วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน 2563

การพัฒนาระบบแจ้งเตือนสถานะการหลับในของผู้ขับรถบนท้องถนน

ธีรวัช พิเชฐรุจิโรจน์[1], ศุภิสรา พิมพ์ตะการ[1], ธนัยรัตน์ มาต๊ะ[1*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
Email : tanairat.m@mail.rmutk.ac.th[1*]

Received: May 25, 2020
Revised: June 22, 2020
Accepted: June 24, 2020

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบแจ้งเตือนสถานะการหลับในของผู้ขับรถบนท้องถนน สำหรับช่วยลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุในขณะขับรถ ระบบนี้สามารถตรวจและวิเคราะห์ลักษณะอาการของผู้ขับรถและส่งสัญญาณเตือนเมื่อผู้ขับรถมีลักษณะหลับในทันที ในบทความฉบับนี้ทำการตรวจจับลักษณะคนขับรถและวิเคราะห์ถึงลักษณะอาการหลับใน โดยใช้การวิเคราะห์อาการจาก 3 ลักษณะ ประกอบไปด้วย ลักษณะของดวงตา ลักษณะของศีรษะ และลักษณะของปาก ตามลำดับ โดยจะตรวจจับภาพผ่านโมดูลกล้องแล้วนำไปประมวลผลด้วยราสเบอร์รี่พาย รุ่น 3B+ แบบเรียลไทม์ ร่วมกับการประยุกต์ใช้การประมวลผลทางภาพมาวิเคราะห์ภาพเปรียบเทียบภาพที่ตรวจจับได้กับภาพลักษณะต้นแบบ เมื่อผลการวิเคราะห์พบว่าผู้ขับรถมีลักษณะที่แตกต่างไปจากสภาวะปกติ ระบบจะตัดสินใจว่าผู้ขับรถในขณะนั้นมีอาการหลับใน โดยระบบจะทำการส่งเสียงแจ้งเตือนโดยตรงไปยังผู้ขับรถเพื่อกระตุ้นให้กลับมาอยู่ในสภาวะปกติในทันที โดยจากผลการทดลองในบทความฉบับนี้ สามารถยืนยันได้ว่าการพัฒนาระบบแจ้งเตือนสถานะการหลับในของผู้ขับรถบนท้องถนน มีประสิทธิภาพในการนำไปประยุกต์เพื่อใช้งานในการตรวจจับและวิเคราะห์ลักษณะอาการหลับในขณะขับรถได้จริง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนในการตอบสนองการตรวจจับลักษณะของดวงตา ศีรษะ และปาก ประมาณ 4%, 5.36% และ 4.12% ตามลำดับ

คำสำคัญ : สถานะการหลับใน, การตรวจจับลักษณะของดวงตา ศีรษะ และปาก, เรียลไทม์

A Development of Real-Time Driver Drowsiness Detection System

Teerawat Pichatrujiroj[1], Supisara Pimtakarn[1], Tanairat Mata[1*]
[1]Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Krungthep
Email : tanairat.m@mail.rmutk.ac.th[1*]

Received: May 25, 2020
Revised: June 22, 2020
Accepted: June 24, 2020

Abstract

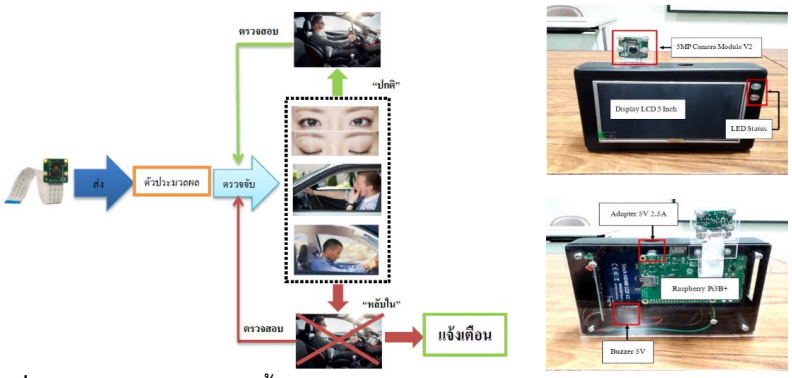
This paper proposes a development of real-time driver drowsiness detection system for reducing the chance of car accidents. The proposed system can detect and analyze the characteristics of the driver and warn the driver immediately when he is sleeping. In this paper, the system will detect the driver sleepiness from the characteristics of the eyes head and mouth, respectively via the camera module and perform their images by image processing with the Raspberry Pi 3B+ in real-time. From the experimental results in this paper, it can be confirmed that the proposed system has the potential capability to apply in the real use with the low detection response errors which are approximately 4%, 5.36% and 4.12% from eye head and mouth detector respectively.

Keywords : Driver sleepiness, Driver drowsiness detection (eyes, head and mouth), Real time

บทนำ

ปัจจุบันอุบัติเหตุบนท้องถนนในประเทศไทยมีสถิติเพิ่มขึ้น ทราบได้จากในจำนวนคน 22,356 คน เป็นจำนวนยอดผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนท้องถนนในประเทศไทย ในปี 2559 ที่ผ่านมา เฉลี่ยวันละ 62 ราย หรือคิดเป็นชั่วโมงละ 2-3 ราย โดยมีผู้รักษาตัวในโรงพยาบาลจากกรณีรถยนต์ชนประมาณ 1 แสนราย และกลายเป็นผู้พิการประมาณ 6 หมื่นคนต่อปี จากข้อมูลขององค์การอนามัยโลก ประเทศไทยมีสถิติการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนท้องถนนเป็นอันดับ 1 ของเอเชีย และเป็นอันดับ 2 ของโลก ด้วยตัวเลขอัตราการเสียชีวิต 36.2 ต่อประชากร 100,000 คน เป็นรองเพียงประเทศลิเบียที่มีอัตราการเสียชีวิต 73.4 ต่อประชากร 100,000 คน โดยอุบัติเหตุบนท้องถนนส่วนใหญ่จะเกิดในช่วงเทศกาล ซึ่งมีสาเหตุหลาย ๆ อย่าง อาทิเช่น การขับรถยนต์เร็วกว่ากำหนด การดื่มแอลกอฮอล์ขับรถยนต์ตัดหน้ากระชั้นชิด ทัศนะวิสัยการขับขี่ไม่ดี รวมถึงการหลับใน เป็นต้น จากสาเหตุต่าง ๆ จึงมีการรณรงค์เช่น เมาไม่ขับ ง่วงไม่ขับ โดยจากการรณรงค์ดังกล่าวยังไม่สามารถลดปัญหาได้เท่าที่ควร เพราะผู้ขับขี่ไม่ปฏิบัติตามเท่าที่ควร ดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นอุปกรณ์หรือนวัตกรรมต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้เพื่อลดอุบัติเหตุบนท้องในรถยนต์ อาทิเช่น อุปกรณ์ช่วยเตือนหลับในขณะขับรถด้วยสัญญาณสมอง โดยจะตรวจจับความเป็นไปได้ก่อนเกิดอาการหลับใน จากการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าสมองบริเวณส่วนหน้าร่วมกับการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของการกระพริบตา โดยจะทำงานร่วมกับการวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวของศีรษะ ซึ่งจะตรวจจับโดยใช้ระบบโมดูลกล้อง โดยเป็นการตรวจจับใบหน้าที่มากกว่าหนึ่งจุด ตรวจจับการเคลื่อนไหวของเปลือกตา ปาก และรวมไปถึงท่าทางของอาการคนหลับในและแสดงเป็นเสียงแจ้งเตือน [1]

จากการค้นคว้าการตรวจจับใบหน้าโดยการวิเคราะห์การรู้จำใบหน้า [2-4] จะมี 2 อัลกอลิทึมหลัก คือ Eigen faces Fisher faces และ Local Binary Patterns Histogram ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบแจ้งเตือนสถานะการหลับในของผู้ขับรถบนท้องถนน โดยนำหลักการจากทั้ง 2 อัลกอลิทึมมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับการประมวลผลโดย Raspberry Pi เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการหลักใจของผู้ขับโดยตรวจจับการเคลื่อนไหวของเปลือกตา ปาก และศีรษะผ่านโมดูลกล้อง โดยจะนำภาพที่ตรวจจับได้มาทำการเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบในฐานข้อมูล หากมีค่าที่ไม่สอดคล้องกันหรือไม่มีการตอบสนองตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ ระบบจะสั่งให้มีการแจ้งเตือนโดยเสียงทันทีเพื่อกระตุ้นโดยต่อตัวผู้ขับรถในขณะเวลานั้น อีกทั้งจะส่งข้อมูลเพื่อแจ้งสถานะของผู้ขับผ่านทางแอพพลิเคชั่นให้บุคคลอื่นที่เกี่ยวข้องทราบสถานะได้อีกทางหนึ่ง



รูปที่ 1 แผนภาพบล็อกและชิ้นงานระบบแจ้งเตือนการหลับในขณะขับรถบนท้องถนน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการตรวจจับวัตถุโดยการประยุกต์ใช้หลักการการประมวลภาพ

2. เพื่อนำประยุกต์ใช้งานสำหรับแจ้งเตือนผู้มีอาการหลับในขณะกำลังขับรถบนท้องได้จริงและมีประสิทธิภาพ

ระเบียบวิธีวิจัย

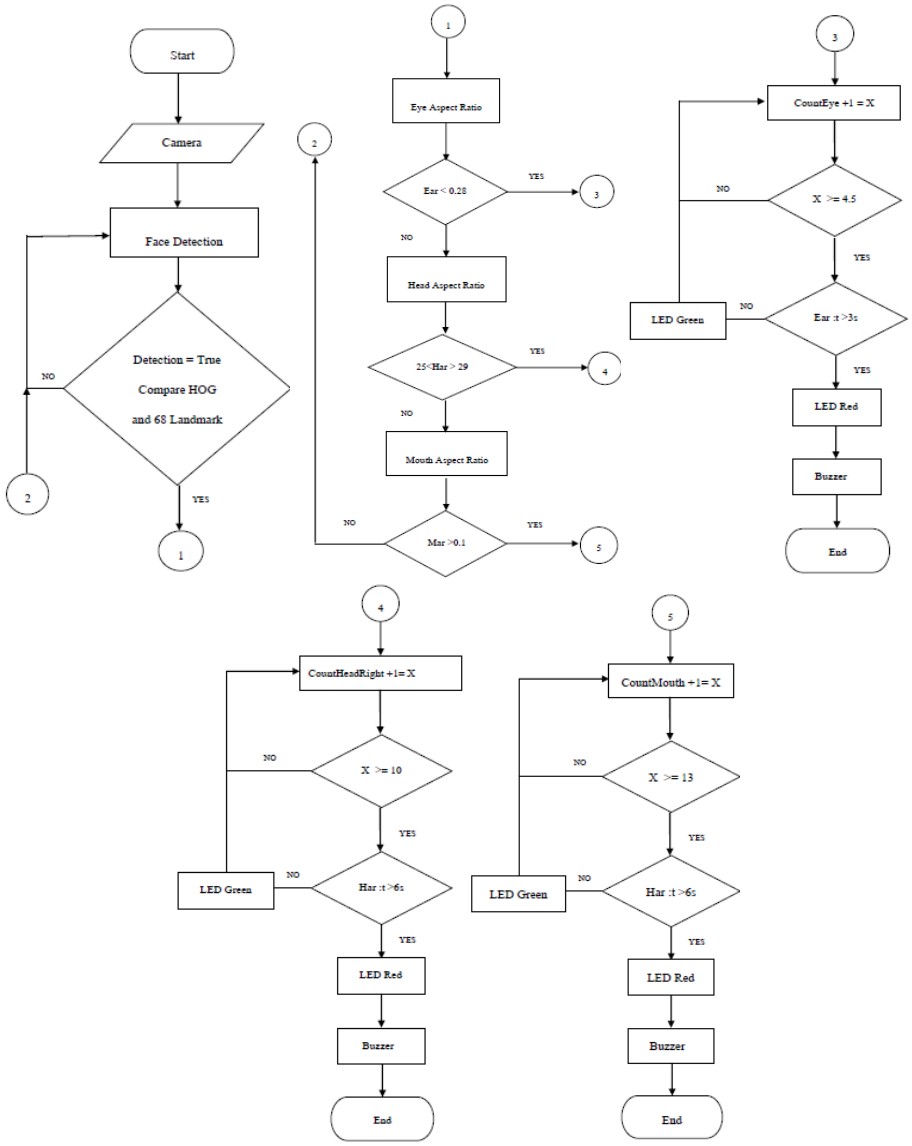
1. การออกแบบฮาร์ดแวร์

รูปที่ 1 แสดงแผนภาพบล็อกในภาพรวมของระบบแจ้งเตือนการหลับในขณะขับรถบนท้องถนน ซึ่งจะประกอบไปด้วยบอร์ดประมวลผล Raspberry Pi3 B+ ทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผลกลางของระบบทั้งหมด โดยจะรับภาพที่ได้จากโมดูลกล้อง Raspberry Pi 5MP Camera Module V2 ที่ทำหน้าที่จับภาพและส่งภาพที่ได้ไปยังตัวประมวลผลเพื่อทำการประมวลผลต่อและแสดงเอาต์พุตออกเป็น 3

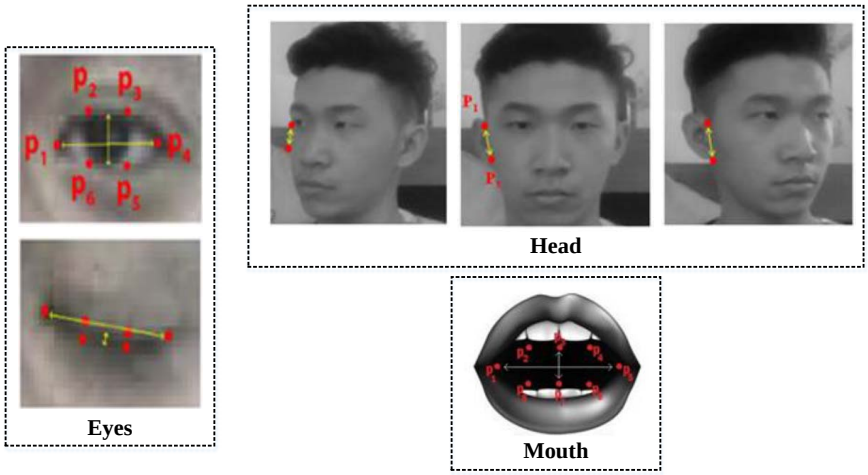
ส่วน โดยส่วนที่1 จะแสดงผลแบบ Real Time ผ่าน LCD ส่วนที่ 2 จะแสดงผลโดยหลอดไฟ LED สีแดงและเขียว และในส่วนที่ 3 จะแสดงผลโดยเสียง Buzzer

2. การพัฒนาซอร์ฟแวร์

ในงานวิจัยนี้ พัฒนาโปรแกรมเพื่อสั่งการในส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ของระบบแจ้งเตือนการหลับในขณะขับรถบนท้องถนนโดยใช้โปรแกรมไพทอน โดยจะออกแบบในลักษณะของฟังก์ชั่นและเงื่อนไขการทำงานต่าง ๆ ขั้นแรกจะออกแบบตัวตรวจจับภาพเพื่อแยกลักษณะอาการหลับใน โดยเริ่มจากการจับภาพเพื่อตรวจสอบสถานะผู้ใช้งาน ซึ่งประยุกต์ใช้ Histogram of Oriented Gradients (HOG) [5] เพื่อเปรียบเทียบภาพ โดยสามารถแยกลักษณะเฉพาะของวัตถุที่ต้องการออกจากพื้นหลัง จากการเปรียบเทียบ Gradients Point แต่ละพิกเซลของภาพกับ Gradients Point ของ Facial 68 Landmarks ซึ่งถ้าตรวจจับไม่พบใบหน้าในเฟรมก็จะส่งสถานะกลับไปตรวจสอบ



รูปที่ 2 แผนภาพบล็อกการทำงานของระบบ



รูปที่ 3 ตำแหน่งที่ต้องการเปรียบเทียบค่าอัตราการตอบสนองของตา [6-7] ศีรษะ และปาก [8-9]

ใหม่ แต่ในกรณีที่มีผู้ใช้งานอยู่ในเฟรมของภาพจะส่งภาพที่ได้ไปประมวลผลต่อ และโดยจะเปรียบเทียบค่าอัตราการตอบสนอง 3 สถานะคือ ตา (Eye Aspect Ratio: EAR) ศีรษะ (Head Aspect Ratio: HAR) และปาก (Mouth Aspect Ratio: MAR) ซึ่งจะคำนวณจาก Euclidean distance เพื่อเปรียบเทียบระหว่างจุดสองจุดของอาร์เรย์ ตามลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปว่าตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้หรือไม่ ดังแผนภาพบล็อกในรูปที่ 2 โดยกรณีที่สถานะปกติจะพิจารณาตามเวลาในส่งค่าออกไปตามลำดับ หรือในสถานะไม่ปกติ จะส่งค่ากลับไปเพื่อทำการตรวจสอบใหม่อีกครั้ง

ค่าตำแหน่งเพื่อหาระยะทางระหว่างพิกเซล $P(x,y)$ ของอาร์เรย์ตา ศีรษะ และปาก ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไป [10-11] ซึ่งจะคำนวณได้ดังสมการ

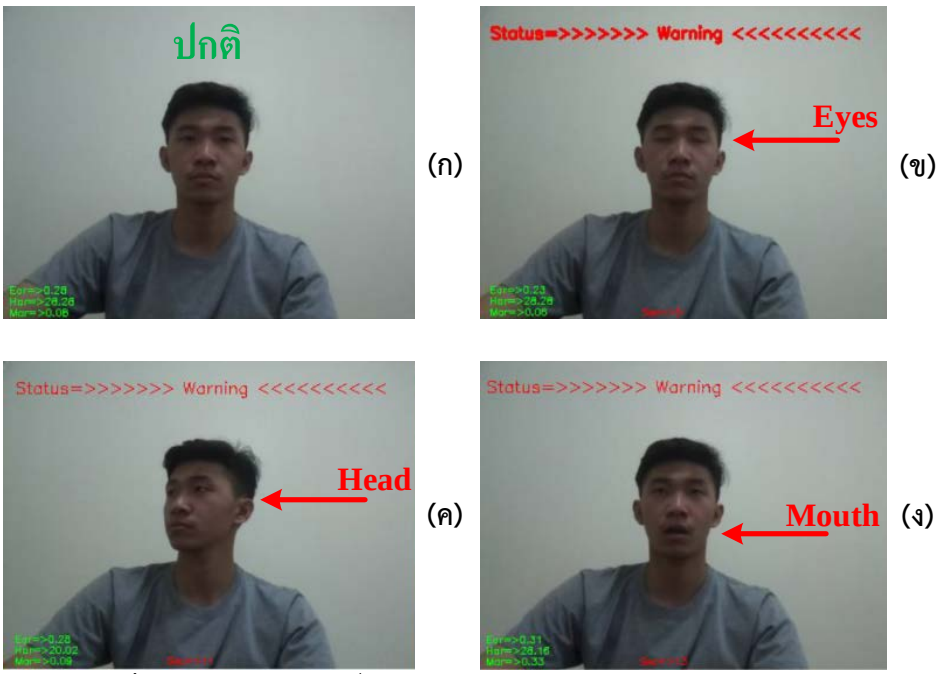
$$P(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i - Y_i)} \qquad (1.1)$$

รูปที่ 4 ตำแหน่งการติดตั้งชิ้นงานภายในรถ

จาก (1.1) สามารถกำหนดระยะทางระหว่างจุดสองจุดเพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างได้จากตำแหน่งพิกเซล $P(x,y)$ ที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละอาร์เรย์จากพิกเซลที่กำหนด โดยสามารถกำหนดค่า EAR [6-7] HAR และ MAR [8-9] ได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งหาจากดังสมการ

$$EAR = \frac{|P_2 - P_6| + |P_3 - P_5|}{2|P_1 - P_4|}, HAR = |P_1 - P_3|, \text{ and } MAR = \frac{|P_2 - P_8| + |P_3 - P_7| + |P_4 - P_6|}{2|P_1 - P_5|} \quad (1.2)$$

ในการแสดงผล จะกำหนดผ่านการทำงาน GPIO เอาต์พุตของ Raspberry Pi 3B+ เพื่อตอบสนองตามเงื่อนไขจากการเปรียบเทียบค่าอัตราการตอบสนองทั้ง 3 ค่า แล้วส่งค่าแสดงผลออกทางเอาต์พุตตามในแต่ละกรณี โดยในการกำหนดสถานะเอาต์พุตจะกำหนดขา GPIO เพื่อสั่งเอาต์พุตแจ้งเตือนด้วยเสียง Buzzer และหลอดไฟ LED เพื่อแสดงสถานะการทำงานได้ตามกรณีดังนี้ **กรณีที่ 1** เมื่อมีการตรวจจับภาพบริเวณตา และเปรียบเทียบ EAR โดยถ้ามีค่าน้อยกว่าค่าปกติของตาจะทำการนับเลข +1 ไปจนถึงเฟรมเอาต์พุตของตา โดยจะแสดงข้อความแจ้งเตือนและส่งค่าผ่านขา GPIO เพื่อให้เกิดเสียงเตือนผ่าน Buzzer และแสดงไฟสถานะ 2 สถานะคือแดงกับเขียวตามลำดับ **กรณีที่ 2** เมื่อมีการตรวจจับภาพบริเวณศีรษะ และเปรียบเทียบ HAR โดยถ้ามีค่าน้อยกว่าค่าปกติของศีรษะจะทำการนับเลข +1 ไปจนถึงเฟรมเอาต์พุตของศีรษะ โดยจะแสดงข้อความแจ้งเตือน และส่งค่าผ่านขา GPIO เพื่อให้เกิดเสียงเตือนผ่าน Buzzer และแสดงไฟสถานะ 2 สถานะ คือ แดงกับเขียว ตามลำดับ และ**กรณีที่ 3** เมื่อมีการตรวจจับภาพบริเวณปาก และเปรียบเทียบ MAR โดยถ้ามีค่าน้อยกว่าค่าปกติ



รูปที่ 6 แสดงการทดสอบเงื่อนไขของการตรวจจับบริเวณของตา ศีรษะ และปาก

ของตาจะทำการนับเลข +1 ไปจนถึงเฟรมเอาต์พุตของตา โดยจะแสดงข้อความแจ้งเตือน และส่งค่าผ่านขา GPIO เพื่อให้เกิดเสียงเตือนผ่าน Buzzer และแสดงไฟสถานะ 2 สถานะคือแดงกับเขียวตามลำดับ

3. การติดตั้งชิ้นงานภายในรถ

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการรติดตั้งชิ้นงานระบบแจ้งเตือนการหลับในขณะขับรถบนท้องถนนจริง ณ ตำแหน่งของคอนโซลด้านหน้าฝั่งคนขับภายในรถยนต์กระบะยี่ห้ออีซูซุ รุ่น Gold Series ดังรูปที่ 4 โดยกำหนดระยะห่างระหว่างกล้องกับผู้ใช้งานภายในรถยนต์ไว้ที่ 70 เซนติเมตร

ผลการวิจัย

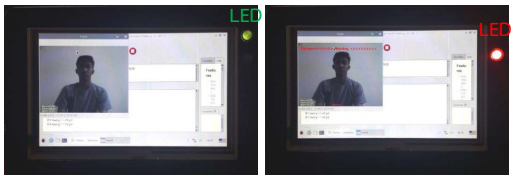
1. การทดสอบเงื่อนไข

การทำงานของระบบแจ้งเตือนการหลับในขณะขับรถบนท้องถนน จะแสดงผลโดยการแจ้งสถานะทางหลอด LED และ Buzzer รวมทั้งแสดงข้อความแจ้งเตือนผ่านหน้าจอ LCD โดยจะกำหนดค่าในสภาวะปกติดังนี้ ค่า EAR = 0.28 ค่า HAR จะอยู่ระหว่าง 25 ถึง 29 และค่า MAR = 0.1 ซึ่งผลแจ้งเตือนจะสามารถแสดงได้เป็น 2 สถานะ ดังต่อไปนี้ **สถานะที่ 1** สภาวะปกติ สถานะหลอด LED จะเป็นสีเขียว และ

ตารางที่ 1 การทดลองหาความคลาดเคลื่อนของระยะเวลาในการตอบสนองของการตรวจจับลักษณะดวงตา ศีรษะ และปาก ซึ่งจะคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนได้จากสมการ (1.3)

ครั้งที่	ตรวจจับลักษณะดวงตา			ตรวจจับลักษณะศีรษะ			ตรวจจับลักษณะปาก		
	เวลา(วินาที)		**ความคลาด**	**เวลา(วินาที)**		**ความคลาด**	**เวลา(วินาที)**		**ความคลาด**
	กำหนด	**ระบบ**	**เคลื่อน (%)**	**กำหนด**	**ระบบ**	**เคลื่อน (%)**	**กำหนด**	**ระบบ**	**เคลื่อน (%)**
1	**3 วินาที**	3.10	3.33	**5 วินาที**	5.35	7.00	**6 วินาที**	6.41	6.83
2		3.13	4.33		5.25	5.00		6.13	2.17
3		3.05	1.67		5.30	6.00		6.10	1.67
4		3.15	5.00		5.44	8.80		5.60	6.67
5		3.11	3.67		5.21	4.20		5.33	11.17
6		3.09	3.00		5.28	5.60		6.00	0.00
7		3.14	4.67		5.30	6.00		6.10	1.67
8		3.18	6.00		5.25	5.00		6.11	1.83
9		2.95	1.67		5.18	3.60		6.28	4.67
10		3.20	6.67		5.12	2.40		5.73	4.50
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย			**4.00**			**5.36**			**4.12**

Buzzer ไม่มีเสียง สถานะที่ 2 สภาวะไม่ปกติ (มีลักษณะการหลับใน) สถานะหลอด LED จะเป็นสีแดง และ Buzzer มีเสียงดังขึ้น ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ไฟ LED แสดงสถานะการทำงานปกติและผิดปกติ (หลับใน)

รูปที่ 6 แสดงการทดสอบเงื่อนไขของการตรวจจับบริเวณของตา ศีรษะ และปาก โดย**เงื่อนไขที่ 1** เมื่อค่า EAR < 0.28 เป็นเวลาต่อเนื่องนานกว่า 3 วินาที **เงื่อนไขที่ 2** เมื่อค่า HAR อยู่นอกช่วง 25 ถึง 29 เป็นเวลาต่อเนื่องนานกว่า 5 วินาที และ**เงื่อนไขที่ 3** เมื่อค่า MAR = 0.1 เป็นเวลาต่อเนื่องนานกว่า 6 วินาที ทั้ง 3 เงื่อนไขจะแจ้งเตือนโดยข้อความบน LCD ดังรูปที่ 6(ค) ถึง 6(ง) ตามลำดับ

2. การทดลองหาความคลาดเคลื่อน

สำหรับระบบการแจ้งเตือนประสิทธิภาพมีความจำเป็นอย่างมาก ดังนั้นการหาคุณภาพของระบบแจ้งเตือนการหลับในขณะขับรถบนท้องถนนจะทดสอบผ่านค่าความคลาดเคลื่อน โดยจะทำการทดลองหาความคลาดเคลื่อนของระยะเวลาในการตอบสนองของการตรวจจับ ซึ่งจะคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนได้จากสมการ

$$\%error = \frac{|T-N|}{N} \cdot 100 \qquad (1.3)$$

เมื่อ $\%error$ หมายถึง ร้อยละของความคลาดเคลื่อน

T หมายถึง ค่าเฉลี่ยในการทดลอง

N หมายถึง ค่าระยะเวลาที่กำหนด

จากผลการทดลองในตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยในการทดสอบได้ทำการทดลองจำนวน 30 ครั้งต่อ 1 ค่าเฉลี่ย เมื่อทำการทดสอบระยะเวลาในการแจ้งเตือนตามเงื่อนไขเวลาของตา ศีรษะ และปาก พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 4%, 5.36% และ 4.12% ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

การพัฒนาระบบแจ้งเตือนการหลับในขณะขับรถบนท้องถนน โดยจะแจ้งเตือนลักษณะอาการหลับในตามเงื่อนไขที่ถูกกำหนดไว้ 3 ลักษณะ คือ ลักษณะการหลับตา ลักษณะการเคลื่อนไหวของศีรษะ และลักษณะการอ้าปาก โดยจะเปรียบเทียบจากค่าอัตราการตอบสนอง ที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงนานเกินเวลาที่กำหนดตามเงื่อนไข ระบบจะแสดงไฟแสดงสถานะ และส่งเสียงเตือนผ่าน Buzzer ในทันที จากผลการทดลองระบบสามารถตอบสนองตามเงื่อนไขได้ตรง และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสำหรับผลตอบสนองของตัวตรวจจับตา ศีรษะ และปาก เฉลี่ยประมาณที่ 4%, 5.36% และ 4.12% ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดในการสั่งเอาต์พุต ซึ่งถือว่ามีความแม่นยำ โดยเฉพาะค่าความคลาดเคลื่อนในการตรวจจับตาซึ่งถือเป็นจุดตรวจจับที่สำคัญ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรออกแบบอุปกรณ์โดยแยก Raspberry Pi 3B+ กับ 5MP Camera Module V2 เพื่อให้เหมาะในการติดตั้ง

2. แยกการแสดงผล Buzzer ออกเป็น 3 ตัว เพื่อแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนของ Run Time GPIO

3. ควรเลือกโมดูลกล้องที่มีความไวต่อสภาพความสว่างที่มากกว่านี้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับในกรณีความสว่างไม่เพียงพอต่อการตรวจจับ เช่น ช่วงกลางคืน หรือในพื้นที่อับแสงเช่น อุโมงค์ เป็นต้น

References

[1] K.Murthy et al., "Smart Alert System for Driver Drowsiness Using Eegand Eyelid Movements," *Mid. E. J. Sci. R.*, vol.14, no.5, pp.610-619, May.2013.

[2] A. Devi et al., "Image Processing Techniques in Face Recognition," *Int. J. Com. Trends and Tech.*, vol.4, no. 2, pp.59-62, 2013.

[3] P. Jaturawat et al., "Development Class Room Record System by Face Detector," *KMITL J. Inf. Tech.*, vol.5, no.1, pp.1-11, 2017.

[4] X. Lu, "Image Analysis for Face Recognition," *Dept. of Computer Science and Engineering Michigan State University, East Lansing, MI, 48824*, May.2003.

[5] A. Singh et al., "Driver Drowsiness Alert System with Effective Feature Extraction," *Int. J. R. in Emer. Sci. and Tech.*, vol.5, no. 4, pp.26-31, 2018.

[6] T. Soukupova et al., "Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks," in *XXI Computer Vision Winter Workshop (CVWW 2016), Rimske Toplice, Slovenia,* 2016, pp. 1-8.

[7] S. Mehta et al., "Real-Time Driver Drowsiness Detection System Using Eye Aspect Ratio and Eye Closure Ratio," in *International Conference on Sustainable Computing in Science, Technology and Management (SUSCOM 2019), Jaipur, India, 2019,* pp. 1333-1339.

[8] https://towardsdatascience.com/mouse-control-facial-movements-hci-app-c16b0494a971

[9] P. Awasekar et al., "Fatigue Detection and Alert System using Non-Intrusive Eye and Yawn Detection," *Int. J. Com. App.*, vol.180, no.44, pp.1-5, May. 2018.

[10] J. Feng et al., "Using Eye Aspect Ratio to Enhance Fast and Objective Assessment of Facial Paralysis," *J. Comp. and math. meth. in med.*, vol. 2020, pp.1-11, Jan. 2020.

[11] R. Sutthaweekul et al., "Face Detection based-on Haar-like Features," *SWU Eng. J.*, vol.6, no.2, pp.34-43, 2011.