

ระบบตรวจจับอาการง่วงนอนจากสายตาโดยใช้การประมวลผลภาพ

Eye Analysis for Drowsiness Detection

ดร.ณรงค์เดช กิริติพรานนท์

นายธีรเทพ พวงภักดิ์ นายเมธี ศศิธรธาดา

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

narongdech.ken@dpu.ac.th

นายอาทิตย์ คงชนัญญาดา

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

artit_moo@hotmail.com

บทคัดย่อ — งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการตรวจจับอาการง่วงนอนจากสายตาขณะขับรถ โดยใช้การประมวลผลภาพเป็นหลัก ทั้งนี้อุบัติเหตุบนท้องถนนส่วนสำคัญหนึ่งมาจากการขับรถขณะง่วงนอน ซึ่งถ้าลดการเกิดอุบัติเหตุลักษณะนี้ลงได้ จะลดการสูญเสียทั้งด้านสังคมและเศรษฐกิจอย่างมาก โครงการวิจัยนี้ได้เลือกใช้การตรวจจับภาพจากกล้องเว็บแคมที่มีราคาถูกและมีการใช้อย่างแพร่หลาย โดยระบบจะเริ่มจากการหาใบหน้า จากนั้นจึงตรวจจับดวงตา และคำนวณหาสัดส่วนของตาดำเทียบกับดวงตา และนำค่าสัดส่วนที่ได้เทียบกับข้อมูลของผู้ใช้แต่ละคนในฐานข้อมูล เมื่อระบบตรวจจับลักษณะของการง่วงนอนอันได้แก่ ระยะเวลาในการหลับตานานเกินค่ามาตรฐาน หรืออาการตาค้างคือการไม่กระพริบตาเป็นระยะเวลานาน ระบบจะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ได้รับทราบ การทดสอบระบบจะมีทั้งการเปลี่ยนแปลงผู้ทดสอบ สภาพอาการง่วงนอน และสภาพของแสงเพื่อเปรียบเทียบอัตราความแม่นยำที่ได้ โดยมีความแม่นยำเฉลี่ยเกินกว่า 90%

คำสำคัญ : อาการง่วงนอน การประมวลผลภาพ การรู้จำใบหน้า อุบัติเหตุจากรถยนต์

Abstract— The objective of this project is to detect the alertness of human drivers from eyes conditions by camera monitoring system. According to accident statistics, drowsiness is one of the causes of car accident. Lower this kind of accident will help all of the society and economic from lost. This research base on camera monitoring system due to the camera is low-cost equipment and generally used. The system relies on track a person's head and facial features. After that detects eye condition and compare the pupil with the eye, then calculate the proportion of the pupil and the eye. The proportion will be compared with each driver's database. When the system analyze drowsiness of the driver, this will be analyze from eye closure (compare with standard value), or eye blinking (no blinking), it will alert the driver. For the test period of the system, there will be some changes such as driver, drowsiness, and light condition to estimate the accuracy of the system. The correctness of the eye condition identification is more than 90%.

1. ที่มาและความสำคัญ

การเดินทางโดยรถยนต์นับเป็นการคมนาคมหลักของประเทศไทย ข้อมูลจากสำนักงานเครือข่ายลดอุบัติเหตุพบว่ามีอุบัติเหตุจากการง่วงนอนของผู้ขับขี่เพิ่มมากขึ้นทุกปี [1] ทั้งนี้การขับรถด้วยความเร็ว 100 กม./ชม. แล้วหลับในเพียง 3 – 5 วินาที รถจะเคลื่อนที่โดยปราศจากการควบคุมเป็นระยะทางประมาณ 100 เมตร ซึ่งมีความเสี่ยงสูงมากในการเกิดอุบัติเหตุ ดังนั้นควรมีระบบป้องกันความปลอดภัยสำหรับผู้ขับขี่รถยนต์ เพื่อช่วยในการตัดสินใจและรับมือต่อสถานการณ์ต่างๆรอบตัว ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความปลอดภัยบนท้องถนนมากขึ้น

จากปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้นนี้ สามารถนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้เพื่อช่วยลดอุบัติเหตุ[2] โดยการจัดทำโครงการระบบตรวจจับอาการง่วงนอนจากสายตาโดยใช้การประมวลผลภาพ ซึ่งจะมีการติดตั้งกล้องไว้ภายในรถยนต์ เพื่อตรวจจับอาการง่วงนอน และเมื่อโปรแกรมตรวจพบว่า ผู้ขับขี่มีอาการง่วงนอนหรือหลับใน ก็จะมีเสียงแจ้งเตือน ทำให้คนขับรู้สึกตัวและหาวิธีแก้ต่อไป

บทความส่วนที่เหลือมีรายละเอียดดังนี้ ในส่วนที่ 2 จะกล่าวถึงหลักการทำงานของระบบการค้นหาใบหน้าและดวงตา ส่วนที่ 3 จะเกี่ยวกับผลการทดลอง และส่วนที่ 4 สรุปท้ายกล่าวถึงผลสรุปการทดลองการใช้งานและประสิทธิภาพของระบบทั้งหมด

2. โครงสร้างของระบบ

ระบบตรวจจับอาการง่วงนอนจากสายตา โดยใช้การประมวลผลภาพจะมีส่วนประกอบสำคัญทั้งด้านฮาร์ดแวร์ที่จะทำ

หน้าที่ในการรับ-ส่งภาพ และซอฟต์แวร์ที่จะทำหน้าที่ในการประมวลผลภาพ โดยมีโครงสร้างของระบบตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพรวมการทำงานของระบบ

ในการทำงานของระบบ จะเริ่มจากส่วนรับภาพจากกล้อง แล้วส่งภาพไปประมวลผลที่คอมพิวเตอร์ เพื่อทำการคัดแยกและค้นหาใบหน้าจากภาพและทำการปรับปรุงภาพเพื่อเข้าสู่กระบวนการตรวจจับและค้นหาตำแหน่งดวงตา หลังจากตรวจจับดวงตาได้ก็จะทำการตรวจจับอาการแว้งนอนโดยการกำหนดค่าระยะเวลาในการหลับตา หรืออาการลืมตาค้างที่เป็นมาตรฐานไว้ เพื่อให้ระบบแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ได้รับทราบในกรณีที่หลับตาหรือตาค้างเกินที่กำหนดไว้

2.1 ส่วนการรับภาพจากกล้อง

กล้องจะทำหน้าที่รับภาพเข้ามายังตัวโปรแกรม โดยได้กำหนดขนาดของภาพจากกล้องไว้ที่ 640 x 480 พิกเซล จากนั้นภาพที่ได้จะถูกนำมาผ่านกระบวนการปรับปรุงภาพเพื่อส่งให้ส่วนตรวจจับใบหน้าต่อไป รูปที่ 2 แสดงลักษณะการติดตั้งกล้องภายในรถยนต์ขณะใช้งานจริง



รูปที่ 2 การติดตั้งกล้องภายในรถ

2.2 ส่วนตรวจจับใบหน้า

ส่วนการตรวจจับใบหน้าจะใช้วิธี Haar like features [3],[4],[5] คือ วิธีการตรวจจับและตีความของวัตถุภายในภาพ โดยจะใช้รูปสี่เหลี่ยม ผลที่ได้จะแสดงผลต่างของพื้นที่ ระหว่างพื้นที่ส่วนสีขาวและดำ ซึ่งรูปสี่เหลี่ยมนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงขนาดและตำแหน่งได้ โดยใช้การตรวจจับลักษณะบนภาพต่างๆ เช่นเส้นตรง เส้นขอบ และวงกลมดังรูปตัวอย่างที่ 3



รูปที่ 3 รูปแบบการตรวจจับใบหน้า

หลักการคำนวณค่าของรูปสี่เหลี่ยม ใช้หลักการคำนวณแบบ integral image คือ ผลรวมทุกๆจุดในภาพ ที่ตำแหน่ง (x, y) ใดๆ ตามสมการ (1)

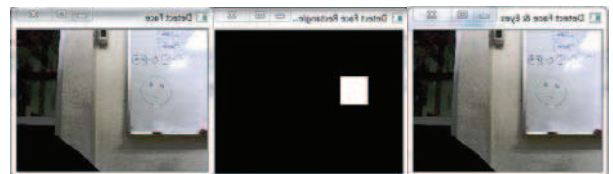
$$p(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y') \quad (1)$$

ผลจากการตรวจจับด้วยวิธี Haar Detection นั้นยังไม่สามารถยืนยันได้ว่าเป็นใบหน้าของคนจริงๆ อาจจะเป็นวัตถุอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายกับใบหน้า จึงจะต้องเพิ่มเติมส่วนตรวจสอบ ในที่นี้จะใช้สีผิวมาพิจารณาร่วมด้วย ทั้งนี้ช่วงของสีที่จะถูกพิจารณาว่าเป็นสีผิวจะเป็นไปตามสมการ (2)

$$\begin{aligned} 50 < R < 250 \\ R-80 < G < R \end{aligned} \quad (2)$$

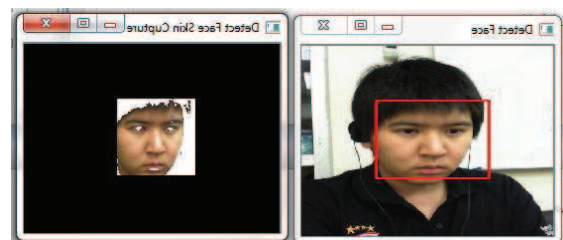
$$G-100 < B < G+30$$

ส่วนใบหน้าที่ได้จาก Haar จะถูกตรวจร่วมกับสีผิว โดยถ้ามีสีผิวในกรอบเกินกว่า 30% จะยืนยันว่าเป็นใบหน้าคนดังรูปตัวอย่างที่ 4 และรูปที่ 5



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4 การตรวจหาใบหน้าคนด้วย Haar Detection กรณีที่ยังไม่ได้เช็คสีผิว



รูปที่ 5 การตรวจหาใบหน้าหลังจากเช็คสีผิวเพื่อยืนยันใบหน้า

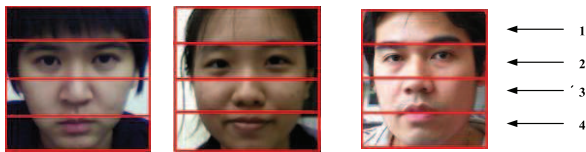
2.3 ส่วนตรงจ็อบตำแหน่งดวงตา

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการตรวจจ็อบดวงตานอกจากความแม่นยำก็คือความเร็วในการประมวลผลภาพ ดังนั้นในส่วนนี้จำเป็นจะต้องทำการตัดภาพ ส่วนที่ไม่ใช่ออกไปเช่น ส่วนเหนือดวงตาและส่วนใต้ดวงตาออก เพื่อลดการคำนวณของภาพทั้งภาพ แต่จะไม่ใช้วิธีการย่อขนาด เพราะจะทำให้รูปขนาดใบหน้ามีขนาดเล็กลงตามไปด้วย ซึ่งการตัดภาพนั้น จะใช้ฟังก์ชัน cvSetImageROI โดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

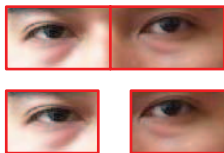
2.3.1 ขั้นตอนการค้นหาดวงตา

โดยปกติจะใช้ฟังก์ชัน haar cascade [6] ในการค้นหาบนใบหน้า แต่อาจเกิดข้อผิดพลาดคือฟังก์ชัน harr อาจจะไปจับบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณตา

จึงใช้วิธีการแบ่งใบหน้าออกเป็น 4 ส่วน แล้วเลือกเฉพาะส่วนที่ 2 พร้อมกับใช้ฟังก์ชัน haar ในการหาตำแหน่งตาดังรูปที่ 6 และการแบ่งแยกตาซ้ายและตาขวา ดังรูปที่ 7

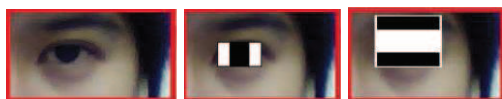


รูปที่ 6 แสดงการแบ่งบริเวณใบหน้าออกเป็น 4 ส่วน



รูปที่ 7 แสดงการแบ่งแยกตาซ้ายและตาขวา

การค้นหาดวงตานี้จะใช้วิธีเดียวกับการค้นหาใบหน้าโดยใช้ฟังก์ชัน Haar like feature ดังรูปที่ 8

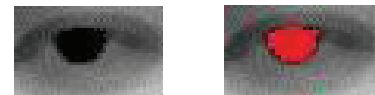


รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างการใช้รูปสี่เหลี่ยมตรวจสอบดวงตา

2.3.2 การค้นหาสีของม่านตาโดยใช้อัลกอริทึม Flood Fill

เข้าร่วม

วิธีการ FloodFill เป็นวิธีการค้นหาสีจากจุดที่ต้องการ โดยดูบริเวณรอบข้างของจุดนั้นว่ามีสีลักษณะเดียวกันกับจุดที่ต้องการหรือไม่ ถ้าเป็นสีในลักษณะเดียวกันก็จะทำการลงสีใหม่ในจุดที่ต้องการเข้าไปแทน โดยการทำ Floodfill นี้ จะใช้วิธี หาสีที่เข้มที่สุดในภาพ ซึ่งคือสีของลูกตาดำ เมื่อได้สีที่เข้มที่สุดแล้วจะทำการ floodfill สีใหม่ โดยหาจากรอบข้าง (ที่กำหนดไว้ คือ บน ล่าง ซ้าย ขวา ของจุดที่ต้องการ) โดยใช้ฟังก์ชัน cvFloodFill ดังรูปที่ 9



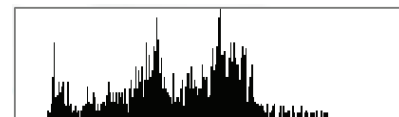
รูปที่ 9 ผลที่ได้จากการ Floodfill ใส่ส่วนของสีดำ

2.3.3 ขั้นตอนการปรับแสงสว่างของภาพดวงตา

การทำงานเกี่ยวกับ Image processing ปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นคือปัญหาเรื่องแสง ซึ่งแสงนั้น เป็นปัญหาสำคัญในการประมวลผลภาพ ไม่ว่าจะเป็นแสงที่มากจนเกินไป และแสงที่น้อยจนเกินไป ดังนั้นเพื่อที่จะแก้ไขปัญหาระดับเบื้องต้น จะใช้วิธีการปรับแสง โดยดูจากกราฟ histogram ของภาพนั้นๆ เพื่อใช้ในการอ้างอิงในการปรับสถานะของภาพ เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนขึ้น โดยใช้โปรแกรมทำการปรับภาพให้สว่างขึ้นเพื่อให้เข้ากับสภาพแสงของแต่ละสถานที่ อีกทั้งเพื่อลบส่วนที่ไม่ต้องการออก เพื่อจะได้ส่วนที่เป็นรูปม่านตาสีดำมากที่สุด โดยการคูณค่าเข้าไปในแต่ละพิกเซล จึงทำให้ค่าที่เป็นสีดำ ยังคงอยู่แต่ค่าที่เป็นสีเทา อาจจะเป็นสีขาวซึ่งทำให้ง่ายในการจำแนกในภายหลัง ดังตัวอย่างรูปที่ 10



ก่อนปรับ

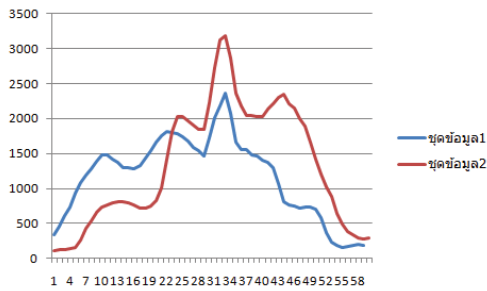


หลังปรับ

รูปที่ 10 กราฟ histogram ก่อนและหลังทำการปรับแสงสว่าง

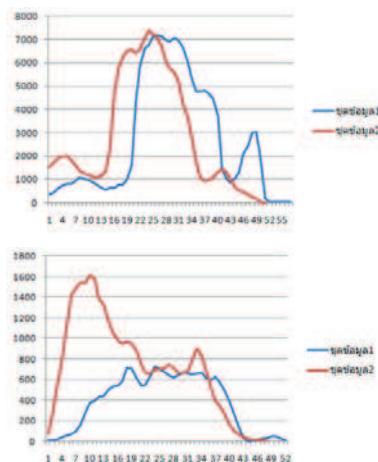
2.4 ส่วนตรวจจับอาการง่วงนอน

ส่วนของการค้นหาลักษณะ ลืมตาหรือหลับตานั้น จะอาศัยค่าความแตกต่างของรูปร่างตาที่จะมีความแตกต่างกัน โดยใช้วิธี covariance คือการวัดความแปรปรวนระหว่างสีในแนวแกน Y ซึ่งค่าไหนที่มีความแปรปรวนมากก็จะมีค่า covariance ที่สูง ค่าไหนที่มีความแปรปรวนน้อย หรือเรียบเสมอกัน ก็จะมีค่า covariance ที่น้อย ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงกราฟ covariance ดวงตาทั้ง 2 ข้าง

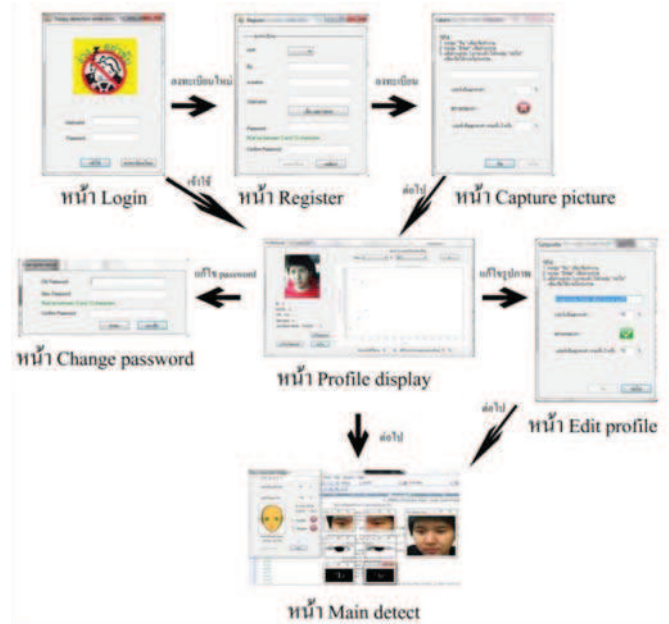
ซึ่งกราฟจะมีชุดข้อมูล 2 ชุดคือชุดข้อมูลที่ 1 แทนตาขวา และชุดข้อมูลที่ 2 แทนตาซ้าย โดยส่วนข้อมูลแกน x คือ 1-58 คือความกว้างของภาพ ทั้งหมด 58 พิกเซลและข้อมูลแกน y คือค่า covariance ในแต่ละหลัก ความแปรปรวนระหว่างสี จากกราฟจะมีค่าสูงถึง 2400 และ 3000 ในกรณีที่ลืมตาแต่ถ้าในกรณีที่มีการหลับตาจะได้ค่าสูงไม่เกิน 1100 จึงสามารถวิเคราะห์ได้ว่าลืมตาหรือหลับตา ดังรูปที่ 12 แสดงกราฟข้อมูลการลืมตาและหลับตาช่วงเวลากลางวัน



รูปที่ 12 แสดงลักษณะ covariance ในตรวจจับตา

2.5 ฐานข้อมูลลักษณะสภาพดวงตาปกติขณะไม่ง่วงนอน

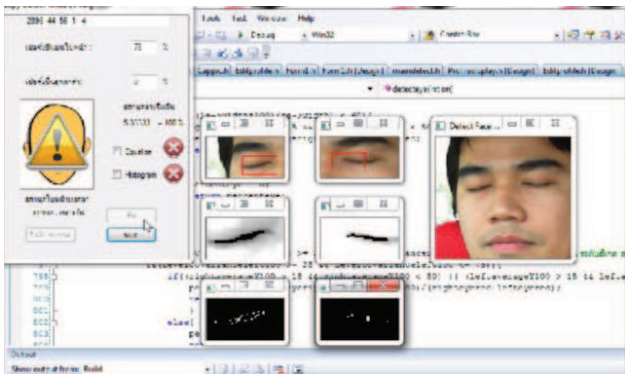
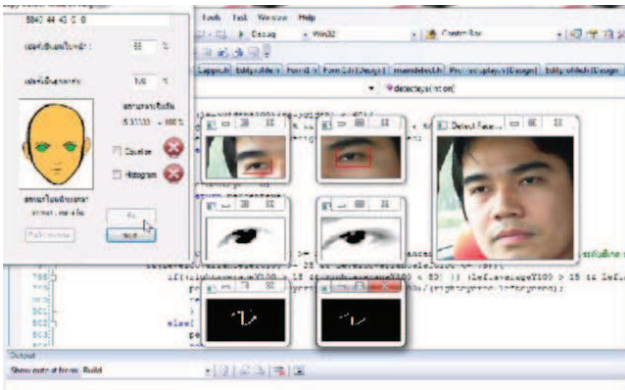
ผู้ใช้งานใหม่จะต้องทำการลงทะเบียนก่อนพร้อมกับกำหนดรหัสการใช้งานและบันทึกรูปภาพผู้ใช้งาน เพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง ลักษณะดวงตาในสภาพปกติ และจะนำไปบันทึกไว้ในฐานข้อมูล โดยจะสามารถแสดงส่วนของรูปอ้างอิง และกราฟสถิติการง่วงนอน พร้อมสามารถแก้ไขรูปอ้างอิงใหม่ได้ ดังรูปที่ 13



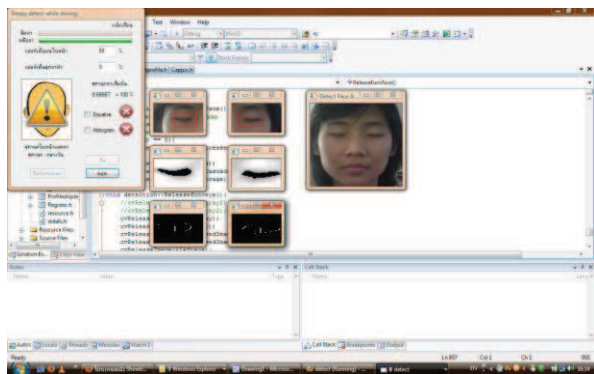
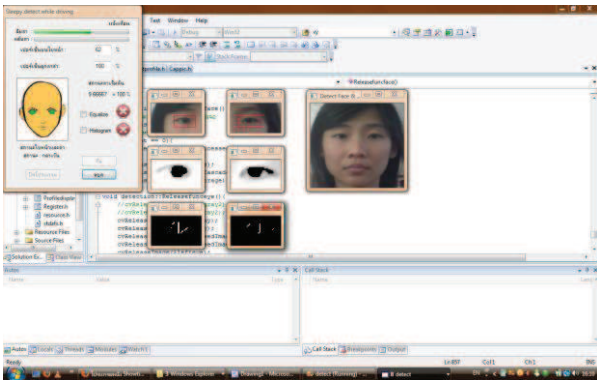
รูปที่ 13 การลงทะเบียนการใช้งาน

3. ผลการทดลอง

จากการทดลองการใช้งานระบบตรวจจับอาการง่วงนอน จากสายตาโดยใช้การประมวลผลภาพนั้นสามารถแสดงสถานะของดวงตาขณะลืมตาและหลับตาได้ พร้อมทั้งแจ้งเตือนอาการง่วงนอน ขณะขบขันและอาการลืมตาค้างเมื่อมีการตรวจจับได้ ดังรูปที่ 14 ที่มีการใช้งานระบบในการจับจี้กรณีที่ เป็นผู้ชาย และรูปที่ 15 การใช้งานระบบสำหรับผู้จับจี้ที่เป็นผู้หญิง ในช่วงเวลากลางวัน



รูปที่ 14 แสดงการใช้งานขณะลิมิตาและหลับตาของผู้ชาย



รูปที่ 15 แสดงการใช้งานขณะลิมิตาและหลับตาของผู้หญิง

นอกจากการทดสอบระบบในช่วงเวลากลางวันแล้ว ได้มีการทดลองตรวจสอบใน 3 ช่วงเวลาคือช่วงเช้า กลางวัน และ กลางคืน โดยได้ทำการทดลองแต่ละการทดสอบ 20 ครั้ง ตารางที่ 1 สรุปความแม่นยำของระบบที่ได้

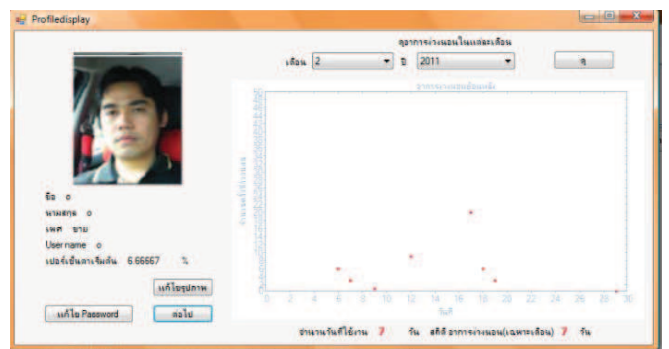
ตารางที่ 1 ตารางเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำของการใช้งานระบบเทียบระหว่างผู้ชายกับผู้หญิง

ช่วงเวลา	ผู้ชายขณะลิมิตา	ผู้ชายขณะหลับตา	ผู้หญิงขณะลิมิตา	ผู้หญิงขณะหลับตา
เช้า	100%	100%	90%	100%
กลางวัน	100%	100%	95%	95%
กลางคืน	90%	100%	80%	80%

จากข้อมูลจะเห็นว่าผลลัพธ์การตรวจจับสถานะดวงตาของผู้ชาย จะมีความแม่นยำกว่าของผู้หญิง ทั้งนี้เพราะลักษณะของทรงผมที่บางครั้งมีผมมาบังส่วนของดวงตา

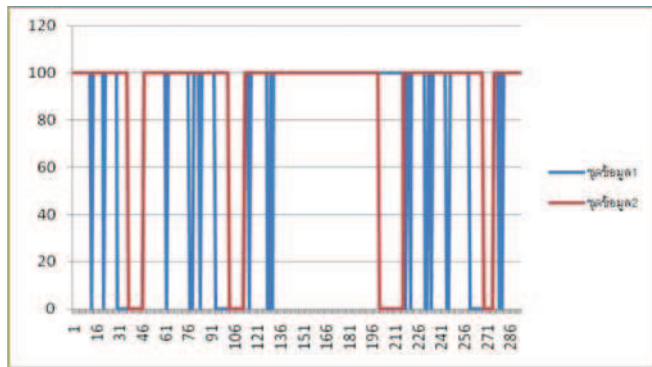
ในการทดสอบช่วงที่มีแสงสว่างเพียงพอ จะให้ผลลัพธ์ดีกว่าตอนกลางคืน โดยช่วงกลางวันถูกต้องเฉลี่ยเกินกว่า 95% และกลางคืนถูกต้องเฉลี่ยเกินกว่า 85%

ระบบยังมีส่วนการวิเคราะห์การใช้งานของบุคคลนั้นๆ ได้ว่ามี การแจ้งเตือนจากอาการง่วงนอนก็ครั้งจากการใช้งาน โดยดูได้จากสถิติการใช้งานและแจ้งเตือนดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 แสดงการใช้งานพร้อมสถิติการใช้งาน

พร้อมกับมีกราฟการแจ้งเตือนการใช้งานระบบตามช่วงระยะเวลา เช่น จากกราฟที่มีการใช้ชุดข้อมูลสีฟ้าคือช่วงขณะลิมิตาเป็นปกติและมีการกระพริบตาจึงทำให้มีกราฟตกลงมาบางช่วง แต่ถ้ามีการหลับตาจนถึงค่าที่ระบบกำหนดไว้จะเป็นเส้นสีแดงที่ตกลงมาถึง 0 และมีการแจ้งเตือนจนกว่าจะลิมิตาเส้นกราฟก็จะกลับมาเป็นเส้นกราฟสีฟ้าเหมือนเดิม และถ้ามีการลิมิตาค้างจนถึงเวลาที่ระบบกำหนดก็จะเป็นเส้นสีแดงค้างและมีการแจ้งเตือน ดังรูปกราฟที่ 17



รูปที่ 17 กราฟแสดงการแจ้งเตือน

4. สรุปผลการทดลอง

โครงการระบบตรวจจับอาการง่วงนอนจากสายตาโดยใช้การประมวลผลภาพนั้น สามารถตรวจจับอาการง่วงนอนและแจ้งเตือน ในขณะที่ขยับศีรษะตามที่ได้ออกแบบไว้ แต่ก็ยังมีอุปสรรคในเรื่องของแสงที่ไม่สม่ำเสมอในระหว่างขับรถทั้งช่วงกลางวันและกลางคืน ดังนั้นจึงต้องทำการพัฒนาระบบตรวจจับที่เสถียรมากขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเครือข่ายลดอุบัติเหตุ (สคอ.)ภายใต้การสนับสนุนของ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)
- [2] นายรุ่งโรจน์ จินตเมธาสวัสดิ์ และ ผศ.ดร.อรรถวิทย์ สุดแสง, การสั่งงานด้วยนิ้วมือบนพื้นผิวทรงกลม โดยใช้เทคโนโลยี Multi-touch (CPGesture) , <http://203.185.132.234/eserv/changeme:254/FullReport.pdf>
- [3] G. Bradski, A. Kaehler, V. Pisarevsky, “*Learning-Based Computer Vision with Intel’s Open Source Computer Vision Library.*” Intel Technology Journal, vol.9, no. 1, May 2005.
- [4] P. Viola and M. Jones, “*Rapid object detection using a boosted*

cascade of simple feature,” Proceedings of IEEE conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Hawaii, vol. 1 ,pp. 511-518, 2001.

[5] R. Lienhart and J. Maydt, “*An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection,*” IEEE International Conference on Image Processing 2002, vol. 1, pp. 900-903, 2002.

[6] Phillip Ian Wilson Texas A&M University – Corpus Christi 6300 Ocean Dr., Corpus Christi, TX 78412 361-877-9062 pwilson@sci.tamucc.edu