

การประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิกกับการประมวลผลภาพสำหรับการ ตรวจสอบข้อต่อพีวีซี

Application of Fuzzy Logic Algorithm with Image Processing for PVC Socket Inspection

ชนมรัตน์ ตติยะวรรณนท์

สาขาวิศวกรรมควบคุมอุตสาหกรรมและเครื่องมือวัด สถาบันนวัตกรรมมหานคร
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530
E-mail: chonrat@mut.ac.th

Manuscript Received August 3, 2023
Revised August 25, 2023
Accepted September 2, 2023

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีด้วยการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิกกับการประมวลผลภาพโดยใช้โปรแกรมแลปวิว การประมวลผลภาพนี้ทำการหาค่าพื้นที่ของภาพวัตถุมีหน่วยเป็นพิกเซล และค่าพื้นที่ของวัตถุต่อพื้นที่ของเฟรมภาพมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิกได้ใช้วิธีของทีเอสเคได้ผลการทดสอบมีความแม่นยำการตรวจสอบของข้อต่อพีวีซีชนิดสามทาง ข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศา และข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรงระหว่าง 92 เปอร์เซ็นต์ถึง 94 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ระบบฟัซซี่ลอจิก การประมวลผลภาพ ข้อต่อพีวีซี

ABSTRACT

This paper proposes the PVC socket inspection using application of fuzzy logic algorithm and image processing in LabVIEW programming. The image processing to find information such as the area of objects in pixels and the area of objects relative to the frame area in percentage. The fuzzy logic algorithm utilizing TSK's method. The experiment results show

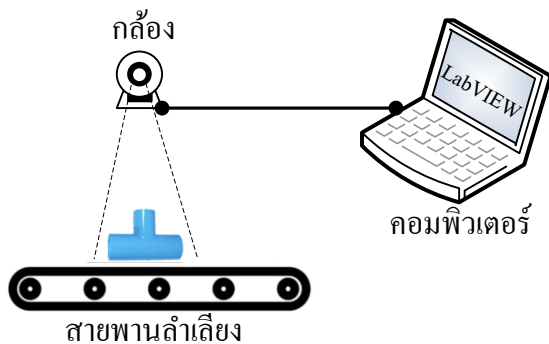
inspection accuracy of PVC equal tee, PVC elbow 90 degree and PVC coupling between 92 percent and 94 percent.

Keywords: fuzzy logic algorithm, image processing, PVC socket.

1. บทนำ

การประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิกกับการประมวลผลภาพได้มี การนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องหลากหลายด้านอาทิเช่น งานวิจัย ด้านระบบจำแนกรูปแบบของฝ่าเท้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิกและ การประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม LabVIEW เพื่อแยกฝ่าเท้าแบน ฝ่าเท้าปกติ และฝ่าเท้าโก่งได้ [1] งานวิจัยด้านระบบการจัดการจราจรได้ใช้การประมวลผลภาพและขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิกเพื่อ ควบคุมสัญญาณไฟจราจร [2] งานวิจัยด้านการรู้จำใบหน้าด้วย ขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิกโดยใช้ฐานข้อมูลภาพในสภาพแวดล้อมจริง [3] งานวิจัยด้านระบบวินิจฉัยเพื่อตรวจวัดปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินด้วยขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิกร่วมกับการ ประมวลผลภาพ[4] งานวิจัยด้านการจำแนกประเภทของใบข้าวด้วย

ขั้นตอนวิธีพีชชีลอจิกร่วมกับการประมวลผลภาพใบข้าวด้วยวิธี Hue Saturation Value (HSV)[5] งานวิจัยด้านการเคลื่อนที่หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสโดยใช้ขั้นตอนวิธีพีชชีลอจิกร่วมกับการประมวลผลภาพด้วยกล้อง Pixy2 [6] และงานวิจัยด้านการจำแนกขนาดกล้วยหอมโดยใช้การประมวลผลภาพร่วมกับขั้นตอนวิธีพีชชีลอจิก[7] เป็นต้น งานวิจัยนี้นำเสนอการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีด้วยกล้องจับภาพข้อต่อพีวีซีชนิดสามทาง ข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศา ข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรง โดยมีคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรม LabVIEW ทำการประมวลผลภาพและตัดสินใจด้วยขั้นตอนวิธีพีชชีลอจิกเพื่อคัดแยกข้อต่อพีวีซีแบบเสียออกจากข้อต่อพีวีซีแบบดีดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การตรวจสอบข้อต่อพีวีซีด้วยขั้นตอนวิธีพีชชีลอจิกกับการประมวลผลภาพ

2. การออกแบบ

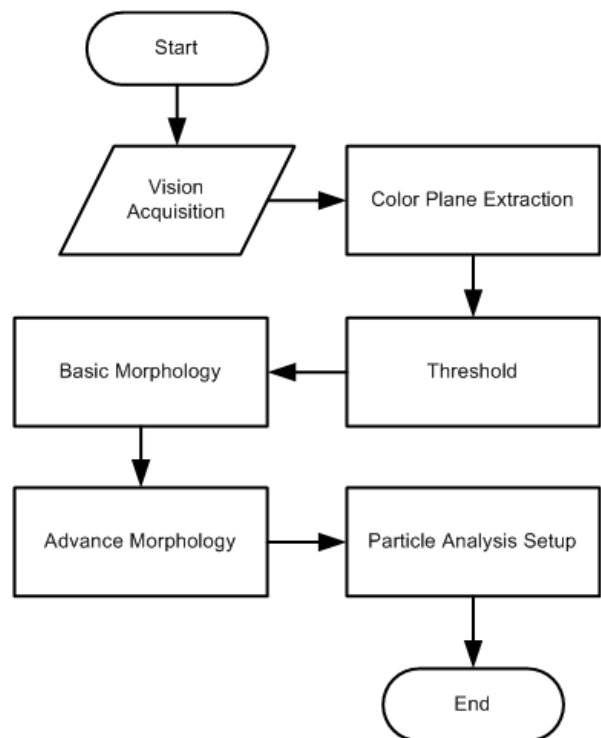
2.1 การออกแบบการประมวลผลภาพสำหรับข้อต่อพีวีซี

การประมวลผลภาพใช้ฟังก์ชันของโปรแกรม LabVIEW มีทั้งหมด 6 ขั้นตอนดังรูปที่ 2 เริ่มจากขั้นตอนแรกการนำภาพเข้าด้วยฟังก์ชัน Vision Assistant โดยติดตั้งกล้องจับภาพห่างจากวัตถุระยะ 30 เซนติเมตรดังรูปที่ 3 ขั้นตอนที่สองการปรับความเข้มและความจางของสีภาพแบบ HSL (Hue Saturation Lightness) ด้วยฟังก์ชัน Color Plane Extraction ดังรูปที่ 4 ขั้นตอนที่สามการคัดแยกวัตถุออกจากภาพพื้นหลังด้วยฟังก์ชัน Threshold ดังรูปที่ 5 ขั้นตอนทีสี่การขจัดพื้นหลังออกจากวัตถุด้วยฟังก์ชัน Basic Morphology ดังรูปที่ 6 ขั้นตอนที่ทำให้การเติมเต็มสีของวัตถุด้วยฟังก์ชัน Advance Morphology ดังรูปที่ 7 ขั้นตอนสุดท้ายการหา

ค่าพื้นที่ของภาพวัตถุมีหน่วยเป็นพิกเซล (A_{pvc}) ดังสมการที่ 1 เมื่อ $H1$ คือจำนวนพิกเซลความกว้างในแนวแกนนอนของภาพวัตถุ และ $V1$ คือจำนวนพิกเซลความสูงในแนวแกนตั้งของภาพวัตถุ และการหาค่าพื้นที่ของวัตถุต่อพื้นที่ของเฟรมภาพมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (A_{frame}) ดังสมการที่ 2 เมื่อ $H2$ คือจำนวนพิกเซลความกว้างในแนวแกนนอนของเฟรมภาพ และ $V2$ คือจำนวนพิกเซลความสูงในแนวแกนตั้งของเฟรมภาพด้วยฟังก์ชัน Particle Analysis Setup ดังรูปที่ 8

$$A_{pvc} = H1 \times V1 \quad (1)$$

$$A_{frame} = \frac{A_{pvc}}{H2 \times V2} \times 100\% \quad (2)$$



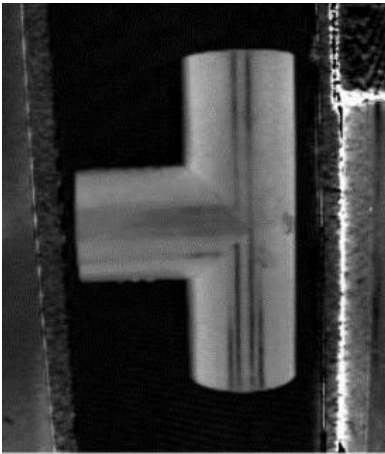
รูปที่ 2 ระบบการทำงานของระบบการประมวลผลภาพข้อต่อพีวีซี



รูปที่ 3 นำภาพเข้าด้วยฟังก์ชัน Vision Assistant



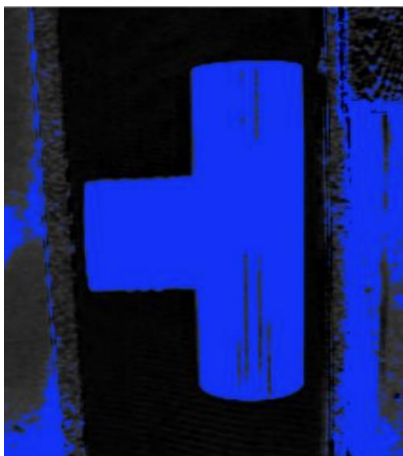
รูปที่ 6 ประมวลผลภาพด้วยฟังก์ชัน Basic Morphology



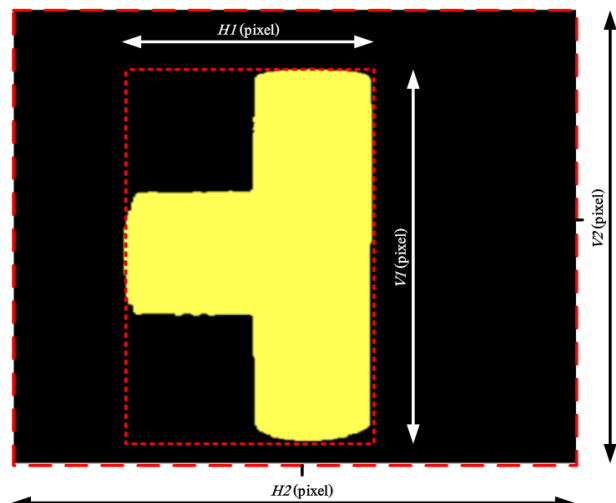
รูปที่ 4 ประมวลผลภาพด้วยฟังก์ชัน Color Plane Extraction



รูปที่ 7 ประมวลผลภาพด้วยฟังก์ชัน Advance Morphology



รูปที่ 5 ประมวลผลภาพด้วยฟังก์ชัน Threshold



รูปที่ 8 ประมวลผลภาพด้วยฟังก์ชัน Particle Analysis Setup

2.2 การออกแบบฟัซซีลอจิกสำหรับการตรวจสอบข้อต่อพีวีซี

การออกแบบฟัซซีลอจิกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักได้แก่ ส่วนที่ 1 การแปลงข้อมูลอินพุตทั่วไปเป็นอินพุตแบบฟัซซีลอจิก (Fuzzification) ส่วนที่ 2 การใช้ฐานความรู้ (Knowledge base) เพื่อการอนุมานข้อมูลอย่างมีเหตุผล (Inference Engine) สำหรับการออกแบบกฎของฟัซซีลอจิก (Fuzzy logic rule) ส่วนที่ 3 การแปลงเอาต์พุตแบบฟัซซีลอจิกให้เป็นเอาต์พุตที่เหมาะสมกับการใช้งาน (Defuzzification) มีดังนี้

ส่วนที่ 1 การแปลงข้อมูลอินพุตจากการประมวลผลภาพโดยใช้ภาพจากข้อต่อพีวีซี 3 แบบได้แก่ แบบที่ 1 ข้อต่อพีวีซีชนิดสามทาง ขนาด 1 นิ้ว แบบที่ 2 ข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศาขนาด 1 นิ้ว แบบที่ 3 ข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรงขนาด 1 นิ้ว โดยการประมวลผลภาพได้ 2 อินพุตคืออินพุตที่ 1 เป็นค่าพื้นที่ของภาพวัตถุมีหน่วยเป็นพิกเซล (A_{pvc}) อินพุตที่ 2 เป็นค่าพื้นที่ของวัตถุต่อพื้นที่ของเฟรมภาพมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (A_{frame}) โดยแต่ละอินพุตใช้ข้อมูลเชิงภาษาเป็น “bad” “mid” และ “good” สำหรับฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ “mid” คือฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular membership function) ดังสมการที่ 3

$$f(A_1 : \alpha_1, \beta_1, \theta_1) = \begin{cases} 0 & A_1 \leq \alpha_1 \\ \frac{A_1 - \alpha_1}{\beta_1 - \alpha_1} & \alpha_1 < A_1 \leq \beta_1 \\ \frac{\theta_1 - A_1}{\theta_1 - \beta_1} & \beta_1 < A_1 \leq \theta_1 \\ 0 & \theta_1 < A_1 \end{cases} \quad (3)$$

เมื่อ $f(A_1 : \alpha_1, \beta_1, \theta_1)$ คือฟังก์ชันสามเหลี่ยม A_1 คือค่าอินพุตของฟังก์ชันสามเหลี่ยม α_1 คือพารามิเตอร์จุดเริ่มต้นของฟังก์ชันสามเหลี่ยม β_1 คือพารามิเตอร์จุดยอดสูงสุดของฟังก์ชันสามเหลี่ยม และ θ_1 คือพารามิเตอร์จุดสุดท้ายของฟังก์ชันสามเหลี่ยม และสำหรับฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ “bad” กับ “good” คือฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal membership function) ดังสมการที่ 4

$$f(A_2 : \alpha_2, \beta_2, \theta_2, \varphi_2) = \begin{cases} 0 & A_2 \leq \alpha_2 \\ \frac{A_2 - \alpha_2}{\beta_2 - \alpha_2} & \alpha_2 < A_2 \leq \beta_2 \\ 1 & \beta_2 < A_2 \leq \theta_2 \\ \frac{\varphi_2 - A_2}{\varphi_2 - \theta_2} & \theta_2 < A_2 \leq \varphi_2 \\ 0 & \varphi_2 < A_2 \end{cases} \quad (4)$$

เมื่อ $f(A_2 : \alpha_2, \beta_2, \theta_2, \varphi_2)$ คือฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู A_2 คือค่าอินพุตของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู α_2 คือพารามิเตอร์จุดเริ่มต้นของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู β_2 คือพารามิเตอร์จุดสูงสุดทางซ้ายของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู θ_2 คือพารามิเตอร์จุดสูงสุดทางขวาของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู และ φ_2 คือพารามิเตอร์จุดสุดท้ายของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู โดยการออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกค่าพื้นที่ของภาพวัตถุสำหรับข้อต่อพีวีซีชนิดสามทางและข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรงกำหนดให้ “bad” มีค่า 40,000 ถึง 44,200 พิกเซลซึ่งจุดสูงสุดทางซ้ายของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูมีค่า 41,000 พิกเซล “mid” มีค่า 41,000 ถึง 47,000 พิกเซลซึ่งจุดยอดสูงสุดของฟังก์ชันสามเหลี่ยมมีค่า 44,200 พิกเซลและ “good” มีค่า 44,200 ถึง 50,000 พิกเซลซึ่งจุดสูงสุดทางขวาของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูมีค่า 47,000 พิกเซลดังรูปที่ 9 แสดง “bad” “mid” และ “good” ด้วยเส้นสีแดง เส้นสีดำ และเส้นสีเขียวตามลำดับ การออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกค่าพื้นที่ของวัตถุต่อพื้นที่ของเฟรมภาพมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์สำหรับข้อต่อพีวีซีชนิดสามทางและข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรงกำหนดให้ “bad” มีค่า 12.0 ถึง 14.4 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจุดสูงสุดทางซ้ายของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูมีค่า 13.4 เปอร์เซ็นต์ “mid” มีค่า 13.4 ถึง 15.3 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจุดยอดสูงสุดของฟังก์ชันสามเหลี่ยมมีค่า 14.4 เปอร์เซ็นต์และ “good” มีค่า 14.4 ถึง 17.0 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจุดสูงสุดทางขวาของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูมีค่า 15.3 เปอร์เซ็นต์ดังรูปที่ 10 แสดง “bad” “mid” และ “good” ด้วยเส้นสีแดง เส้นสีดำ และเส้นสีเขียวตามลำดับ การออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกค่าพื้นที่ของภาพวัตถุสำหรับข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศา กำหนดให้ “bad” มีค่า 25,000 ถึง 29,000 พิกเซลซึ่งจุดสูงสุดทางซ้ายของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูมีค่า 26,000 พิกเซล “mid” มีค่า 26,000 ถึง 31,400 พิกเซลซึ่งจุดยอดสูงสุดของฟังก์ชันสามเหลี่ยมมีค่า 29,000 พิกเซลและ “good” มี

ค่า 29,000 ถึง 33,000 พิกเซลซึ่งจุดสูงสุดทางขวาของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูมีค่า 31,400 พิกเซลดังรูปที่ 11 แสดง “bad” “mid” และ “good” ด้วยเส้นสีแดง เส้นสีดำ และเส้นสีเขียวตามลำดับ การออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกค่าพื้นที่ของวัตถุต่อพื้นที่ของเฟรมภาพมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์สำหรับข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศาที่กำหนดให้ “bad” มีค่า 8.0 ถึง 9.4 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจุดสูงสุดทางซ้ายของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูมีค่า 8.6 เปอร์เซ็นต์ “mid” มีค่า 8.6 ถึง 10.2 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจุดยอดสูงสุดของฟังก์ชันสามเหลี่ยมมีค่า 9.4 เปอร์เซ็นต์และ “good” มีค่า 9.4 ถึง 11.0 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจุดสูงสุดทางขวาของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูมีค่า 10.2 เปอร์เซ็นต์ดังรูปที่ 12 แสดง “bad” “mid” และ “good” ด้วยเส้นสีแดง เส้นสีดำ และเส้นสีเขียวตามลำดับ

ส่วนที่ 2 การใช้ฐานความรู้เพื่อการอนุมานข้อมูลอย่างมีเหตุผลสำหรับการออกแบบกฎของฟัซซีลอจิกสำหรับการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีชนิดสามทาง ข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศาและข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรงมีทั้งหมด 9 กฎเหมือนกัน โดยมีรูปแบบกฎ if-then คือ “if อินพุต 1 and อินพุต 2 then เอาต์พุต” ดังตารางที่ 1 เมื่ออินพุตที่ 1 เป็นค่าพื้นที่ของภาพวัตถุมีหน่วยเป็นพิกเซล (A_{pvc}) อินพุตที่ 2 เป็นค่าพื้นที่ของวัตถุต่อพื้นที่ของเฟรมภาพมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (A_{frame}) และเอาต์พุตคือค่าความน่าเชื่อถือ (Reliable) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

ส่วนที่ 3 การแปลงเอาต์พุตแบบฟัซซีลอจิกให้เป็นเอาต์พุตคือค่าความน่าเชื่อถือมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์สำหรับการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีชนิดสามทาง ข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศาและข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรงมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเอาต์พุตดังรูปที่ 13 แสดง “bad” “mid” และ “good” ด้วยเส้นสีแดง เส้นสีดำ และเส้นสีเขียวตามลำดับด้วยเทคนิคแบบทีเอสเค (TSK : Takagi-Sugeno-Kang) กำหนดให้ “bad” “mid” และ “good” มีค่า 10, 50, 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยใช้วิธีการแปลงค่าเอาต์พุตด้วยวิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted average method) ดังสมการที่ (5)

$$\psi^* = \frac{\sum_{i=1}^N \mu_f(\zeta_i) \zeta_i}{\sum_{i=1}^N \mu_f(\zeta_i)} \quad (5)$$

เมื่อ ψ^* คือค่าที่ได้จากการแปลงค่าระดับฟัซซีเป็นค่าเอาต์พุต N คือจำนวนทั้งหมดที่ต้องการถ่วงน้ำหนัก i คือค่าลำดับจำนวนที่ต้องการถ่วงน้ำหนัก $\mu_f(\zeta_i)$ คือค่าระดับฟัซซีของเอาต์พุตในเซตฟัซซีของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเอาต์พุตตำแหน่งที่ i และ ζ_i คือค่าพื้นที่ได้กราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเอาต์พุตตำแหน่งที่ i [7]

ตารางที่ 1 กฎฟัซซีลอจิกสำหรับการตรวจสอบข้อต่อพีวีซี

ลำดับ	กฎของระบบฟัซซีลอจิก (if-then)
1	if A_{pvc} คือ “bad” and A_{frame} คือ “bad” then เอาต์พุตเป็น “bad”
2	if A_{pvc} คือ “mid” and A_{frame} คือ “bad” then เอาต์พุตเป็น “bad”
3	if A_{pvc} คือ “good” and A_{frame} คือ “bad” then เอาต์พุตเป็น “mid”
4	if A_{pvc} คือ “bad” and A_{frame} คือ “mid” then เอาต์พุตเป็น “bad”
5	if A_{pvc} คือ “mid” and A_{frame} คือ “mid” then เอาต์พุตเป็น “mid”
6	if A_{pvc} คือ “good” and A_{frame} คือ “mid” then เอาต์พุตเป็น “good”
7	if A_{pvc} คือ “bad” and A_{frame} คือ “good” then เอาต์พุตเป็น “mid”
8	if A_{pvc} คือ “mid” and A_{frame} คือ “good” then เอาต์พุตเป็น “good”
9	if A_{pvc} คือ “good” and A_{frame} คือ “good” then เอาต์พุตเป็น “good”

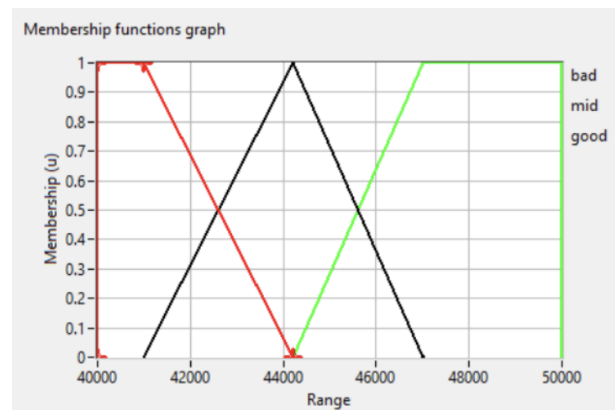
3. การทดสอบ และผลการทดสอบ

การทดสอบการประมวลผลภาพใช้กล้องเว็บแคมรุ่น OKER WEBCAM (B20) ตั้งระยะห่าง 30 เซนติเมตรตรงกับที่ภาพข้อต่อพีวีซี โดยกล้องได้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรม LabVIEW เวอร์ชัน 2020 ทำการประมวลผลหลักสำหรับข้อต่อพีวีซีมี 3 แบบ ได้แก่ แบบที่ 1 ข้อต่อพีวีซีชนิดสามทางขนาด 1 นิ้ว แบบที่ 2 ข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศาขนาด 1 นิ้ว แบบที่ 3 ข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรง

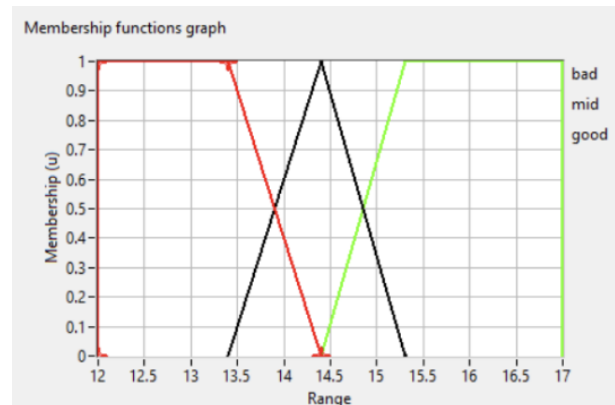
ขนาด 1 นิ้ว ซึ่งได้ผลการทดสอบการประมวลผลภาพข้อต่อพีวีซีแบบที่ 1 สภาพดีมีค่าพื้นที่ของภาพวัตถุเท่ากับ 46,558 พิกเซล และมีค่าพื้นที่ของวัตถุต่อพื้นที่ของเฟรมภาพเท่ากับ 15.56 เปอร์เซ็นต์โดยข้อต่อพีวีซีแบบที่ 1 สภาพเสียมีค่าพื้นที่ของภาพวัตถุเท่ากับ 43,061 พิกเซล และมีค่าพื้นที่ของวัตถุต่อพื้นที่ของเฟรมภาพเท่ากับ 14.02 เปอร์เซ็นต์ดังรูปที่ 14 - 15 จากผลการทดสอบการประมวลผลภาพข้อต่อพีวีซีแบบที่ 2 สภาพดีมีค่าพื้นที่ของภาพวัตถุเท่ากับ 31,353 พิกเซล และมีค่าพื้นที่ของวัตถุต่อพื้นที่ของเฟรมภาพเท่ากับ 10.21 เปอร์เซ็นต์โดยข้อต่อพีวีซีแบบที่ 1 สภาพเสียมีค่าพื้นที่ของภาพวัตถุเท่ากับ 26,335 พิกเซล และมีค่าพื้นที่ของวัตถุต่อพื้นที่ของเฟรมภาพเท่ากับ 8.57 เปอร์เซ็นต์ดังรูปที่ 16-17 และผลการทดสอบการประมวลผลภาพข้อต่อพีวีซีแบบที่ 2 สภาพดีมีค่าพื้นที่ของภาพวัตถุเท่ากับ 25,666 พิกเซล และมีค่าพื้นที่ของวัตถุต่อพื้นที่ของเฟรมภาพเท่ากับ 8.35 เปอร์เซ็นต์โดยข้อต่อพีวีซีแบบที่ 1 สภาพเสียมีค่าพื้นที่ของภาพวัตถุเท่ากับ 19,185 พิกเซล และมีค่าพื้นที่ของวัตถุต่อพื้นที่ของเฟรมภาพเท่ากับ 6.24 เปอร์เซ็นต์ดังรูปที่ 18-19

การทดสอบการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีด้วยฟิชชิล็อกจิกทำการประมวลผลได้เอาต์พุตคือค่าความน่าเชื่อถือมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ทำการเปรียบเทียบกับค่าคงที่ 50 เปอร์เซ็นต์โดยถ้าค่าความน่าเชื่อถือมากกว่าค่าคงที่ดังกล่าวแสดงว่าข้อต่อพีวีซีมีสภาพ “ผ่าน” สามารถนำไปใช้งานได้ แต่ถ้าไม่ใช่แสดงว่าข้อต่อพีวีซีมีสภาพ “ไม่ผ่าน” ไม่สามารถนำไปใช้งาน ซึ่งการทดสอบครั้งนี้ใช้ข้อต่อพีวีซีทั้ง 3 แบบได้แก่ แบบที่ 1 ข้อต่อพีวีซีชนิดสามทางขนาด 1 นิ้ว แบบที่ 2 ข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศาขนาด 1 นิ้ว แบบที่ 3 ข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรงขนาด 1 นิ้วรวมเป็นจำนวนการทดสอบ 300 ครั้ง สามารถแบ่งเป็นข้อต่อสภาพดี 50 ครั้งต่อชนิดข้อต่อ และข้อต่อสภาพเสีย 50 ครั้งต่อชนิดข้อต่อ โดยมีผลการทดสอบการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีแบบที่ 1 มีการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีผิดพลาดครั้งที่ 6, 18 และ 35 และแบบที่ 2 มีการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีผิดพลาดครั้งที่ 23, 30 และ 49 สำหรับชนิดข้อต่อสภาพดีเท่านั้นจำนวน 50 ครั้งสามารถตรวจสอบถูกต้องมีจำนวน 47 ครั้งมีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีแบบที่ 3 มีการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีผิดพลาดครั้งที่ 6 และ 12 สามารถตรวจสอบถูกต้องจำนวน 48 ครั้งมีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลการทดสอบการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีทั้ง 3 แบบชนิดข้อต่อสภาพ

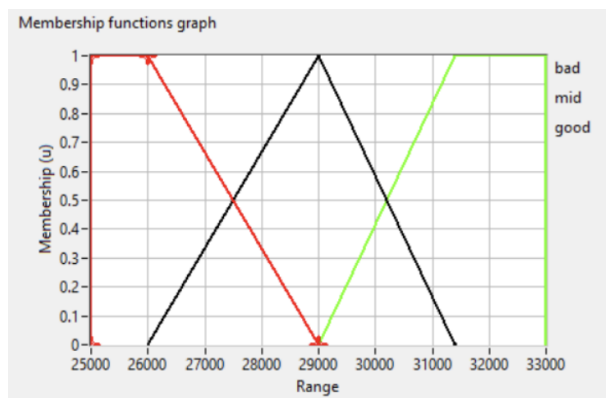
เสียเท่านั้นจำนวน 50 ครั้งสามารถตรวจสอบถูกต้องจำนวน 46 ครั้งมีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 8 เปอร์เซ็นต์ โดยการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีแบบที่ 1 มีการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีผิดพลาดครั้งที่ 5, 24, 30 และ 41 การตรวจสอบข้อต่อพีวีซีแบบที่ 2 มีการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีผิดพลาดครั้งที่ 16, 19, 24 และ 43 การตรวจสอบข้อต่อพีวีซีแบบที่ 2 มีการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีผิดพลาดครั้งที่ 5, 11, 28 และ 46 ดังตารางที่ 2 - 4



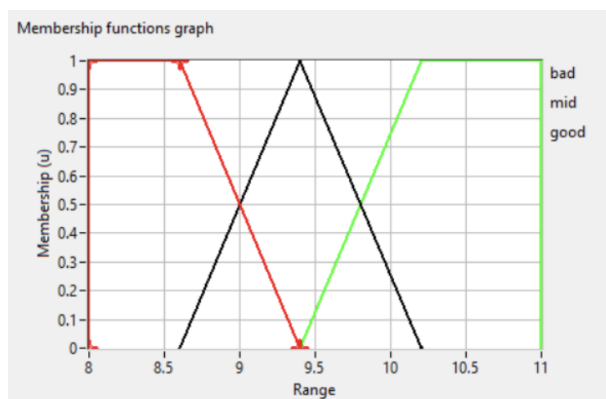
รูปที่ 9 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกค่าพื้นที่ของภาพวัตถุสำหรับข้อต่อพีวีซีชนิดสามทางและข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรง



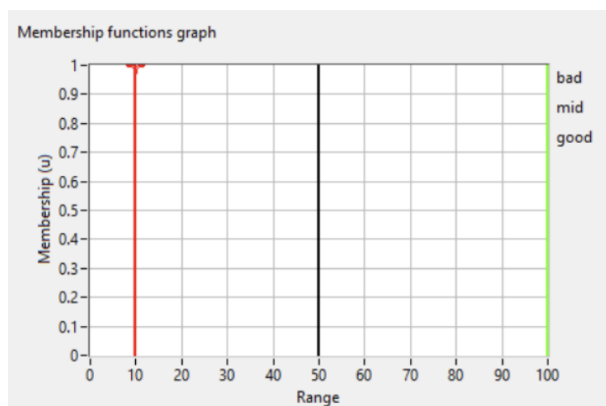
รูปที่ 10 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกค่าพื้นที่ของวัตถุต่อพื้นที่ของเฟรมภาพสำหรับข้อต่อพีวีซีชนิดสามทางและข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรง



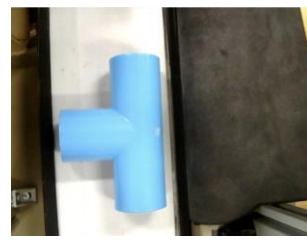
รูปที่ 11 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกค่าพื้นที่ของภาพวัตถุสำหรับข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศา



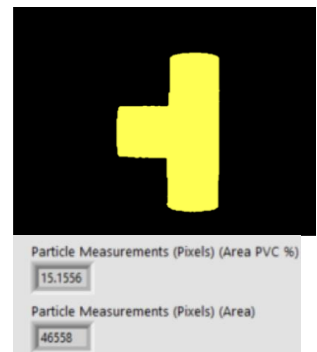
รูปที่ 12 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกค่าพื้นที่ของวัตถุต่อพื้นที่ของเฟรมภาพสำหรับข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศา



รูปที่ 13 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเอาต์พุตแบบฟัซซี่ลอจิกสำหรับการตรวจสอบข้อต่อพีวีซี



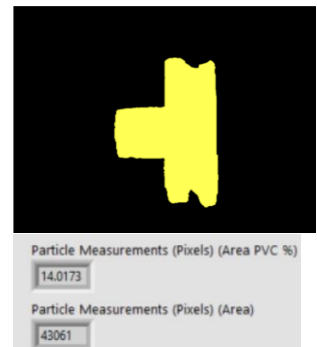
สังเกตข้อต่อพีวีซีคือ ดี



รูปที่ 14 ผลการทดสอบประมวลผลภาพข้อต่อพีวีซีชนิดสามทางแบบดี



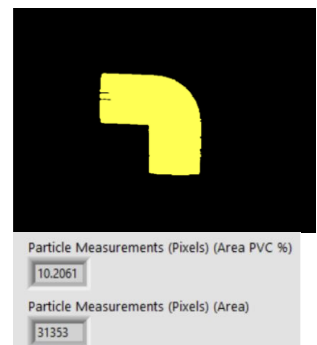
สังเกตข้อต่อพีวีซีคือ เสีย



รูปที่ 15 ผลการทดสอบประมวลผลภาพข้อต่อพีวีซีชนิดสามทางแบบเสีย



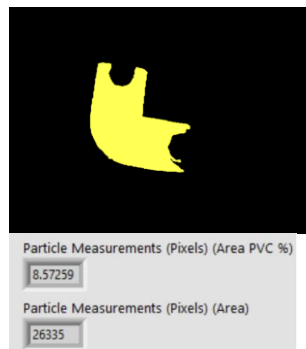
สังเกตข้อต่อพีวีซีคือ ดี



รูปที่ 16 ผลการทดสอบการประมวลผลภาพข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศาแบบดี



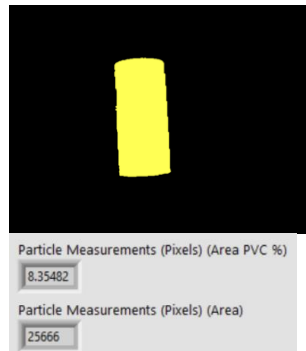
สังเกตข้อต่อพีวีซีคือ เสีย



รูปที่ 17 ผลการทดสอบการประมวลผลภาพข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศาแบบเสีย



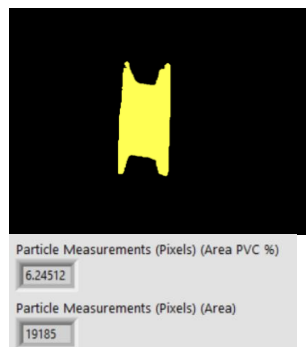
สังเกตข้อต่อพีวีซีคือ ดี



รูปที่ 18 ผลการทดสอบประมวลผลภาพข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรงแบบดี

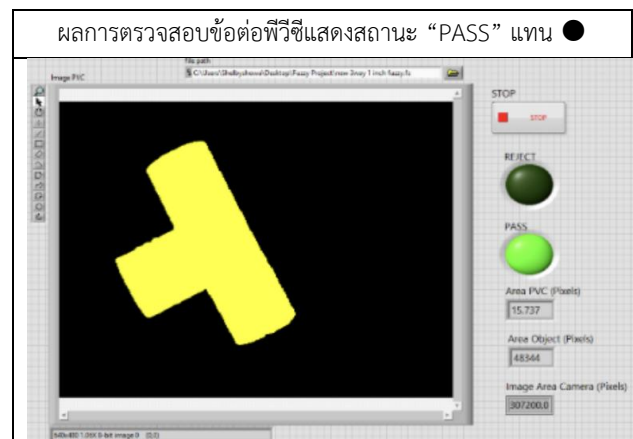


สังเกตข้อต่อพีวีซีคือ เสีย

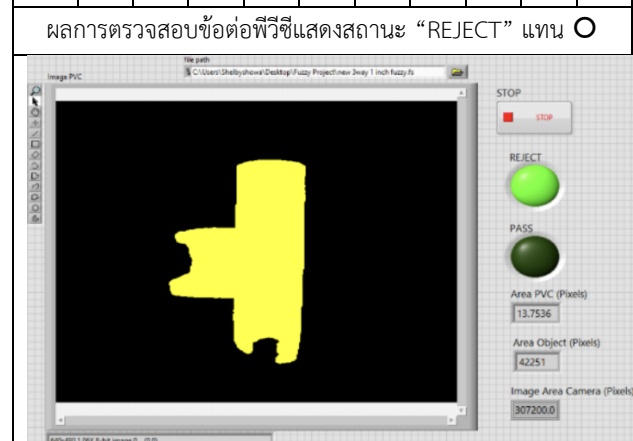


รูปที่ 19 ผลการทดสอบประมวลผลภาพข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรงแบบเสีย

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีชนิดสามทางด้วยฟัซซี่ลอจิก

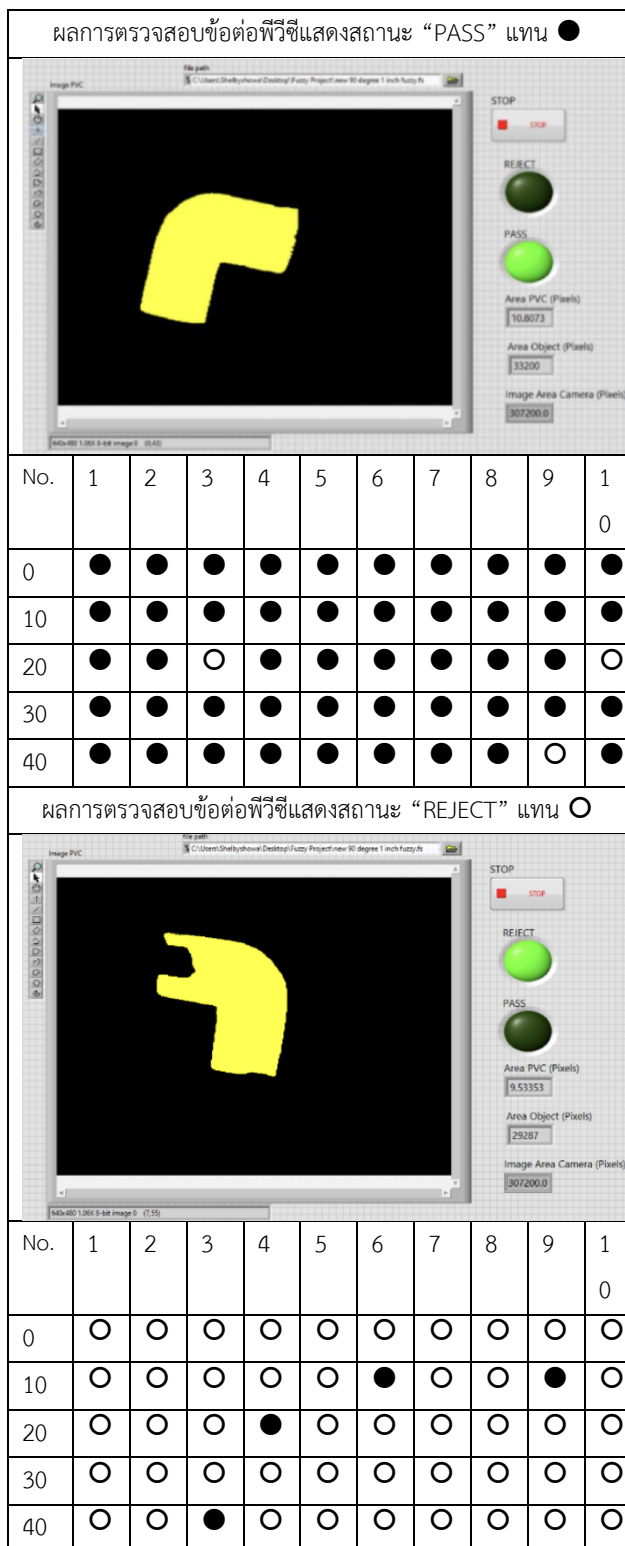


No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●
10	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●
20	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
30	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●
40	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

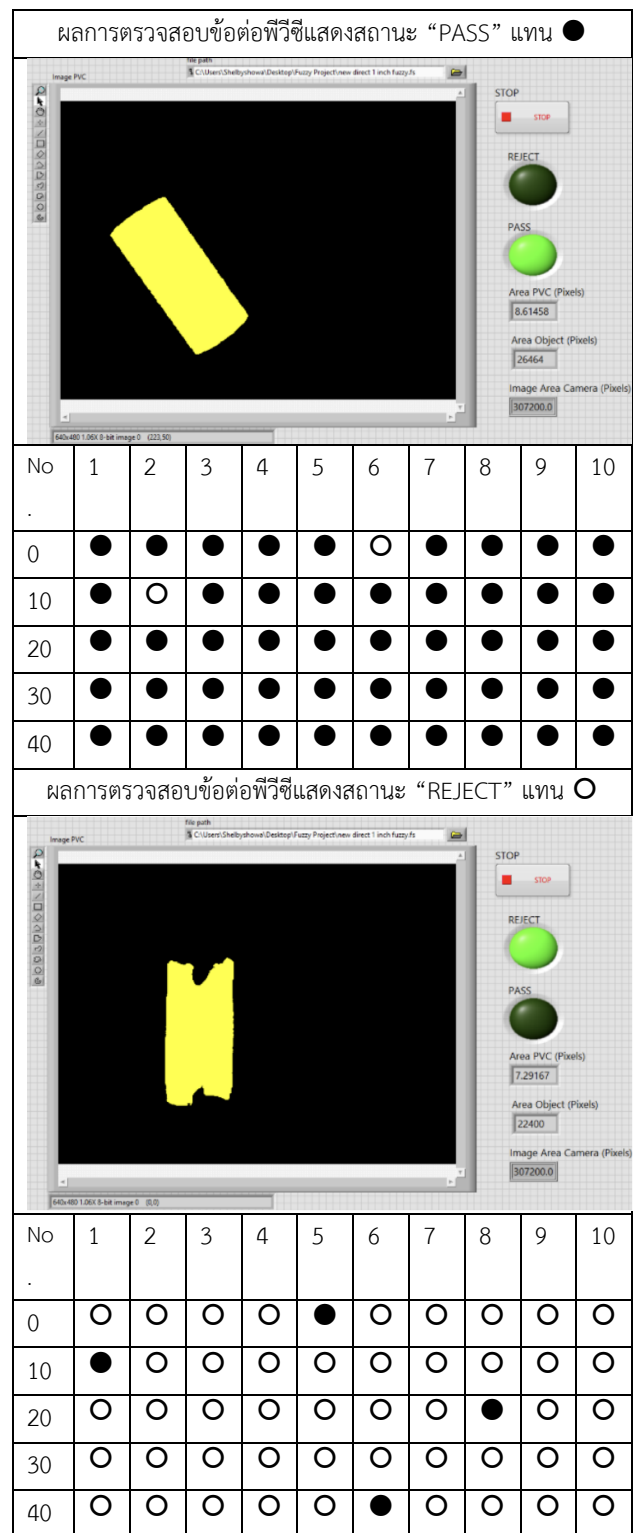


No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○
10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20	○	○	○	●	○	○	○	○	○	●
30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
40	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศาด้วยฟัซซี่ลอจิก



ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรงด้วย
พีซีซีลอจิก



4. สรุป

งานวิจัยนี้สามารถตรวจสอบข้อต่อพีวีซีชนิดสามทาง ข้อต่อพีวีซีชนิดงอ 90 องศา ข้อต่อพีวีซีชนิดต่อตรงโดยข้อต่อพีวีซีดังกล่าวเป็นข้อต่อพีวีซีชนิดฉีดจากเครื่องจักร ต้องมีขนาดและแบบมาตรฐานผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ มอก.1131-2535 ซึ่งใช้การประมวลผลภาพและตัดสินใจด้วยขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิกเพื่อคัดแยกข้อต่อพีวีซีแบบเสียออกจากข้อต่อพีวีซีแบบดี โดยการตรวจสอบข้อต่อพีวีซีทั้ง 3 ชนิดมีความแม่นยำระหว่าง 92 ถึง 94 เปอร์เซ็นต์จากการตั้งกล้องระยะห่าง 30 เซนติเมตรคงที่สำหรับบันทึกภาพข้อต่อพีวีซี และใช้ค่าคงที่การเปรียบเทียบเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับค่าเอาต์พุตฟัซซี่ลอจิกคือค่าความน่าเชื่อถือมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์จึงได้ค่าความแม่นยำดังกล่าว ถ้าระยะห่างสำหรับการบันทึกภาพข้อต่อพีวีซีเปลี่ยนแปลงต้องปรับค่าคงที่การเปรียบเทียบใหม่ด้วยวิธี Trial and Error โดยงานวิจัยที่นำเสนอสามารถใช้ทดแทนการตรวจสอบด้วยคนได้ และสามารถปรับแต่งระบบฟัซซี่ลอจิกให้มีค่าความแม่นยำสูงขึ้นได้ด้วยความรู้ของผู้เชี่ยวชาญ และมีความแม่นยำมากกว่าระบบการตรวจสอบด้วยขั้นตอนวิธีโครงข่ายประสาทเทียม[8]

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์นี้ได้รับความช่วยเหลือจากนายชนกันต์ ปลื้มปิยธรรม และนายกิตติพิศ อรุณราชฤทธิ์ที่ช่วยสนับสนุนงานวิจัยด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

เอกสารอ้างอิง

- [1] H. Garcia-Estrada, O. A. Linares-Escobar, M. G. Ramirez-Sotelo and A. I. Cabrera-Llanos, "Foot Plant Deformation Classification System by Image Processing and Fuzzy Logic," *2018 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI)*, Guadalajara, Mexico, 2018, pp. 1 - 4.
- [2] J. J. Joy, M. Bhat, N. Verma and M. Jani, "Traffic Management Through Image Processing and Fuzzy Logic," *2018 Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, Madurai, India, 2018, pp. 52-55.
- [3] S. Basak, R. Jia and C. Lei, "Face Recognition using Fuzzy Logic," *2018 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA)*, Wuyishan, China, 2018.
- [4] J. C. V. Puno, A. A. Bandala, E. P. Dadios and E. Sybingco, "Vision System for Soil Nutrient Detection Using Fuzzy Logic," *TENCON 2018 - 2018 IEEE Region 10 Conference*, Jeju, Korea (South), 2018, pp. 617-622.
- [5] Y. Sari, M. Alkaff and M. Maulida, "Classification of Rice Leaf using Fuzzy Logic and Hue Saturation Value (HSV) to Determine Fertilizer Dosage," *2020 Fifth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, Gorontalo, Indonesia, 2020, pp. 1-6.
- [6] F. Faizah, A. Triwiyatno and R. R. Isnanto, "Fuzzy Logic Implementation on Motion of Tennis Ball Picker Robot," *2021 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT)*, Purwokerto, Indonesia, 2021, pp. 57-63.
- [7] C. Tatiyaworanun, "Application of Fuzzy Logic for Banana Size Classification based on Image Processing", *Engineering Transactions: A Research Publication of Mahanakorn University of Technology*, vol. 25, no. 1, January-June, 2022, pp. 39-47 (in Thai).
- [8] D. J. Hemanth, C. K. S. Vijila and J. Anitha, "Comparative analysis of neural model and fuzzy model for MR brain tumor image segmentation," *2009 World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing (NaBIC)*, Coimbatore, India, 2009, pp. 1616-1619.



ชนมรัตน์ ดิตยวรนันท์ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรมระบบวัดคุม) ในปี พ.ศ. 2544 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรมระบบวัดคุม) ในปี พ.ศ. 2549 และวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) ในปี พ.ศ. 2558 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร และได้รับตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและเครื่องมือวัด