บทที่ 4

การทดลองและการวิเคราะห์ผล

ในการวิจัยนี้ได้นำเอาโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในบทที่ 3 มาทดสอบกับสภาพจราจรจริง แต่เนื่องจากการหารถหยุดผิดปกติในถนนจริงนั้นหาได้ยาก และเนื่องจากสภาพรถหยุดทั่วไปนั้น หากปรับค่าระยะเวลาในการตรวจจับ (Timeout) ให้น้อยลง ก็สามารถทดสอบว่าการหยุดนั้นเป็นการหยุดที่ผิดปกติได้ และจากการศึกษาข้อมูลการจอดรถโดยสารสาธารณะจะได้ค่าเวลาในการกำหนดเงื่อนไขการตรวจจับรถหยุดผิดปกติเป็น 30 วินาที ดังนั้น การทดลองนี้จึงปรับค่า Timeout เป็นเวลา 30 วินาที ทดลอง ณ สถานที่ และช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

4.1 เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ประกอบที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองนี้ ได้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ประกอบ ดังนี้

4.1.1 **ฮาร์ดแวร์** (Hardware) มีคุณสมบัติ ดังนี้

ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือมีคุณสมบัติ ดังนี้

1) เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดพกพา (Notebook) หน่วยประมวลผลกลางชนิดเพนเทียมโฟร์ 2.0 กิกะเฮิรตซ์ (Pentium IV 2.0 GHz.)

2) หน่วยความจำหลัก (RAM) 512 เมกะไบต์ (512 MB)

3) ฮาร์ดดิสก์ (Harddisk) 40 กิกะไบต์ (40 GB)

4) การ์ดแสดงผลจอภาพ (VGA Card) 32 บิต (32 bits)

4.1.2 **ซอฟต์แวร์** (Software)

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือ ประกอบด้วย

1) ระบบปฏิบัติการ (Operating system) ไมโครซอฟท์วินโดวส์เอ็กซ์พี โพรเฟซชันแนล (Microsoft Windows XP Professional)

2) พัฒนาโปรแกรมด้วยไมโครซอฟท์วิชัวล์ซีพลัสพลัส 6.0 (MS Visual C++ 6.0)

4.1.3 **วงจรจับเฟรม** (Frame Grabber)

วงจรจับเฟรมจะใช้ในการจับภาพสัญญาณวีดิทัศน์เพื่อนำสัญญาณภาพที่ได้มาวิเคราะห์หารถหยุดผิดปกติ การทำงานของแผ่นวงจรจับเฟรมนั้น จะขึ้นกับอัตราในการจับเฟรม (Frame Rate) โดยทั่วไปแล้วเครื่องเล่นเทปนั้นจะส่งสัญญาณภาพออกมาประมาณ 24-25 เฟรมในหนึ่งวินาที ซึ่งวงจรจับเฟรมยี่ห้อ GrabBee II ชนิด USB Video Grabber ที่ใช้ในการวิจัยนี้สามารถจับเฟรมได้ประมาณ 24 เฟรมในหนึ่งวินาที และมีคุณสมบัติทั่วไป ดังนี้

1) สามารถจับภาพ 30 เฟรมต่อวินาที สำหรับความละเอียด 352 X 288 (PAL) และ 320 X 240 (NTSC)
2) สามารถแปลงสัญญาณอนาล็อคเป็นดิจิตอลแล้วส่งออกมาผ่านทางช่องเชื่อมต่อ USB

4.1.4 **กล้องวีดีทัศน์**

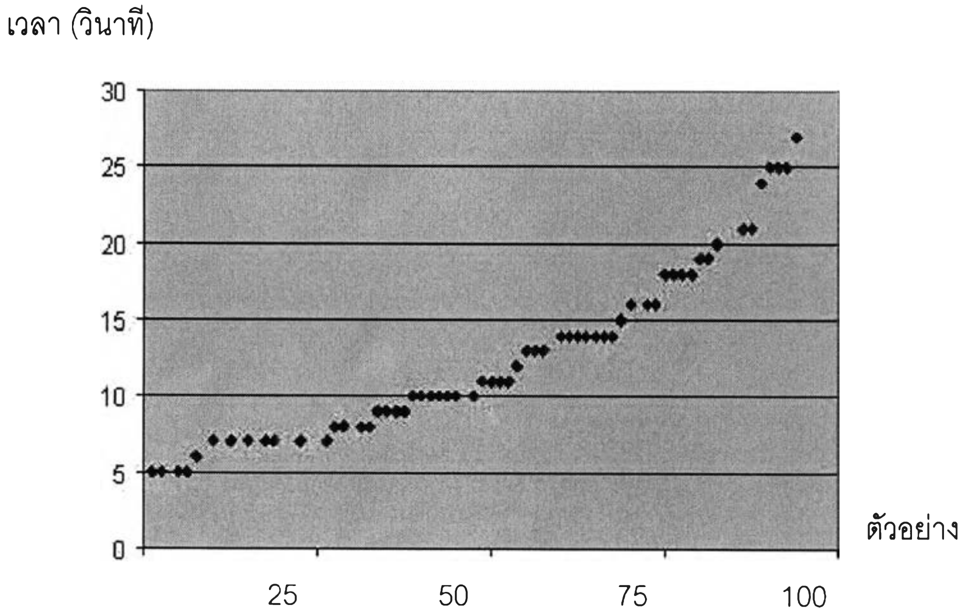
กล้องวีดิทัศน์ยี่ห้อพานาโซนิค (Panasonic) รุ่น NV-GS15 ระบบ PAL

4.2 การหาค่าเวลาในการตรวจจับรถหยุดผิดปกติ

งานวิจัยนี้ได้หาค่าเวลา (Timeout) เพื่อเป็นเงื่อนไขในการตรวจจับรถหยุดผิดปกติโดยการศึกษาจากข้อมูลการจอดรถโดยสารสาธารณะเพื่อหาเวลาในการจอดรถรับ-ส่งผู้โดยสาร สำหรับเป็นข้อมูลอ้างอิงในการกำหนดเวลาในการตรวจสอบรถหยุดผิดปกติ โดยเก็บข้อมูลจากรถโดยสาร 3 ประเภท ดังนี้

4.2.1 การเก็บข้อมูลการจอดรถรับ-ส่งผู้โดยสารของรถเมล์

จากการเก็บข้อมูลเวลาที่รถเมล์จอดรับ – ส่งผู้โดยสาร จะได้เวลาเฉลี่ยในการจอดรถมีค่าไม่เกิน 28 วินาที ดังกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของเวลาในการจอดรับ-ส่งผู้โดยสารของรถเมล์



รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของเวลาในการจอดรับ-ส่งผู้โดยสารของรถเมล์

4.2.2 การเก็บข้อมูลการจอดรถรับ-ส่งผู้โดยสารของรถแท็กซี่

จากการเก็บข้อมูลเวลาที่รถแท็กซี่จอดรับ – ส่งผู้โดยสาร โดยแบ่งตามจำนวนผู้โดยสาร ตั้งแต่ 1 คนถึง 3 คน ซึ่งไม่มีการขนของขึ้นรถแท็กซี่จะได้เวลาเฉลี่ยในการจอดรถมีค่าไม่เกิน 20 วินาที ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยเวลาในการจอดรับส่งผู้โดยสารที่ไม่ขนของขึ้นรถแท็กซี่

จำนวนผู้โดยสาร (คน)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	จำนวนตัวอย่าง
1	11.6	42
2	12.7	30
3	19.9	7

จากการเก็บข้อมูลเวลาที่รถแท็กซี่จอดรับ – ส่งผู้โดยสาร โดยแบ่งตามจำนวนผู้โดยสาร ตั้งแต่ 1 คนถึง 3 คน ซึ่งมีการขนของขึ้นรถแท็กซี่ทางประตู จะได้เวลาเฉลี่ยในการจอดรถมีค่าไม่เกิน 30 วินาที ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยเวลาในการจอดรับส่งผู้โดยสารที่ขนของขึ้นรถแท็กซี่ทางประตู

จำนวนผู้โดยสาร (คน)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	จำนวนตัวอย่าง
1	11.7	9
2	19.2	5
3	29.0	2

จากการเก็บข้อมูลเวลาที่รถแท็กซี่จอดรับ – ส่งผู้โดยสาร โดยแบ่งตามจำนวนผู้โดยสารตั้งแต่ 2 คนถึง 3 คน ซึ่งมีการขนของขึ้นรถแท็กซี่โดยใส่ท้ายรถ จะได้เวลาเฉลี่ยในการจอดรถมีค่าไม่เกิน 24 วินาที ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยเวลาในการจอดรับส่งผู้โดยสารที่ขนของขึ้นรถแท็กซี่โดยใส่ท้ายรถ

จำนวนผู้โดยสาร (คน)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	จำนวนตัวอย่าง
1	-	-
2	17.0	4
3	24.0	1

4.2.3 **การเก็บข้อมูลการจอดรถรับ-ส่งผู้โดยสารของรถสามล้อ**

จากการเก็บข้อมูลเวลาที่รถสามล้อจอดรับ – ส่งผู้โดยสาร โดยแบ่งตามจำนวนผู้โดยสารตั้งแต่ 1 คนถึง 3 คน ซึ่งไม่มีการขนของจะได้เวลาเฉลี่ยในการขนของขึ้นรถ จะได้เวลาเฉลี่ยในการจอดรถมีค่าไม่เกิน 45 วินาที ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยเวลาในการจอดรับ-ส่งผู้โดยสารที่ไม่ขนของขึ้นรถสามล้อ

จำนวนผู้โดยสาร (คน)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	จำนวนตัวอย่าง
1	26.4	84
2	44.0	8
3	45.5	2

จากการเก็บข้อมูลเวลาที่รถสามล้อจอดรับ – ส่งผู้โดยสาร โดยแบ่งตามจำนวนผู้โดยสารตั้งแต่ 1 คนถึง 3 คน ซึ่งมีการขนของใส่ท้ายรถ จะได้เวลาเฉลี่ยในการจอดรถมีค่าประมาณ 55 วินาที ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยเวลาในการจอดรับ-ส่งผู้โดยสารที่ขนของขึ้นรถสามล้อโดยใส่ท้ายรถ

จำนวนผู้โดยสาร (คน)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	จำนวนตัวอย่าง
1	55.3	3
2	-	-
3	-	-

จากการเก็บข้อมูลเวลาที่รถสามล้อจอดรับ – ส่งผู้โดยสาร โดยแบ่งตามจำนวนผู้โดยสาร ตั้งแต่ 1 คนถึง 3 คน ซึ่งคนขับรถลงมาช่วยขนของใส่ท้ายรถ จะได้เวลาเฉลี่ยในการจอดรถมีค่าประมาณ 75 วินาที ดังตารางที่ 4.6

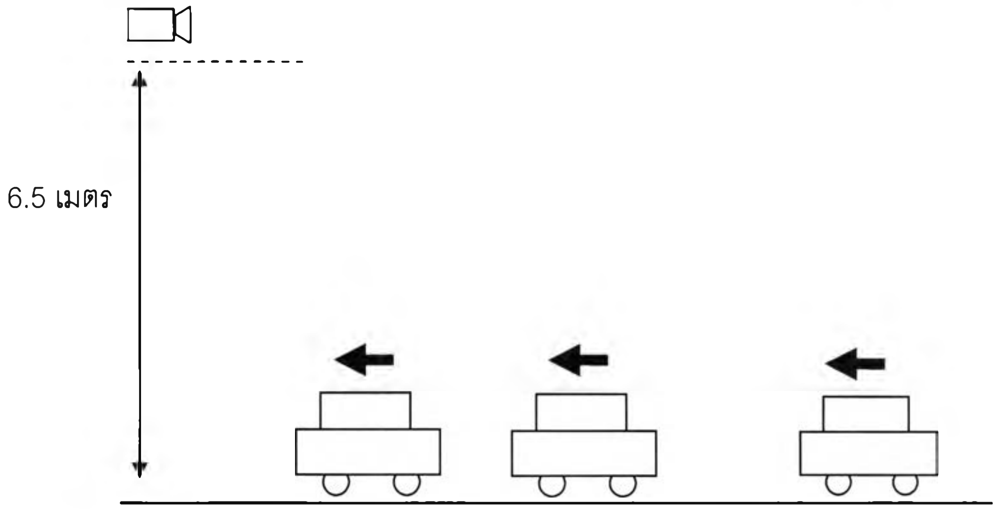
ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยเวลาในการจอดรับส่งผู้โดยสารที่ขนของขึ้นรถสามล้อโดยคนขับลงมาช่วยขน

จำนวนผู้โดยสาร (คน)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	จำนวนตัวอย่าง
1	75.3	3
2	-	-
3	-	-

จากการเก็บข้อมูลเวลาในการจอดรถรับ-ส่งผู้โดยสารสำหรับรถโดยสารสาธารณะ 3 ประเภทนั้น จะเห็นว่าเวลาเฉลี่ยในการจอดรถรับ-ส่งผู้โดยสารจากตัวอย่างร้อยละ 95 ขึ้นไป มีค่าสูงสุดไม่เกิน 28 วินาที ดังนั้น ในการนำไปใช้งานจริงเห็นควรให้ใช้ค่าเวลาในการตรวจจับเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติเป็น 30 วินาที

4.3 การทดลองการตรวจจับเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติบนถนน

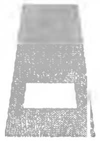
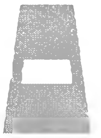
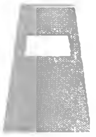
การทดลองที่ได้ทำนั้นได้ทดลองด้วยการตั้งกล้องวีดิทัศน์บันทึกภาพเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติมีความละเอียด 320x240 จุดภาพ ที่ระดับความสูงประมาณ 6.5 เมตร นับจากระดับผิวถนน ในทิศทางที่รถวิ่งเข้าหากล้องเพื่อจะได้เห็นขอบหน้ารถอย่างชัดเจน ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การติดตั้งกล้องบนสะพานลอย

ในการทดลองได้ใช้ตัวอย่างภาพวีดิทัศน์ที่ได้จากการตั้งกล้องวีดิทัศน์ตามรูปที่ 4.2 เพื่อเก็บข้อมูลสภาพจราจร ซึ่งในสภาพจราจรจริงการเกิดรถหยุดผิดปกตินั้น ค่อนข้างเก็บข้อมูลสภาพจราจรจริงได้ยาก จึงเก็บข้อมูลโดยการสร้างเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติจำลองในสภาพจราจรจริงโดยเตรียมคนขับรถให้หยุดรถจริงๆ ตามที่กำหนดจำนวน 170 เหตุการณ์ ในช่วงเวลา7.00-18.00 น. ในสถานที่ที่แตกต่างกัน 18 สถานที่ ดังต่อไปนี้

1. หน้าสถานีรถไฟฟ้า BTS หมอชิต ตั้งแต่เวลา 7.00-18.00 น.
2. ถ.ลาดพร้าว บริเวณแยกบางกะปิ ตั้งแต่เวลา 7.00-17.30 น
3. ถ.เสรีไทย ตั้งแต่เวลา 13.00-15.00 น.
4. ถ.แจ้งวัฒนะ ตั้งแต่เวลา 9.30-12.00 น.
5. ถ.ติวานนท์ ตั้งแต่เวลา 10.00-18.00 น.
6. ถ.นราธิวาสราชนครินทร์ ตั้งแต่เวลา 13.30-15.00 น.
7. ถ.ประชาชื่น ตั้งแต่เวลา 7.30-11.30 น.
8. ถ.พัฒนาการ ตั้งแต่เวลา 16.30-18.00 น.
9. ถ.รามอินทรา ตั้งแต่เวลา 16.30-17.30 น.
10. ถ.ลาดพร้าว ตั้งแต่เวลา 9.00-15.00 น.
11. ถ.วิทยุ ตั้งแต่เวลา 17.30-18.00 น.
12. ถ.สาทร ตั้งแต่เวลา 14.00-14.30 น.
13. ถ.อังรีดูนังต์ ตั้งแต่เวลา 13.00-18.00 น.
14. หน้าตลาดประชานิเวศน์ 1 ตั้งแต่เวลา 8.00-8.30 น.
15. ถ.พระราม 3 ตั้งแต่เวลา 15.30-16.30 น.
16. ถ.พระราม 4 ตั้งแต่เวลา 17.30-18.00 น.
17. ถ. เจริญนคร ตั้งแต่เวลา 16.00-16.30 น.
18. ถ. กรุงธนบุรี ตั้งแต่เวลา 17.00-17.30 น.

ตำแหน่ง	รถหยุดผิดปกติในบริเวณตรวจจับ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ
1	ระยะห่างจากกล้องประมาณ 30 เมตร
2	 ระยะห่างจากกล้องประมาณ 39 เมตร
3	 ระยะห่างจากกล้องประมาณ 48 เมตร
4	 ระยะห่างจากกล้องประมาณ 56 เมตร
5	ระยะห่างจากกล้องประมาณ 64 เมตร

รูปที่ 4.3 ตำแหน่งที่เกิดรถหยุดผิดปกติในบริเวณตรวจจับ

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากการเก็บข้อมูลแล้วนำภาพวีดิทัศน์ที่ได้มาทดลองกับโปรแกรมตรวจจับเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติ โดยกำหนดระยะเวลาในการตรวจจับเป็น 30 วินาที พบว่าความสามารถในการตรวจจับของโปรแกรมขึ้นกับตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

1) ตำแหน่งของรถหยุดผิดปกติในบริเวณตรวจจับ

การตรวจจับเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติจากสัญญาณภาพวีดิทัศน์ ภาพที่ได้จะเป็นภาพที่มองจากมุมสูงลงไปยังช่องจราจร ลักษณะของภาพที่ได้จะเป็นภาพฉายเปอร์สเปคทีฟ จะพบว่าถนนมีลักษณะลู่เข้า โดยที่บริเวณด้านล่างของภาพถนนจะกว้างกว่าเพราะอยู่ใกล้กล้องมากกว่าส่วนบริเวณด้านบนของภาพเป็นบริเวณที่อยู่ไกลออกไป และลักษณะของรถจะขนานกับช่องจราจร ซึ่งรถที่อยู่บริเวณด้านล่างของภาพหรือระยะใกล้กล้องจะมีขนาดใหญ่กว่ารถที่อยู่บริเวณด้านบนของภาพหรือระยะไกลกล้อง จากตารางที่ 4.7 จะพบว่าตำแหน่งตรวจจับที่ 1 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ระยะใกล้กล้องจะสามารถตรวจจับรถหยุดผิดปกติได้ เนื่องจากรถมีขนาดใหญ่ ทำให้สามารถหาขอบภาพได้อย่างชัดเจน ตำแหน่งตรวจจับที่ 2 และตำแหน่งตรวจจับที่ 3 สามารถตรวจจับรถหยุดผิดปกติได้ ซึ่งความสามารถในการตรวจจับจะลดลงตามระยะทาง โดยรถที่หยุด

I23826725

ผิดปกติในระยะใกล้กล้องจะสามารถตรวจจับได้ดีกว่ารถที่หยุดผิดปกติในระยะไกลกล้อง สำหรับตำแหน่งตรวจจับที่ 5 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ระยะไกลกล้องจะไม่สามารถตรวจจับรถหยุดผิดปกติได้ เนื่องจากรถมีขนาดเล็กมาก ทำให้ไม่สามารถหาขอบหน้ารถที่ชัดเจนได้

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการตรวจจับเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติแยกตามบริเวณตรวจจับ

ตำแหน่ง (อ้างอิงจากรูปที่ 4.3)	สามารถตรวจจับได้	ไม่สามารถตรวจจับได้	รวม
1	32	0	32
2	26	7	33
3	31	12	43
4	15	25	40
5	0	22	22
รวม	104	66	170

2) การเกิดแสงเงา

ความสามารถในการตรวจจับขึ้นกับแสงเงาในบริเวณตรวจจับ ถ้าในบริเวณตรวจจับมีแสงเงามากจะไม่สามารถตรวจจับได้ จากตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของแสงเงาตั้งแต่ 27.55 ของบริเวณตรวจจับจะไม่สามารถตรวจจับรถหยุดผิดปกติที่อยู่ในบริเวณนี้ได้

3) ความเข้มของพิกเซล

ความสามารถในการตรวจจับไม่ขึ้นกับค่าความเข้มของพิกเซลในบริเวณตรวจจับ จากตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยความเข้มของพิกเซลที่สามารถตรวจจับได้และไม่สามารถตรวจจับได้มีค่า 0.81 และ 0.803 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน

4) ระยะทางในการเกิดรถหยุดผิดปกติ

ความสามารถในการตรวจจับขึ้นกับระยะทางในการเกิดเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติ จากตารางที่ 4.7 และ 4 9 ระยะทางในการเกิดเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติไม่ควรเกิน 60% จากขอบล่างของบริเวณตรวจจับหรือห่างจากกล้องไม่เกิน 48 เมตร โปรแกรมจะสามารถตรวจจับได้ดี

ตารางที่ 4.8 ความสามารถในการตรวจจับเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติ

รายการ (อ้างอิงจากรูปที่ 4.3)	สามารถตรวจจับได้	ไม่สามารถตรวจจับได้
จำนวนเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติ	103	67
การเกิดแสงเงาในบริเวณตรวจจับ (%)	1.58 - 51.39	7.26 - 62.45
ค่าเฉลี่ยการเกิดแสงเงาในบริเวณตรวจจับ (%)	20.28	27.55
ความเข้มของพิกเซล (Pixel) ในบริเวณตรวจจับ	0.62 - 0.94	0.62 – 0.95
ค่าเฉลี่ยความเข้มของพิกเซล (Pixel) ในบริเวณตรวจจับ	0.81	0.803

5) การตรวจจับผิดพลาด

การตรวจจับผิดพลาด คือ การที่โปรแกรมแจ้งเตือนว่ามีเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติเกิดขึ้น แต่ในเหตุการณ์จริงไม่มี ซึ่งเกิดจากการตรวจจับเงาเป็นรถหรือการตรวจจับรถที่อยู่ด้านหลังรถหยุดผิดปกติ จากการทดลองเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติ 170 เหตุการณ์ พบว่าเกิดการตรวจจับผิดพลาดจากการแจ้งเตือนว่ามีรถหยุดผิดปกติจำนวน 30 ครั้ง

4.5 การวัดประสิทธิภาพของโปรแกรม

การวัดประสิทธิภาพของโปรแกรมการตรวจจับเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติ สามารถวัดประสิทธิภาพโดยใช้มาตรวัด Recall และ Precision ดังสมการที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ ดังนี้

$$\mathrm{Recall} = \frac{A}{A+B} \times 100\% \qquad \ldots(4.1)$$

โดยที่ A เป็นเหตุการณ์รถหยุดจริงและโปรแกรมตรวจจับว่าหยุดจริงมีค่า 104

B เป็นเหตุการณ์รถหยุดจริงแต่โปรแกรมตรวจจับว่าไม่หยุดมีค่า 66

ดังนั้น Recall = 61.18%

$$\mathrm{Precision} = \frac{A}{A+C} \times 100\% \qquad \ldots(4.2)$$

โดยที่ C เป็นเหตุการณ์ที่ไม่มีรถหยุดจริงแต่โปรแกรมตรวจจับว่าหยุดมีค่า 30

ดังนั้น Precision = 77.61%

จากการทดลองวัดประสิทธิภาพของบริเวณตรวจจับแต่ละตำแหน่งด้วยค่า Recall พบว่าบริเวณตรวจจับตำแหน่งที่ 1 มีประสิทธิภาพในการตรววจับดีที่สุด เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่มี

ระยะทางใกล้กล้องที่สุด สามารถเห็นขอบรถได้ชัดเจน ซึ่งประสิทธิภาพของบริเวณตรวจจับจะลดลงเรื่อย ๆ ตามตำแหน่งที่ไกลออกไป เนื่องจากไม่สามารถเห็นขอบรถที่ชัดเจนได้ แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ประสิทธิภาพของบริเวณตรวจจับแต่ละตำแหน่ง

ตำแหน่ง (อ้างอิงจากรูปที่ 4.3)	เหตุการณ์ที่เกิดจริงและตรวจจับได้ (A)	เหตุการณ์ที่เกิดจริงแต่ตรวจจับไม่ได้ (B)	เหตุการณ์ที่ไม่เกิดจริงแต่ตรวจจับได้ (C)	Recall	Precision*
1	32	0	3	100%	91.43%
2	26	7	9	78.79%	74.29%
3	31	12	15	72.09%	67.39%
4	15	25	3	37.5%	83.33%
5	0	22	0	0%	0%
รวม	104	66	30	61.18%	77.61%

อนึ่ง เนื่องจากเหตุการณ์ที่ไม่เกิดรถหยุดผิดปกติแต่โปรแกรมตรวจจับได้ (C) เป็นเหตุการณ์ที่เกิดจากเงาต้นไม้หรือเงารถข้างเคียงหรือน้ำบนถนน ดังนั้นค่า Precision อาจมีค่าแตกต่างจากในตารางไปอีกได้ สำหรับกรณีที่มีรถวิ่งผ่านและโปรแกรมตรวจจับว่า เป็นรถหยุดแบบผิดปกตินั้น ไม่ได้เกิดขึ้นตลอดการทำงานของโปรแกรม

4.6 ข้อจำกัดในการตรวจจับเหตุการณ์รถหยุดผิดปกติบนถนนโดยใช้การประมวลผลภาพวีดิทัศน์แบบทันกาล

จากการทดลองโปรแกรมสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้ข้อจำกัดดังต่อไปนี้

1) บริเวณตรวจจับไม่ควรมีเงาเกิน 27% ของบริเวณตรวจจับ เพราะจะทำให้โปรแกรมไม่สามารถหาขอบรถที่แท้จริงได้

2) ตำแหน่งที่รถหยุดผิดปกติไม่ควรจะอยู่ไกลกล้องเป็นระยะทางเกิน 56 เมตร เพราะจะทำให้ภาพรถที่นำมาวิเคราะห์มีขนาดเล็กจนไม่สามารถหาขอบรถได้