

## อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับการตรวจจับช่องทางแบบเรียลไทม์

นราธิป ทองปาน<sup>1,\*</sup>, มณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ<sup>2</sup>, มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Received: 6 June 2019

Revised: 10 October 2019

Accepted: 10 October 2019

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบการตรวจจับช่องทาง และทดสอบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้นในการตรวจจับช่องทางแบบเรียลไทม์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ได้แก่ การหาขอบภาพวิธีแคนนี่ และการหาเส้นตรงขอบภาพวิธีแบบเฮาท์ ซึ่งในการทดสอบประสิทธิภาพได้ใช้กล้องเว็บแคมตรวจจับช่องทางด้านหน้ารถ โดยประมวลผลภาพบนระบบสมองกลฝังตัว แล้วระบุช่องทางเดินรถในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน ผลการวิจัยพบว่า 1) อุปกรณ์สามารถตรวจจับช่องทาง แล้วระบุเส้นจราจรภายในภาพได้ถูกต้อง 2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้น จากผลการทดสอบ พบว่า ในการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง ขั้นตอนวิธีสามารถตรวจจับเส้นช่องทางได้ดี

**คำสำคัญ :** ตรวจจับช่องทาง การหาขอบภาพวิธีแคนนี่ การหาเส้นตรงวิธีแบบเฮาท์

---

\* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: s5607011956102@email.kmutnb.ac.th

## Prototype of Real-time Lane Detection Device

Narathip Thongpan<sup>1,\*</sup>, Montean Rattanasiriwongwut<sup>2</sup>, Mahasak Ketchum<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Department of Information Technology, Faculty of Information Technology,  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

---

### ABSTRACT

The objectives of this research are to develop a prototype of lane detection device and to test the performance of the algorithm developed for real-time lane detection. The image processing techniques including Canny edge detection and Straight-Line Hough Transform were applied in this research. In the performance test, the webcam was utilized to detect the lane in front of the car and the images were processed on the embedded system, then specified the car lane during day time and night time. The research results showed that 1) the device can detect lanes and then correctly specify the traffic lines within the images; 2) regarding the performance test result of the algorithm developed from the test results, it was found that from 10 times of testing, the algorithm can detect the lane lines well.

**Keywords:** lane detection, Canny edge detection, Straight-Line Hough Transform

---

\* Corresponding Author; Email: s5607011956102@email.kmutnb.ac.th

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากข้อมูลของศูนย์รายงานอุบัติเหตุของประเทศไทย ระบุว่าจำนวนผู้เสียชีวิตทางรถยนต์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี 2559 - 2561 การเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนในประเทศไทย นับว่ามีความรุนแรงเป็นอย่างมาก จากสถิติของศูนย์รายงานอุบัติเหตุเกี่ยวกับผู้เสียชีวิตจากการเกิดอุบัติเหตุของประเทศไทย มาเป็นอันดับ 8 ของโลก หรือหากคิดภายใน 1 เดือน มีคนเจ็บประมาณ 2 แสนคน มีคนตายประมาณ 3 พันคน

เทคโนโลยีการตรวจจับช่องทางมีอิทธิพลอย่างมาก ตลอดทศวรรษที่ผ่านมา ระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ (Driver Assistance System) (Andrade et al, 2019) ได้กลายเป็นหัวข้อวิจัยที่ได้รับการกล่าวถึงมากขึ้น ระบบดังกล่าวได้รับการออกแบบมาเพื่อลดอุบัติเหตุบนท้องถนนโดยให้สารสนเทศที่สำคัญแก่ผู้ขับขี่ เช่น ระบบควบคุมความเร็วคงที่ พร้อมการปรับความเร็วอัตโนมัติ (Adaptive Cruise Control) (Wang et al, 2019) หรือ การเตือนเมื่อรถออกนอกช่องทางเดินรถ (Lane Departure Warning) (Shirke and Udayakumar, 2019) และอีกหนึ่งในระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ที่ซับซ้อนที่สุด คือ การตรวจจับช่องทางเดินรถ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการปกป้องชีวิตมนุษย์ เพื่อให้ขับขี่รถยนต์อยู่ในช่องทางเดินรถ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นไปยังประสิทธิภาพการตรวจจับช่องทางเดินรถบนถนนในสภาพท้องถนนจริงเป็นเรื่องที่ท้าทายอย่างยิ่ง เนื่องด้วยการค้นหาเส้นขอบถนน และเส้นเครื่องหมายบนช่องทางเดินรถที่อยู่ในสภาพของถนนที่แตกต่างกัน (Gupta, Sikchi and Charkravarty, 2018) และมีความหลากหลาย เช่น 1) ช่องทางเดินรถที่มีเส้นตรงและโค้ง 2) ช่องทางเดินรถที่ไม่มีเส้นเครื่องหมาย 3) ช่องทางเดินรถที่มีรอยต่อของเส้นทึบ หรือเส้นประ 4) ช่องทางเดินรถที่มีเส้นเครื่องหมายไม่ชัดเจน และ 5) ความเข้มสีของเส้นเครื่องหมายที่ไม่ชัดเจน ลักษณะของถนนทั้ง 5 ประการนี้ ซึ่งโดยส่วนมากต่างประเทศได้มีการคิดค้นเพื่อพัฒนาระบบความปลอดภัยในยานพาหนะ แต่ในประเทศไทยงานวิจัยทางด้านนี้ยังมีไม่มาก และไม่สามารถนำงานวิจัยในต่างประเทศมาใช้ได้โดยตรง เนื่องจากความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างถนนและรูปแบบช่องการเดินรถที่ไม่เหมือนกัน งานวิจัยแต่ละงานวิจัยจะใช้สำหรับช่องทางเดินรถในพื้นที่ของตัวเองเท่านั้น จึงจำเป็นต้องพัฒนาวิธีการ หรือ ประยุกต์วิธีการเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้ดียิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยได้นำเทคนิคการประมวลผลภาพมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว คือ การใช้กล้องในการบันทึกและตรวจจับช่องทางเดินรถที่อยู่ด้านหน้า แล้วประมวลผลภาพบนอุปกรณ์สมองกลฝังตัวแบบ ARMv8 โดยกระบวนการค้นหาขอบภาพ หลังจากนั้นจะทำการค้นหาเส้นตรง แล้วระบุตำแหน่งของเส้นขอบในภาพ หรือ ช่องทางในภาพ โดยมีวิธีการ คือ อ้างอิงเส้นสีขาวของด้านข้างถนน และเส้นเหลืองกลางถนน เป็นตัวอ้างอิงขอบของช่องทางเดินรถ ซึ่งวิธีที่ทำให้เห็นเส้นขาวและเส้นเหลืองที่ชัดเจนนี้ ได้นำวิธีการปรับแสงและสีภายในแบบอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้ร่วมการหาการตอบสนองของสีเส้นช่องทางเดินรถและถนนในปริภูมิสีแบบ RGB และปริภูมิสีแบบ HSV ในการคัดแยกช่องทางเดินรถ ซึ่งสามารถทำงานได้ดีในสภาวะแสงต่างๆ และมีประสิทธิภาพในการค้นหาเส้นช่องทางเดินรถ

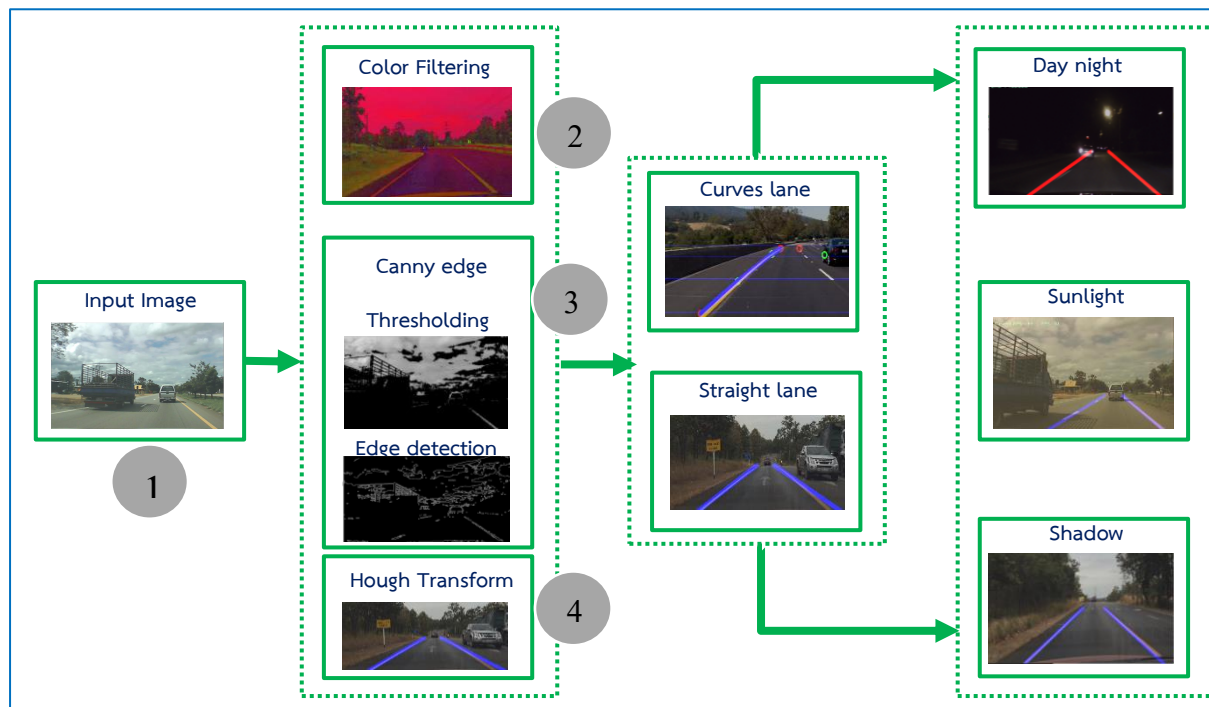
ในงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าแนวทางของผู้วิจัยได้ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี มีความแม่นยำในขณะทำการตอบสนองแบบเรียลไทม์ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับการใช้งานการเฝ้าระวังอย่างมาก ในงานวิจัยนี้ในส่วนที่ 1 ได้นำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาใช้งานวิจัย ในส่วนที่ 2 จะกล่าวถึง วิธีดำเนินการวิจัย ในส่วนที่ 3 นำเสนอผลการวิจัย ท้ายสุดจะกล่าวถึง สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัยในส่วนที่ 4

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับการตรวจจับช่องทาง และออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบในการตรวจจับช่องทางจราจรแบบเรียลไทม์

## วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอกระบวนการทำงานของขั้นตอนวิธีในการตรวจจับช่องทางแบบเรียลไทม์ ซึ่งขั้นตอนของระบบนี้จะเริ่มต้นจากการรับภาพจากกล้อง แล้วส่งต่อไปยังส่วนการประมวลผลภาพดิจิทัล โดยในส่วนนี้จะเริ่มต้นด้วยวิธีการปรับสีและแสงแบบอัตโนมัติ เพื่อลดผลจากการแปรสภาพสีและแสงสว่างในสภาวะจริงของแต่ละลำดับภาพให้น้อยลงจากช่วงเวลาที่แตกต่างกันของการทดสอบระบบ จากนั้นจะใช้วิธีการหาขีดแบ่งเริ่มเปลี่ยนของภาพ (Thresholding) (Wang et al, 2019) ในการแยกเส้นช่องทางเดินรถออกจากภาพพื้นหลัง ขั้นตอนต่อไปคือ การหาขอบของภาพด้วยวิธีการของแคนนี่ (Canny Edge) และวิธีการหาเส้นตรงแบบเฮาท์ (Hough Transform)



ภาพที่ 1 ภาพรวมระบบการทำงาน

จากภาพที่ 1 ในงานวิจัยได้นำเสนอเทคนิคการค้นหาช่องทางในลักษณะต่างๆ ในถนนที่ทำการทดสอบ โดยผู้วิจัยได้แบ่งกระบวนการทำงาน ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน จะกล่าวถึงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

## ขั้นตอนที่ 1 การบันทึกภาพ (RGB Image)



ภาพที่ 2 ภาพอ้างอิงต้นแบบ RGB

จากภาพที่ 2 จะเริ่มต้นจากการรับภาพจากกล้องที่ติดตั้งไว้ที่บริเวณด้านหน้ารถยนต์ กล้องจะบันทึกภาพวิดีโอช่องทางแบบเรียลไทม์ โดยที่กล้องจะจับภาพที่มีขนาด  $720 \times 680$  pixel และความเร็วอยู่ที่ 30 เฟรมเรตต่อวินาที แล้วส่งต่อไปยังส่วนการประมวลผลภาพดิจิทัล ซึ่งภาพที่ได้จะมีปริภูมิสี RGB

## ขั้นตอนที่ 2 การปรับสีและแสงภายในภาพ (Color Filtering)

ในการปรับระดับแสงและสีภายในภาพ เป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งเนื่องจากการรับภาพ จากกล้องเว็บแคมในลักษณะที่กล้องถูกติดตั้งอยู่บนรถยนต์ที่มีการเคลื่อนที่ ในสภาวะแวดล้อม กลางวัน กลางคืน ที่เวลาต่างๆ กัน ซึ่งสภาวะดังกล่าวจะเป็นสภาวะที่ไม่สามารถควบคุมสีและความสว่าง ให้กับระบบได้ สภาวะดังกล่าวจะมีทั้งช่วงที่มีแดดจ้า ไม่มีแดด มีเมฆบางส่วน มีดครึ้ม เป็นต้น เป็น ผลให้ลักษณะสีและความสว่างภายในภาพที่สะท้อนจากวัตถุ เช่น ต้นไม้ อาคาร รวมไปถึงพื้นที่ที่เป็นพื้นถนนที่เราสนใจสีและความสว่างที่แตกต่างกันออกไปในช่วงเวลาและสภาพแวดล้อมที่ แตกต่างกัน เมื่อทำการประมวลผลภาพของช่องทางเดินรถ ทำให้บางช่วงสภาวะเวลาระบบไม่สามารถค้นหาช่องทางจราจรภายในภาพได้ตลอดระยะเวลาที่ทดสอบ ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงต้องมีการปรับระดับความเหมาะสมของสีและความสว่างภายในภาพของแต่ละสภาวะช่วงเวลา ให้มีความใกล้เคียงกันเพื่อจะทำให้การประมวลผลภาพมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ด้วยวิธีการปรับสีและความสว่างภายในภาพแบบอัตโนมัติ ก่อนที่จะนำภาพดังกล่าวเข้ามาทำการประมวลผล โดยจะใช้ภาพที่มีสีและความสว่างที่มีความเหมาะสมเป็นภาพสำหรับอ้างอิง โดยจะทำการแปลงภาพจากปริภูมิสี RGB เป็นปริภูมิสีแบบ HSV ซึ่งการหาค่าเฉลี่ยของแต่ละปริภูมิสีในปริภูมิสี HSV (Hue Saturation Value) (Petwal and Hota, 2018) เป็นการพิจารณาโดยใช้ Hue Saturation และ Value ซึ่ง Hue คือค่าสีของสีหลัก (แดง เขียวและน้ำเงิน) ในทางปฏิบัติจะอยู่ระหว่าง 0 และ 255 ซึ่งถ้า Hue มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดงและเมื่อ Hue มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สีก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 256 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้ง ซึ่งสามารถแทนให้อยู่ในรูปขององศาได้ ดังนั้นคือ สีแดง = 0 องศา สีเขียวเท่ากับ 120 องศา สีน้ำเงินเท่ากับ 240 องศา ใช้หลักการแยกความสว่างออกจากเนื้อสีของจุดภาพ โดยปริภูมิสี HSV นั้นแทนค่าด้วยเวกเตอร์สามมิติ ดังนั้นในการแปลงปริภูมิสี RGB มาเป็นปริภูมิสี HSV คำนวณได้จากสมการ

$$H = \begin{cases} \delta, & \& B \leq G \\ 2\pi - \delta, & \& \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{โดยที่ } \delta = \cos^{-1} \left( \frac{(R-G) + (R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2 + (R-B) \cdot (G-B)}} \right) \quad (2)$$

$$S = 1 - 3 \cdot \frac{\min(R, G, B)}{R+G+B} \quad (3)$$

$$V = \frac{R+G+B}{3} \quad (4)$$

โดยให้ H แทนค่า เนื้อสี (Hue) S แทนค่า ความอิ่มตัวของสี (Saturation) และ V แทนค่า ความสว่างของแสง (Value)



(ก) ภาพต้นแบบสี RGB

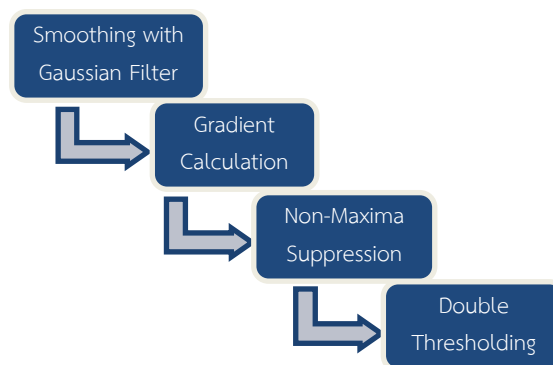


(ข) แปลงปริภูมิสีจาก RGB เป็น HSV

ภาพที่ 3 ข้อมูลการแปลงสีจากปริภูมิ RGB ไปยังปริภูมิสี HSV

### ขั้นตอนที่ 3 การค้นหาขอบภาพด้วยวิธีของ Canny Edge detection

การค้นหาขอบภาพด้วยวิธีแบบแคนนี่ เป็นการหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพ เมื่อทราบเส้นรอบวัตถุจะสามารถคำนวณหาพื้นที่(ขนาด) หรือรู้จำชนิดของวัตถุนั้นได้ การหาขอบภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์ ในการค้นหาขอบภาพได้ใช้วิธีแบบแคนนี่ (Li and Yang, 2018) ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการหาขอบของรูปภาพ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การปรับค่าสีโดยใช้ตัวกรองเกาส์เซียน การหาขนาดและทิศทางของการเปลี่ยนแปลงค่าสีของพิกเซล การพิจารณาขอบที่เป็นไปได้จากขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าสี และเทียบค่าเกณฑ์สองระดับ (double thresholding) เพื่อกำหนดขอบเข้มและขอบไม่เข้ม ทำให้วิธีแคนนี่สามารถตรวจจับขอบได้ดี แสดงขั้นตอนการหาขอบภาพ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การหาขอบภาพแบบวิธีแคนนี่

จากภาพที่ 4 เป็นกระบวนการหาขอบภาพด้วยวิธีแคนนี่ โดยกระบวนการเริ่มต้นจากการปรับภาพให้เรียบ (Smoothing) ด้วยตัวกรองเกาส์เซียน เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน หลังจากนั้นหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง คำนวณค่าขนาดและทิศทางของเกรเดียนต์ นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าในการพิจารณาขอบที่เป็นไปได้ (Non-maxima Suppression) กับค่าขนาดของเกรเดียนต์ เพื่อให้ได้ขอบที่บางลง และในขั้นตอนสุดท้ายใช้การกำหนดจุดอ้างอิงขีดแบ่งสองระดับ (Double Thresholding) เพื่อระบุค่าของพิกเซลที่เป็นขอบและช่วยเชื่อมต่อขอบ ซึ่งสามารถหาขอบภาพได้ใน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การปรับภาพให้เรียบ (Smoothing) ในขั้นตอนการปรับภาพให้เรียบ จะต้องกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise) ในภาพออกก่อน ด้วยวิธีการกรองเกาส์เซียน โดยกำหนดรอบ (Masks) เป็นเมตริกซ์ 3x3 หรือมีขนาดเท่ากับ 9 พิกเซลการกำหนดขนาดของตัวกรองเกาส์เซียน หากมีขนาดกว้างมาก จะมีผลทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้มาก ถ้าขนาดรอบกว้างมากเกินไปมีผลทำให้ขอบย้อย ๆ ที่เป็นส่วนรายละเอียดหายไป ผลของภาพที่ผ่านการปรับภาพให้เรียบด้วยตัวกรองเกาส์เซียน แสดงดังสมการ (1)

$$S_{(i,j)} = G_{(i,j,\sigma)} \cdot I_{(i,j)} \quad (5)$$

โดยให้  $I_{(i,j)}$  คือภาพที่ต้องการหาขอบ ,  $G_{(i,j,\sigma)}$  คือ Gaussian Smoothing Filter และ  $\sigma$  คือความคุมระดับของการ Smoothing ซึ่งในขั้นตอนปรับภาพให้มีความเรียบ ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าของภาพในฟังก์ชัน  $S_{(i,j)}$  แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 การปรับภาพให้เรียบ Smoothing with Gaussian Filter

2. การคำนวณค่าของเกรเดียนต์ (Gradient Calculation) เมื่อทำการหาค่า  $I_{(i,j)}$  ในการปรับภาพให้มีความเรียบ หลังจากนั้นในขั้นตอนนี้จะทำการหาค่าของเกรเดียนต์ในทิศทางของแกน x และแกน y และกำหนดขนาดของอนุพันธ์อันดับหนึ่งของ  $Px_{(i,j)}$  และ  $Qy_{(i,j)}$  ตามลำดับ แสดงดังสมการที่ (2) และ (3)

$$Px_{(i,j)} \approx \frac{(S_{(i,j+1)} - S_{(i,j)}) + (S_{(i+1,j+1)} - S_{(i+1,j)})}{2} \quad (6)$$

$$Qy_{(i,j)} \approx \frac{(S_{(i,j+1)} - S_{(i,j)}) + (S_{(i+1,j+1)} - S_{(i+1,j)})}{2} \quad (7)$$

โดยนำค่า  $Px_{(i,j)}$  และ  $Qy_{(i,j)}$  ที่ผ่านการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่งเมื่อคำนวณการแปลงรูปแบบจากระนาบของระบบพิกัดฉาก (Rectangular Form) ไปเป็นระนาบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Form) ในการหาขนาดและทิศทางของเกรเดียนต์

3. การขจัดค่าที่ไม่มากที่สุด (Non-Maxima Suppression) หลังจากที่ได้ระดับสีและขนาดและทิศทางแล้ว ในขั้นตอนนี้จะทำการค้นหาทุกๆ Pixel ซึ่งจะทำให้การตรวจสอบในการหาทิศทางของการไล่ระดับ ซึ่งจุดที่ถือเป็นเส้นขอบของภาพได้นั้นต้องเป็นจุดที่ให้ค่าสูงสุดเฉพาะที่และเป็นทิศทางเดียวกับเกรเดียนต์ การค้นหาขอบภาพโดยใช้ออนุพันธ์อันดับหนึ่งทำให้ได้ขอบที่บางเพียง 1 พิกเซล ภาพที่ได้หลังการทำ Non-Maxima Suppression จะให้ค่าเป็นศูนย์ทุกจุดยกเว้นจุดที่เป็น Local Maxima Point ซึ่งยังคงค่าเดิมไว้

4. การกำหนดค่าขีดแบ่ง (Thresholding) ในขั้นตอนนี้จะทำการกำหนดค่า Threshold ขึ้นมา 2 ค่าคือ High Threshold ( $T_1$ ) และ Low Threshold ( $T_2$ ) ซึ่งแม้ว่าจะผ่านปรับภาพให้เรียบแล้ว ภาพที่ได้ยังมีเส้นขอบที่ไม่ใช่ขอบที่แท้จริงปรากฏอยู่ ซึ่งเนื่องจากสัญญาณที่รบกวนหรือลักษณะของวัตถุในภาพเป็นพื้นผิวที่มีลวดลายหรือมีลายหรือมีรายละเอียดภายในมาก ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดค่า Threshold โดยพิกเซลที่มีค่ามากกว่า  $T_1$  จะถูกปรับเป็น '1' เป็นพิกเซลที่เป็นขอบ แต่ถ้าน้อยกว่า  $T_2$  จะถูกปรับเป็น '0' ส่วนค่าที่อยู่ระหว่าง Threshold ทั้งสอง การปรับเป็นค่า '0' หรือ '1' นั้นขึ้นอยู่กับพิกเซลที่อยู่รอบข้าง หากพบว่าพิกเซลที่อยู่รอบข้างของพิกเซลที่เป็นขอบ (ขอบค่า  $> T_1$ ) มีค่ามากกว่า  $T_2$  แล้ว จะปรับค่าพิกเซลดังกล่าวให้มีความเป็น '1' และถือเป็นสมาชิกหนึ่งในภาพขอบด้วยเช่นกัน ดังนั้นการทำ Threshold จะทำให้ภาพที่มีขอบหนาหรือบางนั่นเอง แสดงดังภาพที่ 6



(ก) ภาพต้นแบบ



(ข) ภาพการหาขอบด้วยวิธีการของ canny

ภาพที่ 6 การหาขอบภาพด้วยวิธีการของ canny

#### ขั้นตอนที่ 4 : การหาเส้นตรงด้วยวิธีการของ Hough Transform

การหาเส้นตรงด้วยวิธีการ Hough Transform (Li and Yang, 2018) เป็นวิธีการที่นิยมในการวิเคราะห์หาวัตถุในภาพที่มีรูปทรงเรขาคณิตที่สามารถสร้างรูปดังกล่าวจากสมการได้ เช่น วงกลม เส้นตรง โดยวิธีการประมวลผลเพื่อค้นหาจากรูปร่างของวัตถุในรูปภาพ ซึ่งการค้นหาจะต้องทำการพิจารณาโครงสร้างของภาพวัตถุดั้งเดิมเปรียบเทียบกับวัตถุปลายทาง ถ้าพบว่าวัตถุดั้งเดิมกับวัตถุปลายทางมีรูปร่างคล้ายคลึงกันก็จะสามารถสรุปได้ว่ามีวัตถุที่ต้องการอยู่ในรูปภาพนั้น โดยที่ Hough Transform (Feng , Wu and Zhang ,2018) เป็นวิธีการใช้ในการจดจำวัตถุในรูปแบบต่างๆเช่นเส้นวงกลมวงรี โดยสมการที่ใช้ในการหาเส้นตรง (Straight Line Hough Transform) คือ  $x\cos\theta + y\sin\theta = r$  เมื่อ  $r$  คือ ระยะจากจุดศูนย์กลางถึงเส้นตรงและ  $\theta$  คือมุมระหว่าง  $r$  กับแนวแกน  $x$  เมื่อ



กำหนดจุดของค่า  $r$  และ  $\theta$  สำหรับทุกค่า  $x$  และ  $y$  ที่เป็นไปได้แล้วจะได้เป็นภาพในรูปของฮัฟสเปซ (HoughSpace) โดยในฮัฟสเปซจะสามารถระบุค่าที่เป็นค่าสูงสุด (Local Maxima) ที่มีอยู่ได้ซึ่งจุดนั้นจะเป็นจุดที่เส้นตรงอยู่นั่นเอง หากต้องการหาเส้นโค้ง (Circular Hough Transform) สามารถค้นหารูปที่มีลักษณะเป็นวงกลมโดยใช้สมการ  $(x-cx)^2+(y-cy)^2=r^2$

โดยการคัดแยกเส้นช่องทางเดินรถในหัวข้อนี้จะเป็นการอธิบายถึงวิธีการคัดแยกเส้น ช่องทางเดินรถออกจากพื้นที่ที่เป็นพื้นถนน จากรูปแบบของถนนในภาพที่ 8 เส้นช่องทางเดินรถจะมีลักษณะที่เป็นสีเด่นชัด เส้นช่องทางเดินรถฝั่งซ้ายจะมีลักษณะที่เป็นเส้นสีขาว และในส่วนของเส้นช่องทางเดินรถฝั่งขวาจะมีลักษณะที่เป็นเส้นสีเหลือง สำหรับงานวิจัยนี้จะเลือกใช้กระบวนการร่วมกันระหว่างปริภูมิ RGB กับปริภูมิสี HSV เพื่อคัดแยกเส้นช่องทางเดินรถฝั่งซ้ายและเส้นช่องทางเดินรถฝั่งขวา เนื่องจากสามารถคัดแยกเส้นช่องทางเดินรถบนสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงของสีและแสงสว่างได้ดี

งานวิจัยนี้จะใช้จุดขอบฟ้าหรือจุดตัดกันของเส้นขอบของช่องทางเดินรถทั้งสองฝั่งเป็นจุดนำทางการเคลื่อนที่ของระบบ ดังภาพที่ 7 แสดงเส้นช่องทางเดินรถฝั่งซ้าย เส้นช่องทางเดินรถฝั่งขวา และจุดนำทางการเคลื่อนที่



ภาพที่ 7 เส้นช่องทางเดินรถฝั่งซ้ายและฝั่งขวา

จากภาพที่ 7 เมื่อคัดแยกช่องทางเดินรถฝั่งซ้ายและฝั่งขวาออกจากภาพพื้นถนน ขั้นตอนต่อไป คือการกำหนดเส้นช่องทางเดินรถเพื่อใช้เป็นช่องทางการวิ่งของรถ จากภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าเส้นช่องทางเดินรถมีลักษณะที่เป็นเส้นตรงวางแนวเฉียงกับขอบของภาพหรือเป็น เส้นตรงที่มีค่าความชันต่างกัน ดังนั้นกระบวนการหาเส้นช่องทางเดินรถจะใช้วิธีการของ Hough Transform (Andrade, 2019) สำหรับค้นหาเส้นช่องทางเดินรถ ในขั้นตอนแรกจะทำการหาขอบของภาพด้วยวิธีการ Canny Edge Detection เนื่องจากวิธีดังกล่าวสามารถหาขอบได้ละเอียด ระดับ 1 ขอบ ต่อ 1 พิกเซล โดยในวิจัยได้กำหนดค่า Threshold 1 เท่ากับ 50 และ Threshold 2 เท่ากับ 150

ขั้นตอนต่อไปหลังจากการหาขอบด้วยวิธีการของ Canny ลักษณะภายในขอบที่ได้จะเป็นจุดพิกเซลภาพ เพื่อใช้สำหรับการค้นหาเส้นตรงของเส้นช่องทางเดินรถด้วยวิธีการ Hough Trans-form จะเป็นการค้นหาเส้นตรงจากจุดต่าง ๆ ที่ เกิดขึ้นในภาพ โดยแต่ละจุดจะโหวตว่าจุด ๆ นั้นอยู่ บนเส้นตรงใดบ้าง เมื่อทุกจุดโหวตแล้ว สมการที่ถูกโหวตมากที่สุด จะเป็นเส้นตรงที่ผ่านจุดมากที่สุด เมื่อพิจารณารูปร่างของเส้นช่องทางเดินรถที่มีลักษณะที่เป็นเส้นตรงที่มีค่าความชันต่าง ๆ สามารถอธิบายได้โดยใช้รูปแบบของสมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร ในสมการที่ 8

$$Ax + By + C = 0 \quad (8)$$

และจากรูปทั่วไปสมการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปมาตรฐานดังสมการที่ 9 โดย m และ c เป็นค่า คงตัว

$$y = mx + c \quad (9)$$

และความชันของเส้นตรง หาได้จากความสัมพันธ์ของคู่ลำดับจุด 2 จุดบนเส้นตรงนั้นแสดงในสมการที่ 10

$$m = \frac{y-y_1}{x-x_1} \quad (10)$$

เมื่อ m คือความชันของเส้นตรงและ (x, y) คือคู่ลำดับที่อยู่บนเส้นตรงดังกล่าว เมื่อทำการทดสอบค่าความชันของเส้นตรงที่ค่าต่างๆ โดยให้เส้นตรงที่มีความชันตั้งแต่ -1 ไปจนถึงเส้นตรงที่มีค่าความชัน 1 โดยกำหนดให้เส้นตรงทั้งหมดผ่านจุดๆ เดียวกันโดยสมมติให้จุดที่เส้นตรงทั้งหมดผ่านนั้นเป็นจุดนำทางของการเคลื่อนที่ดังแสดงในภาพที่ 8



(ก) ภาพต้นแบบ



(ข) ภาพขอบของช่องทางเดินรถฝั่งขวา

ภาพที่ 8 การหาเส้นตรงขอบภาพวิธีการของ Hough Transform

เมื่อพิจารณาภาพที่ 8 ค่าความชันของเส้นตรงเมื่อ m มีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 เทียบกับภาพของช่องทางเดินรถฝั่งซ้ายและเส้นช่องทางเดินรถฝั่ง ขวา เส้นช่องทางเดินรถฝั่งซ้ายจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีค่าความชันเป็นบวกและเส้นช่องทางเดินรถฝั่งซ้ายจะมีค่าความชันที่เป็นค่าลบดังนั้นสามารถอธิบายเส้นช่องทางเดินรถฝั่งซ้ายโดย กำหนดให้ความชันในสมการ 11 มีค่าเป็นบวกและ เส้นช่องทางเดินรถฝั่งขวามีค่าความชันใน สมการที่ 12 เป็นลบ ซึ่งสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการที่ 11 และสมการที่ 12

$$A_L r + B_L c + C_L = 0 \quad (12)$$

$$A_R r + B_R c + C_R = 0 \quad (13)$$

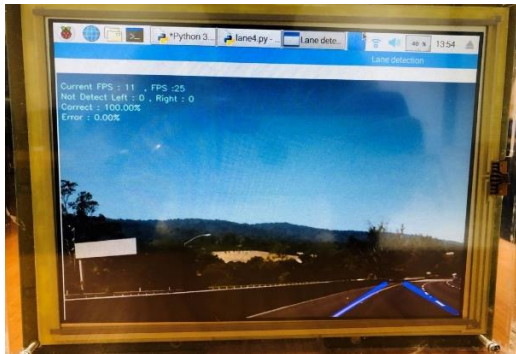
โดยที่  $A_L$  ,  $B_L$  และ  $C_L$  คือ ค่าคงตัวของเส้นช่องทางเดินรถฝั่งซ้าย,  $A_R$  ,  $B_R$  และ  $C_R$  คือ ค่าคงตัวของเส้นช่องทางเดินรถฝั่งขวา, r คือ แกวของภาพ และ c คือ คอสมน์ของภาพ

## ผลการวิจัย

หลังจากออกแบบวิธีการวิจัยและพัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับขั้นตอนวิธีสำหรับการตรวจสอบช่องทางจราจรแบบเรียลไทม์ด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 1. ผลการพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบในการตรวจจับช่องทาง

จากการพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบในการตรวจจับช่องทาง ผู้วิจัยได้พัฒนาส่วนเชื่อมต่อของอุปกรณ์โดยสามารถแบ่งแต่ละองค์ประกอบ ได้ดังนี้



(ก) หน้าจอประมวลผล



(ข) ส่วนประกอบเชื่อมต่อบนอุปกรณ์ต้นแบบ

ภาพที่ 12 อุปกรณ์ต้นแบบในการตรวจจับช่องทาง

จากภาพที่ 12 การพัฒนาอุปกรณ์ในครั้งนี้ได้ใช้ ARM Cortex-A53 (ARMv8) ซึ่งเป็นระบบสมองกลฝังตัวที่สามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการได้ โดยใช้ระบบปฏิบัติการ Raspbian ในการทดลองประสิทธิภาพ

### 2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในการตรวจจับช่องทาง

การประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ได้ใช้เกณฑ์ความแม่นยำเป็นเกณฑ์ที่ใช้วัดระดับความถูกต้องหรือความแม่นยำในการจำแนกประเภทข้อมูลของโมเดลที่เรียนรู้จากชุดข้อมูลฝึก และจะแสดงผลลัพธ์ที่จำแนกได้ว่าเป็นคลาสบวก (Positive Class: P) หรือ คลาสลบ (Negative Class: N) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถมีได้ 4 แบบ คือ True Positive (TP) , False Positive (FP) , True Negative (TN) และ False Negative (FN) ซึ่งสามารถคำนวณค่าความถูกต้องได้ดังสมการที่ 14

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100 \quad (14)$$

ในการหาประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งกล้องบริเวณตำแหน่งตรงกลางด้านหน้ารถยนต์ มีความละเอียดของภาพวิดีโอขนาดจุดสี 720x480 พิกเซล และเฟรมเรต 30 เฟรมต่อวินาที ด้วยความเร็วคงที่ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยระบบจะมีการตรวจจับช่องทางเดินรถในบริเวณที่ต้องการ โดยใช้ข้อมูลตัวอย่างในการประมวลผล จำนวน 10 ครั้ง หลังจากนั้นประมวลผลแบบเรียลไทม์บนระบบสมองกลฝังตัว แล้วทำการระบุและตีความหมายเส้นช่องทางจราจร ผลการทดสอบของระบบแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ผลการทดสอบประสิทธิภาพ

| ครั้งที่ | เวลา  | สภาพแสง | True Positive (TP) | TRUE Negative (TN) | False Positive (FP) | False Negative (FN) | % ความถูกต้อง (ACC) |
|----------|-------|---------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1        | 12.00 | มาก     | 735                | 125                | 45                  | 37                  | 91.30               |
| 2        | 12.30 | ปกติ    | 840                | 90                 | 25                  | 27                  | 94.70               |
| 3        | 13.00 | ปกติ    | 1040               | 240                | 75                  | 70                  | 89.82               |
| 4        | 13.30 | มาก     | 940                | 210                | 78                  | 87                  | 87.45               |
| 5        | 14.00 | ปกติ    | 745                | 102                | 44                  | 42                  | 90.78               |
| 6        | 14.30 | ปกติ    | 856                | 120                | 35                  | 33                  | 93.79               |
| 7        | 19.00 | กลางคืน | 1210               | 265                | 245                 | 135                 | 79.51               |
| 8        | 19.30 | กลางคืน | 645                | 85                 | 80                  | 62                  | 83.72               |
| 9        | 20.00 | กลางคืน | 750                | 180                | 125                 | 78                  | 82.08               |
| 10       | 20.30 | กลางคืน | 940                | 135                | 120                 | 93                  | 83.46               |

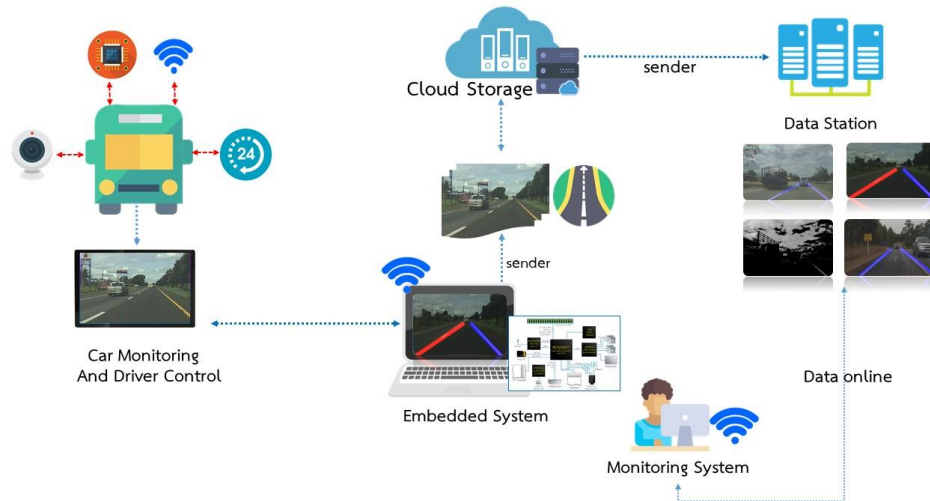
จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการตรวจจับช่องทาง พบว่า ในการทดสอบประมวลผลแบบเรียลไทม์ของข้อมูลที่นำมาทดสอบจำนวน 10 ครั้ง ช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 20.30 น. ซึ่งค่าของแสงมีลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลาเมื่อทดสอบขั้นตอนวิธีการตรวจจับช่องทาง อุปกรณ์สามารถตรวจจับช่องทางได้ดี

## อภิปรายผล

ผลการวิจัยในการใช้เทคนิคการค้นหาขอบภาพแบบเรียลไทม์ โดยการใช้กล้องในตรวจจับภาพ แล้วระบุช่องทางเดินรถในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย และทำการบันทึกข้อมูล ด้วยขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้น ที่สามารถขจัดปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้ระบบสามารถตรวจจับช่องทางถนนที่มีค่าความถูกต้องและแม่นยำสูง แล้วทำการประมวลผลภาพเบื้องต้นด้วยการแปลงภาพที่ได้ให้เป็นภาพระดับเทาแปลงภาพระดับเทาเป็นภาพสองระดับกำจัดสัญญาณรบกวน ตัดแยกเส้น และจำแนกประเภท ด้วยเทคนิค ROI, Canny Edge detection, Hough Transform และ Gaussians Smoothing

## ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยจะนำไปประยุกต์ต่อยอดในการวิเคราะห์ข้อมูลในการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุบนรถโดยสารประจำทางด้วยประมวลผลแบบเรียลไทม์ ทำการบันทึกข้อมูลการเดินทางไปยังระบบคลาวด์คอมพิวเตอร์ เพื่อแจ้งเตือนไปยังระบบส่วนกลาง และรายงานผลไปยังผู้ดูแลระบบ แสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 การเฝ้าระวังการเกิดอุบัติเหตุรถประจำทางผ่านระบบคลาวด์คอมพิวเตอร์

### เอกสารอ้างอิง

- Andrade, D.C. (2019). A Novel Strategy for Road Lane Detection and Tracking Based on a Vehicle's Forward Monocular Camera. *The Proceedings of the IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(4), 1497-1507.
- Bente, T. F., Szeghalmy, S. and Fazekas, A.(2018). Detection of lanes and traffic signs painted on road using on-board camera. *The Proceedings of the IEEE International Conference on Future IoT Technologies (Future IoT)*, Eger., 1-7.
- Chen, P. and Jiang, J. (2018). Algorithm Design of Lane Departure Warning System Based on Image Processing. *The Proceedings of the 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC)*, Xi'an., 1-2501.
- Feng, J., Wu, X. and Zhang, Y.(2018). Lane Detection Base on Deep Learning. *The Proceedings of the 11th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID)*, Hangzhou, China, 315-318.
- Gupta, T., Sikchi, H. S. and Charkravarty, H. (2018). Robust Lane Detection Using Multiple Features. *The Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, Changshu, 1470-1475.
- Li, Y. and Yang, Z. (2018). Progressive Probabilistic Hough Transform Based Nighttime Lane Line Detection for Micro-Traffic Road. *The Proceedings of IEEE 8th Annual International Conference on CYBER Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER)*, Tianjin, China, 1276-1281.
- Petwal, A. and Hota, M. K. (2018). Computer Vision Based Real Time Lane Departure Warning System. *The Proceedings of International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, Chennai, 0580-0584.

- Reichenbach, M., Liebischer, L., Vaas, S. and Fey, D. (2018). Comparison of Lane Detection Algorithms for ADAS Using Embedded Hardware Architectures. *The Proceedings of the 2018 Conference on Design and Architectures for Signal and Image Processing (DASIP)*, Porto, 48-53.
- Shirke, S. and Udayakumar, R. (2019). Lane Datasets for Lane Detection. *The Proceedings of International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, Chennai, India, 0792-0796.
- VanQuang, N., Heungsuk, K., SeoChang, J., Kwangsuck, B. (2018). A Study on Real-Time Detection Method of Lane and Vehicle for Lane Change Assistant System Using Vision System on Highway. *Engineering Science and Technology an International Journal*, 21(5), 822-833.
- Wang, H., Wang Y., Zhao X., Wang G., Huang, H. and Zhang, J. (2019). Lane Detection of Curving Road for Structural Highway with Straight-Curve Model on Vision. *The Proceedings of the IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 68 (6), 5321-5330.
- Yenlaydin, Y. and Schmidt, K. W. (2018). A lane detection algorithm based on reliable lane markings. *The Proceedings of Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, Izmir, 1-4.