

การพัฒนาเครื่องต้นแบบคัดแยกดอกดาวเรืองโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ A Prototype Development of Marigold Classification by Image Processing

ภूमินทร์ ตันอุตม์^{1*}, ณัฐกร ขำสุวรรณ¹
Bhoomin Tanut^{1*}, Nattakorn kamsuwan¹

¹โปรแกรมวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

¹Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology,

Kamphaeng Phet Rajabhat University

* E-mail: bhoomin_t@kpru.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องต้นแบบคัดแยกดอกดาวเรืองโดยการประมวลผลภาพเป็นงานวิจัยที่ได้จากการพัฒนาต่อจากโปรแกรมวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรืองด้วยวิธีการประมวลผลภาพ โดยการใช้การหาพื้นฐาน (Shape) ของดอกดาวเรืองและวิธีการจัดกลุ่มด้วยการวัดระยะห่างของข้อมูล (Euclidean Distance) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรืองได้ 4 ขนาด ทางผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเครื่องต้นแบบระบบสายพานคัดแยกดอกดาวเรืองขึ้น โดยประกอบด้วยชุดสายพาน 2 ชุด ได้แก่ ชุดสายพานวางและบีบดอกดาวเรือง และชุดสายพานคัดแยกดอกดาวเรือง โดยควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ด้วยบอร์ดราสเบอร์รี่พายรุ่น 3 โมเดลบี (Raspberry pi 3 Model B) และรับส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรมกับชุดสายพานผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สายระยะใกล้หรือโมดูลบลูทูธ (Bluetooth Module) ในการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลอง ผลที่ได้คือ 1) การทดลองเพื่อการทดสอบความถูกต้องในการวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรือง โดยทดสอบจากดอกดาวเรือง 100 ดอก มีความถูกต้องอยู่ที่ 97.2 เปอร์เซ็นต์ 2) การทดลองการทำงานของเซนเซอร์และแขนกลทั้ง 4 ตัว พบว่า ต้องปรับมุมแต่ละตัวอยู่ที่ 110, 90, 90 และ 90 องศา ตามลำดับจึงจะเหมาะสม 3) การทดลองการทำงานภาพรวมรวมกับการวิเคราะห์ขนาดดาวเรืองทั้งระบบ มีความถูกต้องอยู่ที่ 73.33 เปอร์เซ็นต์ และ 4) การทดลองด้านเวลาในการประมวลต่อดอกเฉลี่ยอยู่ที่ 2.6 วินาที ดังนั้นโปรแกรมและต้นแบบสายพานที่ได้พัฒนาขึ้นจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองแบบอัตโนมัติได้

คำสำคัญ: ระบบสายพานลำเลียง การคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง การประมวลผลภาพ

Abstract

The development of a prototype for marigold classification by Image Processing Method is a research enhanced from the development of the marigold size-analyzing program which was improved by Image Processing Method. The marigold shape and size-analysis clustering were applied by measuring Euclidean Distance. The program is capable of differentiating marigolds into four sizes. Therefore, the researchers developed a prototype of marigold size-sorting conveyor system. The conveyor system consists of two sets; 1) the set of marigold-laying and pushing conveyor system, and 2) the set of marigold-sorting conveyor system. The conveyor operation is controlled by Raspberry pi 3 model B on Linux operation system, and Bluetooth module is used to transmit data between the conveyor system programs. To test the performance efficiency, the researchers divided the tests into four different tests. The results were found as follows. 1) The accuracy of analyzing the sizes of 100 marigolds in the first test was at 97.2%. 2) After testing the operation of the sensors at the pushers in the second test, it was found that the appropriate angles of the first four sensors should be set at 110°, 90°, 90°, and 90°, respectively. 3) The accuracy of the overall marigold size-analyzing operation in the third test was at 73.3%. and 4) The average time of evaluate each marigold was 2.6 seconds. Therefore, the program and the conveyor system developed can be used to sort marigold sizes automatically.

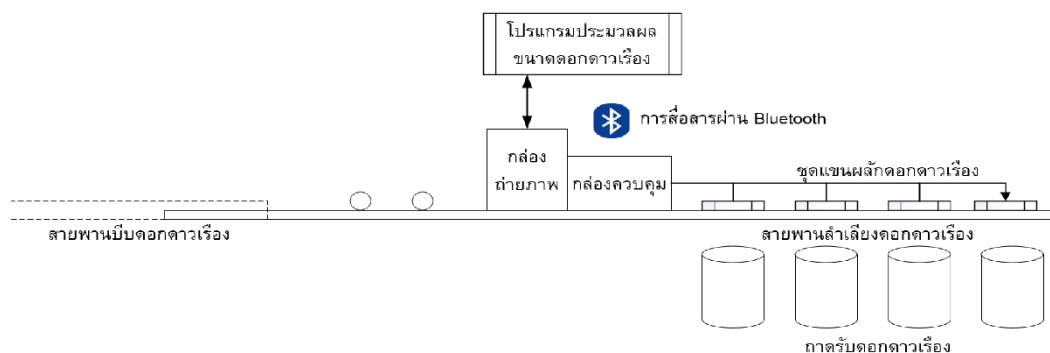
Keywords: Sorting System, Marigold Classification, Image-Processing

บทนำ

เทคโนโลยีมีความสำคัญในงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กจนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ในหลาย ๆ ด้าน ได้แก่ การใช้หุ่นยนต์หรือระบบอัตโนมัติต่าง ๆ เพื่อช่วยในการลดต้นทุน เวลา และแรงงานในการผลิต ในปัจจุบันมีอุตสาหกรรมหลายประเภทนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้งาน เช่น ระบบสายพานลำเลียง ระบบตรวจสอบข้อบกพร่อง และระบบแขนกล เป็นต้น ในประเทศไทยมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมหลายด้าน ได้แก่ อุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ หรือแม้กระทั่งอุตสาหกรรมเกษตรซึ่งเป็นเสมือนอาชีพของคนไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก, 2560) ในจังหวัดกำแพงเพชรเป็นอีกหนึ่งจังหวัดที่คนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร โดยมีการเพาะปลูกพืชเกษตร ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น แต่ในบางพื้นที่เพาะปลูกไม่ได้ทำให้ชาวบ้านชุมชนคลองพิไกร อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร ได้ปรับเปลี่ยนการทำนาทำไร่มาปลูกดอกดาวเรือง เพื่อส่งขายสร้างรายได้ในครัวเรือน เนื่องจากการปลูกดาวเรืองมีต้นทุนในการเพาะปลูกต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่นที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี และมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวสั้น (ไทยรัฐออนไลน์, 2558) ในการคัดแยกขนาดของดอกดาวเรืองแบบเดิมใช้วิธีการแยกด้วยแรงงานคนและทำการบรรจุลงถุงด้วยมือ มักพบปัญหาคือ การใช้แรงงานคนคัดแยกดอกดาวเรือง

ได้ขนาดที่ไม่ตรงตามมาตรฐานที่ต้องการและใช้ระยะเวลาในการคัดแยกนาน และมีต้นทุนในการคัดแยกดอกดาวเรืองค่อนข้างสูง

จากงานวิจัยการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ขนาดภาพดอกดาวเรือง (ภูมิษฐ์ ตันอุดม, กิรศักดิ์ พะยะ และธนสิทธิ์ นิตยะประภา, 2560) ซึ่งเป็นการวิจัยเพื่อทดสอบการวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรืองด้วยการประมวลผลภาพโดยยังไม่ได้พัฒนาสายพานลำเลียงขึ้น ในงานวิจัยได้ทำการทดสอบกับดอกดาวเรืองจำนวน 100 ดอก จากท้องตลาด ผลการทดลองพบว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถระบุขนาดของดอกดาวเรืองได้ตรงตามมาตรฐานเฉลี่ย 90.28 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบจากการวัดด้วยไม้บรรทัดจากงานวิจัยดังกล่าวและการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสายพานลำเลียง ได้แก่ เครื่องคัดแยกวัตถุดิบตามสายพานลำเลียง (กันตภณ พลั้วไธสง, 2557), ระบบคัดแยกปลาแบบอัตโนมัติด้วยการประมวลผลภาพ (จักรพงษ์ แสนแก้ว และณัฐพงษ์ ไพโรครบุรี, 2556), เครื่องคัดแยกพริกหวานอัตโนมัติ (ณัฐพงษ์ เฉลิมขำรงค์ และณรงค์ชัย โพธิ์เจริญ, 2556), โปรแกรมวัดคุณภาพมะม่วงน้ำดอกไม้ (สุภัทรา คำแดงไสย์, 2556), เครื่องลำเลียงและคัดแยกผลไม้อัตโนมัติ (Nandi, Tudu & Koley, 2012) และระบบตรวจสอบการลำเลียงกล่องพัสดุไปรษณีย์ (Yunardi, Winarno & Pujiyanto, 2015) เป็นต้น ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นความเป็นไปได้และมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องต้นแบบคัดแยกดอกดาวเรืองโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพขึ้นสำหรับใช้ในการคัดแยกดอกดาวเรืองแทนการใช้แรงงานคน โดยมีภาพรวมของระบบดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพรวมการทำงานของเครื่องต้นแบบคัดแยกดอกดาวเรือง

จากภาพที่ 1 ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ระบบสายพานลำเลียงร่วมกับการประมวลผลภาพทางคอมพิวเตอร์ เพื่อต่อยอดในงานวิจัยดังกล่าวมีความสมบูรณ์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการคัดแยกขนาดของดอกดาวเรืองได้จริง โดยออกแบบให้มีการใช้งานเป็นระบบเซนเซอร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชุดตามขนาดของดอกดาวเรือง มีไมโครคอนโทรลเลอร์ราสเบอร์รี่พายรุ่นที่ 3 (บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพริเมนต์ จำกัด, 2560) ควบคุมการทำงานของสายพานลำเลียงและใช้การสื่อสารผ่านโมดูลบลูทูธ เมื่อพัฒนาเครื่องต้นแบบขึ้นจะต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบสำหรับการคัดแยกขนาดของดอกดาวเรืองโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับการคัดแยกขนาดของดอกดาวเรืองโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบสำหรับการคัดแยกขนาดของดอกดาวเรืองโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ

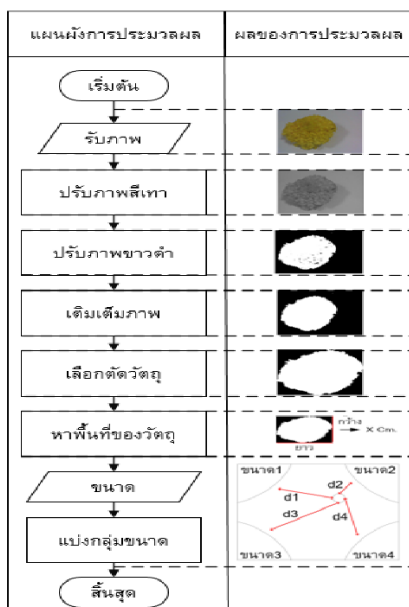
วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยได้มีการสร้างเครื่องต้นแบบสายพานลำเลียงดอกดาวเรือง เพื่อใช้ร่วมกับโปรแกรมคัดแยกดอกดาวเรือง โดยผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องต้นแบบออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนของโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของสายพาน และ 2) ส่วนของสายพานต้นแบบสำหรับลำเลียงดอกดาวเรือง มีรายละเอียดดังนี้

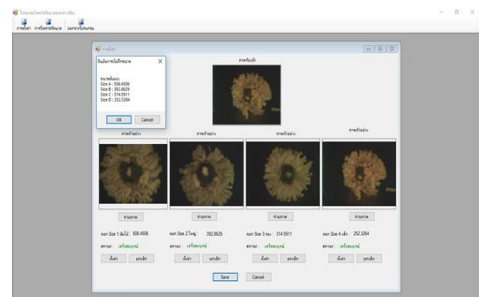
1. การโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของสายพาน

โปรแกรมในการสร้างเครื่องต้นแบบสายพานลำเลียงดอกดาวเรืองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ส่วนของการประมวลผลภาพ และส่วนที่ 2 ส่วนของการตรวจสอบและการควบคุมการทำงานของสายพาน โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังนี้

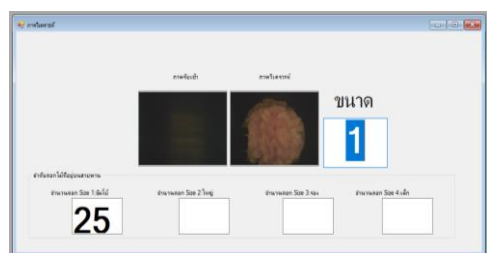
ส่วนที่ 1 ส่วนของการประมวลผลภาพ เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรืองโดยมีกระบวนการวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรืองจากภาพ เพื่อหาลักษณะเด่นของวัตถุที่อยู่ในภาพดังภาพที่ 2



(ก) แผนผังการวิเคราะห์ขนาดดอกดาวเรือง



(ข) หน้าต่างตั้งค่าขนาดในการใช้งานโปรแกรม



(ค) โปรแกรมการวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรือง

ภาพที่ 2 แผนผังการวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรืองจากภาพ

จากภาพที่ 2 (ก) แสดงแผนผังที่ใช้สำหรับการอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพดอกดาวเรืองที่ได้จากกล้องเว็บแคม (Webcam Camera) ซึ่งผู้วิจัยออกแบบให้สีพื้นหลังเป็นสีเขียวเข้มซึ่งเป็นสีของสายพานที่อยู่ภายในกล่องและมีหลอดไฟให้แสงสว่างติดอยู่ภายใน พื้นหลังแสดงดังภาพที่ 2 (ค) โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ภาพสีที่ได้จากกล้องจะถูกปรับให้เป็นภาพเฉดสีเทา เพื่อให้สามารถพิจารณาภาพในรูปแบบภาพ 2 มิติได้ ดังสมการที่ 1 (McAndrew, 2004)

$$\text{Gray Scale} = ((0.21 \times R_i) + (0.72 \times G_i) + (0.07 \times B_i)) \quad (1)$$

โดยที่ R_i หมายถึง ค่าอินพุตจุดภาพสีแดง
 G_i หมายถึง ค่าอินพุตจุดภาพสีเขียว
 B_i หมายถึง ค่าอินพุตจุดภาพสีน้ำเงิน

ขั้นตอนที่ 2 ปรับภาพสีเทาให้เป็นภาพขาวดำ โดยใช้เทคนิคการปรับเทรชโวล โดยประยุกต์ใช้การหาค่าเทรชโวลด้วยวิธีของออสลี (Otsu's method) (Otsu, 1979) เพื่อหาค่าของเทรชโวลจากภาพแบบอัตโนมัติ และใช้สมการเทรชโวลดังสมการที่ 2

$$g(x, y) = 0 \quad ; \quad f(x, y) < T \quad (2)$$

$$g(x, y) = 255 \quad ; \quad f(x, y) \geq T \quad (3)$$

โดยที่ $g(x, y)$ คือ ค่าระดับสีเทาในจุดพิกเซลนั้นที่ถูกแปลง (มีค่า 0 กับ 1)
 $f(x, y)$ คือ ค่าระดับสีเทาในจุดพิกเซลนั้น
 T คือ ค่าเทรชโวลที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

ขั้นตอนที่ 3 การปรับเพิ่มคุณลักษณะเด่นให้กับภาพ โดยใช้เทคนิคการประมวลผลแบบมอร์โฟโลยีดำเนินการโดยใช้การเติมเต็มพิกเซลด้วยวิธีการอุดรู (Filling holes) (McAndrew, 2004)

ขั้นตอนที่ 4 ตัดวัตถุส่วนวงกลมของดอกดาวเรือง ซึ่งจะตัดเป็นภาพสี่เหลี่ยมครอบคลุมพิกเซลสีขาวทั้งหมด เพื่อใช้แทนขนาดของดอกดาวเรืองแต่ละขนาด

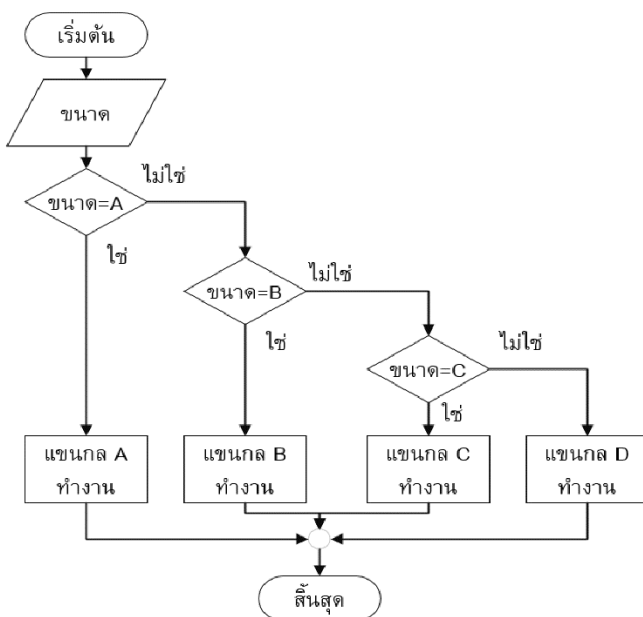
ขั้นตอนที่ 5 คำนวณขนาดของดอกดาวเรือง โดยใช้สมการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมคือ กว้าง x ยาว เพื่อใช้เป็นค่าตัวแทนของขนาดดอกดาวเรืองให้อยู่ในรูปแบบของตัวเลข

ขั้นตอนที่ 6 การจดจำขนาดและการแบ่งกลุ่มของดอกดาวเรืองต้นแบบ โดยมีการกำหนดแม่แบบก่อนเพื่อจดจำขนาดของดอกดาวเรืองต้นแบบ และแบ่งกลุ่มโดยใช้สมการวัดระยะห่าง (Euclidean Distance) (Qu, Zhong & Wang, 2010) ของดอกดาวเรืองที่เข้ามากับดอกดาวเรืองต้นแบบ

ภาพที่ 2 (ข) แสดงหน้าต่างของโปรแกรมที่ใช้สำหรับการตั้งค่าขนาดดอกดาวเรืองในการใช้งานโปรแกรม

ภาพที่ 2 (ค) แสดงหน้าต่างของโปรแกรมที่ใช้สำหรับการคัดแยกขนาดของดอกดาวเรืองแต่ละขนาดเมื่อดอกดาวเรืองเข้าสู่สายพาน

ส่วนที่ 2 ส่วนของการตรวจสอบและการควบคุมการทำงานของสายพาน เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบเซนเซอร์และสั่งให้อุปกรณ์ต่าง ๆ บนสายพานทำงาน โดยมีขั้นตอนการสั่งงานอุปกรณ์ดังภาพที่ 3



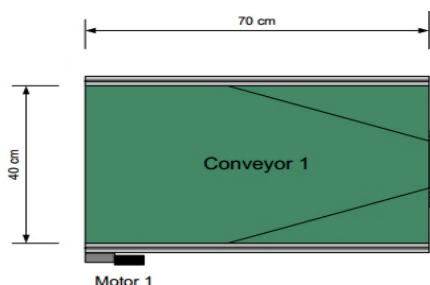
ภาพที่ 3 แผนผังการตรวจสอบและการควบคุมการทำงานของสายพาน

จากภาพที่ 3 แสดงแผนผังการตรวจสอบและการควบคุมการทำงานของสายพานเมื่อดอกดาวเรืองเข้าสู่สายพานชุดที่ 2 และประมวลผลภาพแล้ว จะสั่งให้เซนเซอร์ทำงานตามขนาดที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม โดยเปรียบเทียบกับขนาดของดอกดาวเรืองต้นแบบจากการตั้งค่าขนาดดังภาพที่ 2 (ข) ประกอบด้วย ขนาดจัมโบ้ (ขนาด A) ขนาดใหญ่ (ขนาด B) ขนาดรอง (ขนาด C) และขนาดเล็ก (ขนาด D) ที่ตั้งค่าไว้ เพื่อบริการเคลื่อนตัวของดอกดาวเรืองที่มายังเซนเซอร์ที่ทำงานอยู่ เมื่อดอกดาวเรืองมาถึงยังเซนเซอร์ตัวที่ทำงานจะสั่งงานให้แขนผลัก (Pusher) ทำงานเพื่อผลักดาวเรืองและสั่งงานให้สายพานชุดที่ 1 ทำงาน เพื่อให้ดอกดาวเรืองดอกต่อไปเข้าสู่สายพานชุดที่ 2 อีกครั้ง

2. ส่วนของสายพานต้นแบบสำหรับการลำเลียงดอกดาวเรือง

ผู้วิจัยได้ออกแบบสายพานเป็น 2 ชุด คือ 1) ชุดวางดอกและบีบดอก และ 2) ชุดประมวลผล และแขนผลักดอกดาวเรือง โดยสายพานทั้ง 2 สองส่วนวางต่อกันมีความยาวทั้งหมด 220 เซนติเมตร โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1) ชุดวางดอกและบีบดอก เป็นส่วนที่ใช้ในการวางดอกดาวเรืองเพื่อใช้สำหรับการลำเลียงเข้าสู่สายพานส่วนที่ 2 โดยสายพานชุดนี้ประกอบส่วนสำคัญหลัก คือ 1) สายพานขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์และ 2) แขนบีบเพื่อให้ดอกดาวเรืองเข้าสู่สายพานเป็นแถวอย่างเป็นระเบียบ ซึ่งมอเตอร์ที่ทำหน้าที่ในส่วนนี้ใช้ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เพื่อทำให้การเรียงตัวของดอกดาวเรืองไม่จับกลุ่มกัน โดยการออกแบบส่วนของชุดวางดอกและบีบดอกมีรายละเอียดดังภาพที่ 4



(ก) การออกแบบ

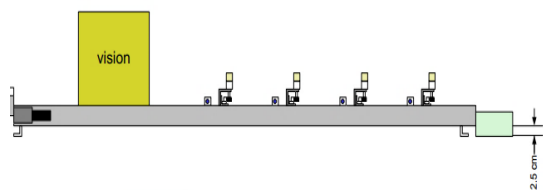


(ข) อุปกรณ์จริง

ภาพที่ 4 ชุดวางดอกและบีบดอก

จากภาพที่ 4 แสดงชุดวางดอกและบีบดอกที่เป็นมอเตอร์ (มงคล ศิริธนานุกุลวงศ์, 2552) จะมีหน้าที่ในการขับเคลื่อนสายพานเพื่อให้ดอกดาวเรืองไปยังแขนบีบดอกดาวเรือง ซึ่งใช้การออกแบบเป็นมุม 45 องศาในการบีบดอกดาวเรือง โดยกำหนดขนาดของช่องที่ใช้ในการบีบให้มีขนาดกว้างเท่ากับขนาดของดอกดาวเรืองที่ใหญ่ที่สุด โดยผู้วิจัยได้ออกแบบแขนบีบให้สามารถปรับขนาดได้

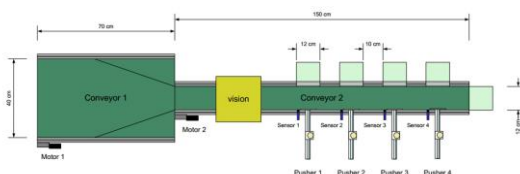
2) ชุดประมวลผลและแขนผลัดดอกดาวเรือง เป็นส่วนที่ใช้ในการประมวลผลขนาดของดอกดาวเรืองและสั่งงานให้แขนผลัด ประกอบด้วย มอเตอร์ ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ ฟันเฟือง และลิมิตสวิตช์ ให้ทำงานและผลัดดอกดาวเรืองลงในช่องของแขนผลัดตามขนาดของดอกดาวเรืองซึ่งมอเตอร์ของแขนผลัดหมุนด้วยความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที โดยสายพานชุดนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ 1) กล้องถ่ายภาพ 2) มอเตอร์ขับเคลื่อนสายพาน 3) เซนเซอร์อินฟราเรด และ 4) แขนผลัด โดยการออกแบบสายพานชุดประมวลผลและแขนผลัดดอกดาวเรืองมีรายละเอียดดังภาพที่ 5



(ก) การออกแบบมุมมองด้านข้าง



(ข) สายพานมุมมองด้านข้าง



(ค) การออกแบบมุมมองด้านบน



(ง) ภาพรวมของระบบสายพาน

ภาพที่ 5 ชุดประมวลผลและแขนผลัดดอกดาวเรียง

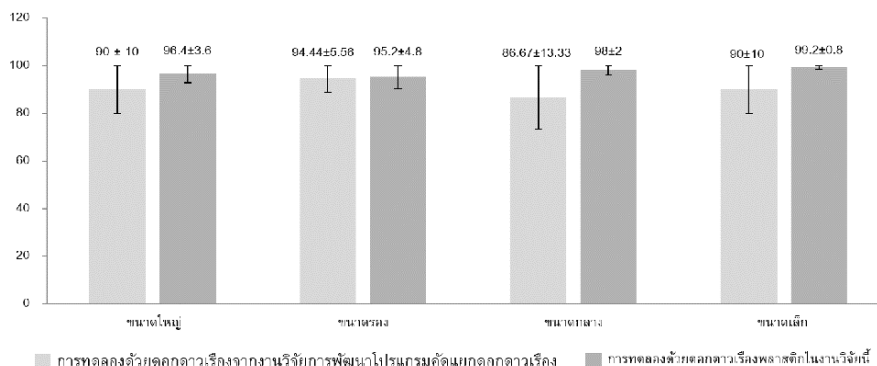
จากภาพที่ 5 แสดงชุดประมวลผลและแขนผลัดดอกดาวเรียง เมื่อดอกดาวเรียงจากสายพานชุดที่ 1 เข้าสู่สายพานชุดที่ 2 ซึ่งมอเตอร์ที่ทำหน้าที่ในส่วนนี้ใช้ความเร็วรอบ 110 รอบต่อนาที ดอกดาวเรียงที่เคลื่อนเข้าสู่สายพานจะพบกับเซนเซอร์ตัวที่ 1 ซึ่งเป็นจุดที่สั่งงานให้สายพานชุดที่ 1 หยุดเคลื่อนที่ชั่วขณะ เพื่อให้ดอกดาวเรียงดอกนั้นถูกคัดแยกเสร็จเรียบร้อย จากนั้นดอกดาวเรียงจะเคลื่อนที่ไปถึงเซนเซอร์ตัวที่ 2 ซึ่งเซนเซอร์ตัวนี้จะทำการส่งข้อมูลไปยังส่วนประมวลผลให้ถ่ายภาพและวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรียง หลังจากการวิเคราะห์ขนาดและแบ่งกลุ่มของดอกดาวเรียงแล้ว ส่วนประมวลผลจะสั่งงานให้เซนเซอร์และแขนผลัดที่ตรงกับขนาดของดอกดาวเรียงทำงาน โดยผู้วิจัยได้ออกแบบให้เป็น 4 ขนาดตามเกณฑ์การรับซื้อในท้องตลาด เมื่อดอกดาวเรียงมาถึงยังตำแหน่งเซนเซอร์ของแขนผลัดจะสั่งให้แขนผลัดทำงานและสั่งให้สายพานที่ 1 ทำงาน เพื่อรับดอกดาวเรียงดอกใหม่เข้ามาประมวลผลและทำงานไปจนกว่าดอกดาวเรียงจะครบทุกดอก

ผลการวิจัย

การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรียงและการคัดแยกดอกดาวเรียงด้วยเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยทำการทดสอบออกเป็น 4 ส่วน คือ 1) การทดลองความถูกต้องในการวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรียง 2) การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์และการผลัดของแขนผลัด 3) การทดสอบการทำงานของภาพรวมของระบบ และ 4) การทดสอบด้านเวลาการทำงาน โดยมีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

1. การทดลองความถูกต้องในการวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรือง

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับเครื่องต้นแบบและพิจารณาร่วมกับผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยการพัฒนาโปรแกรมในการคัดแยกดอกดาวเรือง โดยเพิ่มการทดลองกับดอกดาวเรืองพลาสติกบนสายพานที่ทราบขนาดที่ชัดเจน จำนวน 100 ดอก แบ่งออกเป็น 4 ขนาด ขนาดละ 25 ดอก สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรือง

จากภาพที่ 6 แสดงผลการทดสอบการวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรือง จากการทดลองที่ใช้ดอกดาวเรืองจริงและดอกพลาสติก ทดสอบในแต่ละกรณีทำซ้ำจำนวน 10 ครั้ง ผลการทดลองพบว่าการวิเคราะห์ขนาดจากขนาดใหญ่และขนาดอื่น ๆ มีความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 93.2, 94.82, 92.34, และ 94.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ทำให้มีความถูกต้องเฉลี่ยทุกกรณีอยู่ที่ 93.73 เปอร์เซ็นต์

2. การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์และการผลักของแขนผลัก

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองการทำงานของเซนเซอร์และแขนผลักไปพร้อมกัน ซึ่งเซนเซอร์ทุกตัวใช้เวลาและมีการเคลื่อนที่ในการผลักที่ต่างกัน จึงต้องทำการทดสอบการผลักของเซนเซอร์ทีละตัวพร้อมกับการปรับองศาของเซนเซอร์ ให้สามารถตรวจจับวัตถุและผลักดอกดาวเรืองลงแต่ละช่องได้ทันหรือผลักได้สมบูรณ์ โดยการทดลองดำเนินการดังภาพตัวอย่างภาพที่ 7

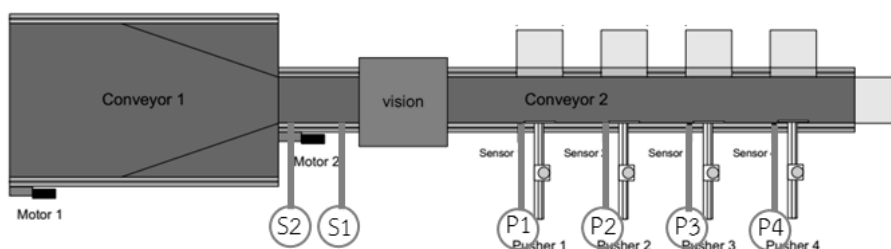


ภาพที่ 7 การปรับองศาของเซนเซอร์ของแขนผลัก

จากภาพที่ 7 แสดงการปรับองศาของเซนเซอร์ของแขนหลัก ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยการวัดองศาการเอียงของเซนเซอร์ให้เหมาะสมกับแขนหลักแต่ละขนาดของดอกดาวเรือง เพื่อให้สามารถตรวจสอบวัตถุและแขนหลักให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยการทดลองพบว่าเครื่องต้นแบบต้องตั้งมุมของเซนเซอร์อยู่ที่ 110, 90, 90 และ 90 องศา ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามมีเซนเซอร์ตัวที่ 1 ปรับองศาต่างจากตัวอื่น ๆ เนื่องจากระยะทางจากกล้องถ่ายภาพกับเซนเซอร์มีระยะใกล้จึงต้องปรับเซนเซอร์มีองศาเป็น 110 องศาถึงผลักดอกดาวเรืองได้

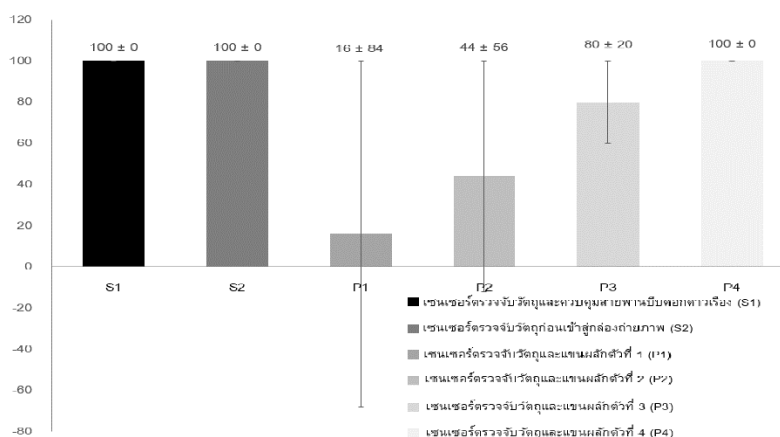
3. การทดสอบการทำงานภาพรวมร่วมกับสายพาน

เป็นการทดสอบการทำงานของระบบที่สอดคล้องกับการวิเคราะห์ขนาดดาวเรืองทั้งระบบ โดยปล่อยดอกดาวเรืองผ่านแต่ละจุดโดยประกอบด้วยจุดที่ต้องเก็บผลการทดลองดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 จุดทดสอบประสิทธิภาพทั้ง 6 จุด

จากภาพที่ 8 แสดงจุดทดสอบประสิทธิภาพทั้ง 6 จุด การทดสอบการทำงานร่วมกันของสายพาน แขนหลัก และเซนเซอร์จะต้องสามารถตรวจจับดอกดาวเรืองและผลักดอกดาวเรืองลงไปยังช่องรับดอกดาวเรืองได้อย่างถูกต้อง และทำซ้ำจำนวน 10 รอบ ผลการทดลองดังภาพที่ 9

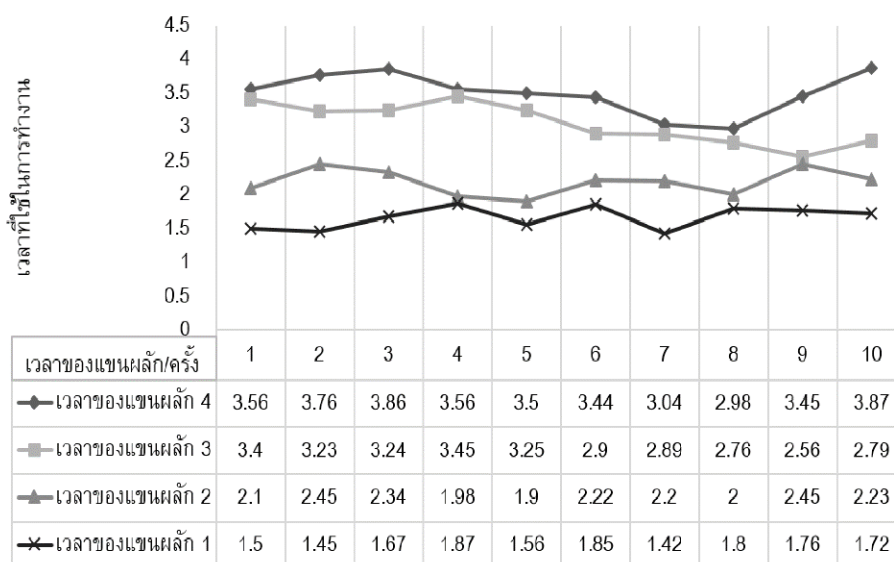


ภาพที่ 9 ผลการทดสอบการทำงานภาพรวม

จากภาพที่ 9 แสดงผลการทดสอบการทำงานภาพรวม พบว่า การประมวลผลร่วมกับการทำงานของสายพานลำเลียง จากการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง ของทั้ง 6 จุด มีความถูกต้องเฉลี่ย 74.29 เปอร์เซนต์ แต่สิ่งที่มีผลหลัก 2 จุดที่มีผลการทำงานที่มีความผิดพลาดสูง คือ การทำงานของเซนเซอร์และแขนผลึกที่จุด P1 และ P2 (ในภาพที่ 8) เป็นเพราะว่าดอกดาวเรืองที่มีขนาดใหญ่ ส่วนปลายของกลีบถึงเซนเซอร์ตำแหน่ง S2 เร็วกว่าดอกขนาดเล็ก จึงทำให้ภาพถ่ายที่ได้เพียงครั้งเดียวทำให้การวิเคราะห์ขนาดผิดพลาดและส่งผลกระทบต่อการทำงานของเซนเซอร์และแขนผลึกให้ผิดไปด้วย

4. การทดสอบด้านเวลาในการประมวลผล

ดำเนินการทดสอบโดยใช้ดอกดาวเรือง 4 ดอกทุกขนาด โดยทำซ้ำเป็นจำนวน 10 ครั้ง และดำเนินการหาค่าเฉลี่ยของเวลาต่อดอกและเวลาเฉลี่ยของการทำงานทั้งหมด โดยมีผลการทดลองดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ผลการทดสอบด้านเวลา

จากภาพที่ 10 แสดงผลการทดสอบด้านเวลาของการคัดแยกดาวเรือง โดยเริ่มจับเวลาจากจุด S2 ไปจนถึงจุดที่มีการคัดแยกดอกดาวเรืองแต่ละขนาด ซึ่งจะมีเวลาที่แตกต่างกัน เนื่องจากระยะทางบนสายพานที่ไม่เท่ากัน ในการทดลองได้เวลาเฉลี่ยของแต่ละแขนผลึกเฉลี่ยอยู่ที่ 1.66 วินาที, 2.187 วินาที, 3.047 วินาที และ 3.502 วินาที ตามลำดับ และมีเวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 2.6 วินาทีต่อดอก

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดสอบทั้งหมดทำให้ทราบว่า แสง ความเร็วของมอเตอร์ ความละเอียดของกล้อง ขนาดของดอกดาวเรือง วิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูลจากขนาดของภาพด้วยวิธีการวัดระยะห่างของข้อมูล (Euclidean Distance) มุมของเซนเซอร์ และความเร็วของแขนหลัก ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวมีผลต่อการทำงานของระบบทั้งสิ้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลอง ดังนี้

1) การทดลองความถูกต้องในการวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรือง สามารถวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรืองเฉลี่ยอยู่ที่ 97.2 เปอร์เซนต์

2) การทดลองการทำงานของเซนเซอร์และการผลักของแขนหลัก สามารถทำงานได้ถูกต้องโดยการตั้งค่ามุมของเซนเซอร์ คือ

- เซนเซอร์ตัวที่ 1 ต้องปรับเซนเซอร์ไปที่มุม 110 องศา
- เซนเซอร์ตัวที่ 2 ต้องปรับไปที่มุม 90 องศา
- เซนเซอร์ตัวที่ 3 ต้องปรับไปที่มุม 90 องศา
- เซนเซอร์ตัวที่ 4 ต้องปรับไปที่มุม 90 องศา

3) การทดลองการทำงานภาพรวมของระบบทั้งหมด 6 จุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 73.33 เปอร์เซนต์

4) การทดลองด้านเวลาการทำงานเวลาการคัดแยกดอกดาวเรืองเฉลี่ยอยู่ที่ 2.6 วินาทีต่อดอก

จากการทดลองความถูกต้องของเครื่องต้นแบบสายพานคัดแยกดอกดาวเรือง โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ 73.33 เปอร์เซนต์ โดยคิดจากการทดลองในทุกกรณี ความผิดพลาดส่วนใหญ่เกิดจากการคัดแยกดอกดาวเรืองที่มีขนาดใหญ่ทำให้ดอกดาวเรืองที่เข้าสู่กล้องถ่ายภาพได้เพียงครั้งเดียวจึงทำให้ผลการวิเคราะห์ขนาดผิดพลาดแขนหลักจึงไม่ทำงานบางครั้งในขนาดที่ 1 และ 2 แต่หากเป็นดอกดาวเรืองขนาดที่ 3 และ 4 ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซนต์ และใช้เวลาเฉลี่ย 2.6 วินาทีต่อดอกในการคัดแยกแต่อย่างไรก็ตามในระบบสายพานและการทำงานของอุปกรณ์มีโอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้ ผู้วิจัยจึงปรับปรุงโดยการตั้งค่าอุปกรณ์และองค์ประกอบทั้งหมดจากการทดลองที่ได้ผลดีที่สุดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานและปรับปรุงภายใต้ข้อจำกัดดังกล่าว ดังนั้นเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นจะมีความถูกต้องในการวิเคราะห์ขนาดที่ได้มาตรฐานและใช้เวลาคัดแยกดาวเรืองแต่ละดอกอย่างคงที่เมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของมนุษย์ในเวลาที่ยาวนาน และสามารถนำต้นแบบดังกล่าวไปพัฒนา ปรับปรุง หรือต่อยอดในเชิงธุรกิจในอนาคตได้

ข้อเสนอแนะ

1. การคัดแยกดอกดาวเรืองที่มีขนาดจัมโบ้และขนาดใหญ่ มีความผิดพลาด อาจปรับปรุงโดยการเพิ่มความยาวของสายพานให้มีระยะทางที่ยาวขึ้น หรือปรับความเร็วของมอเตอร์ที่อยู่ในส่วนของแขนหลักให้เหมาะสม

2. สภาพแสงในกล้องถ่ายภาพมีแสงสะท้อนกับสายพาน ปรับเปลี่ยนสายพานเป็นแบบทึบแสงเพื่อไม่ให้แสงที่อยู่ในกล้องสะท้อนเข้ากล้อง

3. พอร์ตอินพุตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่เพียงพอต่อการควบคุมการทำงานทั้งหมด ปรับโหมดของขาอินพุตเอาต์พุตต่าง ๆ หรือต่อพ่วงวงจรขนาดเพิ่มเติม

4. การสื่อสารผ่านบลูทูธมีโอกาสการสูญเสียข้อมูลระหว่างการรับส่งข้อมูล ปรับโดยการสื่อสารผ่านสายหรือผ่านเครือข่ายแทน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่สนับสนุนด้านทุนวิจัย โดยมอบทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2560 (เพิ่มเติม)

เอกสารอ้างอิง

กันตภณ พรวัไธสง. (2557). เครื่องคัดแยกวัตถุอัตโนมัติตามสายพานลำเลียง. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, 7(1), 88-96.

จักรพงษ์ แสนแก้ว และณัฐพงษ์ ไพโรครบุรี. (2556). ระบบคัดแยกขนาดปลาแบบอัตโนมัติด้วยการประมวลผลภาพ. (วิทยานิพนธ์ ปริญญาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์.

ณัฐพงษ์ เกลิมธำรงค์ และณรงค์ชัย โพธิ์เจริญ. (2556). เครื่องคัดแยกพริกหวานอัตโนมัติ. (วิทยานิพนธ์ ปริญญาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์.

ไทยรัฐออนไลน์. (2558). กำแพงเพชร เรียก 10 ตำบล ประชุมที่มงานวางแผนรับภัยแล้ง. สืบค้นจาก <http://www.thairath.co.th/content/538238>.

บริษัท อินโนเวทีฟ แอ็กเพอริเมนต์ จำกัด. (2560). บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก : ติดต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอินพุตเอาต์พุต GPIO. เล่ม 1. กรุงเทพฯ: บริษัท อินโนเวทีฟ แอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.

ภูมิษฐ์ ดันอุตม์, กิรศักดิ์ พะยะ และชนสิทธิ นิตยะประภา. (2560). การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ขนาดภาพดอกดาวเรืองด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร (บรรณาธิการ), การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 นวัตกรรมและเทคโนโลยีขับเคลื่อนประเทศไทย 4.0 (หน้า 1313-1326). กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

มงคล ศิริธนาบุญวงศ์. (2552). ทฤษฎีและหลักการทำงานของมอเตอร์เกียร์. สืบค้นจาก <http://tisade.blogspot.com>.

สุภัทรา คำแดงไสย์ (2556). *โปรแกรมวัดคุณภาพมะม่วงน้ำดอกไม้*. (วิทยานิพนธ์ ปริญญาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันตก. (2560). *อุตสาหกรรมหุ่นยนต์*. สืบค้นจาก <https://www.eeco.or.th/industry/อุตสาหกรรมหุ่นยนต์>.

McAndrew, A. (2004). *Introduction to Digital Image Processing with Matlab*, Boston: Thomson Learning.

Nandi, C. S., Tudu, B. & Koley, C. (2012). An automated machine vision based system for fruit sorting and grading. Mukhopadhyay, S. (Ed.), *6th International Conference on Sensing Technology Special focus on Sensors for Agriculture and Environmental Monitoring* (pp.195-200). India: Kolkata.

Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray - level histograms. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, 9(1), 62 - 66.

Qu, Zhong & Wang, Z. (2010). Research on preprocessing of palmprint image based on adaptive threshold and euclidean distance. In Yue, S., Wei, H., Wang, L., Song, Y. (Ed.), *6th International Conference on Natural Computation* (pp.4238 – 4242). Yantai: China

Yunardi, R. T., Winarno, W. & Pujiyanto. (2015). Contour-based object detection in automatic sorting system for a parcel boxes. Institute of Electrical and Electronics Engineers (Ed.), *International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation* (pp. 38 – 41). Indonesia: Hotel Bumi Surabaya City Resort.

วันที่รับบทความ 12 ก.ค. 61, วันที่แก้ไขบทความ 30 พ.ค. 62, วันที่ตอบรับบทความ 17 มิ.ย. 62