In this representation, each pixel represents the brightness of that pixel, where 0 denotes the darkest and 255 denotes the brightest. To search for an image using the four-rectangle feature at scale 2x2, the pixel value is calculated as the sum of all the pixels in the area of interest. As shown in Figs. 3(a) and 3(b), all four such pixels are calculated as the sum of brightness equal to 15. The traditional calculation of the integral image method must be performed for every pixel [33].

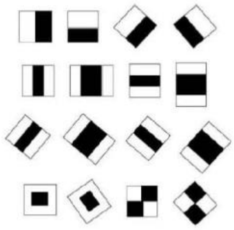


Figure. 2 Typical sixteen features of a Haar-cascade classifier

1	6	8	11
9	15	19	28
16	29	39	48
28	46	62	81

(a)

1	5	2	3
8	1	2	6
7	7	6	0
12	5	6	10

(b)

Figure. 3 The integral images: (a) original integral image method (b) integral image method in this work

2.3.4 Haar cascade classifier

The Haar-like feature cascading classifier is a potent object detection technique that was introduced in 2001 [9]. This methodology utilizes a machine learning approach that involves training a cascade function on a large corpus of positive and negative images to enable object detection across diverse images. To utilize the Haar-cascade classifier function, an input image of a person's face must undergo training to search for the optimal criterion for classifying faces as positive or negative. This function will then select the least fallible features, which accurately identify faces as positive (*True*) or non-faces as negative (*False*).

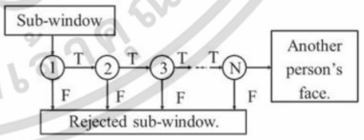


Figure. 4 Haar-cascade classifier's diagrams

 DOI: 10.22266/ijies2019.xxxx.xx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Received: April 1, 2023

Consequently, the cascade of classifiers concept involves grouping attributes into successive stages to ensure effective classification [34]. The proposed classifier process is implemented step-by-step, such that if the first phase of the detected features in any input image fails, the first window is immediately rejected, and the remaining information is qualified for the next-following stages. However, if the first window passes, the program proceeds to the second step, and if the window passes through every stage, the program outputs the result by marking the square frame of the detected face image. This approach process diagram is shown in Fig. 4.

3 The Proposed Methodology

In this study, we introduce a supervised machine learning technique for surveillance security systems, as depicted in Fig. 5. Our primary aim is to develop a face recognition system, which comprises three stages: extraction, training, and classification. The proposed system utilizes an algorithm of the Haar-like feature to recognize and differentiate human faces from any input images from a CCTV whenever intruders are detected in the rice paddy area.

The surveillance security system is equipped with a CCTV camera that is capable of capturing any human face as an input image and comparing it with the images stored in the system. If the camera detects an intruder's face that does not match any of the owner's faces stored in the system, a notification will be sent to the owner through the LINE application. However, before the system can perform this task, the owner's face must be trained and stored in the system. The proposed system, shown in Fig. 5, comprises six key steps: (1) Input, (2) Extraction, (3) Training, (4) Classification, (5) Output notification, and (6) Power supply. The system's primary function commences with the detection of an intruder's face and concludes with the system alerting the owner by sending text messages and an image of the intruder's face.

3.1 Input

In order to get an input image via live streaming from CCTV, such a device must be able to gather clear digital image files, as depicted in Fig. 6. The device captures images with a Full HD 1080P resolution and a size of 2.0 megapixels, resulting in a 2D color image. This intelligent CCTV camera is capable of detecting intruders during both day and night, at distances of up to 20 meters, and can receive Wi-Fi signals up to 100 meters. Its primary function is to record images and send out digital images to the next step of the system.

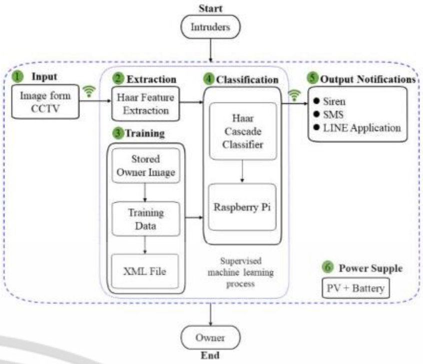


Figure. 5 The overall concept of a supervised machine learning for surveillance security system.

Figure. 6 Input image capturing from CCTV

3.2 Feature Extraction

This section presents a face image search system that facilitates the search for face images of both the owner and intruder using the Haar-like feature theory and extraction method. The system employs a border search technique to detect faces or facial features in images, as illustrated in Fig. 2. The search algorithm rapidly selects a portion of the image from the CCTV feed that changes based on pixel intensity within a square. The rectangular computations are separated into black areas denoting *1* and white areas denoting *0*. Each region is responsible for detecting specific features in the image, such as an edge, line, or structure. The Haar-like feature technique is a process of sliding a rectangle pixel-by-pixel from the top left to the bottom right of a face image to detect specific facial features. This technique is integrated into the computer vision system to aid in the identification and location of intruders. To identify the faces of both the owner and intruder. The proposed technique involves computing the sum of the intensity of rectangular regions, as in Eq. 3.

$$i_s(x_1, x_2, y_1, y_2) = \sum_{x=x_1}^{x2} \sum_{y=y1}^{y2} i(x, y) \qquad (3)$$

The variable $i(x, y)$ represents the intensity value at the point (x, y), while $i_s(x_1, x_2, y_1, y_2)$ represents the

 DOI: 10.22266/ijies2019.xxxx.xx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Received: April 1, 2023

sum of intensities in the rectangular area defined by the four corner coordinates (x_1, x_2, y_1, y_2) from Eq. 2.

The computation time is dependent on the size of the pixelated squares of the facial images and their luminance. An improvement to this research is the use of integral imaging, as suggested by Viola and Jones [36]. The integral image technique rapidly combines the intensity of each pixel by calculating the image just once, employing a Haar-like feature simulation. In comparison to the conventional way mentioned in Fig. 3, this proposed system utilizes the Haar-cascade-integral-image technique for prompt detection of facial features of either the owner or intruder, as formulated in Eq. 4.

$$ii(x,y) = \sum_{x' \le x, y' \le y} i(x',y') \qquad (4)$$

When $ii(x, y)$ is the value of the integral image at the point (x, y) shown in Fig. 7(a), and $i(x', y')$ is the intensity value in each pixel of the original image. For example, finding the pixel value is done by calculating the sum of the intensity of rectangular area D by using the integral image of 4 points.

The computation in Fig. 7(b) yields a value of 4+1-2+3 after the detection of a rectangular frame of any dimension, which requires time to calculate the constant intensity sum value. This technique is appropriate for human face detection systems [37]. The Haar cascade integral image principle involves partitioning a rectangle into shaded and unshaded sections to compute the difference between their intensities. By comparing the threshold with polarity, the system determines whether the image is positive (*face*) or negative (*non-face*) using processing techniques such as Haar-like features of all 3 types.

3.2.1 Edge feature

During face detection mode for the owner and intruder, the system identifies the boundaries of the frame in the forehead, eyebrows, eyes, and mouth regions. The forehead, which is a smooth facial surface, reflects more light compared to the darker eyebrows. The algorithm detects the lighter shade of the forehead and the transition to the darker eyebrows. When comparing the mouth to the chin, the mouth will exhibit a prominent convex image, which produces greater intensity than the chin. The extent of the edge feature technique is illustrated in Fig. 8(a), 8(b), 8(c) and Fig. 8(d) [38].

3.2.2 Line feature

The feature operates on a black-white or black-white-black line. In face detection, the system -

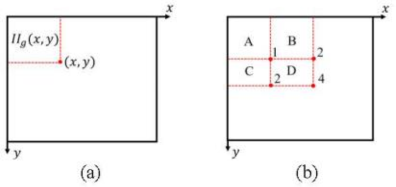


Figure. 7 The integral image method: (a) the value of the integral image at the point position (x, y) and (b) the calculation of the integral image area D

examines the upper edge of the nose up to the tip of the nose. Although the nose is not as flat as the forehead, it still exhibits reflective spots. It is the closest point on the face that naturally protrudes, creating light on the face. The nostrils typically have a bent shape, causing the light on the face to be darker. This attribute will be utilized as a line characteristic, as in Fig. 8(a) and Fig. 8(c) [39].

3.2.3 Center-Surrounded feature

This function is employed to detect diagonal lines and emphasize certain areas of human faces. It performs optimally at a microscale. Depending on the lighting, one can select the jawline, chin, or facial wrinkles as distinctive features for face detection. These characteristics are generally crucial for successful face detection. The function is specifically designed for face images and can also determine age ranges of individuals. However, several factors can influence the results, especially the lighting falling on the face, which may cause delays in the face detection algorithms or lead to some errors or misdetection. The examples are illustrated in Fig. 8(e).

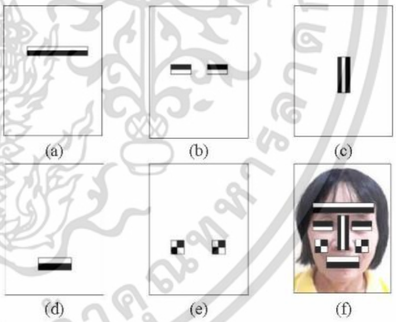


Figure. 8 Owner's face feature extraction with Haar-cascade function: (a) the forehead's edge and line features, (b) the eyes' edge feature, (c) the nose' edge and line feature, (d) the mouth's edge feature, (e) the cheekbone's center-surrounded feature and (f) the summary of facial extraction features

 DOI: 10.22266/ijies2019.xxxx.xx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Received: April 1, 2023

3.3 Training

This section describes the training input image data used in the system, stored image format for face classification (as depicted in Fig. 6). The training models were generated using the cascade training function of the OpenCV library. The system consists of the following components:

3.3.1 Stored owner's image as positive faces

For this step, it is necessary to prepare a sample set consisting of positive face image data (owner's face) and negative face image data (other faces that do not depict the owner's face). To generate positive face image data, we use Python to create a sample function along with a webcam resulting in 200 JPG images with dimensions of 640x480 pixels. To create an accurate library of the owner's face image, it is necessary to do multiple sample images.

3.3.2 Training data

This module is responsible for training the system with pre-prepared positive and negative image data to enable it to recognize the owner's face images. The proposed system uses the OpenCV training function via Python to generate an XML file that contains the trained image model. This file facilitates the system's learning process and enables it to recognize the owner's face images.

3.4 Classification

This section describes the process of classifying the owner and intruder's faces under the supervised machine learning technique, the fourth step as shown in Fig. 5. The proposed method involves identifying specific features using any category derived from human face input images. During the face recognition process, the Haar-cascade classifier will be executed. The operation of such a system is illustrated in Fig. 9.

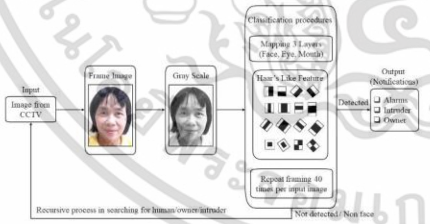


Figure. 9 A simple procedures of Haar-cascading classifier of the proposed system

3.4.1 Haar-cascading classifier

This Haar-cascading method involves identifying relevant features from face images. When the face recognition process is initiated, the processor employs a cascade classifier. The system operates as follows: the CCTV camera receives a color image file of 640x480 pixels, which is then converted into a grayscale image. Next, the image size is reduced using a scale factor to facilitate features detection. The pre-prepared Haar cascade training model is then used to detect face, eye, and mouth features on the face, employing a cascaded sequence of Haar-like features (*f*). The classifier on the top is usually less complex, and a weaker classifier may be employed to reduce computational load and threshold (θ). To avoid the misclassification of non-face images, sub-images classified as non-faces are ignored. If a sub-image is classified with a chance (p) of being a face image, it is passed on to the next classifier of higher complexity in the sequence, utilizing the Haar-like feature 16 technique in supervised machine learning based on the previously created training data model [40]. The model properties involve adding all pixel values to the black block and subtracting them from the sum of pixel values in the white block. The weak classifier can be described using Eq. 5.

$$h(x) = \begin{cases} 1, & if\ pf(x) < p(\theta) \\ 0, & \text{else} \end{cases} \tag{5}$$

The system detects faces in any images using a training data model with a resolution of 24x24 pixels. After computing all features, the system determines whether the value is above or below the threshold set by the system. If the answer is affirmative, the object is recognized as the owner's face, and the system highlights the face by drawing a rectangular frame on the monitor. In the case of an intruder's face, the system sends a notification to the user via the LINE application. If the received image is not a face image, the system loops to receive CCTV images from the source. The system relies on a single property for this decision, which aims to achieve good similarity between the face image and the displayed results. An example of the system at work is depicted in Fig. 10, and the process takes less than one second. To construct a classifier, a weighted sum of the weak classifiers is used, as described in Eq. 6.

$$F = pixel(a_1 f_{1+} a_2 f_{2+\dots} a_{40} f_{40}) \tag{6}$$

 DOI: 10.22266/ijies2019.xxxx.xx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Received: April 1, 2023

Pseudo process for the proposed system

```
›› Input: image frames from CCTV cameras
›› Output: owner's and inturder's images
›› for i ← face image do
››    set Convert color to gray
››    set resize multi scale
››    i = x, y, w, h ← mapping face image do
››       for recognize by haar cascade classifier training do
››          frontal face xml
››          eye xml
››          smile xml
››             for f ← Haar-cascading extraction do
››                for p = 1 ← pixel of Threshold do
››                   Edge feature
››                   Line feature
››                   Center Surround
››                   break f = p
››                end for
››             end for
››             if owner's face then
››                name owner on monitor
››                time of process
››             else if unknown's face then
››                alarm to LINE Application
››                break this i for loop
››             else if non-face then
››                reject non-face image
››                back to input i
››             end if
››       end for
›› end for
```

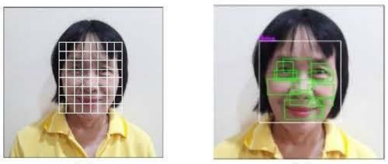
Figure.10 The proposed surveillance security classification pseudo-process

3.4.2 Raspberry Pi

All supervised machine learning procedures in this proposed system are driven by a Raspberry Pi-4 processor, 64-bit running at 1.5GHz, and equipped with 8 GB of RAM. It will mainly serve the following purposes: (1) generate a training image data set of the owner's face consisting of 200 JPG images, around 40 seconds, (2) extraction of the owner's static face image requires around 0.90 second, shown in Fig. 11, (3) testing a video of owner's face image in around 0.17 second, whereas testing an intruder's face image in around 0.54 second. The processing time varies depending on the surrounding environment and the angles at which the face images are captured, which includes images captured at angles of -60^0, -45^0, -30^0, -15^0, 0^0, 15^0, 30^0, 45^0, and 60^0.

3.5 Output notification

The proposed surveillance system will generate alerts only for intruder-face images, while the owner's face image will not be displayed to avoid unnecessary notifications. Whenever the system detects an intruder's face image, it will trigger alerts by text and intruder's image size of 680x480 pixels through the LINE application every 10 seconds and activate a siren signal to alert in the actual rice paddy area under supervision, see also Fig. 11.



(a) (b)

Figure.11 Haar-cascading extraction by Raspberry Pi-4 processor: (a) search for human faces (b) summary of human face image with sixteen features

3.6 Proposed system power supply

A single and small 12 Vdc, 40 Wp solar cell has been installed with a 12-volt, 200Ah deep-cycle battery system, which powers multiple devices for the proposed surveillance security system in the under-observation rice paddy area. The constructed battery system served as the main power supply for the CCTV camera, the Raspberry Pi-4 processor and including all the siren devices.

4 The Experimental Results

This section presents the results of experiments involving the implementation of the proposed face-detection surveillance security system, utilizing a supervised machine-learning technique. The system receives raw image data from a CCTV camera with a resolution of 1280x720 pixels. If an untrained image is detected, the system will identify as an intruder and alert through the LINE Application. On the other hand, the owner's set of images will be identified and displayed only on the owner's system server. The experiments conducted in this study are organized into five distinct sections: (1) an explanation of the proposed system's operation, (2) a speed test of the face-recognition procedures used by the system, (3) an evaluation of the system's performance under different illuminance levels, (4) an assessment of the system's accuracy at various distances, and (5) an analysis of the success rate of alerting and notifications sent through the LINE Application.

4.1 Proposed System Operational Workflow

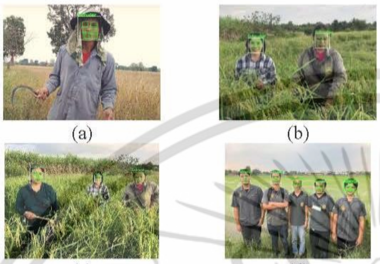
4.1.1 Implementation of the proposed system in the demonstration rice paddy area

The proposed surveillance security system described in Fig. 5 was established and implemented in the actual rice farm test base located in Supanburi province of the central region in the Kingdom of Thailand. Fig. 12 provides a visual representation of the actual installation of the system in the rice paddy area where it was demonstrated.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Received: April 1, 2023

Figure. 12 The implementation of the proposed surveillance security system in the actual rice paddy in Suphan Buri province, central region, Thailand.



(a) (b) (c) (d)

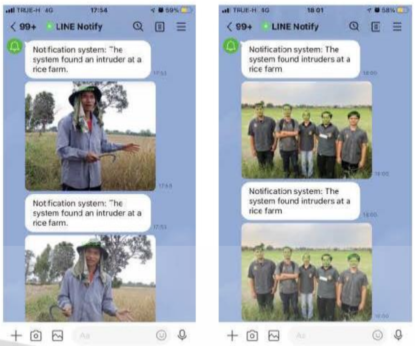
Figure. 13 The proposed system identification of human faces from CCTV camera's input images: (a) a single person (b) two persons (c) three persons and (d) five persons in the image frame

4.1.2 How it works in normal operations

This experiment aims to elaborate the proposed system's operation under normal conditions. A CCTV camera continuously captured and streamed input images of human beings' faces to the system's microprocessor. The proposed system then created a frame for detecting facial features such as the person's face, eyes, mouth, and wrinkles. If the system identified the input images as human faces, it would proceed to the next step of a face recognition procedure to distinguish between the owner and intruders. Fig. 13 presents the results of this normal operation, which tested four images with different input image faces. The results demonstrate that the Haar-cascade classifier coded on the Raspberry Pi-4 can accurately distinguish human faces, regardless of the number of faces in the input images.

4.1.3 How it works when recognizing intruders

In the event of intruders being detected, the proposed system works by first capturing real-time video data of the intruders through the CCTV camera. The input image data is then passed through the surveillance system, which employs face recognition algorithms to detect and identify any intruder. If the intruder is identified as an unauthorized person,



(a) (b)

Figure. 14 Examples of SMS and image notification via LINE applications when intruders have been found: (a) a single intruder and (b) multiple intruders.

an alerting message is sent to the owner via SMS, along with an image notification of the intruders. The owner can then take necessary actions, such as contacting the relevant authorities or taking steps to prevent further intrusions.

4.2 Speed test of the proposed system operation

This experiment presents the outcomes of a speed test of the proposed system performed on face input images with various faces. It was carried out by capturing input images from CCTV cameras with a resolution of 1280x720 pixels. The images were then transmitted to the Raspberry Pi-4 using an inter-signal, and the speed of processing for each person's face was computed. The test involved processing input images, which would be trained with pre-prepared data that had been converted to XML files. This training process enabled the system to distinguish between different input images and the processing speed was measured as a numerical value in milliseconds (ms). The Python command's clock counting technique was utilized to process the input image. Table 1 illustrates the speed of processing the owner's face image, whereas Table 2 depicts the speed of processing the intruder's face image. The experimental findings indicate that the owner's face image processing takes slightly longer. This is due to when the face image is entered into the process, as illustrated in Table 1, it goes through all sixteen features, increasing the processing time somewhat. However, as shown in Table 2, when the system checks for intruders' input image comparable to the training data set, the intruder's face input image is immediately rejected.

 DOI: 10.22266/ijies2019.xxxx.xx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Received: April 1, 2023

Table 1. The owner's images processing speed test result

number of owners	Test number	Processing time (ms)	Average (ms)
Single owner	1 2 3	9 10 10	9.8
Two owners	1 2 3	20 20 19	19.9

Table 2. The intruder's image processing speed test result

number of intruders	Test number	Processing time (ms)	Average (ms)
One intruder	1 2 3	6 9 10	8.3
Two intruders	1 2 3	14 21 17	17.3
Three intruders	1 2 3	19 23 22	21.3
Four intruders	1 2 3	28 30 31	29.6
Five intruders	1 2 3	35 36 34	35.7

4.3 System range of operation in brightness

The objective of this experiment was to assess the proposed system performance concerning brightness intervals during the face recognition process between the owner and intruders. The test protocol involved capturing real-time video of faces in five distinct brightness levels and with face-rotating views to different degrees through nine levels. We performed 100 tests for each level, and the results of the owner's face evaluation are presented in Table 3, while Table 4 displays the results of the intruder's face test. The primary goal of this assessment was to determine the accuracy and capability of the system's operation in broad brightness ranges by averaging the results to identify the clearest face at each angle.

Table 3. Brightness range of operation during the owner's face detection process

Face rotation angle from CCTV	Environmental Illuminances (lux)				
	25-200	201-500	501-1000	1001-2001	≥ 2001
	Accuracy of the detection (%)				
-60^0	0	0	18	42	56
-45^0	34	52	84	89	98
-30^0	56	88	98	98	100
-15^0	86	97	100	100	100
0^0	94	100	100	100	100
15^0	87	96	99	100	100
30^0	48	87	94	97	100
45^0	32	47	85	92	99
60^0	0	0	15	40	61
Avg. (%)	**48.5**	**63.0**	**77.0**	**84.2**	**90.4**

Table 4. Brightness range of operation during intruders' face detection process

Face rotation angle from CCTV	Environmental Illuminances (lux)				
	25-200	201-500	501-1000	1001-2001	≥ 2001
	Accuracy of the detection (%)				
-60^0	0	0	2	18	38
-45^0	25	44	78	81	89
-30^0	48	77	89	99	98
-15^0	75	98	99	99	100
0^0	82	100	100	100	100
15^0	73	95	98	100	99
30^0	42	74	88	94	96
45^0	27	37	74	83	85
60^0	0	2	1	23	34
Avg. (%)	**41.3**	**58.5**	**69.9**	**77.4**	**82.1**

4.4 System range of operation in distances

The objective of this experiment is to evaluate the accuracy of the face recognition mechanism under varying distances. To achieve this goal, the test involved three different distance levels (5, 10, and 20 meters) from the CCTV camera, and for each level, we varied the face-view angles by rotating the face at nine different degrees. The test included 100 trials for each scenario, with the results captured in real-time video data. The owner's face recognition accuracy is presented in Table 5, whereas Table 6 provides the results of the intruder's face recognition test. The analysis of the data presented in both Tables provides compelling evidence that the proposed system is capable of accurately identifying the owner and intruder faces at different distances. Particularly, the results indicate that the system can detect faces more accurately when they were in a straight position, facing the left or the right of the CCTV camera at angles of -30^0, -15^0, 0^0, 15^0, and 30^0 degrees, respectively, and at distances ranging up to 10 meters. However, the analysis revealed that the system's accuracy was limited when the distance was beyond 20 meters, and the face angles exceeded 60^0.

Table 5. Accuracy in detecting owner's faces.

Varying face angles from a CCTV camera	Accuracy in percentage of the system recognition under varying distances From a CCTV camera (meters)					
	5		10		20	
	True	False	True	False	True	False
-60°	0	100	0	100	0	100
-45°	82	18	48	52	6	94
-30°	100	0	74	26	14	86
-15°	100	0	98	2	36	64
0°	100	0	100	0	58	42
15°	100	0	95	5	31	69
30°	100	0	68	32	11	89
45°	76	24	41	59	9	91
60°	0	100	0	100	0	100
Avg (%)	**73.10 (T)**		**58.20 (T)**		**18.30 (T)**	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Received: April 1, 2023

Table 6. Accuracy in detecting intruder's faces.

Varying face angles from a CCTV camera	Accuracy in percentage of the system recognition under varying distances From a CCTV camera (meters)					
	5		10		20	
	True	False	True	False	True	False
-60°	0	100	0	100	0	100
-45°	74	26	32	68	3	97
-30°	96	4	68	32	10	90
-15°	100	0	100	0	31	69
0°	100	0	100	0	46	54
15°	100	0	100	0	28	72
30°	92	8	63	37	8	92
45°	69	31	29	71	2	98
60°	0	100	0	100	0	100
Avg (%)	**70.10 (T)**		**54.67 (T)**		**14.20 (T)**	

4.5 Success rate on SMS alerting and image notification delivery

In accordance with the research objectives, this study assessed the effectiveness of the alerting system and its ability to send image notifications through the LINE Application. Specifically, the success rate of the alerting and notification delivery mechanism was evaluated when intruders had been detected.

To evaluate the performance of the proposed surveillance system, a seven-day test period was carried out. During this period, a hundred individuals, selected randomly, were instructed to walk through an area simulating a rice paddy, acting as intruders. Real-time video footage was captured through a CCTV system, and the resulting image data had been put through the proposed surveillance system for analysis. The test results, which include alert messages and image notifications of intruders, were recorded. The findings indicate that the proposed system achieved a success rate exceeding 85%. A detailed summary of the results is presented in Table 7 for reference.

Table 7. Success rate on SMS alerting and image notifications sending out to the owner.

Day of the experiment	SMS & Images notifications delivery when detecting intruders (Times)		Success rate (%)
	Sent	Not sent	
Day 1	92	8	92
Day 2	91	9	90
Day 3	86	14	86
Day 4	83	17	83
Day 5	79	21	79
Day 6	88	12	88
Day 7	90	10	90
Overall success rate percentage on SMS alerting and image notifications delivery			**86.86**

5 Conclusion

This research aimed to develop a supervised machine learning model combining with the Haar-like feature technique for face detection in a rice paddy security system. The proposed system was designed to be cost-effective and suitable for the unique environment of rice paddies in Thailand. The system utilizes a CCTV camera to detect intruders' faces and sends SMS alerts and image notifications through the owner's LINE application. The system demonstrated several capabilities, including accurate identification of intruders' faces, fast and reliable processing speed, and simultaneous detection of multiple intruders' faces. Additionally, the system processed face images in varying brightness and distance ranges. The success rate of the system's notification delivery was evaluated through a seven-day experiment and achieved an average accuracy of 86.86%. Overall, the proposed system demonstrated promising results for intruder surveillance in rice paddy fields and has the potential for wider application in other environments.

References

[1] Yanakittkul and C. Aungvaravong, "A model of farmers intentions towards organic farming: A case study on rice farming in Thailand", *Heliyon*, Vol. 6, No. 1, e03039, 2020.

[2] Polset, C. Boonlaksananusorn, C. Chompoo-Inwai and P. Hengjinda, "Developing the Intelligent Control System Technology for Thai Rice Farm", In: *Proc. of Conf. On International Conference on Computer and Electrical Engineering*, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 530-533, 2018.

[3] S. Polset and C. Chompoo-inwai, "Fast laser Quantity Measurement of Pest Box Imaging Using End-to-End Real Time in Thai Rice Farm", In: *Proc. of International Conf. On Automatic Control Conference (CACS)*, Taiwan, 2021, pp. 1-5.

[4] G. S. Kuaban, P. Czekalski, E. L. Molua and K. Grochla, "An Architectural Framework Proposal for IoT Driven Agriculture", *computer networks*, Vol. 1039, pp. 18–33, 2019.

[5] K. Pandiaraj, K. J. Prakash, K. S. Dhanalakshmi, M. S. Teja, K. P. Kalyan and S. M. Basha, "Autonomous Robot for Field Health Indication and Crop Monitoring System using Artificial Intelligence", In: *Proc. International Conf. On Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)*, Greater Noida, India, pp. 937-942, 2022.

[6] D. Y. Liliana, T. Basaruddin, M. R. Widyanto and I. I. D. Oriza, "High-Level fuzzy linguistic features of facial component for human emotion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Received: April 1, 2023 12

recognition", *Journal of Information and Communication Technology,* Vol. 19, No. 1, pp. 103-129, 2020.

[7] D. Y. Liliana, T. Basaruddin, M.R. Widyanto, and I. I. D. Oriza, "Fuzzy emotion: a natural approach to automatic facial expression recognition from psychological perspective using fuzzy system", In: *Proc. of Cognitive processing,* Vol. 20, pp. 391-403, 2019.

[8] L. Zhang, "Animation Expression Control Based on Facial Region Division", *Hindawi Scientific Program,* https://doi.org/10.1155/2022/5800099, 2022.

[9] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features", In: *Proc. of IEEE Computer Society Conf. On Computer Vision and Pattern Recognition,* USA., pp. 511-518, doi:1109/CVPR.2001.990517.2001.

[10] G. Shakhnarovich, P. A. Viola and B. Moghaddam, "A unified learning framework for real time face detection and classification", In: *Proc. of IEEE International Conf. On Automatic Face Gesture Recognition,* Washington, DC, USA, pp. 16-23, doi:10.1109/AFGR.2002.104124, 2002.

[11] P. Viola, M. Jones and D. Snow, "Detecting pedestrians using patterns of motion and appearance", In: *Proc. of IEEE International Conf. On Computer Vision,* Nice, France, Vol.2, pp. 734-741, doi:10.1109/ICCV.2003.1238422, 2003.

[12] X-Y. Li and Z-X.Lin, "Face Recognition Based on HOG and Fast PCA Algorithm", In: *Proc. of the International Euro-China Confer. On Intelligent Data Analysis and Applications,* pp. 10–21, 2017.

[13] O. A. R. Salim, R. F. Olanrewaju and W. A. Balogun, "Class Attendance Management System Using Face Recognition", In: *Proc. of International Conf. On Computer and Communication Engineering (ICCCE),* Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 93-98, doi:10.1109/ICCE.2018.853274, 2018.

[14] R. Nandhini, N. Duraimurugan, and S. P. Chokkalingam, "Face Recognition Based Attendance System", *International Journal of Engineering and Advanced Technology,* Vol. 8, No. 3S, pp. 574-577, 2019.

[15] K. Seyhan, T. N. Nguyen, S. Akleylek, K. Cengiz and S. H. Islam, "Bi-GISIS KE: Modified key exchange protocol with reusable keys for IoT security". *Journal of Information Security and Applications,* Vol. 58, pp. 1-5, 2021.

[16] T. N. Nguyen, S. Zeadally and A. B. Vuduthala, "Cyber-Physical Cloud Manufacturing Systems With Digital Twins", *IEEE Internet Computing,* Vol. 26, No. 3, pp. 15-21, 2021.

[17] H. Q. Nguyen, T. T. K. Loan, B. D. Mao and E. N. Huh, "Low cost real-time system monitoring using Raspberry Pi", In: *Proc. of IEEE International Conf. On Ubiquitous and Future Networks,* pp. 857-859, 2015.

[18] N. Sabri, M. S. Salim, S. Fouad, S. A. Aljunid, F. T. AL-Dhief and C. B. M. Rashidi, "Design and implementation of an embedded smart intruder surveillance system" In: *Proc. of Malaysia Technical Universities Conf. On Engineering and Technology,* Vol. 150, pp.1-6, 2018.

[19] P. Nagaraj, R. Banala and A. K. Prasad, "Real Time Face Recognition using Effective Supervised Machine Learning Algorithms", *Journal of Physics: Conference Series,* Vol. 1998, No. 1, pp. 012007, 2021.

[20] H. Hatem, Z. Beiji, and R. Majeed, "A survey of feature base methods for human face detection", *International Journal of Control and Automation,* Vol. 8, No. 5, pp. 61-78, 2015.

[21] F. Z. Canal, T. R. Müller, J. C. Matias, G. G. Scotton, A. R. de Sa Junior, E. Pozzebon, and A. C. Sobieranski, "A survey on facial emotion recognition techniques: A state-of-the-art literature review", *Information Sciences,* Vol. 582, pp. 593-617, 2002.

[22] Z. Arya and V. Tiwari, "Automatic face recognition and detection using OpenCV, haar cascade and recognizer for frontal face", *International Journal of Engineering Research and Applications,* Vol. 10, No. 6, pp. 13-19, 2020.

[23] A. Singh, H. Herunde and F. Furtado, "Modified Haar-cascade model for face detection issues", *International journal of research in industrial engineering,* Vol. 9, No. 2, pp. 143-171, 2020.

[24] L. Cuimei, Q. Zhiliang, J. Nan, and W. Jianhua, Human face detection algorithm via Haar cascade classifier combined with three additional classifiers. In: *Proc. of IEEE International Conf. On Electronic Measurement & Instruments,* pp. 483-487, 2017.

[25] R. A. Ancheta, F. C. Reyes, J. A. Caliwag and R. E. Castillo, "FEDSecurity: implementation of computer vision thru face and eye detection", *International Journal of Machine Learning and Computing,* Vol. 8, No. 6, pp. 619-624, 2018.

[26] T. George, S. P. Potty and S. Jose, "Smile detection from still images using KNN algorithm", In: *Proc. of IEEE International Conf. On Control, Instrumentation and Computational Technology,* pp. 461-465, 2014.

[27] B. Mitra, K. Sharma, S. Acharya, P. Mishra, and A. Guglani, "Real-time Smile Detection using Integrated ML Model", In: *Proc. of IEEE*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Conf. On Intelligent Computing and Control Systems, pp. 1374-1381, 2022.

[28] T. -Y. Hsieh, P. -X. Wu and C. -C. Cheng, "On Classification of Acceptable Images for Reliable Artificial Intelligence Systems: A Case Study on Pedestrian Detection", In: *Proc. of IEEE VLSI Test Symposium,* San Diego, USA, pp. 1-6, 2020.

[29] J. P. Mueller, *Beginning Programming with Python*, Vol. 2, Canada, 2018.

[30] A. Kaehler and G. Bradski, *Learning OpenCV 3 COMPUTER VISION IN C++ WITH THE OPENCV LIBRARY,* Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA, USA, 2017.

[31] H. Singh, *Practical Machine Learning and Image Processing,* Allahabad, Uttar Pradesh, India, 2019.

[32] C. Rahmad, R. A. Asmara, D. R.H. Putra, I. Dharma, H. Darmono and I. Muhiqqin, "Comparison of Viola-Jones Haar Cascade classifier and histogram of oriented gradients (HOG) for face detection" In: *Proc. of IOP conf. On series: materials science and engineering,* Vol. 732, No. 1, pp. 012038, 2020.

[33] R. F. Rahmat, Y. Azzakirot and T. Z. Lini, "Tree Identification to Calculate the Amount of Palm Trees using Haar-Cascade Classifier Algorithm", In: *Proc. of International Conf. On Electrical, Telecommunication and Computer Engineering,* Medan, Indonesia, pp. 36-39, 2019.

[34] P. Apoorva, H. C. Impana, S. L. Siri, M. R. Varshitha and B. Ramesh, "Automated Criminal Identification by Face Recognition using Open Computer Vision Classifiers", In: *Proc. of IEEE International Conf. On Computing Methodologies and Communication,* Erode, India, pp. 775-778, 2019.

[35] E. Lee, K. Kwon, S. Kim and S. Park, "Development of CCTV Stream Annotation Tool for Preparing Office Occupancy Learning Dataset" In: *Proc: of IEEE International Conf. On Information and Communication Technology Convergence,* Jeju Island, Korea, pp. 1856-1858, 2021.

[36] P. Viola, and M. Jones, "Robust real-time face detection", *International Journal of Computer Vision,* Vol. 57, No. 2, pp. 137-154, 2004.

[37] J. Huang, Y. Shang and H. Chen, "Improved Viola-Jones face detection algorithm based on HoloLens", *Journal on Image and Video Processing,* Vol. 1, pp. 1-11, 2019.

[38] A. Latif, A. Rasheed, U. Sajid, J. Ahmed, N. Ali, N. I. Ratyal, B. Zafar, S. H. Dar, M. Sajid and T. Khalil, "Content-based image retrieval and feature extraction: a comprehensive review", *Mathematical problems in engineering,* Vol 2019.

[39] T. Liu et al., "A Multiscale Wavelet Kernel Regularization-Based Feature Extraction Method for Electronic Nose", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, Vol. 52, No. 11, pp. 7078-7089, 2022.

[40] M. Khan, S. Chakraborty, R. Astya and S. Khepra, "Face Detection and Recognition Using OpenCV", In: *Proc. of International Conf. On Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS),* Greater Noida, India, 2019, pp. 116-119.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WORLD ACADEMY OF SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY

www.waset.org

WORLD ACADEMY OF SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY

ICCEE 2018 : 20th International Conference on Computer and Electrical Engineering

ICCEE 2018

February 12-13 2018, Kuala Lumpur, Malaysia

Conference Information and Registration
http://waset.org/conferences/2018/02/kuala-lumpur/ICCEE

CALL FOR PAPERS

The ICCEE 2018 : 20th International Conference on Computer and Electrical Engineering is the premier interdisciplinary forum for the presentation of new advances and research results in the fields of Computer and Electrical Engineering. The conference will bring together leading academic scientists, researchers and scholars in the domain of interest from around the world. Topics of interest for submission include, but are not limited to:

- Computer and Electrical Engineering
- Computer Science and Engineering
- Computer Vision, Graphics and Intelligence
- Computational and Artificial Intelligence
- Computer Vision
- Pattern Analysis and Recognition
- Computer Graphics and Virtual Reality
- Human-Computer Interaction
- Simulation and Modeling
- Natural Language Understanding
- Networks and Systems
- Computer networks
- Parallel and Distributed Computing
- Computer Architecture
- Operating Systems
- Security and Cryptography
- Mobile computing
- Reconfigurable computing systems
- Sensor networks
- Embedded systems
- Data Management
- Databases
- Information Retrieval
- Web Data Management
- Web Information Systems
- Multimedia DB's
- Mining Data, Text, and the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WASET
Excellence in Research and Innovation for Humanity

Kuala Lumpur Malaysia Feb 12-13, 2018, 20 (2) Part V

Title (A-Z)	Page No
A Genre Analysis of University Lectures *Lee Kok Yueh, Fatin Hamadah Rahman, David Hassell, Au Thien Wan*	482
A Self-Adaptive Stimulus Artifacts Removal Approach for Electrical Stimulation Based Muscle Rehabilitation *Yinjun Tu, Qiang Fang, Glenn I. Matthews, Shuenn-Yuh Lee*	577
Active Transmitted Noise Control for the Openings of Acoustic Enclosures *C. Hong, J. M. Ku, W. B. Jeong*	505
Adsorption of Cadmium and Nickel from Aqueous Environment by Natural and Modified Bentonite *H. Merrikhpour, L. Tapak, Z. Maryanaji*	675
Age-Specific Bacteriological Profile of Pediatric Septicemia: A Population-Based Study *Sara Shahmoradi, Seyyed Shahin Eftekhari, Shervin Rashidinia, Mohammad Saleh Sadeghi, Mohsen Talebizadeh*	617
Alexandrium pacificum Cysts Distribution in One North African Lagoon Ecosystem *M. Fertouna Bellakhal, M. Bellakhal, A. Dhib, A. Fathalli, S. Turki, L. Aleya*	669
An Assessment of Airport Collaborative Decision-Making System Using Predictive Maintenance *Faruk Aras, Melih Inal, Tansel Cinar*	633
An Integrated Architecture of E-Learning System to Digitize the Learning Method *M. Touhidul Islam Sarker, Mohammad Abul Kashem*	602
Analysis of Cheating Activities Congregating Students in Achieving High Gpa Case Study Case: Students Department of Economics Department of Economic Development *Muhammad Ilham Ramadhani*	670
Annual Air Temperature Change Characteristics in the Hamedan Region of Iran *Z. Maryanaji, L. Tapak, H. Merrikhpour*	671
Anti-Angiogenic Effects of the Macrovipera lebetina obtusa Snake Crude Venom and Obtustatin *Narine Ghazaryan, Joana Catarina Macedo, Sara Vaz, Naira Ayvazyan, Elsa Logarinho*	470
Antihyperglycaemic and Antihyperlipidemic Activities of Pleiogynium timorense Seeds and Identification of Bioactive Compounds *Ataa A. Said, Elsayed A. Abuotabl, Gehan F. Abdel Raoof, Khaled Y. Mohamed*	549
Ba'i Tawarruq and Its Implications in Islamic Banking System *Atiq Ul Haq, Tallat Hussain*	685
BB-Graph: A Branch and Bound Subgraph Isomorphism Algorithm for Efficiently Querying Big Graph Databases *Merve Asiler, Adnan Yazici*	570
Best-Performing Color Space for Land-Sea Segmentation Using Wavelet Transform Color-Texture Features and Fusion of over Segmentation *Seynabou Toure, Oumar Diop, Kidiyo Kpalma, Amadou S. Maiga*	628
Bioactivities and Phytochemical Studies of Acrocarpus fraxinifolius Bark Wight and Arn *H. M. El-Rafie, A. H. Abou Zeid, R. S. Mohammed, A. A. Sleem*	472
Cadaver Free Fatty Acid Distribution Associated with Burial in Mangrove and Oil Palm Plantation Soils under Tropical Climate *Siti Sofo Ismail, Siti Noraina Wahida Mohd Alwi, Mohamad Hafiz Ameran, Masrudin M. Yusoff*	668
Carbon Stored and Carbon Dioxide Emission of Kenaf Fiber Utilization into Biocomposite Applications *Hamdon A. Abdelrhman, M. T. Paridah Heba A. Noureldeen*	648
Characterization of the GntR Family Transcriptional Regulator Rv0792c: A Potential Drug Target for Mycobacterium tuberculosis *Thanusha D. Abeywickrama, Inoka C. Perera, Genji Kurisu*	468
Children Moral Development in the 21th Century Technology Era in Mandalamekar Village *Ann Margareth, Arkav Julandri, Zaenal Abidin, Muhammad Furqon*	607
Cognition of Driving Context for Driving Assistance *Manolo Dulva Hina, Clement Thierry, Assia Soukane, Amar Ramdane-Cherif*	519
Comparative Evaluation of Pentazocine and Tramadol as Pre-Emptive Analgesics for Ovariohysterectomy in Female Dogs *Venkatgiri, Ranganath, L. Nagaraja, B. N. Sagar Pandav, S. M. Usturge, D. Dilipkumar, B. V. Shivprakash, B. Bhagwanthappa, D. Jahangir*	694
Comparison of Petrophysical Relationship for Soil Water Content Estimation at Peat Soil Area Using GPR Common-Offset Measurements *Nurul Izzati Abd Karim, Samira Albati Kamaruddin, Rozaimi Che Hasan*	642
Constraining Bank Risk: International Evidence on the Role of Bank Capital and Charter Value *Mamiza Haq*	646
Conventional and Islamic Perspective in Accounting: Potential for Alternative Reporting Framework *Shibly Abdullah*	478
Cumulative Information in Precision Medicine Alters the Migraine to Cluster Headache *Yong-Won Shin, Man Ho Kim*	658
Design, Development and Characterization of Pioglitazone Transdermal Drug Delivery System *Dwarakanadha Reddy Peram, D. Swarnalatha, C. Gopinath*	635
Determining Customers' Selection of Islamic Banks in Indonesia: The Impact of Expressed and Perceived Religiosity, and Financial Performance *Namira Samir, Mehmet Asutay*	712
Developing Indoor Enhanced Bio Composite Vertical Smart Farming System for Climbing Food Plant *S. Mokhtar, R. Ibrahim, K. Abdan, A. Rashidi*	667
Developing the Intelligent Control System Technology for Thai Rice Farm *P. Siriwan, B. Chanin, C. Chow, H. Pisith*	530
Diagnostic Value of Hematologic and Inflammatory Profile in Adjunction to Blood Culture; Inevitable Predictive Value of Hematologic Parameters in Patients Suspected to Septicemia *Shervin Rashidinia, Sara Shahmoradi, Seyyed Shahin Eftekhari, Mohsen Talebizadeh, Mohammad Saleh Sadeghi*	622
E-Learning in Promoting Community Health: Case Study of Nutrition Education in a Rural Community in Taiwan *Ching-Ju Chiu*	469
Ecotourism in Nigeria: The Okomu National Park Context *Omolola Oluwakemi Ajayi, Jonathan Odafe Eveso*	583
Effect of Melatonin on Seed Germination and Seedling Growth of Catharanthus roseus under Cadmium Stress *Rayhaneh Amooaghaie, Masoomeh Nabaei*	707
Effect on the Performance of the Nano-Particulate Graphite Lubricant in the Turning of AISI 1040 Steel under Variable Machining Conditions *S. Srikiran, Dharmala Venkata Padmaja, P. N. L. Pavani, R. Pola Rao, K. Ramji*	688
Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Potential of Rutin in Cheddar Cheese *Haroon Jamshaid Qazi, Namrah Wahid, Sanaullah Iqbal, Raheel Suleman*	599
Explaining E-Banking Adoption in Developing Countries *Muneer Abbad*	713
Extremely Large Tricuspid Vegetation in an Intravenous Drug User	618

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kuala Lumpur Malaysia Feb 12-13, 2018, 20 (2) Part V

Developing the Intelligent Control System Technology for Thai Rice Farm

P. Siriwan, B. Chanin, C. Chow, H. Pisith

Abstract**—**The purpose of this study was to develop an intelligent control system for Thai rice field. This development of automatic control system is to help farmers who grow rice in Thailand and to analyze the weather so that they can have better and more harvest. The researchers have been studying at the rice field at the Supanburi province. The rice field was 3.2acres. The problems of growing rice found as follows 1) Natural disasters before the harvest of rice 2) Flooding in rice field will destroy rice in the field 3) There are rice smugglers so the rice field owners need to watch over their fields 24 hour. This research is to develop the intelligent control system for Thai rice field so that Thai farmers can check the report through the website Netpie and online applications on their smartphones. The development has been embedded through the intelligent control system using sensors to forecast temperature and humidity. When the level of moisture has reached to 100%, the intelligent control system will send a message to alert the weather that it might rain. When the moisture level has reached to 60% the intelligent control system will send the messages to alert that it might be too arid and that it is getting close to winter season. When the level moisture has reached to more than 60%, the intelligent control system technology will send the message to alert that it might getting hot. The message that sent to the smart phone is operated by LINE application and it will help Thai rice farmers to be able will be growing and harvest rice in a better way. The intelligent control system can also be able to measure the level of water in rice farm when the water getting higher than 1foot the system will alert the water pump to take water out of the rice farm. The intelligent control system also be able to detect if there are people around the rice field from 7-10 meters at night time by siren sound so that will have been protecting theft before harvest. The result of this research from the last 3months from using this system showed that the system has been very reliable with 90% stability which is a great result so this system can be used for Thai rice farmers and they do not need to stay up late all night watching their rice farm. All they have to do is just check their farms through the intelligent control system.

Keywords**—**Smart rice farm, wireless sensor networks, embedded system, control automation system.

I. INTRODUCTION

Nowaday, the intelligent control system technology has increased dramatically in Thailand even in agricultural industry such as weather forecast, soil predicament [1], cultivate control and also production control and distribution.

F. P. Siriwan is with the Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang(KMITL), Bangkok, Thailand 10520 (phone: +668-380-55500; cheesecake2529@gmail.com).

S. B. Chanin is Associate Professor Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang(KMITL), Bangkok, Thailand 10520

T. C. Chow is Assistant Professor with the Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang(KMITL), Bangkok, Thailand 10520, (chompooc@gmail.com)

F. H. Pisith is with the Faculty of Engineering and Industrial Technology, Phetchaburi Rajabhat University (PBRU), Phetchaburi 7600, (ton_keepwalking@hotmail.com)

For weather forecast, the intelligent control system technology can predict natural disaster such as flooding the report on the conditions of the soil [2], control the cultivation. To control the production and The weather report section. It can be said that the natural disaster is the cause of the flood in that area. This research was conducted to develop a check on the weather. The rice field is an area of 3.2 acres. The areais located in Tambon Nang Boon Ngan. Suphanburi Province The area was originally it. Farmers in this area have checked the weather. And check the water level with the eyes, which is a check from the folk wisdom, farmers farmers lack of natural disaster monitoring. In the past, farmers in these areas have encountered the following problems:

- Flooded rice paddies damaged rice fields.
- Natural Disaster before Rice Harvest.
- There are intruders at the dawn to destroy crops in the rice fields.

According to these problems, researchers have developed intelligent control systems for Thai rice fields [3]. It emphasizes the development of low-cost systems to enable farmers, rice farmers to study new technologies. This research was developed by the brain system to control the report "Internet recording and automatic response". This reporting and interpreting service is developed to be able to check through websites and applications on mobile phones. Rice farmers can check at any time with the Internet. This allows farmers to learn how to use current technology to benefit or apply to the rice farmers.

II. THE PURPOSE OF THE RESEARCH

To study and develop the intelligent control system for rice paddle field, Thailand. Study area is 3.2 acre at Nang Buach sub-district, Doem Bang Nang Buach district, Suphanburi province.

III. THE DESIGN OF WORK SYSTEMS

This research has designed the working systems by sequence of operation from 1 to 6 parts as figure 1 andworks as follows:

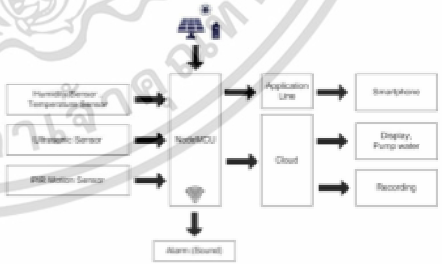


Fig. 1The system design work

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kuala Lumpur Malaysia Feb 12-13, 2018, 20 (2) Part V

System design of work by the work 6 parts as fig. 1

A. Solar System

Part of the solar system can choose to install solar cell size with 12volt.10 watts. To charge the battery size 12volt 6ampere for power supply to equipment of intelligent control system for Thai paddy rice field and to install to rice field area.

B.Sensor

The sensor of this system is a part for receiving the duty field 3.2 acres. To the side of the computer system processor received from sensors, which have sensors as such.

- The weather sensors will detect humidity and temperature to get the information and send to the AI pod system as data transmission processor display font and graphics on the Internet [4].
- The ultrasonic sensor is measuring by ultrasonic wave which is used to measure the distance between the object comes across the front sensor. Applied to measurement of water level in the paddy fields. To get the information and send the information to the computer system processor sends the data display font format, the Internet [5].
- the movement sensor is a movement sensor relying on the principle that the creatures will release the infrared rays. This sensor detects the infrared rays incident on the sensor in. And the signal into digital. The applied to detect visitors at night.

C. Intelligent Embedded Systems (NodeMCU).

The processing system is the development NodeMCU AI flammable serves data from sensors [7], temperature, humidity sensor ultrasonic to measure the water level in the paddy fields [8]. And the sensor movement. Then the process performance data from various sensors to send data to model and voice applications online (LINE) and sends the data to Cloud. On the website, can save data from weather and collect data to Cloud [9].

D. Online Applications (LINE)

Online Applications (LINE) when the reading from the sensors is processed at the AI system. The display format humidity and temperature every 30 minutes[10].

E. Cloud

Sectors of Cloud or NETPIE stands for Network Platform for Internet of Everything is available to connect and exchange information between devices [11]. you (Platform as a Service) and can record data from temperature sensors and humidity.

F. Display

Sectors of display are divided into sub-sections is:

- Display Format smart phone via the Application Line (LINE) send an alert message every 30 minutes
- Display which are updated every 10 minutes to check on www.netpie.io/freeboard
- Recording keeps the temperature and humidity variations by Statistics 3 months to check on. www.netpie.io/feed [12].
- Alarm sound the function display formats sirens when motion sensors detect when a person went through during the night at a distance of 4-7 meters

The pump is working as the page layout rendering pumping - when it received the ordered from the Embedded Systems (Node MCU).

IV. CIRCUIT DESIGN WORK AND WORK.

A. Equipment and software that choose to use

Functional test to select equipment and software to suit the paddy fields with details as shown in table 1 and 2.

TABLE I

EQUIPMENT USAGE AND THE OPTIMUM USE

Equipments	Appropriate operational
NodeMCU (ESP12-E)	The system board can write a program to control the use of the sensor. The board the chip wireless LAN (WiFi) the digital port 9 port (D0–D8) port analog 1 port (A0).
Sensor DHT22/AM2302	The sensors measure temperature, humidity, air pressure in size from 3.3to 6volts signals to digital format. Also measures humidity range 0-100%and a temperature measurement range -40 – 80 degrees Celsius.
Ultra-sonic sensor (HC-SR04)	Ultra-sonic sensor (HC-SR04) working measure 2cm. -4 meters can adjust the distance of the variable resistor. Use fire 5volt. An infrared light is disturbed easily.
The sensor detects movement. (AMN31112)	Numbers AMN31112 sensor can detect movement of organisms within a range of 7meters and 1meter at night and in the daytime. The digital output signal
5volts relay	Electronic switch without a contact can take orders from the AI system.
Alarm Sound	A siren sound pressure 12 volt Display automatically when the sensors detect the motion work.
Pump	Pump (sample size) in Research for example, pump a small DC voltage of 6 V was conducted by the Embedded Systems (NodeMCU) automatically.

TABLE II

SOFTWARE LICENSING AND FAIR USE

Software	The proper used
Arduino IDE	Programming language C + + programming on Arduino IDE by uploading the program onto NodeMCU board.
Cloud orNETPIE	NETPIE (Network Platform for Internet of Everything). Service data connection and exchange data between devices on the Internet (IoT will display the temperature - humidity in the air. Water level commands to pump the automated control switch for opening and closing the pump used both on the site and smartphone can read up and manage the data collection from the sensor function as storage box.

B. Power supply

The power supply consists of solar cells 10watts, connect to the controller (Solar Charge Controller) and a battery charging system 12volt because AI side (NodeMCU). The sensor used in this research and pressure 5volts must bring Regulator reduces the pressure of 12 volt. left 5volt as work figure 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

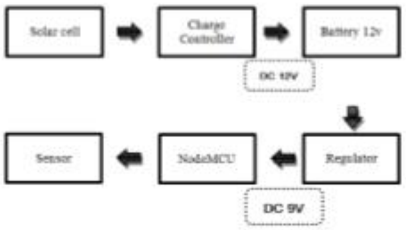


Fig.2 DC power supply 5 volts

C. Circuit design work

From the design of system functions as the picture that 1The circuit design work. The system computer side (NodeMCU). A parts processing as figure 3.

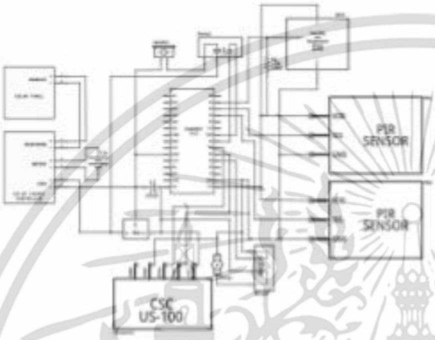


Fig. 3 Circuit design work

The research has decided this circuit works as figure 3 be parts of a main system Embedded (NodeMCU) is the main processing circuit receives the values from the sensor through the port, a digital processor with Embedded. (NodeMCU) signal formats wireless LAN (wifi) and the display automatically [13].

Fig.4 Testing and installation of paddy.

Install and test the installation of a 3.2acre paddy area to study and test the performance of the work. And compare with a meter to measure water levels, weather conditions and traditional farmers [14].

D. Display sector

The display format is platform (NETPIE) as a platform to collect data on Cloud which makes it easy to connect to the device. Together, simple and easy. Without any complexity in devices connected brain (NodeMCU), and the sensor side by platform (NETPIE). A Crown for developers or users of platform (NETPIE) [15]. Can be displayed on computers and Smart phones.

Fig. 5 The platform forms NETPIE

Fig.6Shows a form letter.

Fig.7shows the moisture storage format.

Fig.8shows the temperature variation data

Fig. 9The notification via the Line application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V. Result

A. Result Humidity

The moisture sensor readings to compare measurement devices (conventional) with automatic measurement system. Humidity (%)

TABLE III
THE HUMIDITY READING.

No.	Humidity sensors	Humidity display
1	20%	22%
2	25%	25%
3	24%	23%
4	26%	25%
5	23%	22%
6	25%	26%
7	27%	27%

B. Result Temperature

comparison of temperature sensor readout devices (conventional) with automatic measurement system.
Temperature(^{0}C)

TABLE IV
THE TEMPERATURE READING ON THE AIR.

No.	Temperatures	Temperature sensor display
1	30 C°	30 C°
2	35 C°	35 C°
3	38 C°	37 C°
4	32 C°	33 C°
5	29 C°	30 C°
6	37 C°	35 C°
7	34 C°	34 C°

C. Result Water level meter

Water level meter reading device (original) compared with measurement automation. The water level, low water level, medium water level and overflow water level.

TABLE V
READING THE WATER LEVEL IN THE PADDY FIELDS.

No.	Water Level	Water level sensor display
1	overflow water level	overflow water level
2	medium water level	medium water level
3	medium water level	medium water level
4	low water level	low water level
5	medium water level	medium water level
6	medium water level	medium water level
7	low water level	low water level

D. Conclusion detect intruders at night unattended

TABLE VI
ACCURACY OF THE SYSTEM TO DETECT INTRUDERS.

No.	Functional status	Precision
1	Moving	✓
2	Moving	✓
3	Not moving	✓
4	Moving	✓
5	Not moving	✓
6	Moving	✓
7	Moving	✓

VI. Conclusion

Embedded Systems Technology developed for the computer system the automatic control equipment has rendered through the website or smart phone. This technology will help save time in watching rice paddy field of farmers and help prepare surveillance disasters that may occur in the future. The farmers need help in various stages between the rice until harvest and advice should be given at the appropriate time.

VII. Acknowledgement

The article, this research can be performed successfully with the help of the great Associate Professor Dr.Chanin Boonlachanusorn, Themain thesis advisor and assistant professor Dr. ChowChompoo-Inwai,thesis advisor which they give advices in many ways, the methodology of the research and consulting in historiography research article. The research accomplished well. Therefore, I would like to thank you very much.

References

[1] P. Ratanan, "Lingzhi Mushroom Farm." Faculty of AgriculturalProduction, Maejo University, 2012, pp.1-8.
[2] L.Wei, and Z. Gao, "Study on IOT based Architecture of logisticsservice supply chain." International Journal of Grid and Distributed Computing7.1, pp.169-178, 2014.
[3] X. L. Xu, et al, "Intelligent fault prediction system based on internet of things."Computersand Mathematics with Application, vol.64, pp.833-839,2012.
[4] I. Golpour, R. Amiri Chayjan, J.Amiri Parian, and J. Khazaei, "Prediction of paddy moisture content during thin layer drying using machine vision and artificial neural networks," J. Agr. Sci. Teach.,2015, vol. 17, pp. 287-298
[5] S. Reza, S. Tariq, and S. Reza, "Microcontroller based automated water level sensing and controlling: design and implementation issue," Proc. World Congr. Eng. Comput. Sci., vol. I, 2010, WCECS 2010, October 20-22, 2010, San Francisco, USA
[6] P. Xiaohong, M. Zhi, and L. Riyao, "Traffic Signal Control for Urban Trunk Road Based on Wireless Sensor Network and Intelligent Algorithm," Int. J. Smart Sens. Intell. Syst., vol. 6, no. 1, pp. 352–367, 2013.
[7] GitHub, "NodeMCU,"https://github.com/nodemcu(access on 3/07/2017)
[8] Jay P. Sipani, Riki H. Patel, Trushit Upadhyaya, "IoT Based Monitoring Temperature and Humidity", World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol:11, No:9, 2017
[9] NECTEC."NETPIE:InternetofThings,"https://www.nectec.or.th/innovation/innovatin-software/netpie.html (access on 3/07/2017)
[10] LINE Developers, "Documents: Messaging API," http://develops.line.me/messaging-api/overview (access on 3/07/2017)
[11] GitBook, "NETPEE FEED: How to retrieve information fromFEED,"https://netpie.gitbooks.io/netpiefeed/content/feed.htm. (access on 3/07/2017)
[12] GitBook,"NETPIEFREEBOARD,"https://github.com/netpieio/netpie-freeboard.(access on 3/07/2017)
[13] Samuel John, S. Sharanya, "Comfort Sensor Using Fuzzy Logic and Arduino", World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Computer and Information Engineering, Vol:9, No:10, 2015
[14] ASTV Manager Online, "Green Innovation Energy savings,"http://www.manager.co.th/iBizChannel/ViewNews.aspx?NewsID=95700001193.(access on 3/07/2017)
[15] GitBook,"NETPIEFEED,"https://netpie.gitbooks.io/netpie-feed/content/5html. (access on 3/07/2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2021 International Automatic Control Conference (CACS 2021)

Chiayi, Taiwan
3 – 6 November 2021

IEEE

IEEE Catalog Number: CFP2123V-POD
ISBN: 978-1-6654-4413-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Copyright © 2021 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
All Rights Reserved

Copyright and Reprint Permissions: Abstracting is permitted with credit to the source. Libraries are permitted to photocopy beyond the limit of U.S. copyright law for private use of patrons those articles in this volume that carry a code at the bottom of the first page, provided the per-copy fee indicated in the code is paid through Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923.

For other copying, reprint or republication permission, write to IEEE Copyrights Manager, IEEE Service Center, 445 Hoes Lane, Piscataway, NJ 08854. All rights reserved.

****** This is a print representation of what appears in the IEEE Digital Library. Some format issues inherent in the e-media version may also appear in this print version.***

IEEE Catalog Number: CFP2123V-POD
ISBN (Print-On-Demand): 978-1-6654-4413-2
ISBN (Online): 978-1-6654-4412-5

Additional Copies of This Publication Are Available From:

Curran Associates, Inc
57 Morehouse Lane
Red Hook, NY 12571 USA
Phone: (845) 758-0400
Fax: (845) 758-2633
E-mail: curran@proceedings.com
Web: www.proceedings.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE OF CONTENTS

A MULTI-AGENT REINFORCEMENT LEARNING BASED OFFLOADING STRATEGY FOR MULTI-ACCESS EDGE COMPUTING 1
Li Ma; Haobin Shi; Jingchen Li; Kao-Shing Hwang

MOTION PLANNING OF AUTONOMOUS VEHICLE FOR ILLEGAL PARKED VEHICLES AT NO PARKING AREA 6
Tsung-Ming Hsu; Cheng-Hsien Wang; Hsiang-Chieh Hsu; Chia-Han Chiang; Yu-Rui Chen

ATTITUDE CONTROL OF QUADROTOR UAVS USING SPECIAL ORTHOGONAL GROUP SO(3) AND GAUSSIAN ERROR FUNCTION 11
Po-Hsiang Chiang; Jen-Te Yu

ATTITUDE CONTROL DESIGN OF QUADROTORS BASED ON SO(3) WITH PARAMETER SELECTION VIA A TRACE-DETERMINANT DIAGRAM 16
Chi-Sheng Wang; Jen-Te Yu

MIXED-INITIATIVE APPROACHES IN THE DESIGN OF A TRUSTED SHIFT OF COORDINATION FORMS IN AIR OPERATIONS: SUPPORTING COLLABORATION TO HANDLE LOYAL WINGMEN 21
Stensrud Rune; Sigmund Valaker

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MULTI-MODE SCANNING ATOMIC FORCE MICROSCOPE 27
Jim-Wei Wu; Jui-Tse Weng; Shao-An Chao; Wen-Shan Cen; Yuan-Chih Peng

A PATH FOLLOWER THAT ADJUSTS ITS COMMAND TO MEET THE LIMIT OF ACCELERATION MARGIN 33
Chien-Hung Yu; Yi-Zhao Chen

AN ATTITUDE CONTROL DESIGN OF QUADROTORS BASED ON GAUSS ERROR FUNCTION WITH SO(3) AS ATTITUDE REPRESENTATION 39
Yueh-Hsun Wang; Jen-Te Yu

MODELLING OF THE HUMAN MIDDLE EAR VIA THE PORT HAMILTONIAN APPROACH 43
Milka C. I. Madahana; Mohlalakoma Ngwako; Otis O. T. Nyandoro; John E. D. Ekoru

COMBINED PREDICTIVE FEEDFORWARD AND FEEDBACK CONTROL FOR BLADE PITCH OF WIND TURBINE 49
Cheng-Kuo Chang; Shi-Guang Zheng

DEEP Q-NETWORK BASED TRACKING AND SLOPE CLIMBING CONTROLLER DESIGN OF MOBILE ROBOT AND FLATBED VEHICLE 55
Kuan-Yu Chou; Yu-Ting Chen; Shi-Lin Ho; Jing-Kai Lin; Yon-Ping Chen

TRAJECTORY TRACKING CONTROL FOR A NONLINEAR SYSTEM VIA A TIME-VARYING ISS-TCLF AND DISTURBANCE OBSERVER 60
Takehiro Kanamori; Hisakazu Nakamura

DEPTH STATIC HAND GESTURE RECOGNITION 66
Yao-Mao Cheng; Jyun-Wei Huang; Chi-Yu Sung; Bo-Wei Li; Yu-Chieh Chen; Shih-Hung Yang; Yon-Ping Chen

DYNAMIC TASK ALLOCATION AND PATHFINDING UNDER PRECEDENCE AND TEMPORAL CONSTRAINTS 70
C. Y. Ng; Y. W. Yeh; W. C. Wang; R. Chen

APPLICATION OF INVERSE GAUSS ERROR FUNCTION TO ATTITUDE CONTROL OF QUADROTOR 75
Zhong-Yuan Jiang; Jen-Te Yu

A METHOD OF ANTI-LOCK BRAKING SYSTEM FOR HIGHER BRAKING STABILITY OF A THREE-WHEELED MOTORCYCLE 79
Jia-Le Wei; Tsung-Hua Hsu; Yan-Xiang Zhang; Shih-Jung Ho; Chih-Jung Yeh

ANALYSIS OF EQUILIBRIUM POINT AND GENETIC ALGORITHM DESIGN OF OBSERVER-BASED PID CONTROLLER FOR MEMBRANE BIOREACTOR 85
Yanita Changsila; David Banjerdpongchai

OPTIMIZATION OF ROUTING PROBABILITIES THROUGH THE QUEUEING NETWORK 91
Shih-Cheng Horng; Shieh-Shing Lin; Yu-Hong Zhang

OPTIMAL WORK-IN-PROCESS INVENTORY OF PULL TYPE MANUFACTURING SYSTEM 96
Shih-Cheng Horng; Shieh-Shing Lin; Qi-Sheng Li

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIMULTANEOUS ON-LINE ESTIMATION OF MODEL PARAMETERS AND THE WEARER'S JOINT TORQUE OF EXOSKELETONS 101
Tesheng Hsiao; Chengyu Tsai; Hau-Shiue Juang
A STUDY ON SIMULTANEOUS VERTICAL AND LATERAL TRANSLATION MODE FOR HOVERING TILT ROTOR AIRCRAFT 107
Yasuhiro Osa; Kosuke Sakamoto; Shigeru Uchikado
APPLICATION OF OSCILLATOR DYNAMICS FOR DEVIATED PURSUIT FORMATIONS: PRELIMINARY RESULTS 113
Karthi Ramachandran; Jyh-Ching Juang
MOVING OBSTACLE AVOIDANCE OF ELECTRIC WHEELCHAIR BY ESTIMATING VELOCITY OF POINT CLOUD 119
Jun Matsuura; Hisakazu Nakamura
DIAGNOSTIC SYSTEM AND SYSTEM FAILURE PROTECTION FOR AUTONOMOUS VEHICLE BASED ON DRIVING PATH AND VISUAL INFORMATION 125
Yu-Ting Lin; Chi-Chun Yao; Bo-Han Lin
POLYNOMIAL DESCRIPTION FOR NONLINEAR TIME-VARYING SYSTEMS 130
Cheung-Chieh Ku; Wen-Jer Chang; Shao-Hao Jian
GAIT PLANNING AND CONTROL OF A BIPED ROBOT WITH WALKING PATTERN GENERATOR AND AUXILIARY ZMP 136
Yi-Chen Wu; Han-Wei Lin; Ming-Tzu Ho
AUTOMATIC IMAGE SEGMENTATION AND COBB MEASUREMENT OF SPINE BASE ON U-NET 144
Zimin Wang; Junyan Qin; Xia Li; Zehua He
NONPARAMETRIC SUPERVISED LEARNING FOR ENHANCING BCI PERFORMANCE 150
Pei-Lun Wu; Cory Stevenson; Li-Wei Ko
KINEMATIC MODELLING OF SOUTH POINTING CHARIOT SYSTEM USING BLOCK DIAGRAM APPROACH 156
Tzu-Hao Huang; R. B. S. V. Siva Kumar; Chinweze U. Ubadigha; Mi-Ching Tsai
MANDARIN TONE RECOGNITION FROM BRAIN DYNAMICS 161
Shiau-Ru Yang; Chin-Teng Lin; Tzyy-Ping Jung; Li-Chun Wang
FAST LASER QUANTITY MEASUREMENT OF PEST BOX IMAGING USING END-TO-END REAL TIME IN THAI RICE FARM 166
Siriwan Polset; Chow Chompoo-Inwai
CLASSIFYING MOTOR PREPARATION AND EXECUTION OF THE LEFT AND THE RIGHT LOWER LIMB USING BRAIN NETWORK FEATURES 171
Kai-Hsiang Su; Chun-Ren Phang; Li-Wei Ko
STUDY OF AUTNOMOUS POND EXCAVATION IN REAL ENVIRONMENT 177
Tanakrit Lertcomepeesin; Pakawat Khuntapoom; Siwakorn Boonchatsuriya; Somporn Peansukmanee; Chettapong Janya-Anurak
REDUCING THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF MANUFACTURING BY MEANS OF ALTERNATIVE PROCESSES – A MATERIAL EFFICIENCY ANALYSIS 183
Melania Tera; Radu E. Breaz; Sever G. Racz; Mihai Crenganis; Claudia E. Gîrjob
COVID-19-RELATED VERSUS NON-VIRAL ACUTE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME: COMPARISON OF UPPER AIRWAY MOLECULAR PATHWAY AND DRUG DISCOVERY DESIGN BASED ON SYSTEMS BIOLOGY AND DEEP LEARNING METHODS 188
Ching-Tse Ting; Shan-Ju Yeh; Bor-Sen Chen
COMPARISON OF DEEP LEARNING ALGORITHMS ON DEFECT DETECTION ON METAL LAPTOP CASES 195
Hsien-I Lin; Rupa Rohidas Landge
ROBUST RAIM AND FDI SCHEMES OF GPS/UWB POSITIONING RECEIVER 200
Kuan-Ying Huang; Jyh-Ching Juang; Yung-Fu Tsai; Chen-Tsung Lin
OBSERVER-BASED SECURE COMMUNICATION OF CHAOTIC SYSTEMS 205
Cheng-Fa Cheng; Bing-Jun Zhang
ROBUST FINITE-TIME OBSERVATION SCHEMES DESIGN FOR UNCERTAIN NEUTRAL SYSTEMS 210
Cheng-Fa Cheng; Jhu-Kai Chang
DEVELOPMENT OF NAVIGATION SYSTEM FOR PATH PLANNING OF AUTONOMOUS CLEANING ROBOT 215
Minh-Quang Tran; Isak Martin Simbolon; Chung-Hsien Kuo
DEVELOPMENT OF A LIGHTWEIGHT MULTIPURPOSE HIGH MOBILITY VEHICLE FOR USE IN CONFINED SPACES 219
Mihai Crenganis; Radu E. Breaz; Sever G. Racz; Cristina M. Biris; Claudia E. Gîrjob; Adrian I. Marosan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fast laser Quantity Measurement of Pest Box Imaging Using End-to-End Real Time in Thai Rice Farm.

Siriwan Polset[1], Chow Chompoo-inwai[2*]

2021 International Automatic Control Conference (CACS) | 978-1-6654-4412-5/21/$31.00 ©2021 IEEE | DOI: 10.1109/CACS52606.2021.9639038

Abstract— **In this paper, the researcher development a fast laser quantity measurement of pest box imaging using end-to-end real time in Thai rice farm. Usage of a small, light, low-cost, high precision laser raining sensor for detected pests in rice farm and send number data to ESP32-CAM then it will take a pest box picture send to user application LINE. The processing can save statistical data from laser raining sensor on memory card of ESP32-CAM for quantity pests analysis. The researchers had designed pest measure box two sets and install in rice farm an area of 3.2 acre. The experiment is quantity measurement of pest box in the real environment of rice grow season in Thailand. Measurement were for 3 different period of time: rice seedlings to tillering stage (30 - 45 days old), rice at full tillering stage, pregnancy-to-earth rice. The results show a lot of pest the before harvest season is pregnancy to earth rice.**

I. Introduction

"Rice", The important economic crops of Thailand and while had a lot of pest in rice farm. Pests can cause damage at all growth of rice cultivation. At present, a lots of pest problems have been found is Nilaparvata Lugens in rice farm which is important in predicting the epidemic of pest need accurately technology but today's pest sampling technology is labor intensive and time for random checks is problem to damage assessment and have expensive. Therefore, Applying the high-tech coming to rescue for pest infestation situation report are accurate and expeditiously [1]. Measuring presence of pests in rice farm the original designs there are 2 method: the first-time used sweep net by the people used sweep net the diagonal in rice farm about 20 time at that point (figure 1.) This method is suitable for eliminating pests in the period of rice at full tillering stage while expedition not dew on a rice leaf to avoid the sweep net wet made hard pests' classifier is against abusive with rain season, counting with the naked eye from the seedlings from 20 groups (1 group is rice seedlings to tillering stage 10 plant.) from figure 2, used hand farmer's rice check rice cones above the water level 2-3 time for count detect pests. From figure 2, we can assume are amounted pest population of grow rice farm in all season. But famer have to specialize and accurate for find pests in rice farm but will long time for count pests and use many people for find pests and save data, had the advantages of informed heavy pest while surveys.

*Corresponding author.
Siriwan Polset is with the Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL), Bangkok, Thailand 10520 (phone: +668-380-55500; superorange2529@gmail.com).
Chow Chompoo-inwai* is Assistant Professor with the Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL), Bangkok, Thailand 10520, (chow.ch@kmitl.ac.th)

Figure 1. Sampling the BPH by using sweep net.

Figure 2. Sampling by visual count.

A. Background and Motivation

Nowadays, the farmers are having trouble growing rice in the Suphanburi province of Thailand will be affected by pests and brown spot disease [2] which is found the transmission problem of pests fast. According to the reasons that, The National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC) developed database system for analysis the distribution of pests by image processing [3] and create a rice pest monitoring by partnership with Rice Department Ministy of Agriculture and Cooperetives of Thailand to determine the form on study of the relation between the resident weather and distribution of pests modeling to apply for information technology surveillance remote motion.

Bringing this image processing technology to agriculture education which can help solve image analysis and confirm that is useful to device image analysis system has name Insect Shot application on smartphone [1].

For five year from now has been widely used in pest image processing research. This technique, which is the count pests in rice farm. Nowadays, image processing technique application that used to agriculture are increasingly by can image processing of pests and pest's classifier. This is method can stimulate plant growth increase the yield and quality with farmer. The method image processing will have five method: image acquisition, image preprocessing, image segmentation, feature extraction, classification [3]. In 2017, the Zhejiang Sci-Tech University researcher from Chania [4] have use to image processing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

technique evaluation count pest on rice leaves by handheld device camera or smart phone. By technique take a picture will need take a picture spot the stub of the rice plant and use supervised machine learning for analysis which the method and steps are as follows: delete background use AdaBoost technique, bring out features of picture use HOG technique, the supervised machine learning by use SVM technique for pest modeling. Then take pest modeling for counting pests in picture.

This study to the development fast laser quantity measurement of pest box imaging using end-to-end real time in Thai rice farm for calculate pest and reduce the amount of pest in rice farm.

II. Main Body and Device

A. The Place

This is in place for testing at area rice farm the Nang Buat Subdistrict, Doem Bang Nang Buat District Suphanburi Province of Thailand about 3.2 acres are many of the families career to farmer all year. Which area rich soil suitable for grow rice and vegetables round year.

Figure 3. The place about 3.2 acres

This is study experiment area study begin grow rice to peroid 4 months (December to March) by farmer, they had found a problem of diseases and pests in all season, particularly when pregnancy-to-earth rice will experience mass pest. For all the reason above, we decided to development the fast laser quantity measurement of pest box imaging using end-to-end real time in Thai rice farm. The device will take a picture send to LINE Application of farmer which we have developed a new type of device structure with good quality and low-cost by used solar energy.

The quantity measurement of pest box imaging machine, we had designed structure from area 3.2 acres study and all-natural environments for install system to suit the application with the weather. The system can quantity measurement in pest box and send a picture to LINE Application by automation technology. The system was specially developed, with focus on energy-saving in figure 4.

Figure 4. The quantity measurement of pest box imaging machine

B. Solar Energy System

Part of the solar energy system be classified into six types according to diagram in figure 5.

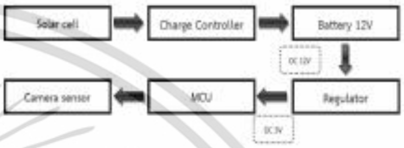


Figure 5. Power supply 12volts.

The installation of solar cell sizes of 12 volts and 40 watts will be part of the solar cell system. Charging of 12 volt and 18 amperes battery sizes for power supply to smart security camera control system installations in the rice farm area.

C. System Diagram

Part of the quantity measurement in pest box system diagram had power control with part of solar energy system by start working follow clock sensor, we had setting time at 5pm. to 5am.

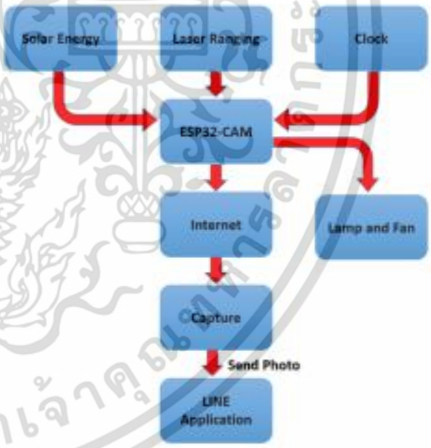


Figure 6. Diagram system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A smarter way to work when laser ranging sensor quantity pest box measurement will see the three distance: 400 milliliters, 1,000 milliliters, 1,600 milliliters, then digital data send to ESP32-CAM for processing and then take a picture send to LINE Application of farmer just for three distance.

D. Device Related Theory

- The ESP32-CAM has a very competitive small-size camera module that can operate independently as a minimum system, measuring only 27 x 40.5 x 4.5mm, with deep sleep current and a minimum of 6mA. ESP32-CAM can be widely used in various IoT applications. It is suitable for home smart devices, industrial wireless control, wireless monitoring, QR wireless identification, wireless positioning system signals and other IoT applications. It is an ideal solution for IoT applications. ESP32-CAM design from ESP32 for designed to work with OV2640 camera and TF card is suitable for application with send picture to server and send picture on LINE Notify and streaming by camera online.
- Laser Ranging Distance Sensor (VL53L0X), which belongs to light emitting laser on vertical surfaces 940 nanometer which has develops into laser module for laser pulse distance meter module, work with high frequency to 4kHz. The ranging phase consists of a range setup then range measurement. During the ranging operation, several VCSEL infrared pulses are emitted, then reflected back by the target object, and detected by the receiving array. The photo detector used inside VL53L0X is using advanced ultra-fast SPAD technology (Single Photon Avalanche Diodes)

E. Sensor Distance Performance Equation

Speed of Light Measurement in optically dense media. when speed of light is linked to the electromagnetic properties of the medium in which it propagates; namely to the electrical permittivity ε and magnetic permeability μ:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}} \quad (1)$$

Usually refers to the vacuum:

$$c = c_0 c_r, \varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r \; e\mu = \mu_0 \mu_r \quad (2)$$

In which the relationship becomes in particular:

$$c_0 = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} \quad (3)$$

When c_0 is the speed of light in vacuum, ε_0 is the vacuum electrical permittivity and μ_0 is the vacuum magnetic permeability.

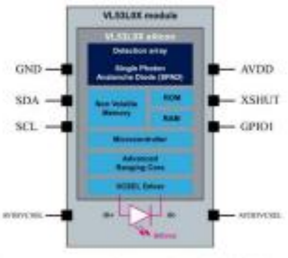


Figure 7. Laser ranging VL53L0X block diagram

To connect the sensor directly to a microcontroller, we need to connect pull-up resistors and capacitor as shown in the figure 6. This sensor is available in breakout board form which allows its direct interfacing with other ESP32-CAM. The is a terminal for power supply. This module has an onboard voltage regulator which regulates the voltage to 2.8V. Apply voltage in a range of 2.6V to 5.5V at the terminal. SCL and SDA are pins for communication.

F. LINE Notify

LINE Notify is designed to use message notify in particular can notification messages to group or contention to people, therefore LINE Notify will has some restrictions for use but can use with only one person or only one group. The contract with LINE Notify will uses the HTTPS protocol, we are going to use something called the Token is password and will be similar to the door for send message to LINE Notify. The working process will be as following: send pest box image to message notifications box the required volume are 3 distance from laser ranging sensor by ESP32-CAM is connected to WIFI Router and LINE Notify server.

III. EQUIPMENT AND SYSTEM DESIGN

A. Design Pest Measure Box

Design pest measure box for catch pest in rice farm the intelligent system, we have design on the box open type and install laser ranging sensor for quantity pest box measurement of box cover and top will have open 80% to lure pest drop down box in rice farm.

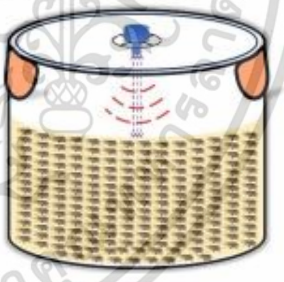


Figure 7. Design Pest Measure Box.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B. Design Camera Module

We have designed and developed camera module for take a picture that, will was designed the similar to square and to support the ESP32-CAM and wireless antenna 2.4GHz, enabling remote data transmission.

Figure 8. ESP32-CAM (inside)

Figure 9. ESP32-CAM (anterior)

C. Pest Measure Box Rice Farm

Pest measure box install in rice farm area, device will run for everyday at time 5pm. – 5am. By automation system and pest box can be filled up in max 1,600 milliliters.

Figure 10. Pest measure box rice farm

IV. THE EXPERIMENTS RESULT

The results according to the study from experiments fast laser quantity measurement of pest box imaging using end-to-end real time in Thai rice farm, area of rice farm really environment, we have installed 2 devices as the layout of the location between the first device and the second device have ten meters spacing.

This experiment, we have testing at area rice farm the Nang Buat Subdistrict, Doem Bang Nang Buat District Suphanburi Province of Thailand about 3.2 acres by test duration 4 month or 3 time as follow: Rice seedlings to tillering stage (30 - 45 days old), Rice at full tillering stage, Pregnancy-to-earth rice. The first device will show paragraph with blue color and the second device with orange color.

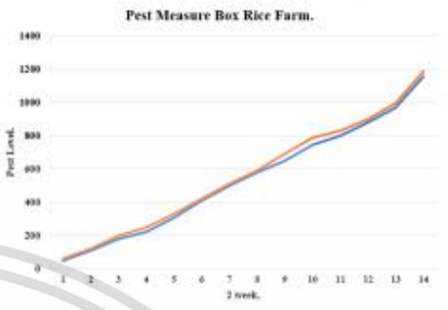


Figure 11. Rice seedlings to tillering stage (30 - 45 days old)

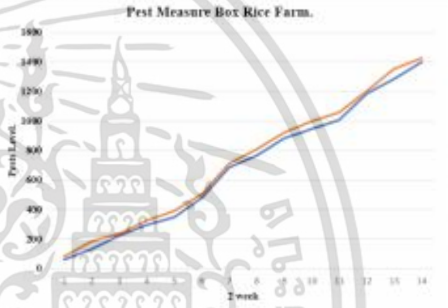


Figure 12. Rice at full tillering stage

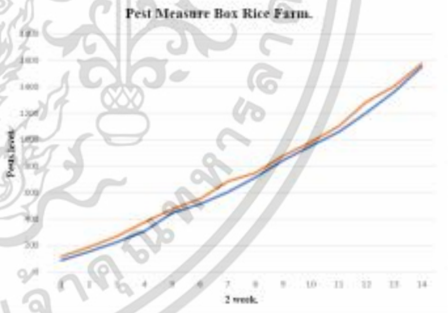


Figure 13. Pregnancy-to-earth rice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V. Conclusion

From test observation paper fast laser quantity measurement of pest box imaging using end-to-end real time in Thai rice farm. By install pest measure box and use violet light (LED) 5watt for create an attractive with pest, install 2 device and ten meters spacing. The time of grow rice have 3 time as follow: Rice seedlings to tillering stage (30 - 45 days old), Rice at full tillering stage, Pregnancy-to-earth rice, the application result showed that the time at the third is Pregnancy-to-earth rice would find pest the most numerous of grow rice season. This is way, make even famer has feeling of anxiety and will be the losers.

References

[1] J. H. Bong, "Controlling the parasite," in *Proc. International Conference on Control, Automation and Systems*, pp. 0209–0210, 2020.

[2] A. Alice and B. Bob, "Nonlinear unstable systems," *International Journal of Control, Automation, and Systems*, vol. 23, no. 4, pp. 123–145, 1989.

[3] M. Young, *The Technical Writer's Handbook*, Mill Valley, Seoul, 1989.

[4] Yao Qing, Chen Guo-te, Wang Zheng, Zhang Chao, Yang Bao-jun, Tang Jian, "Automated detection and identification of white-backed planthoppers in paddy fields using image processing" Journal of Integrative Agriculture 2017, Vol.6 No. 7, 1 November 2016, pp.1547-1557.

[5] Nur Atiqah Nasser Shah, Muhammad Khusairi Osman, Nor Azlan Othman, Fadzil Ahmad, Abdul Rahim Ahmad, Procedia Computer Science 163(2019) pp. 580-590.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
ข้อมูลบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

1 Introduction

The Raspberry Pi 4 Model B (Pi4B) is the first of a new generation of Raspberry Pi computers supporting more RAM and with siginficantly enhanced CPU, GPU and I/O performance; all within a similar form factor, power envelope and cost as the previous generation Raspberry Pi 3B+.

The Pi4B is avaiable with either 1, 2 and 4 Gigabytes of LPDDR4 SDRAM.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 Features

2.1 Hardware

- Quad core 64-bit ARM-Cortex A72 running at 1.5GHz
- 1, 2 and 4 Gigabyte LPDDR4 RAM options
- H.265 (HEVC) hardware decode (up to 4Kp60)
- H.264 hardware decode (up to 1080p60)
- VideoCore VI 3D Graphics
- Supports dual HDMI display output up to 4Kp60

2.2 Interfaces

- 802.11 b/g/n/ac Wireless LAN
- Bluetooth 5.0 with BLE
- 1x SD Card
- 2x micro-HDMI ports supporting dual displays up to 4Kp60 resolution
- 2x USB2 ports
- 2x USB3 ports
- 1x Gigabit Ethernet port (supports PoE with add-on PoE HAT)
- 1x Raspberry Pi camera port (2-lane MIPI CSI)
- 1x Raspberry Pi display port (2-lane MIPI DSI)
- 28x user GPIO supporting various interface options:
  - Up to 6x UART
  - Up to 6x I2C
  - Up to 5x SPI
  - 1x SDIO interface
  - 1x DPI (Parallel RGB Display)
  - 1x PCM
  - Up to 2x PWM channels
  - Up to 3x GPCLK outputs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Software

- ARMv8 Instruction Set
- Mature Linux software stack
- Actively developed and maintained
  - Recent Linux kernel support
  - Many drivers upstreamed
  - Stable and well supported userland
  - Availability of GPU functions using standard APIs

3 Mechanical Specification

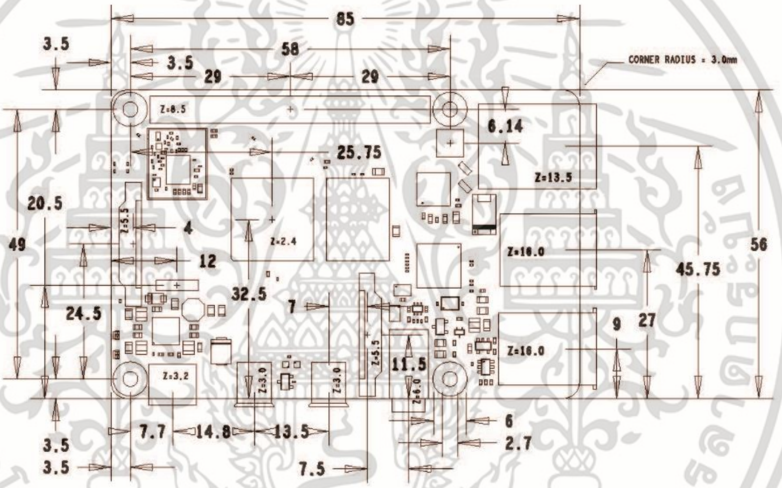


Figure 1: Mechanical Dimensions

4 Electrical Specification

Caution! Stresses above those listed in Table 2 may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; functional operation of the device under these or any other conditions above those listed in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Symbol	Parameter	Minimum	Maximum	Unit
VIN	5V Input Voltage	-0.5	6.0	V

Table 2: Absolute Maximum Ratings

Please note that VDD_IO is the GPIO bank voltage which is tied to the on-board 3.3V supply rail.

Symbol	Parameter	Conditions	Minimum	Typical	Maximum	Unit
V_{IL}	Input low voltage[a]	VDD_IO = 3.3V	-	-	TBD	V
V_{IH}	Input high voltage[a]	VDD_IO = 3.3V	TBD	-	-	V
I_{IL}	Input leakage current	TA = +85°C	-	-	TBD	μA
C_{IN}	Input capacitance	-	-	TBD	-	pF
V_{OL}	Output low voltage[b]	VDD_IO = 3.3V, IOL = -2mA	-	-	TBD	V
V_{OH}	Output high voltage[b]	VDD_IO = 3.3V, IOH = 2mA	TBD	-	-	V
I_{OL}	Output low current[c]	VDD_IO = 3.3V, VO = 0.4V	TBD	-	-	mA
I_{OH}	Output high current[c]	VDD_IO = 3.3V, VO = 2.3V	TBD	-	-	mA
R_{PU}	Pullup resistor	-	TBD	-	TBD	kΩ
R_{PD}	Pulldown resistor	-	TBD	-	TBD	kΩ

[a] Hysteresis enabled
[b] Default drive strength (8mA)
[c] Maximum drive strength (16mA)

Table 3: DC Characteristics

Pin Name	Symbol	Parameter	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Digital outputs	t_{rise}	10-90% rise time[a]	-	TBD	-	ns
Digital outputs	t_{fall}	90-10% fall time[a]	-	TBD	-	ns

[a] Default drive strength, CL = 5pF, VDD_IO = 3.3V

Table 4: Digital I/O Pin AC Characteristics

Figure 2: Digital IO Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Copyright Raspberry Pi (Trading) Ltd. 2019

4.1 Power Requirements

The Pi4B requires a good quality USB-C power supply capable of delivering 5V at 3A. If attached downstream USB devices consume less than 500mA, a 5V, 2.5A supply may be used.

5 Peripherals

5.1 GPIO Interface

The Pi4B makes 28 BCM2711 GPIOs available via a standard Raspberry Pi 40-pin header. This header is backwards compatible with all previous Raspberry Pi boards with a 40-way header.

5.1.1 GPIO Pin Assignments

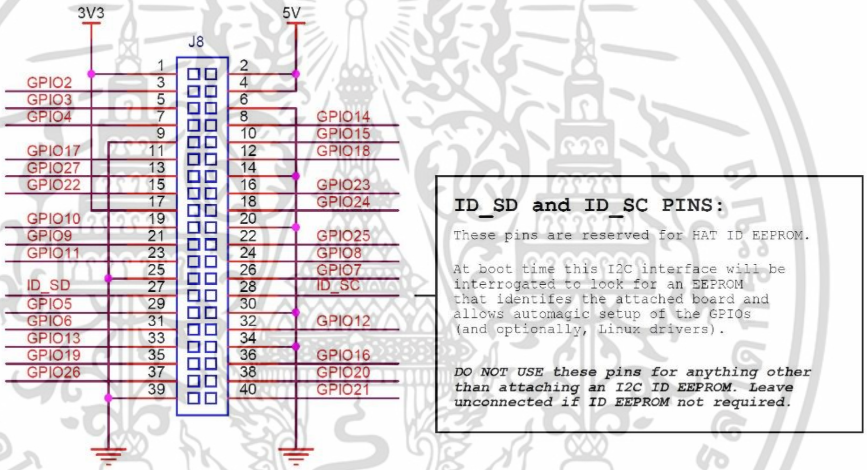


Figure 3: GPIO Connector Pinout

As well as being able to be used as straightforward software controlled input and output (with programmable pulls), GPIO pins can be switched (multiplexed) into various other modes backed by dedicated peripheral blocks such as I2C, UART and SPI.

In addition to the standard peripheral options found on legacy Pis, extra I2C, UART and SPI peripherals have been added to the BCM2711 chip and are available as further mux options on the Pi4. This gives users much more flexibility when attaching add-on hardware as compared to older models.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 GPIO Alternate Functions

GPIO	Default Pull	ALT0	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5
0	High	SDA0	SA5	PCLK	SPI3_CE0_N	TXD2	SDA6
1	High	SCL0	SA4	DE	SPI3_MISO	RXD2	SCL6
2	High	SDA1	SA3	LCD_VSYNC	SPI3_MOSI	CTS2	SDA3
3	High	SCL1	SA2	LCD_HSYNC	SPI3_SCLK	RTS2	SCL3
4	High	GPCLK0	SA1	DPI_D0	SPI4_CE0_N	TXD3	SDA3
5	High	GPCLK1	SA0	DPI_D1	SPI4_MISO	RXD3	SCL3
6	High	GPCLK2	SOE_N	DPI_D2	SPI4_MOSI	CTS3	SDA4
7	High	SPI0_CE1_N	SWE_N	DPI_D3	SPI4_SCLK	RTS3	SCL4
8	High	SPI0_CE0_N	SD0	DPI_D4	-	TXD4	SDA4
9	Low	SPI0_MISO	SD1	DPI_D5	-	RXD4	SCL4
10	Low	SPI0_MOSI	SD2	DPI_D6	-	CTS4	SDA5
11	Low	SPI0_SCLK	SD3	DPI_D7	-	RTS4	SCL5
12	Low	PWM0	SD4	DPI_D8	SPI5_CE0_N	TXD5	SDA5
13	Low	PWM1	SD5	DPI_D9	SPI5_MISO	RXD5	SCL5
14	Low	TXD0	SD6	DPI_D10	SPI5_MOSI	CTS5	TXD1
15	Low	RXD0	SD7	DPI_D11	SPI5_SCLK	RTS5	RXD1
16	Low	FL0	SD8	DPI_D12	CTS0	SPI1_CE2_N	CTS1
17	Low	FL1	SD9	DPI_D13	RTS0	SPI1_CE1_N	RTS1
18	Low	PCM_CLK	SD10	DPI_D14	SPI6_CE0_N	SPI1_CE0_N	PWM0
19	Low	PCM_FS	SD11	DPI_D15	SPI6_MISO	SPI1_MISO	PWM1
20	Low	PCM_DIN	SD12	DPI_D16	SPI6_MOSI	SPI1_MOSI	GPCLK0
21	Low	PCM_DOUT	SD13	DPI_D17	SPI6_SCLK	SPI1_SCLK	GPCLK1
22	Low	SD0_CLK	SD14	DPI_D18	SD1_CLK	ARM_TRST	SDA6
23	Low	SD0_CMD	SD15	DPI_D19	SD1_CMD	ARM_RTCK	SCL6
24	Low	SD0_DAT0	SD16	DPI_D20	SD1_DAT0	ARM_TDO	SPI3_CE1_N
25	Low	SD0_DAT1	SD17	DPI_D21	SD1_DAT1	ARM_TCK	SPI4_CE1_N
26	Low	SD0_DAT2	TE0	DPI_D22	SD1_DAT2	ARM_TDI	SPI5_CE1_N
27	Low	SD0_DAT3	TE1	DPI_D23	SD1_DAT3	ARM_TMS	SPI6_CE1_N

Table 5: Raspberry Pi 4 GPIO Alternate Functions

Table 5 details the default pin pull state and available alternate GPIO functions. Most of these alternate peripheral functions are described in detail in the BCM2711 Peripherals Specification document which can be downloaded from the hardware documentation section of the website.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 Display Parallel Interface (DPI)

A standard parallel RGB (DPI) interface is available the GPIOs. This up-to-24-bit parallel interface can support a secondary display.

5.1.4 SD/SDIO Interface

The Pi4B has a dedicated SD card socket which suports 1.8V, DDR50 mode (at a peak bandwidth of 50 Megabytes / sec). In addition, a legacy SDIO interface is available on the GPIO pins.

5.2 Camera and Display Interfaces

The Pi4B has 1x Raspberry Pi 2-lane MIPI CSI Camera and 1x Raspberry Pi 2-lane MIPI DSI Display connector. These connectors are backwards compatible with legacy Raspberry Pi boards, and support all of the available Raspberry Pi camera and display peripherals.

5.3 USB

The Pi4B has 2x USB2 and 2x USB3 type-A sockets. Downstream USB current is limited to approximately 1.1A in aggregate over the four sockets.

5.4 HDMI

The Pi4B has 2x micro-HDMI ports, both of which support CEC and HDMI 2.0 with resolutions up to 4Kp60.

5.5 Audio and Composite (TV Out)

The Pi4B supports near-CD-quality analogue audio output and composite TV-output via a 4-ring TRS 'A/V' jack.

The analog audio output can drive 32 Ohm headphones directly.

5.6 Temperature Range and Thermals

The recommended ambient operating temperature range is 0 to 50 degrees Celcius.

To reduce thermal output when idling or under light load, the Pi4B reduces the CPU clock speed and voltage. During heavier load the speed and voltage (and hence thermal output) are increased. The internal governor will throttle back both the CPU speed and voltage to make sure the CPU temperature never exceeds 85 degrees C.

The Pi4B will operate perfectly well without any extra cooling and is designed for sprint performance - expecting a light use case on average and ramping up the CPU speed when needed (e.g. when loading a webpage). If a user wishes to load the system continually or operate it at a high termperature at full performance, further cooling may be needed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 Availability

Raspberry Pi guarantee availability Pi4B until at least January 2026.

7 Support

For support please see the hardware documentation section of the Raspberry Pi website and post questions to the Raspberry Pi forum.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
การเขียนโปรแกรมภาษาไพทอน

ค.1 ตัวอย่างโค้ดการสร้างคลังรูปภาพโดยใช้อัลกอริทึมฮาร์คาสเคด

```
import cv2
import os
import numpy as np
from PIL import Image
import pickle

BASE_DIR = os.path.dirname(os.path.abspath(__file__))
image_dir = os.path.join(BASE_DIR, "images")

face_cascade =
cv2.CascadeClassifier('cascades/data/haarcascade_frontalface_alt2.xml')
recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()

current_id = 0
label_ids = {}
y_labels = []
x_train = []

for root, dirs, files in os.walk(image_dir):
	for file in files:
		if file.endswith("png") or file.endswith("jpg"):
			path = os.path.join(root, file)
			label = os.path.basename(root).replace(" ", "-").lower()
			#print(label, path)
			if not label in label_ids:
				label_ids[label] = current_id
				current_id += 1
			id_ = label_ids[label]
			#print(label_ids)
			#y_labels.append(label) # some number
			#x_train.append(path) # verify this image, turn into a NUMPY
arrray, GRAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
pil_image = Image.open(path).convert("L") # grayscale
size = (550, 550)
final_image = pil_image.resize(size, Image.ANTIALIAS)
image_array = np.array(final_image, "uint8")
#print(image_array)
faces = face_cascade.detectMultiScale(image_array, scaleFactor=1.5, minNeighbors=5)

for (x,y,w,h) in faces:
    roi = image_array[y:y+h, x:x+w]
    x_train.append(roi)
    y_labels.append(id_)
#print(y_labels)
#print(x_train)
with open("pickles/face-labels.pickle", 'wb') as f:
    pickle.dump(label_ids, f)
recognizer.train(x_train, np.array(y_labels))
recognizer.save("recognizers/face-trainner.yml")
```

ค.2 ตัวอย่างโค้ดการแปลงไฟล์คลังรูปภาพให้เป็น .YML

```
import os
import numpy as np
import cv2
import time
import datetime

from utils import CFEVideoConf, image_resize
import glob

cap = cv2.VideoCapture(0)

frames_per_seconds = 20
save_path='saved-media/timelapse.mp4'
config = CFEVideoConf(cap, filepath=save_path, res='720p')
out = cv2.VideoWriter(save_path, config.video_type, frames_per_seconds, config.dims)
timelapse_img_dir = 'images/timelapse/'
seconds_duration = 20
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
seconds_between_shots = .25

if not os.path.exists(timelapse_img_dir):
    os.mkdir(timelapse_img_dir)

now = datetime.datetime.now()
finish_time = now + datetime.timedelta(seconds=seconds_duration)
i = 0
while datetime.datetime.now() < finish_time:
    '''
    Ensure that the current time is still less
    than the preset finish time
    '''
    ret, frame      = cap.read()
    filename        = f"{timelapse_img_dir}/{i}.jpg"
    i               += 1
    cv2.imwrite(filename, frame)
    time.sleep(seconds_between_shots)
    if cv2.waitKey(20) & 0xFF == ord('q'):
        break

def images_to_video(out, image_dir, clear_images=True):
    image_list = glob.glob(f"{image_dir}/*.jpg")
    sorted_images = sorted(image_list, key=os.path.getmtime)
    for file in sorted_images:
        image_frame  = cv2.imread(file)
        out.write(image_frame)
    if clear_images:
        '''
        Remove stored timelapse images
        '''
        for file in image_list:
            os.remove(file)

images_to_video(out, timelapse_img_dir)
# When everything done, release the capture
cap.release()
out.release()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
cv2.destroyAllWindows()
```

ค.3 ตัวอย่างโค้ดรู้จำใบหน้า (Haar cascade and K-NN)

```
import cv2
import numpy as np
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier

data = np.load("faces.npy")

cap = cv2.VideoCapture(0)
classifier = cv2.CascadeClassifier("haarcascade_frontalface_default.xml")

X = data[:, 1:].astype(int)
y = data[:, 0]

model = KNeighborsClassifier(5)
model.fit(X, y)
while True:
    ret, frame = cap.read()
    frame = cv2.flip(frame, 1)
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGRA2GRAY)

    faces = classifier.detectMultiScale(gray)
    areas = []
    for face in faces:
        x, y, w, h = face
        area = w*h
        areas.append((area, face))
    areas = sorted(areas, reverse = True)
    if len(areas) > 0:
        face = areas[0][1]
        x, y, w, h = face
        face_img = gray[y:y+h, x:x+w]
        face_img = cv2.resize(face_img, (100, 100))

        flat = face_img.flatten()
        res = model.predict([flat])
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        print(res)
    for x, y, w, h in faces:
        font = cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX
        cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (255, 255, 0), 2)
        cv2.putText(frame, res[0], (x, y), font, 1, (255, 255, 255), 2, cv2.LINE_AA)

    cv2.imshow("video", frame)
    if cv2.waitKey(1) > 30:
        break

cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวศิริวรรณ พลเศษ
วัน เดือน ปีเกิด	3 กรกฎาคม 2529
ที่อยู่	230 หมู่ 4 ตำบลนางบวช อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี 72120 โทร.0-83805-5500
ประวัติการศึกษา	2552 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (แขนงคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรีลพบุรี 2554 ครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2565 วิศวกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความชำนาญเฉพาะด้าน	1) ระบบสมองกลฝังตัว 2) Coding 3) ระบบอัตโนมัติ
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	พ.ศ.2556-2561 ตำแหน่งอาจารย์ผู้สอนมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ พ.ศ.2661-ปัจจุบัน ตำแหน่งอาจารย์ผู้สอนมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้