

การจำแนกและการตรวจหารอยบกพร่องบนเพลาชัดผิว ด้วยวิธีประมวลผลภาพดิจิทัลร่วมกับการใช้คุณลักษณะ A-KAZE

อุดมศักดิ์ วงคง¹ สุทธิเทพ สุขวิบูลย์¹ พลาย จันทร์สม¹
และ ทศพร แก้ววิจิตร^{1*}

วันที่รับ 1 ธันวาคม 2563 วันที่แก้ไข 21 ธันวาคม 2563 วันตอบรับ 22 ธันวาคม 2563

บทคัดย่อ

การศึกษานี้นำเสนอการจำแนกและการตรวจหารอยบกพร่องบนเพลาชัดผิว โดยมีการจำแนกประเภทรอยทั้งหมด 2 ประเภท ได้แก่ รอยขีด และ รอยจุด ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีประมวลผลภาพดิจิทัลร่วมกับการใช้คุณลักษณะคะเซะแบบความเร่งในการเรียงต่อภาพ ในการจำแนกรอยทั้งสองแบบนี้ได้นำเสนอสัดส่วนของความเป็นวงกลมที่ใช้ในการแยกรอยทั้งสองแบบ ซึ่งในการศึกษานี้ได้กำหนดค่าสัดส่วนของความเป็นวงกลมของรอยขีดให้มีค่า < 0.8 และรอยจุดมีค่า ≥ 0.8 ผลการทดลองพบว่า การจำแนกรอยด้วยค่าตัวแปรดังกล่าวสามารถจำแนกรอยทั้งสองแบบได้ อีกทั้งการนำเทคนิคคุณลักษณะคะเซะแบบความเร่งมาใช้ในการรวมภาพด้วยการเลื่อนกลิ้งนั้น เมื่อนำกลับมาประกอบภาพใหม่ให้ผลการประกอบภาพมีสัดส่วนการซ้อนทับของภาพอยู่ที่ร้อยละ 63.32

คำสำคัญ : คุณลักษณะคะเซะแบบความเร่ง, รอยขีด, รอยจุดและรอยบกพร่อง

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้แต่ง, อีเมลล์: thossaporn.k@cit.kmutnb.ac.th

Defect Classification and Detection on Grinding Shaft using Digital Image Processing Process with A-KAZE Features

Udomsak Wongkong¹ Sutthithev Sukwiboon¹ Phlai Chansom¹
and Thossaporn Kaewwichit^{1*}

Received 1 December 2020, Revised 21 December 2020, Accepted 22 December 2020

Abstract

This study presents the classification and detection of surface deflection on the grinding shaft with two different types of deflection: scratch and spot. To detect the deflection, digital image processing process with A-KAZE features were applied to stitch the shaft image. To classify the deflections, a circular factor is proposed to classify the scratch and the spot. In this study, the circular factors were set at <0.8 for scratch and ≥ 0.8 for spot. The experimental result report that the circular factors can classify the two detections. In addition, the A-KAZE features which are applied for image stitching indicates 63.32% of overlay image ratio.

Keywords : A-KAZE features, Scratch, Spot and Defect

¹ Mechanical Engineering Technology, College of Industrial Technology, KMUTNB, Bangkok, Thailand

* Corresponding author, E-mail: thossaporn.k@cit.kmutnb.ac.th

1. บทนำ

ในการผลิตหรือสร้างเพลลาโลหะที่ใช้สำหรับยูโทโรปกรณนั้น ในหลายกรณีจำเป็นต้องเจียรระโนผิวให้มีความหยาบผิวที่ดีและมีความเงา อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการผลิตที่ไม่สมบูรณ์หรือระหว่างขนย้ายนั้น มีโอกาสเกิดรอยบกร่อง เช่น รอยขีด (Scratch) และ รอยจุด (Spot) ซึ่งในขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพผิวยังจำเป็นต้องใช้ผู้ปฏิบัติงานในการตรวจสอบรอยบกร่อง ซึ่งยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ เช่น ใช้ระยะเวลาในการตรวจสอบ รอยขนาดเล็กอาจมีการหลุดรอดจากความเหนื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงาน ฯลฯ

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) เข้ามาช่วยในการตรวจสอบรอยบกร่อง ซึ่งจะเห็นได้ว่าสามารถตรวจสอบข้อบกร่องที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังคงระยะเวลาในการตรวจสอบ [1-5] อย่างไรก็ตาม กระบวนการในการตรวจสอบรอยบกร่องด้วยวิธีประมวลผลภาพดิจิทัลยังจำเป็นต้องมีการพัฒนาให้เหมาะสมกับการใช้งานของแต่ละรายละเอียด เพื่อให้ได้ผลการตรวจสอบที่ดีที่สุด

นอกจากนี้ ในการที่จะระบุตำแหน่งของรอยบกร่องนั้น จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่สามารถถ่ายภาพได้ต่อเนื่องหรือครอบคลุมชิ้นงานทั้งหมดเพื่อให้ได้ขอบเขตของชิ้นงานในการระบุตำแหน่งได้โดยง่าย อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์หรือแอปพลิเคชันจักรกลวิทัศน์ (Machine Vision Application) ที่ใช้นั้น อาจส่งผลถึงค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคนิคในการตรวจหาเอกลักษณ์ของภาพ เรียกว่า

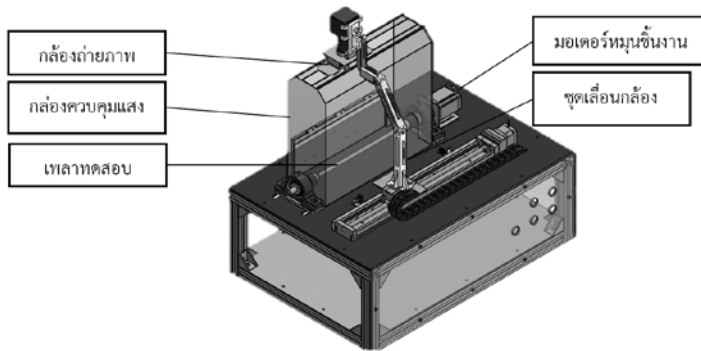
คุณลักษณะคะเซแบบความเร่ง (Accelerated-KAZE: A-KAZE) [6] ซึ่งจะทำการตรวจหาเอกลักษณ์ของภาพสองภาพ เพื่อใช้ประโยชน์ในการเชื่อมโยงภาพสองภาพมาเรียงต่อกันให้เกิดเป็นภาพเดียว (Image Stitching) [7-8]

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ การพัฒนาการจำแนกและการตรวจหารอยบกร่องบนเพลากลมเจียรระโนด้วยวิธีประมวลผลภาพดิจิทัล ร่วมกับการใช้คุณลักษณะ A-KAZE

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยนั้น ชุดตรวจสอบเพลลาถูกสร้างขึ้นดังรูปที่ 1 ประกอบไปด้วย อุปกรณ์ยึดจับเพลลาสำหรับตรวจสอบ ด้านหนึ่งประกอบติดกับมอเตอร์ใช้สำหรับหมุนเพลลาให้ได้ตามองศาต่าง ๆ โดยระบบจะถ่ายภาพโดยใช้กล้องเพียง 1 ตัว (Sony IMX179 USB Webcam 2.8 Megapixel, 1/3.2 Inch) เพื่อเก็บภาพทุกส่วนของเพลลาเจียรระโนในการเก็บภาพทั้งหมดนั้นจะถ่ายภาพเป็น 4 ส่วน แบ่งออกเป็นสี่ส่วนละ 90 องศา ใน 1 ส่วนจะทำการเก็บภาพทั้งหมด 8 ครั้ง รวมทั้งหมด 32 ภาพ กระบวนการถ่ายภาพกระทำภายใต้สภาพแสงคงที่

ในการศึกษานี้ แอปพลิเคชันจักรกลวิทัศน์ได้พัฒนาขึ้นจากแอปพลิเคชัน LABVIEW ซึ่งแอปพลิเคชันประกอบไปด้วยส่วนทำงานดังต่อไปนี้ 1) การทำให้ภาพพร้อมใช้งาน 2) การต่อภาพด้วยคุณลักษณะ A-KAZE และการสอบเทียบภาพ 3) การจำแนกประเภทรอย และ 4) การสรุปข้อมูลจากการประมวลผล (ชนิดของรอยและตำแหน่ง)



รูปที่ 1 องค์ประกอบของกล้องที่ใช้ถ่ายภาพ

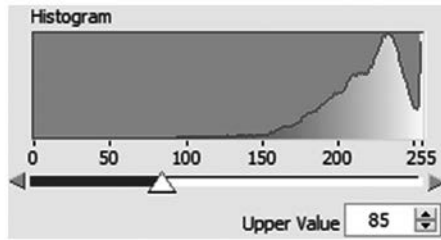
2.1 การทำให้ภาพพร้อมใช้งาน

เมื่อได้ภาพถ่ายมาแล้วภาพจะถูกนำมาปรับปรุงให้พร้อมสำหรับการประมวลผล โดยทำการแปลงไฟล์ภาพจากปริภูมิสี 3 สี แบบสีแดง เขียว และน้ำเงิน (Red Green Blue: RGB) ไปเป็นภาพโทนสีเทา (Grayscale) เพื่อให้ไวต่อการประมวลผล และเลือกใช้เฉพาะข้อมูลสำหรับการประมวลผลได้ง่ายขึ้น ทำได้จากสมการที่ 1

$$\text{Grayscale} = \frac{(R)0.299 + (G)0.587 + (B)0.114}{3} \quad (1)$$

ในการนี้ค่าสัดส่วนของแสงสีเขียว (Green: G) ถูกกำหนดให้มีค่าน้ำหนักสูงสุด (0.587) เนื่องจากเป็นสีที่มีความไวต่อสายตามนุษย์ อีกทั้งรอยบกพร่องเมื่ออยู่ในระบบเครื่องที่ออกแบบแล้วมีความไวต่อแสงสีเขียวมากที่สุดด้วย [9]

หลังจากนั้น เพื่อลดขนาดข้อมูลลง ภาพจะถูกแปลงจากโทนสีเทาเป็นภาพขาว-ดำ (Binary) อีกครั้ง เนื่องจากตัวแปรในการวิเคราะห์ประเภทรอยไม่มีความจำเป็นในการใช้ชุดข้อมูล 8 บิต (Bit) และเพื่อลดภาระการประมวลผลในส่วนที่ไม่มีควมจำเป็น ในการแปลงนั้นได้ทำการทดสอบโดยการกำหนดค่าเองตามความเหมาะสมของสภาพแสงที่ค่าเหนือกว่า 85 ผลที่ได้ไม่รบกวนพื้นที่ของรอยขีด โดยขั้นตอนนี้ให้ความสำคัญข้อมูลรอยขีดเป็นอย่างแรก ซึ่งตัวอย่างฮิสโตแกรม (Histogram) ของภาพเพลลาที่ถ่ายได้จากเครื่องถ่ายภาพแสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ได้จากการใช้ค่าดังกล่าวให้ผลในภาพตัวอย่างชิ้นงาน รูปที่ 3



รูปที่ 2 ตัวอย่างฮิสโตแกรมของภาพเพลลาที่ถ่ายได้จากเครื่องถ่าย

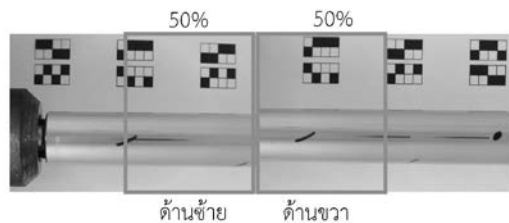


รูปที่ 3 ก) ภาพชิ้นงานหลังจากแปลงค่าจาก (RGB) ไปเป็นภาพโทนสีเทา
ข) ภาพขาว-ดำได้จากการแปลงภาพชิ้นงานด้วยค่า Upper Value = 85

2.2 การต่อภาพด้วยคุณลักษณะ A-KAZE

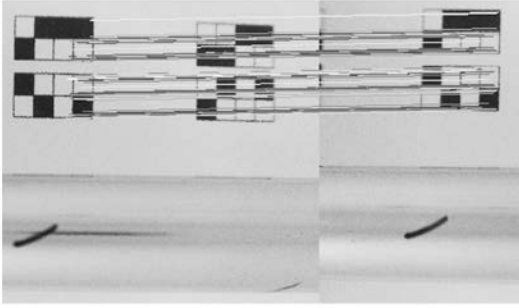
ในการเก็บภาพทั้งหมดนั้น จะถ่ายภาพเป็น 4 ส่วน แบ่งออกเป็นสี่ส่วนละ 90 องศา ใน 1 ส่วนจะทำการเก็บภาพทั้งหมด 8 ครั้ง รวมทั้งหมด 32 ภาพ เป็นผลให้ต้องนำภาพทั้งหมดมาประกอบกันเพื่อให้ได้ภาพชิ้นตามเดิม ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการต่อภาพด้วยคุณลักษณะ A-KAZE [6] โดยกระบวนการ A-KAZE นั้นพัฒนามาจากวิธีการคะเซ (KAZE) [10] ที่เป็นการหาคุณลักษณะเด่น (Feature Detection) ในระบบสองมิติโดยการดำเนินงานในมิติขนาดและระยะทางแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Scale Space) ซึ่งวิธี A-KAZE ได้มีการพัฒนาต่อยอดให้มีวงรอบในการคำนวณน้อยกว่า คือการนำกระบวนการถ่ายโอนอย่างรวดเร็ว (Fast Explicit Diffusion: FED) เข้ามาแทนที่ โดย FED จะทำการจำแนกหมวดหมู่แล้วใช้ภาพต้นฉบับในวงรอบแรกและใช้ภาพผลลัพธ์ในวงรอบถัดไป ซึ่งเป็นวิธีการหาจุดที่เหมือนกันของภาพ แม้ว่าภาพเอียงหรือไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน โดยวิธีการวิเคราะห์จะดำเนินการตรวจจับคุณลักษณะที่สนใจในภาพ จับคู่คุณลักษณะที่

คล้ายกัน กำจัดคุณลักษณะที่ผิดปกติ และประกอบภาพเข้าด้วยกันตามลำดับ ซึ่งในการกำหนดค่าจุดสนใจของภาพได้กำหนดไว้ที่ร้อยละ 50 ในการนี้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการหาคุณลักษณะภาพตารางสีขาวดำ (Matrix Binary) ได้ประยุกต์นำมาติดตั้งใส่ส่วนต่าง ๆ ของพื้นหลัง เพื่อให้ง่ายและเกิดประสิทธิภาพการต่อภาพด้วย ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ขอบเขตการตรวจจับคุณลักษณะที่สนใจ และการวางตารางสีขาวดำ (Matrix Binary)

การจับคู่คุณลักษณะ หรือการค้นหาความสอดคล้องกันระหว่างจุดสำคัญที่พบในภาพทั้งสอง โดยคุณลักษณะที่มีความสอดคล้องกัน โดยอ้างอิงจากการเรียงตัวของพิกเซล การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน มุมการวางตัว และขนาดของพิกเซล ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 5



รูปที่ 5 การจับคู่คุณลักษณะที่สนใจภายในภาพ

เพื่อให้ได้ตำแหน่งของการซ้อนทับภาพ จะเริ่มดำเนินการจากการกำจัดคุณลักษณะที่ผิดปกติ โดยการนำค่าที่เกี่ยวข้องของจุดสนใจทั้งหมดมาเฉลี่ยกันโดยพิจารณาจาก 3 ตัวแปร คือ X , Y และ ระยะทางจากการสร้างกราฟ (d) ทั้งนี้ ตัวแปร X และ Y จะนำมาทำการหาตำแหน่งสำหรับการซ้อนทับภาพต่อไป จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ย (Average: \bar{X}) ค่าสูงสุด (Maximum) และค่าต่ำสุด (Minimum) ในแต่ละตัวแปร โดยขั้นตอนนี้จะมีการกำจัดคุณลักษณะถึง 2 ครั้งด้วยกัน คือ 1) การกำจัดคุณลักษณะที่ผิดปกติครั้งที่ 1 โดยหาระยะทางของจุดที่เหมือนกันของทั้งสองภาพ เพื่อนำมาสร้างกราฟ 3 กราฟ ได้แก่ กราฟตัวแปร X กราฟตัวแปร Y และกราฟตัวแปร d โดยแกนนอน (x) คือ ลำดับของจุดที่เหมือนกัน (Number of Feature Point) แกนตั้ง (y) คือ ค่าตำแหน่งของพิกเซล (Position of Pixel) ซึ่งจะทำกรวางค่า \bar{X} , Maximum (ดังสมการที่ 2) และ Minimum (ดังสมการที่ 3) ร่วมด้วย และสามารถหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) เพื่อประกอบการหาค่า Maximum และ Minimum ดังสมการที่ 4

$$\text{Maximum} = \bar{x} + SD \quad (2)$$

$$\text{Minimum} = \bar{x} - SD \quad (3)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x_n - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (4)$$

$$d = \sqrt{(x_1 - (x_2 + \sigma))^2} \quad (5)$$

โดย \bar{x} = ค่าเฉลี่ย (Average)

x_n = ค่าของจุดแต่ละจุดสนใจ ตั้งแต่ 1 ถึง n

n = จำนวนจุดทั้งหมด

d = ระยะทางระหว่างจุด

x_1 = จุดสนใจ (Feature Point) ของภาพซ้าย

x_2 = จุดสนใจ (Feature Point) ของภาพขวา

σ = ความกว้างของภาพด้านซ้าย ที่จะนำภาพ

ด้านขวามาต่อ

หลังจากนั้นจะนำค่าดังกล่าวมาสร้างกราฟเพื่อดูแนวโน้มข้อมูล โดยแต่ละกราฟจะแสดงตำแหน่งคุณลักษณะที่สนใจในตัวแปร X , ตัวแปร Y และตัวแปร d โดยภายในกราฟแต่ละกราฟจะบอกถึงข้อมูลที่เหมือนกัน 4 ข้อมูล ได้แก่ 1) เส้นสีดำ คือ ตำแหน่งพิกเซลที่สนใจ 2) เส้นสีแดง คือ \bar{X} ของตำแหน่งพิกเซลที่สนใจ 3) เส้นสีเขียว คือ ค่า Maximum ของตำแหน่งพิกเซลที่สนใจ และ 4) เส้นสีน้ำเงิน คือ ค่า Minimum ของตำแหน่งพิกเซลที่สนใจ โดยทั้งสามค่าของกราฟตัวแปร X , ตัวแปร Y และตัวแปร d นั้น แสดงในรูปที่ 6 (ก), รูปที่ 6 (ข) และ รูปที่ 6 (ค) ตามลำดับ

ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวจะพิจารณาใช้ตำแหน่งพิกเซลที่สนใจของทั้ง 3 ตัวแปร ที่อยู่ในช่วงระหว่าง Minimum กับ Maximum เท่านั้น การที่ต้องเลือก

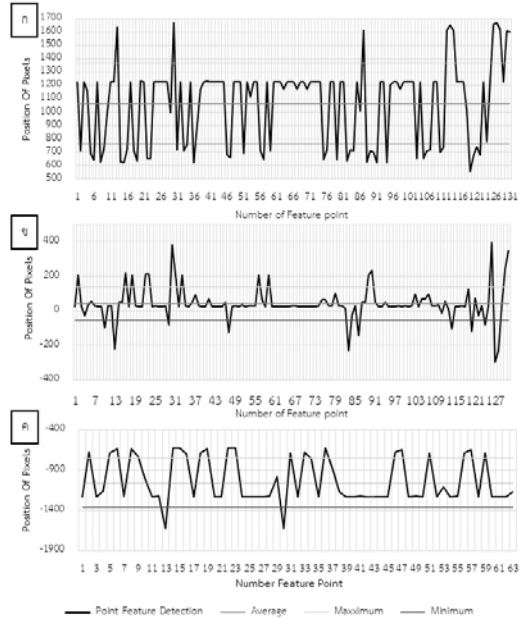
ใช้ตำแหน่งเฉพาะในช่วง Minimum กับ Maximum ของทั้ง 3 ตัวแปร เนื่องจากแอปพลิเคชันมีการตรวจจับหลายตำแหน่ง ซึ่งในหลายตำแหน่งนั้นอาจมีจุดที่ไม่ตรงกับขอบเขตที่เลือกใช้สำหรับต่อภาพ

เมื่อทำการเลือกตำแหน่งจากการกำจัดคุณลักษณะที่ผิดปกติแล้ว ลำดับถัดมาจะทำการจำกัดคุณลักษณะที่ผิดปกติครั้งที่ 2 เพื่อเลือกจุดสำหรับการต่อภาพ โดยอ้างอิงจาก หาค่า \bar{X} ครั้งใหม่ การจำกัดคุณลักษณะที่ผิดปกติครั้งที่ 1 ครั้งก่อนหน้านั้น เพื่อลดการแกว่งของข้อมูล ได้ทำการเลือกใช้ตำแหน่งเฉพาะในช่วง Minimum และ Maximum การจำกัดคุณลักษณะที่ผิดปกติครั้งที่ 2 จะทำการเลือกใช้ตำแหน่งพิกเซลที่ตำแหน่ง \bar{X} (เส้นสีแดง) เพื่อใช้สำหรับการซ้อนทับภาพ โดยจะทำแบบเดียวกันทั้ง 2 ข้อมูล ได้แก่ ตัวแปร X และ Y ของจุดที่เหมือนกันในทั้งสองภาพ

การประกอบภาพ (Stitching Image) จาก การวิเคราะห์ข้อมูลตำแหน่งพิกเซล X , Y และระยะทางของจุดที่เหมือนกันในทั้งสองภาพ (d) ทำให้ได้จุดที่ถูกต้องสำหรับการต่อภาพ จึงนำข้อมูลเหล่านั้นใช้เป็นจุดอ้างอิงสำหรับการต่อภาพดังรูปที่ 7 (ก)

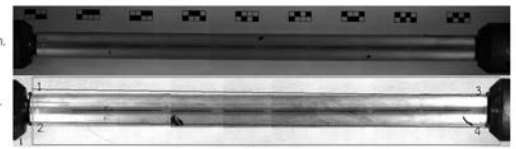
ภาพหลังการต่ออาจมีความเอียง ซึ่งเกิดขึ้นจากการต่อภาพและตำแหน่งของกล้อง โดยขั้นตอนนี้ได้ทำการสอบเทียบโดยใช้โมเดล (Model) ระบบรับภาพแบบเปอร์สเปกทีฟ (Perspective) จากขอบของเพลา โดยเริ่มต้นจากการหาตำแหน่งของขอบเพลาทั้งด้านบนและล่างจนได้ขอบทั้ง 4 ตำแหน่งของชิ้นงาน หลังจากได้ตำแหน่งของทั้ง 4 จุด จึงทำการปรับทั้ง 4 ตำแหน่ง เพื่อให้ขอบของเพลา

เป็นเส้นตรง และทำการตัดให้เหลือแต่ส่วนเพลา เพื่อเข้าสู่การประมวลผลลำดับต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 7 (ข)



รูปที่ 6 ตำแหน่งพิกเซลที่สนใจ, \bar{X} , Maximum และ Minimum ของตำแหน่งพิกเซลที่สนใจของกราฟ

ก) กราฟตัวแปร X , ข) กราฟตัวแปร Y และ ค) กราฟตัวแปร d



รูปที่ 7 ก) ภาพตัวอย่างหลังจากการรวมภาพแล้ว ข) หลังจากที่ได้ภาพแล้วจะทำการปรับความบิดเบี้ยวของภาพและตัดส่วนที่ไม่ต้องการออก

2.3 การจำแนกประเภทรอย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการจำแนกประเภทรอย 2 ประเภท คือ รอยจุด และ รอยขีด ดังแสดงในรูปที่ 8 โดยกำหนดให้ถ้าหากวงกลมวงเดียวกันหรือวงกลมที่มีขนาดสมมาตร (มีความกลมสูง) ค่ารัศมี (r_A) ที่หาจากพื้นที่กับรัศมีที่หาได้จากเส้นรอบวงนั้น (r_l) ควรมีค่าเท่ากับ 1 หรือเข้าใกล้ 1 ในทางกลับกันหากเป็นวัตถุที่มีความกลมน้อย ค่าก็จะเข้าใกล้ศูนย์ ดังนั้น จึงสามารถนำสัดส่วนระหว่างค่ารัศมี (r_A) ที่หาจากพื้นที่ (A) กับรัศมี (r_l) ที่หาได้จากเส้นรอบวง (l) นั้น หรือเรียกว่า สัดส่วนของความเป็นวงกลม (Circular Factor) มาเป็นตัวแปรเพื่อบอกความเป็นรอยจุดหรือรอยขีดได้

เมื่อกำหนดให้พื้นที่ของวงกลม (A) จะสามารถหาค่ารัศมี (r_A) ที่หาจากพื้นที่ได้จากสมการที่ 6

$$r_A = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (6)$$

กำหนดให้ เส้นรอบวงของวงกลม (l) สามารถหาค่ารัศมี (r_l) ที่หาจากรอบวงจากสมการที่ 7

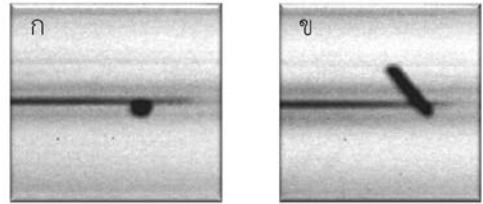
$$r_l = \frac{l}{2\pi} \quad (7)$$

ดังนั้น จะสามารถเขียนสัดส่วนระหว่างค่ารัศมี (r_A) ที่หาจากพื้นที่ กับรัศมีที่หาได้จากเส้นรอบวง (r_l) หรือสัดส่วนของความเป็นวงกลม (Circular Factor) ดังสมการที่ 8

$$\frac{r_A}{r_l} = \frac{\sqrt{\frac{A}{\pi}}}{\frac{l}{2\pi}} = \frac{2\sqrt{A\pi}}{l} \quad (8)$$

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าสัดส่วน Circular Factor ไว้ดังสมการที่ 9

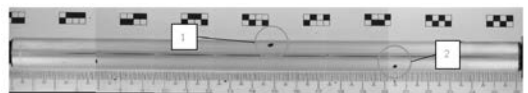
$$\text{รอยขีด } < 0.8 \leq \text{รอยจุด} \quad (9)$$



รูปที่ 8 ตัวอย่าง ก) รอยจุด และ ข) รอยขีด

2.4 สรุปข้อมูลการประมวลผล

จากการประมวลผลการจำแนกรอยแล้วนั้น แอปพลิเคชันจะทำการคำนวณระยะหรือตำแหน่งลำดับแรกของรอยโดยอ้างอิงจากแกนอนด้านซ้ายหรือตำแหน่งของหัวเพลลา ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งได้แสดงตำแหน่งของรอยที่เกิดขึ้น และมีการนำมาตรวัดระยะทางนำมาวางแนบเพื่อใช้ควบคุมในการตรวจสอบความถูกต้องด้วย



รูปที่ 9 ตำแหน่งรอยบกพร่องบนภาพเพลลา

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การประกอบภาพและพื้นที่ในการทับซ้อน

หลังจากได้พิกัดตำแหน่งจุดวางซ้อนภาพแล้ว ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำมาหาค่าการทับซ้อนร้อยละ (γ) เพื่อดูพื้นที่การทับซ้อนและประสิทธิภาพที่เกิดขึ้น ดังสมการที่ 9

$$\gamma = \frac{p}{x_r} \times 100 \quad (9)$$

เมื่อ p คือตำแหน่งที่ได้จากการจำกัดคุณลักษณะที่ผิดพลาดครั้งที่ 2 และ x_r คือ ค่าความยาว (X Resolution) จากชิ้นงานตัวอย่างจะได้ค่าการซ้อนทับแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจากผลการทดลองหาค่าการทับซ้อนร้อยละ พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 63.32

3.2 ผลการทดลองจำแนกรอยรอยขีด (Scratch) และรอยจุด (Spot)

ผลการทดลองนี้ได้ทำการตรวจจับแล้วสุ่มดำเนินการหาผลของรอยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยแอปพลิเคชันจะจำแนกรอยขีดและรอยจุดด้วยค่าสัดส่วนของความเป็นวงกลม ซึ่งหากมีค่า < 0.8 ถือว่าเป็นรอยขีด และหากมีค่า ≥ 0.8 ถือว่าเป็นรอยจุด ผลการทดลองที่มีแนวโน้มว่ามีลักษณะเป็นจุดแสดงในตารางที่ 2 และผลการทดลองที่มีแนวโน้มว่ามีลักษณะเป็นรอยขีดแสดงในตารางที่ 3

จากตารางที่ 2 ได้นำรอยบกพร่องที่มีแนวโน้มเป็นลักษณะจุดมาทดสอบ พบว่าได้ผลในระดับดี โดยภาพ

ตารางที่ 1 การทับซ้อนร้อยละ (γ)

γ	ลำดับภาพที่						
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
ด้านที่ 1	66.03	66.3	67.14	67.51	66.53	66.22	62.66
ด้านที่ 2	66.23	66.21	68.7	67.43	66.36	66.05	62.65
ด้านที่ 3	66.04	66.21	69.23	66.42	66.12	67.15	62.64
ด้านที่ 4	66.14	66.28	66.80	67.40	66.64	66.99	63.12

1-3 และ 7-8 ให้ผลเป็นรอยจุด เนื่องจากมีค่าสัดส่วนของความเป็นวงกลม ≥ 0.8 หรือมีพื้นที่ในวงกลมล้อมรอบ \geq ร้อยละ 80 ซึ่งภาพอื่น ๆ มีค่า < 0.8 ทั้งนี้ การกำหนดค่ารอยจุดควรขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานด้วย












จากตารางที่ 3 ได้นำรอยบกพร่องที่มีแนวโน้มเป็นลักษณะรอยขีดมาทำการทดลอง พบว่าค่าสัดส่วนของความเป็นวงกลมมีค่าต่ำ ซึ่ง < 0.3 หรือมีพื้นที่ในวงกลมล้อมรอบ $<$ ร้อยละ 30 ทุกผลการทดลอง ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองในตารางที่ 2 และ 3 แล้ว การจำแนกด้วยสัดส่วนของความเป็นวงกลมให้การจำแนกรอยอย่างชัดเจน

4. สรุปผลการทดลอง



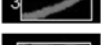

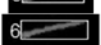





การศึกษานี้นำเสนอการจำแนกและการตรวจหารอยบกพร่องบนเพลลาขัดผิว โดยมีการจำแนกประเภทรอยทั้งหมด 2 ประเภท ได้แก่ รอยขีด (Scratch) และรอยจุด (Spot) โดยประยุกต์ใช้วิธีประมวลผลภาพดิจิทัลร่วมกับการใช้คุณลักษณะ A-KAZE ในการระบุรอย ในการจำแนกรอยทั้งสองแบบนี้ได้ใช้สัดส่วนของความเป็นวงกลมค่าของรอยขีดให้มีค่า < 0.8 และรอยจุดมีค่า ≥ 0.8

ผลการทดลองพบว่า การจำแนกรอยด้วยค่าตัวแปรดังกล่าวนี้ สามารถจำแนกรอยทั้งสองแบบได้อีกทั้งการนำเทคนิคคุณลักษณะ A-KAZE มาใช้ในการต่อภาพถ่ายด้วยการเลื่อนกล้องนั้น เมื่อนำกลับมาประกอบภาพใหม่แล้วให้ผลของสัดส่วนการซ้อนทับของภาพอยู่ที่ร้อยละ 63.32

ตารางที่ 2 ผลการทดลองรอยบกพร่องที่มีแนวโน้มว่ามีลักษณะเป็นรอยจุด

รอยที่	สัดส่วนของความเป็น	ลักษณะรอย
	วงกลม	
1	0.8370	
2	0.8092	
3	0.8027	
4	0.7470	
5	0.7309	
6	0.6745	
7	0.8213	
8	0.8863	
9	0.7470	
10	0.7309	
11	0.6745	

ตารางที่ 3 ผลการทดลองรอยบกพร่องที่มีแนวโน้มจะมีลักษณะเป็นรอยขีด

รอยที่	สัดส่วนของความเป็น	ลักษณะรอย
	วงกลม	
1	0.1574	
2	0.1724	
3	0.2830	
4	0.0924	
5	0.1692	
6	0.1977	
7	0.1515	
8	0.2706	
9	0.1650	
10	0.1761	

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Rosati, G., Boschetti, G., Biondi, A., & Rossi, A., “Real-time defect detection on highly reflective curved surfaces”, *Optics and Lasers in Engineering*, 47 (3-4), 2009, pp. 379-384.

[2] Ali, M., Mailah, M., Kazi, S., & Tang, H. H., “Defects Detection of Cylindrical Object's Surface Using Vision System”, in *The 10th WSEAS International Conference on Computational Intelligence, Man-Machine Systems and Cybernetics (CIMMACS'11)*, Jakarta, 2011, pp. 1-3.

[3] Ali, M. A., Mailah, M., Tang, H. H., & Kazi, S., “Visual inspection of cylindrical product’s lateral surface using cameras and image processing”, *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 6 (2), 2012 pp. 340-348.

[4] Manish, R., Venkatesh, A., & Ashok, S. D., “Machine vision based image processing techniques for surface finish and defect inspection in a grinding process”, *Materials Today: Proceedings*, 5(5), 2018, pp. 12792-12802.

[5] Tian, H., Wang, D., Lin, J., Chen, Q., & Liu, Z., “Surface Defects Detection of Stamping and Grinding Flat Parts Based on Machine Vision”, *Sensors*, 20 (16), 2020, p. 4531.

[6] Alcantarilla, P. F., & Solutions, T., “Fast explicit diffusion for accelerated features in nonlinear scale spaces”, *IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell.*, vol. 34 (7), 2011, pp. 1281-1298.

[7] Andersson, O., & Reyna Marquez, S., “A comparison of object detection algorithms using unmanipulated testing images: Comparing SIFT, KAZE, AKAZE and ORB”, *KTH SKOLAN FÖR DATAVETENSKAP OCH KOMMUNIKATION*, 2016.

[8] Sharma, S. K., & Jain, K., “Image Stitching using AKAZE Features”, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48 (10), 2020, pp. 1389-1401.

[9] Dissanayake, V., Herath, S., Rasnayaka, S., Seneviratne, S., Vidanaarachchi, R., & Gamage, C., “Quantitative and qualitative evaluation of performance and robustness of image stitching algorithms”, In *2015 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA)*, IEEE, 2015, pp. 1-6.

[10] Alcantarilla, P. F., Bartoli, A., & Davison, A. J., “KAZE features”, In *European Conference on Computer Vision*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2012, pp. 214-227.