

ระบบนำทางด้วยการตรวจจับเส้นสี Navigations System by color line detection

ทักษ์ดนัย แสงวงผล¹ คุณานันท์ เรืองจำรัสเจริญ² อภิวัฒน์ จันท³

ชวลิต ปัญญาอิสระ⁴ และทักษ์พันธุ์ สุวรรณทัต⁵

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ

¹K-2_PARAMOUNT@hotmail.com, ²Mr.kunanan@gmail.com, ³apiwat_ju@rmutto.ac.th,

⁴chawalit_pa@rmutto.ac.th, ⁵tassaphan_su@rmutto.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบประมวลผลภาพดิจิทัล เป็นกระบวนการวิเคราะห์ผลของรูปภาพ โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล ผู้พัฒนาได้นำหลักการมาประยุกต์เข้ากับระบบนำทางเพื่อการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยโปรแกรมจะทำการตรวจสอบเส้นสีที่อยู่บนพื้นซึ่งหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ตามทาง โปรแกรมสามารถระบุว่าจะเคลื่อนที่ไปทางไหน จากผลการดำเนินการโดยติดตั้งกล้องบนหุ่นยนต์ต้นแบบ โปรแกรมสามารถวิเคราะห์ลักษณะของเส้นทางสามารถบอกชนิดทางตรง ทางเลี้ยว ทางแยกได้อย่างถูกต้อง และสามารถตรวจจับเส้นสี โดยมีเปอร์เซ็นต์ของความถูกต้องเฉลี่ย 85 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ระบบนำทาง, ระบบประมวลผลภาพดิจิทัล, ตรวจจับเส้นสี

Abstract

The digital image processing is image analytical technology that using computer for processing. Developers have applied the principle to the navigation system for robot movement. The Software will verify colored lines on the floor and then robot will move along the route. The Software can make a decision to control robot movement as designed. From the performance by installing the camera on a prototype robot. The program can analyze the nature of the path, detect the right way to turn the

intersection correctly and robot can detect color lines with an average of 85% accuracy.

Keyword: Image processing, navigation, color line detection

1. บทนำ

เนื่องจากในยุคปัจจุบันนี้ มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีเพิ่มมากขึ้น ควบคู่ไปกับการพัฒนาโปรแกรมที่จะมารองรับเทคโนโลยีต่าง ๆ อาทิเช่น แขนกล เครื่องจักร หรือแม้แต่หุ่นยนต์ ซึ่งมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในอดีตหุ่นยนต์สามารถเดินตามเส้นโดยใช้เซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดเป็นตัวควบคุม และกำหนดทิศทาง โดยมีโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผล แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำเทคโนโลยีของกล้องดิจิทัล เข้ามาใช้ประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งใช้หลักการของระบบการประมวลผลภาพดิจิทัล หมายถึง การนำภาพมาประมวลผลหรือวิธีคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุในภาพ จากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ ด้วยเหตุนี้ ผู้พัฒนาจึงสนใจที่จะนำหลักการประมวลผลภาพดิจิทัลรวมกับกล้องดิจิทัล มาประยุกต์เข้ากับหุ่นยนต์ต้นแบบ เพื่อทดสอบ

โปรแกรมตรวจจับเส้นสี รวมถึงบอกถึงลักษณะของเส้นทาง และยังสามารถคำนวณหามุมของการเลี้ยวได้อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาระบบนำทางด้วยการตรวจจับเส้นสี โดยใช้การประมวลผลภาพด้วยกล้องดิจิทัล รวมถึงสามารถบอกถึงทางเลี้ยวทางแยกได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้พัฒนาได้ใช้โปรแกรม Microsoft Visual C++ 2008 ^[1] สำหรับเขียนคำสั่งในการประมวลผลภาพดิจิทัล โดยกระบวนการดำเนินการวิจัยนั้น แบ่งได้ดังนี้

1. การทดลองขนาดของเส้น : วัตถุประสงค์ เพื่อหาขนาดเส้นที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งกล้องสามารถจับภาพได้ โดยที่ภาพที่ปรากฏบนหน้าจอต้องมีขนาดไม่ใหญ่และไม่เล็กจนเกินไป จากการทดสอบเส้นที่ปรากฏบนหน้าจอและมองเห็นชัดเจนที่สุดคือเส้นที่มีขนาด 1.5 นิ้ว ถึง 3 นิ้ว

2. การทดลองโฟกัสของกล้อง : วัตถุประสงค์ เพื่อหาตำแหน่งโฟกัสที่เหมาะสมที่สุดของกล้อง เพื่อไม่ให้ภาพที่ปรากฏบนหน้าจอมีลักษณะเบลอจนเกินไปซึ่งจะทำให้ภาพพื้นผิวเห็นได้ชัดจึงทำให้มีภาพรบกวนมากเกินไป ทำให้การคำนวณมีข้อผิดพลาดขึ้นได้ งานนี้ได้ใช้กล้อง Cannon รุ่น VC-C4 ระยะติดตั้งห่างจากพื้น 30 เซนติเมตร กดุมกล้องลง 45 องศา ระยะโฟกัส 4 ถึง 10 มิลลิเมตร อัตราการแสดงผลภาพ 25 ภาพต่อวินาที ขนาดของภาพ 320x240



รูปที่ 1 การติดตั้งกล้องเพื่อจับเส้น

3. การทดลองเรื่องแสง : แสงมีผลมากกับงานมาก เพราะเนื่องจากเราไม่สามารถควบคุมแสงจากธรรมชาติได้ แต่เราสามารถป้องกันแสงจากธรรมชาติได้โดยการใช้แสงไฟจากห้องและแสงต้องมาจากด้านบนของวัตถุเท่านั้นมิฉะนั้นจะเกิดเงาของวัตถุขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการคำนวณผิดพลาดของโปรแกรมได้

4. การทดลองหามุมด้วยทฤษฎีฟังก์ชันตรีโกณมิติ ทดสอบการคำนวณหามุมด้วยกฎของไซน์ และพิสูจน์หาฟังก์ชันอาจนิยามด้วยอัตราส่วนของด้าน 2 ด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉากหรืออัตราส่วนของพิกัดของจุดบนวงกลมหนึ่งหน่วย หรือนิยามในรูปทั่วไปเช่น อนุกรมอนันต์ หรือสมการเชิงอนุพันธ์ รูปสามเหลี่ยมที่นำมาใช้จะอยู่ในระนาบแบบยูคลิด ดังนั้น ผลรวมของมุมทุกมุมจึงเท่ากับ 180°

5. การทดลองแปลงภาพสีเป็นภาพเกรย์สเกลโดยใช้ฟังก์ชัน CvCvtColor ของไลบรารี Opencv version 1.1 มีผลการทดลองดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การแปลงภาพสีเป็นภาพเกรย์สเกล

6. การทดลองแปลงภาพเกรย์สเกลเป็นภาพขาวดำโดยใช้ฟังก์ชัน CvThreshold ของไลบรารี Opencv มีผลการทดลองดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การแปลงภาพเกรย์สเกลเป็นภาพขาวดำ

7. การทดลองลบสัญญาณรบกวนในภาพ โดยใช้หลักการ Dilate และ Erode ซึ่งใช้ฟังก์ชันcvDilate และ cvErode ของไลบรารี Opencv มีผลการทดลองดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การลดสัญญาณรบกวนในภาพ

(ก) การลบภาพที่มีขนาดต่ำกว่า 3 พิกเซล

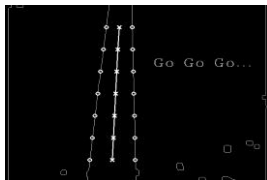
(ข) การเพิ่มขนาดของภาพให้มีขนาดเพิ่มขึ้น 6 พิกเซล

8. การทดลองหาเส้นขอบในภาพ โดยใช้หลักการ Canny ซึ่งใช้ฟังก์ชัน cvCanny และ ของไลบรารี Opencv มีผลการทดลองดังรูปที่ 5



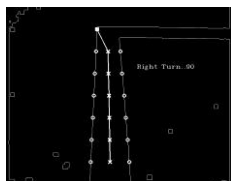
รูปที่ 5 การหาเส้นขอบในภาพ

9. เส้นตรงที่ตรวจจับได้นั้นจะต้องมีตัวเช็คของโปรแกรมทั้งหมด 7 จุดด้วยกัน เมื่อเช็คได้ครบ 7 จุดแล้วจะขึ้นแสงผลที่หน้าจอว่า “Go Go Go” มีความหมายว่านี่คือเส้นตรงแสดงได้ดังรูปที่ 6



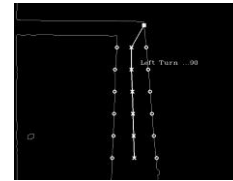
รูปที่ 6 การตรวจจับเส้นของเส้นตรง

10. เส้นโค้งขวา ที่ตรวจจับได้นั้นจะต้องมีตัวเช็คของโปรแกรมทั้งหมด 7 จุดด้วยกัน เมื่อเช็คได้ครบ 7 จุดแล้วจะขึ้นแสงผลที่หน้าจอว่า “Right Turn” และมีตัวเลขบอกถึงมุมองศาที่เลี้ยว มีความหมายว่านี่คือเส้นทางโค้งขวาที่มีมุม 90 องศา แสดงได้ดังรูปที่ 7



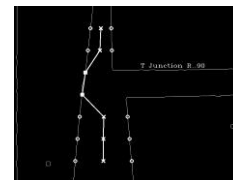
รูปที่ 7 การตรวจจับเส้นของโค้งขวา

11. เส้นโค้งซ้าย ที่ตรวจจับได้นั้นจะต้องมีตัวเช็คของโปรแกรมทั้งหมด 7 จุดด้วยกัน เมื่อเช็คได้ครบ 7 จุดแล้วจะขึ้นแสงผลที่หน้าจอว่า “Left Turn” และมีตัวเลขบอกถึงมุมองศาที่เลี้ยว มีความหมายว่านี่คือเส้นทางโค้งซ้ายที่มีมุม 90 องศา แสดงได้ดังรูปที่ 8



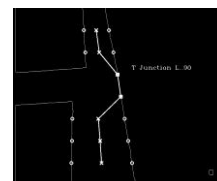
รูปที่ 8 การตรวจจับเส้นของโค้งซ้าย

12. เส้นของทางแยกตัวที่ด้านซ้าย ที่ตรวจจับได้นั้นจะต้องมีตัวเช็คของโปรแกรมทั้งหมด 7 จุดด้วยกัน เมื่อเช็คได้ครบ 7 จุดแล้วจะขึ้นแสงผลที่หน้าจอว่า T Junction R และมีตัวเลขบอกถึงมุมองศาที่เลี้ยว มีความหมายว่านี่คือเส้นทางแยกตัวที่ด้านขวาที่มีมุม 90 องศา แสดงได้ดังรูปที่ 9



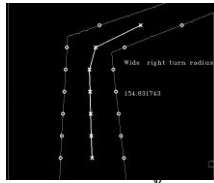
รูปที่ 9 การตรวจจับเส้นของทางแยกตัวที่ด้านขวา

13. เส้นของทางแยกตัวที่ด้านซ้าย ที่ตรวจจับได้นั้นจะต้องมีตัวเช็คของโปรแกรมทั้งหมด 7 จุดด้วยกัน เมื่อเช็คได้ครบ 7 จุดแล้วจะขึ้นแสงผลที่หน้าจอว่า T Junction L และมีตัวเลขบอกถึงมุมองศาที่เลี้ยว มีความหมายว่านี่คือเส้นทางแยกตัวที่ด้านซ้ายที่มีมุม 90 องศา แสดงได้ดังที่รูป 10



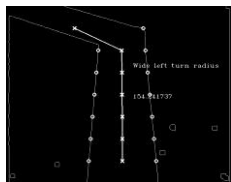
รูปที่ 10 การตรวจจับเส้นของทางแยกตัวที่ด้านซ้าย

14. เส้นของทางเลี้ยวขวามุมกว้าง ที่ตรวจจับได้นั้นจะต้องมีตัวเช็คของโปรแกรมทั้งหมด 7 จุดด้วยกัน เมื่อเช็คได้ครบ 7 จุดแล้วจะขึ้นแสงผลที่หน้าจอว่า Wide right turn radius และมีตัวเลขบอกถึงมุมองศาที่เลี้ยว มีความหมายว่านี่คือเส้นทางเลี้ยวขวามุมกว้างที่มีมุม 154.83 องศา แสดงได้ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 การตรวจจับเส้นของทางเลี้ยวขวามุมกว้าง

15. เส้นของทางเลี้ยวขวามุมกว้าง ที่ตรวจจับได้นั้นจะต้องมีตัวเช็คของโปรแกรมทั้งหมด 7 จุดด้วยกัน เมื่อเช็คได้ครบ 7 จุดแล้วจะขึ้นแสดงผลที่หน้าจอว่า Wide left turn radius และมีความหมายว่านี่คือเส้นของทางเลี้ยวขวามุมกว้างที่มีมุม 154.24 องศา แสดงได้ดังรูปที่ 12



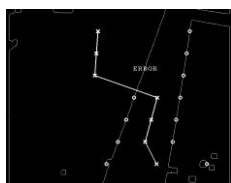
รูปที่ 12 การตรวจจับเส้นของทางเลี้ยวซ้ายมุมกว้าง

16. เส้นของทางแยกตัวเอ็กซ์ ที่ตรวจจับได้นั้นจะต้องมีตัวเช็คของโปรแกรมทั้งหมด 7 จุดด้วยกัน เมื่อเช็คได้ครบ 7 จุดแล้วจะขึ้นแสดงผลที่หน้าจอว่า X Junction มีความหมายว่านี่คือเส้นของทางทางแยกตัวเอ็กซ์ แสดงได้ดังรูปที่ 13



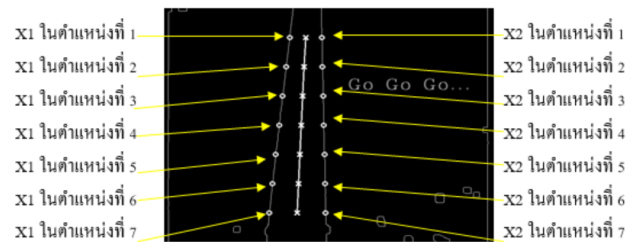
รูปที่ 13 การตรวจจับเส้นของทางแยกตัวเอ็กซ์

17. เมื่อตรวจจับเส้นไม่พบหรือไม่อยู่ในเงื่อนไข โปรแกรมจะประมวลผลออกมา แล้วจะขึ้นแสดงผลที่หน้าจอว่า ERROR มีความหมายว่า ไม่ตรงกับเงื่อนไขใดๆของโปรแกรม แสดงได้ดังรูปที่ 14

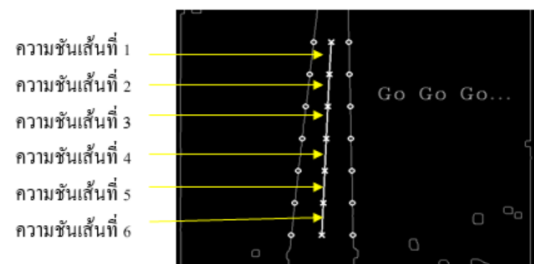


รูปที่ 14 กรณีตรวจจับเส้นไม่พบ

เงื่อนไขการตรวจจับ ได้เขียนโปรแกรมค้นหาตำแหน่งไว้สองด้าน คือด้านซ้ายและด้านขวาตามแนวแกนนอน กำหนดให้แกนนอนเป็นแกน X โดยที่ด้านซ้ายจะเริ่มที่ X1 ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 7 และด้านขวา จะเริ่มที่ X2 ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 7 ส่วนแกน Y นั้นคือเส้นแกนตั้ง โดยเอาไว้ตรวจสอบตำแหน่งของแกน X ทั้งด้านซ้ายและขวา



รูปที่ 15 คำอธิบายตำแหน่งของ X1 และ X2



รูปที่ 16 คำอธิบายรูปความชัน

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการตรวจจับเส้น

ลักษณะการตรวจจับ	คำอธิบาย
การตรวจจับเส้นของเส้นตรง	เมื่อทั้ง 7 จุดอยู่บนเส้นตรงที่มีตำแหน่ง X ที่ไม่เท่ากัน แต่มีตำแหน่ง Y ที่เท่ากัน จึงตรวจสอบได้ว่าเป็นเส้นตรง
การตรวจจับเส้นของโค้งขวา	เมื่อตำแหน่ง X1 ในตัวตรวจจับที่ 2 และตำแหน่ง X2 ในตัวตรวจจับที่ 2 มีค่าที่เท่ากัน และค่าความชันของเส้นที่ 3 มีค่ามากกว่าเส้นที่ 4
การตรวจจับเส้นของโค้งซ้าย	เมื่อตำแหน่ง X1 ในตัวตรวจจับที่ 2 และตำแหน่ง X2 ในตัวตรวจจับที่ 2 มีค่าที่เท่ากัน และค่าความชันของเส้นที่ 3 มีค่าน้อยกว่าเส้นที่ 4 ตรวจจับที่ 1 และ 2 มีค่าไม่เท่ากัน และตำแหน่ง X1 และ

การตรวจจับเส้นของทางแยกตัวที่ด้านขวา	เมื่อตำแหน่ง X1 และ X2 ในตัว X2 ในตัวตรวจจับที่ 3 และ 4 มีค่าเท่ากัน และมีค่าความชันของเส้นที่ 3 น้อยกว่าเส้นความชันของเส้นที่ 4
การตรวจจับเส้นของทางแยกตัวที่ด้านซ้าย	เมื่อตำแหน่ง X1 และ X2 ในตัวตรวจจับที่ 1 และ 2 มีค่าไม่เท่ากัน และตำแหน่ง X1 และ X2 ในตัวตรวจจับที่ 3 และ 4 มีค่าเท่ากัน และมีค่าความชันของเส้นที่ 3 มากกว่าเส้นความชันของเส้นที่ 4
การตรวจจับเส้นของทางเลี้ยวขวามุมกว้าง	ค่าความชันของเส้นที่ 1 มีค่าน้อยกว่า ค่าความชันของเส้นที่ 2
การตรวจจับเส้นของทางเลี้ยวซ้ายมุมกว้าง	ค่าความชันของเส้นที่ 1 มีค่ามากกว่า ค่าความชันของเส้นที่ 2
การตรวจจับเส้นของทางแยกตัวเอ็กซ์	ค่าความยาวระหว่างจุดที่ 2-3 มีความยาวมากกว่า 3-4
ตรวจจับเส้นไม่พบ	ไม่ตรงกับเงื่อนไขใดๆ ที่ผ่านมา

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการทดลองพบว่า ระบบนำทางหุ่นยนต์ด้วยการตรวจจับเส้นสี มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการตรวจสอบโดยเฉลี่ย 85 เปอร์เซ็นต์ สามารถบอกชนิดของทางตรง ทางเลี้ยว ทางแยกได้อย่างถูกต้อง และสามารถดำเนินงานได้ครบตามขอบเขตที่ตั้งไว้

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบระบบนำทางหุ่นยนต์ด้วยการตรวจจับเส้นสี

การทดสอบ	จำนวนการทดสอบ	ความถูกต้อง	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
ตรวจจับเส้นเส้นตรง	25 ครั้ง	24 ครั้ง	96 เปอร์เซ็นต์
ตรวจจับโค้งขวา	25 ครั้ง	20 ครั้ง	80 เปอร์เซ็นต์
ตรวจจับโค้งซ้าย	25 ครั้ง	21 ครั้ง	84 เปอร์เซ็นต์
ตรวจจับแยกตัวที่ด้านขวา	25 ครั้ง	19 ครั้ง	76 เปอร์เซ็นต์
ตรวจจับแยกตัวที่ด้านซ้าย	25 ครั้ง	22 ครั้ง	88 เปอร์เซ็นต์

ตรวจจับเลี้ยวขวามุมกว้าง	25 ครั้ง	20 ครั้ง	80 เปอร์เซ็นต์
ตรวจจับเลี้ยวซ้ายมุมกว้าง	25 ครั้ง	21 ครั้ง	84 เปอร์เซ็นต์
ตรวจจับแยกตัวเอ็กซ์	25 ครั้ง	23 ครั้ง	92 เปอร์เซ็นต์
ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง	200 ครั้ง	170 ครั้ง	85 เปอร์เซ็นต์

5. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากสีที่นำมาพิจารณานั้นควรจะมีเพิ่มของการแยกสีให้ได้ละเอียดมากกว่านี้เช่น เพิ่มการตรวจจับสีอื่นๆ และควรพัฒนาตัวหุ่นยนต์เพิ่มเติมในส่วนของการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการทำโครงการ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ ที่ให้การสนับสนุนทางด้านงบประมาณและอุปกรณ์ในการทำโครงการ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Gary Bradski & Adrian Kaebler . 2008. Computer Vision with the openCv Library. England : This book uses Repkover,™ a durable and flexible lay-flat binding.
- [2] สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2559 จาก <http://tassaphan.rmutto.ac.th/>
- [3] สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2559 จาก www.opecv.jp
- [4] สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2559 จาก <http://fibo.kmutt.ac.th/blog/crvc/2009/12/12/>
- [5] สมเกียรติ อุดมธรรษากุล, 2554, การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น (Fundamentals of Digital Image Processing)
- [6] เดชฤทธิ์ มณีธรรม, 2553, คัมภีร์หุ่นยนต์ (Robot)