

Received: Oct 21, 2023

Revised: Dec 12, 2023

Accepted: Dec 22, 2023

ระบบตรวจจับการเคลื่อนไหววัตถุด้วยการประมวลผลภาพ

MOTION DETECTION SYSTEM OF MOVING OBJECTS USING IMAGE PROCESSING

วรวิทย์ กังหัน¹, เกียรติยศ ยาทา², ชลธิศ ปิติภูมิสุขสันต์^{3*}, อภิชาติ ไชยพร⁴¹สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี³สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร⁵สาขาวิชาวิศวกรรมสาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สถาบันโคเซ็นแห่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง

Worawut Kunghun¹, Kiattiyot Yata², Chonlathit Pitipoomsuksan^{3*}, Apichat chaiyaporn⁴¹Department of Teacher Training in Mechanical Engineering, Faculty of Technical Education,

King Mongkut's University of Technology North Bangkok

²Mechanical engineering, faculty of engineering, Thonburi University³Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Education,

Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

⁴Department of Mechatronics Engineering, KOSEN-KMITL,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

*Corresponding author: chonlathit.p@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการตรวจจับการเคลื่อนไหววัตถุด้วยการประมวลผลภาพโดยนำสัญญาณจากระบบการประมวลผลทางภาพไปควบคุมระบบไฟฟ้าต่าง ๆ แบบอัตโนมัติ สำหรับการตรวจจับการเคลื่อนไหวภายในห้องที่มีการควบคุมปริมาณแสงคงที่ การคำนวณใช้ข้อมูลเชิงเมทริกซ์จากจำนวนพิกเซลในเฟรมภาพโดยการรับภาพมาจากกล้องเว็บแคม การทดลองและวิเคราะห์ผลจากการเปรียบเทียบค่าจำนวนจุดภาพที่เกิดขึ้นจากลักษณะพฤติกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่เป็นธรรมชาติ โดยค่าเฉลี่ยของการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ที่ได้ทดลองจะมีค่ามากกว่าเท่ากับ 230,000 พิกเซล จากการตรวจจับความเคลื่อนไหวของมนุษย์จำนวน 1 คน ภายในห้องขนาด 8 x 16 เมตร และค่าความสว่างที่ 70 ลักซ์ ควบคุมระบบไฟฟ้าต่าง ๆ แบบอัตโนมัติ เพื่ออำนวยความสะดวก และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีที่ไม่มีการใช้งานในพื้นที่ดังกล่าว ทำให้สามารถช่วยลดการใช้ไฟฟ้า และช่วยลดภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง เพื่อเป็นทางเลือกทดแทนวิธีที่ใช้เซนเซอร์การตรวจจับที่มีราคาที่สูง และระบบการประมวลผลทางภาพยังสามารถบันทึกเป็นรูปแบบกล้องวงจรปิดได้อีกทาง

คำสำคัญ : เทคนิคการประมวลผลภาพ, การตรวจจับการเคลื่อนไหว, ค่าความเคลื่อนไหว

Abstract

This research introduces motion detection through image processing by utilizing signals from an image processing system to control various electrical systems automatically. For motion detection in a room with controlled constant lighting, calculations involve matrix-based data derived from pixel counts in image frames taken by a webcam. Experimental trials and result analysis involve comparing the number of image points generated by various natural human behaviors. The average motion detection value for a single person in the experiment exceeds 230,000 pixels. The motion of a single person is detected within an 8 x 16-meter room with controlled lighting at 70 Lux. The detected motion is used to

automatically control various electrical systems for convenience and to reduce electricity consumption in unoccupied areas. This not only helps decrease overall electricity usage but also contributes to mitigating global warming. Furthermore, it serves as a cost-effective alternative to expensive sensor-based detection methods. The image processing system can also be configured to record in closed-circuit camera format.

Keywords : Image Processing, Motion Detection, Index Detection

บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีในการตรวจจับได้เข้ามามีบทบาทในการใช้ชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นในการทำงานหรือในการใช้ชีวิตประจำวัน เทคโนโลยีเซนเซอร์ (Sensor Technology) เช่น เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ (Proximity Sensor), อุปกรณ์ที่ใช้แสงเพื่อตรวจจับ (LiDAR Sensor) และการสแกนเนอร์ด้วยการยิงแสงเลเซอร์ (Laser Scanner) เซนเซอร์ที่ใช้ลำแสง (Photo sensor) และเซนเซอร์แสงอินฟราเรด (Infrared Sensor) เป็นต้น ซึ่งเซนเซอร์ที่มีความแม่นยำสูงมักมีราคาสูง เนื่องจากการออกแบบและผลิตเซนเซอร์ที่ให้ค่าที่แม่นยำต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและใช้วัสดุที่มีคุณภาพสูง ทำให้มีต้นทุนการผลิตที่สูงตาม เซนเซอร์ที่มีความสามารถในการค้นหาวัตถุที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น การตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วและซับซ้อนต้องใช้เซนเซอร์ที่สามารถทำงานในเวลาเรียลไทม์และมีพีเอเจอร์ที่มากพอเพื่อค้นหาวัตถุนั้น ๆ และราคาของเซนเซอร์ยังขึ้นอยู่กับความสามารถทางเทคนิคอื่น ๆ ที่ระบบมี เช่น การสื่อสารไร้สาย ความสามารถในการทำงานในสภาวะแวดล้อมที่หนาแน่น ความสามารถในการทำงานในเชิงพาณิชย์ และความสามารถในการทำงานร่วมกับระบบอื่น ๆ แม้ว่าหลักการใช้เซนเซอร์ความแม่นยำสูงพร้อมกับกล้องดิจิทัลเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม มีวิธีอื่น ๆ ที่ใช้เทคโนโลยี AI ที่ทันสมัยสามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลรูปภาพจากกล้อง และทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้เซนเซอร์ราคาแพง (W.-S. Kim, et al, 2020) ได้สร้างการตรวจจับเส้นทางสำหรับ

การเดินทางอัตโนมัติในสวนแอปเปิ้ล ในวิธีการที่ถูกลำเสนอนี้ใช้เครือข่ายประสาทเชิงลึก (CNN) ที่ใช้พิกซ์ในการจำแนกภาพเพื่อบริเวณของเส้นทาง ซึ่งรวมถึงการตัดต่อภาพที่เป็นพิกซ์จากรูปภาพนำเข้าด้วยหน้าต่างเลื่อนและสร้างแผนที่คะแนนเส้นทางด้วย CNN 4 ชั้น สำหรับการจำแนกต้นไม้และเส้นทาง การแบ่งส่วนของพื้นที่เส้นทาง และการตรวจจับเส้นทางเป้าหมายพร้อมกับการกำหนดเส้นขอบ (Y. Shin, et al, 2020) ได้พัฒนากลยุทธ์การประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสำหรับการฝึกฝนเครือข่ายประสาทลึกอย่างมีประสิทธิภาพ เครือข่ายประสาทเชิงลึกสกัดและตรวจจับลักษณะของพื้นที่ในภาพสำหรับการตรวจจับรอยร้าวทางถนนแล้วจึงจำแนกภาพตามลักษณะ (H. Fujiyoshi, et al, 2019) ได้สาธิตว่าการเรียนรู้เชิงลึกถูกนำไปใช้ในงานการระบุรูปภาพแต่ละภาพ รวมถึงการอธิบายการขับเคลื่อนอัตโนมัติที่ใช้เทคโนโลยีการระบุปัญหาที่เกี่ยวข้อง (P. M. Blok, et al 2019)

ได้ตรวจสอบความเป็นไปได้ของอัลกอริทึมการทำเคลื่อนที่แบบนุ่มนวลสำหรับหุ่นยนต์ในสวนแอปเปิ้ลโดยใช้สแกนเนอร์ LiDAR 2 มิติ การศึกษานี้เน้นที่การนำทางของหุ่นยนต์ในแถวและไม่ได้พูดถึงการเลี้ยวอัตโนมัติหรือการตรวจจับอุปสรรคและพื้นที่ที่หวาดกลัว จากงานวิจัยที่กล่าวข้างต้นรวมถึงการใช้เซนเซอร์ที่ทันสมัยหรือการประมวลผลภาพที่ซับซ้อนด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) ซึ่งต้องการชุดข้อมูลขนาดใหญ่ วิธีอื่น ๆ

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพมาใช้ทดแทนเซนเซอร์ เช่น (ทรงพล นามคุณ, 2557) ได้สร้างระบบรักษาความปลอดภัยที่פקอาศัย โดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพจากระบบกล้องวงจรปิดในที่פקอาศัย โดยประยุกต์ใช้งานร่วมกับหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัยที่สามารถติดตามการเคลื่อนที่และบันทึกภาพผู้บุกรุกได้ระบบเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและระบบโทรศัพท์เพื่อแจ้งเตือนการบุกรุกไปยังเจ้าของหรือหน่วยงานรักษาความปลอดภัย ซึ่งจะทำให้ระบบรักษาความปลอดภัยในที่פקอาศัยและการติดตามผู้ทำผิดมีประสิทธิภาพมากขึ้น (ชูไฮดี สนิ และคณะ, 2563) ได้นำเสนอตัวตรวจจับรถได้ด้วยหลักการประมวลผลสัญญาณวิดีโอสำหรับเครื่องกันทางอัตโนมัติ ตรวจจบบรรยากาศที่มีความเร็วไม่เกิน 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระบบสามารถตรวจจบบรรยากาศได้เป็นอย่างดี และมีความแม่นยำ โดยเครื่องกันทางสามารถทำงานได้ก่อนขบวนรถเคลื่อนที่มาถึงจุดตัดผ่านทางรถไฟ จึงถือได้ว่าเป็นเครื่องมือในการช่วยป้องกันอุบัติเหตุ ลดการพึ่งพาเทคโนโลยีที่มีราคาสูง (บอย และนรภัทร, 2564) การตรวจจับและแจ้งเตือนไฟไหม้หรืออัคคีภัยในอาคารไปจนถึงไฟฟ้า ด้วยการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ โดยระบบมีอัตราความแม่นยำในการตรวจจับร้อยละ 40 อัตราความผิดพลาดที่ตรวจจบบรรยากาศไฟไหม้ไม่ได้รับร้อยละ 40 และมีอัตราการตรวจจบบรรยากาศในส่วนที่ไม่ใช่ไฟไหม้ร้อยละ 50 (ภาณุวัฒน์ และสัญญา, 2564) ได้

พัฒนาเทคนิคการตรวจจับควันไฟด้วยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ โดยใช้กระบวนการเตรียมภาพในการแปลงภาพเป็นเฟรมต่อเนื่องเพื่อใช้สำหรับการนำภาพไปประมวลผลภาพ พบว่า การตรวจจับควันไฟนั้น มีค่าความผิดพลาดในการตรวจจับอยู่ที่ 36.67% แต่จะสามารถตรวจจับควันได้ในช่วงเวลาที่มืดแสงเพียงพอเท่านั้นจึงจะทำให้การตรวจจับควันนั้นมีประสิทธิภาพ จากงานวิจัยที่กล่าวมาเป็นการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพแทนการใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์ (Sensor Technology) ที่มีราคาสูง

ในบทความนี้นำเสนอการตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยการประมวลผลภาพเพื่อนำสัญญาณจากระบบการประมวลผลทางภาพไปควบคุมระบบไฟฟ้าหรือใช้สำหรับนำสัญญาณไปสั่งการในรูปแบบอัตโนมัติ หรือไปทำการแจ้งเตือนความปลอดภัยได้อีกทาง โดยใช้ระบบการตรวจจับการเคลื่อนไหวในห้อง หรือพื้นที่โล่งแจ้ง เพื่ออำนวยความสะดวก และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีที่ไม่มีการใช้งานในพื้นที่ดังกล่าว ทำให้สามารถช่วยลดการใช้ไฟฟ้า และช่วยลดภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง เพื่อเป็นทางเลือกทดแทนวิธีการใช้เซนเซอร์การตรวจจับที่มีราคาที่สูง และระบบการประมวลผลทางภาพยังสามารถบันทึกเป็นรูปแบบกล้องวงจรปิดได้อีกทาง

วิธีดำเนินการวิจัย

การรับภาพ และการตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยการประมวลผลภาพ

ในการออกแบบการตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยการประมวลผลภาพโดยใช้โปรแกรม MATLAB R2022b ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือสำหรับใช้ในงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ระบบบันทึกภาพ (Image Capture) โดยใช้กล้อง Webcam ยี่ห้อ Logitech รุ่น C920 ซึ่งข้อมูลภาพที่ใช้ประมวลผลจำเป็นต้องใช้กล้องที่มีการเคลื่อนไหวที่ต่อเนื่องจึงเลือกใช้วิดีโอ 30 ภาพต่อวินาที ความละเอียดภาพ 1280H x 720P โดยทำการบันทึกภาพจากวิดีโอในชนิดอาร์จีบี (RGB color model) [9-10] คือ ภาพ 3 สี ได้แก่ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) ความละเอียดของภาพ 640 x 480 พิกเซล Frame Rate 30 FPS

ขั้นตอนที่ 2 การแปลงชนิดของภาพอาร์จีบี (RGB color model) จากขั้นตอนที่ 1 เป็นชนิดภาพที่มีระดับสีเทา (Grayscale Image) ที่ระดับความเข้มสีเทา โดยมีค่าสีระหว่าง 0-255 (8-bit) โดยใช้สมการในการแปลงภาพ [11] ดังสมการที่ 1

$$Gray = 0.299(R) + 0.587(G) + 0.114(B) \quad (1)$$

เมื่อ R คือ ค่าสีแดง ณ จุดที่ต้องการหา
 G คือ ค่าสีเขียว ณ จุดที่ต้องการหา
 B คือ ค่าสีน้ำเงิน ณ จุดที่ต้องการหา

ขั้นตอนที่ 3 ทำการเทรชโฮลด์ (threshold) จากขั้นตอนที่ 2 เพื่อเปลี่ยนเป็นภาพชนิดภาพไบนารี (Binary Image) มีความเข้ม 2 ค่าเท่านั้น คือ 0 หมายถึง พิกเซลนั้นจะแสดงสีดำ และ 1 หมายถึง พิกเซลนั้นจะแสดงสีขาว เพื่อหาค่าของเทรชโฮลด์จากภาพ และใช้สมการเทรชโฮลด์ [12] ดังสมการที่ 2 การแปลงภาพในกระบวนการประมวลผลภาพ

$$\begin{aligned} g(x, y) &= 0; & f(x, y) &< T \\ g(x, y) &= 255; & f(x, y) &\geq T \end{aligned} \quad (2)$$

เมื่อ $g(x, y)$ คือ ค่าระดับสีเทาในจุดพิกเซลนั้นที่ถูกแปลง (มีค่า 0 กับ 1)
 $f(x, y)$ คือ ค่าระดับสีเทาในจุดพิกเซลนั้น
 T คือ ค่าเทรชโฮลด์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

ขั้นตอนที่ 4 ทำการประมวลผลตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ซึ่งภาพที่ได้ออกมาจะเป็นภาพความแตกต่าง (Different Image) ดังแสดงในภาพที่ 1 ของความเข้มข้นสีในเชิงเมทริกซ์ของทั้ง 2 ภาพในแต่ละพิกเซล หรือเคล้าค่าความเข้มข้นสีในแต่ละพิกเซล ดังสมการที่ 3

$$\Delta[Diff] = [(Im\ g1) - (Im\ g2)] \quad (3)$$

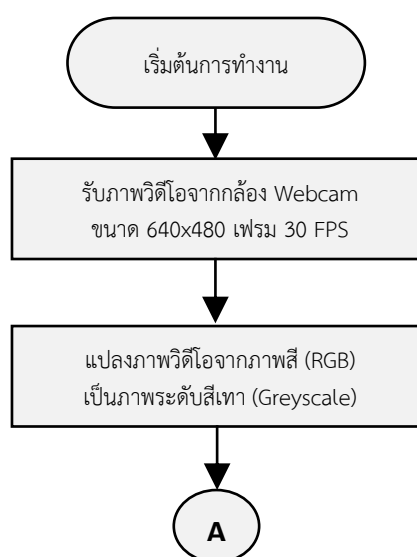
เมื่อ $(Im\ g1)$ คือ เมทริกซ์รูปภาพที่ 1
 $(Im\ g2)$ คือ เมทริกซ์รูปภาพที่ 2



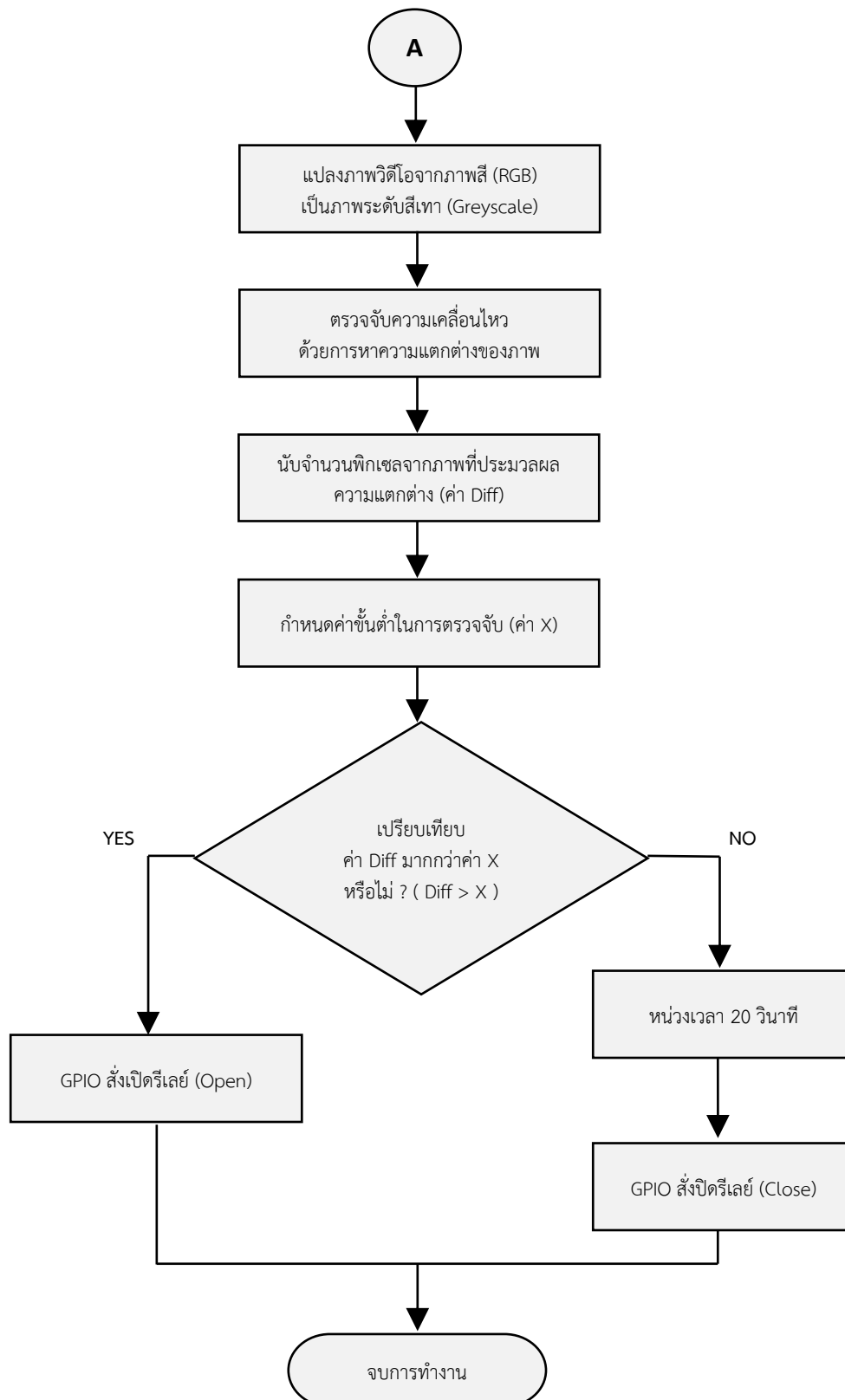
ภาพที่ 1 ผลลัพธ์ตัวแปร Diff ในรูปแบบข้อมูลภาพ

ขั้นตอนที่ 5 หลังจากที่ได้ภาพความแตกต่าง จากขั้นตอนที่ 4 ทำการนับและคำนวณพิกเซลสีขาวที่เกิดขึ้นในภาพ ซึ่งจะได้ค่าความแตกต่างของภาพ (Constant Different) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะขอเรียกว่า ค่าการตรวจจับความเคลื่อนไหว (Index Detection) เพื่อความง่ายต่อการทดลอง

ขั้นตอนที่ 6 กำหนดค่าขั้นต่ำของค่าการตรวจจับความเคลื่อนไหว (Index Detection) ซึ่งเมื่อค่าการตรวจจับความเคลื่อนไหวมีค่ามากกว่าที่กำหนดค่าขั้นต่ำ โปรแกรมจะส่งสัญญาณ GPIO แรงดัน 5 VDC ไปที่รีเลย์ เพื่อสั่งการให้ควบคุมระบบไฟฟ้าต่าง ๆ แบบอัตโนมัติ แต่ถ้าค่าการตรวจจับความเคลื่อนไหวน้อยกว่าค่าขั้นต่ำของการตรวจจับ โปรแกรมจะหยุดส่งสัญญาณ GPIO แรงดัน 5 VDC ไปที่รีเลย์ทันที ดังแสดงในภาพที่ 2



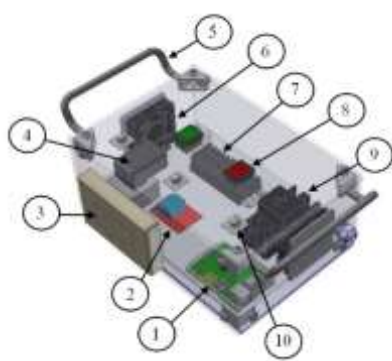
ภาพที่ 2 Flowchart การทำงานโปรแกรมของ
 ระบบตรวจจับการเคลื่อนไหววัตถุด้วยการประมวลผลภาพ



ระบบตรวจจับการเคลื่อนไหววัตถุด้วยการประมวลผลภาพ (ต่อ)

ขั้นตอนการทดลอง

โครงสร้างเครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยการประมวลผลภาพ



ภาพที่ 3 เครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยการประมวลผลภาพ

จากภาพที่ 3 ส่วนประกอบโครงสร้างการตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยการประมวลผลภาพ ปิด-เปิด ระบบไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ดังต่อไปนี้

หมายเลข 1 บอร์ดควบคุม Raspberry Pi 3 Model B
 หมายเลข 2 บอร์ดรีเลย์ (Relay Module)
 หมายเลข 3 ปลั๊กไฟสำหรับต่อเครื่องใช้ไฟฟ้า
 หมายเลข 4 หม้อแปลงไฟสำหรับต่อไฟเข้าบอร์ดควบคุม
 หมายเลข 5 ด้ามจับเครื่อง

หมายเลข 6 พัดลมระบายอากาศ
 หมายเลข 7 เสาต่อสายไฟ (Terminal Block)
 หมายเลข 8 สวิตช์เปิด-ปิดเครื่อง และสวิตช์บายพาส
 หมายเลข 9 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)
 หมายเลข 10 สัญญาณไฟบอกสถานะของเครื่อง

การติดตั้งกล้องในการทดลอง จะติดตั้งกล้องในมุม Top View หรือมุมมองของกล้องวงจรปิด คือ ติดอยู่มุมห้อง ที่ความสูง 2.5 เมตร เพื่อมุมมองในภาพที่จะใช้ในโปรแกรมตรวจจับเป็นมุมกว้างและสามารถมองเห็นได้อย่างทั่วทั้งห้อง ห้องที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 8 เมตร x 16 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การติดตั้งกล้อง และห้องที่ใช้ในการทดลอง

จากการตรวจจับการเคลื่อนไหว ค่าการตรวจจับจะแปรผันกับจำนวนมนุษย์ คือ เมื่อมีมนุษย์เพิ่มขึ้น ค่าการตรวจจับจะเพิ่มขึ้นตาม จากตารางที่ 1 ได้ทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวภายในห้องเรียน ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งเป็นสถานที่ที่มีจำนวน

นักศึกษาใช้งานอยู่มาก แต่การทดลองนี้ต้องการค่าขั้นต่ำที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานโปรแกรมตรวจจับ ดังนั้นการทดลองจะมุ่งเน้นไปที่การตรวจจับที่ปริมาณคนน้อยที่สุดหรือก็คือหนึ่งคน



ภาพที่ 5 ตัวอย่างการทดลองเบื้องต้นในปริมาณคนจำนวนมากกว่า 10 คนขึ้นไป

ตารางที่ 1 ค่าการตรวจจับจำนวนคนที่ใช้ในการทดลองภายในห้องเรียน

จำนวนคน	ค่าการตรวจจับ (Index Detection)
0	205312
1	286752
3	578163
>10	12640531

การตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยการประมวลผลภาพ ปิด-เปิด ระบบไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบการตรวจจับการเคลื่อนไหวในห้อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ คือ หลอดไฟ ดังแสดงในภาพที่ 6 เพราะ การตรวจจับของงานวิจัยนี้ใช้การเปรียบเทียบภาพ ดังนั้นเรื่องแสงไฟจึงมีส่วนในการตรวจจับการเคลื่อนไหว

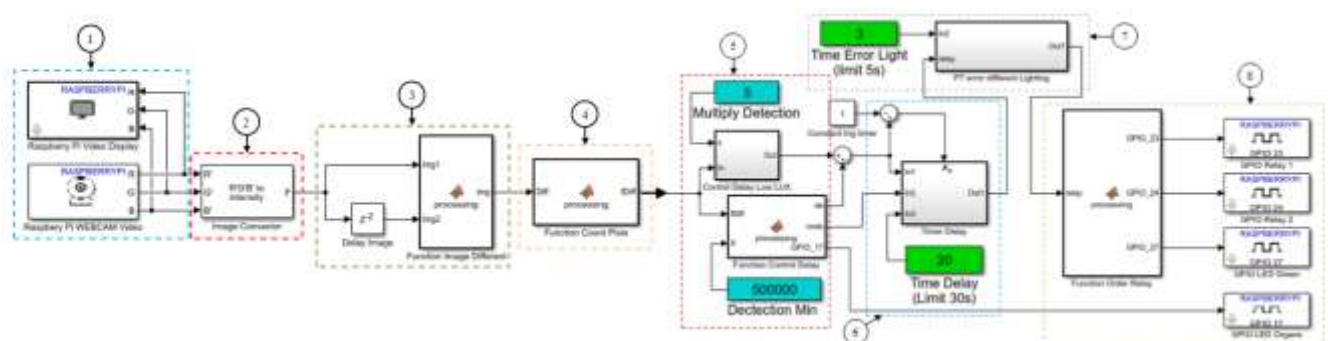


ภาพที่ 6 การติดตั้งหลอดไฟเพื่อใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 7 ระบบตรวจจับการเคลื่อนไหววัตถุด้วยการประมวลผลภาพ

จากภาพที่ 7 แสดงภาพรวมระบบตรวจจับการเคลื่อนไหววัตถุด้วยการประมวลผลภาพ ปิด-เปิด ระบบไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบการตรวจจับการเคลื่อนไหวในห้องในขั้นตอนการออกแบบนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1. การออกแบบชุดประมวลผลภาพ 2.การออกแบบชุดสั่งการใช้งานรีเลย์3.การออกแบบชุดควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า และ 4.การออกแบบชุดสั่งงานไฟ LED บอกสถานะของเครื่อง



ภาพที่ 8 โปรแกรมตรวจจับที่พัฒนาบน Simulink และการแบ่งส่วนการทำงานต่าง ๆ ของโปรแกรม

จากภาพที่ 8 โปรแกรมตรวจจับที่พัฒนาบน Simulink และการแบ่งส่วนการทำงานต่าง ๆ ของโปรแกรมตรวจจับการเคลื่อนไหววัตถุด้วยการประมวลผลภาพ ดังต่อไปนี้

หมายเลข 1 การรับภาพจากกล้อง

หมายเลข 2 การแปลงภาพจากภาพสีเป็นภาพสีเทา

หมายเลข 3 การเปรียบเทียบภาพ

หมายเลข 4 การนับจำนวนพิกเซลของภาพ

หมายเลข 5 การประมวลผลค่าตัวเลขในการตรวจจับ

หมายเลข 6 การนับเวลาถอยหลังเพื่อปิดการสั่งงานรีเลย์

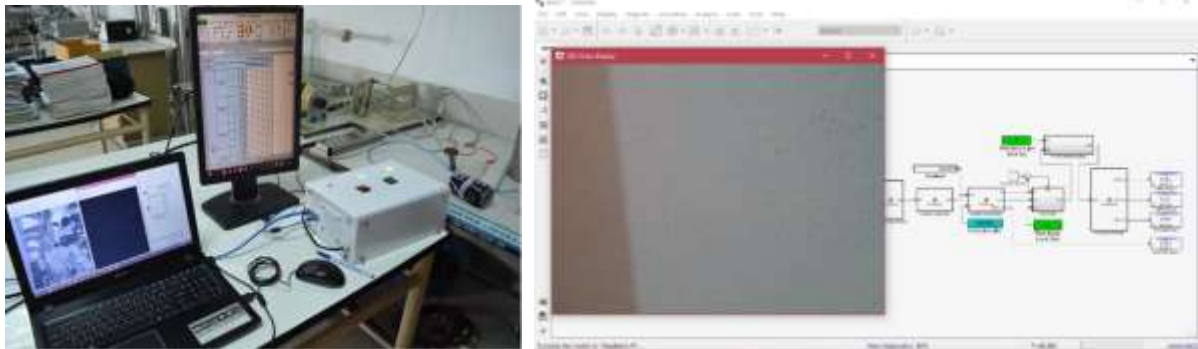
หมายเลข 7 การป้องกันการตรวจจับของภาพจากแสงเมื่อหลอดไฟหยุดทำงาน

หมายเลข 8 การสั่งงาน GPIO เพื่อควบคุมรีเลย์

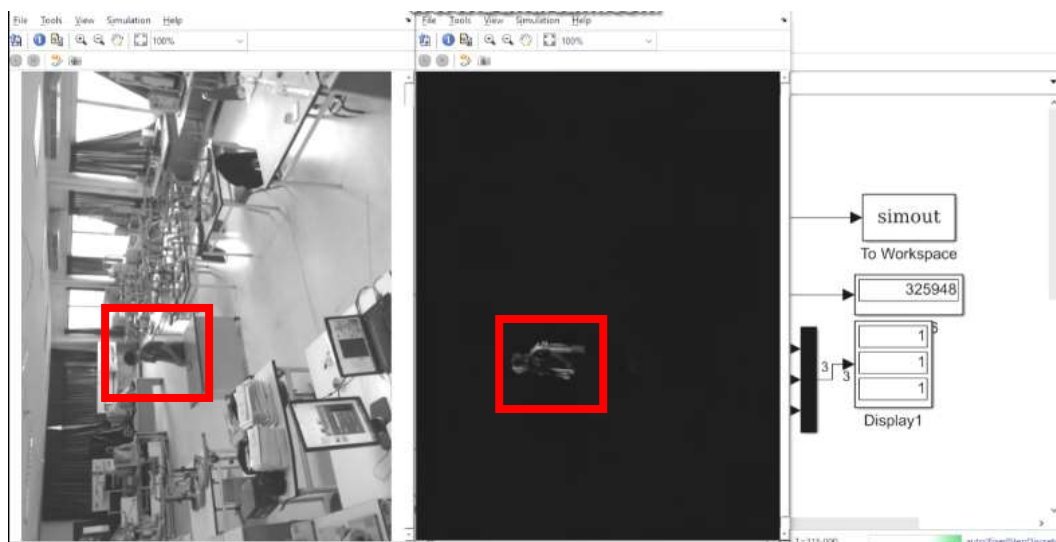
การทดลองและวิเคราะห์ผล

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองเพื่อหาค่าขั้นต่ำของการตรวจจับ (Minimum Index Detection) ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานโปรแกรมตรวจจับ ดังแสดงในภาพที่ 9 โดยตรวจจับการเคลื่อนไหวจำนวน 1 คน จะวัดผลจากลักษณะท่าทางการ

เคลื่อนไหวพื้นฐานของมนุษย์ในระยะต่าง ๆ เป็นเวลา 5 วินาที จะเก็บผลจากค่าการตรวจจับการเคลื่อนไหวต่าง ๆ เป็นหลัก อ้างอิงกับข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ระยะทาง ขนาดของมนุษย์ และความสว่างของแสง ดังแสดงในภาพที่ 10

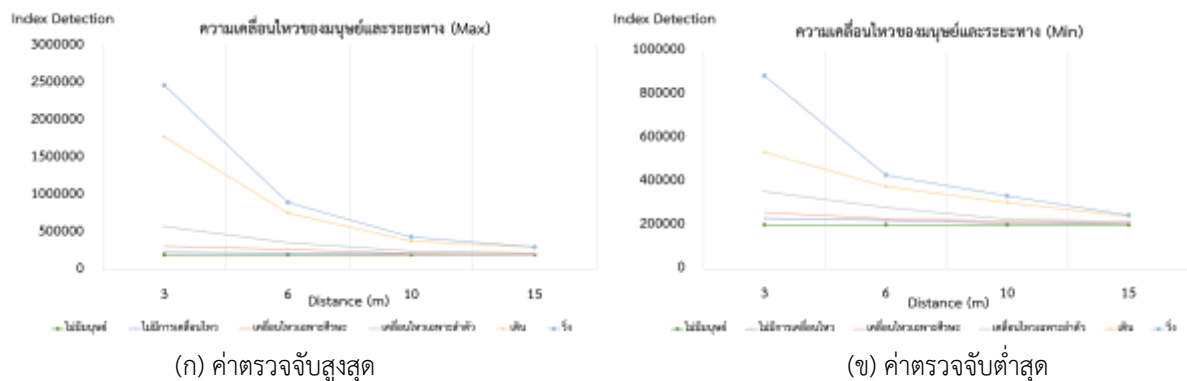


ภาพที่ 9 การตรวจจับการเคลื่อนไหว



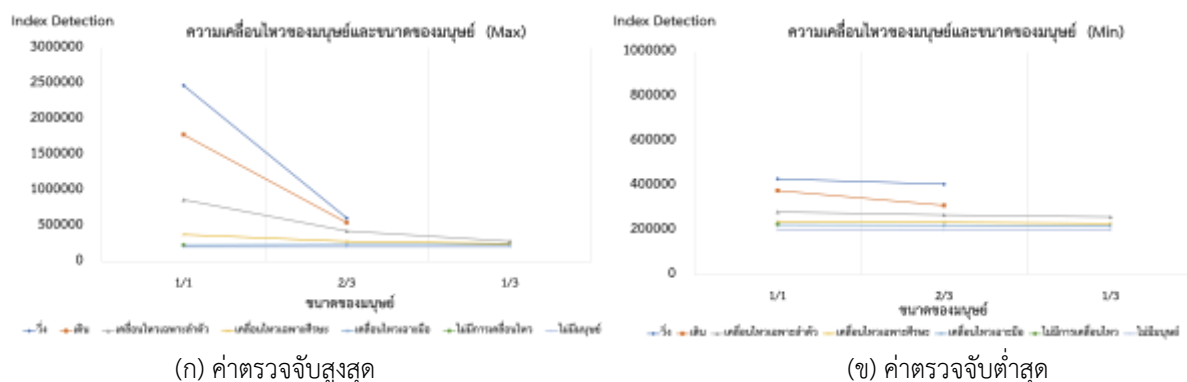
ภาพที่ 10 โปรแกรมการตรวจจับการเคลื่อนไหว

การทดลองที่ 1 ระหว่างความเคลื่อนไหวของมนุษย์และระยะทาง โดยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เช่น วิ่ง เดิน เคลื่อนไหวเฉพาะลำตัว เคลื่อนไหวเฉพาะศีรษะ ไม่มีการเคลื่อนไหว และไม่มีมนุษย์ ระยะทาง ได้แก่ 3, 6, 10 และ 15 เมตร ตามลำดับ ที่ความสว่าง 70 Lux พบว่า การตรวจจับตั้งแต่ 10 เมตร ขึ้นไป ในท่าทางเคลื่อนไหวเล็กน้อย จะมีค่าที่ใกล้เคียงกันทำให้มีปัญหาในการกำหนดตรวจจับขั้นต่ำที่จะใช้ในการประมวลผล ซึ่งจากการประเมินค่าขั้นต่ำในส่วนที่ไม่มีมนุษย์จะอยู่ระหว่าง 200,000 - 225,000 พิกเซล ในค่าระหว่างนี้ยังไม่รวมการผิดพลาดของการตรวจจับ เช่น การเคลื่อนไหวของผ้า่านภายในห้อง ดังแสดงในภาพที่ 11 (ก) และค่าขั้นต่ำของการตรวจจับ (Minimum Index Detection) เท่ากับ 230,000 พิกเซล โดยพิจารณาจากการเคลื่อนไหวส่วนศีรษะที่ระยะ 6 เมตร การเคลื่อนไหวลำตัวที่ระยะ 10 เมตร การเดินที่ระยะทาง 15 เมตร เพราะในข้อมูลการทดลองค่าการตรวจจับท่าทางต่าง ๆ ในช่วง 200,000 - 240,000 พิกเซล มีการเปลี่ยนแปลงของค่าใกล้เคียงกับตอนที่ไม่มีมนุษย์อยู่ภายในห้อง ซึ่งอาจจะเกิดความผิดพลาดในการตรวจจับพบมนุษย์ ดังนั้นค่าการตรวจจับช่วงที่ไม่มีมนุษย์เป็นค่าตั้งต้นบวกประมาณ 7 เปอร์เซนต์จากค่าเฉลี่ยในขณะไม่มีมนุษย์ ดังแสดงในภาพที่ 11 (ข)



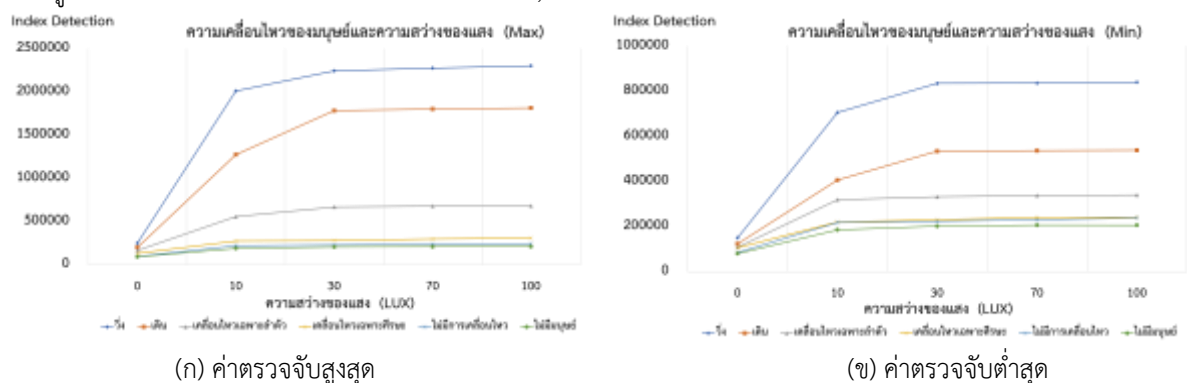
ภาพที่ 11 การทดลองระหว่างความเคลื่อนไหวและระยะทาง

การทดลองที่ 2 ระหว่างความเคลื่อนไหวของมนุษย์และขนาดของมนุษย์ โดยกำหนดขนาดของมนุษย์ในการตรวจจับดังต่อไปนี้ 1/1 คือ เต็มตัว เช่น เดินหรือวิ่ง 2/3 คือ กรณิเดินผ่านโต๊ะภายในห้อง และ 1/3 คือการนั่งด้านหลังโต๊ะภายในห้อง ที่ความสว่าง 70 Lux พบว่า ค่าขั้นต่ำของการตรวจจับการเคลื่อนไหวสูงตามขนาดของมนุษย์ โดยมีค่าเท่ากับ 230,000 พิกเซล จะอยู่ในช่วงค่าสูงสุดและต่ำสุดของการเคลื่อนไหวเฉพาะศีรษะ ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสม เพราะ มนุษย์จะเคลื่อนไหวร่างกายโดยธรรมชาติภายใน 5 วินาที ทำให้มนุษย์จะมีการเคลื่อนไหวใน 20 วินาทีตามที่ตั้งไว้ในกรอบเวลาของโปรแกรมตรวจจับดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 การทดลองระหว่างความเคลื่อนไหวและขนาดของมนุษย์

การทดลองที่ 3 ระหว่างความเคลื่อนไหวของมนุษย์และความสว่างของแสง โดยขนาดมนุษย์ตัวเต็มและระยะตรวจจับอยู่ที่ 6 เมตร ซึ่งแสงสว่างของไฟมีผลต่อการตรวจจับ มีค่าสูงขึ้นตามค่าความสว่างของแสงที่ความสว่างของแสง 10 - 30 Lux และที่ค่าความสว่างมากกว่า 30 Lux ค่าการตรวจจับจะอยู่ในช่วงเดียวกันโดยค่าเฉลี่ยของแสงสว่างจากหลอดไฟภายในห้องจะอยู่ที่ 70 Lux ดังนั้นการตรวจจับที่ใช้ค่าขั้นต่ำที่ 230,000 พิกเซล เป็นค่าที่เหมาะสม ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 การทดลองระหว่างความเคลื่อนไหวและความสว่างของแสง

การทดลองและผลการทดลองการควบคุมระบบปิด-เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในสถานะจริง

ค่าขั้นต่ำของการตรวจจับที่ได้จากการทดลอง จะทำการบันทึกลงในโปรแกรมบน Simulink ค่า TEL (Time Error Light) บันทึกที่บล็อก Time Error Light ค่าเท่ากับ 5 วินาที และค่าขั้นต่ำของการตรวจจับเท่ากับ 230,000 พิกเซล บันทึกที่บล็อก Minimum Index Detection การทดลองจะทดลองเมื่อเครื่องตรวจจับทำงานรูปแบบ Standalone เพื่อตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมตรวจจับเมื่อรันบนบอร์ดควบคุม การทดลองนี้จะทำการบันทึกผลเป็นการทำงานของหลอดไฟว่าทำงานหรือไม่ (On และ Off) การทำงานปกติ คือ หลอดไฟเปิดขณะมีมนุษย์นั่งแล้วเคลื่อนไหว โดยการโยกศีรษะและแบบเดินในระยะต่าง ๆ และปิดตัวลงเมื่อไม่มีมนุษย์อยู่ในระยะตรวจจับ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 30 วินาที ในแต่ละช่องการทดลอง

ตารางที่ 2 ทดสอบระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า รูปแบบรันบน Simulink

ระยะการตรวจจับ (m)	ลักษณะการเคลื่อนไหว	ความเร็วในการเคลื่อนที่ (m/s)	สถานะการจ่ายไฟ
3	วิ่ง	1.50	On
	เดิน	0.80	On
	นั่งและเคลื่อนไหวศีรษะ	0.15	On
	นั่งและไม่เคลื่อนไหว	0.00	On
6	วิ่ง	1.50	On
	เดิน	0.80	On
	นั่งและเคลื่อนไหวศีรษะ	0.15	On
	นั่งและไม่เคลื่อนไหว	0.00	Off
10	วิ่ง	1.50	On
	เดิน	0.80	On
	นั่งและเคลื่อนไหวศีรษะ	0.15	Off
	นั่งและไม่เคลื่อนไหว	0.00	Off
15	วิ่ง	1.50	On
	เดิน	0.80	On
	นั่งและเคลื่อนไหวศีรษะ	0.15	Off
	นั่งและไม่เคลื่อนไหว	0.00	Off

ตารางที่ 3 ทดสอบระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า รูปแบบ Standalone

ระยะการตรวจจับ (m)	ลักษณะการเคลื่อนไหว	ความเร็วในการเคลื่อนที่ (m/s)	สถานะการจ่ายไฟ
3	วิ่ง	1.5	On
	เดิน	0.8	On
	นั่งและเคลื่อนไหวศีรษะ	0.15	On
	นั่งและไม่เคลื่อนไหว	0	On
6	วิ่ง	1.5	On
	เดิน	0.8	On
6	นั่งและเคลื่อนไหวศีรษะ	0.15	On
	นั่งและไม่เคลื่อนไหว	0	Off
10	วิ่ง	1.5	On
	เดิน	0.8	On
	นั่งและเคลื่อนไหวศีรษะ	0.15	Off
	นั่งและไม่เคลื่อนไหว	0	Off
15	วิ่ง	1.5	On
	เดิน	0.8	On
	นั่งและเคลื่อนไหวศีรษะ	0.15	Off
	นั่งและไม่เคลื่อนไหว	0	Off

จากการทดลองข้างต้น จะเห็นได้ว่าผลการทดลองเหมือนกัน ดังนั้นการทำงานบน Simulink และการทำงานแบบ Standalone มีการทำงานของโปรแกรมเหมือนกันแสดงให้เห็นว่าการโปรแกรมตรวจจับบนบอร์ดควบคุมทำงานปกติ และจากตารางการทดลองจะเห็นถึงขอบเขตการตรวจจับที่กล่าวไว้ใน การทดลองค่าการตรวจจับ คือ มีระยะการตรวจจับที่ 15 เมตร เมื่อเคลื่อนไหวแบบเดินหรือวิ่ง และระยะการตรวจจับ 6 เมตร เมื่อนั่ง และเคลื่อนไหวศีรษะ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า การตรวจจับมนุษย์จำนวน 1 คน ค่าการตรวจจับมนุษย์ในการเคลื่อนไหวนที่มีความเร็วในการเคลื่อนไหวนต่ำ (0 m/s - 0.15 m/s) จะมีค่าการตรวจจับต่ำสุดอยู่ในช่วง 200,000 - 225,000 พิกเซล ในสภาวะปกติ และความสว่างของแสงอยู่ที่ 70 Lux แต่ค่าการตรวจจับกรณีที่ไม่มียุทธศาสตร์จะมีค่า 200,000 พิกเซล โดยเฉลี่ย ดังนั้นค่าการควบคุมในการตั้งค่าโปรแกรม จะใช้ค่าการตรวจจับในกรณีที่ไม่มีมนุษย์เท่ากับ 200,000 พิกเซล บวกค่าเซฟตี้เออเรอร์ (Safety Error) คิดเป็นร้อยละ 7% เพื่อป้องกันการตรวจจับที่เกิดความเคลื่อนไหวนอกเหนือจากมนุษย์ เช่น ผ้า่านภายในห้อง เป็นต้น ฉะนั้นค่าที่ใช้ในการตั้งค่าโปรแกรมจะเท่ากับ 230,000 พิกเซล

ระยะเวลาการโฟกัสของกล้องที่ใช้เวลาในการโฟกัสนานที่สุด คือ 4.3 วินาที ค่าความสว่างของแสงจะลดลงจาก 70 Lux ไปจนถึง 0 Lux โดยการปิดหลอดไฟภายในห้อง ฉะนั้นการตั้งค่าในโปรแกรมในส่วนของการป้องกันการย้อนกลับของแสงเท่ากับ 5 วินาที โดยใช้ค่าจำนวนเต็มเพื่อความรวดเร็วในประมวลผล

ผลการทดลองการควบคุมระบบ ปิด - เปิด ในสภาวะจริง จากการทดลองการทำงานของโปรแกรมโดยใช้การใช้งานแบบ Simulink และแบบ Standalone ผลการทดลองการทำงานเหมือนกัน ฉะนั้นการทำงานแบบ Standalone บนเครื่องตรวจจับนั้น มีการทำงานปกติไม่ต่างจากการทำงานในโปรแกรม Simulink บนคอมพิวเตอร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี ที่สนับสนุนทางด้านห้องในการทดลอง และขอขอบคุณสถานที่สำหรับสร้างเครื่องมือทดลอง เครื่องมือวัด และโปรแกรม MATLAB R2022b ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารอ้างอิง

- Kim, W.-S., Lee, D.-H., Kim, Y.-J., Kim, T., Hwang, R.-Y., & Lee, H.-J. (2020). Path Detection for Autonomous Traveling in Orchards Using Patch-Based CNN, *Computers and Electronics in Agriculture*, 175.
- Shin, Y., Kim, M., Pak, K.-W., & Kim, D. (2020). Practical Methods of Image Data Preprocessing for Enhancing the Performance of Deep Learning Based Road Crack Detection. *ICIC Express Letters, Part B: Applications*, 11(4), 373-379.
- Fujiyoshi, H., Hirakawa, T., & Yamashita, T. (2019). Deep Learning-based Image Recognition for Autonomous Driving, *IATSS Research*, 43(4), 244-252.
- Blok, P. M., Boheemen, K. van., Evert, F. K. van., IJsselmuiden, J., & Kim, G.-H. (2019). Robot Navigation in Orchards with Localization Based on Particle Filter and Kalman Filter. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157, 261-269.
- ทรงพล นามคุณ. (2557). ระบบแจ้งเตือนและติดตามการบุกรุกที่พักอาศัยด้วยการประมวลผลภาพ. *วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 1(1), 32-38.
- ชูไฮตี สนิ, อีรพงษ์ ฉิมเพชร, นราธร สังข์ประเสริฐ และ จริญญา เจริญเนตรกุล. (2563). ตัวตรวจจับรถไฟด้วยหลักการประมวลผลสัญญาณวิดีโอสำหรับเครื่องกันทางอัตโนมัติ. *RMUTI JOURNAL Science and Technology*, 13(2), 86-99.
- บอย ดาศรี และ นรภัทร สานุจิตร. (2564). ระบบการตรวจจับไฟไหม้ด้วยวิธีการหาเส้นขอบของภาพและระบบสี HSV. *วารสารวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และนวัตกรรม*, 2(1), 10-14.
- ภาณุวัฒน์ สกุลวุฒิชัย และ สัญญา พันธุ์แพง. (2564). การพัฒนาเทคนิคการตรวจจับควันไฟด้วยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ. *การประชุมวิชาการระดับปริญญาตรีภูมิภาคเอเชีย ครั้งที่ 9 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล*, 942-951.
- Kunghun W. and Tantrapiwat A. (2018). Development of a vision based mapping in rubber tree orchard. *In 2018 International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST)*, 1-4.
- Kunghun W. and Tantrapiwat A. (2022). A RUBBER TREE ORCHARD MAPPING METHOD VIA IMAGE PROCESSING. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 18(4), 1181-1201.
- McAndrew, A. (2004). An introduction to digital image processing with MATLAB. Course Technology Press.
- Otsu N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE transactions on systems, man and cybernetics*, 9(1), 62-66.

Translated Thai References

- Namkun, S. (2014). An Intelligent Intrusion Detection System and Tracking with Image Processing. *Journal of Information Technology Management and Innovation*, 1(1), 32-38.

- Sani S., Chimphet T., Sangprasert N. and Charoennatkul C. (2020). Trains Detection Using Video Processing Method for Automation Railroad Crossing. *RMUTI JOURNAL Science and Technology*, 13(2), 86-99.
- Dasri B. & Sanujit N. (2021). Fire Detection System by Using Finding Contour and HSV model. *Science Technology and Innovation (STIJ)*, 2(1), 9-14.
- Sakunwongschai P. and Phanphaeng S. (2021). The development of smoke detection techniques with technology Image processing. *The 9th Asia Undergraduate Conference on Computing : AUCC. Rajamangala University of Technology Rattanakosin Wang Klai Kangwon Campus*, vol.9, 942-951.