



ระบบสมองกลฝังตัวสำหรับการควบคุมประตูอัตโนมัติด้วยใบหน้า Embedded system for automatic door control with recognizing faces

ธนพร พยอมใหม่* วิทยุญ ศิลาบุตร ไมตรี ธรรมมา วิชชุพงษ์ วิบูลเจริญ และ สมสิน วาขุณฑ

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

Tanaporn Payommai, Winyou Silabut, Maitree Thumma, Vichupong Wiboonjaroen
and Somsin Wangkhuntod

Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,

Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima 30000

Received: 29 May 2021/ Revised: 24 June 2021/ Accepted: 28 June 2021

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีในการประมวลผลภาพได้มีการพัฒนาขึ้นมาเป็นอย่างมาก โดยเป็นการนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ เช่น การสแกนลายนิ้วมือ การสแกนม่านตา และการวิเคราะห์ใบหน้า เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการทำงานของระบบการตรวจจับใบหน้าและการวิเคราะห์ใบหน้ามาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบรักษาความปลอดภัยในการเปิดประตูเข้าออกสถานที่ โดยมีการออกแบบและสร้างระบบฝังตัวสำหรับการควบคุมประตูอัตโนมัติโดยการตรวจจับใบหน้า ซึ่งมีบอร์ด Raspberry Pi เป็นตัวกลางในการควบคุมการทำงานและประมวลผลในการตรวจจับใบหน้าและวิเคราะห์ใบหน้า ใช้กล้องเว็บแคมในการตรวจจับภาพเพื่อนำมาประมวลผล และส่งไปยังรีเลย์เพื่อให้กลอนโซลินอยด์ปลดล็อคประตู และมีจอแสดงผลแอลซีดี เพื่อใช้แสดงผลข้อมูลของใน หน้าและเวลาในการวิเคราะห์ใบหน้าซึ่งจะใช้ภาษาไพธอนในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบจากการทดลองระบบพบว่า ระบบสามารถทำการตรวจจับใบหน้าเพื่อมาวิเคราะห์ใบหน้าในบริเวณที่มีค่าความสว่างที่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งอยู่ในช่วงน้อยกว่า 100-1000 ลักซ์ มีค่าความถูกต้องในการวิเคราะห์ใบหน้าอยู่ที่ 80-100 เปอร์เซ็นต์ มุมของใบหน้าที่ใช้ตรวจจับใบหน้า เพื่อวิเคราะห์ใบหน้าที่มีค่าความถูกต้องที่สุด คือ ใบหน้ามุมตรงและจำนวนข้อมูลใบหน้าของบุคคลในฐานะข้อมูลตั้งแต่ 1-30 ข้อมูล ใช้เวลาในการทำงานของระบบไม่แตกต่างกัน โดยใช้เวลาประมาณ 5 วินาที

คำสำคัญ: การตรวจจับใบหน้า วิเคราะห์ใบหน้า การประมวลผลภาพ



Abstract

Nowadays, the technology in image processing has developed a lot by bringing images to process or calculate with computers to get the required information both qualitatively and quantitative, such as fingerprint scanning Iris scan facial analysis, etc. Therefore, the face preparation to study the function of the face detection system and face analysis applied in conjunction with a security system to open the door to the place. This article is the design and construction of an embedded system for automatic door control by face detection. Raspberry Pi is an intermediary in the control and processing of face detection and face analysis. Use a webcam to detect images for processing and sent to the relay for the solenoid latch to unlock the door and has a LCD display to display the information of the face and the time in the face analysis, which uses Python to program to control the operation of the system. From the system experiment, the system can detect water to analyze faces in areas with visible brightness. Which is in the range less than 100-1000 lux has an accuracy of Face analysis is 80-100 percent, the angle of the face used to detect the face. The most accurate face analyzes were faces, angles, and number of human face data in the database from 1-30. It takes about 5 seconds.

Keywords: Recognizing faces, Facial analysis, Image processing

บทนำ

ในปัจจุบันระบบรักษาความปลอดภัยในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นระบบรักษาความปลอดภัยในการเข้า-ออกอาคาร สถานที่ ระบบรักษาความปลอดภัยของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และระบบรักษาความปลอดภัยของตู้เก็บสินค้า ได้มีการนำเอาเทคโนโลยีในด้านต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบ เช่น การนำเอาระบบ RFID หรือระบบบาร์โค้ดมาประยุกต์ใช้กับระบบการเปิดประตูในสถานที่ต่าง ๆ การใช้ RFID ในระบบบริหารบุคคลของบริษัท และการใช้รหัสผ่านในการเข้าใช้งานระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งการนำเอาเทคโนโลยีข้างต้นมาประยุกต์ใช้จะทำให้ระบบรักษาความปลอดภัยมีประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถจำกัดผู้ใช้งานของระบบ และสามารถระบุบุคคลที่สามารถเข้าใช้งานได้ แต่ระบบที่มีการประยุกต์ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีข้างต้นยังคงมีข้อเสีย คือ มีการสวมสิทธิ์ในการใช้งาน หรือมีการใช้งานจากบุคคลอื่นที่ไม่ใช่เจ้าของสิทธิ์ อาจจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สินหรือระบบได้ และปัจจุบันเทคโนโลยีในการประมวลผลภาพได้มีการพัฒนาขึ้นมาเป็นอย่างมาก โดย

เป็นการนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ เช่น การสแกนลายนิ้วมือ การสแกนม่านตา การวิเคราะห์ใบหน้าที่ การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต และระบบอ่านรหัสไปรษณีย์อัตโนมัติ เป็นต้น ซึ่งมีการพัฒนาระบบประมวลผลภาพบนกล้องแบบฝังตัวเพื่อใช้สำหรับการตรวจจับภาพในการหาตำแหน่งที่จอดรถ [1] นอกจากนี้ระบบสมองกลฝังตัวยังสามารถใช้สำหรับโรงเรือนปลูกแคนตาลูปให้ได้ผลดี [2] เทคโนโลยี RFID ยังสามารถใช้ตรวจจับรถยนต์เข้าออกประตู [3] อีกทั้งในปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัวได้ถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานและการประมวลผลสูงขึ้นจากเดิมเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงได้มีการนำมาใช้เป็นระบบปฏิบัติการในบางประเภทแทนคอมพิวเตอร์ เนื่องจากมีราคาที่ถูกและสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ จากปัญหาและปัจจัยดังกล่าวนี้ คณะผู้วิจัยจึงได้นำเอาเทคโนโลยีการประมวลผลภาพในด้านวิเคราะห์ใบหน้าที่ มาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบรักษาความปลอดภัยโดยใช้บอร์ด Raspberry Pi เป็นระบบ



ประมวผลในการทำงาน เพื่อป้องกันการสวมสิทธิ์ในการใช้งาน และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบรักษาความปลอดภัยให้สูงขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ระบบรู้จำใบหน้า

1.1.1 ระบบรู้จำใบหน้า คือ ระบบที่ออกแบบมาเพื่อทำการเปรียบเทียบใบหน้าของบุคคลกับฐานข้อมูลของใบหน้าโดยอัลกอริทึมที่ใช้ในขั้นตอนการสร้างแม่แบบ และขั้นตอนการเปรียบเทียบอาจแตกต่างกันไปโดยขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบของ ซึ่งระบบรู้จำใบหน้าจะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ การตรวจจับใบหน้าและการรู้จำใบหน้า [4]

1.1.2 การตรวจจับใบหน้า (face detection)

การตรวจจับใบหน้า คือ กระบวนการค้นหาใบหน้าของบุคคลจากภาพหรือวิดีโอและนำมาทำการประมวผลสำหรับขั้นตอนถัดไป

1.1.3 การรู้จำใบหน้า (face recognition)

การรู้จำใบหน้า คือ กระบวนการที่นำภาพใบหน้าที่ตรวจจับได้และประมวผลแล้วจากขั้นตอนการตรวจจับใบหน้า มาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของใบหน้าเพื่อระบุใบหน้าที่ตรวจจับได้ตรงกับบุคคล

1.2 เทคนิคการรู้จำใบหน้า

เทคนิคการรู้จำใบหน้า [5] เป็นเทคโนโลยีส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ที่จดจำลักษณะใบหน้าของบุคคล โดยนำข้อมูลรูปภาพมาหาลักษณะพิเศษ แล้วบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล และระบุตัวบุคคลได้จากการประมวผลเปรียบเทียบกับข้อมูลใบหน้าของบุคคลที่ได้บันทึกไว้ในฐานข้อมูล โดยเทคนิคการรู้จำใบหน้าที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ เทคนิคการรู้จำใบหน้าแบบโอเกนเฟส เทคนิคการรู้จำใบหน้าแบบฟิชเซอร์เฟส และเทคนิค Local Binary Pattern Histograms (LBPH) recognition

1.2.1 การรู้จำใบหน้าแบบโอเกนเฟส เทคนิคการรู้จำใบหน้าแบบโอเกนเฟส (Eigenfaces recognition) ใช้

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของข้อมูล โดยเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่นิยมใช้เพื่อลดขนาดเมตริกซ์ของตัวแปรให้เล็กลง หรือใช้หาความสัมพันธ์ของข้อมูล

1.2.2 การรู้จำใบหน้าแบบฟิชเซอร์เฟส เทคนิคการรู้จำใบหน้าแบบฟิชเซอร์เฟส (Fisher faces recognition) ใช้การวิเคราะห์จำแนกประเภทเชิงเส้นเพิ่มเติมเข้ามาจาก Eigenfaces recognition เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการจำแนกข้อมูลในกรณีที่ไม่สามารถหาลักษณะเด่นในภาพได้ครบถ้วน โดยแบ่งการทำงานเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการประมวผลก่อนและขั้นตอนทดสอบ

1.2.3 Local Binary Pattern Histograms (LBPH) recognition เป็นเทคนิคการระบุตัวตน โดยอาศัย local binary pattern ที่เป็นเทคนิคสำหรับการแยกแยะรูปแบบลักษณะพิเศษในรูปภาพ โดยนำค่า LBP ที่คำนวณได้ในแต่ละพิกเซลมาทำ histogram สำหรับการระบุลักษณะพิเศษในใบหน้า

1.3 บอร์ด Raspberry Pi

Raspberry Pi คือ บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มีความสามารถเทียบเท่ากับคอมพิวเตอร์ [6]

1.4 ระบบปฏิบัติการ Raspbian

Raspbian เป็นระบบปฏิบัติการที่ถูกพัฒนามาจาก Debian Linux โดยได้รับการออกแบบให้รันบนฮาร์ดแวร์ Raspberry Pi [7]

1.5 Open source computer vision

Open source computer vision หรือ OpenCV เป็นกลุ่มฟังก์ชันที่เรียกว่า ไบเบรารี ผู้ใช้สามารถเรียกใช้งานประมวผลอิงเวลาจริงบนคอมพิวเตอร์ เป็นโครงการของบริษัทอินเทล

1.6 กล้องเว็บแคม

กล้องเว็บแคม (webcam camera) คือ อุปกรณ์อินพุตที่สามารถจับภาพเคลื่อนไหวไปปรากฏในจอคอมพิวเตอร์

1.7 ไมโครเอสดีการ์ด

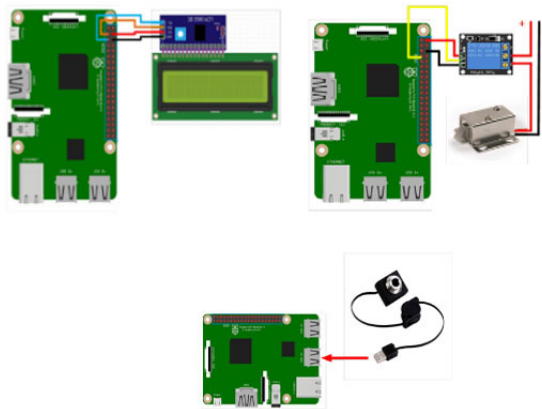
ไมโครเอสดีการ์ด (Micro SD card) คือ อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลแบบ nand flash memory ที่มีการนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิด เช่น กล้องดิจิทัล

โทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นต้น ปัจจุบันมีการพัฒนา ไมโครเอสทีการ์ดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงการออกแบบระบบฝังตัว สำหรับการควบคุมประตูอัตโนมัติ โดยการตรวจจับใบหน้า คือ การนำเอาเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการเพิ่ม ประสิทธิภาพของระบบรักษาความปลอดภัยให้สูงขึ้น และ

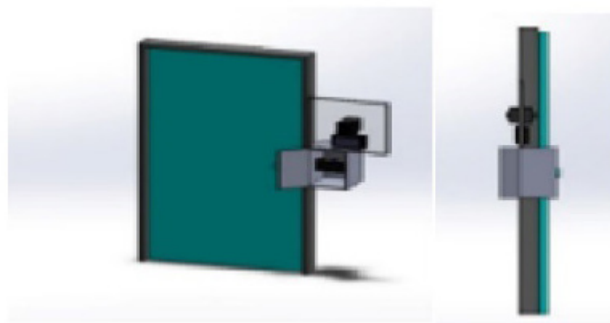
มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการ ออกแบบ การศึกษาข้อมูล การออกแบบการทำงานของ โปรแกรม โดยใช้บอร์ด Raspberry Pi และการเขียน โปรแกรมตรวจจับใบหน้า เพื่อมาควบคุมการทำงานของ ระบบ หลังจากนั้นจึงเริ่มทำการประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งหมดของระบบฝังตัวสำหรับการควบคุมประตูอัตโนมัติ โดยการตรวจจับใบหน้าตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งพิจารณา ได้แสดงดังภาพที่ 1



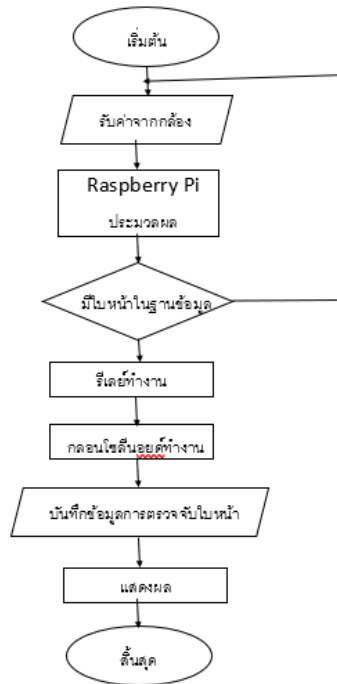
ภาพที่ 1 การออกแบบระบบภายในและภายนอกของระบบฝังตัวสำหรับการควบคุมประตูอัตโนมัติ โดยการตรวจจับใบหน้า

Raspberry Pi โดยทำการตรวจจับใบหน้าจากภาพ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับใบหน้าที่อยู่ในฐานข้อมูลด้วยการรู้ จำใบหน้า ถ้าใบหน้าที่ตรวจจับได้ตรงกับใบหน้าในฐานข้อมูล จะทำการส่งค่าลอจิก 1 ไปยังรีเลย์เพื่อให้กลอนโซลินอยด์ ทำงาน และทำการแสดงข้อมูลของใบหน้าเวลาในการ

วิเคราะห์ใบหน้าผ่านทางจอ แสดงผล และทำการบันทึก ข้อมูลลงในฐานข้อมูล ถ้าภาพที่ตรวจจับได้มีใบหน้าที่ไม่ได้ไม่ตรงกับฐานข้อมูล โดยตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ของ ระบบตามภาพที่ 2 ซึ่งมีการทำงานตามแผนงานภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ของระบบ



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

ผลการวิจัย

1. สมการที่ใช้ในการทดสอบผล

สมการหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (relative error) แสดงในสมการที่ (1)

$$\text{relative error} = \left| \frac{X_e - X_t}{X_t} \right| \quad (1)$$

เมื่อ X_e คือ ค่าที่ได้จากการวัด

X_t คือ ค่าจริง

สมการหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (%error) แสดงในสมการที่ (2)

$$\%error = \text{relative error} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ relative error คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

สมการหาค่าความถูกต้อง (%accuracy) แสดงในสมการที่ (3)

$$\%accuracy = 100 - \%Error \quad (3)$$

เมื่อ %error คือ ค่าความคลาดเคลื่อน



สมการหาค่าเฉลี่ย (average) แสดงในสมการที่ (4)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (4)$$

เมื่อ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยรวม
 X_i คือ ค่าของข้อมูลลำดับที่ i
 n คือ จำนวนข้อมูล

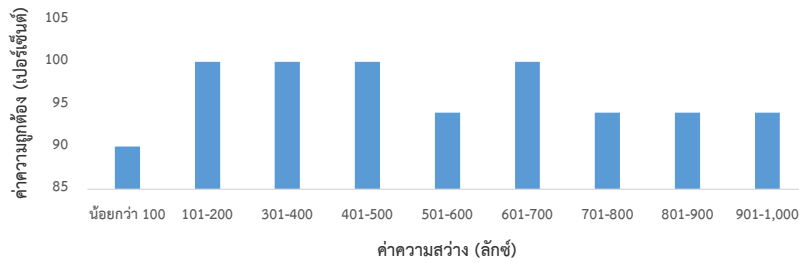
2. ขั้นตอนการทดลองความถูกต้องและความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ใบหน้าในบริเวณที่บริเวณมีค่าความสว่างต่างกัน

การทดสอบความถูกต้องและความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ใบหน้าด้วยการตรวจจับใบหน้าผ่านกล้องเว็บแคมในบริเวณที่มีค่าความสว่างที่แตกต่างกัน โดยการใช้กล้องเว็บแคมยี่ห้อ Logitech รุ่น C525 ตรวจจับใบหน้าของบุคคลในบริเวณที่มีค่าความสว่างในช่วงน้อยกว่า 100, 101-200, 201-300, 301-

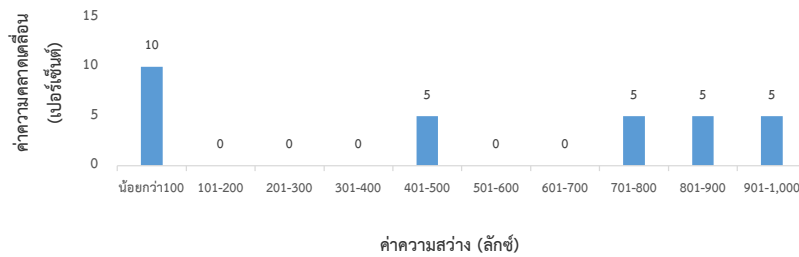
400, 401-500, 501-600, 601-700, 701-800, 801-900 และ 901-1,000 ลักซ์ ซึ่งเป็นค่าความสว่างที่สามารถมองเห็นได้โดยการใช้กล้องเว็บแคมในการวัดค่าความสว่าง ทำการตรวจจับใบหน้าจำนวน 20 ครั้ง โดยมีระยะห่างระหว่างใบหน้าที่กับกล้องเว็บแคมไม่เกิน 50 เซนติเมตร ในการทดสอบใช้บุคคลในการตรวจจับใบหน้าจำนวน 1 คน ผลที่ได้จากการทดลอง แสดงดังตารางที่ 1 รวมทั้งภาพที่ 4 และ 5

ตารางที่ 1 ผลทดลองความถูกต้องและความคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ใบหน้าแต่ละค่าความสว่าง

ครั้งที่ทดลอง	ค่าความสว่าง (ลักซ์)	จำนวนที่วิเคราะห์ใบหน้าได้ถูกต้อง (ครั้ง)	ค่าความถูกต้อง (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
1	น้อยกว่า 100	18	90	10
2	101-200	20	100	0
3	201-300	20	100	0
4	301-400	20	100	0
5	401-500	19	95	5
6	501-600	20	100	0
7	601-700	20	100	0
8	701-800	19	95	5
9	801-900	19	95	5
10	901-000	19	95	5



ภาพที่ 4 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการวิเคราะห์



ภาพที่ 5 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์

3. ขั้นตอนการทดลองความถูกต้องและความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ที่ใบหน้าของบุคคล

การทดสอบความถูกต้องและความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ที่ใบหน้าของบุคคล ทำโดยการให้บุคคลที่มี

ใบหน้าในฐานข้อมูล จำนวน 10 คน ทำการตรวจจับใบหน้า มุมตรงในการวิเคราะห์ที่ใบหน้า จำนวน 20 ครั้ง ในบริเวณที่มีความสว่างในช่วง 101-200 ลักซ์ แสดงดังตารางที่ 2 รวมทั้งภาพที่ 6 และ 7

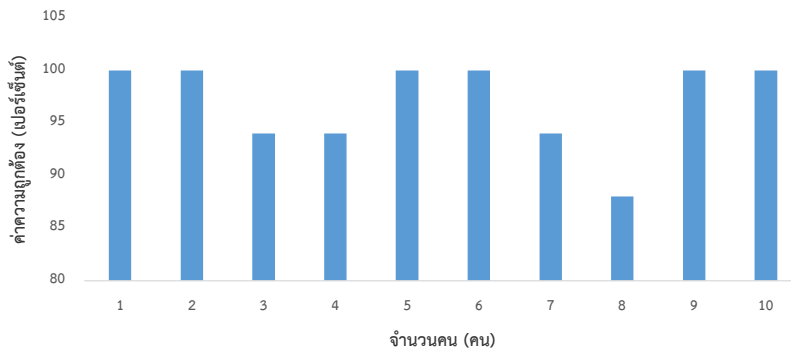
ตารางที่ 2 ผลทดลองความถูกต้องในการวิเคราะห์ที่ใบหน้าของบุคคล

คนที่	จำนวนที่วิเคราะห์ที่ใบหน้าได้ถูกต้อง (ครั้ง)	ค่าความถูกต้อง (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
1	20	100	0
2	20	100	0
3	19	95	5
4	19	95	5
5	20	100	0
6	20	100	0
7	19	95	5
8	18	90	10
9	20	100	0
10	20	100	0

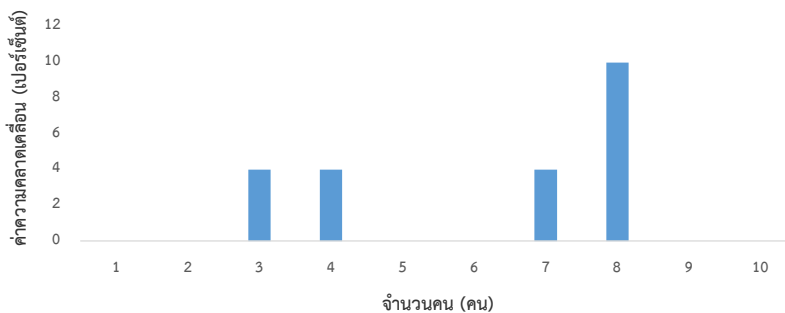


จากตารางที่ 2 ผลการทดลองความถูกต้องและความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ใบหน้าด้วยการตรวจจับใบหน้าของบุคคลที่มีใบหน้าในฐานข้อมูล จะเห็นได้ว่าระบบ

มีค่าความถูกต้องในการวิเคราะห์ใบหน้าอยู่ที่ 90, 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ใบหน้าอยู่ที่ 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 6 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการวิเคราะห์



ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์

4. ขั้นตอนการทดลองความถูกต้องและความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ใบหน้าด้วยมูมของใบหน้าที่ต่างกัน

การทดสอบความถูกต้อง และความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ใบหน้าด้วยมูมของใบหน้าที่ต่างกัน ทำโดยการตรวจจับการวิเคราะห์ใบหน้าในมูมที่ต่างกันได้แก่ มูมก้ม

มูมเงย มูมเอียงขวา และมูมตรง ซึ่งทำการตรวจจับใบหน้าในแต่ละมูม จำนวน 20 ครั้ง ในบริเวณที่มีค่าความสว่างในช่วง 101-200 ลักซ์ เพื่อหาค่าความถูกต้องและค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ใบหน้าจากการตรวจจับใบหน้าแต่ละมูม (ตารางที่ 3)



ตารางที่ 3 ผลทดลองความถูกต้องในการวิเคราะห์ใบหน้าของบุคคล

ครั้งที่ทดลอง	มุมของใบหน้าการทดสอบ	จำนวนที่วิเคราะห์ใบหน้าได้ถูกต้อง (ครั้ง)	ค่าความถูกต้อง (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
1	มุมก้ม	4	20	80
2	มุมเงย	5	25	75
3	มุมเอียงซ้าย	0	0	100
4	มุมเอียงขวา	0	0	100
5	มุมตรง	19	95	5

5. ขั้นตอนการทดลองเวลาในการประมวลผลของระบบ

การทดสอบเวลาในการประมวลผลของระบบ โดยการกำหนดจำนวนใบหน้าของบุคคลในฐานข้อมูลที่ใช้ประมวลผลวิเคราะห์ใบหน้าให้มีจำนวน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ข้อมูล แล้วทำการวิเคราะห์ใบหน้าเพื่อหาเวลาใน

การประมวลผลในแต่ละครั้ง โดยทำการวิเคราะห์ใบหน้าทั้งหมด จำนวน 10 ครั้ง ในแต่ละจำนวนใบหน้าของบุคคลในฐานข้อมูล เพื่อนำมาคำนวณหาค่าเวลาเฉลี่ยในการประมวลผลในการทำงานของแต่ละจำนวนข้อมูล (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลของการทดลองเวลาในการประมวลผลที่มีข้อมูลใบหน้าจำนวน 30 บุคคล

ครั้งที่ทดลอง	เวลาในการประมวลผล (วินาที)
1	5.09
2	5.48
3	5.21
4	5.37
5	5.46
6	5.04
7	5.18
8	5.57
9	5.28
10	5.60

จากตารางที่ 4 จะเป็นการเก็บผลระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของระบบ พบว่าระยะเวลาในการประมวลผลที่มีจำนวนของข้อมูล 30 ข้อมูล ใช้เวลาในการประมวลผลแตกต่างกันน้อย โดยค่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการ

ประมวลผลอยู่ที่ 5.31, 5.35, 5.36, 5.37, 5.35 และ 5.38 วินาที จึงสรุปได้ว่าจำนวนของข้อมูลใบหน้าของบุคคลในฐานข้อมูลตั้งแต่ 1-30 ข้อมูลไม่มีผลต่อระยะเวลาในการประมวลผลของระบบ



อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยแสดงดังภาพที่ 4 และ 5 พบว่า ค่าของความถูกต้องและค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ใบหน้าในบริเวณที่มีค่าความสว่างในแต่ละช่วง จากการตรวจจับใบหน้ามูตรงด้วยกล้องเว็บแคม มีค่าความถูกต้องในการวิเคราะห์ใบหน้าที่ 90, 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ใบหน้าอยู่ที่ 0, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ค่าความสว่างที่สามารถมองเห็นได้เพื่ออยู่ในช่วงน้อยกว่า 100-1,000 ไม่มีผลต่อค่าความถูกต้องในการวิเคราะห์ใบหน้าของระบบ

ผลการดำเนินงานโดยรวมของระบบฝังตัวสำหรับควบคุมประตูอัตโนมัติโดยการตรวจจับใบหน้า ส่วนการทำงานของระบบการวิเคราะห์ใบหน้า ผลการทดลองและผลการดำเนินงานในการตรวจจับใบหน้าของกล้องเว็บแคม ผลมีความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ใบหน้า ด้วยการตรวจจับใบหน้าของบุคคลที่มีใบหน้าในฐานข้อมูล จะเห็นได้ว่าระบบมีค่าความถูกต้องในการวิเคราะห์ใบหน้าอยู่ที่ 90, 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ใบหน้าอยู่ที่ 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาในการประมวลผลที่มีจำนวนของข้อมูล 30 ข้อมูล ใช้เวลาในการประมวลผลแตกต่างกันน้อย โดยค่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผลอยู่ที่ 5.31, 5.35, 5.36, 5.37, 5.35 และ 5.38 วินาที ซึ่งระบบมีประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลได้ดี

เอกสารอ้างอิง

1. เศรษฐา ตั้งคำวานิช, สมยศ เกียรติวินิชวิไล, สุรเชษฐ์ กานต์ประชา. ระบบสมองกลแบบฝังตัวสำหรับระบบกล้องตรวจจับ. NUEJ 2554;1(2):38-33.
2. ภูมิพัฒน์ กำคำ, ชัชวาล มงคล, สถาพร ตีโยง. การออกแบบและพัฒนาระบบสมองกลฝังตัวสำหรับโรงเรียนเพาะปลูกแคนตาลูป. วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี 2561;8 (2):77-65.
3. วิรุฬห์ ศรีบริรักษ์. การพัฒนาระบบต้นแบบการควบคุมระบบสมองกลฝังตัวระยะไกลสำหรับเทคโนโลยี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี; 2550.
4. Mns-smartpro. ระบบวิเคราะห์ใบหน้า. [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 19 ก.ค. 2563]. เข้าถึงได้จาก: www.mns-smartpro.com/Blog/ระบบวิเคราะห์ใบหน้าblog.aspx
5. เกียรติศักดิ์ ตรีประพิณ. เทคนิคการรู้จำใบหน้า. [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 19 ก.ค. 2563]. เข้าถึงได้จาก: www.ubu.ac.th/web/files_up/08f2018051009515491.pdf
6. โอภาส ศิริครรชิตถาวร. Raspberry Pi 3 บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก รู้จักและการใช้งานเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด; 2561.
7. Raspberryhome. การติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspbain บน Raspberry Pi. [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 19 ก.ค. 2563]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.raspberrypihome.net/article/2/การติดตั้ง-raspbainบน-raspberrypi>