

การประยุกต์ใช้ฟuzzyลอจิกสำหรับการคัดขนาดกล้วยหอมโดยอาศัย พื้นฐานจากการประมวลผลภาพ

Application of Fuzzy Logic for Banana Size Classification based on Image Processing

ชนมรัตน์ ตติยวรรณนท์

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรมระบบวัดคุม/Control and Instrumentation Engineering) สถาบันนวัตกรรมมหานคร

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

E-mail: chonrat@mut.ac.th

Manuscript received June 8, 2022

Revised June 17, 2022

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ฟuzzyลอจิกสำหรับการคัดขนาดกล้วยหอมโดยใช้พื้นฐานจากการประมวลผลภาพ โดยการประมวลผลภาพนี้จะได้ข้อมูลคือความยาวเส้นผ่านกลางภาพและพื้นที่ของภาพ ซึ่งระบบฟuzzyลอจิกมีตัวแปรอินพุต 2 ตัวคือความยาวเส้นผ่านกลางภาพและพื้นที่ของภาพ ตัวแปรเอาต์พุตของระบบฟuzzyลอจิกคือการคัดขนาดกล้วยหอมโดยใช้ค่าการประมาณน้ำหนักของกล้วยหอม ซึ่งผลการทดลองพบว่าในการคัดขนาดกล้วยหอมได้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ที่มีค่าผิดพลาดน้ำหนักของกล้วยต่ำกว่า 2%

คำสำคัญ: ระบบฟuzzyลอจิก การประมวลผลภาพ การคัดขนาด

ABSTRACT

This paper proposes an application of fuzzy logic for banana size classification based on image processing. This image processing to find information such as the length of the diameter of image and the area of image. The fuzzy logic system from the two input variables namely the length of the diameter of

image and the area of image. The output variable of fuzzy logic system is the banana size classification based on estimated weight of banana. The experiment results show that in the banana size classification such as small size, medium size and big size with weight error of banana is lower than 2%.

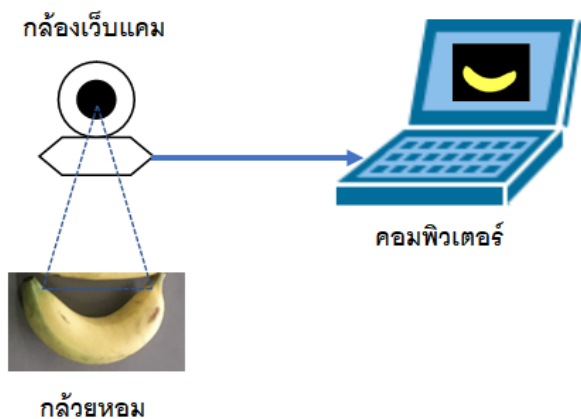
Keywords: fuzzy logic system, image processing, size classification.

1. บทนำ

ระบบฟuzzyลอจิกสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายด้าน ซึ่งมีการเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องอาทิเช่น การประยุกต์ใช้งานฟuzzyลอจิกเพื่อช่วยผู้ติดแอลกอฮอล์ให้สามารถลดปริมาณแอลกอฮอล์ลงโดยสร้างแบบจำลองเชิงตรรกะของตัวแปรแรงจูงใจให้ลดปริมาณแอลกอฮอล์ [1] งานด้านการประเมินความเสี่ยงของข้อมูลสำหรับเว็บแอปพลิเคชันด้วยฟuzzyลอจิก เพื่อให้ผู้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันแก้ไขก่อนเกิดปัญหาได้ [2] งานด้านการตรวจจับข้อผิดพลาดสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยฟuzzyลอจิกเพื่อป้องกันอุบัติเหตุและลดการสูญเสียของวัสดุที่เกี่ยวข้องได้ [3] ด้านการตรวจจับความผิดปกติของมัมต่างเฟสสำหรับสายส่งโดยใช้ฟuzzyลอจิก

เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้[4] การประยุกต์ใช้ฟuzzy logic สำหรับงานด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของปั๊มน้ำได้ [5] การใช้ฟuzzy logic ด้านการศึกษาโดยการกระจายงานสำหรับการทดสอบนักเรียนโดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยและความคืบหน้าของงานในปัจจุบัน [6] การประยุกต์ใช้ฟuzzy logic สำหรับงานด้านการประเมินความแปรปรวนในเครือข่ายสายสื่อสารเพื่อลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นได้ [7] และการประยุกต์ใช้ฟuzzy logic ด้านการเกษตรโดยการประเมินส่วนผสมอร์แกนิกในการควบคุมการเพาะปลูกมะเขือเทศเพื่อให้ผลผลิตมะเขือเทศที่เหมาะสมที่สุด [8] เป็นต้น

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการประยุกต์ใช้ฟuzzy logic สำหรับคำนวณหาปริมาณน้ำหนักของกล้วยหอมโดยใช้การประมวลผลภาพผ่านทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม LabVIEW ที่เชื่อมต่อกับกล้องเว็บแคมสำหรับจับภาพกล้วยหอมครั้งละ 1 ลูกเพื่อการคัดขนาดกล้วยหอมดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบการคัดขนาดกล้วยหอมด้วยฟuzzy logic

คือ เนื้อสี (Hue) ความอิ่มตัวของสี (Saturation) และความสว่างของสี (Luminance) ด้วยไลบรารี “Color Plane Extraction” ดังรูปที่ 3 จากนั้นใช้เทคนิคเทรชโฮลด์ (Threshold) เพื่อทำการตัดแยกภาพกล้วยหอมออกจากภาพพื้นหลังแบบเอนโทรปี (Entropy) ดังรูปที่ 4 ต่อด้วยการลบเส้นขอบวัตถุที่ไม่ต้องการออกใช้ไลบรารี “Remove border Object” ดังรูปที่ 5 เพื่อให้ได้เฉพาะภาพกล้วยหอมเท่านั้นจึงลบวัตถุเล็กๆที่ไม่ต้องการออกใช้ไลบรารี “Remove small Object” ดังรูปที่ 6 ต่อด้วยการเติมสีลงในหลุมของภาพกล้วยหอมด้วยไลบรารี “Fill holes” ดังรูปที่ 7 และแสดงรูปที่ 8 ได้ใช้ไลบรารี “Particle Analysis Setup” เพื่อหาค่าเส้นผ่านกลางภาพกล้วยหอมแนวแกน x และหาค่าเปอร์เซ็นต์ขนาดพื้นที่ของภาพกล้วยหอม (% A_r) ดังสมการที่ (1) เมื่อ A_b คือขนาดพื้นที่วัตถุ และ A_t คือขนาดพื้นที่ทั้งหมด

$$\%A_r = \frac{100\%A_b}{A_t} \quad (1)$$



รูปที่ 2 กล้องจับภาพกล้วยหอมก่อนการประมวลผลภาพ

2. การออกแบบ

2.1 การออกแบบการประมวลผลภาพกล้วยหอม

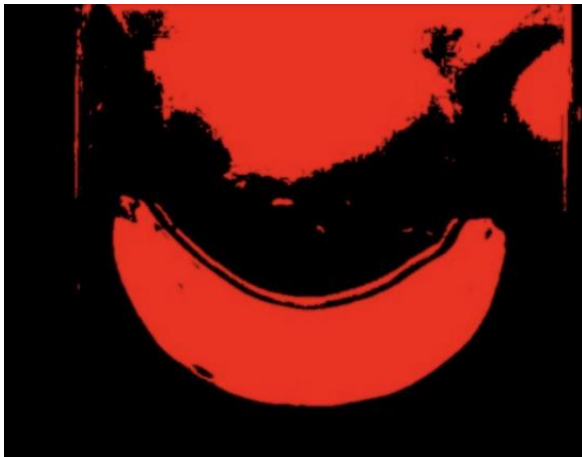
การประมวลผลภาพกล้วยหอมได้ใช้โมดูล “Vision Assistant” ของโปรแกรม LabVIEW เวอร์ชัน 2020 เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ขนาดพื้นที่ของภาพกล้วยหอม และเส้นผ่านกลางภาพกล้วยหอมแนวแกน x โดยใช้กล้องเว็บแคมตั้งระยะห่างคงที่สำหรับการบันทึกภาพกล้วยหอมดังรูปที่ 2 โดยมีขั้นตอนวิธีเริ่มจากการเปลี่ยนโทนสีแบบ HSL



รูปที่ 3 การปรับโทนสีแบบ HSL ของภาพกล้วยหอม



รูปที่ 6 ภาพกล้วยหอมที่ถูกลบวัตถุเล็กๆที่ไม่ต้องการออก



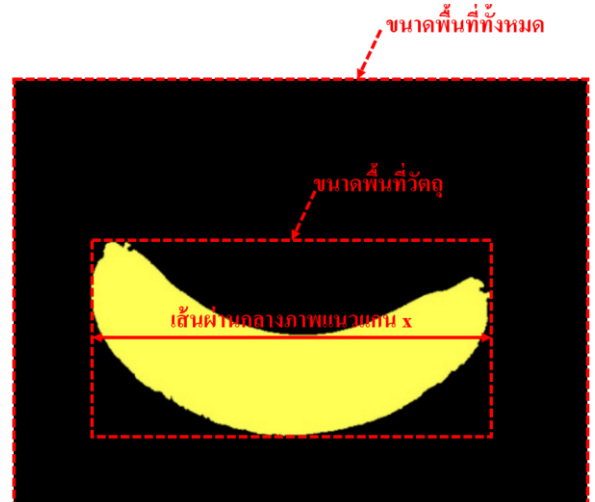
รูปที่ 4 ภาพกล้วยหอมใช้เทคนิคเทรลโฮลด์แบบเอ็นโทรปี



รูปที่ 7 ภาพกล้วยหอมที่ถูกเติมสีลงในหลุมภาพ



รูปที่ 5 ภาพกล้วยหอมที่ถูกลบเส้นขอบวัตถุที่ไม่ต้องการออก



รูปที่ 8 ขนาดพื้นที่และเส้นผ่านกลางภาพของภาพกล้วยหอม

2.2 การออกแบบฟัซซีลอจิกสำหรับการคัดขนาดกล้วยหอม

ระบบฟัซซีลอจิกอาศัยความเข้าใจทางภาษาในรูปแบบตรรกะแบบคลุมเครือจึงนำกล้วยหอมจำนวน 30 ลูกจากการสุ่มครั้งละ 10 ลูกจากร้านสะดวกซื้อจำนวน 3 ร้าน เพื่อสังเกตขนาด และวัดน้ำหนักของกล้วยหอมดังรูปที่ 9-10 ได้ข้อมูลตัวแปรเชิงภาษา (linguistic variable) คือ “Big (B)” “Medium (M)” และ “Small (S)” ดังตารางที่ 1 โดยข้อมูลตัวแปรเชิงภาษามีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: σ) ดังสมการที่ (2) เมื่อ “Big” มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากน้ำหนักกล้วยหอมเท่ากับ 5.57 “Medium” มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากน้ำหนักกล้วยหอมเท่ากับ 2.42 และ “Small” มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากน้ำหนักกล้วยหอมเท่ากับ 4.77 เมื่อ N คือจำนวนกล้วยหอม i คือเลขลำดับของการชั่งน้ำหนักกล้วยหอม x_i คือน้ำหนักของกล้วยหอมที่วัดได้ และ $\bar{x}$ คือน้ำหนักเฉลี่ยของกล้วยหอม

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

การออกแบบระบบฟัซซีลอจิก[9] โดยมีการแปลงอินพุตเพื่อเปลี่ยนเป็นอินพุตแบบฟัซซี (Fuzzification) ซึ่งข้อมูลระดับฟัซซีลอจิกมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 โดยเลือกจำนวน 2 อินพุตได้แก่อินพุตหนึ่งคือฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเส้นผ่านกลางภาพกล้วยหอมแนวนอน x เมื่อ “Big” มีค่าเส้นผ่านกลางภาพกล้วยหอมแนวนอน x ระหว่าง 440 พิกเซลถึง 530 พิกเซล “Medium” มีค่าเส้นผ่านกลางภาพกล้วยหอมแนวนอน x ระหว่าง 395 พิกเซลถึง 485 พิกเซล “Small” มีค่าเส้นผ่านกลางภาพกล้วยหอมแนวนอน x ระหว่าง 350 พิกเซลถึง 440 พิกเซลดังรูปที่ 11 และอินพุตสองคือฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเปอร์เซ็นต์ขนาดพื้นที่ของภาพกล้วยหอมเมื่อ “Big” มีข้อมูลเปอร์เซ็นต์ขนาดพื้นที่ของภาพกล้วยหอมระหว่าง 15.50% ถึง 22.00% “Medium” มีข้อมูลเปอร์เซ็นต์ขนาดพื้นที่ของภาพกล้วยหอมระหว่าง 12.25% ถึง 18.75% “Small” มีข้อมูลเปอร์เซ็นต์ขนาดพื้นที่ของภาพกล้วยหอมระหว่าง 9.00% ถึง 15.50% ดังรูปที่ 12 โดยการออกแบบส่วนเอาต์พุตให้มี 1 เอาต์พุตคือฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของน้ำหนักของกล้วยหอมเมื่อ “Big” มีค่าน้ำหนักของกล้วยหอมระหว่าง 136 กรัมถึง 200 กรัม

“Medium” มีค่าน้ำหนักของกล้วยหอมระหว่าง 105 กรัมถึง 142 กรัม “Small” มีค่าน้ำหนักของกล้วยหอมระหว่าง 80 กรัมถึง 112 กรัมดังรูปที่ 13 และความสัมพันธ์ระหว่าง 2 อินพุตกับ 1 เอาต์พุตโดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ 2 อินพุตและ 1 เอาต์พุตดังกล่าวถูกใช้ด้วยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสามเหลี่ยม (Triangular membership function) ดังสมการที่ (3) เมื่อ $f(x; \alpha, \beta, \theta)$ คือฟังก์ชันสามเหลี่ยม เมื่อ x คือค่าอินพุตของฟังก์ชันสามเหลี่ยม α คือพารามิเตอร์จุดเริ่มต้นของฟังก์ชันสามเหลี่ยม β คือพารามิเตอร์จุดทำให้เกิดยอดสูงสุดของฟังก์ชันสามเหลี่ยม และ θ คือพารามิเตอร์จุดสุดท้ายของฟังก์ชันสามเหลี่ยม

$$f(x; \alpha, \beta, \theta) = \begin{cases} 0 & x \leq \alpha \\ \frac{x - \alpha}{\beta - \alpha} & \alpha < x \leq \beta \\ \frac{\theta - x}{\theta - \beta} & \beta < x \leq \theta \\ 0 & \theta < x \end{cases} \quad (3)$$

การออกแบบการอนุมาน (Inference Engine) และฐานกฎ (Rule base) ด้วยกฎ if-then ของระบบฟัซซีลอจิกแบบแมมดานิ (Mamdani) จำนวน 9 กฎดังตารางที่ 2

การออกแบบการแปลงค่าตัวแปรฟัซซีเป็นเอาต์พุตค่าน้ำหนักกล้วยหอม (Defuzzification) โดยใช้วิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted average method) ดังสมการที่ (4) เมื่อ ζ^* คือค่าที่ได้จากการแปลงค่าระดับฟัซซีเป็นค่าเอาต์พุต N คือค่าจำนวนทั้งหมดที่ต้องการถ่วงน้ำหนัก i คือค่าลำดับจำนวนที่ต้องการถ่วงน้ำหนัก $\mu_f(\zeta_i)$ คือค่าระดับฟัซซีของเอาต์พุตในเซตฟัซซีของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเอาต์พุตตำแหน่งที่ i และ ζ_i คือค่าพื้นที่ใต้กราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเอาต์พุตตำแหน่งที่ i

$$\zeta^* = \frac{\sum_{i=1}^N \mu_f(\zeta_i) \zeta_i}{\sum_{i=1}^N \mu_f(\zeta_i)} \quad (4)$$



รูปที่ 9 กล้วยหอมสำหรับการสังเกตขนาด และการชั่งน้ำหนัก

ตารางที่ 1 ข้อมูลตัวแปรเชิงภาษาสำหรับระบบฟัซซี่ลอจิก

ข้อมูลเชิงภาษา	Big (B)	Medium (M)	Small (S)
จำนวนกล้วยหอม สุ่ม (ลูก)	12	10	8
$\bar{X}$: น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	167.52	123.89	96.42
ค่าเฉลี่ยของเส้น ผ่านกลางภาพ กล้วยหอม แนวแกน x (พิกเซล)	485	440	395
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ ขนาดพื้นที่ของ ภาพกล้วยหอม (%)	18.75	15.50	12.25



การชั่งน้ำหนักครั้งที่ 1



การชั่งน้ำหนักครั้งที่ 2

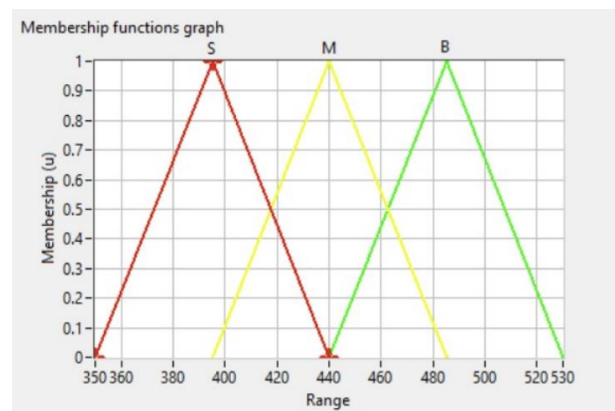


การชั่งน้ำหนักครั้งที่ 3

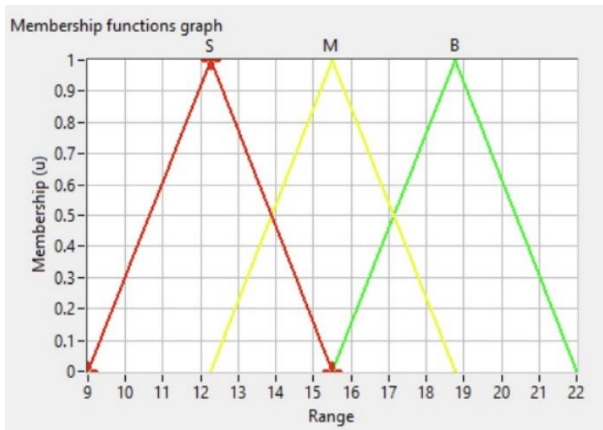


การชั่งน้ำหนักครั้งที่ 4

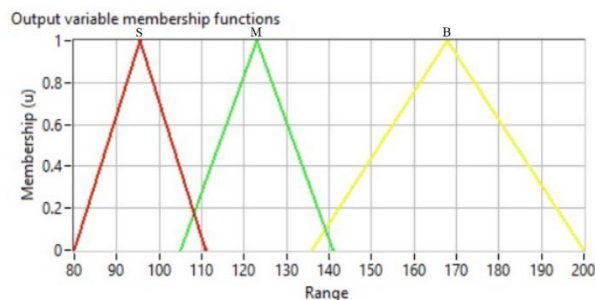
รูปที่ 10 ตัวอย่างการชั่งน้ำหนักกล้วยหอม



รูปที่ 11 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเส้นผ่านกลางภาพกล้วยหอม
แนวแกน x



รูปที่ 12 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเปอร์เซ็นต์ขนาดพื้นที่ของภาพกล้วยหอม



รูปที่ 13 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของน้ำหนักของกล้วยหอม

ตารางที่ 2 กฎ if-then ของระบบฟัซซี่ลอจิก

ลำดับ	กฎของระบบฟัซซี่ลอจิก
1	if อินพุต1 (S) and อินพุต2 (S) then เอาต์พุต (S)
2	if อินพุต1 (S) and อินพุต2 (M) then เอาต์พุต (S)
3	if อินพุต1 (S) and อินพุต2 (B) then เอาต์พุต (S)
4	if อินพุต1 (M) and อินพุต2 (S) then เอาต์พุต (M)
5	if อินพุต1 (M) and อินพุต2 (M) then เอาต์พุต (M)
6	if อินพุต1 (M) and อินพุต2 (B) then เอาต์พุต (M)
7	if อินพุต1 (B) and อินพุต2 (S) then เอาต์พุต (M)
8	if อินพุต1 (B) and อินพุต2 (M) then เอาต์พุต (B)
9	if อินพุต1 (B) and อินพุต2 (B) then เอาต์พุต (B)

3. การทดสอบ และผลการทดสอบ

การทดสอบใช้กล้องเว็บแคมรุ่น Logitech Webcam C170 ตั้งระยะห่าง 30 เซนติเมตรคงที่บันทึกภาพกล้วยหอม ซึ่งกล้องได้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม LabVIEW เวอร์ชัน 2020 การประมวลผลสำหรับการคัดขนาดกล้วยหอมแสดงรหัสเทียม (Pseudo code) ดังรูปที่ 14 โดยรหัสเทียมแบ่งการประมวลผลเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือรหัสเทียมการประมวลผลภาพดังบรรทัดที่ 1-13 เมื่อบรรทัดที่ 1: ชื่ออัลกอริทึม บรรทัดที่ 2-4: การกำหนดตัวแปร บรรทัดที่ 5: เริ่มการประมวลผล บรรทัดที่ 6: ตัวแปร ibanana1 เก็บข้อมูลอินพุตด้วยไฟล์ภาพกล้วยหอม บรรทัดที่ 7: ตัวแปร ibanana2 เก็บการเปลี่ยนโทนสีภาพกล้วยหอมแบบ HSL บรรทัดที่ 8: ตัวแปร ibanana3 เก็บการคัดแยกภาพกล้วยหอมออกจากภาพพื้นหลัง บรรทัดที่ 9: ตัวแปร ibanana4 เก็บการลบเส้นขอบวัตถุที่ไม่ต้องการออกจากภาพกล้วยหอม บรรทัดที่ 10: ตัวแปร ibanana5 เก็บการลบวัตถุเล็กๆที่ไม่ต้องการออกจากภาพกล้วยหอม บรรทัดที่ 11: ตัวแปร ibanana6 เก็บการเติมสีลงในหลุมของภาพกล้วยหอม บรรทัดที่ 12: ตัวแปร ibaX1 เก็บการค่าเส้นผ่านกลางภาพกล้วยหอมแนวนอน x บรรทัดที่ 13: ตัวแปร ibaX2 เก็บการหาค่าเปอร์เซ็นต์ขนาดพื้นที่ของภาพกล้วยหอม ส่วนที่สองรหัสเทียมประมวลผลระบบฟัซซี่ลอจิกดังบรรทัดที่ 14-19 เมื่อบรรทัดที่ 14: ตัวแปร diaX1 เก็บค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเส้นผ่านกลางภาพกล้วยหอมแนวนอน x บรรทัดที่ 15: ตัวแปร areX2 เก็บค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเปอร์เซ็นต์ขนาดพื้นที่ของภาพกล้วยหอม บรรทัดที่ 16: ตัวแปร outMF เก็บค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของน้ำหนักของกล้วยหอม บรรทัดที่ 17: ตัวแปร rules9 เก็บเงื่อนไข 9 กฎแบบ if-then ของระบบฟัซซี่ลอจิกแบบแมมดานิ บรรทัดที่ 18: ตัวแปร output ได้ค่าน้ำหนักกล้วยหอมจากการแปลงค่าตัวแปรฟัซซี่เป็นเอาต์พุต บรรทัดที่ 19: จบการประมวลผล โดยแสดงผลการทดสอบการคัดขนาดกล้วยหอมด้วยระบบฟัซซี่ลอจิกได้ขนาด “Small” ดังตารางที่ 3-4 แสดงผลการทดสอบการคัดขนาดกล้วยหอมด้วยระบบฟัซซี่ลอจิกได้ขนาด “Medium” ดังตารางที่ 5-6 แสดงผลการทดสอบการคัดขนาดกล้วยหอมด้วยระบบฟัซซี่ลอจิกได้ขนาด “Big” ดังตารางที่ 7-8 เมื่ออินพุตฟัซซี่ลอจิกตัวที่ 1 คือค่าเส้นผ่านกลางภาพกล้วยหอมแนวนอน x มีหน่วยเป็นพิกเซล อินพุตฟัซซี่ลอจิกตัวที่ 2 คือค่าขนาดพื้นที่ของภาพกล้วยหอมมีหน่วย

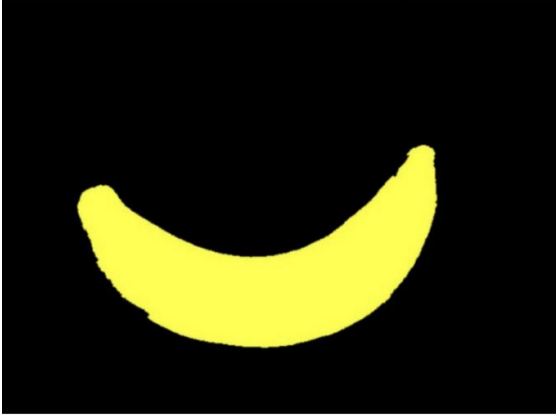
เป็นเปอร์เซ็นต์ เอادتพุตฟัซซีลอจิกคือค่าน้ำหนักของกล้วยหอมที่ถูกประมวลผลด้วยระบบฟัซซีลอจิกมีหน่วยเป็นกรัม โดยค่าการชั่งน้ำหนักกล้วยหอมเป็นการชั่งน้ำหนักจริงมีหน่วยเป็นกรัม ค่าความผิดพลาด (ε^*) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ดังสมการที่ (5) เมื่อ ε_m คือค่าการชั่งน้ำหนักกล้วยหอมจริง และ ε_f คือค่าน้ำหนักของกล้วยหอมที่ถูกประมวลผลด้วยระบบฟัซซีลอจิก

$$\varepsilon^* = \frac{100\%|\varepsilon_m - \varepsilon_f|}{\varepsilon_m} \quad (5)$$

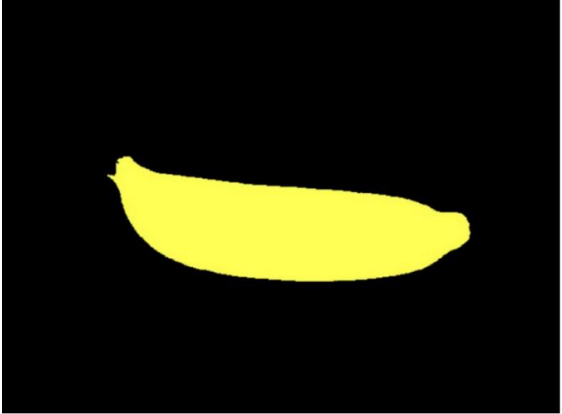
1 :	Algorithm Fuzzy_Logics_Banana_Size_Classification
2 :	Variables : ibanana1, ibanana2, ibanana3, ibanana4
3 :	Variables : ibanana5, ibanana6, ibaX1, ibaX2
4 :	Variables : diaX1, areX2, outMF, rules9, output
5 :	Begin
6 :	ibanana1 = Input(image_banana.jpg)
7 :	ibanana2 = HSL(ibanana1)
8 :	ibanana3 = Threshold(ibanana2)
9 :	ibanana4 = Remove_border_Object(ibanana3)
10 :	ibanana5 = Remove_small_Object(ibanana4)
11 :	ibanana6 = Fill_holes(ibanana5)
12 :	ibaX1 = DiameterX(ibanana6)
13 :	ibaX2 = Image_Area(ibanana6)
14 :	diaX1 = Triangular_MF_DiameterX(ibaX1)
15 :	areX2 = Triangular_MF_Area(ibaX2)
16 :	outMF = Triangular_MF_out()
17 :	rules9 = Create_rule()
18 :	output = Defuzzification(diaX1,areX2,outMF,rules9)
19 :	End

รูปที่ 14 รหัสเทียมสำหรับระบบการคัดขนาดกล้วยหอม

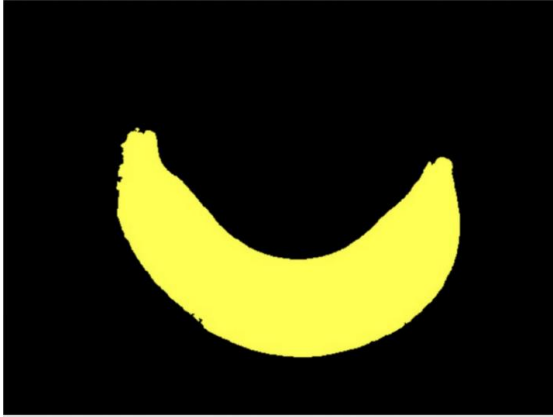
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบหาค่าขนาดของกล้วยหอมลูกที่ 1

	
Diameter (Pixel)	Area Banana (%)
410	14.5426
Output Banana (g)	
106.254	
อินพุตฟัซซีลอจิกตัวที่ 1 (พิกเซล)	410
อินพุตฟัซซีลอจิกตัวที่ 2 (%)	14.54
เอادتพุตฟัซซีลอจิก (กรัม)	106.25
ค่าการชั่งน้ำหนักกล้วยหอม (กรัม)	105
ค่าความผิดพลาด (%)	1.19
ขนาดกล้วยหอมโดยฟัซซีลอจิก	"Small"

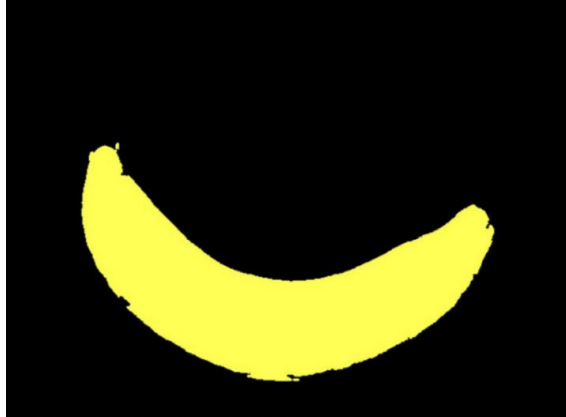
ตารางที่ 4 ผลการทดสอบหาค่าขนาดของกล้วยหอมลูกที่ 2

	
Diameter (Pixel)	Area Banana (%)
415	11.9518
Output Banana (g)	
105.004	
อินพุตฟัซซีลอจิกตัวที่ 1 (พิกเซล)	415
อินพุตฟัซซีลอจิกตัวที่ 2 (%)	11.95
เอادتพุตฟัซซีลอจิก (กรัม)	105.00
ค่าการชั่งน้ำหนักกล้วยหอม (กรัม)	103
ค่าความผิดพลาด (%)	1.94
ขนาดกล้วยหอมโดยฟัซซีลอจิก	"Small"

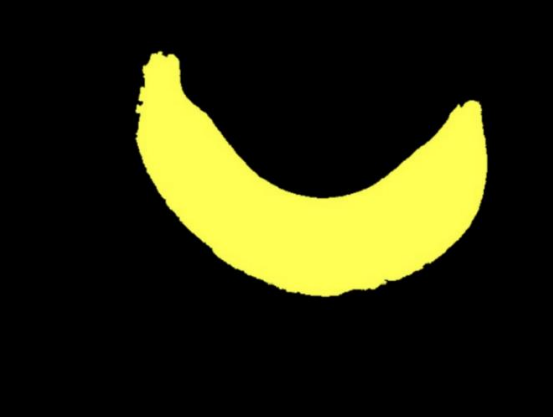
ตารางที่ 5 ผลการทดสอบหาค่าขนาดของกล้วยหอมลูกที่ 3

	
Diameter (Pixel)	Area Banana (%)
384	16.7637
Output Banana (g)	124.981
อินพุตฟิซซีลอจิกตัวที่ 1 (พิกเซล)	384
อินพุตฟิซซีลอจิกตัวที่ 2 (%)	16.76
เอาต์พุตฟิซซีลอจิก (กรัม)	124.98
ค่าการชั่งน้ำหนักกล้วยหอม (กรัม)	124
ค่าความผิดพลาด (%)	0.78
ขนาดกล้วยหอมโดยฟิซซีลอจิก	“Medium”

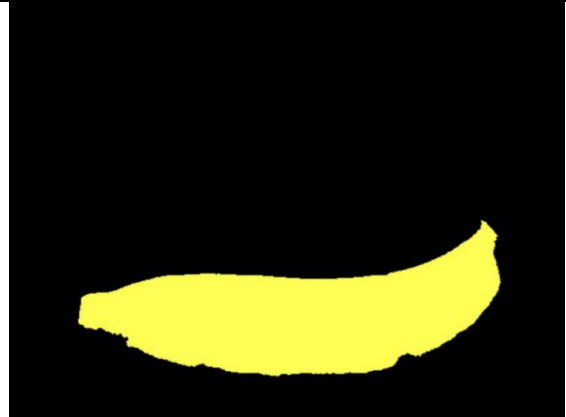
ตารางที่ 7 ผลการทดสอบหาค่าขนาดของกล้วยหอมลูกที่ 5

	
Diameter (Pixel)	Area Banana (%)
463	17.0332
Output Banana (g)	156
อินพุตฟิซซีลอจิกตัวที่ 1 (พิกเซล)	463
อินพุตฟิซซีลอจิกตัวที่ 2 (%)	17.03
เอาต์พุตฟิซซีลอจิก (กรัม)	156.00
ค่าการชั่งน้ำหนักกล้วยหอม (กรัม)	154
ค่าความผิดพลาด (%)	1.30
ขนาดกล้วยหอมโดยฟิซซีลอจิก	“Big”

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบหาค่าขนาดของกล้วยหอมลูกที่ 4

	
Diameter (Pixel)	Area Banana (%)
381	16.4424
Output Banana (g)	125.986
อินพุตฟิซซีลอจิกตัวที่ 1 (พิกเซล)	381
อินพุตฟิซซีลอจิกตัวที่ 2 (%)	16.44
เอาต์พุตฟิซซีลอจิก (กรัม)	125.99
ค่าการชั่งน้ำหนักกล้วยหอม (กรัม)	128
ค่าความผิดพลาด (%)	1.60
ขนาดกล้วยหอมโดยฟิซซีลอจิก	“Medium”

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบหาค่าขนาดของกล้วยหอมลูกที่ 6

	
Diameter (Pixel)	Area Banana (%)
475	14.6934
Output Banana (g)	162
อินพุตฟิซซีลอจิกตัวที่ 1 (พิกเซล)	475
อินพุตฟิซซีลอจิกตัวที่ 2 (%)	14.69
เอาต์พุตฟิซซีลอจิก (กรัม)	162.00
ค่าการชั่งน้ำหนักกล้วยหอม (กรัม)	165
ค่าความผิดพลาด (%)	1.82
ขนาดกล้วยหอมโดยฟิซซีลอจิก	“Big”

4. สรุป

งานวิจัยนี้สามารถจัดหมวดหมู่เป็นการคัดขนาดผลไม้ ซึ่งมีการใช้อัลกอริทึมซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support vector machine) และอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network) สำหรับการคัดขนาดส้มเขียวหวาน[10] ซึ่งมีความซับซ้อนมากกว่าอัลกอริทึมฟัซซี่ลอจิก โดยการคัดขนาดกล้วยหอมสำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้การทำงานร่วมกันระหว่างระบบการประมวลผลภาพกับระบบประมวลผลแบบฟัซซี่ลอจิกสามารถคัดขนาดกล้วยหอมได้ครั้งละ 1 ลูก โดยการคัดขนาดกล้วยหอมสามารถคัดขนาดเล็ก ("Small") ขนาดกลาง ("Medium") และขนาดใหญ่ ("Big") โดยเมื่อเปรียบเทียบเป็นน้ำหนักกล้วยหอมจริงแล้วมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 2% ทั้ง 3 ขนาดจึงสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเชิงพาณิชย์สำหรับงานอัตโนมัติในการคัดขนาดกล้วยหอมเพื่อส่งขายตามร้านสะดวกซื้อตลอด 24 ชั่วโมงได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์นี้ได้รับความช่วยเหลือจากนาย ณัฐพล แสงภักดิ์ และนายวรชาติ วิรุฬผล ที่ช่วยสนับสนุนงานวิจัยด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

เอกสารอ้างอิง

- [1] O. M. Omone, E. Aggrey, M. Takács and M. Kozlovsky, "Implementation of A Fuzzy Logic Progression For Alcohol Addicts Using Fuzzy Control System(FCS)," *2020 IEEE 18th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)*, 2020, pp. 161-166.
- [2] P. B. Khorev and M. I. Zheltov, "Assessing Information Risks When Using Web Applications Using Fuzzy Logic," *2020 V International Conference on Information Technologies in Engineering Education(Inforino)*, 2020, pp. 1-4.
- [3] S. Genc and S. Karagol, "Fuzzy Logic Application in DGA Methods to Classify Fault Type in Power Transformer," *2020 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*, 2020, pp. 1-4.
- [4] H. M. Ashraf, M. F. Amjad, M. T. Arshad, M. I. Javaid and R. M. Asif, "Re-energizing of single phase by protective scheme of parallel bi-transmission lines using fuzzy logic technique," *2018 5th International Conference on Renewable Energy: Generation and Applications (ICREGA)*, 2018, pp. 285-290.
- [5] L. P. Kozlova and O. A. Kozlova, "Application of fuzzy logic for implementation pumping equipment with account energy efficiency," *2017 XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM)*, 2017, pp. 171-173.
- [6] N. Vasyukiv, L. Dubchak, T. Lendyuk, I. Turchenko, I. Shylinska and M. Aleksander, "Tasks distribution for students testing based on fuzzy logic," *2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*, 2017, pp. 26-29.
- [7] I. V. Anikin, "Using fuzzy logic for vulnerability assessment in telecommunication network," *2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)*, 2017, pp. 1-4.
- [8] A. Sathya, S. Jayalalitha, R. Sabitha, R. Swetha and T. Brintha, "Application of fuzzy logic for evaluating the influence of panchagavya on tomato yield in grow bags: Fuzzy logic for tomato yeild," *2017 IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering (ICPSCI)*, 2017, pp. 2104-2108.
- [9] C. Tatiyaworanun and M. Aorpimai, "An Application of Fuzzy Logic to Improve the Position Accuracy from Low Cost GPS Receiver", *International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications*, 2006, Vol. 2, pp. 273-276.
- [10] J. Panprasittikit and K. Amnatchotiphan, "Thai Tangerine Size Classification via Computer Vision," *2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 2021, pp. 571-574.



ชนมรัตน์ ตติยวรนนท์ (Mr. Chonrat Tatiyaworanun) สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรมระบบวัดคุม) ในปี พ.ศ. 2544 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรมระบบวัดคุม) ในปี พ.ศ. 2549 และวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) ในปี พ.ศ. 2558 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร และได้รับตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและเครื่องมือวัด