

ระบบของการตรวจจับยานพาหนะและการนับด้วยการใช้ราสเบอร์รี่พาย

A System of Vehicle Detection and Counting Using Raspberry Pi

พรศักดิ์ คำจันทร์ (Pornsak Kamchan)* อนุช มหฤทัยนนท์ (Anute Maharutainont)*
และ อดิษฐ์พันธุ์ รอดทุกซ์ (Annupan Rodtook)*

บทคัดย่อ

งานวิจัยการประมวลผลภาพนี้ถูกออกแบบเพื่อการสำรวจปริมาณจราจรบนถนน อัลกอริทึมการแปลงแบบเฮาซ์ การลบพื้นหลัง การทำสัณฐานทางคณิตศาสตร์ และการหาเส้นแนวความสูง ถูกประยุกต์ใช้ร่วมสำหรับการตรวจหาและนับพาหนะเคลื่อนที่ในเฟรมภาพ อัลกอริทึมที่ถูกประมวลผลบนอุปกรณ์ราสเบอร์รี่พายที่ต่อพ่วงกับกล้อง การประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่ผ่านการทดสอบด้วยการจราจรบนถนนแพรกษา จังหวัดสมุทรปราการ การทดสอบได้ถูกดำเนินการในช่วงเวลาและเงื่อนไขที่ต่างกัน เช่น แสง เงา และ สภาพการจราจร ผลการทดสอบได้แสดงว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะให้ความถูกต้องและความพึงพอใจในการปฏิบัติ

คำสำคัญ: ตรวจจับยานพาหนะ การนับยานพาหนะ การจราจร การลบพื้นหลัง

Abstract

This image processing research is designed to monitor road traffic volumes. Hough transform, background subtraction, mathematical morphology and contour line detection algorithms are applied to detect and count the number of vehicles from the frame. Such algorithms are implemented in Raspberry pi device with its attached camera. The evaluation of the effectiveness of proposed algorithms has been conducted by testing with traffic images of Praksa road in Samutprakarn province. Testing was performed at different times and conditions as light, shadow and road traffic. The testing results also show that the proposed algorithms are

effective enough to achieve accuracy and satisfactory in practice.

Keywords: Vehicle Detection, Vehicle Counting, Road traffic, Background Subtraction.

1. บทนำ

ระบบจัดการขนส่งหรือโลจิสติกส์ในประเทศไทยมีทางเลือกอยู่หลายวิธี การขนส่งทางถนนเป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมสูงสุด เพราะโครงข่ายถนนในประเทศไทยสามารถเข้าถึงได้ทุกที่ ทั้งในเมือง นอกเมือง และบริเวณที่การขนส่งเข้าถึงได้ยาก เช่น บนภูเขาสูง การขนส่งทางถนนในระยะทางสั้นๆ จะมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการขนส่งรูปแบบอื่น การเพิ่มประสิทธิภาพในระบบขนส่งจะเป็นการลดต้นทุนในระบบโลจิสติกส์ ดังนั้นการเตรียมพร้อมในการขยายถนนหรือสร้างถนนใหม่จึงเป็นทางเลือกที่สำคัญในกรณีที่มีปริมาณการจราจรบนถนนเส้นเดิมมีแนวโน้มที่สูงขึ้น

การสำรวจปริมาณการจราจรบนถนนเพื่อนำข้อมูลสารสนเทศมาวิเคราะห์เป็นขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการวางแผนโครงสร้าง การคมนาคมและขนส่ง การสำรวจสามารถดำเนินการได้หลายวิธี เช่น การนับรถแบบสัมผัสโดยตรงกับยานพาหนะ (Contact Type) โดยใช้เครื่องนับแบบใช้ท่อแรงดัน หรือแบบเซนเซอร์ ซึ่งการติดตั้งอุปกรณ์ข้างต้นจะยุ่งยากและมีต้นทุนสูง การนับรถด้วยคนโดยใช้เครื่องนับมือถือ (Handheld tally Counter) ที่มีความแม่นยำสูงแต่ต้องใช้บุคลากรทำหน้าจำนวนมาก การประยุกต์เทคโนโลยีจากงานวิจัยบนอุปกรณ์ที่เคลื่อนย้ายสะดวกในการสำรวจปริมาณการจราจรจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้ได้ประยุกต์หลากหลายเทคนิคของการประมวลผลภาพในการพัฒนาระบบการนับ

* ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

* Department of Computer Science, Faculty of Science, Ramkhamheng University.

ยานพาหนะบนถนน อัลกอริทึมถูกประมวลผลบนอุปกรณ์ราสเบอร์รี่พายที่เชื่อมต่อกับกล้องความละเอียดสูงรุ่น Logitech C310

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในรอบหลายปีที่ผ่านมาทีมงานวิจัยหลายชิ้นงานที่นำเทคนิคการประมวลผลภาพมาใช้ในการตรวจหาถนนถนนและแยกนับตามประเภทของรถ เช่น ไตรวิทย์ [1] นำเสนอการประยุกต์รวมระหว่างอัลกอริทึมเกาส์เซียนมิกเจอร์และเอ็กทิฟคอนทราในการตรวจคัดแยกรถจากกล้องวงจรปิดชลธิชาและคณะ [2] พัฒนาโปรแกรมบนหลักการของอัลกอริทึมเกาส์เซียนมิกเจอร์ และมอร์ฟอสโลจีในการตรวจนับปริมาณรถ ส่วนระบบการตรวจนับเฉพาะรถยนต์และรถมอเตอร์ไซด์ในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นถูกคิดค้นและพัฒนาโดย Indrabayu [3] และคณะ โดยทีมวิจัยได้ประยุกต์ใช้อัลกอริทึมเกาส์เซียนมิกเจอร์และการวิเคราะห์หีบห่อสำหรับดำเนินการคัดแยกรถตามประเภทที่กำหนดข้างต้น สำหรับ Santosh [4] และคณะได้ประยุกต์แนวคิดและหลักการเดียวกับ Indrabayu [3] (เกาส์เซียนมิกเจอร์และการวิเคราะห์หีบห่อ) ในการติดตามยานพาหนะเคลื่อนที่หลากหลายประเภทบนถนนการทบทวนวรรณกรรมวิจัยข้างต้น แสดงให้เห็นว่า อัลกอริทึมเกาส์เซียนมิกเจอร์ (Gaussian Mixture Model, GMM) เป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการลบภาพพื้นหลัง และหาวัตถุเคลื่อนที่ในชุดเฟรมที่มีอัตราเฟรมที่เหมาะสม หลักการของ GMM คือ การสร้างภาพพื้นหลังของเฟรมภาพปัจจุบันค่าระดับความเข้มของจุดภาพถูกนำมาพิจารณาโดยใช้หลักการของเกาส์เซียนดิสทริบิวชันและการทำเรดไฮสโต สำหรับคัดแยกคุณลักษณะของจุดภาพว่าเป็นพื้นหลังหรือวัตถุเคลื่อนที่ แต่ด้วยสาเหตุของสภาพแสงที่ระดับความเข้มแสงมีความแตกต่างกันในช่วงเวลาที่ต่างกันจะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้องค์ประกอบของภาพพื้นหลังในชุดเฟรมภาพมีความแตกต่างกัน เช่น เงาของวัตถุ หรือแสงสะท้อน และปัจจัยข้างต้นจะเป็นอุปสรรคในการกำหนดค่าเรดไฮสโตที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์อัลกอริทึม Improved Adaptive Gaussian Mixture Mode (AGMM) [5], [6] ในการสร้างภาพพื้นหลัง และหาวัตถุเคลื่อนที่ในชุดเฟรมภาพ หลักการของอัลกอริทึม คือ วิธีการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์โดยใช้วิธีรีเคอร์ซีฟ และคุณลักษณะของจุดภาพไม่ได้ถูกกำหนดเพียง

แค่ 2 องค์ประกอบ คือ พื้นหลังและวัตถุเคลื่อนที่ คุณลักษณะและจำนวนองค์ประกอบจะถูกปรับเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมของจุดภาพ งานวิจัยชิ้นนี้มีการพิจารณาหาตำแหน่งและสร้างเส้นแบ่งครึ่งฝั่งถนนในกรณีเฟรมภาพมีรถวิ่งสองฝั่งในทิศสวนทางกัน อัลกอริทึม Hough Line Transform ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการหาเส้นดังกล่าว การตรวจนับยานพาหนะทั้งสองฝั่งถนนจะเป็นอิสระต่อกันเพราะความแตกต่างของทิศทางการตรวจสอบ อัลกอริทึมการตรวจหาการทับซ้อนของสี่เหลี่ยมถูกนำมาใช้ในขั้นตอนการนับรถ โดยการตรวจสอบสถานะของรถในเฟรมภาพปัจจุบันเทียบกับเฟรมภาพก่อนหน้า และประสิทธิภาพของอัลกอริทึมถูกประเมินด้วยการทดสอบกับการจราจรบนถนนแพรงษา จังหวัดสมุทรปราการ การทดสอบถูกดำเนินการในสี่ช่วงเวลาเวลาที่มีสภาพแสงแตกต่างกัน งานวิจัยชิ้นนี้ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษาโปรแกรม Python และประมวลผลบนอุปกรณ์ราสเบอร์รี่พาย 3 รุ่น B ที่มีระบบปฏิบัติการ Raspbian Jessie

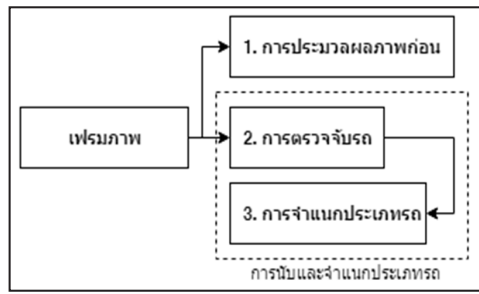
3. วิธีการที่นำเสนอ

การประมวลผลภาพเป็นแบบเรียลไทม์โดยประมวลผลทีละเฟรมภาพจากกล้อง การทำงานของอัลกอริทึมต่างๆ ถูกจัดเป็น 3 หมวด ตามวัตถุประสงค์การทำงาน ดังภาพที่ 1 (ก) - (ค) หมายเหตุ เฟรมภาพที่ใช้ในการประมวลผลจะอยู่ในโหมดค่าระดับเทา (Grayscale) ส่วนเฟรมภาพที่ใช้นำเสนอขั้นตอนการทำงานอยู่ในโหมดภาพสี (RGB)

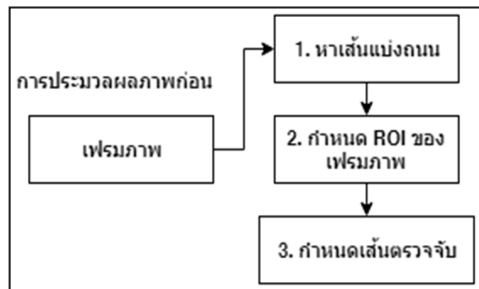
3.1 การประมวลผลภาพก่อน

เป็นขั้นตอนสำคัญในการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่นำไปใช้ในการตรวจนับรถอัตโนมัติต่อไป

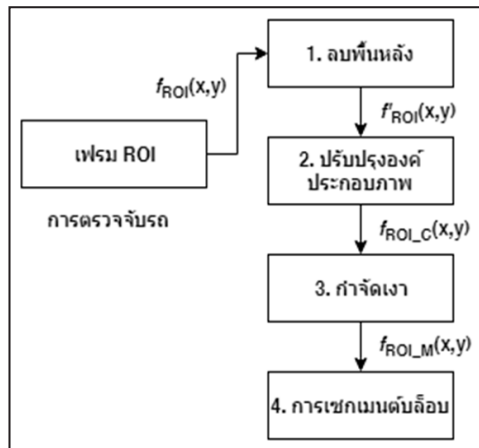
1. การสร้างเส้นแบ่งครึ่งฝั่งถนน การตั้งกล้องและมุมของกล้องจะส่งผลต่อลักษณะของเฟรมภาพ เช่น เฟรมของถนนที่มีสองฝั่งรถวิ่งสวนกัน พิกัดของกล้อง (Eye Coordinate, (x_e, y_e, z_e)) อาจถูกกำหนดที่ตำแหน่ง $(0, y_1, z_1)$ หน้าพิกัดอ้างอิง (Word Coordinate, $(x_w, y_w, z_w) = (0, 0, 0)$) ในตำแหน่งที่สูงกว่า พิกัดอ้างอิงจะอยู่ตรงกลางระหว่างถนนสองฝั่ง และเวกเตอร์การมองของกล้องจะชี้ไปที่ตำแหน่ง $(0, 0, z_2)$ หลังพิกัดอ้างอิง ค่า z_2 ต้องมีความเหมาะสมที่จะเห็นถนนทั้งสองฝั่งบรรจบกันในมุมมองเปอร์สเปกทีฟ วัตถุที่อยู่ใกล้พิกัดกล้องจะมีขนาดใหญ่กว่าวัตถุในตำแหน่งที่อยู่ไกล ดังนั้นบริเวณที่ถนนสองเส้นบรรจบกันจะเป็นเสมือนเส้นที่พุ่งเข้า



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 1 ไต่อะแกรมการทำงาน (ก) ระบบของการตรวจนับรถ
(ข) การประมวลผลก่อน (ค) การตรวจจับรถ

ตัดกัน (ดังภาพที่ 2 (ก)) เฟรมภาพที่ประกอบด้วยถนน
ฝั่งเดียว (ภาพที่ 2 (ง)) พิกัดกล่อง $(x_c, y_c, z_c) = (x_l, y_l, z_l)$
อยู่ทางด้านหน้า ขวา และบนของพิกัดอ้างอิง และเวกเตอร์
การมองของกล้องจะชี้ไปที่ตำแหน่ง $(x_l, 0, -z_l)$ ซึ่ง z_l มีค่าน้อยกว่า
 z_c หลักการข้างต้นถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการหาเส้นแบ่ง
ฝั่งถนน โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

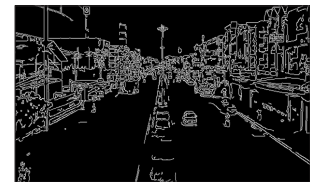
- 1.1) สร้างภาพขอบจากเฟรมภาพระดับเทาด้วยอัลกอริทึม
Canny ผลลัพธ์จะอยู่ในโหมดภาพไบนารี (ภาพที่ 2 (ข))
- 1.2) ตรวจสอบความเป็นเส้นตรงของขอบภาพ โดยใช้
Hough Line Transform [8] ประมวลผลกับภาพขอบ (ภาพที่
2 (ค)) เส้นตรงที่พบทุกเส้นถูกนำมาพิจารณาร่วมกัน จับคู่

เส้นตรงและหาจุดตัดโดยใช้หลักการ Line-Line Intersection
[8] และพิจารณาหาเส้นตรงที่มีจุดตัดร่วมกับเส้นอื่นมากที่สุด
(ลูกศรขาว ภาพที่ 2 (ค)) นำจุดตัดทั้งหมด $\{P\}$ บนเส้น
ดังกล่าวมาประมวลผล โดย $P_i = (x_i, y_i); i = 1, 2, \dots, n$ (n คือ
จำนวนจุดตัด) คำนวณจุด (x_c, y_c) ซึ่ง $x_c = \sum_{i=1}^n (x_i/n)$ และ
 $y_c = \sum_{i=1}^n (y_i/n)$ และ (x_c, y_c) จะถูกใช้เป็นจุดเริ่มของ
เส้นแบ่งฝั่งถนนเมื่ออยู่ในเกณฑ์ $n \geq T_l$ และ
 $\sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2} < \varepsilon$ เส้นตรงถูกลากจากจุด
 (x_c, y_c) ลงมาตั้งฉากกับขอบภาพล่าง (ภาพที่ 2 (ค)) สำหรับ
กรณีนี้ (x_c, y_c) อยู่นอกเกณฑ์ที่กำหนดแสดงว่าเฟรมภาพ
ถูกพิจารณาเป็นบริเวณของถนนฝั่งเดียว

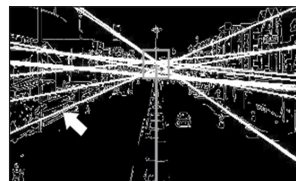
2. การกำหนดบริเวณที่สนใจ (ROI) คือ การกำหนด
ขอบเขตการทำงานของอัลกอริทึมในเฟรม เป็นรูปแบบ
การประมวลผลแบบบิตแอนด์ (Bitwise AND Operation)



(ก)



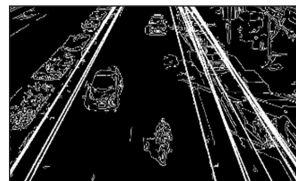
(ข)



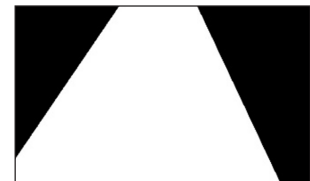
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)



(ช)



(ซ)

ภาพที่ 2 การประมวลผลภาพก่อนกับภาพถนนแพรงษา
(ก) ถนนรถวิ่ง 2 ฝั่ง (ข) ภาพขอบ (ค) เส้น Hough
บนภาพขอบถนน 2 ฝั่ง (ง) ถนนรถวิ่งฝั่งเดียว
(จ) เส้น Hough บนภาพขอบถนนฝั่งเดียว
(ฉ) เฟรมมาสก์ (ช) เฟรม ROI (ซ) เส้นตรวจจับ

ระหว่างเฟรมเริ่มต้น (ภาพที่ 2 (ง)) กับเฟรมมาสก์ (ภาพที่ 2 (ฉ)) มาสก์ถูกกำหนดโดยผู้ใช้เพื่อหาเฟรม ROI ที่เหมาะสม (ภาพที่ 2 (ซ))

3. การสร้างเส้นตรงตรวจจับพาหนะ เส้นถูกกำหนดบริเวณกึ่งกลางความสูงของ ROI เส้นตรวจจับจะถูกกำหนดแยกกันในกรณีถนนสองฝั่ง เส้นจะถูกกำหนดโดย $PS = (x_{fix}, y_1)$ และ $PE = (x_{fix}, y_2)$ (ภาพที่ 2 (ซ)) ซึ่ง $x_{fix} = H/2$ ระบบพิกัดสำหรับการประมวลผลภาพจะอ้างอิงโดเมนของภาพ ที่ (0, 0) อยู่มุมซ้ายบน x ตำแหน่งแถว y คอลัมน์

3.2 การตรวจจับรถบนถนน

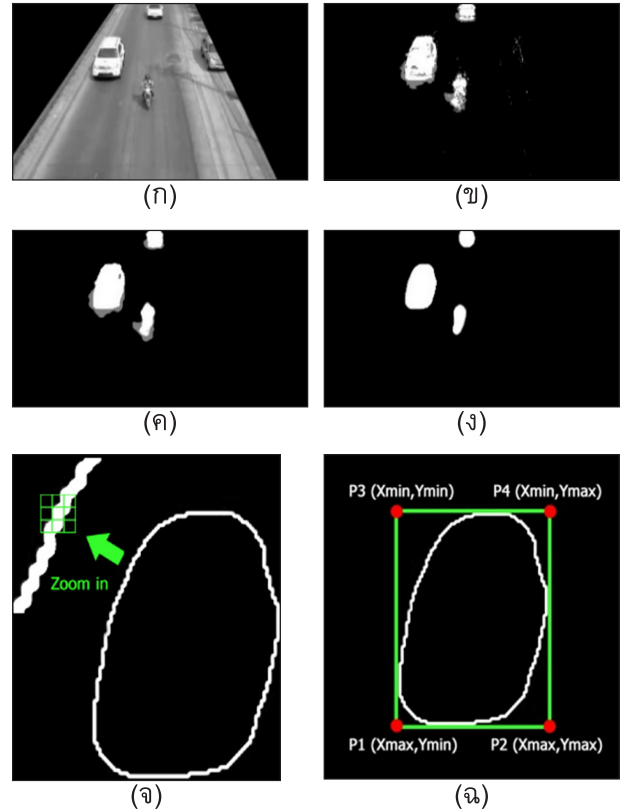
1. การประมวลผล ROI $f_{ROI}(x, y)$ ด้วยอัลกอริทึม AGMM สำหรับการลบพื้นหลังและหาวัตถุเคลื่อนที่ในเฟรม ในงานวิจัยนี้จำนวนองค์ประกอบมากที่สุดที่ใช้ในการพิจารณาคูณลักษณะของแต่ละจุดภาพ คือ 3 องค์ประกอบ พื้นหลังเงา และวัตถุเคลื่อนที่ ผลลัพธ์แสดงดังภาพที่ 3 (ข)

2. การประมวลผล $f'_{ROI}(x, y)$ ด้วยอัลกอริทึมสัณฐานทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Morphology) แบบปิดเพื่อปรับปรุงคุณภาพขององค์ประกอบ โดย $f_{ROI_C}(x, y) = f'_{ROI}(x, y) \oplus B \otimes B$ ซึ่ง B คือ หน่วยโครงสร้างที่กำหนดสัญลักษณ์ $\oplus$ แทนขั้นตอนการเพิ่มข้อมูลภาพ (ไดเลชัน) และ $\otimes$ แทนการลบข้อมูลภาพ (อีรอสชัน) ภาพผลลัพธ์แสดงดังภาพที่ 3(ค)

3. การลบเงาของวัตถุเคลื่อนที่ โดยพิจารณาเฉพาะจุดภาพ $f_{ROI_C}(x, y)$ ที่มีความเข้มเท่ากับ T_s และกำหนดระดับความเข้มของกลุ่มจุดภาพดังกล่าวให้เป็นค่าความเข้มของพื้นหลัง (T_s เป็นความเข้มของคลัสเตอร์เงา) ภาพผลลัพธ์ถูกนำมาประมวลผลกับตัวกรองสัญญาณภาพแบบไม่เชิงเส้น $f_{ROI_M}(x, y) = median \{f_{ROI_C}(x+i, y+j)\}$ ที่ $i = -a, \dots, a$ และ $j = -b, \dots, b$ ภาพผลลัพธ์ $f_{ROI_M}(x, y)$ ถูกแสดงดังภาพที่ 3(ง)

4. การแบ่งภาพบล็อบ เป็นการเชกเมนต์ขอบเขตของยานพาหนะในรูปของกลุ่มจุดภาพสีขาว อัลกอริทึมการหาเส้นชั้นความสูง (เส้นคอนทัวร์) [9] ถูกนำมาใช้ในการเชกเมนต์โดยมีหลักการ คือ พิจารณาจุดบนเส้นขอบของภาพขอบ (Edge Map แสดงดังภาพที่ 3 (จ)) และทำการต่อเชื่อมจุดภาพขอบกับจุดขอบรอบข้างภายในหน้าต่างด้วยเทคนิค Local Edge linking [9] เพื่อพิจารณาเคลื่อนย้ายหน้าต่างตามเส้นขอบจนได้เส้นคอนทัวร์รอบบล็อบ พิจารณาค่า $X_{Max}, X_{Min}, Y_{Max}, Y_{Min}$ จากเส้นดังกล่าวเพื่อใช้กำหนดจุด

$\{P_1, P_2, P_3, P_4\}$ ของสี่เหลี่ยม (ภาพที่ 3 (ฉ)) กรณีที่ความยาวของเส้นคอนทัวร์มีค่าน้อยกว่าค่าขีดที่กำหนด เส้นคอนทัวร์จะถูกกำจัดทิ้งเพื่อป้องกันกรณีวัตถุไม่ใช่พาหนะเคลื่อนที่ เช่น คนเดิน



ภาพที่ 3 การตรวจจับรถ (ก) เฟรม ROI (ข) การลบภาพพื้นหลัง (ค) ภาพ $f_{ROI_C}(x, y)$ (ง) ภาพ $f_{ROI_M}(x, y)$ (จ) เส้นคอนทัวร์รอบบล็อบ (ฉ) การเชกเมนต์บล็อบ

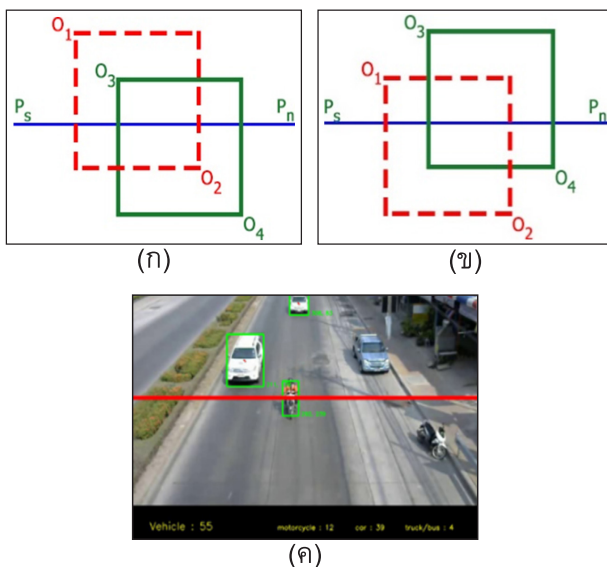
3.3 การจำแนกประเภทยานพาหนะและการตรวจจับ

1. การตรวจจับบล็อบในพิกัดของเส้นตรง $PS = (x_{fix}, y_1)$ และ $PE = (x_{fix}, y_2)$ โดยพิจารณาพิกัดของสี่เหลี่ยมเทียบกับ x_{fix} ของเส้น กรณี $X_{min} \leq x_{fix} \leq X_{max}$ แสดงว่าเส้นอยู่ในขอบเขตของสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นดัชนีที่ระบุว่าตัวตรวจจับได้ผ่านเส้นตรวจจับ กระบวนการสำคัญต่อมา คือ การตรวจสอบสี่เหลี่ยมดังกล่าวเคยผ่านเส้นตรวจจับในเฟรมภาพก่อนหรือไม่ หลักการ คือ การตรวจหาการทับซ้อนของสี่เหลี่ยมกับรายการของบล็อบที่อยู่ในบริเวณเส้นตรวจจับของเฟรมก่อน (ดังภาพที่ 4 (ก) (ข)) กรณีมีการทับซ้อนเกิดขึ้นสี่เหลี่ยมจะไม่ถูกนับจำนวน แต่ถูกบรรจุไว้ในรายการเพื่อใช้สำหรับตรวจสอบกับเฟรมถัดไป

หมายเหตุ สี่เหลี่ยมสีแดง (เส้นประ) เป็นบล็อบในเฟรม

ก่อน สีเขียว (เส้นทึบ) เป็นบล็อปในเฟรมปัจจุบัน เกณฑ์การพิจารณาการทับซ้อนของสี่เหลี่ยม คือ $O_{2,x} \geq O_{3,x}$ & $O_{1,x} \leq O_{4,x}$ & $O_{2,y} \geq O_{3,y}$ & $O_{1,y} \leq O_{4,y}$

2. การจำแนกประเภทของพาหนะเคลื่อนที่ ขั้นตอนนี้จะดำเนินการกับบล็อปที่อยู่ในบริเวณเส้นตรวจจับ และไม่เข้าเกณฑ์การทับซ้อนกับบล็อปในเฟรมก่อนหน้า การจำแนกจะถูกดำเนินการด้วยเครื่องมือวัดดังนี้ อัตราส่วนด้านกว้างต่อด้านสูงของสี่เหลี่ยม ($R=\omega/h$) และค่าความหนาแน่นของบล็อป (D) คือ จำนวนจุดภาพสีขาวภายในสี่เหลี่ยม เกณฑ์สำหรับการจำแนก คือ ถ้า $R < \omega_0$ แล้วบล็อปจะถูกพิจารณาเป็นรถจักรยานยนต์ กรณีที่ $R \geq \omega_0$ ค่าพารามิเตอร์ D จะถูกใช้เป็นเกณฑ์การพิจารณาถัดไป ถ้า $D < \omega_1$ บล็อปจะถูกตัดสินเป็นรถนั่งส่วนบุคคลหรือรถกระบะ มิฉะนั้นแล้วบล็อปจะถูกจำแนกเป็นรถประจำทางหรือรถบรรทุก ผลของการจำแนกประเภทยานพาหนะแสดงดังภาพที่ 4. (ค)



ภาพที่ 4 (ก) - (ข) การตรวจสอบการทับซ้อนระหว่างเฟรมภาพ (ก) รถเคลื่อนเข้าหากกล้อง (ข) รถเคลื่อนออกจากกล้อง (ค) ภาพผลลัพธ์การนับตามประเภทรถ

4. ผลการทดลอง

อัลกอริทึมการตรวจนับพาหนะเคลื่อนที่บนถนนโดยพิจารณาตามประเภทถูกทดสอบกับการจราจรบนถนนแพรงษา จังหวัดสมุทรปราการ ถนนดังกล่าวมียานพาหนะหลายประเภทสัญจร เช่น รถบรรทุก รถประจำทาง รถยนต์ส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ โดยที่อัลกอริทึมถูกประมวลผล

บนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ราสเบอร์รี่พาย 3 โมเดล B ที่ใช้พืพเป็นชิป Broadcom BCM2837 1.2GHz 64 bit Quad Core และราสเบอร์รี่พายจะต่อพ่วงกับกล้องเว็บแคม รุ่น Logitech C310 ที่มีความละเอียดภาพ 1280x720 พิกเซล ถ่ายภาพได้เฉลี่ย 14 เฟรมต่อวินาที แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางประสิทธิภาพของหน่วยประมวลผล ภาพจึงถูกปรับให้มีความละเอียดเพียง 640x480 พิกเซล (ข้อสังเกตุดต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลด้านความเร็ว เราสามารถดำเนินการโดยลดความละเอียดของเฟรมภาพลงให้มีขนาด 320x240 พิกเซล แต่ประสิทธิภาพด้านความถูกต้องในการตรวจจับและจำแนกประเภทยานพาหนะจะลดลง) อุปกรณ์ที่ใช้ประมวลผลทั้งหมดถูกติดตั้งบนสะพานลอยคนข้ามในลักษณะที่มั่นคง ไม่มีการสั่นไหว และมุมมองของกล้องเป็นแบบเปอร์สเปคทีฟ ที่สามารถตรวจจับวัตถุได้ทั้งขึ้นและวัตถุดในภาพไม่ทับซ้อนกัน

การทดสอบถูกดำเนินการใน 4 ช่วงเวลาที่มีปริมาณแสงลักษณะของเงา และสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน คือ ช่วง t_1 เวลา 8.30 น. - 9.30 น. สภาพแสงน้อย เงาด้านข้างและไม่ชัดเจน การจราจรเริ่มคล่องตัว ช่วง t_2 เวลา 11.30 น. - 12.30 น. สภาพแสงมาก เงาด้านล่าง สภาพการจราจรคล่องตัว ช่วง t_3 เวลา 14.30 น. - 15.30 น. สภาพแสงมาก เงาด้านข้างชัดเจน และ t_4 เวลา 17.30 น. - 18.30 น. เป็นช่วงเวลากการจราจร

เริ่มไม่คล่องตัวสภาพแสงน้อย มีเงาด้านข้างแต่ไม่ชัดเจน ค่าพารามิเตอร์ของอัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง คือ $T_i = 10$, $\mathcal{E}_i = 250$ (ขั้นตอนสร้างเส้นแบ่งถนน) $a = b = 5$ (ขั้นตอนกำจัดเงาวัตถุ) และ $\omega_0 = 0.65$, $\omega_1 = 8000$ (ขั้นตอนจำแนกประเภทรถ)

ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการหาวัตถุเคลื่อนที่ในเฟรมภาพจะถูกพิจารณาเปรียบเทียบระหว่าง AGMM (M_1) กับ GMM (M_2) โดยพิจารณาจากค่าความถูกต้องของการนับ โดยที่ M_i คือ วิธีการนับรถด้วยคน เป็นการนับผ่านภาพวิดีโอที่บันทึกเก็บไว้ โดยใช้บุคลากรแยกนับตามประเภทของยานพาหนะ การนับด้วยวิธีการนี้สามารถดำเนินการซ้ำได้เพื่อลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น และให้ความถูกต้องสูงสุด

ตารางที่ 1 ถึง 3 แสดงผลการทดสอบแยกนับยานพาหนะบนถนน ตามแต่ละประเภท และเมื่อนำข้อมูลทั้งสามตาราง

มาวิเคราะห์ร่วมกัน พบว่าในช่วงเวลา t_3 ระบบการนับรถที่อยู่บนหลักการของ AGMM (M_3) จะให้ค่าความถูกต้องสูง 91.45% สำหรับการนับรถทุกประเภทในกรณีถนนฝั่งเดียว ขณะที่ GMM (M_2) ให้ค่าความถูกต้องเพียง 84.21% สำหรับความผิดพลาดในการนับเกิดขึ้นมากที่สุด (กรณีถนนฝั่งเดียวและสองฝั่ง) คือ ช่วง t_4 เป็นช่วงเวลาที่มีความสว่างน้อยและมีแสงสว่างจากไฟรถ ซึ่งเป็นสาเหตุของความผิดพลาดในการสร้างโมเดลพื้นหลังและหาวัตถุเคลื่อนที่ในเฟรมภาพ ซึ่งขนาดและรูปร่างของวัตถุจะส่งผลต่อความถูกต้องในการวิเคราะห์เพื่อการจำแนกประเภทยานพาหนะ

ตารางที่ 1 สรุปนับรถแบ่งตามประเภทจักรยานยนต์ (คัน)

เวลา	ถนนเดียว			ถนนสองฝั่ง		
	M_1	M_2	M_3	M_1	M_2	M_3
t_1	201	179	177	413	342	354
t_2	225	190	202	465	401	406
t_3	215	185	209	463	384	420
t_4	357	305	301	752	624	646

ตารางที่ 2 สรุปนับรถแบ่งตามประเภทรถยนต์ (คัน)

เวลา	ถนนเดียว			ถนนสองฝั่ง		
	M_1	M_2	M_3	M_1	M_2	M_3
t_1	185	155	162	411	355	361
t_2	273	229	240	561	481	520
t_3	309	257	271	617	512	530
t_4	251	215	224	575	477	472

ตารางที่ 3 สรุปนับรถแบ่งตามประเภทขนาดใหญ่ เช่น รถประจำทาง รถบรรทุก (คัน)

เวลา	ถนนเดียว			ถนนสองฝั่ง		
	M_1	M_2	M_3	M_1	M_2	M_3
t_1	32	26	28	81	67	69
t_2	21	17	18	57	47	45
t_3	14	11	12	25	20	21
t_4	42	35	36	89	73	62

5. สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนำเสนอระบบการตรวจจับและนับตามประเภทของยานพาหนะบนถนน ระบบประมวลผลอยู่บนราสเบอร์รี่พาย ระบบงานประกอบด้วยหลากหลายอัลกอริทึมการประมวลผลภาพสำหรับการทำงานที่แตกต่างกัน เช่น อัลกอริทึมการวิเคราะห์ลักษณะของเฟรมภาพว่าเป็นภาพถนนฝั่งเดียวหรือภาพถนนสองฝั่งที่มีรถวิ่งสวนทางกัน การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมที่มีความยืดหยุ่นในการลบพื้นหลังของเฟรมภาพที่ได้รับผลกระทบจากสภาพแสงตามช่วงเวลา และอัลกอริทึมการตรวจจับยานพาหนะในตำแหน่งที่กำหนด โดยมีการตรวจสอบผลลัพธ์กับผลลัพธ์ของเฟรมก่อนหน้าเพื่อพิจารณาตัดสินใจในการนับจำนวน งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหลายรูปแบบ เช่น การตรวจหายานพาหนะที่วิ่งทับเส้นที่บหรือตรวจจับรถจักรยานยนต์บนสะพานลอย เป็นต้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Intacha. *Vehicle Detection And Classification System for Traffic Video Surveillance*. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Mester of Engineering in Computer Engineering, Prince of Songkla University, 2013.
- [2] C. Wateosot and N. Suvonvorn. "Development of a Vehicle Counting Algorithms by Image Processing from Video Camera. *Princess of Naradhiwas University Journal*, Vol. 5, No. 1, pp. 3-4, January-April 2013.
- [3] Indrabayu, Basri, A. Achmad, I. Nurtanio, and F. Mayasari. "Blob Modification in Counting Vehicles Using Gaussian Mixture Models Under Heavy Traffic." *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences Asian Research Publishing Network*, ISSN 1819-6608, Vol. 10, No. 16, September 2015.
- [4] D. H. H. Santosh, P. Venkatesh, P. Poornesh, L. N. Rao, and N. A. Kumar. "Tracking Multiple Moving Objects Using Gaussian Mixture Model." *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, ISSN: 2231-2307, Vol. 3, Issue 2, May 2013.

- [5] Z.Zivkovic. "Improved Adaptive Gaussian Mixture Model for Background Subtraction." *ICPR '04 Proceedings of the Pattern Recognition, 17th International Conference on (ICPR'04)*, Vol. 2, pp. 28-31, Washington, DC, USA, 2004.
- [6] Z. Zivkovic and F. van der Heijden. "Efficient adaptive density estimation per image pixel for the task of background subtraction." *Pattern Recognition Letters*, Vol. 27, Issue 7, pp. 773-780, May 2006.
- [7] A. Mammeri, A. Boukerche, and G. Lu. "Lane detection and tracking system based on the MSER algorithm, Hough transform and kalman filter." *MSWiM '14: Proceedings of the 17th ACM international conference on Modeling, analysis and simulation of wireless and mobile systems*, pp. 259-266, 2014.
- [8] P. Bourke. *Intersection point of two line segments in 2 dimensions*. Available Online at <http://paulbourke.net/geometry/pointlineplane>. accessed on April 1989
- [9] R. Jain, R. Kasturi, B. G. Schunck. "Chapter 6 Contour." *MACHINE VISION*, Published by McGraw-Hill, Inc, ISBN 0-07-032018-7, 1995.