

การออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ ด้วยภาพดิจิทัลผสมผสานการเรียนรู้ของเครื่องจักร

Design Investigation Quality System of Rice Grain Phenotype by Using Digital Images Combined with Machine Learning

กุลวดี เถนว่อง^{*1} พูลพงศ์ สุขสว่าง^{#2} ยรรยงค์ พันธุ์สวัสดิ์^{@3} ชลาธิป ทุมกานนท์^{μ4}
Kulwadee Tanwong^{*1} Poonpong Suksawang^{#2} Yunyong Punsawad^{@3} Chalathip Thumkanon ^{μ4}

^{*}กลุ่มวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

^{*}Science and Mathematics General Education Eastern Asia University

¹kulwadee@eau.ac.th

[#]วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

[#]College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University

²psuksawang@gmail.com

[@]คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

[@]Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

³punsawad_y@silpakorn.edu

^μสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

^μComputer Science Faculty of Engineering Eastern Asia University

⁴chalathip@gmail.com

รับต้นฉบับ: 11 พฤศจิกายน 2561; รับบทความฉบับแก้ไข: 9 พฤษภาคม 2562; ตอบรับบทความ: 13 พฤษภาคม 2562

เผยแพร่ออนไลน์: 28 มิถุนายน 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ด้วยภาพดิจิทัลผสมผสานการเรียนรู้ของเครื่องจักรโดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบระบบตรวจสอบคุณภาพทางฟิโนไทป์ของเมล็ดข้าว โดยงานทางด้านฮาร์ดแวร์ เป็นการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายภาพเพื่อลดสัญญาณรบกวนช่วยลดภาระการปรับปรุงภาพของเครื่องก่อนการนำภาพเข้าประมวลผล และสร้างไม้บรรทัดอ้างอิงรูปทรงเรขาคณิตขนาดของวัตถุบนภาพ กำหนดความกว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 1.5 เซนติเมตร สำหรับงานทางด้านซอฟต์แวร์เน้นไปในการสร้างระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ด้วยภาพดิจิทัลผสมผสานการเรียนรู้ของเครื่องจักร เพื่อนำไปจำแนกกลุ่มตามเกณฑ์มาตรฐานข้าวหอมมะลิไทยเป็นสินค้ามาตรฐาน ของกระทรวงพาณิชย์ พ.ศ. 2559 พบว่า การจำแนกระหว่างเมล็ดข้าวเต็มเมล็ดกับข้าวท้องไข่ที่มีปริมาณท้องไข่เพียงเล็กน้อยเป็นลักษณะเดียวที่ทำให้จำแนกกลุ่มมีความคลาดเคลื่อนทั้งผู้เชี่ยวชาญที่มองด้วยตาเปล่าและระบบที่ออกแบบ

คำสำคัญ: คุณภาพเมล็ดข้าว, ฟิโนไทป์, ภาพดิจิทัล, การเรียนรู้ของเครื่องจักร

Abstract

This research was aimed to design inspection system of the rice grain phenotypic quality, by using digital images combining machine learning. The research methodology divided into two part were hardware, and software. The research objective was developed rice grain phenotypic quality inspection system prototype. Hardware development was created shooting device for reducing noise, and burden for improving image quality before importing images into the process. And created geometric reference ruler to define the object size on the image, set to width of 0.5 centimeters, length of 1.5 centimeters. Software development was to created system to check the rice grain phenotype quality by using digital images combined with machines learning for classifying rice grain quality group according to the Thai jasmine rice

standard product criteria under the Ministry of Commerce 2016. The research found that, the classification between the full rice grain and the stomach egg rice grain with only a small amount of egg contents was only characteristic that makes the discriminant characteristics of both naked eye specialist and the system designed.

Keywords: Grain quality of rice grain, Rice grain phenotype, Digital Images, Machine learning

1) บทนำ

ข้าวขาวหอมมะลิเป็นสินค้าเกษตรที่มีการตรวจสอบมาตรฐาน 4004-2560 โดยสำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับมาตรฐานของคุณภาพ เพิ่มความเชื่อมั่นของผู้ซื้อ และยกระดับมูลค่าการส่งออกของข้าวไทย ควบคุมเกี่ยวกับ 1) รูปร่างเป็นส่วนภายนอก(ฟีโนไทป์) ซึ่งนำมาใช้สำหรับการกำหนดราคาและ 2) ลักษณะสำคัญเฉพาะเพื่อจำแนกคุณภาพข้าวเพื่อการส่งออก [1] นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่มีผลต่อราคาการประกวดข้าวโลก(The World's Best Rice) ที่ช่วยยกระดับราคาข้าวไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 เป็นต้นมา ซึ่งการประกวดดังกล่าวนี้มีเกณฑ์กำหนด 4 ด้าน คือ ด้านกลิ่น รสชาติ ความเหนียวนุ่ม และรูปร่างลักษณะ [2]

ตารางที่ 1 : แสดงผลประเทศและพันธุ์ข้าวที่ชนะเลิศอันดับ 1 ในการประกวดข้าวดีที่สุดในโลก (The World's Best Rice) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 - 2561

ปี (พ.ศ.)	ประเทศ	ข้าว
2552-53	ไทย	หอมมะลิไทย 105
2554	มาเลเซีย	ปอซาน (Paw Son Rice)
2555	กัมพูชา	ผกามะลิ (Phka Rumdoul)
2556	กัมพูชา สหรัฐอเมริกา	ผกามะลิ (Phka Rumdoul) แคลิฟอร์เนีย โรส (California Rose)
2557	กัมพูชา ไทย	ผกามะลิ (Phka Rumdoul) หอมมะลิไทย 105
2558	สหรัฐอเมริกา	แคลิฟอร์เนีย โรส (California Rose)
2559-60	ไทย	หอมมะลิไทย 105
2561	กัมพูชา	อังกอร์(Maly Angkor)

แหล่งที่มา: ข้าวไทยพีบีเอส. (2560) [3]

จากผลการประกวดข้าวโลก พบว่าข้าวหอมมะลิของประเทศไทยอันดับลดลงในปีล่าสุดโดยเกณฑ์ที่ข้าวไทยยังคงได้รับคำชม คือ รสชาติ และกลิ่น แต่ทางด้านรูปร่างลักษณะภายนอกยังต้องมีการปรับปรุงทั้งนี้รูปร่างลักษณะของเมล็ดข้าวที่ปรากฏภายนอกนั้นเป็นผลมาจากยีน(Gene) และสภาพแวดล้อมผสมด้วย เรียกว่า “ฟีโนไทป์ (Phenotype)” [4] ที่ก่อให้เกิดปัญหา ถ้ามีการตรวจสอบกระบวนการคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ตั้งแต่การเริ่มปลูกจนกระทั่งถึงการจัดการคุณภาพเพื่อจำหน่ายตามเกณฑ์มาตรฐานก็จะส่งผลให้ราคาจำหน่ายสูง

ทั้งนี้การตรวจสอบคุณภาพเพื่อจำหน่ายประเทศไทยมีหน่วยงานภาครัฐที่ให้การช่วยเหลือเกษตรกร อาทิเช่น กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมการข้าว ศูนย์วิจัยข้าวแต่ละภูมิภาค เป็นต้น [5]



รูปที่ 1 : ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพข้าวส่งออกของประเทศ

โดยแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงควรศึกษาตั้งแต่การวิเคราะห์ ออกแบบ และวางแผน ประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software) และคน (People ware) ในการทำงานประสานร่วมกัน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ สำหรับงานวิจัยในประเทศไทยที่ได้มีการศึกษาเทคโนโลยีโฟโตนิกส์เพื่อการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวของสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ร่วมกับ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ โดยเครื่องมือดังกล่าวมีการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) อยู่ภายในเครื่อง ผู้ที่จะใช้เครื่องมือดังกล่าวจำกัต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น หากเกษตรกรรายย่อยต้องการใช้ก็ต้องส่งผลิตภัณฑ์มายังหน่วยงานข้างต้น ก็จะเป็นการลำบาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ด้วยภาพดิจิทัลผลसानการเรียนรู้ของเครื่องจักร เพื่อให้เกษตรกรสามารถตรวจสอบคุณภาพข้าวเบื้องต้นได้ด้วยตนเอง

3) วิธีดำเนินการวิจัย

4) แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.2) การวิเคราะห์และออกแบบระบบ เป็นการหาความต้องการ (Requirements) ของระบบ การพัฒนาระบบต้องศึกษาและวิเคราะห์ กระบวนการ การไหลเวียนของข้อมูล ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยนำเข้าทรัพยากรดำเนินงาน และผลลัพธ์ เพื่อทำการออกแบบ ระบบสารสนเทศใหม่ [8]



รูปที่ 2: สรปวงจรรการวิเคราะห์ ออกแบบระบบ

4.3) หลักการพื้นฐานในการประมวลผลภาพดิจิทัลตามกระบวนการทำงานประกอบด้วย [9]

4.3.1) *Image Representation และ Image Modeling* เป็นการสร้างภาพในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4.3.2) *Image Enhancement* เป็นการปรับปรุงคุณภาพของภาพเพื่อแสดงผลผ่านจอโดยไม่เปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในภาพ

4.3.3) *Image Restoration* เป็นการปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยใช้ข้อมูลที่ทราบสาเหตุ เช่น Noise หรือ filtering

4.3.4) *Image Analysis* เป็นการอธิบายลักษณะต่างๆในภาพ เช่น ขนาด หรือ การหมุนของวัตถุ

4.3.5) *Image Reconstruction from Projection* การจำลองเรขาคณิตของการเกิดภาพจาก sensor

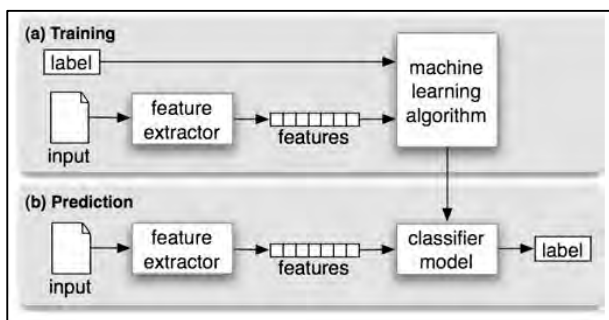
4.3.6) *Image Data Compression* การบีบอัดขนาดของภาพแต่ยังคงคุณภาพเดิม

4.4) การเรียนรู้ของเครื่องจักร (*Machine learning*) "เป็นสาขาวิชาสถิติที่ออกแบบมาสำหรับโลกของข้อมูลขนาดใหญ่" การเรียนรู้ด้วยเครื่องแตกต่างจากสถิติเพราะไม่ได้มุ่งเน้นไปที่สาเหตุและผล แต่เน้นที่การคาดการณ์โดยไม่ต้องพยายามทำความเข้าใจสาเหตุ มีวิธีการเรียนรู้จำแนกตามรูปแบบการเรียนรู้ได้ดังนี้

4.4.1) สร้าง *model* สำหรับปัญหาที่ต้องการ (*Feature Extraction*) แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้งานได้ ใน *Machine Learning* เช่นแปลงจากข้อมูล text และ image ไปอยู่ในรูปแบบชุดของตัวเลขวิธีการนี้จะช่วยลดขนาดข้อมูลที่ต้องประมวลผล ซึ่งนั่นคือ การลด resource ที่ต้องใช้การประมวลผลเป็นสิ่งสำคัญมาก ๆ ใน Big Data

4.4.2) การให้น้ำหนักและความสำคัญของข้อมูลที่จะใช้ในการสร้าง *model* (*Regularization*) เพื่อจัดการกับความซับซ้อนของ *model* ลดข้อมูลที่จำเป็นออกไป เพื่อให้ได้ *model* ที่เรียบง่าย

4.4.3) การตรวจสอบความถูกต้อง *model* (*Cross-validation*) เพื่อตรวจสอบ *model* ว่าทำนายได้ ต้องทำการทดสอบ *model* ด้วยข้อมูลที่ไม่ได้นำมาสร้าง *model* แต่เป็นข้อมูลนอกช่วงเวลา



รูปที่ 3: วิธีการสร้างชุดค่าผสมของตัวแปร [10]

5) ขอบเขตของการวิจัย

การออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ในงานวิจัยนี้ใช้ข้าวหอมมะลิ(ข้าวขาว) ส่วนฟิโนไทป์ของเมล็ดข้าว (Rice grain phenotype) จะตรวจสอบเกี่ยวกับ ขนาด และรูปร่าง เป็นหลักในการดำเนินงาน โดยกำหนดขอบเขตดังนี้

5.1) คัดเลือกเมล็ดข้าวหอมมะลิ(ข้าวขาว) จากบริษัทผู้จำหน่ายข้าวหอมมะลิ โดยผู้เชี่ยวชาญจากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีดำเนินการคัดเลือกตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าข้าวออกเพื่อควบคุมข้าว [6]

ตารางที่ 2: การจำแนกชั้นของเมล็ดข้าวของประเทศไทยกับสหรัฐอเมริกา

ชั้นของเมล็ด	ไทย (มิลลิเมตร)	สหรัฐอเมริกา (มิลลิเมตร)
เมล็ดยาวชั้น 1	>7.0	>7.50
เมล็ดยาวชั้น 2	6.6-7.0	6.61-7.50
เมล็ดยาวชั้น 3	6.2-6.6	5.51-6.60
เมล็ดสั้น	<6.2	<5.50

5.2) นำเมล็ดข้าวหอมมะลิได้จากข้อ 5.1 ดำเนินการจัดกระทำให้เป็นข้อมูลดิจิทัล เพื่อเข้าสู่กระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัล (*Image Processing*)

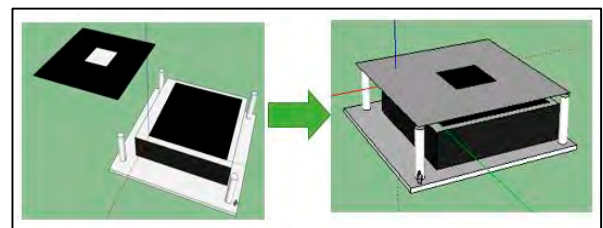
5.3) เมื่อได้ข้อมูลภาพในข้อ 5.2 นำมาดำเนินการประมวลผลด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจักร (*Machine learning*) ทำการฝึกอบรม (*Training*) และ เรียนรู้ (*learning*) ข้อมูลต่อไป

6) ขั้นตอนการดำเนินงาน

การออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพทางฟิโนไทป์ของเมล็ดข้าวข้างต้นที่มี 2 ส่วนหลักดังนี้

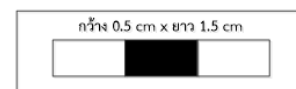
6.1) ฮาร์ดแวร์ (*Hardware*)

ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพตามหลักของแสงและเงา (ร่างเป็นภาพต้นแบบ)



รูปที่ 4: Model ต้นแบบฮาร์ดแวร์

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดแถบวัตถุทรงเรขาคณิตให้มีขนาดเหมาะสมกับวัตถุเพื่อเป็นมาตรวัดขนาด (ประมาณการจากขนาดของเกณฑ์เมล็ดข้าวชั้น 1)



รูปที่ 5: แถบวัตถุทรงเรขาคณิตกว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 1.5เซนติเมตร

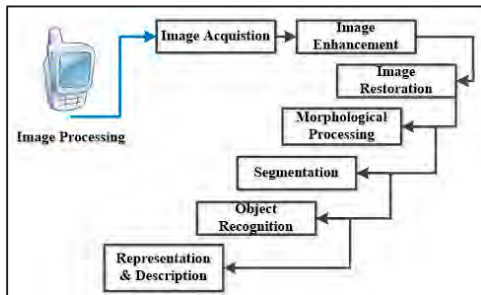
ขั้นตอนที่ 3 เลือกใช้อุปกรณ์ในการถ่ายภาพดิจิทัลซึ่งควรคำนึงถึงการนำมาติดตั้งโปรแกรมที่จะช่วยประมวลผลอัตโนมัติ อาทิเช่นระบบปฏิบัติการ ความเร็วในการประมวลผล หน่วยความจำ ความละเอียดของกล้อง และการเชื่อมต่อ เป็นต้น

6.2) ซอฟต์แวร์ (Software)

6.2.1) การได้มาของภาพ ทั้งนี้คุณภาพขึ้นอยู่กับอุปกรณ์รับภาพ ปริมาณภาพเบื้องต้นที่จะนำมาให้เครื่องจักรเรียนรู้ได้ ดังนี้

$$C_{n,r} = \binom{n}{r} = \frac{n!}{(n-r)!r!} \quad (1)$$

เป็นการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกัน n สิ่ง เลือกคราวละ r สิ่ง โดยนำคุณลักษณะของเมล็ดข้าวตามเกณฑ์มาตรฐานจำแนกเป็นแต่ละ ชนิด และนำมาผสมกันเพื่อสร้างข้อมูลการเรียนรู้



รูปที่ 6: แสดงกระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัล

6.2.2) การปรับปรุงภาพให้ดีขึ้นเพื่อการแสดงผลภาพ (Visual Interpretation) โดยการตรวจสอบ Histogram ของ Image ไม่เปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในภาพ

6.2.3) การปรับปรุงคุณภาพของภาพ โดยตรวจสอบสัญญาณรบกวน

6.2.4) การหาขอบภาพ ด้วยวิธี Laplacian method

6.2.5) ตีวงวัตถุพื้นหน้าออกจากพื้นหลังโดยใช้ Threshold ด้วย Otsu's method

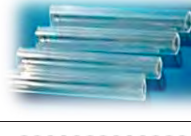
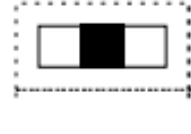
6.6.6) การเลือกลักษณะเด่นของข้อมูลเพื่อจำแนกความแตกต่างของวัตถุในภาพออกจากกัน ด้วยเทคนิค Watershed Segmentation

6.6.7) นำภาพดิจิทัลที่ได้เข้าสู่การฝึกอบรม (Training) และ เรียนรู้ (learning) ข้อมูล

7) ผลการวิจัย

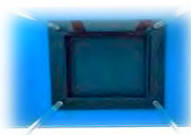
7.1) การออกแบบฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้มีการสร้างให้มีขนาดที่สามารถวางสมาร์ทโฟนได้อย่างเหมาะสม และเว้นช่องว่างตรงกลางสำหรับเป็นตำแหน่งของกล้องเป็นแผ่นวางด้านบน สำหรับฐานด้านล่างภายในเป็นช่องว่างสำหรับใส่เมล็ดข้าว พร้อมทั้งมีแถบวัดรูปทรงเรขาคณิตที่มีขนาดที่ใช้ในการคำนวณขนาดจริงของเมล็ดข้าวได้ ซึ่งเมล็ดข้าวขาวหอมมะลิไทยที่สมบูรณ์ มีขนาดมากกว่า 7 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 8 มิลลิเมตร โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: ส่วนประกอบของอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายภาพ

ลำดับ	ชิ้นส่วน	ภาพประกอบ	คำอธิบาย
1	ฐาน		- ขนาดสี่เหลี่ยมพื้นที่ด้านใน สำหรับใส่เมล็ดข้าว - ปูพื้นด้วยสีดำด้านลดการสะท้อนแสง - ด้านข้างเป็นท่อกลวงสำหรับใส่เสาวางแผ่นด้านบน 4 ต้น
2	ด้านบน		- ตรงกลางเจาะรูขนาดสี่เหลี่ยมผืนผ้าสำหรับเป็นตำแหน่งในการจับภาพของกล้องสมาร์ทโฟน
3	เสา		- เสาใส่ 4 ต้น ยาวเส้นละ 20 ซม. (ระยะมาจาก + 5 ซม. จากระยะที่ถ่ายได้ไกลที่สุดคือ 15 ซม.)
4	ท่อปรับระดับ		- ท่อปรับระดับในการถ่ายภาพขนาด 5 ซม. และ 10 ซม.
5	มาตรวัดขนาดวัตถุ		- แถบวัดขนาดวัตถุ กว้าง 0.5 ซม.*ยาว 1.5 ซม. แบ่งเป็น 3 ส่วน (ขนาดที่กำหนดมาจากสัดส่วนของเมล็ดข้าวที่ยาวมากที่สุดไม่เกิน 0.8 ซม.)

จากตารางที่ 3 อธิบายส่วนประกอบของอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายภาพที่ใช้จริงในงานวิจัยมีทั้งหมด 5 ชิ้นส่วน ประกอบด้วย ฐาน (ใส่เมล็ดข้าว และเป็นตำแหน่งวางเสาปรับระดับการถ่ายภาพ) แผ่นด้านบน (ปิดแสงและวางสมาร์ทโฟน) เสา (ใส่แผ่นด้านบนปิดแสงและวางสมาร์ทโฟน) ท่อปรับระดับ (ระยะโฟกัสของภาพ) และมาตรวัดขนาดวัตถุ (ตรวจสอบความเอียงและคำนวณขนาดเมล็ดข้าว)

ตารางที่ 4: การใช้งานอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายภาพ

ขั้นตอน ที่	ภาพประกอบ	คำอธิบาย
1		- นำเสามาประกอบที่ฐานทั้ง 4 มุม
2		- ใส่ท่อปรับระดับ (ขึ้นอยู่กับปริมาณวัตถุที่ต้องการถ่าย หากจำนวนน้อยใช้ขนาดยาว 5 ซม. แต่ถ้าจำนวนมาก (80-100 เมล็ด) ใช้ขนาดยาว 10 ซม.)
3		- ติดมาตรวัดขนาดวัตถุบนพื้นด้านในฐาน
4		- ประกอบแผ่นด้านบน
5		- นำสมาร์ทโฟนมาวางลงบนแผ่นด้านบน โดยให้กล้องอยู่ในช่องที่เจาะไว้เป็นตำแหน่งที่ใช้จับภาพ
6		- ภาพที่ได้จากอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น

จากตารางที่ 4 อธิบายการใช้งานอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายภาพมีทั้งหมด 6 ขั้นตอน

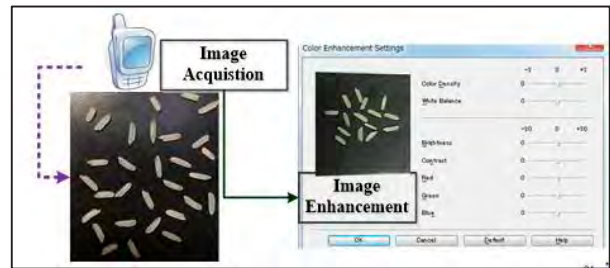
1. นำเสามาประกอบที่ฐานทั้ง 4 มุม
2. ใส่ท่อปรับระดับ
3. ติดมาตรวัดขนาดวัตถุบนพื้นด้านในฐาน
4. ประกอบแผ่นด้านบน
5. นำสมาร์ทโฟนมาวางลงบนแผ่นด้านบน
6. ภาพปรากฏในสมาร์ทโฟน

สำหรับการอธิบายนี้เป็นการถ่ายภาพโดยใช้กล้องของสมาร์ทโฟนโดยตรง มิได้ใช้แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น แต่การทำงานดังกล่าวนี้ก็สามารถนำภาพส่งไปประมวลผลยังแอปพลิเคชันได้เช่นกัน

7.2) การออกแบบซอฟต์แวร์ (Software)

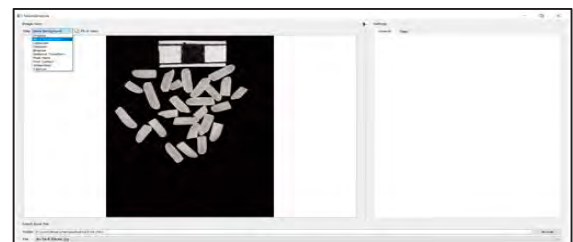
ซอฟต์แวร์ในการประมวลผลงานวิจัยนี้มีการนำเทคนิคต่างๆเข้ามาช่วยในการออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพทางฟิโนไทป์ของเมล็ดข้าว มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การได้มาของภาพทั้งนี้คุณภาพขึ้นอยู่กับอุปกรณ์รับภาพ



รูปที่ 7: การนำภาพดิจิทัลที่ได้เข้าสู่กระบวนการปรับปรุงภาพเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 2 การปรับปรุงภาพให้ดีขึ้นเพื่อการแสดงผลภาพ (Visual Interpretation)



รูปที่ 8: การปรับปรุงภาพให้ดีขึ้นเพื่อการแสดงผลภาพ (Visual Interpretation)

ขั้นตอนที่ 3 การปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยตรวจสอบสัญญาณรบกวน เป็นการทำ sharpen ให้กับภาพ ดังนี้



รูปที่ 9: การปรับปรุงภาพโดยตรวจสอบสัญญาณรบกวน

ขั้นตอนที่ 4 การหาขอบภาพ ด้วยวิธี Laplacian method



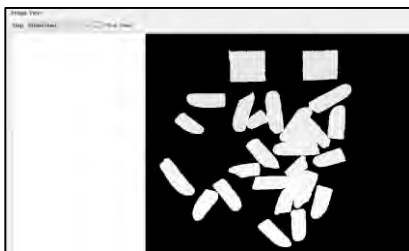
รูปที่ 10: การหาขอบภาพ ด้วยวิธี Laplacian method

ขั้นตอนที่ 5 ดึงวัตถุพื้นหน้าออกจากพื้นหลังโดยใช้ Threshold ด้วย Otsu's method



รูปที่ 11: ดึงวัตถุพื้นหน้าออกจากพื้นหลัง

ขั้นตอนที่ 6 เลือกลักษณะเด่นของข้อมูลเพื่อจำแนกความแตกต่างของวัตถุในภาพออกจากกัน ด้วยเทคนิค Watershed Segmentation



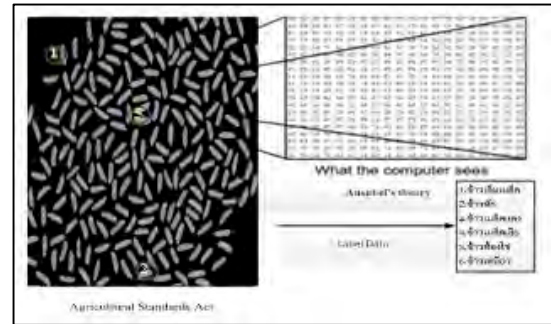
รูปที่ 12: ลักษณะเด่นของข้อมูลเพื่อจำแนกความแตกต่างของวัตถุในภาพออกจากกัน

ขั้นตอนที่ 7 ลักษณะภาพดิจิทัลที่ได้เข้าสู่การฝึกอบรม (Training) และเรียนรู้ (Learning) ข้อมูลต่อไป

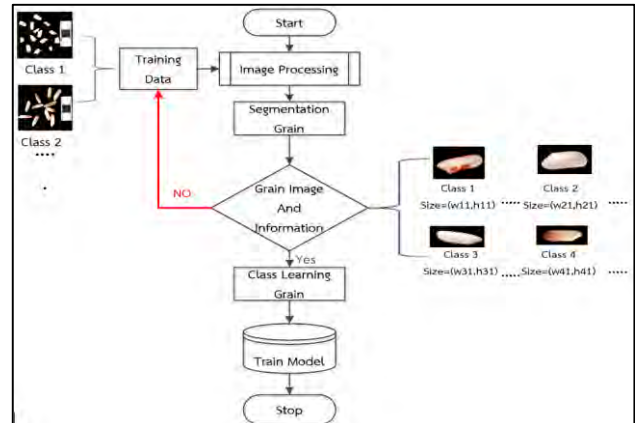


รูปที่ 13 ลักษณะภาพดิจิทัลสำหรับการฝึกอบรม (Training) และการเรียนรู้ (Learning)

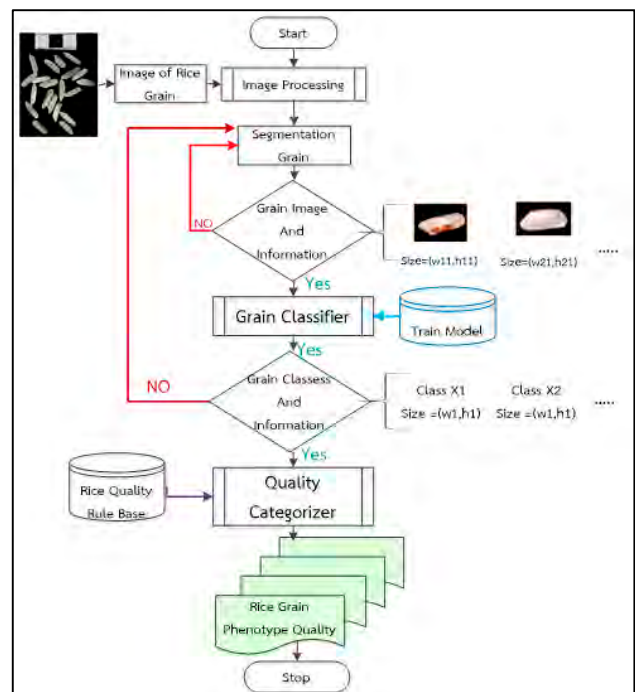
7.3) ออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจักร ขั้นตอนการดำเนินงานหลังจากการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัลเรียบร้อยแล้ว นำภาพแต่ละภาพมาทำการ label ข้อมูลภายใน



รูปที่ 14: การกำหนดรายละเอียดภาพตาม Subsumption Theory



รูปที่ 15: การนำเข้าภาพแสดงกระบวนการ Training Data 1 รอบใน 1 เงื่อนไข



รูปที่ 16: การจัดกลุ่มคุณภาพเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ ด้วยหลักการทำงานของ Machine Learning

7.4) การตรวจสอบการออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ ตามเกณฑ์กระทรวงพาณิชย์ พระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าข้าวออกเพื่อควบคุมข้าว มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2559 แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ข้าวขาว 100% ข้าวขาว 5% ข้าวขาว 10% และข้าวขาว 15% โดยมีรายละเอียดลักษณะของเมล็ดข้าวเหล่านี้ที่ผสมอยู่ทั้ง 4 กลุ่มใหญ่ ดังนี้ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหักปลายข้าวชั้ว ข้าวขัดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ข้าวเมล็ดเหลือง ข้าวเมล็ดท้องไข ข้าวเมล็ดเสีย ข้าวเหนียว ข้าวเปลือก ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่นๆ รวม 13 ลักษณะ ซึ่งแต่ละลักษณะมีการผสมปะปนกันตามสัดส่วนที่แตกต่างกันตามมาตรฐาน พ.ร.บ. ที่จำแนกข้าวออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆข้างต้น

การดำเนินงานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างในการทดลองจำนวน 20-25 เมล็ดต่อ 1 ภาพซึ่งเป็นอัตราส่วน 1 ใน 4 ของปริมาณเมล็ดข้าวที่สุ่มตรวจคุณภาพตามมาตรฐานของกระทรวงพาณิชย์ที่กำหนดไว้ว่าต้องมีจำนวนประมาณ 100 เมล็ดต่อ 1 ครั้งที่ตรวจสอบ โดยทำการคละคุณภาพของเมล็ดข้าวตัวอย่างโดยสุ่มอย่างง่ายตามหลักการจัดกลุ่มทำการนำทั้ง 13 ลักษณะมาผสมเพื่อทดสอบ ดังนี้ คละ 2 ลักษณะ คละ 3 ลักษณะ คละ 4 ลักษณะ คละ 5 ลักษณะ โดยทดสอบการคละแต่ละแบบจำนวน 10 ครั้ง โดยกำหนดเงื่อนไขการคละแต่ละลักษณะใช้กลุ่มตัวอย่างแบบเดียวกันในการทดสอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ และระบบที่ออกแบบ

จากนั้นนำการวิเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดข้าวที่ตรวจสอบโดยระบบที่ออกแบบนำมาเปรียบเทียบถูกต้องและระยะเวลาทำงานกับผู้เชี่ยวชาญทั้งนี้ลักษณะต่างๆ ของเมล็ดข้าวถูกคัดเลือกตามนิยามของคุณลักษณะของเมล็ดข้าวต่างๆตามมาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย ห้าประการกระทรวงพาณิชย์ เรื่องกำหนดให้ข้าวหอมมะลิไทยเป็นสินค้ามาตรฐานและมาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2559 ก่อนนำมาวิเคราะห์ทุกลักษณะก่อนนำมาใช้งาน

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลการตรวจสอบความถูกต้องของระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ กับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ครั้ง

การผสม คุณลักษณะ	ผู้เชี่ยวชาญ		ระบบที่ออกแบบ	
	ความถูกต้อง(ครั้ง)	%	ความถูกต้อง(ครั้ง)	%
2 ลักษณะ	9	90	9	90
3 ลักษณะ	9	90	8	80
4 ลักษณะ	10	100	8	80
5 ลักษณะ	10	100	9	90

จากตารางที่ 5 พบว่าการจำแนก 2 และ 3 คุณลักษณะเกิดข้อผิดพลาดในผู้เชี่ยวชาญ แต่ระบบพบข้อผิดพลาดในทุกลักษณะดังเช่นภาพต่อไปนี้ที่พบข้อผิดพลาด

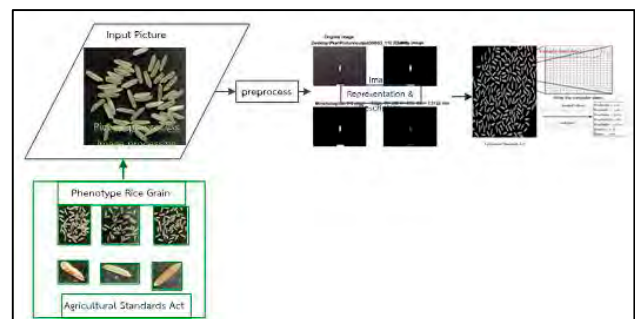


รูปที่ 17 ตัวอย่างภาพที่พบปัญหาการจำแนกผิดพลาดของทั้งผู้เชี่ยวชาญและระบบที่คล้ายกัน

ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาการจำแนกลักษณะของระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ กับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ครั้ง

การผสม คุณลักษณะ	ผู้เชี่ยวชาญ	ระบบที่ออกแบบ
	ระยะเวลาเฉลี่ย (วินาที)	ระยะเวลาเฉลี่ย (วินาที)
2 ลักษณะ	18.60	10
3 ลักษณะ	19.10	12.5
4 ลักษณะ	18.30	12.5
5 ลักษณะ	17.90	13

จากตารางที่ 6 พบว่าระยะเวลาการทำงานในการจำแนก 2 และ 3 คุณลักษณะของผู้เชี่ยวชาญช้ากว่าการจำแนก 4 และ 5 คุณลักษณะ แต่ระบบพบว่าระยะเวลาการทำงานในการจำแนกลักษณะเพิ่มขึ้นตามจำนวนการผสมลักษณะต่างๆลงไปภาพ



รูปที่ 18: การออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์

8) อภิปรายผล

ในการวิจัยนี้ ทำการตรวจสอบข้าวส่งออกวิเคราะห์คุณภาพข้าวให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกระทรวงพาณิชย์ว่าด้วย เรื่องมาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2559 การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวเพื่อการส่งออกด้วยหน่วยงานระดับชาติ ซึ่งเลือกทำการตรวจสอบเบื้องต้น คือ ขนาดหรือรูปร่างของเมล็ด (กว้างและยาว)

ส่วนที่ 1 อุปกรณ์ (Hardware) พบว่าวัสดุที่นำมาขึ้นรูปเป็นอุปกรณ์ในงานวิจัยนี้เพื่อช่วยลดปัญหาเหล่านั้นคือ ภาพวัตถุที่ไม่มืดเอียง แสงที่ทำให้เกิดเงาบนภาพ และการเบลอสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Patterson [10] “เชื่อว่าความสัมพันธ์ระหว่างซอฟต์แวร์กับฮาร์ดแวร์แบบลึก การมีฮาร์ดแวร์ของตัวเองจะเอื้อประโยชน์ในการพัฒนาซอฟต์แวร์สามารถทำให้สองส่วนนี้ทำงานร่วมกันได้อย่างไม่ติดขัด [11] นอกจากนี้ ยังมีเรื่องของขนาดวัดขนาดเมล็ดข้าวเพื่อให้ได้ขนาดที่เทียบเคียงกับขนาดวัตถุจริงได้มีการกำหนดแถบอ้างอิงขนาดเพื่อช่วย

ให้การคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุในภาพได้ สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง ต้นแบบระบบสำหรับวัดขนาดที่แท้จริงของวัตถุจากภาพฟิล์มเอกซเรย์ ของ สุจิตรา อุดยัเกษม และคณะ[12] พบว่า การใช้ไม้บรรทัดอ้างอิงขนาดสามารถวัดขนาดของวัตถุบนภาพฟิล์มเอกซเรย์ ได้ถูกต้องแม่นยำ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 99.48%

ส่วนที่ 2 ซอฟต์แวร์ (Software) พบว่าการทดสอบหน้าที่ (Function) ของซอฟต์แวร์ โดยใช้ภาพดิจิทัลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางพีโนโทปี ในเมล็ดข้าว 13 ลักษณะตามขนาดต่างๆ ผลการทดลองสอดคล้องกับ งานวิจัยเรื่อง การใช้ภาพดิจิทัลในการจำแนกคุณภาพเมล็ดข้าวทางพีโนโทปี [13] กล่าวว่า การใช้เทคนิคดังกล่าว ทำงานได้รวดเร็วและมีข้อผิดพลาดเมื่อเทียบกับมนุษย์น้อยกว่าเมื่อทำงานแบบเดิมๆ ระยะเวลาสั้น ดังผลการทดลองในตารางที่ 6

แต่มีบางภาพที่ไม่สามารถจำแนกลักษณะของเมล็ดข้าวได้อย่างถูกต้อง ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 5 และ ระยะที่ใช้ในการประมวลผลที่ต่างกันดังปรากฏในตารางที่ 6 พบว่า การผสม 2 ลักษณะทั้งผู้เชี่ยวชาญและระบบที่ออกแบบพบข้อผิดพลาดในประเด็นเดียวกัน คือ การจำแนกระหว่างเมล็ดข้าวเต็มเมล็ดกับข้าวท่อนไขที่มีปริมาณท่อนไขเพียงเล็กน้อย ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการพัฒนาการตรวจสอบคุณภาพข้าวด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจักร [14] พบว่าการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องจักรจำเป็นต้องมีจำนวนข้อมูลอย่างมากเพียงพอให้เครื่องสามารถสร้างประสบการณ์ให้กับตัวเองได้ ในกรณีที่คุณลักษณะของเมล็ดข้าวใกล้เคียงกันก็จะเป็นประเด็นที่ทำให้ผลการวิจัยคลาดเคลื่อนได้ง่าย หรือจะเป็นการจัดวางตำแหน่งของเมล็ดข้าวหากชิดติดกันก็จะทำให้ระบบประมวลผลคลาดเคลื่อน

สำหรับการออกแบบงานวิจัยนี้ ประเด็นสำคัญคือการจำกัดสภาพแวดล้อม ช่วงเวลาในการทดสอบ ลักษณะของวัตถุ ทั้งมนุษย์และเครื่องมือให้มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด เพื่อเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบกับมนุษย์ภายใต้ข้อจำกัดที่ถูกสร้างให้เหมือนกัน อีกทั้งเป็นการจัดการตามข้อกำหนดของกระทรวงพาณิชย์ว่าด้วย เรื่องมาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2559 การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวเพื่อการส่งออก เนื่องจากท้ายที่สุดผลงานวิจัยนี้จะสามารถนำไปใช้กับการทำงานของเกษตรกรได้จริง

9) สรุปผล

การออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพทางพีโนโทปีของเมล็ดข้าวโดยใช้การประมวลผลภาพดิจิทัลส่งผลต่อการดำเนินงานของการเรียนรู้ด้วยเครื่องจักรเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการเริ่มต้นฝึกอบรมให้เครื่องจักรเรียนรู้ ตั้งแต่กระบวนการนำภาพเข้ามาสร้างเป็นคลังความรู้หากภาพที่นำเข้ามาไม่มีสัญญาณรบกวนมาก หรือการจำแนกคุณลักษณะของวัตถุไม่ชัดเจน หรือปริมาณภาพไม่เพียงพอต่อการเรียนรู้ จะเป็นเหตุให้การประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลคลาดเคลื่อน รวมทั้งการใช้เทคนิคในการกำจัดสัญญาณรบกวนที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อการสูญหายของข้อมูลสำคัญในการเรียนรู้ของเครื่องจักรได้

ข้อสังเกตเพิ่มเติมในการใช้การออกแบบเทคนิคข้างต้น ผู้วิจัยควรมีการจัดวางเมล็ดข้าวก่อนการทดลองต้องไม่ให้เมล็ดข้าวชิดติดกัน หรือซ้อนทับกัน และไม่เกาะกันเป็นกลุ่ม รวมทั้งแสงที่ส่องสว่างต้องเหมาะสม ไม่เช่นนั้นการประมวลผลจะมีโอกาสผิดพลาดได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ที่มอบตัวอย่างเมล็ดข้าวเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนบุคลากรเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่กรุณาช่วยคัดเลือกเมล็ดข้าวเพื่อนำมาสร้างข้อมูลต้นแบบที่ถูกต้องตามเกณฑ์กระทรวงพาณิชย์ พระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าข้าวออกเพื่อควบคุมข้าว มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2559

REFERENCES

- [1] National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (ACFS), "Thai Jasmine Rice," (In Thai). ACFS 4000-2017.
- [2] The rice trader, "10th The Rice Trader World Rice Conference." [Online]. Available: <https://thericetrader.com/conferences/2018-wrc-hanoi/worlds-best-rice/>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [3] Thai PBS News, "Thai Jasmine Rice 105 get the best taste of rice in the world." (In Thai). [Online]. Available: <https://news.thaipbs.or.th/content/267574>. [Accessed: 9-Nov-2018].
- [4] THAIBIOTECH.INFO. "What is Phenotype?." (In Thai). [Online]. Available: <https://www.thaibiotech.info/what-is-phenotype.php>. [Accessed: 5-Feb-2018].
- [5] Committee drafts strategic Foreign Agriculture Ministry of Agriculture and Cooperatives, *Strategic Foreign Agriculture Ministry of Agriculture and Cooperatives 2017-2021*. (In Thai). Bangkok: Office of Agricultural Economics, 2017.
- [6] Export Commodity Standards Act, *Subject: Standard product Thai Jasmine Rice and standard for Thai Jasmine Rice (Issue 3) 2016 Page 5, book 133, special episode 243 d*, Bangkok: Ministry of Commerce, 2016.
- [7] V. D. Daygon *et al.*, "Understanding the Jasmine phenotype of rice through metabolite profiling and sensory evaluation," *Metabolomics*, vol. 12, no. 4, pp. 63, Mar. 2016.
- [8] S. Tilley and H. J. Rosenblatt, *Systems Analysis and Design*, 11th ed. Boston, MA: Cengage Learning, 2016.
- [9] O. Jitpakde. *Digital Image processing*. (In Thai). Bangkok: Sakhonkit Printing & Media, 2009.
- [10] "Machine Learning & Supervised, Method combination of variables." [Online]. Available: https://media.licdn.com/dms/image/C4E12AQGPze4iPMbjAA/article-inline_images/shrink_1000_1488/0?e=2125872000&v=beta&t=HS40Lm4NrA7nINDDthjoXlpgVbNPQUmH9wPZ1xnlAM. [Accessed: 5-Feb-2018].
- [11] S. Tilley and H. J. Rosenblatt, *Systems Analysis and Design*, 11th ed. Boston, MA: Cengage Learning, 2016.
- [12] S. Adulkasem, J. Preechasuk, and W. Adulkasem, "A System Prototype for Accurate Measurement Size of Object in X-ray Image," (In Thai). *The Journal of KMUTNB*, Vol. 22, No. 1, pp. 90-98, 2012.
- [13] K. Tanwong, P. Suksawang, and Y. Punsawad, "Using Digital Image to Classify Phenotype of the Rice Grain Quality under Agricultural Standards Act." in *The 22nd International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC) 2018*. Chiang Mai, Thailand, pp. 79-82, 2018.
- [14] K. Tanwong, P. Suksawang, and Y. Punsawad, "Development of Rice Grain Phenotype Quality Verification System using Machine Learning," *EAU Heritage Journal Science and Technology*, Vol. 13, No. 1, pp. 76-94, 2019.