

การจำแนกประเภทตามขนาดของเมล็ดข้าวด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลจากกล้องซีซีดี

The Grains Size Classification Using Digital Image Processing with CCD Camera

วุฒิพงษ์ พิษิตวงศ์¹ ทิพา กองศรีมา¹

Received: June, 2014; Accepted: September, 2014

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้นำเสนอการประมวลผลจากลักษณะทางกายภาพของภาพเมล็ดข้าวสาร โดยใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูลด้วยกล้องซีซีดี ร่วมกับการจัดทำซอฟต์แวร์ โดยซอฟต์แวร์นี้ใช้วิธีการสแกนหาระยะห่างของจุดภาพบนเมล็ดข้าว ซึ่งมีลักษณะเด่น คือ ประมวลผลการวัดขนาดเมล็ดข้าวสารและจำแนกเมล็ดข้าวสาร แทนการวัดขนาดและจำแนกด้วยบุคลากร จะช่วยให้การสุ่มตัวอย่างการวัดขนาดเมล็ดข้าวถูกต้องรวดเร็วและง่ายขึ้น ซึ่งมีผลการทดลองสรุปคือสามารถทำการวัดขนาดเมล็ดข้าวได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 10 เมล็ด โดยมีค่าผิดพลาดในการจำแนกเมล็ดข้าวเฉลี่ยร้อยละ 7 ความผิดพลาดในการวัดขนาดเฉลี่ยร้อยละ 0.51 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัดเท่ากับ 0.05 เมื่อทำการวัดเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน

คำสำคัญ : การวัดและการจำแนกขนาดของเมล็ดข้าว; การประมวลผลภาพดิจิทัล

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
E-mail : wudthipong@hotmail.com

Abstract

This article is presented the principle of digital image processing for classified type of rice by using the physical configuration of rice grains. The CCD camera and software were used for measuring and classifying the rice grain instead of human operation. The software is the method of scanning the distance of each rice grain's pixels. This principle can be used more accurate, faster and easier in measurement of rice grain size. The result show that the rice grain measurement can measure more than 10 grains in each time and it has average of 7% in error of size classification with less than 0.51% in error of size measurement and 0.05 of standard deviation when comparing to the measurement by standard tools.

Keywords: measurement and classification rice grains; digital image processing

บทนำ

ในการส่งออกข้าวของประเทศไทย มีการแบ่งประเภทข้าวตามตลาดโลกออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ ข้าวสารเมล็ดยาวคุณภาพสูง ข้าวสารเมล็ดยาวคุณภาพปานกลาง ข้าวสารเมล็ดสั้นปานกลาง ข้าวหนึ่ง ข้าวหอม และข้าวเหนียว (งามชื่น และกัญญา, 2547) โดยพิจารณาเรื่องความยาวของเมล็ดข้าวสารเป็นหลัก นอกจากนี้ตามข้อกำหนดในประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว ปี พ.ศ. 2540 กล่าวถึงการพิจารณานิตคุณภาพข้าว โดยยึดถือคุณภาพและองค์ประกอบทางกายภาพที่สามารถตรวจสอบด้วยตาเป็นหลักดังต่อไปนี้ พันธุ์ข้าว ส่วนผสม สิ่งที่อยู่บนต้นได้ ระดับการสี และความชื้น หากพิจารณาเฉพาะเรื่องพันธุ์ข้าว ซึ่งหมายถึงปริมาณของข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหัก ขนาดต่างๆ ที่ผสมรวมอยู่ ข้าวเต็มเมล็ดเหล่านี้แบ่งตามความยาวของเมล็ดออกเป็น 4 ขนาด ตามตารางที่ 1 การซื้อขายในปัจจุบันมักใช้วิธีการตรวจสอบด้วยสายตา (งามชื่น และกัญญา, 2547) ซึ่งต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญและมีประสบการณ์ในการประเมินข้าวด้วยเครื่องมือเวอร์เนียคาลิเปอร์ และเสียเวลาในการประเมินกรรมที่กล่าวมาเกี่ยวข้องกับควมยาวของเมล็ดข้าวเป็นหลัก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกประเด็นเรื่องความยาวของเมล็ดข้าวเป็นประเด็นหลักของบทความวิจัยฉบับนี้

งานวิจัยหลายบทความได้นำเสนอการคัดแยกและวัดขนาดเมล็ดข้าว ดังงานวิจัยของ Takeda (Fumiaki Takeda, et al., 2002) ทำการจำแนกลักษณะเมล็ดข้าวหักและข้าวปกตออกจากกัน โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมด้วยการจับคู่แม่แบบ แต่ยังไม่สามารถทำงานได้ตามเวลาจริง งานวิจัยของ Hobson D.M. (Hobson D.M., 2007) ได้ทำการเปรียบเทียบข้าวสารจากหลายประเทศ ด้วยวิธีการทางการประมวลผลภาพดิจิทัล ใช้วิธีการจัดกลุ่มและหาอัตราส่วนของเมล็ดข้าว เปรียบเทียบข้าวพันธุ์ข้าวทั้งหมด 8 พันธุ์ข้าว งานวิจัยของ Xu Lizhang (Xu Lizhang and Li Yaoming., 2008) ใช้กล้องสแตริโอไมโครสโคป เพื่อทำการวัดหารอยแตกข้าวในเมล็ดข้าวสาร 1 เมล็ด แต่กล้องประเภทนี้

มีราคาสูงงานวิจัยของ Hobson D.M. (Hobson D.M., et al., 2009) ทำการคัดแยกภาพข้าวสารที่มีการวางชิดแต่กันนในภาพไบนารี เป็นงานวิจัยที่ประมวลผลเกี่ยวกับภาพถ่ายข้าวสาร เพื่อแก้ปัญหาการประมวลผลภาพถ่าย งานวิจัยของปริศนา (ปริศนา, 2553) เป็นงานวิจัยที่สามารถคัดแยกเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ด้วยวิธีการเก็บภาพโดยใช้เครื่องสแกนภาพ ที่มีขนาดใหญ่งานวิจัยของประสิทธิ์ (ประสิทธิ์, 2554) ทำการวิจัยเกี่ยวกับการปลอมปนข้าวสารหอมมะลิด้วยข้าวชนิดอื่น โดยใช้หลักการทางการประมวลผลภาพดิจิทัลเข้ามาทำการวิเคราะห์ข้อมูล

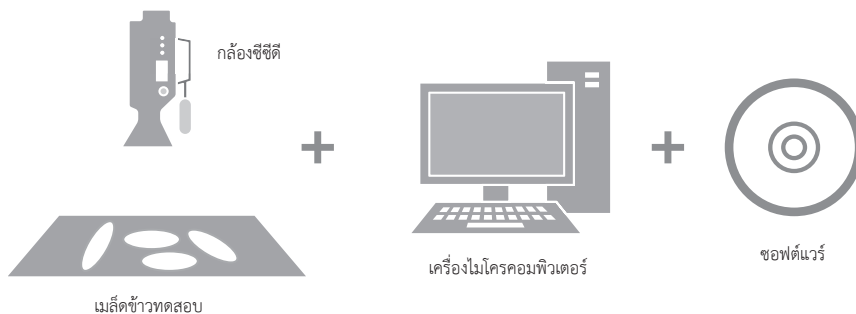
แนวคิดในบทความวิจัยฉบับนี้จัดทำโดยใช้หลักการถ่ายภาพเมล็ดข้าวสารด้วยกล้องซีซีดี และจัดทำซอฟต์แวร์เพื่อประมวลผลการวัดขนาดเมล็ดข้าวสาร เทียบกับขนาดจริงหน่วยเป็นมิลลิเมตร จำนวน 10 เมล็ดในครั้งเดียว และจำแนกเมล็ดข้าวสารใน 4 ขนาด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มาตรฐานของพื้นที่ข้าวแบ่งตามขนาดความยาว

ขนาด	ความยาวเมล็ด (มิลลิเมตร)
เมล็ดยาวชั้น 1	ยาวกว่า 7.0
เมล็ดยาวชั้น 2	6.6 - 7.0
เมล็ดยาวชั้น 3	6.2 - 6.6
เมล็ดสั้น	สั้นกว่า 6.2

หลักการทำงานของระบบ

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยประกอบด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และกล้องดิจิทัลซีซีดี ติดตั้งเพื่อทำการถ่ายภาพเมล็ดข้าว และซอฟต์แวร์ที่จัดทำขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

1. เครื่องมือทางด้านฮาร์ดแวร์

ใช้กล้องซีซีดีความละเอียด 2 ล้านจุดภาพ (Mega pixel) 720p ยึดตัวกล้องเข้ากับขาตั้งทำมุมตั้งฉากกับวัตถุ ขาดังติกรอบสำหรับวางเมล็ดข้าวขนาด 4 x 3 เซนติเมตร ปูพื้นด้วยกระดาษสีดำ ความสูงของกล้อง หน้าเลนส์ห่างจากเมล็ดข้าว 3.5 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2



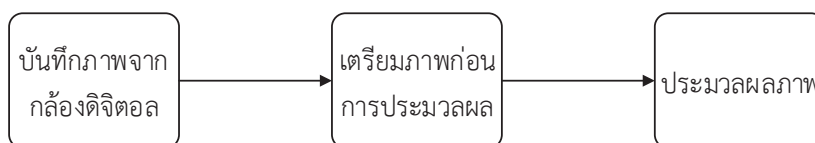
รูปที่ 2 การยึดตัวกล้องเพื่อถ่ายภาพในงานวิจัย

2. เครื่องมือทางด้านซอฟต์แวร์

ใช้โปรแกรม MATLAB รุ่น 2010a ในการประมวลผล เพื่อจัดทำซอฟต์แวร์สำหรับการจำแนกประเภทตามขนาดเมล็ดข้าวสาร บนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows รุ่น 8.1

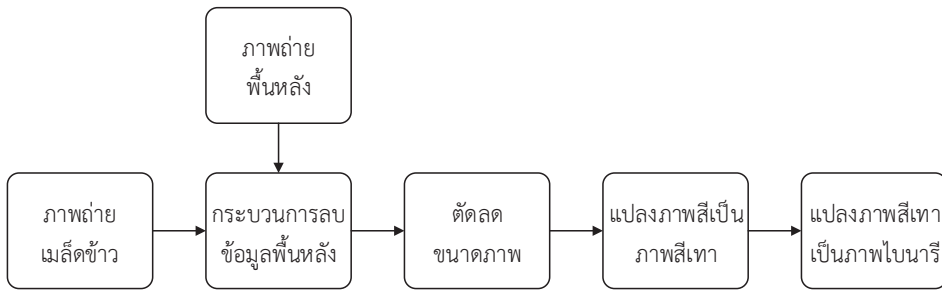
3. ลำดับขั้นตอนการโปรแกรมทางด้านซอฟต์แวร์

ขั้นตอนถูกแบ่งออกเป็นสามขั้นตอนคือขั้นตอนการบันทึกภาพจากกล้องดิจิทัลเพื่อส่งภาพไปยังขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผล เพื่อเตรียมข้อมูลให้พร้อมสำหรับการวิเคราะห์ภาพ และส่งต่อไปยังขั้นตอนประมวลผลภาพ เพื่อวัดขนาดและจำแนกประเภทตามขนาดของเมล็ดข้าว ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผังขั้นตอนการประมวลผลงานวิจัย

ขั้นตอนบันทึกภาพจากกล้องดิจิทัลซึ่งดีกระทำได้โดยการบันทึกภาพสีขนาด 1280 x 720 จุดภาพ (pixel) ขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผลเริ่มต้นด้วยการถ่ายภาพพื้นหลังโดยไม่มีเมล็ดข้าวในภาพ และถ่ายภาพอีกครั้งโดยมีเมล็ดข้าวที่ต้องการทดสอบ จากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการลบภาพพื้นหลังออก เพื่อให้เหลือเฉพาะข้อมูลภาพเมล็ดข้าว และทำการตัดลดขนาดภาพลง จากนั้นทำการแปลงข้อมูลภาพสีเป็นภาพสีเทา และแปลงอีกครั้งให้เป็นภาพไบนารี ขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผล แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ฟังขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผล

วิธีการลบข้อมูลภาพพื้นหลังที่เลือกใช้ในบทความวิจัยฉบับนี้ ใช้วิธีถ่ายภาพพื้นหลัง บริเวณภาพพื้นที่ทดสอบ โดยกล้องซีซีดี และถ่ายภาพเมล็ดข้าวบนพื้นที่ทดสอบอีกครั้ง เพื่อนำมาหักล้างกัน ดังสมการที่ 1

$$An(x, y) = Ri(x, y) - Bg(x, y) \quad (1)$$

เมื่อ Ri คือ ค่าระดับความสว่างของภาพวัตถุตัวอย่าง

Bg คือ ระดับความสว่างของภาพพื้นหลัง

An คือ ระดับความสว่างของผลลัพธ์ภาพ

x, y คือ ตำแหน่งจุดภาพแนวนอนและแนวตั้งที่ต้องการคำนวณ

หลังจากการลบภาพพื้นหลัง นำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการตัดลดพื้นที่ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์งาน ออกจนเหลือพื้นที่ภาพ 900×720 จุดภาพ และลดข้อมูลที่ไม่จำเป็นต่อการประมวลผลออก โดยการแปลงข้อมูลภาพสีให้เป็นข้อมูลภาพสีเทา จากนั้นแปลงข้อมูลเพื่อให้ได้ภาพไบนารี โดยใช้วิธีการคำนวณหาค่าขีดแบ่ง (threshold) อัตโนมัติด้วยวิธีการของ Otsu (Otsu algorithms) (Otsu N., (1979) โดยรูปที่ 5 เป็นตัวอย่าง ภาพที่บันทึกได้จากกล้องซีซีดี รูปที่ 6 เป็นภาพไบนารีหลังผ่านขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผล



รูปที่ 5 ตัวอย่างการบันทึกภาพจากกล้องซีซีดี



รูปที่ 6 ภาพไบนารีหลังจากผ่านขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผล

ขั้นตอนการประมวลผลภาพ ในการวิเคราะห์ภาพดิจิทัล เพื่อทำการหาระยะบ่งบอกขนาดของเมล็ดข้าว ประกอบด้วยขั้นตอน การลดข้อมูลรบกวน นับจำนวนวัตถุภาพ และส่งข้อมูลภาพไปทำการคัดแยกกลุ่มวัตถุเมล็ดข้าว ออกจากภาพทั้งหมด เพื่อส่งไปคำนวณความยาวเมล็ดข้าวและจำแนกประเภทตามขนาดเมล็ดข้าว โดยขั้นตอนแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ

การลดข้อมูลรบกวน กระทำโดยการตรวจหาจุดภาพ หรือกลุ่มภาพที่ไม่ใช่เมล็ดข้าว ที่อาจปะปนอยู่ในภาพที่ทำการทดสอบอยู่ โดยการหากลุ่มข้อมูลภาพที่มีขนาดเล็ก และลบทิ้งไป ในบทความวิจัยฉบับนี้ ใช้วิธีการเติมน้ำให้ท่วมพื้นที่ (flood-fill algorithm) (Shapiro L., and Stockman G., 2002) และวิธีการแปะป้ายชื่อ (labeling algorithms) (Shapiro L., and Stockman G., 2002) หลักการโดยรวมทำโดยการนับจุดภาพที่มีค่าความสว่างเป็นหนึ่ง และนับจำนวนจุดภาพที่เชื่อมต่อกันไปเรื่อยๆ จนได้ขนาดของพื้นที่ และตั้งเงื่อนไขการลบวัตถุที่มีค่าจำนวนจุดภาพที่เชื่อมต่อกันน้อยกว่าค่าขีดแบ่งดังสมการที่ 2 และสร้างเงื่อนไขดังสมการที่ 3

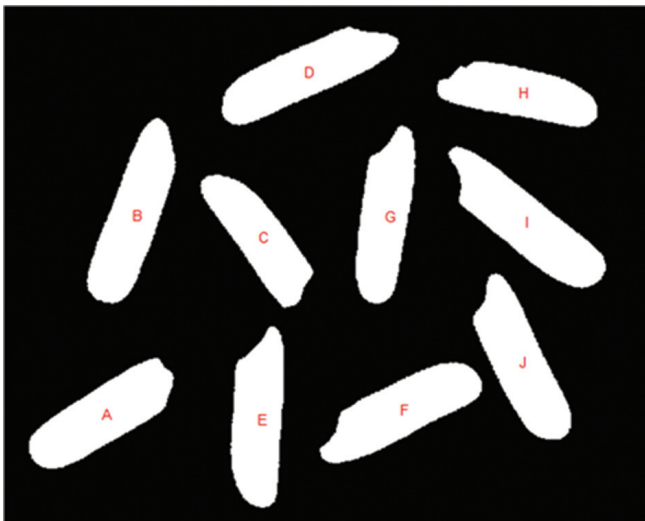
$$area(obj) = \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n B(x, y) \quad (2)$$

- เมื่อ B คือ เป็นภาพไบนารี ที่ตำแหน่งพิกัดจุดภาพ x, y
 m คือ ค่าสูงสุดของตำแหน่งภาพในแนวแกนนอน
 n คือ ค่าสูงสุดของตำแหน่งภาพในแนวแกนตั้ง
 $area$ คือ พื้นที่ของวัตถุที่ต้องการหาขนาด

$$im(obj) = \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } area(obj) \geq T \\ 0 & \text{ถ้า } area(obj) < T \end{cases} \quad (3)$$

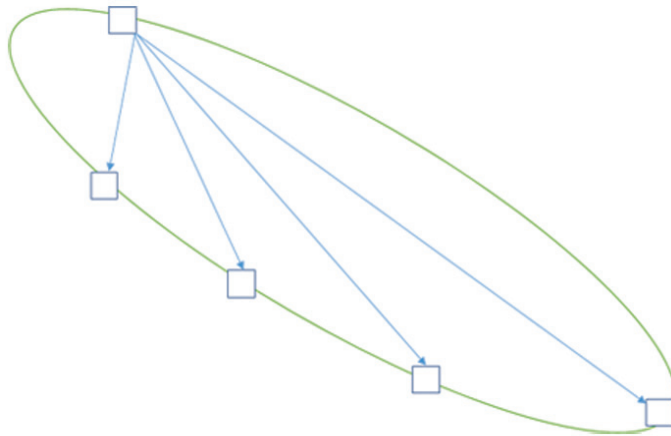
- เมื่อ T คือ ค่าขีดแบ่งที่ต้องการแยกแยะขนาด
 $area$ คือ พื้นที่ของวัตถุ (obj) ที่ต้องการหาขนาด
 im คือ เป็นภาพผลลัพธ์ที่ลดข้อมูลรบกวน

ในบทความวิจัยฉบับนี้เลือกใช้ค่าขีดแบ่งเป็นขนาดพื้นที่ที่ต้องการน้อยกว่า 50 จุดภาพ บทความวิจัยฉบับนี้ใช้วิธีการแยกวัตถุภาพในภาพไบนารี โดยใช้วิธีการเติมน้ำให้ท่วมพื้นที่ ชนิดพิกัดใกล้เคียง 8 ทิศทางข้อมูล และทำการนับพื้นที่เพื่อจัดกลุ่มข้อมูล โดยใช้วิธีการปะป้ายชื่อ โดยมีหลักการคือวิเคราะห์ข้อมูลที่มีจุดภาพระดับค่าความสว่างเป็นหนึ่ง และเป็นจุดภาพอยู่เชื่อมต่อกัน ถือว่าเป็นกลุ่มภาพเดียวกัน รูปที่ 8 เป็นตัวอย่างภาพที่ทดสอบนับจำนวนวัตถุ และทำการใส่ตัวอักษรจาก A ถึง J แทนจำนวน 1 ถึง 10 เมล็ดข้าว



รูปที่ 8 ตัวอย่างการนับจำนวนวัตถุในภาพไบนารี

จากนั้นทำการแยกภาพวัตถุทีละชิ้นเพื่อนำไปหาระยะทางของจุดภาพทั่วทั้งวัตถุ โดยการสแกนจุดภาพทั้งแกนตั้ง และแกนนอนของจุดภาพทั้งหมดของวัตถุ ดังแสดงในรูปที่ 9 เพื่อหาระยะทางระหว่างจุดสองจุดที่ยาวที่สุด เป็นค่าความยาวของเมล็ดข้าวสารที่ทำการคำนวณ



รูปที่ 9 การสแกนหาค่าระยะห่างของจุดภาพบนภาพเมล็ดข้าว

การคำนวณระยะห่างระหว่างจุดภาพสองจุด สามารถคำนวณหาได้จากสมการทฤษฎีบทพีทาโกรัส (Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, 2002) การแปลงค่าระยะห่างของจุดภาพทั้งสองจุดที่คำนวณได้เป็นค่าระยะความยาวจริงมีลิเมตรกระทำได้ โดยระยะห่างของจุดภาพทั้งสอง คูณกับการใช้อัตราส่วนของจุดภาพ ดังสมการที่ 4 ซึ่งต้องมีการสอบเทียบ (Calibration) ปรีบมาก่อน

$$dis = d \times cal \quad (4)$$

เมื่อ	<i>cal</i>	คือ ค่าที่ได้จากการสอบเทียบ
	<i>d</i>	คือ ระยะห่างระหว่างจุดทั้งสองจุด
	<i>dis</i>	คือ ระยะความยาวเมล็ดข้าว

การจำแนกขนาดเมล็ดข้าวสาร อ้างอิงตามตารางที่ 1 ซึ่งเป็นมาตรฐานของพื้นที่ข้าวแบ่งตามขนาดความยาวเมล็ด สามารถเขียนเงื่อนไขซอฟต์แวร์วิจัย ได้โดยการแสดงลักษณะการเขียนโปรแกรมแบบรหัสเทียม (pseudo code) ได้ดังนี้

```

IF dis > 7.0 THEN
    Display "เมล็ดยาวชั้น 1"
ELSE IF dis > 6.6 THEN
    Display "เมล็ดยาวชั้น 2"
ELSE IF dis > 6.2 THEN
    Display "เมล็ดยาวชั้น 3"
ELSE
    Display "เมล็ดสั้น"
ENDIF

```


การทดลอง

ในการทดลองจำเป็นต้องทำการสอบเทียบ เพื่อหาจำนวนจุดภาพต่อระยะจริงเป็นมิลลิเมตร สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบระยะโดยใช้ตารางขนาดความกว้างยาว 5 x 5 มิลลิเมตร เข้าไปทำการวัดโดยใช้กล้องซีซีดี และซอฟต์แวร์วิจัย เพื่ออ่านค่าระยะจุดภาพในอัตรา 5 มิลลิเมตร ในตำแหน่งต่าง ๆ ทั้งทั้งภาพ การทดลองเปรียบเทียบการวัดขนาดโดยใช้เวอร์เนียบคาลิเปอร์ยี่ห้อ MATUI ผลิตโดยบริษัท matuidoki ความละเอียด 1/20 มิลลิเมตร หรือ 0.05 มิลลิเมตร ทำการวัดขนาดความยาวของเมล็ดข้าวสาร เปรียบเทียบกับซอฟต์แวร์งานวิจัยฉบับนี้ โดยการวัดเปรียบเทียบเมล็ดข้าวสารพันธุ์ข้าวหอมมะลิไทย ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดครั้งละ 10 เมล็ด ในมุมอิสระ และตำแหน่งอิสระทั่วทั้งภาพที่ถ่ายได้จากกล้องซีซีดี จำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาร้อยละของค่าผิดพลาดของการวัดขนาด และการจำแนกเมล็ดข้าว รวมทั้งความเร็วในการประมวลผล ในการทดลองทั้งหมดกระทำโดยสภาพแสงทั่วไป ในห้องภายในอาคาร ที่มีแสงสว่างตามธรรมชาติ ไม่ควบคุมหรือกำหนดการส่องสว่างจากดวงไฟโดยตรง

ผลการทดลอง

การทดลองวัดขนาดเมล็ดข้าวจำนวน 100 เมล็ดแบ่งการวัด 10 ครั้ง ครั้งละ 10 เมล็ด ผลการจำแนกขนาดเมล็ดข้าวสารตามมาตรฐานของพื้นที่ข้าวใน 4 ชนิดมีค่าผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 7 ค่าเฉลี่ยของการวัดขนาดมีค่าผิดพลาดร้อยละ 0.51 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัดเท่ากับ 0.05 เมื่อทำการวัดเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐานในด้านความเร็วในการประมวลผล มีผลการทดลองเมื่อวัดด้วยมือใช้เวลาเฉลี่ย 5.20 นาที ต่อ 10 เมล็ด หากใช้ซอฟต์แวร์วิจัยมีความเร็วเฉลี่ย 620 มิลลิวินาที ต่อ 10 เมล็ด

อภิปรายผล

การประมวลผลข้อมูลภาพดิจิทัลในบทความวิจัยฉบับนี้ สามารถกระทำได้ด้วยความละเอียดสูงสุด 0.01 มิลลิเมตร เป็นผลมาจากการบันทึกภาพขนาด 1280 x 720 จุดภาพ แต่ค่านัยสำคัญสำหรับการจำแนกประเภทตามขนาดของเมล็ดข้าวสารอยู่ที่ 0.1 มิลลิเมตรเท่านั้น ในการทดลองวัดเทียบกับเวอร์เนียบคาลิเปอร์ ที่ความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร ก็ถือว่าวัดละเอียดกว่าค่านัยสำคัญที่ต้องการ ผลการทดลองจึงมีความถูกต้องสูง การใช้วิธีการเดมส์ให้ท่วมพื้นที่และวิธีการแปะป้ายชื่อ (Shapiro L and Stockman G., 2002) ร่วมกับการสแกนค่าระยะห่างของจุดภาพบนภาพเมล็ดข้าวทำให้สามารถประมวลผลความยาวของเมล็ดข้าวได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน หากเปรียบเทียบกับวิธีการในปัจจุบันที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบ ถือว่าบทความวิจัยฉบับนี้มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่ามากทั้งในแง่ความถูกต้องและความเร็ว

สรุป

บทความวิจัยนี้นำเสนอการจำแนกประเภทตามขนาดของเมล็ดข้าวด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลจากกล้องซีซีดี เพื่อทำการวัดขนาดความยาวของเมล็ดข้าวพร้อมกัน 10 เมล็ด และจำแนกขนาดของเมล็ดข้าวสาร ผลการวิจัยสรุปคือ สามารถทำการวัดขนาดเมล็ดข้าวได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 10 เมล็ด

โดยมีค่าผิดพลาดในการจำแนกเมล็ดข้าวสารร้อยละ 7 และมีความผิดพลาดในการวัดขนาดร้อยละ 0.51 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัดเท่ากับ 0.05 เมื่อทำการวัดเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน และมีความเร็วกว่าการวัดโดยมืออย่างมาก

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการจำแนกประเภทตามขนาดของเมล็ดข้าวด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลจากกล้องซีซีดี สำเร็จได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์และการสนับสนุนจากบุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ การวิจัยครั้งนี้ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 กระผมขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- งามชื่น คงเสรี และ กัญญา เชื้อพันธุ์. (2547). คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ประสิทธิ์ นครราช. (2554). การศึกษาการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวสารโดยการประมวลผลภาพดิจิทัลเมล็ดข้าวสาร. The 5th UBU Conference Proceeding, 2011.
- ปริศนา ชัยยา. (2553). ระบบวิเคราะห์และคัดแยกเมล็ดพันธุ์ข้าว. Pattaya, Thailand. ECTI-CARD 2010.
- Fumiaki Takeda, Hisaya Uchida, Takeo Tsuzuki, Hiroshi Kadota and Satoshi Shimanowhi. (2002). A Proposal of Grading System for fallen rice using Neural Network. IEEE. 2002.
- Hobson D.M. (2007). Characterisation and Identification of Rice Grains through Digital Image Analysis. IMTC 2007. Warsaw Poland.
- Hobson D.M., Carter R. M and Yan Y. (2009). Rule Based Concave Curvature Segmentation for Touching Rice Grains in Binary Digital Images. I2MTC. Singapore. 2009.
- Otsu N. (1979) A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Vol. 9. No. 1. 1979
- Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods (2002). Digital Image Processing. 2nd. Prentice Hall.
- Shapiro L., and Stockman G. (2002). Computer Vision. Prentice Hall.
- Xu Lizhang and Li Yaoming. (2008). Multi-Scale Edge Detection of Rice Internal Damage Based on Computer Vision. IEEE. China 2008.