การหาตำแหน่งการไขหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์สำหรับแขนกลไขน็อตแบบ 3 แกน
Finding Location the Spin Nut Adorn Alloy Wheels for 3 Axis Machine

อรรถพล พลานนท์[1*] , อวยไชย อินทรสมบัติ[2*] และบุญหทัย เครือแก้ว[3**]

[1]สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[3]สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[*]ort.palananda@gmail.com, [**]icedmilk33@gmail.com

บทคัดย่อ

ในอุตสาหกรรมล้อแม็กรถยนต์ได้มีการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาประยุกต์เพื่อช่วยในการทำงานเพื่อให้เกิดผลผลิตและประโยชน์สูงสุด ในงานด้านการประดับล้อแม็กรถยนต์มีการใช้หมุดเพื่อตกแต่งประดับล้อแม็กให้มีความสวยงาม ซึ่งต้องอาศัยพนักงานในการไขหมุดโดยในการทำงานอาจเกิดริ้วรอยบนล้อแม็กรถยนต์ได้ ส่งผลให้ไม่สามารถขายล้อแม็กรถยนต์ในราคาปรกติ ดังนั้นวิธีการหนึ่งได้ถูกนำมาใช้ในการตรวจหาตำแหน่งของรูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์คือ การประมวลผลภาพโดยประยุกต์ใช้เทคนิคในการหาวัตถุต่าง ๆ ที่อยู่ในภาพ วิธีการหนึ่งที่นิยมใช้คือ วิธีการเปรียบเทียบแม่แบบ โดยนำแม่แบบที่กำหนดไว้เคลื่อนที่เปรียบเทียบไปทั่วทั้งภาพและเก็บตำแหน่งที่เหมือนกันไว้ อีกวิธีการหนึ่งคือวิธีการหาหลุม โดยทำการหาขนาดของหลุมตามขนาดจำนวนของจุดภาพที่กำหนดจากนั้นหาตำแหน่งกึ่งกลางของหลุมที่หาได้และวิธีการปรับปรุงการหาหลุมจากการลบภาพจากนั้นใช้วิธีการหาหลุมที่ได้มาเปรียบเทียบลักษณะของวงกลมด้วยวิธีการฮาร์ฟทรานฟอร์มและหาตำแหน่งกึ่งกลางของรูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์ด้วยวิธีการสันปันน้ำ ผลที่ได้ของทั้ง 3 วิธีการเป็นพิกัดตำแหน่งจุดกึ่งกลางของรูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์ โดยการดำเนินการปรากฏว่าวิธีการหาหลุมทำเวลาได้ดีกว่า 2 วิธีที่เหลือและวิธีการปรับปรุงการหาหลุมเป็นวิธีการที่ให้ผลความถูกต้องที่ดีกว่าวิธีการหาหลุมและวิธีการเปรียบเทียบแม่แบบ ตามลำดับ

คำสำคัญ: การลบภาพ, การหาหลุม, วิธีการสันปันน้ำ

Abstract

In the alloy wheels industry is the use of technology has been applied to use in the work. As a result, work is easy and plentiful. Adorn wheels make an alloy more beautiful. Currently, to print a pattern on alloy wheels still requires employees to operate but sometimes have error that the alloy wheels was damaged. The alloy wheels was damaged are sold at a cheaper price the normal. Therefore, the interest in Application of Image Processing to locate the nut hole vacated alloy wheels has been increased. Template matching algorithm is the one of gained popularity method, which applied various techniques by using image processing to locate the nut hole ornamental wheels. This method used the comparison between the master nut hole and nut hole on the wheels by compare the similarity of images. Another method is Fill the hole algorithm, which find a group of pixels that are the same size as defined by the image and find the center of the hole. Therefore, in this paper, improved Fill the hole algorithm and subtract is applied to locate position of the mag wheel. This method used Hough Transform algorithm compare characteristics of hole and use the Water Shedding algorithm to find the center of the hole. The experimental results demonstrated the comparison of three method. The proposed method demonstrates increasing of the performance and reducing average time in process better than original Fill the hole algorithm and Template matching algorithm.

Keywords: subtract algorithm, fill the hole algorithm, water shedding algorithm

1. บทนำ

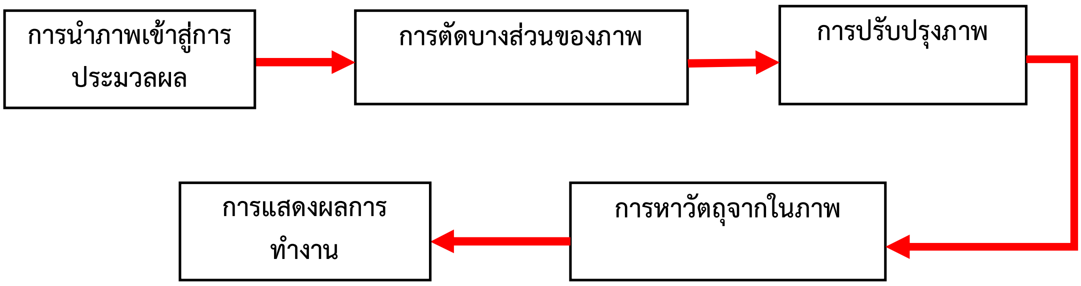
ในงานอุตสาหกรรมด้านล้อแม็กรถยนต์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การผลิตล้อแม็กรถยนต์มีความเที่ยงตรงและมีมาตรฐานมากขึ้น อีกทั้งอุตสาหกรรมการผลิตล้อแม็กรถยนต์ยังมีการออกแบบลวดลายที่หลากหลายเพื่อเพิ่มความสวยงามให้กับล้อแม็กรถยนต์ รูปแบบหนึ่งที่ผู้ผลิตใช้ในการเพิ่มลวดลาย คือ การเพิ่มหมุด)Knotประดับ (เข้าที่ล้อแม็กรถยนต์ ซึ่งทำให้มีความซับซ้อนในการผลิตเพิ่มขึ้น อีกทั้งเป็นการเพิ่มภาระงานให้กับพนักงาน เนื่องจากต้องใช้ความแม่นยำในการหาตำแหน่งของการไขหมุดประดับล้อ ซึ่งหากเกิดความผิดพลาดขึ้นอาจเกิดริ้วรอยและสร้างความเสียหายให้กับล้อแม็กรถยนต์ได้ ส่งผลให้ล้อแม็กรถยนต์ชิ้นนั้นมีคุณภาพสินค้าลดลง แต่ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีระบบการควบคุมอัตโนมัติ (Automations Systems) มาช่วยในการทำงานมากขึ้น โดยเทคโนโลยีที่สำคัญเทคโนโลยีหนึ่งคือ เทคโนโลยีการควบคุมแบบ 3 แกน (3 Axis Controller) ที่ช่วยในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ด้วยระบบพิกัดในแนวแกนซ้าย-ขวา (แกน X) , แกนบน-ล่าง (แกน Y) และในแนวแกนลึก (แกน Z) เพื่อช่วยลดความผิดพลาดในการทำงานของพนักงาน จากนั้นการประมวลผลภาพได้ถูกนำมาพัฒนาเพื่อช่วยในการหาพิกัดตำแหน่งของหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์ การประยุกต์การหาพิกัดตำแหน่งจากวิธีการเปรียบเทียบแม่แบบ (Template Matching)[1] วิธีการหาหลุม (Finding Hole)[5] และวิธีการปรับปรุงการหาหลุม ด้วยวิธีการลบภาพ (Subtraction) ร่วมกับวิธีการหาตำแหน่งจากสันปันน้ำ (Water Shedding) จึงถูกนำมาใช้ในการหาพิกัดตำแหน่งและแสดงตำแหน่งของรูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์ แทนการทำงานด้วยพนักงานต่อไป

2. วัตถุประสงค์ในการศึกษาและการวิจัย

เพื่อพัฒนากระบวนการหาตำแหน่งของรูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์และพิกัดตามตำแหน่งที่ระบุด้วยเครื่อง 3 แกน

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

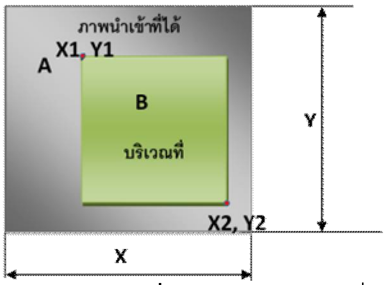
การหาวัตถุที่ต้องการจากในภาพเป็นการเลือกเฉพาะส่วนที่ต้องการเพื่อนำมาวิเคราะห์ สังเคราะห์ และรวมถึงการประเมินสิ่งที่ได้จากสิ่งที่เลือกได้ ในการหาวัตถุจากในภาพสามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานประกอบไปด้วย การนำภาพเข้าสู่การประมวลผล (Import Image) การตัดบางส่วนของภาพ (Image Segmentation) การปรับปรุงภาพ (Image Enchantment) การหาวัตถุจากในภาพ (Finding Object) และการแสดงผลของการทำงาน (Output Display) แสดงในรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1 พื้นฐานการหาวัตถุจากในภาพ

3.1 การตัดบางส่วนของภาพ

เป็นการเลือกเฉพาะบางส่วนที่อยู่ในภาพ โดยเลือกเฉพาะบริเวณส่วนที่สนใจจากในภาพ วิธีการหนึ่งคือการระบุบริเวณที่สนใจ (Region Interesting) [2],[3] โดยกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสิ้นสุดของบริเวณที่สนใจ แสดงในรูปภาพที่ 2



รูปภาพที่ 2 การเลือกบริเวณที่สนใจ

ผลที่ได้คือภาพเฉพาะบริเวณส่วนที่สนใจและการประมวลผลข้อมูลมีความเที่ยงตรงมากขึ้น จากการประมวลผลเฉพาะข้อมูลบริเวณที่สนใจแทนที่การประมวลผลข้อมูลภาพทั้งหมด

3.2 การปรับปรุงภาพ

เนื่องจากภาพที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยขั้นตอนวิธีการต่างๆ สิ่งที่อาจพบในภาพ เช่น สิ่งปลอมปน สิ่งที่ไม่พึ่งประสงค์ รวมถึงสัญญาณรบกวนต่างๆ (Noise) ที่ส่งผลทำให้คุณภาพของภาพนั้นไม่ดี จึงต้องทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีความชัดเจนดีขึ้นหรือทำให้สัญญาณที่รบกวนในภาพให้ลดน้อยลง ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

3.2.1 การปรับปรุงภาพด้วยมอร์โฟโลจี (Morphology)

เป็นวิธีลดสัญญาณรบกวนที่มีในภาพ เช่น จากรอยนิ้วมือที่สัมผัสหน้าเลนส์กล้องหรือความผิดพลาดในการส่งข้อมูลและการบันทึกข้อมูล เป็นต้น โดยการปรับปรุงภาพให้ดีขึ้นด้วยการลบจุดภาพ (Pixel) ที่ไม่พึงประสงค์จากในภาพทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการกัดกร่อน (Erosion) และกระบวนการขยาย (Dilation) รวมไปถึงการประยุกต์กระบวนการทั้ง 2 กระบวนการด้วยกระบวนการเปิด (Opening) และกระบวนการปิด (Closing) [4],[6]

3.2.2 การปรับปรุงภาพด้วยการกรองเกาส์เซียน (Gaussian Filter)

เป็นวิธีกรองสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในภาพ โดยทำให้ภาพมีความคมชัดเพิ่มขึ้นหรือทำให้ภาพเบลอ โดยใช้การกรองเกาส์เซียน แบบ 2 มิติ ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$G_\sigma(x,y) = e^{\frac{r^2}{2\sigma^2}} = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \qquad (1)$$

โดยที่ σ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของสมการภาพระฆังคว่ำ (ความกว้างของการกระจาย) และ r คือ รัศมีจากจุดศูนย์กลางของตัวกรอง

3.4 การค้นหาวัตถุจากในภาพ

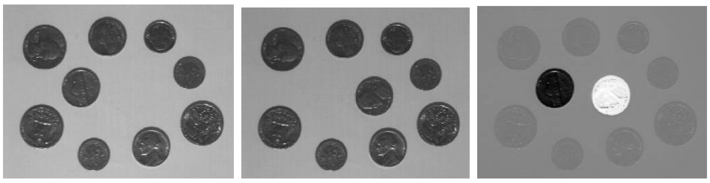
ในการค้นหาสิ่งที่ต้องการที่อยู่ในภาพ สามารถได้หลากหลายวิธีการ เช่นการเปรียบเทียบแม่แบบ (Template Matching) การค้นหาจากขนาดของหลุม (Finding Hole) และการพิจารณาจากรูปทรง (Shape Detection) เป็นต้น

3.4.1 วิธีการลบภาพ (Image Subtraction)

เป็นวิธีการนำภาพระดับสีเทา ภาพที่มีขนาดที่เท่ากันหรือเหมือนกันมาทำการลบกัน 2 ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการตัดภาพพื้นหลังออกจากภาพวัตถุที่อยู่เบื้องหน้าโดยกำหนดให้ f1(N,M) และ f2(N,M) เป็นภาพที่มีขนาดเท่ากันจากนั้น ทำการลบภาพดังแสดงในสมการที่ (2)

$$f_r(N,M) = f_1(N,M) - f_2(N,M) \qquad (2)$$

โดยที่ $f_r(N,M)$ คือ ภาพผลลัพธ์, $f_1(N,M)$ คือ ภาพต้นฉบับ และ $f_2(N,M)$ คือ ภาพพื้นหลังวิธีการลบภาพสามารถนำมาใช้ในการหาความต่างกันระหว่างภาพ ภาพได้ โดยกำหนดให้ 2 ภาพตั้งต้น แสดงดังรูปภาพที่ 3(ก) และภาพที่ขยับเหรียญไปทางขวามือแสดงดังรูปภาพที่ 3(ข) ผลที่ได้จากวิธีการลบภาพทั้งสองแสดงในรูปภาพที่ 3(ค)



(ค) (ข) (ก)

รูปภาพที่ 3 ผลที่ได้จากวิธีการลบภาพ

3.4.2 วิธีการเปรียบเทียบแม่แบบ

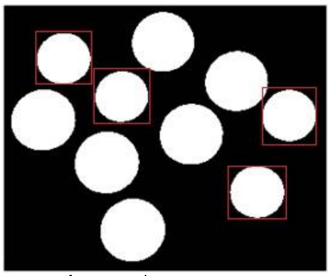
เป็นการหาสิ่งที่มีความคล้ายคลึงหรือเหมือนกับต้นแบบตามที่กำหนด โดยทำการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันระหว่างตัวแม่แบบกับวัตถุที่อยู่ในภาพ โดยขั้นตอนวิธีเริ่มต้นจากการสร้างแม่แบบตามขนาดของวัตถุที่ต้องการค้นหาด้วยหน้าต่างเคลื่อนที่)Moving Windows([7] จากนั้นเลื่อนแม่แบบไปจนทั่วทั้งภาพ เพื่อคำนวณหาความคล้ายคลึงกันของแม่แบบกับพื้นที่ที่แม่แบบทาบผ่าน ผลที่ได้แสดงในรูปภาพที่ 4

แม่แบบ **ภาพเปรียบเทียบ** **ผลการค้นหา**

รูปภาพที่ 4 ผลที่ได้จากวิธีการเปรียบเทียบแม่แบบ

3.4.3 วิธีการหาหลุม

เป็นวิธีการหากลุ่มข้อมูลที่มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดที่กำหนด โดยวิธีการหาหลุม ต้องดำเนินการหลังจากการแปลงภาพที่ได้เป็นภาพขาวดำ (Binary image) ที่มีค่าระดับของจุดภาพ 2 ระดับ คือ 0 และ 1 เท่านั้น เช่นกำหนดให้ค้นหาหลุมที่มีขนาดน้อยกว่า 50 จุดภาพ ผลที่แสดงในรูปภาพที่ 5



รูปภาพที่ 5 ผลที่ได้จากวิธีการหาหลุม

3.4.4 วิธีการพิจารณารูปทรง

เป็นวิธีพิจารณารูปวงกลมโดยวิธีฮาร์ฟทรานฟอร์ม (Hough Transform) โดยการหาความสัมพันธ์ของจุดตัดของรัศมีกับขอบของภาพโดยวิธีการฮาร์ฟทรานฟอร์มพยายามสร้างเส้นวงกลมที่เหมาะสมกับจุดที่เป็นขอบของวัตถุ ซึ่งวิธีการคำนวณหาพิกัด x, y ที่อยู่บนวงกลมหรือส่วนโค้งดังแสดงในสมการที่ (3)

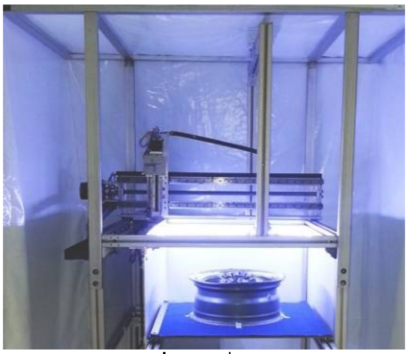
$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2 \qquad (3)$$

โดยที่ $x = a + r\cos\theta$ และ $y = b + r\sin\theta$

ผลของการพิสูจน์วงกลมหาได้จากจุดสะสมของวงกลมที่มีจำนวนมากกว่าค่าที่กำหนด (Threshold) ซึ่งค่าที่กำหนดขึ้นอยู่กับขนาดของจำนวนจุดภาพที่ทำการเลือกใช้

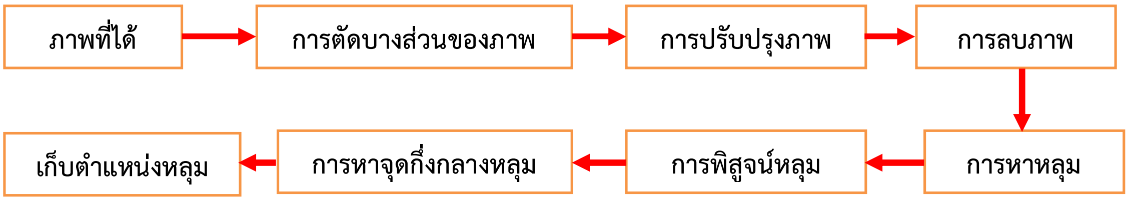
4. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานแบ่งการทำงานอออกเป็น 2 ส่วนหลัก ประกอบด้วยส่วนเครื่องกล 3 แกน ที่ใช้เพื่อการเคลื่อนที่ตามการระบุตำแหน่งที่ได้จากการหาตำแหน่งของรูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์แสดงในรูปภาพที่ 6



รูปภาพที่ 6 เครื่อง 3 แกน

โดยออกแบบและผลิตเครื่องกล 3 แกนให้สามารถเคลื่อนที่ตามแนวแกน x แกน y และ แกน z ด้วยสเตปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motors) ผ่านวงจรขับเคลื่อนที่รองรับคำสั่งภาษา G-Code และส่วนโปรแกรมหาตำแหน่งรูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์ ซึ่งมีขั้นตอนการวิจัยและพัฒนาด้วยโปรแกรม Visual C# ร่วมกับ Library Emgu CV โดยผ่านการเชื่อมต่อกับกล้องไอพี)IP Cameraด้วย (ชุดพัฒนา AXIS Media Control SDK Version 6.30 โดยขั้นตอนวิธีการปรับปรุงด้วยการลบภาพและการหาตำแหน่งของหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์ แสดงในรูปภาพที่ 7



รูปภาพที่ 7 ขั้นตอนการหาตำแหน่งรูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์

จากขั้นตอนในภาพที่ 7 ภาพนำเข้าที่ได้จากกล้องไอพีเป็นภาพสีประเภท *.jpeg ที่มีขนาด 640 x 480 จุดภาพที่ผ่านการจัดสภาพแวดล้อมบางส่วนโดยกำหนดให้มีการรบกวนของแสงจากภายนอกให้น้อยที่สุด ซึ่งขนาดล้อแม็กรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบมีขนาด 15 นิ้ว แสดงในรูปภาพที่ 8

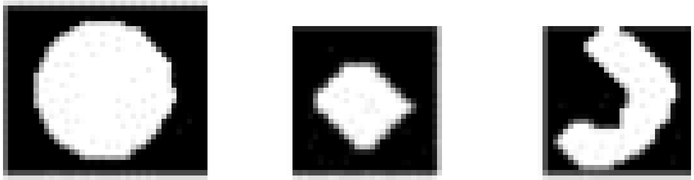
รูปภาพที่ 8 ล้อแม็กรถยนต์

จากนั้นทำการตัดแบ่งเฉพาะส่วนที่สนใจจากภาพที่ได้ ด้วยการกำหนดขนาดตามล้อแม็กรถยนต์ จากนั้นทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีความชัดเจนขึ้น แสดงในรูปภาพที่ 9(ก) เมื่อได้ภาพที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีความคมชัดเพิ่มขึ้น จากนั้นนำภาพที่ได้ทำวิธีการลบภาพเพื่อหาเฉพาะส่วนของล้อแม็กรถยนต์ผลที่ได้แสดงในรูปภาพที่ 9(ข) และทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการขยายของมอร์โฟโลจี ขนาด 2 จุดภาพ ผลที่ได้แสดงในรูปภาพที่ 9(ค)

(ค) (ข) (ก)

รูปภาพที่ 9 การปรับปรุงภาพล้อแม็กรถยนต์

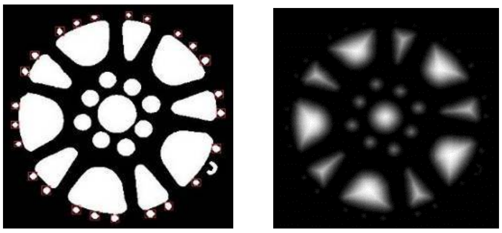
จากรูปภาพที่ 9 สามารถหารูของหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์ได้ด้วยวิธีการหาหลุม โดยกำหนดขนาดของหลุมที่ (ค) มากกว่า20 จุดภาพแต่ไม่เกิน 35 จุดภาพ เนื่องจากหลีกเลี่ยงสิ่งรบกวนที่อาจเกิดขึ้นในภาพ และวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่ารูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์ ซึ่งสามารถเปรียบเทียบขนาดของรูต่างๆได้ แสดงในรูปภาพที่ 10



รูหมุดยึดล้อ รูหมุดประดับล้อ รูที่เติมลม

รูปภาพที่ 10 ภาพของรูหมุดที่มีบนล้อแม็กรถยนต์

ขั้นตอนต่อมาทำการยืนยันลักษณะของหลุมที่ได้ด้วยวิธีการฮาร์ฟทรานฟอร์ม ซึ่งนำมาใช้วิเคราะห์ลักษณะของวงกลมได้โดยนำมาใช้พิจารณารูที่เติมลมหรือรูที่มีลักษณะไม่เป็นวงกลม จากนั้นเก็บตำแหน่งของแต่ละวงกลม ผลที่ได้แสดงในรูปภาพที่ 11(ก) เมื่อได้ตำแหน่งของแต่ละวงกลมให้ทำการเก็บค่าตำแหน่งนั้นไว้ จากนั้นทำการหาตำแหน่งจุดกึ่งกลางของแต่ละวงกลมโดยการใช้วิธีการสันปันน้ำ ที่สามารถหาจุดตำแหน่งเพียงจุดเดียวได้ในแต่ละวงกลมผลที่ได้แสดงในรูปภาพที่ 11(ข)



(ก) (ข)

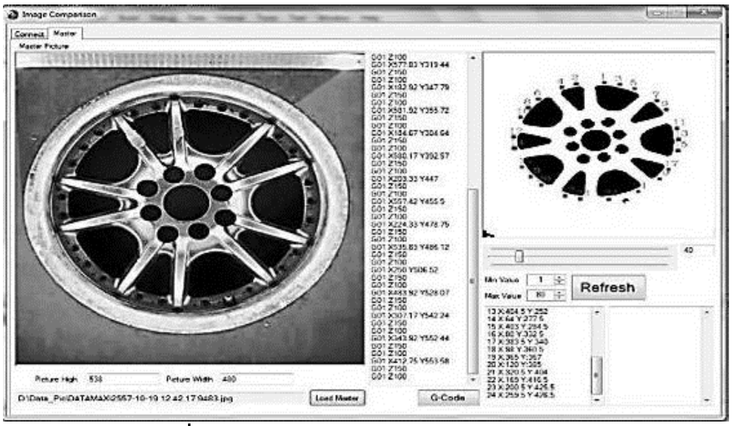
รูปภาพที่ 11 การหาวงกลมแต่ละวง

จากนั้นเก็บค่าตำแหน่ง x และ y ซึ่งจุดกึ่งกลางของแต่ละวงกลม โดยกำหนดให้มีค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดหลุมได้ไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นบันทึกค่าเป็นคำสั่ง G-Code เพื่อรอป้อนให้กับเครื่อง 3 แกนต่อไป การดำเนินงานด้วยวิธีการดังกล่าวให้ผลความแม่นยำกว่าวิธีการเปรียบเทียบแม่แบบและวิธีการหาหลุมเพียงอย่างเดียว

5. ผลการวิจัย

ในการดำเนินงานทำการทดสอบในส่วนการหาตำแหน่งของรูหมุดประดับล้อมแม็กรถยนต์ โดยดำเนินการบันทึกตำแหน่งของรูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์ที่ได้ในรูปแบบข้อมูลประเภท G Code โดยการทำงานเริ่มต้นจากการวางล้อแม็กรถยนต์ในตำแหน่งที่กำหนดจากนั้นสั่งทำการหารูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์ผลที่ได้แสดงในรูปภาพที่ 12 โดยในการทดสอบการ

ทำงานเปรียบเทียบกระบวนการด้วยวิธีเปรียบเทียบแม่แบบ วิธีการหาหลุมและวิธีการปรับปรุงการหาหลุม จากนั้นเปรียบเทียบวิธีการต่างๆที่ได้ในรูปแบบค่าทางสถิติต่อไป



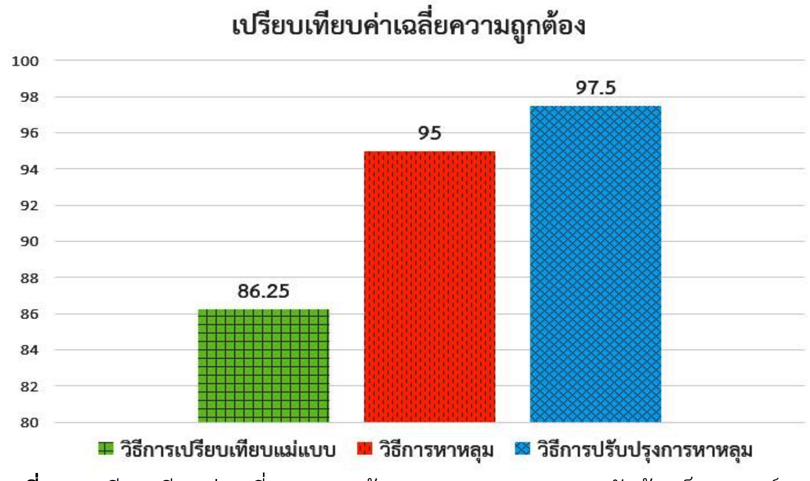
รูปภาพที่ 12 หน้าต่างโปรแกรมในการใช้งาน

จากการทดสอบการทำงานของโปรแกรมในการหาตำแหน่งรูหมุดล้อแม็กรถยนต์ โดยใช้ข้อมูลภาพล้อแม็ก 1 แบบ จำนวน 80 ภาพ และมีรูหมุดบนล้อแม็กรถยนต์ทั้งสิ้น 24 รูหมุด ผลการทดสอบปรากฏว่าเวลาเฉลี่ยโดยการใช้วิธีเปรียบเทียบแม่แบบคิดเป็น 3.41 วินาที ส่วนเวลาเฉลี่ยโดยการใช้วิธีการหาหลุมคิดเป็น 2.27 วินาที และเวลาเฉลี่ยโดยวิธีการปรับปรุงการหาหลุมคิดเป็น 2.43 วินาที ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบเวลาในการทำงาน

วิธีการ	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
การเปรียบเทียบแม่แบบ	3.41
การหาหลุม	2.27
การปรับปรุงการหาหลุม	2.43

จากการทดสอบระบบเพื่อทำการเปรียบเทียบความถูกต้องของการทำงานในการตำแหน่งรูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์ ผลค่าเฉลี่ยที่ได้โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบแม่แบบมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 86.25% ส่วนผลค่าเฉลี่ยที่ได้โดยใช้วิธีการหาหลุมมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 95.00% และผลค่าเฉลี่ยที่ได้โดยใช้วิธีการปรับปรุงการหาหลุมมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 97.40% แสดงในรูปที่ 13



รูปภาพที่ 13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความถูกต้องของการหารูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์

6. สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการปรับปรุงวิธีการหาหลุมในการหาตำแหน่งของรูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์โดยทำการเปรียบเทียบวิธีการ 3 วิธี ได้แก่วิธีเปรียบเทียบแม่แบบ วิธีการหาหลุมและวิธีการปรับปรุงการหาหลุม ซึ่งวิธีการปรับปรุงการหาหลุมนั้นมีความซับซ้อนในกระบวนการมากกว่าวิธีการหาหลุม โดยผลการทดสอบปรากฏว่าค่าความเร็วเฉลี่ยในการหารูหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์นั้น วิธีการหาหลุมนั้นดีกว่าวิธีการปรับปรุงการหาหลุมอยู่ที่เวลา 0.16 วินาทีและดีกว่าวิธีการเปรียบเทียบแม่แบบอยู่ที่เวลา 0.87 วินาที สำหรับค่าเฉลี่ยด้านความถูกต้องวิธีการปรับปรุงการหาหลุมให้ค่าความถูกต้องมากกว่าวิธีการหาหลุมอยู่ที่ 2.5 เปอร์เซ็นต์และดีกว่าวิธีการเปรียบเทียบแม่แบบอยู่ที่ 11.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการทดสอบค่าความผิดพลาดเกิดจากจำนวนจุดภาพของรูหมุดประดับล้อมีค่าในการเปรียบเทียบน้อยเกินไป ทำให้ภาพนำเข้าที่ได้มีการกระจายตัวของแสงที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เหลือจำนวนจุดภาพน้อยกว่าจำนวนที่กำหนด

7. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาร่วมกับเครื่อง 3 แกน ในการไขหมุดประดับล้อแม็กรถยนต์ด้วยวิธีประมวลผลภาพล้อแม็กรถยนต์ รวมถึงสามารถพัฒนารูปแบบการหาตำแหน่งของวัตถุที่ต้องการและการหาระยะของวัตถุ ขนาดของวัตถุที่สนใจจากในภาพได้ต่อไป

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณจงเกียรติ อนันตอัมพร กรรมการผู้จัดการ บริษัท พลวัตร จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสนับสนุน วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ในการวิจัยและทีมงานเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนงานและช่วยเหลือในการเก็บบันทึกผลงานวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Chomtip, P., Fuangchat, T., & Sorawat, R., Object Detection and Counting System. **Congress on Image and Signal Processing**, 2008, 61-65.

[2] Kass, M., Witkin A., & Terzopoulos D. (1988). Snakes: Active contour models. **International Journal of Computer Vision**, 1988 (1), 321-331.

[3] Li, B., & Acton, S.T., (2007) Active contour external force using vector field convolution for image segmentation. **IEEE Trans. Image Processing**, 2007 (16), 2096-2106

[4] Palananda, A., Rongruansorakar, S., & Rattanasanya, S., Counting Parcel Papers System Using Projection **Profile ECTI-Card**, 2011.

[5] Palananda, A.,Intrarasombat O., Applied of Image Processing for robot arm shortfalls Screw in industrial wheels in Nakorn Patom Province Area. **Profile ECTI-Card**, 2015.

[6] Sadeghipour, Z., Zadeh, M.B., & Jutten, C., (2009). An adaptive thresholding approach for image denoising using redundant representations. **IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing**, 2009, 1-6.

[7] Yeh, T., Lee, J.J. & Darrell, T., Fast Concurrent Object Localization and Recognition. **International Computer Science Inst (ICSI)**, 2010, 280-287.