

การรวมภาพกระดาดลูกฟูกโดยใช้เทคนิคการต่อภาพ

วนิดา สุวรรณกิจ, จิรวัฒน์ แก้วกุมาร และ จัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

wanida_su@mail.rmutt.ac.th, chatchai.s@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเทคนิคการต่อภาพ ร่วมกับการถ่ายภาพด้านลอนของกระดาดลูกฟูก ด้วยกล้องชนิดรับภาพแบบพื้นที่เพื่อนำไปใช้ในการตรวจนับจำนวนกระดาดลูกฟูกแทนการใช้กล้องชนิดรับภาพแบบเส้นที่มีราคาแพง โดยเทคนิคอัลกอริทึมที่ใช้ในการต่อภาพประกอบไปด้วย การตรวจหาคุณลักษณะมุมภาพด้วยวิธีฟอรัทเนอร์ การจับคู่คุณลักษณะที่มีความสอดคล้องกันและกำจัดข้อมูลที่ไม่สอดคล้องด้วยวิธีการหาความสอดคล้องข้อมูลตัวอย่างแบบสุ่ม และใช้เทคนิคการปรับแก้แบบกลุ่มในการรวมภาพทั้งหมดด้วยการปรับตำแหน่งของภาพผลลัพธ์ แล้วนำอัลกอริทึมที่ออกแบบไปทำการทดสอบรวมภาพด้านลอนของกระดาดลูกฟูกชนิด BC จำนวน 5 ภาพ ด้วยโปรแกรม HALCON จากผลการทดสอบพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถรวมภาพด้านลอนของกระดาดลูกฟูกได้โดยมีพื้นที่ซ้อนทับกันของภาพที่นำมาต่อที่ 25 เปอร์เซ็นต์ และนำภาพที่ได้จากเทคนิคการต่อภาพมานับจำนวนกระดาดด้วยมือเปรียบเทียบกับจำนวนกระดาดจริงพบว่าสามารถนับได้จำนวนเท่ากัน หรือมีความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: กล้องรับภาพแบบพื้นที่ เทคนิคการต่อภาพ การนับจำนวนกระดาดลูกฟูก

บทนำ

ในปัจจุบันกระดาดลูกฟูกถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายเพื่อสร้างเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับการใส่สิ่งของ เนื่องจากมีความแข็งแรง ทนทาน และน้ำหนักเบา ดังนั้นการตรวจนับจำนวนกระดาดในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาดลูกฟูกให้มีจำนวนที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ในกระบวนการผลิตกระดาดลูกฟูกจะถูกวางซ้อนกันเป็นกองขนาดสูง ทำให้การใช้คนมานับเป็นเรื่องที่ไม่ง่าย และอาจก่อให้เกิดอันตรายขึ้นได้ ดังนั้นจึงได้มีการนำระบบตรวจนับด้วยกล้องเข้ามาใช้งานแทน และจะทำการตรวจนับจำนวนกระดาดลูกฟูกมีประสิทธิภาพและให้ความแม่นยำมากขึ้น

สำหรับวิธีการตรวจสอบจำนวนกระดาดลูกฟูกด้วยระบบการตรวจนับด้วยกล้องเป็นวิธีที่ให้แม่นยำ โดย Balestrino A. Landi, A. and Pacini, L. [1] ได้นำระบบการตรวจนับด้วยกล้องเข้าตรวจหาความสูงของกองกระดาดลูกฟูกทั้งหมดแล้วเฉลี่ยด้วยความสูงของกระดาดแต่ละแผ่นซึ่งพบว่าเกิดความผิดพลาดน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้นำเสนอให้มีการปรับปรุงแหล่งกำเนิดแสง C. Suppitaksakul and M. Rattanakorn [2] ในเบื้องต้นได้นำกล้องชนิดรับภาพแบบพื้นที่มาใช้ในการรับภาพเนื่องจากมีราคาถูก แต่มีพื้นที่ในการรับภาพจำกัดจึงทำให้ไม่สามารถตรวจสอบกระดาดลูกฟูกที่วางเป็นกองสูงได้ ต่อมาจึงได้นำกล้องชนิดรับภาพแบบเส้นมาใช้งานซึ่งสามารถถ่ายภาพกระดาดลูกฟูกอย่างต่อเนื่องและให้ความถูกต้องในการตรวจสอบเมื่อกรณีขอบกระดาดลูกฟูกวางเรียงเสมอกัน ซึ่งกล้องชนิดรับภาพแบบเส้นเป็นกล้องที่มีราคาแพงจึงทำให้ต้นทุนในการสร้างชุดตรวจนับกระดาดลูกฟูกมีราคาสูง เพื่อเป็นการลดต้นทุนให้ถูกลง บทความนี้จึงศึกษาวิธีการนำกล้องชนิดรับภาพแบบพื้นที่มาใช้ในการรับภาพกระดาดลูกฟูก

การรับภาพของกล้องแบบพื้นที่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับพื้นที่การมองเห็นของกล้อง ทำให้ไม่สามารถถ่ายภาพกองกระดาดลูกฟูกที่มีขนาดสูงได้อย่างครอบคลุม ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาโดยการถ่ายภาพจำนวนหลายภาพแล้วนำมารวมกัน V. S. Sakharkar [3] ได้นำเสนอเทคนิคการต่อภาพ (Image Stitching) เพื่อรวมภาพเข้าด้วยกัน โดยต้องมีพื้นที่ซ้อนทับระหว่างภาพที่อยู่ติดกัน เพื่อใช้เป็นบริเวณอ้างอิงในการต่อภาพ Shikha, A. [4] และ Moushumi, Z. B. and Mohammad, S. U [5] ได้นำเทคนิคการต่อภาพมาสร้างภาพพาโนรามาโดยใช้วิธีการหาคุณลักษณะภาพเพื่อตรวจหาลักษณะภาพในบริเวณที่ซ้อนทับกัน และพบว่าลักษณะที่เป็นมุมจะสามารถตรวจหาได้ง่ายและทนต่อการเปลี่ยนแปลงของภาพ D. Jiang and J. Yi [6] ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการตรวจหาคุณลักษณะภาพโดยทดสอบกับภาพที่มีการปรับขนาด การหมุนภาพ ภาพที่มีความสว่างต่างกัน และภาพที่ถูกบดบัง ซึ่งพบว่าวิธีฟอรัทเนอร์

(Foerstner) เป็นวิธีที่ง่ายต่อการนำมาใช้งานสามารถตรวจหาคุณลักษณะภาพได้ใกล้เคียงกับวิธี SUSAN ซึ่งเป็นวิธีที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของภาพได้ดีที่สุดแต่มีความซับซ้อนในการนำมาใช้งาน Hicham, T., Omar, E. K. and Youssef, Z. [7] ทำการตรวจสอบแผนโซลาร์เซลล์จากภาพถ่ายจำนวนมาก และได้นำเทคนิคการต่อภาพมาใช้เพื่อรวมภาพที่ถ่ายได้ทั้งหมดก่อนนำไปตรวจสอบ สำหรับการจับคู่แต่ละภาพได้เลือกวิธีการหาความสอดคล้องข้อมูลตัวอย่างแบบสุ่ม (RANSAC) มาจัดการกับคุณลักษณะที่ไม่ต้องการเพื่อทำให้ภาพสามารถต่อกันได้ถูกต้อง สำหรับการรวมภาพที่มีจำนวนมากอาจทำให้ภาพผลลัพธ์ไม่ได้ตามตรงการเนื่องจากการจัดเรียงถูกรวมกันผิดพลาด และยากที่จะกำจัดได้ Xianyong Fang, Bin Luo and Haifeng Zhao [8] ได้นำเสนอวิธีการรวมภาพที่ถูกนำมาต่อกันด้วยการปรับแก้แบบกลุ่ม (Bundle Adjustment) เพื่อไม่ให้ตำแหน่งการรวมภาพเกิดความผิดพลาด บทความนี้ได้ศึกษาวิธีการนำเทคนิคการต่อภาพมาใช้ในการรวมภาพกระดาดลูกฟูกที่ได้รับจากกล้องชนิดรับภาพแบบพื้นที เพื่อทำให้ได้ภาพกระดาดลูกฟูกที่ครอบคลุมทั้งหมด และสามารถนำไปตรวจนับจำนวนกระดาดลูกฟูกต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ชนิดกระดาดลูกฟูก

กระดาดลูกฟูกได้รับความนิยมในการนำมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่สิ่งของ ซึ่งกระดาดลูกฟูกจะประกอบไปด้วยสองส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนที่เป็นลอนลูกฟูก และส่วนแผ่นกระดาดเรียบที่นำมาประกบเข้ากับลอนลูกฟูก ดังรูปที่ 1.2 สำหรับตัวลอนลูกฟูกจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งซึ่งจะทำให้กระดาดมีความแข็งแรง และสามารถต้านทานแรงกดจากรอบทิศทางได้ กระดาดลูกฟูกมีหลายชนิดโดยขึ้นอยู่กับชนิดของลอน ในขณะที่แต่ละชนิดจะมีขนาดและความสูงที่แตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดกระดาดลูกฟูก [2]

ชนิด	จำนวนแผ่นกระดาดลูกฟูก	ความสูงของแผ่นลูกฟูก
A	1 แผ่น	4.50 มิลลิเมตร
B	1 แผ่น	2.50 มิลลิเมตร
C	1 แผ่น	3.50 มิลลิเมตร
E	1 แผ่น	1.20 มิลลิเมตร
BA	2 แผ่น	7.00 มิลลิเมตร
BC	2 แผ่น	6.00 มิลลิเมตร

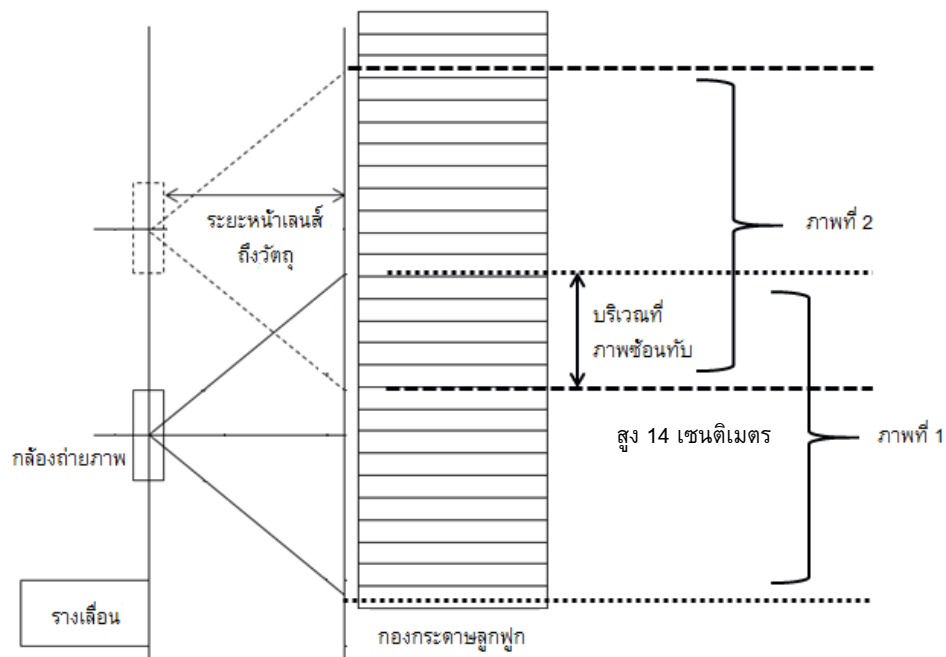
สำหรับกระดาดลูกฟูกที่ได้จากกระบวนการผลิตจะมีขนาดใหญ่ ดังนั้นจึงต้องทำการตัดให้มีขนาดตามที่ต้องการ จากนั้นจะถูกวางซ้อนกันเป็นกอง สำหรับการนับจำนวนกระดาดลูกฟูกจะพิจารณาจากด้านของกระดาด ดังรูปที่ 1.1 ได้แก่ ด้านรอยตัดมีลักษณะเป็นเส้นตรง โดยการหาจำนวนกระดาดลูกฟูก 1 แผ่น ของทางด้านรอยตัดจะดูจากจำนวนเส้นขอบกระดาด ซึ่งประกอบด้วยเส้นตรง 2 เส้น หรือ 3 เส้น และทางด้านลอนสามารถหาจากจำนวนแถวของลอน โดยขึ้นอยู่กับชนิดของกระดาดลูกฟูกที่นำมาทดสอบ



รูปที่ 1 กระดาดลูกฟูกชนิด BC

การรับภาพ

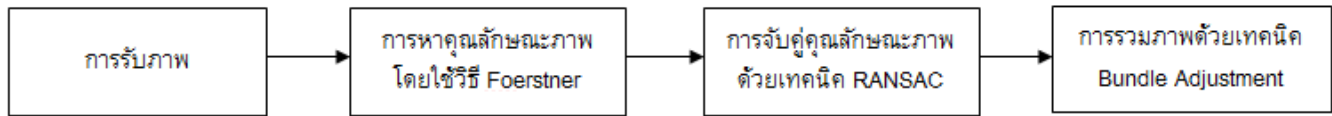
ในส่วนของการรับภาพจะใช้กล้องโมโนโครมชนิดรับภาพแบบพื้นที่ ซึ่งมีการสื่อสารแบบ GigE โดยมีความละเอียดเท่ากับ 640x480 จุดภาพ มาใช้ในการรับภาพทางด้านลอนลูกฟูก ซึ่งกล้องจะถูกติดตั้งอยู่บนแท่นเลื่อนเพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ไปรับภาพ ณ ตำแหน่งตามความสูงของกองกระดาดได้ ดังรูปที่ 2 และส่งข้อมูลภาพมายังโปรแกรม HALCON เพื่อทำการประมวลผลสำหรับรวมภาพเข้าด้วยกันในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 2 การรับภาพโดยกล้องชนิดรับภาพแบบพื้นที่

เทคนิคการต่อภาพ

การต่อภาพ (Image Stitching) คือวิธีการนำภาพจำนวนหลายภาพมารวมกัน โดยกำหนดให้มีส่วนของภาพซ้อนทับกันเพื่อใช้เป็นบริเวณอ้างอิงในการต่อภาพ ทำให้สามารถสร้างภาพที่มีมุมมองการมองเห็นได้กว้างขึ้น เทคนิคการต่อภาพถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น การสร้างภาพถ่ายทางดาวเทียม และการสร้างแผนที่ดิจิทัล [3] เป็นต้น สำหรับบทความนี้เทคนิคการต่อภาพถูกนำมาใช้ในการรวมภาพทางด้านลอนลูกฟูกโดยมีอัลกอริทึม ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 อัลกอริทึมการรวมภาพด้านลอนกระดาดลูกฟูก

การหาคุณลักษณะภาพ

ภาพที่นำมาใช้ในการต่อภาพจะมีส่วนซ้อนทับระหว่างภาพที่อยู่ติดกัน การหาคุณลักษณะภาพเป็นวิธีที่มีความรวดเร็วและแม่นยำ จึงทำให้สามารถหาความสอดคล้องของส่วนที่ซ้อนทับกันได้ ซึ่งเป็นการหาคุณลักษณะที่มีความโดดเด่นและแตกต่างไปจากบริเวณโดยรอบ สำหรับชนิดของคุณลักษณะภาพ ได้แก่ จุด มุม เส้น และพื้นที่ เป็นต้น จะถูกนำไปใช้หาความสอดคล้องของแต่ละภาพเพื่อทำให้ภาพสามารถต่อกันได้ ในบทความนี้คุณลักษณะของภาพด้านลอนกระดาดลูกฟูกถูกปรับปรุงให้มีความชัดเจนโดยการเบลอภาพด้วยฟังก์ชันเกาส์เซียน ดังสมการที่ (1) [9] เพื่อเป็นการกำจัดสัญญาณรบกวนของภาพออกไป จากนั้นจึงทำการหาคุณลักษณะของมุมภาพด้วยวิธีฟอรัทเนอร์ (Foerstner) โดยพิจารณาหามุมจากจุดภาพ สำหรับภาพด้านลอนของกระดาดลูกฟูกจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นพื้นหลัง และเส้นลอนลูกฟูก ซึ่งเป็นบริเวณที่ระดับความเข้มสีต่างกันจะทำให้เกิดเป็นจุดตัดขึ้นที่ระหว่างมุมของจุดภาพทำให้สามารถหาคุณลักษณะของภาพได้

$$L(x, y) = G(x, y) * \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 & \left(\frac{\partial I}{\partial x} \frac{\partial I}{\partial y}\right) \\ \left(\frac{\partial I}{\partial x} \frac{\partial I}{\partial y}\right) & \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

จากสมการที่ (1) L คือ ภาพที่ผ่านการกรองแล้ว $I(x, y)$ คือ อนุพันธ์อันดับหนึ่งของแต่ละภาพ สำหรับ $*$ คือ การคอนโวลูชันบนภาพ I และ G คือ ตัวกรองแบบเกาส์เซียนที่มีขนาด σ ซึ่งสามารถหาได้ดังสมการที่ (2) [9] โดยที่ σ คือ ตัวแปรขนาดของการเบลอหากมีค่ามากจะยิ่งทำให้เบลอมาก และ (x, y) คือ พิกัดบนภาพ

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\left(\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (2)$$

สำหรับภาพที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกนำมาตรวจหามุมด้วยวิธีฟอรัทเนอร์ ดังสมการที่ (3) [9] โดยที่ $H(x, y)$ คือ ค่าที่ถูกคำนวณจากจุดภาพเพื่อหามุมโดยจะมีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับจุดรอบๆ

$$H(x, y) = \frac{\left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2 - \left(\frac{\partial I}{\partial x} \frac{\partial I}{\partial y}\right)^2}{\left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2} \quad (3)$$

การจับคู่คุณลักษณะภาพ

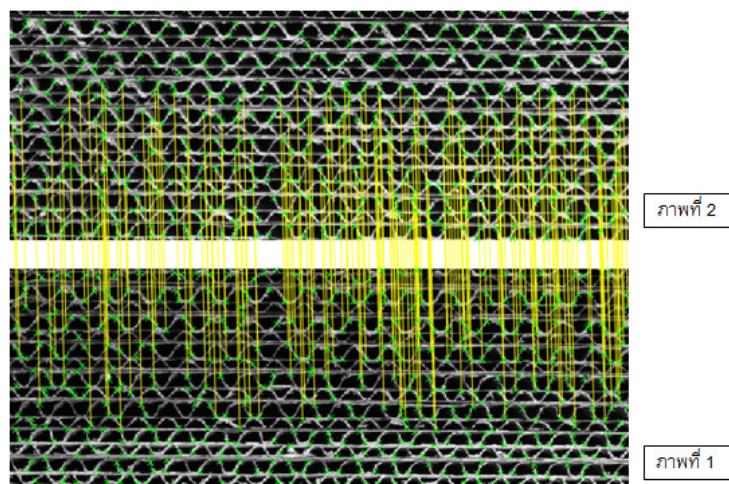
ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการจับคู่คุณลักษณะภาพที่สอดคล้องกัน เป็นการหาคุณลักษณะทั้งหมดที่เกิดขึ้นในภาพ โดยลักษณะที่หาได้จะมีส่วนที่แต่ละภาพนั้นไม่สอดคล้องกันรวมอยู่ด้วยซึ่งจะทำให้การจับคู่เกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นจำเป็นต้องกำจัดส่วนที่ไม่สอดคล้องกันออกไปโดยใช้วิธีการประมาณการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบเรขาคณิต (Geometrical Transformation Estimation) ซึ่งเป็นการหาตำแหน่งคุณลักษณะที่ความสอดคล้องกัน โดยจะทำการหาในรูปแบบของเมตริกซ์ ดังสมการที่ 4 [7] เมื่อ $(x, y, 1)$ คือ ตำแหน่งจุดภาพในภาพหลัก ส่วน $(x', y', 1)$ คือ ตำแหน่งจุดภาพที่สอดคล้องกัน และ H คือเมตริกซ์ลักษณะภาพที่สอดคล้องกัน

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H1 & H2 & H3 \\ H4 & H5 & H6 \\ H7 & H8 & H9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

สำหรับคุณลักษณะภาพลอนลูกฟูกที่ไม่สอดคล้องกันจะถูกกำจัดโดยใช้วิธีการหาความสอดคล้องข้อมูลตัวอย่างด้วยวิธีแบบสุ่ม (Random Sample Consensus หรือ RANSAC) ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ค่าการประมาณที่แม่นยำ โดยค่าข้อมูลของคุณลักษณะภาพจะถูกทำการประมาณและทำซ้ำหลายครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลตามที่ต้องการด้วยหลักการสุ่มข้อมูล แล้วทำการคำนวณหาข้อมูลที่สอดคล้องกัน เพื่อกำจัดข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกันออกไป โดยจะทำการวนซ้ำไปจนกว่าข้อมูลที่มีค่าความสอดคล้องเหมือนกันทั้งหมด ซึ่งการประมาณค่าจะหาจากระยะห่างระหว่างคุณลักษณะที่เหมือนกันนำมาเทียบกับระยะของค่ากำหนดขีดแบ่ง สำหรับข้อมูลของคุณลักษณะภาพที่สอดคล้องกันจะมีระยะห่างน้อยกว่าค่ากำหนดขีดแบ่ง ซึ่งสามารถหาระยะห่างได้ ดังสมการที่ 5 [7]

$$D = \sum_{n=1}^M \min(D(K'_n, \phi(K_n : H)T) \quad (5)$$

เมื่อ T คือ ค่ากำหนดขีดแบ่งซึ่งเป็นค่าคงที่ M คือ จำนวนคุณลักษณะทั้งหมด D คือ ระยะห่างระหว่างคุณลักษณะของภาพ K และ K'



รูปที่ 4 การจับคู่คุณลักษณะภาพที่สอดคล้องกัน

จากรูปที่ 4 แสดงการจับคู่คุณลักษณะภาพด้านลอนลูกฟูกด้วยมุมระหว่างสองภาพ โดยจุดสีเขียวแสดงคุณลักษณะของภาพที่ตรวจหาได้ และเส้นสีเหลืองแสดงคุณลักษณะมุมแต่ละภาพที่สอดคล้องกัน

การรวมภาพ

หลังจากหาความสอดคล้องของคุณลักษณะภาพได้แล้ว ขั้นตอนสุดท้ายคือการนำภาพทั้งหมดมารวมกันและเพื่อให้ภาพที่เป็นผลลัพธ์มีโครงสร้างตรงกับภาพจริงจึงต้องทำการปรับตำแหน่งของภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธีการปรับแก้แบบกลุ่ม (Bundle Adjustment) เป็นวิธีที่ให้ความแม่นยำ ทนทานสูง และมีความผิดเพี้ยนไปจากเดิมน้อยที่สุด โดยกำหนดให้มีภาพอ้างอิงหนึ่งภาพและจากนั้นภาพที่เหลือจะถูกย้ายตำแหน่งเพื่อปรับตำแหน่งภาพให้มีความเหมาะสมในการต่อกัน

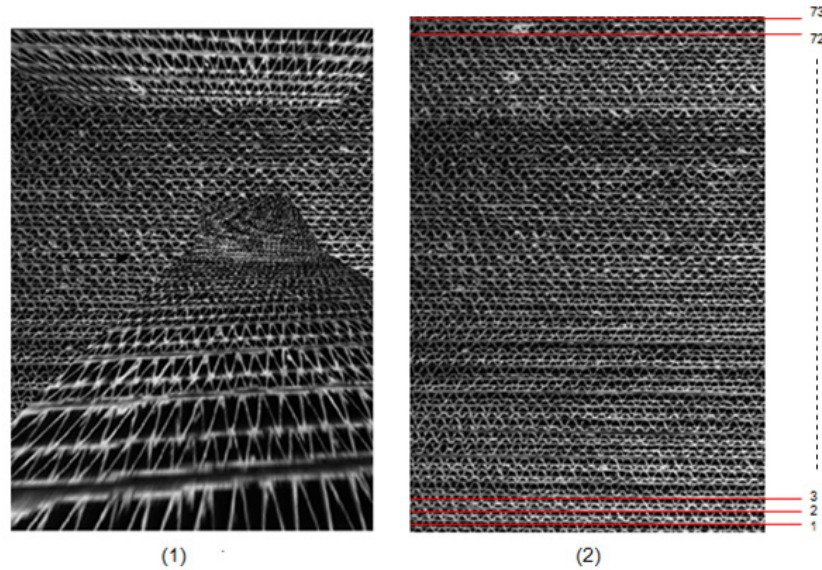
ผลและอภิปรายผล

อัลกอริทึมที่นำเสนอถูกนำมาเขียนโดยใช้โปรแกรม HALCAON เพื่อทดสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม สำหรับกระดาดลูกฟูกที่นำมาทดสอบเป็นแบบชนิด BC จำนวน 73 แผ่น ซึ่งถูกถ่ายภาพด้วยกล้องโมโนโครมชนิดรับภาพแบบพื้นที่ ความยาวโฟกัส 12 มิลลิเมตร และมีระยะห่างระหว่างกล้องกับกองกระดาด 480 มิลลิเมตร ในการที่ภาพจะสามารถต่อกันได้ต้องกำหนดให้มีส่วนซ้อนทับของภาพที่อยู่ติดกันเพื่อใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงในการต่อภาพ ดังนั้นการทดสอบจึงกำหนดขนาดพื้นที่การซ้อนทับกันของภาพเพื่อหาค่าที่มีขนาดน้อยที่สุด และสามารถต่อภาพได้อย่างถูกต้อง ภาพที่สามารถต่อกันได้จะถูกนำมานับจำนวนกระดาดเพื่อหาความถูกต้องในการรวมภาพ โดยจะเปรียบเทียบการนับจำนวนจากภาพที่ต่อได้ กับกระดาดที่นำมาใช้งานจริง สำหรับผลการทดสอบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบ

พื้นที่การซ้อนทับ ระหว่างภาพ	จำนวนภาพ ที่นำมาต่อ	ทดสอบการต่อภาพ			จำนวนแผ่นกระดาดลูกฟูก		เปอร์เซ็นต์ ความถูกต้อง
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	กระดาดลูกฟูก ที่ใช้งานจริง	กระดาดลูกฟูก จากการต่อภาพ	
5.00 เปอร์เซ็นต์	4 ภาพ	ผิดพลาด	ผิดพลาด	ผิดพลาด	73 แผ่น	ไม่สามารถนับได้	0 เปอร์เซ็นต์
10.00 เปอร์เซ็นต์	4 ภาพ	ผิดพลาด	ผิดพลาด	ผิดพลาด	73 แผ่น	ไม่สามารถนับได้	0 เปอร์เซ็นต์
15.00 เปอร์เซ็นต์	4 ภาพ	ผิดพลาด	ผิดพลาด	ผิดพลาด	73 แผ่น	ไม่สามารถนับได้	0 เปอร์เซ็นต์
20.00 เปอร์เซ็นต์	4 ภาพ	ผิดพลาด	ผิดพลาด	ผิดพลาด	73 แผ่น	ไม่สามารถนับได้	0 เปอร์เซ็นต์
25.00 เปอร์เซ็นต์	4 ภาพ	ต่อภาพได้	ต่อภาพได้	ต่อภาพได้	73 แผ่น	73 แผ่น	100 เปอร์เซ็นต์
30.00 เปอร์เซ็นต์	5 ภาพ	ต่อภาพได้	ต่อภาพได้	ต่อภาพได้	73 แผ่น	73 แผ่น	100 เปอร์เซ็นต์
35.00 เปอร์เซ็นต์	5 ภาพ	ต่อภาพได้	ต่อภาพได้	ต่อภาพได้	73 แผ่น	73 แผ่น	100 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดสอบพบว่าภาพด้านลอนลูกฟูกสามารถต่อกันได้เมื่อมีพื้นที่การซ้อนทับกันของภาพอย่างน้อย 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งครอบคลุมจำนวนกระดาดลูกฟูก 5 แผ่น และใช้ภาพถ่ายจำนวน 4 ภาพ จึงจะสามารถถ่ายภาพกระดาดลูกฟูกได้ครบทั้ง 73 แผ่น สำหรับพื้นที่การซ้อนทับที่น้อยกว่าจะทำให้การต่อภาพเกิดความผิดพลาด ดังแสดงในรูปที่ 5.1 และ 5.2 และพบว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอสามารถต่อภาพด้านลอนลูกฟูกได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 5 ผลการรวมภาพด้วยเทคนิคการต่อภาพที่พื้นที่การซ้อนทับ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

บทความนี้นำเสนออัลกอริทึมการรวมภาพด้านลอนลูกฟูกด้วยเทคนิคการต่อภาพ ประกอบไปด้วยการหาคุณลักษณะภาพด้วยวิธีฟอรัทเนอร์ การจับคู่คุณลักษณะภาพด้วยวิธีการหาความสอดคล้องของข้อมูลตัวอย่างแบบสุ่ม และทำรวมภาพด้วยวิธีการปรับแก้แบบกลุ่ม โดยทำการทดสอบอัลกอริทึมด้วยโปรแกรม HALCON จากผลการทดสอบพบว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอสามารถรวมภาพด้านลอนของกระดาดลูกฟูกได้อย่างถูกต้องเมื่อมีพื้นที่ซ้อนทับกันระหว่างภาพอย่างน้อย 25 เปอร์เซ็นต์ และผลการนับกระดาดลูกฟูกด้วยการนับจากภาพมีความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับ การนับจำนวนกระดาดจริง โดยอัลกอริทึมที่นำเสนอสามารถนำไปทดสอบด้วยการนับแบบอัตโนมัติต่อไป สำหรับการรับภาพจำเป็นต้องให้การจับภาพมีความนิ่งเพื่อทำให้การต่อภาพมีความถูกต้อง และต้องมีการให้แสงสว่างสม่ำเสมอเพื่อให้ภาพมีความคมชัด

กิตติกรรมประกาศ

งบอุดหนุนโครงการวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประจำปี 2560

บรรณานุกรม

- [1] A Balestrino, A Landi and L. Pacini. (2006). Machine Vision system for monitoring the production of corrugated card board. Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Control Applications.
- [2] C. Suppitaksakul and M. Rattanakorn. (2014). Machine Vision System for Counting the Number of Corrugated Cardboard. Proceedings of the 2014 IEEE International Electrical Engineering Congress.
- [3] V. S. Sakharkar. Image Stitching Techniques-An overview. International Journal of Computer Science and Applications 2013; 6(2), 324-330.
- [4] A. Shikha. A Review on image Stitching and its Different Methods. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, vol. 5, 2015.
- [5] Z. B. Moushumi and S. U. Mohammad. (2016). Feature-Based Image Stitching Algorithms. Proceedings of the 2016 IEEE International Workshop on Computational Intelligence.
- [6] D. Jiang and J. Yi. (2012). Comparison and Study of Classic Feature Point Detection Algorithm. Proceedings of the 2012 IEEE International Conference on Computer Science and Service System.

- [7] T. Hicham, E K Omar and Z. Youssef. (2016). Automation Inspection of Solar Panels Based on Images Stitching Technique. Proceedings of the 2016 IEEE International Renewable and Sustainable Energy Conference.
- [8] X. Fang, B. Luo and H. Zhao. (2009). A 5-Parameter Bundle Adjustment Method for Image Mosaic. Proceedings of the 2009 Eighth IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science.
- [9] A. R. Varkonyi-Koczy, A. Rovid and E. Selenyi. A New Corner Detector Supporting Feature Extraction for Automatic 3D Reconstruction. Department of Measurement and Information System, Budapest University of Technology and Economics.