

การพัฒนาและทดลองคัดแยกเกรดแตงโมด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล

Development and Experimental Of Watermelon Grading Separation Using Image Processing

วรวิทย์ กิ่งหัน^{1*}, อิศกฤตา โลหะพรหม²

Worawut Kunghun^{1*}, Itsagritta Lohaphrom²

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี, กรุงเทพฯ, 10160

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Thonburi University, Bangkok, 10160, Thailand

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, กรุงเทพฯ, 10120

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Technical Education, Rajabhat University of Technology Krungthep, Bangkok, 10120, Thailand

*Corresponding author: E-mail: worawut.millcon2557@gmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาออกแบบเพื่อสร้างเครื่องมือทดลองคัดแยกเกรดแตงโมด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างกฎเกณฑ์ในการคัดแยกเกรดแตงโมจากการประมวลผลภาพดิจิทัล สำหรับนำไปใช้ในการตรวจสอบขนาดร่วมกับ น้ำหนักของแตงโม ในทางอุตสาหกรรมในอนาคตเพื่อลดการคัดแยกเกรดแตงโมด้วยมนุษย์ ซึ่งเครื่องมือในการคัดแยกเกรดแตงโมนี้ถูกออกแบบขึ้นโดยพิจารณาปัจจัยหลักในการคัดแยกเกรด ได้แก่ ขนาด และ น้ำหนักของแตงโม โดยมีการสร้างกฎเกณฑ์ในการคัดแยกเกรดแตงโม คือ กำหนดช่วงในการคัดแยกเกรดแตงโมโดยใช้ผลรวมและผลต่างของค่าเฉลี่ยจำนวนพิกเซลสีดำกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเมื่อใช้ค่าเหมาะสมการเปลี่ยนแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำเท่ากับ 0.89 ซึ่งการนับพิกเซลในการคัดแยกเกรดแตงโม ในส่วนของฟังก์ชันของการประมวลผลภาพที่มีการรับภาพสีจากกล้องเว็บแคม ในการบันทึกเปลี่ยนแปลงเป็นภาพขาวดำ ทำการนับพิกเซลสีดำซึ่งเป็นสิ่งบ่งบอกขนาดของแตงโมสำหรับการนำไปคัดแยกเกรดแตงโม การทดสอบความถูกต้องของเงื่อนไขที่ 2 ถูกสร้างขึ้นจากผลรวมและผลต่างของค่าเฉลี่ยจำนวนพิกเซลสีดำกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ค่าเหมาะสมการเปลี่ยนแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำเท่ากับ 0.89 จากการทดลองคัดแยกเกรดแตงโมทั้งหมด 88 ผล มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (percent relative error) เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน โดยได้ผลการทดลองของการคัดแยกเกรดแตงโม คือ แยกเกรด 1 เกรด 2 และ เกรด 3 เท่ากับ 0% , 16.22% และ 0% ตามลำดับ

คำสำคัญ: การประมวลผลภาพดิจิทัล, คัดแยกเกรดแตงโม, เกรดแตงโมมาตรฐาน

Abstract

The development of design to create Watermelon grading separation with digital image processing has aim to create the rules on the grade separation on watermelon from digital image processing. For use in monitoring the size with the weight of the watermelon in the industry in the future in order to reduce the grading separation by humans. Which tools in screening watermelon grade was designed by considering the main factors in grade separation, including the size and weight of a watermelon. By creating rules for grading, defined ranges in the of watermelon using the sum and the difference of average values of black pixels and the standard deviation. When using the appropriate changes in color images to black-and-white image of 0.89. The pixel counting in grade separation watermelon, on the part of the function of image processing with color images with Web cam. It aims to save the changed image in black and white. Then counting the black pixel, which is the sign of the size of a watermelon for the grade separation watermelon. The accuracy test of the 2nd conditions was created from the sum and the difference of the average number of black pixels and standard deviation at the optimal value changes color images is a black-and-white image of 0.89. From the grade separation experiment results of all 88-watermelon. The percent relative error when compared to the standard by the grade separation watermelon. Came out as grading number 1, 2 and 3 which are 0% 16.22% 0% respectively.

Keywords: Image processing, Watermelon grading, Normal distribution curve

1 บทนำ

การคัดแยกขนาดแตงโมในทางอุตสาหกรรมนั้นต้องอาศัยประสบการณ์ของบุคคลในการคัดแยกเป็นหลัก ซึ่งมีโอกาสในการผิดพลาดในการคัดแยกสูงเนื่องจากมีหลายปัจจัยมากมายที่ส่งผลกระทบต่อความผิดพลาด ได้แก่ ความถี่จากการทำงานเป็นเวลานาน มาตรฐานการประมาณของแต่ละบุคคล และประสบการณ์ของผู้ทำการคัดแยกแตงโม ซึ่งผลกระทบทางตรงจากการคัดแยกเกรดแตงโมที่มีความคลาดเคลื่อนคือ การขาดทุนในทางอุตสาหกรรม เพื่อลดความเสี่ยง และเพิ่มโอกาสทางการค้า ผู้วิจัยมีแนวคิดพัฒนาระบบการกวัดขนาด และการชั่งน้ำหนัก มาประยุกต์ใช้โดยนำหลักการวิเคราะห์ทางภาพ (Image Processing) ซึ่งความไม่แน่นอนของขนาด และน้ำหนักของแตงโม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเนื้อแตงโม (Firmness) นั้นถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแตงโม กับการวิเคราะห์น้ำหนักของ เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานสินค้าการเกษตร

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการคัดแยกเกรดแตงโม โดยศึกษาตัวแปรในการคัดแยกเกรดการตรวจวัดขนาดแตงโมโดยการประมวลผลทางภาพเพื่อกำหนดเป็นเกณฑ์สำหรับการคัดแยกซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งของการพิจารณาด้านคุณภาพการซื้อขายในท้องตลาดปัจจุบัน ซึ่งยังไม่มีรูปแบบการตรวจวัดคุณภาพ เนื่องจากข้อจำกัดด้านรูปทรงของแตงโม ร่วมกับตรวจสอบน้ำหนักของแตงโม โดยมีการแยกเกรดที่สอดคล้องกับท้องตลาดที่มีการซื้อขาย ทั้งหมด 3 เกรด โดยนำกระบวนการทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ในขั้นตอนการกำหนดเกณฑ์ของการนับพื้นที่ที่เซลของภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกได้ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

2 อุปกรณ์และวิธีการ

ในการคัดแยกเกรดของแตงโมต้องพิจารณา 2 ตัวแปร ได้แก่ การพิจารณาน้ำหนักแตงโมโดยอาศัยโพลลเซลล์ และ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแตงโม โดยอาศัยหลักการของการฉายภาพแบบ 2 มิติ (2D Projection) นำมาประมาณเป็นพื้นที่พิกเซลแทนขนาดของเกรดแตงโมโดยมี 2 ตัวแปรควบคุมที่สำคัญ คือ ตำแหน่งในทิศทางการเคลื่อนที่ทางแนวราบของแตงโมเมื่อเทียบกับตำแหน่งของกล้องถ่ายรูปด้วยระบบอัตโนมัติ (Horizontal Movement) และปริมาณแหล่งกำเนิดแสงที่คงที่โดยการควบคุมระบบปิด ซึ่งจะหาในแนวแกนตั้งระหว่างกล้องถึงผลแตงโมจะแปรผันตามหลักการของ pinhole model “R.Hartley and A.Zisserman (2003)” สำหรับงานวิจัยนี้ไม่ได้นำระยะดังกล่าวเข้ามาคำนวณเพื่อคัดแยกเกรดซึ่งความสัมพันธ์ของตัวแปรจะกล่าวในขั้นตอนต่อไป

2.1 การรับภาพ และการคัดแยกโดยประมวลผลทางภาพ

ขั้นตอนที่ 1 ระบบจับขนาดภาพ (Image Capture) เริ่มจากการนำภาพที่นำมาวิเคราะห์ 1280x720 pixel ชนิด RGB มา

ทำการ crop ให้เหลือขนาด 878x547 pixel บนพื้นที่ภาพที่สนใจโดยใช้ใช้กล้องเว็บแคม Logitech รุ่น C920 เป็นตัวเก็บข้อมูลภาพ ทำการควบคุมปริมาณแสงอยู่ในระหว่างช่วง 700-800 ลักซ์ ที่มีระบบส่องสว่าง LED “แสดงดัง Figure 1 ” หลังจากนั้นนำภาพมาทำการปรับปรุงภาพ (Pre-image processing) เพื่อให้เกิดความคมชัดที่บริเวณขอบโดยใช้หลักการ Unsharp Mark ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นารรับภาพเข้ามาเพื่อรอการประมวลผลในขั้นตอนต่อไป

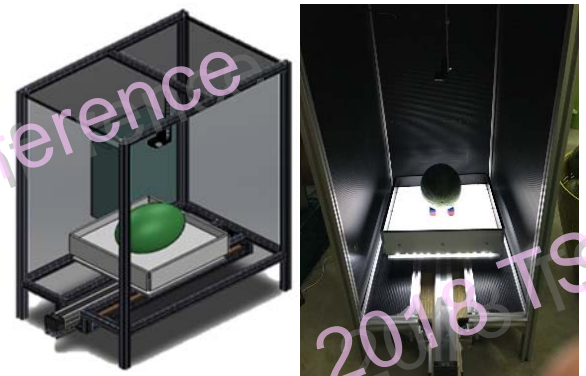


Figure 1 The structures of capture image system

ขั้นตอนที่ 2 “วรภูมิ กังหัน และมนุศักดิ์ (2014)” เป็นขั้นตอนของการแปลงชนิดของภาพโดยจากขั้นตอนที่ 1 ภาพที่ทำการนำเข้ามาประมวลผล จะเป็นชนิด RGB-image ให้เปลี่ยนเป็นชนิด grayscale image คือภาพที่มีระดับสีเทา (Grayscale-Image) จะอยู่ในรูปแบบของความเข้มสีในแต่ละจุดภาพบน image plane ที่ระดับความเข้มสีเทา คือ 0-255 (8-bit) โดยใช้สมการที่ 1 ในการแปลงภาพดังกล่าว

$$\text{Gray} = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B \quad (1)$$

ขั้นตอนต่อมาทำการ threshold เพื่อเปลี่ยนเป็นภาพ ขาว-ดำ binary image โดยซึ่งการทดลองของงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่า threshold ที่เหมาะสมคือ 0.7, 0.75, 0.8, 0.85, 0.89, 0.9 และ 0.95 ของน้ำหนักแตงโมตัวอย่าง 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม เพื่อตัดสถานะที่ไม่ได้สนใจใน image plane ออกจากระบบการประมวลผลทางภาพโดยได้ภาพการทดลอง “แสดงดัง Figure 2 และ Figure 3 ”

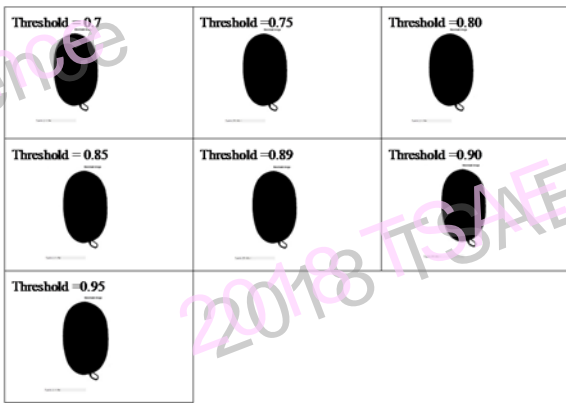


Figure 2 Binary image of Watermelon 2 kg for threshold คือ 0.7, 0.75, 0.8, 0.85, 0.89, 0.9 and 0.95



Figure 3 Binary image of Watermelon 3 kg for threshold คือ 0.7, 0.75, 0.8, 0.85, 0.89, 0.9 and 0.95



Figure 4 การแปลงภาพขาวดำที่บริเวณขอบผิวโค้ง (Curvature) ของแตงโม ที่ระดับ Threshold เท่ากับ 0.6(ซ้าย) และ 0.7(ขวา)



Figure 5 การแปลงภาพขาวดำที่บริเวณขอบผิวโค้ง (Curvature) ของแตงโมที่ระดับ Threshold เท่ากับ 0.8(ซ้าย) และ 0.89(ขวา)



Figure 6 การแปลงภาพขาวดำที่บริเวณขอบผิวโค้ง (Curvature) ของแตงโมที่ระดับ Threshold เท่ากับ 0.9(ซ้าย) และ 0.95(ขวา)

2.2 การคัดแยกโดยใช้น้ำหนักสำหรับการพิจารณาความแน่นของเนื้อแตงโม (Firmness of Watermelon)

สำหรับการตรวจสอบน้ำหนักเพื่อใช้ในการพิจารณาในการตัดสินใจในการคัดแยกเกรดแตงโมสำหรับงานวิจัยนี้ได้มีการกำหนดเกณฑ์ที่อ้างอิงจากท้องตลาดจริงสำหรับด้านการซื้อขายที่ ตลาดไทย อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี จะมีการซื้อขายกันทั้งหมด 3 เกรด คือ เกรดที่ 1 มีน้ำหนักมากกว่า 3 กิโลกรัม เกรดที่ 2 มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 2-3 กิโลกรัม และ เกรดที่ 3 มีน้ำหนัก ต่ำกว่า 2 กิโลกรัม โดยการพิจารณาการคัดแยกเกรดในปัจจุบันมีการคัดแยกกันเพียงใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์เพียงอย่างเดียว ซึ่งถ้าจะกล่าวทางด้านคุณภาพแล้ว น้ำหนักเพียงอย่างเดียวคงจะมีการพิจารณาแค่เพียงราคาซื้อขาย ในด้านรูปปลักษณ์ของผลแตงโมในด้านความโตก็เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาอย่างหนึ่งในการซื้อขายจริง ซึ่งยังไม่มีเทคโนโลยีใด ณ ปัจจุบันมาทำการตรวจวัด เพื่อนำมาประกอบเป็นการพิจารณาด้านคุณภาพ เพื่อซื้อขาย ซึ่งน้ำหนักของแตงโมสำหรับงานวิจัยนี้ จะนำมาพิจารณาในแง่ของความสอดคล้องกับขนาดความโตของแตงโม

การคัดแยกเกรดแตงโม ได้แก่ ขนาดแตงโม และน้ำหนักแตงโมซึ่งน้ำหนักนั้นเป็นตัวแปรสำคัญในการบ่งบอกถึงความแน่นของเนื้อแตงโม เนื่องจากแตงโมบางผลเมื่อสังเกตทางกายภาพทางสายตา หรือ จากการวัดปริมาณจุดพิกเซลสีดำนั้นอาจมีขนาดใหญ่แต่ในทางความเป็นจริงอาจมีปริมาณน้ำหนักน้อยซึ่งหมายความว่าอาจมีปริมาณเนื้อแตงโมน้อยเกินจริงซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นต่างทางธุรกิจ ในทางตรงกันข้ามแตงโมบางผลอาจมีขนาดเล็กเมื่อสังเกตทางกายภาพทางสายตา หรือวัดปริมาณจุดพิกเซลสีดำแต่ในทางความเป็นจริงอาจมีปริมาณน้ำหนักมากซึ่งหมายความว่ามีความหนาแน่นเนื้อแตงโมมาก ดังนั้นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแตงโมซึ่งแสดงโดยจำนวนพิกเซลสีดำ (Black Colour Pixels) กับน้ำหนักของแตงโมที่ทำการวัดจากโหนดเซลล์ (Weight of Watermelons) ของแตงโมนั้นมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ และทำการคัดแยกเกรดแตงโมได้

2.3 Camera models of detection watermelon

โมเดลสำหรับการแปลงความสัมพันธ์จาก 3D coordinate plane ไปยัง 2D coordinate plane เพื่อนำข้อมูลที่ได้จาก image plane โดยใช้ pinhole model หลักการ “E. Trucco and A. Verri (1998)” มาทำการประมวลผลทางภาพซึ่งมีความสัมพันธ์ “แสดงดัง Figure 7” โดยเป็นการฉายภาพ 2D image ของพื้นที่ของแตงโมเพื่อมาทำการคำนวณหาพื้นที่พิกเซลที่แสดงเป็นขนาดของแตงโมเพื่อกำเกณฑ์สำหรับการคัดแยกเกรด

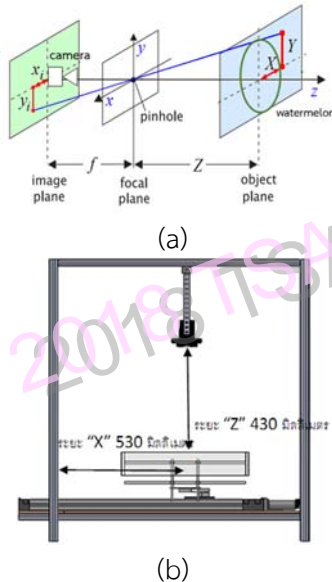


Figure 7 (a) Camera model for detection pixel area
(b) The structures of parameter X and Z direction

โดยที่ ค่า f คือค่า focal length ของกล้อง, x_i และ y_i เป็นการประมาณความยาว และความกว้างของขนาดแตงโมที่มีหน่วยเป็น pixel บน image plane ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้การประมาณเป็นลักษณะของพื้นที่พิกเซล, Z เป็นระยะทางจริงจากกล้องถึงแตงโมซึ่งระยะดังกล่าวสำหรับงานวิจัยนี้เป็นค่าที่ได้จากการวางตำแหน่งของแตงโมในการฉายภาพในแนวตั้งฉากกับหน้า CCD ของกล้อง โดยที่ค่าดังกล่าวไม่มีผลกับการประมาณขนาดพื้นที่ขนาดพิกเซลแต่อย่างใดเนื่องจากการวางแตงโมสำหรับการทดสอบจะว่าที่ตำแหน่งพื้นราบเดียวกันที่ระยะ 430 มิลลิเมตร ค่าของความคลาดเคลื่อนที่การวางแตงโมถือว่าน้อยมากเพราะขนาดของแตงโมแต่ละเกรดค่อนข้างมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ X และ Y เป็นขนาดของแตงโมจริงบน 3D world coordinate ซึ่งการประมาณพิกเซลที่แทนเป็นขนาดของแตงโมในแต่ละเกรดสามารถประมาณจากความสัมพันธ์ดังกล่าว และสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 และ 3

$$y_i = f \frac{Y}{Z} \quad (2)$$

$$x_i = f \frac{X}{Z} \quad (3)$$

2.4 แตงโม (Watermelon)

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นหน่วยงานโดยตรงในการกำหนดมาตรฐานของแตงโมทั้งในส่วนของคุณภาพไว้ทั้งหมด 3 ชั้นคุณภาพ โดยแบ่งตามเกณฑ์ ดังนี้ ชั้นพิเศษ (extra class) ผลแตงโมในชั้นนี้ต้องมีคุณภาพดีที่สุดในแง่ของความยาวไม่เกิน 5 เซนติเมตร มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่ต่ำกว่า 11 °Brix ไม่มีความผิดปกติด้านรูปทรงและสี และ ตำหนิที่ผิว ในกรณีที่มีความผิดปกติหรือตำหนิต้องมองเห็นได้ไม่ชัดเจน และไม่เกิดผลกระทบต่อลักษณะภายนอกของผลแตงโม, ชั้นหนึ่ง (class I) ผลแตงโมในชั้นนี้ต้องมีคุณภาพดี อาจมีความผิดปกติหรือตำหนิได้เล็กน้อย ความผิดปกติเล็กน้อยด้านรูปทรงและสี ตำหนิเล็กน้อยที่ผิวซึ่งเกิดจากรอยขีดข่วน รอยแผลเป็นตื้นๆ และร่องรอยการทำลายของศัตรูพืช โดยขนาดของตำหนิที่ผิวโดยรวมต้องไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวของผลแตงโม และ ชั้นสอง (class II) ความผิดปกติด้านรูปทรงและสี รอยตำหนิที่ผิวซึ่งเกิดจากรอยขีดข่วน รอยแผลเป็นตื้นๆ และร่องรอยการทำลายของศัตรูพืช โดยขนาด ของตำหนิที่ผิวโดยรวมต้องไม่เกิน 15% ของพื้นที่ผิวของผลแตงโม มีรอยขีดที่ผิวเปลือกได้เล็กน้อย โดยกำหนดมาตรฐานการซื้อขายโดยเกณฑ์น้ำหนักซึ่งมีการใช้เป็นเกณฑ์สำหรับราคา “แสดงดัง Table 1”

Table 1 ขนาดน้ำหนักแตงโมตามมาตรฐานสินค้าการเกษตร

รหัสขนาด	น้ำหนักต่อผล (กิโลกรัม)
1	> 7.0
2	> 6.0 ถึง 7.0
3	> 5.0 ถึง 6.0
4	> 4.0 ถึง 5.0
5	> 3.0 ถึง 4.0
6	> 2.0 ถึง 3.0
7	≤ 2.0

ประเภทของแตงโมออกเป็นระดับต่างนอกจากขนาดแล้วยังต้องมีการแบ่งชั้นคุณภาพของแตงมามาใช้ในการพิจารณาทางการค้าร่วมด้วย เพื่อกำหนดเป็นคุณภาพชั้นทางการค้า ซึ่งคู่ค้าอาจมีการเรียกชื่อชั้นทางการค้าที่แตกต่างกัน ขึ้นกับความต้องการของคู่ค้าหรือตามข้อจำกัดที่มีเนื่องมาจากฤดูกาล

งานวิจัยนี้ได้ใช้เลือกใช้แตงโมพันธุ์กิม “แสดง Figure 8” ที่มีการนิยมปลูก และบริโภคกันในประเทศไทย ซึ่งใช้พื้นที่แหล่งตัวอย่างที่มีการซื้อขายกันอย่างกว้างขวางในประเทศไทย คือ ตลาดไทย อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี โดยได้รับความร่วมมือจาก บริษัท ทรัพย์เจริญผล จำกัด ที่อยู่ 60/189 หมู่ที่ 16 ตำบล

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

คลองสาม อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 ที่สนับสนุนด้านสถานที่ และตัวอย่างการทดลองรวมถึงบุคลากรของบริษัท ซึ่งการซื้อขายในด้านการค้าจะแบ่งออกเป็นทั้งหมด 3 เกรด คือ เกรด 1, เกรด 2 และ เกรด 3 โดยงานวิจัยนี้จะทำการอ้างอิงในด้านชั้นคุณภาพ และ น้ำหนักในพื้นที่ตัวอย่างดังกล่าว ซึ่งความสำคัญของการคัดขนาดในด้านอุตสาหกรรมถือว่ามีความสำคัญปัจจัยหนึ่งในการคัดแยกเกรดในด้านการค้าปัจจุบัน



Figure 8 แสดงโมสายพันธุ์กินรี จากบริษัท ทรัพย์ทวีรัฐผล จำกัด

2.5 สถิติสำหรับการวิเคราะห์

ค่ามาตรฐาน (Standard Normal Score) เป็นค่าที่สามารถนำมาเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างชุด เพราะเมื่อเวลานำข้อมูลสองชุดมาเปรียบเทียบกัน จะมีปัญหาเรื่องค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันทำให้ไม่รู้ว่าจะข้อมูลชุดไหนดีกว่า แต่ถ้าเปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในรูป ค่ามาตรฐาน จะบอกได้ทันที เพราะค่ามาตรฐานจะเปลี่ยนค่าของข้อมูลให้อยู่ในค่ามาตรฐานเดียวกัน ค่ามาตรฐานกับการทำโจทย์สถิติ ถ้าข้อมูลที่ต้องการหาค่ามาตรฐาน คือ x , ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูล คือ \bar{X} และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล คือ $S.D.$ จะได้ จะสามารถคำนวณหา ค่ามาตรฐาน (Z-Score) ได้ดังสมการที่ 4

$$Z = \frac{x - \bar{X}}{S.D.} \quad (4)$$

เมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.), x คือข้อมูล, n คือจำนวนข้อมูลทั้งหมด และ \bar{X} ค่าเฉลี่ยเลขคณิตในกรณีข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงข้อมูลความถี่โดยที่สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 5

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (5)$$

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) \bar{X} เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยข้อมูลทั้งหมดค่าเฉลี่ยเลขคณิตเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นค่ากลางของข้อมูลค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลที่ไม่ได้แจกแจงความถี่สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 6

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (6)$$

โดยที่ $\sum x$ คือ ผลบวกของข้อมูลทุกค่า และ n คือจำนวนข้อมูลทั้งหมดในการวิเคราะห์

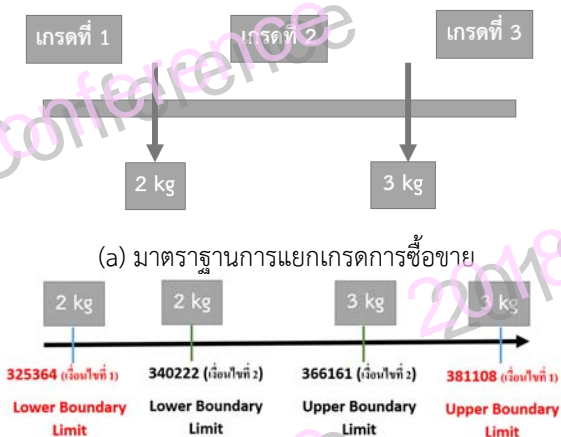
สำหรับการหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (percent relative error) โดยเป็นการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการคัดแยกเกรดของแตงโมโดยการประมวลผลทางภาพที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของการคัดแยกตามท้องตลาดสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 7

$$\text{percent relative error} = \left| \frac{\text{Measured} - \text{Actual}}{\text{Actual}} \right| \quad (7)$$

3 การทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1 เปรียบเทียบพื้นที่พิเซลในแต่ละช่วงของการ Threshold

การวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบเกณฑ์ของการคัดแยกเกรดของแตงโมโดยใช้วิธีการคำนวณพื้นที่พิเซลของภาพเพื่อกำหนดขนาดของแตงโม ซึ่งจะมีการแบ่งออกเป็นทั้งหมด 3 เกรด คือ เกรดที่ 1 มีน้ำหนักมากกว่า 3 กิโลกรัม เกรดที่ 2 มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 2-3 กิโลกรัม และเกรดที่ 3 มีน้ำหนัก ต่ำกว่า 2 กิโลกรัม ซึ่งการทดสอบดังกล่าวจะแบ่งออกเป็น 2 การทดสอบเพื่อหาช่วงของจำนวนพิเซลเพื่อกำหนดเป็นเกณฑ์ในการคัดแยกเกรด



(a) มาตรฐานการแยกเกรดการซื้อขาย

(b) ช่วงพื้นที่พิเซลเงื่อนไขของการแยกเกรด

Figure 9 ช่วงการแยกเกรดแตงโม

ผลการทดสอบของการเปรียบเทียบขนาดพื้นที่พิกเซลของขนาดแ่งโมที่ 2 กิโลกรัม ซึ่งจำนวนผลแ่งโมที่นำมาทดสอบทั้งหมด 40 ผล “แสดง Figure 10”

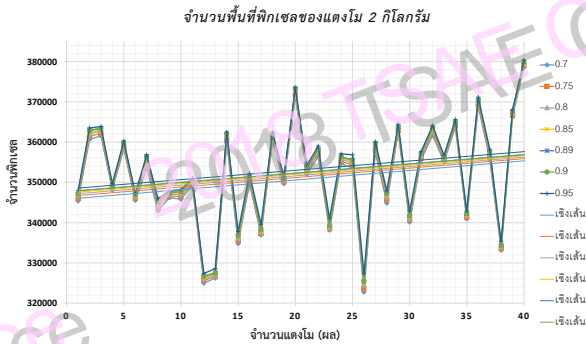


Figure 10 ผลการทดสอบหาพื้นที่พิกเซลของแ่งโม 2 กิโลกรัม

ผลการทดสอบของการเปรียบเทียบขนาดพื้นที่พิกเซลของขนาดแ่งโมที่ 3 กิโลกรัม ซึ่งจำนวนผลแ่งโมที่นำมาทดสอบทั้งหมด 40 ผล “แสดง Figure 11”

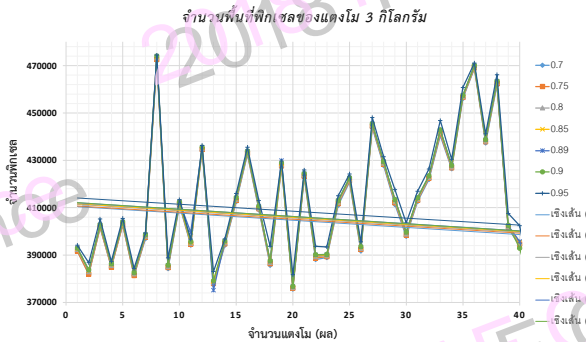


Figure 11 ผลการทดสอบหาพื้นที่พิกเซลของแ่งโม 3 กิโลกรัม

จากการทดสอบหาพื้นที่พิกเซลของแ่งโมน้ำหนัก 2 และ 3 กิโลกรัม ค่าเริ่มต้นการเปลี่ยนแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ (Threshold) ที่ต่ำนั้นจะแสดงผลที่มีจำนวนพิกเซลสีดำ (Black Colour Pixels) ที่ต่ำ และ ค่าเริ่มต้นการเปลี่ยนแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ (Threshold) เพิ่มสูงขึ้น นั้นจะแสดงผลที่มีจำนวนพิกเซลสีดำ (Black Colour Pixels) ที่สูงตาม ซึ่งจากกราฟแนวโน้ม “แสดง Figure 10 และ Figure 11” สามารถเห็นแนวโน้มของเส้นขยับตัวขึ้นเป็นแบบเชิงเส้นที่มีความชันที่แตกต่างกัน เมื่อเพิ่มค่าเริ่มต้นการเปลี่ยนแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ (Threshold) สูงขึ้น และไม่พบข้อมูลของจำนวนพิกเซล (Pixels) ใดๆ ที่มีค่าสูงกว่าข้อมูลอื่นเมื่อค่าเริ่มต้นการเปลี่ยนแปลงภาพสีเป็นขาวดำ (Threshold) ที่มีค่าน้อยกว่า หรืออาจกล่าวได้ว่า ค่าจำนวนพื้นที่พิกเซลของแ่งโมในแต่ละผลมีค่าเพิ่มขึ้นตาม

3.2 เปรียบเทียบพื้นที่พิกเซลของการ Threshold เท่ากับ 0.89 กับน้ำหนักมาตรฐานอ้างอิงการซื้อขาย ณ ตลาดไท

3.2.1 จากปริมาณกลุ่มตัวอย่างของแ่งโมน้ำ 2 กิโลกรัมนี้ ส่วนใหญ่มีค่าฐานนิยม (ปริมาณน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่) มีค่าเท่ากับ 2.75 - 2.85 กิโลกรัม การกระจายตัวของ

ข้อมูลแ่งโม 2 กิโลกรัมนี้มีลักษณะค่อนข้างกระจายตัวจากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่มีค่าตั้งแต่ 2.5 กิโลกรัม ถึง 3 กิโลกรัม

3.2.2 จากปริมาณกลุ่มตัวอย่างของแ่งโม 3 กิโลกรัมนี้ส่วนใหญ่มีค่าฐานนิยม มีค่าเท่ากับ 3.05 - 3.15 กิโลกรัมการกระจายตัวของข้อมูลแ่งโม 3 กิโลกรัมนี้มีลักษณะค่อนข้างไม่กระจายตัวสม่ำเสมอจากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่มีค่าอยู่ในช่วงแคบตั้งแต่ 3.0 กิโลกรัม ถึง 3.2 กิโลกรัม

3.3.3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพิกเซลสีดำเมื่อค่าเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำมีค่าเท่ากับ 0.89 กับน้ำหนักแ่งโมที่วัดได้จริงจากการทดลองจากแ่งโมทั้งหมด 88 ผลของแ่งโม 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม นั้นพบว่าข้อมูลมีความสำคัญแสดงแบบมีนัยจากการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอที่แต่ละค่าน้ำหนักของแ่งโม เมื่อทำสร้างเส้นแนวโน้ม (Trend line) พบว่า ข้อมูลจำนวนพิกเซลสีดำ (Black Colour Pixels) มีลักษณะการแปรผันตรงกับน้ำหนักของแ่งโมเมื่อปริมาณน้ำหนักของแ่งโมเพิ่มสูงขึ้นในระดับมหภาค “แสดง Figure 12 และ Figure 13”

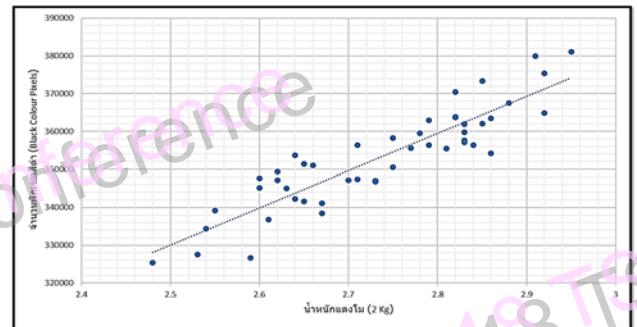


Figure 12 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพิกเซลสีดำ และน้ำหนักแ่งโมชนิด 2 กิโลกรัม

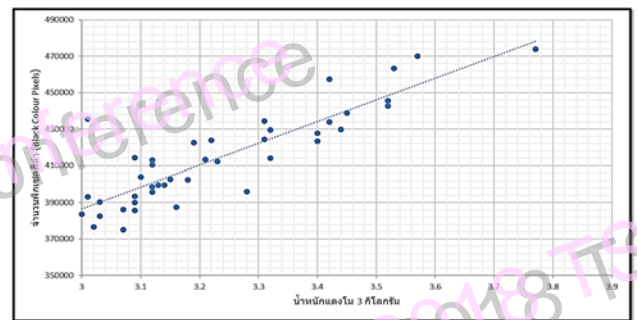


Figure 13 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพิกเซลสีดำ และน้ำหนักแ่งโมชนิด 3 กิโลกรัม

3.3 การเปรียบเทียบเงื่อนไขการทดสอบการคัดแยกเกรด

เงื่อนไขที่ 1 คือกำหนดให้ขีดจำกัดบน (Upper Limit) หรือขีดจำกัดล่าง (Lower Limit) ของข้อมูลจำนวนพิกเซลสีดำของแ่งโม 2 กิโลกรัม มาทำการกำหนดช่วงอันเนื่องมาจากค่าจำนวนพิกเซลสีดำของแ่งโม 3 กิโลกรัม มีค่าที่สูงกว่าขีดจำกัดบน (Upper Limit) ของแ่งโม 2 กิโลกรัมอยู่แล้วโดย ที่ค่าเริ่มต้น

การแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ 0.89 เป็นขอบบน (Upper Boundary Limit) และ ขอบล่างของการกัดเกรด (Lower Boundary Limit) อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าแสงจะไม่อยู่ในช่วงเกรด 2 เมื่อจำนวนพิกเซลสีดำที่วัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 325364 ถึง 381108 พิกเซล ส่วนแสงที่มีค่าจำนวนพิกเซลสีดำน้อยกว่า 325364 จะถูกกัดเกรดอยู่ในช่วงเกรด 3 และแสงที่มีค่าจำนวนพิกเซลสีดำมากกว่า 381108 จะถูกกัดเกรดอยู่ในช่วงเกรด 1

เงื่อนไขที่ 2 คือกำหนดให้ค่าจำนวนพิกเซลสีดำที่มีช่วงพื้นที่ในช่วงผลต่างของค่าเฉลี่ยกับหนึ่งเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกับผลรวมของค่าเฉลี่ยกับหนึ่งเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจำนวนพิกเซลสีดำที่มีค่าเริ่มต้นการแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ 0.89 ของข้อมูลพิกเซลของเส้นโค้งปกติเป็นขอบล่าง (Lower Boundary Limit) และ ขอบบน (Upper Boundary Limit) อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าแสงจะไม่อยู่ในช่วง เกรด 2 เมื่อจำนวนพิกเซลสีดำที่วัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 340222 และ 366161 ส่วนแสงที่มีค่าจำนวนพิกเซลสีดำน้อยกว่า 340222 จะถูกกัดเกรดอยู่ในช่วงเกรด 3 และแสงที่มีค่าจำนวนพิกเซลสีดำมากกว่า 366161 จะถูกกัดเกรดอยู่ในช่วงเกรด 1

Table 2 ตารางผลการทดลองเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของการตัดแยกเกรดแสงโดยการประมวลผลทางภาพ

	การตัดแยกเกรดมาตรฐาน (อ้างอิงการช้อย)	การตัดแยกเกรดแสงโดยการประมวลผลด้วยภาพ (Image Processing)	
		% ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (percent relative error) เงื่อนไขที่ 1	% ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (percent relative error) เงื่อนไขที่ 2
จำนวนผลแสงไม่ถูกตัดแยกเป็นเกรด 1	10 ผล	40 % (6 ผล)	0 % (10 ผล)
จำนวนผลแสงไม่ถูกตัดแยกเป็นเกรด 2	37 ผล	37.84% (23 ผล)	16.22% (31 ผล)
จำนวนผลแสงไม่ถูกตัดแยกเป็นเกรด 3	41 ผล	31.71% (28 ผล)	0 % (41 ผล)

4 บทสรุป

ค่าเริ่มต้นการแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ (Threshold) ควรไม่ต่ำไม่น้อยเกินไปเพื่อลดปัญหาความชัดเจน (Sharpness) ที่ขอบผิวโค้งของแสง (Curvature) เพื่อให้เกิดภาพที่มีความเป็นวงรี (Ellipsoidal) และไม่ควรมีค่ามากเกินไปเพื่อลดปัญหาการแปลงจุดของฝุ่นมาเป็นพิกเซล (Pixel) สีดำ ซึ่งอาจส่งผลให้เมื่อดำเนินการนับจำนวนพิกเซล (Pixel) หลังจากทำการวิเคราะห์ภาพของแสงพบว่าค่าเริ่มต้นการเปลี่ยนแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ (Threshold) ที่เหมาะสมสำหรับสถานะแสงในการทดลองในงานวิจัยนี้นั้นมีค่าเท่ากับ 0.89 และเงื่อนไขที่ 2 สำหรับการกำหนดเป็นเกณฑ์ในการตัดแยกซึ่งเปรียบเทียบกับผลการทดลอง เงื่อนไขที่ 1 แล้ว เงื่อนไขที่ 2 จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (percent relative error) ที่น้อยกว่าจากตารางผลการทดลองดังกล่าว

5 กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนบทความขอขอบคุณ บริษัท ทรัพย์เทวีธัญผล จำกัด ที่อยู่ 60/189 หมู่ที่ 16 ตำบลคลองสาม อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 ที่สนับสนุนด้านสถานที่ และตัวอย่างแสงไม่สำหรับการทดลองรวมถึงบุคลากรของบริษัท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี และขอขอบคุณคณะครู ศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยและเผยแพร่บทความครั้งนี้ตลอดทั้งในการอำนวยความสะดวกทางด้านห้องปฏิบัติการและเครื่องมือต่างๆ

6 เอกสารอ้างอิง

- R. Hartley, A. Zisserman, Multiple View Geometry in Computer Vision , 2nd ed., Cambridge University, 2003, pp.153-177.
- E. Trucco, A. Verri, Introductory techniques for 3-D computer vision, 2nd ed., Prentice Hall , 1998, pp.15-29.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 50 ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ .Retrieved from [http:// www.acfs.go.th](http://www.acfs.go.th)
- วรวิฑูริ กังหัน และมนุศักดิ์ งานทอง. 2557. การตัดแยกเกรดอย่างพาราเมตริกด้วยวิธีการประมวลผลด้วยภาพ. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- จิรายุทธ พัดประดิษฐ์ และธเนศ สื่อเสาวลักษณ์. 2553. เครื่องวัดขนาดคุณภาพผลสับประรดด้วยการประมวลผลภาพ. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ปรัชญา บำรุงกุล. 2550. ระบบตัดแยกคุณภาพพาราโดยการประมวลผลภาพ. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Howard Demuth and Mark Beale (2002). Neural Network Toolbox for Use with MATLAB.
- De Matos, G. (1994). Neural Networks for forecasting foreign exchange rates. M.Sc. thesis Canada: University of Manitoba.
- Alasdair McAndrew an Introduction to Digital Image Processing with Matlab Notes for SCM2511 Image Processing 1 School of Computer Science and Mathematics