



สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
การวัดระยะทางของรถที่สวนทางมาในเวลากลางคืน
ด้วยการประมวลผลภาพ

ลงทะเบียนวันที่	12 ส.ย. 2555
เลขทะเบียน	122727
เลขหมู่	๑๗ 7E 228
หัวเรื่อง	พ ๑๑๒๑
	- ๑๗๑๖ - 3๖๐

ไพโรจน์ แสงปรีดีกรณ์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การวัดระยะทางของรถที่สวนทางมาในเวลากลางคืนด้วยการประมวลผลภาพ

Vehicle Passing Distance Measurement in the Opposite Lane

During Night-Time Using Image Processing

ชื่อ - นามสกุล

นายไพโรจน์ แสงปรีดีกรณ์

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

(วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร

ปีการศึกษา

2554

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ อุดมhorรษากุล)


..... กรรมการ
(ดร.กิตติวัฒน์ นิมเกิดผล)


..... กรรมการ
(ดร.สุรินทร์ แห่งมงาม)


..... กรรมการ
(ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย ผิวสอาด)

วันที่ 9 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การวิเคราะห์ทางของรถที่สวนทางมาในเวลากลางคืนด้วยการ
ประมวลผลภาพ

ชื่อ - นามสกุล

นายไพโรจน์ แสงปรีดีกรณ์

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

(วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. จักรี ศรีนนท์ฉัตร

ปีการศึกษา

2554

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเทคนิคการวิเคราะห์ทางของรถที่สวนทางมาในเวลากลางคืนด้วยการประมวลผลภาพ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพระบบการจราจรอัจฉริยะ รวมถึงเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ขับขี่รถยนต์

ข้อมูลจากรถ 2 ประเภทคือรถนั่งส่วนบุคคลและรถกระบะถูกนำมาใช้ในการทดสอบเริ่มต้น โดยกำหนดจุดระยะห่างจริงของรถที่สวนทางมาทุก ๆ 30 เมตร เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงความถูกต้องและนำมาประมวลผลด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อนำไปวิเคราะห์หาสมการค้นแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลอย่างละเอียด จากนั้นในการทดสอบระบบ ได้อาศัยคุณสมบัติของการหาระยะห่างของไฟหน้ารถด้วยการประมวลผลภาพ เพื่อหาระยะโฟกัสของภาพโดยใช้กล้อง 2 ตัวแล้วนำค่าระยะห่างไฟหน้ารถที่ได้ มาคำนวณหาระยะทางของรถยนต์ที่สวนทางมา รวมทั้งได้พัฒนาประสิทธิภาพของสมการความสัมพันธ์ โดยการวิเคราะห์การถดถอยของตัวแปรตอบสนองแบบต่อเนื่องร่วมกับการประมวลผลภาพ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพความถูกต้องมากขึ้น

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการนำเทคนิคการติดตั้งกล้องแบบสเตอริโอในแนวแกน Y ให้ผลในการหาระยะของรถยนต์ที่วิ่งสวนทางมา คิดเป็นค่าผิดพลาดเพียงร้อยละ 0.01 ซึ่งสามารถยอมรับได้ การวิเคราะห์การแปลผลทางสถิติระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามในรูปเชิงเส้นต่อเนื่องแบบโพลีโนเมียลตลอดช่วงระยะ 30 - 240 เมตร จะมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ได้ถูกต้องที่สุดในขณะที่การติดตั้งกล้องในระนาบ X ให้ค่าประสิทธิภาพความถูกต้องในการคำนวณระยะทางอยู่ที่ร้อยละ 63 ทั้งนี้ เนื่องจากค่าความผิดพลาดของการมองเห็นดวงไฟหน้ารถยนต์ในระนาบแกน X ส่งผลต่อการหาค่าสมการความสัมพันธ์ โดยการวิเคราะห์การถดถอยของตัวแปรตอบสนองแบบต่อเนื่อง

คำสำคัญ : ความชัดลึกของภาพ แยกแยะกลุ่มสี แปลผลทางสถิติ โพลีโนเมียล (พหุนามกำลังสอง)

Thesis Title	Vehicle Passing Distance Measurement in the Opposite Lane During Night-time Using Image Processing
Name – Surname	Mr. Pairoj Saengpredeekorn
Program	Electrical Engineering (Electronics and Telecommunication Engineering)
Thesis Advisor	Dr. Jakkree Srinonchat
Academic Year	2011

ABSTRACT

This thesis presents the vehicle passing distance measurement technique in the opposite lane during night-time using image processing in order to provide the excellent efficiency of the traffic intelligent system and also increasing the safety driver.

There are two types of vehicles including sedan and pickup car, which use in this experiment. Firstly, the marking of the opposite direction vehicle is adjusted by each 30 meters which this information uses as the reference information. Secondly, this information is required to transfer to be the original relation equation using MATLAB program. Thirdly, in the experiment testing, the distance of the car's headlights is captured and processed to calculate the appropriate focus of stereo vision technique in the image processing. The distance of the car's headlights image value is then used to calculate the distance of opposite direction vehicle. Finally, the efficiency of the original relation equation is improved using the analysis regression equation of a continuous response parameters combine with image processing to achieve the efficient accuracy.

The results show that the Y stereo vision provides error value as 0.01 % for the distance of opposite direction vehicle. The graph relationship analysis between independent variables and linear polynomial dependent variables also provides the maximum efficiency of prediction at 30 - 240 meters. While the X stereo vision provides the accuracy efficiency 63 %, in consequence of the error of the X stereo vision relates to the analysis regression equation.

Keywords : Depth of field, Blob Coloring, Regression, Polynomial (quadratic polynomial)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความเมตตากรุณาอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ อุดมทรรษากุล ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.กิตติวัฒน์ นิ่มเกิดผล กรรมการวิชาเอก ดร.สุรินทร์ แห่งงาม กรรมการวิชาเอกและ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 4 ท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ประเมินรับรองต้นแบบชิ้นงานวิจัย และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการทำวิจัย ให้ความอนุเคราะห์ตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย รวมถึงสละเวลาอันมีค่าตอบข้อสัมภาษณ์อันเป็นผลให้งานวิจัยมีความชัดเจนครบถ้วนและสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้จริงและขอขอบใจเพื่อนนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือและในคำชี้แนะในการทำวิจัยจนได้ความสมบูรณ์ของงาน รวมทั้งทุกคนที่เป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือตลอดช่วงเวลาของการศึกษาและการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา บ่มเพาะจนผู้วิจัยสามารถนำเอาหลักการมาประยุกต์ใช้และอ้างอิงในการทำวิจัยครั้งนี้

คุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบ เพื่อบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ไพโรจน์ แสงปรีดีกรณ์

ห้ามฉีก คัด หรือทำให้เสียหาย
ผู้ใดพบเห็น กรุณาแจ้งคนใต้ที่
สารบัญ
โทรศัพท์ 0-2549-3079
สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มทร.ธัญบุรี
ค.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

บทคัดย่อภาษาไทย.....	หน้า
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ญ
บทที่	ฐ
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 การวิเคราะห์ปัญหาและแนวคิดพื้นฐาน.....	3
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	4
1.4 สมมุติฐานของการศึกษา.....	4
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย.....	5
1.6 ข้อยกเว้นของการศึกษา.....	5
2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 การประมวลผลภาพดิจิทัล.....	6
2.2 การแปลงภาพดิจิทัล.....	6
2.3 คุณสมบัติของภาพแบบไบนารี (Properties of Binary Images).....	10
2.4 วิเคราะห์หากลุ่มสีของวัตถุหรือเป้าหมายที่เป็นไบนารี (Blob Coloring).....	11
2.5 ระยะชัดของภาพ (Depth of field).....	15
2.6 การรับรู้ระยะทาง (Distance perception).....	18
2.7 มุมมองทัศนียภาพ (Perspective).....	19
2.8 วิเคราะห์การแปลผลทางสถิติและสหสัมพันธ์.....	21
2.9 ค่าความผิดพลาดมาตรฐานจากการประมาณ (Standard Error of Estimation).....	29
2.10 วิสัยทัศน์แบบ 2 ตา (Binocular Vision).....	30

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	33
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	35
3.1 การดำเนินงานวิจัยเก็บข้อมูล.....	35
3.2 รูปแบบการติดตั้งกล้อง.....	47
3.3 อุปกรณ์อื่น ๆ	48
4 ผลการวิจัย.....	49
4.1 ผลการทดสอบที่อ้างอิงจากค่าเฉลี่ยของระยะห่างดวงไฟ 2 ดวงหน้ารถจริง.....	50
4.2 ผลการทดสอบที่อ้างอิงจากระยะห่างระหว่างกล้อง 2 ตัวที่ติดตั้งในแนวแกน X...	58
4.3 ผลการทดสอบที่อ้างอิงจากระยะห่างระหว่างกล้อง 2 ตัวที่ติดตั้งในแนวแกน Y...	69
4.4 ทดสอบสมการค้นแบบที่มีค่าประสิทธิภาพในการตัดสินใจสับสนขั้นสูงที่สุด...	80
4.5 ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์.....	83
5 บทวิเคราะห์และข้อสรุป.....	87
5.1 ค่าประสิทธิผลจากการคำนวณ.....	87
5.2 ฟังก์ชันที่เหมาะสมในการพยากรณ์ค่าระยะทาง.....	89
5.3 สรุปผลการทดสอบการพยากรณ์ด้วยสมการค้นแบบ.....	90
5.4 สรุปผลการวิจัย.....	91
5.5 ข้อเสนอแนะและแนวคิดเพื่อการพัฒนาเพิ่มเติมในอนาคต.....	92
รายการอ้างอิง.....	94
ภาคผนวก.....	96
ภาคผนวก ก รถยนต์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	97
ภาคผนวก ข ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่.....	103
ประวัติผู้เขียน.....	130

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ประเภทของถนนที่เกิดอุบัติเหตุ.....	1
1.2 ลักษณะจุดเกิดเหตุที่เกิดอุบัติเหตุสูงสุด.....	2
1.3 ช่วงเวลาของการเกิดอุบัติเหตุสูงสุด.....	2
2.1 ผลลัพธ์จากการประมวลผลของเฟรมแรกในระยะเวลาต่างๆ.....	34
3.1 ข้อมูลเฉพาะของระยะห่างไฟหน้ารถจริงจากรถยนต์ 2 ประเภท.....	46
4.1 ข้อมูลเฉพาะของรถที่ใช้ในการทดลอง.....	49
4.2 ผลการทดลองของรถคันที่ 1.....	50
4.3 ผลการทดลองของรถคันที่ 2.....	51
4.4 ผลการทดลองของรถคันที่ 3.....	51
4.5 ผลการทดลองของรถคันที่ 4.....	52
4.6 ผลการทดลองของรถคันที่ 5.....	52
4.7 ผลการทดลองของรถคันที่ 6.....	53
4.8 ผลการทดลองของรถคันที่ 7.....	53
4.9 ผลการทดลองของรถคันที่ 8.....	54
4.10 ผลการทดลองของรถคันที่ 9.....	54
4.11 ผลการทดลองของรถคันที่ 10.....	55
4.12 ผลลัพธ์ของการคำนวณระยะ a จากรถที่ใช้ทดสอบทั้งหมด.....	56
4.13 ผลการทดลองของรถคันที่ 1 พิจารณาในแนวระนาบแกน X.....	59
4.14 ผลการทดลองของรถคันที่ 2 พิจารณาในแนวระนาบแกน X.....	59
4.15 ผลการทดลองของรถคันที่ 3 พิจารณาในแนวระนาบแกน X.....	60
4.16 ผลการทดลองของรถคันที่ 4 พิจารณาในแนวระนาบแกน X.....	60
4.17 ผลการทดลองของรถคันที่ 5 พิจารณาในแนวระนาบแกน X.....	61
4.18 ผลการทดลองของรถคันที่ 6 พิจารณาในแนวระนาบแกน X.....	61
4.19 ผลการทดลองของรถคันที่ 7 พิจารณาในแนวระนาบแกน X.....	62
4.20 ผลการทดลองของรถคันที่ 8 พิจารณาในแนวระนาบแกน X.....	62
4.21 ผลการทดลองของรถคันที่ 9 พิจารณาในแนวระนาบแกน X.....	63
4.22 ผลการทดลองของรถคันที่ 10 พิจารณาในแนวระนาบแกน X.....	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.23 ค่าที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งในแนวแกน X จากกรณีที่ใช้ทดสอบ.....	64
4.24 ผลการทดลองของรถคันที่ 1 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y.....	70
4.25 ผลการทดลองของรถคันที่ 2 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y.....	70
4.26 ผลการทดลองของรถคันที่ 3 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y.....	71
4.27 ผลการทดลองของรถคันที่ 4 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y.....	71
4.28 ผลการทดลองของรถคันที่ 5 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y.....	72
4.29 ผลการทดลองของรถคันที่ 6 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y.....	72
4.30 ผลการทดลองของรถคันที่ 7 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y.....	73
4.31 ผลการทดลองของรถคันที่ 8 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y.....	73
4.32 ผลการทดลองของรถคันที่ 9 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y.....	74
4.33 ผลการทดลองของรถคันที่ 10 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y.....	74
4.34 ค่าที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งในแนวแกน Y จากกรณีที่ใช้ทดสอบ.....	75
4.35 ผลลัพธ์ของระยะที่ทดสอบด้วยสมการต้นแบบในแบบที่ 1.....	80
4.36 ผลลัพธ์ของระยะที่ทดสอบด้วยสมการต้นแบบในแบบที่ 2.....	81
4.37 ผลลัพธ์ของระยะที่ทดสอบด้วยสมการต้นแบบในแบบที่ 3.....	82
4.38 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคำนวณ โดยใช้สมการต้นแบบในแบบที่ 1...	84
4.39 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคำนวณ โดยใช้สมการต้นแบบในแบบที่ 2...	85
4.40 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคำนวณ โดยใช้สมการต้นแบบในแบบที่ 3...	86
5.1 ค่าประสิทธิผลจากผลลัพธ์ที่อ้างอิงด้วยระยะวงไฟหน้ารถจริงจาก Specify.....	88
5.2 ค่าประสิทธิผลจากผลลัพธ์ที่อ้างอิงด้วยระยะระหว่างกล้อง 2 ตัว.....	88
5.3 ค่าประสิทธิผลจากผลลัพธ์ที่อ้างอิงด้วยระยะระหว่างกล้อง 2 ตัว.....	88
5.4 แบบที่ 1 อ้างอิงด้วยระยะห่างไฟ 2 ดวงหน้ารถที่แท้จริงจาก Specify	89
5.5 แบบที่ 2 อ้างอิงกับระยะระหว่างกล้อง 2 ตัวในแนวแกน X (แนวนอน).....	89
5.6 แบบที่ 3 อ้างอิงกับระยะระหว่างกล้อง 2 ตัวในแนวแกน Y (แนวตั้ง).....	89
5.7 เปรียบเทียบผลลัพธ์จากค่าเฉลี่ยของตัวแบบทั้ง 3 แบบ.....	90
5.8 สรุปค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ระยะทาง.....	91

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ภาพเชิงดิจิทัลประเภท RGB Image.....	8
2.2 ภาพเชิงดิจิทัลประเภท Gray Image.....	9
2.3 ภาพเชิงดิจิทัลประเภทไบนารี.....	10
2.4 ขนาดหรือพื้นที่ของวัตถุ.....	10
2.5 ตำแหน่งของวัตถุ.....	10
2.6 ลักษณะการเชื่อมต่อกันแบบ 8 และ 4 Point Connection.....	11
2.7 การทำ Blob Coloring แบบ 8 Point Connection.....	11
2.8 จุดพิกเซล 4 - connected และทิศทางที่ใช้ระบุในการสแกน.....	12
2.9 จุดพิกเซล 8 - connected และทิศทางที่ใช้ระบุในการสแกน.....	12
2.10 พิกัดหรือจุด Pixel Coordinate ของข้อมูลในระนาบ X Y.....	13
2.11 จุดกึ่งกลางของข้อมูลในแถวและคอลัมน์.....	13
2.12 จุดกึ่งกลางของข้อมูลจากค่าเฉลี่ยของตำแหน่งพิกัด X และ Y.....	14
2.13 การ Plot กรอบสี่เหลี่ยมครอบดวงไฟ (Bounding Box).....	15
2.14 ระยะเวลาของภาพ.....	16
2.15 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการทดลองขบวนการบวกภาพ.....	16
2.16 ความสว่างของภาพที่ตั้งค่า ISO ในระดับต่างๆ.....	17
2.17 แบบจำลองมุมมองทัศนียภาพ.....	20
2.18 การวิเคราะห์ความถดถอยแบบต่างๆ.....	21
2.19 การถดถอยแบบ Linear Model.....	22
2.20 การถดถอยแบบ Quadratic Model.....	25
2.21 ทัศนียภาพแบบ 2 ตา (Binocular Vision).....	30
2.22 การถ่ายภาพทัศนียภาพแบบ 2 ตา.....	30
2.23 สเตอริโอแมตริง.....	32
2.24 แนวคิดเรขาคณิตการถ่ายภาพที่อยู่อ่ด้านหน้า.....	33
3.1 แผนภาพการดำเนินการวิจัยเก็บข้อมูล.....	36
3.2 แผนภาพการดำเนินการทดสอบสมการต้นแบบ.....	37
3.3 ภาพถ่ายในระยะต่างๆ ตามจุดทดสอบที่กำหนดไว้.....	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.4 โครงสร้างพื้นฐาน.....	40
3.5 แผนภาพการทำงานของระบบ.....	40
3.6 ภาพไฟหน้ารถที่นำมาใช้ในการประมวลผล.....	41
3.7 ภาพไฟหน้ารถที่ทำการปรับให้อยู่ในภาพแบบ Gray Scale.....	42
3.8 ภาพขาวดำ (Binary Image).....	43
3.9 ภาพที่ได้จากการหา Depth of Field.....	43
3.10 ทิศทางการค้นหาตำแหน่งศูนย์กลางของดวงไฟ.....	45
3.11 ตำแหน่งศูนย์กลางของดวงไฟ.....	45
3.12 แบบจำลองมุมมองทัศนียภาพ.....	45
3.13 พิจารณาหาค่าระยะที่เปลี่ยนแปลงของตำแหน่ง X และ Y.....	46
3.14 การติดตั้งกล้องในแนวระนาบแกน X.....	47
3.15 การติดตั้งกล้องในแนวระนาบแกน Y.....	48
4.1 ระยะห่างของดวงไฟสว่าง 2 ดวงในภาพจากรถทดสอบทั้งหมด.....	55
4.2 ค่าเฉลี่ยระยะห่างของดวงไฟที่คำนวณได้ในระยะที่กำหนด.....	56
4.3 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระยะ 30 - 240 เมตร.....	57
4.4 ความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียลระยะ 30 - 240 เมตร.....	58
4.5 ค่าเปลี่ยนแปลงตำแหน่งในแนวแกน X จากรถที่ใช้ทดสอบทั้งหมด.....	64
4.6 ค่าเฉลี่ยความเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งดวงไฟในแนวแกน X.....	65
4.7 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระยะ 30 - 240 เมตร.....	65
4.8 ความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียลระยะ 30 - 240 เมตร.....	66
4.9 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ช่วงที่ 1 : ระยะ 30 - 120 เมตร.....	67
4.10 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ช่วงที่ 2 : ระยะ 150 - 240 เมตร.....	67
4.11 ความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียล ช่วงที่ 1 : ระยะ 30 - 120 เมตร.....	68
4.12 ความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียล ช่วงที่ 2 : ระยะ 150 - 240 เมตร.....	69
4.13 ค่าที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งในแนวแกน Y จากรถที่ใช้ทดสอบทั้งหมด.....	75
4.14 ค่าเฉลี่ยความเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งดวงไฟในแนวแกน Y.....	76
4.15 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระยะ 30 - 240 เมตร.....	76

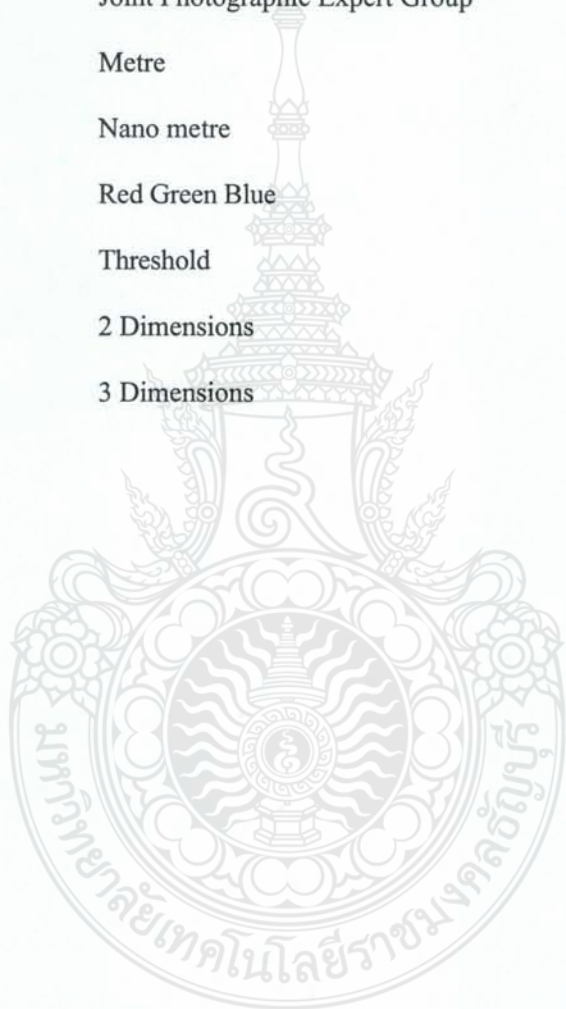
สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.16 ความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียลระยะ 30 - 240 เมตร.....	77
4.17 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ช่วงที่ 1 : ระยะ 30 - 120 เมตร.....	78
4.18 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ช่วงที่ 2 : ระยะ 150 - 240 เมตร.....	78
4.19 ความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียล ช่วงที่ 1 : ระยะ 30 - 120 เมตร.....	79
4.20 ความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียล ช่วงที่ 2 : ระยะ 150 - 240 เมตร.....	79
4.21 ผลลัพธ์จากการทดสอบด้วยสมการต้นแบบที่เหมาะสมในแบบที่ 1.....	81
4.22 ผลลัพธ์จากการทดสอบด้วยสมการต้นแบบที่เหมาะสมในแบบที่ 2.....	82
4.23 ผลลัพธ์จากการทดสอบด้วยสมการต้นแบบที่เหมาะสมในแบบที่ 3.....	83
4.24 ค่าผิดพลาดของผลลัพธ์จากการทดสอบด้วยสมการต้นแบบในแบบที่ 1.....	84
4.25 ค่าผิดพลาดของผลลัพธ์จากการทดสอบด้วยสมการต้นแบบในแบบที่ 2.....	85
4.26 ค่าผิดพลาดของผลลัพธ์จากการทดสอบด้วยสมการต้นแบบในแบบที่ 3.....	86
5.1 ระยะ Z เฉลี่ยที่คำนวณได้จากตัวแบบทั้ง 3 แบบ.....	90
5.2 ค่าผิดพลาดที่เกิดจากการคำนวณระยะ Z จากตัวแบบทั้ง 3 แบบ.....	91



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Blob	Binary Large Object
BW	Black and White
DOF	Depth Of Field
JPEG	Joint Photographic Expert Group
m	Metre
nm	Nano metre
RGB	Red Green Blue
T	Threshold
2D	2 Dimensions
3D	3 Dimensions



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความป็นมา

ระบบการรับรู้โดยอัตโนมัติที่เกี่ยวข้องกับการขับรถเริ่มมีบทบาทสำคัญในระบบยานพาหนะ เพื่อช่วยในเรื่องความปลอดภัยและสนับสนุนการขับขี่รถยนต์ ซึ่งผู้ขับรถสามารถรับรู้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์และช่วยตัดสินใจในขณะที่กำลังขับรถ ระบบดังกล่าวสามารถช่วยหลีกเลี่ยงหรือช่วยลดจำนวนอุบัติเหตุ ช่วยรักษาชีวิตและทรัพย์สิน หนึ่งใน การตัดสินใจที่สำคัญของผู้ขับรถซึ่งต้องนำมาพิจารณาคือการรับรู้ระยะทางและความเร็วของของรถที่วิ่งสวนทางมา โดยเฉพาะบนถนนสองทางได้อย่างรวดเร็ว ตัวอย่างเช่นขณะที่เราต้องการจะเลี้ยวขวาไปยังถนนหรือซอยที่อยู่ด้านขวาของถนน ซึ่งไม่ใช่ทางแยกหลักในขณะที่ยังมีรถวิ่งสวนทางมาอยู่นั้น การตัดสินใจที่ผิดพลาดหรือไม่ถูกต้องสามารถนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุร้ายแรง ปัญหาดังกล่าวจะรุนแรงมากยิ่งขึ้นในเวลากลางคืนขณะขับรถอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีด ความจริงนี้ได้รับการยืนยันโดยสถิติในปี พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2554 [1] ในตารางที่ 1.1–1.3 สำหรับปี พ.ศ. 2554 ในประเทศไทยมีผู้เสียชีวิตโดยอุบัติเหตุในช่วงวันหยุดเทศกาลปีใหม่ (29 ธันวาคม 2553 – 4 มกราคม 2554) จำนวน 358 ราย

ตารางที่ 1.1 ประเภทของถนนที่เกิดอุบัติเหตุ

ประเภทถนน	ช่วงวันหยุดเทศกาลสะสม 7 วัน	
	29 ธ.ค. 2552 - 4 ม.ค. 2553	29 ธ.ค. 2553 - 4 ม.ค. 2554
ถนนทางหลวงแผ่นดิน	35.40 %	36.15 %
นอกเขตทางหลวงแผ่นดิน	64.60 % ***	63.85 % ***
- ถนน อบต. / หมู่บ้าน	32.74 %	32.74 %
- ถนนในเมืองเทศบาล	13.24 %	14.47 %
- ถนนทางหลวงชนบท	13.21 %	13.10 %
- อื่น ๆ	5.40 %	3.55 %

หมายเหตุ *** หมายถึง เปอร์เซนต์สูงสุดของอุบัติเหตุ

ตารางที่ 1.2 ลักษณะจุดเกิดเหตุที่เกิดอุบัติเหตุสูงสุด

จุดเกิดเหตุ	ช่วงวันหยุดเทศกาลสะสม 7 วัน	
	29 ธ.ค. 2552 - 4 ม.ค. 2553	29 ธ.ค. 2553 - 4 ม.ค. 2554
ทางตรง	60.27 % ***	58.39 % ***
ทางโค้ง	18.02 %	19.79 %
ทางแยก	11.97 %	12.53 %

หมายเหตุ *** หมายถึง เปอร์เซนต์สูงสุดของอุบัติเหตุ

ตารางที่ 1.3 ช่วงเวลาของการเกิดอุบัติเหตุสูงสุด

ช่วงเวลา	ช่วงวันหยุดเทศกาลสะสม 7 วัน	
	29 ธ.ค. 2552 - 4 ม.ค. 2553	29 ธ.ค. 2553 - 4 ม.ค. 2554
00.01 – 08.00 น.	18.25 %	20.93 %
08.01 – 16.00 น.	32.54 %	31.43 %
16.01 – 24.00 น.	49.21 % ***	47.64 % ***

หมายเหตุ *** หมายถึง เปอร์เซนต์สูงสุดของอุบัติเหตุ

จากการวิเคราะห์สถิติพบว่าส่วนใหญ่ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมากกว่าครึ่งหนึ่งเกิดขึ้นในเวลากลางคืน ซึ่งเกิดจากการตัดสินใจผิดพลาดของผู้ขับรถ แสงในที่นั้นเพียงอย่างเดียวคือคำแนะนำที่สำคัญเพื่อรับรู้ระยะของวัตถุที่อยู่ไกลออกไป รวมถึงรถจักรยานยนต์และอื่นๆที่สวนทางมา เนื่องจากในความมืดเราไม่สามารถคาดคะเนระยะวัตถุที่อยู่ไกลออกไปได้ด้วยสายตา ในสถานการณ์เช่นนี้รถที่มีระบบรับรู้และทำงาน โดยอัตโนมัติในเวลากลางคืนจะสามารถให้ความช่วยเหลือผู้ขับรถเพื่อหลีกเลี่ยงหรือช่วยลดจำนวนอุบัติเหตุลงได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเห็นว่าเมื่อใดก็ตามที่ยังมีรถวิ่งสวนทางมาในช่องทางตรงข้ามอาจทำให้เกิดอันตรายและความไม่ปลอดภัยได้ จึงได้ทำการศึกษาวิจัย เพื่อแก้ปัญหาอุบัติเหตุที่เกิดจากรถยนต์บนถนนสองช่องทางจราจรหรือถนนนอกเขตทางหลวงแผ่นดิน จุดที่เป็นทางตรงและช่วงเวลากลางคืน ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเกิดอุบัติเหตุสูงจากสถิติในตารางที่ 1.1 ถึง 1.3 โดยนำวิธีการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาระยะทางของรถที่เคลื่อนที่สวนทางเข้ามาในฝั่งตรงข้ามเพื่อสนับสนุนผู้ขับรถในการรับรู้ระยะทางนั้นได้

1.2 การวิเคราะห์ปัญหาและแนวคิดพื้นฐาน

สำหรับคนที่จะมีการตัดสินใจที่ดีในขณะที่ขับรถ การเรียนรู้เส้นทางและประสบการณ์เป็นสิ่งจำเป็นทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ปัญหาคือเราไม่สามารถคาดคะเนระยะทางของวัตถุที่อยู่ไกลออกไปได้ถูกต้องในเวลากลางคืน ซึ่งส่งผลให้เกิดการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ ระบบสนับสนุนการขับรถโดยอาศัยวิสัยทัศน์รอบๆ วัตถุหรือแสงไฟหน้ารถถูกนำมาเป็นแนวคิดของงานวิจัยนี้ การเรียนรู้ความยากง่ายของการคำนวณระยะทางและความเร็วของรถในสภาพแวดล้อมที่มีมืดหรือเวลากลางคืนก็คือเรื่องขนาดของไฟหน้ารถที่เคลื่อนที่ใกล้เข้ามา ซึ่งจะแตกต่างกันได้ถูกนำมาพิจารณา แต่เวลาที่ใช้ในการประมวลผลก็เป็นสิ่งจำเป็น อาจไม่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ถึงแม้ว่าอาศัยความมืดในเวลากลางคืนเป็นปัจจัยหลัก แต่ก็ยังมีวัตถุอื่นๆ ที่ยากต่อการกำจัด ถ้าหากยังคงมองเห็นทำให้เรามุ่งเน้นเฉพาะแสงไฟ 2 ดวงหน้ารถที่เปลี่ยนแปลงกรณีรถเคลื่อนที่สวนทางมา ดังนั้นไฟหน้าเท่านั้นเป็นข้อมูลเฉพาะสำหรับการตัดสินใจระยะทางและความเร็วของรถยนต์ ในการศึกษาวิจัยนี้เสนอวิธีการ ความคิดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 จะทำการประมวลผลภาพอินพุต 2 ภาพที่บันทึกภาพจากกล้อง 2 ตัว โดยแปลงจากภาพสีแบบ RGB ให้เป็นภาพขาวดำระดับสีเทาและทำภาพขาวดำระดับสีเทาให้เป็นภาพไบนารี

ขั้นตอนที่ 2 นำภาพไบนารีที่ได้มาคำนวณหาภาพที่คมชัดที่สุดด้วยหลักการหาระยะชัดของภาพจากกล้อง 2 ตัว ซึ่งคิดตั้งในตำแหน่งต่างกันทำให้ภาพที่ถ่ายนั้นมีความชัดลึกหรือโฟกัสภาพต่างกัน

ขั้นตอนที่ 3 นำภาพที่ได้ไปประมวลผลอีกครั้งด้วยการแยกแยะลักษณะความเข้มของแสง (Blob Coloring) เพื่อหาศูนย์กลางดวงไฟ จากนั้นก็คำนวณหาระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 2 ดวงในภาพ

ขั้นตอนที่ 4 จะนำค่าระยะห่างของดวงไฟ 2 ดวงในภาพไปคำนวณหาความยาวของวัตถุในระนาบภาพหรือระยะของรถที่สวนทางมาด้วยทฤษฎีมุมมองทัศนมิติ

ปัญหาคือว่าในกรณีของไฟหน้าเปลี่ยนตำแหน่ง ควรต้องใช้ความยาวที่แท้จริงของระยะห่างหลอดไฟ 2 ดวง ในการหาระยะทางมีสองสิ่งเกี่ยวกับไฟหน้าของรถ ซึ่งเกือบจะเหมือนกันสำหรับรถยนต์ทุกชนิดจากบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ต่างๆ คือ

- 1) ขนาดของไฟหน้า
- 2) ระยะห่างระหว่างสองไฟ 2 ดวงหน้ารถ

อย่างไรก็ตามในกรณีขนาดของไฟหน้ามีสองเหตุผลที่ไม่เหมาะสม ประการแรกเป็นเรื่องยากมากที่จะหาวงกลมในระนาบภาพที่สอดคล้องกับภาพไฟหน้าเพราะจุดแสงของไฟหน้าจะเคลื่อนที่

จึงให้วิธีหาศูนย์กลางของดวงไฟ ซึ่งจะไม่แตกต่างกันมากและมีผลต่อการคำนวณที่แม่นยำ ประการที่สองคือความเปลี่ยนแปลงของไฟหน้าขนาดเล็กเป็นไฟหน้าขนาดใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออยู่ห่างไกล ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะให้ความสำคัญสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างระยะของไฟหน้าจากมุมมองทัศนมิติ รายละเอียดของวิธีการ ความคิดนี้จะถูกอธิบายไว้ในบทที่ 3

ขั้นตอนที่ 5 สร้างตัวแบบที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการพยากรณ์หาระยะทางของรถที่สวนทางมาโดยวิเคราะห์การแปลผลทางสถิติ

ขั้นตอนที่ 6 ขบวนการทดสอบสมการต้นแบบ วิเคราะห์ข้อผิดพลาดและหาข้อสรุป

งานวิจัยได้ปรับปรุงเพิ่มเติมด้วยวิธีการติดตั้งกล้องในแนวแกน X และ Y เปรียบเทียบกัน โดยอาศัยค่าความเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งศูนย์กลางดวงไฟจากกล้อง 2 ตัว (หลักการของมุมมอง 2 ตา) คือนำค่าตำแหน่งศูนย์กลางดวงไฟที่เปลี่ยนแปลง (พิกเซล) แทนการหาระยะดวงไฟ 2 ดวง จากนั้นจะนำค่าพิกเซลที่ได้จากภาพไปอ้างอิงกับระยะห่างระหว่างกล้อง 2 ตัว เพื่อจะได้ทราบว่าค่าพิกเซลที่แท้จริงคือระยะกี่เมตรและค่าพิกเซลที่ได้จากภาพควรจะสัมพันธ์กับระยะทางในแนวระนาบวัตถุเนื่องจากระยะห่างกล้องจะคงที่

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาและประยุกต์ใช้เทคนิคประมวลผลภาพ

1.3.2 เรียนรู้เรื่องกล้องและศึกษาผลลัพธ์จากเทคนิคการติดตั้งกล้อง เพื่อนำใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบหาระยะห่างของไฟหน้ารถ

1.3.3 ศึกษาเรื่องมุมมองทัศนมิติหรือโลกทัศน์จริงในการตรวจสอบหาระยะทางของรถที่เคลื่อนที่สวนทางมา

1.3.4 ศึกษาวิธีวิเคราะห์การแปลผลทางสถิติ เพื่อหาสมการต้นแบบจากความสัมพันธ์ของข้อมูลและการถดถอยของตัวแปรตอบสนองแบบต่อเนื่อง

1.3.5 ศึกษาเทคนิคอื่นๆ ที่นำมาใช้ในการพัฒนางานวิจัย

1.4 สมมุติฐานของการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าแสงไฟหน้ารถจะพบได้ง่ายในเวลากลางคืน ผู้วิจัยมีแนวความคิดที่จะนำลักษณะเด่นของแสงไฟที่เป็นเป้าหมายกับพื้นหลังที่สามารถแยกแยะความแตกต่างได้ชัดเจน เนื่องจากในเวลากลางคืนสายตามนุษย์ไม่สามารถคาดคะเนระยะทางได้เหมือนกับเวลากลางวันและเวลากลางคืนสามารถตัดอุปสรรคที่ไม่เคลื่อนที่ไปได้ง่าย เช่น ไฟถนนข้างทาง จึงใช้แสงไฟหน้ารถมา

ทำการประมวลผล เพื่อวิเคราะห์หาระยะทางของรถที่เคลื่อนที่สวนทางมา การประยุกต์ใช้กรรมวิธีประมวลผลภาพเริ่มจากการนำภาพถ่ายแบบดิจิทัลของไฟหน้ารถมาทำการวิเคราะห์ เพื่อหาระยะของหลอดไฟ 2 ดวงหน้ารถด้วยกรรมวิธี Blob Coloring เนื่องจากเป็นเทคนิคการประมวลผลภาพพื้นฐานที่นิยมใช้และสะดวกในการพัฒนาโปรแกรมแล้วนำค่าระยะของหลอดไฟ 2 ดวงที่ได้ไปประมวลผลหาระยะทางของรถที่เคลื่อนที่สวนทางมา โดยใช้มุมมองทัศนมิติ ผลลัพธ์ที่ได้จากรถทดสอบทั้งหมดสามารถนำมาหาสมการตัวแบบ ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยจากกราฟ

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.5.1 ใช้ซอฟต์แวร์ซึ่งพัฒนาบน โปรแกรม MATLAB 2007b สำหรับเป็นเครื่องมือในการประมวลผล
- 1.5.2 ใช้หลักการ Depth of Field เพื่อหาโฟกัสของไฟหน้าในภาพระหว่างกล้อง 2 ตัว
- 1.5.3 ใช้วิธี Blob Coloring เพื่อหาศูนย์กลางและระยะห่างของหลอดไฟหน้ารถ
- 1.5.4 ใช้มุมมองทัศนมิติหรือมุมมองโลกทัศน์จริงในการหาระยะทางของรถที่สวนทางมา
- 1.5.5 สร้างสมการค้นแบบความสัมพันธ์ เพื่อนำไปใช้คำนวณหาระยะทางของรถที่สวนทางมา
- 1.5.6 สร้างตัวแบบที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการพยากรณ์หาระยะวัตถุในแนวระนาบหรือระยะทางของรถที่สวนทางมาโดยวิเคราะห์การแปลผลทางสถิติ
- 1.5.7 ใช้วิธีประมวลผลภาพจากมุมมอง 2 ตาหรือ Binocular Vision สำหรับหาระยะทางของรถที่สวนทางมาในเวลากลางคืนได้โดยไม่สนใจประเภทของรถที่สวนมา
- 1.5.8 สามารถคำนวณหาระยะทางได้ในช่วงระยะ 30 – 240 เมตร

1.6 ข้อจำกัดของงานวิจัย

- 1.6.1 ทดสอบกับรถบนถนนเลนเดียวในสภาพแวดล้อมที่มีมืดหรือกลางคืน
- 1.6.2 ใช้ภาพที่ได้จากกล้องที่จับภาพแบบปกติไม่ใช่แบบอินฟราเรด
- 1.6.3 ใช้ภาพที่ถ่ายในสภาวะอากาศที่ปกติเท่านั้น
- 1.6.4 ใช้รถทดสอบที่มีหลอดไฟหน้า 2 ดวงประเภทหลอดไส้
- 1.6.5 รถที่ทดสอบไม่เปิดไฟตัดหมอก
- 1.6.6 ทดสอบจากรถยนต์ 2 ประเภทคือรถกระบะและรถนั่งส่วนบุคคล

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เป็นการนำเสนอหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของการตรวจสอบและคำนวณหา ระยะทางของรถฝั่งตรงข้ามในอีกฝั่งของถนนจากไฟ 2 ดวงหน้ารถในเวลากลางคืน รวมทั้งได้กล่าวถึง งานวิจัยที่มีผู้ทดลองเกี่ยวกับการตรวจสอบระยะทาง ซึ่งมีหลักการที่คล้ายกับงานวิจัยชิ้นนี้มานำเสนอ โดยเสนอตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 การประมวลผลภาพดิจิทัล

การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) จะเกี่ยวกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในภาพแบบข้อมูลดิจิทัล (Digital format) ซึ่งสามารถที่จะนำเอาข้อมูลนี้จัดผ่านกระบวนการต่างๆ ด้วยดิจิทัลคอมพิวเตอร์ได้ ในระบบของดิจิทัลอินพุตและเอาต์พุตของระบบจะอยู่ในภาพแบบดิจิทัลเท่านั้น

การวิเคราะห์ภาพดิจิทัล (Digital Image Analysis) จะเกี่ยวกับวิธีการอธิบายและการจดจำ ข้อมูลภาพดิจิทัล ซึ่งอินพุตของระบบจะเป็นข้อมูลภาพดิจิทัลและเอาต์พุตจะเป็นเครื่องหมายที่ใช้แทนข้อมูลภาพดิจิทัลเหล่านั้น ในการวิเคราะห์ภาพมีอยู่หลายวิธีด้วยกันที่ได้นำมาจากการทำงานของสายตามนุษย์ (Human Vision) นั่นก็คืองานทางด้าน Computer Vision เป็นลักษณะเดียวกับ Digital image analysis นั่นเอง การมองเห็นของมนุษย์นับว่าเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งลักษณะเทคนิค โดยทั่วไปในกระบวนการ Digital Image Analysis และ Computer Vision จะค่อนข้างซับซ้อนเช่นกัน

2.2 การแปลงภาพดิจิทัล

วัตถุต่างๆหรือสิ่งที่มองเห็นทั่วไปสามารถแสดงถึงฟังก์ชันใน 2 มิติในภาพของ $F(x, y)$ โดยที่ x และ y คือตำแหน่งและพิกัดของภาพ สำหรับ F คือค่าของความเข้มของภาพที่ตำแหน่ง (x, y) หรือ Spatial Coordinates ซึ่งความเข้มนี้คือค่าระดับสีเทา [2] โดยที่ F มีค่ามากกว่าศูนย์และมีค่าจำกัด นิยามได้ดังสมการที่ (2.1)

$$0 < F(x, y) < \infty \quad (2.1)$$

โดยทั่วไปแล้วค่าระดับความเข้มแสง $F(x, y)$ จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ส่วนคือ

- 1) Illumination คือ ค่าระดับความสว่างที่ตกกระทบวัตถุ
- 2) Reflectance คือ ค่าระดับความสว่างที่สะท้อนมาโดยวัตถุ

ซึ่งค่า Illumination นี้สามารถนิยามได้เป็นค่าฟังก์ชันของ $i(x, y)$ และ Reflectance สามารถนิยามได้เป็นค่าฟังก์ชันของ $r(x, y)$ ตามลำดับ โดย $F(x, y)$ คือค่าผลคูณ (Dot Product) ของฟังก์ชันทั้งสองดังสมการที่ (2.2)

$$F(x, y) = i(x, y)r(x, y) \quad (2.2)$$

โดยที่

$$0 < i(x, y) < \infty \quad (2.3)$$

และ

$$0 < r(x, y) < 1 \quad (2.4)$$

โดยปกติเราจะกำหนดให้ค่าความเข้ม (Intensity) ของภาพที่ตำแหน่ง (x_0, y_0) ใดๆเป็นค่าระดับเทา (Gray Level : l) ดังสมการที่ (2.5)

$$l = F(x_0, y_0) \quad (2.5)$$

ดังนั้นจากสมการที่ (2.2) ถึงสมการที่ (2.4) ทำให้ได้ค่าความเข้ม (l) ดังนี้

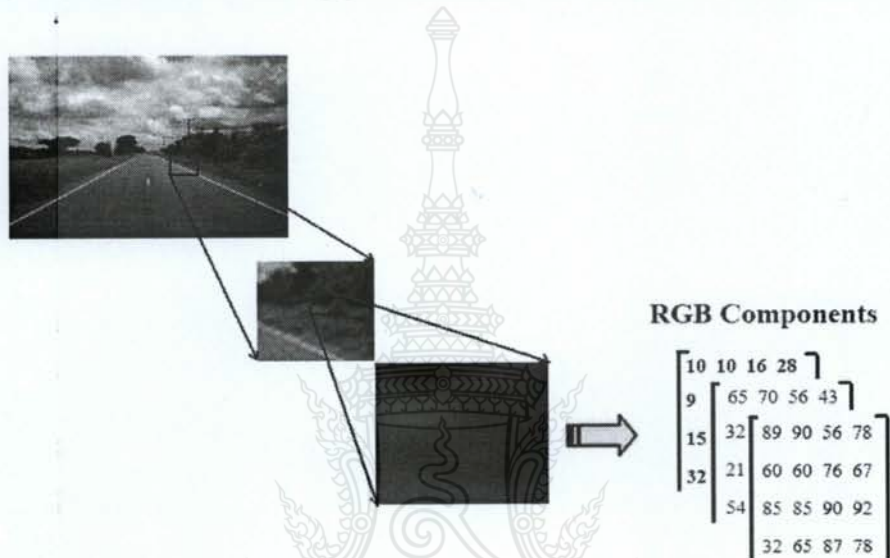
$$l_{\min} \leq l \leq l_{\max} \quad (2.6)$$

จากสมการที่ (2.6) ในทางทฤษฎีแล้ว l_{\min} จะมีค่าเป็นบวกและ l_{\max} ต้องมีค่าจำกัด โดยที่

$$l_{\min} = l_{\min} r_{\min} \quad \text{และ} \quad l_{\max} = l_{\max} r_{\max}$$

2.2.1 ภาพสี (RGB Image)

ค่าในแต่ละพิกเซลของภาพสีจะประกอบไปด้วยเวกเตอร์ที่แสดงค่าของสีแดง (R) สีเขียว (G) และสีน้ำเงิน (B) อย่างละ 8 บิต ดังนั้นข้อมูล 1 พิกเซลของภาพจะประกอบไปด้วยจำนวนบิตของทั้ง 3 ค่าสี (R G B) รวมทั้งหมด 24 บิต ทำให้ภาพสีหรือ RGB Image มีจำนวนสีที่เป็นไปได้ทั้งหมด 2^{24} สีหรือ 16 ล้านสี โดยลักษณะการเก็บข้อมูลของภาพ RGB จะเป็นลักษณะของเมทริกซ์ของค่าสีแดง เขียวและน้ำเงินนั่นเอง โดยภาพ RGB [2] แสดงตัวอย่างของ Pixel Value ได้ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ภาพเชิงดิจิทัลประเภท RGB Image

2.2.2 ภาพสีเทา (Gray Image)

ค่าในแต่ละพิกเซลของภาพสีเทาคือค่าความเข้มของแสง ณ แต่ละตำแหน่งของพิกเซลซึ่งจะอยู่ในภาพของภาพขาวดำระดับสีเทา (Gray Level) ดังภาพที่ 2.2

ขั้นตอนการแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาวดำระดับสีเทา [2] ทำได้โดยแยกระดับสีแต่ละพิกเซลออกจากกันในภาพแบบสี RGB จากนั้นนำค่าสี RGB มาเข้าสู่สมการ เพื่อคำนวณหาค่าสีเทา และนำค่าที่ได้ไปแทนที่จุดพิกเซลเดิม โดยคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

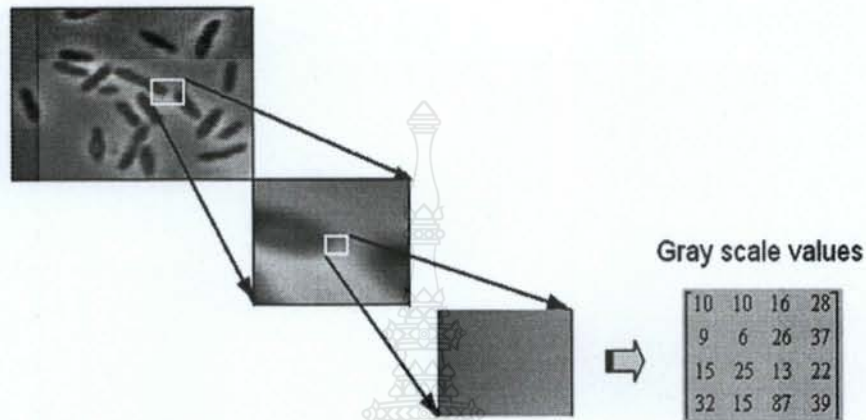
$$G' = 0.3R + 0.59G + 0.11B \quad (2.7)$$

หรือ

$$G' = \frac{R + G + B}{3} \quad (2.8)$$

โดยกำหนดให้ G' คือ ค่าระดับสีเทา

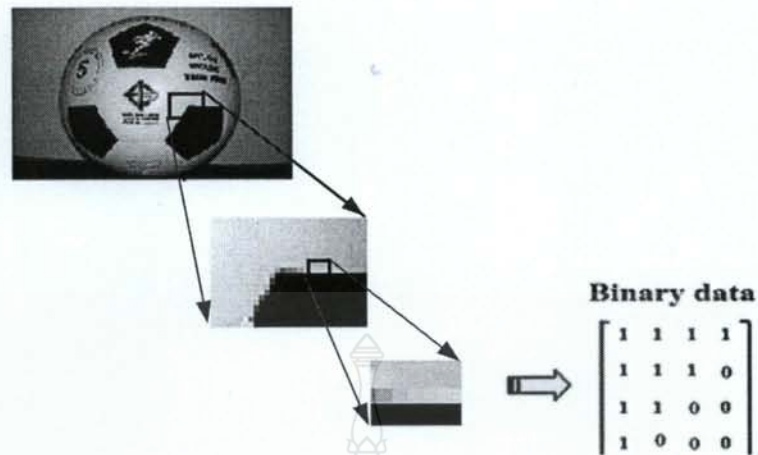
R คือ ค่าระดับสีแดง
 G คือ ค่าระดับสีเขียว
 B คือ ค่าระดับสีน้ำเงิน



ภาพที่ 2.2 ภาพเชิงดิจิทัลประเภท Gray Image [2]

2.2.3 ภาพไบนารี (Binary Image)

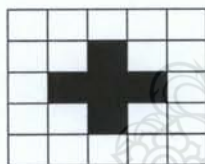
ไบนารีในทางดิจิทัลหมายถึงว่ามีเพียง 2 สถานะคือ 0 และ 1 ซึ่งภาพไบนารี [2] ก็จะมีแค่ความเข้ม 2 ค่าเท่านั้นคือ 0 และ 1 หมายความว่าพิกเซลใดที่มีค่าเป็น 0 ก็จะหมายถึงว่าพิกเซลนั้นจะแสดงสีดำ พิกเซลใดที่มีค่าเป็น 1 ก็จะหมายถึงว่าพิกเซลนั้นจะแสดงสีขาว ซึ่งการแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพไบนารีนั้นจะต้องกำหนดค่าความเข้มของสีเทาที่ต้องการอ้างอิงหรือเรียกว่าค่าเทรชโฮล (Threshold Value) ซึ่งค่านี้จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้หรือว่าการใช้อัลกอริทึมในการหาค่าเทรชโฮลโดยอัตโนมัติก็ได้ ตัวอย่างในภาพที่ 2.2 ซึ่งภาพนี้เกิดจากการใช้ค่าเทรชโฮลที่ความเข้มสีเทาเท่ากับ 150 ซึ่งหากพิกเซลใดของภาพระดับสีเทามีค่าความเข้มสีเทาดำกว่าค่าเทรชโฮลที่กำหนดหรือต่ำกว่า 150 ก็จะให้มีสถานะเป็น 0 แต่หากพิกเซลใดมีค่าความเข้มสีเทามากกว่าค่าเทรชโฮลหรือสูงกว่า 150 ก็จะให้มีสถานะเป็น 1 ดังในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ภาพเชิงดิจิทัลประเภทไบนารี

2.3 คุณสมบัติของภาพแบบไบนารี (Properties of Binary Images)

2.3.1 ขนาดหรือพื้นที่ (Area)

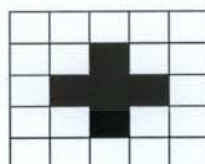


ค่า 1 หมายถึง พื้นที่สีดำ (foreground)

มีพื้นที่สีดำ = 5

ภาพที่ 2.4 ขนาดหรือพื้นที่ของวัตถุ

2.3.2 ตำแหน่งของวัตถุหรือจุดศูนย์กลางมวล (Position of Object ,Center of Mass)



$$\bar{x} = \frac{1+2+2+2+3}{5} = 2$$

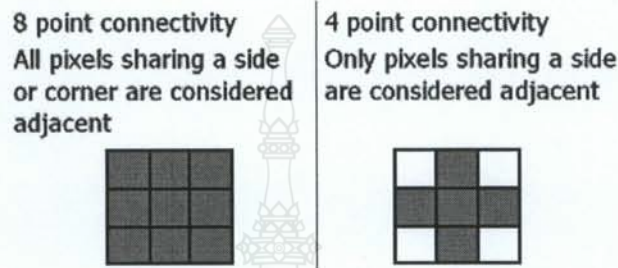
$$\bar{y} = \frac{1+2+2+2+3}{4} = 2$$

ภาพที่ 2.5 ตำแหน่งของวัตถุ

ตำแหน่งของวัตถุ คือ (2, 2)

2.4 วิเคราะห์หากลุ่มสีของวัตถุหรือเป้าหมายที่เป็นไบนารี (Blob Coloring)

เมื่อภาพถูกแบ่งออกเป็นหลายๆส่วน Blob Coloring เป็นเทคนิคที่ช่วยในการหาบริเวณที่เชื่อมต่อกัน Blob Coloring มีหลายวิธีด้วยกันเป็นต้นว่า Blob Coloring แบบ 4 Point Connection ใช้ในการหาบริเวณที่เป็นเส้นหรือ Blob Coloring แบบ 8 Point Connection ใช้ในการหาพื้นที่ที่เชื่อมต่อกันตามภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ลักษณะการเชื่อมต่อกันแบบ 8 และ 4 Point Connection

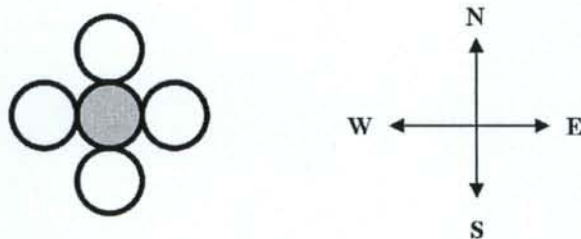


ภาพที่ 2.7 การทำ Blob Coloring แบบ 8 Point Connection

จากภาพที่ 2.7 พื้นที่ที่แยกออกจากกันในภาพ จะถูกตรวจสอบและทำการ Recursive ต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงบริเวณที่เป็นขอบ จะเห็นว่าภาพที่ได้จากการทำ Blob Coloring แล้วจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆแยกกัน

2.4.1 การกำหนดจำนวนจุดเชื่อมต่อแบบ 4 Connected

จะเป็นการสแกนหาจุดพิกเซลที่มีสีค่าเหมือนกันกับจุดเริ่มต้น โดยจะเป็นการตรวจหาพิกเซลที่ติดกันและจะทำการตรวจหาใน 4 ทิศทางคือบน (N) ล่าง (S) ซ้าย (W) และขวา (E) ของพิกเซลที่เป็นจุดเริ่มต้นของการสแกนดังตัวอย่างในภาพที่ 2.8

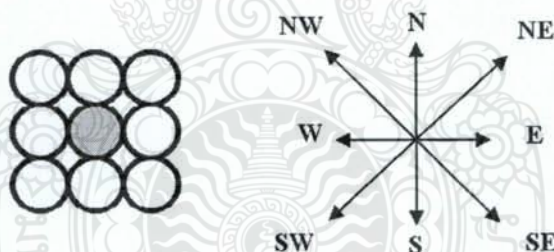


ภาพที่ 2.8 จุดพิกเซล 4 - connected และทิศทางที่ใช้ระบุในการสแกน

ซึ่งการสแกนและแสดงลำดับของข้อมูลที่ถูกสแกนนั้นตัวอัลกอริทึมจะเรียงข้อมูลในทิศเหนือ (N) ทิศใต้ (S) ก่อนและจะสแกนข้อมูลที่อยู่ทิศตะวันตก (W) เป็นลำดับแรก

2.4.2 Seed อัลกอริทึมแบบ 8 Connected

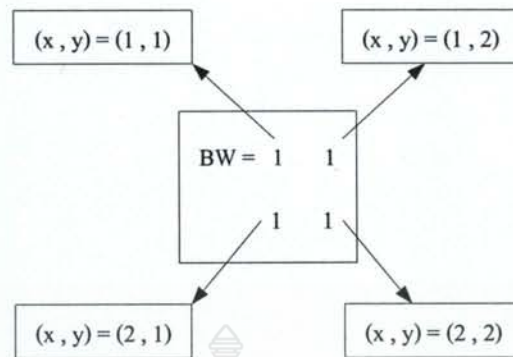
Seed อัลกอริทึมแบบ 8 Connected จะเป็นการสแกนหาจุดพิกเซลที่มีสีค่าเหมือนกันกับจุดเริ่มต้น โดยจะเป็นการตรวจหาพิกเซลที่ติดกันและจะทำการตรวจหาใน 8 ทิศทางคือบน (N) ล่าง (S) ซ้าย (W) ขวา (E) บนซ้าย (NW) บนขวา (NE) ล่างซ้าย (SW) และล่างขวา (SE) ของพิกเซลที่เป็นจุดเริ่มต้นของการสแกนดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 จุดพิกเซล 8 - connected และทิศทางที่ใช้ระบุในการสแกน

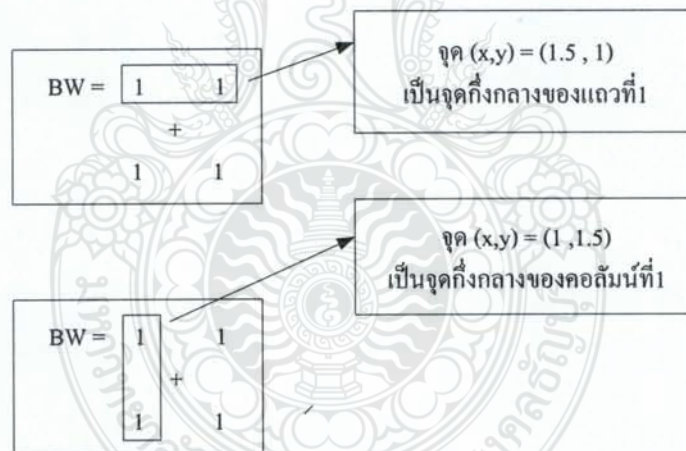
2.4.3 จุดศูนย์กลางของพื้นที่ (Centroid)

จุดศูนย์กลางของพื้นที่หรือ Centroid คือค่าเฉลี่ยพิกัดในแนวแกนอนและแนวแกนตั้งของพิกเซลทุกจุดที่อยู่ในพื้นที่ของดวงไฟเป้าหมายนั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 2.10 พิกัดหรือจุด Pixel Coordinate ของข้อมูลในระนาบ X Y

จากภาพที่ 2.10 จุดกึ่งกลางของข้อมูลในแถวที่ 1 คือ $(x, y) = (1, 1)$ ถึง $(x, y) = (1, 2)$ หรือความยาวกึ่งกลางของจุด $(1, 1)$ ถึง $(1, 2)$ คือจุดที่พิกัดของ $x = 1$ และ $y = 1.5$ ส่วนการคำนวณจุดกึ่งกลางของข้อมูลในคอลัมน์ที่ 1 คือ $(x, y) = (1, 1)$ ถึง $(x, y) = (2, 1)$ หรือความยาวกึ่งกลางของจุด $(1, 1)$ ถึง $(2, 1)$ คือจุดที่พิกัดของ $x = 1.5$ และ $y = 1$ ด้วยเหมือนกัน



ภาพที่ 2.11 จุดกึ่งกลางของข้อมูลในแถวและคอลัมน์

จากภาพที่ 2.10 และภาพที่ 2.11 พบว่าการคำนวณจุดหา Centroid ของพื้นที่ใด ๆ นั้นสามารถคำนวณได้จากการนำพิกัดของจุด x และ y ทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยนั่นเอง โดยหารด้วยจำนวนของจุด x หรือ y ทั้งหมดที่อยู่ในพื้นที่นั้นก็จะได้พิกัดของจุด (x, y) ที่เป็นจุดศูนย์กลางออกมาซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

โดยจุดทั้งหมดที่อยู่ในพื้นที่คือ $\{(x, y)\} = \{(1, 1), (2, 1), (1, 2), (2, 2)\}$ จากข้อมูลชุดตัวอย่างนี้ นำจุด x มาหาค่าเฉลี่ยจะได้

$$\bar{x} = \frac{(1+2+2+2)}{4} = 1.5$$

ดังนั้น \bar{x} หรือจุด Centroid_x เท่ากับ 1.5 จากนั้นนำจุด y มาหาค่าเฉลี่ยจะได้

$$\bar{y} = \frac{(1+1+2+2)}{4} = 1.5$$

ดังนั้น \bar{y} หรือจุด Centroid_y เท่ากับ 1.5 ด้วยเช่นกันจากการคำนวณทั้งหมดทำให้ได้จุดศูนย์กลางของแถบพื้นที่นี้คือ (Centroid_x, Centroid_y) = (1.5, 1.5) ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 จุดกึ่งกลางของข้อมูลจากค่าเฉลี่ยของตำแหน่งพิกัด x และ y

ดังนั้นจากวิธีการข้างต้นจะพบว่าการคำนวณหาตำแหน่งพิกัดจุด Centroid ของพื้นที่ใด ๆ นั้น สามารถคำนวณหาจุด Centroid ของพื้นที่นั้นๆ ได้โดยเป็นการนำพิกัดของจุด Pixel ทั้งหมดของพื้นที่ ในแนวแกนอนและแนวการตั้งมาทำการหาค่าเฉลี่ยนั่นเอง ซึ่งสามารถแสดงการคำนวณได้ ดังสมการที่ (2.9) และ (2.10) ดังนี้

$$\text{Centroid}_x = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K x_i \quad (2.9)$$

$$\text{Centroid}_y = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K y_i \quad (2.10)$$

โดย

Centroid_x คือ พิกัดจุดศูนย์กลางของจุด x

Centroid_y คือ พิกัดจุดศูนย์กลางของจุด y

k คือ จำนวนของ Pixel ใน 1 แถบพื้นที่ (1 Region)

i คือ ลำดับหรือตำแหน่งของพิกเซล

2.4.4 กรอบที่ใช้ครอบดวงไฟ (Bounding Box)

Bounding Box [3] หรือกรอบพื้นที่ของดวงไฟจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมที่ไว้ ซึ่งอัลกอริทึมจะสร้าง Bounding Box นี้ขึ้นหลังจากที่มีการคำนวณและระบุตำแหน่งต่างๆของดวงไฟในภาพทั้งหมดแล้ว โดยมีลักษณะของ Bounding Box จะเป็นกรอบสี่เหลี่ยมที่ล้อมและครอบพื้นที่ของดวงไฟจากซ้ายสุดไปขวาสุดและจากบนสุดลงล่างสุด โดยคุณสมบัติและภาพของ Bounding Box

สามารถระบุคุณสมบัติของ Bounding Box เพื่อที่จะนำไป Plot เป็นภาพกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อครอบดวงไฟโดยประกอบด้วย

1. จุดพิกัด (x, y) มุมบนซ้ายสุด (Upper Left) ของดวงไฟ
2. Width ความกว้าง (y) และ length ความยาว (x) ของดวงไฟ

ดังนั้น Bounding Box ของดวงไฟ 1 ดวงนั้นคือชุดข้อมูลของของจุดพิกัด (x, y) และ Width ความกว้าง (y) และ length ความยาว (x) ดังนี้

$$\text{Bounding Box} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \text{Width} \\ \text{Length} \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

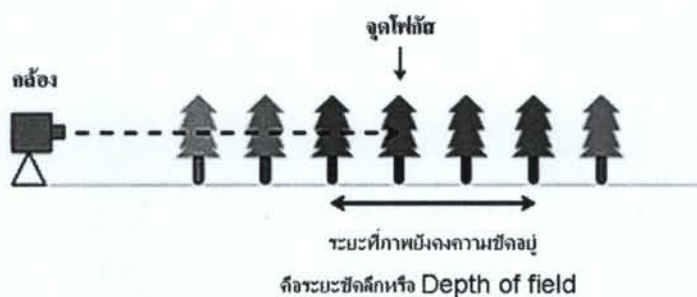
จากสมการที่ (2.11) สามารถนำผลของค่า Bounding Box แต่ละตำแหน่งไปทำการ Plot กรอบสี่เหลี่ยมของดวงไฟแต่ละดวง จะได้ผลตามลักษณะดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 การ Plot กรอบสี่เหลี่ยมครอบดวงไฟ (Bounding Box)

2.5 ระยะชัดของภาพ

ระยะชัดลึกหรือ Depth of Field [4] คือช่วงระยะที่ภาพยังคงมีค่าความคมชัดของภาพอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้



ภาพที่ 2.14 ระยะชัดของภาพ [4]

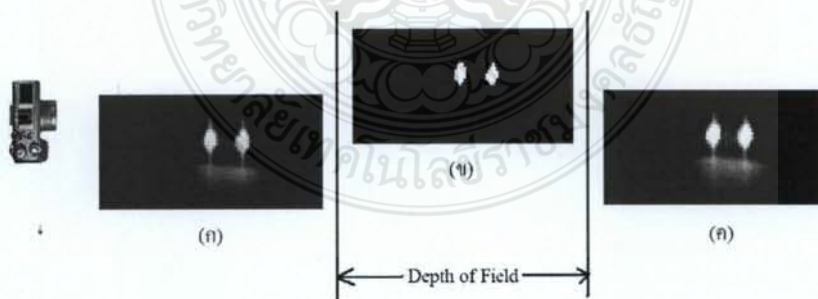
จากภาพที่ 2.14 จะเห็นว่ากล้องโฟกัสไปที่ต้นไม้ต้นที่ 4 นับจากด้านซ้ายมือ แต่ภาพที่ได้จะชัดตั้งแต่ต้นไม้ต้นที่ 3 ถึงต้นที่ 7 ซึ่งระยะที่ภาพยังคงชัดอยู่นี้เราจะเรียกว่าระยะชัดลึกนั่นเอง โดยถ้าบอกระยะชัดลึกน้อยหรือชัดตื้นแสดงว่าระยะที่ภาพชัดจะน้อย ภาพก็จะชัดเฉพาะส่วนที่เราโฟกัส ส่วนฉากหน้า ฉากหลังก็จะเบลอ ในทางกลับกันถ้าบอกว่าระยะชัดลึกมากหรือชัดลึกก็แสดงว่าภาพมีช่วงความชัดมาก ถ้ามาน้ำก็เบลอ หลังก็ชัด เป็นต้น

2.5.1 การบวกภาพ (Adding Image)

การบวกภาพ [2] มีสองลักษณะคือบวกภาพกับภาพ บวก Matrix กับ Matrix ดังสมการที่ 2.12 และบวกภาพกับค่าคงที่ (Matrix กับค่า c) ดังสมการที่ 2.13

$$r[x, y] = a[x, y] + b[x, y] \tag{2.12}$$

$$r[x, y] = a[x, y] + c \tag{2.13}$$



ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการทดลองขบวนการบวกภาพ

จากภาพที่ 2.15 (ก) และ (ข) คือภาพจากกล้องตัวที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยที่ภาพทั้งสองมีความต่างกันเรื่องตำแหน่งภาพ ส่วนภาพ (ค) แสดงถึงผลลัพธ์ของการบวกภาพระหว่างภาพ (ก) และ

(ข) การบวกภาพที่จุดภาพใดๆของภาพสองภาพเข้าด้วยกัน เพื่อการระบุถึงขนาด พื้นที่และตำแหน่งภาพ โดยผลลัพธ์ที่ได้ก็จะแสดงถึงส่วนที่มีเป็นเป้าหมายทั้งหมดของภาพ

ตัวอย่าง

$Z = \text{imadd}(X, Y)$: คำสั่ง imadd หมายถึง เพิ่มภาพสองภาพหรือเพิ่มค่าคงที่ของภาพหรือเพิ่มองค์ประกอบใน X แต่ละอาร์เรย์ที่มีองค์ประกอบที่สอดคล้องกันในอาร์เรย์ Y

2.5.2 ความไวแสง

ค่าความไวแสงหรือค่า ISO (International Organization for Standardization) [5] คือค่ามาตรฐานสากลที่บอกความไวแสงของเซ็นเซอร์กล้องดิจิทัล ยิ่งมีค่าความไวแสงมาก (ISO เลขสูงๆ) ก็จะยิ่งใช้แสงน้อยเท่านั้น ค่า ISO ได้ถูกกำหนดขึ้นมากมายในหลายๆ ด้านเพื่อใช้เป็นมาตรฐานทั่วโลกเช่นมาตรฐานด้านความสะอาด มาตรฐานด้านความปลอดภัย เป็นต้น สำหรับการถ่ายภาพค่า ISO ได้นำมาใช้ตั้งแต่ยุคกล้องฟิล์ม ฟิล์มที่ใช้ถ่ายภาพจะมีค่าความไวแสงหรือค่า ISO ต่างกันตามชนิดของฟิล์ม เพื่อให้เราสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมกับงาน เมื่อเข้าสู่ยุคดิจิทัลซึ่งเปลี่ยนจากฟิล์มมาเป็นเซ็นเซอร์รับภาพ ค่า ISO จึงเป็นค่าที่ใช้บอกคุณสมบัติในการรับแสงของเซ็นเซอร์แต่ละตัวที่ใช้ในกล้องดิจิทัลว่ามีช่วงการรับแสงมากน้อยเพียงใด

ค่า ISO มีหน่วยความต่างเป็นสโตปเช่นเดียวกับค่ารับแสงและความเร็วชัตเตอร์ กล้องดิจิทัลส่วนใหญ่จะมีค่าความไวแสงอยู่ในช่วง ISO 100 ถึง 1600 สำหรับกล้องบางรุ่นจะมีช่วงการรับแสงกว้างมากกว่ากล้องทั่วไปเช่นความไวแสงค่า ISO 50 ส่วนกล้องสำหรับมืออาชีพที่ได้รับการออกแบบเป็นพิเศษจะมีค่า ISO สูงมากถึง 102400 และมีราคาสูง ในการปรับตั้งโดยทั่วไปจะปรับเป็นขั้นละ 1 สโตป



ภาพที่ 2.16 ความสว่างของภาพที่ตั้งค่า ISO ในระดับต่างๆ [5]

จากภาพที่ 2.16 ภาพนี้ตั้งค่ารับแสงไว้ที่ $F 5.0$ และความเร็วชัตเตอร์ที่ $1/200$ วินาทีสิ่งที่ จะเห็นว่า เมื่อ ISO สูงขึ้นภาพจะสว่างมากขึ้น แต่ก็ไม่ได้หมายความว่ายิ่ง ISO ยิ่งสูงจะยิ่งดี แม้ว่าที่

ISO ต่ำๆจะต้องการแสงมาก แต่ก็ทำให้ภาพที่มี Noise (ที่เห็นเป็นจุดๆ) น้อยที่สุดทำให้รายละเอียดของภาพไม่เสียไป แตกต่างจากเมื่อใช้ ISO สูงขึ้น ก็จะปรากฏ Noise มากขึ้นตามลำดับ แต่ทั้งนี้ Noise ก็ขึ้นอยู่กับรุ่น ยี่ห้อของกล้องด้วยเช่นกล้อง dSLR ซึ่งมี sensor ขนาดใหญ่มักจะมี Noise น้อยมาก ถึงแม้ที่ ISO สูงๆก็ตาม

2.5.3 การตั้งค่า ISO สำหรับถ่ายภาพ

ปกติกล้องจะถูกตั้ง ISO เป็นอัตโนมัติ แต่ส่วนใหญ่ก็จะทำงานได้ดีเฉพาะถ่ายกลางแจ้งเท่านั้น ดังนั้นการปรับค่า ISO ให้เหมาะสมก็มีความจำเป็นเช่นในกรณีที่ถ่ายในที่มืดแล้วไม่ต้องการใช้แฟลช โดยเมื่อปรับค่า ISO แล้วค่ารูรับแสงและความเร็วชัตเตอร์จะเปลี่ยนไปด้วย

AUTO ISO กล้องจะเป็นตัวจัดการปรับค่า ISO ให้เองโดยอัตโนมัติ โดยจะดูจากแสงที่ตัวแบบที่จะถ่าย แต่ข้อเท็จจริงคือกล้องมักจะเก่งเวลาถ่ายกลางแจ้งเท่านั้น

ISO 50 - 80 เหมาะสำหรับถ่ายกลางแจ้งที่มีแสงจัดๆไม่ว่าจะเป็นถ่ายวิว ถ่ายคนให้คุณภาพที่ดีที่สุด Noise จะปรากฏให้เห็นน้อยที่สุด แต่ไม่ใช่สำหรับกล้องทุกรุ่นที่ใช้ ISO ค่านี้ได้

ISO 100 เป็นค่าที่นิยมกันมากที่สุดสำหรับถ่ายกลางแจ้ง ตามทฤษฎี คุณภาพของภาพจะค่อยลงนิดหน่อย แต่ก็ยากจะแยกออกจาก ISO 50 - 80

ISO 200 เหมาะสำหรับถ่ายในวันที่ท้องฟ้าไม่ใส ในร่มที่ไม่มีมีคน คุณภาพของภาพยังจัดว่าดีแต่อาจจะเริ่มมี Noise ปรากฏให้เห็นบ้าง

ISO 400 และสูงกว่า มักจะใช้ถ่ายในร่มมากๆหรือกลางคืนเมื่อไม่ต้องการใช้แฟลช ยิ่งสูงยิ่งปรากฏให้เห็น Noise มาก ส่วนจะมากแค่ไหนก็ขึ้นอยู่กับกล้องยี่ห้อ รุ่นนั้นๆด้วย

2.6 การรับรู้ระยะทาง (Distance perception)

การรับรู้ระยะทาง [6] สัมพันธ์กับภาพที่ตกบนจอตา ซึ่งเป็นภาพ 2 มิติ สิ่งเร้าที่มองเห็นได้จะมีลักษณะเฉพาะที่สัมพันธ์กับระยะทางจากผู้ที่ยังมองเห็นภาพ เราเรียกลักษณะดังกล่าวว่า Distance cue บางลักษณะจะปรากฏเฉพาะการมองด้วยตาสองข้าง (Binocular cue) และบางปรากฏการณ์จะเกิดเฉพาะการมองด้วยตาข้างเดียว (Monocular cue) ดังนั้นการรับรู้ระยะทางจะขึ้นอยู่กับ cue ต่างๆมากมาย การมองด้วยตาข้างเดียวจะสามารถรับรู้ความแตกต่างของระยะทางได้เพียงเล็กน้อย ถ้าวัตถุอยู่นั้นอยู่ในระยะไม่เกิน 20 ฟุตต่างกับการใช้ตาสองข้างจะสามารถรับรู้ระยะความแตกต่างของวัตถุได้ดีในทุกๆ ระยะไม่ว่าจะเป็นระยะใกล้หรือระยะไกลสิ่งที่เกิดขึ้นจากการรับรู้ระยะนี้ได้แก่

1) Relative sign คือวัตถุที่คล้ายกันสองสิ่งวัตถุที่ไปตกบนที่ว่างของเรตินามากกว่า เราจะรู้สึกกว่าวัตถุนั้นอยู่ใกล้เรา วัตถุที่มีขนาดใหญ่จะมองดูใกล้กว่าวัตถุที่มีขนาดเล็ก

2) Overlap คือวัตถุที่ทับซ้อนวัตถุอีกอันหนึ่ง เราจะรับรู้ว่ามีวัตถุที่วางทับอยู่ใกล้กว่าวัตถุที่ถูกทับซ้อน

3) Texture gradient คือการรับรู้พื้นผิวว่ามันมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น

4) Linear perspective คือรับรู้ว่ามีเส้นที่มันขนานกันนั้นมันจะไปพบกันที่ระยะทางหนึ่ง

5. Atmospheric perspective คือการรับรู้ว่ามีวัตถุที่อยู่ไกลนั้น เราจะรู้สึกว่ามีวัตถุที่นั่นดูคลุมเครือไม่ชัดเจน

2.7 มุมมองทัศนียภาพ (Perspective)

ภาพแบบการเขียนทัศนียภาพแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

2.7.1 การเขียนทัศนียภาพแบบบรรยากาศ (Aerial perspective)

หมายถึงการสร้างภาพลวงตาของความลึกที่ถดถอยเข้าไปในภาพ โดยการถ่ายทอดสภาพของภาพบริเวณฉากหลังของทิวทัศน์ ควรมีความชัดเจนน้อยกว่าบริเวณที่เป็นฉากหน้า ทั้งในด้านของความคมชัดของภาพร่างและสี เท่าที่ผ่านมาการเขียนทัศนียภาพแบบบรรยากาศมักจะกระทำ โดยการเปลี่ยนสีน้ำหมึกสีแก่ อ่อนที่สัมพันธ์กันกับความคมชัดที่แตกต่างกัน กลวิธีนี้กระทำกันมาแต่เดิมในการสร้างสรรค์ภาพลวงตาของมิติใกล้ ไกล

2.7.2 การเขียนทัศนียภาพแบบเส้น (Linear perspective)

หมายถึงระบบมาตรฐานของทัศนียภาพวิทยาเชิงเรขาคณิต ซึ่งมีพื้นฐานมาจากโครงสร้างบนพื้นระนาบภาพ ซึ่งอาจจะมาจากโครงสร้างที่มีอยู่จริงหรือจินตนาการขึ้น โครงสร้างนั้นจะอยู่ในลักษณะของเส้น ซึ่งตั้งฉากคู่ขนานกันเบนเข้าบรรจบกันที่จุดรวมสายตาดบนเส้นขอบฟ้า พื้นระนาบภาพจะแบ่งความลึกของพื้นที่ตามแนวอนอกออกเป็นเขตต่างๆ

จากมุมมองทัศนียภาพหรือมุมมองโลกทัศน์จริง [7] ซึ่งแสดงตัวอย่างจากกล้องตัวเดียว ดังภาพที่ 2.17

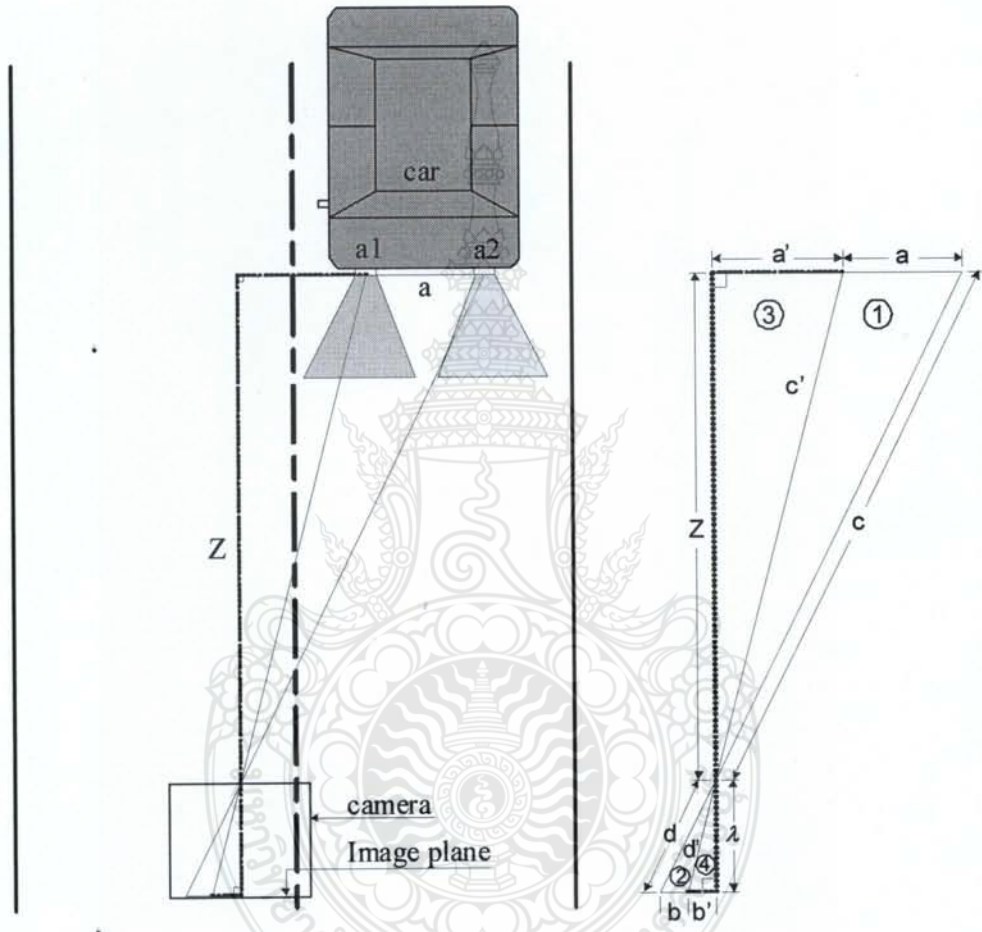
สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\frac{a}{b} = \frac{c'}{d'} \quad (2.14)$$

$$\frac{z}{\lambda} = \frac{c'}{d'} \quad (2.15)$$

$$\frac{a}{b} = \frac{z}{\lambda} \tag{2.16}$$

$$z = \frac{\lambda a}{b} \tag{2.17}$$



ภาพที่ 2.17 แบบจำลองมุมมองทัศนียภาพ [7]

- เมื่อ
- a = ระยะหลอดไฟจริง
 - a' = ระยะแนวนอนจากหลอดไฟดวงซ้ายหน้ารถถึงแนวศูนย์กลางของกล้อง
 - b = ระยะเสมือนจริงของระยะ a ในภาพ
 - b' = ระยะเสมือนจริงของระยะ a' ในภาพ
 - c = ระยะแนวนอนด้านขวาของสามเหลี่ยมกับ z ขวาและ a + a' ขวา

แปรอิสระ (X) คือค่าความเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งศูนย์กลางของดวงไฟจากกล้อง 2 ตัว ส่วนตัวแปรตาม (Y) คือระยะทางของรถที่สวนทางมา

ในการวิเคราะห์การถดถอย มักเรียกตัวแปรอิสระว่าตัวทำนาย (Predictor) หรือตัวแปรกระตุ้น (Stimulus Variable) ส่วนตัวแปรตามมักเรียกว่าตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) หรือตัวแปรเกณฑ์ (Criterion Variable) ถ้ามีตัวพยากรณ์เพียงตัวเดียวจะเรียกการศึกษาคือความสัมพันธ์นั้นว่า การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)

2.8.1 การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)

คือการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Y) 1 ตัวกับตัวแปรอิสระ (X) 1 ตัว โดยที่ในช่วงแรกจะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง X กับ Y ในภาพเชิงเส้น ดังนั้นสมการเส้นถดถอย คือ

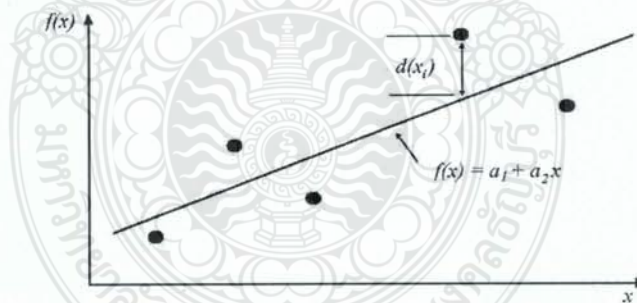
$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (2.18)$$

เมื่อ

β_0 = ค่าคงที่หรือจุดตัดแกนตั้ง

β_1 = ความชันของเส้นตรง

ε = ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม



ภาพที่ 2.19 การถดถอยแบบ Linear Model

$$\hat{y}_i = a + bx_i \quad (2.19)$$

เมื่อ

\hat{y}_i = ค่าประมาณการของ y

a = ค่าประมาณการของ β_0

b = ค่าประมาณการของ β_1

โดยที่ $e_i =$ ค่าความผิดพลาด (Error) และ $e_i = y_i - \hat{y}_i$

ดังนั้นการประมาณสมการถดถอยที่ดีควรเป็นสมการถดถอยที่เกิดค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งวิธีที่นิยมใช้คือวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square หรือ OLS)

โดยที่กำหนดให้ SSE = ผลรวมของค่าความผิดพลาด (Sum of Squared Error) เมื่อ n คือจำนวนตัวอย่าง เนื่องจาก $\hat{y}_i = a + bx_i$ ดังนั้นการที่ค่า y กับ \hat{y} จะเกิดความแตกต่างกันน้อยที่สุดจึงขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่างคือ a กับ b

จะได้ว่า

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 \quad (2.20)$$

หาค่า a ที่ทำให้เกิดค่า SSE ต่ำสุด

$$\frac{\partial SSE}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) = 0$$

$$\frac{\partial SSE}{\partial a} = -2 \left(\sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i \right) = 0$$

จะได้ว่า

$$\sum_{i=1}^n y_i - na - b \sum_{i=1}^n x_i = 0$$

$$\therefore \sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i = na$$

$$a = \left[\sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i \right] / n$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (2.21)$$

หาค่า b ที่ทำให้เกิด SSE ต่ำสุด โดยแทนค่า (2.21) ใน SSE จะได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{SSE} &= \sum_{i=1}^n \left[y_i - (\bar{y} - b\bar{x}) - bx_i \right]^2 \\ \text{SSE} &= \sum_{i=1}^n \left[(y_i - \bar{y}) - b(x_i - \bar{x}) \right]^2 \\ \frac{\partial \text{SSE}}{\partial b} &= \sum_{i=1}^n 2 \left[(y_i - \bar{y}) - b(x_i - \bar{x}) \right] \left[-(x_i - \bar{x}) \right] = 0 \\ \frac{\partial \text{SSE}}{\partial b} &= \sum_{i=1}^n -2 \left[(y_i - \bar{y}) - b(x_i - \bar{x}) \right] \left[(x_i - \bar{x}) \right] = 0 \\ \frac{\partial \text{SSE}}{\partial b} &= -2 \sum_{i=1}^n \left[(y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x}) - b(x_i - \bar{x})^2 \right] = 0 \\ \text{จะได้ว่า } \frac{\partial \text{SSE}}{\partial b} &= \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) - b \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 0 \\ \therefore b &= \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.22) \end{aligned}$$

2.8.2 การถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non - Linear Regression)

ปัญหาในทางปฏิบัติส่วนใหญ่คือลักษณะการกระจายของข้อมูลมักไม่อยู่ในภาพแบบของเชิงเส้น การกระจายของข้อมูลเบี่ยงเบนไปมาในลักษณะไม่เชิงเส้น (Nonlinear) ซึ่งควรใช้สมการในภาพแบบของฟังก์ชันพหุนาม จึงจะให้ผลที่เที่ยงตรงมากกว่า ซึ่งเรียกว่าการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุนาม (Polynomial Regression) มีลักษณะเช่นเดียวกับแบบเชิงเส้น

1) การถดถอยแบบพหุนาม (Polynomial Regression Analysis)

ก. ใช้กับปัญหาที่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไม่เป็นเชิงเส้น

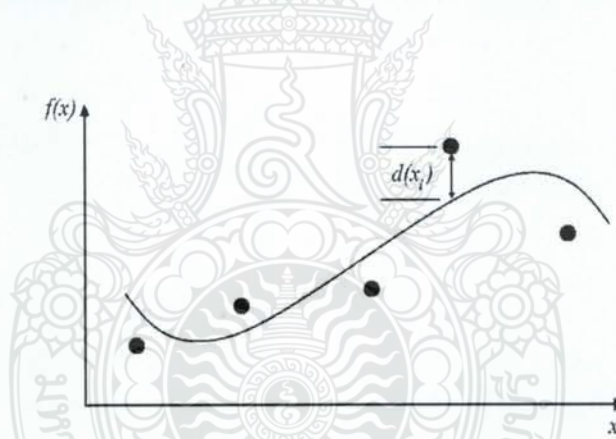
ข. ภาพแบบความสัมพันธ์

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m \quad ; \quad m = \text{order} \quad (2.23)$$

$$e = \sum_{i=1}^n d(x_i)^2 \quad (2.24)$$

เมื่อ a_0, a_1, \dots, a_n คือ ค่าพารามิเตอร์ของการถดถอย ค่าดีกรีสูงสุดของโพลีโนเมียล คือ $N-1$ (ดังนั้น $n \geq N-1$)

ค) เป็นการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้กับปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรงยกกำลัง 2 เมื่อทำการ scatter plot ดูแล้วจะเห็นจุดเรียงเป็นแนวโค้ง ซึ่งมีหลายระดับดังภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 การถดถอยแบบ Quadratic Model

2.8.3 ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความถดถอย

เนื่องจากวัตถุประสงค์ที่สำคัญของการสร้างสมการเส้นถดถอยขึ้นมาก็เพื่อประมาณหรือพยากรณ์ตัวแปรที่ต้องการศึกษา ดังนั้นเพื่อความมั่นใจว่าสมการเส้นถดถอยที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถนำไปพยากรณ์ตัวแปรได้จริงจึงต้องมีการทดสอบโดยอาศัยค่าสถิติต่างๆ ได้แก่

1) สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination : R^2)

R^2 = ค่าที่อธิบายว่าความผันแปรทั้งหมดของตัวแปรตามมีสาเหตุมาจากตัวแปรอิสระร้อยละเท่าไร โดยที่ $0 \leq R^2 \leq 1$

และ $e_i =$ ค่าความผิดพลาด

โดยที่ $e_i = y - \hat{y}$ (2.25)

ดังนั้น $\sum e_i^2$ คือ ผลรวมกำลังสองของค่าความผิดพลาด (Error Sum of Square: SSE) [9] หรือความแปรปรวนที่ไม่อาจอธิบายได้ (Unexplained Variation)

$$SSE = \sum e_i^2 = \sum (y_i - \hat{y})^2 = \sum (y_i - a - bx_i)^2 \quad (2.26)$$

แทนค่า $a = \bar{y} - b\bar{x}$ ในสมการ(2.25)

$$\begin{aligned} \sum e_i^2 &= \sum (y_i - \bar{y} + b\bar{x} - bx_i)^2 \\ &= \sum [(y_i - \bar{y}) - b(x_i - \bar{x})]^2 \\ &= \sum [(y_i - \bar{y})^2 - 2b(y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x}) + b^2(x_i - \bar{x})^2] \\ &= \sum (y_i - \bar{y})^2 - 2b\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) + b^2\sum (x_i - \bar{x})^2 \end{aligned}$$

เนื่องจาก

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.27)$$

ดังนั้น

$$b\sum (x_i - \bar{x})^2 = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (2.28)$$

นำสมการ (2.27) แทนใน สมการ (2.28) จะได้ว่า

$$\sum e_i^2 = \sum (y_i - \bar{y})^2 - b\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (2.29)$$

จากสมการ (2.29) ถ้า $b = 0$ หมายความว่า y กับ x ไม่มีความสัมพันธ์กันเลยแสดงว่าความแปรปรวนทั้งหมดมีสาเหตุมาจากปัจจัยอื่นที่ไม่สามารถอธิบายได้

แทนค่า $b = 0$ ในสมการ (2.29) จะได้ว่า

$$\sum e_i^2 = \sum (y_i - \bar{y})^2 \quad (2.30)$$

ดังนั้น $\sum (y_i - \bar{y})^2$ คือความแปรปรวนทั้งหมดหรือ Total Sum of Squares (SST)
 ในทำนองเดียวกัน ถ้าค่า $\sum e_i = 0$ หมายความว่าความแปรปรวนทั้งหมดมีสาเหตุมาจาก
 ความผันแปรที่สามารถอธิบายได้ โดยตัวแปร x

แทนค่า $\sum e_i^2 = 0$ ในสมการ(2.27)

จะได้ $0 = \sum (y_i - \bar{y})^2 - b \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$

$$\therefore b \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum (y_i - \bar{y})^2 \quad (2.31)$$

แสดงว่า $b \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$ คือ ความผันแปรที่สามารถอธิบายได้

จากสมการ (2.26) จะได้ว่า

$$b \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = b(b \sum (x_i - \bar{x})^2)$$

$$b \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = b^2 \sum (x_i - \bar{x})^2$$

$$b \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum b^2 (x_i - \bar{x})^2$$

$$b \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum (bx_i - b\bar{x})^2$$

$$b \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum (bx_i - b\bar{x} + \bar{y} - \bar{y})^2$$

$$b \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum (bx_i + a - \bar{y})^2$$

$$\therefore b \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum (\hat{y} - \bar{y})^2 \quad (2.32)$$

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า $b \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum (\hat{y} - \bar{y})^2$ คือความผันแปรที่สามารถ
 อธิบายได้ Regression Sum of Squares (SSR)

ความผันแปรทั้งหมด = ความผันแปรที่สามารถอธิบายได้ + ความผันแปรที่ไม่สามารถ
 อธิบายได้

$$SST = SSR + SSE$$

$$\sum (y_i - \bar{y})^2 = \sum (\hat{y} - \bar{y})^2 + \sum (y_i - \hat{y})^2 \quad (2.33)$$

และ $R^2 = \frac{\text{ความผันแปรที่สามารถอธิบายได้}}{\text{ความผันแปรทั้งหมด}}$

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} = \frac{b^2 \sum (x_i - \bar{x})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$$

$$\therefore R^2 = \frac{b \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.34)$$

หมายเหตุ : ในทางปฏิบัติมักนำเสนอทั้งค่า R^2 และ \bar{R}^2 ไปพร้อมๆกัน

ถ้า $R^2=1$ หมายความว่าความแปรปรวนทั้งหมดมาจากสมการถดถอย และไม่มี ความแปรปรวนที่มาจากปัจจัยอื่นๆเลย (ไม่มี error หรือ $SSE=0$)

ถ้า $R^2=0$ หมายความว่าความแปรปรวนทั้งหมดมาจาก error และค่าของ y ที่เปลี่ยนแปลงไป ไม่ได้มีสาเหตุมาจากค่า x ที่เปลี่ยนแปลงไป อาจกล่าวได้ว่าไม่มีเส้นตรงถดถอยระหว่าง x กับ y

ถ้า $R^2=0.90$ หมายความว่า 90% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นใน y มาจากสมการถดถอย และอีก 10% ของความแปรปรวนทั้งหมดมาจาก error

2) สัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับค่าได้ (Adjusted Coefficient of Determination : \bar{R}^2)

ในกรณีของข้อมูลที่นำมาศึกษามีจำนวนน้อยอาจทำให้ค่า R^2 ที่คำนวณได้มีค่าสูงเกินไป ดังนั้นจึงนำค่า R^2 มาปรับเสียใหม่เรียกว่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับค่าแล้วหรือ \bar{R}^2

เมื่อ $k =$ ตัวแปรอิสระ $\bar{R}^2 = 1 - \frac{\sum (y - \hat{y}_i)^2 / (n - k - 1)}{\sum (y_i - \bar{y})^2 / (n - 1)}$

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} \cdot \frac{(n-1)}{(n-k-1)}$$

$$\bar{R}^2 = 1 - \left[\frac{(1-R^2) \cdot (n-1)}{(n-k-1)} \right]$$

ในกรณี $k=1$

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{\sum (y - \hat{y}_i)^2 \cdot (n-1)}{\sum (y_i - \bar{y})^2 \cdot (n-2)}$$

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} \cdot \frac{(n-1)}{(n-2)}$$

เพราะฉะนั้น

$$\bar{R}^2 = 1 - \left[\frac{(1-R^2) \cdot (n-1)}{(n-2)} \right] \quad (2.35)$$

2.9 ค่าความผิดพลาดมาตรฐานจากการประมาณ (Standard Error of Estimation)

$$e = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 \quad (2.36)$$

จากสมการ (2.23) Linear or Polynomial Regression ฟังก์ชันเส้นตรงสำหรับชุดข้อมูลที่ประกอบด้วย $x_i, y_i, i=1,2,\dots, n$ นั่นคือมีจำนวน n ข้อมูล จะได้

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum (Y - Y')^2}{N - k - 1}} \quad (2.37)$$

เมื่อ SEE = ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์ [9]

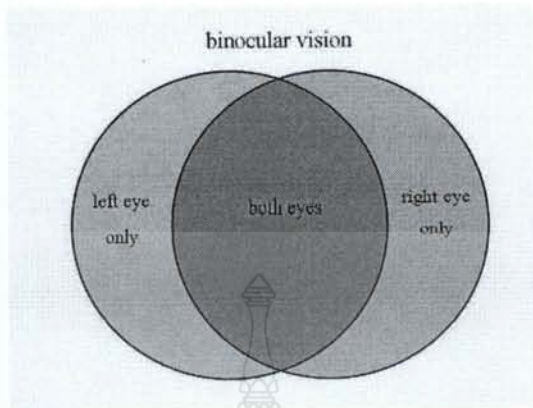
Y' = คะแนนพยากรณ์ของตัวแปรตาม

N = จำนวนสมาชิก

K = จำนวนตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นในสมการถดถอย

$\sum (Y - Y')^2$ = ผลรวมกำลังสองของส่วนที่เหลือ (Sum Squares of Residuals) ซึ่งใช้ตัวย่อว่า SSR หรือ SSres

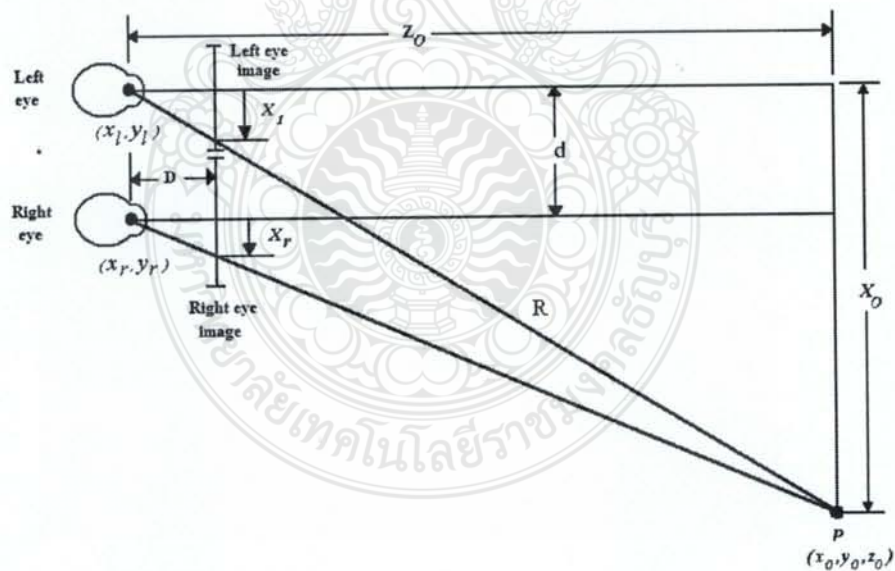
2.10 วิสัยทัศน์แบบ 2 ตา (Binocular Vision)



ภาพที่ 2.21 วิสัยทัศน์แบบ 2 ตา (Binocular Vision) [10]

2.10.1 การวัดระยะทางด้วยวิสัยทัศน์แบบ 2 ตา

การวัดระยะทางด้วยภาพวิสัยทัศน์แบบ 2 ตา คือ การคำนวณระยะของวัตถุจากภาพ 2 มิติ 2 ภาพ ซึ่งได้จากการจับภาพแบบ 2 ตา (ด้วยกล้อง 2 ตัว) ที่วางอยู่คนละตำแหน่งกัน ระยะทางที่ได้สามารถนำมาใช้ในการสร้างภาพ 3 มิติได้ตามภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 การถ่ายภาพวิสัยทัศน์แบบ 2 ตา [10]

$$DS = fd \quad (2.38)$$

โดยที่ D คือ ระยะจากตาถึงภาพ (Disparity)

S คือ ระยะห่างระหว่างตาซ้ายและตาขวา

f คือ ทางยาวโฟกัสของตา (Focal Length)

d คือ ระยะโฟกัส (Focal Distance)

จากสมการ (2.38) ซึ่งหมายความว่าถ้าให้ผลคูณระหว่างระยะห่างของตาทั้งสองข้างกับระยะห่างระหว่างภาพกับตามีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างทางยาวโฟกัสของตากับระยะโฟกัสแล้วผู้ดูจะรู้สึกว่าเป็น 3 มิติ

จากภาพจะเห็นว่ามีการใช้กล้อง 2 ตัวในการจับภาพของวัตถุด้วยวิธีเลียนแบบการมองของมนุษย์ โดยกล้องตัวบนแทนการมองภาพด้วยตาซ้าย และกล้องตัวล่างแทนการมองภาพด้วยตาขวา จากภาพที่ 2.21 สมมุติว่าจุด P อยู่ที่ตำแหน่ง (x_0, y_0, z_0) เมื่อถ่ายภาพ จุด P จะไปปรากฏบนฉากรับภาพของกล้องทั้งสองในตำแหน่งที่ต่างกัน ถ้าให้ตำแหน่งที่จุดปรากฏบนฉากรับภาพของกล้องซ้ายคือ (x_l, y_l) และของกล้องขวาคือ (x_r, y_r) เราสามารถคำนวณตำแหน่งได้ดังสมการต่อไปนี้

$$x_l = x_0 \frac{f}{z_0}, \quad y_l = y_0 \frac{f}{z_0} \quad (2.39)$$

และ

$$x_r = (x_0 + d) \frac{f}{z_0}, \quad y_r = y_0 \frac{f}{z_0} \quad (2.40)$$

จัดภาพสมการ 2.39 และ 2.40 ใหม่ จะได้

$$x_0 = x_l \frac{z_0}{f} = x_r \frac{z_0}{f} - d \quad (2.41)$$

จะได้

$$z_0 = \frac{fd}{x_r - x_l} \quad (2.42)$$

Z_0 คือ สมการระยะตั้งฉาก (Normal Range) ซึ่งแสดงระยะในแนวตั้งฉากจากจุดเริ่มต้น (Origin) ถึงจุด P อย่างไรก็ตามสิ่งที่ต้องการคือระยะทางจริง (True Range) ดังนั้นจากสมการพื้นฐานสำหรับการหาระยะในระบบพิกัด 3 มิติที่ว่า

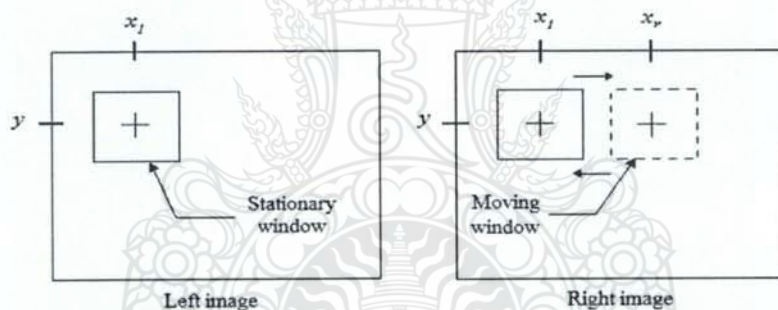
$$R = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2 + Z_0^2} \quad (2.43)$$

$$x_0 = x_l \frac{z_0}{f} \quad , \quad y_0 = y_r \frac{z_0}{f} \quad , \quad z_0 = \frac{fd}{x_r - x_l} \quad (2.44)$$

แทนค่าสมการ (2.44) ลงในสมการ (2.43) จะได้

$$R = \frac{d \sqrt{x_l^2 + y_l^2 + f^2}}{(x_r - x_l)} \quad (2.45)$$

สมการ (2.45) เป็นสมการระยะทางจริง (True Range Equation) ระหว่างจุด P กับจุดเริ่มต้นของกล้อง ซึ่งอยู่ที่จุดศูนย์กลางเลนส์ของกล้องซ้าย ดังนั้นถ้าเราทราบพิกัดของจุดที่ปรากฏบนฉากรับภาพ (x_l, y_l) และ (x_r, y_r) เราจะสามารถคำนวณหาได้ว่าระยะของจุดนั้นเป็นเท่าไร อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนที่ยากที่สุดคือการหาตำแหน่งของวัตถุที่ตรงกันในภาพทั้งสองวิธีหนึ่งที่ใช้สำหรับหาจุดบนวัตถุที่ตรงกันบนภาพทั้งสองคือเทคนิคสเตอริโอแมตชิ่ง (Stereo Matching) ดังแสดงในภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 สเตอริโอแมตชิ่ง [10]

เราจะกำหนดหน้าต่างที่ใช้ในการค้นหาซึ่งมีขนาดที่แน่นอนและยึดตำแหน่งไว้บนภาพซ้ายจากนั้นใช้หน้าต่างขนาดเดียวกันเลื่อนไปบนภาพขวา ผลการรวมกันระหว่างภาพในหน้าต่างบนภาพด้านซ้ายกับภาพในหน้าต่างบนภาพด้านขวาจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความเหมือนกันบนภาพทั้งสองตำแหน่ง หน้าต่างที่ให้ค่าคอนโวลูชันสูงสุดจะเป็นตำแหน่งที่แทนภาพของวัตถุส่วนเดียวกัน หากพิจารณาสมการต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณระยะทางจะพบว่า การวัดระยะวัตถุที่อยู่ไกลๆ จะไม่แม่นยำเท่ากับในการวัดระยะวัตถุที่อยู่ใกล้ๆ ทั้งนี้ เนื่องจากเมื่อวัตถุอยู่ไกลความแตกต่างระหว่าง x_r กับ x_l จะมีค่าไม่มาก ดังนั้นการวัดตำแหน่ง x_r กับ x_l ที่ผิดพลาดไปเพียงเล็กน้อยจะมีผลให้มีความผิดพลาดในการคำนวณระยะได้มาก

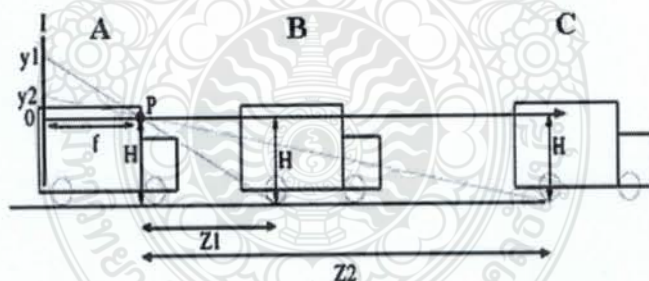
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.11.1 งานวิจัยของ Seiichi Nagumo, Hiroshi Hasegawa และ Noriyoshi Okamoto

เรื่อง “ Extraction of forward vehicles by front - mounted camera using brightness information ” ปี ค.ศ. 2003 [11] งานวิจัยกล่าวถึงการตรวจสอบรถคันหน้าในเวลากลางวัน ซึ่งจะตรวจสอบพื้นที่ด้านกว้างของรถได้ง่ายและเวลากลางคืนจะอาศัยสีของแสงไฟรถมาช่วยมีการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงความผิดพลาด

2.11.2 งานวิจัยของ Itay Gat, Meny Benady และ Amnon Shashua

เรื่อง “ A monocular vision advance warning system for the automotive aftermarket ” ปี ค.ศ. 2005 [12] งานวิจัยนี้ใช้กล้องติดตั้งหน้ารถตรวจจับรถคันหน้า โดยใช้สภาวะแสงสว่างของไฟรถคันหน้าและความสัมพันธ์ระหว่างเฟรม รวมทั้งใช้แนวคิดจากการจับภาพข้อความมาตรวจสอบภาพพื้นหลังและภาพรถ การเปลี่ยนแปลงของแสงไฟ งานวิจัยเกี่ยวข้องกับระบบการเตือน โดยคำนึงถึงวิสัยทัศน์ภายนอกตัวรถ ช่องทางวิ่งของรถ ตรวจสอบระยะของรถคันหน้า ความแออัดของรถที่อยู่บนถนน และใช้หลักการ วิธีคำนวณระยะด้วยเรขาคณิต เพื่อหามุมที่เปลี่ยนแปลงของกล้องและล้อรถ ดังภาพที่ 2.24 ทำให้รู้ระยะรถที่อยู่ด้านหน้า เพื่อความแม่นยำได้ทดสอบจากจำนวนของยานพาหนะที่มากขึ้นที่ระยะทางต่างๆ



ภาพที่ 2.24 แนวคิดเรขาคณิตการถ่ายภาพรถที่อยู่ด้านหน้า [12]

2.11.3 งานวิจัยของ Praphan Suansomjit

เรื่อง “ Night-Time recognition for car-driving support system ” ปี ค.ศ.2007 [13] งานวิจัยนี้จะทำการตรวจสอบรู้จำตำแหน่งความสว่างของหลอดไฟในภาพที่เฟรมต่างๆ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองอ้างอิงจากระยะหลอดไฟที่กำหนดในข้อมูลเฉพาะ (Specify) ของรถที่ใช้ทดสอบเท่านั้นและจะใช้วิธีสแกนภาพในภาพแรกทั้งเฟรมก่อน เพื่อหาตำแหน่งดวงไฟ หลังจากนั้นจะติดตามและรู้จำ

ตำแหน่งในเฟรมอื่นๆ จากตารางที่ 2.1 จะเห็นว่าในเฟรมแรกจะใช้เวลาในการประมวลผลภาพก่อนข้างสูง (ประมาณ 2 นาติ) ส่วนเฟรมอื่นๆจะใช้เวลาในการประมวลผลภาพลดลงเพียง 0.047 นาติ ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ผลลัพธ์จากการประมวลผลของเฟรมแรกในระยะต่างๆ [13]

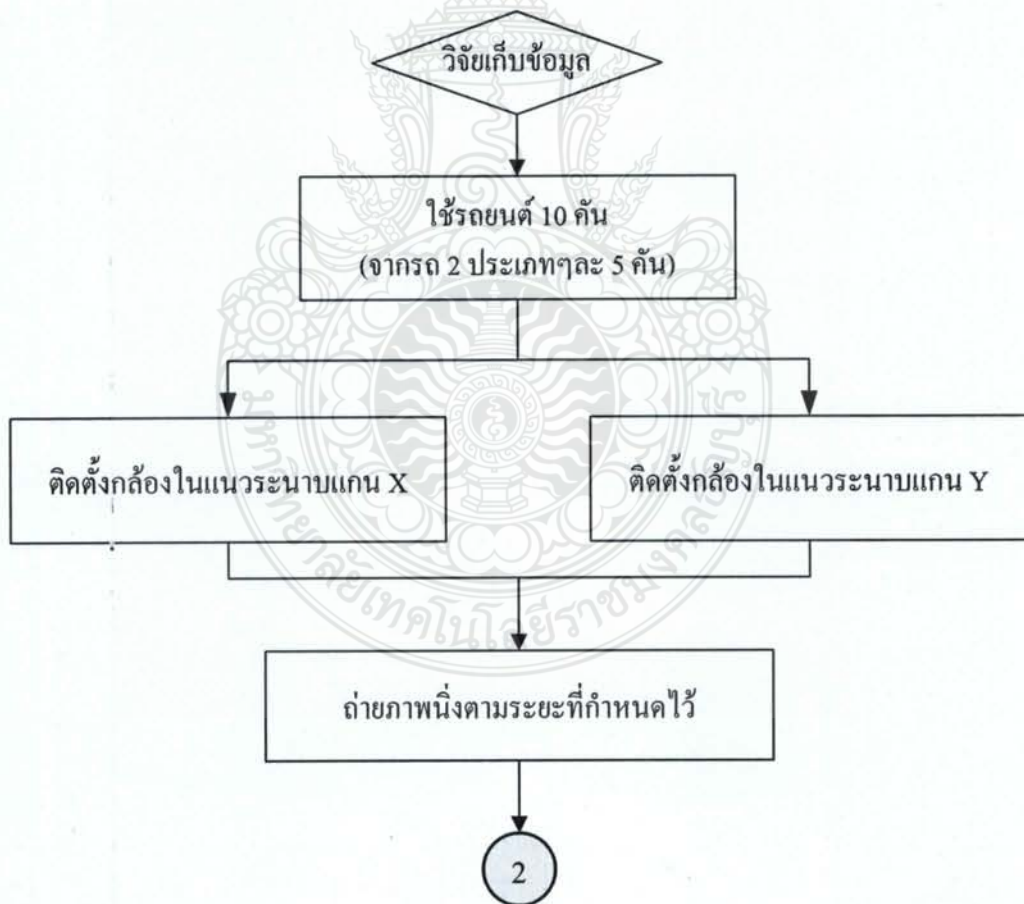
ระยะทาง ที่รถสวน	จำนวน เฟรมภาพ	เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (ms)				
		Car 1	Car 2	Car 3	Car 4	Car 5
1	40	2050	2062	1967	2113	2097
2	40	0.47	0.47	0.45	0.49	0.48
5	40	0.47	0.47	0.45	0.49	0.48
10	40	0.47	0.47	0.45	0.49	0.48
20	40	0.47	0.47	0.45	0.49	0.48
50	40	0.47	0.84	0.8	0.86	0.86
100	40	0.84	0.84	0.8	0.86	0.86
200	40	0.84	1.32	1.25	1.35	1.34
300	40	1.31	1.32	1.25	1.35	1.34
400	40	1.88	1.9	1.81	1.94	1.93
500	40	1.88	2.58	2.46	2.65	2.62

บทที่ 3

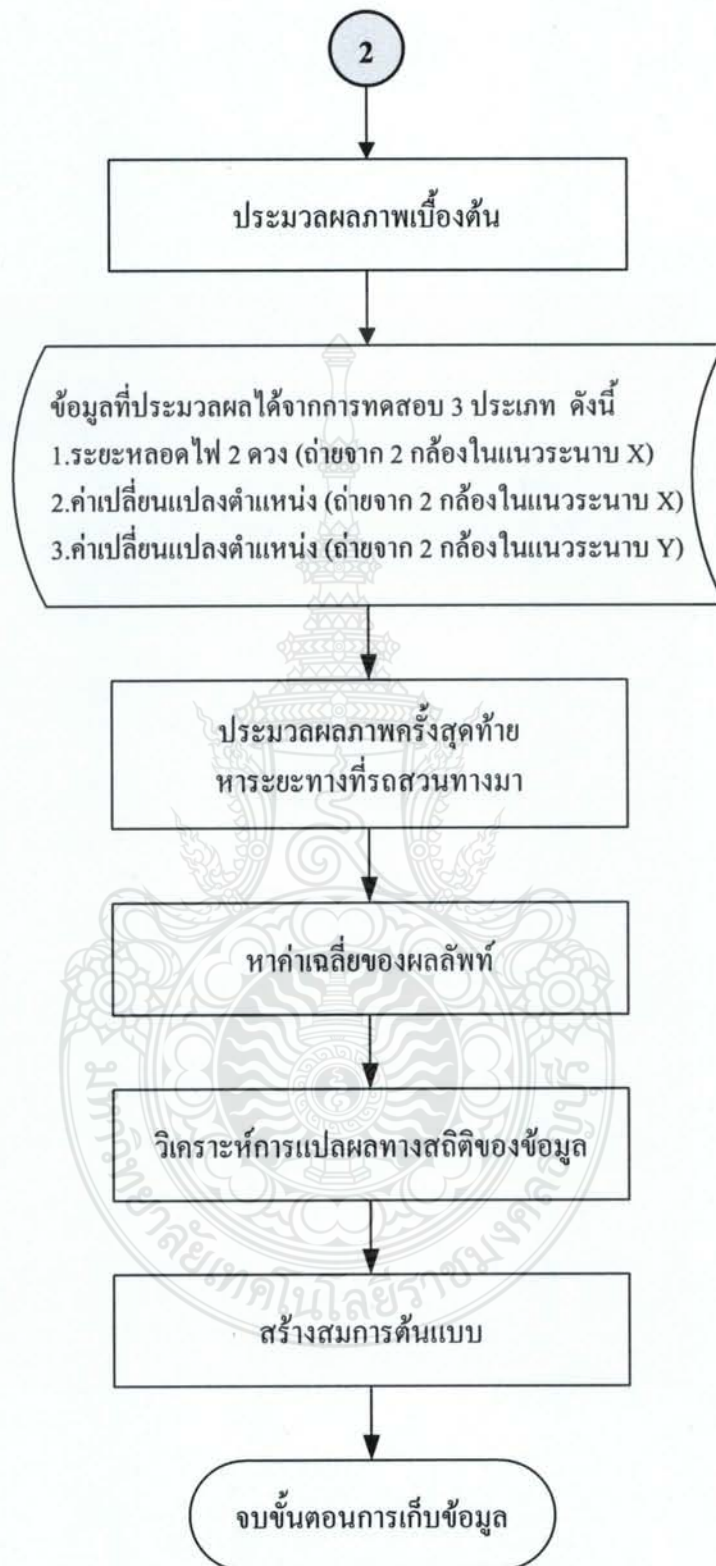
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการทดลองวิจัยนี้จะทำการวัดและคำนวณระยะของรถที่สวนทางมาหรือระยะ Z ใน ระยะเวลา X โดยพิจารณาจากระยะห่างของหลอดไฟ 2 ดวงหน้ารถหรือระยะ a ในระยะเวลา X และ คำนวณหาระยะ Z ในระยะเวลา X Y โดยพิจารณาจากระยะห่างระหว่างกล้อง 2 ตัวทั้งในระนาบแกน X และ Y ตามลำดับ มีขั้นตอนการศึกษา แบ่งเป็น ได้ดังนี้

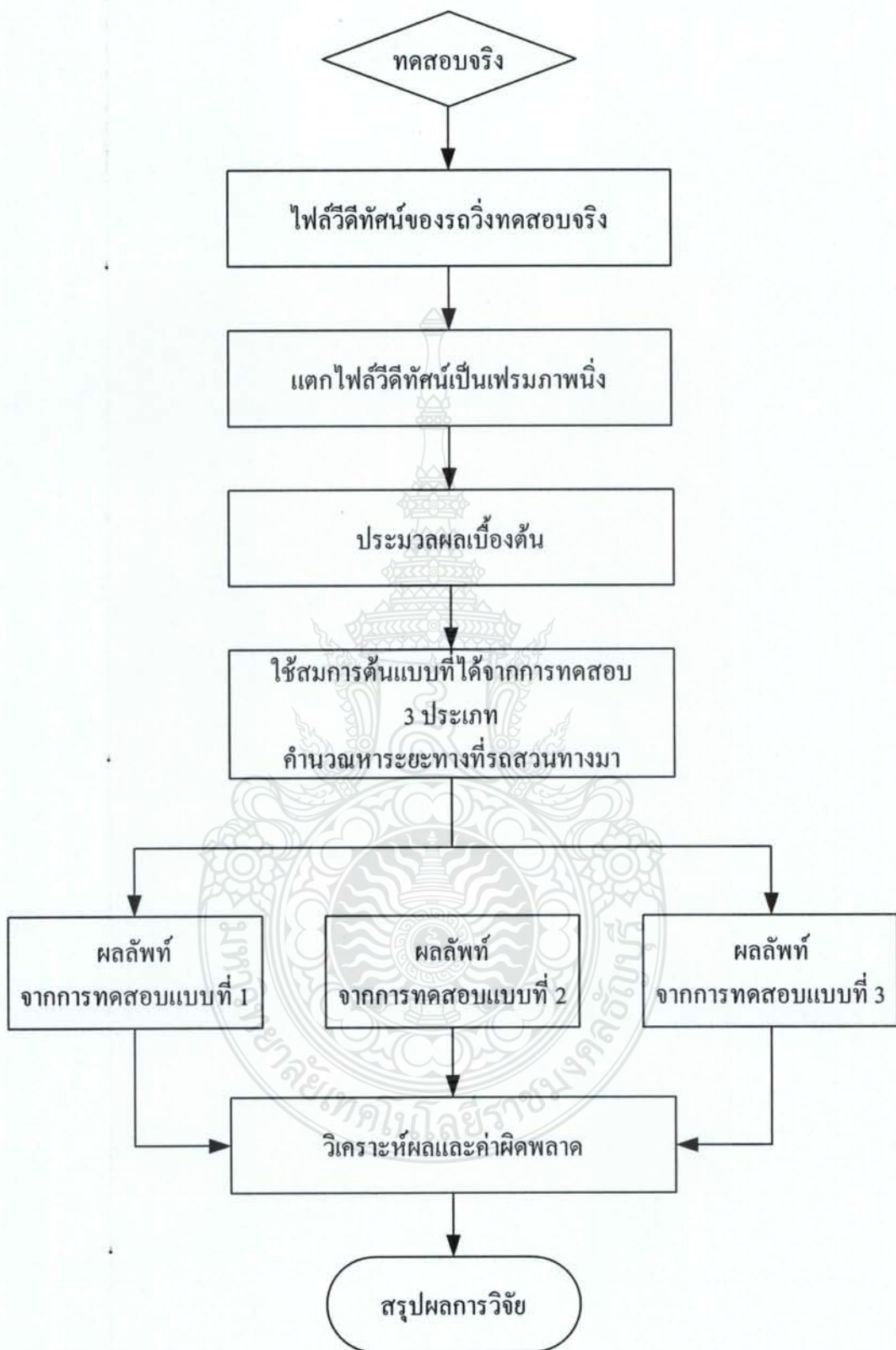
3.1 การดำเนินการวิจัยขั้นต้น



ภาพที่ 3.1 แผนภาพการดำเนินการวิจัยเก็บข้อมูล



ภาพที่ 3.1 แผนภาพการดำเนินการวิจัยเก็บข้อมูล (ต่อ)



ภาพที่ 3.2 แผนภาพการดำเนินการทดสอบสมการค้นแบบ

3.1.1 อธิบายแผนภาพการดำเนินการ

ขั้นตอนแรกจะนำรถที่เตรียมไว้มาถ่ายเก็บข้อมูลภาพนิ่งในระยะที่กำหนด (ในเวลา กลางคืน) การบันทึกภาพ โดยใช้รถสำหรับวิจัยที่เตรียมไว้จำนวน 10 คันประกอบด้วยรถกระบะ 5 คัน และรถนั่งส่วนบุคคล 5 คันถ่ายภาพตามระยะที่วัดจริง ซึ่งได้กำหนดไว้ทุกๆ 30 เมตร ดังภาพที่ 3.3

ระยะ(เมตร)	ภาพรถยนต์ถ่ายในเวลากลางวัน	ภาพรถยนต์ถ่ายในเวลากลางคืน
240		
210		
180		
150		

ภาพที่ 3.3 ภาพถ่ายในระยะต่างๆ ตามจุดทดสอบที่กำหนดไว้

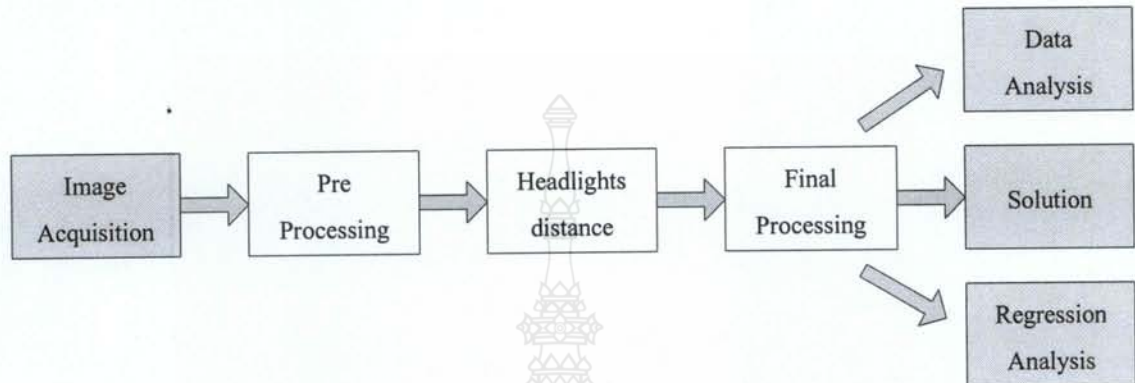
ระยะ(เมตร)	ภาพรถยนต์ถ่ายในเวลากลางวัน	ภาพรถยนต์ถ่ายในเวลากลางคืน
120		
90		
60		
30		

ภาพที่ 3.3 ภาพถ่ายในระยะต่างๆ ตามจุดทดสอบที่กำหนดไว้(ต่อ)

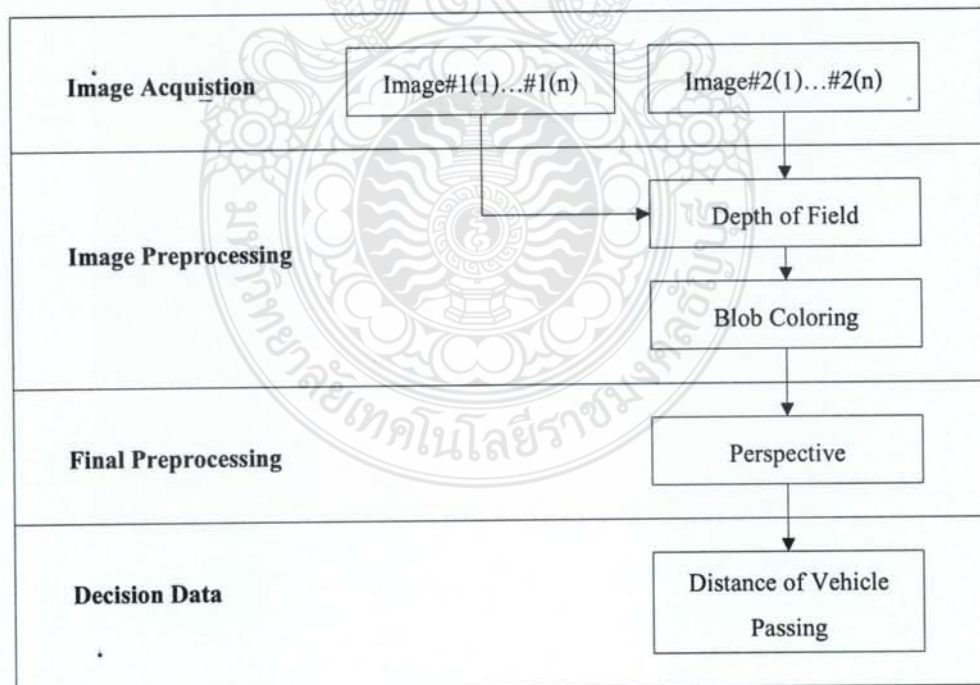
ในการเก็บภาพไฟหน้ารถ เพื่อใช้ในการประมวลผลภาพนั้น ผู้วิจัยทำการทดสอบ เก็บข้อมูลจากถนนทางเข้าหมู่บ้านเอื้ออาทรคลอง 7 เทศบาลธัญบุรี เนื่องจากยังไม่มีผู้อยู่อาศัยและไม่มีรถวิ่งพลุกพล่าน ซึ่งจะลดผลกระทบต่อภาพที่บันทึก ผลลัพธ์ที่ได้ของการคำนวณและลดอุปสรรคในการทำวิจัย ภาพที่บันทึกจะให้ความชัดเจนและรายละเอียดในภาพที่เหมาะสมเพียงพอในการนำไป

คำนวณ เมื่อทำการบันทึกภาพไฟหน้ารถเรียบร้อยแล้ว ต่อมาจะทำการแยกข้อมูลภาพของรถทั้ง 2 ประเภทในระยะต่างๆ ก่อนนำไปทำการประมวลผลภาพ เก็บข้อมูลวิจัยและวิเคราะห์ผลต่อไป

3.1.2 ระบบและการประมวลผล



ภาพที่ 3.4 โครงสร้างพื้นฐาน

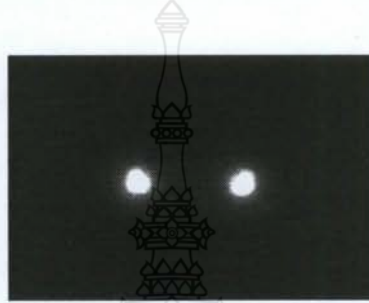


ภาพที่ 3.5 แผนภาพการทำงานของระบบ

1) ภาพอินพุต (Image Acquisition)

การทดลองเก็บข้อมูลภาพแบบนิ่งจากสถานที่จริงติดตั้งกล้อง 2 ตัวตามแบบต่างๆในการทำวิจัย ใช้ฟิลเตอร์ตัดแสงติดหน้ากล้องทั้ง 2 ตัวและโดยใช้รถยนต์ทดสอบจำนวน 10 คัน

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการคือทำการอ่านไฟล์ภาพภาพชนิด JPEG เข้าสู่โปรแกรม ภาพถ่ายที่นำเข้านั้นจะเป็นภาพในระบบสี RGB 24 Bit มีค่าความละเอียดที่ 720 x 576 พิกเซล ภาพถ่ายไฟหน้ารถยนต์ที่นำเข้ามาแสดงในภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 ภาพไฟหน้ารถที่นำมาใช้ในการประมวลผล

2) ประมวลผลภาพเบื้องต้น (Image Preprocessing)

ก. แปลงภาพสีให้เป็นภาพขาวดำระดับเทา

เมื่อทำการอ่านภาพและเก็บบันทึกข้อมูลของค่าระดับความเข้มสีเทาหรือ Gray Scale ของภาพไว้ทั้งหมดแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณค่า Threshold เพื่อที่จะทำการแปลงภาพอินพุตสีเทาให้เป็นภาพขาวและดำแบบสีเทาอีกครั้งหนึ่ง โดยค่า Threshold (T) สามารถทำการคำนวณได้โดยสมการที่ 3.1

$$T = \bar{F} - \sigma - C \quad (3.1)$$

โดยที่ \bar{F} คือค่าเฉลี่ยของความเข้มจากทุกๆพิกเซลของทุกตำแหน่งของ $F(x,y)$ ในภาพ ซึ่งนิยามโดย

$$\bar{F} = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N F(x,y) \quad (3.2)$$

สำหรับ σ คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของค่าความเข้มทุกพิกเซล ซึ่งคำนวณจาก

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{M \cdot N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (F(x,y) - \bar{F})^2} \quad (3.3)$$

สำหรับ C คือค่าคงที่ของความเข้มสี ซึ่งค่าที่ใช้ในการคำนวณคือ 5–10 จากสมการที่ 3.1 – 3.3 เป็นการคำนวณค่า Threshold จากภาพอินพุต (F) ทำให้ได้ค่า Threshold ขั้นตอนต่อไปคือการนำค่า Threshold ที่ได้ไปทำการแปลงภาพให้เป็นภาพขาวดำ โดยใช้ค่า Threshold เป็นจุดที่ทำการตัดภาพ ในสมการที่ 3.4

$$F(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } F(x,y) \leq T \\ 255 & \text{if } F(x,y) > T \end{cases} \quad (3.4)$$

สำหรับค่า Threshold ที่นำมาใช้งานนั้น จากการทดลองจะทำให้สามารถหาค่า Threshold ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งผู้วิจัยได้ทดลองปรับค่า Threshold ในย่านต่างๆ การกำหนดค่า Threshold จะทำให้ได้ภาพดวงไฟที่เหมาะสม สำหรับการประมวลผลไม่ผิดพลาดและส่วนของพื้นหลังมีความสมบูรณ์ที่สุด สำหรับการกำหนดค่า Threshold เป็นค่าอื่นๆ จะทำให้ส่วนของดวงไฟและบริเวณพื้นหลังผิดเพี้ยนไป ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยสีที่ประมวลผลเช่นกันภาพสีเทาแสดงดังภาพที่ 3.7



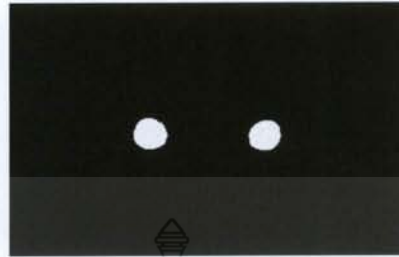
ภาพที่ 3.7 ภาพไฟหน้ารถที่ทำการปรับให้อยู่ในภาพแบบสีเทา

ข. แปลงภาพระดับเทาสีขาวดำเป็นภาพแบบไบนารี

$$F(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } F(x,y) = 0 \\ 1 & \text{if } F(x,y) = 255 \end{cases} \quad (3.5)$$

จากสมการที่ 3.5 จะได้ผลการแปลงภาพคือภาพ $F(x,y)$ จะถูกแปลงเป็นภาพ $F(x,y)$ ใหม่ ซึ่งเป็นภาพขาวดำ (BW) แบบสีเทาและจากจุดนี้จะนำภาพไปเข้าสู่กระบวนการแปลงให้เป็นภาพขาว

ค่าแบบไบนารีด้วยสมการที่ 3.5 แสดงภาพถ่ายที่ทำการปรับให้เป็นสีขาวดำในภาพแบบไบนารีได้ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ภาพขาวดำแบบไบนารี

3) หาระยะชัดของภาพ

เราสามารถคำนวณหา Depth of Field (DOF) ได้จากสมการที่ 3.6 คือ

$$r(x,y) = a(x,y) + b(x,y) \quad (3.6)$$

ใช้ภาพไบนารีที่ได้ไปประมวลผล ด้วยขบวนการทางซอฟต์แวร์ เพื่อคำนวณหาระยะชัดของภาพ (DOF Image) แสดงดังภาพที่ 3.9

ระยะ(เมตร)	กล้องตัวที่1	กล้องตัวที่2	ภาพ Depth of Field
240			
210			
180			

ภาพที่ 3.9 ภาพที่ได้จากการหา Depth of Field

ระยะ(เมตร)	กล้องตัวที่1	กล้องตัวที่2	ภาพ Depth of Field
150			
120			
90			
60			
30			

ภาพที่ 3.9 ภาพที่ได้จากการหา Depth of Field (ต่อ)

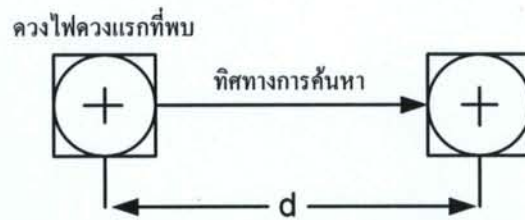
4) หาระยะห่างของดวงไฟ (Headlight Distance)

นำภาพ DOF ที่ได้มาประมวลผลโดยขบวนการ Blob Coloring คำนวณหา Centroid โดยใช้สมการ 3.7 และหาระยะห่างของไฟ 2 ดวงหน้ารถด้วยใช้สมการที่ 3.9

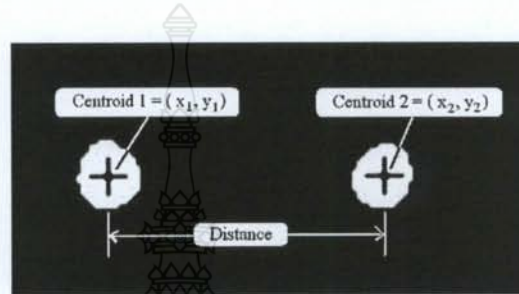
$$S = \text{Regionprop}(Ybw, "Area", "Centroid") \quad (3.7)$$

$$\text{Distance} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (3.8)$$

$$\text{Distance} = \sqrt{(\text{Centroid_}x_1 - \text{Centroid_}x_2)^2 + (\text{Centroid_}y_1 - \text{Centroid_}y_2)^2} \quad (3.9)$$



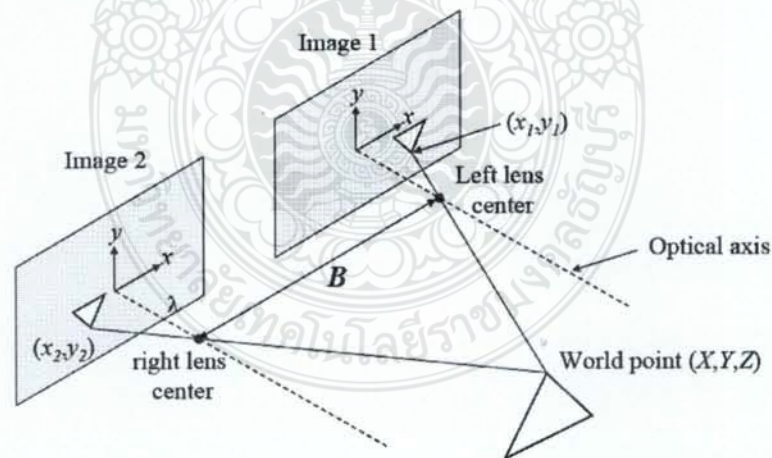
ภาพที่ 3.10 ทิศทางการค้นหาตำแหน่งศูนย์กลางของดวงไฟ



ภาพที่ 3.11 ตำแหน่งศูนย์กลางของดวงไฟ

5) การประมวลผลภาพขั้นสุดท้าย (Final Processing)

นำผลลัพธ์ที่ได้จากข้อ 4 ไปคำนวณหาระยะทางของรถที่เคลื่อนที่เข้ามาใกล้ด้วยมุมมองทัศนียภาพ (Perspective) ดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 แบบจำลองมุมมองทัศนียภาพ [5]

6) ข้อมูลเอาต์พุต (Decision data)

ข้อมูลที่ได้จากกระบวนการประมวลผลหรือระยะห่างของรถที่สวนทางมา

3.1.3 การหาระยะทางของรถฝั่งตรงข้าม

1) ใช้ข้อมูลเฉพาะของระยะไฟหน้ารถในการคำนวณหาระยะ

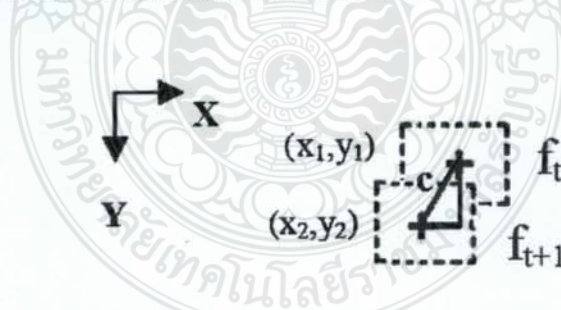
เมื่อประมวลผลได้ผลลัพธ์เป็นค่าระยะห่างของไฟ 2 ดวงมาแล้วจะนำค่าที่ได้นั้นไปคำนวณหาระยะทางของรถฝั่งตรงข้ามด้วยสูตรมุมมองทัศนียภาพ (Perspective) โดยอาศัยข้อมูลเฉพาะ (Specify) ของรถยนต์ในตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเฉพาะของระยะห่างไฟหน้ารถจริงจากรถยนต์ 2 ประเภท

ประเภทที่1 (รถยนต์นั่งส่วนบุคคล)		ประเภทที่2 (รถกระบะ)	
คันที่ 1	1479	คันที่ 6	1530
คันที่ 2	1455	คันที่ 7	1550
คันที่ 3	1470	คันที่ 8	1565
คันที่ 4	1480	คันที่ 9	1570
คันที่ 5	1500	คันที่ 10	1510
ค่าเฉลี่ยที่ได้	1476	ค่าเฉลี่ยที่ได้	1545

2) อ้างอิงระยะของกล้อง 2 ตัวที่ติดตั้งในแนวแกน X

จะนำค่าเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง x หรือ $x_2 - x_1$ ของดวงไฟในภาพที่ได้มาอ้างอิงกับระยะของกล้อง 2 ตัวที่ติดตั้งในแนวแกน x แสดงดังภาพ 3.13



ภาพที่ 3.13 พิจารณาหาค่าระยะที่เปลี่ยนแปลงของตำแหน่ง X และ Y

3) อ้างอิงระยะของกล้อง 2 ตัวที่ติดตั้งในแนวแกน Y

จะนำค่าระยะที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่ง y หรือ $y_2 - y_1$ ของดวงไฟในภาพที่ได้มาอ้างอิงกับระยะของกล้อง 2 ตัวที่ติดตั้งในแนวแกน y ดังภาพที่ 3.12

3.1.4 วิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 3.1.2 มาวิเคราะห์ด้วยวิธี Regression Analysis

3.1.5 หาค่าเฉลี่ยจากข้อมูลทั้งหมด

นำข้อมูลที่ทดสอบจากรถทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยของข้อมูล

3.1.6 สร้างสมการต้นแบบ

นำค่าเฉลี่ยจากข้อ 3.1.5 ไปคำนวณหาสมการต้นแบบ โดยอาศัยความสัมพันธ์หรือการแปลผลทางสถิติต่อเนื่องแบบเชิงเส้นจากสมการ 2.23 และ 2.24 ที่กล่าวมาในบทที่ 2

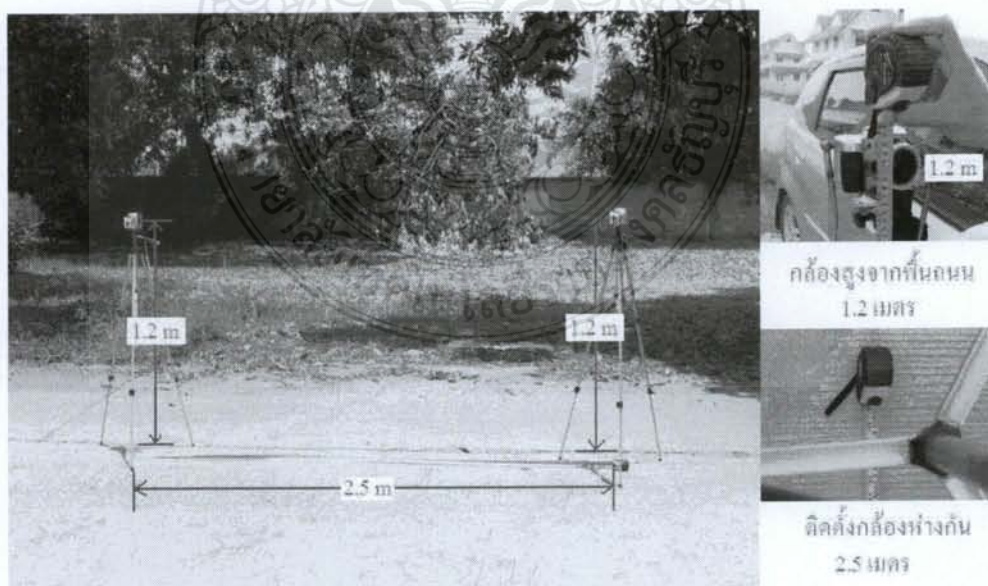
3.1.7 ทดสอบสมการต้นแบบ วิเคราะห์ค่าผิดพลาดและสรุปผลการทดลอง

จะทำการเก็บภาพวิดีโอทัศนและนำมาแตกเป็นไฟล์ภาพนิ่งจากนั้นก็นำไปประมวลผลแล้วนำค่าที่ประมวลผลได้มาใช้ในการทดสอบสมการต้นแบบและหาค่าผิดพลาดเปรียบเทียบกับระยะที่วัดได้จริง

3.2 รูปแบบการติดตั้งกล้อง

3.2.1 ติดตั้งกล้องแนวระนาบแกน X

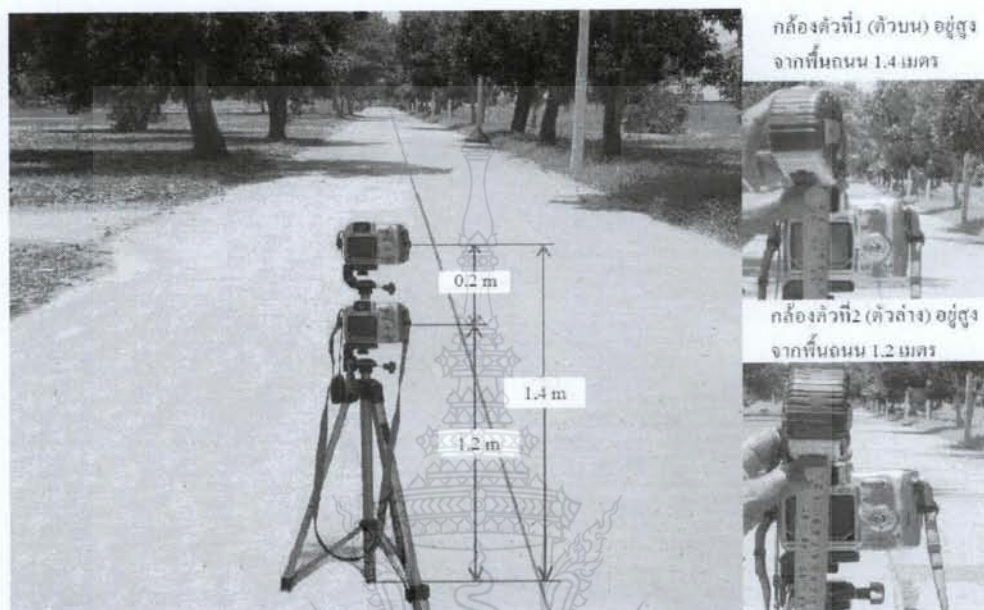
สำหรับการทดสอบในแนวระนาบแกน x จะติดตั้งกล้องที่ความสูงจากพื้นดินเท่ากันคือ 1.20 เมตร แต่จะมีระยะกล้องตามแนวนอนต่างกัน 2.5 เมตร ดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 การติดตั้งกล้องในแนวระนาบแกน X

3.2.2 ติดตั้งกล้องแนวระนาบแกน Y

สำหรับการทดสอบในแนวระนาบแกน y จะติดตั้งกล้องที่ความสูงต่างกัน 0.20 เมตรคือ กล้องตัวที่ 1 สูงจากพื้น 1.20 เมตรกล้องตัวที่ 2 สูงจากพื้น 1.40 เมตร ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 การติดตั้งกล้องในแนวระนาบแกน Y

3.3 อุปกรณ์อื่น ๆ

- 1) เครื่องคอมพิวเตอร์พกพา ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
 - หน่วยประมวลผลกลาง : INTEL CORE 2 DUO V3500 2.4 GHz
 - หน่วยความจำหลัก : 4 GHz
 - หน่วยบันทึกข้อมูลแบบจานแข็ง : 320 GB
- 2) โปรแกรม MATLAB 2007b บนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP
- 3) กล้องดิจิทัล KODAK Easy Share รุ่น Z710 ความละเอียด 7.1 ล้านพิกเซล (สำหรับการวิจัยนี้ใช้ค่าความละเอียด 1 ล้านพิกเซล)
- 4) กล้องดิจิทัล SANYO รุ่น VPC-HD2000 ระดับ FULL HD ความละเอียด 8.10 ล้านพิกเซล C-MOS SENSER

หมายเหตุ เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของภาพอินพุตที่จะนำไปใช้ในการประมวลผล จึงใช้กล้อง 2 ชนิดที่มีความละเอียดแตกต่างกันในการทดสอบ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองนำภาพถ่ายของไฟหน้ารถในเวลากลางคืนในระยะที่กำหนดไว้ตั้งแต่ 30 เมตรถึง 240 เมตรบันทึกภาพจากกล้อง 2 ตัว ซึ่งติดตั้งในแนวระนาบแกน X และ Y ผ่านกระบวนการประมวลผลเบื้องต้นคือทำการแปลงภาพให้อยู่ในภาพขาวดำระดับสีเทา โดยใช้การคำนวณค่า Threshold และทำให้เป็นภาพไบนารี แล้วนำภาพมาผ่านขบวนการหาระยะชัดของภาพอีกครั้ง เพื่อให้ได้ภาพที่คมชัดที่สุด จากนั้นจะใช้ Blob Coloring หากกลุ่มสีของดวงไฟหรือสีขาวในภาพเพื่อระบุตำแหน่งของดวงไฟทุกตำแหน่ง ค้นหาตำแหน่งศูนย์กลางดวงไฟ ระยะของดวงไฟ 2 ดวง จากนั้นจะนำตำแหน่งศูนย์กลางดวงไฟและระยะของดวงไฟ 2 ดวงที่ได้มาคำนวณหาระยะทางของรถสวนทางมา โดยการวิจัยจะนำรถมาทดลอง 10 คันจากรถ 2 ประเภทคือรถยนต์นั่งส่วนบุคคลและรถกระบะ สำหรับข้อมูลเบื้องต้นหรือค่าระยะห่างของไฟ 2 ดวงหน้ารถจริงจากข้อมูลเฉพาะ (Specify) ของรถยนต์แต่ละคันแสดงในตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเฉพาะของรถที่ใช้ในการทดลอง

รถทดสอบ	ประเภท	ระยะห่างของไฟหน้า(มิลลิเมตร)
คันที่ 1	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	1479
คันที่ 2	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	1455
คันที่ 3	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	1470
คันที่ 4	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	1480
คันที่ 5	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	1500
คันที่ 6	รถกระบะ	1530
คันที่ 7	รถกระบะ	1550
คันที่ 8	รถกระบะ	1565
คันที่ 9	รถกระบะ	1570
คันที่ 10	รถกระบะ	1510

ซึ่งผลการทดลองจะแยกออกได้ 3 แบบตามลักษณะข้อมูลที่ใช้ข้างอิงดังนี้

4.1 ผลการทดสอบที่อ้างอิงจากค่าเฉลี่ยของระยะห่างดวงไฟ 2 ดวงหน้ารถจริง

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการนำภาพดิจิทัลออกมาประมวลผล ซึ่งเป็นกระบวนการในการหาระยะห่างดวงไฟสว่าง 2 ดวงในระยะที่กำหนดตั้งแต่ระยะ 240 เมตรลงมาทุกๆ 30 เมตรและทำการหาค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ระยะนั้นๆอ้างอิงกับระยะจริงของไฟ 2 ดวงหน้ารถที่แท้จริงจากข้อมูลเฉพาะ (Specify) ของรถใช้ในการทดสอบแต่ละคัน โดยผู้วิจัยทำการถ่ายภาพไฟหน้ารถด้วยภาพแบบ JPEG (Joint Photographic Expert Group)

4.1.1 ประมวลผลภาพนิ่งจากกล้อง 2 ตัวในระยะที่กำหนด

สามารถแสดงข้อมูลระยะห่างระหว่างดวงไฟสว่าง 2 ดวงในภาพ (ระยะ a) และระยะของรถที่สวนทางมาหรือระยะจากรถเป้าหมายมาถึงกล้อง (ระยะ z) จากมุมมองโลกทัศน์ด้วยการประมวลผลภาพ ณ ตำแหน่งระยะต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองของรถคันที่ 1 (ระยะห่างไฟหน้ารถจริง 1479 มิลลิเมตร)

ระยะ z จริง ที่กำหนด (เมตร)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	ระยะ a จาก Depth of field		ระยะ z จาก มุมมองทัศนมิติ (เมตร)
			พิกเซล	เมตร	
240	15.5191	15.8493	15.6429	0.001324	235.1272
210	17.6563	18.1458	17.9010	0.001516	205.4670
180	20.7967	21.3732	21.0850	0.001785	174.4405
150	24.1013	24.7694	24.4354	0.002069	150.5225
120	30.3107	31.1510	30.7308	0.002602	119.6867
90	41.2431	42.3864	41.8148	0.003540	87.9611
60	61.2258	62.9231	62.0744	0.005256	59.2526
30	121.7240	125.0984	123.4112	0.010449	29.8034

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองของรถคันที่ 2 (ระยะห่างไฟหน้ารถจริง 1455 มิลลิเมตร)

ระยะ z จริง ที่กำหนด (เมตร)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	ระยะ a จาก Depth of field		ระยะ z จาก มุมมองทัศนมิติ (เมตร)
			พิกเซล	เมตร	
240	15.2673	15.5921	15.4297	0.001306	238.3762
210	17.3698	17.8513	17.6105	0.001491	208.8562
180	20.4592	21.0264	20.7428	0.001756	177.3179
150	24.3524	24.3675	24.3599	0.002062	150.9886
120	29.8188	30.6455	30.2322	0.002560	121.6609
90	40.5738	41.6986	41.1362	0.003483	89.4120
60	60.2323	61.9020	61.0671	0.005170	60.2300
30	119.7488	123.0684	121.4086	0.010279	30.2950

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองของรถคันที่ 3 (ระยะห่างไฟหน้ารถจริง 1470 มิลลิเมตร)

ระยะ z จริง ที่กำหนด (เมตร)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	ระยะ a จาก Depth of field		ระยะ z จาก มุมมองทัศนมิติ (เมตร)
			พิกเซล	เมตร	
240	15.1744	15.4972	15.3358	0.001298	239.8357
210	17.2641	17.7427	17.5034	0.001482	210.1349
180	20.3347	20.8984	20.6166	0.001746	178.4035
150	24.2042	24.2192	24.2117	0.002050	151.9130
120	30.4401	30.4590	30.4495	0.002578	120.7924
90	40.3269	41.4449	40.8859	0.003462	89.9594
60	59.8658	61.5253	60.6955	0.005139	60.5987
30	119.0201	122.3195	120.6698	0.010217	30.4805

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองของรถคันที่ 4 (ระยะห่างไฟหน้ารถจริง 1480 มิลลิเมตร)

ระยะ z จริง ที่กำหนด (เมตร)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	ระยะ a จาก Depth of field		ระยะ z จาก มุมมองทัศนมิติ (เมตร)
			พิกเซล	เมตร	
240	15.1846	15.5077	15.3462	0.001299	239.6736
210	17.2758	17.7547	17.5152	0.001483	209.9929
180	20.3485	20.9126	20.6305	0.001747	178.2830
150	24.2205	24.2356	24.2281	0.002051	151.8104
120	30.4607	30.4796	30.4701	0.002580	120.7108
90	40.3542	41.4729	40.9135	0.003464	89.8986
60	59.9062	61.5669	60.7366	0.005142	60.5578
30	119.1005	122.4022	120.7514	0.010224	30.4599

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองของรถคันที่ 5 (ระยะห่างไฟหน้ารถจริง 1500 มิลลิเมตร)

ระยะ z จริง ที่กำหนด (เมตร)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	ระยะ a จาก Depth of field		ระยะ z จาก มุมมองทัศนมิติ (เมตร)
			พิกเซล	เมตร	
240	15.4002	15.7279	15.5641	0.001318	236.3182
210	17.5211	18.0068	17.7639	0.001504	207.0530
180	20.6374	21.2095	20.9235	0.001772	175.7870
150	24.5644	24.5797	24.5721	0.002080	149.6851
120	30.8932	30.9123	30.9028	0.002616	119.0208
90	40.9272	42.0617	41.4945	0.003513	88.6400
60	60.7568	62.4411	61.5990	0.005215	59.7100
30	120.7916	124.1401	122.4659	0.010369	30.0334

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองของรถคันที่ 6 (ระยะห่างไฟหน้ารถจริง 1530 มิลลิเมตร)

ระยะ z จริง ที่กำหนด (เมตร)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	ระยะ a จาก		ระยะ z จาก มุมมองทัศนมิติ (เมตร)
			Depth of field		
			พิกเซล	เมตร	
240	15.8350	15.6813	15.5781	0.001334	239.6738
210	18.0620	17.8866	17.9743	0.001522	210.1226
180	21.2500	21.0437	21.1468	0.001790	178.5993
150	25.4749	25.2276	25.3512	0.002146	148.9794
120	31.5000	31.1942	31.3471	0.002654	120.4836
90	41.9319	41.5248	41.7283	0.003533	90.5095
60	62.9751	62.3637	62.6694	0.005306	60.2656
30	123.5572	122.3576	122.9574	0.010410	30.7164

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองของรถคันที่ 7 (ระยะห่างไฟหน้ารถจริง 1550 มิลลิเมตร)

ระยะ z จริง ที่กำหนด (เมตร)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	ระยะ a จาก		ระยะ z จาก มุมมองทัศนมิติ (เมตร)
			Depth of field		
			พิกเซล	เมตร	
240	16.0420	15.8862	15.9641	0.001352	239.6738
210	18.2981	18.1205	18.2093	0.001542	210.1226
180	21.5278	21.3188	21.4233	0.001814	178.5993
150	25.8079	25.5573	25.6826	0.002174	148.9794
120	31.9118	31.6019	31.7569	0.002689	120.4836
90	39.4319	42.0676	40.7498	0.003450	93.8946
60	63.7983	63.1789	63.4886	0.005375	60.2656
30	125.1723	123.9571	124.5647	0.010546	30.7164

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองของรถคันที่ 8 (ระยะห่างไฟหน้ารถจริง 1565 มิลลิเมตร)

ระยะ z จริง ที่กำหนด (เมตร)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	ระยะ a จาก Depth of field		ระยะ z จาก มุมมองทัศนมิติ (เมตร)
			พิกเซล	เมตร	
240	16.1972	16.0400	16.1186	0.001365	239.6738
210	18.4752	18.2958	18.3855	0.001557	210.1226
180	21.7361	21.5251	21.6306	0.001831	178.5993
150	26.0577	25.8047	25.9312	0.002196	148.9794
120	32.2206	31.9078	32.0642	0.002715	120.4836
90	39.8135	42.4747	41.1441	0.003484	93.8946
60	64.4157	63.7903	64.1030	0.005427	60.2656
30	126.3837	125.1566	125.7702	0.010649	30.7164

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองของรถคันที่ 9 (ระยะห่างไฟหน้ารถจริง 1570 มิลลิเมตร)

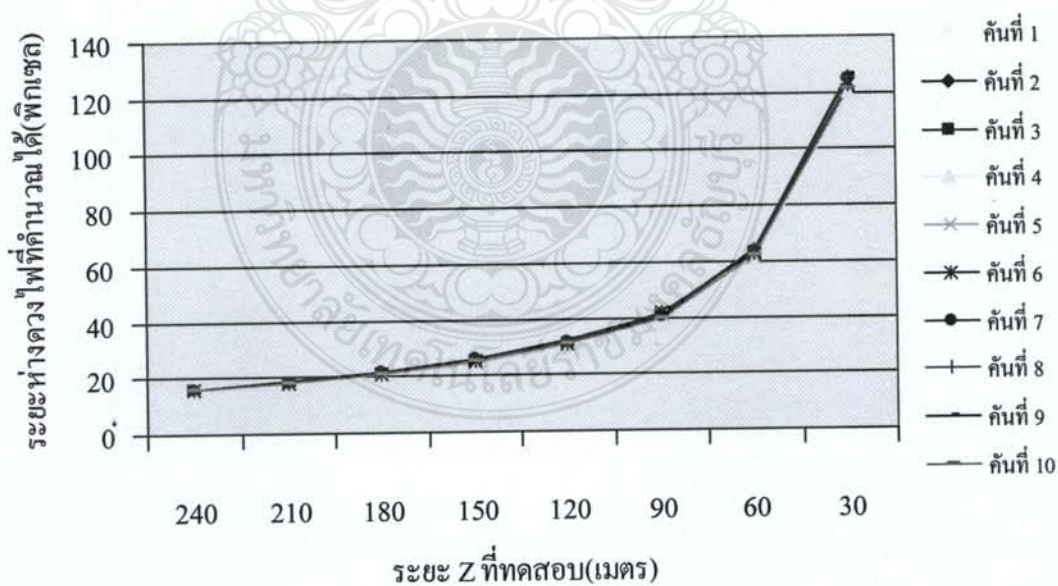
ระยะ z จริง ที่กำหนด (เมตร)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	ระยะ a จาก Depth of field		ระยะ z จาก มุมมองทัศนมิติ (เมตร)
			พิกเซล	เมตร	
240	16.2490	16.0912	16.1701	0.001369	239.6738
210	18.5342	18.3543	18.4442	0.001562	210.1226
180	21.8056	21.5939	21.6997	0.001837	178.5993
150	26.1409	25.8871	26.0140	0.002203	148.9794
120	32.3235	32.0097	32.1666	0.002723	120.4836
90	39.9407	42.6104	41.2756	0.003495	93.8946
60	64.6215	63.9941	64.3078	0.005445	60.2656
30	126.7875	125.5565	126.1720	0.010683	30.7164

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองของรถคันที่ 10 (ระยะห่างไฟหน้ารถจริง 1510 มิลลิเมตร)

ระยะ z จริง ที่กำหนด (เมตร)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 1 (ฟีกเซล)	ระยะ a ของ กล้องตัวที่ 2 (ฟีกเซล)	ระยะ a จาก Depth of field		ระยะ z จาก มุมมองทัศนมิติ (เมตร)
			ฟีกเซล	เมตร	
240	15.6280	15.4763	15.5521	0.001317	239.6738
210	17.8259	17.6528	17.7394	0.001502	210.1226
180	20.9722	20.7686	20.8704	0.001767	178.5993
150	25.1419	24.8978	25.0198	0.002118	148.9794
120	31.0882	30.7864	30.9373	0.002619	120.4836
90	38.4143	40.9820	39.6981	0.003361	93.8946
60	62.1519	61.5485	61.8502	0.005237	60.2656
30	121.9421	120.7582	121.3501	0.010274	30.7164

4.1.2 หาค่าเฉลี่ยของข้อมูล

(จากผลลัพธ์ที่อ้างอิงด้วยค่าเฉลี่ยของระยะห่างดวงไฟ 2 ดวงหน้ารถจริง)

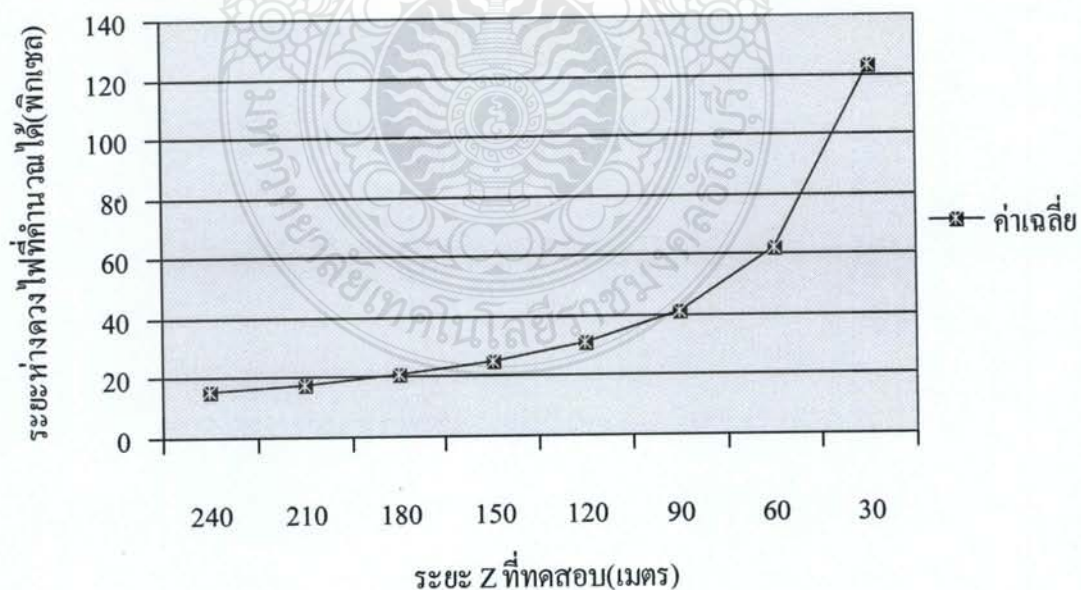


ภาพที่ 4.1 ระยะห่างของดวงไฟสว่าง 2 ดวงในภาพจากรถทดสอบทั้งหมด

จากผลลัพธ์ของระยะห่างระหว่างดวงไฟสว่าง 2 ดวงในภาพ (ระยะ a) จากกรณีที่ทดสอบทั้งหมดที่ได้ในหัวข้อ 4.1.1 แสดงในภาพที่ 4.1 ซึ่งนำมาหาค่าเฉลี่ยได้ตามตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.12 ผลลัพธ์ของการคำนวณระยะ a จากกรณีที่ใช้ทดสอบทั้งหมด(พิกเซล)

รล\ ระยะ z	240เมตร	210เมตร	180เมตร	150เมตร	120เมตร	90เมตร	60เมตร	30เมตร
คันที่ 1	15.64	17.90	21.09	24.44	30.73	41.81	62.07	123.41
คันที่ 2	15.43	17.61	20.74	24.36	30.23	41.14	61.07	121.41
คันที่ 3	15.34	17.50	20.62	24.21	30.45	40.89	60.70	120.67
คันที่ 4	15.35	17.52	20.63	24.23	30.47	40.91	60.74	120.75
คันที่ 5	15.56	17.76	20.92	24.57	30.90	41.49	61.60	122.47
คันที่ 6	15.58	17.97	21.15	25.35	31.35	41.73	62.67	122.96
คันที่ 7	15.96	18.21	21.42	25.68	31.76	40.75	63.49	124.56
คันที่ 8	16.12	18.39	21.63	25.93	32.06	41.14	64.10	125.77
คันที่ 9	16.17	18.44	21.70	26.01	32.17	41.28	64.31	126.17
คันที่ 10	15.55	17.74	20.87	25.02	30.94	39.70	61.85	121.35
ค่าเฉลี่ย	15.67	17.90	21.08	24.98	31.11	41.08	62.26	122.95



ภาพที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยระยะห่างของดวงไฟที่คำนวณได้ในระยะที่กำหนด

4.1.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบจากค่าเฉลี่ยของระยะดวงไฟหน้ารถจริง

1) พิจารณาตัวแบบพยากรณ์ด้วยความถดถอยแบบเชิงเส้น

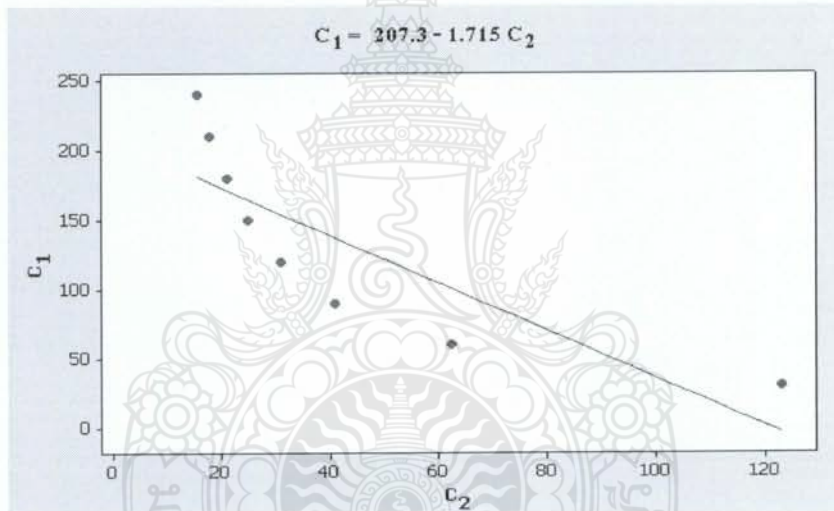
จากการประมวลภาพนิ่งด้วยกล้อง 2 ตัวในระยะที่กำหนด ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.12 เมื่อนำมาวิเคราะห์การแปลผลทางสถิติแบบเชิงเส้น สามารถหาสมการตัวแบบในการพยากรณ์ค่าระยะทางที่รถสวนทางมาจากค่าเฉลี่ย ตามสมการที่ 4.1 ดังนี้

$$C_1 = 207.3 - 1.1715C_2 \quad (4.1)$$

เมื่อ

C_1 = ระยะห่างระหว่างดวงไฟสว่าง 2 ดวงในภาพ

C_2 = ระยะจากรถที่สวนทางมา

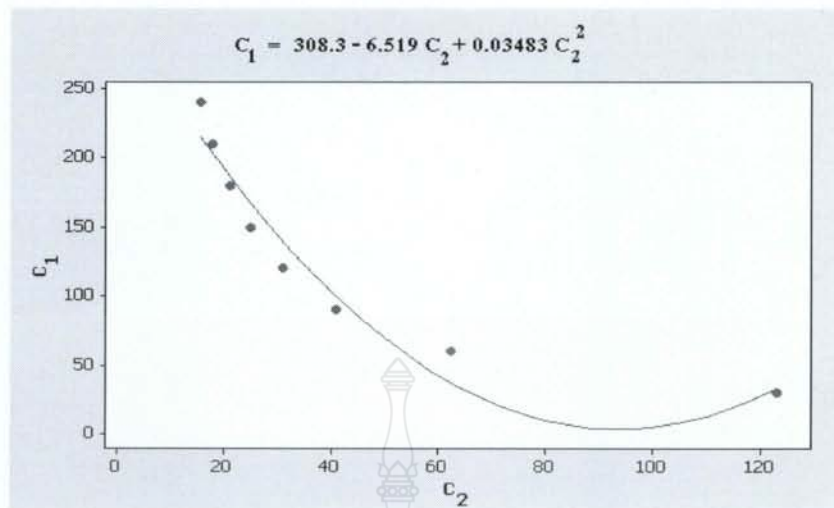


ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระยะ 30 - 240 เมตร

2) พิจารณาตัวแบบพยากรณ์ด้วยความถดถอยแบบพหุนาม

จากการประมวลภาพนิ่งด้วยกล้อง 2 ตัวในระยะที่กำหนด ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดซึ่งแสดงในตารางที่ 4.12 เมื่อนำมาวิเคราะห์การแปลผลทางสถิติแบบพหุนาม สามารถหาสมการตัวแบบในการพยากรณ์ค่าระยะทางที่รถสวนทางมาจากค่าเฉลี่ย ดังสมการที่ 4.2 ดังนี้

$$C_1 = 308.3 - 6.519C_2 + 0.03483C_2^2 \quad (4.2)$$



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์แบบพหุนามกำลังสองระหว่างระยะ 30 - 240 เมตร

4.2 ผลการทดสอบที่อ้างอิงจากระยะห่างระหว่างกล้อง 2 ตัวที่ติดตั้งในแนวแกน X

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการนำภาพดิจิทัลที่ถ่ายไว้มาประมวลผลด้วยเทคนิคประมวลผลภาพ ซึ่งเป็นกระบวนการในการหาระยะที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งระหว่างศูนย์กลางของดวงไฟในภาพจากกล้องตัวที่ 1 กับกล้องตัวที่ 2 ในแนวแกน X ตามระยะที่กำหนดตั้งแต่ระยะ 240 เมตรลงมาทุกๆ 30 เมตรและนำค่าของผลลัพธ์ที่ได้นั้นไป อ้างอิงกับระยะระหว่างศูนย์กลางของกล้อง 2 ตัว ซึ่งติดตั้งในแนวระนาบแกน X

4.2.1 ประมวลผลภาพนิ่งจากกล้อง 2 ตัวโดยอ้างอิงกับระยะกล้องในแนวแกน X

เก็บข้อมูลภาพนิ่งในระยะที่กำหนดแล้วนำไปประมวลผลหาตำแหน่งศูนย์กลางของดวงไฟสว่าง 2 ดวงหน้ารถในภาพที่ได้จากกล้องตัวที่ 1 (X_1, Y_1) และกล้องตัวที่ 2 (X_2, Y_2) แล้วมาคำนวณหาค่าระยะเปลี่ยนแปลงในแนวระนาบแนวแกน X หรือ $X_2 - X_1$ อ้างอิงกับระยะกล้องที่ติดตั้งในแนวแกน X ซึ่งแสดงผลลัพธ์จากการประมวลผลในตารางที่ 4.13 ถึง 4.22 ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองของรถคันที่ 1 พิจารณาในแนวระนาบแกน X

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง X_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง X_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$X_2 - X_1$ (พิกเซล)
240	391.8102	392.1404	0.3302
210	393.5217	394.0112	0.4895
180	393.4615	394.3380	0.8765
150	393.6176	394.2857	0.6681
120	395.8889	396.7292	0.8403
90	397.0286	398.6719	1.6433
60	397.6222	399.3195	1.6973
30	402.0392	405.4136	3.3744

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองของรถคันที่ 2 พิจารณาในแนวระนาบแกน X

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง X_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง X_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$X_2 - X_1$ (พิกเซล)
240	391.8182	392.1430	0.3248
210	393.5000	393.9815	0.4815
180	393.4800	394.0472	0.5672
150	393.8387	393.8538	0.0151
120	395.9744	396.8010	0.8266
90	396.9737	398.0985	1.1248
60	397.7273	399.3970	1.6697
30	402.4894	405.8090	3.3196

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองของรถคันที่ 3 พิจารณาในแนวระนาบแกน X

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง X_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง X_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$X_2 - X_1$ (พิกเซล)
240	391.8182	392.1411	0.3229
210	395.8488	396.3274	0.4786
180	393.5714	394.1351	0.5637
150	394.0444	394.0594	0.0150
120	393.7568	393.7757	0.0189
90	396.0000	397.1179	1.1179
60	397.9818	400.2414	2.2596
30	405.8488	409.1482	3.2994

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองของรถคันที่ 4 พิจารณาในแนวระนาบแกน X

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง X_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง X_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$X_2 - X_1$ (พิกเซล)
240	391.0625	391.3856	0.3231
210	391.9444	392.4233	0.4789
180	393.5833	394.1474	0.5641
150	393.3077	393.3227	0.0150
120	394.0571	394.0760	0.0189
90	395.8750	396.9937	1.1187
60	397.9818	400.6425	2.6607
30	420.5631	423.8647	3.3016

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองของรถคันที่ 5 พิจารณาในแนวระนาบแกน X

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง X_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง X_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$X_2 - X_1$ (พิกเซล)
240	391.0625	391.3902	0.3277
210	391.1176	391.6033	0.4857
180	393.2069	393.7790	0.5721
150	394.0882	394.1035	0.0153
120	395.8966	395.9158	0.0192
90	396.7045	397.8391	1.1346
60	398.0179	400.4022	2.3843
30	402.7556	406.1041	3.3485

ตารางที่ 4.18 ผลการทดลองของรถคันที่ 6 พิจารณาในแนวระนาบแกน X

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง X_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง X_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$X_2 - X_1$ (พิกเซล)
240	389.6610	389.8147	0.1537
210	391.1176	391.2930	0.1754
180	393.1538	393.3601	0.2063
150	394.1250	394.3723	0.2473
120	396.0417	396.3475	0.3058
90	396.8140	397.2211	0.4071
60	398.2041	398.8155	0.6114
30	402.7778	403.9774	1.1996

ตารางที่ 4.19 ผลการทดลองของรถคันที่ 7 พิจารณาในแนวระนาบแกน X

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง X_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง X_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$X_2 - X_1$ (พิกเซล)
240	391.1667	391.3224	0.1557
210	392.5000	392.6777	0.1777
180	393.6000	393.8090	0.2090
150	393.2593	393.5099	0.2506
120	394.1935	394.5033	0.3098
90	396.1842	396.8199	0.6357
60	398.2041	398.8235	0.6194
30	403.1915	404.4068	1.2153

ตารางที่ 4.20 ผลการทดลองของรถคันที่ 8 พิจารณาในแนวระนาบแกน X

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง X_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง X_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$X_2 - X_1$ (พิกเซล)
240	392.6842	392.8415	0.1573
210	391.1250	391.3044	0.1794
180	393.5556	393.7666	0.2110
150	393.2414	393.4944	0.2530
120	394.1818	394.4946	0.3128
90	396.2432	396.9044	0.6612
60	398.3265	398.9519	0.6254
30	403.2653	404.4923	1.2270

ตารางที่ 4.21 ผลการทดลองของรถคันที่ 9 พิจารณาในแนวระนาบแกน X

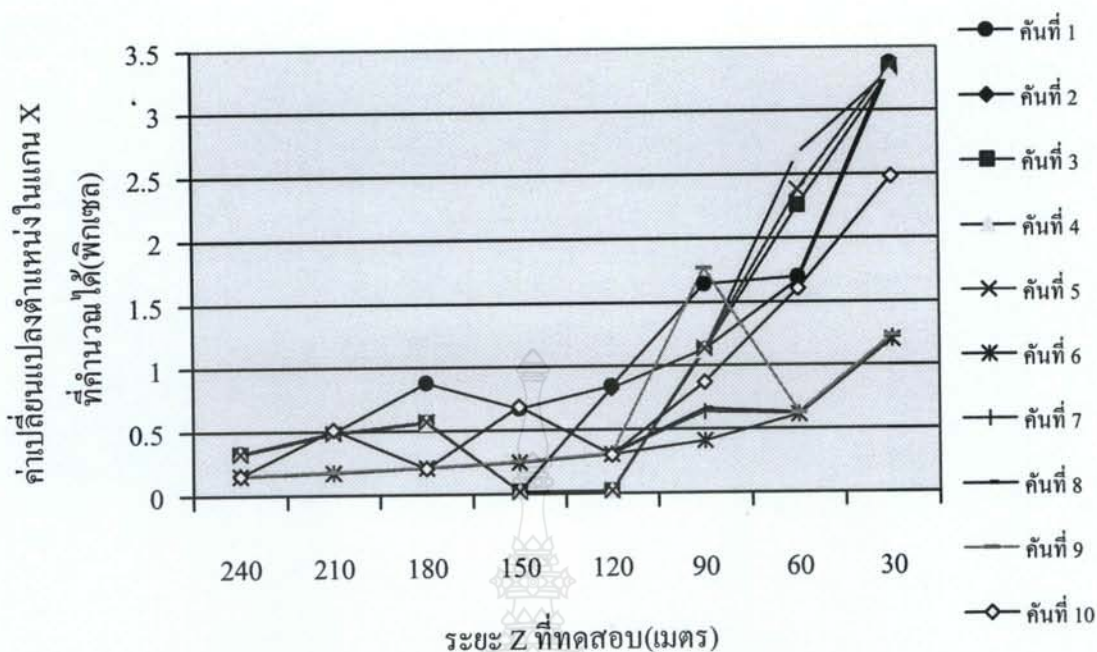
ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง X_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง X_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$X_2 - X_1$ (พิกเซล)
240	391.1667	391.3245	0.1578
210	392.7059	392.8858	0.1799
180	393.5000	393.7117	0.2117
150	393.1613	393.4151	0.2538
120	394.5556	394.8694	0.3138
90	396.3056	398.0753	1.7697
60	398.4151	399.0425	0.6274
30	403.4200	404.6509	1.2309

ตารางที่ 4.22 ผลการทดลองของรถคันที่ 10 พิจารณาในแนวระนาบแกน X

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง X_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง X_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$X_2 - X_1$ (พิกเซล)
240	390.7895	390.9412	0.1517
210	391.3333	391.8464	0.5131
180	392.8636	393.0672	0.2036
150	393.4815	394.1656	0.6841
120	393.1290	393.4308	0.3018
90	394.8125	395.6802	0.8677
60	396.3077	397.9111	1.6034
30	398.3019	400.7858	2.4839

4.2.2 หาค่าเฉลี่ยของข้อมูล (พิจารณาในแนวแกน X)

จากผลลัพธ์ของระยะที่เปลี่ยนแปลงของตำแหน่งศูนย์กลางดวงไฟดวงแรกในภาพของกล้องตัวที่ 1 และ 2 (ระยะ $X_2 - X_1$) จากรถที่ทดสอบทั้งหมด 10 คันที่ได้จากในหัวข้อ 4.2.1 จะแสดง ในภาพที่ 4.5

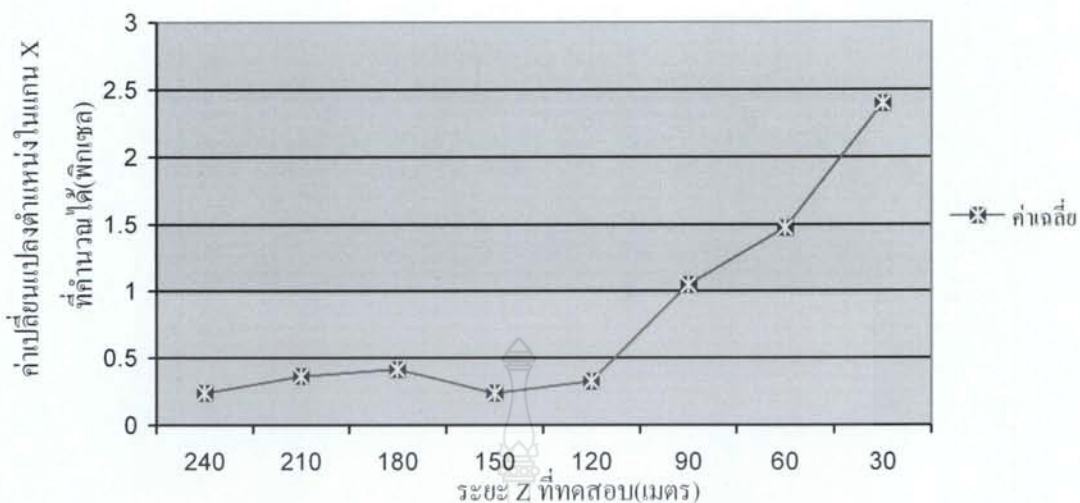


ภาพที่ 4.5 ค่าเปลี่ยนแปลงตำแหน่งในแนวแกน X จากกรณีที่ใช้ทดสอบทั้งหมด

สามารถนำมาหาค่าเฉลี่ยได้ตามตารางที่ 4.23 และภาพที่ 4.6 ดังนี้

ตารางที่ 4.23 ค่าเปลี่ยนแปลงตำแหน่งในแนวแกน X จากกรณีที่ใช้ทดสอบ (พิกเซล)

รค\ ระยะ z	240เมตร	210เมตร	180เมตร	150เมตร	120เมตร	90เมตร	60เมตร	30เมตร
กรณีที่ 1	0.3302	0.4895	0.8765	0.6681	0.8403	1.6433	1.6973	3.3744
กรณีที่ 2	0.3248	0.4815	0.5672	0.0151	0.8266	1.1248	1.6697	3.3196
กรณีที่ 3	0.3229	0.4786	0.5637	0.0150	0.0189	1.1179	2.2596	3.2994
กรณีที่ 4	0.3231	0.4789	0.5641	0.0150	0.0189	1.1187	2.6607	3.3016
กรณีที่ 5	0.3277	0.4857	0.5721	0.0153	0.0192	1.1346	2.3843	3.3485
กรณีที่ 6	0.1537	0.1754	0.2063	0.2473	0.3058	0.4071	0.6114	1.1996
กรณีที่ 7	0.1557	0.1777	0.2090	0.2506	0.3098	0.6357	0.6194	1.2153
กรณีที่ 8	0.1573	0.1794	0.2110	0.2530	0.3128	0.6612	0.6254	1.2270
กรณีที่ 9	0.1578	0.1799	0.2117	0.2538	0.3138	1.7697	0.6274	1.2309
กรณีที่ 10	0.1517	0.5131	0.2036	0.6841	0.3018	0.8677	1.6034	2.4839
ค่าเฉลี่ย	0.2405	0.3640	0.4185	0.2417	0.3268	1.0481	1.4759	2.4000



ภาพที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยความเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งดวงไฟในแนวแกน X

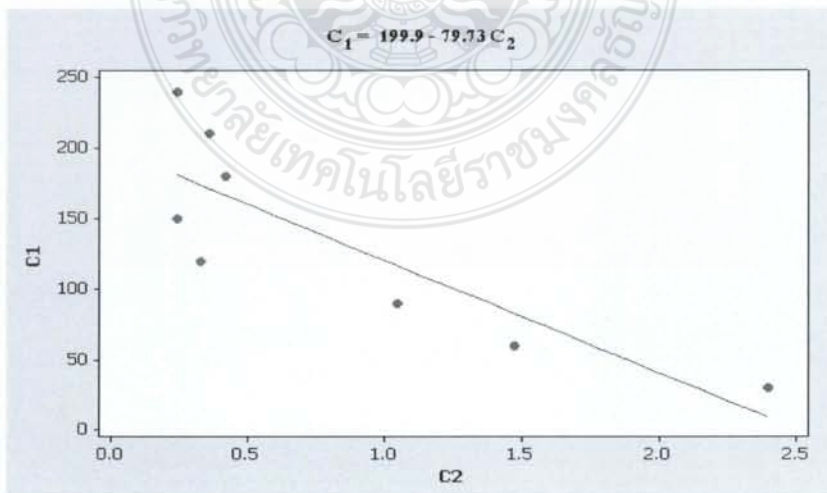
4.2.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบจากระยะของกล่องที่ติดตั้งในแนวแกน X

1) พิจารณาตัวแบบพหุคูณด้วยความถดถอยแบบเชิงเส้นฟังก์ชันเดียว

(ระยะ 30 - 240 เมตร)

จากตารางที่ 4.23 เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยการแปลงผลทางสถิติแบบเชิงเส้น สามารถหาสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปเชิงเส้นฟังก์ชันเดียวตลอดช่วงระยะทางจาก 30 ถึง 240 เมตร ตามสมการที่ 4.3 ดังนี้

$$C_1 = 199.9 - 79.73 C_2 \tag{4.3}$$



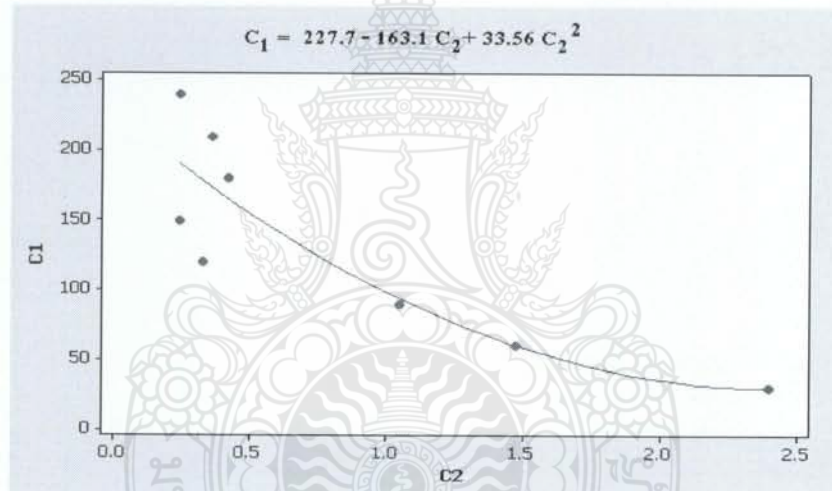
ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระยะ 30 - 240 เมตร

เมื่อ C_1 = ระยะทางของรถที่สวนทางมา ซึ่งวัดระยะจริง (เมตร)
 C_2 = ระยะห่างดวงไฟที่ประมวลผลได้จากภาพนิ่ง (พิกเซล)

2) พิจารณาตัวแบบพยากรณ์ด้วยความถดถอยแบบโพลีโนเมียล (ระยะ 30 - 240 เมตร)
 จากตารางที่ 4.23 เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยการแปลผลทางสถิติแบบโพลีโนเมียลสามารถหา
 สมการความสัมพันธ์ของข้อมูลตลอดช่วงระยะทางจาก 30 ถึง 240 เมตร ดังสมการที่ 4.4 คือ

$$C_1 = 227.7 - 163.1C_2 + 33.56C_2^2 \quad (4.4)$$

เมื่อ C_1 = ระยะทางของรถที่สวนทางมา ซึ่งวัดระยะจริง (เมตร)
 C_2 = ระยะห่างดวงไฟที่ประมวลผลได้จากภาพนิ่ง (พิกเซล)



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียลระยะ 30 - 240 เมตร

3) พิจารณาตัวแบบพยากรณ์ด้วยความถดถอยแบบเชิงเส้นแยกวิเคราะห์ 2 ช่วง
 จากตารางที่ 4.23 เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยการแปลผลทางสถิติ แบบเชิงเส้น 2 ช่วงของ
 ระยะทาง สามารถหาสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ดังนี้คือ

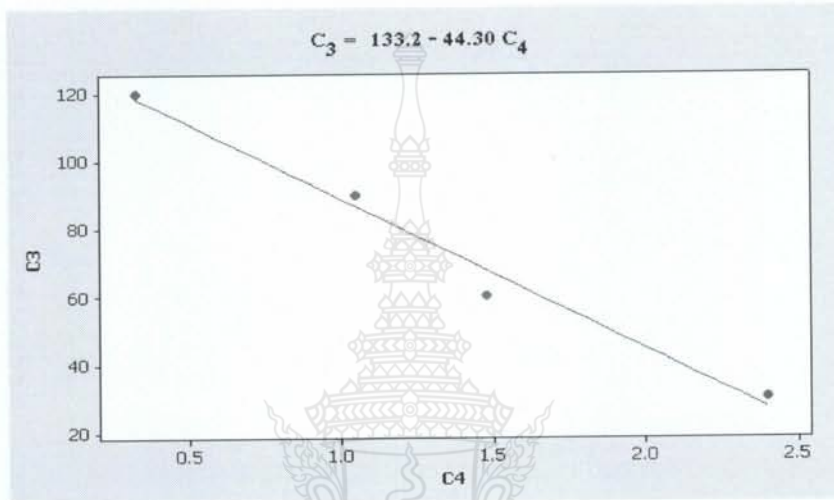
ก. ช่วงที่ 1 (ระยะ 30 - 120 เมตร)

$$C_3 = 133.2 - 44.30 C_4 \quad (4.5)$$

เมื่อ

C_3 = ระยะทางของรถที่สวนทางมา ซึ่งวัดระยะจริง (เมตร)

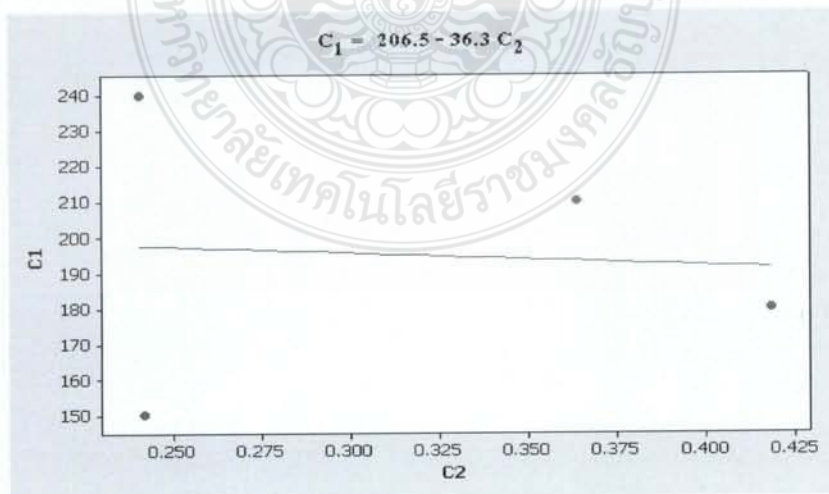
C_4 = ค่าที่เปลี่ยนแปลงของตำแหน่งดวงไฟในแนวแกน X (พิกเซล)



ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ช่วงที่ 1 : ระยะ 30 - 120 เมตร

ข. ช่วงที่ 2 (ระยะ 150 - 240 เมตร)

$$C_1 = 206.5 - 36.3 C_2 \quad (4.6)$$



ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ช่วงที่ 2 : ระยะ 150 - 240 เมตร

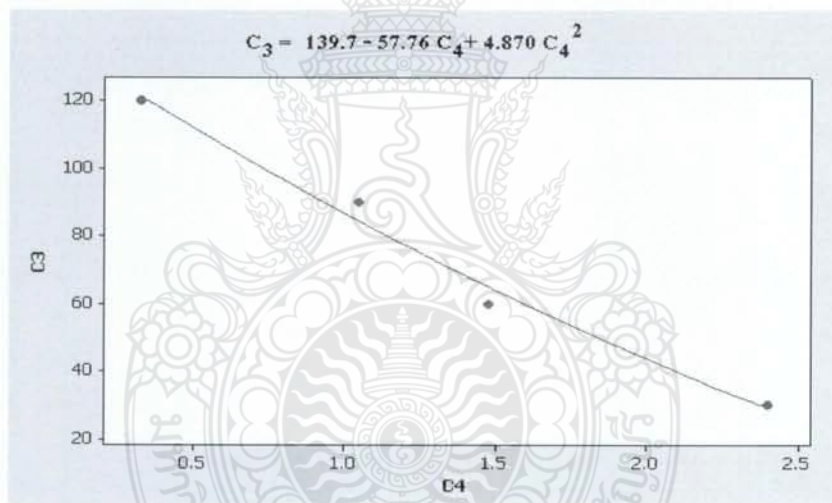
เมื่อ C_1 = ระยะทางของรถที่สวนทางมา ซึ่งวัดระยะจริง (เมตร)
 C_2 = ระยะห่างดวงไฟที่ประมวลผลได้จากภาพนิ่ง (พิกเซล)

4) พิจารณาตัวแบบพยากรณ์ด้วยความถดถอยแบบโพลีโนเมียลแยกวิเคราะห์ 2 ช่วง จากตารางที่ 4.23 เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยการแปลผลทางสถิติ โดยแยกพิจารณาในรูปแบบ โพลีโนเมียล 2 ช่วงของระยะทาง สามารถหาสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ดังนี้คือ

ก. ช่วงที่ 1 (ระยะ 30 - 120 เมตร)

$$C_3 = 139.7 - 57.76C_4 + 4.87C_4^2 \quad (4.7)$$

เมื่อ C_3 = ระยะทางของรถที่สวนทางมา ซึ่งวัดระยะจริง (เมตร)
 C_4 = ค่าที่เปลี่ยนแปลงของตำแหน่งดวงไฟในแนวแกน X (พิกเซล)

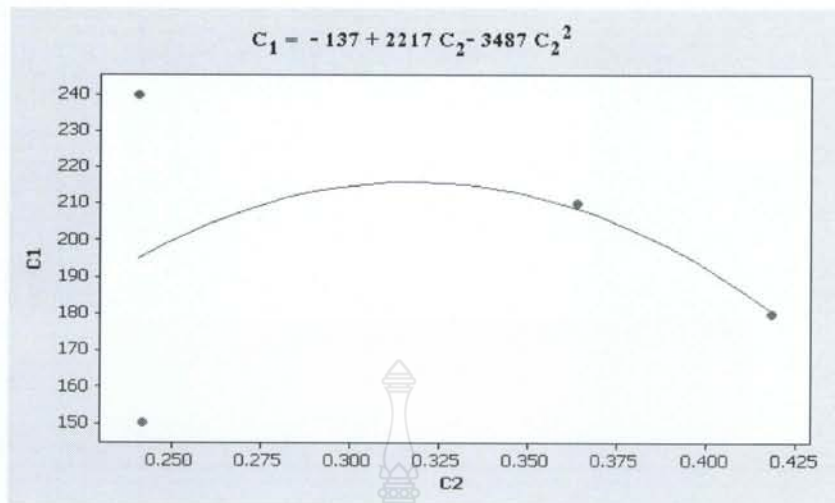


ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียล ช่วงที่ 1 : ระยะ 30 - 120 เมตร

ข. ช่วงที่ 2 (ระยะ 150 - 240 เมตร)

$$C_1 = -137 + 2217C_2 - 3487C_2^2 \quad (4.8)$$

เมื่อ C_1 = ระยะทางของรถที่สวนทางมา ซึ่งวัดระยะจริง (เมตร)
 C_2 = ระยะห่างดวงไฟที่ประมวลผลได้จากภาพนิ่ง (พิกเซล)



ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์แบบพหุนามกำลังสอง ช่วงที่ 2 : ระยะ 150 - 240 เมตร

4.3 ผลการทดสอบที่อ้างอิงจากระยะห่างระหว่างกล้อง 2 ตัวที่ติดตั้งในแนวแกน Y

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการนำภาพดิจิทัลที่ถ่ายไว้มาประมวลผล ซึ่งเป็นกระบวนการในการหาระยะที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งระหว่างศูนย์กลางของดวงไฟในภาพจากกล้องตัวที่ 1 กับกล้องตัวที่ 2 ในแนวแกน Y ตามระยะที่กำหนดตั้งแต่ระยะ 240 เมตรลงมาทุกๆ 30 เมตรแล้วนำค่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นไปอ้างอิงกับระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของกล้อง 2 ตัว ซึ่งติดตั้งในแนวระนาบแกน Y

4.3.1 ประมวลผลภาพนิ่งจากกล้อง 2 ตัวโดยอ้างอิงกับระยะกล้องในแนวแกน Y

เก็บข้อมูลภาพนิ่งในระยะที่กำหนดแล้วนำไปประมวลผลหาตำแหน่งศูนย์กลางของดวงไฟสว่าง 2 ดวงหน้ารถในภาพที่ได้จากกล้องตัวที่ 1 (X_1, Y_1) และกล้องตัวที่ 2 (X_2, Y_2) แล้วมาคำนวณหาค่าระยะเปลี่ยนแปลงในแนวระนาบแกน Y หรือ $y_2 - y_1$ อ้างอิงกับระยะกล้องที่ติดตั้งในแนวแกน Y ซึ่งแสดงผลลัพธ์จากการประมวลผลในตารางที่ 4.24 ถึง 4.33 ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.24 ผลการทดลองของรถคันที่ 1 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง y_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง y_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$y_2 - y_1$ (พิกเซล)
240	306.2503	306.2018	0.0485
210	306.6522	306.5216	0.1306
180	306.8846	307.0435	0.1589
150	306.9412	307.3438	0.4026
120	307.2778	307.6154	0.3376
90	307.8571	308.4722	0.6151
60	308.6000	309.4222	0.8222
30	310.3725	311.7292	1.3567

ตารางที่ 4.25 ผลการทดลองของรถคันที่ 2 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง y_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง y_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$y_2 - y_1$ (พิกเซล)
240	306.2273	306.4158	0.1885
210	306.5000	306.7500	0.2500
180	306.6800	307.0429	0.3629
150	306.9677	307.3000	0.3323
120	307.1795	307.6531	0.4736
90	307.8947	308.3250	0.4303
60	308.8409	309.4000	0.5591
30	310.7234	312.0769	1.3535

ตารางที่ 4.26 ผลการทดลองของรถคันที่ 3 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง y_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง y_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$y_2 - y_1$ (พิกเซล)
240	307.2162	307.1316	0.0846
210	306.2273	306.3158	0.0885
180	306.7500	306.8889	0.1389
150	306.9070	307.3000	0.3930
120	307.0000	307.9211	0.5806
90	308.4909	309.3120	0.8211
60	306.0857	307.1316	1.0459
30	306.2000	307.3000	1.1000

ตารางที่ 4.27 ผลการทดลองของรถคันที่ 4 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง y_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง y_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$y_2 - y_1$ (พิกเซล)
240	306.3333	306.2667	0.0666
210	306.1250	305.9412	0.1838
180	307.2000	307.4000	0.2000
150	307.3125	307.5556	0.2431
120	306.5417	306.9048	0.3631
90	306.9231	307.2273	0.3042
60	308.4909	309.5000	1.0091
30	311.0444	312.4390	1.3946

ตารางที่ 4.28 ผลการทดลองของรถคันที่ 5 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง y_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง y_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$y_2 - y_1$ (พิกเซล)
240	307.8276	307.7333	0.0943
210	306.1250	306.0000	0.1250
180	307.0882	307.2424	0.1542
150	305.9412	306.2727	0.3315
120	307.5769	308.0606	0.4837
90	307.9545	308.5227	0.5682
60	308.5893	309.3571	0.7678
30	311.1333	312.2683	1.1350

ตารางที่ 4.29 ผลการทดลองของรถคันที่ 6 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง y_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง y_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$y_2 - y_1$ (พิกเซล)
240	305.9412	306.0000	0.0588
210	307.0385	307.1429	0.1044
180	307.0313	307.3438	0.3125
150	307.8140	308.2326	0.4186
120	308.8980	309.4259	0.5279
90	307.4167	307.9615	0.5448
60	311.3111	312.3095	0.9984
30	317.4407	319.6768	2.2361

ตารางที่ 4.30 ผลการทดลองของรถคันที่ 7 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง y_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง y_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$y_2 - y_1$ (พิกเซล)
240	306.4900	306.5111	0.0211
210	307.2212	307.2473	0.0261
180	307.3226	307.2500	0.0726
150	306.1111	306.0000	0.1111
120	306.7200	306.9565	0.2365
90	307.3158	307.5946	0.2788
60	308.9592	309.5000	0.5408
30	311.1915	312.3488	1.1573

ตารางที่ 4.31 ผลการทดลองของรถคันที่ 8 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง y_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง y_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$y_2 - y_1$ (พิกเซล)
240	306.1250	306.1429	0.0179
210	307.2121	307.2941	0.0820
180	307.1130	307.0000	0.1130
150	306.5926	306.8095	0.2169
120	306.1053	306.4444	0.3391
90	307.3784	307.8056	0.4272
60	308.8980	309.5769	0.6789
30	311.1224	312.3488	1.2264

ตารางที่ 4.32 ผลการทดลองของรถคันที่ 9 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y

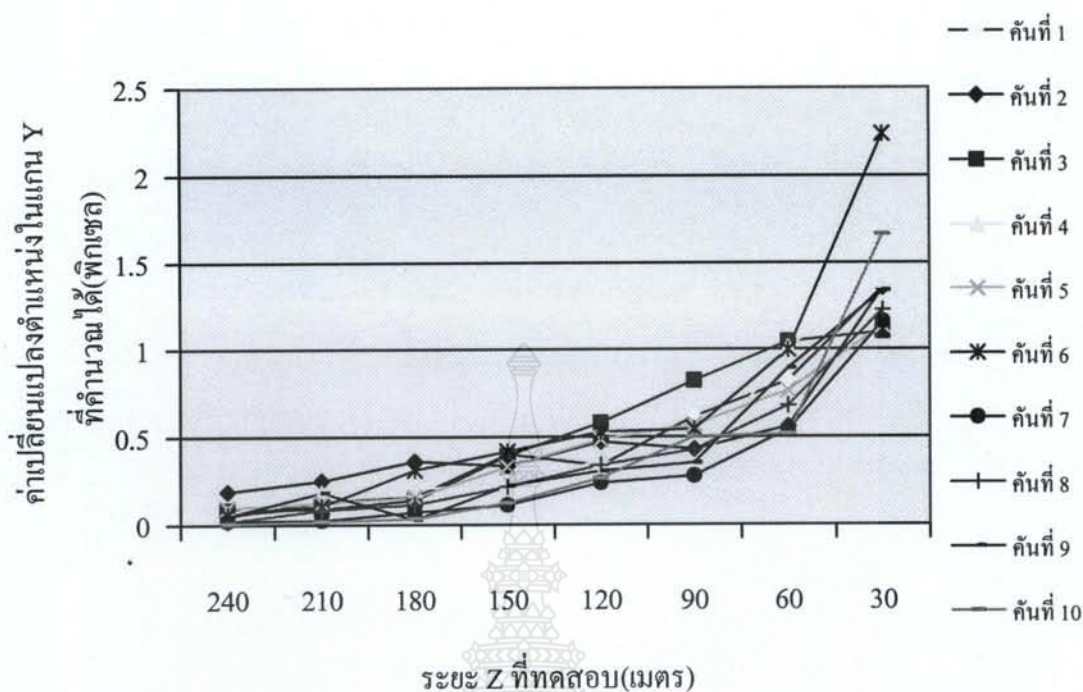
ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง y_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง y_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$y_2 - y_1$ (พิกเซล)
240	306.1111	306.1600	0.0489
210	306.8182	307.0000	0.1818
180	307.4074	307.4340	0.0266
150	307.0000	307.2222	0.2222
120	306.4118	306.1053	0.3065
90	307.3056	307.6579	0.3523
60	308.7547	309.6481	0.8934
30	311.1400	312.4773	1.3373

ตารางที่ 4.33 ผลการทดลองของรถคันที่ 10 พิจารณาในแนวระนาบแกน Y

ระยะ Z ที่ทดสอบ (เมตร)	ตำแหน่ง y_1 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 1 (พิกเซล)	ตำแหน่ง y_2 จากภาพ ของกล้องตัวที่ 2 (พิกเซล)	$y_2 - y_1$ (พิกเซล)
240	306.0526	306.0588	0.0062
210	306.4091	306.3913	0.0178
180	307.0645	307.1000	0.0355
150	306.6667	306.7917	0.1250
120	306.2667	306.0000	0.2667
90	307.1875	307.6875	0.5000
60	307.5769	307.0606	0.5163
30	309.0566	310.7193	1.6627

4.3.2 หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่พิจารณาในแนวแกน Y

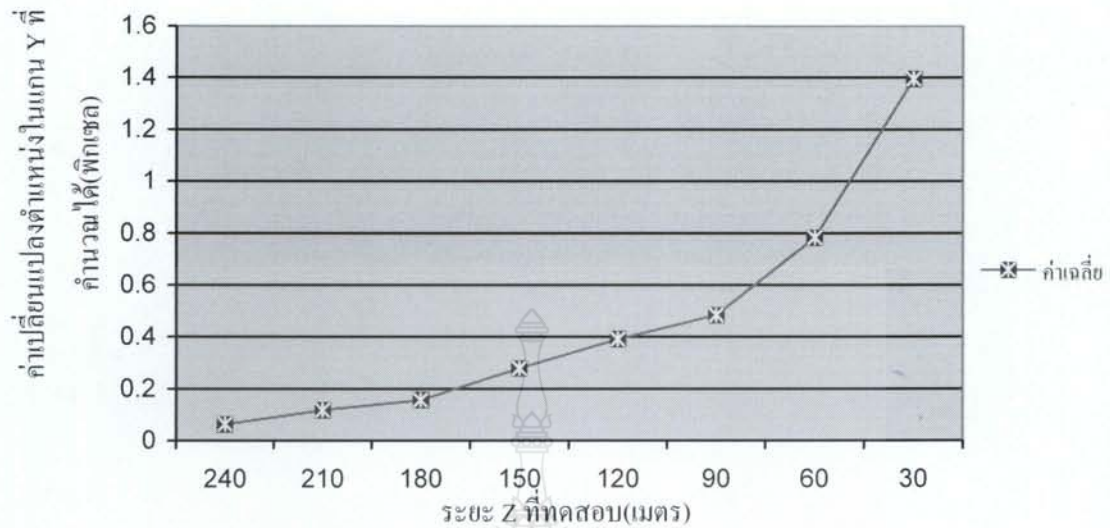
จากผลลัพธ์ของระยะที่เปลี่ยนแปลงของตำแหน่งศูนย์กลางดวงไฟดวงแรกในภาพของกล้องตัวที่ 1 และ 2 ($y_2 - y_1$) จากรถที่ทดสอบทั้งหมด 10 คันที่ได้จากในหัวข้อ 4.3.1 ซึ่งแสดงในภาพที่ 4.13 นำมาหาค่าเฉลี่ยได้ตามตารางที่ 4.34 และภาพที่ 4.14 ดังนี้



ภาพที่ 4.13 ค่าที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งในแกน Y จากรถที่ใช้ทดสอบทั้งหมด

ตารางที่ 4.34 ค่าที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งในแกน Y จากรถที่ใช้ทดสอบ (พิภพ)

รถ \ ระยะ z	240เมตร	210เมตร	180เมตร	150เมตร	120เมตร	90เมตร	60เมตร	30เมตร
คันท 1	0.0485	0.1306	0.1589	0.4026	0.3376	0.6151	0.8222	1.3567
คันท 2	0.1885	0.2500	0.3629	0.3323	0.4736	0.4303	0.5591	1.3535
คันท 3	0.0846	0.0885	0.1389	0.3930	0.5806	0.8211	1.0459	1.1000
คันท 4	0.0666	0.1838	0.2000	0.2431	0.3631	0.3042	1.0091	1.3946
คันท 5	0.0943	0.1250	0.1542	0.3315	0.4837	0.5682	0.7678	1.1350
คันท 6	0.0588	0.1044	0.3125	0.4186	0.5279	0.5448	0.9984	2.2361
คันท 7	0.0211	0.0261	0.0726	0.1111	0.2365	0.2788	0.5408	1.1573
คันท 8	0.0179	0.0820	0.1130	0.2169	0.3391	0.4272	0.6789	1.2264
คันท 9	0.0489	0.1818	0.0266	0.2222	0.3065	0.3523	0.8934	1.3373
คันท 10	0.0062	0.0178	0.0355	0.1250	0.2667	0.5000	0.5163	1.6627
ค่าเฉลี่ย	0.0635	0.1190	0.1575	0.2796	0.3915	0.4842	0.7832	1.3960



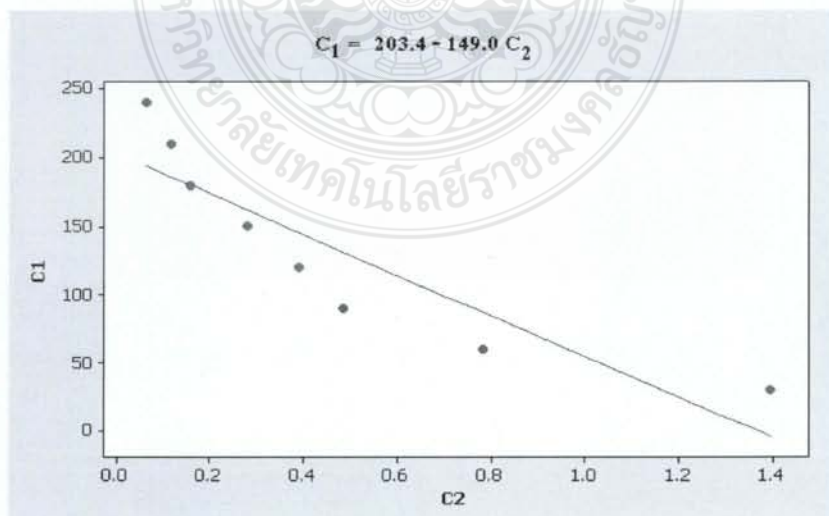
ภาพที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยความเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งคองไฟในแนวแกน Y

4.3.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบจากระยะของก๊อ้งที่ติดตั้งในแนวแกน Y

1) พิจารณาตัวแบบพหุคูณด้วยความถดถอยแบบเชิงเส้น (ระยะ 30 - 240 เมตร)

จากตารางที่ 4.34 เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยการแปลผลทางสถิติแบบเชิงเส้น สามารถหาสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปเชิงเส้นฟังก์ชันเดียวระหว่างระยะทาง 30 ถึง 240 เมตร ได้ตามสมการ (4.9) ดังนี้

$$C_1 = 203.4 - 149 C_2 \quad (4.9)$$



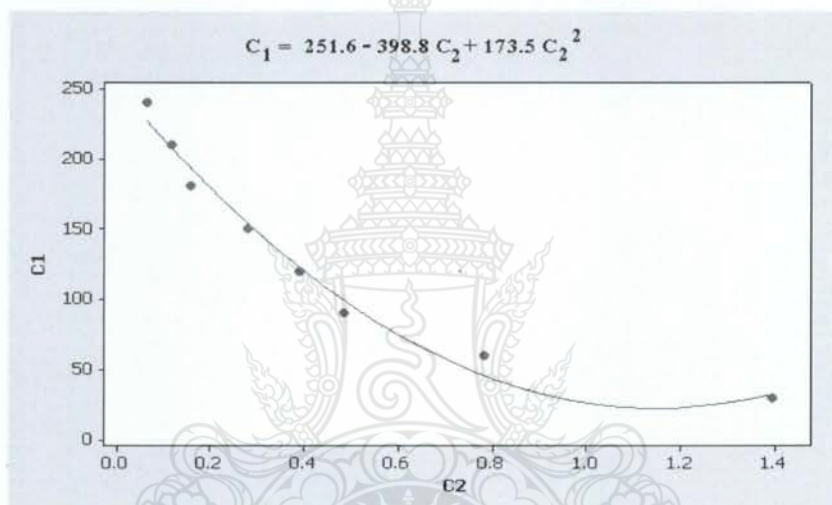
ภาพที่ 4.15 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระยะ 30 - 240 เมตร

เมื่อ C_1 = ระยะทางของรถที่สวนทางมา ซึ่งวัดระยะจริง (เมตร)
 C_2 = ระยะห่างดวงไฟที่ประมวลผลได้จากภาพนิ่ง (พิกเซล)

2) พิจารณาตัวแบบพยากรณ์ด้วยความถดถอยแบบโพลีโนเมียล (ระยะ 30 - 240 เมตร)

จากตารางที่ 4.34 เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยการแปลงผลทางสถิติแบบโพลีโนเมียล สามารถหาสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปโพลีโนเมียลฟังก์ชันเดียวระหว่างระยะทาง 30 - 240 เมตร ได้ตามสมการ (4.10) ดังนี้

$$C_1 = 251.6 - 398.8 C_2 + 173.5 C_2^2 \quad (4.10)$$



ภาพที่ 4.16 ความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียลระยะ 30 - 240 เมตร

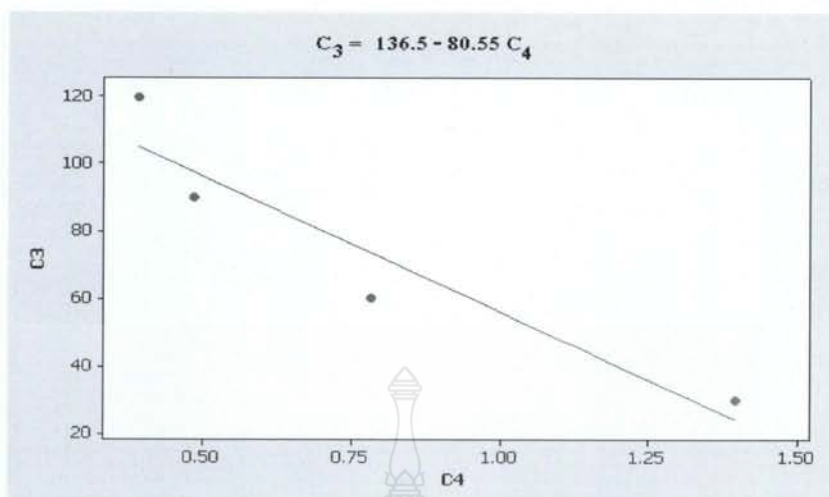
3) พิจารณาตัวแบบพยากรณ์ด้วยความถดถอยแบบเชิงเส้นแยกวิเคราะห์ 2 ช่วง

จากตารางที่ 4.34 เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยการแปลงผลทางสถิติ โดยแยกพิจารณาแบบเชิงเส้น 2 ช่วงของระยะทาง สามารถหาสมการความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยพิจารณา 2 ช่วง ดังนี้

ก. ช่วงที่ 1 (ระยะ 30 - 120 เมตร)

$$C_3 = 136.5 - 80.55 C_4 \quad (4.11)$$

เมื่อ C_4 = ระยะห่างดวงไฟที่ประมวลผลได้จากภาพนิ่ง (พิกเซล)
 C_3 = ระยะทางของรถที่สวนทางมา ซึ่งวัดระยะจริง (เมตร)



ภาพที่ 4.17 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ช่วงที่ 1 : ระยะ 30 - 120 เมตร

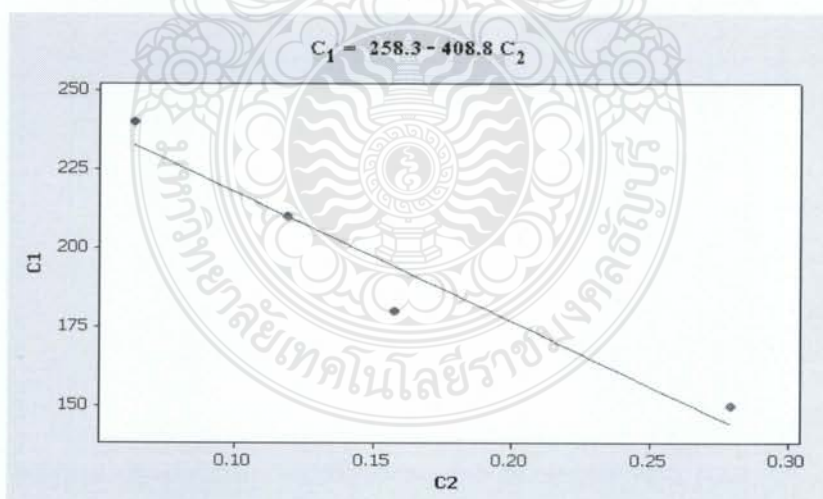
ข. ช่วงที่ 2 (ระยะ 150 - 240 เมตร)

$$C_1 = 258.3 - 408.8 C_2 \quad (4.12)$$

เมื่อ

C_1 = ระยะทางของรถที่สวนทางมา ซึ่งวัดระยะจริง (เมตร)

C_2 = ระยะห่างดวงไฟที่ประมวลผลได้จากภาพนิ่ง (พิกเซล)



ภาพที่ 4.18 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ช่วงที่ 2 : ระยะ 150 - 240 เมตร

4) พิจารณาตัวแบบพยากรณ์ด้วยความถดถอยแบบโพลีโนเมียลแยกวิเคราะห์ 2 ช่วง จากตารางที่ 4.34 เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยการแปลผลทางสถิติ โดยแยกพิจารณาในรูปแบบโพลีโนเมียล 2 ช่วงของระยะทาง สามารถหาสมการความสัมพันธ์ของข้อมูล พิจารณา 2 ช่วง ดังนี้

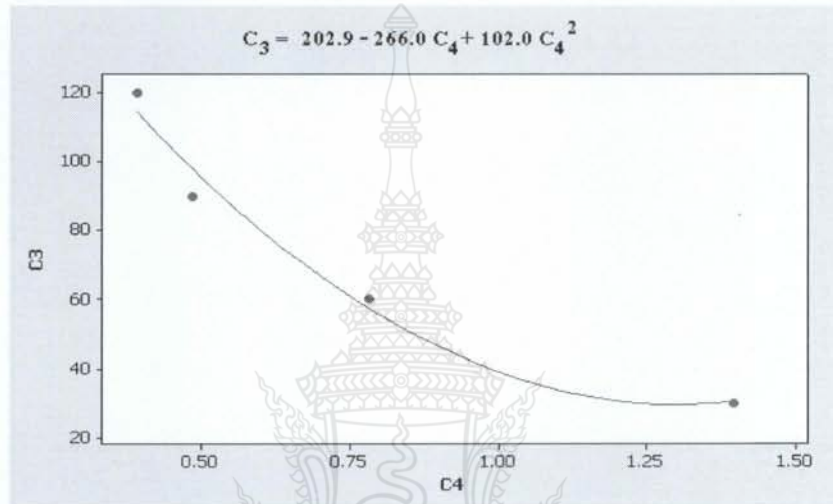
ก. ช่วงที่ 1 (ระยะ 30 - 120 เมตร)

$$C_3 = 202.9 - 266C_4 + 102C_4^2 \quad (4.13)$$

เมื่อ

C_3 = ระยะทางของรถที่สวนทางมา ซึ่งวัดระยะจริง (เมตร)

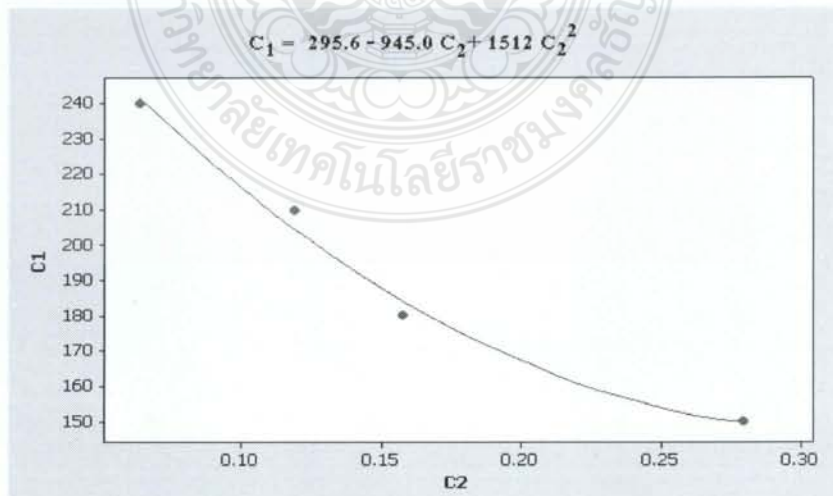
C_4 = ระยะห่างดวงไฟที่ประมวลผลได้จากภาพนิ่ง (พิกเซล)



ภาพที่ 4.19 ความสัมพันธ์แบบพหุนามช่วงที่ 1 : ระยะ 30 - 120 เมตร

ข. ช่วงที่ 2 (ระยะ 150 - 240 เมตร)

$$C_1 = 295.6 - 945C_2 + 1512C_2^2 \quad (4.14)$$



ภาพที่ 4.20 ความสัมพันธ์แบบพหุนามช่วงที่ 2 : ระยะ 150 - 240 เมตร

เมื่อ $C_2 =$ ระยะห่างดวงไฟที่ประมวลผลได้จากภาพนิ่ง (พิกเซล)
 $C_1 =$ ระยะทางของรถที่สวนทางมา ซึ่งวัดระยะจริง (เมตร)

4.4 ทดสอบสมการค้นแบบที่มีค่าประสิทธิภาพในการตัดสินใจสัมพันธ์สูงสุด

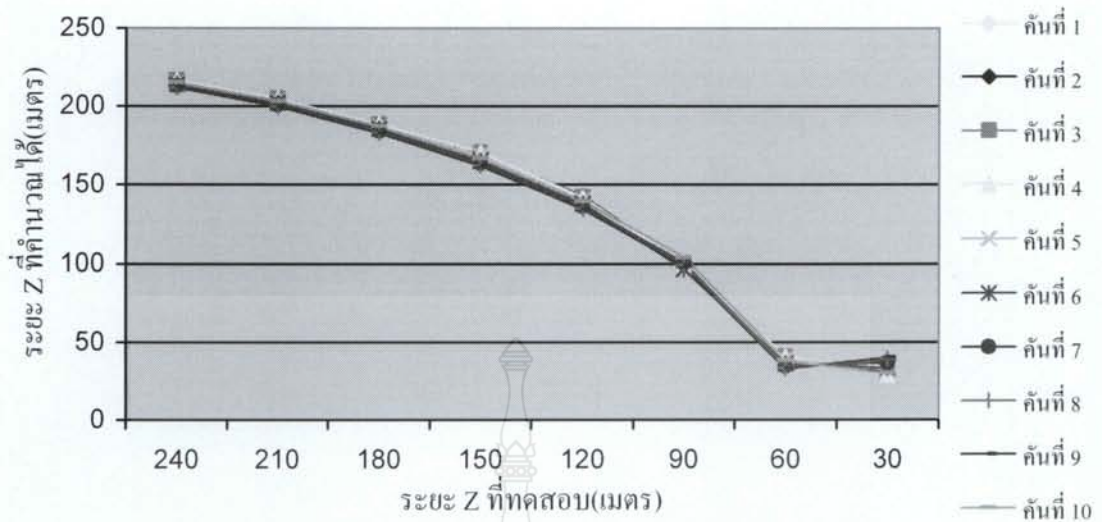
4.4.1 การพยากรณ์ด้วยสมการค้นแบบที่เหมาะสมจากการทดลองในแบบที่ 1
 (อ้างอิงด้วยระยะห่างไฟ 2 ดวงหน้ารถที่ได้จากข้อมูลเฉพาะของรถ)

$$\text{สมการที่ใช้ทดสอบ คือ } C_1 = 308.3 - 6.519 C_2 + 0.03483 C_2^2 \quad (4.15)$$

เมื่อนำผลลัพธ์หรือตัวแปรต้น (ระยะ a) ที่ประมวลผลได้มาแทนค่าในสมการที่ 4.15 จะได้ระยะทางที่รถสวนทางมาจากการคำนวณ (ระยะ Z) แสดงในตารางที่ 4.35 ดังนี้

ตารางที่ 4.35 ผลลัพธ์ของระยะที่ทดสอบด้วยสมการค้นแบบในแบบที่ 1 (เมตร)

รถ \ ระยะ z	240เมตร	210เมตร	180เมตร	150เมตร	120เมตร	90เมตร	60เมตร	30เมตร
คันที่ 1	214.85	202.76	186.33	169.8	140.86	96.61	37.84	34.25
คันที่ 2	216.01	204.3	188.06	170.17	143.05	99.07	40.09	30.23
คันที่ 3	216.52	204.87	188.7	170.88	142.09	99.99	40.94	28.82
คันที่ 4	216.46	204.8	188.63	170.8	142	99.89	40.84	28.97
คันที่ 5	215.28	203.49	187.15	169.14	140.11	97.77	38.9	32.32
คันที่ 6	214.22	202.38	186.02	165.42	138.17	96.92	36.55	33.32
คันที่ 7	213.11	201.14	184.63	163.85	136.4	100.49	34.81	36.7
คันที่ 8	212.27	200.22	183.59	162.68	135.08	99.04	33.54	39.35
คันที่ 9	211.99	199.91	183.24	162.29	134.64	98.56	33.12	40.26
คันที่ 10	215.34	203.62	187.42	167	139.96	104.4	38.34	30.12



ภาพที่ 4.21 ผลลัพธ์จากการทดสอบด้วยสมการต้นแบบที่เหมาะสมในแบบที่ 1

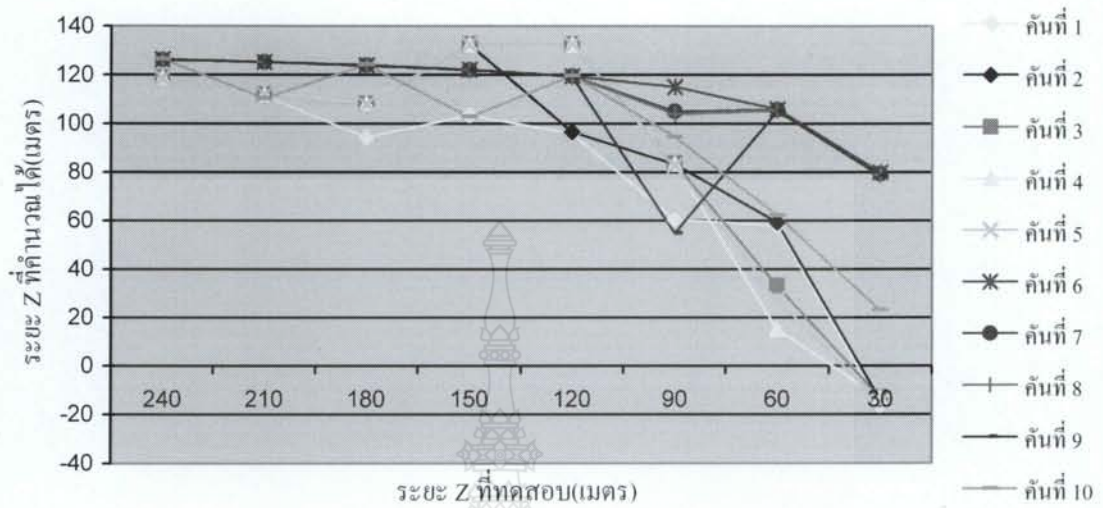
4.4.2 การพยากรณ์ด้วยสมการต้นแบบที่เหมาะสมจากการทดลองในแบบที่ 2 (ติดตั้งกล้องในแนวแกน X และอ้างอิงด้วยระยะของกล้อง 2 ตัวในแนวนอน)

$$\text{สมการที่ใช้ทดสอบ คือ } C_3 = 133.2 - 44.30 C_4 \quad (4.16)$$

ตารางที่ 4.36 ผลลัพธ์ของระยะที่ทดสอบด้วยสมการต้นแบบในแบบที่ 2 (เมตร)

รถ ระยะ z	240เมตร	210เมตร	180เมตร	150เมตร	120เมตร	90เมตร	60เมตร	30เมตร
คันที่ 1	118.57	111.52	94.37	103.6	95.97	60.4	58.01	-16.29
คันที่ 2	118.81	111.87	108.07	132.53	96.58	83.37	59.23	-13.86
คันที่ 3	118.9	112	108.23	132.54	132.36	83.68	33.1	-12.96
คันที่ 4	118.89	111.98	108.21	132.54	132.36	83.64	15.33	-13.06
คันที่ 5	118.68	111.68	107.86	132.52	132.35	82.94	27.58	-15.14
คันที่ 6	126.39	125.43	124.06	122.24	119.65	115.17	106.11	80.06
คันที่ 7	126.3	125.33	123.94	122.1	119.48	105.04	105.76	79.36
คันที่ 8	126.23	125.25	123.85	121.99	119.34	103.91	105.49	78.84
คันที่ 9	126.21	125.23	123.82	121.96	119.3	54.8	105.41	78.67
คันที่ 10	126.48	110.47	124.18	102.89	119.83	94.76	62.17	23.16

เมื่อนำผลลัพธ์หรือตัวแปรต้น(ระยะ a) ที่ประมวลผลได้มาแทนค่าในสมการ (4.16) จะได้ระยะทางที่รถสวนทางมาจากการคำนวณ (ระยะ Z) แสดงในตารางที่ 4.36



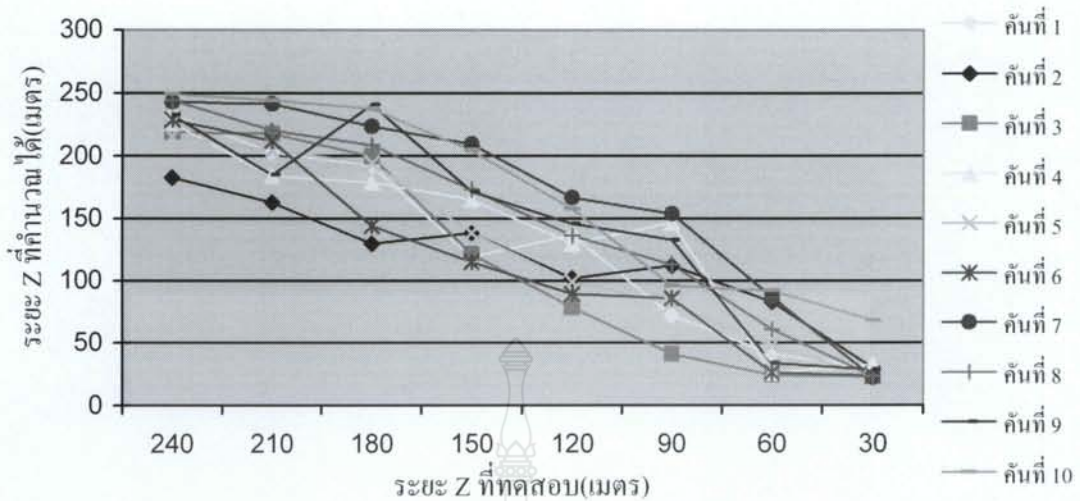
ภาพที่ 4.22 ผลลัพธ์จากการทดสอบด้วยสมการต้นแบบที่เหมาะสมในแบบที่ 2

4.4.3 การพยากรณ์ด้วยสมการต้นแบบที่เหมาะสมจากการทดลองในแบบที่ 3 (ติดตั้งกล้องในแนวแกน Y และอ้างอิงด้วยระยะของกล้อง 2 ตัวในแนวตั้ง)

$$\text{สมการที่ใช้ทดสอบ คือ } C_1 = 215.6 - 398.8C_2 + 173.5C_2^2 \quad (4.17)$$

ตารางที่ 4.37 ผลลัพธ์ของระยะที่ทดสอบด้วยสมการต้นแบบ แบบที่ 3

รณ\ ระยะ z	240เมตร	210เมตร	180เมตร	150เมตร	120เมตร	90เมตร	60เมตร	30เมตร
กรณีที่ 1	232.67	202.48	192.61	119.17	136.74	71.94	40.99	29.9
กรณีที่ 2	182.59	162.74	129.72	138.24	101.64	112.12	82.87	29.67
กรณีที่ 3	219.1	217.67	199.55	121.67	78.54	41.12	24.29	22.86
กรณีที่ 4	225.81	184.16	178.78	164.91	129.67	146.34	25.84	32.88
กรณีที่ 5	215.54	204.46	194.23	138.46	99.29	81.02	47.68	22.47
กรณีที่ 6	228.75	211.86	143.92	115.06	89.42	85.83	26.38	23.74
กรณีที่ 7	243.26	241.31	223.56	209.43	166.99	153.9	86.67	22.44
กรณีที่ 8	244.52	220.07	208.75	173.26	136.32	112.9	60.82	23.47
กรณีที่ 9	232.51	184.83	241.11	171.55	145.67	132.64	33.79	28.57
กรณีที่ 10	249.13	244.56	237.66	204.46	157.58	95.58	91.95	68.17



ภาพที่ 4.23 ผลลัพธ์จากการทดสอบด้วยสมการค้นแบบที่เหมาะสมในแบบที่ 3

4.5 ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์

การคำนวณค่าผิดพลาดของการพยากรณ์ระยะทางของรถที่สวนทางมาจากฟังก์ชันที่นำมาใช้งานสามารถหาได้จากสมการที่ 4.18 และ 4.19 คือ

$$\% \text{ Accuracy} = \frac{Z_{\text{Cal}}}{Z_{\text{ac}}} \times 100 \quad (4.18)$$

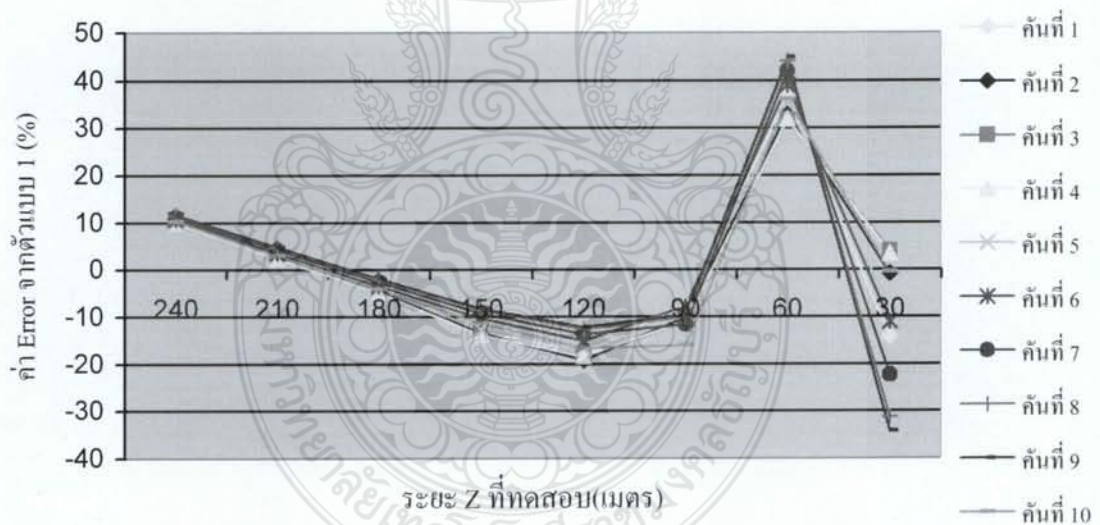
$$\% \text{ Error} = \left[\frac{Z_{\text{Cal}}}{Z_{\text{ac}}} \times 100 \right] - Z_{\text{ac}} \quad (4.19)$$

เมื่อ $\% \text{ Accuracy}$ = เปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรง
 $\% \text{ Error}$ = เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
 Z_{Cal} = ระยะทางของรถที่สวนทางมาจากการคำนวณ
 Z_{ac} = ระยะทางของรถที่สวนทางมาที่วัดจริง

สามารถพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคำนวณของรถทดสอบทั้งหมดได้ตามตารางที่ 4.38 – 4.40 ในแต่ละแบบดังนี้

ตารางที่ 4.38 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคำนวณโดยใช้สมการต้นแบบในแบบที่ 1

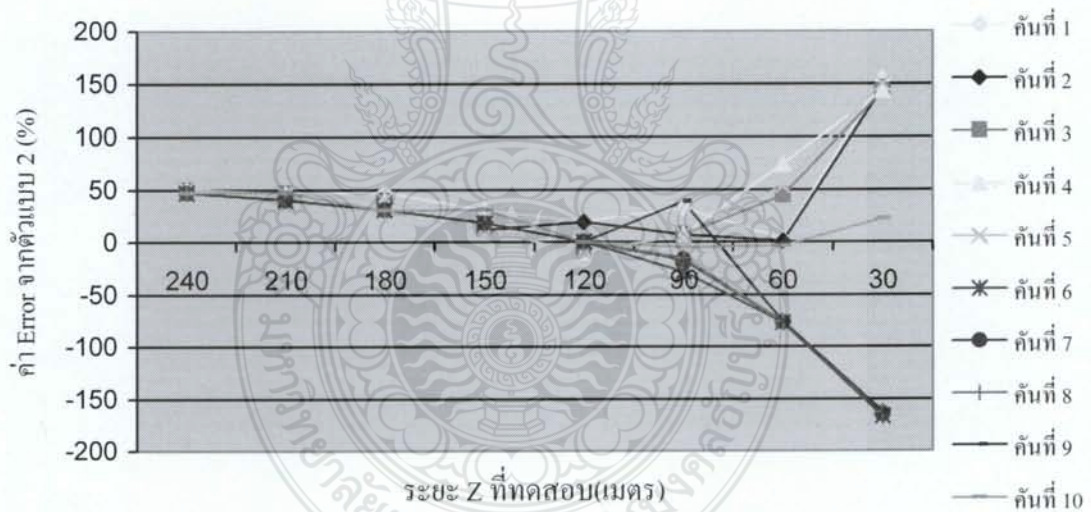
รถ\ ระยะ z	240เมตร	210เมตร	180เมตร	150เมตร	120เมตร	90เมตร	60เมตร	30เมตร
คันที่ 1	10.48	3.45	-3.52	-13.2	-17.38	-7.34	36.93	-14.18
คันที่ 2	10	2.71	-4.48	-13.44	-19.21	-10.08	33.18	-0.78
คันที่ 3	9.78	2.44	-4.84	-13.92	-18.41	-11.1	31.77	3.93
คันที่ 4	9.81	2.47	-4.8	-13.87	-18.34	-10.99	31.93	3.42
คันที่ 5	10.3	3.1	-3.97	-12.76	-16.76	-8.63	35.17	-7.74
คันที่ 6	10.74	3.63	-3.34	-10.28	-15.14	-7.69	39.08	-11.06
คันที่ 7	11.21	4.22	-2.57	-9.23	-13.67	-11.65	41.98	-22.33
คันที่ 8	11.55	4.66	-1.99	-8.45	-12.57	-10.05	44.11	-31.17
คันที่ 9	11.67	4.8	-1.8	-8.19	-12.2	-9.52	44.81	-34.19
คันที่ 10	10.28	3.04	-4.12	-11.33	-16.63	-16	36.1	-0.4



ภาพที่ 4.24 ค่าผิดพลาดของผลลัพธ์ที่จากการทดสอบด้วยสมการต้นแบบในแบบที่ 1

ตารางที่ 4.39 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคำนวณโดยใช้สมการต้นแบบในแบบที่ 2

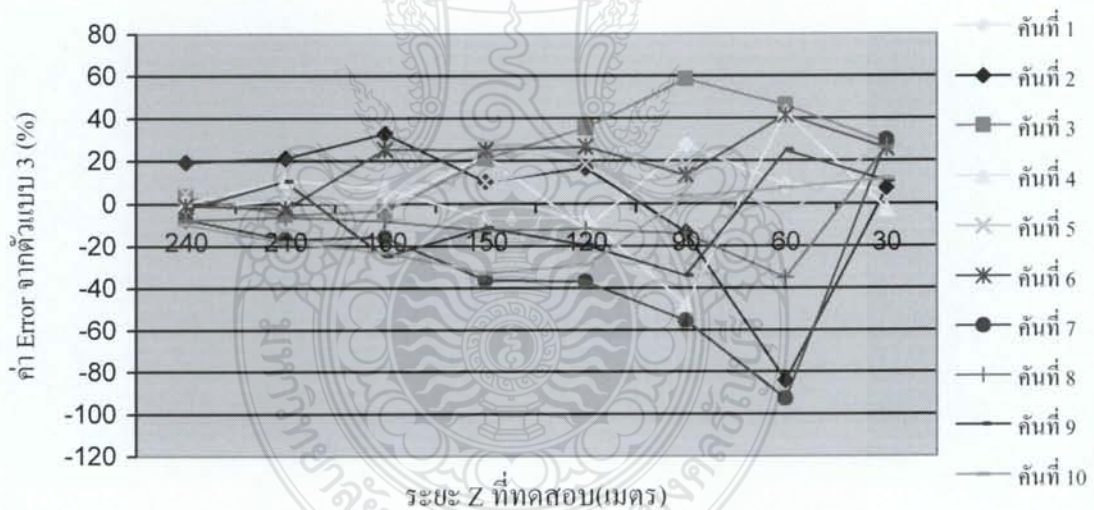
รณ\ ระยะ z	240เมตร	210เมตร	180เมตร	150เมตร	120เมตร	90เมตร	60เมตร	30เมตร
คันทที่ 1	50.59	46.9	47.57	30.93	20.02	32.89	3.32	154.29
คันทที่ 2	50.5	46.73	39.96	11.65	19.52	7.37	1.28	146.19
คันทที่ 3	50.46	46.67	39.87	11.64	-10.3	7.03	44.83	143.21
คันทที่ 4	50.46	46.67	39.88	11.64	-10.3	7.06	74.45	143.54
คันทที่ 5	50.55	46.82	40.08	11.65	-10.29	7.85	54.04	150.46
คันทที่ 6	47.34	40.27	31.08	18.5	0.29	-27.96	-76.86	-166.9
คันทที่ 7	47.37	40.32	31.14	18.6	0.44	-16.71	-76.27	-164.5
คันทที่ 8	47.4	40.36	31.19	18.67	0.55	-15.45	-75.82	-162.8
คันทที่ 9	47.41	40.37	31.21	18.7	0.58	39.11	-75.68	-162.2
คันทที่ 10	47.3	47.4	31.01	31.4	0.14	-5.29	-3.62	22.79



ภาพที่ 4.25 ค่าผิดพลาดของผลลัพธ์ที่จากการทดสอบด้วยสมการต้นแบบในแบบที่ 2

ตารางที่ 4.40 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคำนวณโดยใช้สมการค้นแบบในแบบที่ 3

ระดับ ระยะ z	240เมตร	210เมตร	180เมตร	150เมตร	120เมตร	90เมตร	60เมตร	30เมตร
คืบที่ 1	-2.5	2.19	0.2	22.62	-12.08	27.33	8.9	6.57
คืบที่ 2	19.56	21.38	32.79	10.24	16.69	-13.25	-84.15	7.28
คืบที่ 3	3.48	-5.15	-3.4	20.99	35.62	58.46	46.03	28.58
คืบที่ 4	0.52	11.03	7.37	-7.08	-6.29	-47.82	42.57	-2.74
คืบที่ 5	5.05	1.23	-0.64	10.09	18.61	18.17	-5.96	29.78
คืบที่ 6	-0.77	-2.35	25.43	25.28	26.7	13.3	41.37	25.81
คืบที่ 7	-7.16	-16.57	-15.84	-36	-36.88	-55.46	-92.6	29.86
คืบที่ 8	-7.72	-6.31	-8.16	-12.51	-11.74	-14.04	-35.16	26.67
คืบที่ 9	-2.43	10.71	-24.93	-11.4	-19.4	-33.98	24.9	10.73
คืบที่ 10	-9.75	-18.14	-23.14	-32.77	-29.16	3.46	7.4	11.65



ภาพที่ 4.26 ค่าผิดพลาดของผลลัพธ์ที่จากการทดสอบด้วยสมการค้นแบบในแบบที่ 3

บทที่ 5

บทวิเคราะห์และข้อสรุป

ในบทนี้เป็นการสรุปผลการทดลองของการคำนวณหาระยะทางของรถที่สวนทางมาในฝั่งตรงข้าม จากภาพถ่ายดวงไฟหน้ารถที่ทำกรทดสอบด้วยสมการต้นแบบพยากรณ์ที่ได้จากผลการวิจัย การคำนวณหาระยะทาง ซึ่งเป็นผลการตรวจสอบภาพและประมวลผลลัพท์จากภาพที่ได้ทดลองใน บทที่ 4 โดยสามารถสรุป วิเคราะห์ผลและพิจารณาได้ดังนี้

5.1 ค่าประสิทธิผลจากการคำนวณ

การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว (เครื่องหมายของสหสัมพันธ์ที่คำนวณได้) ซึ่งถ้าสหสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 ตัวจะมีความสัมพันธ์กันทางบวกหรือมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งตัวแปรต้นกับตัวแปรตามจะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงในทางเดียวกัน สำหรับงานวิจัยนี้ สหสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 ตัวที่คำนวณได้มีค่าเป็นลบหรือมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้าม นั่นคือถ้าตัวแปรต้นหรือระยะห่างดวงไฟ 2 ดวงหน้ารถในภาพมีค่าเพิ่มขึ้น ระยะของรถที่สวนทางเข้ามาใกล้กล้องจะมีค่าลดลง

ในการวิเคราะห์ผลสามารถพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพของการคำนวณ 3 ตัวคือสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับค่าได้ $R^2(\text{adj})$ หรือ \bar{R}^2 และความผิดพลาดมาตรฐานจากการประมาณ (SEE) ซึ่งได้อธิบายที่มารวมถึงการคำนวณไว้ในบทที่ 2

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจหมายถึงเปอร์เซ็นต์ของความแปรปรวนในตัวแปรหนึ่งสามารถอธิบายหรือทำนายได้ด้วยตัวแปรอื่นๆ ตัวอย่างเช่น ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างดวงไฟ 2 ดวงในภาพกับระยะของรถที่สวนทางมามีค่าสหสัมพันธ์ $R = -0.617$ ดังนั้นสัมประสิทธิ์การตัดสินใจจะเท่ากับ $R^2 = 0.381$ เราจะแปลความหมายสัมประสิทธิ์การตัดสินใจได้ว่าร้อยละ 38.1 ของความแปรปรวนของระยะทางที่รถสวนทางมานั้น สามารถอธิบายหรือทำนายได้ด้วยระยะห่างของดวงไฟ 2 ดวงในภาพ โดยทั่วไปการพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลลัพท์ ถ้าความสัมพันธ์กันน้อยค่าสหสัมพันธ์จะอยู่ระหว่าง -0.29 ถึง -0.10 หรือ 0.10 ถึง 0.29 หากความสัมพันธ์กันปานกลางค่าสหสัมพันธ์จะมีค่าอยู่ระหว่าง -0.49 ถึง -0.30 หรือ 0.30 ถึง 0.49 ส่วนความสัมพันธ์กันสูงค่าสหสัมพันธ์จะอยู่ระหว่าง -1.00 ถึง -0.50 หรือ 0.50 ถึง 1.00

จากบทที่ 4 เมื่อนำมาวิเคราะห์การแปลผลทางสถิติสามารถสรุปผลจากค่าประสิทธิผลของการคำนวณ โดยแยกตามรูปแบบการวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 ค่าประสิทธิผลจากการคำนวณ (พิจารณาในแนวแกน X)

ตารางที่ 5.1 ค่าประสิทธิผลจากผลลัพธ์ที่อ้างอิงด้วยระยะดวงไฟหน้ารถจริงจาก Specify

วิธีการวิเคราะห์	ระยะทาง	SEE	R-Sq	R-Sq(adj)
แบบเชิงเส้น	30 - 240 เมตร	42.948	0.707	0.658
แบบพหุนาม	30 - 240 เมตร	20.015	0.947	0.926

ตารางที่ 5.2 ค่าประสิทธิผลจากผลลัพธ์ที่อ้างอิงด้วยระยะระหว่างกล้อง 2 ตัว

วิธีการวิเคราะห์	ระยะทาง	SEE	R-Sq	R-Sq(adj)
แบบเชิงเส้น	30 - 240 เมตร	42.553	0.760	0.665
แบบพหุนาม	30 - 240 เมตร	42.250	0.717	0.669
แบบเชิงเส้น	ช่วงที่ 1 : 30 - 120 เมตร	6.438	0.982	0.972
	ช่วงที่ 2 : 150 - 240 เมตร	47.267	0.700	0.000
แบบพหุนาม	ช่วงที่ 1 : 30 - 120 เมตร	7.635	0.987	0.961
	ช่วงที่ 2 : 150 - 240 เมตร	64.116	0.860	0.000

5.1.2 ค่าประสิทธิผลจากการคำนวณ (พิจารณาในแนวแกน Y)

ตารางที่ 5.3 ค่าประสิทธิผลจากผลลัพธ์ที่อ้างอิงด้วยระยะระหว่างกล้อง 2 ตัว

วิธีการวิเคราะห์	ระยะทาง	SEE	R-Sq	R-Sq(adj)
แบบเชิงเส้น	30 - 240 เมตร	34.381	0.812	0.781
แบบพหุนาม	30 - 240 เมตร	11.562	0.982	0.976
แบบเชิงเส้น	ช่วงที่ 1 : 30 - 120 เมตร	15.773	0.889	0.834
	ช่วงที่ 2 : 150 - 240 เมตร	12.008	0.936	0.904
แบบพหุนาม	ช่วงที่ 1 : 30 - 120 เมตร	10.198	0.977	0.931
	ช่วงที่ 2 : 150 - 240 เมตร	7.134	0.989	0.966

5.2 ฟังก์ชันที่เหมาะสมในการพยากรณ์ค่าระยะทาง

จากบทที่ 4 เราจะได้สมการต้นแบบ วิธีการวิเคราะห์การแปรผลทางสถิติที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ แสดงในตารางที่ 5.4 – 5.6 ดังนี้

ตารางที่ 5.4 แบบที่ 1 อ้างอิงด้วยระยะห่างไฟ 2 ดวงหน้ารถที่แท้จริงจาก Speccify

วิธีการวิเคราะห์	สมการต้นแบบ	ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ
แบบพหุนาม	$C_1 = 308.3 - 6.519 C_2 + 0.03483 C_2^2$	0.926

ตารางที่ 5.5 แบบที่ 2 อ้างอิงกับระยะระหว่างกล้อง 2 ตัวในระนาบแกน X (แนวนอน)

วิธีการวิเคราะห์	สมการต้นแบบ	ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ
แบบเชิงเส้น(ช่วงที่ 1)	$C_3 = 133.2 - 44.30 C_4$	0.972

ตารางที่ 5.6 แบบที่ 3 อ้างอิงกับระยะระหว่างกล้อง 2 ตัวในระนาบแกน Y (แนวตั้ง)

วิธีการวิเคราะห์	สมการต้นแบบ	ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ
แบบพหุนาม	$C_1 = 215.6 - 398.8 C_2 + 173.5 C_2^2$	0.976

หมายเหตุ *** = ให้เปอร์เซ็นต์ถูกต้องสหสัมพันธ์สูงสุด

เมื่อ C_1, C_3 = ระยะทางของรถที่สวนทางมา ซึ่งวัดระยะจริง (เมตร)

C_2, C_4 = ระยะห่างดวงไฟที่ประมวลผลได้จากภาพนิ่ง (พิกเซล)

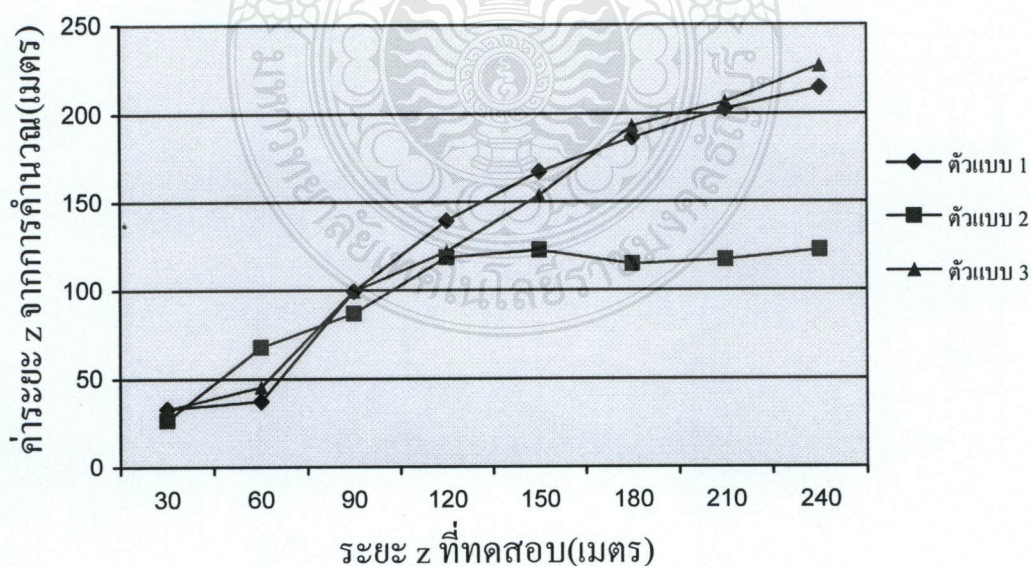
5.3 สรุปผลการทดสอบการพยากรณ์ด้วยสมการต้นแบบ

ตารางที่ 5.7 เปรียบเทียบผลลัพธ์จากค่าเฉลี่ยของตัวแบบทั้ง 3 แบบ

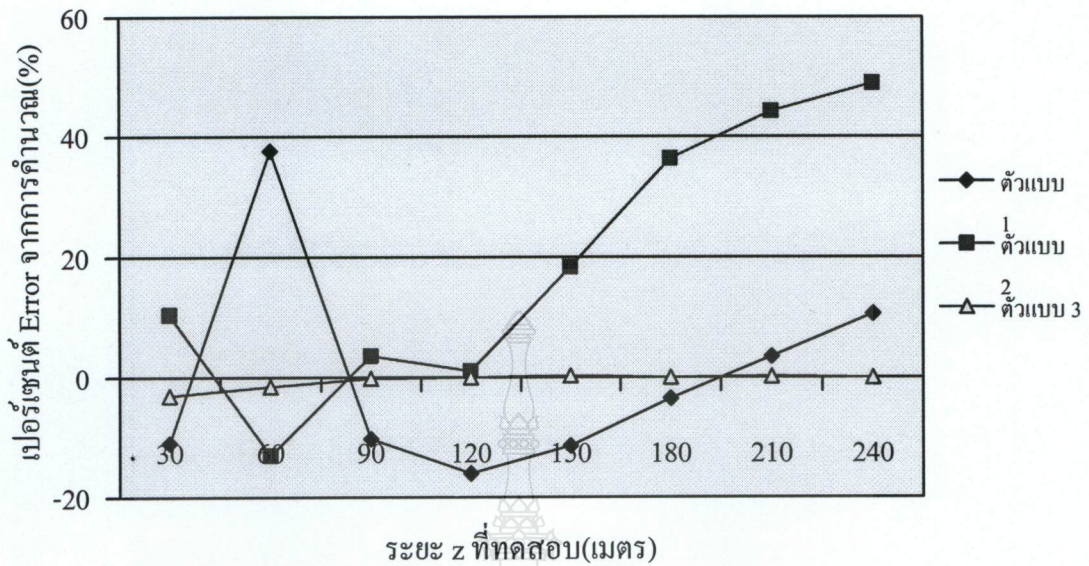
ระยะ Z (เมตร)	ใช้ตัวแบบที่ 1		ใช้ตัวแบบที่ 2		ใช้ตัวแบบที่ 3	
	ระยะ Zcal	Error	ระยะ Zcal	Error	ระยะ Zcal	Error
	(เมตร)	(%)	(เมตร)	(%)	(เมตร)	(%)
30	33.31	-11.03	26.88	10.4	32.99	-3.11
60	37.44	37.6	67.82	-13.03	45.69	-1.52
90	99.26	-10.29	86.77	3.59	99.18	-0.18
120	139.22	-16.02	118.72	1.06	122.06	-0.05
150	167.19	-11.46	122.49	18.34	153.66	0.22
180	186.37	-3.54	114.66	36.3	193.09	-0.05
210	202.75	3.45	117.07	44.25	206.60	0.19
240	214.6	10.58	122.55	48.94	226.98	0.01

เมื่อ Z = ระยะทางที่ใช้ทดสอบ

Z_{cal} = ระยะทางที่รถสวนทางมาจากการคำนวณ



ภาพที่ 5.1 ระยะ Z เฉลี่ยที่คำนวณได้จากตัวแบบทั้ง 3 แบบ



ภาพที่ 5.2 ค่าผิดพลาดที่เกิดจากการคำนวณระยะ Z จากตัวแบบทั้ง 3 แบบ

ตารางที่ 5.8 สรุปค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ระยะทาง

วิธีการทดสอบ	ตัวแบบที่ใช้พยากรณ์	ค่าผิดพลาด เฉลี่ยสูงสุด(%)	ค่าผิดพลาด เฉลี่ยต่ำสุด(%)
แบบที่ 1	$C_1 = 308.3 - 6.519 C_2 + 0.03483 C_2^2$	37.0	3.45
แบบที่ 2	$C_3 = 133.2 - 44.30 C_4$	48.94	1.06
แบบที่ 3	$C_1 = 215.6 - 398.8 C_2 + 173.5 C_2^2$	-3.11	0.01

5.4 สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยได้นำเสนอการคำนวณระยะทางโดยมีปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อความถูกต้องของการคำนวณระยะทางอยู่บ้าง ประการแรกเรื่องการถ่ายภาพสำหรับการตั้งค่า ISO หรือรูรับแสงของกล้อง ค่าที่ถูกต้องควรตั้งไว้ที่ ISO 400 ประการที่สองการใช้ฟิลเตอร์จะสามารถช่วยให้ได้ภาพที่คมชัดยิ่งขึ้น เนื่องจากจะไปช่วยลดในเรื่องความจ้าของแสงไฟสำหรับข้อสรุปอื่นๆสามารถแยกพิจารณา 3 รูปแบบ คือ

1) การทดลองติดตั้งกล้องในระนาบ X และนำค่าระยะห่างระหว่างไฟ 2 ดวงในภาพมาอ้างอิงด้วยระยะห่างระหว่างไฟ 2 ดวงหน้ารถจริงจากข้อมูลเฉพาะของรถนั้นๆ หรือระยะ a

เนื่องจากการทดลอง ระยะ a จาครถจำนวน 10 คัน 2 ประเภทจะไม่เท่ากัน โดยข้อผิดพลาดเกิดจากความแตกต่างของระยะไฟหน้ารถแต่ละคันและโมเดลที่ใช้คำนวณจริงเกิดจากค่าเฉลี่ย ผลการคำนวณระยะทางหากค่า a น้อยกว่าค่าเฉลี่ยระยะทางระหว่างกล้องกับรถจะน้อยกว่าค่าที่แท้จริง หากค่า a มากกว่าค่าเฉลี่ย ผลการคำนวณระยะทางจะเกินกว่าระยะทางจริงระหว่างกล้องและรถยนต์ จากตารางที่ 5.8 จะเห็นว่าค่าผิดพลาดค่อนข้างสูงเฉลี่ยร้อยละ 37 เพราะไม่สามารถทราบค่าของ a ที่แท้จริง จึงได้แก้ปัญหาดังกล่าวโดยทดลองในข้อ 2 และ 3

2) การทดลองติดตั้งกล้องในระนาบ X และนำค่าแตกต่างของตำแหน่ง X ในภาพมาอ้างอิงกับระยะห่างระหว่างกล้อง 2 ตัวในระนาบ X หรือแนวนอน ผลการคำนวณระยะทางจะให้ความถูกต้องและแม่นยำสูงที่ระยะใกล้ๆเท่านั้น(ระยะ 30 - 120 เมตร) ในขณะที่เดียวกันก็จะมีค่าผิดพลาดสูงที่ระยะไกลออกไป(ระยะ 150 - 240 เมตร) โดยเฉลี่ยร้อยละ 48.94 ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 5.8

3) การทดลองติดตั้งกล้องในระนาบ Y และนำค่าแตกต่างตำแหน่ง Y ในภาพมาอ้างอิงกับระยะห่างระหว่างกล้อง 2 ตัวในระนาบ Y หรือแนวตั้ง สำหรับผลการคำนวณระยะทางจะให้ความถูกต้องโดยรวมค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับรูปแบบที่ 1 และ 2 ซึ่งค่าผิดพลาดสามารถยอมรับได้เฉลี่ยอยู่ที่ระหว่างร้อยละ -3.11 - 0.01 ดังแสดงในตารางที่ 5.8

การวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่าค่าความต่างหรือค่าเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของศูนย์กลางดวงไฟในภาพระหว่างกล้อง 2 ตัวมีความสัมพันธ์กับระยะทาง ซึ่งสามารถนำหลักการวิเคราะห์การแปลผลทางสถิติมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างเครื่องมือในการประเมินค่าได้ จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการพยากรณ์ระยะทางด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นต่อเนื่องแบบ โพลีโนเมียลตลอดช่วงที่ระยะ 30 - 240 เมตร จะมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ได้อย่างถูกต้องที่สุดมีค่าผิดพลาดต่ำสุดเพียงร้อยละ 0.01

5.5 ข้อเสนอแนะและแนวคิดเพื่อการพัฒนาเพิ่มเติมในอนาคต

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการทดลองจาครถกระบะและรถนั่งส่วนบุคคลเท่านั้น ดังนั้นการนำเอาเทคนิคหรือตัวแบบที่สร้างไปใช้ในการพยากรณ์รถชนิดอื่นๆ จะส่งผลกระทบต่อความถูกต้องหากเลือกใช้วิธีการที่แรก เนื่องจากรถออกแบบให้ดวงไฟมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อรถมีขนาดใหญ่ขึ้นดวงไฟหน้ารถก็จะมีความใหญ่ตาม ทำให้ระยะห่างของดวงไฟที่คำนวณได้ก็จะลดลงจากการสะท้อนของแสงมายังอุปกรณ์รับภาพมากขึ้น ในการนำไปประยุกต์ใช้ต้องทำการทดลองวิจัยและสร้างตัวแบบขึ้นมาใหม่ งานวิจัยได้พัฒนาวิธีหาตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ระยะทางให้แม่นยำขึ้น โดยจะ

พิจารณาศูนย์กลางของดวงไฟซึ่งมีค่าไม่ต่างกันมากสำหรับรถแต่ละคัน รวมทั้งพิจารณาค่าเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งศูนย์กลางดวงไฟ ระหว่างกล้อง 2 ตัว จึงไม่ต้องสนใจเรื่องขนาดดวงไฟหน้ารถ จากการทดลองจริงในรูปแบบที่ 3 ที่กล่าวมาแล้วนั้นจะมีประสิทธิภาพการพยากรณ์ค่อนข้างสูง งานวิจัยนี้มีประเด็นที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ เช่น การพยากรณ์หาชนิดของรถที่สวนทางมา ซึ่งมีแนวทางและความเป็นไปได้สูง

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยมีความยินดีหากมีนักวิจัยที่สนใจในการพัฒนาต่อยอด เพื่อให้เกิดองค์ความรู้และการประยุกต์งานทางด้านวิศวกรรมให้เกิดประโยชน์ทางด้านความปลอดภัย เนื่องจากความรู้ทางด้านการประมวลผลภาพมักจะนำมาใช้ในด้านรถยนต์อัจฉริยะหรือการตรวจจับต่างๆ งานวิจัยนี้จึงเป็นแนวความคิด เพื่อให้ นักวิจัยตระหนักและเห็นถึงประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยทางด้านวิศวกรรมให้ตอบสนองต่อความต้องการของประเทศต่อไป



รายการอ้างอิง

- [1] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศการขนส่งและจราจร (ศทท.). “การสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.otp.go.th>, 2554. [สืบค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2554]
- [2] Gonzalez, Rafael C., Woods, Richard E. and Eddins, Steven L. 2002 **Digital Image Processing**, 2nd ed, Newjersey: Prentice Hall, 2002. pp 49 - 55
- [3] Sa-nguannam, A., Srinonchat, J., “Applied Image Processing Technique for Detection the Defects of Ball Grid Array,” **The 31th Electrical Engineering Conference Proceedings (EECON31)**, October 2008, Nakornnayok, Thailand, 2008. pp 1073 – 1076
- [4] Demers, J., **Depth of Field: A Survey of Techniques GPU Gems**, 2004. pp. 375-390
- [5] Stein, B., Reynolds, J., **Mechanical and Electrical Equipment for Building**, 11th ed, New York: John Wiley & Sons Co., 1998. pp 197
- [6] Dennis, P., “Distance Perception”, **Current Directions in Psychological Science**, vol.15 2006. pp 131 - 135
- [7] Ricardo, V., Youssef, D., “A Perspective View and Survey of Meta-Learning”, IBM T.J. Watson Research Center Saw Mill River Rd. Hawthorne NY , **Artificial Intelligence Review 18**, USA, 2002. pp 77 - 95
- [8] Oscar, T., “**Linear Regression (Ver.6.0)**,” [online]. เข้าถึงได้จาก <http://dss.princeton.edu> [สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2552]
- [9] Tatiyana, V., et al., “Simex and Standard Error Estimation in Semiparametric Measurement Error Models,” **Electronic Journal of Statistics Vol. 3**, 2009. pp 318 - 348
- [10] Tao, H. , May, H. , “A New Stereo Matching Algorithm for Binocular Vision”, **International Journal of Hybrid Information Technology**, Vol.3, No.1, January, 2010. pp 1 - 6
- [11] Nagumo, S., Hasegawa, H. and Okamoto, N., “Extraction of Forward Vehicles by Front-Mounted Camera Using Brightness Information,” **IEEE CCECE 2003. Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering**, May 2003, Yokohama, Japan 2003. pp 1243 – 1246
- [12] Gat, I., Benady, M., and Shashua, A., “A Monocular Vision Advance Warning System for the Automotive Aftermarket,” **SAE Transactions**, Vol.114, 2005. pp 403 - 410.

- [13] Suansomjit, P. **Night - Time Recognition for Car-Driving Support System**. Master's Thesis. Department of Electronics and Telecommunication Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2006.



ภาคผนวก





ภาคผนวก ก

รถยนต์ที่ใช้ในงานวิจัย



ภาพที่ ก.1 รถยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยคันที่ 1



ภาพที่ ก.2 รถยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยคันที่ 2



ภาพที่ ก.3 รถยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยคันที่ 3



ภาพที่ ก.4 รถยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยคันที่ 4



ภาพที่ ก.5 รถยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยคันที่ 5



ภาพที่ ก.6 รถยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยคันที่ 6



ภาพที่ ก.7 รถยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยคันที่ 7



ภาพที่ ก.8 รถยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยคันที่ 8



ภาพที่ ก.9 รถยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยคันที่ 9



ภาพที่ ก.10 รถยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยคันที่ 10

ภาคผนวก ข

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่



2

2009 6th International Conference
on Electrical Engineering/Electronics,
Computer, Telecommunications,
and Information Technology

ECTI-CON 2009

May 6th - 9th, 2009

Ambassador City Jomtien
Pattaya, Chonburi, Thailand

ISBN 978-1-4244-3388-9
IEEE Catalog Number: CP09006E
Library of Congress: 2008910219



NECTEC
a member of NSTDA

IEEE
THAI SECTION

Organizing Committee

ECTI-CON
2009

Steering Committee

Jun-ichi Takada (TIT, Japan) ('09)
Kazushi Nakano (UEC, Japan) ('09)
Saykhong Saynasine (NUOL, Laos) ('09)
Brent Bargmann (Seagate, Thailand) ('09)
Prabhas Chongsatitwattana (CU) ('09)
Kosin Chamnongthai (KMUTT) ('10)
Chaiwit Chat-uthai (KMITL) ('10)
Weerachet Kanngern (KMITL) ('10)
Apirat Siritaratiwat (KKU) ('10)
Seyed Hossein Hosseini (U. Tabliz, Iran) ('10)
Tuptim Angkaew (CU) ('10)
Sawasd Tantaratana (SIIT) ('10)

General Chair

Monai Krairiksh (KMITL)

Vice Chair

Ekachai Leelarasmee (CU)

Technical Program Chair

Prabhas Chongsatitwattana (CU)

Local Arrangement Chairs

Vara Varavithya (KMUTNB)
Yaowadee Temptanapat (KMUTNB)

Publication & IS Chairs

Phongsak Keeratiwintakorn (KMUTNB)
Marong Phadoonsidhi (KMUTNB)
Pisit Vanichchanunt (KMUTNB)

Sponsor & Exhibition Chair

Pisit Vanichchanunt (KMUTNB)

Finance Chairs

Marong Phadoonsidhi (KMUTNB)

Registration Chair

Sopon Apiromvorakan (KMUTNB)

Publicity Chair

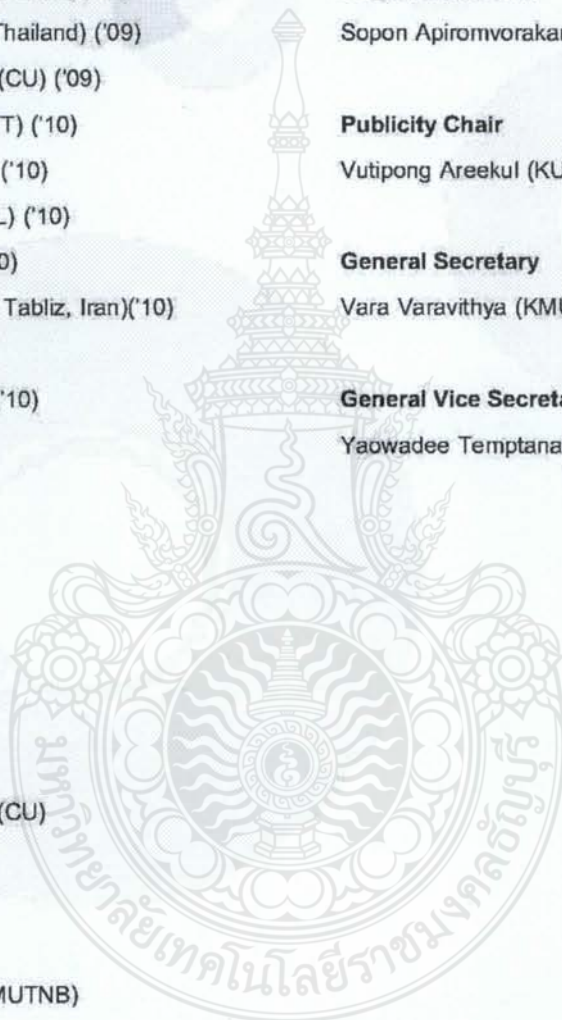
Vutipong Areekul (KU)

General Secretary

Vara Varavithya (KMUTNB)

General Vice Secretary

Yaowadee Temptanapat (KMUTNB)



Technical Program Committee

Program Chair: Prabhas Chongsatitvatana (CU)

Area 1) Devices, Circuits and Systems

Associate Program Chair Area 1: Apinunt Thanachayanont (KMITL)

Program Committee Area 1

Wanchalerm Pora (CU)

Pasin Isarasena (NECTEC)

Songphol Kanchanachuchai (CU)

Area 2) Computers and Information Technology

Associate Program Chair Area 2: Kerk Piromsopa (CU)

Program Committee Area 2

Marong Phadoongsidhi (KMUTNB)

Nipon Theera-Umporn (CMU)

Area 3) Communication Systems

Associate Program Chair Area 3: Chaodit Aswakul (CU)

Program Committee Area 3

Denchai Worasawate (KU)

Peerapol Yuvapootanon (MUT)

Area 4) Controls

Associate program Chair Area 4: Manop Wongsaisuwan (CU)

Program Committee Area 4

Poj Tangamchit (KMUTT)

Matthew Dailey (AIT)

Area 5) Electrical Power Systems

Associate Program Chair Area 5: Sutthichai Premrudeepreechacharn (CMU)

Program Committee Area 5

Bundhit Eua-Arporn (CU)

Natthaphob Nimpitiwan (BU)

Area 6) Signal Processing

Associate Program Chair Area 6: Vutipong Areekul (KU)

Program Committee Area 6

Somchart Chokchaitam (TU)

Nisachon Tangsangiumvisai (CU)



Aaron Solomon, National Chi-Nan, Taiwan
Adisorn Tuantranont, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Amorn Jiraseree-amornkun, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Amporn Poyai, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Anan Phonphoem, Kasetsart University, Thailand
Anantawat Kunakorn, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Andrew F Peterson, Georgia Institute of Technology, United States
Anucha Ruangphanit, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Anuwat Jangwanitlert, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Apinunt Thanachayanont, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Apirat Siritaratiwat, Khon Kaen University, Thailand
Apisak Worapishet, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Arporn Teeramongkonrasmee, Chulalongkorn University, Thailand
Arthit Thongtak, Chulalongkorn University, Thailand
Atiwong Suchato, Chulalongkorn University, Thailand
Boonserm Kijisirikul, Chulalongkorn University, Thailand
Boonying Charoen, Khon Kaen University, Thailand
Bundhit Bundhit Eua-Arporn, Chulalongkorn University, Thailand
Cattareeya Suwanasri, Naresuan University, Thailand
Chai Wutiw WATCHAI, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Chaiyod Pirak, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Chakguy Prakasvudhisarn, Shinawatra University, Thailand
Chakphed Madtharad, Provincial Electricity Authority, Thailand
Chalermek Intanagonwiwat, Chulalongkorn University, Thailand
Chalermpol Charnsripinyo, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Chalie Charoenlarnpparut, Sirindhorn International Institute of Technology, Thailand
Chanchai Thongsopa, Suranaree University of Technology, Thailand
Chamchai Pluempitwiriyaewej, Chulalongkorn University, Thailand
Charturong Tantibundhit, Thammasat University, Thailand
Chatrpol Letsirimit, Asian University, Thailand
Chawalit Benjangkprasert, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Chawasak Rakpenthai, Naresuan University Phayao, Thailand
Ching Kuang C Tzuang, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan
Chiranut Sangiamsak, Khon Kaen University, Thailand
Chirasil Chayawan, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand

Chokchai Sangdao, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Choochart Haruechaiyasak, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Chumnarn Punyasai, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Chutima Prommak, Suranaree University of Technology, Thailand
Chuttchaval Jeraputra, Mahidol University, Thailand
Chuwong Phongcharoenpanich, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Chuwong Phongcharoenpanich, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
David Banjerdpongchai, Chulalongkorn University, Thailand
Denchai Worasawate, Kasetsart University, Thailand
Diew Kulpirak, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Dulpichet Rerkpreedapong, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Dusit Thanapatay, Kasetsart University, Thailand
Ekachai Phaisangittisagul, Kasetsart University, Thailand
Elias Kyriakides, University of Cyprus, Cyprus
Eyung Lim, Temasek Polytechnic, Singapore
Hideyuki Sawada, Kagawa University, Japan
Issarachai Ngamroo, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Itthisek Nilkhamhang, Sirindhorn International Institute of Technology, Thailand
Janejoab Virapanicharoen, Provincial Electricity Authority, Thailand
Jatuporn Chinrungrueng, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Jen Tsai Kuo, National Chiao Tung University, Taiwan
Jerapong Rojanarowan, Assumption University, Thailand
Jittat Fakcharoenphol, Kasetsart University, Thailand
Juggapong Natwichai, Chiang Mai University, Thailand
Junghoon Lee, Cheju National, Korea
K Guney, Erciyes University, Turkey
Kanokvate Tungpimolrut, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Kasin Vichienchom, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Kitsana Waiyamai, Kasetsart University, Thailand
Kohji Higuchi, The University of Electro-Communications, Japan
Koonlachat Meesublak, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Kerk Piromsopa, Chulalongkorn University, Thailand
Krittaya Chawanonphithak, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Kultida Rojviboonchai, Chulalongkorn University, Thailand
Lonnie Ludeman, New Mexico State University, United States
Lunchakorn Wuttisittikulki, Chulalongkorn University, Thailand
Mana Sriyudthsak, Chulalongkorn University, Thailand
Manop Wongsaisuwan, Chulalongkorn University, Thailand
Manos Tentzeris, Mahanakorn University of Technology, United States
Marong Phadoongsidhi, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand

Masaki Yamakita, Tokyo Institute of Technology, Japan
Matthew N. Dailey, Asian Institute of Technology, Thailand
Methee Srisupunditt, Asian Institute of Technology, Thailand
Mitchai Chongcheawchamnan, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Monai Krairiksh, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Mongkol Konghirun, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Montree Siripruchyanun, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Montri Karnjanadecha, Prince of Songkla University, Thailand
Naebboon Hoonchareon, Chulalongkorn University, Thailand
Naratip Wongkomet, "Silicon Craft Technology Co., Ltd", Thailand
Naruemon Wattanapongsakorn, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Natasha Dejdumrong, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Natawut Nupairoj, Chulalongkorn University, Thailand
Nattee Nipaman, Chulalongkorn University, Thailand
Nattha Jindapetch, Prince of Songkla University, Thailand
Natthaphob Nimpitiwan, Bangkok University, Thailand
Nimit Chomnawang, Suranaree University of Technology, Thailand
Nipapon Siripon, Chiang Mai University, Thailand
Nipon Theera-Umpon, Chiang Mai University, Thailand
Nisachon Tangsangiumvisai, Chulalongkorn University, Thailand
Nongluk Covavisaruch, Chulalongkorn University, Thailand
Noppadol Uchaipichat, Thammasat University, Thailand
Nuntiya Chaiyabut, Bangkok University, Thailand
Pakorn Kaewtrakulpong, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Panachit Kittipanya-ngam, Institute of Infocomm Research, Singapore
Panita Pongpaiboon, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Panrasee Ritthipravat, Mahidol University, Thailand
Parnjit Damrongkulkamjorn, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Pasin Israsena, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Pathomthat Chiradeja, Srinakharinwirot University, Thailand
Patrachart Komolkiti, Assumption University, Thailand
Peerapol Jirapong, Chiang Mai University, Thailand
Peerapol Yuvapoositanon, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Peerapon Siripongwutikorn, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Peerapong Uthansakul, Suranaree University of Technology, Thailand
Peerayot Sanposh, Kasetsart University, Thailand
Phakphoom Boonyanant, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Phanumas Khumsat, Prince of Songkla University, Thailand
Phoemphun Oothongsap, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Phongsak Keeratiwintakorn, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand

Phumin Kirawanich, Mahidol University, Thailand
Pichai Aree, Thammasat University, Thailand
Pichaya Tandayya, Prince of Songkla University, Thailand
Pisit Boonsrimuang, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Pongsatorn Sedtheetorn, Mahidol University, Thailand
Ponrudee Netisopakul, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Poompat Saengudomlert, Asian Institute of Technology, Thailand
Poonlap Lamsrichan, Kasetsart University, Thailand
Pornanong Pongpaibool, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Pornchai Phukpattaranont, Prince of Songkla University, Thailand
Pradit Fuangfoo, Provincial Electricity Authority, Thailand
Prayoot Akkaraekthalin, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Ruttikorn Varakulsiripunth, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Sabri Arik, Istanbul University, Turkey
Sakchai Thipchaksurat, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Samphan Prompichai, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Sanchai Dechanupaprittha, Kyushu Institute of Technology, Japan
SangHo Lee, Chungbuk National, Korea
Sanpachai Huvanandana, CRMA, Thailand
Sanparith Marukatat, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Sanpawat Kantabuttra, Chiang Mai University, Thailand
Sansanee Auephanwiriyaikul, Chiang Mai University, Thailand
Sanya Mitaim, Thammasat University, Thailand
Saowapak Sotthivirat, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Sarawan Wongsa, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Sarun Sumriddetchkajorn, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Sathaporn Promwong, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Satoru Ohta, Toyama Prefectural University, Japan
Sawasd Tantaratana, Sirindhorn International Institute of Technology, Thailand
Setha Pan-ngum, Chulalongkorn University, Thailand
Siddharth Suryanarayanan, Colorado School of Mines, United States
Sirichai Pornsarayouth, Chulalongkorn University, Thailand
Siroj Sirisukprasert, Kasetsart University, Thailand
Siwaruk Siwamogsatham, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Somboon Nuchprayoon, Chiang Mai University, Thailand
Somboon Sangwongwanich, Chulalongkorn University, Thailand
Somchart Chokchaitam, Thammasat University, Thailand
Somnuk Puangpronpitag, Mahasarakham University, Thailand
Somphop Limsoonthrakul, Asian Institute of Technology, Thailand
Sompob Polmai, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand

Somying Thainimit, Kasetsart University, Thailand
Songphol Kanjanachuchai, Chulalongkorn University, Thailand
Steve Gordon, Sirindhorn International Institute of Technology, Thailand
Suchin Arunsawatwong, Chulalongkorn University, Thailand
Sukree Sinthupinyo, Chulalongkorn University, Thailand
Sumate Naetiladdanon, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Suneat Pranonsatit, Kasetsart University, Thailand
Sungwan Boksuwan, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Supakorn Siddhichai, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Supat Kittiratsatcha, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Surachai Chaitusaney, Chulalongkorn University, Thailand
Surapong Suwankawin, Chulalongkorn University, Thailand
Suree Pumrin, Chulalongkorn University, Thailand
Surin Khomfoi, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Taweesak Reungpeerakul, Prince of Songkla University, Thailand
Teerakiat Kerdcharoen, Mahidol University, Thailand
Teerasit Kasetkasem, Kasetsart University, Thailand
Teeravisit Laohapengsang, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Thanachayanont Chanchana, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Thananchai Leephakpreeda, Sirindhorn International Institute of Technology, Thailand
Thanapong Suwanasri, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Thavatchai Tayjasahant, Chulalongkorn University, Thailand
Thavida Maneewarn, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Theerachet Soorapanth, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Theerayod Wiangtong, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Thipwan Fangsuwannarak, Suranaree University of Technology, Thailand
Thitiwan Srinark, Kasetsart University, Thailand
Thumrongrat Amornraksa, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Titipong Lertwiryaprapa, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Toshiaki Kondo, Sirindhorn International Institute of Technology, Thailand
Trin Saengsuwan, Kasetsart University, Thailand
Twittie Senivongse, Chulalongkorn University, Thailand
Ukrit Watchareeruetai, Nagoya University, Japan
Urachada Ketprom, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Usana Tuntoolavest, Kasetsart University, Thailand
Vara Varavithya, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Varakorn Kasemsuwan, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Vasaka Visoottiviseth, Mahidol University, Thailand
Veerachai Malyavaj, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Viboon Chunkag, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand

Virasit Imtawil, Khon Kaen University, Thailand
Viriya Pichetchumrun, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Vorapoj Patanavijit, Assumption University, Thailand
Vutipong Areekul, Kasetsart University, Thailand
Wachira Chongburee, Kasetsart University, Thailand
Wanchalerm Pora, Chulalongkorn University, Thailand
Wannarat Suntiamorntut, Prince of Songkla University, Thailand
Waree Kongprawechnon, Sirindhorn International Institute of Technology, Thailand
Waroth Kuhirun, Kasetsart University, Thailand
Wathanyoo Khaisongkram, Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan
Widhyakorn Asdomwised, Chulalongkorn University, Thailand
Wiklom Teerapabkajorndet, Prince of Songkla University, Thailand
Wipawee Usaha, Suranaree University of Technology, Thailand
Wiroonsak Santipach, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Wutipong Areekul, Kasetsart University, Thailand
Wuttipong Kumwilaisak, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Xiulong Bao, Dublin Institute of Technology, Ireland
Yongyuth Permpoontanalarp, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Yuttana Kumsuwan, Rajamangala University of Technology Lanna Tak, Thailand



An Investigation of Robustness in Independent Component Analysis EMG	1102
<i>Direk Sueaseenak, Theerasak Chanwimalueang, Manas Sangworasil, and Chuchart Pintaviroj</i>	
3D Modeling of Detected Pleural Thickenings through Thin Plate Spline Interpolation	1106
<i>Nipapom Saekor, Somchart Roongruangsorakarn, Kraisor Chaisaowong, Thomas Kraus, and Til Aach</i>	

Session FAM2-5 : Image Processing II

Image Denoising Employing a Bivariate Pearson distribution with Rayleigh density Priori for Statistical Parameter	1112
<i>P. Kittisuwan, W. Asdornwised, and S. Marukatal</i>	
Apply Image Processing Technique to Determine The Correlation of Chlorophyll	1116
<i>Sattarpoom Thaiparnit and Jakkree Srinonchat</i>	
An Image Registration Algorithm Using a Particle Filters	1120
<i>T. Kasatkasem, N. Homsup, and D. Meetil</i>	
Gaussian Curvature-Based Geometric Invariance	1124
<i>P. Tosranon, A. Sanpanich, C. Bunluechokchai, and C. Pintaviroj</i>	

Session FPM1-5 : Object Tracking

Multiple Object Tracking Using Improved GMM-Based Motion Segmentation	1130
<i>Saeid Fazli, Hamed Moradi Pour, and Hamed Bouzari</i>	
A Robust Hybrid Movement Detection Method in Complex Background	1134
<i>Saeid Fazli, Hamed Moradi Pour, and Hamed Bouzari</i>	
Practical Application for Vision-based Traffic Monitoring System	1138
<i>Kantip Kiratiratanapruk and Supakorn Siddhichai</i>	
A New Technique to Define the Overtake Distance Using Image Processing	1142
<i>Pairoj Saengpredeekorn and Jakkree Srinonchat</i>	

Session FAM2-3 : Adaptive Signal Processing

Affine Projection Algorithm with Coefficient Vector Reusing	1148
<i>Hyeonwoo Cho, Yong-ju Jeon, Doo-chul Choi, and Sang Woo Kim</i>	
Mixed-Tone Normalised Orthogonal Gradient Adaptive Per-Tone DMT Equalisation	1151
<i>Suchada Sitjongsataporn and Peerapol Yuvapoositanon</i>	
A Time-Reversal-Based Space-Time Block Coded Blind Adaptive MC-CDMA Receiver	1155
<i>Peerapol Yuvapoositanon and Sutat Suwannajan</i>	
A Study of Test Time Reduction Tap Optimization with LMS Algorithm in Recording Head Testing Process	1159
<i>Kitlyaporn Boonserm, Roong Sivaralana, Kridsada Pornpitakpong, and Pornchai Supnithi</i>	
High-Quality Factor, Double Notch, IIR Digital Filter Design using Optimal Pole Re-position Technique with Controllable Passband Gains	1163
<i>C. Charoenlarnproparut, P. Charoen, A. Thamrongmas, S. Samurpark, and P. Boonyanant</i>	

Author Index	1167
--------------	------

A New Technique to Define the Overtake Distance Using Image Processing

Pairoj Saengpredeekorn, Jakkree Srinonchat
Signal Processing Research Laboratory (SiPreLa)
Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Phatumthani, Thailand 12110
pairoja@tot.co.th, jakkree.s@en.rmut.ac.th

Abstract—This research is conducted for the development of overtaking analysis system to gain higher efficiency. This assistance system is developed with the drivers' safety decision when overtaking on a two-lane highway while driving during night-time. This paper was developed considering the headlight by using the principle of Blob Analysis[1], DOF theory[2], identifies the distance with perspective technique[3]. The outcome from this research exhibits that the overtaking distance must be over 250 meters. That is the fundamental information for driver's decision. Searching only center position and the distance of the spot light images while the result is the process using only 2 frames, after detection of the headlight. The average of lag time is 0.27 second/frame.

I. INTRODUCTION

Recently, image processing technology is playing an important role in several globalizing aspects, especially concerning safety on the road. The Y2007 statistics for traffic accidents in Thailand [4] between the 28th December 2007 and 03rd January 2008 is shown in TABLE I. The accident period is mainly during night-time driving. The major contributor to these traffic accidents is directly from drivers' fatigue due to long distance or long continuous period driving. The effect of fatigue increases the risk of poor concentration failing asleep at the wheel and eventually losing control of vehicle. As well as the miss judged overtaking decision on two-lane driving, the mistake being from wrong estimation during lane-departure can be raised. This study will deliberate the analytical system that contributes to the overtaking decision during night-time drive. This system will in affect highlight traffic accident causes and decrease possible causes for the driver at night-time. Researches are excited to be using this innovative (new method) technique for image recognition. We found only one report proposed and used for this principle, Nagumo Seiichi and Okamoto Noriyoshi (2003)[5] directly addressed car recognition at night. In their research, they proposed an extraction of forward vehicles with a camera mounted on the front of the car using brightness information. This method used color information to extract the taillights of cars in front, and recognize cars on the same lane. However, on two-way roads without a safety barrier in the middle, cars in the opposite lane may run into the neighboring lane without a barrier. The function and necessity of car recognition can

identify the speed and distance of the cars in the opposite lane. There was research that tried to solve this problem, for example, Seiichi Nagumo, Hiroaki Hasegawa and Noriyoshi Okamoto (2003)[6] proposed extraction of forward vehicles by a camera mounted on the front of the car. The method was also based on brightness information. However, drivers still need to know the distance of the car in the opposite lane in order to avoid a crash. The last related work that is reviewed was entitled "vision-based with a single camera: bounds on range and range rate accuracy" by Itay Gat, Meny Benady and Amnon Shashua (2005)[7]. This research permitted a warning system and used a single camera as the input. In particular, the authors discussed how to compute range and range-rate from a single camera and how the imaging geometry affects the range and range rate accuracy and Praphan Suansomjit (2006)[8] used recognition of the different illuminating sources and developed it in this research. The analytical accuracy is based on the relation between the cars distance and the headlight distance. The obtained result was valid only for the simulated car which took long-time processing and covered only for furthest and nearest. So it is not appropriated with the real life.

TABLE I
Traffic accidental statistics during Y2007 new year period

Type of Road	Location of accident	Time of accident
Straight 54.18 %	Highway 34.01 %	6.01–18.00 32.27 %
Other 45.82 %	Rural highway 65.99 %	18.01–6.00 67.73 %



Fig.1: Illustrates images of cars in real situation of the research, (a) in day-time period and (b) in night-time period. These images were used for processing.

Two principle techniques applied in this study are Blob analysis and Depth of Field theory. The principle of Blob analysis is the region property which refers to the similarity of the color. Depth of Field theory provides a consequence of two-focus images recorded by two cameras and applied along with the image processing technique with computer vision. The study will identify the distance of the oncoming opposite-lane car and its velocity which results in the overtaking decision by using 2 images. The more multi-focus images, the more overtaking accuracy. The benefit with the investment cost is not expensive, the use of an existing cars original equipment camera can be selected. The step of processing starts from the vehicle specification by using the provided algorithm structures. Inside these algorithms, there are several vehicle specifications and their simulation models constructed. After knowing the vehicle specification, the proper equation with the real condition will be applied. Finally, the overtaking decision by the database of computer vision will be exposed.

II. BLOB ANALYSIS, DOF THEORY AND PERSPECTIVE

Blob Analysis is an image analyzing method which considers the image pixel region properties and the properties of their neighbour e.g. representing each object by a set of features (Characteristics), region growing, 4-connected or 8-connected.

DOF (Depth of Field) is the distance between the focused object to the film plane. Depth of Field is proportional to the square of object distance as in Equation (1).

$$\text{Depth of field} \propto (\text{Object Distance})^2 \quad (1)$$

That means if the distance of the object increases twice, Depth of Field will be four time increase. However, the increase of the distance will effect the decrease of the object size and its perspective will change.

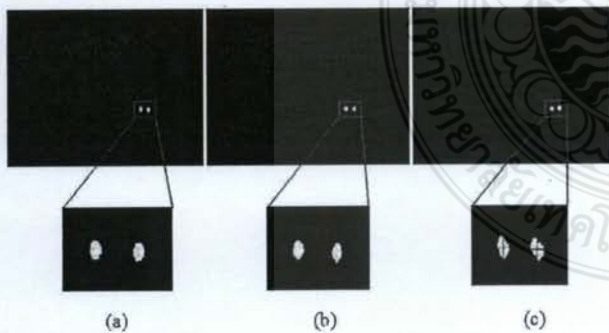


Fig. 1: Method to find the center of the vehicle headlight from 2 cameras

The figure 1 expresses the concept of finding the average value of focus point from 2 cameras, which are (a) the image from the first camera, (b) the image from the second camera and (c) the combination of 2 image which carries out focus point of white light group with correctness and accuracy, by using the equation (1).

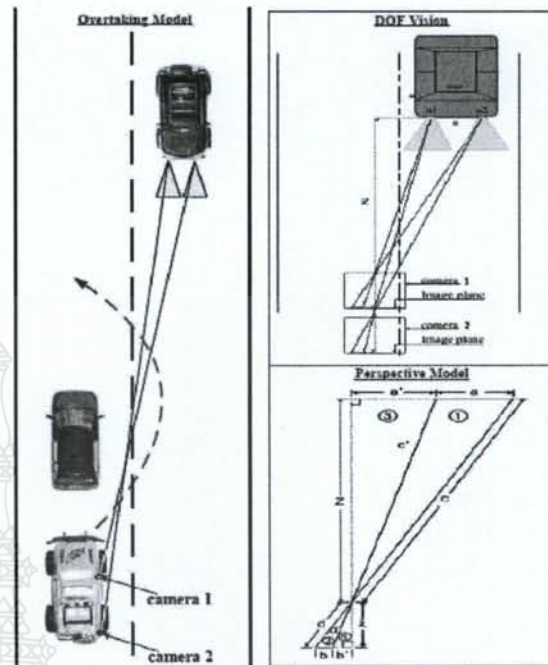


Fig. 2: The principle analyses

From Fig.2, the figure shows the model of the cars' motion process. The car installed the camera will be at bottom-end. The image on the top right displays the depth of field of the image and the image on the bottom right shows the perspective view, where

$$\frac{a}{b} = \frac{c'}{d'} \quad (2)$$

$$\frac{z}{\lambda} = \frac{c'}{d'} \quad (3)$$

$$\frac{a}{b} = \frac{z}{\lambda} \quad (4)$$

$$z = \frac{\lambda a}{b} \quad (5)$$

- a = a real distance of the headlight
- a' = the horizontal distance from the left headlight to the center of the camera
- b = the perspective size of a in the image plane
- b' = the perspective size of a' in the image plane
- c = the hypotenuse size of the right triangle with the Z leg and the a + a' leg.
- c' = the hypotenuse size of the right triangle with the Z leg and the a' leg
- Z = distance between the object and the camera
- λ = focal length of the camera

III. CONVERT RGB TO BINARY

Thresholding technique is a technique which converts the color picture to black and white by converting to binary image.

The process of this technique is starting from "Multilevel Image" to 1 bit-2 levels (0 and 1). 0 represents black pixel and 1 represents white pixel.

The way to consider the point in the image whether black (0) or white (1) is the comparison of each $f(x,y)$ pixel with the constant named "Threshold Value". This technique is popular in case that there is a difference between the object and the background. If the picture pixel value is less than the threshold value, then the point will be 0(black), but if the (pixel) value is more than the threshold, the point will be defined as 1 (white).

IV. LINEAR REGRESSION[9]

Whenever the experiments take place, there are uncertainties. Thus, the data which seeks the average before leads the result that are unstable next. This research will use the calculation to seek the coefficient of algebraic straight line equation from the data on test by Linear regression which corresponds with the experiment. The Linear regression is used to create a straight line equation for data group, that is composed of $x_i, y_i, i = 1, 2, \dots, n$ while n is the amount of data. The format solution is

$$y = a_0 + a_1x \quad (6)$$

by a_0 and a_1 be the constant that depreciate and have to calculate to seek from the condition that algebraic straight line equation will guilty average from every data least. We can use Cramer's rule [9]. For seek the constant a_0 and a_1 following

$$a_0 = \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i y_i)(\sum_{i=1}^n x_i)}{n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (7)$$

$$a_1 = \frac{n(\sum_{i=1}^n x_i y_i) - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (8)$$

where

x = distance between car headlight and camera (the center between 2 cameras)

y = Time in use of the movement arrives

x_i = the total sum of the value x

y_i = the total sum of the value y

V. METHOD OF WORKING SYSTEM

A. Video Acquisition

For record the moving pictures from digital camera (real time recording)

B. Frame Grabber

For convert a moving file to digital-still-picture. In the research, it is necessary to consider every frame for data analysis. For usability, the camera can be set up to capture images in real-time. However, practically, this step can be neglected.

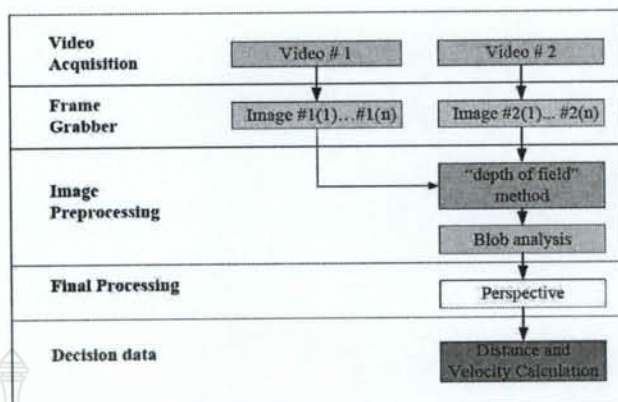


Fig.3: Flow Diagram of working system

C. Image Preprocessing

For evaluate a distance between headlight by DOF and Blob Analysis.

D. Final Processing

For process the data by virtual perspective technique.

E. Decision Data

It is a data output used for taking a decision (depending on vehicle speed, distance between vehicle and digital camera).

VI. EXPERIMENTAL RESULT

TABLE II

Sequence of the calculated distances

Real distance between Camera and headlight (m)	Car On Test									
	Car1	Car2	Car3	Car4	Car5	Car6	Car7	Car8	Car9	Car10
300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
275	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	234	228	208	231	229	227	226	228	231	231
225	219	208	198	199	207	221	217	220	221	214
200	200	189	176	182	186	190	191	191	189	189
175	174	165	149	157	163	178	168	169	160	174
150	149	138	130	134	146	149	139	144	142	149
125	121	118	111	112	115	120	120	117	116	126
100	100	97	90	94	96	99	95	96	95	93
75	76	74	68	69	73	75	75	75	72	70
50	51	48	46	46	48	50	49	49	48	47
25	25	25	25	21	25	26	26	26	25	25

TABLE III

Headlight size and changes in millimeter at each distance

Real distance between Camera and Headlights (m)	Car On Test									
	Car1	Car2	Car3	Car4	Car5	Car6	Car7	Car8	Car9	Car10
300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
275	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0.3448	0.3587	0.4183	0.3733	0.3599	0.3826	0.3599	0.3686	0.3662	0.3659
225	0.3696	0.3938	0.4367	0.4325	0.3991	0.3626	0.3750	0.3830	0.3831	0.3990
200	0.4035	0.4328	0.4911	0.4736	0.4441	0.4212	0.4254	0.4407	0.4487	0.4503
175	0.4647	0.4971	0.5796	0.5482	0.5063	0.4804	0.4859	0.4976	0.5281	0.4906
150	0.5439	0.5929	0.6633	0.6402	0.5664	0.5376	0.5853	0.5851	0.5980	0.5727
125	0.6660	0.6971	0.7786	0.7688	0.7144	0.6654	0.6908	0.7164	0.7330	0.6753
100	0.8075	0.8452	0.9616	0.9139	0.8573	0.8075	0.8526	0.8731	0.8941	0.9141
75	1.0584	1.1107	1.2672	1.2563	1.1238	1.0664	1.0851	1.1262	1.1761	1.2152
50	1.5790	1.7011	1.8975	1.8711	1.7172	1.6020	1.6666	1.7060	1.7749	1.8070
25	3.2055	3.2319	3.6097	3.5457	3.2517	3.0760	3.1619	3.2630	3.3287	3.4447

From Table II, III. We see the distance 250 meter for experiment. A program can't detect and compute the distance of the headlight image. Because of the 2 headlight very adjacent. Thus Author fix the distance more than 250 meter that the decide zone.

At 250 meter distances approximately ,program detected the distance of the headlight image (a program will begin to regard smoke that the first) for the past in test with a program from 10 cars that use to test .The value will have itched rough value then can not seek algebraic relation equation between the space of the headlight and the distance that a car have moved to come in , but , can build the algebraic equation that of the distance of a car with time , because each car have the speed differently , represent the algebraic equation (7),(8) in equation (6), the result as follows

$$\text{Sedan Solution : } y = 0.9312 - 1.205e^{-2}x \quad (9)$$

$$\text{Pickup Solution : } y = 0.8465 - 1.095e^{-2}x \quad (10)$$

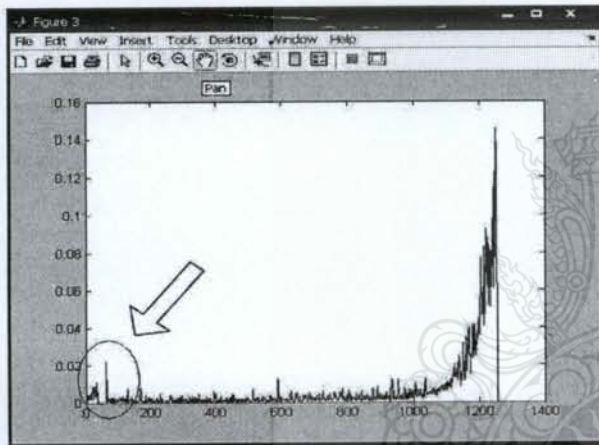


Fig.4: Detected the distance of headlight in the beginning

From Fig.4 shows the outcome analysis, by display the beginning of distance detection of the headlight, using the still frames taken from frame grabber ,then with Matlab program to identify the difference of the images,seek a program detected separation of the headlight and seek light distance , about frame number's 70 at the distance of 250 meters. The 1st frame gets start at the distance of 300 meters. Considering from the hypothesis of this research, by analyse from frame of image the attack from Video file total 1250 frame.

VII. CONCLUSION

The experiment concludes and indicates a zone distance , for contributing a decision to the driver .The processing time decreases. However, this study still face the lag time at the average 0.27 second per frame. In practice, the processing time needs only 0.54 second, in the process to stop overtaking and by considering the image only 2 frames after the identification of headlight distance. This method will not consider the previous processing time. The advantage is

higher efficiency for driver's decision at night-time period. The outcome from the experiment shows in the figure 2. Three cars , with velocity 40 km/hr., must have the overtaking decision distance more than 250 meters.A part of this study would benefit the future research of any computer processing program instead of manual. However there is an error of determination of vehicle size and the difference between moving images from non-smooth road, affecting the irregular of the light.Moreover, the processing time is not totally real time. In addition, the factor of moving car's velocity still needs further development in the future.

ACKNOWLEDGMENT

The researchers are very grateful for every kind help of TOT Public Company Limited to this thesis.

REFERENCES

- [1] Tommas S. ,Jam K. ,Vaclav H.,"Image Processing Analysis and Machine Vision" . A Matlab Companion International Student Edition 2008 12-14 ,110-114
- [2] Demers,Joe.,"Depth of Field: A Survey of Techniques" GPU Gems, pp. 375-390, 2004.
- [3] Ricardo V. ,Youssef D. "A Perspective View and Survey of Meta-Learning" ,IBM T.J. Watson Research Center Saw Mill River Rd. Hawthorne NY, USA Artificial Intelligence Review 18:77-95,2002
- [4] Office of transport and traffic policy and planning,Ministry of transport 2007: http://www.otp.go.th/statdata_7.asp
- [5] Nagumo, S., Okamoto N., "A Study on a Robust Detection of a Front Vehicle for Brightness Condition", Vol.103, No.294(TS2003 22-30) pp. 49-54
- [6] Nagumo, S.; Hasegawa, H.; Okamoto, N., 2003 "Extraction Of Forward Vehicles By Front-Mounted Camera Using Brightness Information", IEEE Electrical and Computer Engineering Conference, pp. 1243 –1246
- [7] Gal, I., Benady, M., and Shashua A., 2005 "A Monocular Vision Advance Warning System for the Automotive Aftermarket"
- [8] Suansomjit, P. , "Night - time recognition for car-driving support system", 2006. 62 p.(R E37482);Research elibrary of King Mongkut's University of Technology Thonburi
- [9] Numerical Methods For Engineers -Fifth Edition , Steven C. Chapra and Raymond P.Canale 2006
- [10] Computer Science,Chiangmai University: <http://www2.cs.science.cmu.ac.th/alumni/comp18Seminar/DataMining/dataclassification.htm>



ECTI-CARD 2011

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 3

- เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา
- ระบบรักษาความปลอดภัย การควบคุมการเข้าถึง การยืนยันตัวตน ระบบตรวจจับ
- การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย
- การเรียนรู้การสอนทางไกล การศึกษาขั้นสูง คอมพิวเตอร์ออนไลน์
- การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงานบ้านอัตโนมัติ
- การขนส่ง การควบคุมจราจร การจัดการอุตสาหกรรม
- ธุรกิจการธนาคาร การท่องเที่ยว และการโรงแรม
- การแพทย์ ระบบเตือนภัย และการพยากรณ์
- เกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร



ECTI
Association

RSU

มหาวิทยาลัยรังสิต
RANGSIT UNIVERSITY



หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยรังสิต

จัดทำและดำเนินงานโดย
วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยรังสิต

คณะกรรมการ

Steering Committee

รศ.ดร.ประยุทธ์	อัครเอกมลิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.โกสินทร์	จำนงไทย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.วุฒิพงศ์	อารีกุล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

General Chair

ศ.ดร.โมไนย	ไกรฤกษ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง
------------	---------	--

General Co-Chair

ดร.สมบูรณ์	ศุภสาตร	มหาวิทยาลัยรังสิต
------------	---------	-------------------

Technical Program Chair

ผศ.ดร.รัชชัย	แสงอุดม	มหาวิทยาลัยรังสิต
--------------	---------	-------------------

Technical Program Committee

รศ.วรศักดิ์	นิรัคมนาภรณ์	มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.ดร.โอภาส	จุฑาทิพย์	มหาวิทยาลัยรังสิต
Dr.Jin-man	Yang	มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.เอกรินทร์	ภาสนาสง	มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.ธรรมบุญ	สุลลภา	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.วิศิษฐ์	อ้อยงวัฒนา	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.อังคณา	พันธุ์หล่อ	มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.วรรณิ	เอกศิลป์	มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.สมาน	เสนาภม	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.วราพร	ลักษณะม้าย	มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.ดร.เอกชัย	แสงอินทร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.ชุมพล	อันตรเสน	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.วฤต	ศิลป์ศรีกุล	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ผศ.ดร.พีรวัฒน์	วัฒน์พงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นอ.ศ.ดร.สรภฤช	ศรีเกษม	โรงเรียนนายเรืออากาศ
ผศ.ดร.ชูวงศ์	พงศ์เจริญพานิชย์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร.เอกรัฐ	บุญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ดร.จักรภฤช	ดรภกพานิชย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผศ.ดร.ชาญชัย	ทองโสภ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ดร.จิรัฐฎ์	เหมื่อนฑู	มหาวิทยาลัยเอเชียน

คณะกรรมการ

ผศ.ดร.รังสรรค์	ชัยศรีเจริญ	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ดร.ภัควิวัฒน์	จันทร์ตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

Local Arrangement Chair

ผศ.สินี	สุขกรมใส	มหาวิทยาลัยรังสิต
---------	----------	-------------------

Publication Chairs

ดร.สุวรรณ	จันทร์อินทร์	มหาวิทยาลัยรังสิต
อ.จตุพล	ศรีวิลาศ	มหาวิทยาลัยรังสิต

Publicity Chair

อ.สราวุธ	จันทร์ผง	มหาวิทยาลัยรังสิต
----------	----------	-------------------

Finance Chairs

อ.ไชยรัช	เมฆแก้ว	มหาวิทยาลัยรังสิต
อ.รุจีพรรณ	สัมพันธ์นา	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
ไพริน	แก้วกวย	สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคมและสารสนเทศ

General Secretary

ผศ.ดร.ดวงอาทิตย์	ศรีมุล	มหาวิทยาลัยรังสิต
------------------	--------	-------------------

General Assistant Secretary

ดร.ไพศาล	งามจรรยาภรณ์	มหาวิทยาลัยรังสิต
----------	--------------	-------------------

รายชื่อผู้พิจารณาบทความ

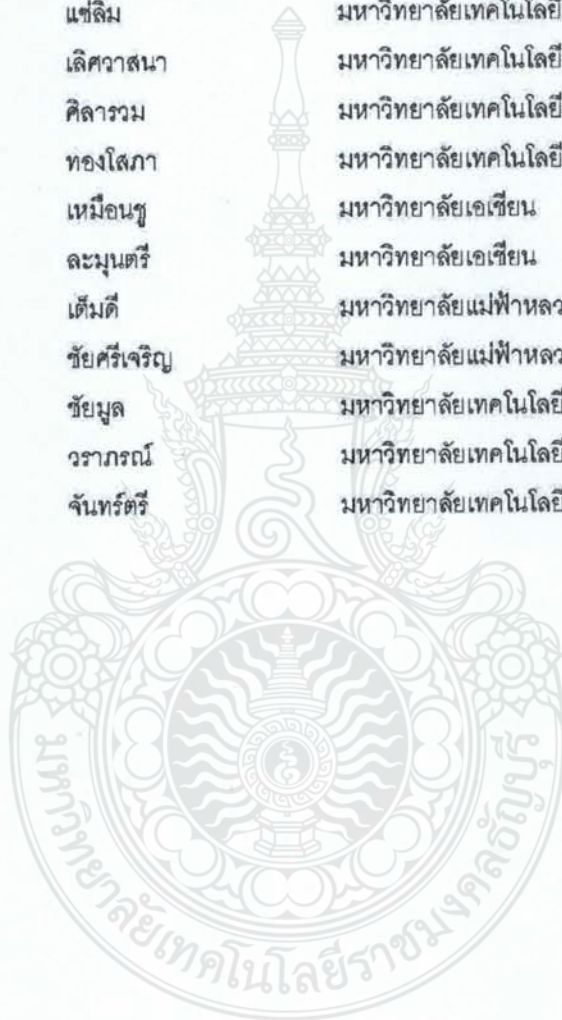
ผู้พิจารณาบทความ

ดร.สมปурณ์	ศุขสาตร	มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.ดร.โอภาส	จุฑาทิพย์	มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.ไพศาล	งามจรรยาภรณ์	มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.วรงค์ดี	นิรัคชนาภรณ์	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.รัชชัย	แสงอุดม	มหาวิทยาลัยรังสิต
อ.สราวุธ	จันทร์ผาง	มหาวิทยาลัยรังสิต
Dr.Jin-man	Yang	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.ดวงอาทิตย์	ศรีมูล	มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.สุวรรณ	จันทร์อินทร์	มหาวิทยาลัยรังสิต
อ.เอนก	กนกอภิวัฒน์	มหาวิทยาลัยรังสิต
อ.พหล	สมปурณ์ภรรยา	มหาวิทยาลัยรังสิต
อ.สมหมาย	บัวแย้มแสง	มหาวิทยาลัยรังสิต
อ.อภิรักษ์	ภัคดีวงศ์	มหาวิทยาลัยรังสิต
อ.จตุพล	ศรีวิลาศ	มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.ธรรมบุญ	สุสำภา	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.วิศิษฐ์	อู่ยงวัฒนา	มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.สมาน	เสนงาม	มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.วรรณิ	เอกศิลป์	มหาวิทยาลัยรังสิต
อ.จตุพร	สถากุลเจริญ	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.सानนท์	ฉิมมณี	มหาวิทยาลัยรังสิต
อ.สุมนา	เกษมสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.วฤต	ศิลป์ศรีกุล	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ดร.สุรัชย์	สานติสุขรัตน์	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ดร.คมศักดิ์	เมฆสมุทร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.พีรวัฒน์	วิวัฒน์พงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ชัยพร	ใจแก้ว	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ฐิติวรรณ	ศรีนาค	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.มนต์ชัย	โสพิศกมล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.อนันต์	ผลเพิ่ม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อ.อภิรักษ์	จันทร์สร้าง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นอ.ศ.ดร.สรกฤษ	ศรีเกษม	โรงเรียนนายเรืออากาศ
ผศ.ดร.ทวงค์	พงศ์เจริญพานิชย์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร.เอกรัฐ	บุญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ดร.จักรกฤษ	ดรรกพานิชย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

รายชื่อผู้พิจารณาบทความ

ผู้พิจารณาบทความ

ดร. โชคชัย	แสงดาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ดร. สมมาตร	แสงเงิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ดร.ธีรวิศิษฐ์	เลาหะเพ็ญแสง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ดร. วรพล	ลีลาเกียรติสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ดร.ศุภกร	กังพิศดาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
อ.อนุวี	หล่อสวัสดิศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
อ.ธนทรศน์	แช่ลิ้ม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
อ.วุฒิพร	เลิศวาสนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
อ.วินัย	ศิวารวม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผศ.ดร.ชาณูชัย	ทองโสภา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ดร.จิรัฐฎ์	เหมื่อนฑู	มหาวิทยาลัยเอเชียน
ดร.สุธาสิณี	ละมุนตรี	มหาวิทยาลัยเอเชียน
ผศ.ดร.พวรรณกุล	เต็มดี	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ผศ.ดร.รังสรรค์	ชัยศรีเจริญ	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ดร.ศราวุธ	ชัยมุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ดร.ณรงค์ฤทธิ	วราภรณ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.ภัควัฒน์	จันทร์ตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ



ระบบนำร่องออนไลน์พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติพระนคร ด้วยเทคโนโลยี RFID บนอุปกรณ์ผู้ช่วยดิจิทัลส่วนตัว ปิณฑุทธิ์ สุคนธ์เคนหา, กรองกาญจน์ จิตศิลป์, สุขุมล กิติสิน.....	221
--	-----

กลุ่มที่ 9 : ระบบความปลอดภัย การควบคุมการเข้าถึง การยืนยันตน ระบบตรวจจับ

AREA 9 : Security, Access Control, Identity Verification, Surveillance System

ระบบเตือนภัยอัจฉริยะสำหรับบ้านพักอาศัย

เดโช เพ็งเหล็ง, ปรีชา สมหวัง, ยุทธพงศ์ ทัพผดุง.....	227
---	-----

Enhanced VoIP ANTI-SPIT Mechanism Based on Modular Design

ศิวะพร วิวัฒน์ปัญญา, วรพล สีสากิยรัตนกุล.....	232
---	-----

A New Secure Authentication for Web Server and Client

ณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์, สมนึก พ่วงพรพิทักษ์.....	238
--	-----

เครื่องมือเฝ้าระวังเครือข่ายด้วยโปรแกรม Cacti

วิมล อมรรัตนไพจิตร, ขวลิต ศรีสถาพรพัฒน์, สุขุมล กิติสิน.....	244
--	-----

กระบวนการพิสูจน์หลักฐานสำหรับอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่

กฤษฎา หมั่นภักดี, ศุภกร กังพิศดาร.....	250
--	-----

การเพิ่มความมั่นคงปลอดภัยของโปรโตคอล DHCP โดยการใช้ใบรับรองดิจิทัล

ศุภกร กังพิศดาร, สุมินา หาญกล้า.....	256
--------------------------------------	-----

ระบบตรวจสอบการใช้งานทรัพยากรโดยการช่วยเหลือของเอเจนต์สำหรับสภาพแวดล้อมที่มีเครื่องแม่ข่าย
หลายตัว

ปิโยรส อัมพันธ์เจริญ, ศุภกร กังพิศดาร.....	262
--	-----

วงจรเปิด/ปิดพัลส์แบบใหม่และการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega168 สำหรับการตรวจจับ

โลหะที่อาศัยหลักการเหนี่ยวนำด้วยพัลส์

ปณยวีร์ จามจรีกุล.....	268
------------------------	-----

ระบบกระจายสมดุลภาระที่มีความพร้อมใช้งานสูงสำหรับโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

สุรเชษฐ์ ช่วยไธสง, ขวลิต ศรีสถาพรพัฒน์.....	274
---	-----

เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีกับเครื่องหมายการเสียภาษีรถยนต์ประจำปีและจุดตรวจอัจฉริยะ

ชนพัฒน์ สมพอง, ศุภกร กังพิศดาร.....	280
-------------------------------------	-----

การเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในเงื่อนไขที่ถูกละเมิดโดยสภาพแวดล้อมบดบัง

เกศินี ตะละ, วีระยุทธ คุณรัตนศิริ, สุวุฒิ ตุ่มทอง, จักรี ศรีนนท์ฉัตร.....	286
---	-----

เครื่องมือตรวจจับความเคลื่อนไหวของข้อมูลในฐานข้อมูล SQL Server

พิทรี สันนະกิจ, สุวิดา สุวรรณรัตน์, ลัดดา ปรีชาวีรกุล.....	291
--	-----

ระบบรักษาความปลอดภัยผ่าน SMS

สุวรรณ จันทรินทร์, วรพล ทองพุ่ม, ไพศาล เจริญรัตน์.....	296
--	-----

การใช้ Binocular Vision และ Regression เพื่อคำนวณระยะทางของรถฝั่งตรงข้ามในเวลากลางคืน

ไพโรจน์ แสงปรีดีกรณ์, จักรี ศรีนนท์ฉัตร.....	301
--	-----

การใช้ Binocular Vision และ Regression เพื่อคำนวณระยะทางของรถ ฝั่งตรงข้ามในเวลากลางคืน

ไพโรจน์ แสงปรีดีकरण

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

pairoja@tot.co.th

จักรี ศรีนนท์ฉัตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

jakkree.s@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ใช้หลักการกล้อง 2 ตาหรือวิสัยทัศน์แบบไบนอคูลาและนำวิธีวิเคราะห์การถดถอยต่อเนื่องแบบเชิงเส้นและแบบโพลีโนเมียล(พหุนามกำลังสอง)มาประยุกต์ใช้ในการประมวลผลหาระยะทางของรถที่สวนทางมาบนถนนเลนเดียวในช่วงเวลากลางคืน ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการคาดคะเนผลจากภาพนิ่งที่จับได้เพียงภาพเดียว ผลลัพธ์จากการวิจัยเมื่อทำการวิเคราะห์กราฟ จะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามเป็นรูปเชิงเส้นตรงและรูปพหุนามกำลังสอง เมื่อนำ 2 สมการมาแยกพิจารณาเป็น 2 ช่วงจะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 97.90 % สำหรับใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการบ่งบอกถึงระยะของรถตรงข้ามให้กับผู้ขับขี่รถยนต์ในขณะกลางคืน

Abstract

This research has adopted the implementation principles of two eye camera or Binocular Vision together with regression analysis in the form of Linear and polynomial format (quadratic polynomial). Application is being utilized as the process procedure to detect the distant of a car driving opposed to each other in a One Way Traffic line during night time, to enhance the prediction in capturing the slide image. Result from the graph analysis showed that the relationship between independent variable and dependent variable will be the linear image and in a form of polynomial squares. When the two equations were considered separately, the accuracy of result obtained will be approximately 97.90 % for preliminary data, especially to alert the driver of the incoming car from the opposite direction at the night.

คำสำคัญ

วิสัยทัศน์แบบไบนอคูลา, การถดถอยต่อเนื่องแบบเชิงเส้น, การถดถอยต่อเนื่องแบบโพลีโนเมียล(พหุนามกำลังสอง)

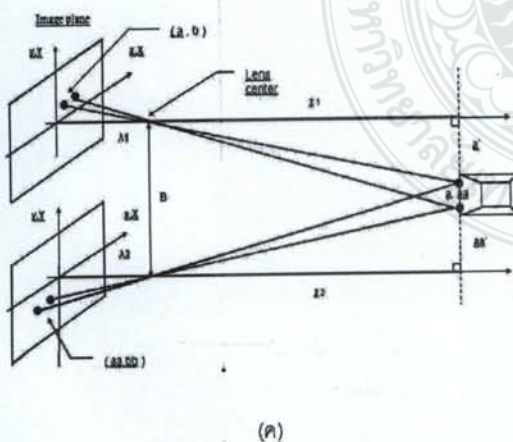
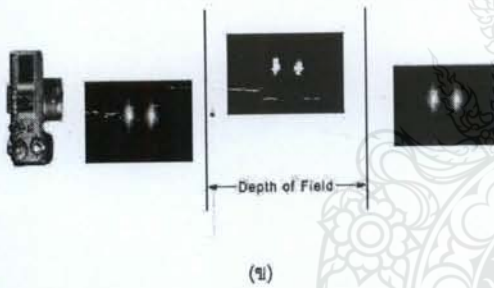
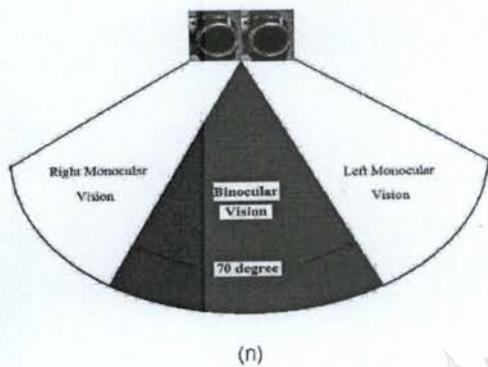
1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการประมวลผลภาพได้เข้ามามีบทบาทต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์มากขึ้น โดยเฉพาะงานที่เกี่ยวข้องกับด้านความปลอดภัย ด้วยความก้าวหน้าทางด้านซอฟต์แวร์ จึงมีการประยุกต์ใช้ฟังก์ชันต่างๆ และพัฒนาการเขียนโปรแกรมเพื่อลดเวลาของการประมวลผลจากภาพที่รับเข้ามาแบบต่อเนื่อง รวมทั้งเมื่อนำภาพที่ได้จากกล้อง 2 ตัวและอาศัยมุมมองแบบสเตอริโอ ทำให้สามารถเพิ่มความแม่นยำและยังเกิดรูปแบบการทำงานที่ช่วยลดข้อจำกัดต่างๆ ที่เกิดกับการทำงานด้วยกล้องเพียงตัวเดียวงานวิจัยที่นำเสนอนี้จะมีจุดมุ่งหมาย เพื่อตรวจหาระยะทางของรถยนต์ที่เคลื่อนที่สวนทางเข้ามาในอีกฝั่งของถนน โดยนำภาพจากกล้องดิจิทัล 2 ตัวมาประมวลผลร่วมกัน เนื่องจากค่าระยะห่างของดวงไฟ 2 ดวงที่ประมวลผลได้ตามระยะที่กำหนด สามารถนำมาอ้างอิงกับระยะของกล้องที่ติดตั้งในแนวแกน Y เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในผลของการหาศูนย์กลางของหลอดไฟ 2 ดวงรวมทั้งวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ของข้อมูลอย่างละเอียด ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการคาดคะเนผลจากภาพนิ่งที่จับได้เพียงภาพเดียว จากงานวิจัยเดิม[1],[2] ทดลองจากระยะหลอดไฟจริงที่วัดได้ ซึ่งเป็นค่าเฉพาะของรถที่นำมาทดลองนั้นใช้กล้องเพียงตัวเดียวและตรวจหาระยะหลอดไฟ ซึ่งยังไม่แม่นยำเท่าที่ควร

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยได้นำหลักการติดตั้งกล้องแบบสเตอริโอหรือวิสัยทัศน์มุมมองแบบ 2 ตาในแนวแกน Y ในรูปที่ 1(n), วิธีการวิเคราะห์กลุ่มไบนารีของวัตถุ (Blob Analysis) ซึ่งใช้ในการหาเป้าหมาย

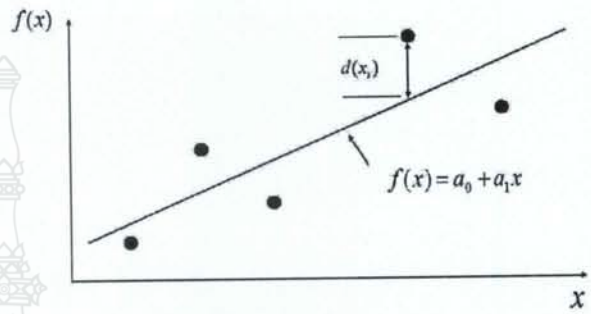
หรือศูนย์กลางของดวงไฟในภาพ รวมทั้งใช้ทฤษฎี "depth of field" หรือ DOF [3] ในรูปที่ 1(ข) ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายภาพ มาใช้ร่วมกันในการประมวลผลภาพ เนื่องจาก ณ ตำแหน่งที่ต่างกันจะได้ระยะชัดของภาพไม่เท่ากัน ทำให้สามารถลดความคลาดเคลื่อนลงได้ เมื่อได้ระยะห่างหลอดไฟ แล้วจะนำมาคำนวณหาระยะทางรถที่สวนทางมาโดยอาศัยการเปลี่ยนสภาพเทคนิคภาพเหมือนจริงในรูปที่ 1(ค)



รูปที่ 1 (น) Binocular Vision (ข) ภาพนิ่งที่ผ่านกรรมวิธี DOF (ค) Perspective Stereo vision

2.1 การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) [4]

เป็นการวิเคราะห์การถดถอยที่ตัวแปรอิสระส่วนใหญ่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ ส่วนตัวแปรตามจะต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณเท่านั้น รูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม สามารถแทนได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นเชิงเส้น ดังรูปที่ 2

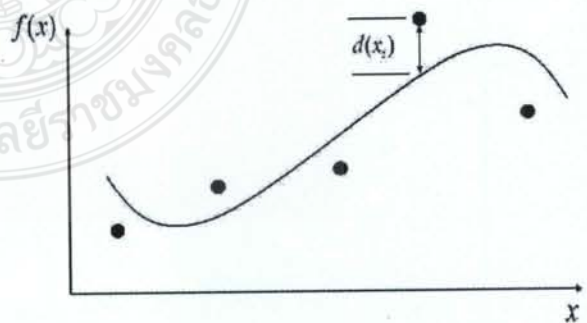


รูปที่ 2 กราฟการถดถอยแบบ Linear Model

$$f(x) = a_0 + a_1x \quad (1)$$

2.2 การถดถอยแบบพหุนาม (Polynomial Regression analysis) [5]

เป็นการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้กับปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง ยกกำลัง 2 เมื่อทำการ scatter plot ดูแล้วจะเห็นจุดเรียงเป็นแนวโค้ง ซึ่งมีหลายระดับ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟการถดถอยแบบ Quadratic Model

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m ; m = \text{order} \quad (2)$$

$$e = \sum_{i=1}^n d(x_i)^2 \quad (3)$$

เมื่อ a_0, a_1, \dots, a_n คือ ค่าพารามิเตอร์ของการถดถอย, ค่าตัวแปรอิสระของโพลีโนเมียล คือ $N-1$ (ดังนั้น $n \geq N-1$)

2.2 ค่าความผิดพลาดมาตรฐานจากการประมาณ (Standard Error of Estimation) [6]

$$e = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 \quad (4)$$

จากสมการ(4) Linear or Polynomial Regression ฟังก์ชันเส้นตรงสำหรับชุดข้อมูลที่ประกอบด้วย $x_i, y_i, i=1,2,\dots,n$ นั่นคือมีจำนวน n ข้อมูลจะได้

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum (Y - Y')^2}{N - k - 1}} \quad (5)$$

เมื่อ

SEE = ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์

Y' = คะแนนพยากรณ์ของตัวแปรตาม

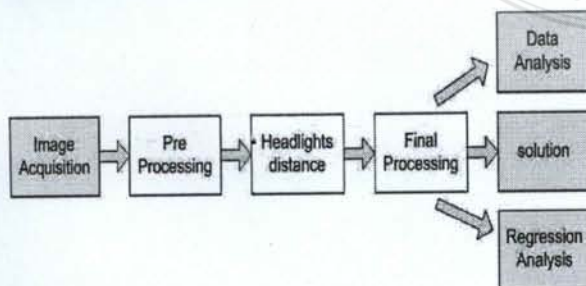
N = จำนวนสมาชิก

K = จำนวนตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นในสมการถดถอย

$\sum (Y - Y')^2$ = ผลรวมกำลังสองของส่วนที่เหลือ (Sum Squares of Residuals) ซึ่งใช้ตัวย่อว่า SSR หรือ SSres

3. รายละเอียดการพัฒนา

3.1 ภาพรวมของระบบ



รูปที่ 4 แผนภาพการทำงานของระบบ

ระบบการคำนวณหาระยะทางของรถที่มาฝั่งตรงข้ามในเวลากลางคืนของงานวิจัยนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญหลักๆ ดังนี้

1.) Image Acquisition ได้ทำการถ่ายภาพและเก็บข้อมูลภาพนิ่ง โดยใช้รถจำนวน 10 คัน ประกอบด้วยรถนั่งส่วนบุคคล 5 คันและรถกระบะบรรทุก 5 คัน ถ่ายภาพตามระยะที่วัดจริง และได้กำหนดไว้ทุกๆ 30 เมตร

2.) Pre-processing ทำภาพให้เป็นไบนารี ประมวลผลภาพแบบ depth of field (DOF) เพื่อให้ได้ภาพใหม่ที่มีตำแหน่งไฟกีดภาพที่แน่นอน, หาศูนย์กลางและระยะห่างของไฟหน้ารถในภาพด้วยหลักการ Blob Analysis คำนวณ Centroid โดยใช้สูตร

$$S = \text{Regionprop}(Ybw, "Area", "Centroid") \quad (6)$$

3.) Headlights distance หาระยะห่างของไฟหน้ารถโดยใช้สูตร

$$\text{Distance} = \text{Centroid1} - \text{Centroid2} \quad (7)$$

4.) Final-processing นำผลลัพธ์ที่ได้จากข้อ 2.) ไปคำนวณหาระยะทางของรถที่เคลื่อนที่เข้ามาใกล้ โดยใช้ Perspective และหาค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์

5.) Data Analysis วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์

6.) Regression Analysis วิเคราะห์การถดถอยจากกราฟของผลลัพธ์ที่ได้ในข้อ 5.)

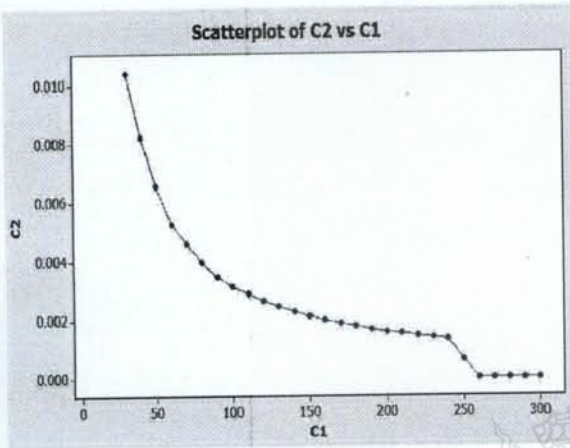
7.) Solution สร้างสมการต้นแบบ

3.2 ข้อจำกัดของระบบ

งานวิจัยนี้ใช้กับรถบนถนนเทศบาลเลนเดียว, ไม่มีไฟถนนหรือไฟรบกวนข้างทาง, หลอดไฟหน้าต้องเป็นประเภทหลอดได้, ภาพที่นำมาวิเคราะห์นำมาจากภาพนิ่งของกล้องที่จับภาพแบบปกติไม่ใช่แบบอินฟราเรดต้องไม่ใช่ไฟตัดหมอกและถ่ายในสภาวะอากาศที่ปกติเท่านั้น ผลลัพธ์ที่ได้จะเกิดค่าขึ้นในช่วงระยะทาง 240 เมตรลงมาโดยเฉลี่ย

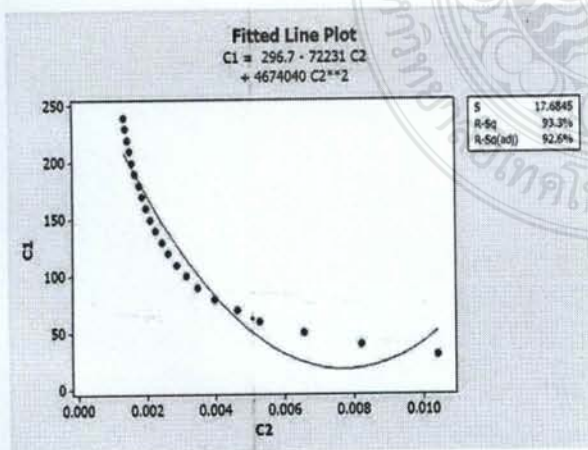
4. การทดลองและวิเคราะห์ผล

งานวิจัยได้ทำการทดลองตามระยะต่างๆ จากสถานที่จริง โดยใช้รถยนต์ทดสอบจำนวน 10 คัน ประกอบด้วยรถ 2 ประเภท ได้แก่รถส่วนบุคคลและรถปิคอัพอย่างละ 5 คัน บันทึกผลลงฐานข้อมูลและนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของข้อมูล ซึ่งสามารถแสดงไว้ในรูปที่ 5.



รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยระยะห่างหลอดไฟที่ประมวลผล

จากกราฟในรูปที่ 5 เมื่อนำผลลัพธ์มาใช้ในการคำนวณหาสมการความสัมพันธ์แบบในรูป linear Regression เพียงอย่างเดียวจะเกิดค่าความถูกต้องที่ 92.60 เปอร์เซ็นต์หรือค่าผิดพลาดอยู่ที่ 7.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์สูง แสดง Fitted Line Plot ดังรูปที่ 6

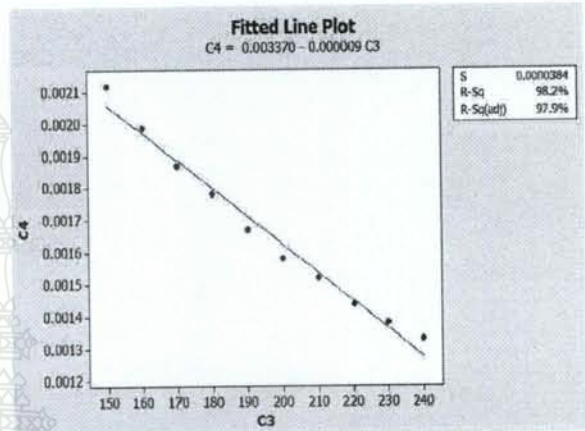


รูปที่ 6 วิเคราะห์ในรูป Linear Regression อย่างเดียว

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการถดถอย

จากกราฟในรูปที่ 5 เมื่อวิเคราะห์การถดถอยแล้วจะเห็นว่าความสัมพันธ์ของข้อมูลจำเป็นต้องแยกพิจารณาเป็น 2 ช่วงระยะทาง คือ

1.) ช่วงระยะ 150 ถึง 240 เมตร

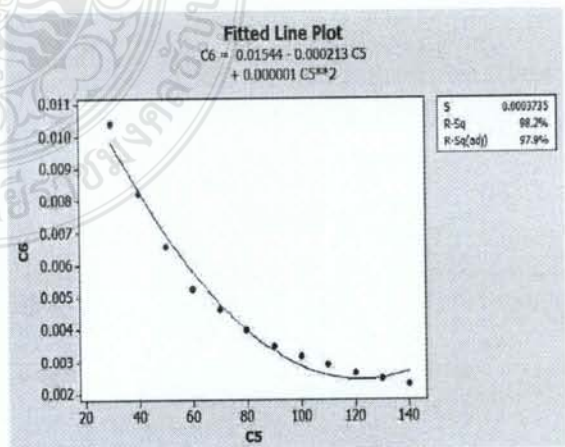


รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ในช่วงระยะ 150 ถึง 240 เมตร

เมื่อทำการ Fitted Line Plot จากรูปที่ 7 พบว่ามีลักษณะเป็นเชิงเส้น จะได้สมการความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปสมการเชิงเส้นระหว่างช่วงระยะทาง 150 ถึง 240 เมตร คือ

$$C_4 = 0.003370 - 0.000009 C_3 \quad (8)$$

2.) ช่วงระยะ 30 ถึง 140 เมตร



รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ในช่วงระยะ 30 ถึง 140 เมตร

เมื่อทำการ Fitted Line Plot จากรูปที่ 8 พบว่ามีลักษณะเป็นเส้นโค้งหรือ Quadratic Model จะได้สมการความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปสมการโพลีโนเมียลระหว่างช่วงระยะทาง 30 ถึง 140 เมตร คือ

$$C_6 = 0.01544 - 0.000213 C_5 + 0.000001 C_5^2 \quad (9)$$

เมื่อ

C_4, C_6 = ระยะห่างหลอดไฟที่ประมวลผลได้จากภาพนิ่ง (เมตร)

C_3, C_5 = ระยะทางของรถที่สวนทางมา ซึ่งวัดระยะจริง (เมตร)

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงกระบวนการวิจัยเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยอ้างอิงค่าระยะที่เปลี่ยนแปลงของดวงไฟเป้าหมายในภาพของกล้องตัวที่ 1 และ 2 เทียบกับระยะระหว่างศูนย์กลางของกล้องทั้ง 2 ตัวนั้น ตามจุดที่กำหนดไว้ทุกๆ 30 เมตร ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการคาดคะเนผลลัพธ์จากภาพนิ่งที่จับภาพ(Snap)ได้เพียงภาพเดียว ผลลัพธ์จากการวิจัยจากกราฟในรูปที่ 5 จะเห็นว่าในช่วงระยะ 240 ถึง 150 เมตร กราฟจะมีการเปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่องเป็นเชิงเส้น (Linear Regression) แต่ในช่วงระยะ 140 ถึง 30 เมตร กราฟจะเปลี่ยนแปลงแบบก้ำวกระโดด ซึ่งให้ผลลัพธ์เป็นเส้นโค้ง (Quadratic model) จึงต้องเลือกใช้สมการถดถอยที่เหมาะสมในแต่ละช่วงของระยะทาง สมการความสัมพันธ์ต้นแบบที่ได้จากงานวิจัยนี้จะให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 97.90 % ซึ่งเป็นค่าที่พอรับได้ โดยข้อผิดพลาดบางส่วนที่ได้รับนั้นเกิดจากสภาพถนนที่ไม่เรียบทำให้แสงสว่างที่เกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอ

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ เช่น เรื่องสภาวะอากาศ ซึ่งมีผลกับแสงไฟหน้ารถ จึงยังต้องมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นต่อไปในอนาคต

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Suansomjit, P. *Night - time Recognition for Car-driving Support System* ,2006. 62 p.(R E37482) : Research elibrary of King Mongkut's University of Technology Thonburi
- [2] Saengpredeekorn, P. and Srinonchat, J. *A New Technique to Define the Overtake Distance Using Image Processing*, ECTI-CON 2009 ,6th International Conference On Volume:2 , Page(s) : 1142 - 1145
- [3] Demers, J. *Depth of Field : A Survey of Techniques* GPU Gems, pp. 375-390, 2004
- [4] Oscar Torres - Reyna , *Data Consultant* , Linear Regression (ver.6.0)" <http://dss.princeton.edu/training/Regression101.pdf>
- [5] Edwards J. R. *Polynomial regression and response surface methodology* ,2007. In C. Ostroff & T. A. Judge (Eds.), *Perspectives on organizational fit* (pp. 361-372). San Francisco: Jossey-Bass
- [6] Tatiyana V. Apanasovich and Raymond J. Carroll *Simex and standard error estimation in semiparametric measurement error models* ,Electronic Journal of Statistics Vol. 3 (2009) 318-348



สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายไพโรจน์ แสงปรีดีกรณ์
วัน เดือน ปีเกิด	16 กันยายน พ.ศ.2513
ที่อยู่	130/135 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลลำผักกูด อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร ปี พ.ศ.2539
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ.2534 – 2536 แผนกซ่อมอุปกรณ์วิทยุสื่อสาร บริษัท แปซิฟิก เทเลซิส เอ็นจิเนียริง จำกัด พ.ศ.2537 – ปัจจุบัน สื่อสารดาวเทียม ส่วนบริการพิเศษ บริษัท ทีไอที จำกัด มหาชน

